



Høgskulen
på Vestlandet

BACHELOROPPGAVE

Automatisert varmeprosess

Automatisert oppvarming av Polyetylenrør ved hjelp av en robotarm

Av

Bengt Edvardsen
Sondre Stafsnes
Espen Kirketeig
Ola Brenn Frivik

Automated heating process

Bacheloroppgave

HO2-300

Mai 2017

Referanseside studentrapport



Campus Førde, Svanehaugsvegen 1, 6812 FØRDE www.hvl.no

TITTEL HO2-300 Bacheloropphave	RAPPORTNR. 1	DATO 19.,05.2017
PROSJEKTTITTEL Automatisert varmeprosess	TILGJENGELIGHET Lukket	ANTALL SIDER 50 + 39 sider vedlegg
FORFATTERER Espen Kirketeig Bengt Edvardsen Sondre Stafsnes Ola Brenn Frivik	ANSVARLIG RETTLEDER/RETTLEDERE Johannes Møgster - Rettleder høyskolen Håkon Sjøstad – Ekstern rettleder Ove Magnus Årvik – Ekstern rettleder Jorunn Kirketeig – Kontaktperson oppdragsgiver	
OPPDRAGSGIVER PRO Opplæringskontoret		
SAMMENDRAG Rapporten «Automatisert varmeprosess» er et prosjekt utført av 4 automasjonsstudenter fra Høgskolen på Vestlandet (HVL) våren 2017. Bedriften Stadpipe leverer rørsystem av polyetylen. Som et ledd i produksjonen, bearbeides rør ved oppvarming. Stadpipe ønsker å automatisere oppvarmingsprosessen. Prosjektet går ut på å undersøke om varmeprosessen kan utføres av en robotarm, og hvilke krav som stillers for en robotarm i industrielt miljø. Resultatet er en halvautomatisk, skalerbar løsning der robotarmen beveger en propanflamme i ønsket mønster på overflaten til røret. Via HMI kan operatøren kalibrere bevegelsen ved å legge inn data om røret og størrelse på området som skal varmes opp.		
SUMMARY "Automatic heating process" is the Bachelor thesis written by four students from Western Norway University of Applied Sciences (HVL). As a part of the process in making their piping systems, Stadpipe has one task that requires an employee to manually heat a part of a polyethylene-pipe for several hours. In our thesis we have examined the possibility to use a robotic arm for this process and what standards needs to be met for Stadpipe to use a robotic arm in their process. The result is a semi-automatic, scalable solution where the robotic arm moves a propane flame in a desired pattern across the surface of the pipe. Through the HMI, the operator can calibrate the movements by adding data about the size of the pipe and the desired area he wants heated.		
EMNEORD RobotStudio, Flexpendant, ABB Robot, IRC5, RAPID- programmering, Autocad, Inventor.		

Taushetserklæring



AVTALE OM BACHELOROPPGAVE VED HVL – ingeniør Førde

Dato: 06.04.2017

Oppgavetittel: Automatisert varmeprosess

Involverte i oppgåva:

Studentar: Eopen Kirketeig, Bengt Edvardson, Sondre Stefansen, Ola Brann Frivik

Samarbeidande verksemd (inkl kontaktperson): Stadpipe AS

Prosjektansvarleg: Johannes Høgster

Styringsgruppe: Johannes Høgster, Torunn Kirketeig

Finansiering: Kurt Sjøstad, Håkon Sjøstad, Øve Magnus Arvik

Pro opplæringskontoret

Reglar for gjennomføring og bruk av resultatet:

Mellom studentane, HSF-AIN og Stadpipe er det inngått følgjande avtale:

- 1) Høgskulen kan ikkje, overfor eventuell ekstern samarbeidspartnar, garantere sluttresultatet på eit studentprosjekt.
- 2) Ekstern samarbeidspartnar skal ha kopi av rapporten.
- 3) Oppgaveresultatet, med rapport, teikningar, modell, apparatur, program osv. er Stadpipe sin eigedom. HSF sin bruk av resultatet/rapporten er avgrensa til undervisnings-, rekrutterings- og forskningsformål, og skal utøvast i forståing med Stadpipe
- 4) Student(ane) og ekstern samarbeidspartnar godkjenner at rapporten kan kopierast til andre. Det skal lagast internettpresentasjon av prosjektet. AIN har høve til å redigere og nytte informasjon frå denne presentasjonen.
- 5) Delar av rapporten som eventuelt skal vere unnateke offentlegheita, blir lagt i lukka vedlegg, og skal ikkje kopierast utan at det er henta inn særskilt avtale frå Stadpipe v/ Nils-Per Sjøstad
- 6) Rettane til utnytting av resultatet kommersielt eller ved dagleg drift tilfaller Stadpipe

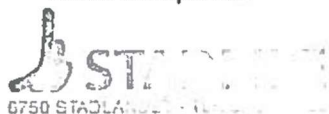
Reglane er aksepterte:

HSF-AIN

Samarbeidspartnar

Eopen Kirketeig, Bengt Edvardson,
Sondre Stefansen, Ola Brann Frivik

Student(ar)



Forord

Vi er fire studenter på Høyskolen på Vestlandet (HVL), som studerer for å bli elektroingeniører, studieretning Automatiseringsteknikk. Dette er vår sluttrapport for hovedoppgaven, *HO2-300 Bacheloroppgave*, våren 2017.

Bacheloroppgaven har et omfang på 20 studiepoeng, av 180 studiepoeng dette automasjonsstudiet utgjør. Prosjektet har som formål å gi studenter trening i å gjennomføre en større oppgave, som et reelt prosjekt i arbeidslivet. Oppgaven inneholder element fra undervisning i studiet, som dataprogrammering, prosjektstyring, fysikk og matematikk. Vi skal planlegge, gjennomføre, og dokumentere prosjektet i henhold til prosjekthåndboka *HO3-300 Bacheloroppgave*.

Under arbeid med oppgaven *Automatisert varmeprosess* har vi fordypet oss i robotteknologi, noe som har vært både utfordrende og spennende.

Ønsker å takke oppdragsgiver PRO Opplæringskontoret for en spennende oppgave. PRO har satt nødvendig utstyr og kontorlokale til disposisjon for oss under arbeidet. I tillegg til sponning av 35-timers kurs på ABB robotarm. Vi retter også en takk til Stadpipe som har gitt oss en konkret oppgave, god oppfølging og utlån av material.

Verktøyleverandøren Tools har gitt oss gode rabatter på utstyr til propanbrenneren. Bedriften GasTech har sponset med propangassflasker. Mo og Øyrane VGS har hjulpet med bearbeiding av stål. RProfil har sponset med plakat. Vi er takknemlig for alle bidrag.

Til slutt ønsker vi å rette en stor takk til Stig Savland ved Førde Tekniske Fagskule for innspill til rapport, ansvarlig rettleider Johannes Møgster og kontaktperson hos PRO Opplæringskontoret, Jorunn Kirketeig.

Førde den 19.05.2017

Sondre Stafsnes

Bengt Edvardsen

Espen Kirketeig

Ola Brenn Frivik

Innholdsfortegnelse

Referanseside studentrapport	I
Taushetserklæring	II
Forord	III
Figurliste	V
Tabelliste	VI
Sammendrag	VII
Del 1.....	1
1. Innledning.....	1
1.1 Bedriftspresentasjon	1
1.2 Problemstilling.....	3
2. Robotisert varmeprosess.....	6
2.1 Teori robot.....	6
2.1.1 Hardware	6
2.1.2 Software	8
2.2 Varmeprosess og material.....	9
2.2.1 Varme arbeider.....	9
2.2.2 HDPE	9
2.2.3 Material- og fasthetslære.....	10
2.3 HMS	12
2.3.1 HMS og internkontrollforskriften	12
2.3.2 HDPE	12
2.3.3 Robot i industrielt miljø.....	13
2.3.5 HMS i prosjektperioden.....	14
2.4 Sveising med robotarm	15
2.4.1 Sveising	15
2.4.2 Programmering sveising	16
3.Løsning.....	17
3.1 Resultat.....	17
3.2 Bakgrunn	18
3.2.1 Bevegelsesmønsteret	18
3.2.2 Bevegelse av robotarm mot sylinderflate	19
3.3 Programmering.....	21
3.3.1 RAPID	21

3.3.2 Modell og matematikk	23
3.3.3 HMI og brukervennlighet	26
3.4 Testing og resultat.....	28
3.5 Konklusjon	34
DEL 2	36
I Prosjektadministrasjon	36
I.I Organisering.....	36
I.II Prosjektgjennomføring.....	38
I.III Ressursbruk	40
I.IV Dokumentbehandling	42
I.V Generell prosjektevaluering.....	44
Referanser	45
Bildereferanser	49
APPENDIX A – Vedleggsliste	51
APPENDIX B – Brukermanual.....	1
Brukermanual «Automatisert Varmeprosess».....	Feil! Bokmerke er ikke definert.
1: Forhåndsinnstillinger	Feil! Bokmerke er ikke definert.
2. Definere arbeidsobjekt.....	Feil! Bokmerke er ikke definert.
3. Start program	Feil! Bokmerke er ikke definert.
4. Legg inn data om røret og utskjæret.....	Feil! Bokmerke er ikke definert.
5. Kjør enkeltrutiner og kalibrer bevegelsen	Feil! Bokmerke er ikke definert.
6. Start oppvarming.....	Feil! Bokmerke er ikke definert.

Figurliste

Figur 1: "Tenning på teknologi" trailer	1
Figur 2: 3D tegning av landbasert oppdrettsanlegg Salmar Follafooss	2
Figur 3: ABB IRB 140 robotarm.....	3
Figur 4: "Redusert T rør". Produkt levert av Stadpipe.....	4
Figur 5: Varmesoner rundt utskjæringen sett ovenfra.....	4
Figur 6: Jiggen Stadpipe bruker for uttrekk på rør.....	5
Figur 7: 1200 rør med uttrekk.	5
Figur 8: ABB IRB 140	6
Figur 9: Rekkevidde, lastekapasitet og "bendback" funksjon, ABB IRB 140	7
Figur 10: IRC5 robotkontroller.....	7
Figur 11: FlexPendant.....	8

Figur 12: Tilstandsdiagram for delkrystallinsk termoplast	11
Figur 13: Figurtekst: Grafisk fremstilling av standarder for robotsystem. Fra ISO standard	13
Figur 14: ISO 10218-1 5.5.2 Emergency stop	13
Figur 15: HMS i prosjektperioden.....	14
Figur 16: Dinse PKI 522Si	15
Figur 17: Kodeeksempel Arc.....	16
Figur 18: Sveising med ABB IRB 140.....	16
Figur 19: Robotarm som varmer rør.	17
Figur 20: Varmesoner	18
Figur 21: TCP vinkelrett på senterlinjen til røret.....	18
Figur 22: Rørets retning.....	19
Figur 23: Rørdimensjon påvirker avstand fra robotarm til rør.....	19
Figur 24: Tverrsnitt av to rørdimensjoner, viser variasjon av vinkel	19
Figur 25: TCP - Origo for arbeidsverktøyets koordinatsystem	19
Figur 26: Singularitet mellom akse 4 og akse 6	20
Figur 27: Sone data.....	22
Figur 28: Arbeidsobjekt	22
Figur 29: RAPID- kode eksempel, Move_Safe_Position	23
Figur 30: Kode- eksempel, Reltool og Offset.....	23
Figur 31: Todimensjonal tegning av elliptisk bevegelse.....	23
Figur 32: Hjelpesfigurer, tverrsnitt av rør.....	24
Figur 33: Modell flytskjema	26
Figur 34: Flytskjema program.....	27
Figur 35: RunRoutine_Full	28
Figur 36: Bilde av jiggen vi har konstruert.....	29
Figur 37: Holder til brenner3D-printet i HDPLA	30
Figur 38: Graf av oppvarming	30
Figur 39: Graf siste måling.....	31
Figur 40: Målepunkt for varmtest	32
Figur 41: Illustrasjon av offset verdier for ellipse.....	33
Figur 42: Illustrasjon av offset verdier for bevegelse på langs.....	33
Figur 44: Organisasjonskart.....	37

Tabelliste

Tabell 1: Testparameter	32
Tabell 2: Ansvarsfordeling	36
Tabell 3: Styringsgruppe	37
Tabell 4: Møteplan med rettleder	38
Tabell 5: Tidsfrister fra høyskolen	39
Tabell 6: Tidsbudsjett	40
Tabell 7: Budsjett.....	41
Tabell 8: Regnskap.....	41

Sammendrag

Rapporten *Automatisert varmeprosess* er et prosjekt utført av 4 automasjonsstudenter fra Høyskolen på Vestlandet (HVL) våren 2017.

Bedriften Stadpipe leverer rørsystem av polyetylen, til olje- og fiskerinæringen. Som et ledd i produksjonen, bearbeides rør ved oppvarming. Stadpipe ønsker å automatisere oppvarmingsprosessen.

Prosjektet går ut på å undersøke om varmeprosessen kan utføres av en robotarm, og hvilke krav som stilles for en robotarm i industrielt miljø.

Resultatet er en halvautomatisk, skalerbar løsning der robotarmen beveger en propanflamme i ønsket mønster på overflaten til røret. Via HMI kan operatøren kalibrere bevegelsen ved å legge inn data om røret og størrelse på området som skal varmes opp.

Del 1

1. Innledning

Dette kapittelet presenterer problemstillingen for prosjektet, sammen med bakgrunnsinformasjon om prosessen som skal automatiseres.

Første delkapittel er en bedriftspresentasjon av PRO Opplæringskontoret og Stadpipe, som begge er involvert i prosjektet. Resten av kapittelet tar for seg problemstilling og bakgrunnen for den.

1.1 Bedriftspresentasjon

PRO Opplæringskontoret

Oppdragsgiveren for hovedprosjektet, PRO Opplæringskontoret, er industri- og teknologibedriftene sitt opplæringskontor i Sogn og Fjordane. Det er en stiftelse opprettet i et samarbeid mellom prosess- og mekaniske industribedrifter i fylket. PRO er industrien sitt bransjekontor i Sogn og Fjordane og tilknyttet bransjeorganisasjonen Norsk Industri. Den består av et nettverk på ca. 30 opplæringskontor innen industri på landsbasis. PRO fungerer som et servicekontor for medlemsbedriftene, og jobber med kvalitetssikring etter opplæringsloven. De jobber med oppfølging av lærlingene som har sin læretid i medlemsbedriftene. PRO jobber også med rekruttering av lærebedrifter og lærlinger til industri og teknologifag i Sogn og Fjordane. [1]

"Tenning på teknologi"

"Tenning på teknologi" – traileren er et konsept som PRO-opplæringskontoret har skapt for å imøtekomme utfordringene med å rekruttere unge inn i industrien og til Teknikk og industriell produksjon. Traileren skal virke som et treningsstudio for lærlinger og elever helt ned i grunnskolen, og skape relasjon mellom arbeidslivet og unge. Dette er plassert i en trailer da det gir PRO mulighet til å møte ungdommene der de er.



Figur 1: "Tenning på teknologi" trailer

Av sikkerhetsmessige årsaker er det ikke alltid lett for ungdom å komme på besøk hos industribedriftene. Tanken med traileren er at ungdom skal få lov til å prøve seg på programmering av robotarm, CNC-maskin og PLS styring opp mot et prosessanlegg.

Robotarmen i «Tenning på teknologi» – traileren står klar for bruk som sveiserobot, med påmontert utstyr. Oppdragsgiver ønsker at robotarmen skal kunne brukes i rekruterings- og opplæringsarbeidet de gjør. Derfor er det ønskelig fra oppdragsgivers side at vi tilegner oss generell kompetanse på programmering av robotarm.

Stadpipe

En av stiftelsenes medlemmer Stadpipe, har kommet med en konkret prosess de ønsker å automatisere. Bedriften som har hovedkvarter på Stadlandet, leverer rørinstallasjoner til olje- og fiskerinæringen, både nasjonalt og internasjonalt. [2]

Siden vi startet selskapet som rørleggere i 1995, har vi utviklet oss til å bli blant landets fremste spesialister på avanserte rørsystemer. Det som driver oss er å finne de beste løsningene tilpasset kundens behov. Vårt engasjerte, tverrfaglige miljø, består av rundt 30 meget kompetente medarbeidere. [3]

Tjenestene Stadpipe tilbyr går fra prosjektering og planlegging i den ene enden, til installasjon og vedlikehold i den andre. [2]

I Stadpipe har vi samlet kompetanse og teknologi, som gir kundene våre riktig installasjon og funksjonalitet på sine anlegg. Vi har systemer som sikrer at kundene skal få den beste service og oppfølging, og med levering innenfor avtalte tidsfrister. Stadpipe gjennomfører både hele, komplekse prosjekter - «fra gul lapp til ferdigstillelse», og tilbyr tjenester enkeltvis ved behov. [4]



Figur 2: 3D tegning av landbasert oppdrettsanlegg Salmar Follafooss

Bedriften jobber for tiden med rørsystem for kaier til Mongstadbasen, kjølesystemer for datalagring i Lefdal mine, - og landbasert oppdrettsanlegg til Salmar Follafooss, for å nevne noen. [2]

1.2 Problemstilling

Problemstilling

Oppdragsgiver PRO Opplæringskontoret ønsker at industriroboten i *Tenning på teknologi-* traileren skal kunne brukes til demonstrasjoner. Det er ønskelig at robotarmen skal kunne anvendes til andre bruksområder også.

Pro ønsker å bidra til at medlemsbedriftene skal kunne benytte seg av utstyr PRO har i *tenning på teknologi-* traileren. Dette utstyret blir brukt i opplæring og rekruttering. De har derfor stilt utstyret de eier disponibelt for medlemsbedriftene, og fått følgende forespørsel fra medlemsbedriften Stadpipe:

Vi har en arbeidsoperasjon der vi varmer opp et rør før vi bearbeider det. Dette er statisk arbeid, men er også avhengig av riktig temperatur [REDACTED]

Figur 3: ABB IRB 140 robotarm



[REDACTED]

For oss kunne det vært nyttig å kunne brukt robot til denne arbeidsoppgaven, dersom den er lett og programmere. Da kunne vi frigjort en medarbeider til andre arbeidsoppgaver. (Vedlegg 01)

Stadpipe ønsker å undersøke muligheten for å automatisere denne prosessen ved hjelp av en robotarm. PRO Opplæringskontoret stiller nødvendig utstyr til disposisjon og fungerer som oppdragsgiveren for prosjektet.

[REDACTED]

Mål

Oppdragsgiver ønsker at vi som delmål i prosjektperioden lærer å programmere robotarmen, får den til å sveise og om mulig finner et alternativt bruksområde som vi kan bruke for å demonstrere funksjonaliteten.

Hovedmålet for prosjektet er å undersøke muligheten for å bruke robotarmen ABB IRB 140 til å automatisere varmeprosessen. Ønsket er en halvautomatisk løsning der robotarmen skal holde en propanbrenner for å varme et gitt område på røret.

Det vil bli en del utfordringer knyttet til programmering av robotarmen, dokumentasjon av prosjektet, HMS og maskinering av et feste for propanbrenneren. En del kalibrering og testing må til for å undersøke kvaliteten på løsningen.

Av dette har vi satt opp en fremdriftsplan med konkrete delmål for prosjektet som ligger vedlagt. (Vedlegg 02)

Bakgrunn

Som nevnt innledningsvis leverer Stadpipe rørinstallasjoner til olje- og fiskerinæringen. Etterspørselen etter produkt og tjenester bedriften leverer har økt de siste årene, både fra norske og internasjonale bedrifter. For å øke produksjon i takt med etterspørsel ser bedriften seg nødt til å effektivisere driften. [5] De var derfor raskt på banen når PRO Opplæringskontoret sendte ut forespørsel om en konkret oppgave for en robotarm.

Resten av dette kapittelet omhandler varmeprosessen de ønsker å automatisere.

Varmeprosess

Rørene Stadpipe leverer heter PE100, som er en variant av HDPE termoplast. Mer informasjon om materialet kommer i "2.2, Varmeprosess og material".

Når et mindre rør skal kobles sammen med et større rør i en T-skjøt som vist på figur 4, lager man et uttrekk fra røret som det skal skjøtes på. For å få uttrekket i ønsket form, må plasten bearbeides ved å varmes opp. Varmeoperasjonen blir i dag gjort manuelt ved å bruke åpen flamme fra en propanbrenner. Ønsket fra Stadpipe er å se på muligheten til å få en robotarm til å utføre denne arbeidsoperasjonen, med kvalitetssikring fra en operatør.



Figur 4: "Redusert T rør". Produkt levert av Stadpipe

Før selve oppvarmingen av røret begynner, gjøres forarbeid ved at en skjærer ut et hull i ønsket form og størrelse. Fasongen på hullet som skjæres ut, bestemmes ut fra diameter av røret som skal skjøtes på hovedrøret.

[REDACTED]

[REDACTED]

Figur sensurert

Når ønsket temperatur på røret er nådd, starter man prosessen med uttrekk.

Uttrekk

Røret blir satt inn i en mekanisk innretning kalt jigg, avbildet i figur 6. Jiggen består av en holder for røret og en hydraulisk jekk. Selve holderen for røret på jiggen er bevegelig, slik at man kan tilpasse den til forskjellige rørdimensjoner og uttrekk. Røret blir sentrert på jiggen ved hjelp av nevnt bevegelig funksjon, og klosser som monteres på/ tas av, i forhold til rørdimensjon. Dette for at holderen til røret ikke skal påvirke trekket.



Figur sensurert

Selve uttrekket gjøres sakte, slik at en ikke overskrider flytegrensen² til materialet, og med det ødelegger molekylsammenbindingene. Det er viktig at prosessen overvåkes slik at man ikke passerer nevnte flytegrense. Overskrider man denne grensen vil ikke molekylene i materialet gå tilbake til sin opprinnelige form. [redacted]



Figur 7: 1200 rør med uttrekk.

¹ Preging - fortregning av plast under påvirkning fra et verktøy.

² Flytegrensen til et materiale - grensen der en når plastisk forlengelse av et materiale som er varig. Dette blir også kalt strekkgrense.

2. Robotisert varmeprosess

Dette kapittelet presenterer nødvendig bakgrunnsinformasjon for prosjektet.

2.1 Teori robot

I dette avsnittet opplyses det om robot generelt, og bruken av robot innen industri. Påfølgende delkapittel tar for seg informasjon om robotarmen vi bruker, hardwarekomponentene dens, og softwarekomponentene brukt til programmering av robotarmen.

Industrirobot

Store norske leksikon har følgende definisjon av en industrirobot;

Industrirobot, betegnelse på fleksible, datamaskinstyrte arbeidsautomater som gjentar innlærte eller programmerte bevegelser og operasjoner. De kan operere enkeltvis eller inngå som elementer i større fleksible produksjonssystemer. Egenskaper som er med på å bestemme robotens prestasjonsnivå er bl.a. håndteringskapasitet, bevegelseshastighet, rekkevidde, posisjonering- og gjentakelseshastighet, drivsystemet og antall uavhengige bevegelser som kan utføres (frihetsgrader). [6]

2.1.1 Hardware

ABB IRB 140

Robotarmen ABB IRB 140 er en industrirobot som jobber på seks rotasjonsakser. Styreskapet IRC5 fungerer som hjernen til robotarmen, og generer bevegelse av armen ut fra RAPID³- kode.

Robotarmen kan monteres på gulv, vegg eller i tak. Den har såkalt *bendback* funksjon på den ytterste armen, og 360 graders rotasjon på akse 1. Dette gir robotarmen stor rekkevidde, som gjør at den får større fleksibilitet når det kommer til utforming av produksjonslinje. Figur 8 viser rekkevidden til robotarmen i forhold til vekt av påmontert utstyr, og nevnte *bendback* funksjon. [7]

ABB IRB 140 oppfyller kravet til IP67 standarden⁴. Det betyr at den er godkjent for bruk i industrimiljø, der det er krav til støv og rustbestandighet.

Som figur 8 viser har robotarmen integrerte ledninger, og en IO⁵ modul på ytterste arm. IO har 12 pins, og kan kobles sammen med IRC5- skapet.

ABB IRB 140 blir vanligvis brukt til sveising, lakking, materialhåndtering, sammensetting, og pakking. [8]



Figur 8: ABB IRB 140

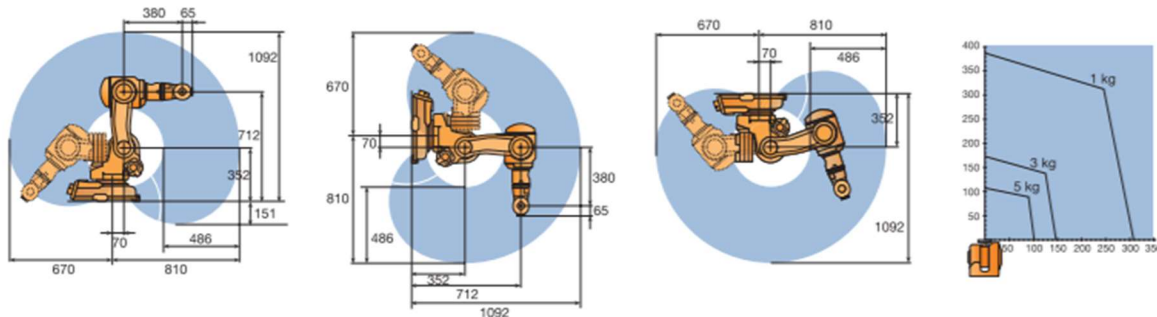
³ RAPID - programmeringsspråk for ABB industriell robot

⁴ IP67 - Støvtett og vanntett (nedsenka) fra 15cm til 1m i 30 minutt

⁵ IO - Input / output.

Tilkoblet spenning til robotarmen er 200 – 600 volt ved 50-60 Hz. Temperaturområde ligger mellom 5 og 45°C. Maks lastekapasitet er 6 kg ved maks rekkevidde på 810mm. Robotarmens egenvekt er 98 kg, og den har støynivå på 70dB. [7]

WORKING RANGE AND LOAD DIAGRAM



Figur 9: Rekkevidde, lastekapasitet og "bendback" funksjon, ABB IRB 140

IRC5 Robotkontroller

IRC5 er ABBs femte generasjon industrielle robotkontroller, og fungerer som et styreskap for robotarmen. Robotstudio⁶ er programmet brukt for programmering av ABBs industrielle roboter, det baserer seg på programmeringsspråket RAPID. [9] Koden for bevegelse utvikles i dette programmet, så er det IRC5 som genererer bevegelsen på aksene til robotarmen. Den omgjør altså kode fra datamaskin, til bevegelse av robotarmen.

IRC5 har 8 digitale innganger, og 8 digitale utganger med 4-20mA grensesnitt. Tilkobling for IO finnes både i styreskap, og på selve robotarmen, se figur 8. Styring av robotarmen kan påvirkes av IO signal, som gir flere muligheter for programmering av robotarmen [9].

Styreskapet har 3 forskjellige moduser, manuell med begrensning for hastighet, manuell full hastighet og automatisk.

Manuell-mode brukes når operatør skal jogge⁷ med robotarmen. I tilfeller der robotarmen utfører arbeidsoppgaver uten påvirkning av bevegelsen fra operatør, benyttes automatisk modus. Bryter for å bytte modus finnes under nødbryteren på styreskapet.

IRC5 er trefasa med styrespenning 200-600V ved 50-60 Hz, arbeidstemperaturen er 0- 45°C. [9]



Figur 10: IRC5 robotkontroller

⁶ Robotstudio - en utviklingsplattform for programmering av ABB industriell robot

⁷ Jogging - Manuell styring av robotarmen med joystick

FlexPendant

Den eksterne styreenheten FlexPendant er IRC5 sin HMI⁸. Flexpendanten har knapper hvor det kan legges inn forskjellige funksjoner i koden. Den har også en joystick for manuell styring av robotarmen, kalt jogging. Dersom operatør skal jogge med robotarmen, må dødmannsknappen holdes inne. Dødmannsknappen sitter på baksiden av displayet. En nødstoppbryter sitter på toppen av FlexPendanten, som en sikkerhetsfunksjon. [10]



Figur 11: FlexPendant

2.1.2 Software

RobotStudio

RobotStudio er et PC program utviklet av ABB Robotics til å modellere, programmere, og simulere robotceller. Robotstudio har funksjonalitet der et virtuelt styreskap kan programmeres for å simulere bevegelse av robotarmen mot en 3D-modell. Simuleringsverktøyet støtter 3D- modeller fra AutoCAD. Programmet har egne funksjoner for å generere RAPID- kode fra 3D-modelleringen. [11]

Robotarmen kan programmeres både *online* og *offline*. Online programmering foregår direkte via FlexPendanten eller en datamaskin koblet til styringsskapet IRC5. Tilkobling mellom datamaskin og robotkontrolleren skjer med ethernetkabel. Offline programmering er å skape RAPID- kode uten å være tilkoblet styreskapet. RAPID- programmet lastes inn til IRC5 i ettertid.

RAPID

RAPID er et *high level* programmeringsspråk brukt til programmering av styreskapet IRC 5, som igjen generer bevegelsen av IRB 140 robotarmen. RAPID har et bredt utvalg av funksjoner for numerisk utrekning, og behandling av boolsk logikk, som de fleste andre *high level* programmeringsspråk. Det som skiller RAPID fra andre programmeringsspråk er instruksjoner for bevegelse av robotarmen. Disse instruksene beskriver hvordan robotarmen skal bevege seg mellom start – og slutt punkt. [12]

⁸ HMI - Human Machine Interface. Grensesnitt mellom menneske og maskin.

2.2 Varmeprosess og material

Dette delkapittelet i rapporten tar for seg varmearbeid, og teknisk data på materialet rørene er laget av, PE100. Varmeprosessen som gjøres på rørene er forklart i innledningen av rapporten, under avsnittet varmeprosess i "1.2, Problemstilling".

2.2.1 Varme arbeider

Med varme arbeider forståes arbeider hvor det benyttes maskiner og utstyr som genererer gnister og varme som kan medføre brann. Varme arbeider omfatter bruk av åpen flamme, varmlufts-, sveise, skjære- og/eller slipeutstyr. I forskriftene om varme arbeider står det at den som utfører arbeidet skal være sertifisert varmearbeider fra Norsk Brannvernforening. Dette gjelder dersom arbeidet ikke blir utført på faste, spesielt tilrettelagete, og brannsikrede arbeidsplasser. [13, p. 10]

Det utstedes en arbeidsinstruks fra oppdragsgiver, der personen som utfører arbeidet oppgir sertifikatnummer og signerer på dokumentet. Der varmearbeidet utføres, utnevnes det en brannvakt som oppgir navn og sertifikatnummer. Varmearbeider og brannvakt kan være samme person. Brannvakten har også ansvar for å fylle ut et skjema med hvilke preventive tiltak som er gjennomført før arbeidet begynner. For varme arbeider som ikke blir utført på fast tilrettelagt arbeidsplass, er det et minimumskrav til slukkeberedskap. [13, p. 10]

2.2.2 HDPE

Polyetylen

Polyetylen ble oppdaget tilfeldig ved et laboratorieforsøk ved Imperial Chemical Industries i Storbritannia. Det ble satt i produksjon i 1939 under navnet Alkathene. Dette er i dag den typen som heter LD-polyetylen. [14] I 1953 tok man i bruk en ny metode, Ziegler-Natta katalysatoren, som er prosessen for å fremstille HD-polyetylen. [15]

Polyetylen har den kjemiske formelen ($-\text{CH}_2-\text{CH}_2-$), og fremstilles ved polymerisasjon av etylen. Dette er et plastmateriale av stor styrke, da det har lange molekyler og relativ molekylmasse fra ca. 15.000 til flere millioner. Dette gjør til at molekylene infiltrerer hverandre og stykkevis danner små krystalliske områder. [14]

Som plast er polyetylen tilsatt ulike stoff for å få frem den ønskede funksjonen til det ferdige materialet.

Polyetylen kan deles inn i tre hovedgrupper

- Lavdensitets polyetylen (LD-polyetylen), myk type.
- Høydensitets polyetylen (HD-polyetylen), hard type.
- Middeldensitets polyetylen (MD-polyetylen), middels hard type.

Krystalliniteten øker fra 50% til 80%, fra den myke typen LD til hard type HD. [14]

Polymermolekylene i den myke typen er noe forgrenet, i forhold til i den harde typen der de er nesten helt lineære, og da lettere kan danne krystallitter. Krystallittene gir PE100 de mekaniske egenskapene som skiller de to typene polyetylen, som smeltetemperatur, strekkfasthet og densitet. [14]

Polyetylen er termoplastisk som betyr at den er formbar ved oppvarming uten at det skjer noen kjemisk herdeaksjon. Denne hendelsen kan gjøres om og om igjen ved oppvarming. [14]

Polyetylen er ikke løselig i temperaturer under 60°C, men kan svelle i noen organiske løsninger. Den er meget bestandig mot vandige løsninger, baser og ikke-oksiderende syrer. Slagfastheten er høy og materialet blir ikke porøst før ved -70°C.

Det myke LD-polyetylen blir ofte brukt til å lage folier og slanger, mens det harde og sterkere HD-polyetylen blir brukt til produkt som har større krav til materialstyrke som kasser og trykkrør. Produksjonen av polyetylen ligger på verdensbasis i en størrelsesorden av 40 mill.tonn/år. [16]

Teknisk info PE

Materialet har en densitet på 0,96 g/cm³ med overflatemotstand 10⁻¹⁴ Ω.

Varmeledningsevne til materialet på 0.38 W (°C x m) med en tillatt anvendelsetemperatur i luft som er vedvarende på -50°C - 80°C. Utvidelse koeffisienten ved gjennomsnittstemperatur er 180K med enheten 10⁻⁶ K.

De mekaniske egenskapene til materialet ved flyting er en trekkstyrke på 23 N/mm² med en forlengelse på 9%. (Vedlegg 05).

For mer teknisk informasjon om PE se datablad (Vedlegg 05).

2.2.3 Material- og fasthetslære

For å løse oppgaven er det viktig å ha en forståelse for hvordan et materiale oppfører seg ved oppvarming og strekk.

Material- og fasthetslære

Med et materials fasthetsegenskaper, menes materialets motstandsevne mot; elastisitet, plastisk formendring, og brudd. Når et materiale blir utsatt for ytre påvirkning, oppstår det indre spenninger i materialet. [17] Med indre spenninger menes kreftene som oppstår da legemets atomer eller molekyler blir forskjøvet fra sin likevektsstilling. [18] Dersom ytre påvirkning holder seg under materialets elastiske grense, vil de indre spenningene forsvinne når den ytre påvirkningen avtar. Legemet går tilbake til sin opprinnelige form.

Økes de ytre påvirkningene slik at den elastiske grensen til materialet overskrides, vil formendringen til materialet være større enn de indre spenningene. Noe som medfører at materialets deformasjon ikke går helt tilbake ved avlastning. Dette blir kalt for plastisk formendring. Dersom de ytre påvirkningene ikke avlastes, og materialet blir trukket til flytegrensen, forandres materiales struktur og flyting oppstår. Materialet vil i dette tilfellet ikke gå tilbake til opprinnelig form, da bruddgrensen er nådd vil materialet holde seg i den nye strukturen. [17]

Elastisiteten blir oppgitt i newton per mm² (N/mm²). Hookes lov kan benyttes for å forklare hvordan deformasjonen i et materiale har motkrefter i form av elastiske krefter inne i legemet. Hookes lov sier at, $F = -kx$, der F er kraften som blir tilført, k er elastisitets verdien for materialet og x er lengden av tilbaketrekkingen. Det negative fortegnet viser at de kreftene som materialet blir utsatt

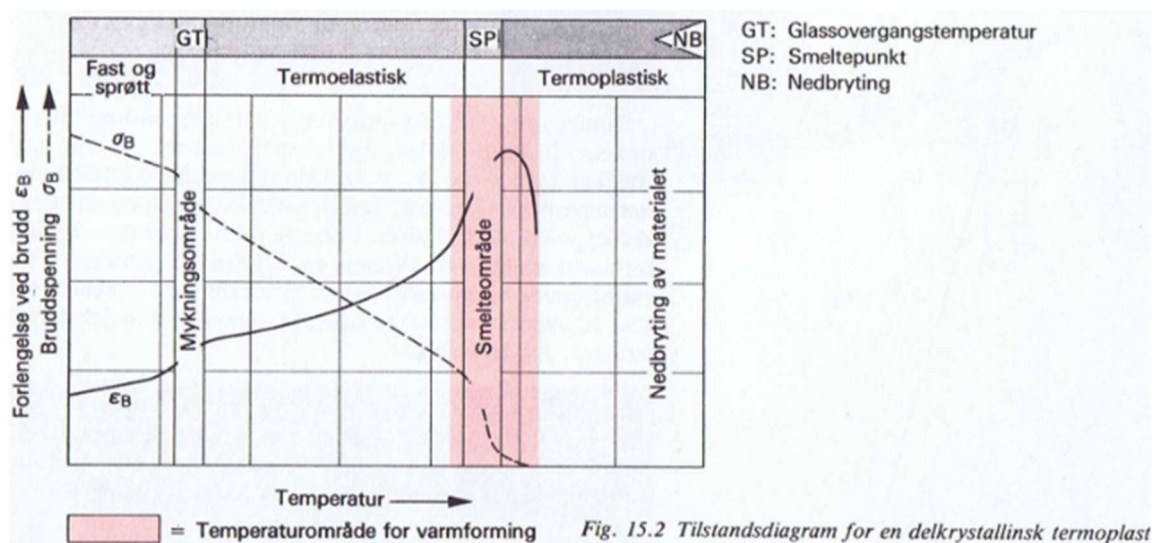
for, trekker seg tilbake med en negativ kraft. Kreftene oppstår da legemets atomer eller molekyler blir forskjøvet fra sin likevektsstilling og det blir da skapt indre spenninger i materialet. [18]

Elastisiteten varierer fra materiale til materiale. Som eksempel har herdet stål høyere elastisitetsverdi enn bly. Dette tilsier at herdet stål er mindre formbart enn bly.

Varmforming

Varmforming er en måte å bearbeide oppvarmede termoplastiske legemer fra en tilstand til en annen. Måten dette blir gjort på er at termoplasten blir varmet opp til ønsket temperatur, der den går over i en termoplastisk tilstand. Plasten kan da bearbeides til ønsket form, uten å bruke store ytre påvirkninger. Ved avkjøling av materialet etter bearbeiding, vil plasten beholde sin nye form. [19]

Varmforming av delkrystallinsk termoplast skjer ved at en varmer plasten til over glassovergangstemperaturen men holder seg under smeltepunktet. Det som skjer da er at den amorfe delen av plasten går over i termoplastisk tilstand mens de krystallinske områdene opprettholder stivheten til materialet. Om en da bearbeider materialet vil det ikke forme seg jevnt. Dette tilsier at om en da varmer et rør på utsiden og skal lage et uttrekk på det vil radien på den visuelle buen utvendig være mindre enn buen på innsiden av røret. Dette skjer da det er forskjellig temperatur på innsiden og utsiden av røret. Figuren 12 viser hvordan den delkrystallinske termoplasten går fra fast materiale og over i termoelastisk område. [19]



Figur 12: Tilstandsdiagram for delkrystallinsk termoplast

Fig. 15.2 Tilstandsdiagram for en delkrystallinsk termoplast

2.3 HMS

Denne delen av rapporten handler om HMS. Generell definisjon av helse, miljø og sikkerhet etterfølges av interkontrollforskriften og standarder for bruk av robot i industriell produksjon. Avslutningsvis nevnes HMS i prosjektperioden.

2.3.1 HMS og interkontrollforskriften

HMS er forkortelsen for helse, miljø og sikkerhet. Innad i bedriften blir HMS omtalt som interkontroll. HMS skal ivareta at produksjon, produkt, og tjenester bedriften tilbyr oppfyller sikkerhets- og kvalitets betingelser.

Fra arbeidstilsynets hjemmeside som omtaler HMS- lovgivning, står følgende:

Det stilles krav til lokaler, verneinnretning og tilrettelegging for å sikre ytre miljø og tilrettelegging av arbeidet for å sikre ytmiljø og gi trygghet for dem som gjør jobben. I utgangspunktet gjelder HMS-forskriftene for bedrifter som produserer, selger- /tilbyr varer og tjenester. Med dette omfattes bedriften av lover og regler i henhold til helse-, miljø- eller sikkerhetshensyn. [20]

Hver bedrift er pliktig å forholde seg til forskriftene om systematisk helse, miljø og sikkerhetsarbeid (Internkontrollforskriften). Dette for å sikre at uønskede hendelser oppdages, og preventive tiltak iverksettes på et tidlig tidspunkt. Lederen i bedriften har det overordnede ansvaret for at dette blir gjennomført. [20]

Definisjon helse, miljø og sikkerhet.

Helsedelen av HMS omhandler faktorer som direkte, eller indirekte påvirker den ansattes fysiske og psykiske helse. Preventive tiltak iverksettes for å bedre helsefaktorene på arbeidsplassen, samt redusere fravær grunnet sykdom. [21]

Miljø omfatter både det indre arbeidsmiljøet, og miljøet rundt bedriften. Med ytre miljø menes det å redusere forurensing (utslipp) fra bedriften til et minimum, ved å iverksette tiltak. Arbeidsmiljøet (indre miljø) er alle faktorer som påvirker en arbeidstaker fysisk, psykisk, og sosialt i positiv eller negativ retning. [21]

Sikkerhet i HMS, gjelder sikkerhet for både mennesker og materiell i bedriften. [21] Skader som omfatter personell, produksjonsverktøy, og produkt er innfattet i HMS arbeid.

2.3.2 HDPE

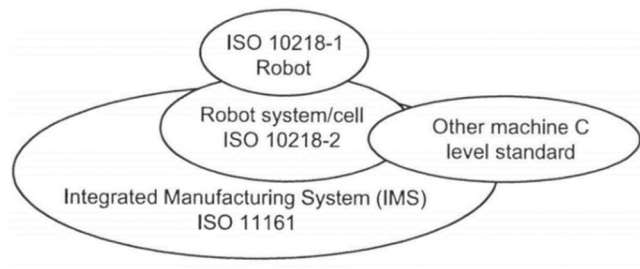
HMS i forbindelse med varme arbeider er beskrevet i "2.2.1, Varme arbeider". Her skal vi ta for oss farene ved varmearbeid på PE-HD 100 rør.

Bruk av HDPE rør utgjør ingen helsefare ved normal bruk. Helsefaren oppstår ved en eventuell brann, materialet har et antennespunkt på 380°C. Faren ved brann er at det blir utviklet brenngasser med innhold av CO. Symptomer ved innånding av slike gasser er svimmelhet, tretthet, hodepine, kvalme og uregelmessig pust. [22]

2.3.3 Robot i industrielt miljø

Stadpipe ønsker å integrere en robotarm i produksjonshallen de bruker. Standardene ISO 10218-1 og 10218-2 setter retningslinjer og sikkerhetskrav for å integrere robotarm, eller robotcelle for bruk i industrielt miljø.

En risikoanalyse for plassering av robotarm i produksjonshallen de benytter på Stadlandet, ses gunstig å gjennomføre før innkjøp av en robotarm. ISO 10218-1 Annex A i standarden lister opp signifikante faremomenter ved nevnt bruk, og bør brukes som en sjekkliste i nevnt risikoanalyse. [23]



Figur 13 er hentet fra ISO 10218-2. Den viser hvordan standardene for bruk av robot/robotsystemer forholder seg til personell og maskineri i bedriften.

Figur 13: Figurtekst: Grafisk fremstilling av standarder for robotsystem. Fra ISO standard

ISO 10218-1

ISO 10218-1 er en standard som tar for seg regelverk for bruk av robot i industrielt miljø. Standarden inneholder retningslinjer for sikkert design av robot i forhold til bruksområde, preventive tiltak som må iverksettes før installasjon av robot, samt generell informasjon for bruk av industrirobot. Den beskriver mulige faremoment ved bruk av industrirobot, og hvordan en kan redusere eller eliminere faremoment.

Kapittel 5 i standarden omhandler regelverk for design og sikkerhetstiltak. Robotarmen IRB 140 kan styres med en Flexpendant, der man manuelt kan jogge robotarmen. Menneskelig feil kan forekomme ved manuell

styring av robotarmen. Derav har Flexpendanten ulike sikkerhetsfunksjoner, når det kommer til start og stopp av bevegelsen til robotarmen.

Figur 14 er et utklipp fra avsnitt 5.5.2 Emergency stop, og beskriver en nødbryters funksjon. [23]

5.5.2 Emergency stop

The robot shall have one or more emergency stop functions (stop category 0 or 1, in accordance with IEC 60204-1).

Each control station capable of initiating robot motion or other hazardous situation shall have a manually initiated emergency stop function that:

- complies with the requirements of 5.4 and IEC 60204-1;
- takes precedence over all other robot controls;
- causes all controlled hazards to stop;
- removes drive power from the robot actuators;
- provides capability for controlling hazards controlled by the robot system;
- remains active until it is reset; and
- shall only be reset by manual action that does not cause a restart after resetting, but shall only permit a restart to occur.

Selection of a category 0 or category 1 stop (in accordance with IEC 60204-1) function shall be determined from the risk assessment.

When an emergency stop output signal is provided:

- the output shall continue to function when the robot power is removed; or
- if the output does not continue to function when the robot power supply is removed, an emergency stop signal shall be generated.

The emergency stop device shall be in accordance with IEC 60204-1 and ISO 13850.

Figur 14: ISO 10218-1 5.5.2 Emergency stop

ISO 10218-2

Del to av ISO standarden omhandler det å integrere en robot/ robotsystem i et arbeidsmiljø. Standarden omhandler retningslinjer for hvordan personell og robot skal jobbe sammen i et arbeidsmiljø. Den tar og for seg installasjon, styring, programmerte sikkerhetsfunksjoner/ posisjoner, og vedlikehold av robot. [24]

2.3.5 HMS i prosjektperioden

Under arbeid med prosjektet har prosjektgruppen måtte arbeide i henhold til HMS- retningslinjene for oppdragsgiver. Vedlegg 06 er HMS- retningslinjene PRO Opplæringskontoret følger.

Sveising av Jigg på Hellenes ble utført på tilrettelagt plass og instruks for varme arbeider er ikke påkrevd. Korrekt verneutstyr ble brukt.

Propanflasken og tilhørende utstyr brukt i varmeprosessen følger industrielle sikkerhetskrav. Under arbeid med åpen flamme, samt sveising i *Tenning på teknologi-* traileren, er arbeidsinstruks for varme arbeider gitt. Gruppemedlemmer Bengt Edvardsen og Espen Kirketeig er sertifiserte varmearbeidere. Minst en av de har alltid vært til stede under varme arbeider. Arbeidsinstruks ligger vedlagt i denne rapporten (vedlegg 09).



Figur 15: HMS i prosjektperioden.

2.4 Sveising med robotarm

Oppdragsgiver PRO Opplæringskontoret ønsket at vi tilegnet oss kunnskap på programmering av robotarmen, så den kan brukes som en sveiserobot. Robotarmen står i dag med påmontert sveiseutstyr i spesiallaget bås.

I dette delkapittelet presenteres sveisekomponentene som er tilkoblet robotarmen og informasjon om programmering av den.

2.4.1 Sveising

Sveising er en metode for sammenføring av to eller flere deler av metall eller plast. Sveising kan deles opp i to hovedgrupper, press- sveising og smeltesveising. Sveisemetoden som blir brukt av robotarmen i traileren er smeltesveising. Delene som skal sveises sammen blir med smeltesveising lokalt oppvarmet til smeltetemperatur, og flyter sammen assistert av overflatespenningen. [23]

MIG/MAG - sveising bruker et tilsetningsmateriale i form av en massiv tråd, eller en rørtråd. Tilsetningsmateriale blir smeltet i en lysbue når det treffer arbeidsstykket. Denne lysbuen blir generert av en ekstern elektrisk strømkilde, og et jordet arbeidsstykke. Under denne type sveising er lysbuen kontinuerlig. [24]

Lysbuen og smeltebadet blir beskyttet av gass som kommer ut gjennom sveisepistolen med tråden. Funksjonen til gass i sveising er å beskytte sveisebuen, sveisebadet og den varmepåvirkede sonen fra luften omkring. [24]

MIG og Mag blir definert av hvilken gass som blir brukt under sveisingen. Mig bruker en inert gass, dvs. at gassen ikke tar del i selve sveiseprosessen, men bare beskytter sveisebuen og smeltebadet. Inert gasser er argon og helium. Mag bruker en aktiv gass som tar del i sveiseprosessen og med det er med på å optimalisere prosessen og egenskapene til det ferdige produktet. Aktiv gass er CO_2 . Sveising avgir sveiserøyk og gasser som er farlige for sveiseren. Sveising skal derfor bare foregå på godt ventilerte områder med avsug. [24]

For å kunne sveise må man ha et sveiseapparat og et mateverk. Disse komponentene jobber i lag for å skape en stabil lysbue. Sveiseapparatet blir sett på som en ekstern strømkilde som forsyner mateverket med ønsket strøm til sveisingen.

Oppsettet av MIG sveiseutstyret som er i traileren er rettet opp mot ABB IRB 140

- Sveiseapparat Esab Aristo Mig U5000i [25]
- Styreenhet W8_2 [26]
- Mateverk RoboFeed 3004W [27]
- Sveisepistol Dinse PKI 500Si [28]
- Sveise bås



Figur 16: Dinse PKI 522Si

Det som skiller oppsettet i traileren fra en sveisestasjon på et industrielt verksted, er styreenheten W8_2 , mateverket RoboFeed 3004W, og sveisepistolen Dinse PKI 500S.

2.4.2 Programmering sveising

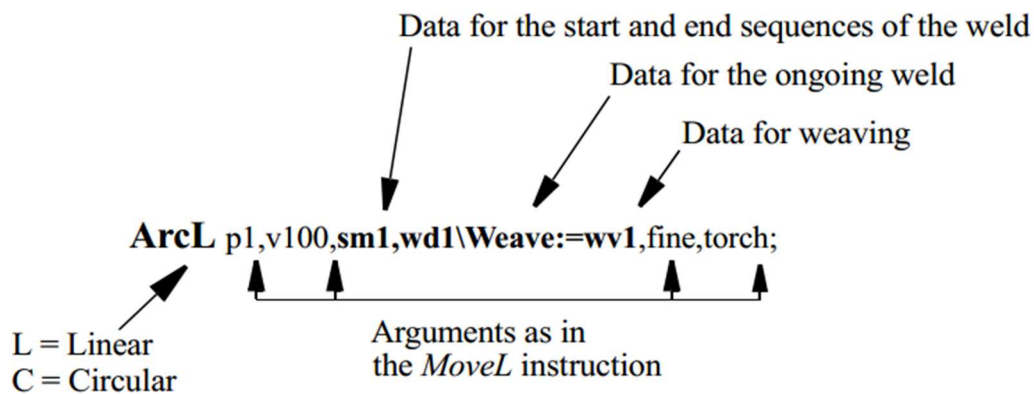
Robotarmen programmeres enten direkte fra IRC5 sin HMI (flexpendanten), eller via online programmering på pc i RobotStudio. Instruksen for sveisebuen heter *Arc*, sveisedata deles opp i *seamData* og *weldData*. [31]

Sveisedata er innstillinger for sveisen, lagret som egne prosedyrer. Styreenheten W8₂ lagrer disse prosedyrene, så IRC5 kan bruke sveiseinnstillingene når bevegelsen på robotarmen generes.

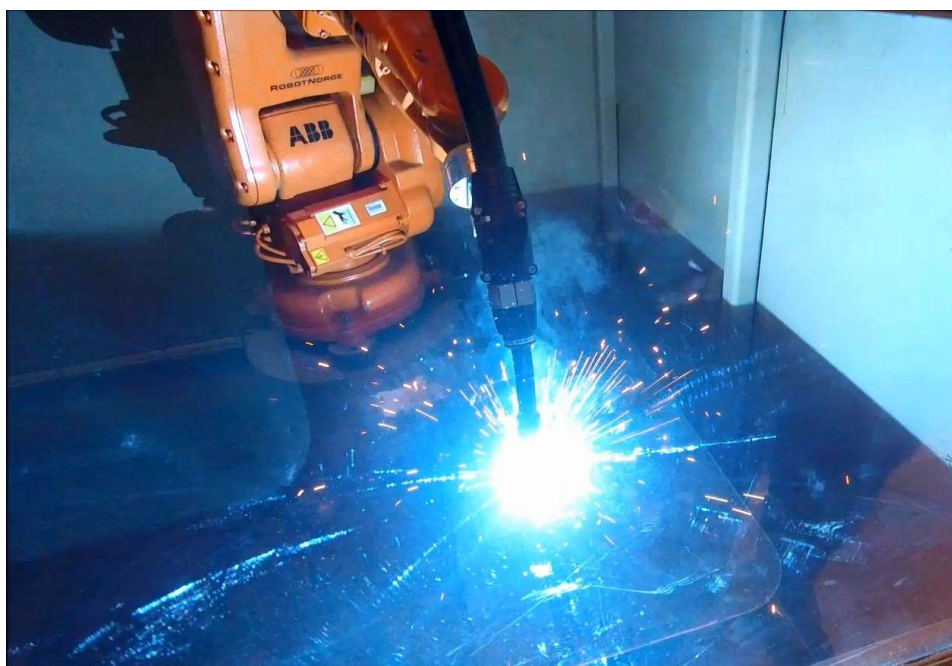
Innstillingene som ligger i *seamData* brukes kun ved start og stopp av hver enkelt sveis, der kommando *ArcLstart* og *ArcLstop* benyttes. Prosedyren inneholder innstillinger for hvor lenge gassen skal tilføres før sveisebuen tennes, og hvor lenge den skal tilføres etter sveisebuen slukkes.

SeamData inneholder og innstillinger for varm eller kald start på sveisen. Prosedyren *weldData* inneholder innstillinger for selve sveisen, som materialtype, spenning, trådmating og sveisehastighet for å nevne noen. Mer utfyllende informasjon om sveiseinnstillingene for prosedyrene kan leses i datablad. [31]

Funksjonen *weldblock* benyttes dersom IRC5 skal testkjøre bevegelsen til robotarmen.



Figur 17: Kodeeksempel Arc.



Figur 18: Sveising med ABB IRB 140

3.Løsning

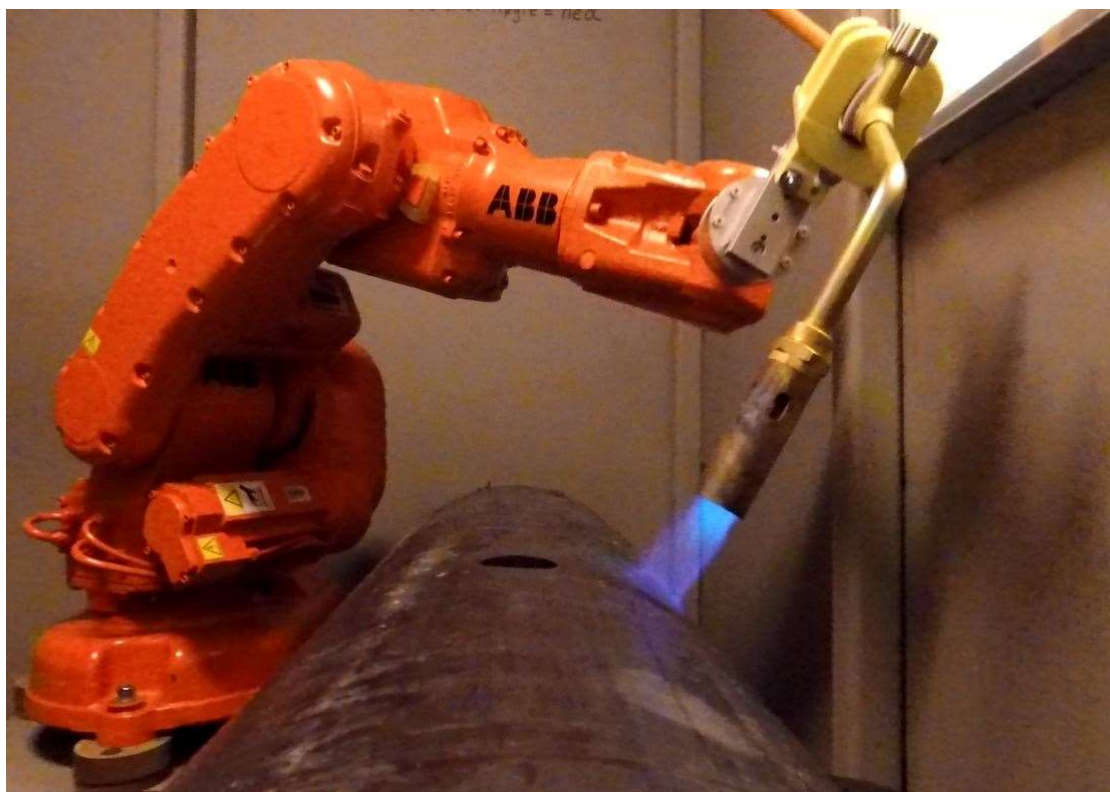
I dette kapittelet presenteres løsningen på oppgaven.

3.1 Resultat

Programvaren utviklet for å automatisere varmeprosessen er en halvautomatisk løsning. Arbeidsobjekt defineres på toppen av røret, midt i utskjæret. Operatør skriver inn data om røret og størrelse på utskjæring til robotarmens HMI. Ved hjelp av matematikk brukes innskrevet data for å generer bevegelsen til robotarmen. Bevegelsen er delt opp i 4 underrutiner, som operatør kjører for seg selv for å kalibrere. Etter kalibrering starter operatør hele bevegelsesmønsteret, mønsteret består av de 4 underrutinene i en forhåndsbestemt rekkefølge.

Propanbrenneren er rettet vinkelrett mot senterlinjen til røret, og har samme avstand til rørets overflate for alle bevegelser. Operatøren velger hvilken fart robotarmen skal ha, i flexpendantens meny for hastighet. Nå vil oppvarmingen skje konstant, i forhold til nevnte avstand og farts – parameter.

En brukermanual for bruk av robotarmen til oppvarmingsprosessen ligger i Appendix A.



Figur 19: Robotarm som varmer rør.

3.2 Bakgrunn

I dette delkapittelet skal bakgrunn for valg av løsning presenteres.

3.2.1 Bevegelsesmønsteret

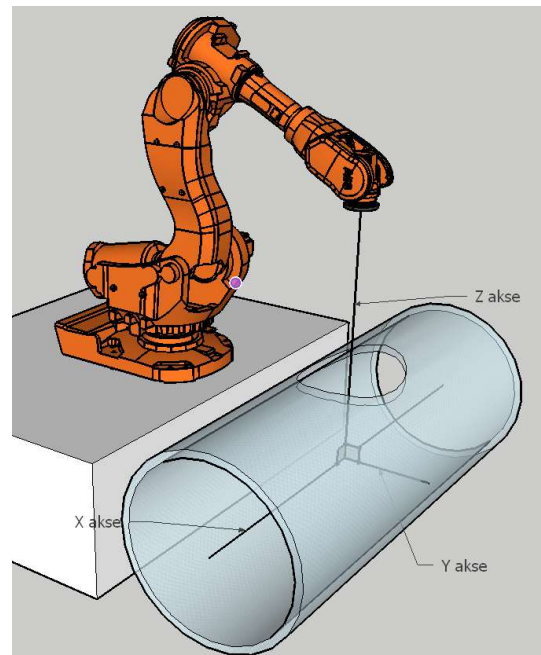
Ønsket fra Stadpipe er et skalerbart program der operatør legger inn data om rørdimensjon, og størrelse på aktuelt uttrekk. Propanflammen som robotarmen beveger, må generere ønsket temperatur i de ulike sonene rundt hullet som det skal trekkes igjennom. Formen på hullet det skal trekkes gjennom bestemmes fra dimensjon på røret som skal skjøtes i det aktuelle uttrekket, se "1.2, Problemstilling"

Figur sensurert

Under forprosjektperioden diskuterte vi innad i prosjektgruppen ulik brukervennlighet for programmet. Tanken er at operatør legger inn ellipsens størrelse, som genererer propanbrennerens bane mot overflaten til røret. Med et testprogram av den elliptiske bevegelsen ser operatøren bevegelsesmønsteret, og kan kalibrere den.

Det er viktig at prosessen har en jevn varmetilførsel fra propanbrenner til overflaten på røret. For at varmetilførsel skal bli jevn, og ikke en ekstra variabel er det viktig at propanbrenneren siktes vinkelrett inn mot senterlinjen til røret i alle posisjoner, vist i figur 21.

Med dette vil de eneste variablene for oppvarmingen, bli hastigheten robotarmen beveger seg med, og hvor mange ganger bevegelsen skal gå om gangen før materiale får hvile.

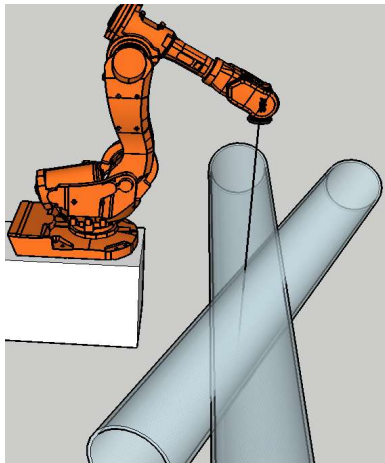


Figur 21: TCP vinkelrett på senterlinjen til røret.

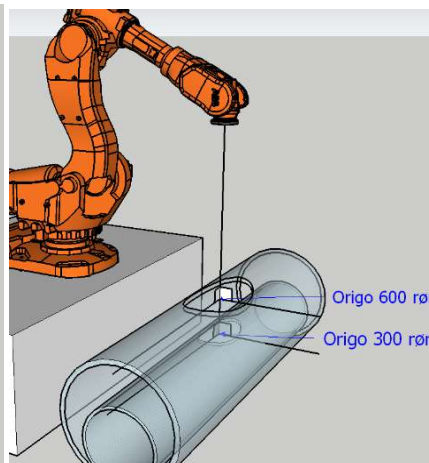
3.2.2 Bevegelse av robotarm mot sylinderflate

Rørene som skal varmes opp er av ulik dimensjon og tykkelse. Dette gir en del utfordringer knyttet til programmeringen av robotarmen, det første problemet som må løses er hvordan røret er posisjonert i forhold til robotarmen:

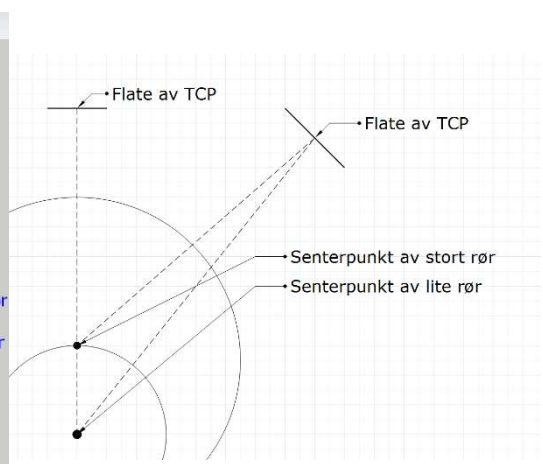
1. Rørets retning i forhold til roboten vil variere, illustrert i figur 22.
2. Roboten står i fast posisjon, og rørdimensjon varierer, illustrert i figur 23.
3. Vinkel som brenneren mot på røret varierer, vist i figur 24.



Figur 22: Rørets retning



Figur 23: Rørdimensjon påvirker avstand fra robotarm til rør.

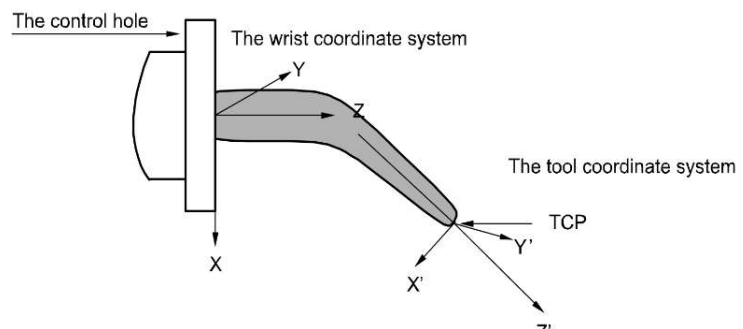


Figur 24: Tverrsnitt av to rørdimensjoner, viser variasjon av vinkel

Arbeidsobjekt og arbeidsverktøy

Løsningen som presenteres i dette kapittelet er en halvautomatisk løsning, der operatør definerer et tredimensjonalt koordinatsystem på toppen av røret. Posisjonen origo er i senter av hullet som det skal varmes rundt. Det er ut fra dette koordinatsystemet, som i RAPID blir kalt *WObj*⁹, alle robotarmens posisjoner og vinkler defineres. *WObj* blir referert til som arbeidsobjekt i resten av rapporten. Hvordan arbeidsobjektet blir definert blir forklart i "3.3, Programmering".

Arbeidsverktøyets vinkel på røret, i dette tilfelle vinkelen som propanbrenneren blir rettet mot overflaten av røret må også tas høyde for. I RAPID er arbeidsverktøy kalt *tool*, og blir definert ut fra et tredimensjonalt koordinatsystem fra *tool center point*¹⁰. [29, p. 163] Arbeidsverktøyets origo blir i resten av denne rapporten referert til med forkortelsen *TCP*.



Figur 25: TCP - Origo for arbeidsverktøyets koordinatsystem

⁹ WObj – Work objekt

¹⁰ Tool center point – TCP. Koordinatsystemet for arbeidsverktøyets sin origo.

Posisjon for en robotarm

Løsningen som presenteres i neste kapittel omhandler hvordan vi har programmert robotarmen til å bevege seg til ønsket posisjon mot røret. En posisjon i RAPID blir kalt *robtarget*¹¹ [30, p. 1176:1178], og inneholder to datatyper.

Den første datatypen heter *pos*, og definerer hvor TCP er plassert i et tredimensjonalt koordinatsystem. *Pos* består av tre numeriske verdier, en for hver koordinat. [30, p. 1160]

Datatype to i en robotarm- posisjon, definerer hvordan vinkelen til arbeidsverktøyet står rettet mot koordinaten. Denne datatypen heter i RAPID *orient*¹², og inneholder 4 numeriske verdier mellom -1 og 1, kalt *kvarternion*¹³. [30, p. 1152] Utrekningen av hver enkelt *kvarternion* blir gjort med lineær algebra, formel for utrekningen finnes i datablad.

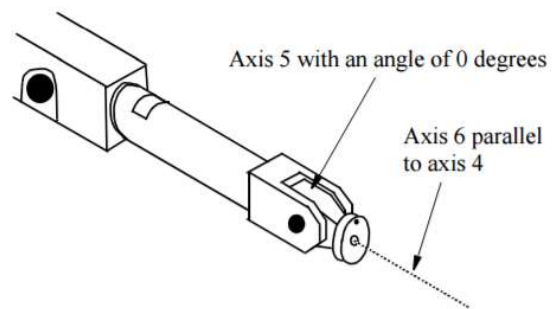
Som nevnt har de fire *kvarternionene* tallverdier fra -1 til 1. Disse tallverdiene gir mening for en robotarm, men liten mening for et menneske. I programmet brukes derfor en funksjon *OrientZYZ* [30, p. 908] som regner om *eulervinkler* til *kvaternioner*.

Singularitet

Robotarmen ABB IRB 140 består av 6 rotasjonsakser, som roterer for å generere bevegelse. IRC5 styreskapet regner ut hvor mye rotasjon som må til på hvert ledd av robotarmen for å utføre bevegelsen. Noen posisjoner i rommet kan robotarmen nå ved en uendelig mengde kombinasjoner. Algoritmen som regner ut leddutslag for å nå nevnte posisjoner vil ved disse tilfellene ikke gå opp, og robotarmen stopper. Dette kalles singularitet. [29, p. 213]

Dersom bevegelsen robotarmen skal utføre går gjennom punkter i rommet som er nære disse punktene sliter robotarmen med å holde jevn hastighet på bevegelsen. Det kommer av at en eller flere av robotarmens akser ikke klarer å akselerere raskt nok for at bevegelsen skal skje med jevn fart.

På ABB IRB 140 oppstår singularitet som oftest når akse fem ikke har noe utslag, altså står i 0 grader. I dette tilfellet vil akse 4 og akse 6 stå parallelt, vist i figur 26. Dersom akse 4 og 6 får likt utslag i parallell posisjon, oppstår singularitet på robotarmen.



Figur 26: Singularitet mellom akse 4 og akse 6

RAPID har innebygget funksjonalitet for å unngå at robotarmen havner i singularitet, kalt *SingArea*. Denne funksjonen endrer orienteringen til robotarmen, for å unngå at den havner i slike posisjoner. Da orienteringen til robotarmen, er sentral for bruken i programvaren utviklet for å automatisere varmeprosessen, vil ikke funksjonen kunne benyttes i programmet. Løsningen ble å skråstille røret ca 45 grader i forhold til robotarmen.

¹¹ Robtarget - robotarmens posisjon i RAPID- programmeringsspråk.

¹² Orient - datatype som definerer hvordan arbeidsverktøyet sin vinkel er mot xyz – koordinatet det peker på.

¹³ Kvarternion - brukes til å beskrive rotasjoner i 3 dimensjoner.

3.3 Programmering

Delkapittel 3.3 handler om programmering av robotarmen.

Programmeringsspråket RAPID, bevegelsesinstrukser og datatyper presenteres først, sammen med kode- eksempel. Metode for programmering, utvikling av kode for bevegelse og HMI klargjøres avslutningsvis.

3.3.1 RAPID

Robotarmen kan programmeres på to måter i RobotStudio, se punkt "2.1.2, Software" for informasjon om programmet. Bevegelsen kan simuleres, for så å generere RAPID- kode fra bevegelsen. Alternativet er å programmere bevegelsene selv i RAPID. Da ønsket fra Stadpipe er et skalerbart program, falt valget på å skrive kode i RAPID.

Metode

Da bevegelsen til robotarmen er avhengig av data tastet inn fra operatør, er utgangspunktet for måten programmet er bygget opp på *Model-view-controller* designmønster. *Model-view-controller* eller MVC-program, deler programmet i tre deler. Data (model) og brukergrensesnitt (view) har tilhørighet til hverandre, på en slik måte at brukergrensesnittet ikke har noen innvirkning på hvordan dataen håndteres i modellen, og motsatt. Kontrolleren er en mellomliggende komponent, som brukes for kommunikasjon mellom de to andre komponentene, *model* og *view*. Ved å bruke MPV-prinsippet blir programvaren oversiktlig. I tillegg gir prinsippet mulighet til å endre enkeltdeler av programmet uten at det påvirker annen kode. [34]

Bevegelsesinstrukser

MoveJ generer bevegelse mellom start og slutt punkt på den måten IRC5 styreskapet ser som enkleste og mest gunstige vei. *MoveJ* er derfor lite nyttig for presis bevegelse av robotarmen, av den grunn brukes ikke kommandoen i rutinen som kjører bevegelse rundt arbeidsobjektet. [30, p. 253] Der instruksjonen er nyttig, er for å unngå at robotarmen havner i singularitet.

MoveL er instruks for lineære bevegelser mellom start- og slutt punkt. *TCP* beveger seg i en rett linje med konstant fart, direkte mot den nye posisjonen. [30, p. 264].

MoveC brukes for singulære bevegelser. Instruksjonen trenger to punkter for å utføre bevegelsen, et punkt hvor bevegelsen skal avslutte, og et punkt *TCP* skal gå via. [33, p. 236]

I RAPID er to funksjoner som brukes av bevegelsesinstrukser for å endre posisjonen robotarmen beveger seg gjennom, uten å endre verdien i posisjonsvariabelen. *Offs* [30, p. 906] og *Reltool* [30, p. 961] sendes til instruksjonen som parameter sammen med posisjonskoordinatene. *Offs* brukes for å flytte posisjonen langs arbeidsobjektets akser. *Reltool* brukes for å flytte posisjonen langs arbeidsverktøyet akser.

Datatyper

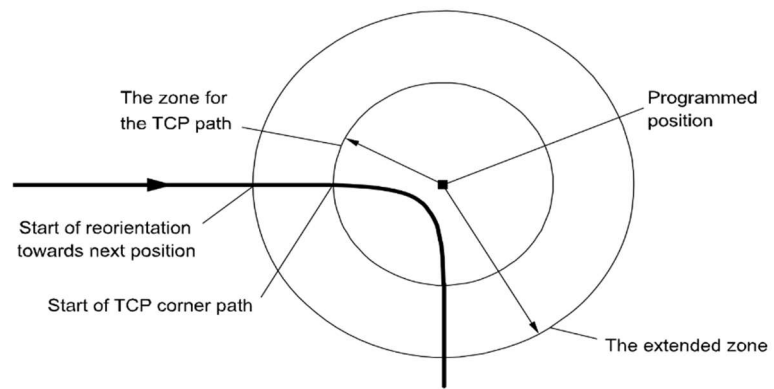
Zonedata eller sonedata på norsk, er en parameter brukt i de ulike bevegelsesinstruksene. [30, p. 1232] Datatypen forteller robotarmen med hvilken presisjon den skal bevege seg gjennom et punkt. Da sonedata er satt til *fine*, vil robotarmen bevege seg fra startpunktet med full presisjon til sluttpunktet. Dersom sonedata har en verdi større enn *fine*, får

bevegelsen et såkalt *fly-by point*. *Fly-by-point* tilsier at robotarmen ikke vil gå med TCP gjennom posisjonen med 100% presisjon, men i stedet bevege seg med en avrundet bue gjennom sonen mot neste posisjon, se figur 27. Sonedata større enn *fine*, vil og påvirke endringen av orienteringen til arbeidsverktøyet, da denne vil starte rotasjonen mot neste posisjon tidligere og en får en jevnere bevegelse.

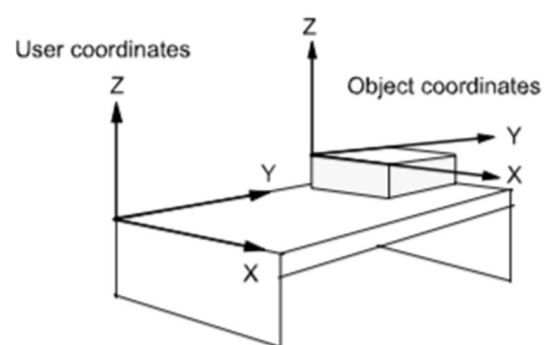
Speeddata, oversatt til fartsdata her, er parameter som beskriver hastigheten en bevegelse blir utført med mellom to punkter i brukt instruks. [30, p. 1185] Fartsdataen beskriver farten TCP beveger seg i en bevegelse gitt ved mm/sekund, og rotasjonen mellom orienteringen til start og sluttposisjon i grader/sekund.

Arbeidsverktøy [30, p. 1207] og arbeidsobjekt [30, p. 1224] er av to ulike datatyper som beskriver karakteristikken til robotarmens påmonterte verktøy, og et objekt i rommet som robotarmen beveger seg relativt til. Grunnen for å definere nevnte koordinatsystem er å forenkle programmeringen. Koordinater for bevegelse av robotarmen kan defineres ut fra TCP eller arbeidsobjektets koordinatsystem, istedenfor å bruke basekoordinat for robotarmen¹⁴.

Arbeidsobjekt blir definert ut fra 3 punkter. Måten koordinatsystemet defineres på gir to valgmuligheter, det ene er å regne ut avstander fra basekoordinaten til arbeidsobjektet. Det andre alternativet er å jogge robotarmen med Flexpendanten til ønskede posisjoner. Første punkt som blir definert blir origo i koordinatsystemet. Punkt to er et vilkårlig punkt på x-aksen, det tredje et vilkårlig punkt på y-aksen. Z-aksen blir definert ut fra vanlig høyrehåndssystem, der retning blir utregnet ved hjelp av skalarproduktet til vektor i x- og y-retning. [30, p. 1224] Programvaren utviklet i dette prosjektet definerer x-retning langs røret, og y-retning på tvers av røret.



02357
Figur 27: Sone data



Figur 28: Arbeidsobjekt

¹⁴ Basekoordinat for robotarmen - koordinatsystemet robotarmen definerer TCP og arbeidsobjekt ut fra. Origo i basekoordinaten befinner seg i senter av basen til robotarmen.

Kode eksempel:

Figur 29 er et utklipp fra programmet for oppvarming av rør, for å illustrere en bevegelsesinstruks. Rutinen *Move_Safe_Pos*, fører TCP til nøytral posisjon unna røret. *MoveJ* er bevegelsesinstruksen for rutinen. Parameter *fartsdata* er satt til v100 (100mm/sekund), og *sones data* satt til z10. Arbeidsverktøy (tool) er propanbrenneren, og arbeid objekt (WObj) er rør.

```
PROC Move_Safe_Pos()  
  
    MoveJ rtNøytralPosisjon,v100,z10,tPropanbrenner\WObj:=wobjRør;  
    bRunStatus:=FALSE;  
  
ENDPROC
```

Figur 29: RAPID- kode eksempel, *Move_Safe_Position*

Figur 30 er kodeeksempel som viser bruk av funksjonene *RelTool* og *Offset* i bevegelsesinstruksen *MoveL*. Bevegelsesinstruksen i dette eksempelet inneholder samme parameter som i forrige eksempel. Kode- eksempelet viser hvordan offset funksjonen *Offs* bruker posisjonen *rtAlong* og flytter denne i negativ retning på y-aksen med variabelen *n_Y_position_Along*. Den nye posisjonen brukes som parameter til funksjonen *RelTool* som da beskriver endringen av posisjonen langs x, y og z-aksene til arbeidsverktøyet. Parameteren er satt til 0 for x- og y-aksene, *nRelativAvstandToolZ* er parameter for avstand mellom propanbrenneren og røret.

```
MoveL RelTool(Offs(rtAlong01, 0, -n_Y_position_Along, 0), 0, 0, nRelativAvstandToolZ),  
MoveL RelTool(Offs(rtAlong02, 0, -n_Y_position_Along, 0), 0, 0, nRelativAvstandToolZ),
```

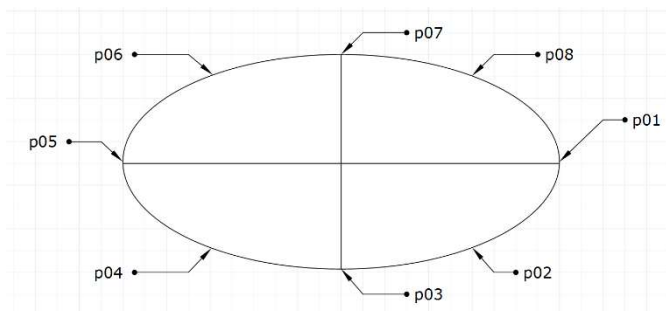
Figur 30: Kode- eksempel, *Reltool* og *Offset*.

3.3.2 Modell og matematikk

Programmeringen i dette prosjektet er delt opp i to deler. Del 1 er selve bevegelsen av robotarmen, for å oppnå ønsket mønster på bevegelsen. Del to er brukervennlighet opp mot HMI (flexpendant), med menyer der operatør legger inn data på rørdimensjon, størrelse på utskjæret, og offset- verdier. Denne dataen brukes for å generere alle punkter robotarmen skal bevege seg via, i en rutine.

Del 1: Programmering av elliptisk bevegelse

Fremgangsmåten brukt for å programmere bevegelsene til robotarmen, ved hjelp av nevnte instruksjoner og datatyper, er å først beskrive programmet på papir. Det elliptiske bevegelsesmønsteret med 8 posisjoner, ble først tegnet i et todimensjonalt format, vist i figur 31. På denne måten ble alle punkter som senere blir brukt til å generere bevegelsesmønsteret i programmet klart, uten å skrive en eneste linje kode. Senter i tegningen, er origo i arbeidsobjektet.



Figur 31: Todimensjonal tegning av elliptisk bevegelse.

Da utgangspunkt for bevegelsen er den todimensjonale tegningen, ble neste steg i utvikling av programmet å bruke matematikk for å lage algoritmer som regner ut posisjonene til robotarmen.

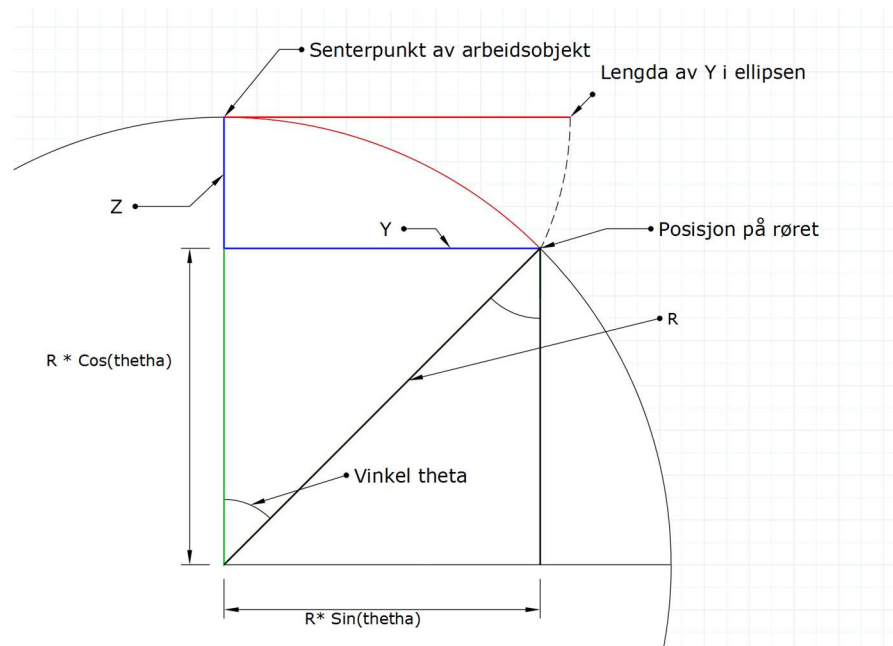
Utfordringen er å regne ut koordinatene til posisjonene rundt røret, altså i tredimensjonalt format, med rett orientering av robotarmen mot røret. Koordinatene blir først regnet ut todimensjonalt, før de i neste steg, konverteres til tredimensjonalt format. Siden origo i arbeidsobjektet er i senter av ellipsen, er formel for kurve om en ellipse med sentrum i origo brukt:

$$\left(\frac{X}{a}\right)^2 + \left(\frac{Y}{b}\right)^2 = 1$$

Da bruker taster inn data med lengde og bredde av ellipse, er x- og y- koordinat for p01, p03, p05, p07 allerede kjent. For at programmet skal regne seg frem til resterende punkters koordinat, brukes formelen over, med hensyn på y:

$$Y = \pm b * \sqrt{1 - \frac{X^2}{a^2}}$$

MoveC-instruksjonen krever en vilkårlig posisjon robotarmen skal bevege seg igjennom langs kurva. X-koordinaten satt til $\frac{x}{2}$. Denne x-koordinaten gir en posisjon på midten av ellipselengden, som benyttes for utregning av de vilkårlige koordinatene. Ved å benytte formel for ellipse med hensyn på y, får vi y-koordinat til p02, p04, p06, p08. Alle posisjoner på ellipsen er nå regnet ut i et todimensjonalt koordinatsystem.



Figur 32: Hjelpefigur, tverrsnitt av rør.

Neste steg er å overføre de todimensjonale verdiene til tredimensjonalt format. X-koordinaten vil ikke forandre seg, det er y- og z-koordinaten det må regnes på. Figur 32 representerer et tverrsnitt av røret, og er en hjelpefigur brukt til å illustrere hvordan y- og z-koordinatene blir regnet ut.

For å regne ut de nye koordinatene trenger vi vinkelen θ^{15} . Theta er vinkelen mellom toppen av røret og posisjonen langs kurven av ellipsen. For å regne ut theta benyttes formelen:

$$\theta = \frac{Y}{R} * \frac{180^\circ}{\pi}$$

¹⁵ θ - Gresk symbol for theta.

Da vinkelen er regnet ut, brukes den for å regne ut verdiene for y- og z- koordinatene i tredimensjonalt format med følgende formler:

$$y = R * \sin \theta$$

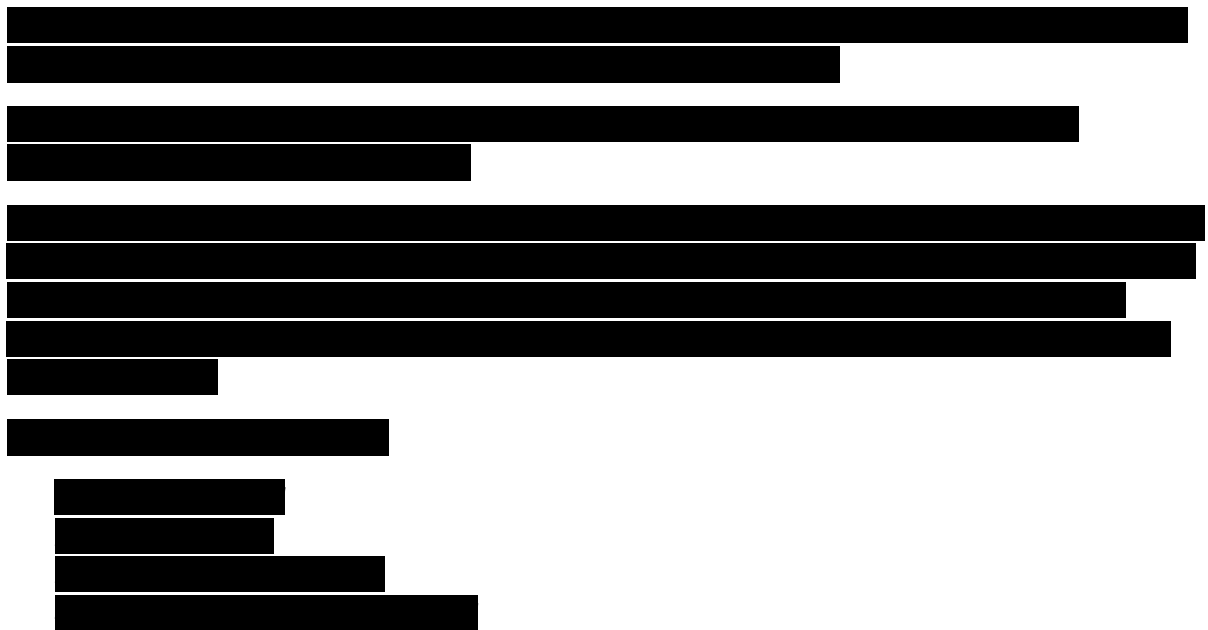
$$z = R * \cos \theta - R$$

Alle koordinater i tredimensjonalt format er nå regnet ut, for alle posisjonene omkring kurven til ellipsen. Disse koordinatene blir brukt for å definere *robtargets* for bevegelsen til robotarmen i RAPID. Det å bruke data fra størrelsen til ellipsen, for å regne ut posisjonene robotarmen skal bevege seg igjennom, minsker mengden informasjon programmet trenger for å utføre alle bevegelsene. Alt operatøren trenger å vite for å generere bevegelsen, er senter av ellipsen, lengden på tvers og på langs av ellipsen, samt radius på røret.

Vinkelen theta markert på figur 32, brukes til å regne ut orienteringen for posisjonene om x-aksen. Som nevnt tidligere i rapporten er det viktig at propanbrenneren står vinkelrett på senterlinjen til røret. Funksjonen OrientZYX [30, p. 909] benyttes i programmet for å skape rett vinkel på røret. Z- og y- verdiene er i programmet konstante, x- verdien i funksjonen er vinkel theta. På denne måten peker alltid propanbrenneren vinkelrett på senterlinjen til røret i alle punkter, oppvarmingen blir konstant. Rutinen for elliptisk bevegelse på røret er nå ferdig programmert.

Full syklus

For at de ulike sonene rundt hullet på røret skal nå ønsket temperatur, er program utvidet med tre nye rutiner. Alle posisjoner i de tre nye rutinene er programmert ut fra posisjonene i den elliptiske bevegelsen. Stadpipe filmet oppvarmingsprosessen de gjør, ut fra denne filmen ble bevegelsesmønstrene programmert.



Alle rutiner i syklusen, kan testkjøres for seg selv som sub rutiner for kalibrering. Da kalibrering av enkeltrutiner er gjennomført, velger operatør rutinen «runFullRoutine», og velger antall ganger syklusen skal kjøre kontinuerlig før material får hvile. Prosessen med full syklus, så hvile, gjentas til ønsketemperatur er oppnådd, og uttrekket kan gjennomføres.

Rutinen «runFullRoutine», er fastsatt til å bevege seg i syklusen forklart over. Rekkefølgen på enkeltrutiner kan endres relativt enkelt, ved kun å flytte noen linjer kode i programmet. Brukervennlighet for dette kan legges inn i HMI, men da programvaren for oppvarmingsprosessen er designet for testformål er dette ikke nødvendig for resultatet.

3.3.3 HMI og brukervennlighet

Brukervennlighet

Valg for hvilken brukervennlighet som var ønskelig å implementere i programvaren, ble tatt i forhold til behov for styring og overvåkning av prosess. På et relativt tidlig tidspunkt i prosjektperioden, ble funksjonalitet der bruker taster inn data på rørdimensjon og størrelse på utskjæring på røret implementert i HMI.

Ut fra ønske for brukervennlighet, er figur 33 et flytskjema for programvaren. Flytskjemaet ble laget som en modell på et tidlig tidspunkt under arbeidet med prosjektet, for hvordan menyen skulle se ut (figur 30).

Figur sensurert

Første test av programvare med åpen flamme ble gjennomført den 12.04.2017. Representanter fra Stadpipe var til stede for å se på fremdriften av prosjektet. Under varmtesten kom det frem at bevegelsesmønsteret som ble testet, ikke var tilstrekkelig for å dekke behovet for oppvarming i de forskjellige sonene rundt utskjæringen. Det viste seg også at det var et behov for å kunne kalibrere bevegelsene fra FlexPendanten.

Etter råd fra Stadpipe for ønsket bevegelsesmønster, laget prosjektgruppen en fullstendig liste for ønskelig brukervennlighet og funksjonalitet i programvare:

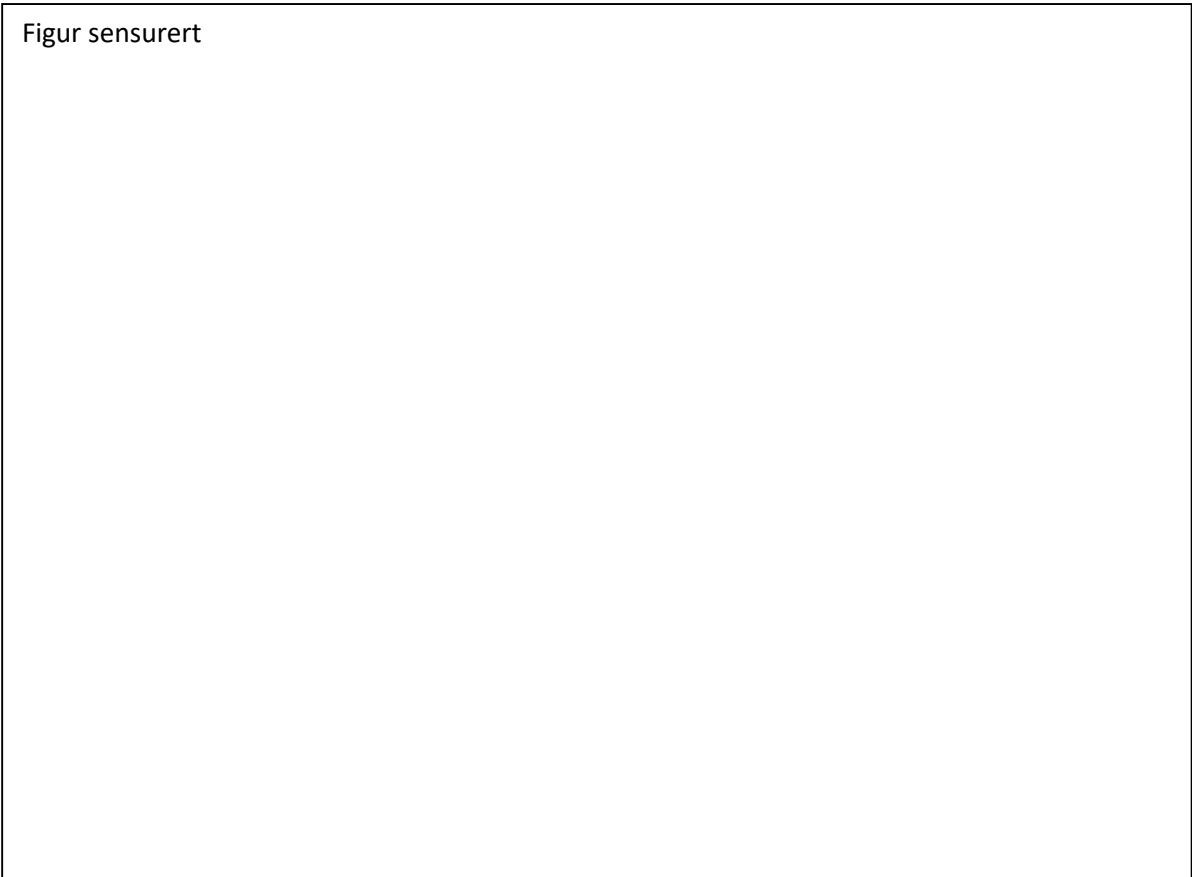


HMI

Programmering av HMI for flexpendanten kan gjøres med RAPID sine egne funksjoner, eller med *FlexPendant – Software Development Kit*. *FlexPendant SDK* er et eget program for å programmere og utvikle mer spesialiserte HMI for FlexPendant. [31] Da ønsket for brukervennlighet i HMI var relativt begrenset for testformålet til programvaren, var det ikke nødvendig å bruke *FlexPendant SDK*. Derfor falt valget på å programmere HMI i RAPID.

Til programmering av HMI har RAPID enkle innebygde instruksjoner som brukes for å kommunisere med operatøren. [12, p. 32] Instruksene har valgalternativ med knapper, og mulighet for å lese inn numeriske verdier fra operatøren. Med bruk av disse funksjonene er det utviklet moduler i HMI, som dekker behovet for brukervennlighet i programmet. Figur 33 er et flytskjema for HMI i den ferdige programvaren.

Figur sensurert



GetUserData blir brukt til å lese inn informasjon om røret og ellipsens størrelse.

Configuration_Subroutine blir brukt for å justere bevegelsesmønstrene eller endre avstanden mellom arbeidsverktøyet og røret.

Define Positions og funksjonen *CalculateTheta* blir brukt til å regne ut og definere alle variabler som brukes av resten av programmet. *Define_Positions* blir aktivert etter hver endring av en variabel da programmet må iterere igjennom endringen for at endringen skal tre i gang.

RunSubroutine gir operatøren en undermeny der operatøren kan kjøre hver enkeltbevegelse et vilkårlig antall ganger. Denne funksjonen brukes for å teste hver enkeltbevegelse for å se at bevegelsene er riktig definert, og for kalibreringshensyn.

RunRoutine_Full er alle de fire bevegelsesrutinene, satt sammen for å generere ønsket bevegelsesmønster for oppvarmingen. Flytskjema for *RunRoutine_Full*, kommer i neste kapittel i rapporten, "Testing og resultat".

3.4 Testing og resultat

Under arbeidet med prosjektet har testing vært en måte å validere programvaren. Utgangspunktet var å få robotarmen til å bevege seg vinkelrett på arbeidsobjektet med en bevegelse som varmet opp røret på best mulig måte. For å bestemme måloppnåelsen har vi måttet teste løsningen vi har laget og sammenlikne opp mot Stadpipes krav. For å gjennomføre en test er det konstruert et testmiljø for robotarmen der røret kan varmes opp og trekkes.

Utføring av test.

Bevegelsesmønster og brukervennligheten ble først testet uten åpen flamme mot rør. Under testingen er prosessen overvåket i Robotstudio ved hjelp av online tilkobling til IRC5. Når styreskapet er tilkopledd en datamaskin via serviceporten kan en overvåke verdien av variablene, og observere hvordan robotarmen jobber seg gjennom programmet. På denne måten blir bevegelsen observert både visuelt på robotarmen og i programmet. Koordinatverdiene robotarmen har beveget seg gjennom kan kontrolleres med matematikk.

Dersom resultat av utrekningene ikke stemmer overens med koordinaten for posisjoner robotarmen har beveget seg gjennom, er feil i programvaren oppdaget og kan utbedres. Da prosessen med feilsøking og utbedringer av bevegelsesmønsteret var gjennomført, kunne testing med åpen flamme begynne.

Test av programmet med åpen flamme, eller varm- test som det vil bli referert til i resten av denne rapporten, er hele prosessen fra oppvarming av rør til uttrekk med jigg.

Programvaren er avhengig av at arbeidsobjektet blir definert korrekt midt i utskjæringen til røret. X-aksen til arbeidsobjektet defineres på langs av røret og Y-aksen på tvers. Et unøyaktig arbeidsobjekt, fører til at robotarmen ikke klarer å holde samme avstand mellom røret og munningen til propanbrenneren i hele bevegelsen. Dette fører til en ujevn oppvarming, derfor blir arbeidsobjektet redefinert før hver varm- test.

Etter arbeidsobjekt er definert blir bevegelsen kalibrert. Dette gjøres ved å kjøre enkeltrutinene og legge inn offsetverdier for kalibrering. Alternativt kan en endre variabler med online programmering. Denne prosessen er ikke nødvendig å gjenta mellom hver varm- test, når uttrekk ble gjort på lik rørdimensjon. Dersom ny dimensjon skal bli varmtestet ble enkeltrutinene kjørt før den fulle bevegelsesrutinen. Dette for å kontrollere om bevegelsen måtte omkalibreres.

Illustrasjon av program i test



Figur sensurert

Jigg

For å kunne gjøre uttrekk på rørene som ble varmet opp i prosjektet, måtte en jigg konstrueres. Jiggen måtte være sterk nok til å tåle kreftene den blir utsatt for ved uttrekk.

Rammen til jiggen er konstruert av 50x50x5mm firkantstål. Holderne som skal sørge for at røret ligger stabilt og sentrert i jiggen, er laget av 50x5mm flattjern. De er valset med en radius på 125mm, slik at jiggen er dimensjonert for rørdimensjoner opp til 250mm. Jiggen kan også trekke rør med mindre rørdimensjon på grunn av elastisiteten til flattjernet.

Jiggen har en trekraft på 20 tonn, da det er montert to 10 tonn hydrauliske jekker på den. Jekkene utfører kraftoverføringen ved trekk. Det hadde vært tilstrekkelig med kraft fra en jekk for å utføre trekket, men det er montert to for å lettere få sentret kraftretningen. Kon og sylinder festes inne i røret med et gjengestag, som overfører kraften fra jekkene.

Holder til brenner

En av utfordringene under prosjektarbeidet, var å lage en spesialtilpasset holder for propanbrenneren, slik at den kunne festes til robotarmen. Det ble tatt mål av festemekanismen til robotarmen, samt håndtaket til propanbrenneren. Disse målene ble brukt for å lage en 3D-modell av holderen i Autodesk Inventor. 3D-modellen ble 3D-printet på *Ultimaker²⁺* som er en 3D-printer oppdragsgiver disponerer. Programvaren som generer koden for 3D-printeren heter Cura. Ved å bruke eget utstyr og tegne modellen selv, sparte vi oss for tid og utgifter. Designet av holderen ligger vedlagt som teknisk tegning i denne rapporten (vedlegg 07). Formen av holderen, gjør at den holder propanbrenneren stabil, med lett tilgang for justering av flammen.



Figur 36: Bilde av jiggen vi har konstruert

Filamentet som er brukt til å 3D-printe holderen, er HTPLA. Denne typen *High Temperatur PLA*, er en ekstra varmetolerant PLA plast, og tåler temperaturer opp mot 120 °C. HTPLA må herdes en time i ovnen med en temperatur på mellom 60 - 100°C, etter printing. Det ble printet to holdere med denne typen materiale. Det viste seg imidlertid at materialet er sprøtt og stivt. Noe som medførte at holderne knakk når de ble satt i spenn for å holde på plass propanbrenneren.

En ny holder ble printet i vanlig PLA plast og festet på robotarmen. Det viste seg at varmetoleransen til vanlig PLA var høy nok for bruken, og holderen tålte å bli satt i spenn.



Figur 37: Holder til brenner3D-printet i HDPLA

Testresultat

Varmtestene er dokumentert med målinger av temperatur i forhold til tid. Det er tatt punktmålinger fra alle de fire varmesonene, i tillegg til en måling på innsiden av røret ved rød sone. Målingen av de respektive sonene er lagt inn i tabeller som ligger vedlagt (vedlegg 08). Det er laget grafer utfra målingene for å sammenlikne varmtestene opp mot hverandre, og for å observere effekten av de ulike bevegelsesmønstrene.

Den første varmtesten ble gjennomført sammen med representanter fra Stadpipe, på et 225mmx15mm rør. [REDACTED]

[REDACTED]
[REDACTED]
[REDACTED]
[REDACTED]

Figur sensurert



[REDACTED]

For å forbedre og undersøke om vi kunne effektivisere programmet og uttrekkene er det utført 5 varmtester til med dokumenterte testmålinger, vedlagt i rapporten. Det kommer tydelig frem av grafene at oppvarmingen skjer med lite avvik fra hverandre.

Disse målingene er utført på et rør med dimensjonen 250x10mm, figur 39 er en graf av den siste varmtesten. Resultatet fra testen viser jevn oppvarming.

Dataene fra testen er preget av en del usikkerhet knyttet til testmiljøet, og propanbrenneren. Testmiljøet hadde en del trekk som gav noe ujevn varmespredning. Etter testene observerte vi veldig raskt et mønster i denne ujamne fordelingen og har kunnet korrigert noe når vi har tolket dataene av testen. Vi har hatt en del utfordringer med å stille inn propanbrenneren med riktig intensitet på flammen i forhold til avstanden mellom brenner og rør.

Tid	Temp innvendig	Rød sone	Oransje	Gul	Blå
0	20	20	20	20	20

Figur sensurert



Testparameter

Det er satt opp en tabell for testparameter brukt i varmtesten på 250x10mm rørene.

Tabell 1: Testparameter

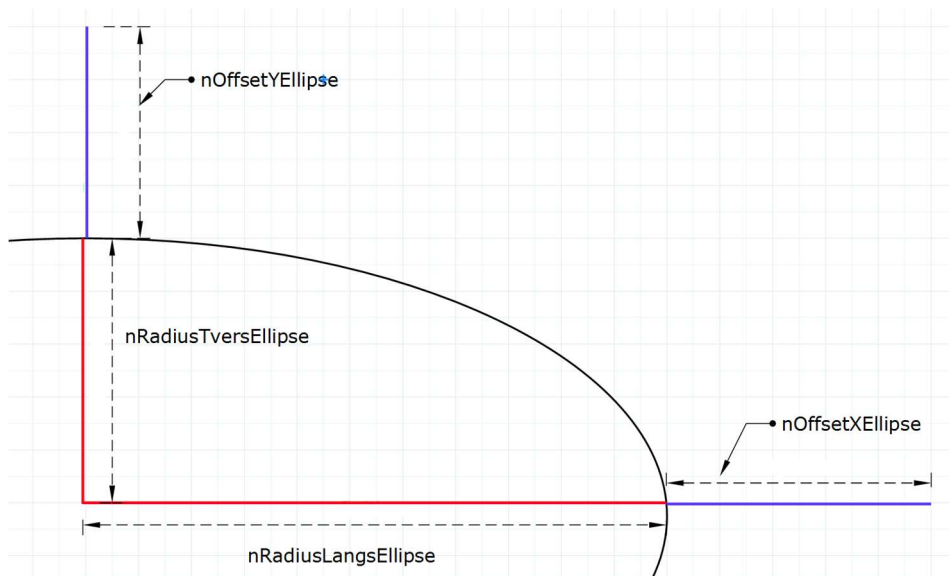
[illegible]

Forklarende figurer:

Figur 40 viser hvor punktmålingene av temperatur er tatt. Målerverdi er gjennomsnitt av punktmåling på begge sider av utskjæret.

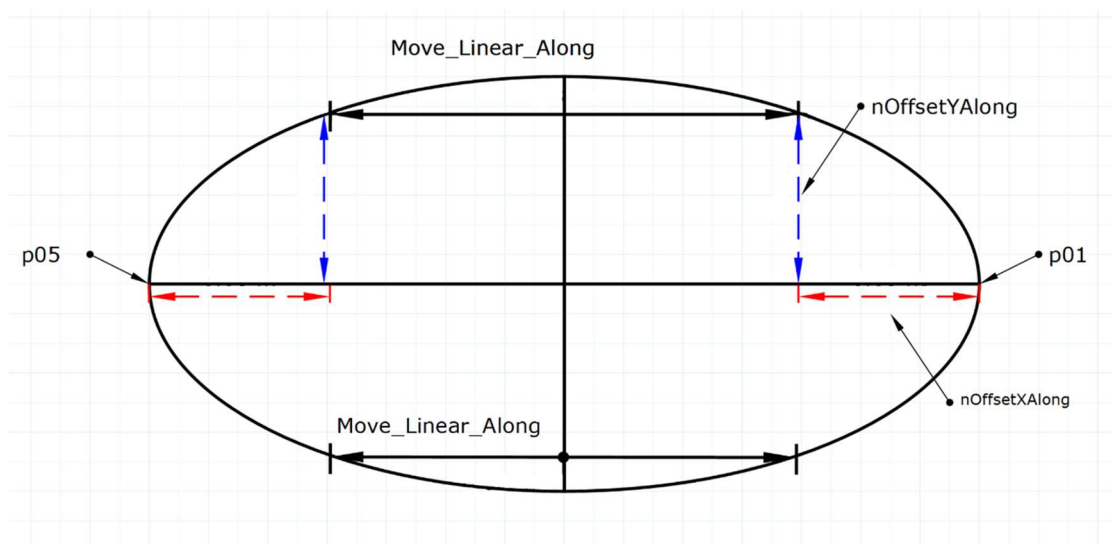
Figur sensurert

Figur 41 er en illustrasjon for offset verdiene til den elliptiske bevegelsen, merket med variabelnavn fra programvaren.



Figur 41: Illustrasjon av offset verdier for ellipse

Figur 42 er en illustrasjon for offset verdiene til bevegelsen på langs av røret, merket med variabelnavn fra programvaren.



Figur 42: Illustrasjon av offset verdier for bevegelse på langs.

3.5 Konklusjon

Konklusjonen i rapporten vurderer resultatet av prosjektet. Utfordringer under arbeidet med oppgaven nevnes, sammen med forslag for utbedring.

Konklusjon

Resultatet av oppgaven er et RAPID- program for styring av ABB IRB 140 robotarm. Programmet er halvautomatisk, basert på data fra en operatør. Data testes inn på robotarmens HMI, kalt FlexPendant. Programmet er skalerbart, da posisjonene robotarmen skal bevege seg gjennom i bevegelsen regnes ut fra inntastet data. Løsningen er testet og validert for to rørdimensjoner, men kan brukes for alle rørdimensjoner Stadpipe bruker. Programvaren er mulig å utvide ved behov, dersom det skal tas bruk i produksjon.

Testene som er gjort av programvaren, viser jevn oppvarming med lite tidsavvik. På denne måten er funksjonaliteten til programvaren for bevegelse og brukervennlighet validert. Med nok test data på oppvarming av alle rørdimensjoner, vil det være mulig å lage en helautomatisk løsning.

Robotarmen som er brukt i prosjektet er gulv-montert i en spesialtilpasset sveise-bås i *Tenning på teknologi*- traileren, med gangavstand fra kontoret. Lokasjonen til traileren har gjort at mye av arbeidet med prosjektet er gjort i samme lokale som robotarmen, noe som har vært beleilig. At robotarmen er plassert i en sveisebås har gitt oss et godt testmiljø, da vi har jobbet med varmearbeid i prosjektet. Dersom Stadpipe ønsker å implementere en robotarm i sin produksjonslinje, bør de vurdere en robotarm med større arbeidsområdet enn ABB IRB 140. Vegg- eller takmontering på skinne burde også vurderes for å øke rekkevidden.

God prosjektadministrasjon har ført til jevn progresjon i hele prosjektperioden. Med progresjonsmøter hver mandag, har alle gruppemedlemmene fått innsikt i fremgangen til alle delene i prosjektet. På den måten kunne vi flytte arbeid mellom gruppemedlemmene, eller flytte over mannskap ved behov. Den gode prosjektadministrasjonen har også ført til at vi har hatt nok tid til å tilegne oss informasjon og dokumentasjon nødvendig for å løse oppgaven. Prosjektgruppen har stort sett jobbet selvstendig med fremdriften, men har mottatt gode innspill fra Stadpipe og ansvarlig rettleder. Ved å jobbe selvstendig med fremdrift og feilsøking har vi lært en god del nyttig som vi kan dra med oss videre i arbeidslivet.

Alt i alt er vi veldig fornøyd med resultatet av prosjektet. Programvaren er testet av prosjektgruppen og bedriften, der resultat av oppvarming og form på uttrekk ble vurdert tilfredsstillende. Ved bruk av robotarm til fordel for manuell oppvarming, vil bedriften også kunne effektivisere produksjonen, da de frigir arbeidskraft til andre arbeidsoppgaver. På bakgrunn av dette kan det konkluderes med at automatiseringen er vellykket.

Forklaring av programvare

Programmet ligger lastet opp er som individuelle filer for *View*, *Controller* og *Model*. Disse er lagret som MOD-filer som kan åpnes i Robotstudio eller i en vanlig teksteditor. Programmet er en testversjon og inneholder en del testkode som ikke trengs for å kjøre programmet. Denne koden ligger med fordi den kan være nyttig i videreføring av prosjektet, og for å forstå oppbyggingen av programmet.

Årsaken til dette er at programmet har blitt utviklet for å kunne testes og brukes til testing raskest mulig. Noen endringer er blitt implementert under testing og kan mangle forklaring i koden. Programmet er av den grunn ikke klart til å tas i bruk utenom for testformål.

Programmet følger ikke helt MVC – designmønsteret som var tenkt. I utviklingen ble det tatt en beslutning på å samle koden fra *Controller* modulen i *View* modulen for å forenkle flyten i programmet.

Programmet har en del teknisk gjeld som må forbedres før det kan leveres til bedrift for videreutvikling.

Forslag til videreføring av prosjekt

Dersom prosjektet skal tas videre fra prototypen som er laget, burde ekstra funksjonalitet vurderes implementert i programvaren for å generere en helautomatisk løsning.

Rekkevidden til robotarmen ABB IRB 140 er begrenset til 810mm. Dersom programvaren for styring av robotarm utviklet i dette prosjektet skal tas i bruk, burde en robotarm med større rekkevidde vurderes. En robotarm med større rekkevidde sammen med montering på skinne, vil gi et større arbeidsområde. Ved skinnemontering vil robotarmen kunne utføre to varmeoperasjoner til samme tid ved at den varmer et rør først, og et annet rør i hvileperioden.



Posisjonen til røret i forhold til robotarmen må defineres før hver oppvarming i denne løsningen. Ved hjelp av data fra sensorer tilkoblet robotarmen, vil denne prosessen kunne automatiseres.

For at løsningen skal ivareta HMS krav relatert til bruk av robot i industri må overvåkning av prosessen implementeres i programvaren.

DEL 2

I Prosjektadministrasjon

I dette kapitlet skriver vi om den administrative delen av prosjektet. Vi vil her vise hvordan vi har jobbet gjennom prosjektperioden, hvilke plandokumenter vi har hatt som bakgrunn, hvilke roller de forskjellige gruppe medlemmene har hatt, budsjett og tidsbruk.

I.I Organisering

Organisering

Vi har fått tildelt et eget kontor hos oppdragsgiver og vil benytte oss av dette så ofte som mulig. Da får vi mulighet til å sitte sammen på kontoret å jobbe, noe som vil bedre kommunikasjonen gruppe medlemmene imellom. Traileren *Tenning på teknologi* står parkert på parkeringsplass med tilknytning til kontorlokale vi benytter. Dette gir korte avstander fra kontoret til testlokasjon.

Dropbox blir benyttet for skylagring av filer. Alle gruppe medlemmer har tilgang til alle filene som ligger der. Ansvarlig rettleder, Johannes Møgster, har tilgang til prosjektpermen som ligger i dropbox, samt Kanban som ligger på taiga.io

Ansvarsfordeling i prosjektgruppa

Under arbeid med bacheloroppgaven våren 2017 har vi valgt å organisere ansvarsområdene til gruppe medlemmene etter deres styrker. Alle gruppe medlemmer vil ha innsikt i alt arbeid, men jobber og har hovedansvar på enkelt oppgaver. Dette må gjøres for å komme gjennom prosjektet innenfor de timene vi har tilgjengelig og for å få et best mulig sluttresultat. Etter å ha snakket sammen og evaluert hverandres styrker og svakheter kom vi fram til en fordeling som vist i tabell 2.

Under sitt hovedansvar har hver enkel ansvar for å hente inn assistanse ved behov, i tillegg har prosjektleder hatt et overordnet ansvar for å følge opp at ingen står fast eller står uten arbeid. Vi har brukt *mandagsmøtene* for å koordinere dette arbeidet. Se "I.II, Prosjektgjennomføring".

Tabell 2: Ansvarsfordeling

Gruppe medlem	Hovedansvar	Delansvar
Espen Kirketeig	Prosjektleder, ansvarlig for presentasjon og nettside.	Rapport og HMS
Bengt Edvardsen	Material, HMS	Dokumentasjon
Sondre Stafsnes	Software og matematikk	
Ola Brenn Frivik	Rapport og dokumentasjon	Software og matematikk

Styringsgruppen

Det blir oppnevnt en styringsgruppe under arbeidet med hovedprosjektet. Denne styringsgruppen består av en intern ansvarlig, og en eller flere interne og eksterne medrettledere. Rettlederen/ene pluss en kontaktperson fra oppdragsgiver utgjør styringsgruppen. Styringsgruppen tar alle viktige avgjørelser for prosjektet.

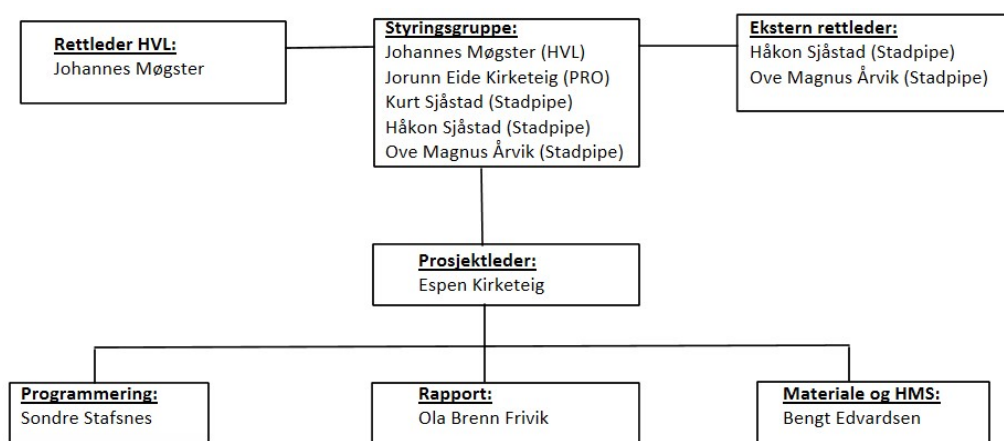
Ansvarlig rettleder har ansvaret for prosjektavtale, økonomistyring og dokumentasjon av bestillinger, fakturaer etc., og formell bestilling av utstyr etter gjeldene regler ved HVL. [32]

Tabell 3: Styringsgruppe

Navn	Arbeidsgiver	Rolle i styringsgruppe
Johannes Møgster	HVL – Høyskolen på Vestlandet	Rettleder fra høyskolen
Jorunn Kirketeig	PRO-Oppplæringskontoret	Kontaktperson oppdragsgiver
Håkon Sjøstad	Stadpipe	Ekstern rettleder
Ove Magnus Årvik	Stadpipe	Ekstern rettleder

Organisasjonskart

Figuren som følger viser organisasjonskartet i prosjektet.



Figur 43: Organisasjonskart

I.II Prosjektgjennomføring

Gantt skjema

For å holde oversikt over arbeid som må utføres og når ulike delmål skal være ferdig har vi laget et Gantt-skjema. Gantt er et grafisk verktøy brukt til å vise prosjektets tidsplan. Verktøyet bruker vi for å se hvilke oppgaver som skal løses i prosjektet, med oppstartdato og forventet lengde av arbeidstid.

Vi har også en framdriftsplan som viser ulike milepæler i prosjektet. Framdriftsplanen viser dato for fullføring av arbeidsoppgaver og hvem som har ansvar for at det blir gjort, se vedlegg 02.

Kanban

Kanban er et verktøy brukt til å organisere arbeidsflyten i et prosjekt. Konkrete oppgaver som skal løses har vi organisert i to Kanban- skjema. Det ene er for hele prosjektet og den andre for programmeringsbiten av prosjektet. I Kanban har man en visuell oversikt over oppgaver som må gjøres, og fremdriften til hver enkelt oppgave. [33] Det kan også legges med vedlegg og kommentarer til de ulike oppgavene. På den måten har alle i gruppen god oversikt og det unngås at flere jobber med samme arbeidsoppgave samtidig. Vi har brukt taiga.io sitt gratisverktøy for å opprette og drifte Kanban-skjemaet. Selve skjemaet ligger vedlagt (vedlegg 10).

Møteplan

Gruppen har internt møte hver mandag 09.00-10.00 for å oppdatere og legge plan for progresjon. Prosjektleder har i forkant av møtet laget agenda med oversikt over mål for uken og hva som er fullført siste uke.

Eksempel på møtereferat fra internt møte kan du se i vedlegg 11.

Om det ikke er nødvendig å ha møte vil dette bli avlyst av prosjektleder senest fredag uken før.

Vi skal ha statusmøter med ansvarlig rettleder omtrent hver 14.dag etter oppsatt møteplan. Det vil bli sendt ut møteinnkalling uken før møtet. Ved behov eller etter avtale vil disse møtene bli avlyst eller tatt over telefon.

Ansvarlig rettleder kan ellers følge fremgang via Kanban.

Styringsgruppen vil få innkalling til møte ved behov. Innkalling vil bli sendt ut minst en uke på forhånd.

Til alle møter blir det skrevet møtereferat som legges i prosjektpermen.

Tabell 4: Møteplan med rettleder

Dato	Agenda
21.02.2017	Mål og Forprosjekt
07.03.2017	Fremdrift
21.03.2017	Fremdrift og midtveispresentasjon
04.04.2017	Fremdrift
18.04.2017	Fremdrift
02.05.2017	Fremdrift, pressemelding og rapport
09.05.2017	Rapport, plakat og presentasjon

Milepæler

Fra høyskolen har vi fått noen tidsfrister å forholde oss til, de eneste som er helt låst er innlevering av sluttrapport og prosjektpresentasjon. Vi har valgt å følge planen fra høyskolen og legge våre egne delmål rundt de fristene som allerede er der.

Tabell 5: Tidsfrister fra høyskolen

Tidsfrist	Beskrivelse
02.01.2017	Prosjektstart
12.01.2017	Innlevering av prosjektbeskrivelse
24.02.2017	Innlevering av forprosjektrapport. Nettside opprettet
05.04.2017	Midtveispresentasjon
10.05.2017	Pressemelding
19.05.2017	Innlevering av sluttrapport
23.05.2017	Prosjektpresentasjon
02.06.2017	Nettside ferdigstilt Opprydding er ferdig

Risikoanalyse

Det er utarbeidet en risikoanalyse for prosjektperioden. Analysen er bygd opp etter tanken om at:

$$\text{sannsynlighet} * \text{konsekvens} = \text{risiko}$$

Sannsynligheten for at hendelsen inntreffer, hvilke konsekvenser får dette og hvilket risikonivå vil dette ha. Om hendelsen inntreffer er det utarbeidet tiltak for utbedring og dette gir da ny sannsynlighet, konsekvens og risikonivå. Hvert av punktene har en tallverdi fra 1 til 5, for å vise alvorlighetsgraden av en hendelse. Tiltakene er gitt med bokstavpunkt fra a til k. Hvilke tiltak som skal iverksettes for hvert bokstavpunkt er beskrevet i egen tabell under risikoanalysen (vedlegg 12).

Loggføring

I hele prosjektperioden har gruppemedlemmene hatt sin egen dagbok der de har notert ned alt som er gjort hver dag. Dette gjør at vi har hatt god kontroll på hva som er gjort og det er lett å gå tilbake om vi har truffet på utfordringer. Dagbøkene har blitt lagret i prosjektpermen.

Nettside

I prosjektperioden skal vi ha en oppdatert nettside der alle kan følge fremgangen i prosjektet.

Oppdragsgiver hadde et domene som ikke var i bruk, dette har vi fått nyttet oss av i prosjektet. På denne måten har vi spart kostnader til serverleie og webhotel. Vi har benyttet wordpress i databasen. Wordpress lar oss bygge siden og oppdatere den uten å måtte kode og designe siden selv. [34]

Vi har hatt som mål at denne skal oppdateres minimum en gang i uken. Vi har hatt ekstra oppdateringer når vi har nådd milepæler eller noe spesielt har hendt.

Nettsiden kan du se her: <http://teknologileir.no/robotarm/>

I.III Ressursbruk

Tid

Bacheloroppgaven er beregnet fra høyskolen til 500 timer hver student. Til forprosjektrapporten satte vi opp ett tidsbudsjett der vi har fordelt timebruk etter delmål. (Tabell 4)

Med denne tabellen har vi fordelt tiden sånn at vi skal ha jevn bruk av timer samtidig som vi sikrer at vi har fin flyt i prosjektet.

Til innlevering har vi brukt 1580.

Når vi satte opp budsjettet visste vi ikke hvor vanskelig det var å styre eller programmere robotarmen. Vi fikk også en del mer informasjon og hjelp av Stadpipe til tidkrevende delmål, dette har gjort at vi har endt 455 timer under budsjettetert timeantall.

På de delmålene vi har hatt nevneverdig forskjell i budsjett og faktisk brukt tid har vi lagt inn kommentar.

Tabell 6: Tidsbudsjett

Aktivitet	Tidsbruk timer	Kommentar
Forprosjekt rapport	100	
Rapport	400	
Midtveis presentasjon	50	Denne tok rundt 25 timer
Nettside	75	Denne tok lenger tid enn planlagt. Endte på rundt 100 timer
Styring av robotarm	300	
Innhenting av informasjon	200	Her fikk vi mye informasjon om materiale fra Stadpipe så vi endte på rundt 50 timer.
Testing	400	Her fikk vi besøk av Stadpipe som hjalp oss mye. Endte på rundt 250 timer
Kurs	130	
Prosjektplakat	20	
Pressemelding	10	
Programmering	200	
Lage jigg og feste til brenner	50	
Planlegging	50	
Sluttpresentasjon	50	
Totalt	2035	

Budsjett og regnskap

I arbeidet med budsjettet hentet vi inn priser til det utstyret vi trengte for å fullføre prosjektet, men det viste seg at vi underbudsjetterte prisen på brenner og gass. Som en kan se kom vi likevel i mål med regnskapet innenfor de grensene som var i budsjettet. Mye av dette takket at Tools gav oss en veldig god pris på brenneren og Gas Tech stilte med fri bruk av gass.

Styringsgruppen ville vi skulle ha en diverse post på 1500,- denne har blitt brukt til støtteutstyr og materiale som har gjort prosjektet lettere for oss å gjennomføre.

Som en kan se i tabell 6 holdt vi oss innenfor budsjettet.

Tabell 7: Budsjett

Produkt	Pris	Betalt av
Kurs på robotarm, levert av Robotservice AS	47150,- eksl. mva	PRO-Opplæringskontoret
Gassbrenner med slange og gass, levert av Tools	1500,- eksl. mva	PRO-Opplæringskontoret
Lisenser til Robotstudio, Studentlisenser	0,-	PRO-Opplæringskontoret
PLA-plast til 3D-printer, varmebestandig, levert av 3Dnet	549,-	Høyskolen på Vestlandet
Diverse	1500,-	PRO-Opplæringskontoret
Materiale	0,-	Stadpipe
Gass til propanbrenner	0,-	GasTech
Totalt	50 699,-	

Regnskap

Tabell 8: Regnskap

Produkt	Pris	Betalt av
Kurs på robotarm, levert av Robotservice AS	47150,- eksl. mva	PRO-Opplæringskontoret
Gassbrenner med slange og gass, levert av Tools	1056,- eksl. mva	PRO-Opplæringskontoret
Lisenser til Robotstudio, Studentlisenser	0,-	PRO-Opplæringskontoret
PLA-plast til 3D-printer, varmebestandig, levert av 3Dnet	674,-	Høyskolen på Vestlandet
Materiale	0,-	Stadpipe
Gass til propanbrenner	0,-	GasTech
Stål, levert av Førde Stål	844,-	PRO-Opplæringskontoret
Datakabel, Clas Ohlson	160,-	PRO-Opplæringskontoret
Mutter og skruer	100,-	PRO-Opplæringskontoret
Slangeklemme, Tools	24,-	PRO-Opplæringskontoret
Plakat, R-profile	600,-	PRO-Opplæringskontoret
Totalt	50 608,-	

I.IV Dokumentbehandling

Programvare og elektroniske tjenester

Verktøy/plattformer vi har brukt under prosjekt til dokumentbehandling

Dropbox

Dropbox er en fildelingstjeneste som lagrer filer i skyen. På denne måten har alle tilgang til alle filene på samme tid. Minuset med Dropbox er at flere ikke kan jobbe samtidig i samme dokument, dette har gjort at vi har jobbet lokalt på pc-en til vi har et ferdig produkt å laste opp. Vi har brukt Dropbox kun for lagring og deling av filer. Vi har i prosjektperioden hatt prosjektpermen liggende i Dropbox, på denne måten har rettleider alltid hatt tilgang til de siste oppdateringene. [35]

Excel

Vi har brukt Excel til å utarbeide grafer til bruk i rapporten, i tillegg har vi laget timelister og Gantt-skjema. Med Excel er det lett å redigere underveis og endre ved behov. En har mange muligheter for å bearbeide data og presentere disse på en oversiktlig måte.

Word

Skriveprogram som lar deg gå fra blank side til ferdig dokument, med korrektur på språk. Lett å legge inn for eksempel bilder og grafer med bildetekst. Mulighet for å sette inn sidetall, lage innholdsfortegnelse og referanselister er noen av grunnene til at vi har valgt Word som vårt foretrukne skriveprogram.

OneNote

Er en digital notatblokk som er enkel å bruke til å organisere, notere, skrive ned ideer eller lage skisser. Vi har brukt OneNote til å skrive dagbok under prosjektperioden. På denne måten kan en enkelt skrive ned hva en har gjort og lage til enkle skisser ved behov. [36]

Wordpress.org

Til hjelp med hjemmesiden brukte vi publiseringsverktøyet Wordpress.org. Dette baserer seg på PHP og MySQL databaser for lagring av innholdet. Siden ingen av medlemmene i prosjektet er erfarne med å lage nettsider valgte vi dette for å spare tid. Med Wordpress er det veldig enkelt å oppdatere og endre innholdet da vi jobber i en ferdig mal. Vi brukte versjon 4.7.4 med temaet Twenty Thirteen. [34]

Windows Movie Maker

For å redigere filmer til presentasjon og til kommunikasjon med Stadpipe har vi brukt Windows Movie Maker.

Windows Movie Maker er et program til redigering av video. Du kan legge på effekter, klippe i filmer, fjerne eller legge til lyd og det er enkelt å ta i bruk. [37]

PowerPoint

Program som lar deg lage presentasjoner med effekter.

Brukt til Midtveis- og sluttpresentasjon.

Autodesk Inventor

3D- modelleringsprogram brukt til å designe, visualisere og teste produkt. Inventor har støtte for å generere modellen over til .stl filer som en kan bruke til 3D-printing. Dette gjør at det er kort vei fra skisse til ferdig modell. [38]

Vi har brukt Inventor til å designe holderen for propanbrenneren.

Cura

Program brukt til å omforme .stl- filene fra Autodesk Inventor til filer som 3D-printeren kan lese. Med mulighet for å stille inn kvalitet og legge til støttestruktur på printet. [39]

SketchUp

3D modelleringsprogram.

Vi har brukt det til å tegne 3D-figurer til bruk i rapporten og presentasjonen.

I.V Generell prosjektevaluering

Læringsutbytte

Prosjektgruppen er veldig fornøyd med gjennomføringen av bacheloroppgaven. Vi har tilegnet oss ny kunnskap om bruk av robotarm i industri, programmering, prosjektstyring og det å jobbe med et større prosjekt.

Teknisk har programmering vært største delen av løsningen. De som har hatt hovedfokus der har fått erfare hvordan det er å måtte lære seg et nytt programmeringsspråk og ta dette i bruk med teknikker de allerede er kjent med. De har også fått sett hvordan en kan bruke matematikk og programmering i lag for å løse en problemstilling som kommer fra en helt manuell prosess.

Vi har sett at selv om det er ønskelig at alle deltar i alle deler av prosjektet er det ikke realistisk at vi får det til. Siden vi tidlig delte opp ansvarsområder har de forskjellige gruppemedlemmene hatt utbytte på forskjellige fag og innenfor det de har størst kunnskap om. Felles for alle er at vi ser viktigheten av god planlegging og kommunikasjon for å holde fremdrift i prosjektet. Om en ikke fulgte sine egne frister fikk dette konsekvenser for andre og deres frister. Samtidig har alle vært så involvert i de forskjellige prosessene at ved behov har en kunnet fått den hjelpen en trengte uten at den "rette" personen var tilstede.

Vi har hatt stort utbytte av å strukturere prosjektet i mindre prosjekt og lage milepæler med frister. Ukentlige møter med oppsummering og videre plan har spart oss for mye venting og ubrukt tid, dette har også gjort at alle til enhver tid har hatt kontroll på hva alle gjør. Om det har dukket opp spesielle hendelser, blant annet har to gruppemedlemmer hatt dødsfall i nær relasjon i løpet av perioden, har vi alltid hatt annet arbeid eller mulighet for å dekke inn for den som har vært borte.

Kildekritikk

Vi har så langt det lar seg gjøre brukt førstehånds kilder, som datablad og pålitelige web- områder. Der det ikke har latt seg gjøre er andrehånds kilder brukt, som for eksempel ansatte ved Stadpipe.

Referanser

- [1] Pro Opplæringskontoret, «www.pro.sf.no,» Ukjent, Ukjent Ukjent Ukjent. [Internett]. Available: www.pro.sf.no. [Funnet 22.02.2017 Februar 2017].
- [2] Stadpipe, «www.stadpipe.no,» [Internett]. Available: www.stadpipe.no. [Funnet 22 Februar 2017].
- [3] Stadpipe, «stadpipe.no: Om oss,» [Internett]. Available: www.stadpipe.no. [Funnet 10 Mai 2017].
- [4] Stadpipe, «stadpipe.no/tjenester,» [Internett]. Available: www.stadpipe.no. [Funnet 23 Februar 2017].
- [5] H. Sjøstad, *re: Delar av rapporten til gjennomlesing*, Førde: Håkon Sjøstad, 2017.
- [6] E. Rossen, «www.snl.no: Industrirobot,» 06 Mars 2014. [Internett]. Available: <https://snl.no/industrirobot>. [Funnet 17 Mai 2017].
- [7] ABB, «www.abb.com,» Januar 2014. [Internett]. Available: https://library.e.abb.com/public/98ba43a906331fec48257c6f00374818/PR10031EN%20R15_En.pdf. [Funnet 14 Desember 2016].
- [8] ABB, «www.abb.com,» ABB, 2017. [Internett]. Available: <http://new.abb.com/products/robotics/industrial-robots/irb-140/irb-140-data>. [Funnet 05 Mai 2017].
- [9] ABB, «www.abb.com: IRC5,» [Internett]. Available: https://library.e.abb.com/public/bedd1769ea1e4bb9c1257da10037e215/IRC5_IndustrialRobotController_ROB0295EN.pdf. [Funnet 19 Mai 2017].
- [10] ABB Robotics, «www.abb.com: Operating manual Flexpendant,» 12 Januar 2013. [Internett]. Available: http://host.bglot.com/ABB/ABB_FlexPendant_Operators_Manual_3HAC16590-1_revB_en.pdf. [Funnet 16 Mai 2017].
- [11] ABB, «www.abb.com: RobotStudio,» 01 Mai 2015. [Internett]. Available: https://library.e.abb.com/public/244a8a5c10ef8875c1257b4b0052193c/3HAC032104-001_revD_en.pdf. [Funnet 19 Mai 2017].
- [12] ABB Robotics, «Operating manual Introduction to RAPID,» 29 November 2011. [Internett]. Available: http://www.oamk.fi/~eeroko/Opetus/Tuotantoautomaatio/Robotiikka/RapidProgramming_start.pdf. [Funnet 24 Februar 2017].
- [13] E. Haugum, Lærebok for sertifiseringskurs i VARME ARBEIDER, Sandefjord: EH Produkter AS, 2014.
- [14] A. S. Sven Ore, «www.Snl.no,» Store norske leksikon, 14 Februar 2009. [Internett]. Available: <https://snl.no/plast#-Termoplast>. [Funnet 22 Mars 2017].

- [15] M. Ystesnes, «www.snl.no,» Store norske leksikon, 05 April 2009. [Internett]. Available: <https://snl.no/Ziegler-Natta-katalysatorer>. [Funnet 05 Mai 2017].
- [16] A. S. Sven Ore, «www.Snl.no,» Store norske leksikon, 02 Februar 2009. [Internett]. Available: <https://snl.no/polyeteylen>. [Funnet 22 Mars 2017].
- [17] H.-. Ormestad, «www.snl.no,» Store norske leksikon, 14 Ferbruar 2009. [Internett]. Available: https://snl.no/fasthetsl%C3%A6re._._fysikk. [Funnet 05 Mai 2017].
- [18] H. Ormestad, «www.snl.no,» Store norske leksikon, 14 Februar 2009. [Internett]. Available: https://snl.no/elastisitet._._fysikk. [Funnet 05 Mai 2017].
- [19] L. Ebeling, *Bearbeidingsmetoder/Plastmateriale*, Oslo: Universitetsforlaget, 1981.
- [20] Arbeidstilsynet, «www.arbeidstilsynet.no,» [Internett]. Available: <http://www.arbeidstilsynet.no/fakta.html?tid=207426>. [Funnet 24 Mars 2017].
- [21] Lovdata, «www.lovdata.no,» 01 Juli 2013. [Internett]. Available: <https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/1996-12-061127>. [Funnet 04 Mai 2017].
- [22] AS, Pipelife Norge, «www.pipelife.no,» 01 Januar 2015. [Internett]. Available: <https://felles.trd.atea.no/pipelife/FDV%20dokumenter/FDV%20PE%20100%20trykkr%C3%B8r.pdf>. [Funnet 22 Mars 2017].
- [23] *Roboter og robotekniske innretninger. Sikkerhetskrav for roboter og industrielt miljø. Roboter*, ISO 10218-1, 2011.
- [24] *Roboter og robotekniske innretninger. Sikkerhet for roboter for industrielt miljø. Robotsystemer og integrering.*, ISO 10218-2, 2011.
- [25] A. A.-N. Einar Halmøy, «www.Snl.no,» Store norske leksikon, 15 Februar 2009. [Internett]. Available: <https://snl.no/sveising>. [Funnet 25 Januar 2017].
- [26] The Linde Group, «www.aga.no,» 2017. [Internett]. Available: http://www.aga.no/no/processes_ren/welding/mig_mag_welding/index.html. [Funnet 23 Januar 2017].
- [27] Esab, «www.esab.no,» 26 Juli 2012. [Internett]. Available: http://www.aga.no/no/processes_ren/welding/mig_mag_welding/index.html. [Funnet 22 Mars 2017].
- [28] Esab, «www.esab.no,» 08 Oktober 2016. [Internett]. Available: <http://www.esab.com/gb/en/support/upload/Aristo-W82-2.pdf>. [Funnet 22 Mars 2017].
- [29] Esab, «www.esab.no,» 2008. [Internett]. Available: <http://www.esab.com/gb/en/support/upload/Aristo-RoboFeed-3004w-2.pdf>. [Funnet 22 Mars 2017].
- [30] ABB, «www.abb.com,» 2003. [Internett]. Available: <https://library.e.abb.com/public/27aa437960ab67b8c125766d003a22e5/504887-102.pdf>. [Funnet 22 Mars 2017].

- [31] ABB, «[www.abb.com: User's Guide - Advanced weld controller](https://library.e.abb.com/public/078cc5efb8e56ec4c1257b4b00522b63/505498-102.pdf),» September 2002. [Internett]. Available: <https://library.e.abb.com/public/078cc5efb8e56ec4c1257b4b00522b63/505498-102.pdf>. [Funnet 19 Mai 2017].
- [32] Abb Robotics, «ABB: Technical reference manual RAPID overview,» 28 Juni 2010. [Internett]. Available: http://www.iu.hio.no/~georgm/robot/3HAC16580-1_revH_en.pdf. [Funnet 16 Mai 2017].
- [33] ABB Robotics, «Technical reference manual RAPID Instructions, Functions and Data types,» 1 Mai 2010. [Internett]. Available: https://library.e.abb.com/public/688894b98123f87bc1257cc50044e809/Technical%20reference%20manual_RAPID_3HAC16581-1_revJ_en.pdf. [Funnet 16 Mai 2017].
- [34] T. Reenskaug, 10 Desember 1979. [Internett]. Available: <https://heim.ifi.uio.no/~trygver/1979/mvc-2/1979-12-MVC.pdf>. [Funnet 19 Mai 2017].
- [35] ABB Robotics, «Application manual FlexPendant SDK,» 1 Mai 2015. [Internett]. Available: <https://library.e.abb.com/public/b60548090c886120c1257b5f002f8250/3HAC036958-en.pdf>. [Funnet 16 Mai 2017].
- [36] E. Nummedal, «www.hvl.no,» 10 Januar 2016. [Internett]. [Funnet 22 Januar 2017].
- [37] Taiga Agile, «<https://taiga.io/>,» 2017. [Internett]. Available: <https://taiga.io/>. [Funnet 15 Mai 2017].
- [38] Wordpress, «www.wordpress.org,» [Internett]. Available: <https://wordpress.org/about/>. [Funnet 03 Mai 2017].
- [39] Dropbox, «www.dropbox.com,» [Internett]. Available: <https://www.dropbox.com/help/files-folders/share-file-or-folder>. [Funnet 03 Mai 2017].
- [40] Microsoft, «www.microsoft.com,» [Internett]. Available: <https://www.microsoft.com/nb-no/store/p/onenote/9wzdncrfhvjl>. [Funnet 03 Mai 2017].
- [41] Microsoft, «www.microsoft.com,» [Internett]. Available: <https://www.microsoft.com/nb-no/store/p/movie-maker-free-video-editor/9nblggh4wwjr>. [Funnet 03 Mai 2017].
- [42] Autodesk Inc., «www.autodesk.com,» 2017. [Internett]. Available: <https://www.autodesk.com/>. [Funnet 15 Mai 2017].
- [43] Ultimaker, «www.ultimaker.com,» 2017. [Internett]. Available: <https://ultimaker.com/en/products/cura-software>. [Funnet 13 Mai 2017].
- [44] N.-P. Sjøstad, *Tenning på teknologi, bacheloroppgåve*, Stadlandet, 2017.
- [45] ABB, «[www.abb.com](https://library.e.abb.com/public/bedd1769ea1e4bb9c1257da10037e215/IRC5_IndustrialRobotCntroller_ROB0295EN.pdf),» November 2014. [Internett]. Available: https://library.e.abb.com/public/bedd1769ea1e4bb9c1257da10037e215/IRC5_IndustrialRobotCntroller_ROB0295EN.pdf. [Funnet 08 Desember 2016].

- [46] ABB, «www.abb.com,» November 2013. [Internett]. Available: https://library.e.abb.com/public/b755e615bec21b52c1257c32004fa70f/PR10296EN_R3.pdf. [Funnet 14 Desember 2016].
- [47] PRO Opplæringskontoret, «www.pro.sf.no,» Ukjent, 20 11 2006. [Internett]. Available: <http://pro.sf.no/wp-content/uploads/2015/08/norskindustri.htm>. [Funnet 22 Februar 2017].
- [48] J. Kirketeig, *Yrkesfagløft*, Førde, 2017.
- [49] Wordpress, «www.wordpress.org,» [Internett]. Available: <https://wordpress.org/about/>. [Funnet 24 April 2017].
- [50] H. Ormestad, «www.snl.no,» Store norske leksin, 14 Februar 2009. [Internett]. Available: https://snl.no/elastisitet_-_fysikk. [Funnet 05 Mai 2017].
- [51] Helsedirektoratet, «www.helsedirektoratet.no,» [Internett]. Available: <https://helsedirektoratet.no/retningslinjer/sykmelderveileder/seksjon?Tittel=generelt-om-sykmelding-ved-11030>. [Funnet 05 Mai 2017].

Bildereferanser

- Figur 1 " Tenning på teknologi" trailer Bilde privat
- Figur 2 " 3D tegning av landsbasert oppdrettsanlegg Samlar Follafos" [Figur]
Available: <http://stadpipe.no/#> (Funnet 02.05.2017)
- Figur 3 " ABB IRB-140" [Figur] Available:
<http://www.directindustry.com/prod/abb-robotics/product-30265-565894.html>
(Funnet 17.02.2017)
- Figur 4 " Redusert T rør" [Figur] Available: <http://stadpipe.no/#> (Funnet 02.05.2017)
- Figur 5 " Varmesoner rundt utskjæringen sett ovenfra" Av Ola Brenn Frivik (02.05.2017)
- Figur 6 " Jiggen Stadpipe bruker for uttrekk på rør" Bilde privat 01.02.2017
- Figur 7 " 1200 rør med uttrekk" Bilde privat
- Figur 8 " Abb robot 140" [Figur] Available:
<https://www.used-robots.com/articles/viewing/the-reliable-and-reconditioned-abb-irb-140> (Funnet 08.05.2017)
- Figur 9 " Rekkevidde, lastekapasitet og «bendback» funksjon, ABB IRB 140" [Figur] Available:
https://library.e.abb.com/public/ddd9e43064b9c4dcc12575010050e94c/IRB%20140_IT.pdf (Funnet 17.05.2017)
- Figur 10 " IRC5 robotkontroller" [Figur] Available:
<http://www.directindustry.com/prod/abb-robotics/product-30265-169114.html>
(Funnet 17.02.2017)
- Figur 11 " FlexPendant" [Figur] Available:
<http://new.abb.com/products/robotics/applications-by-industry/application-software/plastic> (Funnet 16.05.2017)
- Figur 12 "Tilstandsdiagram for delkrystallinsk termoplast" [Figur] [19]
- Figur 13 " Grafisk fremstilling av standarder for robotsystem. Fra ISO standard" [Figur] [23]
- Figur 14 "ISO 10218-1 5.5.2 Emergency stop" (Funnet 25.04.2017) [23]
- Figur 15 " HMS I prosjektperioden" Bilde privat
- Figur 16 " Dinse PKI 552Si" [Figur] Hentet fra Dinse produktkatalog side 105
(Funnet 09.05.2017) [28]
- Figur 17 " Kodeeksempel Arc" [Figur] [31]
- Figur 18 " Sveising med ABB IRB 140" Bilde privat
- Figur 20 " Robotarm som varmer rør" Bilde privat

Figur 20	" Varmesoner" Av Ola Brenn Frivik (02.05.2017)
Figur 21	" TCP vinkelrett på senterlinjen til røret. " Av Ola Brenn Frivik (10.05.2017)
Figur 22	" Rørets retning" Av Ola Brenn Frivik (03.05.2017)
Figur 23	" Rørdimensjon påvirker avstand fra robotarm til rør." Av Ola Brenn Frivik
Figur 24	" Tverrsnitt av to rørdimensjoner, viser variasjon av vinkel" Av Ola Brenn Frivik
Figur 25	" TCP- Origo for arbeidsverktøyets koordinatsystem" [Figur] [33, p. 1208]
Figur 26	"Singularitet mellom akse 4 og akse 6" [Figur] [32, p. 211]
Figur 27	" Sone data" [Figur] Available (ref Techical reference guide)
Figur 28	" Arbeidsobjekt" [Figur] Available ref techinal ref guid
Figur 29	"RAPID- kode eksempel, Move_Safe_Position" Av Sondre Stafsnes (15.05.2017)
Figur 30	" Kode- eksempel, RelTool og Offs" Av Sondre Stafsnes (15.05.2017)
Figur 31	" Todimensjonal tegning av elliptisk bevegelse" Av Sondre Stafsnes (09.05.2017)
Figur 32	" Hjelpesfigur, tverrsnitt av rør" Av Sondre Stafsnes (10.05.2017)
Figur 33	" Modell flytskjema" Av Sondre Stafsnes (16.05.2017)
Figur 34	" Flytskjema program" Av Sondre Stafsnes (18.05.2017)
Figur 35	" RunRoutine_Full" Av Sondre Stafsnes (15.05.2017)
Figur 36	" Bilde av jiggen" Bilde privat
Figur 37	" Holder til brenner 3D-printet i HDPLA" Bilde privat
Figur 38	" Graf oppvarming" Vedlegg 08.
Figur 39	" Graf siste måling" Vedlegg 08.
Figur 40	«Målepunkt for varmtest» Av Ola Brenn Frivik (13.05.2017)
Figur 41	" Illustrasjon av offsetverdier ellipse" Av Sondre Stafsnes (16.05.2017)
Figur 42	" Illustrasjon av offsetverdier for bevegelse på langs" Av Sondre Stafsnes (16.05.2017)

APPENDIX A – Vedleggsliste

Vedlegg 01 - Prosjektbrev til PRO

Vedlegg 02 - Fremdriftsplan

Vedlegg 03 - Teknisk tegning kon

Vedlegg 04 - Teknisk tegning sylinder

Vedlegg 05 – Teknisk datablad PE

Vedlegg 06 – HMS retningslinjer PRO

Vedlegg 07 – Teknisk tegning holder til brenner

Vedlegg 08 – Testresultat

Vedlegg 09 - Arbeidsinstruks

Vedlegg 10 – Kanban

Vedlegg 11 - Møtereferat

Vedlegg 12 - Risikoanalyse



Opplæringskontor for industri- og teknologifag
Concordbygget, Firdaveien 6
Postboks 492 6803 Førde
Jorunn Eide Kirketeig

Stadlandet 25.01.2017

Tenning på teknologi, bacheloroppgåve

Viser til at Pro har samarbeid med Høgskulen vestlandet, og i år samarbeid med fire studentar som skal ha en trailer, med Tenning på teknologi, som si bacheloroppgåve.

I traileren er det ein robot som per i dag kun kan brukast til sveising, oppgåva går ut på å få roboten til å utføre andre oppgåver.

Innhold sensurert

For oss kunne det vært nyttig å kunne brukt robot til denne arbeidsoppgaven, dersom den er lett og programmere. Da kunne vi frigjort en medarbeider til andre arbeidsoppgaver.

Vi vil gjerne være med på dette prosjektet.

A handwritten signature in dark ink, appearing to read "Nils-Per Sjøstad".

Nils-Per Sjøstad
Daglig Leder.

Mål	Aktivitet	Tid	Ansvarlig	Status
<u>Delmål 1</u> <u>Oppstartsmøte</u>	<u>Tiltak</u>	<u>Frist</u> 06.01.2017	Espen	OK
<u>Delmål 2</u> Levere prosjekt beskrivelse	<u>Tiltak</u> Definere prosjektet, skrive og korrektur lese	<u>Frist</u> 12.01.2017	Espen	OK
<u>Delmål 3</u> Lære oss å bruke robotarm	<u>Tiltak</u> Kurs på robotarm	<u>Frist</u> Veke 6	Espen	OK
<u>Delmål 4</u> Opprette heimeside	<u>Tiltak</u> Opprette nettside med informasjon om gruppa, prosjektet og mulighet for å kjapt legge ut oppdateringar	<u>Frist</u> 24.02.17	Espen	OK
<u>Delmål 5</u> Leverer forprosjekt	<u>Tiltak</u> Skrive og levere forprosjekt	<u>Frist</u> 24.02.17	Ola	OK
<u>Delmål 6</u> Statusmøte med styringsgruppa	<u>Tiltak</u> Møte med styringsgruppa for å få godkjent forprosjektet	<u>Frist</u> 03.03.2017	Espen	OK
<u>Delmål 7</u> Robotarm modifisert	<u>Tiltak</u> Lage klart nytt feste til robotarmen	<u>Frist</u> 17.03.2017	Bengt	OK
<u>Delmål 8</u> Programmering	<u>Tiltak</u> Fullført programmering klar til testing uten varme	<u>Frist</u> 31.03.2017	Sondre	OK
<u>Delmål 9</u> HMS	<u>Tiltak</u> HMS plan klar for varme arbeid og arbeidsmiljø på Stadpipe	<u>Frist</u> 31.03.2017	Bengt	OK
<u>Delmål 10</u> Midtvegspresentasjon	<u>Tiltak</u> Lage PowerPoint, førebu manus	<u>Frist</u> 05.04.2017	Espen	OK
<u>Delmål 11</u> Testing	<u>Tiltak</u> Program og robotarm klar til testing med varme	<u>Frist</u> 21.04.2017	Sondre og Bengt	OK
<u>Delmål 12</u> Innsamling av nødvendige data	<u>Tiltak</u> Finne nødvendige data om brennar og rør til testing, nødvendig for testing	<u>Frist</u> 21.04.2017	Bengt	OK

<u>Delmål 13</u> Pressemelding	<u>Tiltak</u> Lage klar og sende ut pressemelding	<u>Frist</u> 10.05.2017	Espen	OK
<u>Delmål 14</u> Lage plakat	<u>Tiltak</u> Lage layout, og henge opp plakat	<u>Frist</u> 19.05.2017	Bengt	OK
<u>Delmål 15</u> Rapport innlevering	<u>Tiltak</u> Skrive og levere prosjektrapport	<u>Frist</u> 19.05.2017	Ola	OK
<u>Delmål 16</u> Sluttpresentasjon	<u>Tiltak</u> Lage PowerPoint, førebu manus	<u>Frist</u> 23.05.2017	Espen	Påbegynt

Vedlegg sensurert

Vedlegg 04 – Teknisk tegning sylinder

Vedlegg sensurert

†

Vedlegg 05 – Teknisk datablad PE



Teknisk datablad

PE (4 sider)

Egenskaber	DIN	Test metode ISO/IEC	Enhed	PE 300 (HD & 100)	PE-HD 500	Tivar* 1000	Tivar* 1000 anti-statisk	Tivar* ECO	Tivar* ECO anti-statisk
Generelt									
Farve				Mango farver	Mango farver	Mango farver	Sort	Grøn	Sort
Densitet (vægtfylde)	53479	1183	g/cm³	0,96	0,98	0,98	0,985	0,94	0,94
Fugtoptagelse:									
- mættet i vand ved 23°C	53495	62	%		<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,02
Termiske egenskaber									
Smeltepunkt	53328	11357	°C		135	135	135	135	135
Varmeledningsevne	52642		W/(°C x m)	0,38	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
Gennem. temp. udvidelseskoefficient:									
- middelværdi mellem 23°C og 100°C	53752		10⁻⁴ K	180	150	200	200	200	200
HDT temp. metode A: 1,8 N/mm²		75	°C		44	42	42	42	42
Tilladelig anvendelsestemperatur i luft:									
- max., konstant (18 timer)			°C		120	120	120	120	120
- max., vedvarende			°C	90	80	90	80	80	80
- minimum			°C	-50	-100	-200	-150	-150	-150
Brandbarhed:									
- Ilt Index	4589		%		< 20	< 20	< 20	< 20	< 20
- Ilt, UL 94 (5 mm tykkelse)					HB	HB	HB	HB	HB
Mekaniske egenskaber									
Trækforsøg:									
- trækstyrke ved flydning	53455	527	N/mm²	23	28	19	20	20	20
- forlængelse ved flydning	53455	527	%	9	10	15	15	15	15
- forlængelse ved brud	53455	527	%		> 50	> 50	> 50	> 50	> 50
- E-modul	527		N/mm²	1100	1900	750	700	775	775
Trykforsøg:									
- 1 % offset trykstyrke	604		N/mm²		12	6,5	7	7	7
- 2 % offset trykstyrke	604		N/mm²		18,5	10,5	11	11	11
- 5 % offset trykstyrke	604		N/mm²		28,5	17	17,5	17,5	17,5
Slagforsøg:									
- Charpy uden kær	53459	179	kJ/m²	Ingen brud	Ingen brud	Ingen brud	Ingen brud	Ingen brud	Ingen brud
- Charpy med kær	53459	179	kJ/m²	90	105	115	110	90	90
Kugletrykshårdhed - H192 / 32	53456	2099-1	N/mm²	40	48	33	34	34	34
Shore hårdhed D	53505	988	N/mm²	65	62	60	61	60	60
Frictionskoefficient v. 23 °C					0,15-0,30	0,15-0,30	0,15-0,30	0,15-0,30	0,15-0,30
Slid faktor v. 23 °C			µm³/km		900	8	8	15	15
Sand test - grt slid	15527								
- Relativ slid Tivar 1000 = 100					950	100	105	200	200

Note: 1 g/cm³ = 1.000 kg/m³; 1 N/mm² = 1 MPa; 1 kJ/m² = 1 MJ/m

Vink Plast - Kristrup Engvej 9 - 8960 Randers SØ - tlf. 89 110 100 - www.vink.dk



1

Egenskaber	Test metode ISO/IEC	Enhed	PE 300 (HD & 100)	PE-HD 500	Tivar* 1000	Tivar* 1000 anti-statisk	Tivar* ECO	Tivar* ECO anti-statisk
Elektriske egenskaber								
Speciel gennemgangsmodstand	53482	(80009)	Ω x cm	> 10¹²	> 10¹²			
Overflademodstand	53482	(80009)	Ω	10¹²	> 10¹²	> 10¹²	< 10¹²	< 10¹²
Dielektrisk styrke	53481	(80243)	kV/mm	47	45	45		
Dielektrisk konstant - ved 100 Hz	53489	(80250)			2,4	2,1		
- ved 1 MHz	53489	(80250)			2,4	3,0		
Dielektrisk tabstal tan - ved 100 Hz	53489	(80250)			0,0002	0,0004		
- ved 1 MHz	53489	(80250)			0,0002	0,0010		
Kybestandsmodstand Index (CTI)	53480	(80112)			800	800		
- ved 1 MHz		(80250)			0,008	0,01		
Kybestandsmodstand Index (CTI)		(80112)			350 (225)			



Egenskaber	DIN	Test metode ISO (IEC)	Enhed	Tivar® DrySlide	Tivar® TECH	Tivar® DS	Tivar® CeramP	Tivar® SuperPlus
Generelt								
Farve				sort	gråsort	grå / gul	gulgrøn	grå
Densitet (vægtfylde)	53479	1183	g/cm³	0,935	0,935	0,93	0,98	0,98
Fugtoptagelse:								
- mættet i vand ved 23°C	53496	62	%	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Termiske egenskaber								
Smeltepunkt	52328	11357	°C	135	135	135	135	135
Varmeledningsevne	52642		W/(°C x m)	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
Gennem. temp. udvidelseskoefficient:								
- middelværdi mellem 23°C og 100°C	53752		10⁻⁴ K	200 x 10⁻⁴	200 x 10⁻⁴	200 x 10⁻⁴	200 x 10⁻⁴	200 x 10⁻⁴
HDT temp. metode A: 1,8 N/mm²	53481	75	°C	42	42	42	42	42
Tilladelig anvendelsestemperatur i luft:								
- max. kortvarigt (3 timer)			°C	120	120	120	120	120
- max. vedvarende			°C	90	90	90	90	90
- minimum			°C	-150	-150	-200	-150	-150
Brandbarhed:								
- fl Index		4589	%	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20
- ltr. UL 94 (8 mm tykkelse)				HB	HB	HB	HB	HB
Mekaniske egenskaber								
Trækforsøg:								
- trækstyrke ved flydning	53455	527	N/mm²	18	19	19	18	17
- forlængelse ved brud	53455	527	%	> 50	> 50	> 50	> 50	> 50
- E-modul		527	N/mm²	850	725	700	750	800
Trykforsøg:								
- 1 % offset trykstyrke		604	N/mm²	8	8,5	8	7	5
- 2 % offset trykstyrke		604	N/mm²	10	10,5	10	11	9,5
- 5 % offset trykstyrke		604	N/mm²	16	17	16	17,5	14,5
Slagstyrke:								
- Charpy uden kær	53459	179	kJ/m²	Ingen brud	Ingen brud	Ingen brud	Ingen brud	Ingen brud
- Charpy med kær	53459	179	kJ/m²	100	105	130	105	90
Kugletrykshårdhed - H192 / 32	53458	2039-1	N/mm²	32	32	31	33	31
Shore hårdhed D	53506	888	N/mm²	50	50	58	60	58
Friktionskoefficient v. 23 °C								
-								
Slid-faktor v. 23 °C			µm³/m	0,15-0,25	0,15-0,27	0,15-0,30	0,20-0,35	0,15-0,30
Sand test - grit slid		15527		8	5	8	4	4
- Relativ slid Tivar 1000 = 100				85	95	95	75	90
Elektriske egenskaber								
Speciel gennemgangsmodstand	53482	(80028)	Ω x cm		> 10¹²	> 10¹²	> 10¹²	> 10¹²
Overflade modstand	53482	(80028)	Ω	< 10¹²	> 10¹²	> 10¹²	> 10¹²	> 10¹²
Dielektrisk styrke	53481	(80243)	kV/mm		45	45	45	
Dielektrisk konstant - ved 100 Hz	53489	(80250)				2,1		
- ved 1 MHz	53489	(80250)				3,0		
Dielektrisk tabstal tan - ved 100 Hz	53489	(80250)				0,0004		
- ved 1 MHz	53489	(80250)				0,0010		
Krybstremsmodstand Index (CTI)	53480	(80112)				800		

Note: 1 g/cm³ = 1.000 kg/m³; 1 N/mm² = 1 MPa; 1 kV/mm = 1 MV/m



Egenskaber	DIN	Test metode ISO/IEC	Enhed	Tivar® H.O.T.	Tivar® Burnguard	Tivar® CleanStat	Tivar® 1000 ASTL	Tivar® 1000 EC	Tivar® 1000 HPV
Generelt									
Farve				huld	sort	sort	sort	sort	blå
Densitet (vægtfylde)	53479	1183	g/cm³	0,98	1,01	0,94	0,95	0,945	0,95
Fugtoptagelse:									
- mættet i vand ved 23°C	53495	62	%	< 0,1	< 0,2	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Termiske egenskaber									
Smeltepunkt	52328	11357	°C	135	135	135	135	135	135
Varmeledningsevne	52612		W/(°C x m)	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
Gennem. temp. udvidelseskoefficient:									
- i middelevand mellem 23°C og 100°C	53752		10⁻⁴ K	200 x 10⁻⁴	180 x 10⁻⁴	200 x 10⁻⁴	200 x 10⁻⁴	200 x 10⁻⁴	200 x 10⁻⁴
HDT temp. metode A: 1,8 N/mm²	53481	75	°C	42	42	42	42	42	42
Tilfældig anvendelsestemperatur i luft:									
- max. konstant (i 1 time)			°C	135	120	120	120	120	120
- max. vedvarende			°C	110	80	80	80	80	80
- minimum			°C	-200	-125	-150	-150	-150	-200
Brandsikkerhed:									
- If Index	4589		%	< 20	28	< 20	< 20	< 20	< 20
- Ift. UL 94 (8 mm tykkelse)				HB	V-0	HB	HB	HB	HB
Mekaniske egenskaber									
Trækforsøg:									
- trækstyrke ved flydning	53455	527	N/mm²	19	18	19	21	21	20
- forlængelse ved brud	53455	527	%	>50	25	>50	>50	>50	>50
- E-modul	527		N/mm²	700	1000	750	800	805	800
Trykforsøg:									
- 1 % offset trykstyrke	604		N/mm²	8	7	6,5	7	7,5	6,8
- 2 % offset trykstyrke	604		N/mm²	10	11	10,5	11,5	12	10,7
- 5 % offset trykstyrke	604		N/mm²	16	17	17	18	19	17,2
Slagstyrke:									
- Charpy uden kær	53459	179	kJ/m²	Ingen brud	Ingen brud	Ingen brud	Ingen brud	Ingen brud	Ingen brud
- Charpy med kær	53459	179	kJ/m²	100	70	110	90	105	108
Kugletrykshårdhed - H192 / 32	53456	2030-1	N/mm²	31	34	33	34	35	35
Shore hårdhed D	53505	968	N/mm²	58	58	60	61	62	61
Frictionskoefficient v. 23 °C					0,15-0,30	0,15-0,30	0,15-0,30	0,15-0,30	0,20-0,32
Slid faktor v. 23 °C			µm³/km	8	14	10	8	9	4
Sand test - grt slid	15527								
- Relativ slid Tivar 1000 = 100				80	130	85	95	100	
Elektriske egenskaber									
Speciel gennemgangsmodstand	53482	(80003)	Ω x cm	> 10¹²					
Overflademodstand	53482	(80003)	Ω	> 10¹²	< 10⁸	< 10⁸	< 10⁸	< 10⁸	
Dielektrisk styrke	53481	(80043)	kV/mm	45					
Dielektrisk konstant - ved 100 Hz	53489	(80050)							
- ved 1 MHz	53489	(80050)							
Dielektrisk tabstal tan - ved 100 Hz	53489	(80050)							
- ved 1 MHz	53489	(80050)							
Krybstremsmodstand index (CTI)	53480	(80112)							

Note: 1 g/cm³ = 1.000 kg/m³; 1 N/mm² = 1 MPa; 1 W/mm = 1 MJ/m

PRO - OPPLÆRINGSKONTORET		Dok. nr.: 2.8
		Versjon: 1.0
		Arkiv nr: 211
Aktivitet:		
Helse, Miljø og sikkering		
Utarbeidet av:	Godkjent av:	Gjelder fra:
Jorunn Eide Kirketeig	Styret	Juli 2016
Hovedansvarlig/revisjonsansvarlig: Jorunn Eide Kirketeig	Neste revisjon Juli 2017	

VÅRE MÅL

Opplæringskontoret vil gjennom KS - system forebygge ulykker og helsesaker og skape trivsel på arbeidsplassen.

Systematisk helse-, miljø- og sikkeringsarbeid (internkontroll) skal sikre;

- gode og sikre arbeidsvaner
- godt samarbeid
- ryddige lokaler
- sikre produkt og tenester

Ansvarleg for helse, sikkering og miljø; Daglig leiar PRO- opplæringskontoret

Lover og forskrifter:

Lov om arbeidsmiljø, arbeidstid og stillingsvern mv. (arbeidsmiljøloven):

<http://www.lovdata.no/all/nl-20050617-062.html>

Forskrift om systematisk helse-, miljø- og sikkerhetsarbeid i virksomheter (Internkontrollforskriften)

<http://www.lovdata.no/cgi-wift/ldles?doc=/sf/sf/sf-19961206-1127.html>

Forskrift for personvern:

<http://www.lovdata.no/cgi-wift/ldles?doc=/sf/sf/sf-20001215-1265.html>

Forskrift om hvilke virksomheter som skal ha knyttet til seg verne- og helsepersonale (bedriftshelsetjeneste):

<http://www.lovdata.no/for/sf/ai/ai-19890608-0914.html>

Forskrift om vern mot støy på arbeidsplassen:

<http://www.lovdata.no/for/sf/ai/ai-20060426-0456.html>

Forskrift om bruk av personlig verneutstyr på arbeidsplassen:

<http://www.lovdata.no/for/sf/ai/xi-19930524-1425.html>

Forskrift om sikkerhetsskiltning og signalgivning på arbeidsplassen:

<http://www.lovdata.no/for/sf/ai/xi-19941006-0972.html>

Forskrift om arbeidsplasser og arbeidslokaler:

<http://www.lovdata.no/for/sf/ai/xi-19950216-0170.html>

Forskrift om bruk av arbeidsutstyr:

<http://www.lovdata.no/for/sf/ai/xi-19980626-0608.html>

16

Forskrift om arbeid som utføres i arbeidstakers hjem:

<http://www.lovdata.no/cgi-wift/wiftldles?doc=/app/gratis/www/docroot/ltavd1/filer/sf-20020705-0715.html&emne=forskrift%20om%20verneombud%20og%20arbeidsmiljøutvalg%20>

Forskrift om arbeid ved dataskjerm:

Annet:

<http://www.arbeidstilsynet.no/>

<http://www.regelhelp.no/>

<http://www.lovdata.no/>

<http://www.bedriftsforbundet.no>

PRO - OPPLÆRINGSKONTORET		Dok. nr.: 2.8.1
		Versjon: 1.0
		Arkiv nr:
Aktivitet:		
Rutinar og ansvarsfordeling		
Utarbeidet av:	Godkjent av:	Gjelder frå:
Jorunn Eide Kirketeig	Styret	Juli 2016
Hovudansvarlig/revisjonsansvarlig: Jorunn Eide Kirketeig		Neste revisjon Juli 2017

Rutinar og ansvarsfordeling

4.1 Helse

Mennesket er den viktigaste ressurs i arbeidslivet, og ein god helse er det største aktivum eit menneske har.

Opplæringskontoret vil derfor gjennom KS-system forebygge ulykker og helsesaker, og skape trivsel på arbeidsplassen.

4.2 Miljø

For å ta vare på det indre miljø vil Opplæringskontoret arbeide for at det ikkje skal forekomme ulykker og skader, og at arbeidsmiljøet til ein kvar tid blir det beste.

Vedrorande det ytre miljø vil Opplæringskontoret så langt det er mulig sørje for at det ikkje oppstår skader eller ulykker i nærmiljøet, og at spesialavfallsprodukt blir tatt hand om på forskriftsmessig måte.

4.3 Sikkering og prosedyrar

4.3.1 Brann

Lokalane er sikra ved brannalarm.

Bygningen har evakueringsstrapp tilgjengelig: ok.

Utgangsdører er merket med rommingsvegskilt

Alle som jobbar i lokala er kjent med rommingsveggar: ok.

Branninstruks er montert

Varsling av brann: 110

4.3.2 Førstehjelpsutstyr

Førstehjelpsutstyr finn ein på moterom Jungelen.

Sekretær er ansvarlig for regelmessig kontroll og etterfylling.

4.3.3 Prosedyrar ved ulykker

1. Gje nødvendig førstehjelp
 - fordel oppgåvene
2. Tilkall lege eller ambulanse
 - Oppgje nøyaktig:
 - *KVEN som ringer*
 - *KVA som har skjedd*
 - *KVAR ulykka har skjedd*

NB! Få meldinga stadfesta !!!

3. Sikre ulykkesstaden
4. Varsle overordna, evt. politi, arbeidstilsyn
5. Leiar, eventuelt styreleiar, kontaktar pårorande
6. Leiar og kun leiar uttalar seg til media

4.3.4 Prosedyrar ved brann

1. **VARSLER!** Utlos brannmeldarar og gi varsel til folk i området
2. **REDDE!** Redd ut innesperra
3. **SLUKKE/BEGRENSE** - dersom dette synes mulig
4. **TILKALL BRANNVESEN!**
Oppgi nøyaktig; -*KJEN som ringer*
 -*KVA har skjedd*
 -*KVAR ulykke har skjedd*

NB! Få meldinga stadfesta !!!

4.4 Forbettringsgjennomgang

Med jamne mellomrom, innan dd.mm.åå og dd.mm.åå, tas ein gjennomgang i kontorfellesskapet for å sikre at regler følges og for å finne moglege forbettringar. Forbettringsgjennomgangen foretas av.....

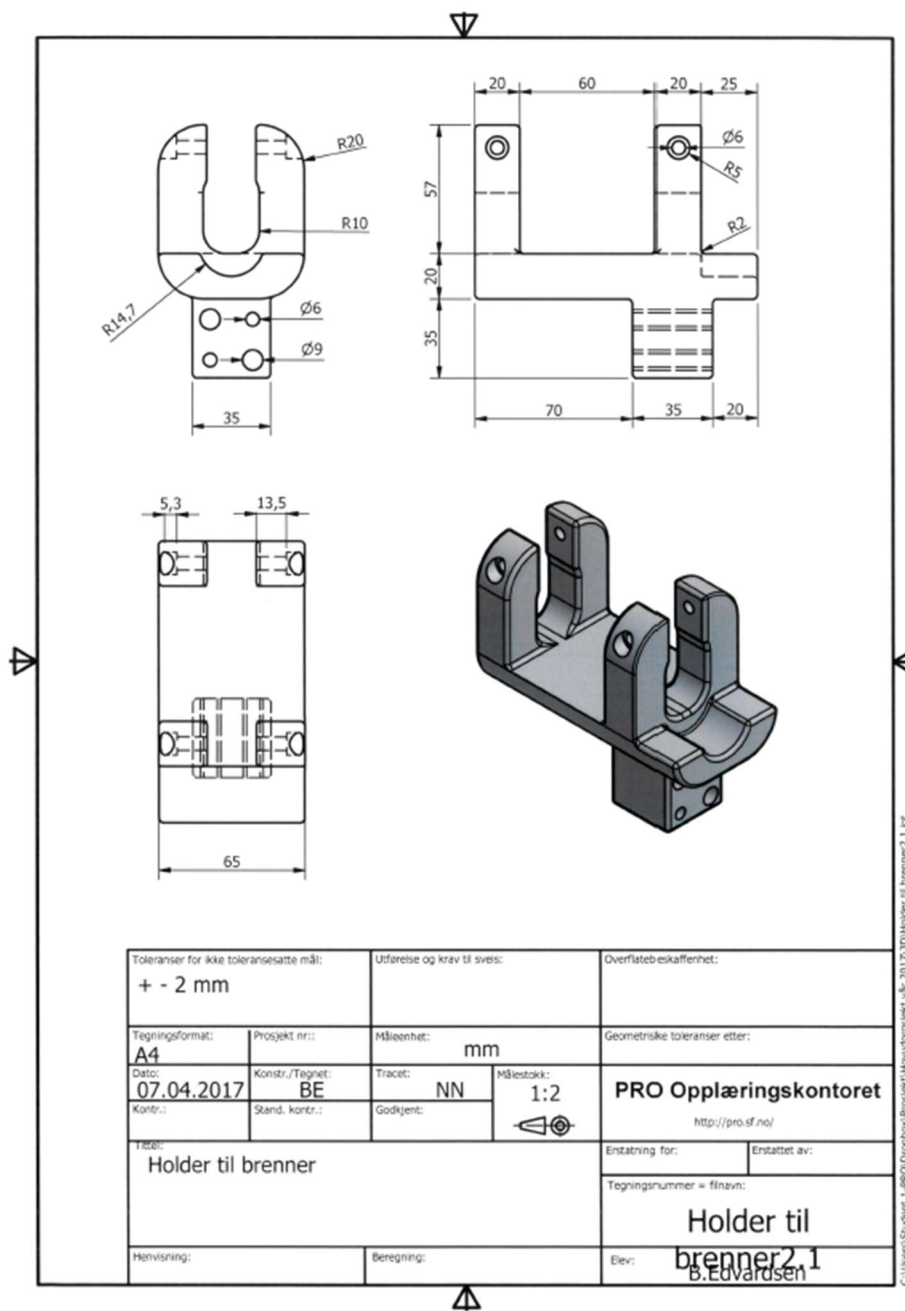
Følgjande sjekklister leggst til grunn ved gjennomgang;

- * **FYSISKE OG KJEMISKE FORHOLD**
Orden, ryddigheit, reingjæring
Tilstanden på tekniske innretningar og utstyr
Inneklima (lys, varme, støy, stov)
Ete og sanitærforhold
Forstehjelpsutstyr
Den enkeltes arbeidsplass
- * **BRANNVERN**
Brannverneutstyr
Røykvarslarar
Branninstruks
Opplæring
Romingsveier
- * **ELEKTRISKE ANLEGG OG UTSTYR**
Bruk av autorisert installator
Ettersyn, vedlikehald
El. produktar godkjent av offentlege myndigheter
- * **SAMARBEIDSFORHOLD**
Korleis er holdning til innsats, samarbeid og forbettringar?
Kan vi få betre lagånd ?

Forbettringsgjennomgangen avsluttes med utfylling av eige skjema, sjå neste side kor aktuelle tiltak som skal gjennomføres blir spesifisert med ansvarlig person og tidsfrist.

Fortlopande saker gjennom året forast inn på eige skjema. Evt. med forslag til forbettringstiltak. Skjema dannar utgangspunkt for årleg forbettringsgjennomgang.

Vedlegg 07 – Teknisk tegning holde til brenner



Vedlegg 08 – Testresultat

Vedlegg sensurert

Vedlegg sensurert

Vedlegg sesnurent

-

Vedlegg sensurert

Vedlegg sensurert

Vedlegg 09 - Arbeidsinstruks



Instruks for utførelse av varme arbeider

Denne skal fylles ut før arbeid utføres utenom faste, spesielt tilrettelagte og brannsikre arbeidsplasser.

Med varme arbeider forstås arbeider hvor det benyttes maskiner og utstyr som genererer gnister og varme som kan føre til brann. Varme arbeider omfatter bruk av åpen ild, varmluft, sveise-, skjære- og/eller slipeutstyr.

OPPLYSNINGER OG SIGNATURER på at instruksjonen er fylt ut og forstått

Arbeidsart: <i>Oppvarming av rør</i>			
Arbeidsplass: Bygning: <i>PRO- Trailer</i>	Avdeling:	Etasje: <i>Parkeringsplass</i>	
Dato når arbeidet starter: <i>21.04.17</i>	Arbeidet begynner klokken: <i>10.00</i>	Arbeidet slutter klokken: <i>15.00</i>	
Dato når arbeidet slutter: <i>21.04.17</i>			
Oppdragsgiver (firma): <i>PRO</i>	Mobilnummer: <i>911 44 966</i>	Sign.: <i>[Signature]</i>	
Utførende person(er): <i>Bengt Edvardsen</i>	Mobilnummer: <i>91639256</i>	Sign.: <i>Bengt Edvardsen</i>	Sertifikatnr.: <i>319050</i>
Utførende person(er):	Mobilnummer:	Sign.:	Sertifikatnr.:
Brannvakt(er): <i>Espen Kirkeløig</i>	Mobilnummer: <i>91541623</i>	Sign.: <i>Espen</i>	Sertifikatnr.: <i>319051</i>

FORHOLDSREGLER

Den som utfører varme arbeider (utførende firma/person) plikter å forvisse seg om at arbeidet kan utføres sikkert og i henhold til gjeldende lover og forskrifter. Varme arbeider skal avsluttes i god tid før arbeidstidens slutt.

Før arbeidet starter:

1	☒ Den/de som skal utføre arbeidet har gyldig sertifikat for utførelse av varme arbeider.
2	☒ Arbeidsplassen er ryddet og rengjort for støv og avfall.
3	☐ Det er avdekket/informert om brennbar isolasjon i konstruksjonen der arbeidet skal foregå.
4	☒ Brennbare materialer/væsker er fjernet. Brennbar materiale som ikke kan flyttes og brennbare bygningsdeler er beskyttet.
5	☐ Åpninger i gulv, vegger og himlinger er tettet.
6	☐ Skjulte rom er kontrollert (trebjelkelag, ventilasjons- og avsgukanaler, nedforinger og rør og lignende).
7	☐ Arbeidsplassen er fuktet eller beskyttet på annen måte.
8	☒ Godkjent slukkeutstyr er utplassert (minst 2 stk 6 kg håndslukkeapparat ABC eller 3/4" brannlange påsatt vann frem til strålerør) og lett tilgjengelig på arbeidsplassen. Er det vurdert om det er behov for ytterligere utstyr? Ja:..... Nei:.....
9	☐ Sjekke at sløyfe eller detektor(er) er utkoblet via brannalarmsentral.
10	☒ Brannvakt vil være tilstede under arbeidet, i pauser og minst en time etter at arbeidet er avsluttet.
11	☐ Arbeidsutstyret er feilfritt, med tilbakeslagsventil, hanske og avstengingsnøkkel ved autogensveis.
12	☐ Behovet for økt beredskap for å kunne takle branntilfelle er vurdert. Ja:..... Nei:..... Beskriv hva som er gjort:.....
13	☐ Det finnes minst to rømmingsveier fra arbeidsplassen.
14	☐ Nødnummer og prosedyrer for varsling av brann og ulykker er kjent. Arbeidsplassens adresse er kjent.

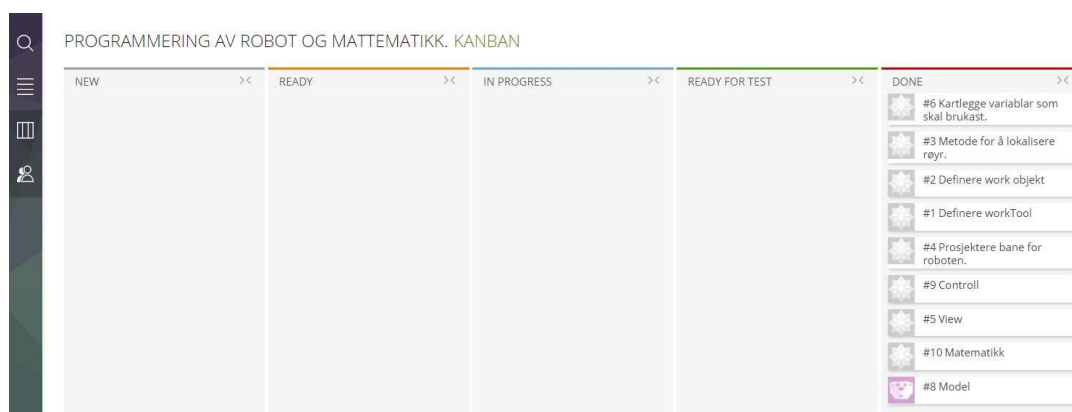
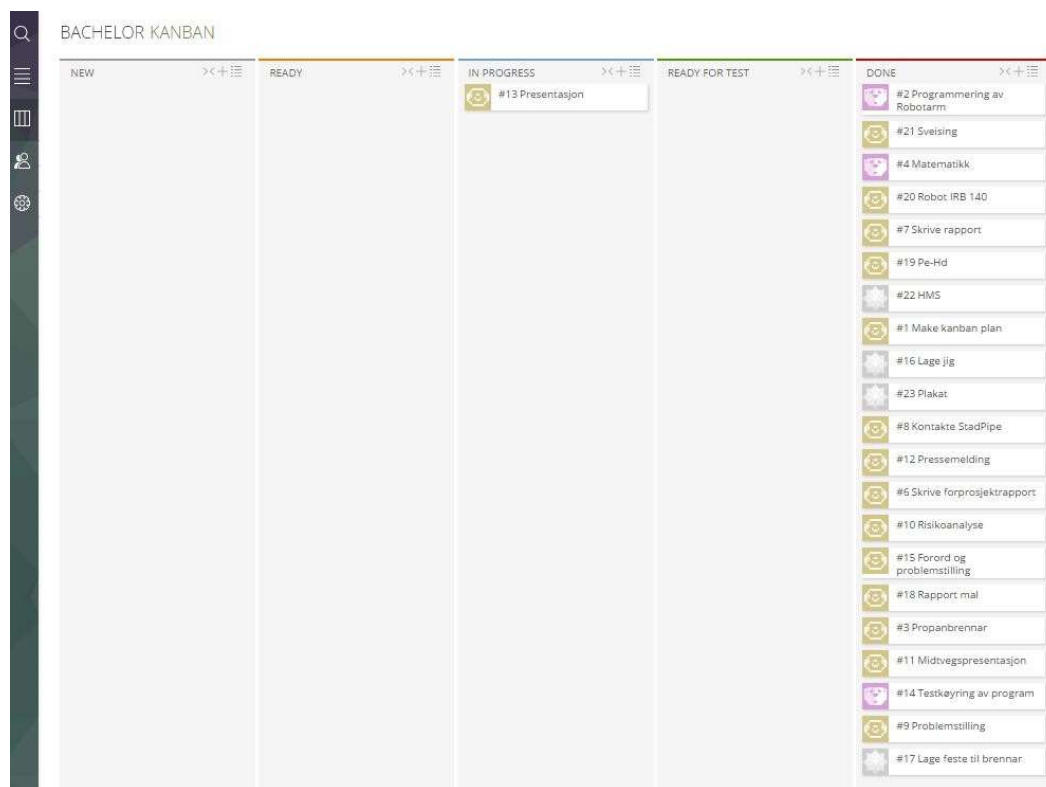
Eksplosjonsfarlige rom og områder, ikke aktuelt ☐

Denne delen av instruksjonen gjelder for rom, deler av rom og områder hvor det foreligger eksplosjonsfare på grunn av stoffer som er eksplosive eller på grunn av at luften normalt er, eller leilighetsvis kan bli blandet med brennbar gass eller damp eller brennbar støv i et slikt forhold at luftinnblandingen kan bli eksplosiv. Det er ikke tillatt å benytte åpen flamme av noe slag, inkludert sveising, skjæring og lignende uten skriftlig tillatelse fra brannvernleder evt. bedriftsleder.	15 ☐ Skriftlig tillatelse fra brannvernleder evt. bedriftsleder.
	16 ☐ Gassmåling er foretatt.
	17 ☐ Acetylen/oksygenbeholdere er ikke tatt inn i lokalet.
	18 ☐ Det er sørget for god ventilasjon.

Når arbeidet er avsluttet:

19 ☒ Etterkontroll slik at det ikke er fare for at brann kan oppstå.
20 ☐ Sløyfe eller detektor(er) er innkoblet via brannalarmsentral. Anlegget kobles inn igjen av:
21 ☐ Gassflasker er plassert nært ytterdør/port for lett å kunne bringes i sikkerhet hvis det skulle oppstå brann.
22 ☐ Hvis det er nattevakt på stedet, er vedkommende bedt om å kontrollere området der det er gjennomført varme arbeider? Ja:..... Nei:.....

Vedlegg 10 -Kanban



Vedlegg 11 – Møtereferat

Torsdag 02.03.2017

Sted:

Concordbygget Førde, Møterom hos Pro

Tilstedeværende: Johannes Møgster, Jorunn Kirketeig, Bengt Edvardsen.

På video: Ove Magnus Årvik, Kurt Sjøstad, Håkon Sjøstad

Espen Kirketeig sjuk.

Agenda:

1. Godkjenning av forprosjektrapport
2. Eventuelle innspill

Agenda godkjent

1. Godkjenning av forprosjektrapport

Forprosjektrapporten er godkjent.

Innvendinger på rapporten ligger i budsjettet, der skal en gå inn med to nye poster.

- Post 1 skal hete diverse, denne er på 1500,- og er til diverse utgifter, merkes Pro.
 - Post 2 materiale fra Stadpipe, denne skal stå uten sum og merkes Stadpipe.
-
2. Eventuelle innspill
- Sendt mal på avtale om Bacheloroppgave til Stadpipe for signering og kontaktperson på punkt 5 og 6.
 - Hente HMS plan fra Stadpipe fra minifagprøve.
 - Ta mål av rør og send til Stadpipe slik en kan få tilbake riktig mal på utskjæring.
 - Stadpipe sender video på oppvarming av rør med lik diameter.
 - Stadpipe er behjelpelig med oppstarts hjelp på trekking av rør førstegangen. Kan da komme til Førde og være med på denne prosessen. Prøver å legge denne dagen til 05.04 når det er midtveis presentasjon av prosjektet på Høgskolen.
 - Kontakt Høgskolen for å avtale tidspunkt på presentasjon slik at det passer for Stadpipe.

Er ikke satt opp noen dato for neste møte.

Mottakere:

Johannes Møgster, Jorunn Kirketeig, Espen Kirketeig, Bengt Edvardsen, Ove Magnus Årvik, Kurt Sjøstad, Håkon Sjøstad

Referent

Bengt Edvardsen

Vedlegg 12 - Risikoanalyse

Nr.	Hendelse	Sanns. 1 - 5	Kons. 1 - 5	Risk 1 - 25	Tiltak	Ny sans. 1 - 5	Ny kons. 1 - 5	Ny Risk 1 - 25	Notat
1	Tap av utstyr	1	5	5	h,i	1	5	5	
2	Tekniske problemer	3	4	12	a,d,h	2	3	6	
3	Tekniske problem med robotarmen	2	5	10	d,i	1	5	5	
4	Tekniske problem med styreininga til robotarmen IRC5	2	5	10	a,h,j	1	5	5	
5	Tap av arbeidsdata	2	5	10	c	1	5	5	
6	Utsettelse pga. forsinket utstyr	3	4	12	d,e,f	2	3	6	
7	Personell påført skade av robotarmen	2	5	10	i	2	5	10	
8	Brannskader på personell og utstyr ved bruk av propanbrennstoff	3	5	15	a,e,h,i	2	5	10	
9	Materiell skade utført av robotarmen	2	5	10	i	2	5	10	
10	Slår av IRC5 utan å sette armen i nøytral posisjon	4	2	8	e	3	2	6	
11	Mekaniske utfordringer med Robotarm, styringseining eller	3	4	12	b,d,j	2	2	4	
12	Trailer blir ikke EU godkjend	2	2	4	j	2	2	4	
13	Problem med strømtilførsel på trailer	3	2	6	i	2	2	4	
14	Forsinkelse i opplæring	3	4	12	d,f	1	4	4	
15	Problem med kompressor	2	3	6	h,j	2	3	6	Redusert utgangsrisik p.g.a vedlikehald utført ved for
16	Studentane treng meir opplæring for å bruke robotarmen e	3	3	9	a,h	1	2	2	
17	Andre rotar med innstillingane på komponentane	3	3	9	c,h,i	1	1	1	
18	Utdatert/manglende dokumentasjon og programvare	3	3	9	a,b,j	1	1	1	
19	For lite faglig tyngde i rapporten	3	4	12	a,e,g	2	4	8	
20	For teknisk rapport	3	4	12	a,e,g	2	4	8	
21	Dårlig gjennomført risikovurdering	3	2	6	h	2	2	4	
22	Andre fag kommer i konflikt med planlagt prosjektarbeid	3	2	6	d,e	3	2	6	Størst risiko for Sondre.
23	Dårlig arbeidsfordeling. Folk jobber med samme oppgave	3	3	9	d,e,g,k	2	2	4	Ein del arbeid vil bli overlappande, som opplæring i
24	Kommunikasjonssvikt	3	5	15	d,g	2	3	6	
25	Generell tidsknapphet	3	5	15	d,e	4	4	16	4 stykker på gruppa gir meir tima til disposisjon, og
26	Konflikt/uenigheter blandt gruppemedlemmer	3	3	9	g,h	4	2	8	Auka risk med fleir gruppemedlem, men vi har ein g
27	Vekkehefting av medstudenter	3	2	6	e,k	1	3	3	
27	Langvarig sykdom/bortfall i arbeidsgruppe	3	5	15	d	3	5	15	
				0				0	
Tiltak									
Tiltak til forbedring									
a Lese seg opp på informasjon og starte prosessen i god tid.									
b Bestille utstyr som er kompanibelt									
c Hyppig backup lagring av data									
d God planlegging og prosjektstyring									
e Arbeide strukturert									
f Være flink på purringer og påminnelser									
g Godt gruppearbeid og "brainstorming"									
h Tilegne seg erfaring									
i Auke sikkerhet									
j Lage plan for periodisk vedlikehold									
k Jobbe på kontor utanfor skulen									

APPENDIX B – Brukermanual

Fjernet grunnet sensur