

BACHELOROPPGÅVE

AUTOMATISERT MODELL AV VASSBEHANDLINGSANLEGG



HO2-300 Bacheloroppgåve Hovudrapport

23. mai 2016

Avdeling for Ingeniør – og Naturfag

Trond Grønsdal

Kandidatnummer: 14

Bertil Olsbø

Kandidatnummer: 16

Kurt-Erik Rauset

Kandidatnummer: 17

NETTSTAD:

<http://www.vassbehandlingsanlegg.webnode.com>



REFERANSE

TITTEL Bacheloroppgåve HO2-300 - Hovudrapport	RAPPORT 01	DATO 23. mai – 2016
PROSJEKTTITTEL “Automatisert modell av vassbehandlingsanlegg”	TILGJENGE Open	TAL SIDER 87 (ekskludert vedlegg)
FORFATTARAR Bertil Olsbø Trond Grønsdal Kurt-Erik Rauset	ANSVARLEGE RETTLEIARAR Intern rettleiar/Prosjektansvarleg HiSF: Johannes Møgster Ekstern rettleiar Normatic: Rolf Johnny Vinda	
OPPDRAAGSGJEVAR Normatic AS		
SAMANDRAG <i>Hovudprosjekt – HO2-300</i> Vi har bygd ein modell som syner verkemåten til eit mindre vassbehandlingsanlegg, samt kjende automatisering- og vassbehandlingsprosessar i tilknytning til dette. Prosessar som vert illustrert er til dømes vassfiltrering, regulering av nivå, trykk og liknande. Arbeidet med utviklinga av modellen har vore samansett av forskjellige fagområder, som til dømes prosesstyring, måleteknikk og fysikk. Det teoretiske grunnlaget som vert presentert innan kvart emne, samt berekningar og vurderingar knytt til dette, er med på å grunngje dei vala og drøftingane vi har gjort i forhold til komponentar og utstyr. For å få modellen mest mogleg realistisk har vi valt å nytte komponentar som vert nytta i verkelege anlegg, som til dømes vassbasseng, pumper, ventilar og rør. Styringa til modellen er programmert i ein Regin PLS. Det er også utvikla ein HMI der ein kan kontrollere og styre dei ulike prosessane. Resultatet av dette prosjektet er i hovudsak ein ferdig prosjektert, utvikla og bygd vassbehandlingsmodell, med ei funksjonell styringseining.		
SUMMARY <i>Main Project – HO2-300</i> We have built a model that shows how a minor water-treatment plant work. It also shows well-known automation- and water-treatment methods in relation to this. The processes being shown is for example water filtration, level regulation and pressure regulation. The work in developing this model has included many different subjects as; process control, measuring systems, and physics. The theoretical information presented about the different subjects, and the calculations in each subject, lay the ground for our discussions and choices regarding components and equipment for the model. To get the model looking and functioning as realistic as possible, we have used components that's being used in real water-treatment plants. The model is controlled by a program, programmed in a Regin PLC. We also have developed a HMI that control and supervise the different processes. The result of this project is a complete model of a water-treatment plant, with a functioning control system.		
EMNEORD Normatic, HiSF, HO2-300, Vatn, Vassreinsing, Modell, Automasjon, Instrumentering, Elektro, Programmering, PLS, Regulering, Hovudprosjekt, Bachelor.		

FØREORD

Denne rapporten er eit resultat av det arbeidet som er gjennomført i samanheng med det avsluttande hovudprosjekt våren 2016, ved ingeniørstudiet ved Høgskulen i Sogn og Fjordane. Dette har vore eit gruppeprosjekt innan studiet elektro- og automatiseringsteknikk. Vi er tre studentar som har gjennomført prosjektet saman. Prosjektet byggjer på ei oppgåve vi har fått frå automasjonsfirmaet, Normatic AS. Oppgåva omhandlar planlegging for, og byggjing av ein automatisert modell av eit vassbehandlingsanlegg.

Rapporten vil gjennomgå arbeidet med utviklinga og byggjinga av modellen. Det vil også verte presentert ulike emne og fagområde som er relevante for modellen.

Undervegs i arbeidet har vi fått bistand og støtte frå mange personar. Vi vil rette ein spesiell takk til Normatic for at dei hadde eit interessant prosjekt vi kunne gjennomføre som avsluttande hovudprosjekt.

Vidare vil vi takke rettleiarane for hovudprosjektet, Rolf Johnny Vinda v/ Normatic og Johannes Møgster v/HiSF for eit godt samarbeid. Vi vil også takke Robin Melheim(Normatic), Eid VGS(Avdeling for Teknisk og Industriell Produksjon), alle faglærarane ved HiSF som har bidrege til arbeidet, samt Hellenes AS for leige av verkstad og utstyr under byggjing av modell.

Avslutningsvis vil vi takke familie og vener for deira støtte og tolmod i lange og krevjande arbeidsperiodar.

Førde 23.mai – 2016



Bertil Olsbø



Trond Grønsdal



Kurt-Erik Rauset

(Prosjektleder)

SAMANDRAG

Prosjektrapporten er utarbeidd i samanheng med avsluttande hovudprosjekt på studiet elektro- og automatiseringsteknikk, ved Høgskulen i Sogn og Fjordane, våren 2016. Oppgåva var å utvikle ein modell av eit vassbehandlingsanlegg. Denne vart gitt til oss av automatiseringsfirmaet Normatic. Modellen skal nyttast til demonstrasjon på messer og liknande, men også i opplæringsamanheng i verksemda.

Hovudmålet med prosjektet var å utvikle ein modell som syner korleis automatisert vassbehandling kan føregå, og korleis dette kan styrast ved hjelp av ein PLS. Prosjektet vil omfatte alt frå prosjektering, instrumentering og utvikling, til byggjing, programmering og ferdigstilling av modellen.

Resultatet av dette prosjektet er i hovudsak ein ferdig prosjektert, utvikla og bygd vassbehandlingsmodell, med ei funksjonell styringseining. Rapporten inneheld nødvendig dokumentasjon for alle delar av modellen. Det er meint at funksjonane til modellen skal vere enkle å forstå, samt vere enkle å setje seg inn i.

I prosjektrapporten har vi presentert korleis vi har utvikla modellen, samt kva utstyr og komponentar vi har nytta. Drøfting, grunngjeving og val knytt til dei ulike tekniske løysingane er også presentert. Vi har lagt fram korleis dei ulike fasane av arbeidet er gjennomført, samt rammene prosjektet byggjer på. Desse er knytt til oppgåva/modellen og er drøfta mellom gruppa og Normatic. I tillegg har vi teke omsyn til rammene sett av HiSF.

INNHALD

Referanse	2
Føreord	3
Samandrag.....	4
1.0 Innleiing	7
2.0 Oppgåvefokus	8
3.0 Målsetjingar.....	10
4.0 Metode	11
5.0 Teori	12
5.1 P&ID – Piping and instrumentation diagram og funksjonsbeskriving	12
5.2 Norsk vann	13
5.3 Fluidmekanikk.....	14
5.3.1 Nivåmåling.....	14
5.3.2 Torricellis lov	15
5.3.3 “Pumphead” – Løftehøgde	17
5.4 Signalbehandling.....	18
5.4.1 Kalibrering av inngangssignal.....	18
5.4.2 Avvik nivåmålarar	21
5.4.3 Konvertering av signal frå målar til PLS	22
5.4.4 Kalibrering av utgangssignal	23
5.5 Regulering.....	23
5.5.1 PID	23
5.5.2 Åstrøm – Hægglund relé-metode	25
5.5.3 Kaskade.....	27
5.6 Vassreinsing	28
5.6.1 Fleirmediafilter	28
5.6.2 UV-filter	29
6.0 Teknisk løysing	29
6.1 Modell og Materialval	29
6.1.1 Konstruksjon/Ramme.....	29
6.1.2 Basseng og overløp	31
6.1.3 Filter og dyse	32
6.1.4 Rør og koplingar	33
6.2 Komponentar	33
6.2.1 Nivåmålarar.....	33
6.2.2 Trykkmålar	34
6.2.3 Gjennomstrøymingsmålar	34
6.2.4 Pumper	35
6.2.5 Ventilar	35
6.2.6 Indikasjonslys	36
6.3 Forsyningsskåp/styringsskåp	37
6.3.1 Programmerbar logisk styring - PLS	37
6.3.2 Signalomformarar	38
6.3.3 Straumforsyningar	39
6.3.4 Styringskort.....	39
6.3.5 Relè	40
7.0 Programmering.....	40
7.1 Programmeringsverktøy og programvare.....	40
7.1.1 EXOdesigner.....	40
7.1.2 EXOL.....	41
7.1.3 EXO4.....	42
7.2 Program, programstrukturar og styring	42
7.2.1 Inngangar, utgangar og variablar	42
7.2.2 Objekt	45
7.2.3 Alarmer og sikkerheit.....	50
7.2.4 Logging og trend	51
7.2.5 Funksjon og programstruktur	52
7.3 HMI	57

7.3.1 Komponentstyring	58
7.3.2 Alarmhandtering	59
7.3.3 Logging og trend	60
8.0 FMECA – Analyse (Failure, Mode, Effect and Criticality-analysis).....	62
9.0 Måloppnåing	63
10.0 Drøfting.....	67
10.1 Vidareutvikling av modell	68
11.0 Konklusjon	69
12.0 Administrasjon av prosjekt	70
12.1 Organisering.....	70
12.1.1 Oppdragsgjevar	70
12.1.2 Styringsgruppa.....	71
12.1.3 Prosjektgruppa.....	71
12.2 Ansvarsfordeling.....	72
12.3 Arbeidsmetodar	73
12.4 Milepælar - Gantt.....	74
12.5 Møteplan	75
12.6 Dokumentstyring	75
12.7 Tidsressursar	76
12.8 Økonomi.....	77
12.9 Prosjektnettstad	77
12.10 HMT – Helse, miljø og tryggleik.....	78
12.10.1 Risikostyring	78
12.11 Prosjektevaluering	79
12.11.1 Gruppeprosess og kommunikasjon.....	79
12.11.2 utfordringar	79
12.11.3 Utbytte av prosjektet	80
13.0 Figur- og tabelloversikt	82
14.0 Kjelder	84
15.0 Vedlegg.....	87

1.0 INNLEIING

Eit moderne vassbehandlingsanlegg består av ulike automatiserings- og vassbehandlingsprosessar. Vi har bygd ein modell av eit vassbehandlingsanlegg for Normatic. Modellen skal nyttast til opplæring av nyttilsette, samtidig som den har nytteverdi i demonstrasjonssamanheng under til dømes fagmesser som Normatic deltek på. Utvikling og bygging av ein slik modell vil omhandle emne som er av interesse for gruppa, samtidig som det dekkjer mange av læremåla til ingeniørstudiet innan elektro- og automatiseringsteknikk.

I byrjinga av arbeidet fokuserte vi på å finne komponentar, samtidig som vi utarbeida forslag til design og praktiske løysingar knytt til modellen. Tidleg fordelte vi ansvarsområder mellom gruppemedlemmane, etter ynskje og kompetanseområde. Det var naturleg å dele modellen opp i fleire mindre prosessar, som vi utvikla og testa kvar for seg, før vi sette dei saman til eit heilheitleg system. Parallelt med det praktiske arbeidet jobba vi med berekning, prosjektering og dokumentasjon som var relevant for dei ulike delane.

Rapporten er skriven med omsyn til framtidige brukarar av modellen. Det er lagt vekt på at rapporten skal vere opplysende og kunne nyttast som eit oppslagsverk for aktuelle brukarar av modellen. Hovudfokuset er knytt til det faglege innan automatiseringsteknikk, med noko nødvendig innføring i andre aktuelle fagområder innan vassbehandling.

Rapporten byrjar med ei innføring i grunnleggjande teori knytt til modellen. Det vert gjennomgått ulike berekningar for dimensjonering, og prosjektering av dei ulike prosessane i modellen. Vidare vert dei tekniske løysingane for modellen presentert. Dette inneber val av materiell, komponentval, praktiske løysingar, samt oppbygning og struktur knytt til styringsprogram. Avslutningsvis er det tatt med ein prosjektfagleg del. I denne delen skildra vi korleis prosjektgjennomføringa har føregått, og erfaringar vi har gjort undervegs.

I tillegg til det som er presentert i rapporten, er det også vedlagt dokument relatert til modellen og prosjektgjennomføringa. Dette inkluderer mellom anna ei funksjonsbeskriving/brukarmanual som skal gje ei enkel innføring i verkemåten til modellen, samt korleis ein skal kome i gong med å nytte den.

2.0 OPPGÅVEFOKUS

Hovudfokuset til prosjektet er retta mot emne knytt til studieretning elektro- og automatiseringsteknikk. I tillegg har vi valt å inkludere meir generelle emne vi har vurdert som relevante i tilknytning til modellen, som til dømes fysikk. Avgrensingar i tid og ressursar har gjort det nødvendig å tilpasse omfanget av prosjektet.

Grunnlaget for prosjektet er i hovudsak basert på Normatic si skildring av oppgåva, samt diskusjonar mellom gruppa og Normatic. Oppgåvefokuset er utarbeida med utgangspunkt i krav frå oppdragsgevar, korleis vi har planlagt arbeidet med prosjektet, og den estimerte tida vi har sett av til kvar del av prosjektet. Vi har også fokusert på at eventuelle avgrensingar skal påverke kvaliteten på modellen minst mogleg.

FLUIDMEKANIKK

I arbeidet med denne oppgåva har fluidmekanikk vore relevant. Fluidmekanikk er eit eige emne innan fysikk. I prosjektet har fokuset vore retta mot utrekningar og berekningar innan trykk, gjennomstrøyming og løftehøgde. Dette har vore nødvendig for å kunne velje riktig utstyr og for å få eit grunnlag som skildra det som skjer fysisk i modellen.

VASSREINSING OG FILTRERING

Ei av sløyfene i modellen illustrera reinsing av vatn. Kjemi, miljø og berekningar knytt til reinsing av vatn er eit eige fagområde. Vi har valt å fokusere generelt på korleis reinsing av vatn føregår. Det er meint at gjennomgangen av dette skal gje ei enkel innføring i emne, ikkje ei detaljert skildring av prosessane som skjer.

LOVER OG STANDARDAR

Under arbeidet med modellen, programstyringa og HMIen, har vi nytta Norsk Vann si norm for vatn- og avløpsanlegg (heretter omtala som VA) [1]. Denne skildra korleis ein skal presentere symbol, merking og dokumentasjon innanfor VA.

I tillegg har vi ved byggjing av modellen teke omsyn til særskilde normer innan elektrofaget, som til dømes “NEK 400”¹ og “Forskrift om elektriske lavspenningsanlegg”².

Gruppemedlemet som har hatt ansvar for koplingsarbeidet har fagbrev innan “Elektrikarfaget”.

¹ NEK 400: Norm om tilfredstillande sikkerheit og funksjon for elektriske lavspenningsinnstallasjonar. Norsk utgåva utarbeid frå IEC-60364-serien [66].

² Forskrift om elektrisk lavspenningsanlegg: «Formålet med forskrifta er å oppnå forsvarlig sikkerheit ved prosjektering, utførelse, endringer og vedlikehold av elektriske lavspenningsanlegg og ved bruk av utstyr tilkoblet slike anlegg» [67].

Etter drøfting med Normatic er det bestemt eventuell sertifisering/godkjenning av produktet, vil Normatic sjølv utføre. Med dette meinast i hovudsak arbeid knytt til samsvarserklæring, og eventuelle sluttkontrollar som Normatic har for elektriske anlegg.

KOMPONENTAR

Eit ynskje frå Normatic var å nytte komponentar frå VA-leverandørane Regin og AxFlow. Dette er leverandørar som Normatic nyttar i sitt daglege arbeid. Ved å i hovudsak nytte desse leverandørane, vart arbeidet med å finne eigna komponentar mindre omfattande og tidkrevjande enn det kunne blitt. Under presentasjon av tekniske løysingar vil vi hovudsakleg fokusere på komponentar og løysingar vi har valt. Nokre av komponentane i modellen er lagervare hos Normatic, det er difor ikkje vurdert alternativ til desse.

MODELLEN

Under utvikling og byggjing av modellen har prosjektgruppa søkt ekstern bistand hos fagpersonar, til arbeidsoppgåver som ligg utanfor gruppa sitt kompetanseområde. Arbeidsoppgåvene dette omhandlar er til dømes sveising av ramme og byggjing av bassenga. Fokuset til prosjektgruppa har vore å utvikle ein funksjonell modell med fungerande styring, og med eit illustrativt design.

PROGRAMVARE

Normatic ynskta at vi skulle nytte PLS frå Regin, og dermed også tilhøyrande programvare. Under utvikling av programstyringa til modellen har hovudfokuset vore brukarvennlegheit og driftssikkerheit. For at modellen skal vere nyttig i demonstrasjons- og opplæringssamanheng, er styringa, HMI og program, utvikla slik at det er mest mogleg forståelig for den som skal nytte modellen. For å få til dette har prosjektgruppa fokusert på å nytte programstrukturar og metodar som er kjende for Normatic.

Sjølv om enkelte delar av programmet kan vere avansert, er det oppbygd med mål om at det skal vere låg terskel for å få ei grunnleggjande forståing for korleis det fungera. Det har også vore tett dialog med Normatic for å få det slik dei ynskjer.

3.0 MÅLSETJINGAR

HOVUDMÅL

“Prosjektere og utvikle ein automatisert modell av eit vassbehandlingsanlegg som kontrollerast ved hjelp av PLS og via HMI (eventuelt Normatic Webserver)”

DELMÅL

- Utarbeide og få godkjent prosjektbeskriving og forprosjekt, samt opprette og vedlikehalde prosjektet sin nettstad.
- Vurdere ulike alternativ til komponentar og utstyr, samt skaffe, kople opp og teste desse.
- Byggje ein funksjonell modell av eit vassbehandlingsanlegg.
- Utvikle PLS-program som styrer dei ulike prosessane i modellen.
- Konstruere eit brukarvennleg HMI (eventuelt Normatic WebServer) og få modellen til å fungere saman med løysinga som vert laga.
- Gjennomføre og presentere teoretiske vurderingar og berekningar som er aktuelle i utviklinga/utarbeidinga av modellen.
- Teste og justere dei ulike delane av program og modell, for at delane skal fungere best mogleg saman.
- Ha fokus på risikovurdering og HMT kring utvikling av modellen, og generelt i dei ulike delane av prosjektarbeidet.
- Gjennomføre prosjektet i samsvar med framdriftsplan og budsjett som er sett i forprosjektet.
- God dokumentering i alle delane av prosjektgjennomføringa.

4.0 METODE

Oppgåva vi fekk av Normatic, var å utvikle og fysisk byggje ein modell av eit vassbehandlingsanlegg. For å få modellen mest mogleg realistisk, har vi nytta komponentar som eksistera i eit reelt anlegg, som vassbasseng, målarar, ventilar og pumper.

I arbeidet med dette har vi vurdert utstyr, komponentar og byggjematerial som er nødvendig for at vi skal kunne illustrere dei prosessane som er ynskjeleg. Det er utført teoretiske berekningar knytt til dei ulike komponentane. Dette var avgjerande for at komponentane skulle vere tilpassa dimensjonane til modellen, og compatible med kvarandre. Undervegs i arbeidet har vi gjennomført testing og utprøving av utstyr og materiale. Dette for å finne dei løysingane som fungera best mogleg med tanke på brukarvennlegheit og driftssikkerheit.

I tillegg til våre vurderingar har oppdragsgjevar hatt nokre krav knytt til leverandørar av utstyr, i tillegg til krav om størrelse, programvare og liknande. Dette har lagt føringar for planlegginga av oppbygning og utvikling av modellen, og sjølv konstruksjons- og programmeringsarbeidet. Nokre av dei tekniske løysingane på modellen er bestemt i samråd med oppdragsgjevar. Dei andre delane har gruppa sjølv drøfta og valt løysinga på.

Under arbeidet med utviklinga av modellen har vi hatt jamleg dialog med oppdragsgjevar om dei ulike problemstillingane knytt til arbeidet med modellen. I enkelte tilfelle har vi også drøfta løysingane våre med utstyrsleverandørar eller kompetente fagpersonar innafor ulike relevante emne (VA-teknikk, fysikk, sveising). Dette for å få eit breiare vurderingsgrunnlag og fleire synspunkt enn det som er internt i prosjektgruppa.

Gjennom rapporten vil dei ulike funksjonane til modellen, samt dei vala vi har gjort innanfor dei ulike modellområda (teori, teknisk og programmering) verte drøfta, grunnleggjande og presentert.

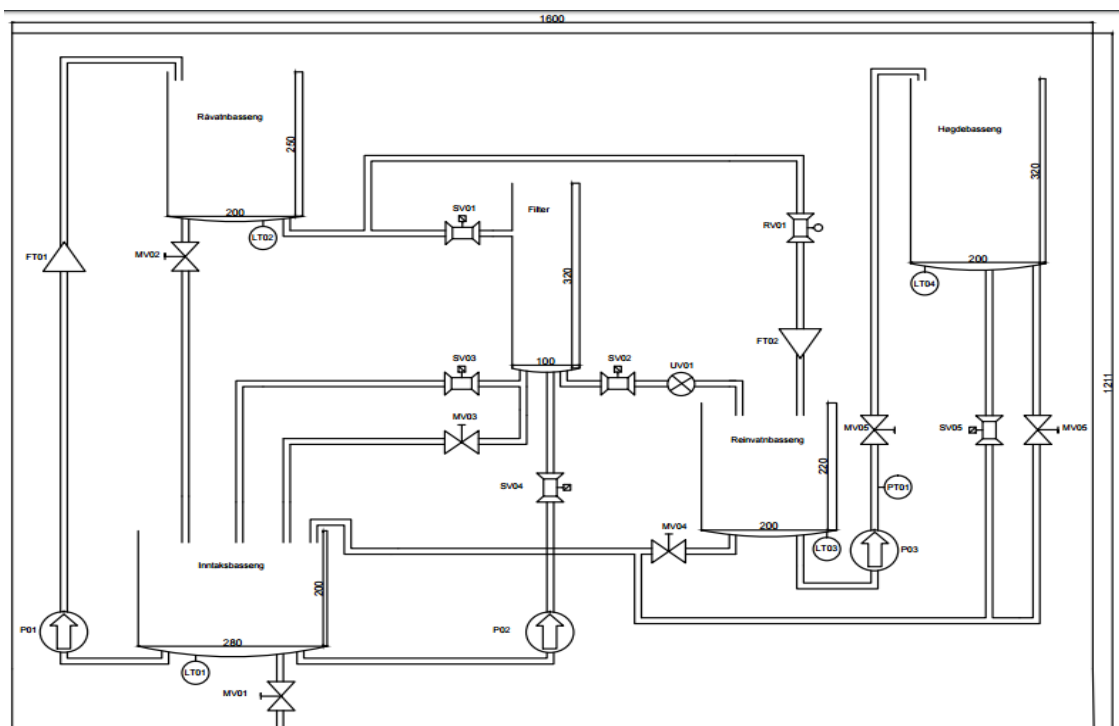
INGENIØRFAGLEG DEL

5.0 TEORI

Nokre studiespesifikke emne knytt til komponentane, er nødvendig å presentere for å grunnje val av løysingar vi har gjort. Dette er emne som til dømes signalbehandling, prosessstyring og reguleringsteknikk. I tillegg har gruppa valt å presentere nokre fagområder som er meir generelle, som fysikk og vassreinsing. Desse er med på å gje ei breiare innføring i kva ein ynskjer å illustrere med modellen. I tillegg har vi utarbeidd P&ID og funksjonsbeskriving for modellen. Drøftingar, vurderingar og berekningar vert presentert for kvart enkelt emne.

5.1 P&ID – PIPING AND INSTRUMENTATION DIAGRAM OG FUNKSJONSBESKRIVING

P&ID er eit detaljert skjema/teikning av prosessen i sin heilskap. Dette syner alle instrumenta vi har nytta i vår modell, til dømes nivåmålarar, ventilar og pumper. I tillegg viser skjemaet korleis alle prosessane er knytt saman og dei ulike sløyfene som påverkar kvarandre. Vi har utarbeidd P&ID i teikneprogrammet AutoCad. Vi utvikla eit P&ID for å få eit godt overblikk over korleis modellen ville sjå ut, før vi tok til med sjølve bygginga. P&ID gav også eit grunnlag for kva komponentar vi hadde behov for i modellen. Diagrammet er utvikla med utgangspunkt i symbol og merking frå Norsk Vann-standard [1]. P&ID er presentert i Figur 1.



FIGUR 1: P&ID MODELLEN

I tillegg til P&ID, utarbeida vi i planleggingsfasen også ei funksjonsbeskriving. Dette for å få ei skildring på kva funksjonar vi ynskte å ha i modellen, samt korleis modellen skulle fungere. Denne vart utarbeidd av gruppa og godkjend av Normatic. Funksjonsbeskrivinga gjev ei enkel innføring i verkemåten til modellen. I tillegg gjennomgår den korleis modellen er oppbygd, samt funksjonar/komponentar som er nytta. Den inneheld også ein enkel “oppstartsmanual” for å kome i gong med å nytte modellen. Større P&ID-bilete og funksjonsbeskrivinga er presentert i vedlegg 01 og vedlegg 02.

5.2 NORSK VANN

Etter ynskje frå Normatic har vi i arbeidet med utviklinga av modell, program og HMI nytta Norsk Vann standard.

Norsk Vann er ein interesseorganisasjon som fokusera på å auke kompetanse og kvalitet på produkt knytt til VA i Noreg. Dei utarbeidar rapportar og litteratur som legg føringar, samt bidreg til utvikling innanfor fagområdet VA [2]. Norma Normatic nyttar i sitt arbeid med VA vart utarbeid som ein rapport av Norsk Vann i 2007. Norma tek føre seg koding, merking og dokumentasjon knytt til VA-anlegg. Standarden dekkjer dei grunnleggande krava som er sett for system innan VA.

Norma set til dømes krav til bruk av instrumentsymbol og farge på symbol i HMlen [1].

Døme på ulike krav frå norma:

- Ein ventil som er open har fargen grøn, medan ein lukka ventil har fargen kvit(Figur 2). Dette gjeld uavhengig av ventiltipe.



FIGUR 2: VENTILSYMBOL NORSK VANN

- For pumpesymbol gjeld same fargekode som for ventilar. Ulikheita er at når pumpa ikkje er aktiv(ikkje pådrag) roterer pumpepila 90 grader mot pumperetninga(Figur 3)



FIGUR 3: PUMPESYMBOL NORSK VANN

Alle symbola vi har nytta i HMlen er presentert i Figur 4 og Figur 5. Dei er henta frå den nemnde norma [1].



FIGUR 5: KOMPONENTSYMBOL (PUMPE, VENTILAR OG UV-FILTER)



FIGUR 4: SYMBOL (TAGS, MODUS OG RØR/VATN)

5.3 FLUIDMEKANIKK

Fluidmekanikk er eit emne innan fysikk, som vi meina er relevant for prosjektet. For å avgjere størrelse og kapasitet på komponentar har det vore nødvendig med utrekningar innan trykk, gjennomstrøyming og løftehøgde.

5.3.1 NIVÅMÅLING

For nivåmåling av vassnivå i bassenga, har vi valt å nytte trykktransmittera (sjå 6.2.1 Nivåmålarar for meir detaljert informasjon om desse). For å finne måleområde for nivåmålarane, måtte vi gjennomføre utrekningar av trykket som vatnet i bassenga dannar. Dette vil variere ut i frå vasshøgda (Figur 6). Det utrekna trykket vil bestemme kva måleområde vi treng til våre målarar.

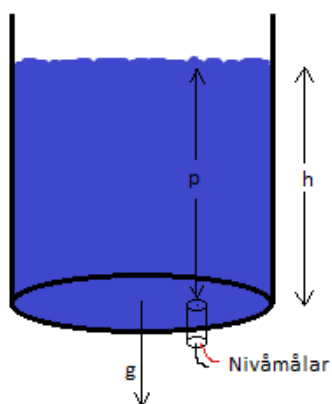
Døme på utrekning av trykk i basseng med 1 m vasshøgde:

- P: Trykk i Pascal [Pa]
- ρ (rho): Massetettheita til vatn (1000 kg/m³)
- g: Gravitasjonskonstant (9,81 m/s²)
- h: Høgd av vassnivå [m]

$$100 \text{ Pa} = 1 \text{ mbar}$$

$$P = \rho * g * h \text{ [3]}$$

$$P = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} * 1 \text{ m} = 9810 \text{ Pa} = 98,1 \text{ mbar} = 0,0981 \text{ bar}$$



FIGUR 6: ILLUSTRASJON
UTREKNING VASSTRYKK I TANK

TABELL 1: UTREKNING AV TRYKK I BASSENG

Basseng	Høgda	Trykk
Inntaksbasseng	0,25m	0,0245 bar
Råvatnbasseng	0,20m	0,0196 bar
Reinvatnbasseng	0,22m	0,0216 bar
Høgdebasseng	0,32m	0,0314 bar

Tabell I viser resultatet av utrekningane for våre basseng. Nivåmålarane vi har valt har eit måleområde på 0-0,1 bar (0-1,02m). Dette var dei transmitterane vi fann, som var best tilpassa spesifikasjonane til modellen.

Vi ynskte også å rekne på trykket som trykkgivaren (PT01) skulle måle. Denne målar vasstrykket som pumpe 3 (P03) leverar. Gruppa har sjølv sett på litteratur knytt til dette, i tillegg har vi vore i kontakt med ulike fagpersonar både på NTNU og ved ulike høgskular. Vi har ikkje funne noko klart svar på korleis dette kan bereknast. For å sikre oss i forhold til dette valde vi difor ein målar med større måleområde. Vi har også programmert inn sikkerheitsforriglingar knytt til denne prosessen, slik at målaren ikkje skal bli øydelagt av overtrykk.

5.3.2 TORRICELLIS LOV

For å kunne berekne gjennomstrøyming av vatn ut av bassenga har vi nytta Torricellis³ lov. Denne lova seier at vassfarta ut av ein beholdar er proporsjonal med kvadratrotta til høgda av vassnivået i beholdaren [4] [5].

- g: Gravitasjonskonstanten (9,81 m/s²)
- h: Høgda på bassenget [m]
- v: Farten ut av bassenget [m/s]

$$v = \sqrt{2 * g * h} = k * \sqrt{h}$$

$$k = \sqrt{2 * g}$$

Ved å nytte denne lova har vi rekna oss fram til vassfarta ut av bassenga ved konstant vassnivå. Vidare nytta vi dette til å rekne ut vassføringa (l/min) ut av bassenga. Nivået i bassenga vert halde konstant ved hjelp av til dømes PID-regulering.

Døme på utrekning av vassfart ut av basseng med vassnivå på konstant 10cm:

$$v = \sqrt{2 * 9,81 \text{ m/s}^2 * 0,1\text{m}} = 1,4 \text{ m/s}$$

³ Torricelli: Italiensk fysikar og matematikar som levde på 1600-talet. Fann mellom anna opp kvikksølvbarometeret [68].

Når vi har rekna ut farta ut av bassenget, kan vi deretter rekne ut vassføringa ($q = l/min$) ved hjelp av volumstraumslikninga⁴: $q = A * v$

Diameteren til røret er i vårt tilfelle 12 mm.

- A: Arealet av tverrsnittet til røret er gitt som $\pi r^2 = \pi * (0,006m)^2$

$$q = \pi * (0,006m)^2 * 1,4 m/s = 0,00015833 \frac{m^3}{s} = 0,158 \frac{l}{s} = 9,5 l/min$$

I berekningane våre har vi sett bort frå eventuell friksjon som oppstår i slangane, tilhøyrande komponentar og eventuelle koplingspunkt til bassenget. Farta vi har berekna er direkte ut frå botn av tanken.

Desse berekningane er gjennomført for å finne ut om verdiane gjennomstrøymingsmålarane gjev oss, samsvarer med den teoretiske vassføringa som skal vere ut frå bassenga. Testinga er gjennomført mellom råvatnbassenget og reinvatnbassenget.

Måleresultat for gjennomstrøyming av gjennomstrøymingsmålar 2 (FT02), når vassnivået til råvatnbassenget er PID-regulert til 10 cm er:

$$0,06 \frac{l}{s} = 4,02 \frac{l}{m}$$

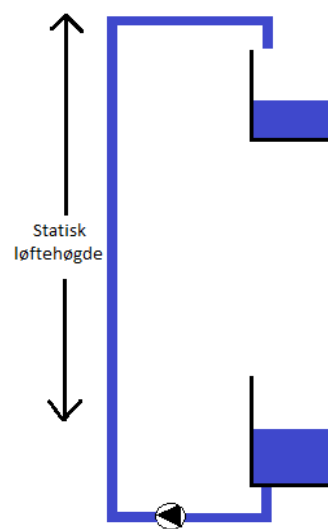
Under testing har vi sett at strøyminga gjennom reguleringsventilen (RV01) ikkje er optimal. Dette tenkjer vi er på grunn av friksjon i rør, koplingar og komponentar, samt at fallet mellom dei to tankane ideelt sett skulle vore betre. Vi meina dette kan vere grunnen til at det er ein del avvik mellom målte og teoretisk utrekna verdiar. Vi har undersøkt utrekningar også knytt til friksjon, men har ikkje funne noko standardverdiar som kan nyttast for til dømes røra eller komponentane våre.

⁴ Volumstraumslinkninga: Volumstraum er definert som «volumet av væsken som passerer et tverrsnitt i røret per tid» [69].

5.3.3 “PUMPHEAD” – LØFTEHØGD

Løftehøgde er eit mål på kor høgt ei pumpe klarer å forflytte væske [6]. Det er ulike måtar å rekne ut maksimal løftehøgde til ei pumpe på. For å kontrollere at pumpene vi vurderte til modellen hadde høg nok løftehøgde, måtte vi gjere utrekningar i forhold til dette. I databladet vart det informert om at pumpene leverte, ved maks effekt, 17 l/min (= 0,283 dm³/s). Diameteren i røra til modellen er 12 mm.

- Ht: Total løftehøgde (m)
- Hd: Dynamisk løftehøgde (m)
- Hs: Statisk løftehøgde (m)



FIGUR 7: ILLUSTRASJON
STATISK LØFTEHØGD

$$Ht = Hd + Hs$$

Den høgste løftehøgda for ei pumpe i modellen (P01), er mellom inntaksbassenget og råvatnbassenget. Det har difor vore nødvendig å rekne med denne som grunnlag. Den statiske løftehøgda (Figur 7) mellom inntaksbassenget og råvatnbassenget må vere minimum 0,85m [6]. I tillegg treng vi rekne ut dynamiske løftehøgde, med utgangspunkt i kor mykje vatn pumpa kan levere pr. tidseining. Dette vil sei kor høgt pumpa klarar å pumpe vatn, utan at vatnet vert påført motstand.

- A: Tverrsnittarealet av røret [dm²]
- K: Friksjon/tapskoeffisient
- v: Farten til vatnet frå utløpet til pumpa, ved maks pumpeeffekt (utan motstand) [m/s]
- g: Gravitasjonskonstant [m/s²]
- Q: Maks vassføring frå pumpe [dm³/s]

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{0,283 \text{ dm}^3/\text{s}}{\pi * (0,06\text{dm})^2} = 25,02 \text{ dm}/\text{s} = 2,5 \text{ m}/\text{s}$$

Vi har sett vekk i frå friksjon i røret og set difor $K = 1$.

Formelen under vert nytta for å rekne ut pumpa si dynamiske løftehøgde [6].

$$H_d = \frac{K * v^2}{2 * g} = \frac{1 * (2,5 \text{ m/s})^2}{2 * 9,81 \text{ m/s}^2} = 0,32 \text{ m}$$

Minimum total løftehøgde pumpa har, vert berekna til å vere:

$$H_t = H_d + H_s = (0,32 + 0,85) \text{ m} = 1,17 \text{ m}$$

Etter testing av pumpa har vi tydeleg sett at den tilfredstille krav til løftehøgde. Vi har ikkje testa nøyaktig løftehøgde for å sjå om den teoretiske og praktiske verdien samsvarar.

5.4 SIGNALBEHANDLING

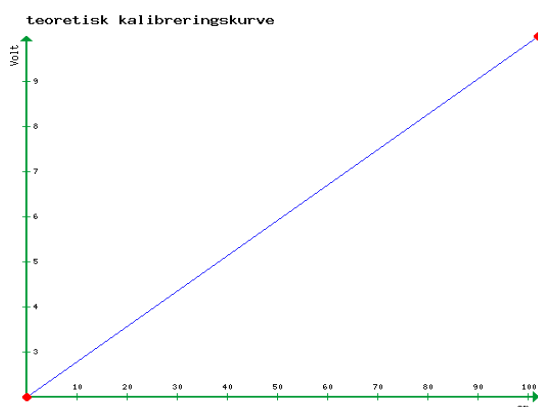
5.4.1 KALIBRERING AV INNGANGSSIGNAL

Nokre av trykktransmitterane vi nyttar skal måle vassnivå i bassenga. Trykket som målarer registrerar vert omforma til eit 4-20mA signal. Dette signalet vert igjen omforma, via signalomformarar i styringsskåpet, til eit spenningssignal (0-10V) slik at PLSen kan registrere det. Meir detaljert informasjon om kvar enkelt komponent vert presentert i kapittel 6.2 Komponentar.

Målingane til nivågivarane er i følgje databladet (vedlegg 03) tilnærma lineære. Teoretisk vil dette sei at ved 0 bar (0cm) er utgangssignalet 4 mA (2 V frå signalomformar), og ved 0,1 bar (102 cm) er signalet 20mA (10 V frå signalomformar). Teoretisk offset vert dermed 2 V, og skaleringa (stigningstalet; a) vert;

$$a = \frac{(102-0) \text{ cm}}{(10-2) \text{ V}} = 12,75 \text{ cm/V.}$$

Dette er illustrert i grafen under (Figur 8).



FIGUR 8: ILLUSTRASJON AV LINEÆRT MÅLESIGNAL

Vi stilte først inn målarane med teoretiske verdiar, men sidan vi vurderte målingane til å vere for unøyaktige, valde vi å kalibrere kvar enkelt målar for seg. Ved kalibrering av nivåmålarane målte vi endringar i signal på inngangane til PLSen, i forhold til vassnivået i bassenga. Vi målte også signalet, ved hjelp av eit digitalt multimeter, for å vere sikre på at vi målte riktig signal. Signalet målt ved multimeter og PLS stemte overeins under målingane våre.

Ved å kalibrere målarane fann vi ut kva offset verdi vi skulle setje for kvar enkelt målar. Offset er det vi må trekkje ifrå det signalet som ligg på inngangen til PLSen, når givaren ikkje vert påført noko trykk (påverknad). Med andre ord set ein eit nullpunkt for målaren. Dette gjorde vi ved å måle spenningsverdien frå kvar av målarane, når vassnivået i bassenget var under målarane. Vi har gjennomført målingane fleire gongar, med same multimeter, for å sikre på at vi målar riktige verdiar.

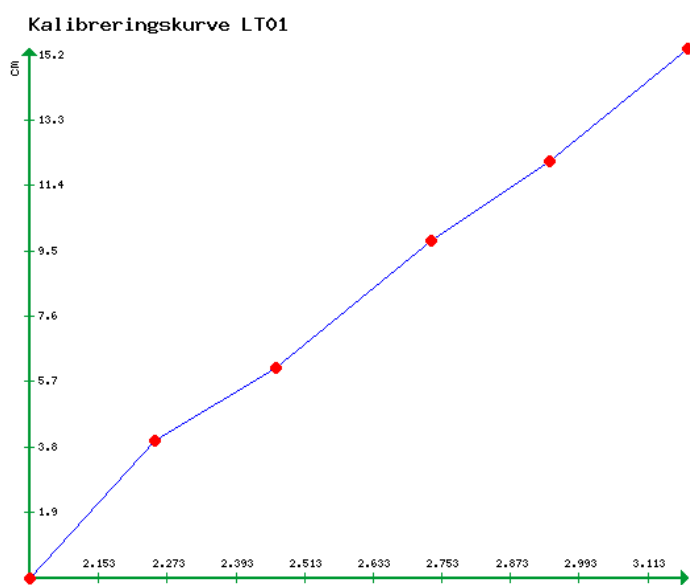
Tabellen (Tabell 2) syner målingane vi gjorde for nivåmålar i inntaksbassenget(LT01).

TABELL 2: KALIBRERING NIVMÅLAR INNTAKSBASSENG (LT01)

LT01	
cm frå botn	Signal PLS (utan offset, scale I)
Under målar	2,033 V
4,0 cm	2,251 V
6,1 cm	2,462 V
9,8cm	2,735 V
12,1 cm	2,942 V
15,1 cm	3,183 V

Her vert offset sett til 2,033V.

Sidan dette var signalet vi målte frå målaren når der ikkje var vatn i bassenget. Vidare målte vi verdiar etter kvart som vi auka vassnivået i tanken. Dei målte verdiane vart deretter plotta inn i ein graf (Figur 9).



FIGUR 9: ILLUSTRASJON AV SAMANHENG MELLOM NIVÅ (CM LT01) OG SPENNING(V) FRÅ SIGNALOMFORMAR TIL PLS

Vi berekna då at regresjonskoeffisienten vart 0,9976, noko som gir ein god lineær tilnærming. Regresjonskoeffisienten kan variere mellom -1 og 1. Dess nærare den er eit av endepunkta, dess meir lineær er linja [7]. Forsterkinga(stigningstalet) til signalet vart berekna til å vere 12,966cm/V.

Under er eit døme på utrekning av prosessverdi ved eit målesignal på 2,5 V, med dei innstillingane vi har sett for målaren [8]:

- P: Prosessverdi [m]
- P2: Maks måleverdi [m]
- P1: Minste måleverdi [m]
- M2: Maks signal PLS [V]
- M1: Offset, PLS [V]
- M: Målesignal [V]

$$P = \frac{P2 - P1}{M2 - M1} * (M - M1)$$

$$P = \frac{(1,02 - 0)m}{(10 - 2,033)V} * (2,5 - 2,033)V = 0,05979m = 5,98cm$$

Målte verdiar og berekninga for dei andre nivåmålarane er presentert i vedlegg 04.

Trykkmålaren (PT01) vi har valt å nytte har måleområde 0-0,3 bar (4-20mA). I teorien vil dette føre til eit signal på 2-10V frå signalomformaren til PLSen. Sidan vi ikkje hadde noko måleinstrument for å måle bar, fekk vi ikkje kalibrert denne målaren på same måte som for nivåmålarane. Vi valde difor å nytte teoretiske verdiar.

Vi sette offset til 2V, sidan dette målesignalet alltid vil kome frå målaren. Vidare har vi skalert det resterande signalet/måleområdet ut frå teoretisk utrekna verdiar, som vist under.

$$\frac{(0,3 - 0) \text{ bar}}{(10 - 2)V} = 0,0375 \text{ bar/V}$$

5.4.2 AVVIK NIVÅMÅLARAR

Maksimalt avvik for nivåmåling i bassenga er viktig å vite når vi til dømes skal setje alarmgrenser for nivåa. Vi har sett verdier til alarmgrenser i bassenga, etter at vi har kalibrert målarane og berekna feilmargin. Dette fører til at vi er på den sikre sida i forhold til at alarmane vil gå av før vassnivået vert kritisk høgt.

For ulike givartypar vert det i datablad ofte oppgitt at det kan vere eit måleavvik.

I databladet til nivåmålarane vert det presentert at desse har eit standardavvik og eit avvik i ikkje-lineæritet. Ved å nytte informasjonen som er presentert i datablad (vedlegg 03) har vi rekna ut maks måleavvik på våre målarar.

LT01-LT04:

Avvik standard ved måling $\leq 0,25$ bar: $\pm 0,5\%$ av måleområde

Ikkje-lineæritet : $0,2\%$ av måleområde

Måleområde: 0-0,1 bar

- P: Trykk [pascal]
- ρ : Massetettheit vatn [kg/m^3]
- g: Gravitasjonskonstanten [m/s^2]
- h: Høgd vassnivå [m]

Den maksimale høgda målarane våre målar:

10000 pascal = 0,1 bar

$$P = \rho * g * h$$

$$h = \frac{P}{\rho * g} = \frac{0,1 \text{ bar}}{1000 \text{ kg}/\text{m}^3 * 9,81 \text{ m}/\text{s}^2} = 1,02 \text{ m}$$

$$\text{Avvik målar} = \text{Måleomfang} * \frac{\text{Avvikprosent}}{100\%}$$

Standardavvik:

$$\text{Avvik} = 0,1 \text{ bar} * \frac{0,5\%}{100\%} = 0,0005 \text{ bar}$$

$$\frac{1,02\text{m}}{0,1\text{bar}} * 0,0005 \text{ bar} = 0,0051\text{m} = 5,1 \text{ mm}$$

Ikkje-lineæritet:

$$\text{Avvik} = 0,1 \text{ bar} * \frac{0,2\%}{100\%} = 0,0002 \text{ bar}$$

$$\frac{1,02\text{m}}{0,1\text{bar}} * 0,0002 \text{ bar} = 0,00204\text{m} = 2,04 \text{ mm}$$

Totalt avvik som kan oppstå for måling i kvart basseng er dermed 0,0007 bar = 7,14mm

Utrekningar for maks avvik i prosent for kvart basseng, er presentert i Tabell 3.

TABELL 3: PRESENTASJON AV MAKS AVVIK FOR ALLE BASSENG

Namn	Bassenghøgd	Standardavvik (0,5%) av bassenghøgd	Ikkje-lineæritet (0,2%) av bassenghøgd	Maks avvik (0,7%) av bassenghøgd
Inntaksbasseng	20 cm	2,55%	1,02%	3,57%
Råvatnbasseng	25 cm	2,04%	0,816%	2,856%
Reinvatnbasseng	22 cm	2,318%	0,927%	3,245%
Høgdebasseng	35 cm	1,457%	0,583%	2,04%

5.4.3 KONVERTERING AV SIGNAL FRÅ MÅLAR TIL PLS

Dei analoge inngangssignala til PLSen vert konvertert til eit 12 bit digitalt signal (12 bit Analog/Digital-konverter)(vedlegg 05). Dette vil sei at måleområdet til målareren vert tilordna $2^{12} = 4096$ ulike verdier. Utrekninga under viser dermed kor nøyaktig vi kan måle det signalet som vert gitt frå givarane til PLSen. Utrekninga presentera også det avviket som kan oppstå i konverteringa til digitalt signal [9].

Målarområde = 0-0,1 bar.

0,1 bar = 1,02 m

$$\text{Oppløysing/Maks avvik signal} = \frac{(20 - 4) \text{ mA}}{2^{12} - 1} = 0,0039 \text{ mA}$$

$$\Rightarrow \frac{(0,1 - 0) \text{ bar}}{2^{12} - 1} = 0,00002442 \text{ bar} = 0,000249 \text{ m} = 0,249 \text{ mm}$$

Vi vurderer dette måleavviket til å vere so lite at det ikkje har noko avgjerande påverknad på våre målingar. Vi har difor valt å sjå bort frå dette i berekningane vi har gjennomført.

5.4.4 KALIBRERING AV UTGANGSSIGNAL

På same måte som for dei analoge inngangssignala har vi også sett offset og forsterking for dei analoge utgangssignala. Dette har vi gjort for at vi ikkje ynskjer noko “dødgang” i styringa frå PLSen til pumpa. Utan å setje offset for pumpene måtte vi for pumpe 1 (P01) og pumpe 3 (P03) opp i ganske høg pådragsprosent frå styringa, før pumpene greidde å pumpe vatn frå eit basseng til eit anna. Sidan høgda mellom bassenga er ganske stor.

I arbeidet med å finne offset-verdien til pumpene testa vi kor mykje spenning som måtte tilførast pumpa frå PLSen, for at pumpa skulle kunne klare å løfte vatnet mellom dei bassenga som var tenkt. For pumpe 1, mellom inntaksbasseng og råvatnbasseng, måtte pumpa tilførast 4 V. Denne spenninga sette vi til 0 % pådrag.

For å sikre at pumpene ikkje pumpa meir vatn enn det overløpa i bassenga kan kontrollere, testa vi også maks spenning som kan tilførast pumpene. For pumpe 1 vart dette 7,5 V. Etter å ha funne den maksimale spenninga skalerte vi utgangssignalet, slik at 7,5V svara til 100% pådrag. Skaleringa vart rekna ut som vist under.

$$Scale = \frac{(7,5 - 4)V}{(100 - 0)\%} = 0.035 V/\%$$

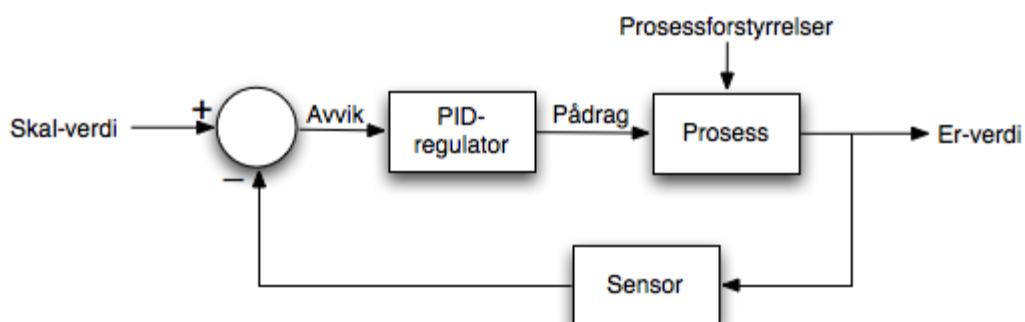
Testingane og justeringane vart gjort på same måte for alle pumpene. Resultata er presentert i vedlegg 06.

5.5 REGULERING

5.5.1 PID

Ein PID-regulator består av tre ledd; proporsjonalitet, integrasjon og derivasjon. Dette er den mest brukte regulatoren innan reguleringsteknikk [10]. Denne type regulator bidreg med å justere pådrag til ein aktuator, anten opp eller ned, slik at avviket mellom er-verdi og ynskjeverdi vert redusert, og omsider fjerna (Figur 10). Når dette er oppnådd vert pådraget helde konstant, til det eventuelt oppstår nye forstyringar/endringar. Dei ulike ledda i ein PID-regulator har ulike matematiske eigenskapar som påverkar prosessen [11].

- Proporsjonalitetsleddet regulerer ved å auke eller minke eit pådrag med ein faktor som er proporsjonal med avviket (K_p).
- Integrasjonsleddet integrerer bort eit avvik over tid (T_i).
- Derivasjonsleddet verkar som ein dempar på avviket (T_d).



FIGUR 10: ILLUSTRASJON AV PID I REGULERINGSSLØYFE [65]

I vårt system er PID-regulatoren ein programmert regulator integrert i styringssystemet til PLS-leverandøren Regin. Den matematiske formelen for utrekninga som skjer i PID-regulatoren er presentert under [10].

$$u(t) = u_{man} + K_p * e(t) + \frac{K_p}{T_i} * \int_0^t e(t) dt + K_p * T_d \frac{de(t)}{dt}$$

$$u(t) = u_{man} + u_p(t) + u_i(t) + u_d(t)$$

- $u(t)$: er pådraget berekna av regulatoren
- u_{man} : er pådraget som er gitt når regulatoren står i manuell.
- $e(t)$: er reguleringsavviket som oppstår til ei gitt tid
- $u_p(t)$: er representert som P-leddet i regulatoren. Her vert reguleringsavviket forsterka med ein faktor som er proporsjonal med avviket.
- $u_i(t)$: er representert som I-leddet i regulatoren. Her vert avviket integrert over ei bestemt tid og forsterka med ein gitt faktor.
- $u_d(t)$: er representert som D-leddet i regulatoren. Derivasjonsleddet bidreg med å dempe hurtige endringar i prosessen.

5.5.2 ÅSTRØM – HÄGGLUND RELÉ-METODE

For innstilling av PID-regulator har vi nytta Åstrøm-Hägglund relé-metode. Vi valde å nytte denne i staden for til dømes meir kjende Ziegler-Nichols metode, sidan Ziegler-Nichols i mange tilfelle er ein tidkrevjande metode for å finne den minste forsterkinga som gjev ståande svingingar [10]. Denne forsterkingsverdien treng ein for å kunne berekne parameterverdier som skal nyttast for å stille inn PID-regulatoren.

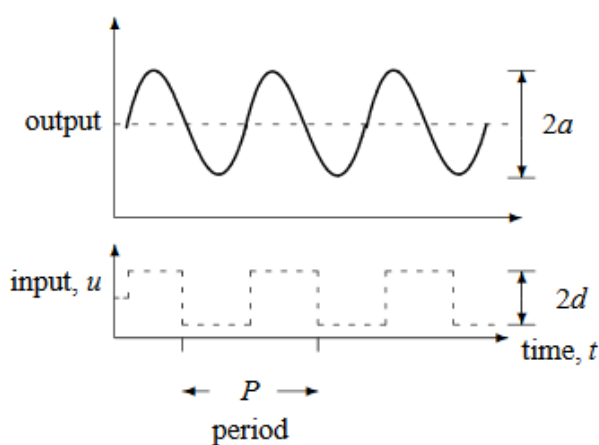
Åstrøm-Hägglunds relé-metode er ein metode der ein ynskjer å oppnå ståande svingingar rundt ein ynskjeverdi, ved hjelp av ein av/på regulator. Vidare skal ein på liknande måte som for Ziegler-Nichols lese av måleverdiar som vert nytta for å stille inn PID parameterane.

I Åstrøm-Hägglunds byrjar ein med å stille inn systemet utan at regulatoren er aktiv. Ein justera pådraget til det pådraget som gir minst mogleg avvik mellom ynskjeverdi og er-verdi, med ein viss påverknad (til dømes utstrøyming av vatn frå basseng) på systemet.

Gjennomgang for metoden vert gjort for tuning av PID-regulator til pumpe I (P01). For tuning av pumpe I sette vi ynskjeverdien til råvatnbassenget til eit vassnivå på 10 cm. Når vi hadde funne det riktige manuelle pådraget, sette vi forsterkinga(K_p) til “uendeleg” stor (100000), integraltida(T_i) til uendeleg(inaktiv) og derivattida(T_d) til 0 sekund. Deretter vart regulatoren sett i aktiv.

BEREKNING AV KRITISK FORSTERKING (K_k)

Etter at regulatoren er sett i aktiv les vi av kritisk periodetid(T_p) på svingingane som oppstår i trendkurva til pådraget (Figur 11). Desse er som figurane(Figur 12 og Figur 13) syner, omlag 16 sekunder. Ein les også av pådragsverdien (det reelle pådraget) levert til pumpa. For pumpe I er 100% = 7,5 v og 0% = 4v. Dette er verdiar vi har sett når vi har kalibrert pumpene (5.4.4 Kalibrering av utgangssignal).



FIGUR 11: ILLUSTRASJON AV T_P (PERIODETID) OG A (AMPLITUDE MÅLEVERDI)

Vidare nyttar vi formlane som følgjer med Åström-Hägglund metode, og set inn for dei ulike parametranne i desse [10].

- a : er gitt som maks avvik mellom er-verdi og ynskjeverdi (Figur 11)
- U : er spenningsamplituden i firkantpuls

$$a = \frac{(a_{maks} - a_{min})}{2} = \frac{11,1 - 9,5}{2} = 0,8 \text{ cm}$$

$$U = \frac{(U_{maks} - U_{min})}{2} = \frac{7,5 - 4}{2} = 1,75 \text{ V}$$

Nyttar maks-avviket og spenninga til å berekne K_k .

$$K_k = \frac{4 * U}{\pi * a} = \frac{(4 * 1,75)}{(\pi * 0,8)} = 2,785$$

Nyttar vidare K_k - og T_p -verdien, samt tabell for instillinga av PID-regulator (Tabell 4 Ziegler-Nichols) og bereknar instillingar for regulatoren.

Vi har valt å nytte PID-regulator for å illustrere regulatoren sin fullstendige verkemåte:

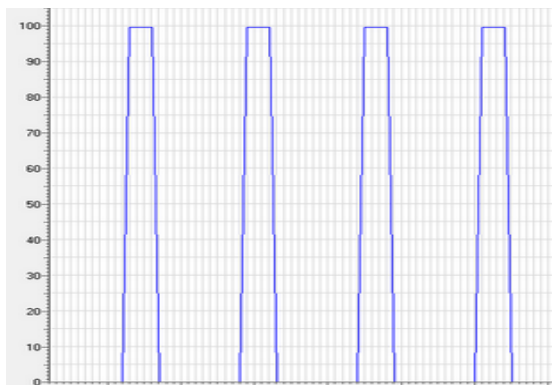
TABELL 4: ZIEGLER - NICHOLS PID-PARAMETER [10]

	K_p	T_i	T_d
P-regulator	$0,5 K_{pk}$	∞	0
PI-regulator	$0,45 K_{pk}$	$\frac{T_p}{1,2}$	0
PID-regulator	$0,6 K_{pk}$	$\frac{T_p}{2}$	$\frac{T_p}{8} = \frac{T_i}{4}$

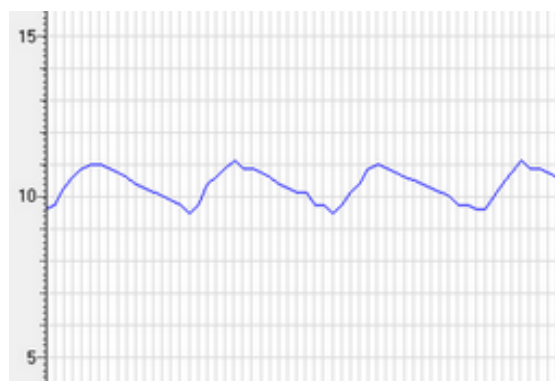
$$K_p = 0,6 * K_k = 0,6 * 2,785 = 1,671$$

$$T_i = \frac{T_p}{2} = \frac{16 \text{ s}}{2} = 8 \text{ s}$$

$$T_d = 0,125 * T_p = 0,125 * 16 \text{ s} = 2 \text{ s}$$

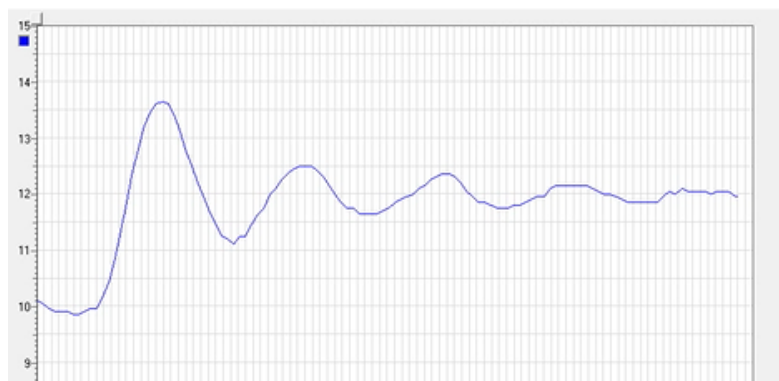


FIGUR 13: TRENDKURVENPUMPEPÅDRAG (I STREK/SEKUND)



FIGUR 12: TRENDKURVE NIVÅ FOR TUNING AV PID (INNTAKSBASSENG)

Figur 14 syner korleis nivået i råvatnbassenget stiller seg inn ved hjelp av PID-regulator som har innstillingar som berekna over.

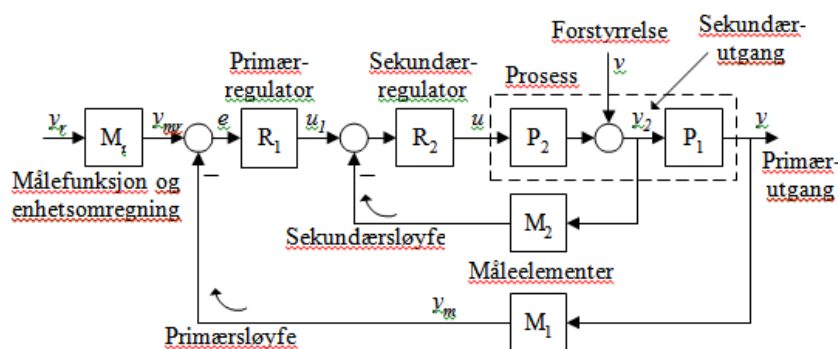


FIGUR 14: INNSTILLING NIVÅ INNTAKSBASSENG

Det vert også nytta PID-regulator i to andre delar av modellen. Målingar og utrekningar knytt til desse er presentert i vedlegg 07.

5.5.3 KASKADE

Kaskaderegulering består av to reguleringsløyper, primær – og sekundærløype [12]. I kaskaderegulering er det i prinsippet to regulatorar som kommuniserar med kvarandre (Figur 15).



FIGUR 15: ILLUSTRASJON GENERELL KASKADEREGULERING

Sekundærregulatoren tek utgangspunkt i måling av til dømes nivå, og bereknar med utgangspunkt i dette ein ynskjeverdi på til dømes gjennomstrøyming. Denne ynskjeverdien vert igjen sett som ynskjeverdi(referanse) til primærregulatoren som kan kontrollere ein reguleringventil eller ei pumpe. Ved å nytte kaskaderegulering kan ein oppnå hurtigare kompensering for eventuelle forstyrringar enn ein ville gjort ved å hatt ein enkel regulator. Kaskaderegulering er på same måte som PID-regulering, ei kontinuerlig regulering [12]. Som sekundærregulator er det vanleg å nytt P eller PI regulator. I vår modell har vi nytta ein rein P-regulator.

I modellen registrerar sekundærsløyfa nivået i reinvatnbassenget(LT03). Med utgangspunkt i ynskjeverdi og er-verdi for nivået, vert det berekna ein ynskjeverdi for gjennomstrøyming(FT02). Denne verdien vert nytta som ynskjeverdi til primærsløyfa, som kontrollera vasstrøyminga til råvatnbassenget via reguleringsventilen(RV01). Reguleringsventilen er plassert før reinvatnbassenget.

5.6 VASSREINSING

Dei fleste kjeldene til råvatn i Noreg er innsjøar og fjellvatn. Nedbøren i Noreg er rein og frisk, noko som gjer vassbehandlinga rimelig og god. For at råvatnet skal få god nok kvalitet må det gjennomgå ein rekke fysisk-, kjemiske- og biologiske prosessar [13]. I modellen har vi valt å illustrere to ulike filtermetodar, for å vise korleis vassreinsing kan føregå. Filtringane vi har valt å illustrere er fleirmediafilter og UV-filter. Filtera har ikkje noko reelle filtreringsegenskapar.

5.6.1 FLEIRMEDIAFILTER

Eit fleirmediafilter består av tre lag sand (antrasitt, kvartssand og marmor) og eit støttelag av pukkl eller elvegrus. Dei ulike laga i filteret er plassert med aukande kornstørrelse. Dei to første laga i filteret (antrasitt og kvartssand) har som føremål å reinse partiklar frå råvatnet. Det siste laget er marmorsand. Dette laget bidreg til å auke pHen i vatnet slik at vatnet ikkje vært for surt. Marmorlaget bidreg også til å fjerne restmetall [14].

I modellen har vi nytta tre ulike lag for å illustrere filterfunksjonen (Figur 16).



FIGUR 16: FLEIRMEDIAFILTER MODELL

Støttelaget består av pukk, medan dei to “reinsande” laga er av same type som antrasitt og marmor (kol og semidol). Desse har ulik kornstørrelse og farge, noko som har vore viktig for å illustrere reingjering av filteret.

5.6.2 UV-FILTER

Dei fleste vassverk nyttar UV-stråling for desinfeksjon av vatn. Eit UV-filter sender ut elektromagnetisk stråling som øydelegg bakteriar som til dømes E.coli i vatnet [15]. I vår modell vert dette illustrert ved at vatnet vert ført igjennom eit “filter” som inneheld eit blått LED-lys(UV01) (Figur 17).



FIGUR 17: UV-FILTER PÅ MODELL

6.0 TEKNISK LØYSING

Etter diskusjonar og vurderingar i prosjektgruppa er det valt ulike tekniske løysingar for modellen. Sidan prosjektet byggjer på ei konkret oppgåve frå Normatic, har vi hatt ein jamleg dialog med dei. Normatic har presentert sine føringar for kva modellen og prosjektet skal inkludere. Dette har vi teke omsyn til i planlegging, og gjennomføringa av prosjektet.

Denne delen av rapporten omhandlar dei tekniske løysingane vi har valt å nytte. For ulike målingar i modellen, finst det ulike prinsipp som komponentane byggjer på. Vi vil kort presentere prinsippa vi har valt, samt dei aktuelle komponentane. Komponentar vi har funne, utan tilstrekkeleg med dokumentasjon, har vi ikkje vurdert. Vi vil også skildre korleis modellen er konstruert, og kva som styrer dei ulike delane av modellen.

6.1 MODELL OG MATERIALVAL

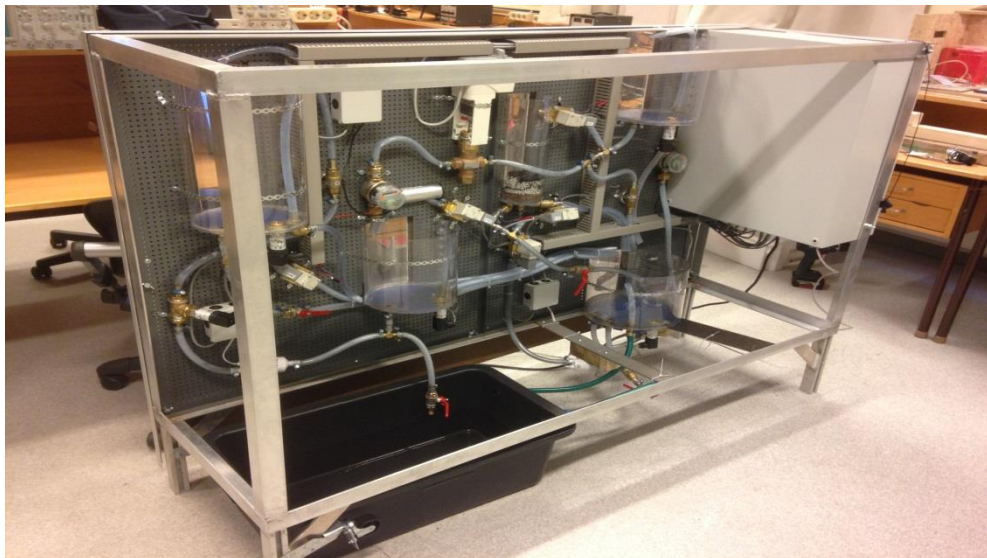
6.1.1 KONSTRUKSJON/RAMME

Design av modellen har grovt sett vore bestemt i gruppa, med utgangspunkt i føringar og krav frå Normatic. Vi har bygd ei ramme, forma som ein avlang kube med ei monteringsplate på den eine langsida(Figur 18).



FIGUR 18: MODELLRAMME

Bassenga er felt inn i plata, slik at dei er synlege på begge sider. Ventilalar, pumper, rør og andre komponentar, er montert til plata på innsida av ramma. Dette vert “baksida” av modellen. Utstyret som er montert der er ikkje synleg frå framsida (Figur 19).



FIGUR 19: BAKSIDA AV MODELLEN

Størrelsen på ramma er bestemt av utstyret (basseng, komponentar m.m.) vi hadde behov for i modellen. Breidda er bestemt av størrelsen til utstyret og nødvendig plass som krevjast av rør og koplingar mellom komponentane.

Høgda på ramma er bestemt av høgda til dei tre bassenga som er plassert over kvarandre, sidan vi var avhengig av sjølvfall mellom desse bassenga. Dette inkluderer inntaksbasseng, filter og råvatnbasseng (sjå Figur 1 for P&ID). Styreskåpet er montert i eine enden av ramma, djupna til ramma er lik breidda av styreskåpet.

Ramma til modellen vart bygd på mekanisk verkstad på Eid Vidaregåande skule. Der har dei god kompetanse innan utvikling av små konstruksjonar av lettmetall. For å få modellen lett og solid er ramma sveisa saman av 40x40mm vinkelprofil i aluminium (Figur 20). Med monteringsplate montert på eine langsida av modellen, og styringskåp i eine kortsida, får vi ein konstruksjon som er stabil, og stiva av i alle vinkelretningar.

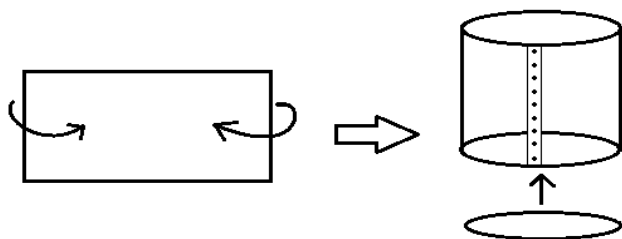
Det er også montert bein på ramma. Dette har vi gjort for å få modellen i ei høgde som er meir praktisk i forhold til brukarvennlegheit.



FIGUR 20: VINKELPROFIL

6.1.2 BASSENG OG OVERLØP

Vassbassenga er bygde av 2mm tjukke plater av polykarbonat. Vi vurderte dette som eit godt eigna byggjemateriale, grunna eigenskapane det har. Dette er eigenskapar som til dømes god haldbarheit og fleksibilitet [16]. Platene er bøygd slik at dei vert forma som ein sylinder. Endane er festa saman med popnaglar og akvariesilikon(Figur 21). Dette fungera både som lim og tetningsmiddel.



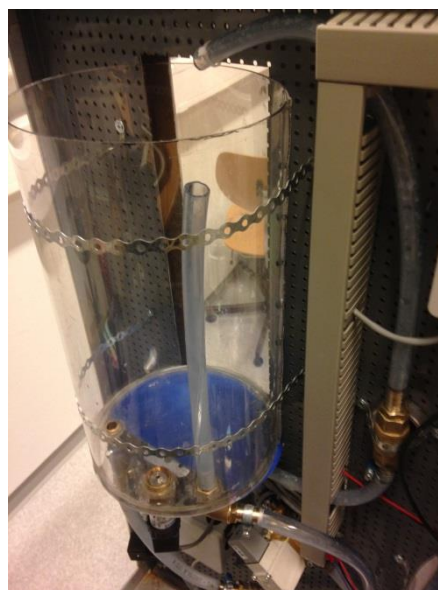
FIGUR 21: ILLUSTRASJON AV BYGGJINGSMETODE TANKAR

Utfordringa med å bygge basseng på denne måten er å få tetta alle potensielle lekkasjestadar. Vi valde å nytte sylindriske basseng fordi dette gjev færre skøytar, enn om bassenga hadde vore rektangulære. Dette vil også gje færre potensielle lekkasjeområder. I og rundt popnaglane har vi sett att det har kome dråpar med vatn. Desse har vi tetta ved å etterfylle silikon i dei aktuelle punkta. Det er også lagt silikonfuger i alle skøytar.

Vi har valt å trekke botnen, som også er festa med akvariesilikon, ein til to millimeter opp i bassenga. Vi har då fått lagt silikonfuge på utsida av botnen, i tillegg til ei fuge på innsida. På denne måten er det to barrierar som hindrar lekkasje.

Som ei ekstra sikring/støtte til botnane, og for å unngå at all vektbelastninga vert på botn i bassenget, har vi valt å montere vinkeljern under kvart basseng. Desse er festa til montasjeplatene på ramma. Store delar av vekta vert dermed overført til vinkeljernet, medan silikon skal halde bassenget tett. For å sikre at bassenget heng stabilt og fast til montasjeplata har vi festa dei med patentband(Figur 22).

For kvart basseng i modellen er det montert overløp for å sikre mot at vatnet renn over kanten på bassenga. Dette har vi løyst ved å montere rør, som står inne i bassenga, og som er montert til ein nippel i botn.



FIGUR 22: SYNER FESTING MED PATENTBAND OG OVERLØP, HØGDEBASSENG

I startfasen av prosjektet, planla vi å montere overløp i alle bassenga som var mindre enn inntaksbassenget. I ettertid har vi modifisert modellen med overløp i alle bassenga. Dette gjer det mogleg å ha meir vatn i modellen, utan at vatn renn over i nokon av bassenga. Overløpet i inntaksbassenget renn til ein ekstern tank på 40 liter som er tilkopla baksida av modellen. Denne modifiseringa gjorde vi med bakgrunn i at vi vurderte at den totale vassmengda i modellen, med fordel kunne vore større. Ved å auke den totale vassmengda i modellen, vert dei ulike prosessane i modellen lettare å køyre samtidig, og det vert meir illustrativt.

Det er ynskjeleg til ei kvar tid å manuelt kunne tømme kvar enkelt av bassenga i modellen. Dette er løyst ved at det er montert avløp med manuelle ventilar til kvart basseng. Kvart avløp førast til inntaksbassenget på modellen. Inntaksbassenget har eige avløp med manuell ventil, kopla til den eksterne tanken.

6.1.3 FILTER OG DYSE

Til filter har vi nytta eit gjennomsiktig plastrør med ein diameter på 100mm, med 5 mm tjukke veggjar. Botnen i filteret er lik som for dei andre bassenga i modellen.

Eit fleirmediafilter må etter gitte forhold spylast reint [17]. Dette vert utført ved å tilføre vatn i underkant av innhaldet i filteret, slik at smuss og skit renn ut i øvre del av filteret. Dette prinsippet demonstrast på modellen ved hjelp av pumpe, og ei spyledyse montert midt i botn av filteret. Prosjektgruppa utvikla og testa fleire typar dyser, før vi kom fram til den som vi meina er den beste eigna. Dysa vi har valt å nytte består av eit 8mm stålrør som er tetta i eine enden, medan den andre enden er montert til ei muffe. Muffa er tilkopla vasstilførsel frå spylepumpa under filteret. Røret som dysa består av, er perforert med fleire små hol, som spylar ut konsentrerte strålar med tilført vatn(Figur 23). På denne måten får vi sirkulasjon og bevegelse i dei ulike media i filteret. Dette syner korleis filteret vert "reingjort".



FIGUR 23: SPYLEDYSE

6.1.4 RØR OG KOPLINGAR

Mellom bassenga og utstyret er det nytta fleksible rør/slangar. Etter å ha vurdert ulike alternativ, bestemte vi oss for å nytte 12 mm gjennomsiktig plastslangar av PVC. Denne rørtypen er berekna for industri, laboratorium og liknande. Vi nytta denne fordi den er fleksibel, haldbar, og har låg pris [18]. Ved å nytte gjennomsiktige rør er det enkelt å observere vatnet under drift og testing av modellen. Å kunne følge vatnet i røra under testing, feilsøking og utprøving, har gjort det enklare for oss å sjå at komponentane/funksjonane fungera.

Til å kople røra til bassenga og komponentar er det nytta koplingar av messing. Desse koplingane er berekna å nytte innan automasjon og mekanisk industri [19]. Messing er eit korrosjonssterkt materiale og difor godt eigna [20]. For å styrke koplingane mot lekkasje, er det nytta slangeklemmer og tetningsmiddel i kvar kopling.

6.2 KOMPONENTAR

Normatic ynskte at vi skulle nytte ein bestemt leverandør av PLS. PLSen vi nyttar arbeidar med bestemte signal og signalnivå [21]. Dette måtte vi ta omsyn til når vi skulle vurdere ulike komponentar.

Normatic hadde ynskje om at vi skulle nytte leverandørane AxFlow og Regin. Dette er leverandørar dei vanlegvis nyttar til sine prosjekt. Dette har i noko grad påverka dei vala vi har teke i forbindelse med utstyret/komponentane.

6.2.1 NIVÅMÅLARAR

Etter å ha vurdert fleire ulike prinsipp for nivåmåling, valde vi å nytte trykkmåling. Vi har nytta det som vert skildra som ein relativ trykkmålar. Denne type målar har atmosfæretrykket som referansepunkt. Ein kan dermed sjå vekk frå atmosfæretrykket i berekningane knytt til målarer [22]. Trykkmåling er det vanlegaste måleprisnippet innanfor nivåmåling av væske [23]. Ein trykktransmitter monterast i botnen av eit basseng. Denne registrera nivået i bassenget ved hjelp av trykket som vatnet i bassenget dannar mot botnen.

Etter vurdering av ulike trykktransmitterar bestemte vi oss for å nytte ein trykktransmitter frå leverandøren AxFlow. Trykktransmitteren vi nyttar er av typen Wika S-10 (Figur 24, vedlegg 03). Grunnen til at vi valde denne transmitteren er fordi den har eit måleområde heilt ned til 0 – 0,1 bar, noko som tilsvara 0-1,02 meter



FIGUR 24: WIKA S-10

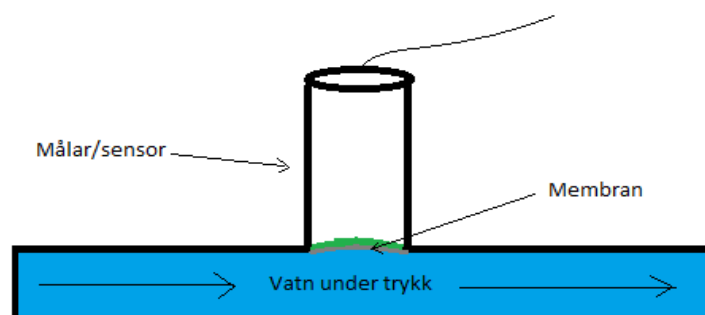
vasshøgde(5.3.1 Nivåmåling). Av dei målarane vi vurderte, var det denne målararen som hadde mest passende måleområde for størrelsane til bassenga i modellen.

Ved montering av trykktransmitterane, oppdaga vi enkelte lekkasjar mellom gjengane til transmitterane og monteringsstussen i bassenga. Desse lekkasjane har vi tetta ved å nytte gjengetape. Alternativet var å bytte gjengetape med locktite, noko som ville kunne gje betre effekt mot lekkasje. Det som er negativt med å nytte locktite er at locktite også har ein limande eigenskap [24]. Dette ville gjort arbeidet med å eventuelt kunne bytte nivåmålarar meir komplisert [25]. Etter vurdering innad i gruppa, og testing, valde vi å nytte gjengetape til tetting av transmitterkopingane.

6.2.2 TRYKKMÅLAR

Trykkmålararen(PT01) vi har nytta, er av same type komponent som nivåmålararen [26]. For denne målararen har vi valt eit måleområde på 0-0,3 bar(5.3.1 Nivåmåling).

Trykktransmitteren er ved hjelp av ei t-kopling montert på røret. Denne registrerar trykket inne i røret, som vist på figuren under (Figur 25).



FIGUR 25: ILLUSTRASJON AV TRYKKMÅLING RØR

6.2.3 GJENNOMSTRØYMINGSMÅLAR

Gjennomstrøymingsmålararen vi har nytta er ein turbinmålar. Det er hovudsakleg turbinmålarar som vert nytta ved måling av veskestraum [27].

Målararen gir ut eit visst tal pulsar, etter kor mykje vatn som renn gjennom den. Dei fleste målarane på marknaden er berekna på prosessar med betydeleg høgare gjennomstrøyming enn i vår modell.

Det har vore difor vore utfordringar knytt til å finne ein målar som eignar seg til våre dimensjonar.



FIGUR 26: SENSUS RESIDIA JET GJENNOMSTRØYMINGSMÅLAR

Den vi har funne som eignar seg best og som kan måle lågast væskestraum, er av typen SENSUS Residia Jet (Figur 26, vedlegg 08). Denne målarer kan leverast med pulsgivar, slik at vi kan nytte målesignalet i vår PLS. Målaren gir ein puls pr. liter gjennomstrøyming [28].

6.2.4 PUMPER

Vi har vurdert fleire ulike pumpeprinsipp. Sentrifugalpumpa er den som utmerkar seg som mest aktuell innan prosessindustri [29].

Sentrifugalpumpe med passende spesifikasjonar er ikkje mogleg å finne i sortimentet til dei store aktørane innan pumpeteknikk. Vi har difor lett etter pumper hos diverse forhandlarar av VA-utstyr, akvariebutikkar og ulike produsentar som leverar pumper til brygging og liknande.

Pumpene vi nyttar i modellen er In-line Pumpe frå Biltema (Figur 27, vedlegg 09). Denne er oppgitt med ein kapasitet på 17 liter pr.

minutt [30]. Etter berekningar og påfølgande testing har vi vurdert dette til å vere tilstrekkeleg kapasitet til prosessane i vår modell.

Eit omsyn vi måtte ta ved val av denne pumpa, var driftsspenninga på 12 VDC. Sidan resterande komponentar på modellen driftast på 24 VDC, førte dette til eit behov for to typar straumforsyningar i styringskåpet, 12 og 24 VDC.

Ei eventuell utfordring med denne pumpa er at den ikkje bør tørrkøyrast. Dette har vi løyst ved å montere pumpene lågare enn dei aktuelle bassenga dei pumpar vatn frå. Dermed vil pumpa ha “tilgong” til vatn, so lenge vi har vatn i systemet. Dette kontrollerast også i styringsprogrammet. Det skal ikkje verte mogleg at pumpene startar automatisk, utan at dei har “tilgong” på vatn.

6.2.5 VENTILAR

I vassbehandlingsmodellen har vi nytta to ulike typar ventilar; opne/lukke-ventil og reguleringsventil.

OPNE/LUKKE-VENTIL

Opne/lukke-ventilen vi har valt å nytte er ein magnetventil frå leverandøren Elfa Distrelec. Ventilen er ein 24V prosessventil av merket SMC (Figur 28, vedlegg 10). Denne ventilen valde vi å kjøpe frå Elfa grunna at denne var betydeleg billigare enn ein liknande ventil frå AxFlow.



FIGUR 27: IN-LINE PUMPE



FIGUR 28: 24V SMC PROSESSVENTIL

Vi kunne nytta meir avanserte ventilar i modellen, slik at vi til dømes kunne fått tilbakemelding om ventilen sin posisjon. Fordelen med å eventuelt nytte ein slik ventil er at vi til ein kvar tid kan kontrollere at ventilen står i ønska posisjon, dette ville også kunne gjort modellen meir driftssikker. Med bakgrunn av prisforskjell og nytteverdi, og etter diskusjon med Normatic, vurderte vi dette til å ikkje vere nødvendig i modellen.

REGULERINGSVENTIL

Reguleringsventilen vi nyttar er bygd opp av to delar; aktuator og ventil. Aktuatoren er ei innretning som monterast på ventilen, for å styre posisjonen til denne. Aktuatoren vert styrt ved hjelp av eit elektrisk signal direkte frå PLSen. Ventilen kan også opnast og lukkast manuelt, direkte på aktuatoren. Komponentane vi har valt er RVA5-24A (aktuator)(Figur 29, vedlegg 11) og BTV tovegsventil (Figur 30, vedlegg 12). Begge er levert av Regin.



FIGUR 29: RVA5-24A VENTILAKTUATOR

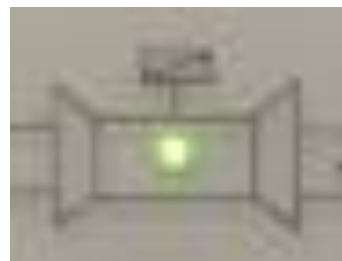


FIGUR 30: BTV TOVEGSVENTIL

6.2.6 INDIKASJONSLYS

For å syne tilstanden til komponentane har vi valt å nytte indikasjonsllys. Desse lyser grønt når komponenten er aktiv(open/på), og slukkast når komponenten er inaktiv(Figur 31).

Lysa er plassert ved symbolet til komponenten det skal representere, i front av modellen (på “dekorplata”). Lysa vil også ha funksjon som blikkfang, slik at modellen vekker interesse for omgjevnadane. Indikasjonsllyset vi har valt å nytte er eit LED-lys av typen EAO Serie-17 (Vedlegg 13). Dette indikasjonsllyset operera med ei driftsspenning på 24 VDC.



FIGUR 31: INDIKASJONSLYS

Sidan vi ikkje har fleire tilgjengelege digitale utgongar frå PLSen, er det nytta 12 og 24 V på kvart sitt kontaktsett på relèa som pumpene er styrt frå. Ideelt sett er ikkje dette ei optimal løysing, men etter vurdering i prosjektgruppa og testing, er dette ei løysing som fungera for modellen.

6.3 FORSYNINGSSKÅP/STYRINGSSKÅP

Etter drøfting med Normatic vart det bestemt å ha eit styringsskåp til modellen. Med styreskåp meina vi eit skåp der styringskomponentane til modellen, som PLS, relè, straumforsyning og liknande, monterast og koplant. Skåpet vi har nytta har høg kapslingsgrad. Det er dermed beskytta mot vatn og fysiske støt. Nedst i skåpet er montert rekkjeklemmer, der vi enkelt koplant saman komponentane frå modellen med dei som er internt i skåpet(Figur 32).



FIGUR 32: STYRESKÅP

Vidare i rapporten vert komponentane som er montert i styreskåpet presentert. Vi har også utarbeida koplingskjema til skåpet, dette er presentert i vedlegg I4.

6.3.1 PROGRAMMERBAR LOGISK STYRING - PLS

Til styring av modellen har vi nytta EXOcompact PLS. Dette er ein PLS-modell frå leverandøren Regin. Det fins ulike typar EXOcompact, med ulike kommunikasjonstilkoplingar, samt ulike tal inngongar og utgongar (I/O). EXOcompact er hovudsakleg meint å nytte i anlegg der behovet for I/O ikkje er for stort [21].

Operativsystemet til PLSen er EXOrealC.

Dette er eit system utvikla av Regin.

PLSen nytta i anlegget er EXOcompact C28DT-3 (Figur 33).



FIGUR 33: EXOCOMPACT C28DT-3

Hovudgrunnen til at denne er vald, er på grunn av at den dekkjer tal I/O det var planlagt for i anlegget. I tillegg kan dei analoge og digitale signala til/frå komponentane, med nokre justeringar, fungere direkte saman med PLSen.

Ein fordel er det også at EXOcompact, i samanlikning med enkelte av Regin sine andre PLSar, er liten i størrelse. I prosjektet har vi også valt en modell med TCP/IP tilkopling, sidan dette er mest hensiktsmessig for direktekopling til PCar og nettverk. C282DT-3 har også display, slik at demonstrasjon og utprøving av dette vil vere mogleg [21].

Teknisk informasjon:

Forsyning:	24 V AC \pm 15%, 50...60 Hz or 20...36 V DC
Dimensjonar:	(WxHxD) 149 x 121 x 60 mm
Analoge inngangar AI:	4 stk - 0(4)...20 mA, 0...10 V, 0...200 mV, PT-I000, DIN Ni I000, LGNi I000, 12 bits A/D
Digitale inngangar DI:	8 stk - 24 V DC, moglegheit for puls.
Universale inngangar UI:	4 stk - AI eller DI.
Analoge utgangar AO:	5 stk - AO 0...10 V DC, 5 mA, 12 bit D/A, kortslutningssikker
Digital utgangar DO:	7 stk - Mosfet 24 V AC/DC, 2 A. Max 8 A totalt.

For nokre av signala til I/O-ane, som til dømes for straumåling (4-20 mA) på dei analoge inngangane, vil det vere behov for tilleggsutstyr for å nytte signaltypene. Vi har difor nytta signalomformarar på desse signala. For meir detaljert informasjon om PLSen sjå datablad (vedlegg 05).

6.3.2 SIGNALOMFORMARAR

Nivå- og trykkmålarane på modellen gir ut ein måleverdi på 4-20 mA. PLSen til modellen (Regin EXOcompact) arbeider på spenningssignal (0-10V) på dei analoge inngangane. Dette førte til at det var behov for ein komponent som omformar mA-signalet til eit spenningssignal (0-10V) som PLSen kunne tolke. Komponenten vi har nytta til dette er ein signalomformarar av typen Weidmüller WAS5 CVC(Figur 34, vedlegg 15). Denne komponenten fungera også som eit galvanisk skilje. Dette vil kunne beskytte PLSen mot eventuell overspenning eller overharmoniske straumar [31].



FIGUR 34: WEIDMUELLER WAS5 CVC SIGNALOMFORMAR

6.3.3 STRAUMFORSYNINGAR

For å forsyne komponentane på modellen med riktig driftspenning og for å tilfredstille effektbehovet, nyttar vi straumforsyningar. Etter rådføring med Normatic er det nytta straumforsyningar frå produsenten Omron. Desse straumforsyningane er kompakte og pålitelige, og er difor veileigna til modellen vår. Vi har to spenningsnivå i anlegget, og har difor to typar straumforsyning; 12 og 24 V (vedlegg 16 og 17).



FIGUR 35: OMRON S8VK-G STRAUMFORSYNING

Dimensjonering av Omron S8VK-G 12V(Figur 35) straumforsyning vart gjort ved berekning av pumpeeffekt. Pumpene i modellen trekkjer, ved maks effektforbruk, 3 Ampere kvar(vedlegg 09). Dersom alle tre pumpene går samtidig, er det mogleg at dei trekkjer 9 Ampere til saman. Sidan ei straumforsyning som driftar alle pumpene samla var meir kostbar enn tre individuelle straumforsyningar, valde vi å setje inn ei straumforsyning til kvar av pumpene. Kvar straumforsyning er på 60W/4,5A.

For dimensjonering av Omron S8VK-C 24V straumforsyning, tok vi omsyn til alle komponentane som går på 24 V. På vår modell gjeld dette PLS, ventilar og LED-lys. Dette er komponentar som er lite effektkrevjande. Vi vel difor, etter diskusjon med Normatic og liknande berekningar som over, ei straumforsyning på 120W/5A.

6.3.4 STYRINGSKORT

Ved styring av pumper i Normatic sine anlegg, nyttast vanlegvis frekvensomformarar. Dette er ein vanleg metode for pumpestyring. Pumpene i anlegga til Normatic er av betydeleg større dimensjon enn i vår modell, i tillegg er dei drivne av AC-motorar [8].

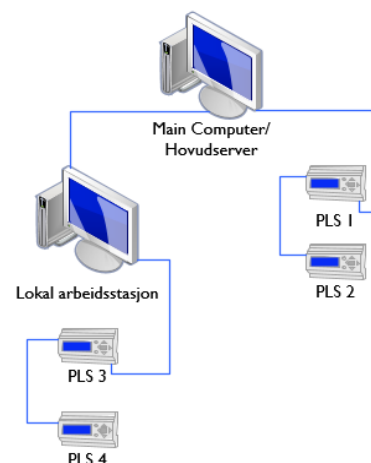


FIGUR 36: EM-174A STYRINGSKORT

Sidan pumpene i vårt anlegg er mindre, og drivne av 12 VDC, er det hensiktsmessig å nytte eit styresystem som har meir passende dimensjonar. Etter dialog med Normatic valde vi å nytte eit styringskort av typen Electromen EM-174A DC-motor driver (Figur 36), som er designa for styring av små DC-motorar (vedlegg 18). Dette kortet regulerer pumpepenninga ved hjelp av styringssignalet det får frå PLSen (0-10V). Hovudstraumen går frå 12 V straumforsyning, via styrekortet og ut til pumpa.

I programmet til modellen er det nytta ein kombinasjon av ferdigutvikla objekt/funksjonar og EXOL. Dei ulike programdelane(objekt og liknande) som vert oppretta i EXOdesigner vert eksekvert i tasker⁵. Desse vert køyrd i intervalla frå kvart 100. millisekund til kvart 2. sekund.

Systemoppbygging i EXOdesigner føregår ved oppretting av prosjekt. Prosjekta i EXOdesigner føl fast strukturert oppbygning. Med dette meinast at ein må opprette ein “Main Computer”/hovudserver, som fungera som styringsorgan. Vidare er lokale arbeidsstasjonar og PLSar plassert systematisk “under” denne. Figur 39 syner eksempel på prosjektoppbygning i EXOdesigner. Innstilling for PLSar og kommunikasjonsoppsett mellom PLS og PC (IP-adresser og liknande), vert konfigurert direkte i EXOdesigner.



FIGUR 39: EKSEMPEL AV OPPBYGNAD PROSJEKT I EXODESIGNER

I EXOdesigner har vi utvikla HMI system ved hjelp av “EXO4”. EXO4 er ein programvare som er ein del av EXOdesigner. At HMI og programutvikling føregår i same programmeringsverktøy gjer at det vert mindre utfordringar knytt til kompatibilitet mellom dei ulike delane av styringsystemet [33].

7.1.2 EXOL

EXOL er eit høg-nivå programmeringsspråk, utvikla av Regin og nytta i deira EXO-system. Det er bygd opp slik at det skal vere mest mogleg brukarvenleg for programmering av PLS-styring av ulike automatiseringsprosessar.

EXOL som programmeringsspråk er ikkje ulikt det meir kjende programmeringsspråket BASIC⁶. Syntakstar og kommandoar i dei to språka har lik oppbygning [35,33].

⁵ Task: “Fil” i EXOdesigner som inneheld programkode. Programkoden innan ein task vert utført sekvensielt frå «topp til botn». Fleire task-filer kan køyrast samtidig (multitasking) [34].

⁶ BASIC: “Beginner’s All-purpose Symbolic Instruction Code”. Tidlig utvikla programmeringsspråk som fremdeles er populært på grunn av at det er enkelt å lære og forstå, og at syntakstane er enkle [63].

7.1.3 EXO4

EXO4(Figur 40) er som tidligare nemnt HMI-systemet i EXOdesigner [36]. EXO4 kan nyttast for å utvikle detaljerte HMI. Ved hjelp av EXO4 kan ein, via PC, overvake og styre modellen. PCen kontrollera PLSen, som igjen kommunisera med alle prosessane. Dette inkludera både oversikt over måleverdiar, styring av pådragsorgan, kontroll/handtering av alarmer, samt display av trend/logg frå ulike målarar.



FIGUR 40: EXO4 (LOGO)

EXO4 gir også rom for designmessige variasjonar i HMIen. Ein kan både nytte ferdig utarbeidde bibliotek, eller designe egne symbol [36]. Dette gjer at utviklaren sjølv kan bestemme funksjon, utsjånad og design i større grad. Figurane vi nyttar i HMIen er utarbeidd med utgangspunkt i norma frå Norsk Vann. EXO4 vert tilknytt prosessane ved at ein tileignar dei ulike delane av HMIen til variablane/objekta som ein nyttar i programmeringa.

7.2 PROGRAM, PROGRAMSTRUKTURAR OG STYRING

7.2.1 INNGANGAR, UTGANGAR OG VARIABLAR

Alle signalverdiar og variablar nytta i programmeringa, har ein viss størrelse og ein gitt struktur. I EXOdesigner vert dei tilknytt ein av datatypene som er presentert i tabellen under (Tabell 5) [34]:

TABELL 5: VARIABELTYPAR I EXODESIGNER

Kode	Variabel	Størrelse
L	Logisk	Logisk variabel 0 = false, 1=true. Binær.
X	Indeks	Kort positiv integer [0...255]. Positive heiltal.
I	Integer	Integer variabel [-32768...32767]. Heiltal.
R	Real	Real variabel [-3,3x10 ³⁸3,3x10 ³⁸]. Flyttal.

Inngangane og utgangane nytta i PLSen vart bestemt utifrå instrumenteringa av modellen. Målingane som vert gjort; nivåmåling, trykkmåling og gjennomstrøymingsmåling, er tilknytt inngangane, medan utgangane frå PLSen kontrollera styringa av pumper og ventilar. Signala til og frå PLSen er anten analoge eller digitale. Ein enkel oversikt over I/O er presentert i Tabell 6.

TABELL 6: ENKEL I/O LISTE MED FORKLARING

Tag	Kommentar	IO type/nr	Signal
P01_FT01_Puls	Gjennomstrøymingsmålar mellom inntaksbasseng og råvatnbasseng	DI1	24VDC
FILT_FT02_Puls	Gjennomstrøymingsmålar mellom råvatnbasseng og reinvatnbasseng	DI2	24VDC
LT01	Nivåmålar inntaksbasseng	AI1	0-10V
LT02	Nivåmålar råvatnbasseng	AI2	0-10V
LT03	Nivåmålar reinvatnbasseng	AI3	0-10V
LT04	Nivåmålar høgdebasseng	AI4	0-10V
PT01	Trykkmålar etter pumpe 3 før manuellventil, frå filter til høgdebasseng. Forbruk.	UI1 (AI)	0-10V
FILT_SV01	Magnetventil 1, frå råvatnbasseng til filter	DO1	24V
FILT_SV03	Magnetventil 3, frå filter til inntaksbasseng	DO2	24V
FILT_SV04	Magnetventil 4, mellom spylepumpe og filter	DO3	24V
P03_SV05	Magnetventil 5, frå høgdebasseng til inntaksbasseng	DO4	24V
P01	Signal til relè/spenningsregulator pumpe 1	DO5	24V
FILT_P02	Signal til relè/spenningsregulator pumpe 2	DO6	24V
P03	Signal til relè/spenningsregulator pumpe 3	DO7	24V
P01_Padrag	Pådrag til pumpe 1, pumpe frå inntaksbasseng til råvatnbasseng.	AO1	0-10V
FILT_P02_Padrag	Pådrag til pumpe 2, pumpe frå inntaksbasseng til filter. Spyling.	AO2	0-10V
P03_Padrag	Pådrag til pumpe 3, pumpe frå reinvatnbasseng til høgdebasseng.	AO3	0-10V
FILT_RV01_Padrag	Pådrag til reguleringsventil. Mellom råvatnbasseng og reinvatnbasseng	AO4	0-10V
FILT_SV02_Padrag	Magnetventil og UV-filter mellom filter og reinvatnbasseng. Fungerar som DO	AO5	0-10V
Forklaring			
P01_	Alle variablar knytt til dei delane av prosessen kring pumpe 1, startar med P01_		
FILT_	Alle variablar knytt til dei delane av prosessen kring Filter, startar med FILT_		
P03_	Alle variablar knytt til dei delane av prosessen kring pumpe 3, startar med P03_		
UI	Universal inngang		

Meir detaljert I/O-liste er presentert som vedlegg (vedlegg 20).

KALIBRERING OG BEREKNING AV ANALOGE SIGNAL

Felles for dei analoge inngangane og utgangane er at ein i programmet kan kalibrere signalet knytt til kvar enkelt av dei. Dette er justeringar som vert gjort for at signalet frå givarane skal gje det måleområdet ein ynskje (til dømes cm), og for at signalet til aktuatorane skal gje ynskja pådrag (til dømes %). Programmet gir rom for ulike justeringsmoglegheiter. Dei parameterane som oftast vert endra i forbindelse med dette er “offset”-verdi og skaleringsverdi. Figur 41 illustrera korleis det vert gjort for pumpe 1 (P01). Dette vert gjennomført på liknande måte for alle inngang- og utgangssignal.

Name:	P01_Padrag
Analog output 1	
Description:	Offset 4V - starta pumping mellom tankane der. 0.035 V/% frå PLS til styringskortet.
Offset	4
Scale	0.035

FIGUR 41: INSTILLING AV ANALOG INNGANG/UTGANG 43

Når ein har berekna dei verdiane ein ynskjer å nytte på det analoge signalet til/frå kvar komponent, er det enkelt å justere offset og skalering i programmet. Fullstendig oversikt over testing, kalibrering og justering av analoge signal, samt teori knytt til dette er presentert tidligare i rapporten (5.4 Signalbehandling).

Alle analoge inngangssignal nytta i programmet vert i tillegg deklarerert til ein programmert tabell, tilknytt faste variablar. Tabellen inneheld generelle variablar som er normalt å nytte på analoge inngangssignal, til dømes grenseverdiar, måleområde og givarområde. Tabellen er utvikla for, og konstruert slik at det ikkje skal vere nødvendig å opprette alle variablane på nytt for kvar enkelt komponent. Ein treng berre å endre verdiane slik at dei vert tilpassa kvart enkelt signal. Oversikt over deklarerings og variabelforklaring er presentert i Figur 42(kvar enkelt komponent er nummerert, og nummerering viser til korleis det er “kopla” saman i programmet).

	1	2	3	4	5	
R CAnaIn[0]						
R LT01						;1 cm 0-20 LT01.Nivåmålar inntaksbasseng
R LT02						;2 cm 0-25 LT02.Nivåmålar råvatnbasseng
R LT03						;3 cm 0-25 LT03.Nivåmålar reinvatnbasseng
R LT04						;4 cm 0-30 LT04.Nivåmålar høgdebasseng
R PT01						;5 bar 0-0.1 PT01.Trykkmålar forbrukar
						----- Forklaring -----
R AI_LoOL[24]	=0	-4	-4	-4	-4	-0.06 R AI_LoOL - Sensoralarm på nedre målestørrelse,
R AI_HiOL[24]	=0	104	104	104	104	0.35 R AI_HiOL - Sensoralarm på øvre målestørrelse,
R AI_LL[24]	=0	2	2	2	2	-0.02 R AI_LL - Lav alarm
R AI_HL[24]	=0	16	18	18	30	0.20 R AI_HL - Høy alarm
R AI_Hy[24]	=0	0.5	0.5	0.5	0.5	0.05 R AI_Hy - Hysterese for høy/lav alarm
L AI_AB[24]	=0	0	0	0	0	0 L AI_AB - Blokkere alarm Ja/Nei
I AI_OnD[24]	=0	20	20	20	20	20 I AI_OnD - OnDelay på alarm
I AI_ofD[24]	=0	10	10	10	10	10 I AI_ofD - OffDelay på alarm
R AI_In[24]	=0	0	0	0	0	0 R AI_In - Verdi som brukes inn på Analogobjektet.
L AI_Fon[24]	=0	0	0	0	0	0 L AI_Fon - Parallell offset, +/-
R AI_FVal[24]	=0	0	0	0	0	0 L AI_FVal - Fryse måling, Ja/Nei
L AI_SAl[24]						R AI_SAl - Verdi på måling når fryst. Kan fritt endres av operatør etter frysing.
X AI_Ind[24]						L AI_SAl - Sensor alarm om utanfor LoOL/HiOL
						X AI_Ind - Status indikasjon. 0 Normal 1 Alarm 2 Fryst 3 Sensor alarm
I Ct_SP[24]	=0	10	10	10	10	10 I Ct_SP - Sampleperiode (Antall sekund mellom hver sampling. Det er 120 samplinger pr trend)
R Ct_Min[24]	=0	0	0	0	0	0 R Ct_Min - Minste verdi på trendkurve
R Ct_Max[24]	=0	20	25	25	35	0.30 R Ct_Max - Største verdi på trendkurve
L Ct_Res[24]						L Ct_Res - Resette trendkurve (variabel nullstilles automatisk)

FIGUR 42: VARIABELLISTE TILKNYTT ANALOGE INNGANGAR

DIGITALE INNGANGAR – PULS

Med analoge inngangssignal kan ein i mange tilfelle forstå/tolke ein måleverdi direkte frå det signalet ein les inn. Dersom ein nyttar pulsar(digitalt signal) som målesignal, som i gjennomstrøymingsmålinga, er det vanskelegare å forstå noko samanheng direkte frå signalet. For å behandle pulssignala nyttar vi innstillingsmoglegheiter knytt til pulsinnangane i PLSen.

Der er innstillingar på dei digitale inngangane som gjer det mogleg å nytte pulssignalet frå givaren, samt den aktuelle verdien til dette signalet (I/puls), for å kalkulere den faktiske gjennomstrøyminga gjennom målaren. Kalkuleringa skjer ved kvar puls og/eller i fastsette periodar. Gjennomstrøyminga vert berekna til ulike einingar som ein kan velje (til dømes liter eller m³ pr. tidseining).

Sidan dimensjonane til modellen er forholdsvis små nyttar vi I/s som eining. Inngangane kan også kalkulere til dømes gjennomstrøyminga for ulike periodar, og total gjennomstrøyming sidan målarer vert sett i drift. Desse innstillingane vert sett på same måte som for “offset” og skalering i dei analoge I/O-ane.

Dei kalkulerte verdiane vert knytt til ulike variablar som vi nyttar i programmet. Desse vert nytta til dømes i reguleringsamanheng for styringane i modellen og for å kunne overvake prosessane i HMIen.

I tillegg til variablane tilknytt inngangar og utgangar er det også deklartert eigne programmeringsvariablar som vert nytta i styringa og i tilknytning til HMIen. Dette er variablar for til dømes sekvensstyring, styringsgrenser og andre variablar nytta internt i programmeringa. Fullstendige liste over desse er presentert som vedlegg (vedlegg 21).

7.2.2 OBJEKT

Objektorientert programmering (OOP) er vanleg å nytte når ein skal programmere styring av anlegg som nyttar utstyr/komponentar som har liknande grunnleggjande eigenskapar. Dette kan vere eigenskapar som til dømes driftstilstand og/eller pådrag. OOP gjer programmeringa lettare, meir effektiv og meir systematisk. Når ein nyttar OOP opprettar ein instansar av objekt som allereie er utvikla. Instansar av objekt (objektkopiar) kan til dømes omfatte styring av ulike komponentar som tek utgangspunkt i same verkemåte. Eit døme på instansar kan vere pumpe 1 (P01) og pumpe 2 (P02) i modellen. Desse er instansar av det som vert kalla “Symbolobjekt” (sjå avsnitt om Symbolobjekt), som er ein type objekt nytta i styringa av modellen. Ved å nytte ferdigtesta objekt veit ein at funksjonane tilknytt objektet fungera. Dette kan vere berekningar av algoritmar, verdikonverteringar eller liknande. Ein sparar seg dermed tid og arbeid knytt til testing og retesting av allereie ferdigutvikla programmeringssløyfer [37,38].

I EXOdesigner er der eit integrert sett av objekt som kan nyttast i programmeringa. Dette er objekt som inneheld velkjende funksjonar innan styring av automatiske system, og er utvikla til dette føremålet [34]. Nokre av objekta nytta i programmeringa av modellen fins originalt i EXOdesigner, medan nokre er utvikla av Normatic. Funksjonane til dei originale objekta er også justert av Normatic, for å fungere best mogleg for styring av VA-anlegg. I tillegg har vi finjustert objekta og objektparameterane for å fungere best mogleg med dimensjonane til modellen.

Enkelte av funksjonane tilknytt nokre av objekta byggjer på omfattande teoretisk grunnlag, dette vert grundigare presentert i den teoretiske delen av rapporten (5.0 Teori).

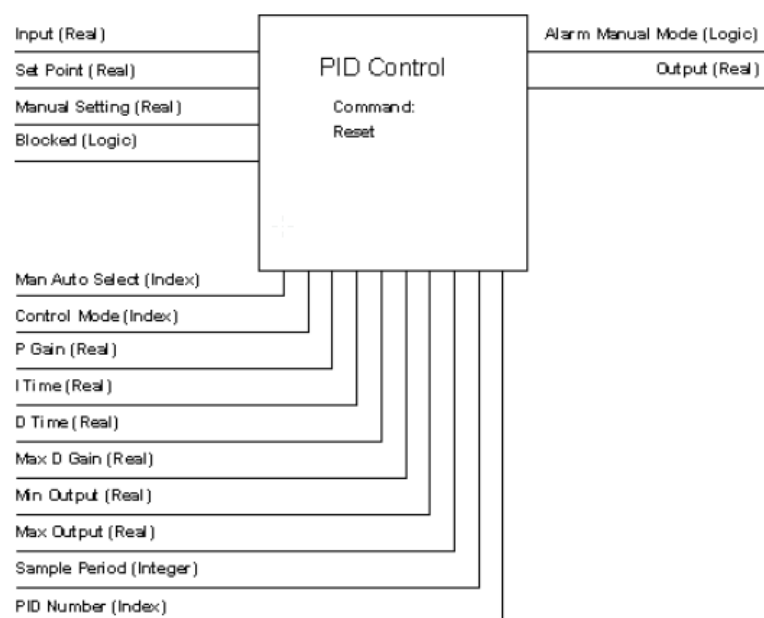
Når ein opprettar instansar av objekt i EXOdesigner, vert det for dei ulike instansane oppretta eigne objektvariablar og programsløyfe, samt eit eige “minne” i PLSen.

Variabelverdiane i kvar instans kan tilordnast til dømes måleverdiar lest direkte frå givarane eller det kan vere manuelt sette verdiar frå operatøren. Desse vert nytta både i

programmet og HMlen, ein kan også nytte dei vidare i andre instansar frå andre objekt.

Figur 43, viser grafisk, korleis objektoppbyggnad ser ut for eit objekt for PID-regulering.

(Merk at programmet ikkje er programmert grafisk, men med strukturert tekst. Figuren er berre for å illustrere).



FIGUR 43: ILLUSTRASJON STRUKTUR PID-OBJEKT

Dei ulike objekta nytta i programmet er presentert under. Fokuset er på korleis objekta vert nytta direkte i vårt program og funksjonane tilknytt dette. For nokre av objekta er der også andre parameterar og funksjonar ein kan nytte, men for at det ikkje skal bli for detaljert har vi valt å ikkje presentere dette.

PID-OBJEKT

For innføring, berekningar og teori knytt til PID-regulering i anlegget, sjå kapittel 5.5

Regulering. “PID-objekt” i modellen er tilknytt pådrag til pumper og reguleringsventil.

Inngangssignal til objektet er ynskjeverdi og målesignal på til dømes nivå eller

gjennomstrøyming. P, I og D-ledda vert sett individuelt for kvar instans av objektet.

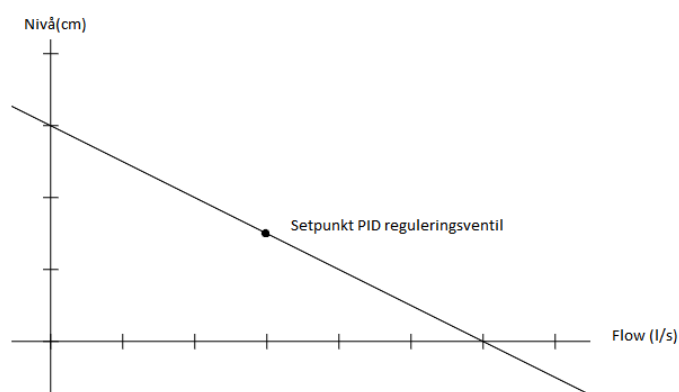
Dette vert sett med utgangspunkt i verdiar vi har kome fram til under tuning av regulatorane for kvart enkelt pådragsorgan/prosess. I PID-objektet kan vi også endre samplingstida på målingane på inngangssignalet, samt grenseverdiane for utgangssignalet. Tilordning av dei ulike parameterane vert gjort enten i programmet eller via HMI. Det er også mogleg å deaktivere PID-regulering, ved å setje regulatoren til inaktiv. Dette vert gjort automatisk når vi vel manuell styring av komponentane som er tilknytt kvar enkelt instans. Dei instansane av PID-objekt vi nyttar i programmet er presentert under (Tabell 7).

TABELL 7: OVERSIKT PID-REGULATORAR I STYRING

Nr.	Funksjon
1	Regulering av pumpepådrag for pumpe 1. Pumpe vatn mellom inntaksbasseng og råvatnbasseng. Regulerar nivå.
2	Ikkje i bruk. På grunn av at vi nyttar same nummer som for symbol/driftsval.
3	Regulering av pumpepådrag for pumpe 3. Pumping til forbrukar. Regulerar trykk
4	Regulering av pådrag til reguleringsventil. PID nr. 2 i kaskaderegulering. Regulerar nivå i reinvatnbasseng

KASKADEOBJEKT

For innføring og teori knytt til kaskaderegulering, sjå kapittel 5.5 Regulering. “Kaskadeobjektet” vi nyttar i programmet operera i prinsippet som ein av PID-regulatorane i ei generell kaskaderegulering. Objektet er programmert for å fungere som ein P-regulator, som illustrert i Figur 44.



FIGUR 44: GRAF ILLUSTRERER VERKEMÅTE TIL P-REGULATOR I KASKADEOBJEKT

Ein kan også stille inn verkemåten til objektet, avhengig om det skal ha revers- eller direkteverkande effekt i systemet. Det vil sei om pådraget til aktuatoren som regulerer mengda vatn inn/ut frå bassenget skal auke eller minke i forhold til korleis nivået endrar seg [39]. I tillegg er det i objektet parameterar som skal setjast avhengig av systemverdiar i anlegget. Dette er i vårt tilfelle til dømes maks/min nivå i reinvatnbasseng (LT03) og maks/min gjennomstrøyming (FT02) i reguleringsventilen (RV01), montert i forkant av bassenget.

I modellen er verdiane lest til “kaskadeinstansen” knytt til nivågivaren i reinvatnbassenget. Utgangssignalet er ein ynskjeverdi for gjennomstrøyminga. Dette vert nytta vidare i ein instans av PID-objektet, som regulerer pådraget til reguleringsventilen.

TRENDOBJEKT

For kvart analoge inngang- og utgangssignal er det oppretta ein instans av “Trendobjekt”. Funksjonen til objektet er å sample og presentere signalverdiar. Instansane vert vidare knytt til HMlen og til logging av signalet. I trendobjektet kan ein, for kvar instans, bestemme grenseverdiar for presentasjon av signalet, i tillegg kan ein bestemme samplingstida mellom kvart signal.

Det er også ein variabel som vert nytta for å resette målingane av det analoge signalet. Alle dei nemnde funksjonane er mogleg å stille inn/velje i programmet og/eller i HMlen direkte.

Tabell 8 viser oversikt over instansane av trendobjektet som er nytta.

TABELL 8: OVERSIKT TREND/LOGGING-INSTANSAR I STYRINGA

Nr.	Funksjon
1	Nivåmåling inntaksbasseng
2	Nivåmåling råvatnbasseng
3	Nivåmåling reinvatnbasseng
4	Nivåmåling høgdebasseng
5	Trykkmåling til forbrukar
6	Pumpepådrag pumpe 1 (mellom inntaksbasseng og råvatnbasseng)
7	Pumpepådrag pumpe 2 (spylepumpe)
8	Pumpepådrag pumpe 3 (forbrukarpumpe)
9	Reguleringsventil 1 (mellom råvatnbasseng og reinvatnbasseng. Bypass)
10	Gjennomstraumningamålar 1 (mellom inntaksbasseng og råvatnbasseng)
11	Gjennomstraumningsmålar 2 (mellom råvatnbasseng og reinvatnbasseng. Bypass. Kaskade)

SYMBOLOBJEKT

For kvar aktuator/komponent(til dømes pumpe 1) nytta i modellen er det oppretta ein instans av det som i Normatic sine system vert kalla, “Symbolobjekt”. Dette er eit objekt for å handtere drift og kontroll av alle aktuatorane som skal styrast frå programmet og HMlen. Funksjonen til dette objektet er knytt til behandling av signal til/frå komponentane, og for strukturering av komponentar i program og HMI.

Kvar enkelt instans som vert oppretta, vert på same måte som analoge inngangar, tilknytt ein tabell med variablar. Dette er faste variablar for funksjonar som er felles for dei fleste kontroll- og styringsorgan, som til dømes driftstilstand(av/lukka, på/open, auto), feilsignal og maks/min-pådrag. Kvar komponent vert også nummerert. Dette nummeret føl komponenten i programmet og HMlen.

Når det er løyst på denne måten kan ein nytte same grunnleggande kode/syntaks i program og HMI for alle komponentane. Ein treng berre å endre nummerering og gjere justeringar som er tilpassa kvar komponent. Dette gjer også arbeidet med å “kople saman” program, styring og HMI meir strukturert og mindre arbeidskrevjande. I Tabell 9 vert komponent/symbolinstansar presentert slik det er strukturert i programmet.

TABELL 9: SYMBOLINSTANSAR

Nr.	Symbolinstansar – variabelnamn
1	Pumpe 1 – P01
2	Pumpe 2 – FILT_P02
3	Pumpe 3 – P03
4	Reguleringsventil 1 – FILT_RV01
5	Styringsventil 1 – FILT_SV01
6	Styringsventil 2 – FILT_SV02
7	Styringsventil 3– FILT_SV03
8	Styringsventil 4 – FILT_SV04
9	Styringsventil5 – P03_SV05

Dei ulike verdiane, variablane og parametrane som er tilknytt kvar enkelt instans, av kvart enkelt objekt, vert stilt inn når instansane vert oppretta. Dette vert gjort på liknande måte som for innstillingar knytt til inngangar og utgangar. Det er også enkelt å justere verdiane ved behov. Vindauge for innstilling av eit objekt kan sjå ut som figuren under (Figur 45), der innstillingar for ein kaskadeinstans er presentert.

Name: Kaskade1
 Type: Kaskade nivå Vann
 Task destination: Very Fast (100 ms)
 Description:
 Signals:

Kaskade med input nivå og ut vannmengde

Signal	Configuration	Connection
Nivå...	LT03	
Sensoralarm...	AI_Sal(1)	
Virkemate...	1	
Nivå.H...	FILT_LT03_KASKH	
Nivå.L...	FILT_LT03_L	
Qmin...	FILT_FT02_QMin	
Qmax...	FILT_FT02_QMax	
Setp...	FILT_FT02_Setp	

FIGUR 45: ILLUSTRASJON INNSTILLINGAR KASKADEINSTANS

7.2.3 ALARMAR OG SIKKERHEIT

For at anlegget skal vere driftssikkert, og for at operatørar på ein sikker måte skal kunne kontrollere og styre modellen, er det fokusert på sikkerheit i utviklinga av programmet.

For alle målingar som vert gjort, både nivå og trykk, er det programmert alarmgrenser. Dette er høg/låg-grenser som gir tilbakemelding når måleverdiane nærmar seg kritiske punkt(Figur 46).

Grenseverdiane er bestemt med bakgrunn i fysisk størrelse/kapasitet på det utstyret/komponentane dei ulike givarane er



FIGUR 46: ILLUSTRASJON ALARMGRENSER

tilknytt. Eit døme på dette er høg alarm før det er kritisk høgt vassnivå i eit av bassenga, eller låg alarm for å kontrollere at pumpene ikkje vert tørrkøyrde. I tillegg til alarmane har vi også programmert “forriglingar” som vil kunne stoppe drift av komponentar avhengig av måleverdiar og status på andre komponentar. Dette er til dømes pumpe som ikkje vil kunne starte utan at tilhøyrande ventilar er opne, eller for beskyttelse av trykkmålaren mot for høgt trykk.

I tilknytning til trykkmålaren (PT01) i modellen nyttar vi også ein “kvitteringsfunksjon” for alarman. Med dette meinast at når ein alarm går av på grunn av for høgt trykk, vil ein måtte kvittere (trykke på knapp i HMI) for å kunne få den tilhøyrande pumpa (P03) til å starte igjen. Sidan trykkmålaren er tilknytt ein manuell ventil, vil vi ikkje kunne kontrollere dette fullstendig i programmet. Det er meint at operatøren bør sjekke kvifor han ikkje får starta pumpa, før han kvitterar bort alarman. Kvitteringsfunksjonen er også programmert for dei andre komponentane, men sidan dette er ein demonstrasjonsmodell har vi valt at desse alarmane ikkje har noko forrigling til nokon komponentar.

Difor vil utstyret som er knytt til desse alarmane kunne starte igjen dersom måleverdien vert mindre/større enn grenseverdi igjen. Alarman vil likevel ligge der til den vert kvittert, dette for at operatøren skal få beskjed om at det har vore alarm og at ein likevel bør dobbeltsjekke utstyret.

Dei alarmane vi har sett og tydinga av desse vert presentert i tabellen under (Tabell 10).

TABELL 10 ALARMAR MED VERDIAR OG FORKLARING

TAG	Alarmtekst	Betingelse	Grenseverdi(ar)	Eining
AlaPt1	LT01_L Lavnivå grense inntaksbasseng	(LT01<AI_LL(1))	2	cm
AlaPt2	LT01_H Høgnivå grense inntaksbasseng	(LT01>AI_HL(1))	16	cm
AlaPt3	LT02_L Lavnivå grense råvatnbasseng	(LT02<AI_LL(2))	2	cm
AlaPt4	LT02_H Høgnivå grense råvatnbasseng	(LT02>AI_HL(2))	18	cm
AlaPt5	LT03_L Lavnivå grense reinvatnbasseng	(LT03<AI_LL(3))	2	cm
AlaPt6	LT03_H Høgnivå grense reinvatnbasseng	(LT03>AI_HL(3))	18	cm
AlaPt7	LT04_L Lavnivå grense høgdebasseng	(LT04<AI_LL(4))	2	cm
AlaPt8	LT04_H Høgnivå grense høgdebasseng	(LT04>AI_HL(4))	30	cm
AlaPt9	PT01_L Lavnivå grense trykkmåling forbrukar	(PT01<AI_LL(5))	-0.02	bar
AlaPt10	PT01_H Høgnivå grense trykkmåling forbrukar	(PT01>AI_HL(5))	0.20	bar
AiSA1	Sensoralarm givar LT01 utanfor måleområde	(LT01<AI_LoOL(1)) or (LT01>AI_HiOL(1))	-4< LT01 <104	cm
AiSA2	Sensoralarm givar LT02 utanfor måleområde	(LT02<AI_LoOL(2)) or (LT02>AI_HiOL(2))	-4< LT02 <104	cm
AiSA3	Sensoralarm givar LT03 utanfor måleområde	(LT03<AI_LoOL(3)) or (LT03>AI_HiOL(3))	-4< LT03 <104	cm
AiSA4	Sensoralarm givar LT04 utanfor måleområde	(LT04<AI_LoOL(4)) or (LT04>AI_HiOL(4))	-4< LT04 <104	cm
AiSA5	Sensoralarm givar PT01 utanfor måleområde	(PT01<AI_LoOL(5)) or (PT01>AI_HiOL(5))	-0.06< PT01 <0.35	bar
LoOL = Nedre sensoralarmverdi				
HiOL = Øvre sensoralarmverdi				

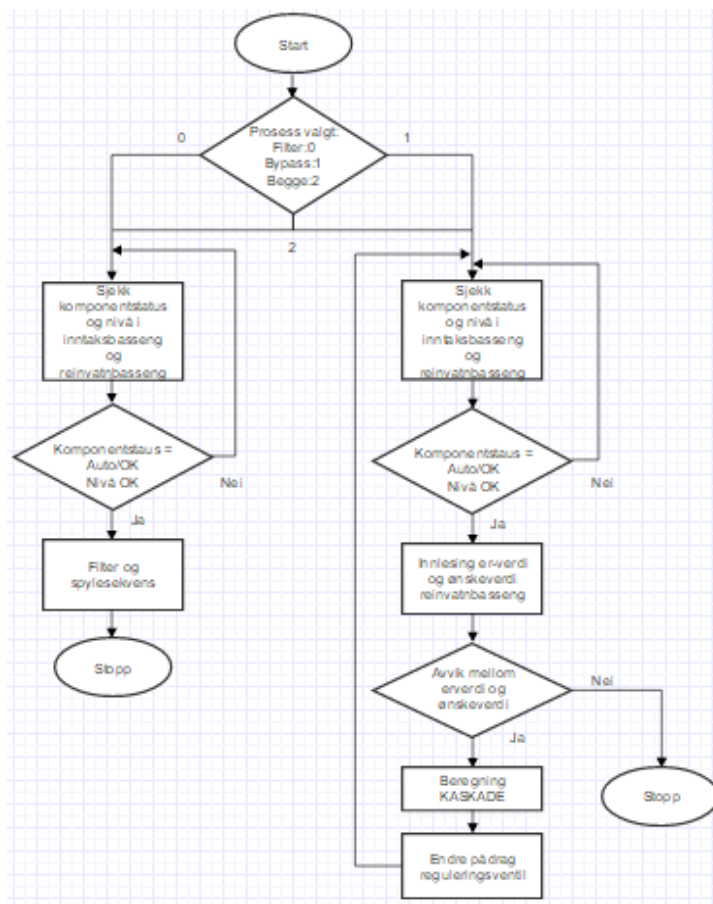
7.2.4 LOGGING OG TREND

Målvordiar vert logga og presentert ved hjelp av "Trendobjekt". Verdiane og alarmar tilknytt modellen vert også loggført i ein database. EXOcompact PLSen har moglegheit til å lagre nokre verdiane internt. Sidan dette er eit avgrensa tal, vert det i tillegg oppretta ein database for å logge informasjon.

Når ein skal opprette ein database skal denne vere tilknytt "main computer"/hovudserver i det aktuelle prosjektet. I EXOdesigner må ein då velje type database ein ynskjer å opprette. For å opprette database og koplinga mellom den og programmet nyttar vi programmet Microsoft SQL Server. Dette er eit databasehandteringssystem utvikla av Microsoft. Dette programmet er eigna til å handtere databehandling mellom ulike programvare [40]. Microsoft SQL Server er kompatibelt med EXO4. Når ein via EXOdesigner opprettar ein database vil SQL server sjølv opprette databasestrukturen og strukturere informasjon. Oppbygginga av databasen vert automatisk generert av Microsoft SQL Server med utgangspunkt i variablane og verdiane vi har bestemt skal loggførast frå modellen, samt samanhengen mellom dei. Det vert på same måte oppretta tabellar for handtering og logging av alarmar. Informasjon som vert logga vert vidare nytta i HMIen, i tillegg som hjelpemiddel når ein til dømes skal berekne parameterane til PID-regulatorar (som vist i kapittel 5.5 Regulering).

7.2.5 FUNKSJON OG PROGRAMSTRUKTUR

I forkant av arbeidet med hovudprogrammet utvikla vi algoritme for modellen. Dette er eit verkemiddel for å systematisk illustrere prosessar og rekkefølgiene prosessane føregår i. Algoritme bidreg til å gjere programmeringa enklare og programmet vert meir oversiktleg og robust [41]. Anlegget kan grovt “delast opp” i tre sløyfer/prosessar som kan gå uavhengig av kvarandre. Det vart difor utvikla tre forskjellige algoritmar. Algoritme for filtreringsprosessen er presentert under(Figur 47). Alle algoritmane er presentert i vedlegg 22.



FIGUR 47: ALGORITME FILTRERINGSPROSESS

Prosessane i modellen kan gå sekvensielt, utan påverknad frå operatør, eller dei kan styrast manuelt frå HMI. For at styringa skal gå automatisk må komponentane som inngår i den aktuelle sløyfa vere sett i driftstilstand; auto (automatisk modus) i program/HMI, i tillegg må visse grunnleggande betingelsar vere oppfylt. For kvar komponent som er styrt frå PLSen, er det programmert «driftsval». Gjennom dette kan ein velje at komponenten skal køyrast i ulike modus/driftstilstandar. Dette omfattar av/lukka, på/open og auto. Driftstilstandane til komponentane kan veljast uavhengig av kvarandre. Figur 48 syner korleis driftsvalstyringa er programmert for reguleringsventilen (RV01).

```

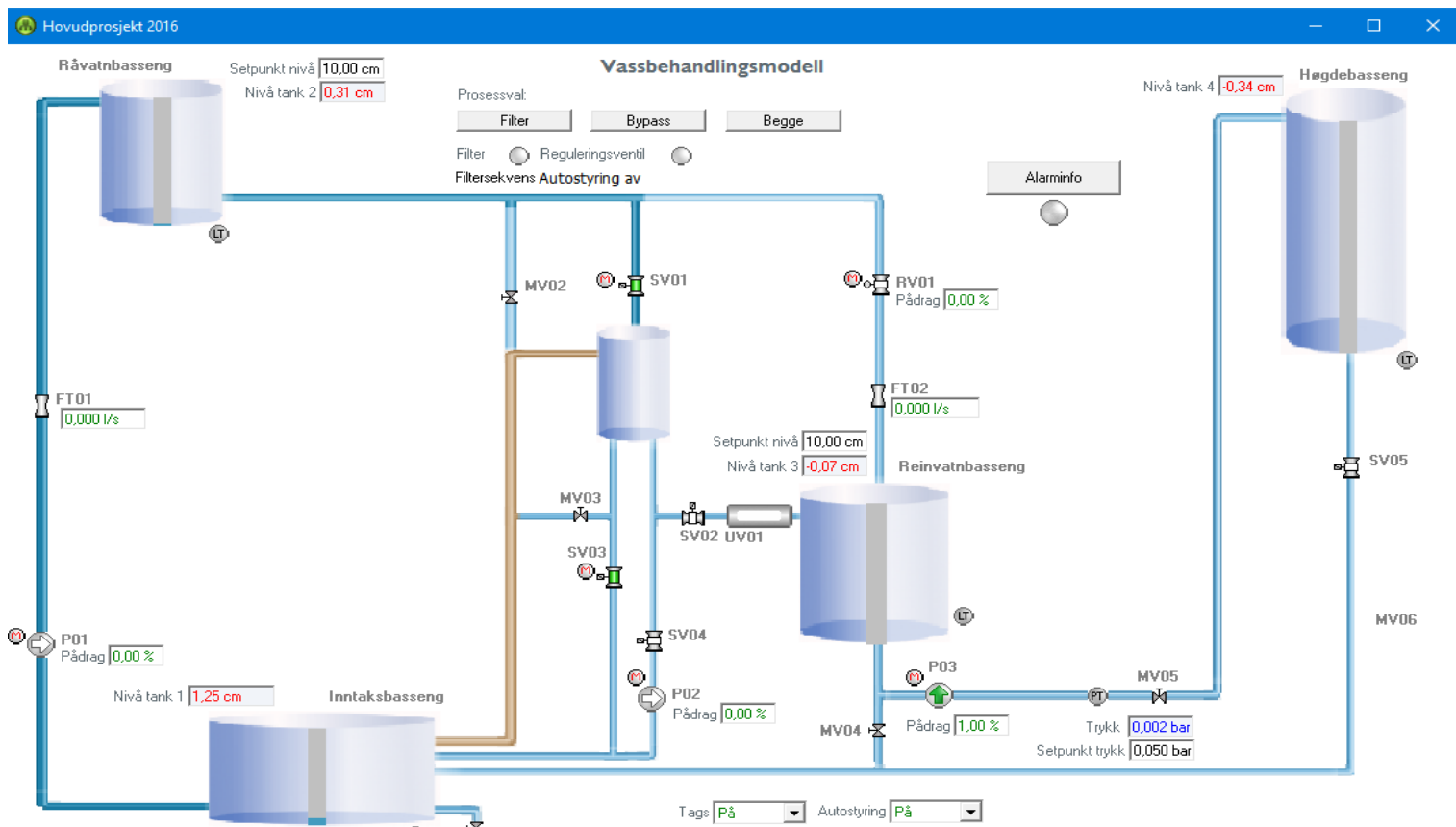
Switch DrValg(4)
;Pole 0
FILT_RV01_Padrag = 0 ;Dersom AV
PID_Man(4) = 0

Pole 1
FILT_RV01_Padrag = Man(4) ;Dersom Manuell
PID_Man(4) = Man(4)

Pole 2
FILT_RV01_Padrag = FILT_RV01_Padrag_I ;Dersom Auto
EndSwitch
    
```

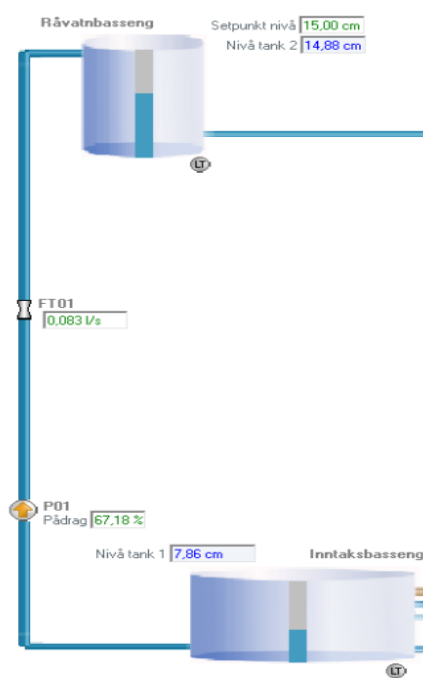
FIGUR 48: DØME PÅ PROGRAMMERING AV DRIFTSVAL FOR REGULERINGSVENTIL

I tillegg er det lagt inn ei styring/variabel der ein kan skru av “automatisk modus” for alle komponentane samtidig. Dette vil fungere som ein “naudstopp” for operatøren. Dette er gjort for å auke sikkerheita knytt til køyring av dei ulike prosessane. Dette kan ein sjå nedst i Figur 49. Figur 49 syner HMI-bilete for heile modellen.



FIGUR 49: HOVUBILETE TIL HMI AV HEILE MODELLEN

Den første prosessen (Figur 50) omfattar pumping av vatn frå inntaksbassenget til råvatnbassenget. Målet er å vise ei enkel reguleringsløyfe der ein regulerer pådrag til pumpe I (P01), med utgangspunkt i nivået i, og/eller gjennomstrøyminga (FT01) til, råvatnbassenget. I utgangspunktet er pumpepådraget programmert til å regulerast med PID-regulering, med nivået i råvatnbassenget som referanse.



FIGUR 50: FØRSTE PROSESS I MODELLEN

Pumpepådraget til pumpe 1 vil med andre ord endre seg alt etter kva nivået i råvatnbassenget er, kva ynskjeverdien på nivået er sett til, og etter kva forstyrningar som eventuelt er på nivået.

For at denne sløyfa skal kunne gå automatisk må pumpe 1 (P01) vere i automatisk modus. I tillegg er det lagt inn betingelse om at det skal vere eit minimum av vassnivå i inntaksbassenget og eit maksimum av vassnivå i råvatnbassenget. Dette for å unngå tørrkøyring av pumpa og for at vatnet ikkje skal nå kritisk høgt nivå.

Vidare har vi lagt inn ein margin mellom kvar pumpa skal skru seg automatisk av/på. Når det er nådd maks vassnivå i råvatnbassenget vil pumpa skru seg av. Den vil deretter ikkje skru seg på igjen før nivået er under eit gitt punkt (sett til ynskjeverdi). Utdrag frå programstyringa er presentert i Figur 52. Dette er gjort slik for at pumpa ikkje skal ligge å veksle av/på rundt maksimalnivået til råvatnbassenget. Liknande betingelsar er programmert for andre pådragsorgan i andre delar av modellen.

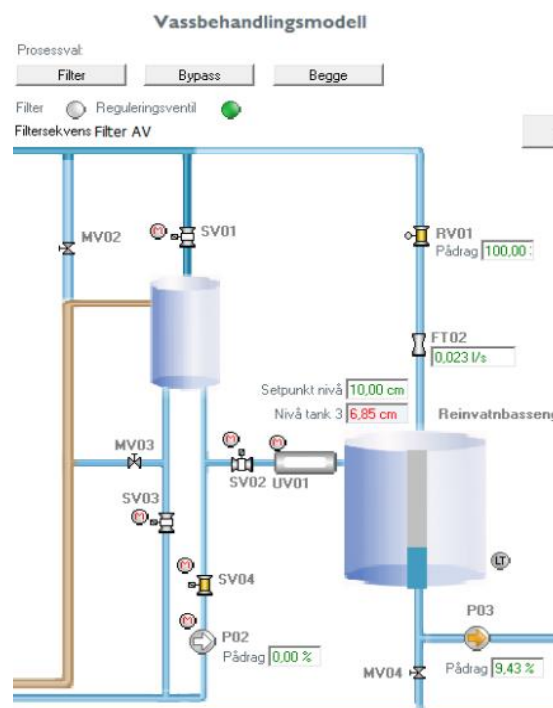
```

;P01-Styring
If (LT02>P01_LT02_H)
    P01_Start_I = 0
EndIf
If (LT02<P01_LT02_setpunkt)
    P01_Start_I = 1
EndIf

```

FIGUR 52: EKSEMPEL FRÅ PROGRAM PUMPESTYRING

Den andre sløyfa i anlegget (Figur 53) omfattar filtreringa og reguleringsventilen. I denne sløyfa vert vatn transportert frå råvatnbassenget til reinvatnbassenget. Dette kan føregå på tre forskjellige måtar. Ein kan enten nytte filtrering, bypass, eller opne for både filtrering og bypass. Med bypass meinast å transportere vatn utanom filteret, via reguleringsventilen. Dei ulike alternativa er programmert inn i programmet og presenterte i HMlen, der dei kan veljast/styrast direkte. Dersom ikkje anna er valt går vatnet gjennom filtreringane. Bypassløyfa er bygd opp med same programstruktur som den første prosessen i anlegget. Det som er forskjellen er at nivået i reinvatnbassenget vert regulert ved hjelp av kaskade, og ikkje ein individuell PID-regulator.



FIGUR 53: DEN ANDRE PROSESSEN I MODELLEN

Kaskadereguleringa nyttar gjennomstrøymingsmåling (FT02) og nivåmåling (LT03) som referanseverdier for berekning av pådrag til reguleringsventilen (RV01).

Filterdelen omfattar både filtrering av vatn, samt reingjering og modning av filter. For automatisk styring av denne delen er det i programmeringa nytta ein metode som er velkjent i styring og kontroll av automatiseringssystem. Denne metoden vert omtalt som “Finite state machine” (FSM), på norsk “Endeleg tilstandsmaskin”. Dette er ein matematisk modell nytta for å konstruere sekvensielle logiske kretsar. FSM er i prinsippet ei abstrakt maskin som kan være i eit *endeleg* tal tilstandar. Maskina er i kvar tid i ein bestemt tilstand. Ei utløysande hending, eller eit oppfylt krav, kan få maskina til å gå til ein annan bestemt tilstand. Dette kallast transisjon [42]. Filtreringsprosessen i modellen er delt opp i eit endeleg tal tilstandar. Dei ulike tilstandane til filteret er presentert i Tabell 11.

TABELL 11: FILTERTILSTANDAR

Tilstand/Pole nr.	Symbolkomponent med variabelnamn
0	Filter av
1	Varmar opp UV01 og opnar SV02
2	Opnar SV01 og filtrerar vatn frå råvatn til reinvatn
3	Lukker SV01 og fortsetter filtrering
4	Avslutter UV01 og lukker SV02
5	Opnar SV04 – Spyleventil
6	Starter spyling av filter – Pumpe 2
7	Reingjering av filter
8	Avsluttar spyling
9	Lukker SV04
10	Startar modningsprosess
11	Opnar SV03
12	Opnar SV01
13	Lukkar SV01. Avsluttar modningsprosess og lukkar SV03
14	Autostyring av.

Vidare er det programmert slik at desse tilstandane vert eksekvert sekvensielt, med utgangspunkt i kva som er “riktig rekkefølge”, og om gitte betingelsar er oppfylt. Betingelsar og krav kan til dømes vere måleverdier eller tidsmålingar. Ved å nytte denne metoden kan ein heile tida kontrollere kva del av filtreringa som vert køyrd. Det vert også lettare å kontrollere overgangen mellom, og dermed også sikkerheita, i dei ulike tilstandane. Figur 54 presentera eit kort utdrag frå korleis vi har løyst dette med FSM i programmet.

```

Po1e 2                                     ;Opnar SV01 og filtrerer vatn til reinvatnbasseng til LT03 Høggrense (eventuelt i 30s)
  FILT_SV01_I = 1
  If((LT03>(FILT_LT03_H)) Or (T>T30))
    FILT_Filter_sekv = 3
    T = 0
  EndIf

Po1e 3                                     ;Stenger SV01 og ventar 60 sekund
  FILT_SV01_I = 0
  If(T>T60)
    FILT_Filter_Sekv = 4
    T = 0
  EndIf

Po1e 4                                     ;Stenger SV02 og skruv av UV01, ventar 5 sekund.
  FILT_SV02_Padrag_I = 0
  If (T>T5)
    FILT_Filter_sekv = 5
    T = 0
  EndIf

Po1e 5                                     ;Opnar SV04, ventar 1 sekund
  FILT_SV04_I = 1
  If(T>T1)
    FILT_Filter_sekv = 6
    T = 0
  EndIf

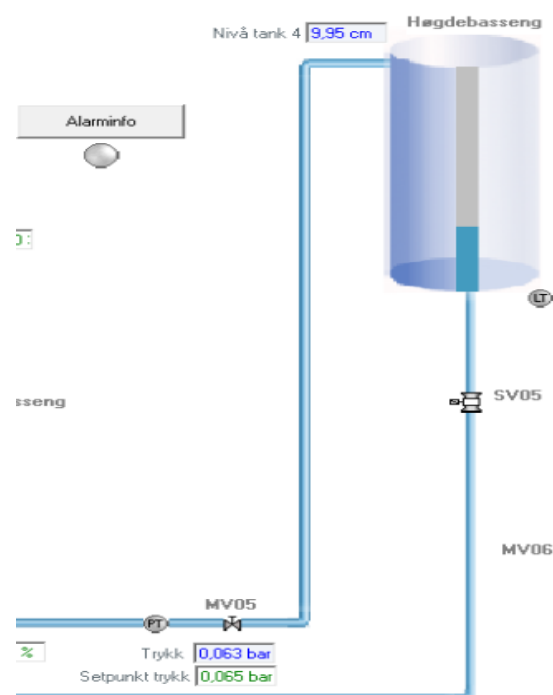
```

FIGUR 54: UTDRAG FRÅ PROGRAM SOM STYRER FILTRERINGSSEKVENSAANE (FSM)

I den siste sløyfa(Figur 55) vert det vist korleis distribusjon av vatn til forbrukar kan føregå. Dette vert illustrert gjennom pumpe 3 (P03) som leverar vatn til forbrukar/høgdebasseng. Mellom pumpa og høgdebassenget er det montert ein trykkmålar (PT01), og ein manuell ventil. Ved hjelp av manuellventilen kan vi simulere eit forbruk. Vidare skal pumpa ved hjelp av PID-regulering halde trykket til forbrukar på eit bestemt nivå, uavhengig av kva simulert forbruk er.

Sidan det i denne prosessen vert nytta ein manuell ventil som vi ikkje kan kontrollere i programmet, er det programmert ei forrigling mellom trykknivået og pumpa. Vi nyttar vidare kvitteringsfunksjonen for pumpe 3. Dette har vi gjort hovudsakleg for å beskytte trykkmålaren, men også for å illustrere kvitteringsfunksjonen. Denne forriglinga fungera både i automatisk modus og ved manuell styring.

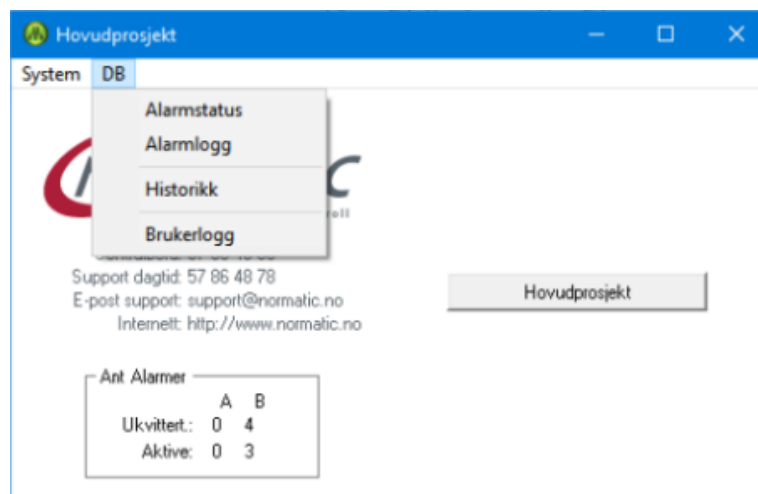
Heile hovudprogrammet er presentert i vedlegg 23.



FIGUR 55: SISTE PROSESS I MODELLEN

7.3 HMI

Eit HMI (Human-machine interface), på norsk menneske-maskin grensesnitt, er grensesnittet mellom operatøren og modellen. HMlen viser ei grafisk oppbygging av modellen og gjev operatøren moglegheit til å overvake dei ulike prosessane. I HMlen kan ein få presentert måleverdiar frå givarar og ein kan også påverke prosessar med å setje til dømes pådrag til komponentar, ynskjeverdi på nivå eller liknande [43,44,45]. Som nemnt tidligare er HMlen utvikla i EXOdesigner verktøyet EXO4.



FIGUR 56: "OPPSTARTSVINDAUGE"

Under arbeidet med utviklinga av HMI til modellen, har det vore fokus på brukarvenlegheit. Det viktigaste med ein HMI er at den gir oversikt og kontroll over viktige parameter i ein prosess og at den er forståeleg for den brukargruppa som skal nytte den [45]. Det første ein får presentert i HMlen til modellen er eit "oppstartsvindaug" (Figur 56), utvikla av Normatic, der ein får presentert diverse informasjon. Vi har gjort det slik at ein vidare kan velje vårt HMI-prosjekt, kalla "Hovudprosjekt".

HMIen til modellen er konstruert slik at det er den viktigaste informasjonen som vert presentert i "hovudbiletet" (Figur 49). Dette gjeld hovudsakleg nivåmålingar, trykkmålingar og ulike pådrag. I tillegg kan ein få presentert meir informasjon relatert til komponentane ved hjelp av pop-up vindaug, når ein trykkjer på knappar eller komponentsymbol i HMlen.

Det er løyst på denne måten for å gjere HMlen meir oversiktleg, samtidig som det gir rom for å auke detaljgrada for informasjon til og frå operatør. I hovudbiletet kan ein i tillegg sjå kva komponentar som er i drift og kva driftsinnstilling/modus den enkelte har [44,45].

7.3.1 KOMPONENTSTYRING

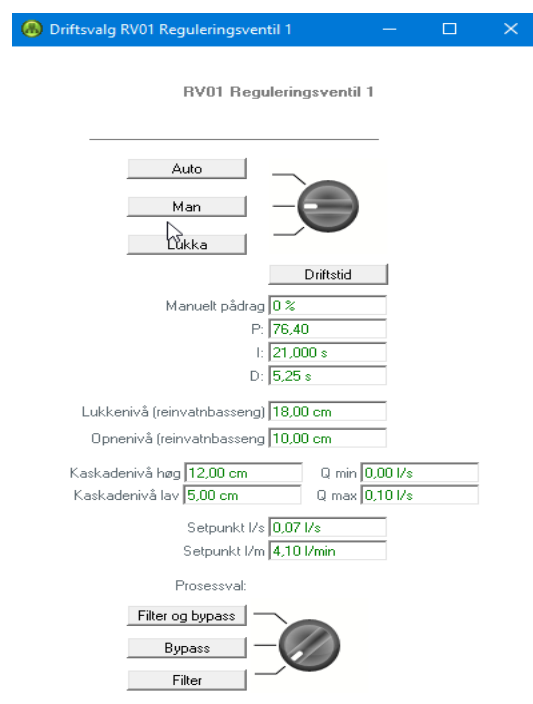
Dei ulike komponentane i modellen har ulike funksjonar. Difor har dei også behov for ulik oppbygning av styrings-/presentasjonsvindaug. Det som er felles for dei ulike komponentane er det som vert omtalt som driftsval/driftstilstand(lukka/av, manuell/på/open, auto).

Dette er likt presentert for alle komponentane som vert styrt. Figuren (Figur 57) under viser oppbyggjinga av eit "komponentvindaug" og dei ulike parameterane som kan vere presentert. Eksempelet viser vindaug for RV01.

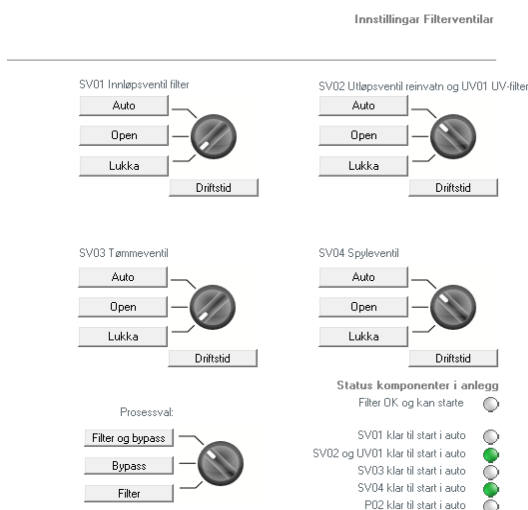
Som figuren viser er det mogleg for operatør å velje mellom ulike driftstilstandar. I tillegg er det mogleg å setje PID-parameter og kaskadeparameter, samt grense- og styringsverdiar for komponenten. I vindaug til RV01 kan

ein også velje kva prosess ein skal køyre av filtrering,

bypass eller begge deler. Dei andre komponentane har vindaug som er meir eller mindre like vindaug til RV01.



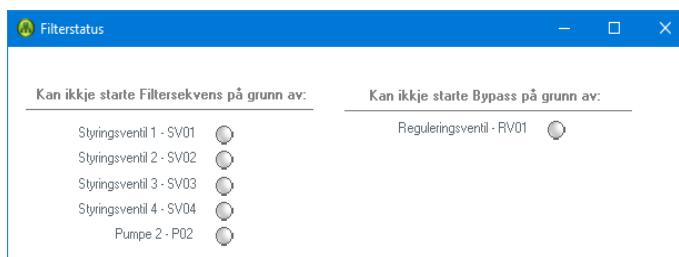
FIGUR 57: STYRING RV01



FIGUR 58: STYRING "FILTERVENTILAR"

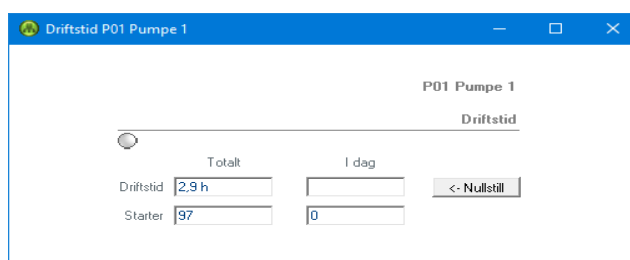
Det komponentvindaug som skil seg frå dei nemnde vindauga, er eit med fleire komponentar (Figur 58) presentert i same vindaug. Dette gjeld for ventilane i tilknytning til filtreringa. Årsaka til at desse er plassert i same vindaug er for å gjere styringa av filtreringa lettare og meir oversiktleg for operatøren.

For at filtrering og/eller bypass skal kunne starte er ein avhengig av at komponentane tilknytt desse prosessane er sett i automatisk modus, og startbetingelsane er oppfylt. For at dette skal vere oversiktleg og mogleg å ha betre kontroll på, er der eit informasjonsvindauge (Figur 59) knytt til desse sekvensane. Vindaugget viser kva komponentar som er/ikkje er klar for automatisk køyring.



FIGUR 59: INFO FILTERKOMPONENTAR

For kvar komponent er det, som figurane (Figur 57, Figur 58) viser, ein knapp merka "driftstid". Med dette meinast "tid i drift" og "tal startar" for kvar komponent, sidan programmet vart starta, eller sidan verdiane vert resett.

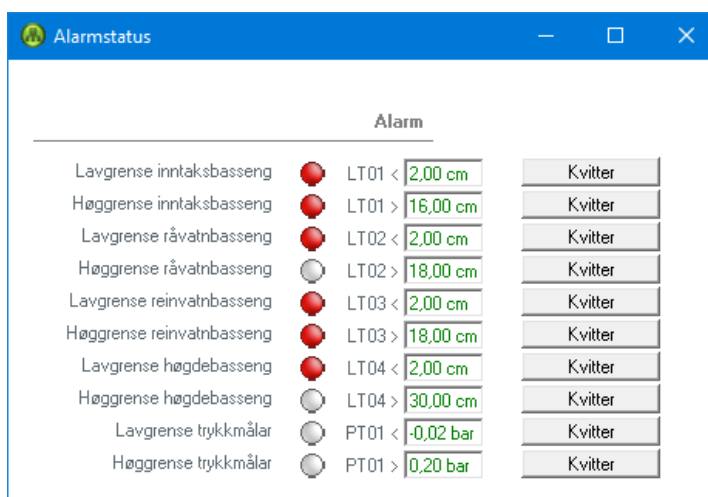


FIGUR 60: DRIFTSTID

Ved å trykkje på knappen får ein presentert eit vindaugget likt det som er i biletet (Figur 60).

7.3.2 ALARMHANDTERING

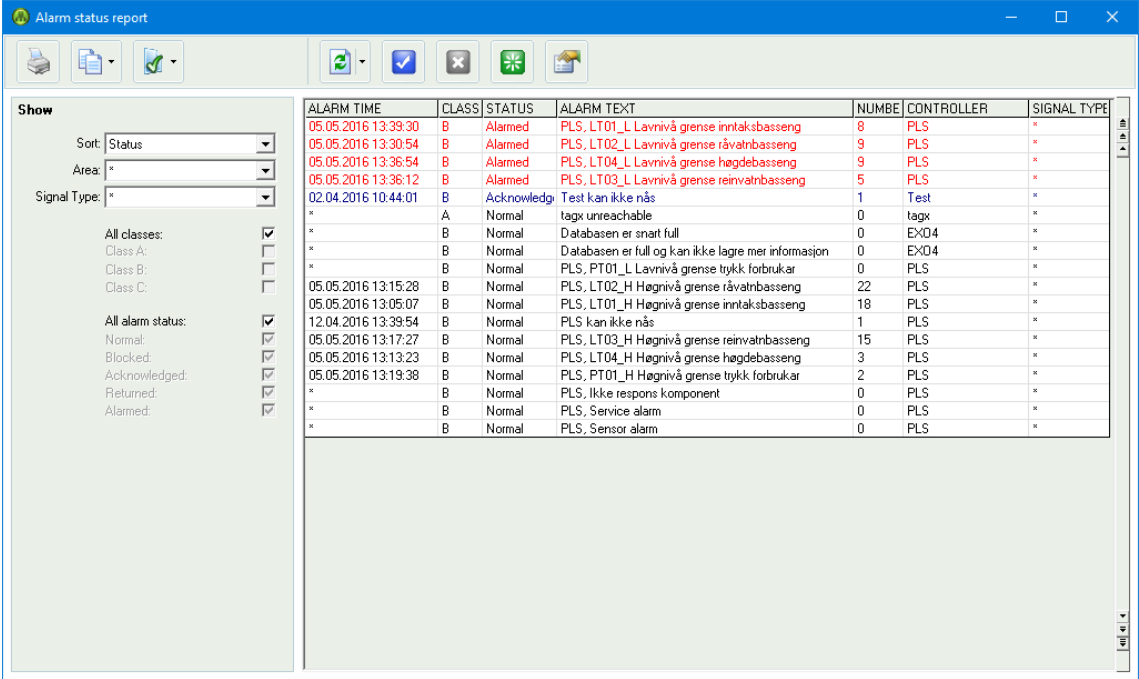
I tilknytning til alarmar har vi laga til eit "alarmlys" i hovudbiletet (Figur 49). Dette vil blinke, grå/raud, dersom det oppstår alarm ein eller annan plass i systemet. Som til dømes ved for høgt trykk. I tillegg er det mogleg å opne eit pop-up vindauge for å få informasjon om kva alarmen omfattar, og til kva del av prosessen den tilhøyrar. Det er fokusert på alarmane



FIGUR 61: ALARMOVERSIKT

som er tilknytt givarane i modellen, sidan vi vurderer at desse er viktigast å presentere med tanke på sikkerheit og kontroll. Biletet (Figur 61) viser korleis presentasjonen av alarmar er i pop-up vindaugget. Som vist på figuren vil det også vere mogleg å kvittere for aktuelle alarmar i HMI-en. Som nemnt er det meininga at ein skal sjekke tilstand til utstyret, før ein kvitterar for ein alarm.

I tillegg til alarmvarslinga i hovudbiletet, er det i oppstartsvindauget (Figur 56) til HMLen mogleg å få presentert “alarmstatus” og “alarmlogg” for alle alarmane i systemet (Figur 62). Via dette vindauget kan ein få meir detaljert informasjon om alarmane (tidspunkt, tilstand og liknande), samt informasjon om fleire alarmar enn det som er presentert i hovudbiletet. Dette kan vere til dømes alarm på givarverdi utanfor måleområdet og liknande. Desse verdiane vert lagra i databasen og kan hentast fram på eit seinare tidspunkt. Ein kan også sjå alarmar som til dømes er kvitterte i HMLen tidligare.



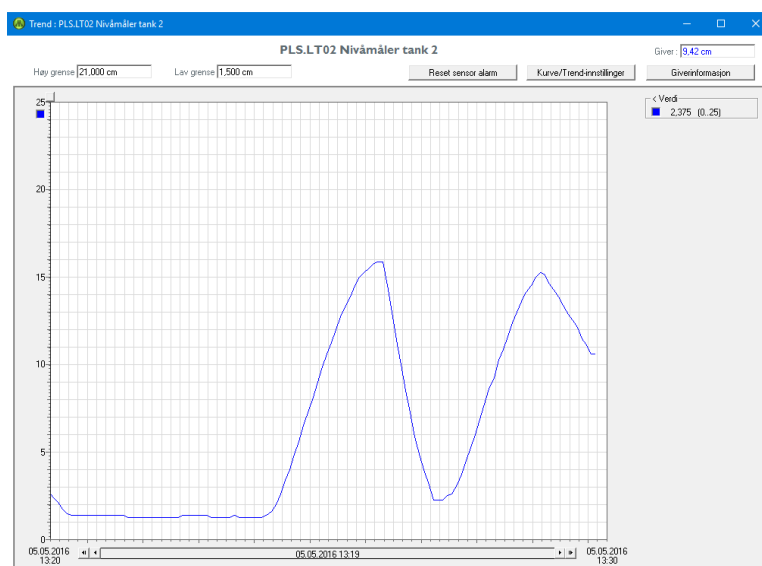
ALARM TIME	CLASS	STATUS	ALARM TEXT	NUMBE	CONTROLLER	SIGNAL TYPE
05.05.2016 13:39:30	B	Alarmed	PLS_LT01_L Lavnivå grense inntaksbasseng	8	PLS	*
05.05.2016 13:30:54	B	Alarmed	PLS_LT02_L Lavnivå grense råvatnbasseng	9	PLS	*
05.05.2016 13:36:54	B	Alarmed	PLS_LT04_L Lavnivå grense høgdebasseng	9	PLS	*
05.05.2016 13:36:12	B	Alarmed	PLS_LT03_L Lavnivå grense reinvatnbasseng	5	PLS	*
02.04.2016 10:44:01	B	Acknowledgd	Test kan ikke nås	1	Test	*
*	A	Normal	tagx unreachable	0	tagx	*
*	B	Normal	Databasen er snart full	0	EXD4	*
*	B	Normal	Databasen er full og kan ikke lagre mer informasjon	0	EXD4	*
*	B	Normal	PLS_PT01_L Lavnivå grense trykk forbrukar	0	PLS	*
05.05.2016 13:15:28	B	Normal	PLS_LT02_H Høgnivå grense råvatnbasseng	22	PLS	*
05.05.2016 13:05:07	B	Normal	PLS_LT01_H Høgnivå grense inntaksbasseng	18	PLS	*
12.04.2016 13:39:54	B	Normal	PLS kan ikke nås	1	PLS	*
05.05.2016 13:17:27	B	Normal	PLS_LT03_H Høgnivå grense reinvatnbasseng	15	PLS	*
05.05.2016 13:13:23	B	Normal	PLS_LT04_H Høgnivå grense høgdebasseng	3	PLS	*
05.05.2016 13:19:38	B	Normal	PLS_PT01_H Høgnivå grense trykk forbrukar	2	PLS	*
*	B	Normal	PLS Ikke respons komponent	0	PLS	*
*	B	Normal	PLS Service alarm	0	PLS	*
*	B	Normal	PLS Sensor alarm	0	PLS	*

FIGUR 62: PRESENTASJON ALARMSTATUS

7.3.3 LOGGING OG TREND

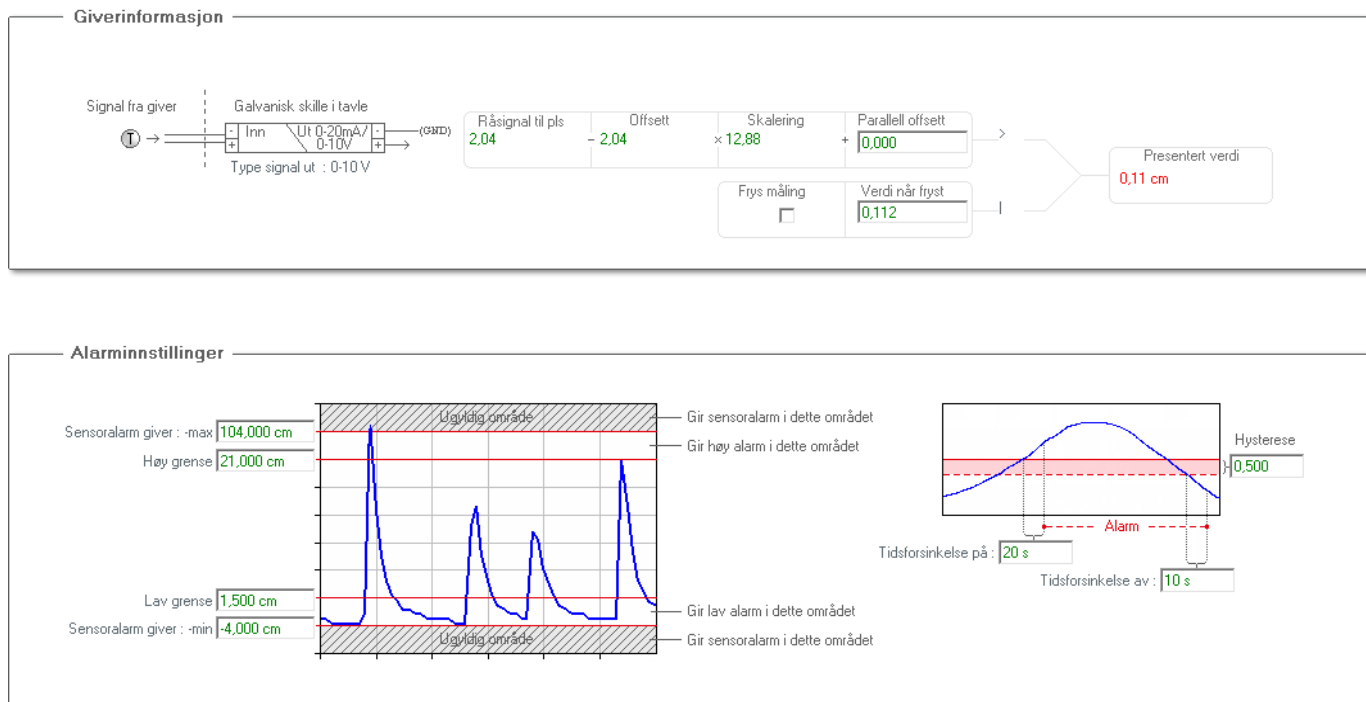
Dei ulike verdiane som er tilknytt trendobjekt og/eller vert logga, kan presenterast i eit grafisk vindaug. Eit døme på dette kan vere utviklinga til nivået for råvatnbassenget i ein viss periode (Figur 63).

I dette vindauget kan ein stille inn samplingstid og akseverdiane som skal presenterast. Ein kan også nullstille/resette trendinga, slik at ein startar ein ny grafisk presentasjon.



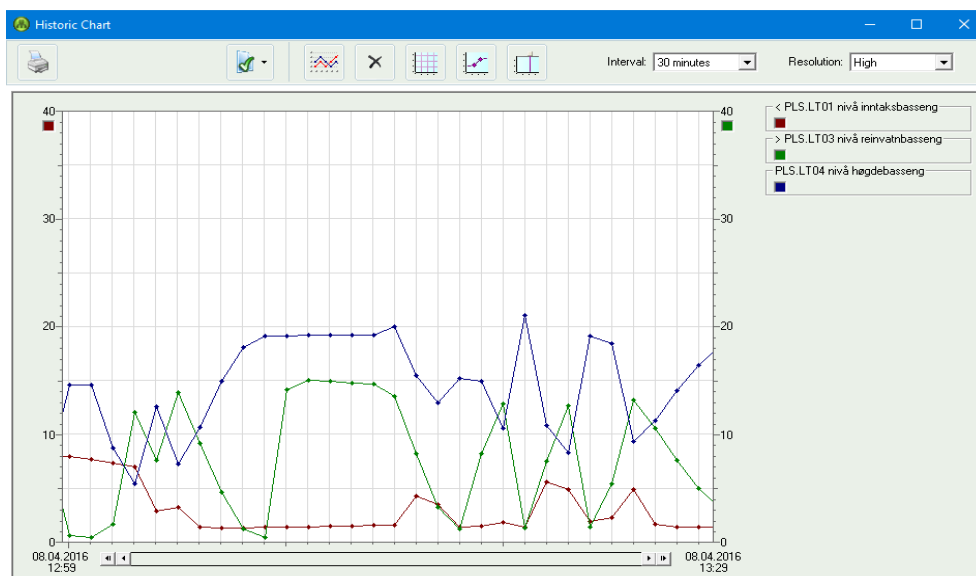
FIGUR 63: GRAFVINDU RÅVATNBASSENG

I tillegg kan ein også få meir konkret informasjon om givaren som trenden presentera, ved å trykkje på knappen “givarinformasjon”. Det vil då opne seg eit vindauge (Figur 64) med informasjon om kva det reelle signalet givaren les er, samt korleis det vert konfigurert (offset og scale) fram til det vert lest av PLSen og presentert som trend.



FIGUR 64: GIVARINFORMASJON

I tillegg til ein direkte presentasjon av måleverdiar og pådrag kan ein også sjå på historikk knytt til komponentar og givarar. Dette gjer ein ved å gå inn på “historikk” i oppstartsvindauge(Figur 56). Ein kan då sjølv velje kva verdiar ein ynsker skal verte presentert og diverse innstillingar knytt til dette. Døme på eit slikt vindauge er presentert i Figur 65.



FIGUR 65: HISTORIKK

8.0 FMECA – ANALYSE (FAILURE, MODE, EFFECT AND CRITICALITY-ANALYSIS)

I tilknytning til modellen har vi gjennomført ein FMECA-analyse. I FMECA-analysen, har vi analysert kvar enkelt av komponentane vi har nytta i modellen. Dette er komponentar i både maskinvare og programvare. I analysa har vi vurdert korleis ein komponent kan svikte, kva som skjer om den sviktar og eventuelle konsekvensar som kan oppstå ved eit slikt høve, samt sannsynet for at ein oppdagar årsak til svikt før den eventuelt oppstår. Vi har også sett på kva tiltak vi kan gjennomføre for å unngå svikt. Vi gjorde dette for å kartlegge og eliminere potensielle svikt i komponentar før dei oppstår. FMECA-analysen har same oppbygning som ei tradisjonell risikovurdering, ved at vi har vurdert gradene av dei ulike risikofaktorane [46].

FMECA analysen har bidrege til at vi i arbeidet har hatt større fokus på dei ulike delane av modellen og vore meir kritisk til eventuelle svakheiter knytt til dei. Analysen har forberedt gruppa på utføresette situasjonar som kan oppstå i arbeidet med utviklinga av modellen, samt korleis vi skal handtere desse.

Undervegs i arbeidet fekk vi til dømes problem med eine opne/lukke-ventilen. Det var ikkje mogleg å styre denne med PLSen. Vi testa også direktestyring med ekstern spenningskjelde. Vi tok deretter kontakt med leverandør og fekk ny ventil på reklamasjon. Etter å ha vore i kontakt med leverandør i ettertid har vi ikkje fått svar på kva som var gale med ventilen. Vi opplevde også same problemet med ein signalomformar. Vi har ved feilsøking og testing heller ikkje funne ut kva som var problemet med denne. Under sluttestinga av heile modellen merka vi også at ein av nivåmålarane våre var ustabile og at den ikkje alltid justerte seg inn til ein fast måleverdi. Vi feilsøkte målaren og dei komponentane som behandla og nytta signalet frå målaren, men vi fann ikkje nok feil på desse. Vi konkluderte difor med at det måtte vere noko gale med målaren. Vi tok kontakt med leverandør og blei einig med dei om at vi skulle få bytte til ein ny målar.

Det at vi hadde gjennomført FMECA på førehand gjorde at vi hadde betre rutinar og kontroll på kva vi måtte gjere når situasjonar som nemnt over oppstod. Dette har bidrege til at arbeidet med utvikling av modellen har vorte “trygt” og systematisk gjennomført. Det har vore faktorar som har oppstått undervegs som vi ikkje hadde tenkt på når vi gjennomførte analysen i planlegginga av prosjektet.

I tillegg har også vurderinga av dei ulike påverknadsfaktorane endra seg undervegs i arbeidet. Vi har difor utarbeida ein revidert FMECA etter at modellen er ferdigstilt. Både original og revidert FMECA er presentert i vedlegg 24.

9.0 MÅLOPPNÅING

I forprosjektperioden utarbeida vi hovudmål og delmål knytt til prosjektet. Dette var mål som hadde tilknytning til retningslinjene og prosjektkrava sett frå HiSF, men også mål som var meir direkte knytt til utviklinga av vassbehandlingsmodellen. Måla vart sett etter drøfting i prosjektgruppa, og etter dialog med styringsgruppa. Vi nytta SMART⁷-metoden som reiskap når vi arbeida med målsetjingane [47].

Korleis måla er nådd vert presentert gjennom rapporten. Ein systematisk gjennomgang av kvart enkelt mål, med oppsummerande kommentarar, er presentert under.

HOVUDMÅL

«Prosjektere og utvikle ein automatisert modell av eit vassbehandlingsanlegg som kontrollerast ved hjelp av PLS og via HMI (eventuelt Normatic Webserver)»

Hovudmålet er det overordna målet vi har jobba mot. Målet vert dekt av dei delmåla som er presentert under. Sjå kommentarar knytt til kvart enkelt delmål.

DELMÅL

- *“Utarbeide og få godkjent prosjektbeskriving og forprosjekt, samt opprette og vedlikehalde prosjektet sin nettstad.”*

Dette er gjennomført. Attståande dokument skal lastast opp til nettstaden. Nettstaden vert då ferdigstilt.

- *“Vurdere ulike alternativ til komponentar og utstyr, samt skaffe, kople opp og teste desse.”*

Ulike alternativ til komponentar og utstyr tilknytt modellen er vurdert i forhold til ulike faktorar som til dømes kvalitet, pris, bruksområde og størrelse. Val kring dette er drøfta og grunngjeve i rapporten. Dei ulike komponentane har også blitt testa kvar for seg og saman i større system.

⁷ SMART: Huskeregel for å utarbeide gode mål. SMART står for «Spesifikk, Målbar, Achievable(oppnåelig), Realistisk, Tidsskalert».

- *“Byggje ein funksjonell modell av eit vassbehandlingsanlegg.”*

Vi har bygd ein funksjonell modell som syner fram eit vassbehandlingsanlegg.

- *“Utvikle PLS-program som styrer dei ulike prosessane i modellen.”*

Vi har utvikla eit program som kontrollera dei ulike prosessane i modellen. Vi har fokusert på driftssikkerheit og brukarvennlegheit. Programmet utfører dei funksjonane som er tenkt. Programvare og programstrukturar er presentert i rapporten.

- *“Konstruere eit brukarvennleg HMI i Normatic WebServer og få modellen til å fungere saman med løysinga som vert laga.”*

Det er utvikla ei HMI-løysing som er kopla til programstyringa og modellen. HMlen er testa og fungera som den skal. HMlen er bygd med utgangspunkt i retningslinjer frå Norsk Vannstandard som vert nytta i VA-anlegg.

Undervegs i arbeidet har vi sett at nokre delar av prosjektet har strekt seg over ein lenger tidsperiode enn planlagt. Vi har difor ikkje fått konvertert HMlen vår til Normatic sin WebServer. Etter samtale med Normatic undervegs i prosessen valde vi å gå bort frå dette. Dette for at vi heller ynskte å gjere det arbeidet vi var i gang med grundig, i staden for at begge delar vart halvferdige.

- *“Gjennomføre og presentere teoretiske vurderingar og berekningar som er aktuelle i utviklinga/utarbeidinga av modellen.”*

For kvar del av modellen og dei komponentane som er tilknytt dei ulike delane har vi gjennomført det vi har vurdert til å vere sentrale teoretiske vurderingar og berekningar. Dette for å vise korleis vi har tenkt når vi har arbeidd med å setje saman modellen. Det teoretiske arbeidet grunnjev løysingane vi har valt.

- *“Teste og justere dei ulike delane av program og modell, for at delane skal fungere best mogleg saman.”*

Testing har blitt utført undervegs i arbeidet med modellen. For kvar enkelt del som har vore ferdigstilt har det blitt gjennomført testing. Avslutningsvis har det vorte gjennomført ein samla test på modell, program, HMI (vedlegg 25 syner testskjema). Testen har fokusert på funksjonen til dei ulike prosessane i modellen og at modellen er driftssikker.

- *“Ha fokus på risikovurdering og HMT kring utvikling av modellen, og generelt i dei ulike delane av prosjektarbeidet.”*

Undervegs i arbeidet med prosjektet har vi fokusert på grunnleggande tryggheit når det gjeld bygging og kopling av modell og utstyr. Vi har hatt fokus på å nytte passande verneutstyr ved behov. Vi har også arbeidd med dei “risikable” delane saman i gruppa, slik at gruppemedlem ikkje har vore aleine i slike situasjonar. Eksempel på slike arbeidsoppgåver er til dømes utsaging av hol til bassenga, samt arbeid knytt til sveising og sliping på modellen.

- *“Gjennomføre prosjektet i samsvar med framdriftsplan og budsjett som er sett i forprosjektet.”*

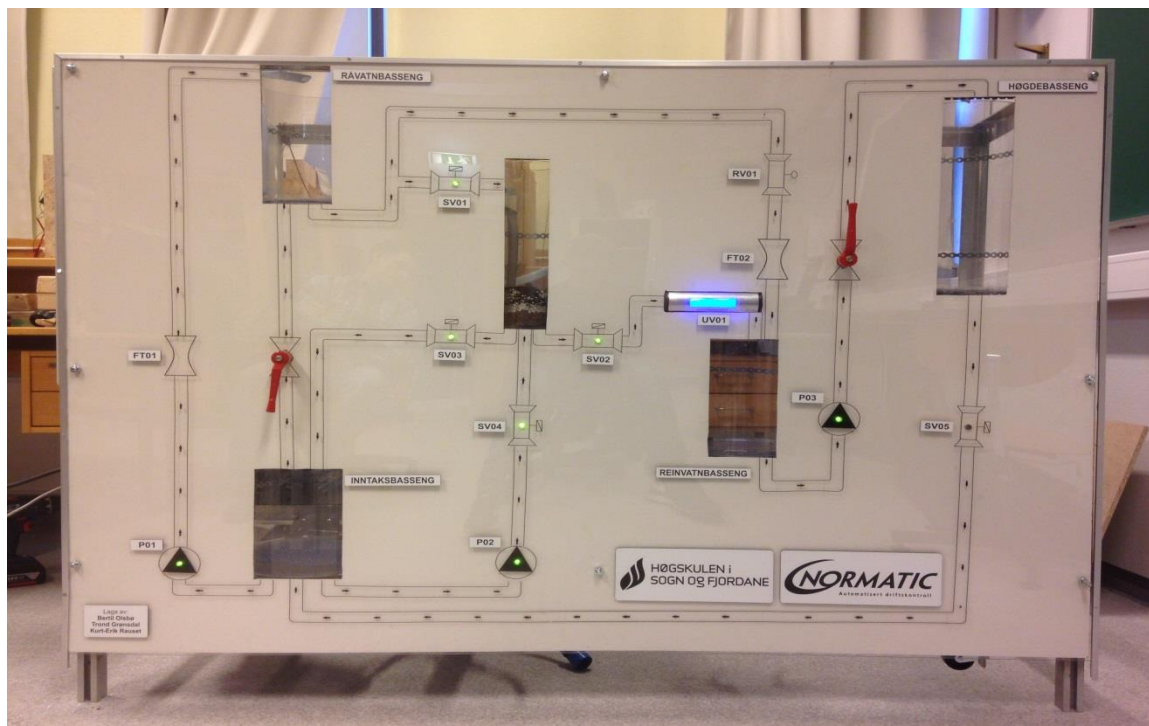
Enkelte arbeidsoppgåver har teke lengre periodar enn planlagt. Dette har som skildra over gjort at vi ikkje har fått oppnådd alt vi ynskte i prosjektet. For dei andre delane har framdriftsplanane grovt sett vorte følgd.

Tidlig i arbeidet såg vi at det var behov for enkelte komponentar, særleg i styreskåpet, som vi ikkje hadde berekna med i budsjettet. I tillegg har det vore enkelte justeringar også på andre postar. Vi har brukt noko meir pengar enn det som var budsjettert. Dette har blitt diskutert med, og godkjent av Normatic undervegs.

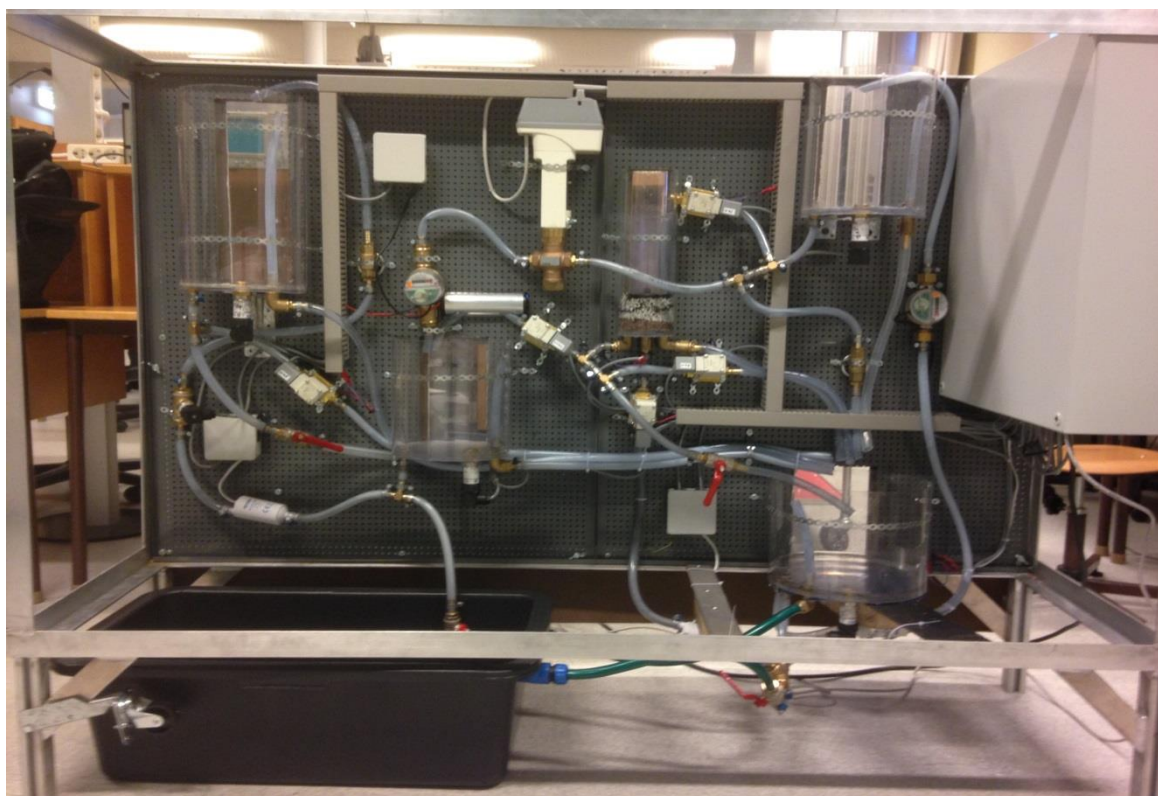
- *“God dokumentering i alle delane av prosjektgjennomføringa.”*

Undervegs har det vore kvar enkelt sitt ansvar å dokumentere det ein arbeida med. Vi har også hatt diskusjonar i gruppemøter der vi har drøfta det kvar enkelt har dokumentert. Gruppa har difor hatt kontroll på dokumentasjonsgrunnlaget undervegs og det har gjort det lettare å arbeide med rapporten. Prosjektleiar har også ført dagbok undervegs i arbeidet.

Som måla beskriv, var ei av arbeidsoppgåvene å byggje ein fysisk modell. Den ferdigstilte modellen er presentert i Figur 66 og Figur 67. Figurane syner korleis modellen ser ut framifrå, samt korleis vi har løyst det med kopling på “baksida” av modellen.



FIGUR 66: MODELLEN SETT FRAMANFRÅ



FIGUR 67: MODELLEN SETT BAKFRÅ

10.0 DRØFTING

I arbeidet med eit slikt prosjekt oppstår det forskjellige utfordringar undervegs. Desse har vore både lærerike og spennande for gruppa å finne løysing på. Tidlig i prosessen måtte gruppa, ofte i samarbeid med oppdragsgjevar, gjere ulike vurderingar knytt til korleis vi faktisk skulle få til å utvikle ein funksjonell modell av eit vassbehandlingsanlegg.

Både oppdragsgjevar og prosjektgruppa ynskte å få modellen mest mogleg realistisk. Det vart difor valt å nytte basseng med vatn og reelle komponentar som er i eit vassbehandlingsanlegg, i staden for å simulere dei ulike prosessane berre ved hjelp av programvare og til dømes lys. Alle avgjerder knytt til utviklinga av modellen er drøfta, presentert og grunngjevne i rapporten. Gruppa meina at vi i arbeidet har teke grundig vurderte val. Vi har også etterspurt bistand med eksterne fagpersonar dersom vi har meint at kunnskapsgrunnlaget til gruppa har vore mangelfullt. Undervegs har det også vore eit tett samarbeid med oppdragsgjevar. Dette har vore nyttig og nødvendig for gruppa. Særskilt i arbeidet med bygging av styreskåp og i programutvikling. Normatic har eit større nettverk og meir relevant erfaring enn det gruppa har, og dette har vi også fått utbytte av i arbeidet med prosjektet.

Å utvikle ein slik modell vil kunne gjerast på fleire måtar, og det kan vere ulike løysingar på det meste av det som vert gjort. Fokuset vårt har vore at løysingane til modellen skal fungere best mogleg etter dei spesifikasjonane som oppdragsgjevar ynskte.

Sidan modellen vår er dimensjonert ein del mindre enn reelle anlegg har ikkje det alltid vore mange alternativ til dei komponentane vi har valt. Vi meina likevel at dei alternativa vi har nytta har dei funksjonane vi ynskjer. Vidare har vi også fokusert på at løysingane skal vere mest mogleg driftssikre og robuste. Både i planleggingsfasen og undervegs har vi vurdert omfang og alternativ til dei løysingane vi har valt.

10.1 VIDAREUTVIKLING AV MODELL

For modellen har vi vurdert alternative løysingar. Nokre av løysingane har vi vurdert som ikkje “gode nok”, medan andre alternativ har vi ikkje tatt med fordi vi har sett at vi må avgrense omfanget av prosjektet. Alternativa har vi vurdert internt i prosjektgruppa og i nokre tilfelle også diskutert med oppdragsgjevar. Alternativa er tilknytt ulike delar av utviklinga av modellen.

Vi har valt å presentere nokre av løysingane som vi har valt bort, på grunn av avgrensingar i tid, som kulepunkt under. Dette er ting som er mogleg å gjennomføre for å vidareutvikle modellen:

- Konvertere HMI til Normatic WebServer.
- Hjul og/eller handtak for lettare å transportere modellen.
- Moglegheit for anna styringssystem, til dømes Arduino.
- Touch-skjerm i styreskåp, der ein kan presentere og kontrollere modell ved hjelp av HMI.
- Andre programfunksjonar som til dømes autotuning av PID.
- Funksjonstest indikasjonsslys.
- Visning av analoge verdier fysisk på modell.
- Tilbakemelding om driftsstatus for komponentar.

11.0 KONKLUSJON

Hovudmålet med prosjektet var å prosjektere og utvikle ein automatisert modell av eit vassbehandlingsanlegg, som kontrollerast ved hjelp av PLS og via HMI (Normatic Webserver).

For å få til dette har vi utarbeidd og berekna eit teoretisk grunnlag som vassbehandlingsanlegget byggjer på, samt vurdert og testa ulike komponentar og utstyr som kan vere aktuelle for ein slik modell. I tillegg har vi utarbeidd eit program som gjev modellen funksjonar som illustrera reell vassbehandling. Dette har vore både eit teoretisk og praktisk prosjekt der gruppa har kombinert fleire aktuelle fagfelt. Den endelege løysinga vi har presentert oppfyller dei spesifikasjonane vi hadde utarbeidd i planleggingsarbeidet, samt diskutert med oppdragsgjevar.

Sjølve oppbygning av modellen vart planlagt både ved hjelp av kalkulering av teoretiske og fysiske størrelser, men også via berekning og teikning i AutoCAD. Resultatet av planleggingsarbeidet har gitt eit godt grunnlag for val av komponentar og utstyr, samt for arbeidet med bygging av modellen. Det er fokusert på at komponentane og utstyret skal vere best mogleg tilpassa kvarandre, og det vi ynskjer å vise med modellen. I tillegg er det fokusert på at modellen skal vere robust og illustrativ.

Programstyringa som kontrollera prosessane i modellen er utvikla med bakgrunn i oppgåveskildringa frå oppdragsgjevar, samt diskusjonar både i prosjektgruppa og med oppdragsgjevar. Programstyringa har fokusert på å illustrere velkjende styrings- og kontrolløysingar som Normatic nyttar i sitt daglege arbeid.

Alle måla sett for prosjektet er nådde, forutan konvertering av HMI løysinga til Normatic sin WebServer. Dette vart ikkje gjennomført på grunn av at andre delar av arbeidet har strekt seg over lengre tidsperiodar enn planlagt. Det vart difor fokusert på å gjere arbeidet som var påbyrja ferdig og grundig, i staden for at fleire delar av arbeidet ikkje skulle verte fullført eller at kvaliteten på arbeidet skulle verte påverka i negativ grad.

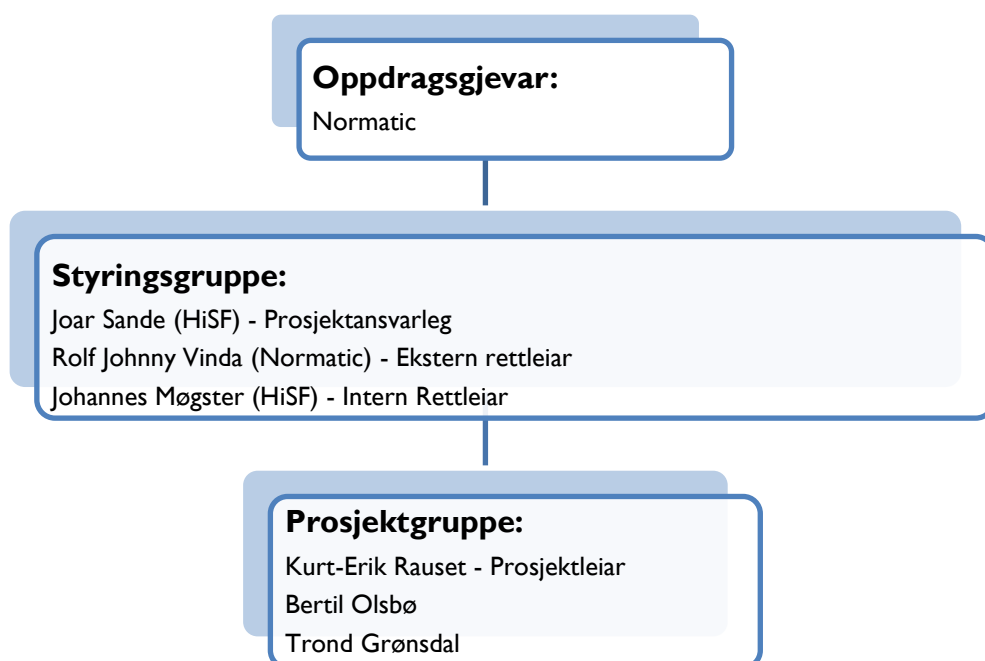
Vi meina at kvaliteten på det arbeidet som er gjennomført er god. Gjentatt testing og utprøving av dei ulike delane av modellen har også vist at modellen er driftssikker. Sjølv om alle delmålsetjingar ikkje er nådd, er gruppa nøgd med resultatet både med tanke på modell og rapport. Modellen er bygd med dei spesifikasjonane, og fått dei funksjonane, vi ynskte. I tillegg er modellen velegna til å nytte i føremålet med presentasjonar og i opplæring.

PROSJEKTFAGLEG DEL

12.0 ADMINISTRASJON AV PROSJEKT

12.1 ORGANISERING

Figur 68 viser organisasjonsstrukturen i prosjektet. Prosjektet har vore organisert i tre nivå; oppdragsgjevar, styringsgruppe og prosjektgruppe.



FIGUR 68: ORGANISASJONSSTRUKTUR

12.1.1 OPPDRAGSGJEVAR

Oppdragsgjevar er verksemda Normatic, som prosjektet er gjennomført for. Normatic er eit automasjonsfirma som blant anna arbeidar med automatisering av vatn- og avløpsanlegg.

Meir informasjon om Normatic kan finnast på deira nettstad; www.normatic.no



12.1.2 STYRINGSGRUPPA

Styringsgruppa har hatt eit overordna ansvar i arbeidet med prosjektet. Funksjonen til styringsgruppa omfatta å drøfte og/eller bestemme viktige avgjerder undervegs i arbeidet.

Styringsgruppa har bestått av:

Rolf Johnny Vinda; *Ekstern rettleiar, kontaktperson Normatic.*

Johannes Møgster; *Intern rettleiar, prosjektansvarleg HiSF.*

Kurt-Erik Rauset; *Prosjektleder, representera prosjektgruppa.*

Kontaktinformasjon rettleiarar

Namn:	E-post:	Telefon:
Rolf Johnny Vinda	rolf.johnny.vinda@normatic.no	95 19 08 54
Johannes Møgster	johannes.mogster@hisf.no	99 55 38 66

12.1.3 PROSJEKTGRUPPA

Prosjektgruppa har hatt ansvar for det praktiske og teoretiske arbeidet knytt til prosjektet. Prosjektgruppa har bestått av tre studentar som gjennomføra hovudprosjekt i tilknytning til studiet ingeniør elektro- og automatiseringsteknikk.

Deltakarane i gruppa har ulike arbeids- og utdanningsbakgrunn. Bertil Olsbø har bakgrunn som elektrisk, medan Trond Grønsdal og Kurt-Erik Rauset ikkje har noko bakgrunn som er direkte relatert til prosjektet/studiet.

Kontaktinformasjon prosjektgruppa

Medlem:	E-post:	Telefon:
Kurt-Erik Rauset	rauseten@hotmail.com	90 99 76 15
Bertil Olsbø	olsboe86@hotmail.com	97 61 07 64
Trond Grønsdal	trond.groensdal@live.no	47 63 47 39

Organiseringa av prosjektet har fungert som ynskja. Det har vore jamleg kontakt mellom dei ulike deltakarane i prosjektet, dette har ført til eit godt samarbeid.

Alle problemstillingar og utfordringar ein har støtt på i prosjektet har blitt diskutert og drøfta, anten i prosjektgruppa, eller i prosjektgruppa og styringsgruppa saman. Avgjerder knytt til arbeidet er blitt tekne der, og det har difor ikkje vore behov for møter berre i styringsgruppa.

12.2 ANSVARFORDELING

I prosjektgjennomføringa har gruppa hatt fokus på at alle deltakarane skal delta i dei ulike fasane knytt til arbeidet. Dette for å utnytte kunnskapen gruppemedlemmane innehar best mogleg, og for at alle skal få kjennskap til fagområda og emna knytt til prosjektet.

For å ivareta god kontroll på dei ulike delane og emna knytt til arbeidet har vi likevel fordelt hovudansvarsområder i gruppa. Denne fordelinga har føregått på grunnlag av ynskjer, kompetanse og erfaring.

Kurt-Erik Rauset har vore prosjektleiar og har hatt ansvar for det administrative knytt til prosjektgjennomføringa. Dette inneber oversikt over framdrift i forhold til framdriftsplan, ressursplan, arbeidsfordeling og møteverksemd, i tillegg til ansvar for dei ulike dokumenta knytt til prosjektet (rapportar og liknande). Han har også hatt hovudansvar for programmeringsdelen av prosjektet.

Bertil Olsbø har vore teknisk ansvarleg for dette prosjektet. Han har hatt ansvar for å prosjektere og bestille utstyr/komponentar, samt økonomistyringa knytt til dette. I tillegg har han hatt hovudansvar for kopling, testing, justering og feilsøking av det nemnde utstyret, og modellen som heilskap. Dette omfatta også design av modellen, og sjå til at modellen får ynska funksjon.

Trond Grønsdal har hatt ansvar for det teoretiske grunnlaget i prosjektet. Med dette meinast vurdering, drøfting og presentasjon av teori som er relevant for dei ulike delane av prosjektet/modellen. I tillegg har han arbeida med utrekningar/berekningar knytt til dei aktuelle emna, som til dømes signalbehandling, regulering og fluidmekanikk. Han har også hatt ansvar for HMT/risikovurdering/FMECA i prosjektet, samt utarbeiding og vedlikehald knytt til prosjektnettstaden.

Rapportane og dokumenta som vert levert i tilknytning til prosjektet, har gruppa hatt eit felles ansvar for. Kvar enkelt har hatt ansvar for å dokumentere og innhente informasjon om det dei har arbeidd med. Aktuell informasjon har vorte gjennomgått i fellesskap i prosjektgruppemøter, slik at kvar enkelt har fått innføring i og forståing for dei ulike emna. Vidare har det vore eit felles arbeid knytt til samansetjing og drøfting av rapporten.

Ansvarsfordelingane som er nemnde har vore eit utgangspunkt for vårt arbeid. I dei fleste emna har det, undervegs i arbeidet, blitt eit delt ansvar mellom gruppedlemmane. Dette for at vi er avhengig av alle delane samspekar med kvarandre. Dette har ført til at vi har fått til eit betre samansett produkt og ein meir samanhengande rapport.

12.3 ARBEIDSMETODAR

Sidan dette er ei samansett oppgåve, har vi hatt behov for å auke vår kunnskap innan ulike emne og områder, både teoretiske og praktiske.

I det teoretiske arbeidet knytt til prosjektet har gruppa innhenta litteratur både frå internett, manualar og bøker. Vi har i hovudsak nytta generelle søkjemotorar som til dømes *Google* og *Google Scholar* for å skaffe informasjon. I tillegg har vi nytta biblioteket og deira databasar (til dømes *Bibsys ASK*, *Brage*, *Web of Science*). Gruppa har ynskt å nytte primærkjelder der det har vore mogleg. I nokre tilfelle har det likevel vore behov for å nytte sekundærkjelder, for å få oversikt over og innføring i ulike emne. Gruppa har også nytta dokument som føl med dei ulike komponentane/utstyret til modellen. Når det har vore behov, har vi vore i kontakt med leverandørar for å innhente meir detaljert teknisk informasjon. Vi har også anvendt fagstoff som *Normatic* har tilgjengeleg om ulike emne som er relatert til modellen.

I det praktiske arbeidet har vi hatt fokus på grunnleggande prinsipp innan elektronikk, programmering, måle- og reguleringsteknikk, og prosesstyring. Vi har testa dei ulike delane/komponentane i modellen kvar for seg, før vi gradvis har sett dei saman til større system. Undervegs i arbeidet har vi også finjustert dei enkelte delane/komponentane. Fokuset til gruppa har vore å gjere ting nøyaktig og riktig undervegs i arbeidet. Ved at vi har vore grundige med testinga i kvar del, har vi redusert det totale behovet for feilsøking. Vi har også unngått dei store tekniske problema som kunne kome dersom ein ikkje hadde testa godt nok.

Gjennom heile arbeidsprosessen har vi hatt tett dialog med oppdragsgjevar og rettleiarane, for å utveksle erfaringar og drøfte val/løysingar. Vi har også rådført oss med ulike faglærar ved HiSF om emne som dei har spesialkompetanse innanfor (til dømes fysikk).

I tilknytning til utarbeidinga av sjølve rapporten har vi teke utgangspunkt i «Guide for utvikling av tekniske rapporter» [48] og «Råd og retningslinjer for rapportskriving ved prosjekt- og masteroppgaver» [49] for korleis rapporten skal byggjast opp. Dette har gitt rapporten god struktur. Det har også gitt oss råd om kva rapporten skal innehalde og korleis ein skal presentere informasjonen best mogleg.

12.4 MILEPÆLAR - GANTT

Arbeidet med prosjektet har forgått med utgangspunkt i eit GANTT-diagram og milepælar som vart utarbeida i forprosjektet. Desse reiskapane har bidrege til at vi har hatt kontroll på når dei ulike delane av prosjektet burde vere ferdig, og korleis framdrifta bør vere innanfor kvart enkelt emne for å oppnå dette. GANTT-diagrammet er utarbeidd ved hjelp av Toms Planner, eit gratis online prosjektstyringsverktøy som minner om meir kjente MS Project. Framdrifta/periodane i GANTT-diagrammet er planlagt med bakgrunn i erfaringar frå tidligare prosjekt og etter drøftingar i gruppa. Milepælane byggjer hovudsakleg på fristar som er set frå HiSF og mål/oppgåver som gruppa meina er viktige i framdrifta til prosjektet.

I prosjektperioden har to av gruppemedlemmane gjennomført valfaget Styrte praksis. Vi hadde difor sett føre oss at noko av arbeide kunne verte forskyvd på grunn av dette. Etter kvart som arbeidet med prosjektet utvikla seg, merka vi at det var ei utfordringa å halde tritt med framdriftsplanen på grunn av det over nemnde. Ekstra arbeidsinnsats dei periodane gruppemedlemmane var samla, bidrog likevel til at dette gjekk greitt. Gruppa synest også det var utfordrande å estimere framdrift på grunn av at vi i prosjektet var avhengig av eksterne samarbeidspartnarar som leverandørar og liknande. Dette er noko gruppemedlemmane har lite erfaringar med frå tidligare. Ventetid angående komponentar og informasjonspørsmål til leverandørar har også påverka framdrifta i noko grad.

Som presentert i vedlegg 26, er det enkelte avvik mellom planlagt og reell framdrift i prosjektet, samt når dei ulike milepælane vart nådde. Dei største avvika har kome i forhold til “ferdigstilling” av modell og program. Mesteparten av dette arbeidet var grovt sett ferdig som planlagt. Det har likevel vore behov for justeringar på grunn av ting som har vorte oppdaga undervegs i arbeidet, og i test- og kalibreringsfasane. Dermed har arbeidet blitt ferdigstilt seinare enn planlagt.

Utfordringane har vore knytt til mellom anna filterfunksjon, plassering av komponentar/utstyr på modell og enkelte programtekniske ting. Det er likevel ikkje noko gruppa synest påverka resultatet i betydeleg grad.

12.5 MØTEPLAN

I forprosjektet planla vi å ha møter kvar 14. dag. Undervegs i prosjektet vurderte vi det til å ikkje vere hensiktsmessig med møter etter faste intervalla. Det har likevel vorte gjennomført jamlege møter i styringsgruppa og prosjektgruppa. I staden for å ha faste møteintervall har det vore innkalla til møter når nokon av interessentane har hatt behov for det, og/eller når det har vore planlagt drøftingar kring sentrale emne i prosjektet. Dette har omhandla til dømes modellfunksjon, modellutsjånad/framvising og rapportinnhald. Planlagt og reell møteplan, samt møteinnkallingar og møtereferat for dei nemnte møta, er presentert i vedlegg 27.

Det har også vore halde jamlege møter i prosjektgruppa, minst eit pr. veke, der vi har diskutert framdrift og oppgåvefordeling for neste arbeidsperiode. Desse møta har vore meir uformelle, men for å få til eit best mogleg samarbeid har gruppa følt at desse også har vore viktige og nyttige. Møta for berre prosjektgruppa har ikkje vore utarbeida noko plan for. Det har heller ikkje blitt sendt ut innkalling eller skrive referat frå desse. Prosjektleder har teke notat i dagbok frå desse møta.

Undervegs i arbeidet med prosjektet planla vi også å utarbeide vekeoppsummeringar, som skulle sendast til alle prosjektet sine interessentar (hovudsakleg rettleiar og oppdragsgjevar), dei vekene det ikkje vart halde møte. Sjølv utsendinga av oppsummering vart tidleg valt bort. Vi valde heller å leggje informasjon kring dette ut på prosjektnettstaden. Der har vore jamlege oppdateringar/oppsummeringar i heile hovudprosjektperioden, interessentane har moglegheit til å fylgje med der.

12.6 DOKUMENTSTYRING

Til handtering av dokument undervegs i arbeidet med prosjektet, har vi nytta Dropbox og Google Docs.

Dropbox er ein nettlagringsteneste/online fil-arkiv [50]. På Dropbox har vi i prosjektperioden hatt ei eiga prosjektmappe som felles lagringsstad for filer.



FIGUR 70: DROPBOX

Dette har gitt alle gruppemedlemmane moglegheit til å ha oversikt over og tilgong til, dokument og informasjon som har vore viktig i arbeidet med prosjektet. Gruppa har hatt rutinar på å ta jamleg sikkerheitskopi av prosjektmappa, til eksterne lagringsmedium. Dette for å sikre oss mot tap av informasjon og dokument som vi har oppretta og arbeidd med.

Google Docs er eit webbasert tekstbehandlingsprogram [51]. Grunnen til at vi nytta Google Docs i tillegg til Dropbox er at vi då har hatt moglegheit til å redigere i same dokument, til same tid.

I prosjektarbeidet har vi opplevd lite utfordringar knytt til handtering av dokument. Vi opplev at dei rutineane vi har hatt har bidrege til at denne prosessen har vore systematisk og god.

12.7 TIDSRESSURSAR

Hovudprosjektet ved HiSF gir, ved godkjent resultat, 20 studiepoeng. Til dette er det frå HiSF berekna ei disponibel tid på 500 tima pr. gruppemedlem. Denne tida skal omfatte både praktisk og teoretisk arbeid, heilt frå planlegging av prosjektbeskrivinga, til oppryddinga etter prosjektet er ferdig. I forprosjektrapporten presenterte vi ei plan over dei disponible timane våre, og korleis vi tenkte å fordele desse på dei ulike arbeidsoppgåvene. Timetala vart estimert med utgangspunkt i erfaring frå liknande arbeid (tidligere prosjekt, laboratorieøvingar og liknande).

Etter kvart som arbeidet har utvikla seg har det vist seg at dei estimerte timefordelingane stemde godt med det som var planlagt. Det har likevel vorte enkelte justeringar. Endringane knytt til tidsbruk har vore knytt til lengda på arbeidsperiodane for dei ulike oppgåvene, ikkje timetalet. Den største skilnaden på timetal er knytt til tida vi har brukt på det teoretiske arbeidet. Innsamling og behandling av informasjon har vore tidkrevjande, men dette har også vore viktig for å få eit godt grunnlag å byggje modell og utarbeide rapport frå.

Planlagt og reell timebruk er presentert i vedlegg 28. Merk at det som er presentert er ei grov oversikt. Vi har valt å ikkje dele det opp i mindre, meir detaljerte prosjektdelar.

12.8 ØKONOMI

I forprosjektrapporten til dette prosjektet, utarbeidde prosjektgruppa eit budsjett for gjennomføringa av prosjektet (vedlegg 29). Nokre av postane i dette budsjettet er estimerte summar. Dette var nødvendig grunna utfordringar med å få svar på prisførespurnadar frå leverandørane. Undervegs i arbeidet har det også vore behov for å utarbeide løysingar for tekniske utfordringar vi har støtt på i tilknytning til modellen. Dette har ført til ein del uføresette kostnader knytt til byggjemateriell og VA-materiell. Eit samandrag av budsjett og resultatrekneskap kan du sjå i Tabell 12 og Tabell 13. Utgiftene tilknytt prosjektet er dekt av Normatic.

TABELL 12: OPPSUMMERT BUDSJETT

Budsjett	
Komponentar	35 754,-
Byggjemateriale	3868,-
VA-materiell	2026,-
Sum	41 647,-

TABELL 13: OPPSUMMERT RESULTATREKNESKAP

Resultat	
Komponentar	36 825,-
Byggjemateriale	4704,2
VA-materiell	3198,5-
Sum	44 727,-

Som resultatrekneskapen syner, oversteig prosjektet dei budsjetterte utgiftene med omlag 3000 kroner. Med bakgrunn i momenta som er nemnde over, tykkjer prosjektgruppa dette er innanfor akseptable rammer for eit slikt prosjekt.

12.9 PROSJEKTNETTSTAD

Til hovudprosjektet har vi oppretta ein nettstad, som vi jamleg har oppdatert med status og framdrift. På nettstaden har vi lasta opp bilete vi har teke undervegs i arbeidet med utvikling av modell, i tillegg til aktuelle dokument som forprosjekt, pressemelding, plakat og hovudprosjektrapport.

Vi valde å finne eit verkty som ikkje var for komplisert å nytte, sidan vi hadde avgrensa erfaring med oppretting av nettstad frå tidligare. Ein av grunnane var også at vi ikkje ville at arbeidet med nettstaden skulle ta for mykje tid i forhold til arbeidet med utviklinga av modellen.

Utforminga av nettstaden er gjort i Webnode, som er eit gratis publiseringsverkty [52]. Grunnen til at Webnode vart valt, var fordi den gav ei god innføring i korleis ein skulle opprette ein nettstad. Den hadde også oversiktlege funksjonar, noko som gjorde redigeringa meir brukarvenleg. Det viktigaste var likevel at Webnode gav oss moglegheita til å skape ein nettstad med fagleg utsjånad og funksjon.

Nettstaden kan sjåast på: <http://vassbehandlingsanlegg.webnode.com>

12.10 HMT – HELSE, MILJØ OG TRYGGLEIK

I arbeidet med prosjektet har vi heile tida hatt fokus på HMT. Tryggleik har vore i fokus under heile arbeidsprosessen, sidan vi har sett saman ein modell som inneheld vatn i tillegg til delar som nyttar straum og spenning. Vi har teke omsyn til risikoar som kunne ha oppstått i forbindelse med arbeidet med modellen. Gruppa har teke tryggleiken og risikoane på alvor, sidan eventuelle ulukker kunne fått konsekvensar for dei involverte i gruppa. Sidan vi har bygd modellen for Normatic, har vi også fokusert på tryggleiken til dei som skal nytte modellen etter oss.

12.10.1 RISIKOSTYRING

I forprosjektperioden gjennomførte vi ei risikovurdering av hovudprosjektet. Der fokuserte vi på kartlegging av risikoar som kunne oppstå i arbeidet med sjølve modellutviklinga, men også risikoar som kunne oppstå innan det prosjektfaglege.

Risikovurdering er ei kartlegging over moglege interfererande hendingar som kan inntreffe undervegs i eit prosjekt eller ein prosess [53]. Vi sette opp ulike risikopunkt vi meinte kunne vere aktuelle i vårt prosjekt.

Dei ulike risikoane skalerte vi på konsekvens og sannsyn, på ein skala frå 1 til 5. Med konsekvens meinast alvorlegheitsgrada av ei hending, medan sannsyn er sannsynlegheita for at ei hending inntreffer.

Risikofaktoren vert sett på som produktet mellom konsekvens og sannsyn.

$$\text{Risikofaktor} = \text{konsekvens} * \text{sannsynlegheit}$$

Vi valde ei risikofaktorgrense på 9. Vart risikofaktoren 9 eller høgare, skulle vi utarbeide tiltak. Grunnen til at denne vart sett til 9, var etter vurdering av risikofaktorane innad i prosjektgruppa. Risikofaktorar som ikkje overskreid 9, utarbeidde vi ikkje tiltak mot, men desse vart likevel ikkje ignorerte i det vidare arbeidet med prosjektet. Risikovurderinga er presentert i vedlegg 30.

I arbeidet med prosjektet har vi ikkje opplevd store utfordringar knytt til dei risikoane vi drøfta i vedlegget. Det har vore enkelte hendingar innad i gruppa, som til dømes forseintkomingar og liknande, men dette har vi løyst etter kvart. Vi har fokusert på å handtere situasjonar etter kvart som det har oppstått, og ikkje la ting «skli ut». Miljøet i gruppa har vore opent for dette. Det har også vore personlige faktorar som har påverka deltakinga til gruppemedlemmar, men gruppa tykkjer ikkje dette har gått utover resultatet.

12.11 PROSJEKTEVALUERING

12.11.1 GRUPPEPROSESS OG KOMMUNIKASJON

Vi som gruppe har jobba saman med prosjekt i tidlegare semester. Det at vi har erfaring med å arbeide i gruppe saman, har vore ein fordel i arbeidet med hovudprosjektet. Gruppa synst at samarbeidet stort sett har fungert godt, og at det har vore god kommunikasjon internt i gruppa. Som i alle gruppearbeid har det vore nokre ueinigheiter, både praktisk i forhold til modellutviklinga men også knytt til arbeidsprosessen. Desse utfordringane har vi løyst etter kvart som dei har oppstått.

Ein fordel for gruppa er at gruppemedlemmane har ulike erfaringar og ulik bakgrunnskunnskap. I arbeidet har vi prøvd å utnytte dette mest mogleg, ved at vi drøftar og diskutera ting godt i gruppa undervegs. Totalt sett synest vi at samarbeidet har bidrege til at vi har fått til eit godt resultat.

12.11.2 UTFORDRINGAR

Mange av fagområda har vore omfattande og krevjande å setje seg inn i. Dette har ført til ein del utfordringar undervegs. Ei av dei største utfordringane har vore å setje seg inn i dei grunnleggande teoretiske emna.

Dette gjeld også for programmeringa og programstyringa til modellen. Det å setje seg inn i eit nytt programmeringsverktøy og språk (EXOL), samt programsystema til Normatic, har vore krevjande. Gruppa syns likevel dette har gått greitt, sjølv om det i periodar har vore ein del frustrasjon.

Det har også vore ein del utfordringar med det fysiske knytt til modellen. Filteret og filterfunksjonen har vore utfordrande å få til ei god løysing på. Dette har gått mykje tid med på å finne dei riktige sandtypene for å kunne illustrere verkemåten til eit fleirmediafilter med spyling, og utvikle riktig spyledyse slik at funksjonen vert som vi ynska.

Bassenga var noko vi nytta mykje tid på i starten av planleggingsarbeidet og i starten av arbeidet med hovudprosjektet. Det å lage basseng som i tillegg til å vere robuste og tette, også skulle vere "fine" var ei utfordring. Vi har hatt problem med enkelte lekkasjar undervegs, men dette har vi løyst etter kvart. Det med plassavgrensing på modellen og sjølvfall mellom bassenga var også noko vi måtte ta særskilt omsyn til i planlegginga av modellen. Vi tenkte at dette kunne bli problematisk, sidan modellen ikkje kunne verte for stor. Sidan vi planla dette godt vart utfordringane vi har møtt i tilknytning til dette mindre enn forventa, og dei vart raskt løyste.

I alle prosjektarbeid vil det vere utfordringar og problemstillingar, i større eller mindre grad, som oppstår undervegs. Vi meina at det vi har møtt på undervegs i arbeidet har gjort utviklingsprosessen meir lærerik. Gruppa tenkjer også at det har bidrege til å gjere modellen meir robust.

12.11.3 UTBYTTE AV PROSJEKTET

Vi har, både individuelt og som gruppe, hatt stort utbytte av arbeidet med dette prosjektet. Vi har sett oss inn i ulike fagområder og emne som vi ikkje har arbeidd med før. Dette har vore både spanande, utfordrande og lærerikt.

Prosjektet har også gitt oss moglegheit til å praktisk utøve mykje av det vi teoretisk har lært om på studiet. Både prosesstyring, måleteknikk, reguleringsteknikk og elektro har alle vore emne som har vore sentrale som grunnlag for utviklinga av modellen. Vi syns vi har fått ei breiare forståing for det teoretiske, når vi også har arbeidd med det meir praktisk i ei større oppgåve. Difor er gruppa også glad for at dei valde ei oppgåve som gav oss moglegheit også til å utøve faget vårt praktisk.

I arbeidet med hovudprosjektet har vi også lært meir om korleis vi skal gjennomføre eit større prosjekt. Vi har tidligare arbeidd med mindre prosjekt, slik at vi har noko erfaring innanfor grunnleggande prosjektarbeid. Gruppa meina likevel at det har vore meir lærerikt, og at vi har fått meir utbytte av prosjektarbeidet når vi no har samarbeida med ein ekstern samarbeidspartnar. Dette har ført til at prosjektgruppa har blitt flinkare når det kjem til det prosjektfaglege. I dette prosjektet har vi fokusert meir på ting som god planlegging og god dokumentasjon undervegs, enn vi har gjort i tidligare prosjekt.

Totalt sett er gruppa nøgd med dei endelege produkta, modellen og rapporten, som er utvikla og utarbeidd.

I 3.0 FIGUR- OG TABELLOVERSIKT

Figur 1: P&ID modellen	12
Figur 2: Ventilsymbol Norsk Vann	13
Figur 3: pumpesymbol Norsk Vann.....	13
Figur 4: Symbol (Tags, Modus og Rør/Vatn)	13
Figur 5: Komponentymbol (pumpe, ventilar og UV-filter)	13
Figur 6: Illustrasjon utrekning vasstrykk i tank.....	14
Figur 7: Illustrasjon statisk løftehøgd	17
Figur 8: Illustrasjon av lineært målesignal.....	18
Figur 9: Illustrasjon av samanheng mellom nivå (cm LT01) og spenning(v) frå signalomformar til PLS	19
Figur 10: Illustrasjon av PID i reguleringsløyfe [65]	24
Figur 11: Illustrasjon av Tp (periodetid) og A(Amplitude måleverdi)	25
Figur 12: Trendkurve nivå for tuning av PID	27
Figur 13: Trendkurvenpumpepådrag (1 strek/sekund).....	27
Figur 14: Innstilling nivå inntaksbasseng	27
Figur 15: Illustrasjon generell kaskaderegulering.....	27
Figur 16: Fleirmediafilter modell.....	28
Figur 17: UV-filter på modell	29
Figur 18: Modellramme	29
Figur 19: Baksida av modellen	30
Figur 20: Vinkelprofil.....	30
Figur 21: Illustrasjon av byggingsmetode tankar	31
Figur 22: Syner festing med patentband og overløp, høgdebasseng	31
Figur 23: Spyledyse	32
Figur 24: Wika S-10.....	33
Figur 25: Illustrasjon av trykkmåling rør	34
Figur 26: Sensus Residia Jet Gjennomstrøymingsmålar	34
Figur 27: In-line pumpe.....	35
Figur 28: 24V SMC prosessventil.....	35
Figur 29: RVA5-24A ventilaktuator.....	36
Figur 30: BTV tovegsventil.....	36
Figur 31: Indikasjonsslys.....	36
Figur 32: Styreskåp	37
Figur 33: EXOcompact C28DT-3.....	37
Figur 34: Weidmueller WAs5 CVC Signalomformar	38
Figur 35: OMron S8VK-G Straumforsyning.....	39
Figur 36: EM-174A STyringskort	39
Figur 37: Illustrasjon av relèoppkopling	40
Figur 38 EXodesigner (LOGO).....	40
Figur 39: Eksempel av oppbyggnad prosjekt i EXOdesigner	41
Figur 40: EXO4 (LOGO)	42
Figur 41: Instilling AV Analog inngang/UTgang	43
Figur 42: Variabelliste tilknytt analoge inngangar	44
Figur 43: Illustrasjon struktur PID-objekt.....	46
Figur 44: Graf illustrerar verkemåte til P-regulator i kaskadeobjekt.....	47
Figur 45: Illustrasjon Innstillingar kaskadelnstans	49
Figur 46: Illustrasjon alarmgrenser	50
Figur 47: Algoritme filtreringsprosess.....	52
Figur 48: Døme på programmering av driftsval for reguleringsventil.....	52
Figur 49: Hovubilete til HMI av heile modellen	53
Figur 50: Første prosess i modellen.....	53
Figur 51: HMI Første sløyfa i modellen	54
Figur 52: Eksempel frå program pumpestyring	54
Figur 53: Den andre prosessen i modellen	54
Figur 54: UTdrag frå program som styrer filtreringssekvensane (FSM)	56
Figur 55: Siste prosess i modellen	56
Figur 56: "Oppstartsvindauge"	57
Figur 57: Styring rv01	58

Figur 58: Styring "Filterventilar"	58
Figur 59: Info Filterkomponentar	59
Figur 60: Driftstid.....	59
Figur 61: Alarmoversikt.....	59
Figur 62: Presentasjon alarmstatus.....	60
Figur 63: Grafvindu råvatnbasseng	60
Figur 64: Givarinformasjon	61
Figur 65: Historikk.....	61
Figur 66: Modellen sett frammanfrå	66
Figur 67: Modellen sett bakfrå.....	66
Figur 68: Organisasjonsstruktur	70
Figur 69: Normatic.....	70
Figur 70: Dropbox.....	75
Tabell 1: Utrekning av trykk i basseng	14
Tabell 2: Kalibrering Nivmålar inntaksbasseng (LT01)	19
Tabell 3: Presentasjon av maks avvik for alle basseng.....	22
Tabell 4: Ziegler - Nichols PID-parameter [10].....	26
Tabell 5: Variabeltypar i EXOdesigner	42
Tabell 6: Enkel I/O Liste med forklaring	43
Tabell 7: Oversikt PID-regulatorar i styring	47
Tabell 8: Oversikt trend/logging-instansar i styringa	48
Tabell 9: Symbolinstansar	49
Tabell 10 Alarmer med verdiar og forklaring.....	51
Tabell 11: Filtertilstandar	55
Tabell 12: Oppsummert Budsjett	77
Tabell 13: Oppsummert resultatrekneskap	77

14.0 KJELDER

- [1] NORVAR, "Norm for symboler i driftskontrollsystemer for VA-sektoren," Norsk vann og avløp BA, Hamar, 2007.
- [2] Toril Hofshagen. (2012, Februar) Om norsk vann. [Online]. <http://www.norskvann.no/index.php/om-norsk-vann>
- [3] Reidar Nornes. Transmitter (måleverdiomformer). [Online]. <http://ndla.no/nb/node/3201>
- [4] Arne Auen. Jerstad, Per. Sletbak, Bjørn Grimenes. Fluidmekanikk. PDF.
- [5] Per-Even Kleive, *Matematiske metoder 1. 3.utgave*. Bergen: Fagbokforlaget, 2004.
- [6] The Royal Academy of Engineering. The Mathematics of Pumping Water. Document.
- [7] matematikk.net. matematikk.net. [Online]. <http://matematikk.net/side/Regresjon>
- [8] Finn Aakre Haugen, *Reguleringsteknikk 2.utgave*. Norge: Fagbokforlaget, 2014.
- [9] Dag Håkon Hanssen, *Programmerbare Logiske Styringer (basert på CoDeSys) 4.utgave.*: Fagbokforlaget, 2015.
- [10] Finn Haugen, "Innstilling (tuning) av PID-regulatorer," *AMNytt*, vol. 1, 2008.
- [11] Bjørnar Larsen, *Reguleringsteknikk for automatiserfaget, 3.utgave*. Porsgrunn: Vett & Viten AS, 2006.
- [12] Finn Haugen, "Reguleringsstrukturer som bygger på PID-regulatoren," *AMNytt*, no. 2, 2008.
- [13] Norsk Vann. (2011, Mars) Informasjon om vann. [Online]. <http://norskvann.no/index.php/vann/om-vann>
- [14] Marit Wenseth Kure, "Optimalisering av koagulering og keramisk membranfiltrering for NOM-fjerning," NTNU - Norsk teknisk-naturvitenskapelige universitet, Trondheim, Masteroppgåve 2013.
- [15] Emma Marie Skjærstad. (2013, Juni) Vannbehandling. [Online]. <http://norskvann.no/index.php/vann/vannbehandling>
- [16] VINK - Passion for plastics. Polykarbonat - Lexan. [Online]. <http://www.vink.no/nb-NO/Bruksomr%C3%A5de/Skilt-Reklame/Skiltmaterialer/Lexan-POLYKARBONAT.aspx>
- [17] Fred-Arne Sivertsen. (2007) Driftsoperatørsamling - Drift av moldeprosessanlegg. PPT.
- [18] Industrinett. Plastslange klar - Edis Cristal. [Online]. <http://www.industrinett.no/wsp/tess/frontend.cgi?template=node&nodeid=200>
- [19] Industrinett. Slangekupling i messing. [Online]. <http://www.industrinett.no/wsp/tess/frontend.cgi?template=node&nodeid=997>
- [20] Store Norske Leksikon. Messing. [Online]. <https://snl.no/messing>
- [21] Regin. EXOcompact TCP/IP Artikel C282DT-3. [Online]. <http://www.regincontrols.com/sv-SE/artikel/exocompact-tcpip/c282dt-3/1789/18338/18359/#breadcrumbs>
- [22] Evne Fladberg. (2013, Mars) Totale trykkmålinger. [Online]. <http://www.automatisering.no/artikler/trykkmaling-tett-pa-trykk-1-5/218571>
- [23] Evne Fladberg. (2013, Mars) Hva skjer a' ? 1:2. [Online]. <http://www.tu.no/automatisering/automatiseringsakademiet/kategorier/maleteknikk-og-analyse/nivamaling/2013/03/27/hva-skjer-a-1-2>
- [24] Loctite. LOCTITE 577 Thread Sealant. [Online]. <http://www.loctite.no/loctite-3915.htm?nodeid=8802627256321>
- [25] Industrinett. Gjengesikring. [Online]. <http://www.industrinett.no/wsp/tess/frontend.cgi?template=node&nodeid=20000>
- [26] AxFlow. Wika type S-10. [Online]. <http://www.axflow.com/no/site/produkter/kategori/instrumentering/trykk/trykktransmittere/standard-transmittere/a10-standard/>
- [27] Bjørn Larsen, *Intrumentering og måleteknikk; Teknisk fagskole - Elektro*. Oslo: Gyldendal Norske Forlag AS, 2001.
- [28] AxFlow. Sensus vannmåler type Residia JET. [Online]. <http://www.axflow.com/no/site/produkter/kategori/instrumentering/flow--og-mengdemalere/husvannmalere/sensus-vannmaler-type-residia-jet/>
- [29] Rune Mathisen. Sentrifugalpumpe. [Online]. <http://ndla.no/nb/node/123160>
- [30] Biltema. Inline-pumpe. [Online]. <http://www.biltema.no/no/Fritid/Campingvogn-og-bobil/Vann-og-avlop/Inline-pumpe-2000024260/>

- [31] Michael Stock. Galvanic Isolation: Purpose and Methodologies. [Online]. <http://www.allaboutcircuits.com/technical-articles/galvanic-isolation-Purpose-and-Methodologies/>
- [32] Omron. G2RS. [Online]. <https://industrial.omron.no/no/products/g2rs>
- [33] Regin. Programvaruverktøy for å skape og konfigurere EXO-system. [Online]. <http://www.regincontrols.com/sv-SE/artikkel/overordnet-system/programvaruverktøy-for-att-skape-och-kon/exodesigner/1778/11890/13066/>
- [34] Regin, "EXO System 2009 manual," 2011 (revised).
- [35] Regin. (2016) Controllers - EXOL programming.
- [36] Regin. (2009, September) EXO4. [Online]. <http://www.regincontrols.com/sv-SE/produkt/utgangna-produkter/exo4/246/11884/>
- [37] Sean Leonard. Object Oriented Programming in Control System Software Engineering. [Online]. <http://www.automation.com/library/articles-white-papers/process-control-process-monitoring/object-oriented-programming-in-control-system-software-engineering>
- [38] Juan Pérez Cruz, Manuel Pineda Sánchez, Rubén Puche Panadero, Emilio Aragón Ramos José Roger Folch, "Object Oriented Programming of Logic Controllers (OOPLC)," in *Proceedings of the 5th WSEAS Int. Conf. on Power Systems and Electromagnetic Compatibility*, Corfu, 2005.
- [39] Rune Mathisen. Direktevirkning og reversvirkning. [Online]. <http://ndla.no/nb/node/115750>
- [40] Ross. Misner, Stacia Mistry, *Introducing Microsoft SQL Server 2014 - Technical overview*. Washington: Microsoft Press, 2014.
- [41] Booksmart, *Introduction to C++ programming.*: Booksmart, 2014.
- [42] David R. Wright. (2005) Finite State Machines. [Online]. <http://www4.ncsu.edu/~drwrigh3/docs/courses/csc216/fsm-notes.pdf>
- [43] PCMag. Definition of: HMI. [Online]. <http://www.pcmag.com/encyclopedia/term/44300/hmi>
- [44] Chip McDaniel. (2015, Mars/April) HMI Design. [Online]. <https://www.isa.org/intech/20150405/>
- [45] Jason Williamson. (2010, November) 10 Golden Rules for HMI Design. [Online]. <http://www.appliancedesign.com/articles/92375-10-golden-rules-for-hmi-design>
- [46] Marvin Rausand. Chapter 3 System analysis; Failure modes, effects, and criticality analysis. [Online]. <http://www.fmeainfocentre.com/presentations/fmea.pdf>
- [47] Kjetil Sander. (2015, Mai) SMART, HD Cord og generelle krav til et mål. [Online]. <http://kunnskapssenteret.com/hvordan-formulere-gode-maal/>
- [48] Beate Kristin Ellerås Atkinson. (2012, Juli) Guide til utvikling av tekniske rapporter. [Online]. <https://www.ntnu.no/iie/fag/maler-standarder/GuideTilTekniskeRapporter.pdf>
- [49] NTNU. (2013, April) Råd og retningslinjer for rapportskrivning ved prosjekt- og masteroppgaver. [Online]. https://www.ntnu.no/documents/10380/5836652/R%C3%A5d_Og_Retningslinjer_For_Rapportskrivning_BAT.pdf/78c8450d-f914-4e40-aa03-56a2dbf31ed4
- [50] Dropbox. Dropbox-innføringen. [Online]. <https://www.dropbox.com/tour/0>
- [51] Google. About. [Online]. <https://www.google.no/intl/no/docs/about/>
- [52] Webnode. About webnode. [Online]. <http://us.webnode.com/about-us/>
- [53] Arbeidstilsynet. (2016, April) Risikovurdering. [Online]. http://www.arbeidstilsynet.no/fakta.html?tid=207361/#Hva_risikovurdering
- [54] Elfa Distrelec. Prosessventil 24 VDC ≤ 1.5 MPa 2/2 Åpner (N.C.), VXZ242FGA, SMC. [Online]. <https://www.elfadistrelec.no/no/prosessventil-24-vdc-mpa-apner-smc-vxz242fga/p/11074061>
- [55] Regin. RVA5-24A. [Online]. http://www.reginproducts.se/Images/Original/195202_I_812.pdf
- [56] Regin. BTV. [Online]. http://www.reginproducts.se/Images/Original/195202_I_812.pdf
- [57] Electromen Oy. EM-174A DC-MOTOR DRIVER 12/24Vdc 8A. [Online]. <http://electromen.com/en/products/item/motor-controllers/dc-motor-below-10A/EM-174A>
- [58] Hallvard Ødegaard (red.), *Vann- og avløpsteknikk 2. utgave*. Hamar: Norsk Vann BA, 2014.
- [59] Reidar. Vikene, Odd Ståle Nornes. Trykkmåling. [Online]. <http://ndla.no/nb/node/3197>
- [60] Beate Kristin Ellerås Atkinson. (2005, August) Guide for utvikling av tekniske rapporter. [Online]. <https://www.ntnu.no/iie/fag/maler-standarder/GuideTilTekniskeRapporter.pdf>
- [61] Yrr A. Mørch. Veiledning i rapportskrivning 5.utgave. [Online]. https://www.ntnu.no/c/document_library/get_file?uuid=319739b3-5a19-49da-ae7b-

[4c4ef8a32b07&groupId=55728](#)

- [62] Reidar Nornes. Nasjonal digital læringsarena. [Online]. <http://ndla.no/nb/node/3201>
- [63] Whatls.com. BASIC (Beginner`s All-purpose Symbolic Instruction Code). [Online]. <http://whatls.techtarget.com/definition/BASIC-Beginners-All-purpose-Symbolic-Instruction-Code>
- [64] Rune Mathisen. P&ID. [Online]. <http://ndla.no/nb/node/116448>
- [65] Rune Mathisen. PID-regulator. [Online]. <http://ndla.no/nb/node/115681>
- [66] Standard.no. NEK 400: 2014. [Online]. http://www.standard.no/fagomrader/elektro/lavspenningsinstallasjoner/nek-400_2014/
- [67] Lovdata. (1998, November) Forskrift om elektriske lavspenningsanlegg. [Online]. <https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/1998-11-06-1060>
- [68] Øyvind Grøn. (2009, September) Evangelista Torricelli. [Online]. https://snl.no/Evangelista_Torricelli
- [69] Arne Auen. Jerstad, Per. Sletbak, Bjørn. Grimenes. (2011) Semesterside for FYS1000 - Vår 2011. [Online]. <http://www.uio.no/studier/emner/matnat/fys/FYS1000/v11/Fluidmekanikk.pdf>

15.0 VEDLEGG

VEDLEGG 01: P&ID AV MODELLEN
VEDLEGG 02: FUNKSJONSBEKRIVING
VEDLEGG 03: DATABLAD WIKA TYPE S-10
VEDLEGG 04: KALIBRERING NIVÅMÅLING
VEDLEGG 05: DATABLAD EXOCOMPACT
VEDLEGG 06: PUMPEKALIBRERING
VEDLEGG 07: UTRKNING PID-REGULATORAR
VEDLEGG 08: DATABLAD SENSUS RESIDIA JET – GJENNOMSTRØYMINGSMÅLAR
VEDLEGG 09: DATABLAD IN-LINE PUMPE
VEDLEGG 10: DATABLAD PROSESSVENTIL 24V SMC
VEDLEGG 11: DATABLAD REGULERINGSVENTIL AKTUATOR VA5-24A
VEDLEGG 12: DATABLAD REGULERINGSVENTIL BTV TOVEGSVENTIL
VEDLEGG 13: DATABLAD INDIKASJONSLYS EAO SERIE-17
VEDLEGG 14: KOPLINGSSKJEMA STYRESKÅP
VEDLEGG 15: DATABLAD SIGNALOMFORMAR WEIDMÜLLER S5 CVC
VEDLEGG 16: DATABLAD 12V STRAUMFORSYNING K-G 12V
VEDLEGG 17: DATABLAD 24V STRAUMFORSYNING K-C 24V
VEDLEGG 18: DATABLAD ELECTROMEN STYREKORT M-174A
VEDLEGG 19: DATABLAD RELÈ OMRON G2RS
VEDLEGG 20: I/O LISTE (DETALJERT)
VEDLEGG 21: PROGRAMMERINGSVARIABLAR
VEDLEGG 22: ALGORITMER FOR PROSESSAR
VEDLEGG 23: HOVUDPROGRAM
VEDLEGG 24: FMECA-ANALYSE
VEDLEGG 25: TESTSKJEMA
VEDLEGG 26: GANTT-DIAGRAM OG MILEPÆLAR
VEDLEGG 27: MØTEPLAN, MØTEINNKALLINGAR OG REFERAT
VEDLEGG 28: OVERSIKT TIDSRESSURSAR
VEDLEGG 29: BUDSJETT/REKNESKAP
VEDLEGG 30: RISIKOVURDERING

ALLE VEDLEGGNA KAN FINNST I EIGA MAPPE, LEVERT MED RAPPORTEN.