

Oppgavetekst

Gether AS skal lage et nærvarmenett, med et nytt sirkulasjonsprinsipp av varmemediet, på Mære landbruksskole. De ønsker derfor en eksperimentell fysisk modell av den delen av anlegget som har med distribusjon av varmemediet i bygningene. For å løse dette ønsker de at følgende punkter skal utføres:

- Planlegge og bygge en eksperimentell fysisk modell.
- Lage PLS- program for å overvåke og styre den fysiske modellen.
- Lage HMI.
- Beregne:
 - a. Optimert sirkulert varmemediehastigheter.
 - b. Minimum og maksimum sirkulerte varmemediemengder.
- Lage en matematisk modell av hvordan pumpestyringen vil virke på Mære.

Oppgaven bygger på arbeidet som ble gjort i prosjektet: “Moderne og kostnadseffektiv instrumentering og styring av dynamiske fornybare energisystem”, utarbeidet av Henrik Hopen som 9. semesters forprosjekt, høsten 2012.

Norges teknisk-naturvitenskaplige universitet

Fakultetet for informasjonsteknologi, matematikk og elektroteknikk

Masterutdanningen

Sammendrag:

Denne rapporten beskriver arbeidet utført av Henrik Hopen i forbindelse med hans masteroppgave våren 2013. Oppgaven ble utført i samarbeid med Gether AS. Gether AS ønsket at det skulle lages en testmodell av pumpestyringssystemet til et nytt sirkulasjonsprinsipp, for et nærvarmenett.

Under prosjektet ble denne testmodell av styresystemet til sirkulasjonsprinsippet prosjekter og bygget. Denne testmodellen består blant annet av en turpumpe for varmemedium med høy temperatur, en returpumpe for varmemedium med lav temperatur, PLS, PT-elementer, termostat og vannkar for pumping av varmemediet. Til PLS-en ble det laget et PLS-program og et HMI, i Simatic Step 7 Basic V11. PLS-en kommuniserer trådløst med HMI-et, som kjøres på en PC. HMI-et gir brukeren informasjon om temperaturen på varmemediet i de forskjellige vannkarene, mulighet til å styre pådraget til pumpene, i tillegg til å sette alarmgrenser og oversikt over alarmer. Pumpene kan styres i både manuell og automatisk drift. I automatisk drift øker pådraget til turpumpen i 5 steg avhengig av tiden. Etter at turpumpen har kjørt på maks pådrag i et gitt tidsintervall, starter pumpen på minimumspådraget igjen. Dette skjer så lenge termostaten er aktiv. Dersom termostaten er passiv kjører turpumpen på minimumspådraget. Minimumspådraget angis av brukeren i HMI-et. Returpumpen kjører på 100 % minus pådraget til turpumpen.

Det er også laget et web-HMI til PLS-en. Dette gir brukeren tilgang til PLS-en over internett, ved bruk av en nettleser.

Det er laget en matematisk modell av hvordan pumpesystemet vil virke når det skal varme opp et rom i et bygg. Ved forskjellige simuleringer av den matematiske modellen viser det seg at radiatoren som skal varme opp rommet, ved visse tilfeller ikke greier å oppnå ønsket temperatur i rommet. Dette skyldes at turpumpen ikke kjører lenge nok på høyt pådrag, slik at radiatoren ikke holder høy effekt lenge nok. Det kan derfor være fordelaktig å forandre på PLS-programmet, slik at turpumpen kjører på det 5. pådragsintervallet helt til termostaten blir passiv.

Resultatet av masteroppgaven er denne rapporten, en fysisk og en matematisk modell, et PLS-program og HMI.

Norges teknisk-naturvitenskaplige universitet

Fakultetet for informasjonsteknologi, matematikk og elektroteknikk

Masterutdanningen

Abstract:

This report describes the work carried out by Henrik Hopen during his master thesis, in the spring of 2013. The thesis was conducted in cooperation with Gether AS. Gether AS wanted a test model of the pump control system for a new circulation principle, for a local heating network, to be made.

During the project the test model of the control system was engineered and built. This test model includes one trip pump for the heating medium of high temperature, a return pump for the heating medium at low temperature, RTDs, a thermostat and water tanks for use in the pumping of the heat medium. A PLC program and HMI was made to the PLC, in Simatic Step 7 Basic V11. The PLC communicates wirelessly with HMI, which is running on a PC. The HMI provides the user with information about the temperature of the heat medium in the different water tanks, the ability to control the actuation of the pumps, in addition to setting alarm limits and an overview of the alarms. The pumps can be operated in both manual and automatic mode. In automatic mode the actuation to the trip pump increases in 5 steps depending on the time. After the trip pump has been running at maximum actuation in the given time interval, the pump starts at minimum actuation once again. This happens as long as the thermostat is active. If the thermostat is passive the trip pump runs at minimum actuation. The minimum actuation is entered by the user, in the HMI. The return pump runs at 100% actuation minus the actuation of the trip pump.

A web HMI is also created to the PLC. This gives the user access to the PLC over the Internet, using only a web browser.

It is also created a mathematical model of how the pump system will work when it is supposed to warm up a room in a building. At different simulations this model shows that the radiator that is supposed to warm up the room, in certain cases fails to achieve the desired temperature. This happens because the trip pump is not running long enough at high actuation, so the radiator does not hold high output long enough. It may therefore be advantageous to change the PLC program, so that the trip pump runs on the 5th actuation interval until the thermostat is passive.

The result of the thesis is this report, a physical and a mathematical model, a PLC program and a HMI.

FORORD

Denne prosjektrapporten er skrevet av Henrik Hopen som en del av arbeidet utført av han i forbindelse med hans masteroppgave ved NTNU, våren 2013. Henrik startet sin utdanning på elektrofag ved Sørumsand videregående skole og tok deretter fagbrev som elektriker i bedriften Sæther Elektriske. Etter fullført fagbrev og ett år i Hans Majestet Kongens Garde tok Henrik en bachelorgrad innen Automasjon og Informatikk ved Høyskolen i Telemark. Utdanningsløpet gikk deretter videre til NTNU, for en 2-årig mastergrad innen Teknisk Kybernetikk. Dette utdanningsløpet avsluttes nå med denne masteroppgaven som utgjør 30 studiepoeng.

Masteroppgave består av denne rapporten og det arbeidet som beskrives i rapporten. Hensikten med denne rapporten er å beskrive hvilket arbeid som er utført, hvordan dette ble gjort og hva resultatet ble.

Masteroppgaven er utført i samarbeid med Gether AS. Gether AS leverte oppgaveforslag til forprosjekt som studenter kunne velge som 9. semesters prosjekt. Henrik valgt et av disse forprosjektene, som deretter ble videreført til masteroppgaven. Oppgaveteksten til masteroppgaven ble utformet av Gether AS, deretter tilpasset av Henrik i samarbeid med hovedveileder, og tilslutt godkjent av Gether AS. Oppgaveteksten er lagt med i begynnelsen av rapporten.

Til forprosjektet, som utgjorde 7.5 studiepoeng, ble det undersøkt hvilke PLS-løsninger fra Siemens som kan benyttes til å lage et styresystem til Gether AS sitt anlegg på Mære landbruksskole. Selv om PLS som ble valgt til dette prosjektet ikke er omtalt i forprosjektet, så var arbeidet som ble gjort under forprosjektet avgjørende for hvilken PLS som skulle velges. Store deler av kapittel 4 i denne rapporten, unntatt noen mindre forandringer, ble utarbeidet under arbeid med forprosjektet. Rapporten til forprosjektet kan bidra til at leseren får bedre forståelse av hvordan anlegget på Mære landbruksskole skal utformes, selv om kapittel 4 skal dekke dette på en god måte. Forprosjektrapporten forklarer også hvilke PLS-løsninger som ble vurdert til anlegget på Mære landbruksskole. Rapporten er lagt ved i vedlegg A med navnet “Moderne og kostnadseffektiv instrumentering og styring av dynamiske fornybare energisystem”.

I kapittel 6 og 8 i denne rapporten forklares det hvordan styresystemet er laget i Simatic Step 7 Basic V11. Det vil trolig vært fordelaktig for leseren å ha tilgang til denne programvaren for å få full forståelse av forklaringene. Som et minimum burde leseren ha kjennskap til, og ha brukt, Siemens sin programvare. Leserens burde også ha kunnskap om Matlab og Simulink, i tillegg til forståelse for automasjonssystemer og utstyr som inngår i disse systemene.

Henrik vil benytte anledningen til å rette en takk til Helge Skarphagen, fra Gether AS, for hjelpen og oppfølgingen han har mottatt under prosjektet. Han ønsker også å benytte anledningen til å takke Wenche W. Finseth, ved institutt for geologi og bergteknikk på NTNU, som har bestilt utstyret til prosjektet. Henrik retter også en takk til mekanisk verksted ved kybernetikkavdelingen, på NTNU, for brakettene som ble laget til montering av pumpene.

Bakerst i denne rapporten er det lagt ved en CD som inneholder vedleggene til rapporten.

NOMENKLATURLISTE

Nomenklatur for teksten og figurer:

DC	-	Direct current
DTES	-	Dynamisk termisk energi lager
FC	-	Funksjonsblokk
GHz	-	Gigahertz
HMI	-	Human machine interface
Mbps	-	Megabit per second
OB	-	Organisasjonsblokk
P.C.	-	Pressure controller
PLS	-	Programmerbar logisk styring
PT	-	Platinum thermometers
P.T.	-	Pressure transmitter
RTD	-	Resistance temperature detector
TAHH	-	Temperatur alarm høy høy
TAH	-	Temperatur alarm høy
TAL	-	Temperatur alarm lav
TALL	-	Temperatur alarm lav lav
T.C.	-	Temperature controller
T.T.	-	Temperature transmitter
WLAN	-	Wireless local area network

Nomenklatur for måleenheter:

C	-	Celsius
J	-	Joule
K	-	Kelvin
kg	-	Kilogram
m	-	Meter
mA	-	Milliampere
Pa	-	Pascal
s	-	Sekund
V	-	Volt
W	-	Watt

Nomenklatur for formlene (10-1) til (11-4):

A	-	Areal	SP	-	Settpunkt for ønsket
C	-	Varmekapasitet	temperatur		
c	-	Spesifikk	T	-	Temperatur
varmekapasitet			t	-	Tid
d	-	Diameter	U	-	U-verdi for
m	-	Masse	konstruksjonsdelen		
n	-	Antall	V	-	Volum
p	-	Atmosfærisk trykk	v	-	Hastighet
Q	-	Varme			
R	-	Gasskonstant	ρ	-	Tetthet
			ϵ	-	Virkningsgraden

Nedsenket skrift i formlene:

blanding	-	Blanding	tap inf	-	Infiltrasjonstap
omgivelse	-	Omgivelse	tap trans	-	Transmisjonstap
r	-	Rommet	tilført	-	Tilført
radiator	-	Radiator	tur	-	Tursløyfe
retur	-	Retursløyfe	u	-	Ute
strøm	-	Strøm (pr tidsenhet)	v	-	Varmemedium
tap	-	Tap			

INNHALDSFORTEGNELSE

Forord	2
Nomenklaturliste.....	4
Innholdsfortegnelse.....	6
1 Innledning	8
2 Konklusjon.....	9
3 Energieffektive løsninger på Mære	11
3.1 Varmepumpe	11
3.2 Geoenergi ved bruk av borrhullslager (DTES)	12
3.3 Pellettskjele	13
4 Oppbygningen av nærvarmenettet på Mære	14
5 Planlegging og bygging av fysisk modell.....	16
5.1 Planlegging av modellen	16
5.2 Beskrivelse av komponenter som brukes på modellen	20
5.2.1 PLS og dens moduler.....	20
5.2.2 Termostat	20
5.2.3 Styrekort til pumpene.....	21
5.2.4 Trådløs klient	21
5.2.5 Router.....	21
5.3 Den fysiske modellen.....	22
6 PLS- program	25
6.1 Konfigurasjon av PLS	25
6.2 PLS Tags.....	26
6.3 Oppbygningen av PLS-programmet	26
6.4 PLS-programmet til modellen	27
6.4.1 Organisasjonsblokker.....	28
6.4.2 Funksjoner.....	28
7 Konfigurasjon av kommunikasjon mellom PLS og HMI.....	32
8 HMI	34
8.1 Hvordan lage HMI i WinCC Basic.....	34
8.1.1 Templates	34
8.1.2 Tags.....	34
8.1.3 Dynamiske objekter	35
8.1.4 Alarmhåndtering	37
8.2 HMI til modellen, i WinCC Basic.....	38
8.2.1 Hovedvinduet	38
8.2.2 Skjermbildet til T.C.....	39
8.2.3 Skjermbildene til T.T.2-T.T.5.....	40

8.2.4 Skjermbildene til tur og retur pumpe.	41
8.2.5 Skjermbildet til systemscreen.....	41
8.2.6 Alarmlister i HMI-et.....	41
8.3 HMI til modellen over nettleser	42
8.3.1 Hvordan lage HMI til nettleser	43
9 Kjøring av den fysiske modellen	45
10 Matematisk modell.....	47
10.1 Modellering av temperaturen i et rom	47
10.2 Modellering av pumpestyring, og blanding av varmemedier med forskjellig temperaturer	49
10.3 Den matematiske modellen sammensatt av de forskjellige delene	50
10.4 Simulering av temperaturendring i rommet ved bruk romtermostat og av/på styring.	51
10.5 Simulering av temperaturendring i rommet dersom romtermometer og PID-regulator brukes.	55
11 Beregnet optimert sirkulerte varmemediehastigheter	57
11.1 Optimert sirkulert varmemediehastighet i bygningsnett	57
11.2 Optimert sirkulert varmemediehastighet i hovednett	59
12 Diskusjon og Videre arbeid	60
Vedlegg.....	65

1 INNLEDNING

Store deler av verdens energiforbruk går i dag til oppvarming, kjøling og ventilasjon i bygninger. Gether AS har utviklet en ny teknologi som reduserer dette energiforbruket sammenlignet med konvensjonelle anlegg. Denne nye teknologien skal tas i bruk på Mære landbruksskole til å betjene 3000 m² veksthus, 1000 m² grisefjøs, et internatbygg, i tillegg til noen andre mindre bygg.

Den nye teknologien baserer seg blant annet på Per Fahlèn sin forskning som viser at det er energibesparende å bruke kontinuerlig kapasitetsregulerte varmepumper og viftekonvektorer, fremfor å benytte periodisk av og på vekslings som ofte er brukt i konvensjonelle husholdningsvarmepumper. I tillegg benytter den nye teknologien seg av et nytt sirkulasjonsprinsipp av varmemediet, som er utviklet av Gether AS. Disse løsningene benyttes sammen med termiske energilagere (DTES), som i liten grad taper termisk kvalitet. Det forventes at denne løsningen skal gi meget god effektivitet.

Som et neste skritt i veien mot å komme frem til et robust og kostnadseffektivt pumpestyringssystem, for det nye sirkulasjonsprinsippet, ønsker Gether AS at det skal lages en eksperimentell fysisk modell av pumpestyresystemet som har med distribusjon av varmemediet i bygningene. Denne fysiske modellen skal blant annet bestå av to pumper som styres av en PLS fra et HMI. Denne fysiske modellen skal hjelpe Gether AS i å fastslå at de kan lage en pumpestyring slik at det nye sirkulasjonsprinsippet blir som tenkt.

Gether AS ønsker også at muligheten til å benytte Mære landbruksskole sitt WLAN til å rapportere fra PLS-er skal undersøkes. Dette kan bidra til å redusere kostnaden av den nye installasjonen.

I tillegg til dette skal det også lages en matematisk modell av endring i romtemperaturen, for et system i kontinuerlig drift, basert på den nye pumpestyringen. Dette skal hjelpe til å avgjøre hvordan pumpestyringen vil virke i virkeligheten.

Som et skritt i å optimere det nye sirkulasjonsprinsippet er det også viktig å finne optimerte varmemediehastigheter. Formler fra Per Fahlèn sine artikler kan brukes som utgangspunkt til dette.

Resultat av arbeidet blir en prosjektrapport, en fysisk modell, en matematisk modell, et PLS – program og HMI.

2 KONKLUSJON

Som resultat av masteroppgaven ble det bygget en fysisk modell av pumpestyringssystemet til sirkulasjonsprinsippet i bygningsnett. Denne fysiske modellen består av to pumper, PLS, trådløs mottakerenhet for termostat og en trådløs klient for ethernet, montert på en finerplate. Modellen består også av to vannkar som mater pumpene, som videre pumper varmemediet inn i en manifold og deretter inn i et siste vannkar. I det siste vannkaret er senderen til den trådløse termostaten montert. I hvert av vannkarene er det montert et PT-element som måler temperaturen.

Den fysiske modellen virker etter hensikten. Pumpene pumper varmemediet fra tilførselsvannkarene til det siste vannkaret, og ønsket pumpetrykk blir styrt av PLS-en. Pumpene kjører også med ønsket trykk avhengig om termostaten var aktiv eller passiv. I tillegg blir temperaturen i de forskjellige vannkarene registrert. Det er allikevel noen designfeil med den fysiske modellen. Den største designfeilen er at pumpene ikke greier å suge til seg varmemediet fra vannkarene, dette gjør at det må lages en hevert fra vannkarene til pumpene.

Den trådløse klienten gjør at PLS-en kommuniserer med HMI-et, på en PC, trådløst, via en trådløs router. Dette konfigureres ved å følge installasjonsveiledningen til den trådløse klienten. Det trengs ikke å gjøre noen konfigurasjon med PLS-en. Det betyr at Mære landbruksskole sitt WLAN kan benyttes til å kommunisere med PLS-ene.

I hver av de to pumpene er det benyttet forskjellige styrekort, med forskjellige egenskaper. Begge styrekortene har funksjonalitet til å styre pådraget til pumpene med et analogt 0-10V signal. I tillegg har styrekortet til returpumpen en utgang for tilkobling av en spenningsfri hjelpekontakt. Denne kontakten gjør at pumpen kjører i styrt drift når den er lukket, og stopper når kontakten er åpen. Styrekortet på turpumpen har også en utgang for tilkobling av en spenningsfri hjelpekontakt. Når denne kontakten er lukket kjører pumpen i styrt drift, mens pumpen kjører med et fast turtall når kontakten er åpen. Disse hjelpekontaktene benyttes til at turpumpen dekker 100 % av ønsket trykk i anlegget dersom styresystemet skulle falle ut.

I prosjektet ble det benyttet en Siemens S7-1200 PLS til å lage styresystemet. S7-1200 PLS-en er modulær og kan derfor bygges med de modulene som er nødvendige for å løse et automasjonsproblem. Denne egner seg derfor til anlegget på Mære. Til den fysiske modellen ble modulene CPU 1212C, SM1232 og SM 1231 RTD benyttet til å lage løsningen.

S7-1200 PLS-en benytter seg av programvaren Simatic Step 7 Basic V11 som inneholder både Step 7, til å lage PLS-programmet, og WinCC, til å lage HMI-et. Step 7 inneholder nok funksjonalitet til å lage PLS-programmet til å styre den fysiske modellen på en god måte. PLS-programmet er laget slik at det inneholder funksjonalitet som leser temperaturen fra PT-elementene, registrere om termostaten er aktiv eller passiv og kjører pumpene på ønsket turtall avhengig av om termostaten er aktiv eller passiv. PLS-programmet er laget slik at turpumpen øker pådraget gradvis i 5 tidsintervaller når termostaten er aktiv, og starter på nytt igjen når

turpumpen har kjørt på det 5. intervallet en gitt tid. Returpumpen minker pådraget tilsvarende som turpumpen øker det.

WinCC har også nok funksjonalitet til å lage HMI-et på en god måte. Det kan lages skjermbilder med statiske objekter som forklarer utformingen på anlegget, og med dynamiske objekter som forandrer seg avhengig av prosessverdier. Det kan også legges inn trendplot i HMI-et.

Trendplotene til HMI-enhetene som følger med i standardbiblioteket til Simatic Step 7 Basic V11 er noe begrensede. Standardbiblioteket bør derfor utvides med en HMI-enhet som har bedre trendplot egenskaper. HMI-et til den fysiske modellen er laget med skjermbilder til blant annet pumpene, PT-elementene, styring av pådraget til pumpene og alarmlister.

S7-1200 PLS-en har også web-server funksjonalitet. Dette gjør at PLS-en kan styres fra en nettleser. Det er laget et web-HMI til PLS-en. Dette HMI-et gir brukeren mulighet til å overvåke og styre pumpene, overvåke PT-elementene, i tillegg til å sette alarmgrenser.

Det ble laget en matematisk modell til prosjektet som modellerer hvordan temperaturendringen blir i rommet hvor romtermostaten er plassert, avhengig av det forskjellige pådraget til turpumpen og returpumpen. Ved å kjøre forskjellige simuleringer på den matematiske modellen viser det seg at pumpestyringssystemet ikke er laget på en optimal måte. Ved enkelte tilfeller oppnås ikke ønsket temperatur i rommet, siden turpumpen ikke kjører på høyt pådrag lenge nok. Dette gjør at effekten på radiatoren blir for lav. En bedre løsning til å styre pådraget til turpumpen kunne vært å øke pådraget i 5 intervaller og kjøre på 100 % helt til romtermostaten registrerer ønsket temperatur.

3 ENERGIEFFEKTIVE LØSNINGER PÅ MÆRE

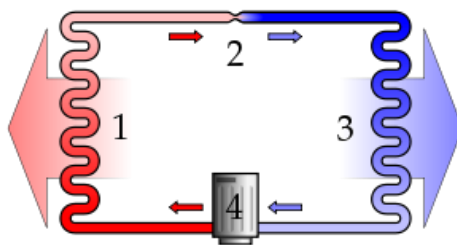
Det finnes i dag mange forskjellige løsninger som kan benyttes til å gjøre en bygning mer energieffektiv. Disse løsningene sparer miljøet, i tillegg til at de ofte er økonomisk lønnsomme. I dette kapittelet forklares det generelt om løsningene som skal brukes på Mære landbruksskole.

3.1 Varmepumpe

En varmepumpe er en innretning som flytter varme fra et sted med en gitt temperatur, til et annet sted med en annen temperatur. Denne prosessen benyttes blant annet i kjøleskap, fryserer, air conditioning og til oppvarming. Det vanligste er å assosiere varmepumpe med oppvarming av boliger.[1]

En varmepumpe består av flere komponenter som fordamper, kompressor, kondensator, strupeventil og et varmemedium. Kompressoren komprimerer varmemediet og øker derfor trykket og temperaturen. Den sørger også for at varmemediet sirkulerer i varmepumpen. Fordamperen er den delen av varmepumpen som tar til seg varme fra omgivelsene og tilfører den til varmemediet. Utformingen på denne avhenger av hvordan varmepumpen skal ta opp omgivelsestemperaturen, f.eks. fra luft, vann eller grunnvarme. Kondensatoren er den delen som avgir varme til omgivelsen fra varmemediet. Strupeventilen gjør at trykket på varmemediet øker på kondensatorsiden av varmepumpen. Varmemediet er den fluiden som benyttes for å transportere varme fra fordamperen til kondensatoren. [1]

Varmepumpens virkemåte forklares ved hjelp av Figur 3-1. Punkt 4 på figuren er kompressoren. Den suger varmemediet i gassform inn fra fordamperen og komprimerer dette slik at trykket og temperaturen øker. Fra kompressoren går varmemediet inn i kondensatoren, vist i punkt 1. Her avgir varmemediet varme til omgivelsen og varmemediet går over til væskeform igjen. Etter strupeventilen, punkt 2, reduseres trykket og dermed temperaturen på varmemediet. Videre går varmemediet inn til fordamperen, punkt 3, hvor varmemediet går fra væskeform til gassform. Dette skjer fordi varmemediet har lavt trykk og dermed fordamper ved lave temperaturer. Det betyr at omgivelsestemperatur er tilstrekkelig høy til å fordampe varmemediet.[1]



Figur 3-1: Kretsløpet i en varmepumpe.[1]

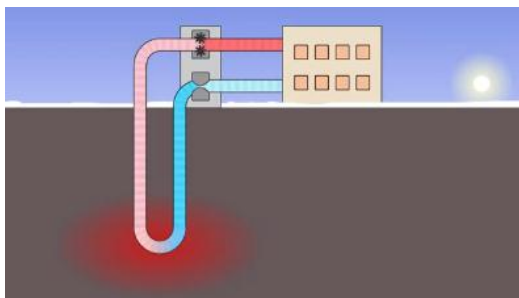
En varmepumpe kan benytte flere forskjellige varmekilder til å fordampe varmemediet. Det er fordelaktig at varmekilden holder jevn og så høy som mulig temperatur. Uteluft er en mulighet som kan benyttes. Den er lett tilgjengelig, men holder dessverre lav temperatur når behovet er

størst. En annen mulighet er å benytte sjøvann. Temperaturen ligger ofte høyere enn uteluften og varierer mindre. Spesielt varierer temperaturen i sjøvannet lite på dyp større enn 30 meter. Grunnvarme er også en mulig varmekilde. Da benyttes varme som er lagret i enten jord, fjell eller grunnvann. Kvaliteten på grunnvarmen avgjøres av materialet til grunnen. Jord bør inneholde mye vann, fordi vann har gode varmeoverføringsegenskaper. Fjell bør være av en bergart med høy termisk konduktivitet, eller være porøs og inneholde mye vann.[1][2]

3.2 Geoenergi ved bruk av borrehullslager (DTES)

Som nevnt kan geoenergi, eller grunnvarme, benyttes på flere forskjellige måter til en varmepumpe. I dette kapittelet fokuseres det på geoenergi ved bruk av borrehullslager. Ved bruk av borrehullslager kan geoenergi utnyttes i berglager og akviferlager.

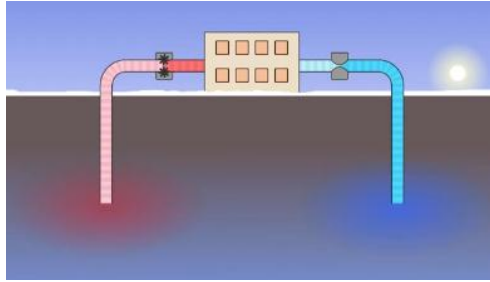
Ved bruk av berglager borres det hull 100-200 meter ned i berggrunnen. Det kan være et enkelt hull for en enebolig, eller det kan være mange hull for et større næringsbygg. I et hull sirkulerer et varmemedium, i et rør, som henter varme fra berggrunnen. Dette benytter det samme prinsippet som en varmepumpe. Figur 3-2 illustrer prosessen. [4]



Figur 3-2: Borrehullslager i berggrunnen, til oppvarming av en bygning. [3]

Proessen kan også reverseres slik at det lagres varmen i berggrunnen. Da kan det trekkes ut varme fra fjellgrunnen om vinteren, som da kjøler ned berggrunnen. Om sommeren brukes de kalde hullene til nedkjøling av bygget, som da vil varme opp berggrunnen igjen. Dette medfører at berglagrene kan benyttes til oppvarming av bygninger om vinteren, og nedkjøling om sommeren. [4]

I akviferlager benyttes grunnvannsmagasiner til oppvarming og kjøling av bygninger. Om sommeren pumpes kjølig vann fra en brønn til kjøleanlegget, dette vannet blir da varmet opp og deretter ført ned i en annen brønn, som blir varmet opp. Om vinteren benyttes det varme grunnvannet fra den varme brønnen til å varme opp bygningen, dette vannet blir nedkjølt og ført ned til en kald brønn. For å øke temperaturen i det varme vannet blir det benyttet en kompressor som øker trykket, og dermed temperaturen. Dette er vist i Figur 3-3. [4]



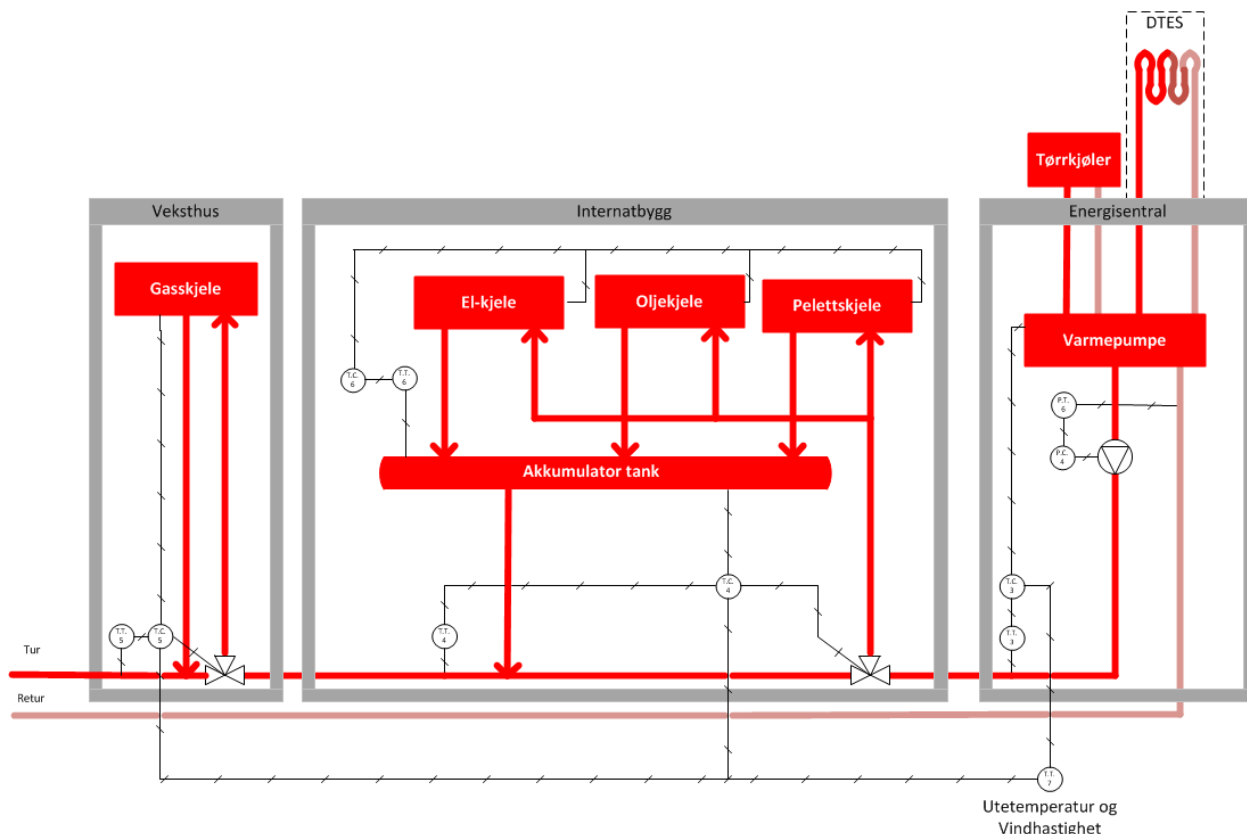
Figur 3-3: Prinsipielt hvordan akviferlager benyttes til å varme en bygning. [3]

3.3 Pelletskjele

Pelletskjele er et oppvarmingsalternativ som benytter pellets som energikilde. En pellets er laget av treflis, skogavfall, torv eller landbruksavfall. Dette blir kokt under trykk og presset til en klump. Pelletsene blir brent i en pelletskjele hvor varmen brukes til å varme opp et varmemedium. Dette varmemediet brukes til å varme opp bygningen, enten ved bruk av radiatorer eller vannbåren gulvvarme. [6]

4 OPPBYGNINGEN AV NÆRVARMENETTET PÅ MÆRE

Nærvarmenettet som skal lages på Mære landbruksskole kan deles inn i to hoveddeler, hovednett og bygningsnett. Hovednettet inkluderer varmekildene og distribusjon av varmemediet til bygningene, mens bygningsnettene distribuerer varmemediet rundt i hvert av de 8 bygningene. Figur 4-1 viser en prinsippskisse av hovednettet, og Figur 4-2 viser prinsippskisse av bygningsnett.

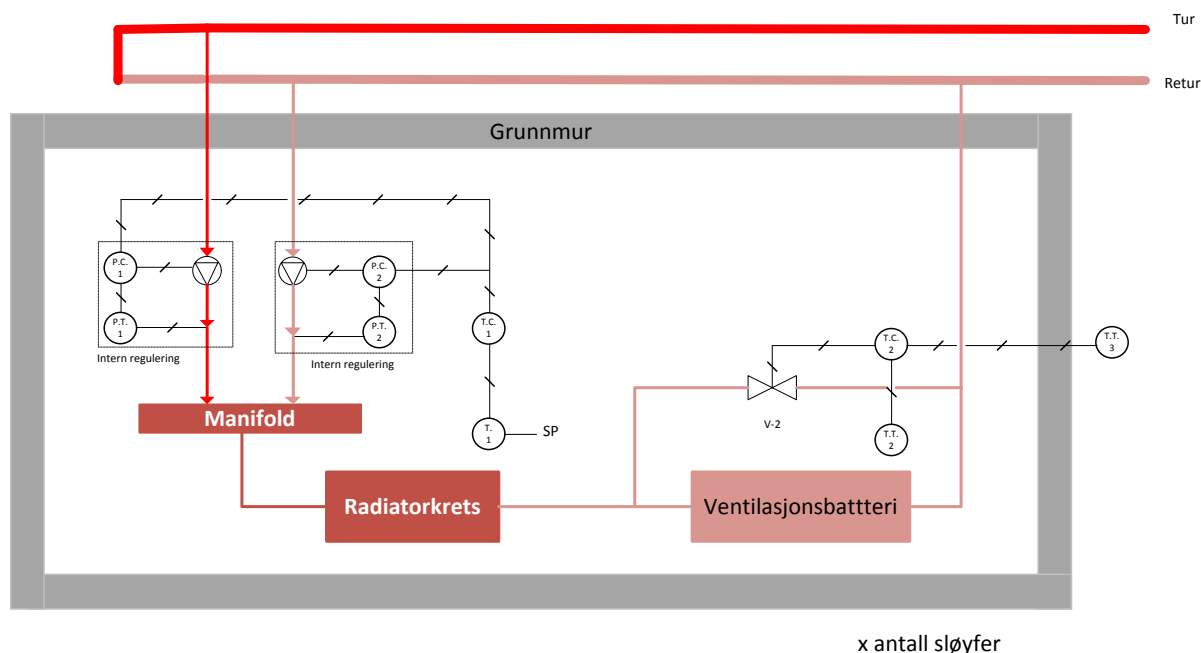


Figur 4-1: Prinsippskisse av hovednettet med varmekilder.

Hovednettet består av en tursløyfe som bringer varmemediet fra varmekildene ut til bygningene, og en retursløyfe som bringer varmemediet tilbake fra bygningene. På tursløyfen i er det mest hensiktsmessig å ha en temperatur på ca. 60 °C på kalde dager ned til ca. 30 °C på mildere dager. Temperaturen i tursløyfen avgjøres av utetemperaturen, vind og tilbakemelding fra bygningene. For å oppnå den ønskede temperaturen i tursløyfen brukes de forskjellige varmekildene i forskjellige kombinasjoner, avhengig av varmebehovet. Pellettskjelen, oljekjelen og el-kjele er plassert i internatbygget, i energisentralen er varmepumpen plassert, mens gasskjelen er plassert i veksthuset.

På milde dager med lite varmebehov brukes kun varmepumpen, som kun benytter tørrkjøler. Ved litt større varmebehov suppleres varmepumpen fra DTES. Blir varmebehovet enda større kuttes tørrkjøleren ut og varmepumpen bruker kun DTES. Dersom varmepumpen ikke greier å opprettholde ønsket temperatur på tursløyfen, brukes pellettskjelen til å supplere varmepumpen. Skulle varmebehovet være enda større, for eksempel på veldig kalde dager, brukes

varmepumpen med DTES som suppleres av pelletskjelen og gasskjelen, i tillegg brukes oljekjelen som backup for pelletskjelen. Pelletskjelen, oljekjelen og el-kjelen leverer varmemediet til en akkumulatortank, før det tilføres tursløyfen.



Figur 4-2: Prinsippskisse av bygningsnettet.

På bygningsnettet, i bygningene, skal en romtermostat, T. 1, plasseres i det rommet med høyest temperaturbehov. Denne romtermostaten styrer pumpeforholdet mellom pumpen på retursløyfen og pumpen på tursløyfen i bygget. Pumpen på retursløyfen, og pumpen på tursløyfen, har intern trykkregulering. Disse pumpene settes til å holde det trykket som gir passe gjennomstrømning av varmemediet i radiatorer og varmebatterier med tanke på å minimalisere returtemperaturen. Hvis varmemediet i retursløyfen ikke er tilstrekkelig varmt, for å oppnå ønsket temperatur gitt av romtermostaten, brukes også pumpen på tursløyfen. Returpumpen kjøres tilsvarende ned, som turpumpen kjøres opp, for å holde det ønskede trykket.

For å tilfredsstille det individuelle temperaturønsket i de forskjellige rommene på radiatorkretsen, er det mekanisk termostat på radiatorene.

For å utnytte overskuddsvarmen i varmemediet, når dette har strømmet gjennom radiatorkretsen, føres varmemediet inn til et ventilasjonsbatteri. Dette skjer kun i bygg med ventilasjonsanlegg. Ønsket varme i ventilasjonsluften regulerer mengde varmemediet til ventilasjonsbatteriet.

Varmen på ventilasjonsluften bestemmes ut i fra temperaturen ute, og den varierer fra 17 °C til 25 °C på de kaldeste dagene.

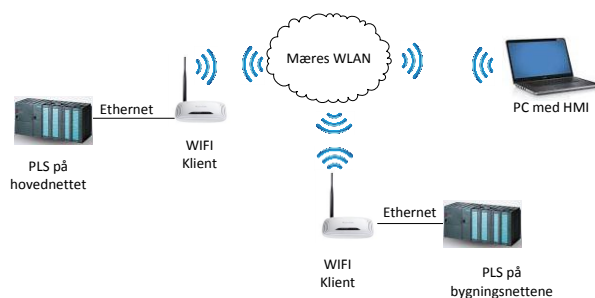
For å utnytte overskuddsvarmen i varmemediet mest mulig, blir bygningene langs hovednettet plassert slik at bygningene med lavere varmebehov kan utnytte overskuddet fra bygninger med høyere varmebehov. Et grisefjøs plasseres for eksempel etter et internatbygg, da varmebehovet i internatbygget er høyere enn varmebehovet til grisefjøset.

[5]

5 PLANLEGGING OG BYGGING AV FYSISK MODELL

Som et skritt i utviklingen av det nye sirkulasjonsprinsippet som Gether AS skal utvikle, ønsker de at det skal bygges en fysisk modell av bygningsnettets som ble beskrevet i kapittel 4. Denne modellen skal bidra til å komme frem til et godt alternativ til pumpestryningen til denne delen av anlegget. Istedenfor å bruke varmeflater og en romtermostat, slik som det ville blitt gjort i virkeligheten, brukes det på modellen kun en termostat på luften i et vannkar. Dette vil gjøre at modellen oppfører seg annerledes enn det den virkelige prosessen vil gjøre. Den delen av bygningsnette som har med ventilasjonsbatteriet tas ikke med i modellen, da fokuset er å få til en god pumpestyring. Til å imitere tilkobling til hovednettet brukes to vannkar med vann av forskjellig temperatur. Ut fra modellen går vannet rett ut i et sluk, istedenfor tilbake til returnettet.

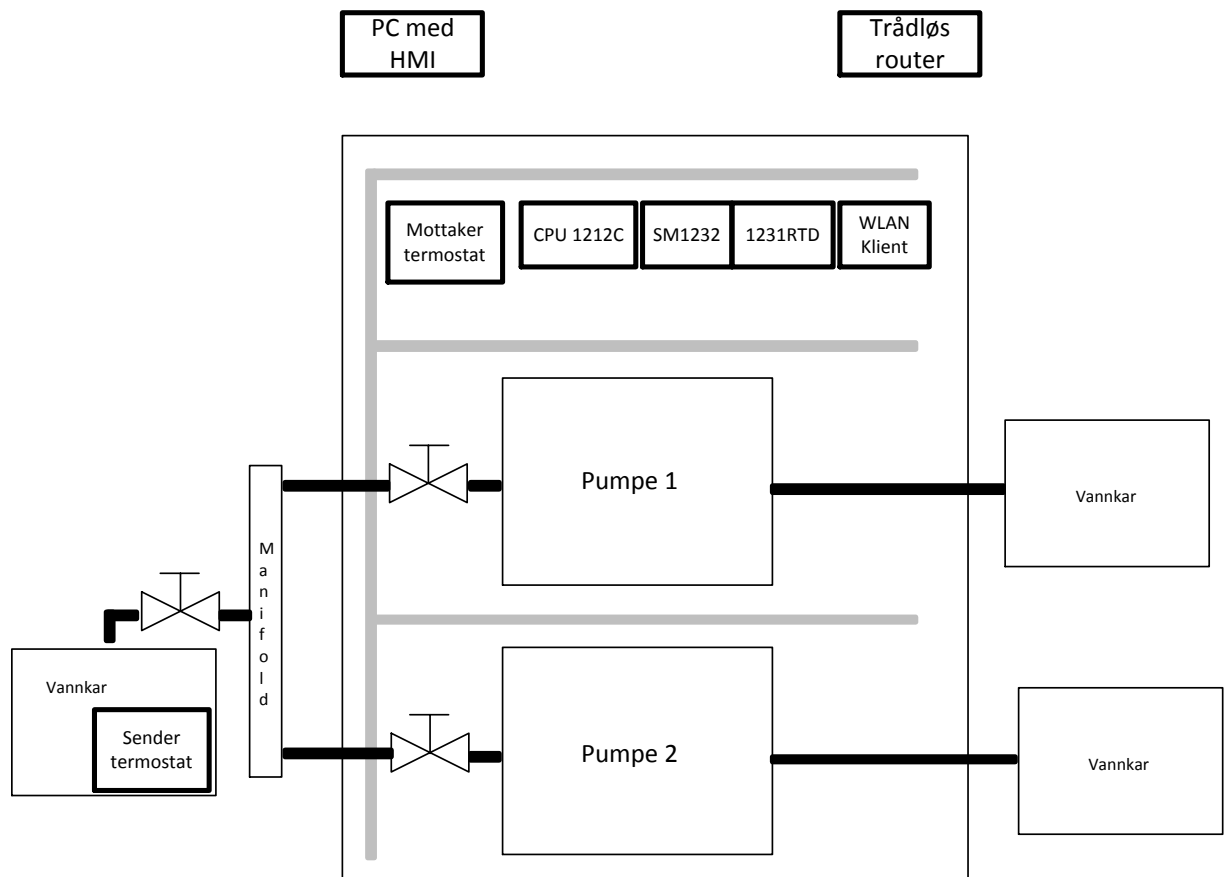
I tillegg til å komme fram til en god pumpestyring, ønsker Gether AS å undersøke muligheten til å benytte Mære landbruksskole sitt WLAN til å rapportere fra PLS-ene i bygningsnettene til PLS-en på hovednettet og til en PC med HMI. Dette er illustrert i Figur 5-1.



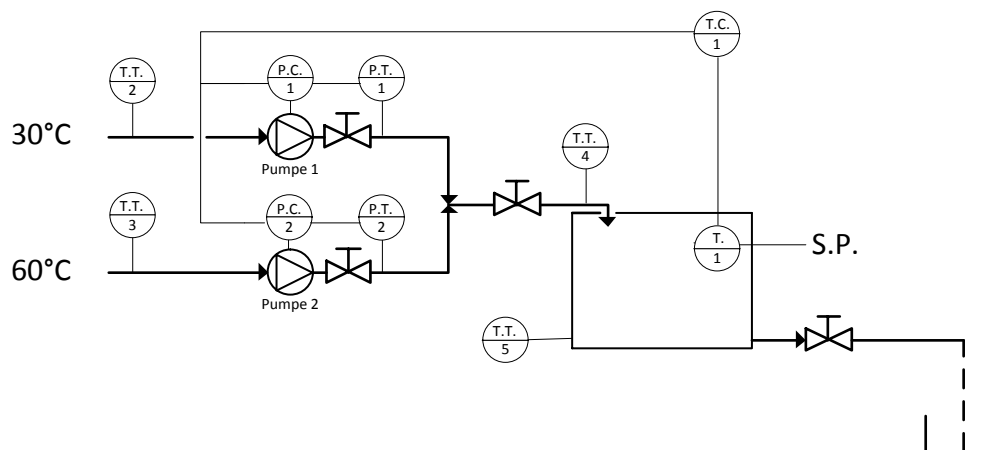
Figur 5-1: Illustrere bruk av Mære landbruksskole sitt WLAN til kommunikasjon mellom PLS-er og PC med HMI.

5.1 Planlegging av modellen

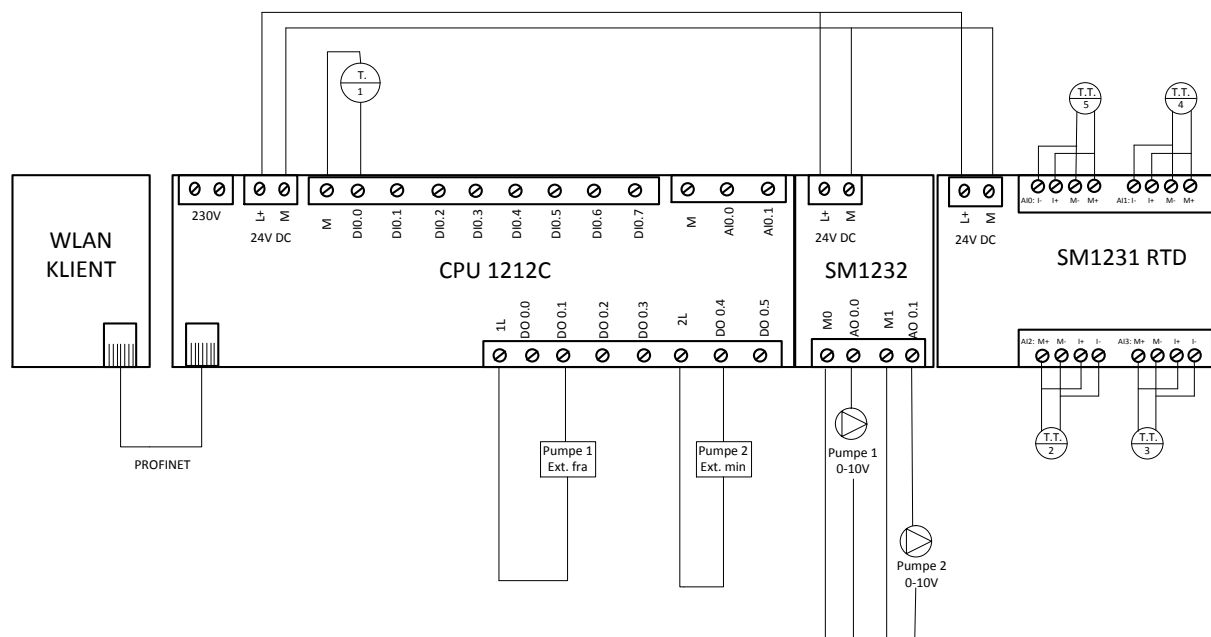
Den fysiske modellen er planlagt ved å lage en skjematisk tegning av modellen, se Figur 5-2. Et prosess og instrumenterings diagram, se Figur 5-3. Et koblingsskjema og en oversiktstabell over innganger og utganger for PLS-en, se henholdsvis Figur 5-4 og Tabell 1. I tillegg til en utstyrsliste, se Tabell 2.



Figur 5-2: Skjematisk oversikt over modellen. En trådløs router brukes til å imitere det trådløse nettverket på Mære landbruksskole. De tykke grå strekene indikerer kabelkanal, mens de tykke svarte strekene er rør/ slanger.



Figur 5-3: P&I diagram av modellen. Trykkreguleringen til hver av pumpene er internt i pumpene.



Figur 5-4: Kablingsskjema for PLS-en.

Tabell 1 Oversikt over innganger og utganger på PLS-en

Adresse	Tilkobling	Beskrivelse
DI 0.0	Romtermostat	Termostat i vannkar
RTD AI3	PT-1000	Temperatur varmemediet tur
RTD AI2	PT-1000	Temperatur varmemediet retur
RTD AI1	PT-1000	Temperatur varmemediet etter blanding
RTD AI0	PT-1000	Temperatur i vannkar
AO 0.0	Pumpe 1 0-10V	Analogt signal for pumpetrykk
AO 0.1	Pumpe 2 0-10V	Analogt signal for pumpetrykk
DO 0.1	Pumpe 1 Ext. fra	Hjelpekontakt som stopper pumpen, når åpen.
DO 0.4	Pumpe 2 Ext. min	Hjelpekontakt som kjører pumpen på et fast turtall, når åpen.

Tabell 2 Utstysrliste

Elektrisk:					
Type	Navn	Antall	Mod/ID/EL nr.	Forselger	Oppgitt pris i kr
Pumpe interface	Ext. fra	1	1081038	WM-Teknikk AS	600
Pumpe interface	Ext. Min	1	1081039	WM-Teknikk AS	1300
WLAN klient	ASUS ES-N66	1	751411	Komplett.no	679
Trådløs router	Linksys E900 11n	1	759061	Komplett.no	395
CPU	1212C	1	6ES7212-1BE31-0XB0	Siemens	1680
Analog ut signalmodul 0-10V	SM1232	1	6ES7232-4HB30-0XB0	Siemens	1600
Analog inn signalmodul RTD	SM 1231 RTD	1	6ES7231-5PD30-0XB0	Siemens	2110
Software	Simatic Step 7 Basic V11	1	6ES7822-0AA01-0YA0	Siemens	2640
PT-element	PT-1000	4			Tidligere anskaffet
Trådløs termostat	DT92	1	DTS92A1011 og BDR91A1000	Honeywell	
Kabelkanal	Slissede ledningskanaler	2m	12 783 53	Solarnorge	75
Ledning	PN 1,5	100m	10 502 30	Solarnorge	500
Din skinne	Apparatskinne Din 35	1	24 625 01	Solarnorge	50

Prosess:					
Type	Navn	Antall	Mod/ID/EL nr.	Forselger	Oppgitt pris
Pumpe	Rio-Eco 25-40	2	29133537	WM-Teknikk AS	2200
Vannkar	Asaklitt 15l vandunk	1	34-9416	Clas ohlson	119
Vannkar	SmartStore Classic 70	1	34-1552-70	Clas ohlson	229
Vannkar	Oppbevaringsbakk	2	34-9762-1	Clas ohlson	49
Slange		2	49-405-5	Clas ohlson	199
1" kuleventil		2	5665006	Ahlsell	199
1" ansatsnippel		2	5012019	Ahlsell	37
1" Slangekupling		4	9290948	Ahlsell	63

5.2 Beskrivelse av komponenter som brukes på modellen

I dette kapitlet beskrives de forskjellige elektriske komponentene som benyttes for å lage styresystemet til den fysiske modellen.

5.2.1 PLS og dens moduler

En Siemens Simatic S7-1200 PLS benyttes til å lage styresystemet på den fysiske modellen. S7-1200 er utviklet til å løse oppgaver innen mikroautomatisering, og i likhet med forgjengeren S7-200 så er S7-1200 skalerbar med forskjellige moduler. S7-1200 har derimot både raskere prosessor og større lagringskapasitet enn forgjengeren. [15]

S7-1200 finnes med 4 forskjellige CPU typer, hvor forskjellen mellom disse blant annet er antall innganger/utganger på CPU-en, antall signalmoduler som kan tilkobles og minne på CPU-en. [16]

Til å lage den fysiske modellen benyttes CPU1212C. Den har 8, 24V DC digitale innganger, 6 digitale (Relé) utganger og to analoge innganger 0-10V. CPU-en kan tilkobles to signalmoduler, den har PROFINET grensesnitt og 50kB program/data minne. [16]

Til CPU-en tilkobles to signalmoduler. En SM1232 med to analoge utganger for +/- 10V eller 0-20mA og en SM 1231 RTD for tilkobling av opp til 4 PT-elementer. [16]

5.2.2 Termostat

En DT92 trådløs romtermostat fra Honeywell, vist i Figur 5-5, benyttes til å styre temperaturen i vannkaret. Det er selvfølgelig ikke nødvendig med en trådløs termostat på den fysiske modellen, men den benyttes for å bruke de samme komponentene på den fysiske modellen som vil bli benyttet på Mære Landbruksskole.



Figur 5-5: DT92 trådløs romtermostat fra Honeywell. [18]

DT92 består av en trådløs termostat hvor ønsket temperatur kan angis, og en mottakerenhet. Mottakerenheten og termostaten har en rekkevidde på opp til 30 meter, og en “binde funksjon” som binder enhetene til hverandre slik at de ikke blir påvirket av andre tilsvarende enheter innenfor rekkevidden. Spenningen ut av relékontakten på mottakerenheten kan være fra 24V til 230V. Dersom mottakerenheten og termostaten mister kontakten så opererer mottakerenheten i

failsafe-modus. Failsafe-modus kan velges til å være enten at relékontakten er åpen, eller at den er lukket 20 % av tiden. [18]

5.2.3 Styrekort til pumpene

Rio-Eco pumpene som skal benyttes på den fysiske modellen, og også på Mære landbruksskole, kan fås med forskjellige styrekort. Det er ønsket av Gether AS at turpumpen dekker 100 % av pådraget dersom styresystemet skulle falle ut. Ved å benytte et “Ext. Min” styrekort på turpumpen kan dette oppnås. Dette styrekortet har en analog inngang på 0-10V for å styre enten ønsket omdreiningshastighet eller ønsket trykk. I tillegg har dette styrekortet en hjelpekontakt som gjør at pumpen går ved et forhåndsbestemt turtall når kontakten er åpen, og går i styrt drift når kontakten er lukket.[17]

På returpumpen benyttes et “Ext. Fra” styringskort. Dette styrekortet har også en analog inngang på 0-10V for å styre enten ønsket omdreiningshastighet eller ønsket trykk. I tillegg har styrekortet en hjelpekontakt som stopper pumpen når kontakten er åpen, mens pumpen går i styrt drift når kontakten er lukket. [17]

5.2.4 Trådløs klient

For at en S7-1200 PLS skal kunne kommunisere med et HMI på en PC og andre S7-1200 PLS-er, over Mære landbruksskole sitt WLAN, så trenger PLS-en en enhet som gjør den trådløs. En trådløs klient løser dette problemet. Siemens har trådløse klienter som er tilpasset industriell bruk, men disse blir for dyre til prosjektet på Mære. Det velges derfor å benytte en ASUS EA-N66 trådløs klient som er beregnet for hjem/ kontor bruk. Ulempen ved å benytte en trådløs klient som er beregnet på hjem/ kontor bruk er at den kan være mindre stabil enn en industriell trådløs klient. Imidlertid er ikke prosessen som skal styres over Mære sitt WLAN verken tidskritisk eller avhengig av kontinuerlige kommunikasjon, derfor er det ikke kritisk om den trådløse kommunikasjonen faller bort i korte perioder.

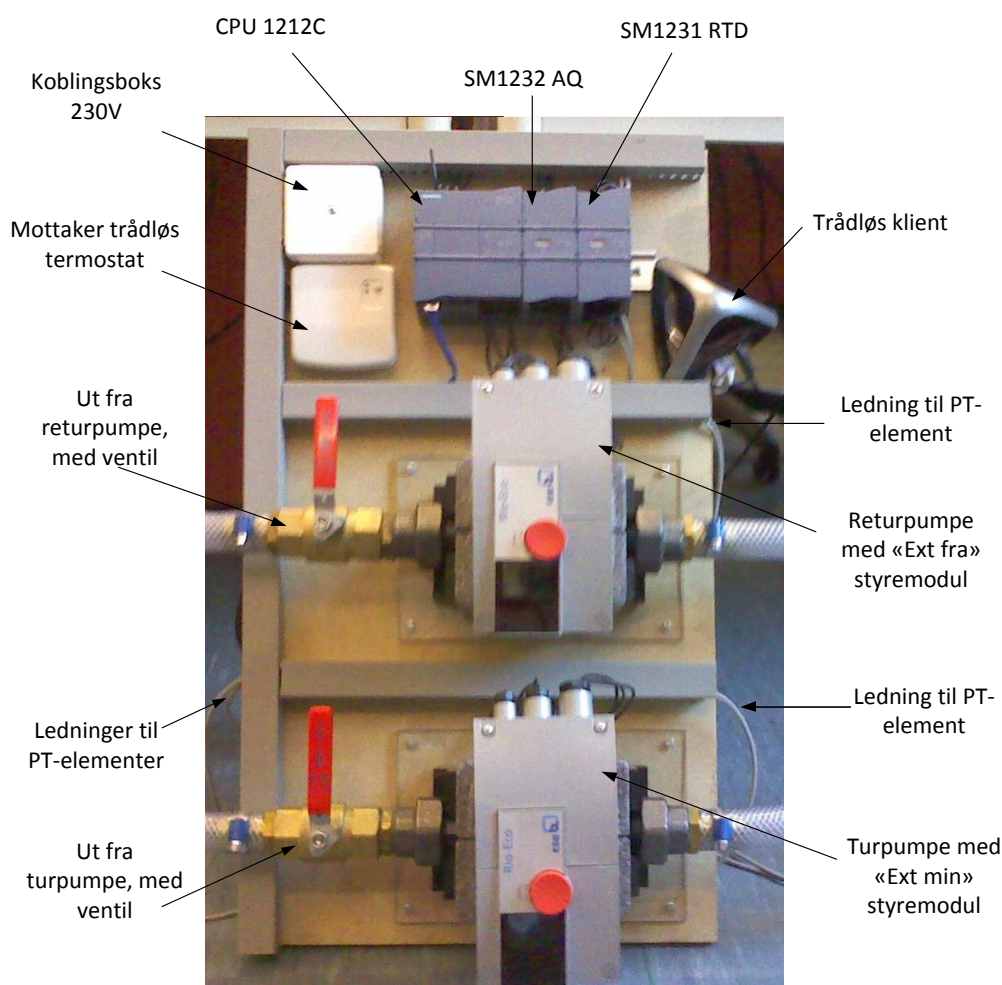
ASUS EA-N66 har 450Mbps overføringshastighet. Den er kompatibel med overføringsprotokollene IEEE 802.11b\g\n og kan bruke 2.4GHz og 5 GHz frekvensbånd. [27]

5.2.5 Router

Til å imitere Mære landbruksskole sitt WLAN, på den fysiske modellen, benyttes en trådløs router. Linksys E1200 11n blir benyttet på den fysiske modellen. Denne routeren har 300Mbps overføringshastighet, operere med 2.4GHz frekvensbånd, og støtter standardene IEEE 802.11b\g\n. [28]

5.3 Den fysiske modellen

Den fysiske modellen ble laget ved å montere PLS-en, den trådløse klienten, mottakerenheten til den trådløse termostaten og pumpene på en finerplate. På finerplaten er det også en koblingsboks hvor 230 V blir fordelt til PLS-en, termostaten og pumpene. Figur 5-6 viser finerplaten hvor dette utstyret er montert. Pumpene tilføres varmemedium gjennom en 1" slange som mates fra vannkar. Ut av pumpene kan pumpemotstanden justeres ved bruk av manuelle ventiler. Ut fra ventilene føres varmemediet gjennom en 1" slange inn til manifolden. Inne i pumpene er de forskjellige styrekortene montert. PLS-en er koblet med en ethernet-kabel til den trådløse klienten. PT-elementene, med ledning, er lagt ut av kabelkanalen slik at PT-elementene kan monteres på passende steder på modellen.



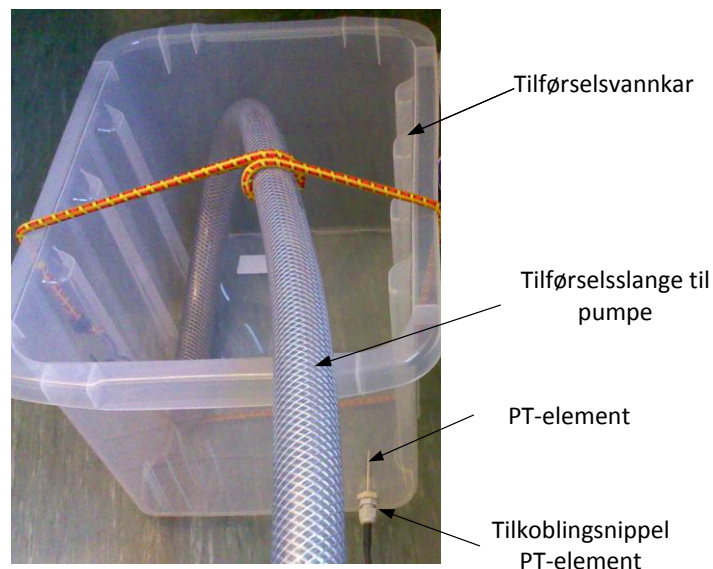
Figur 5-6: Den fysiske modellen består blant annet av PLS, pumper, trådløs klient og mottaker for trådløs termostat. Dette er montert på en finerplate.

Et av de to vannkarene som mater pumpene med varmemediet er vist i Figur 5-7. I hvert av disse vannkarene er det montert et PT-element som måler temperaturen på varmemediet i karet. Varmemediet som pumpes ut av pumpene føres videre inn i en beholder hvor varmemediet blandes. Denne beholderen virker som en manifold. Et PT-element er montert i denne

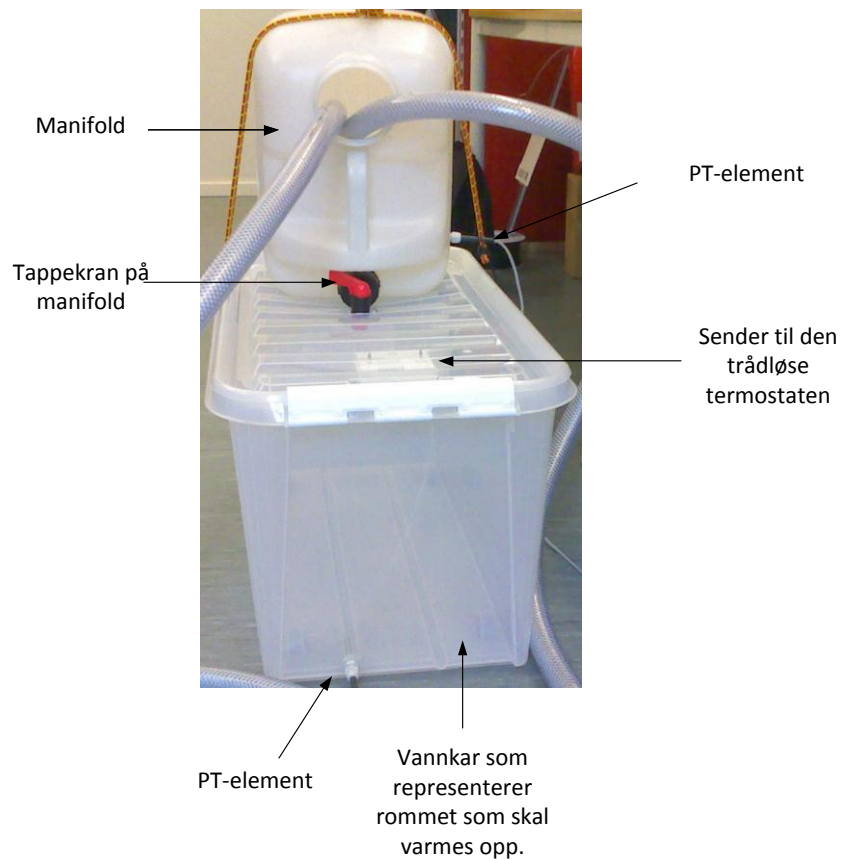
manifolden og måler temperaturen i blandings-varmemediet. Manifolden er den øverste beholderen i Figur 5-8.

Ut av manifolden føres varmemediet ned i den siste beholderen. Denne beholderen representerer rommet som skal varmes opp. I lokket på denne beholderen er senderenheten til termostaten monter, dette kan ses i Figur 5-9. Varmemediet som samler seg i bunn av denne holderen vil forandre lufttemperaturen i beholderen, avhengig av temperaturen på varmemediet som pumpes inn. I denne beholderen er det også montert et PT-element som kan måle temperaturen på varmemediet i beholderen. Manifolden og den siste beholderen kan ses i Figur 5-8.

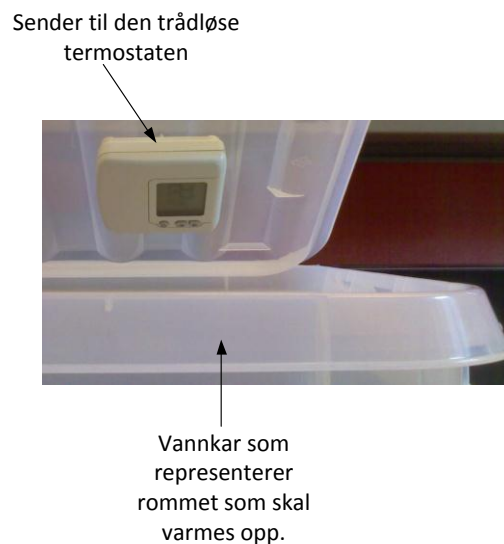
I vedlegg A under mappen “Bilder av modell” ligger bilder og video av den fysiske modellen.



Figur 5-7: Til den fysiske modellen er det to vannkar som mater hver sin pumpe med varmemedium. PT-element er montert i bunn av karret for måling av temperaturen på varmemediet.



Figur 5-8: Det øverste vannkaret brukes som en manifold til å blande varmemediene. Vannkaret i bunn samler varmemediet slik at lufttemperaturen i karret endres avhengig av varmemediet. Den trådløse termostaten er montert i lokket til det nederste karet.



Figur 5-9: Viser hvordan senderen til den trådløse termostaten er montert på undersiden av lokket til vannkaret som representerer rommet som skal varmes opp.

6 PLS- PROGRAM

Til PLS-en på den fysiske modellen må det lages et PLS-program. S7-1200 PLS-en benytter seg av programmeringsverktøyet Simatic Step 7 Basic V11 til å lage dette programmet. I dette kapittelet vil det først bli beskrevet om konfigurasjon som må gjøres med S7-1200 PLS-en i Simatic Step 7 Basic V11 før den kan tas i bruk. Deretter beskrives det generelt hvordan PLS-programmet blir laget i Simatic Step 7 Basic V11. Til slutt vil PLS-programmet som er laget til den fysiske modellen bli beskrevet. Det fullstendige PLS-programmet som er laget til prosjektet ligger ved i vedlegg A, i mappen “PLS-program”. Dette kan åpnes ved å bruke Simatic Step 7 Basic V11.

6.1 Konfigurasjon av PLS

Før konfigurasjonen av de forskjellige modulene PLS-en består av kan påbegynnes, må det legges inn i Simatic Step 7 Basic V11 hvilke moduler PLS-en består av. Dette gjøres ved å gå inn på “Devices & networks” og deretter til “Network view”. I kataloglisten må riktig CPU og moduler velges. Dette prosjektet består av CPU-en CPU1212C AC/DC/Rly og modulene AQ2 x 14 bits og AI4 RTD. CPU-en og modulene kan konfigureres etter at dem er lagt til ved å merke ønsket enhet i “Device view” og deretter gå inn på “properties”.

CPU1212C

Konfigurasjon som må gjøres med CPU-en er at ønsket IP-adresse må settes. Dette gjøres under “PROFINET interface”. I tillegg må web-serveren til CPU-en aktiveres dersom denne skal benyttes. Ved å markere “Enable Web server on this module” under “Web server” så aktiveres denne funksjonen. Under “Web server” lastes også den egenproduserte hjemmesiden opp til CPU-en.

Analog utgangsmodul: AQ2 x 14 bits

Konfigurasjon som må gjøres med den analoge utgangsmodulen er at det må velges om utsignalet fra modulen skal være +/-10V eller 4-20mA. Dette velges under AQ2=> Analog outputs

RTD-modul: AI4 RTD

Til RTD-modulen må det velges hvilke type PT-elementer som er tilkoblet. Dette gjøres under AI4 x RTD => Analog inputs. Ved “Measurement Type” må det velges om det er 2,3 eller 4 lednings PT-elementet. Ved “Thermal resistor” velges hvilke type PT-element som er tilkoblet, som f.eks. PT-100 eller PT-1000. På “Temperature scale” velges det om temperaturen skal oppgis i celsius eller fahrenheit.

6.2 PLS Tags

PLS-tags knytter variabler i PLS-programmet opp mot minneområder på PLS-en. Disse minneområdene brukes enten til å lese eller skrive verdier til innganger og utganger på PLS-en, eller å lage hjelpetags for å få til ønsket funksjonalitet i PLS-programmet.

6.3 Oppbygningen av PLS-programmet

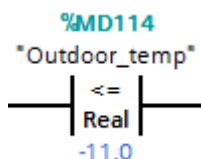
PLS-programmet er bygget opp av organisasjonsblokker (OB) og funksjoner (FC). De forskjellige OB-ene har standardegenskaper. Eksempel på standardegenskaper til OB-ene er f.eks. OB1 som er hovedblokken som kjøres av PLS-en eller OB100 som initialiserer de forskjellige tagene. FC-ene kjøres fra OB1.

Hver av OB-ene og FC-ene består av et vist antall nettverk som må til for at OB/FC-en skal få den funksjonaliteten som er ønsket. Hvert av disse nettverkene består igjen av “instructions”.

Noen av de forskjellige “instructions” beskrives nedenfor:

Comporator

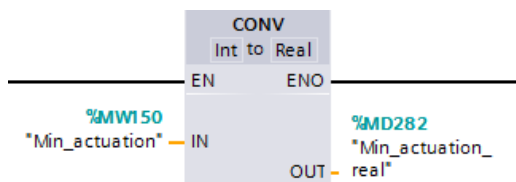
Comporatorer sammenligner to tilstander når inngangen er aktiv og setter utgangen aktiv dersom utsagnet er sant. Typiske comporatorer er større enn, mindre enn og er lik, eller kombinasjoner av disse. Figur 6-1 viser et eksempel på en comporator.



Figur 6-1: En comporator

Convert

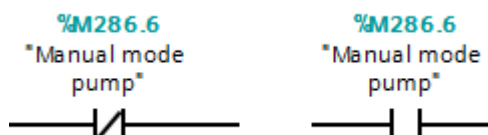
En converter forandrer datatypen til tagen på inngangen til en valgt datatype på utgangen, når enable inngangen er aktiv. Figur 6-2 viser et eksempel på en converter som forandrer fra datatypen integer til flyttall. [23]



Figur 6-2: En converter.

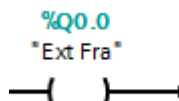
Kontakter og assignment

Normalt åpne kontakter aktiverer utgangen, hvis inngangen er aktiv og tilhørende tag er i tilstanden 1 (sann). Normalt lukkede kontakter aktiverer utgangen hvis inngangen er aktiv og tilhørende tag er i tilstanden 0 (usann). Figur 6-3 viser en normalt lukket og en normalt åpen kontakt.



Figur 6-3: En normalt lukket, og en normalt åpen kontakt.

Assignment brukes til å sette en tag til 0 eller 1 avhengig om inngangen er aktiv eller passiv. Figur 6-4 viser et eksempel på en assignment til en tag.



Figur 6-4: En assignment til en tag.

Matematiske

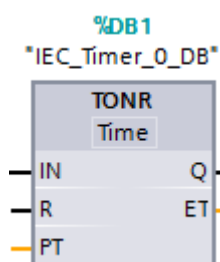
Matematiske instructions brukes til å gjøre en beregning som addere, subtrahere, multiplisere eller dividere når enable inngangen er aktiv. Disse gjør den matematiske beregningen ut i fra verdien på tagene som er på inngangene, og skriver deretter resultatet til tagen på utgangen. [23]

Move

Move skriver verdien på tagen til inngangen til en annen tag på utgangen, når enable inngangen er aktiv. [23]

Timer TONR

Figur 6-5 viser en TONR timer. Når inngangen IN er aktiv teller timeren opp til tiden som er satt på inngangen PT. På utgangen ET skrives det hvor langt timeren har telt opp. Timeren kan resettes med et høyt signal på inngangen R. [23]



Figur 6-5:Timeren TONR.

6.4 PLS-programmet til modellen

Siden det benyttes en trådløs termostad istedenfor et termometer på modellen, så lages PLS-programmet slik at turpumpen øker pådraget gradvis, etter at visse tidsintervaller har passert, så lenge relékontakten på termostaten er lukket. Pådraget til returpumpen går tilsvarende gradvis ned, som pådraget på turpumpen går opp. Pådraget til turpumpen øker i 5 intervaller. Det laveste

intervallet fastsettes av brukeren ved forskjellige utetemperaturer ved bruk av HMI-et. Det høyeste intervallet er at turpumpen dekker 100 % av trykket som er ønsket å ha i anlegget. Etter at turpumpen har kjørt på 100 % i det gitte tidsintervallet startet pumpen igjen på minimumspådraget. Dersom det hadde blitt benyttet termometer istedenfor termostat kunne pådraget til turpumpen blitt beregnet av f.eks. en PID-regulator, og man hadde sluppet økning av pådraget gradvis i tidsintervaller.

PLS-programmet til styresystemet er skrevet ved bruk av programmeringsspråket ladder. PLS-programmet er bygget opp av forskjellige organisasjonsblokker og funksjoner. Disse blir beskrevet i de påfølgende underkapitlene. De fullstendige organisasjonsblokkene og funksjonene ligger i vedlegg A i mappen “PLS-dokumentasjon”.

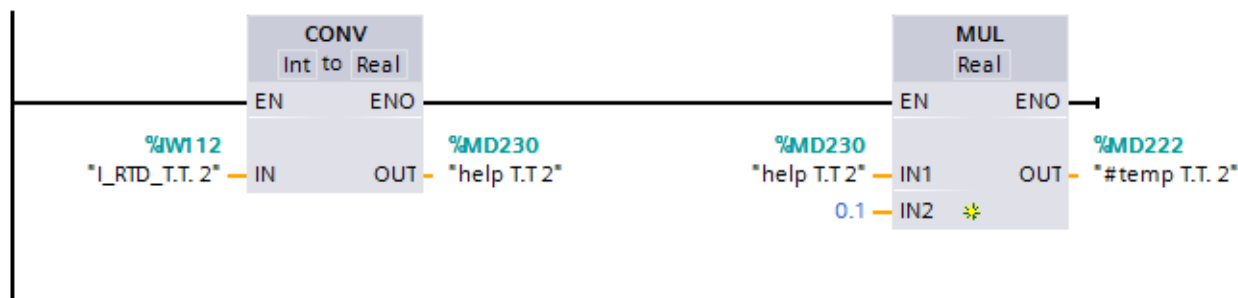
6.4.1 Organisasjonsblokker

Organisasjonsblokken OB1 er hovedblokken og bestemmer hvilke blokker/ funksjoner som kjøres av PLS-en og rekkefølgen på disse. I denne blokken ligger alle funksjonene som er laget til PLS-programmet, som senere blir omtalt i kapittel 6.4.2. Disse funksjonene kjøres i den samme rekkefølgen de blir beskrevet. Hjelpekontaktene “Ext. Min” og “Ext. Fra” til pumpene lukkes i OB1, slik at pumpene kan opererer i styrt modus. I denne blokken ligger også standardfunksjonen til webserveren.

Organisasjonsblokken OB100 brukes til å angi initiale verdier til PLS-programmet. Her sett initiale verdier til blant annet alarmgrenser, ønsket minimumspådrag til turpumpen ved forskjellige utetemperaturer, ønsket trykk i anlegget og maksimum trykk i anlegget.

6.4.2 Funksjoner

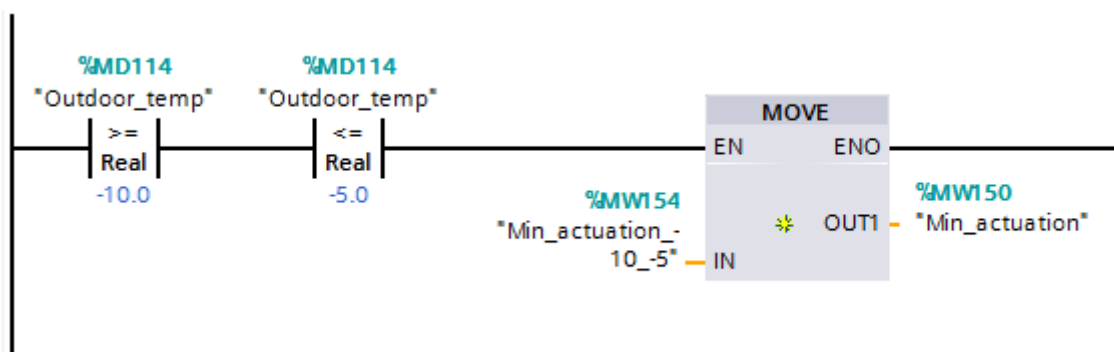
I funksjonen FC1 leses verdiene til de forskjellige PT-elementene. Disse verdiene blir oppgitt som datatypen integer fra PLS-en. For å håndtere verdiene blir de konvertert til flyttall. De virkelige temperaturene PT-elementene måler er 1/10 av disse flyttallene, derfor blir flyttallene multiplisert med en faktor på 0,1 for å finne temperaturene PT-elementene måler. [26] Figur 6-6 viser nettverket for å lese av et PT-element til T.T. 2.



Figur 6-6: Nettverket for lesing av T.T. 2

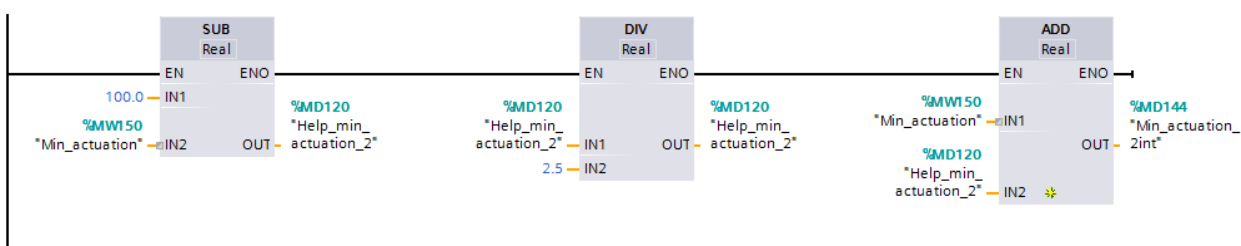
Funksjonen FC2 brukes kun som en hjelpefunksjon for å kunne lage et trendplot i HMI-et av om romtermostaten er aktiv eller passiv. Dette gjøres ved å flytte verdien 1, til tag-en som blir plottet, når romtermostaten er aktiv, og flytte verdien 0 til den samme tag-en når romtermostaten er passiv.

Funksjonen FC5 brukes til å bestemme minimum pådrag for turpumpen avhengig av utetemperaturen. Dette gjøres ved å sjekke om utetemperaturen er innenfor et gitt temperatur område, for deretter å sette minimumspådraget til den verdien som er angitt for dette området. Minimumspådraget for de forskjellige temperaturområdene bestemmes av brukeren fra HMI-et. Figur 6-7 viser hvordan dette blir gjort når utetemperaturen er mellom -10 °C og -5 °C.



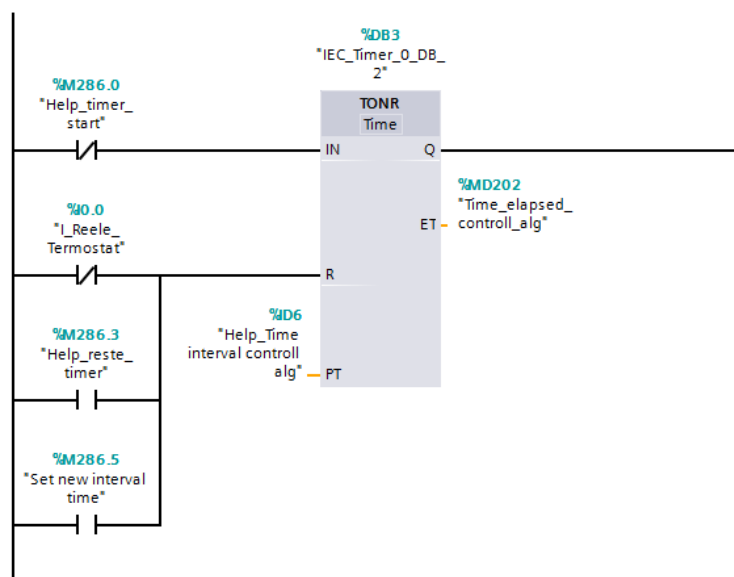
Figur 6-7: Nettverket for å sette minimumspådrag til turpumpen hvis utetemperaturen er mellom -10 °C og -5 °C.

I funksjonen FC6 beregnes prosentvist pådrag til turpumpen ved intervall 2,3 og 4 av de 5 forskjellige pådragsintervallene. Pådraget i de forskjellige intervallene beregnes av formelen $(\text{Min pådrag} + (100 - \text{Min pådrag}) / x)$, hvor x for det 2. intervall er 4, for det 3. intervall er 2.5 og for det 4. intervall er 1.5. Figur 6-8 viser hvor nettverket for å beregne pådraget til det 3. intervallet.



Figur 6-8: Beregner pådraget til turpumpen ved det 3. pådragsintervallet.

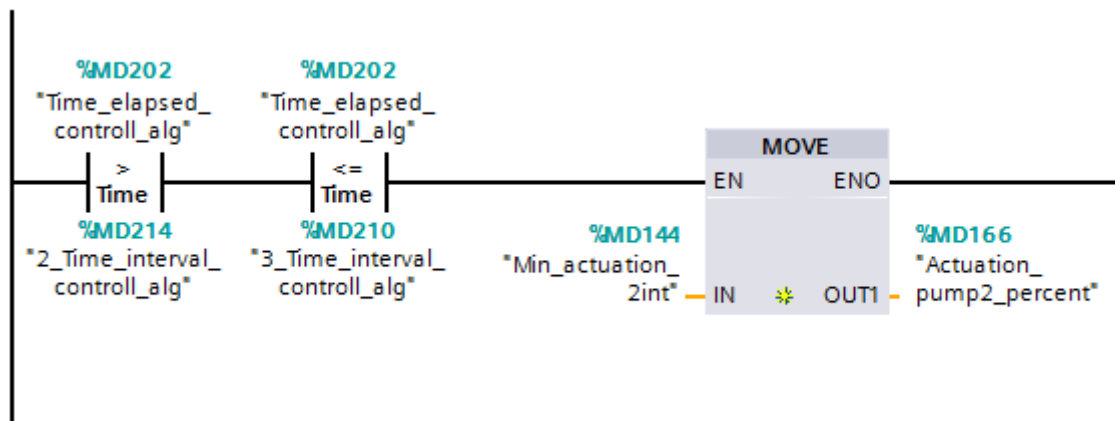
I funksjonen FC4 ligger en timer som teller opp til ønsket tid som pådraget skal bruke til å øke fra minimum til maksimum pådrag. Denne tiden blir angitt av brukeren i HMI-et. Denne timeren blir resatt dersom termostaten oppnår ønsket temperatur, når ønsket tid har utløpt og dersom brukeren angir et nytt tidsintervall. Figur 6-9 viser nettverket til timeren i FC4.



Figur 6-9: Timer i FC4, for å telle opp til ønsket tidsintervall.

I FC4 regnes det også ut hvor lenge hvert av de 5 pådragsintervallene skal vare, av den totale pådragstiden som brukeren angir. Det første pådragsintervallet varer til 1/10 av den totale pådragstiden har utløpt, det andre varer til 1/5 har utløpt, det tredje varer til 1/3 har utløpt, det fjerde varer til 1/2 har utløpt. Det siste intervallet varer til hele pådragstiden har utløpt.

Videre i funksjonen settes pådraget til turpumpen til det prosentvise pådraget som ble regnet ut i FC6, avhengig av hvilket tidsintervall timeren befinner seg i. Pådraget i det første tidsintervallet er minimum pådrag, mens pådraget i det siste intervallet er 100 %. Figur 6-10 viser nettverket som setter pådraget til turpumpen i det tredje tidsintervallet.



Figur 6-10: Nettverket i FC4 for å sette pådraget til turpumpen i det tredje tidsintervallet.

Til slutt i FC4 blir pådraget til returpumpen regnet ut. Dette er 100 % minus pådraget til turpumpen.

Den siste funksjonen i PLS-programmet er FC7. I denne funksjonen blir det først regnet ut hvor stort trykk hver av de to pumpene skal dekke, ut i fra hvor høyt trykk det er ønsket å ha i anlegget, og det prosentvise pådraget til hver av pumpene. Deretter blir dette trykket skalert til en

verdi som tilsvarer et analogt signal mellom 0-10V. Denne skalerte verdien blir konvertert til datatypen Integer, som det er mulig å skrive til den analoge utgangen til PLS-en. I denne funksjonen ligger også logikken for å kjøre pumpene i manuell modus.

7 KONFIGURASJON AV KOMMUNIKASJON MELLOM PLS OG HMI

I likhet med PLS-en, så må også HMI-enheten som skal benyttes i systemet legges til og konfigureres. HMI-enheten legges til i Simatic Step 7 Basic V11 ved å gå inn på “Devices & networks” og deretter til “Network view”. I kataloglisten må riktig HMI-enhet velges.

Kataloglisten inneholder kun et begrenset antall av Siemens sin HMI-paneler, men siden det fysiske HMI-panel i seg selv ikke skal benyttes, bare en simulering av panelt, kan Simatic Basic Panel 15” benyttes. Videre i “Network view” kobles HMI-enheten opp mot PLS-en ved å trekke en kobling mellom ethernetporten til PLS-en og HMI-enheten. HMI-enheten trenger ingen videre konfigurasjon i Simatic Step 7 Basic V11.

Hvis HMI-panelet simuleres på dette tidspunktet vil simuleringen starten, men HMI-et vil ikke vise verdiene fra PLS-en. Isteden vil det kun vises ##, slik som det er vist i Figur 7-1. For at verdiene fra PLS-en skal vises må det gjøre innstillinger i “Set PG/PC Interface” på kontrollpanelet til PC-en. Innstillingene som må gjøres er:

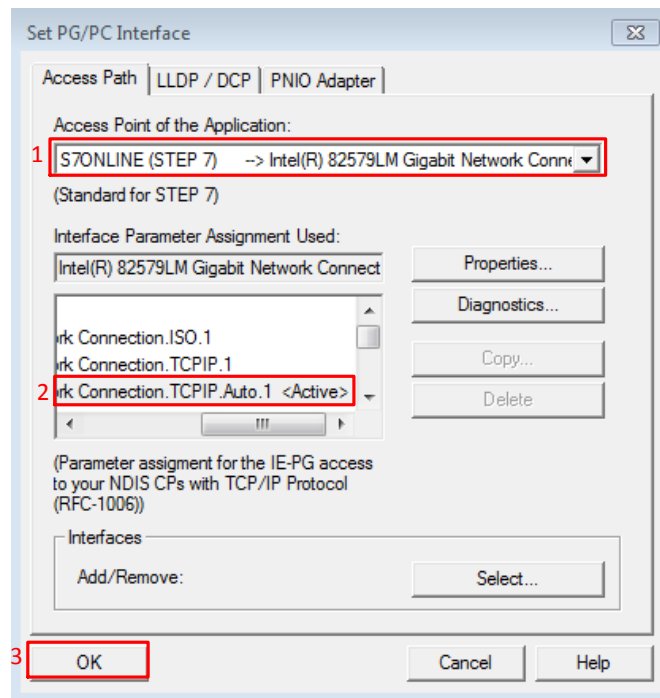
1. Under “Access Point of the Application” velg S7Online (Step 7).
2. Under “Interface Parameter Assignment Used” velg TCPIP.Auto1.
3. Klikk OK og bekreft.

[25]

Figur 7-2 viser disse innstillingene.



Figur 7-1: Feilen som vises i HMI-et under simulering når HMI-et og PLS-en ikke er konfigurert korrekt.



Figur 7-2: Innstillinger i “Set PG/PC interface” som må gjøres for at HMI-et skal vise verdier fra PLS-en under simulering.

8 HMI

HMI-et er det grafiske grensesnittet som benyttes til å styre og overvåke PLS-en på modellen. HMI-verktøyet som benyttes til Siemens sin S7-1200 PLS, til å lage HMI-et, er inkludert i programvaren Simatic Step 7 Basic V11. HMI-verktøyet som er inkludert heter WinCC Basic. PLS-en skal kunne betjenes på to forskjellige måter. Den første måten er at den skal kunne betjenes fra en PC som er lokalt tilkoblet samme nettverk som PLS-en, ved bruk av WinCC Basic. Den andre måten er at PLS-en skal kunne betjenes fra en PC over lengre geografiske avstander ved hjelp av en nettleser.

8.1 Hvordan lage HMI i WinCC Basic

Et HMI i WinCC Basic består av et eller flere skjermbilder, hvor hvert skjermbilde består av statiske og/ eller dynamiske objekter. Statiske objekter kan være streker, firkanter og sirkler til å lage figurerer, tekst eller andre illustrerende bilder. Dynamiske objekter kan være input/ output felt, søyler, symboler som forandrer farge avhengig av statusen til en prosessverdi, trendplot eller knapper.

Det å bruke statiske objektene er intuitivt, og virker på samme måte som andre tegneprogram som f.eks. Paint. Dette vil derfor ikke bli forklart nærmere i dette dokumentet. I de påfølgende underkapitlene beskrives det derimot hvordan templates, tags, dynamiske objekter, og alarmhåndtering brukes.

8.1.1 Templates

Templates kan benyttes dersom man skal gjenbruke et skjermbilde som er laget, som grunnlag på flere skjermbilder. En template i WinCC Basic opprettes ved å gå inn på: ønsket prosjekt=> HMI enheten=> Screen management=> Add new template. På dette skjermbildet lages template-en slik det er ønskelig at den skal være, med statiske og dynamiske objekter. Deretter lagres template-en med et passende navn.[22]

Nå kan template-en benyttes på de skjermbildene hvor det er ønskelig. Et nytt skjermbilde opprettes ved å gå inn på: ønsket prosjekt(det samme som template-en)=> HMI enheten=> Screen=> Add new screen. Ved å gå inn på properties til skjermbildet så kan template-en brukes ved å legge den til i feltet for template. Da vil template-en bli lagt som bakgrunn på skjermbildet. [22]

8.1.2 Tags

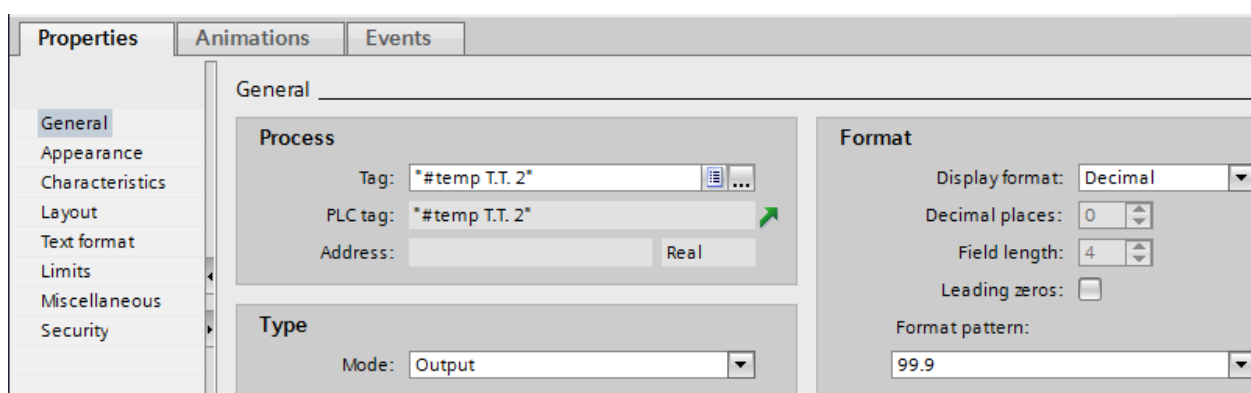
Tags brukes til å knytte dynamiske objekter i HMI-et opp mot minneområder til innganger og utganger på PLS-en, eller til interne minneområder. Det skilles mellom PLS-tags og HMI-tags. PLS-tags er tags som PLS-en bruker i PLS-programmet. HMI-tags er tags som kun benyttes

internt i HMI-et, til å få til funksjonalitet som f.eks. å åpne og lukke skjermbilder eller alarmhåndtering. Objekter i HMI-et kan knyttes opp mot både PLS-tags og HMI-tags. [22]

8.1.3 Dynamiske objekter

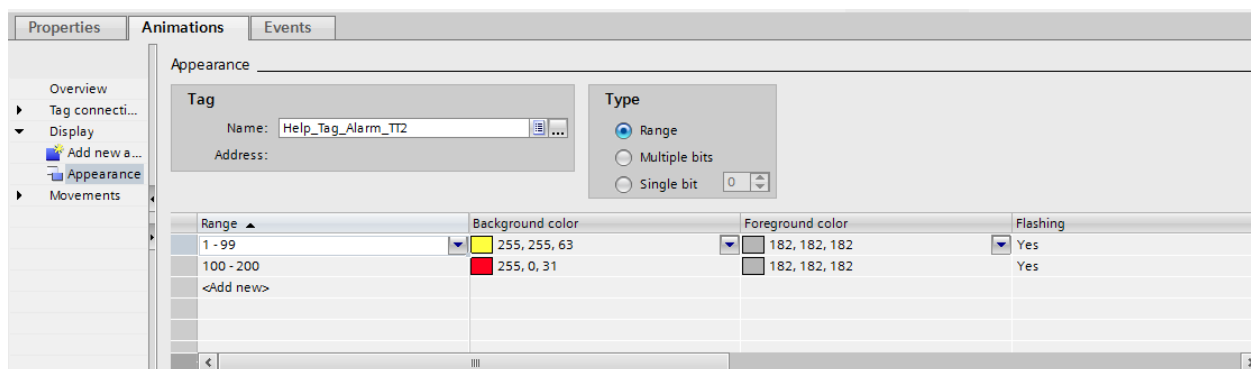
Input/ output felt

Input/ output felt, også kalt I/O felt, er tekstfelt hvor brukeren av HMI-et enten kan angi eller få presentert verdier til tags. For å få til dette må I/O feltet knyttes opp mot en tag. Ved å gå inn på properties til I/O feltet, åpnes et vindu likt det vist i Figur 8-1. I felt som heter “Tag” kan det velges hvilken tag I/O feltet skal knyttes opp til. Under feltet “Mode” velges det om brukeren skal få presentert verdier i I/O feltet, eller om brukeren skal kunne angi verdier. Output betyr at I/O feltet kun presenterer verdien til tag-en, input betyr at brukeren kan angi verdi i feltet. [22]



Figur 8-1: Properties til et I/O felt.

Ønskes det andre dynamiske egenskaper til I/O feltet kan dette konfigureres under “Animations”. Figur 8-2 viser et eksempel hvor det er satt opp at I/O feltet skal blinke gult dersom tag-en Help_Tag_Alarm_TT2 har en verdi mellom 1 og 99, og blinke rødt hvis verdien til tagen er mellom 100 og 200.

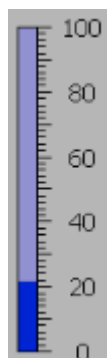


Figur 8-2: Animations til et I/O felt

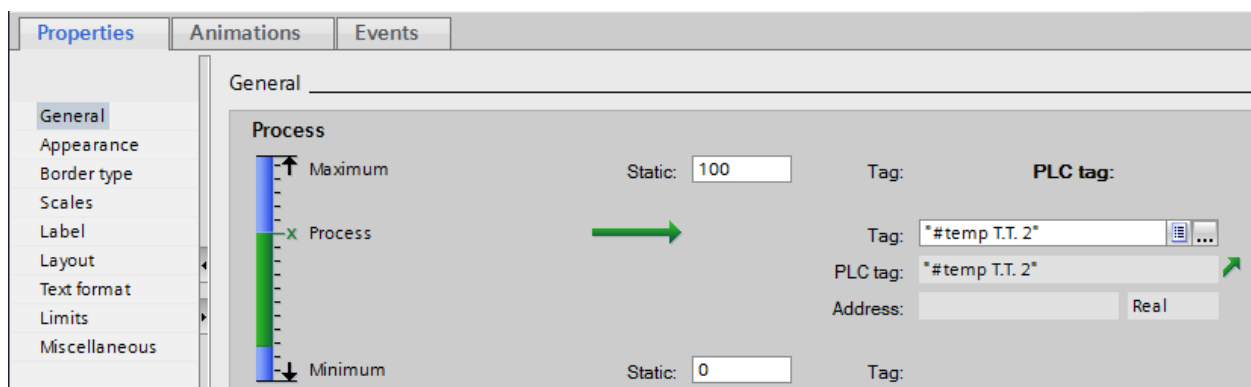
Søyler

Figur 8-3 viser en søyle i HMI-et. En slik søyle brukes til å presentere en prosessverdi grafisk. For at søylene skal kunne gjøre dette må de knyttes opp mot en tag. Ved å gå inn på “properties” til søylen åpnes et vindu likt det vist i Figur 8-4. I feltet som heter “Tag” velges det hvilke tag

søylen skal knyttes opp til. Andre egenskaper som kan endres på er øvre og nedre grense, farger på søylen og oppdeling av skalaen på søylen. [22]



Figur 8-3: Søyle for å presentere en prosessverdi.

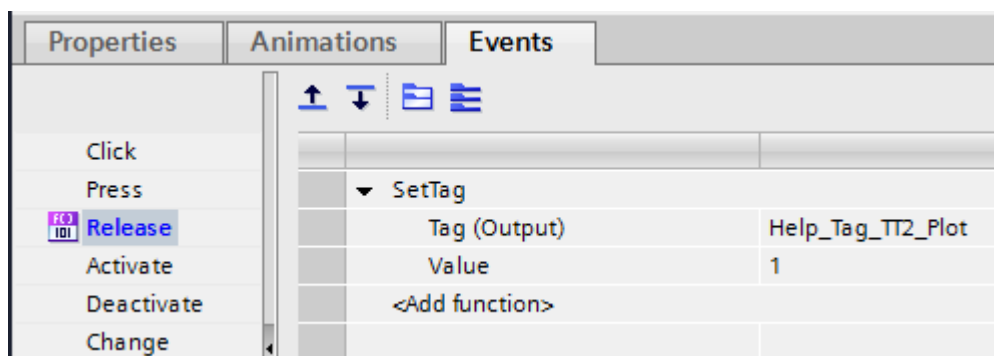


Figur 8-4: Properties til søylen.

Knapper

Knapper brukes blant annet til å åpne/ lukke skjermbilder, eller til gjør objekter på et skjermbilde synlige / usynlige. Å bruke en knapp til å åpne et nytt skjermbilde gjøres ved å gå inn på "Events" til den aktuelle knappen. På hendelsen "Release" til knappen velges "Activate Screen" og ønsket skjermbilde velges. [22]

Å bruke knapper til å gjøre objekter synlige/ usynlige gjøres ved å gå inn på hendelsen "Release" under events til knappen. Deretter velges det å sette en tag til verdien 1 dersom et objekt skal gjøres synlig, eller til verdien 0 dersom et objekt skal gjøres usynlig. Dette vises i Figur 8-5.



Figur 8-5: Events til en knapp

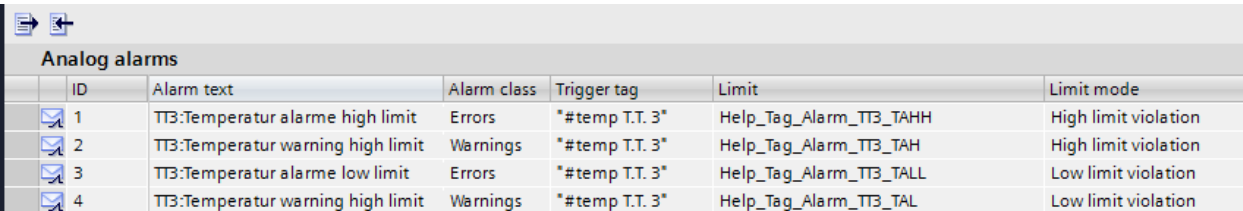
Videre må “visibility” til objektet man ønsker å gjøre synlig/ usynlig forandres. Dette gjøres ved å gå inn på “animations” til dette objektet, og velge “visibility”. Derfra knyttes denne egenskapen opp til tag-en som ble valgt tidligere. [22]

Trendplot

Trendplot viser en prosessverdi i et diagram over tid. Et slikt trendplot kan blant annet ses i Figur 8-11. Under egenskaper til trendplotet kan blant annet x og y aksene på plotet bestemmes og hvilke prosessverdier som skal plottes. Prosessverdiene som plottes bestemmes ved å knytte plotet opp mot tag-en for den ønskede prosessverdien.

8.1.4 Alarmhåndtering

WinCC Basic har også inkludert et verktøy som kan brukes til å generere advarsler og alarmer. Dette verktøyet er tilgjengelig ved å gå inn på: ønsket prosjekt=> ønsket HMI enhet=> HMI alarms. Under analoge alarmer kan det settes opp slik at det genereres advarsler og alarmer dersom en prosessverdi går over eller under gitt grense. Figur 8-6 viser analog advarsler og alarmer som genereres for T.T.3. Under “Alarm text” skrives teksten som blir synlig i en alarmliste dersom advarselen eller alarmen utløses. Under “Alarm class” velges det mellom alarmklassene advarsel eller alarm. “Trigger tag” er tag-en til den prosessverdien som skal overvåkes. I “Limit” velges grensen hvor advarselen eller alarmen skal utløses. I Figur 8-6 er alarmgrensen knyttet opp til en tag som gjør at brukeren selv kan endre alarmgrensen, fra HMI-et. “Limit mode” avgjør om advarselen eller alarmen skal utløses dersom prosessverdien går over eller under den satte grensen. [22]



	ID	Alarm text	Alarm class	Trigger tag	Limit	Limit mode
<input checked="" type="checkbox"/>	1	TT3:Temperatur alarme high limit	Errors	"#temp T.T. 3"	Help_Tag_Alarm_TT3_TAHH	High limit violation
<input checked="" type="checkbox"/>	2	TT3:Temperatur warning high limit	Warnings	"#temp T.T. 3"	Help_Tag_Alarm_TT3_TAH	High limit violation
<input checked="" type="checkbox"/>	3	TT3:Temperatur alarme low limit	Errors	"#temp T.T. 3"	Help_Tag_Alarm_TT3_TALL	Low limit violation
<input checked="" type="checkbox"/>	4	TT3:Temperatur warning high limit	Warnings	"#temp T.T. 3"	Help_Tag_Alarm_TT3_TAL	Low limit violation

Figur 8-6: Verktøyet for å generere analoge alarmer.

Ved å gå inn på “Events” til en av alarmlinjene, som er laget i “analog alarms”, kan det bestemmes hendelser som skal skje dersom alarmen oppstår, eller utgår. Herfra kan f.eks. en hjelpetag som Help_Tag_Alarm_TT2 settes til en ønsket verdi dersom alarmen oppstår, eller en annen verdi dersom den utgår. Dette kan f.eks. brukes til å gjøre at I/O feltet, som viser prosessverdien til tag-en som skal overvåkes, forandrer farge slik som beskrevet i avsnittet om Input/ Output felt.

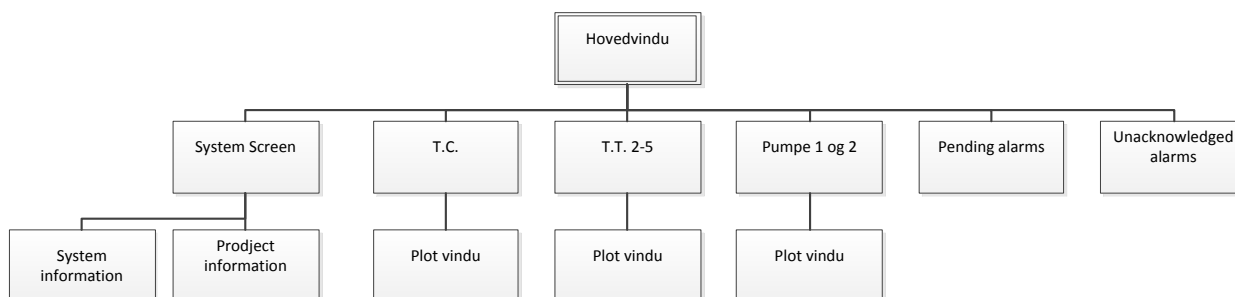
8.2 HMI til modellen, i WinCC Basic

HMI-et som er laget til å kjøre fra Simatic Step 7 Basic V11 åpnes ved å åpne prosjektet “Masteroppgave”, gå inn på “Visualization” og deretter “Root screen”. Derfra kjøres HMI-et ved å trykke på “Start simulation” knappen, vist i Figur 8-7.



Figur 8-7: Knappen “Start simulation” som starter HMI-et

Skjermbildene til HMI-et i WinCC er bygget opp med strukturen vist i Figur 8-8.



Figur 8-8: Strukturen til skjermbildene til HMI-et.

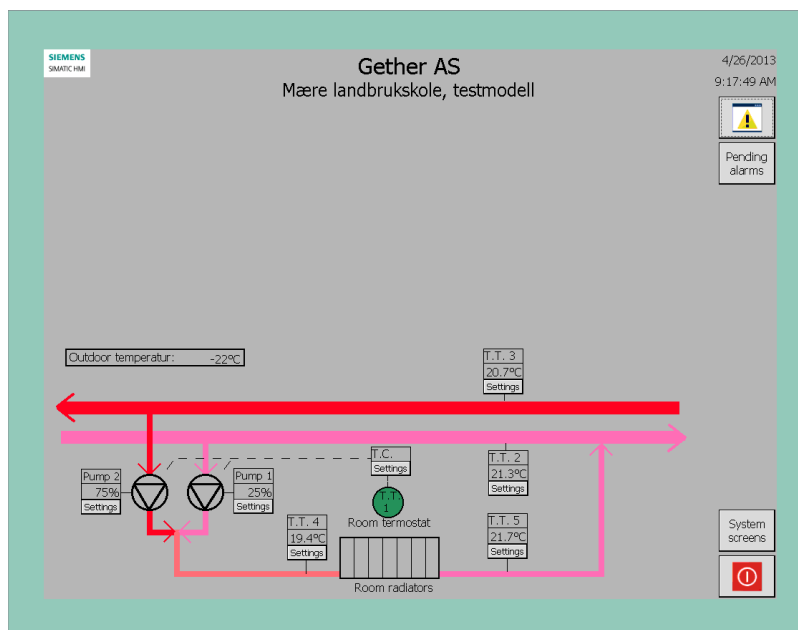
I hovedvinduet vises prosessen, en overskrift med firma navn og hvor i anlegget skjermbildet er lokalisert. Hovedvinduet gir også tilgang til de underliggende vinduene. Fra T.C. vinduet settes nødvendige parametere for styring av romtemperaturen og et trendplot av om romtermostaten er aktiv eller passiv vises. T.T. 2-5 viser temperaturen til de forskjellige RTD-ene som er tilkoblet, og et plot av dette. Pumpevindue viser pådraget til pumpene. I pumpe vinduene er det også mulig å styre pådraget til pumpene manuelt. De forskjellige skjermbildene kan ses i vedlegg A, i mappen “HMI screenshot”. Skjermbildene er utformet slik anlegget på Mære vil se ut, ikke slik den fysiske modellen ser ut.

8.2.1 Hovedvinduet

Hovedvinduet ligger som grunnvindu på alle skjermbildene, og er derfor alltid synlig.

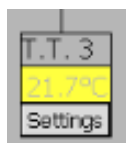
Hovedvinduet er laget som en template. Figur 8-9 viser vinduet. Fra hovedvinduet kan de andre skjermbildene åpnes, slik at informasjonene som etterspørres åpnes i området mellom prosessfiguren og overskriften. De forskjellige skjermbildene åpnes ved å trykke på “Settings” knappen til den aktuelle enheten, eller ved å trykke på en av de tre knappene som er på høyresiden i prosessvinduet. Ved å trykke på knappen nederst i høyre hjørne lukkes HMI-et.

På prosessbildet i hovedvinduet vises målingen av temperaturen til de forskjellige PT-elementene, utetemperaturen og pumpeturallet til turpumpen og returpumpen. På prosessbildet indikeres det også om romtermostaten er aktiv eller passiv ved at T.T.1 lyser grønt når termostaten er aktiv, og ellers er slukket.



Figur 8-9: Hovedbildet til HMI-et i WinCC

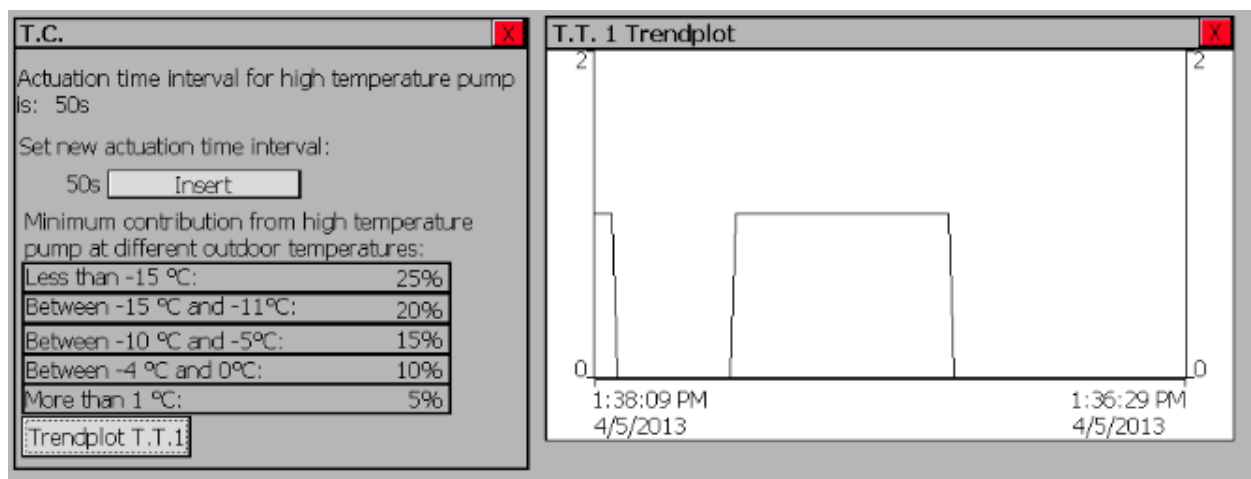
Dersom en advarsel eller alarm grense brytes vil fargen på prosessverdien til den aktuelle enheten forandre seg, og bakgrunnen bak prosessverdien starter å blinke. Dersom en advarsel grense brytes begynner det å blinke gult, dersom en alarmgrense brytes begynner det å blinke rødt. Figur 8-10 viser hvordan T.T.3 vil se ut dersom en advarselgrense blir passert.



Figur 8-10: T.T.3 etter at en advarselgrense er passert.

8.2.2 Skjermbildet til T.C.

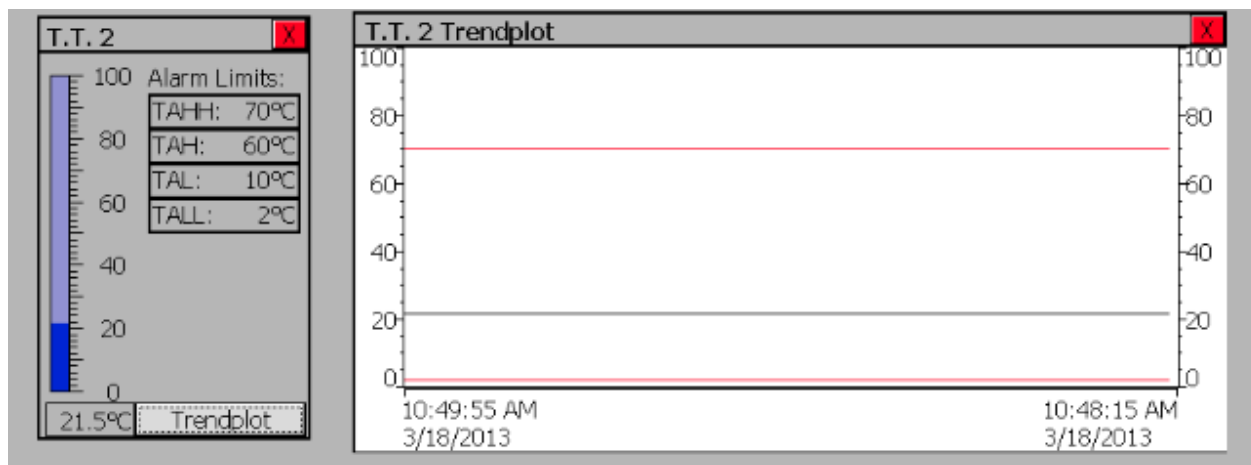
Ved å trykke på “Settings” til T.C. åpnes skjermbildet vist til venstre i Figur 8-11. Øverst i dette skjermbildet vises tidsintervallet turpumpen bruker på å øke fra minimumspådraget til den er ferdig med å kjøre på 100 %, før den starter på nytt igjen. I feltet under kan brukeren angi dette tidsintervallet ved først å taste inn ønsket lengde på tidsintervallet i tekstfelt, og deretter trykke på “Insert” knappe. I tabell i dette skjermbildet kan brukeren angi minimumspådrag til turpumpen ved forskjellige utetemperaturer. Dette gjøres ved at brukeren taster inn ønsket minimumspådrag i de gjeldene tekstfeltene. Ved å trykke på “Trendplot T.T.1” kan brukeren åpne et trendplot vindu, dette vinduet er vist til høyre i Figur 8-11. Trendplotet for romtermostaten er kun at verdien er høy så lenge termostaten er aktiv, og at verdien er lav når termostaten er passiv.



Figur 8-11: Skjermbildet til T.C.

8.2.3 Skjermbildene til T.T.2-T.T.5

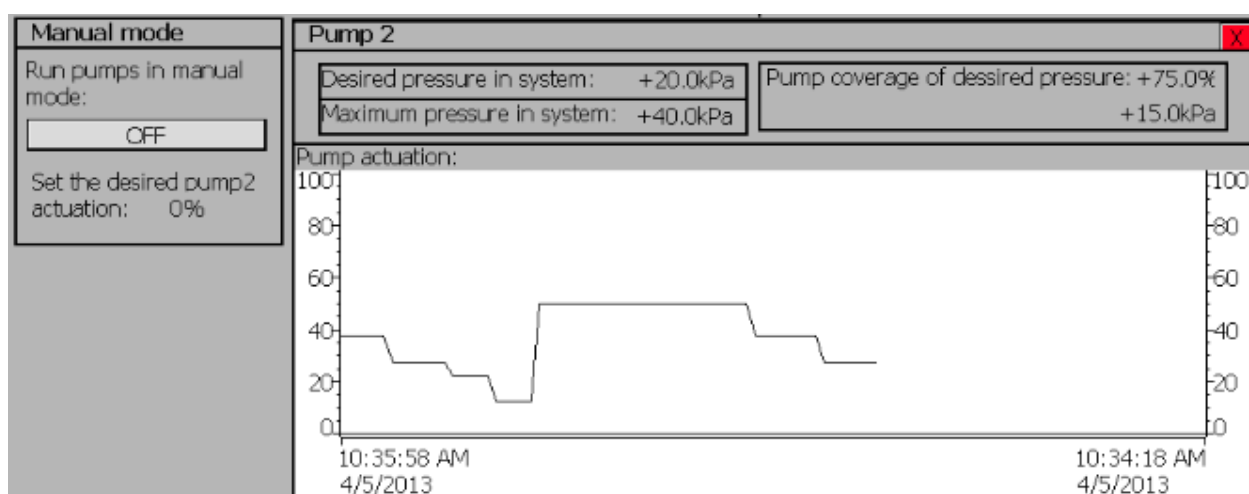
Ved å trykke på “Setting” til T.T. 2-5 åpnes et skjermbilde tilsvarende det vist til venstre i Figur 8-12. Til venstre i dette skjermbildet er det en søyle som viser temperaturen til den gjeldende T.T., i tillegg til at nøyaktig prosessverdi vises under søylen. Skjermbildet gir brukeren mulighet til å angi forskjellige advarsel og alarm-grenser for både høye og lave verdier. Brukeren forandrer disse ved å trykke på ønsket tekstfelt, for deretter å taste inn ønsket grense. Feltene som avsluttes med enkel L eller H er for advarsel, mens feltene med dobbel L og H er for alarm. Dersom advarsel eller alarmgrensen passeres, starter I/O feltet hvor prosessverdien er oppgitt å blinke, på tilsvarende måte som på prosessbildet. Ved å trykke på “Trendplot” knappen åpnes trendplotvinduet for tilhørende T.T., vist til høyre i Figur 8-12. På trendplotet vises prosessverdien til T.T.-en, i tillegg til øvre og nedre alarmgrense.



Figur 8-12: Skjermbildet til T.T.2. T.T.3- T.T.5 har tilsvarende skjermbilder.

8.2.4 Skjermbildene til tur og retur pumpe.

Skjermbildet vist i Figur 8-13 åpnes dersom brukeren går inn på “Settings” til pumpe 2 (turpumpen), og et tilsvarende åpnes ved å gå inn på “Settings” til pumpe 1 (returpumpen). Fra disse skjermbildene kan brukeren bestemme om pumpene skal kjøres automatisk eller manuelt. Brukeren kan også angi prosentvist pådrag til pumpene dersom pumpene skal kjøres manuelt. Kjøres pumpene automatisk kan brukeren angi hvilket trykk som det er ønsket å ha i anlegget. Brukeren må, og kan, angi maksimalt trykk som blir i anlegget når en av pumpene har 100 % pådrag. Dette må gjøres for at skaleringen til styresignalet til pumpene skal bli riktig. På skjermbildene til de to pumpene blir det angitt hvor mye av det ønskede trykket i anlegget den aktuelle pumpen dekker, både i prosent og i kPa. På plottet vises prosentvist pådrag for den aktuelle pumpen.



Figur 8-13: Skjermbildet til pumpe 2(turpumpe).

8.2.5 Skjermbildet til systemscreen

Ved å trykke på knappen “System screens” får brukeren mulighet til å åpne to nye vinduer. Det først vinduet er “Project info” hvor informasjon som prosjektnavn, opprettelsesdato av prosjektet, hvem som har laget HMI-et og beskrivelse av HMI-et er tilgjengelig. Det andre vinduet er “System info” hvor det er informasjon om hvilken PLS og HMI type som er brukt.

8.2.6 Alarmlister i HMI-et

Det er laget to alarmlister til HMI-et. Informasjon som gis i disse listene er: når alarmen oppstod, for hvilken enhet alarmen gjelder og om det er en høy eller lav alarm. Dersom det er en alarm i en av listene vises, og blinker, symbolet vist i Figur 8-14.



Figur 8-14: Symbolet som vises, og blinker, dersom det er en alarm i en av alarmlistene.

Den første alarmlisten er “Unacknowledged alarm” som viser alle alarmer som har kommet inn, som brukeren ikke har bekreftet at han/hun har oppfattet. Denne alarmlisten åpnes automatisk når en ny alarm kommer inn. Listen kan også åpnes ved å trykke på symbolet vist i Figur 8-15.



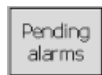
Figur 8-15: Knappen som åpner alarmlisten “Unacknowledged alarm”.

Brukeren kan fjerne en alarm fra “Unacknowledged alarm”-listen ved å bekrefte at alarmen er oppfattet. Dette kan gjøres ved å trykke på knappen vist i Figur 8-16.



Figur 8-16: Knapp for å bekrefte en alarm i “Unacknowledged alarm”-listen.

Den andre alarmlisten er “Pending alarms” som viser alle innkommende alarmer som fortsatt er aktive. Alarmer fra denne listen fjernes automatisk dersom prosessverdien til den aktuelle enheten går under alarmgrensen. Alarmlisten kan åpnes ved å trykke på knappen vist i Figur 8-17.



Figur 8-17: Knappen som åpner alarmlisten “Pending alarms”.

8.3 HMI til modellen over nettleser

Det nettleserbaserte HMI-et kan nås over internett ved å taste inn en statiske ip-adressen i søkefeltet til en nettleser. En slik statisk ip kan kjøpes av internettleverandøren. Hvis PLS-en er koblet til den statiske ip-adressen gjennom en router, må portene 80 og 443 på routeren åpnes og settes til å forwarde til ip-adressen til PLS-en [24]. Dersom brukeren er direkte koblet opp mot PLS-en, eller på samme lokale nettverk, kan PLS-en nås ved å taste inn ip-adressen 192.168.0.1. Brukeren må logge inn på PLS-en med brukernavnet: admin, og uten passord. Ved å gå til “user defined page” åpnes web-HMI-et.

Web-HMI-et er bygget opp med en menylinje hvor brukeren kan velge å åpne enten: Hjem-side, T.C., T.T.1-5 eller tur/ retur-pumpe. Videre er hver av sidene bygget opp med at relevant informasjon om enheten presenteres i tekstformat. På alle websidene er det et oversiktsbilde av prosessen. Figur 8-18 viser hvordan websidene er bygget opp. De forskjellige websidene ligger ved som vedlegg A, i mappen “Webpage”.



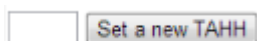
Figur 8-18: Hjem-siden til web-HMI-et.

På Hjem-siden vises temperaturen til T.T. 2-5, pumpepådraget i prosent til tur og retur pumpene, i tillegg til utetemperaturen.

T.C. websiden gir brukeren mulighet til å sette minimumspådrag til turpumpen ved forskjellige utetemperaturer, i tillegg til at websiden viser verdiene. Websiden viser, og gir brukeren mulighet til å forandre, hvor lang tid det skal gå fra turpumpen starter på minimumspådrag til pumpen er ferdig med å ha økt til, og kjørt på, 100 %.

På websiden til T.T.1 vises det om romtermostaten er aktiv eller passiv. Dette gjøres ved at tekste på siden skifter mellom “T.T.1: thermostat is aktiv” og “T.T.1: thermostat is passiv”.

Fra websiden til T.T.2-5 vises temperaturen og advarsel/alarm-grensene til de forskjellige T.T.-ene. Brukeren kan også forandre advarsel/alarm-grensene herfra ved å taste inn ønsket grense i det gjeldende tekstfeltet, for deretter å bekrefte ved trykke på tilhørende knapp. Figur 8-19 viser et tekstfelt med tilhørende knapp, for å angi ny alarmgrense.



Figur 8-19: Tekstfelt og knapp for å sette ny alarmgrense

Fra websidene til tur (2) og retur (1) pumpene får brukeren informasjon om pumpens arbeidsbelastning i prosent, og hvor mye pumpene dekker av ønsket trykk i anlegget både i prosent og kPa. Ønsket trykk i anlegget og maksimalt trykk i anlegget vises på siden, og brukeren har også mulighet til å forandre disse verdiene.

8.3.1 Hvordan lage HMI til nettleser

Til å lage web-HMI-et er HTML-kode-genereringsverktøyet KompoZer brukt. Ved å benytte dette verktøyet og en ferdig laget webside-template, som kan lastes ned fra internett, så kan oppsettet av websidene og link mellom disse genereres på en enkel måte. Dette beskrives derfor ikke ytterligere i denne rapporten.

For å knytte websidene opp mot PLS-en må spesiell HTML kode benyttes på websiden, slik at PLS-en vet hvilke tager fra PLS-en som skal vises på websiden, og hvilke som skal kunne forandres derfra.

For å vise en prosessverdi på websiden benyttes HTML-koden

```
:= "<Variable>":
```

hvor <Variable> er tag-navnet, i PLS-en, til den prosessverdien som skal vises. For at prosessverdien skal holde seg oppdatert, må websiden oppdateres. Web-siden kan oppdateres automatisk ved bruk av HTML-koden

```
meta http-equiv="Refresh" content="tid"
```

hvor tid settes til hvor ofte siden skal oppdateres, i sekunder. [21]

For å skrive en prosessverdi fra websiden til PLS-en benyttes HTML-koden

```
<!-- AWP_In_Variable Name=' "<Variable>" ' -->
```

og

```
<form method="post" action="" onsubmit="return check();" >
  <input type="text" name=' "<Variable>" ' size="2">
  <input type="submit" value="Tekst på knapp ">
</form>
```

<Variable> er tag-navnet i PLS-en til variabelen som skal forandres. Den første delen av HTML-koden, som er skrevet som en kommentar, gjør at PLS-en oppfatter at verdien kan forandres fra en webside. Den andre delen av HTML-koden generer et tekstfelt og en knapp hvor verdier kan angis, slik som vist i Figur 8-19. [21]

For å vise tekst på en webside avhengig av tilstanden til en tag, kan følgende HTML-koden benyttes:

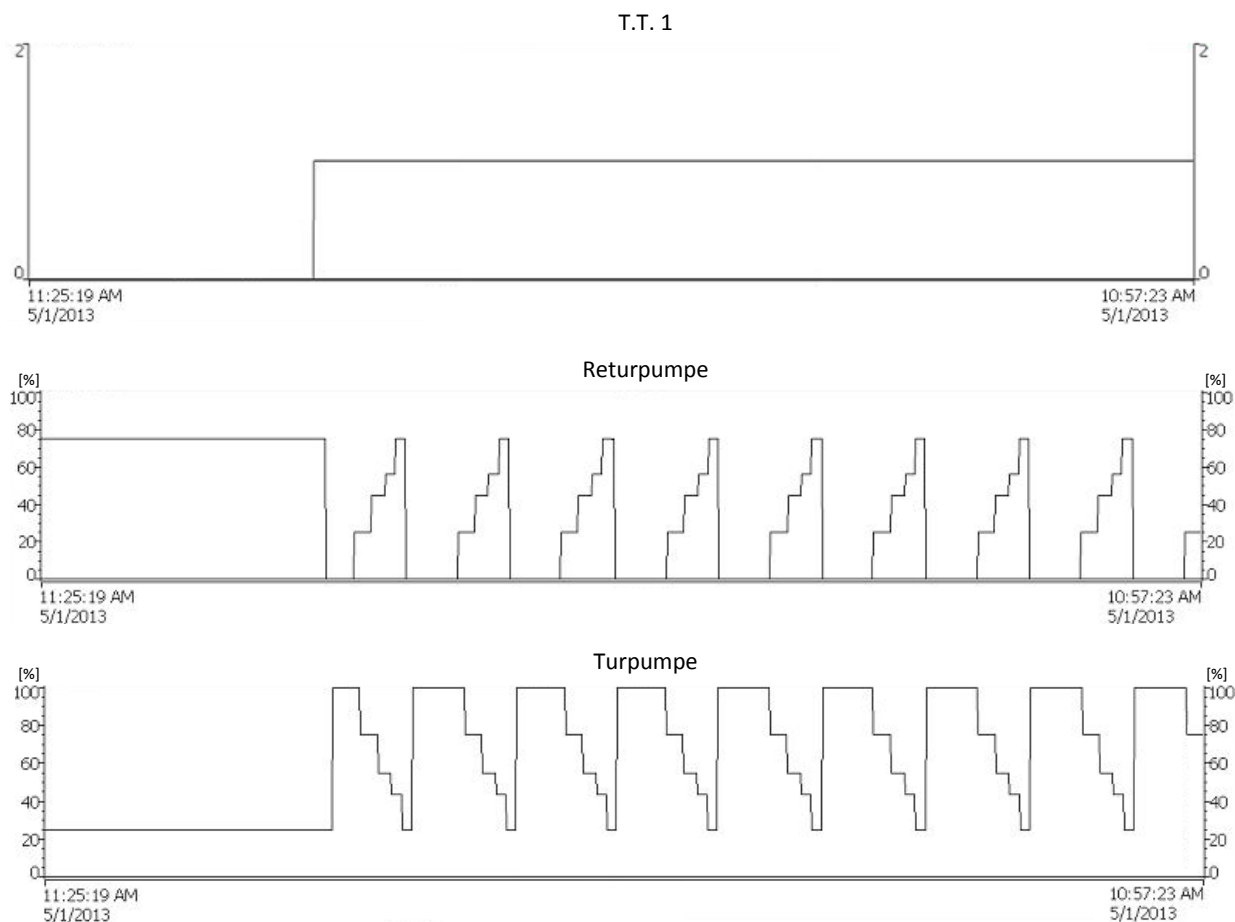
```
<!-- AWP_Enum_Def Name= "<Name Enum type>"
Values='0:"<Text_1>", 1:"<Text_2>", ... , x:"<Text_x>" ' -->
<!-- AWP_Enum_Ref Name=' "<Variable>" ' Enum="<Name Enum type>" -->
:= " <Variable>":
```

I denne koden er <Variabel> tag navnet til variabelen i PLS-en. <Name Enum Type> kan velges fritt når websiden lages. <Text_1> er den teksten som skal vises når variabelen har verdien 0, <Text_2> er den teksten som skal vises når variabelen har verdien 1, osv. [21]

9 KJØRING AV DEN FYSISKE MODELLEN

Den fysiske modellen blir testet med et forsøk som skal øke temperaturen, i vannkaret med romtermostaten, fra 24 °C til 27 °C. Dette skal skje når turpumpen skal bruke 150 sekunder på å øke til, og kjøre på, 100 %. Minimumspådraget til turpumpen er satt til 25 %. Ønsket trykk i anlegget er satt til det samme som maksimalt trykk i anlegget. Dette medfører at de to pumpene til sammen skal holde 100 % pådrag. Temperaturen på varmemediet i turpumpevannkaret holder ca. 50 °C, mens temperaturen på varmemediet i returpumpevannkaret holder ca. 22 °C. Dette kan ses fra T.T. 2 og T.T. 3 i Figur 9-2.

Av Figur 9-1 ser vi at pådraget til tur og retur-pumpene oppfører seg slik som ønsket. Til sammen holder pumpene til en hver tid 100 % pådrag, som igjen gir ønsket trykk i anlegget. Vi ser av figuren at returpumpen minker pådraget, når turpumpene øker det. Vi ser også at pumpene bruker 150 sekunder på hvert intervall. Figuren viser også at turpumpen går til minimumspådraget når romtermostaten blir passiv. Fra dette kan det konkluderes med at pumpene øker og minker pådraget slik som ønsket, avhengig av om romtermostaten er aktiv eller passiv.

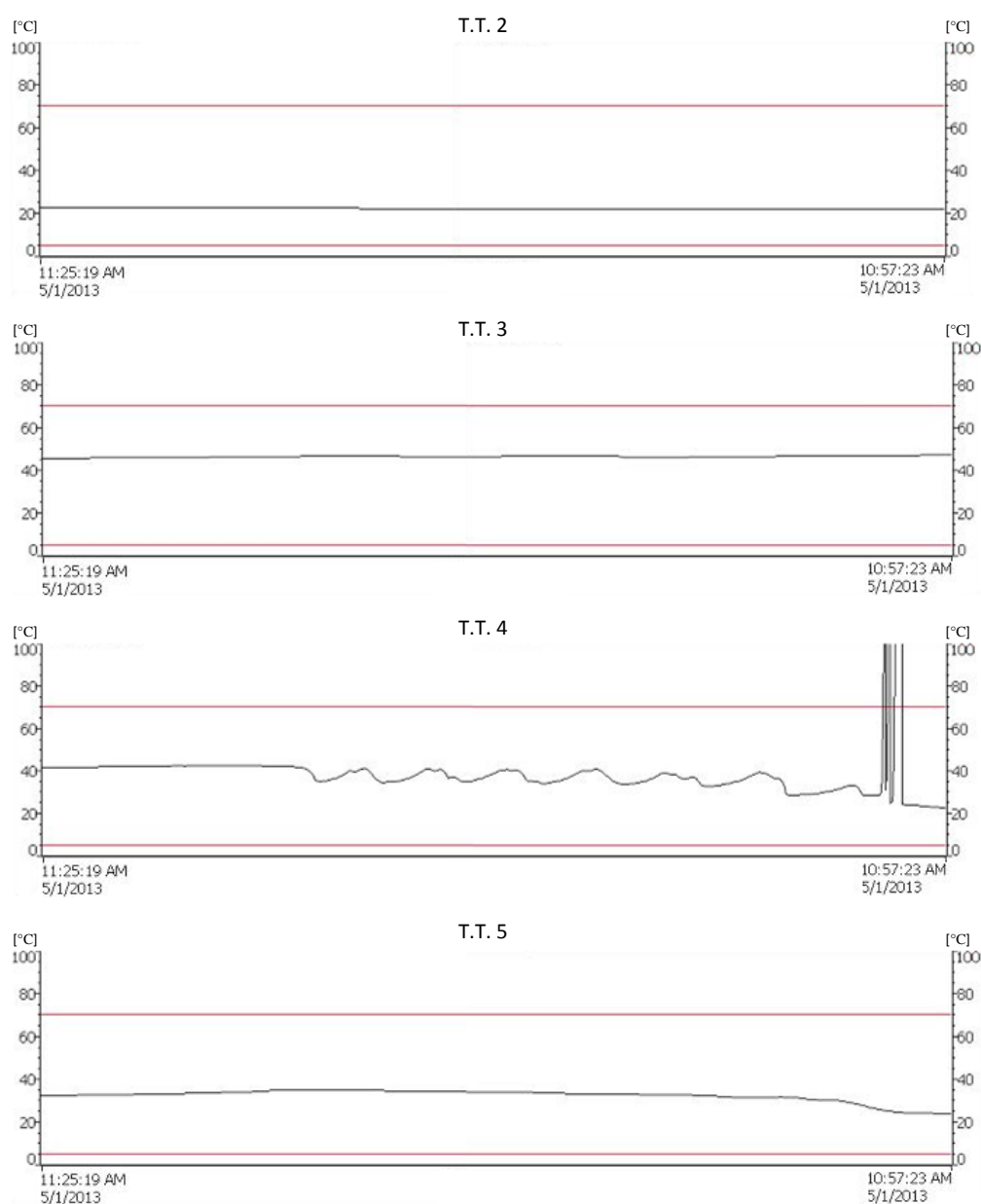


Figur 9-1: Pådragssignalene til tur og retur pumpene når romtermostaten er aktiv og passiv.

Fra T.T. 4 i Figur 9-2 ser vi at temperaturen i manifoldvannkaret varierer avhengig av pumpeforholdet mellom de to pumpene. I tillegg ser vi at denne temperaturen stabiliserer seg når romtermostaten blir passiv, og pumpene starter å gå med fast turtall. I starten av plotet ser vi også noe støy, pga. av dårlig kontakt, som kan ignoreres.

Fra T.T. 5 i Figur 9-2 ser vi temperaturen på varmemediet i vannkaret med romtermostaten øker etter hvert som mer og mer varmemedium pumpes inn, når termostaten er aktiv. Når tur og retur pumpene går med fast pådrag ser vi at temperaturen på varmemediet i vannkaret sakte minker.

Fra dette kan det konkluderes med at temperaturen på blandingsvarmemediet avhenger av pumpeforholdet mellom de to pumpene, og at lufttemperaturen i vannkaret med romtermostaten forandres avhengig av varmemediet i vannkaret.



Figur 9-2: Temperaturen målt av de forskjellige temperaturfølerne under kjøring av modellen.

10 MATEMATISK MODELL

Temperaturendringen i vannkaret med romtermostaten på den fysiske modellen, vil ikke være lik som temperaturendringen i et rom på Mære landbruksskole. Derfor er det valgt å lage en matematisk modell for å se nærmere på hvordan temperaturendringen vil bli i virkeligheten, og hvordan pumpestyringen virker da. Denne matematiske modellen modellerer temperaturendringen i det rommet med størst temperaturbehov. Modellen er laget med utgangspunkt at rommet allerede er varmet opp, og den er derfor egnet til å se på mindre settpunktsendringer i ønsket temperatur. Modellen er laget i Matlab/ Simulink.

10.1 Modellering av temperaturen i et rom

Temperaturforandringen til et rom kan beregnes ut i fra tilført varme, varmetap og varmekapasiteten til rommet. Temperaturforandringen i et rom blir da:

$$\frac{d}{dt} T_r = \frac{1}{C} (Q_{\text{tilført}} - Q_{\text{tap}}) \text{ [}^\circ\text{C]} \quad (10-1)$$

[7]

Rommets varmekapasitet, C, beregnes ut i fra varmebehovet til rommet. I modellen blir rommets varmebehov beregnet kun ut i fra varmen som trengs for å varme opp luften i rommet, ikke varmen som trengs for å varme opp bygningsmassen. Varmebehovet til rommet kan derfor beregnes ved bruk av luft sin spesifikke varmekapasitet:

$$Q_r = c \cdot m \cdot (SP - T_r) \text{ [W]} \quad (10-2)$$

hvor $c = 1012 \text{ J og m}$ er massen til luften i rommet.

[8]

Massen til luften i rommet beregnes ved å ta volumet av rommet multiplisert med tettheten til luft. Lufttettheten beregnes ved bruk av:

$$\rho = \frac{p}{R \cdot (T_r + 273)} \text{ [kg/m}^3\text{]} \quad (10-3)$$

hvor $p = 101325 \text{ Pa}$ og $R = 287,05 \text{ J/kg} \cdot \text{K}$.

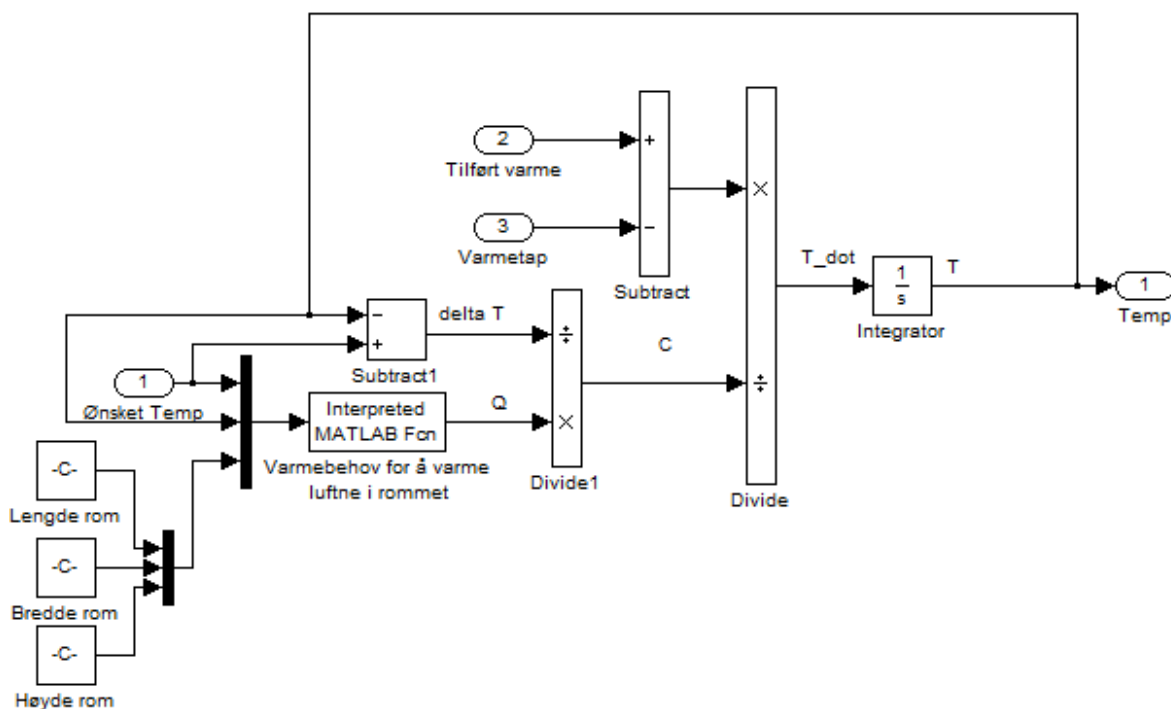
[9]

Ved å benytte rommets varmebehov finner vi rommets varmekapasitet, som blir:

$$C = \frac{Q_r}{T_r - SP} \text{ [J/K]} \quad (10-4)$$

[10]

Simulink-diagrammet som er laget for å modellere temperaturendring i rommet vises i Figur 10-1. Skriptet som beregner varmebehovet til rommet ligger i vedlegg A, under mappen “Matlab med av- på styring” i filen “varmekapasitet_bygg”.



Figur 10-1: Simulink-diagram for temperaturforandring i rommet.

Varmetapet i rommet er modellert som transmisjonstap og infiltrasjonstap. Transmisjonstap er tap pga. overføring. Dette skjer siden varmen vil overføres fra der det er varmt til der det er kaldt. Infiltrasjonstap er tap som skjer siden luften i rommet gradvis blir byttet ut pga. luftlekkasjer i rommet. I tillegg til disse to, kan varmetap skje pga. utbytting av luft pga. et ventilasjonsanlegg. Dette er ikke tatt med i modellen.

Transmisjonstapet beregnes ut i fra U-verdier. U-verdier angir mengde varme som overføres gjennom en kvadratmeter av konstruksjonen ved en forskjell på en grad, pr tidsenhet.

Transmisjonstapet beregnes derfor, for hver konstruksjonsdel, med:

$$Q_{tap trans} = U \cdot A \cdot (T_r - T_u) \text{ [W]} \quad (10-5)$$

[11]

Et naturlig utgangspunkt er at det rommet med størst temperaturbehov, er det samme rommet som det som har størst varmetap. Rommet får tre sider mot kalde omgivelser ved å anta at rommet med størst varmetap er plassert på hjørne av bygget i andre etasje, med et kaldt loft over. Transmisjonstapet må beregnes for alle disse flatene. Ved å ta utgangspunkt i U-verdier fra kravene til norske byggeforskrifter fra 1969, kan 0.23 benyttes for tak, og 0.45 for vegger [11]. Det vil ikke være noe transmisjonstap på de andre sidene til rommet, siden det antas at temperaturen i naborommene er lik.

Infiltrasjonstap beregnes ved bruk av formelen:

$$Q_{tap\ inf} = c \cdot \rho \cdot n \cdot V \cdot (T_r - T_u) \text{ [W]} \quad (10-6)$$

hvor n er antall utskiftninger av luften i rommet pr sekund. [12]

Skriptet for å beregne varmetapet i modellen er lagt ved i vedlegg A, under mappen “Matlab med av- på styring” i filen “Varmetap”. Simulink-diagrammet for varmetapet kan ses i modell_bygg.mdl filen, i subsystemet “Varmetap”.

Tilført varme i rommet beregnes ut i fra antall radiatorer i rommet, og effekten på disse radiatorene. Effekten på radiatorene beregnes ut i fra temperaturen på varmemediet, ved bruk av formelen for spesifikk varmekapasitet:

$$Q_{radiator} = \epsilon \cdot c_v \cdot m_v \cdot (T_v - T_r) \text{ [W]} \quad (10-7)$$

ϵ er virkningsgraden til radiatoren, denne avhenger av utforming til radiatoren. [20]

I modellen tas det ikke hensyn til tilført varme fra andre kilder som lys, elektrisk utstyr eller mennesker. Simulink-diagram for tilført varme er lagt ved i vedlegg A, under mappen “Matlab med av- på styring” og kan ses ved å åpne subsystemet “Tilført varme” i modell_bygg.mdl filen. Skript er lagt i filen “Effekt_radiator”.

10.2 Modellering av pumpestyring, og blanding av varmemedier med forskjellig temperaturer

Pumpene på tur og retursløyfen blir styrt av en pådragsalgoritme som angir prosentvist pådrag, av det totale trykket, som hver av pumpene skal dekke. For å få pådraget på returpumpen til å gå tilsvarende ned som pådraget på turpumpen går opp, benyttes det at returpumpen skal ha 100 % pådrag dersom turpumpen ikke benyttes. Pådraget til turpumpen blir da pådragssignalet fra pådragsalgoritme, mens pådraget til returpumpen blir 100 minus pådragssignalet fra pådragsalgoritme. Pådraget til turpumpen øker gradvis over 5 trinn i gitte tidsintervaller, før det starter på nytt igjen, helt til termostaten registrerer at ønsket temperatur er oppnådd. Det laveste av de 5 trinnene blir avgjort av utetemperaturen, mens det høyeste er at turpumpen dekker 100 % av det ønskede trykket i anlegget.

Begge pumpene er modellert som lineære funksjoner hvor massestrømmen ut av pumpen er avhengig av pådragssignalet. Skriptet for pumpene kan ses i vedlegg A, under mappen “Matlab med av- på styring” i filene “pumpe_tur” og “pumpe_retur”.

Til å beregne temperaturen i blandingen av varmemediene, kan varmemediets spesifikke varmekapasitet benyttes:

$$m_{retur} \cdot c \cdot (T_{blanding} - T_{retur}) = m_{tur} \cdot c \cdot (T_{tur} - T_{blanding}) \quad (10-8)$$

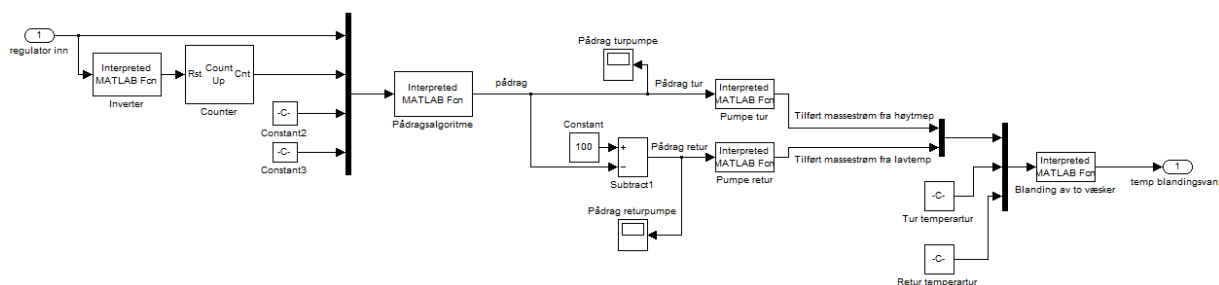
[20]

Temperaturen etter blanding blir da:

$$T_{blending} = \frac{m_{tur} T_{tur} + m_{retur} T_{retur}}{m_{tur} + m_{retur}} [^{\circ}\text{C}] \quad (10-9)$$

Skriptet hvor temperaturen i blandingen av varmemediet blir beregnet ligger i vedlegg A, under mappen “Matlab med av- på styring” i filen “temperatur_blandingsvann”.

Simulink-diagrammet for pumpestyring og blanding av de to varmemediene kan ses i Figur 10-2, skriptet til pådragsalgoritmen ligger også i vedlegg A i filen: “paadragsalgoritme”.

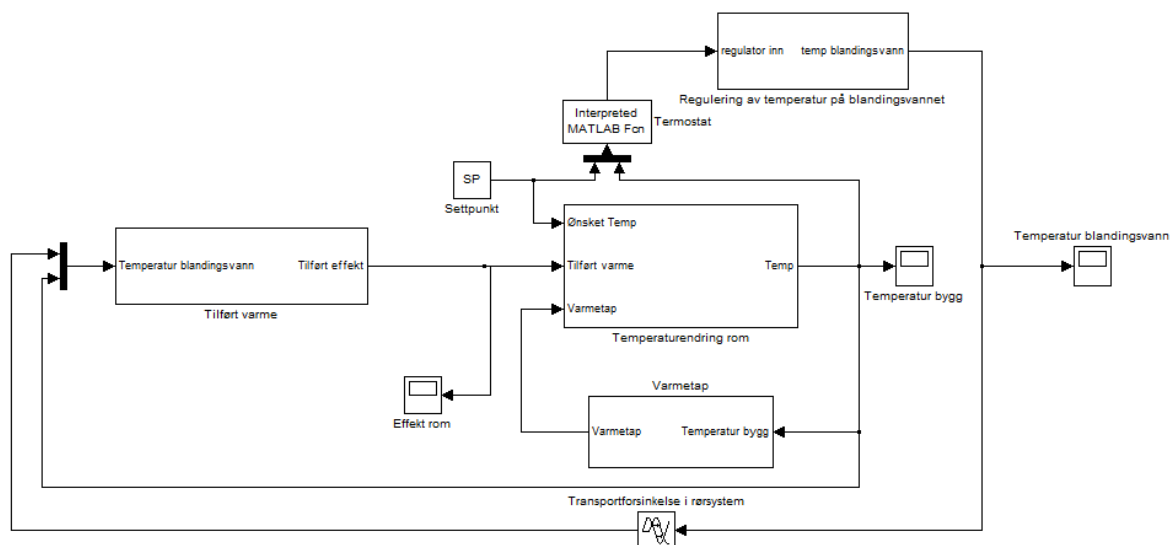


Figur 10-2: Simulink-diagram for pumpestyring og blanding av varmemedium.

10.3 Den matematiske modellen sammensatt av de forskjellige delene

Delene av modellen, omtalt i kapittel 10.1 og 10.2, blir satt sammen til fullstendig modell.

Simulink-diagrammet for den fullstendige modellen er vist i Figur 10-3. Til den fullstendige modellen er det også et initialiseringskript, som ligger ved i vedlegg A, under mappen “Matlab med av- på styring” i filen “Init”. I dette skriptet kan ønsket temperatur i rommet angis, temperatur i rommet ved starten av simuleringen og utetemperatur. Temperaturen på varmemediet i tur og retursløyfen i hovednettet bestemmes ut i fra utetemperaturen i dette skriptet. I tillegg beregnes det i skriptet initialverdier til temperaturen på blandingsvarmemediet og effekten på radiatoren.



Figur 10-3: Simulink-diagram for hele den matematiske modellen

I virkeligheten vil det ta en viss tid fra varmemediet er blitt blandet til den kommer frem til radiatoren i rommet som skal varmes opp. Denne transportforsinkelsen er det tatt hensyn til i modellen ved å legge inn en “*Transport delay*” blokk. Transsportforsinkelsen beregnes ut i fra hvor mange meter med rør det er fra pumpene til radiatoren, og hastigheten på varmemediet. Dette gjøres også i initialiseringskript. Grunnlaget for hastigheten til varmemediet i rørsystemet blir beskrevet i kapittel 11.1.

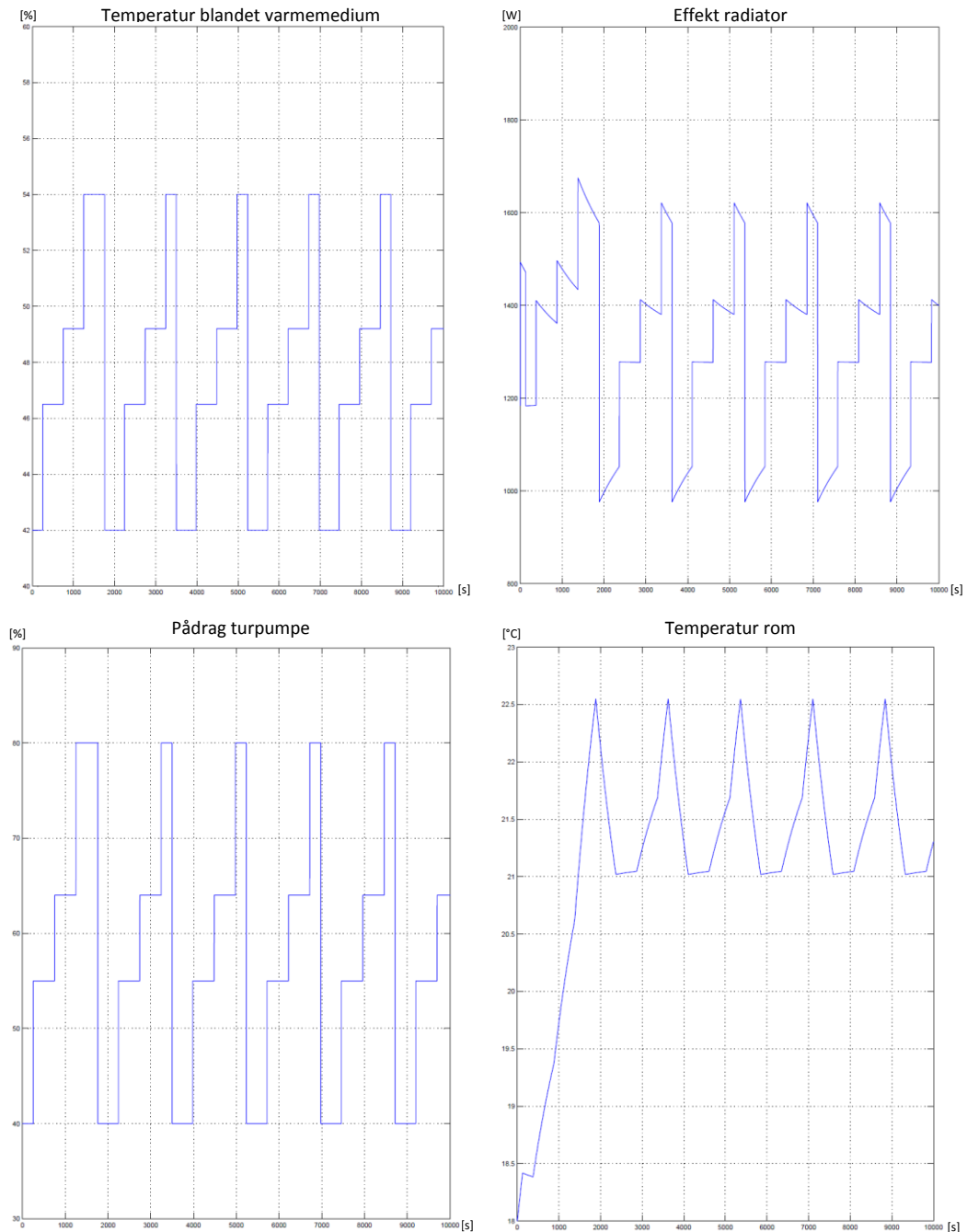
Det tas ikke hensyn til varmetap på varmemediet i løp av transporttiden.

10.4 Simulering av temperaturendring i rommet ved bruk romtermostat og av/på styring.

Siden det er tenkt at det skal benyttes termostat på Mære, så simuleres det hvordan temperaturendringen i rommet blir ved bruk av en romtermostat. Utetemperaturen er satt til -20 °C, som gir 60 °C i turnettet og 30 °C i returnettet. Minimumspådraget til turpumpen velges slik at effekten på radiatoren i rommet blir tilnærmet lik varmetapet i rommet, og settes derfor til 40 %. Tidsintervallet for økningen av pådraget fra minimum, til turpumpen dekker hele pådraget, er satt til 2500 sekunder.

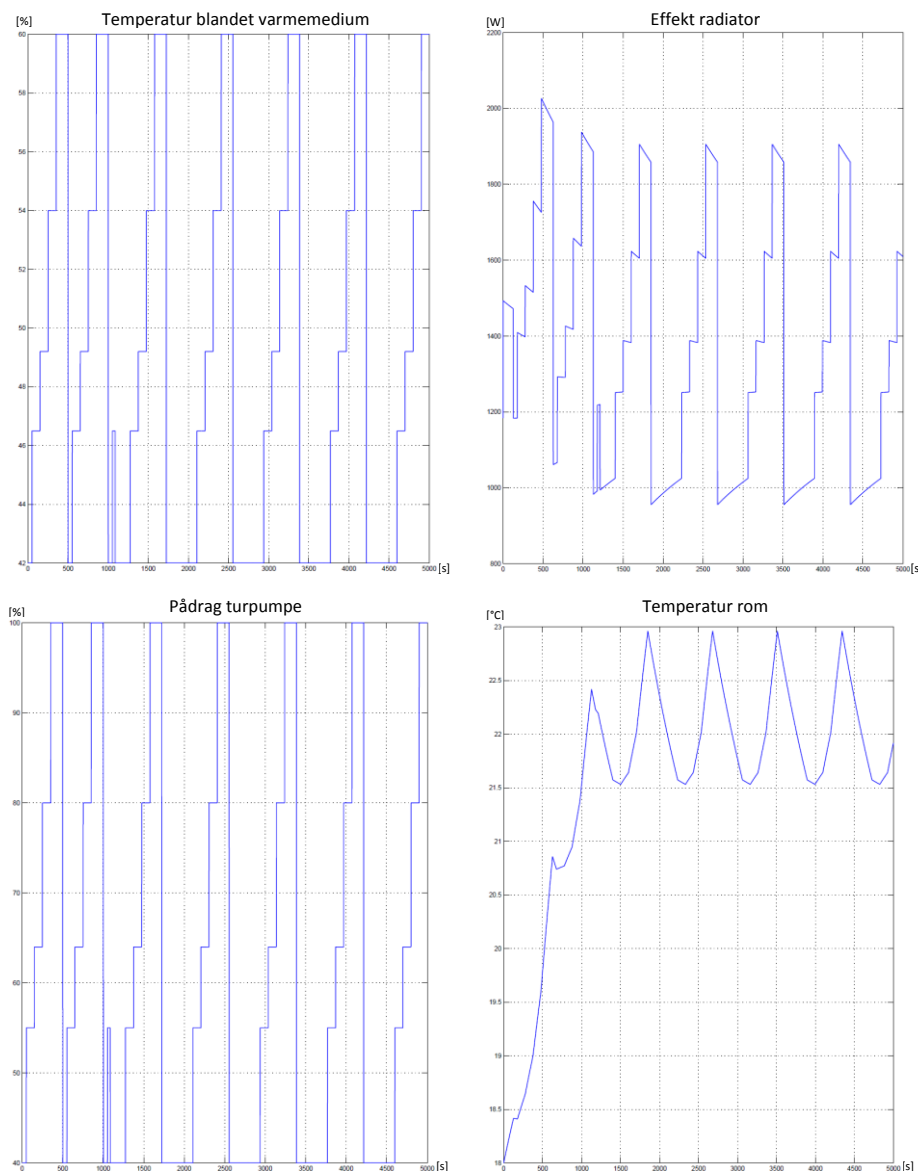
Av Figur 10-4 ser vi at rommet oppnår tilnærmet ønsket temperatur etter ca. 30 minutter (1800 sekunder), ved en temperaturendring fra 18 °C til 22 °C. Vi ser imidlertid også at temperaturen i rommet svinger en del rundt ønsket temperatur pga. at termostaten skrur seg av og på. Av plotet “Pådrag turpumpe” ser vi at turpumpen ikke trenger å øke pådraget til 100 % for å oppnå ønsket temperatur, men at turpumpen må kjører lengre på det 4. tidsintervallet for å oppnå settpunktsendringen enn for å vedlikeholde det.

Plotene viser også at pådragssignalet til pumpene varierer mye ved å styre pådraget over 5 tidsintervaller. Denne variasjonen av pådragssignalet kan føre til slitasje på pumpene i lengden, avhengig av hyppigheten. I tillegg kan også temperaturforandring rundt ønsket temperatur senke følelsen av varmekomfort i rommet.



Figur 10-4: Temperatur i blandet varmemedium, effekt på radiatoren, pådrag til turpumpe og temperatur i rommet, ved en temperaturforandring i rommet fra 18 °C til 22 °C når utetemperaturen er -20 °C og pumpene er styrt av en termostat. Tidsintervallet for pådraget er 2500 sekunder.

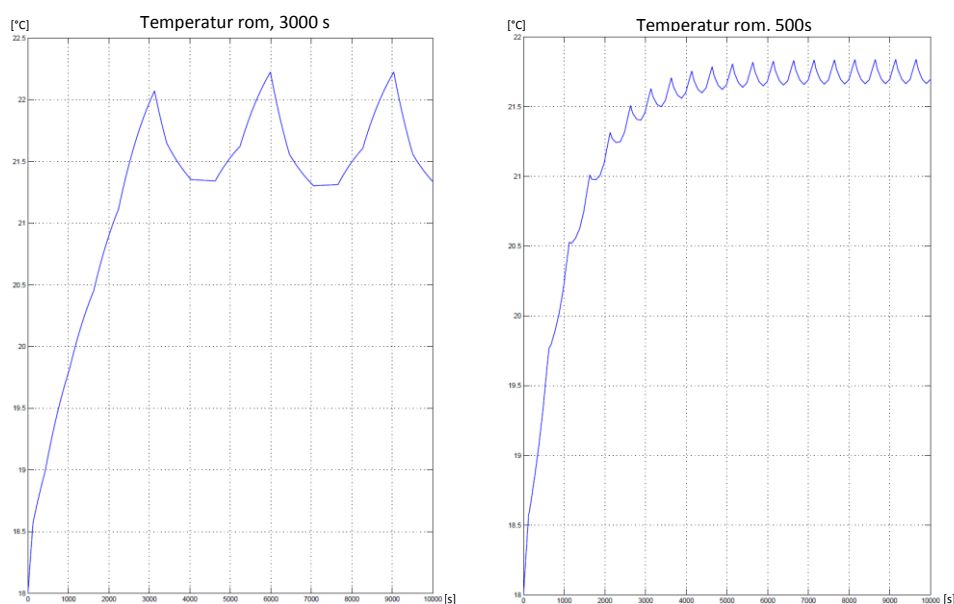
Dersom pådragsintervallet forandres til 500 sekunder, mens modellen ellers er lik, blir dynamikken i modellen slik som vist i Figur 10-5. Temperatursettpunktet i rommet oppnås etter ca. 18 minutter (1100 sekunder) i dette tilfellet. Det kan se ut som at dersom pådragsintervallet blir kortere, så blir tiden for å oppnå ønsket temperatur kortere. Dette gjelder bare i visse tilfeller, og til visse grenser. Ved å gjøre forskjellige simuleringer av modellen kan det vises at det tar ca. like lang tid å oppnå ønsket temperatur når pådragsintervallet er 500 sekunder, som når det er 50 sekunder. Ulempen med kortere pådragsintervall er at turtallsforandringen til pumpene blir hyppigere.



Figur 10-5: Temperatur i blandet varmemedium, effekt på radiatoren, pådrag til turpumpe og temperatur i rommet, ved en temperaturforandring i rommet fra 18 °C til 22 °C når utetemperaturen er -20 °C og pumpene er styrt av en termostat. Tidsintervallet for pådraget er 500 sekunder.

Simuleringer ved andre utetemperaturer viser at dersom pådragsintervallet blir for kort, så er det ikke alltid ønsket temperatur blir oppnådd. Dette skjer pga. at temperaturen i tur og retur-nettet forandrer seg avhengig av utetemperaturen, som igjen forandrer effekten på radiatoren.

Radiatoren greier dermed ikke holde høy effekt lenge nok, til å oppnå ønsket temperatur i rommet. Figur 10-6 viser temperaturen i rommet når utetemperaturen er -5°C . Denne utetemperaturen gir, i simuleringen, 40°C i turnettet og 30°C i returnettet. I plotet til venstre er pådragsintervallet satt til 3000 sekunder, mens det i plotet til høyre er satt til 500 sekunder. Vi ser at ønsket temperatur oppnås når pådragsintervallet er satt til 3000 sekunder, men ikke når pådragsintervallet er satt til 500 sekunder. Vi ser imidlertid også at temperaturen svinger omtrent rundt ca. samme punkt.



Figur 10-6: Temperaturen i rommet når pådragsintervallet er satt til 3000 sekunder og 500 sekunder, ved settpunktsendring fra 18°C til 22°C , når utetemperaturen er -5°C .

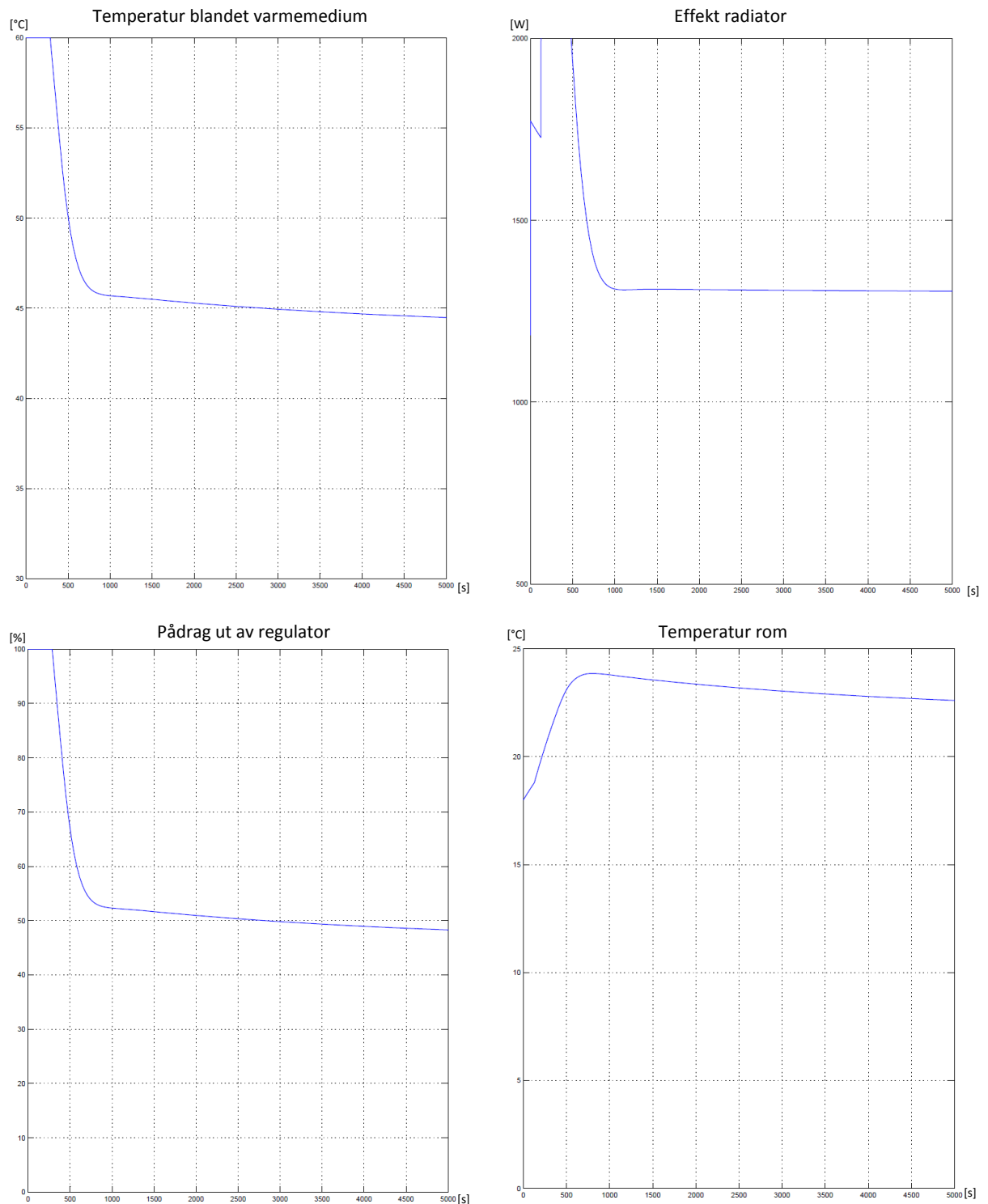
Selv om den fysiske og matematiske modellen oppfører seg forskjellige, så kan vi prøve å trekke noen slutninger ved å sammenligne plottene fra den fysiske modellen i Figur 9-1, med plottene fra den matematiske modellen i Figur 10-4. Forskjellen mellom den fysiske og matematiske modellen er blant annet varmetapet til modellene, temperaturen på tilført varmemedium, minimumspådrag på turpumpen og tidsintervallet for pådraget. Fra figurene ser vi at turpumpen oppfører seg likt på de to modellene, ved å øke pådraget i intervaller. Vi ser også at ønsket temperatur blir oppnådd. Vi ser at den fysiske modellen må gjennomløpe pådragsintervallet flere ganger før ønsket temperatur blir oppnådd, mens den matematiske modellen kun trenger å gjøre dette en gang, i dette tilfellet. Dette skyldes forskjellen i pådragsintervallet, som for den fysiske modellen er 150 sekunder i motsetning til 2500 sekunder for den matematiske modellen.

10.5 Simulering av temperaturendring i rommet dersom romtermometer og PID-regulator brukes.

Ved å forandre på de tidligere nevnte Simulink-diagrammene og skriptene, ved å bytte pådragsalgoritmen ut med en PID-regulator, så får vi sett hvordan dynamikken i anlegget blir ved bruk av en PID-regulator. Hovedforandringene som må gjøres er at skriptet til pådragsalgoritmen byttes ut med en PID-blokk, og at termostat-skriptet byttes ut med avviket mellom ønsket temperatur i rommet og faktisk temperatur. Denne modellen er lagt ved i mappen “Matlab med PID regulator” i vedlegg A.

Ved å gjøre en simulering kan vi se hvordan temperaturendringen i rommet vil oppføre seg. Figur 10-7 viser dynamikken ved en temperaturendring fra 18 °C til 22 °C, ved en utetemperatur på -20 °C og ved bruk av en PID-regulator. PID parameterne er i dette tilfellet $P = 15$, $I = 0.005$ og $D = 0.5$. Av figuren ser vi at rommet oppnår 22 °C etter ca. 8 minutter, men at temperaturen går noen °C over ønsket temperatur. Temperaturen synker deretter mot ønsket temperatur hvor den stabiliserer seg.

Sammenlignet med av/på styringen i Figur 10-4 ser vi at pumpene varierer mye mer ved bruk av å styre pådraget over 5 tidsintervaller, forhold til ved bruk av PID-regulator. Plotet for “Pådrag turpumpe” i Figur 10-4 kan sammenlignes med plotet “Pådrag ut av regulator” i Figur 10-7 for å synliggjøre dette.



Figur 10-7: Temperaturen i blandingen av varmemediumet, effekten på radiatoren, pådragssignalet ut av regulatoren og temperaturen i rommet, når romtemperaturen opprinnelig er 18 °C, ønsket temperatur er 22 °C og utetemperaturen er -20 °C, ved bruk av en PID-regulator.

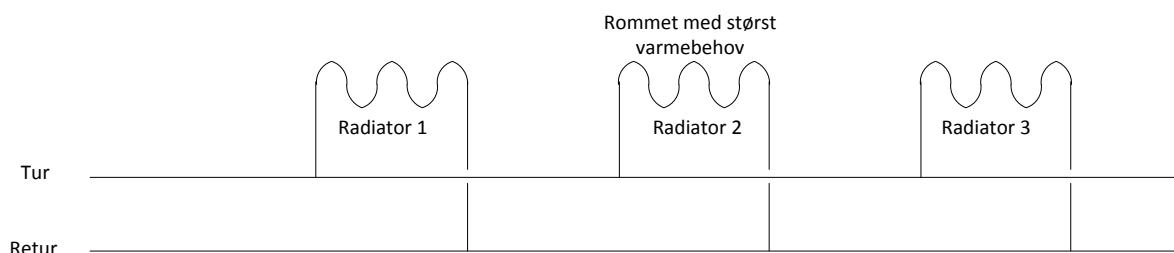
11 BEREGNET OPTIMERT SIRKULERTE VARMEMEDIEHASTIGHETER

Pumpene som skal sirkulere varmemediet i anlegget på Mære har intern trykkregulering. For å finne ønsket trykk disse pumpene skal holde, tas det utgangspunkt i sirkulert varmemediumhastighet. Trykket på pumpene stilles inn slik at denne varmemediumhastighet holdes i anlegget.

11.1 Optimert sirkulert varmemediehastighet i bygningsnett

For å finne den optimerte sirkulasjonshastigheten på varmemediet i bygningsnett er det to motstridende hensyn som må vektlegges. Det første hensynet er at det er ønskelig at all varmemediet i radiatoren skal skiftes ut på relativ kort tid, slik at endringen av varmeeffekten på radiatoren ikke tar for lang tid ved en endring av ønsket temperatur. Det andre hensynet er at det ønskes at varmemediet skal bruke relativ lang tid gjennom radiatoren, slik at mest mulig energi blir overført fra varmemediet til rommet, og dermed at returtemperaturen blir lavest mulig.

Beregningene tar som utgangspunkt i at radiatorene ligger i parallell på en dobbeltsløyfe bestående av både tur og retur rør, slik som vist i Figur 11-1.



Figur 11-1: Radiatorer på et parallelt rørsystem.

Til å beregne hvor lang tid det tar å skifte ut all varmemediet i radiatoren benyttes formlene for volumstrøm og hastighet på varmemediet i rørsystemet. Volumstrøm beregnes ved:

$$V_{strøm} = \frac{V_{radiator}}{tid} \text{ [m}^3\text{/s]} \quad (11-1)$$

Tid er tiden som det er ønskelig å bruke på og skrift ut alt varmemediet i radiatoren.

Hastigheten på varmemediet i rørsystemet blir beregnet ved:

$$v = \frac{4 \cdot V_{strøm}}{\pi \cdot d^2} \text{ [m/s]} \quad (11-2)$$

[19]

Eksempelvis kan det tas utgangspunkt i at radiatoren rommer 10 liter, at det er ønskelig å bytte ut alt varmemediet i radiatoren på 5 minutter, og at rørdiameteren er 1 cm. Da blir ønsket hastighet på varmemediet i rørsystemet ca. 0,42 m/s.

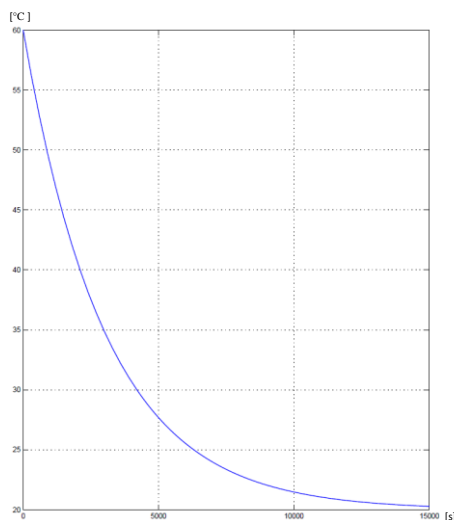
Til å beregne hvor lang tid det tar å kjøle ned varmemediet i radiatoren, benyttes Newtons nedkjølingslov. Denne loven er som følgende:

$$\frac{dT}{dt} = -A(T - T_{\text{omgivelse}}) \quad [^{\circ}\text{C}] \quad (11-3)$$

hvor A er nedkjølingskonstant [20]. Denne konstanten blir antatt til å være 0,00033 med utgangspunkt i at varmemediet bruker 7 minutter på å kjøles ned fra 60 °C til 55 °C.

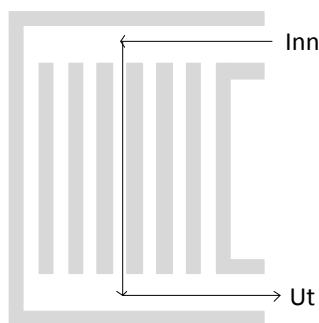
Nedkjølingen av varmemediet i radiatoren i dette tilfellet vises i Figur 11-2.

Nedkjølingskonstanten vil selvfølgelig variere avhengig av utforming på radiatoren, og det mest nøyaktige vil være å måle hvor lang tid varmemediet faktisk bruker på å bli nedkjølt i den aktuelle radiatoren.



Figur 11-2: Nedkjøling av varmemediet i radiatoren ved en omgivelsestemperatur på 20 °C og en nedkjølingsfaktor på 0,00033.

Hastigheten på varmemediet i rørsystemet er avhengig av hvor langt varmemediet må reise gjennom radiatoren for å bli avkjølt, illustrert i Figur 11-3, og antall riller i radiatoren med tilsvarende dimensjon som innsuget på radiatoren.



Figur 11-3: Reiseveien for varmemediet i radiatoren.

Ved å ta utgangspunkt i at temperaturen på varmemediet i radiatoren bruker 7 minutter på å synke fra 60 °C til 55 °C ved en omgivelsestemperatur på 20 °C, at reiseveien for varmemediet gjennom radiatoren er 2 meter og at det er 25 riller i radiatoren med dimensjon tilsvarende

innsuget på radiatoren, så blir hastigheten på varmemediet i rørsystemet 0,119047 m/s ved å benytte formelen.

$$v = \frac{lengde}{tid} \cdot antall\ riller \text{ [m/s]} \quad (11-4)$$

Den optimerte sirkulasjonshastigheten av varmemediet i rørsystemet beregnes ut i fra disse formlene avhengig av hvilke egenskaper som vektlegges. Et problem som kan oppstå ved å ta for treg hastighet er at det tar lang tid å endre effekten på radiatorene, dette medfører at det blir vanskelig å få til god regulering av romtemperaturen.

11.2 Optimert sirkulert varmemediehastighet i hovednettet

Til å finne den optimerte sirkulerte hastigheten på varmemediet i hovednettet tas det utgangspunkt i volumstrømmen i hver av bygningsnettene. Volumstrøm kan beregnes ved bruk av formelen (11-2) når ønsket hastighet på varmemediet er bestemt. Når volumstrøm for hver av bygningsnettene er kjent, summeres disse for å finne den totale volumstrøm som hovednettet må dekke. Til å finne den optimerte sirkulerte varmemediehastigheten til hovednettet benyttes formel (11-2) igjen, med utgangspunkt i den totale volumstrømmen.

12 DISKUSJON OG VIDERE ARBEID

Nedenfor kommenteres noen punkter som kan gjøres for å forbedre resultatet av prosjektet, og noen punkter som ellers er verdt å merke seg.

1: Det første som må påpekes i dette prosjektet er at det blir benyttet en romtermostat og ikke et romtermometer. Bakgrunnen for dette er at Gether AS er avhengig av en trådløs enhet som dem skal flytte fra rom til rom på Mære landbruksskole. Etter å ha letet lenge, viste det seg vanskelig å finne et trådløst romtermometer med de riktige egenskapene. Dersom et termometer hadde blitt benyttet istedenfor en termostat, kunne pådraget til pumpene blitt styrt av f.eks. en PID-regulator. I tillegg kunne man fått en indikasjon i HMI-et av hvor stort avviket er mellom ønsket temperatur og faktisk temperatur, i rommet med termometeret. Et spørsmål som er verdt å påpeke ved bruk av termometer og PID-regulator er: “Hvor lik er karakteristikken til de forskjellige rommene”. Dersom karakteristikken er veldig forskjellig, si mye større varmetap i noen rom eller mye større varmeflater, så er spørsmålet om det holder å optimalisere PID-regulatoren en gang. Hvis en regulator må optimaliseres avhengig av hvilket rom termometret står i, så blir dette en dårligere løsning enn med termostat. Videre arbeid som kan utføres med tanke på dette er å simulere anlegget med flere rom med forskjellig karakteristikk, og se på hvordan styresystemet hadde virket da. Intuisjonen min sier imidlertid at forskjellen mellom rommene ikke er så stor at dette har noe å si. Dette er selvfølgelig bare interessant dersom man finner et trådløs romtermometer som kan benyttes.

2: Angående HMI-et som er laget så er det et noen ting som må påpekes. Det første er at informasjon i I/O-feltene og plotene, som indikerer pumpenes drift, blir hentet fra PLS-programmet og ikke fra pumpene. Problemet med dette er at HMI-et kan gi inntrykket av på at pumpene kjører, selv om de faktisk ikke gjør det. Dette kan skje ved feilmelding på pumpene eller når f.eks. sikringen til pumpene har løst ut. Det er i dag ingen mulighet for brukeren av HMI-et å faktisk vite om pumpene kjører, uten å fysisk sjekke pumpene. Dette problemet kan løses ved å koble pumpene sine SSM kontakter opp mot HMI-et. SSM kontaktene lukker dersom pumpene har gått i samme feilmodus 6 ganger i løpet av 24 timer [17]. Dette kan brukes til å indikere feil på pumpen i HMI-et. Til å kontrollere at pumpene har spenning, kan pumpenes EXT. fra og EXT. min kontakter benyttes. Disse sender ut en 24V DC spenning som kan kobles til PLS-en. Som videre arbeid med oppgaven burde disse kontaktene benyttes til å indikere pumpenes drift, i HMI-et.

Den andre tingen med HMI-et som må påpekes er at trendplotene er ganske begrensede. De kan ikke vise mer enn tag-verdiene i det gjeldende tidsrommet. Dette skyldes at det ble valgt å lage HMI-et til et Simatic Basic Panel 15”, som ligger i biblioteket som fulgte med i Simatic Step 7 Basic V11. Dersom det hadde blitt kjøpt inn programvaren til et mer avansert panel, eller HMI som kjøres på en PC, så kunne man fått trendplot med flere funksjoner. Funksjoner man kunne fått på trendplotet da er f.eks. pause, gå tilbake i tid eller zoom. Dette virker ikke på Simatic Basic Panel 15” siden denne enheten ikke har arkivering av verdier fra tags [22]. I tillegg er

Simatic Basic Panel 15” begrenset ved at det kun kan plottes totalt 30 tags, og at det kun kan ha 4 trendplot pr. skjermbilde. Dette forhindrer å lage et skjermbilde med oversikt over alle trendplotene, noe som kunne vært fordelaktig å ha. Videre arbeid bør være å lage HMI-et til en annen HMI-enhet enn Simatic Basic Panel 15”.

En tredje ting som gjelder for både HMI-et og web-HMI-et er at symbolet for termostaten i HMI-et består av teksten T.T 1, som står for temperatur transmitter. For termostaten skulle teksten T. 1 vært brukt.

3: Slik PLS-programmet er laget nå så øker pådraget til turpumpen i løpet av 5 tidsintervaller og kjører på 100 % i et vist tidsintervall, før det starter på nytt igjen. Dette gjelder bare når romtermostaten er aktiv. Av simuleringer gjort i forbindelse med kapittel 10.4 er det tydelig at dette ikke vil fungere optimalt i virkeligheten. Et annet, og kanskje bedre alternativ, er at turpumpen øker pådraget trinnvist til 100 %, og deretter kjører på 100 % helt til romtermostaten blir passiv. Dette kan oppnås i PLS-programmet ved å fjerne “ Help_reset_timer” fra nettverk 3 i “Pump2 actuation unscaled”. En annen ting som også kanskje kunne vært mer hensiktsmessig er at bruker angir, fra HMI-et, hvor lenge turpumpen skal kjøre på hvert av de 5 intervallene, istedenfor å angi den totale lengde av alle intervallene.

4: I HMI-et kan brukeren angi hva som er ønsket som minimumspådrag til turpumpen ved forskjellige utetemperaturer. En ting som man er nødt til å merke seg er at pumpene ikke greier å kjøre på lavere pådrag enn 20 %. Derfor er 20 % det laveste pådraget som det er noe hensikt i å angi i HMI-et.

5: Selv om det er lagt inn alarmer i HMI-et, så er det ikke lagt inn noen funksjonalitet i PLS-programmet dersom en alarm skulle oppstå. Til den fysiske modellen er det lite hensiktsmessig å legge inne sikkerhetskjøring eller nedstenging av anlegget dersom en alarm oppstår. Brukes PLS-programmet videre på Mære burde implementasjon av slike sikkerhetstiltak vurderes.

6: Den fysiske modellen har et par designfeil. Den første er at pumpene ikke greier å suge til varmemediet på lavtrykksiden. Dette blir et problem når pumpene mates fra vannkar. Dette kan løses ved å lage en hevert fra tilførselsvannkarene til pumpene. Som en konsekvens av at det blir laget hevert fra tilførselsvannkaret til pumpene, så må manifoldvannkaret plasseres høyere enn tilførselsvannkaret, slik at varmemediet ikke renner gjennom hele modellen. Det kunne vært fordelaktig å koble tilførselsslengene til pumpene til to vannkraner. Hvis dette skal gjøres må PT-elementene monteres på mateledningene til pumpene.

Den andre designfeilen er at PT-elementet i manifolden er montert for høyt opp. Dette ble gjort pga. manifoldens utforming. Dette medfører at PT-elementet ikke måler temperaturen på blandingsvarmemediet, men lufttemperaturen i manifolden hvis væsknivået er lavt, eller temperaturen på varmemediet i en blanding av mer væske enn bare varmemediet fra de to pumpene, hvis væsknivået i tanken er høyere.

7: Annet arbeid som burde gjøres videre med den fysiske modellen er at PT-elementene bør kalibreres slik at det bekreftes at disse oppgir riktig temperatur.

8: Web-HMI-et ble laget på en relativt enkel måte, hvor hensikten var å se hvilke muligheter som finnes, og hvordan dette gjøres. Med mer innsatts og kunnskap om HTML-kode kunne web-HMI-et vært laget på en mer grafisk tilfredsstillende måte, med f.eks. at prosessverdier vises på prosessbildet, istedenfor som tekst over bildet. For at web-HMI-et skal ha den samme funksjonaliteten som HMI-et i WinCC, så burde det også legges inn i vising av alarmer.

9: Til den matematiske modellen er det noen forenklinger som er gjort. Det første er at oppvarmingen av rommet kun modelleres som oppvarmingen av luften i rommet. I virkeligheten må både luften i rommet, bygningsmassen rundt rommet, og inventar i rommet varmes opp. Dette gjør at oppvarmingen i virkeligheten vil ta lengere tid enn på den matematiske modellen, i tillegg vil nedkjølingen ta lenger tid.

Når det gjelder varmetapet, som tar utgangspunkt i U-verdiene fra norske byggeforskrifter fra 1969, så er det ikke sikkert dette blir riktig for bygget på Mære. Bygningen kan ha andre egenskaper som gjør at disse verdiene burde være annerledes.

Tilført varme i rommet tar kun utgangspunkt i radiatoren i rommet. I virkeligheten vil mennesker, lys og annet elektrisk utstyr bidra med varm. Radiatorene er i tillegg modellert ved bruk av den spesifikke varmekapasiteten på varmemediet i radiatoren, slik at en radiator utgjør 2000 W når kun turpumpen kjøres og varmemediet i turtilførselen er 60 °C. En radiator vil ha andre varmoverføringsevner enn kun påvirket av varmemediet, da radiatoren i tillegg består av metall som skal varmes opp. Det virker uansett som bortkastet arbeid å modellere radiatoren på en svært nøyaktig måte, da tilført varme i rommet er avhengig av antall radiatorer i rommet og utformingen på disse. Dette gjør at man kan få hvilken som helst ønsket effekt i rommet. 2000 W på rommet som er 30 m² er derfor et passende forhold. Dette gir 66,6 W/m², et vanlig utgangspunkt for oppholdsrom er 60-80 W/m².

Effekten på radiatoren er igjen avhengig av temperaturen på varmemediet i tur og retursløyfen, som igjen bestemmes av utetemperaturen. Varmemediet i tur og retursløyfen er i modellen satt til antatt passende temperaturer. For at disse skal bli mer reelle bør varmekildene og tilførselssløyfene modelleres.

10: I følge oppgaveteksten skulle minimum og maksimum sirkulerte varmemedium-mengder blitt beregnet. Dette er ikke gjennomført i dette prosjektet, og må derfor utføres som videre arbeid.

Referanser

- [1] *Varmepumpe* (2013). Tilgjengelig fra: <http://no.wikipedia.org/wiki/Varmepumpe#Virkem.C3.A5te> (Hentet 05.03.2013)
- [2] *Varmekilder* (2010). Tilgjengelig fra: http://www.novap.no/Varmekilder_for_varmepumpe (Hentet 05.03.2013)
- [3] *Se grunn geoenergi* (2011). Tilgjengelig fra: <http://www.forskning.no/artikler/2011/desember/307422> (Hentet 05.03.2013)
- [4] *Geoenergi –Underlagsrapport Vägval energi* (2009). Tilgjengelig fra: http://www.iva.se/PageFiles/9145/V%C3%A4gval_geoenergi.pdf (Hentet 05.03.2013)
- [5] Kapittelet er hentet fra rapport utarbeidet til forprosjektet høst 2012.
- [6] *Pellets* (2013). Tilgjengelig fra: <http://no.wikipedia.org/wiki/Pellets> (Hentet 05.03.2013)
- [7] E. Kazanavicius, A. Mikuckas, I. Mikuckiene, J. Ceponis. *The heat balance model of residential house* (2006). Tilgjengelig fra: <http://itc.ktu.lt/itc354/Mikuck354.pdf> (Hentet 05.03.2013)
- [8] *Calculation to determine the time to heat air in a room* (2008). Tilgjengelig fra: <http://answers.yahoo.com/question/index?qid=20080626124531AAMa4dp> (Hentet 05.03.2013)
- [9] *Density of air* (2013). Tilgjengelig fra: http://en.wikipedia.org/wiki/Density_of_air (Hentet 05.03.2013)
- [10] *Heat capacity* (2013). Tilgjengelig fra: http://en.wikipedia.org/wiki/Heat_capacity (Hentet 05.03.2013)
- [11] *U-verdi* (2013). Tilgjengelig fra: <http://no.wikipedia.org/wiki/U-verdi> (Hentet 05.03.2013)
- [12] *Heat loss from buildings*. Tilgjengelig fra: http://www.engineeringtoolbox.com/heat-loss-buildings-d_113.html (Hentet 05.03.2013)
- [13] *Pipe fluid flow velocity*. Tilgjengelig fra: http://www.engineeringtoolbox.com/pipe-velocity-d_1096.html (Hentet 05.03.2013)
- [14] *Rio-Eco 65-90* (21010). Tilgjengelig fra: <http://www.wmteknikk.no/filer/Rio-Eco%2065-90E%201fas.pdf> (Hentet 05.03.2013)
- [15] *Simatic S7-1200*. Tilgjengelig fra: <http://www.nwe.siemens.com/norway/internet/no/produkter/automation/automatisering/Pages/SimaticS7-1200.aspx> (Hentet 05.03.2013)
- [16] *Simatic S7-1200*. Tilgjengelig fra: <http://www.automation.siemens.com/mcms/programmable-logic-controller/en/simatic-s7-controller/s7-1200/Pages/Default.aspx> (Hentet 05.03.2013)
- [17] *Rio-Eco/Z højeffektivitetspumpe, Monterings- og driftsvejledning*. Tilgjengelig fra: <http://www.wmteknikk.no/filer/Rio%20Eco%20Rio%20EcoZ.pdf> (Hentet 05.03.2013)
- [18] *Honeywell, Wireless digital room thermostat*. Tilgjengelig fra: <http://products.ecc.emea.honeywell.com/norway/pdf/en0h8580uk07r0309.pdf> (Hentet 05.03.2013)

- [19] Fahlén, P. *Capacity control of hydronic fan-coil units*. (2009). Chalmers University of Technology, Göteborg.
- [20] Haugen, J. *Formler og tabeller*. (2007). Bekkestua: NKI Forlag.
- [21] *Creating and using own web pages for S7-1200*. (2012). Tilgjengelig fra:
http://cache.automation.siemens.com/dnl/zA/zAxNDQ3AAAA_58862931_Tools/58862931_S7-1200_Webserver_DOKU_v10_en.pdf (Hentet 08.05.2013)
- [22] *Siemens Simatic WinCC Basic V11.0 SP2*. (2012). Tilgjengelig fra:
http://www.scribd.com/doc/117568025/8-SIEMENS-WinCC-basic-v11-SP2-MANUAL#outer_page_627 (Hentet 08.05.2013)
- [23] *Simatic Step 7 Basic V11*. Informasjon hentet fra hjelpfunksjonen i programvaren.
- [24] *Access S7-1200 over internet*. (2012). Tilgjengelig fra:
<https://www.automation.siemens.com/forum/guests/PostShow.aspx?PostID=421366&Language=en&PageIndex=3> (Hentet 08.05.2013)
- [25] Why is communication between the runtime simulation and the S7-1200 not possible if the PG/PC interface is not set correctly. (2011). Tilgjengelig fra:
<https://support.automation.siemens.com/WW/llisapi.dll?func=cslib.csinfo&objId=58974926&ehbId=38717202&query=S7-1200+simulation&load=treecontent&lang=en&siteid=cseus&aktprim=0&objaction=csview&extranet=standard&viewreg=WW> (Hentet 08.05.2013)
- [26] *Simatic S7-1200 Programmable controller*. (2012). Tilgjengelig fra:
<https://www.automation.siemens.com/mdm/default.aspx?DocVersionId=41524141835&Language=en-US&TopicId=40815596171> (Hentet 08.05.2013)
- [27] *Asus EA-N66 Universal repeater/AP/client*. Tilgjengelig fra:
<http://www.komplett.no/k/ki.aspx?sku=751411#extra> (Hentet 08.05.2013)
- [28] *Linksys E1200 11n Wireless Router*. Tilgjengelig fra:
<http://www.komplett.no/k/ki.aspx?sku=749038#extra> (Hentet 08.05.2013)

VEDLEGG

Vedlegg A: CD

Mappestruktur på CD:

