



## RAPPORT OPTIMAT-MTP-01, Rev.2

**FAKULTET FOR  
INGENIØRVITENSKAP**  
*Institutt for maskinteknikk og  
produksjon*  
**7491 Trondheim**

**Besøksadresse:**  
**Sverres gate 10**

Tittel

**Utbedring av 1. generasjons klimakammer**

Prosjektnr

**70441136**

Forfatter(e)

Svein-Thomas Simonsen Olsen  
Anna Olsen

Oppdragsgiver(e) eksternt

Dato  
levert

Antall  
del-  
rapporter

Totalt antall  
sider

14.08.2017

N/A

9

Veileder(e) internt

Anna Olsen

Rapporten er ÅPEN/~~LUKKET~~ (stryk ut det som  
ikke gjelder)

### Kort sammendrag

Klimakammeret som i dag er bygget for matteknologene (institutt for bioteknologi og matvitenskap) på Akrinn i forbindelse med satsingsprosjektet OPTiMAT skal brukes til å måle holdbarheten til sjømat under forskjellige belastninger. Temperatur blir også en variabel her, og det vil være ønskelig å holde den så stabilt som mulig. Testing av nåværende utstyr har derimot vist utilstrekkelig temperaturstabilitet i kammeret. Denne rapporten vil ta for seg mulige forbedringer til 1. generasjons kammeret med hovedfokus på temperaturstabilitet.

ISBN 978-82-7706-300-3

Stikkord fra prosjektet  
OPTiMAT  
Matvitenskap  
Klimakammer

## Innholdsfortegnelse

1 Tidligere arbeid utført, bacheloroppgavene .....	1
2 Utstyret i dag.....	1
3 Regulerings-teknikk.....	2
3.1 Regulerings-en av fryseren.....	3
3.2 Regulerings-en av klimakammeret .....	4
3.3 Annen type regulerings-en.....	4
4 Kravspesifikasjoner .....	5
5 Referansemåling .....	5
6 Hygienisk design .....	5
7 Forbedringer .....	6
7.1 Temperaturregulering .....	6
7.2 Nytt utstyr .....	6
7.3 Hygienisk design .....	6
8 Oversikt over forbedringer.....	7
9 Nyttige lenker .....	9

# Utbedring av 1. generasjons klimakammer

Klimakammeret som i dag er bygget for matteknologene (institutt for bioteknologi og matvitenskap) på Arkinn i forbindelse med satsingsprosjektet OPTiMAT skal brukes til å måle holdbarheten til sjømat under forskjellige belastninger. Temperatur blir også en variabel her, og det vil være ønskelig å holde den så stabilt som mulig. Testing av nåværende utstyr har derimot vist utilstrekkelig temperaturstabilitet i kammeret. Denne rapporten vil ta for seg mulige forbedringer til 1. generasjons kammeret med hovedfokus på temperaturstabilitet.

## 1 Tidligere arbeid utført, bacheloroppgavene

Til nå er det til sammen 6 studenter som har arbeidet mot dette klimakammeret gjennom bacheloroppgaver. De har følgende prosjektnummer:

1. IMAL-K-2017-014A
2. IMAL-K-2017-015
3. IMAL-K-2017-14-B

Alle oppgavene er åpne og er mulig å finne på biblioteket. Det er midlertidig kun en bacheloroppgave (nr 1) som hadde som emne å designe kammeret, de to andre handler om instrumentering og kravspesifikasjon til de senere generasjonene av kammeret.

## 2 Utstyret i dag

Per dags dato (09.08.2017) så er klimakammeret bygget rundt en normal fryser hvor en termostatstyrt reléboks skal regulere temperaturen innenfor det ønskede området ved å kutte strømmen ved en satt temperatur. Følgende utstyr er i bruk:

- liglo BD-100 fryseboks, energiklasse A+, årlig energiforbruk 166kWh.
- Ink Bird ITC-310T termostatstyrt rele
- Lufttett beholder (medisinboks)



Fig 1 Dagens utstyr.

Bacheloroppgave nr 1 har beskrevet hvordan temperaturstabiliteten ikke var den beste. Ved en «cut off» temperatur på 1°C og en «start up» temperatur på 1,3°C så ble det erfart at temperaturen fortsatt sank etter at releet slo ut, ned til -2°C i gjennomsnitt. Om fryseren ble varmere enn 1,3°C ved vanlig bruk ble ikke beskrevet. På basis av dette så har klimakammeret vært ansett som ubrukelig, det er dette som blir hovedfokuset i denne rapporten. Temperatursvingningene er vist i graf (Figur 1).

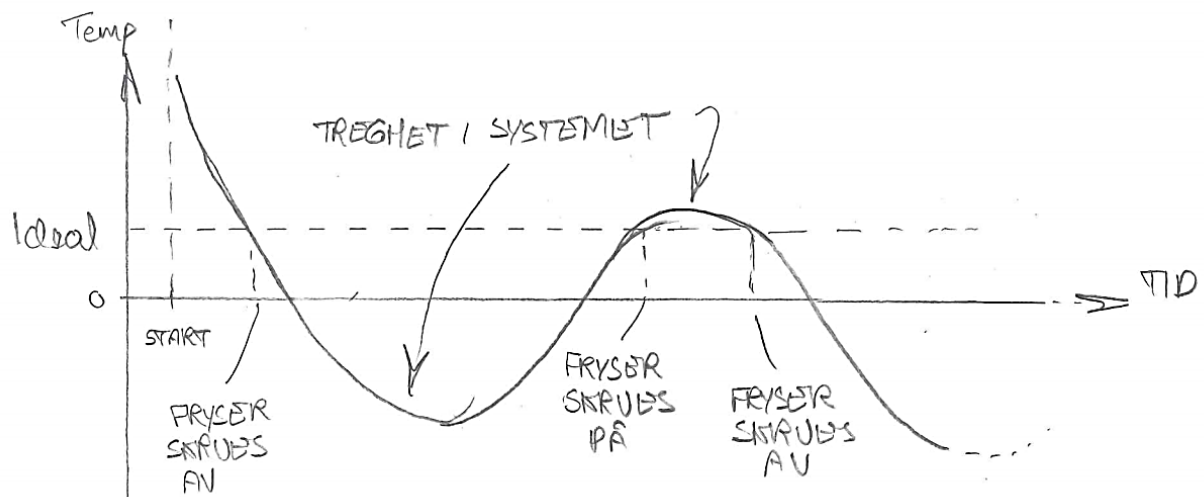


Fig 2 Karakteristisk oppførsel av dagens temperaturregulering.

Figur 2 viser AV/PÅ regulering med innlagt hysteresis som kan øke stabiliteten til systemet. Regulatoren som finnes i dag har ikke det så langt jeg kan se.

### 3 Reguleringssteknikk

Både fryserens originale regulering og det nye systemet med den temperaturstyrte releet baserer seg på samme prinsipp. De bruker såkalt AV/PÅ regulering, dette betyr at reguleringen består av at kjøleanlegget skrues på ved en satt temperatur og det finnes ingen mellom-nivåer på hvordan kjøleelementet kjører, den er enten av eller på.

Denne type regulering har en uunngåelig svakhet, spesielt med temperaturregulering som kan ha stor transportforsinkelse eller «temperaturtregghet». Den vil gi svingninger og ikke en konstant temperatur. Karakteristisk temperaturregulering er vist under (Fig 3).

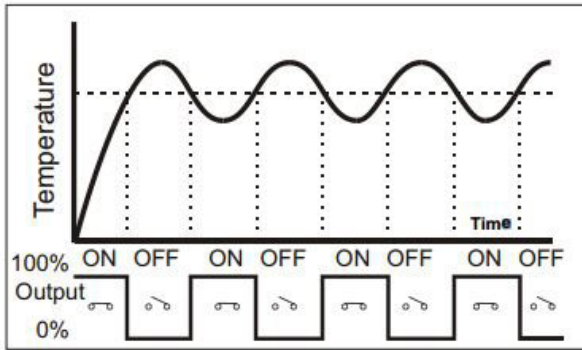


Fig 1: Basic ON / OFF control

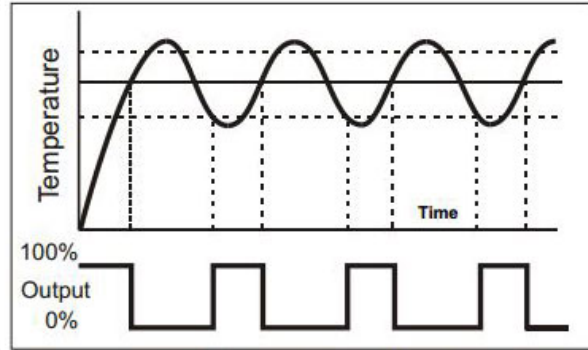


Fig 2: ON / OFF control with Deadband

Fig 3 Eksempel på svinginger som oppstår ved AV/PÅ regulering.

### 3.1 Reguleringen av fryseren

Fryseren har originalt en temperaturregulator som baserer seg på gassekspansjon ved temperaturendring. En belg som utvider seg i takt med gassekspansjonen aktuerer en bryter, og når en skrur på regulatoren så er det faktisk motstanden til belgen som blir forandret. Dette er den standard måten å regulere temperaturen på hos kommersielle fryserer. To typer av slike regulatorer er vist under (Fig 4).

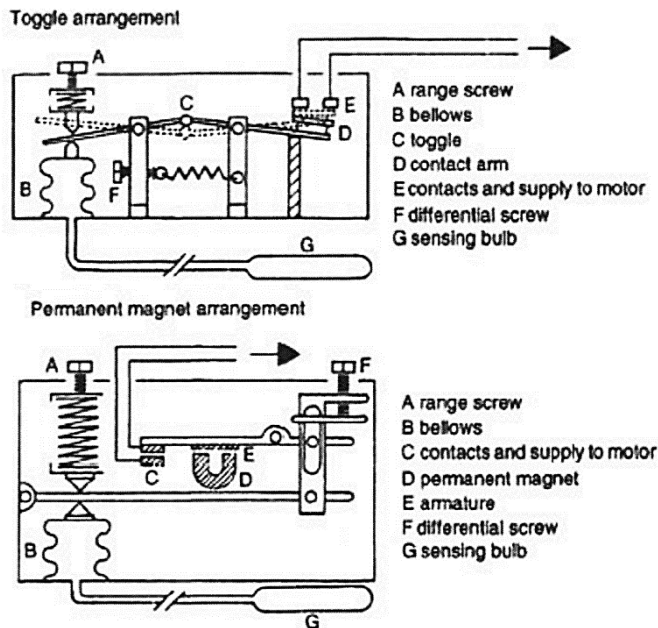


Fig 4 Skjematisk oversikt over regulatorer i fryserer, ledd-basert og magnet-basert. Eksempel på en slik regulator er også vist.

Denne reguleringen er ikke trinnvis, men enten av eller på som diskutert tidligere. Opplevd temperatursvingning i en normal fryser kan være rundt 1 – 2°C på hver side av sett-temperaturen.

Det er heller ikke mulig å stille denne type regulatorer til en nøyaktig temperatur, ofte er de satt med en tallskala som tilsvarer hvor sensitiv regulatoren blir. Denne tallskalaen er oftest ikke tilsvarende til en temperatur.

### 3.2 Regulering av klimakammeret

Prinsippet er det samme for den nye reguleringen, men denne er elektrisk og vil da trolig basere seg på en termistor i stedet for gassekspansjon. Fordelen med dette systemet ovenfor det som eksisterer på fryseren er at det er mulig å bestemme en kalibrert temperatur.

Kontrollen er fortsatt basert på et rele, som ikke er en trinnvis regulator heller. Altså får begge regulatormetoder samme karakteristikk. Skjematikk for et rele er vist under (Fig 5) og har mange likheter med den originale regulatoren til fryseren.

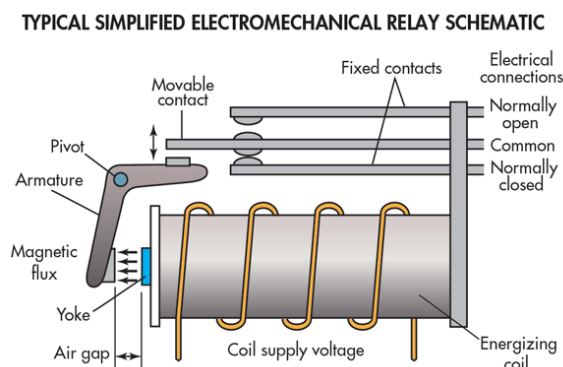


Fig 5 Skjematisk oversikt over elektromagnetisk relè.

### 3.3 Annen type regulering

Regulering som ikke baserer seg på AV/PÅ kan i hovedsak deles i fire hovedgrupper:

- P-regulering (proporsjonal)
- PI-regulering (proporsjonal og integrerende)
- PD-regulering (proporsjonal og deriverende)
- PID-regulering (proporsjonal, integrerende og deriverende)

Til klimakammeret så vil regulering uten integrerende funksjon ikke være ønsket da P og PD regulering har et proporsjonalavvik og vil ikke holde referanseverdien. PI eller PID reguleringer er da bedre da de klarer å gå tilbake til referanseverdien ved belastning. Denne typen regulering krever en kjøleenhet som kan levere et variabelt pådrag, og da vil ikke kjøleenheten som finnes i fryseren være egnet. Graf under (Fig 6) viser de karakteristiske reguleringene til de fire forskjellige hovedgruppene.

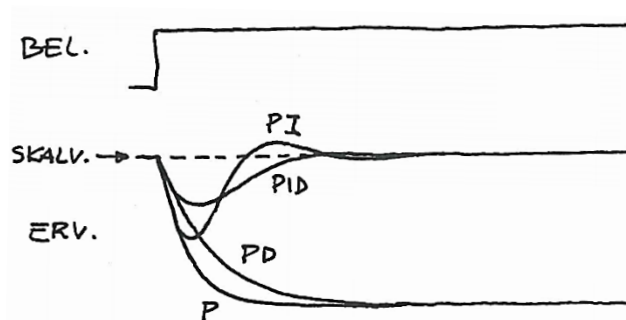


Fig 6 Karakteristisk regulering av P, PI, PD og PID regulatorer.

## 4 Kravspesifikasjoner

Her listes kravene til IBT (institutt for bioteknologi og matvitenskap), disse er hentet ut fra bacheloroppgave nr 3:

- Temperatur:  $-5^{\circ}\text{C}$  til  $25^{\circ}\text{C}$ , skal kunne loggføres med intervalltid 1s til 10 minutter.
- MAP: Kammeret skal ha mulighet til å suge ut luft og tilsette konserverende gass.
- Testing: Testing av fiskekjøttet skal være mulig, med NDT.

Dagens klimakammer, som er 1. generasjon, er basert på en fryser og vil da automatisk ikke klare å opprettholde det temperaturintervallet som var ønsket. MAP konserveringen bli opprettholdt i med to kuleventiler. Testing i denne generasjonen er sterkt begrenset, men en temperaturprobe er lagt inn.

## 5 Referansemåling

Klimakammeret som den står i dag har blitt erfart som for ustabil for bruk, men ingen målinger er tatt. Dessuten så vil trolig ikke en referansemåling gi noen ny informasjon, og det vil koste ekstra i nytt utstyr om en midlertidig termostat skal kjøpes.

## 6 Hygienisk design

Under testing av holdbarhet av mat så vil det være strenge krav til renslighet angående testutstyret. Forurensning av beholderen og måleutstyr kan korruptere data som blir funnet under testing. Derfor er det fornuftig å designe utstyret på en måte som tillater rensing eller vasking mellom testene. Dagens løsning bruker silikon til å holde på plass ventilene og temperaturmåleren, denne løsningen gir uregelmessig overflate i skjøtene som kan bli vanskelig å rense helt hvis ikke fugene er utført helt glatte. Styrkemessig er de også svake, og det vil være en risiko for at de ødelegges etter litt bruk. Selv om hygienisk design ikke er fokuset i denne rapporten så vil noen alternative løsninger likevel diskuteres senere.



## 7 Forbedringer

### 7.1 Temperaturregulering

Fryseren har en egen temperaturkontroll på seg, men dette er et analogt potensiometer og er lite egnet til å integreres i et reguleringsystem. Dog vil det være mulig å teste ut temperaturen ved de forskjellige innstillingene for så å markere de på tallskiven. Om dette skal være nøyaktig krever det at fryseren er plassert i like omgivelser hele tiden, da forandringer i rammebetingelsene vil korruptere den skalaen som ble laget. Tallene som blir påført er da såkalte «steady state» verdier, og kan kun settes etter at fryseren har vært aktiv en god stund. Dette kan gjøre det til en tidkrevende prosess å **kalibrere tallskiven**.



Det kan også nevnes at temperaturkontrolleren (Ink Bird ITC-310T) er laget for å ha en avkjølede og en **varmende del**, det finnes ingen varmende del i systemet i dag, og det har kunnet vært en enkel start. Å legge ned en liten vifteovn kan være et startpunkt. Dette kan også utvide temperaturområdet til kammeret til å tilfredsstillere kravspesifikasjonen.

**Tregheten til systemet** kan muligens reduseres om det blir lagt inn et medium som transporterer varme bedre enn luft (som mesteparten av fryseren består av). Det er også mulig å flytte temperaturproben (til reguleringsystemet) nærmere kjøleelementet, dette gir en mer responsiv tilbakemelding til reguleringen, men vil ikke representere temperaturen i klimakammeret nøyaktig. Om ikke annet så kan dette redusere pendlingen i temperaturen (Bjørvik, K. 2005), men med AV/PÅ regulering så vil en andel pendling være uunngåelig.

Hvis fryseren åpnes under bruk så blir det introdusert varm luft, ved å **sette inn en vifte** så vil temperaturen i fryseren raskere bli uniform.

### 7.2 Nytt utstyr

Det vil være aktuelt å diskutere om det å investere i et helt nytt utstyr kan være et alternativ. Det er avdekket at reguleringsystemet som eksisterer i dag, både i fryseren originalt og det nye temperaturstyrte releet, vil ha den karakteristiske pendlingen som er erfart. Å prøve å modifisere fryseren for å få bedre regulering vil vise seg å bli vanskelig da kompressoren som er i fryseren ikke har noen fartskontroll. Å montere en frekvensomformer er mulig, men det må tas i betraktning at kompressoren mest sannsynlig er en-faset vekselstrøm motor. Dette krever spesielle kontrollere, TRIAC kontrollere virker å være vanlige. Dette vil uansett kreve å forandre systemet i stor grad.

Det finnes fryserer med høy nøyaktighet, gjerne for medisinalagring, men disse har igjen noe begrenset temperaturområde.

### 7.3 Hygienisk design

Angående **hygienisk design** så vil det være bedre med et system som er mekanisk sterk, som gjør at utstyret tåler gjentatt bruk, at den tetter tilstrekkelig og at den er enkel å vaske/sterilisere. Derfor vil nok en midlertidig festeløsning (ikke permanent som silikon eller lim) være ønskelig. To forslag til hvordan dette kan utføres er vist under. De baserer seg på



at en mutter tetter mot innsiden (og utsiden) av boksen med O-ringer. Design av bedre innfestning av temperaturproben er ikke sett på her, men det samme grunn-designet kan overføres. Det kan også merkes at lokket til boksen er kledd med et isolerende stoff som også kan hindre enkel rensing.

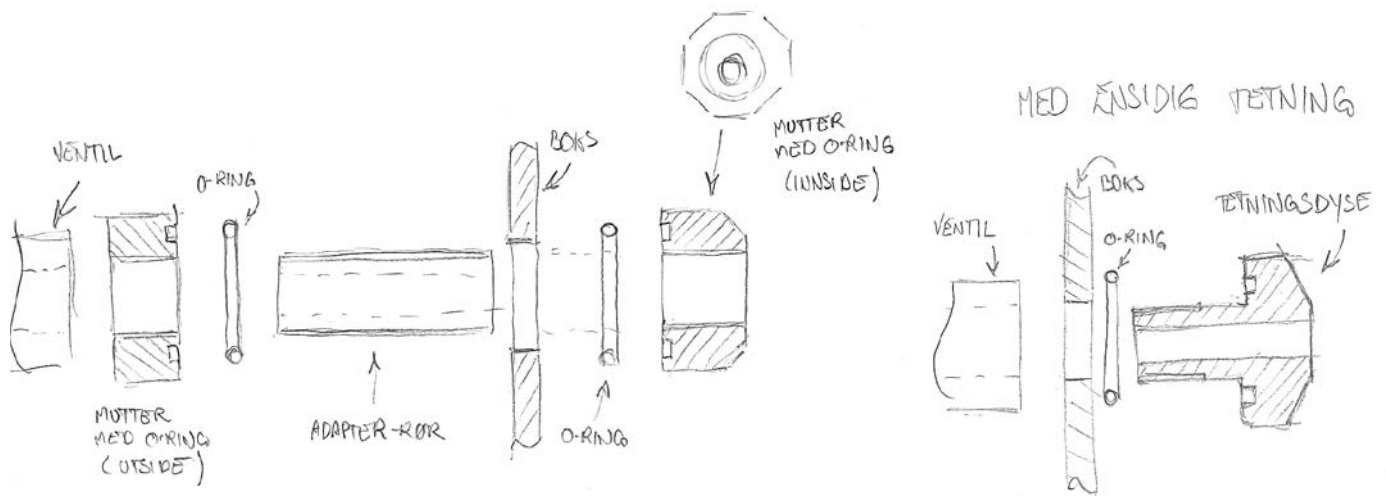


Fig 7 Forslag av utforming av ventilinnfestning i kammeret, med dobbel tetning (venstre) og enkel tetning (høyre).

## 8 Oversikt over forbedringer

Etter samtale med Anna Olsen så ble følgende prioriteringer satt for videre arbeid (10.08.2017):

1. Temperaturregulering
2. Hygienisk design
3. sensorutrustning

**Derfor vil denne rapporten kun fokusere på temperaturreguleringen fremover**, og det er forbedringer angående dette som blir oppsummert her. Tabell 1 vil vise forslagene med tilhørende informasjon.

Tiltak	Estimert pris	Utføresle	Fordeler	Ulemper
<b>PI / PID regulator (Annen regulering)</b>	1000-5000,-	Vil kreve omfattende arbeid, må bygge reguleringsløyfen selv.	Full kontroll over system. Smartkontroller kan også brukes til dette.	Krever en del arbeid/erfaring.
<b>Kalibrere tallskiven</b>	0,-	Enkel, men tidkrevende.	Enkel.	Vil ha samme ulemper siden den er AV/PÅ regulering.
<b>Sette inn varmende enhet</b>	300,-	Bruke nåværende kontroller, men installere et varmeelement.	Enkel.	Usikkert hvor mye dette vil forbedre stabiliteten.
<b>Kjøpe nytt</b>	<i>Ukjent</i>	<i>Ukjent</i>	Vil ha mulighet til å kjøpe et system med dokumentert nøyaktighet i temperatur.	Dyrt, må forkaste det gamle utstyret helt.

Tabell 1 Oversikt over tiltak.

## 9 Konklusjon

Det har blitt åpenbart at temperaturregulering som regel er gjort ved AV/PÅ regulering som vil ha svingninger i temperaturen. 1. generasjons klimakammeret er ikke noe annerledes og har slike svingninger til dags dato. Det store spørsmålet her er hvor nøyaktig eller stabil trenger temperaturen egentlig å være? Å ha en helt stabil temperaturregulering vil kreve å forandre dagens design drastisk eller å starte på ny, dette vil innebære en ny type reguleringsteknikk (gjørne PID regulering).

Klimakammeret skal jo etterligne hva fisken opplever under ekte håndtering, når de kjøles ned under transport, hvor stabil er egentlig temperaturen der? Vil det da være urealistisk å ha et klimakammer som har «perfekt» temperaturregulering? Svaret på disse spørsmålene vil ikke bli besvart her, men er viktig å ta i betraktning når en skal bestemme seg for forbedringer i de nye generasjonene av klimakammeret.

## 10 Nyttige lenker

<http://www.clasohlson.com/no/Temperatur--og-fuktlogger/36-4208-1#undefined> – templogger på minnepinne

[https://www.kjell.com/no/produkter/elektro-og-verktoy/verktoy/maleinstrumenter/termometere-og-hygrometere/hygrometere/datalogger-pro-p48714?qclid=Cj0KCQjw5arMBRDzARIsAAqmJewh\\_RgNxFUHR79Nv9Rj7oojG3QHbnUpHC5RkQkdKZ\\_pcyxG1qv7Fy0aAvvTEALw\\_wcB#ProductDetailedInformation](https://www.kjell.com/no/produkter/elektro-og-verktoy/verktoy/maleinstrumenter/termometere-og-hygrometere/hygrometere/datalogger-pro-p48714?qclid=Cj0KCQjw5arMBRDzARIsAAqmJewh_RgNxFUHR79Nv9Rj7oojG3QHbnUpHC5RkQkdKZ_pcyxG1qv7Fy0aAvvTEALw_wcB#ProductDetailedInformation) – Datalogger, dårligere nøyaktighet.

<http://www.omega.com/prodinfo/temperaturecontrollers.html> - PID controller

<http://www.danfoss.no/products-and-solutions/#/> - for frekvensomformere

<https://owre-johnsen.no/> - leverandør av automasjon

<http://www.eurotherm.com/pid-control-made-easy> - om PID temperatur kontrollere

<http://www.clasohlson.com/no/Adax-vifteovn,-VV13-T/36-6227> - Vifteovn

<http://drives.danfoss.no/products/vlt/low-voltage-drives/vlt-refrigeration-drive-fc-103/#/> - Frekvensomformer som det ble bedt prisanslag på.

<https://www.elfa.se/en/pid-controller-quantrol-110-240-vac-jumo-702034-0000-23/p/11087376?q=pid&page=1&origPos=1&origPageSize=25&simi=97.57> – Forslag PID kontrollere

<http://www.ebay.com/itm/INKBIRD-ITC-100VH-PID-Digital-Temperature-Controller-220V-PT100-SENSOR-heater-/322380555459?var=&hash=item4b0f60e4c3:m:mWo8iFIUhiSReKZePf2f6EA> – Forslag PID kontrollere

<https://www.youtube.com/watch?v=pp36Q5i08HE> – Digital potensiometer med Arduino (Genuino)

<http://www.ukwhitegoods.co.uk/help/fix-it-yourself/refrigeration-self-help/3658-fridge-and-freezer-thermostats> - om den originale temperaturreguleringen.

<http://www.ukwhitegoods.co.uk/help/spare-parts/2946-fridge-a-freezer-thermostats/> - mer om frysere

[https://www.youtube.com/watch?v=W\\_Ug0JtW3q8](https://www.youtube.com/watch?v=W_Ug0JtW3q8) – hastighetsstyring av kompressor