

Forord

Denne masteroppgaven er avslutningen på sivilingeniørstudiet i datateknikk ved NTNU under linjen for Data- og informasjonssystemer. Masteroppgaven er utført av Kristoffer Klemm, 5 års student ved Fakultet for informasjonsteknologi, matematikk og elektroteknikk, NTNU.

Oppgaven er utført med IDI som oppdragsgiver og er formulert i samarbeid med veileder. Tittelen på oppgaven er: *"Overvåkning av miljøparametere i maskinrom."*

Målet for oppgaven er å sette i drift et overvåkningssystem for et maskinrom og teste ut en teknikk for å kunne undersøke koblingen mellom kjøleanlegget og forskjellige komponenter i rommet.

Jeg ønsker å takke alle som har hjulpet meg med oppgaven. Takk til Anders Christensen (NTNU) for en flott jobb som veileder. Takk til Alf Høiseth, Rolf H. Dahl, Knut Nielsen og Arne Dag Fidjestøl for hjelp til innkjøp og utlån av utstyr og lokaler.

Trondheim, 22. juni 2005

Kristoffer Klemm
klemm@stud.ntnu.no

Sammendrag

Denne oppgaven er utført i samarbeid med IDI. IDI ønsket å finne ut hvorvidt miljøovervåkning kunne ha en nytteverdi i deres største maskinrom K45. I tillegg var det ønske om å teste ut en mulig teknikk for å måle den termiske koblingen mellom kjøleanlegget og varmegenererende enheter i maskinrommet.

Målet for den første delen av oppgaven ble derfor å evaluere de systemene for miljøovervåkning som fantes og velge ut et system for installasjon, implementasjon og testing. Det ble funnet ti passende systemer som ble evaluert opp mot kravene fra IDI. To systemer, NetBotz 320 og SuperGoose, ble valgt ut for innkjøp. Problemer med leverandør gjorde at kun NetBotz 320 ble med videre i oppgaven.

Systemet ble først installert i maskinrom K19 for å kjøre en testperiode før det ble installert i K45. Installasjon og implementasjon gikk for øvrig uten større problemer. Konfigurering av filtre og varsling tok derimot noe lengre tid på grunn av at det måtte skreddersys for akkurat det maskinrommet. Etter å ha kjørte stabilt og uten generering av falske varslinger ble NetBotz 320 flyttet til K45. Her måtte filtrene justeres på grunn av endrede miljøparametere samt at noen filtre ble byttet ut.

NetBotz 320 har fungert tilfredsstillende i løpet av hele testperioden, men det er en svakhet ved lagring av statistisk informasjon. Varslinger og sensordata lagres kun i tolv timer før det overskrives. Systemet har imidlertid påvist nytteverdi da det varslet korrekt ved alt for høy temperatur i K45. I tillegg får man mer informasjon om en situasjon ved å kunne se tilbake på de siste sensordataene og varslingsmailene, enn om man kommer inn i maskinrommet og merker at noe er galt. Det kan i ettertid diskuteres hvorvidt et billigere system hadde gjort samme nytten for IDIs del.

I den andre delen ønsket man å konstruere et testmiljø og kjøre målinger for å teste ut teknikken i praksis. Resultatene ville så legge grunnlaget for en diskusjon og konklusjon. Det ble laget et enkelt testmiljø, som ikke viste seg å fungere på grunn av dårlig luftsirkulasjon. Et nytt testmiljø ble konstruert, nå med økt volum og interne vifter for luftsirkulasjon inni kassen. Nye målinger ble så utført, men det ble oppdaget svakheter ved både prosedyren og utstyret som måtte forbedres underveis. Dette gjorde at de første resultatene ble ubrukelige for videre behandling.

Etter å ha funnet optimalt oppsett for både testutstyr og målemetode ble det til slutt utført femten målinger hvor fem og fem hadde ulik blokkeringsgrad. Resultatene fra disse målingene ble så behandlet i et program for ikke-linear kurvetilpasning og man fant et forhold mellom stigningstallet for miljø og CPU. For de femten siste målingene pekte dette mot at økt blokkeringsgrad ga økt forholdstall. Dette viste at teknikken fungerte for testmiljøet og videre arbeid vil være å teste ut om teknikken fungerer i et reelt maskinrom. Hvorvidt dette lar seg gjøre er avhengig av at utstyret i rommet tåler temperatursvingningene og at kjøleanlegget har tilstrekkelig kapasitet til å kunne senke temperaturen. En høyere grad av automatisering er også ønskelig for senere tester, det gjelder særlig lagring av data om temperatur og tid.

Innholdsliste

1 Innledning.....	1
1.1 Kort om IDI.....	1
1.2 Oppgaven	1
2 Bakgrunn	3
3 Sammenlikning av produkter	5
3.1 WallBotz 500.....	5
3.2 IMS4000 system.....	5
3.3 Falcon.....	6
3.4 APC Environmental Management System.....	6
3.5 Environmental Monitor EM1	7
3.6 ZonePod	7
3.7 InterSeptor.....	7
3.8 Server Environment Monitoring System.....	8
3.9 CameraProb8 og SensorProbe8.....	8
3.10 SuperGoose	8
4 Valg av system	13
5 Sensorteknikk	15
5.1 Temperatur	15
5.2 Fuktighet.....	15
5.3 Duggpunkt.....	15
5.4 Luftstrøm.....	15
5.5 Vannlekkasje	16
5.6 Brannvarsling	16
6 Implementasjon og installasjon av NetBotz 320.....	17
6.1 NetBotz 320.....	17
6.2 Det innkjøpte utstyret	18
6.3 Installasjonsprosessen	18
6.3.1 Del 1	18
6.3.2 Del 2	19
6.4 Kommentarer til installasjonen	20
6.5 Rutine for sjekk av varsling	22
6.5.1 Airflow	22
6.5.2 Audio.....	22
6.5.3 Camera Motion.....	22
6.5.4 Dew Point.....	23
6.5.5 Door Switch.....	23
6.5.6 Humidity.....	23
6.5.7 Temperature	23
7 Test av NetBotz 320	25
7.1 Filtertyper	26
7.2 Varsling	29
8 Evaluering av NetBotz 320	30
9 Teori og ide bak teknikk.....	32
10 Konstruksjon av testmiljø.....	34
10.1 Testutstyr.....	34
10.1.1 Maskinvare	34
10.1.2 Programvare	34
10.1.3 Termometre	34

10.2 Konstruksjon av testmiljø.....	35
10.3 Forbedring av testmiljø	36
11 Resultater.....	38
12 Diskusjon.....	43
12.1 Problemer	43
12.1.1 Luftsirkulasjonen.....	44
12.1.2 Temperaturmåling av CPU.....	44
12.1.3 Belastning av CPU	44
12.2 Målingene.....	44
12.3 Usikkerhet	47
12.3.1 Temperaturmåling	47
12.3.2 Belastning av CPU	47
12.3.3 Omgivelsestemperatur.....	47
12.3.4 Testmiljøet.....	48
12.3.5 Måledata	48
13 Konklusjon	49
13.1 Hva har blitt oppnådd?	49
13.2 Anbefaling av NetBotz 320.....	49
13.3 Hva kunne ha blitt gjort annerledes?.....	49
13.4 Videre arbeid	50
14 Referanseliste	52
15 Ordforklaringer.....	54
A Målinger	II
A.1 Grafer.....	II
A.2 Tabeller.....	XXII

Bildeliste

Bilde 1 - Hot isle and cold isle hentet fra [Int02].....	4
Bilde 2 - CFD bilde av et rom med hevet gulv hentet fra [Pow04]	4
Bilde 3 - NetBotz 320 i eske	18
Bilde 4 - NetBotz 320 aksessert via IE.	19
Bilde 5 - NetBotz Appliance Configuration Wizard.....	20
Bilde 6 - NetBotz 320 installert i K19.....	21
Bilde 7 - NetBotz 320 installert i K45.....	21
Bilde 8 - NetBotz konfigurering.....	25
Bilde 9 - Konfigurering av varslingsfiltre	27
Bilde 10 - Feilmelding temperatur	28
Bilde 11 - Konstruert graf	32
Bilde 12 - Forklaring til kurvetilpasning hentet fra [Fit05]	33
Bilde 13 - Testmiljø.....	35
Bilde 14 - Innsiden av testmiljøet	35
Bilde 15 – Forbedret testmiljø.....	36
Bilde 16 - Innsiden av forbedret testmiljø.....	37
Bilde 17 - Graf til måling 2	38
Bilde 18 - Graf til måling 10	39
Bilde 19 - Graf til måling 18	39
Bilde 20 - Graf til måling 27	40
Bilde 21 - Graf til måling 35	41
Bilde 22 - Clustringen til de femten siste målingene	42
Bilde 23 - Gjennomsnitt og standardavvik.....	42
Bilde 24 - Ingen blokkeringer	46
Bilde 25 - De forskjellige blokkeringene	46

Tabeller

Tabell 1 – Oversikt over systemer for miljøovervåkning	12
Tabell 2 - Filteroppsett K19	26
Tabell 3 - Forbedret filteroppsett for K19	27
Tabell 4 - Filteroppsett for K45.....	29

1 Innledning

Masteroppgaven er en del av det obligatoriske opplegget i 10. semester for sivilingeniørutdannelsen i Datateknikk ved NTNU. Belastningen er 30 studiepoeng. Oppgaven er knyttet til fordypningsemne TDT4750 Drift av datasystemer som hører under linjen for Data- og informasjonssystemer.

Oppgaveteksten er:

- A) *Utrede, spesifisere, implementere og idriftsette et overvåkningssystem for viktige miljøparametere på IDIs maskinrom K45.*
- B) *Beskrive, teste og evaluere en teknikk for å måle termisk kobling mellom kjøleanlegg og varmegenererende enheter på et maskinrom.*

1.1 Kort om IDI

K45 er i dag det største maskinrommet IDI har ansvaret for. Maskinparken består stort sett av forskjellige tjenere. Det er cirka 30 terminaltjenere, 10 MS Windowstjenere i tillegg til noen Suntutjenere. Tjenerne har ansvaret for blant annet backup, innlogging, web, mail og databaser. Totalt strømforbruk for maskinparken er anslått til 30 kW. Det eksisterer i dag ingen automatisk tjeneste for varsling ved unormale miljøparametere i K45.

I løpet av de siste årene har IDI hatt nedetid av betydning cirka en til to ganger i året. Sist gang var i forbindelse med en strømfeil. Selv om kravet til oppetid ikke er like strengt som i kommersielle systemer er det mange interne systemer og tjenester som både studenter og ansatte er avhengige av. Miljøovervåking er noe som IDI selv ikke har sett på tidligere. Det er heller ikke gjort noen målinger på hvorvidt komponentene i maskinrommet kjøles tilstrekkelig.

1.2 Oppgaven

Oppgaven er todelt med en praktisk og en teoretisk del:

1. Praktisk del med utvelgelse, implementasjon, test og drift av komplett overvåkningssystem.
2. Teoretisk del med basis i måling av koblingen mellom miljø og CPU.

Målet med dette var i den praktiske delen å få erfaring med ett eller flere systemer for miljøovervåking og se hvor vidt dette hadde noen nytteverdi for IDI. Gjennom den teoretiske delen ønsket man å teste ut en teknikk for hvordan man måler koblingen mellom komponentene i et maskinrom og kjøleanlegget. Om teknikken skulle vise seg å fungere, ville det lette arbeidet med å finne ut hvordan endringer i rommet påvirker komponentene. Ordet kobling brukes i denne oppgaven om forholdet mellom to temperaturer i endring. God kobling gjør at en rask endring i den ene temperaturen gir en tilsvarende rask endring i den andre temperaturen og motsatt.

Rapportens oppbygging bærer preg av den todelte oppgaven, men starter med felles bakgrunnsinformasjon. Så foretas det en undersøkelse av de forskjellige systemene for miljøovervåkning som finnes på markedet. Deretter presenteres de mest aktuelle systemene og to systemer velges ut. I tillegg er det et kapittel om sensorteknikk. Videre følger installasjon og implementasjon før testdelen. Resultatene fra testene oppsummeres så i en evaluering.

Del to av oppgaven innledes med den teorien som ligger til grunn for målingene. Så presenteres konstruksjonen av testmiljøet samt resultatene fra målingene. Resultatene blir deretter diskutert og analysert i et eget kapittel. Til slutt følger konklusjonen som oppsummerer de viktigste resultatene.

Det er forholdsvis nytt at miljøovervåkning også skjer i mindre maskinrom. Tidligere var dette stort sett forbeholdt store maskinrom med kritisk utstyr. Denne oppgaven vil derfor ha nytteverdi for de som eventuelt ønsker å anskaffe seg et slikt system. De må selvfølgelig vurdere sine egne behov opp mot systemene, men kan ut fra oppgaven danne seg et raskt overblikk over hva som finnes av utstyr og hvilke funksjoner det har. I tillegg kan den spesifikke testen gi en pekepinn på hvor nødvendig og nyttig et slikt system kan være.

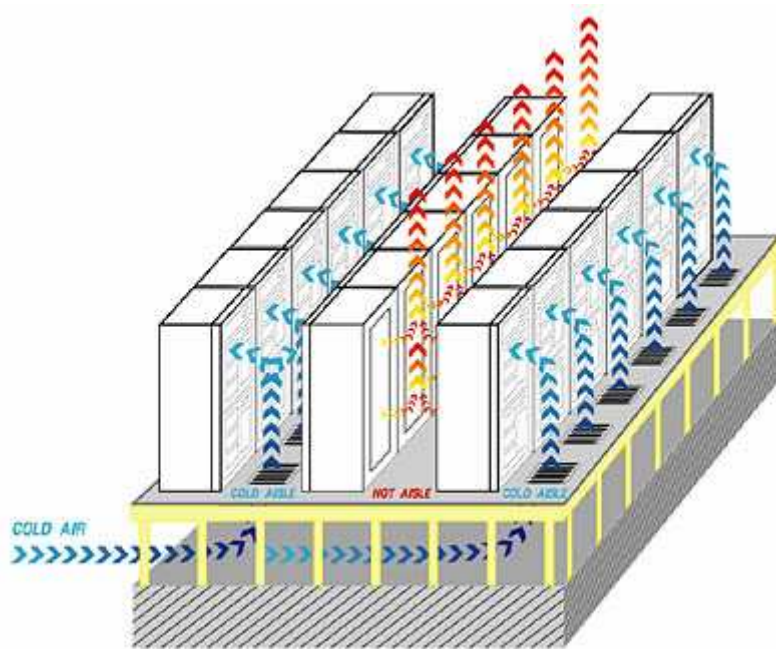
2 Bakgrunn

Flere og flere av dagens datasystemer krever så nærme 24/7 oppetid som mulig. Delvis sikkerhet kan oppnås ved redundans av deler eller hele systemet, men det er ikke nødvendigvis nok. Miljøovervåkning er derfor et nyttig supplement for å unngå unødvendig nedetid. Dette er forholdsvis nytt og har tidligere stort sett vært forbeholdt sikkerhetskritiske systemer. Rom med mindre kritiske systemer har ofte bare hatt varsling av brann og eventuell feil på kjølesystemet. Dette kan være tilfredsstillende helt til det skjer noe uventet, for eksempel en vannlekkasje om natten. Viktigheten av miljøovervåkning ble påpekt på en god måte av Jon Collins som sa: "Environmental sensors are not important at all until suddenly they become very important" [Har04]. Det understreker igjen tankegangen om at det ikke er behov for det før dagen det skjer noe.

En del av miljøovervåkningen skjer også med tanke på å bedre sikkerheten i maskinrommet. Som regel er det kun ønskelig med autorisert personell i maskinrom. Om innholdet på tjenerne i tillegg er konfidensielt eller på andre måter sensitivt vil det være nyttig å til enhver tid ha kontroll over hvem som befinner seg i rommet. Det finnes selvsagt skreddersydde overvåkningsløsninger for dette, men det kan være mer praktisk og økonomisk med kun ett system for overvåkning av miljøet i maskinrommet. NetBotz som er en av de større leverandørene av denne typen utstyr nevner at omtrent 80 prosent av utstyret deres brukes til å overvåke IT-infrastrukturer, mens den resterende delen brukes til andre typer overvåkning [Tec04]. Det viser at behovet og interessen for miljøovervåkning av maskinrom absolutt er til stede.

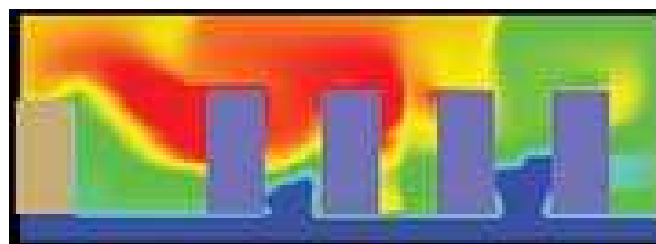
De største utfordringene som vil komme i forbindelse med maskinrom relaterer seg først og fremst til strøm og varme [Hot03]. Etter hvert som komponentene blir mindre og mindre men samtidig kraftigere og dermed avgir mer varme oppstår det problemer. Det blir mer varme på samme areal og det blir viktigere å dimensjonere kjølesystemet tilsvarende. Et problem her er hvordan man i ettertid får verifisert at endringene fungerer som tenkt. Flytter man for eksempel et rack til en mer strategisk plassering eller installerer nytt utstyr og temperaturen i rommet synker med 2 grader, er det ikke nødvendigvis sikkert at alle komponentene nå har fått bedre kjøling. Et eksempel kan være installasjon av et nytt rack. Hvor racket plasseres på en slik måte at en stor del av den kalde luften som sendes ut fra kjøleanlegget sirkulerer rett tilbake til kjøleanlegget. Kjøleanlegget vil på den måten registrere en lavere temperatur på luften som suges opp igjen.

Et annet tilfelle er hvor rackene plasseres på rad etter hverandre. Da vil rackene på første rekke trekke inn kald luft og sende ut den varme luften i bakkant. Neste rekke med rack vil så trekke inn denne oppvarmede luften, noe som er veldig ugunstig med tanke på kjøling. Akkurat dette problemet er allerede løst ved hjelp av en teknikk som kalles "hot isle and cold isle" [Hot03]. Det går i prinsippet ut på å plassere rackene på en slik måte at de varme baksidene plasseres mot hverandre og de kalde forsidenes plasseres mot hverandre. På den måten unngår man at rekken bak trekker inn varm luft fra rekken foran. For å få dette til å fungere bra er det også viktig å få fjernet den varme luften uten at den får blandet seg med den kalde luften på de "kalde øyene". Derfor stilles det store krav til god planlegging av kjølesystemet for at teknikken skal fungere optimalt.



Bilde 1 - Hot isle and cold isle hentet fra [Int02]

Det har også blitt eksperimentert med forskjellige konfigurasjoner av de perforerte gulvplatene, som brukes for å tilføre rackene kald luft og høyden på rommet under gulvet hvor den kalde luften blåses inn [Max04]. Som man kan se så eksisterer det mye informasjon som går på strømningsteknikk og luftsirkulasjon. Noe som er nyttig informasjon ved planlegging og konstruksjon av nye maskinrom samt optimalisering av kjølingen i eksisterende maskinrom. Imidlertid gir de ingen konkrete måter for hvordan man måler hvor bra en komponent i rommet kjøles. Det finnes muligheter for å simulere de termiske forholdene i et maskinrom ved bruk av CFD [Cfd05] eller man kan benytte seg av varmesøkende kameraer som vil avsløre varme punkter i rommet.



Bilde 2 - CFD bilde av et rom med hevet gulv hentet fra [Pow04]

Disse teknikkene er omfattende og kostbare og det er derfor ønskelig å finne en enklere og raskere teknikk for å få tak i den samme informasjonen. Her kommer den teoretiske delen av oppgaven inn i bildet hvor man ut i fra målinger av koblingen mellom for eksempel luften i maskinrommet og en CPU i et rack skal kunne si noe om hvor bra komponenten kjøles. Ved å ha slik informasjon kan man utføre endringer, for så i etterkant gjøre målinger og se hvordan dette påvirker koblingen til de forskjellige CPU'ene i rommet. Det er ønskelig med så god kobling som mulig da en endring av romtemperaturen vil gi en tilsvarende endring hos komponentene.

3 Sammenlikning av produkter

Det finnes en stor mengde med leverandører av produkter for generell miljøovervåking, men noen av disse er egentlig beregnet for meteorologiske målinger og egner seg derfor ikke spesielt bra i et maskinrom. I denne oppgaven var det ønskelig med løsninger spesielt rettet mot maskinrom og de aktuelle systemene ble valgt ut på bakgrunn av dette kriteriet. Systemene ble funnet ved å gjøre søk på www.google.com. Et kort sammendrag av enkelte av systemene lå også ute på internett [Env04]. De systemene som har blitt tatt med i vurderingen finnes under samt en tabell over spesifikasjoner og pris helt til slutt i kapittelet.

3.1 WallBotz 500

<http://www.netbotz.com/>

NetBotz er et selskap med senter i Austin Texas, de er en global leverandør av IP-baserte sikkerhetsløsninger. Blant kundene finner man blant annet US Military, NASA og FAA [Tec04]. Disse produktene egner seg også bra for generell miljøovervåking av maskinrom. Produktserien består av en rekke forskjellige enheter for montering i rack eller på vegg. Serien starter med den enkleste modellen 310C og går til toppmodellen 500. I tillegg finnes det en sentral enhet som kan lese ut data fra flere av de frittstående enhetene samtidig. Dette kan være nyttig når man ønsker å samle inn data fra flere forskjellige rom i en bygning på ett sted.

Toppmodellen WallBotz 500 inneholder en webtjener slik at den kan kjøres frittstående uten ytterligere utstyr. Påbygning kan skje via enkle sensorer eller moduler. Det finnes en modul for kamera og en som består av flere sensorer i samme modul. Modulene kan monteres rett på base-enheten eller opptil 104m unna. Støtte for trådløs kommunikasjon finnes også. Informasjonen om sensorene og eventuelle alarmer lagres kun i 24-timers intervaller med standardmodellen, men det finnes mulighet for å utvide med en lagringsmodul slik at opp til 6 måneder med data kan lagres.

WallBotz 500 har et avansert system for å bestemme når det skal utløses alarmer. Brukeren kan selv bygge avanserte filtre. For eksempel kan hver enkelt sensor ha flere terskelverdier og det finnes ferdige filtre for når alarmer skal slå inn, som stigningsgrad, at man er over maksimal verdi for lenge og har feilverdi for lenge. SSL kryptering er også inkludert som standard.

3.2 IMS4000 system

<http://sensaphone.com/>

SENSAPHONE designer og produserer en bred linje av fjern-monitoreringssystemer. Alt fra systemer for industri og jordbruk til hytte og hus. Det grunnleggende med alle disse systemene er at de ved alarmer ringer opp predefinerte telefonnumre og spiller av en forhåndslogret beskjed. For miljøovervåking av maskinrom er det IMS4000 som er mest aktuelt.

IMS4000 systemet kan settes sammen av en tjener og opptil 31 klientnoder. Tjeneren kan loggføre opptil 8 sensorer. Det er også bygget inn egen UPS, webtjener og voice-modem. Varslingen skjer via telefon, mail, personsøker, fax eller SNMP. Systemet kan i tillegg overvåke IP-enheter og kontrollere strømmen til utvalgt utstyr (forutsetter kjøp av PowerGate). Ved tilkobling av en klientnode vil man ha mulighet til å overvåke 8 nye sensorer og 64 nye IP-adresser.

3.3 Falcon

<http://www.rletech.com/>

RLE Technologies har spesialisert seg på systemer for vanndeteksjon og webbasert monitorering. Monitoreringssystemene heter henholdsvis Falcon og Falcon Lite, som det framgår av navnet er Falcon Lite en utgave med litt færre tilkoblinger og funksjoner enn hovedmodellen Falcon.

I likhet med de 2 foregående systemene har også Falcon en innebygd webtjener. Dette gjør at det hele fungerer uten ytterligere utstyr. Standardmodellen leveres med 8 universale innganger og 2 utganger for styring av releer. Ved bruk av releene kan Falcon styre andre systemer eller funksjoner. For eksempel kan det utføres en reboot uten at man må være til stedet i rommet for å slå av/på maskinen. Antall innganger og utganger kan økes ved kjøp av ekstra kort.

Om det er behov for å overvåke flere rom samtidig kan opptil 5 Falcon-enheter kobles sammen for å danne et komplett system. Dette forutsetter at en av enhetene konfigureres som "master". Utad vil systemet opptre som om man bare har 1 enhet, men med mange innganger og utganger. Falcon kan monteres både i rack og på veggen.

3.4 APC Environmental Management System

<http://www.apc.com/products/family/index.cfm?id=15>

APC EMS er et web-aksesserbart monitoreringssystem for miljøovervåkning. Enheten er beregnet for montering i rack og leveres i standardutgave med sensorer for temperatur, fuktighet og vibrasjoner. Ytterligere sensorer kan kobles til og overvåkes etter ønske. Det finnes 8 ekstra innganger og 2 utganger med releer. I likhet med Falcon kan man bruke disse releene til å styre ekstra utstyr med. APC EMS har i tillegg strømuttak som kan fjernstyres.

Varsling skjer primært via mail og alle triggede alarmer loggføres. Denne loggen kan til enhver tid aksesserer eller eksporteres for inspeksjon og analyse. Fjernstyring kan gjøres via Telnet. Sikkerheten ivaretas ved konfigurering av adgangskontroll til systemet. For eksempel kan alle ha mulighet til å lese ut data, men kun administratorer har lov til å endre på oppsettet.

3.5 Environmental Monitor EM1

<http://www.sensatronics.com/>

Sensatronics har spesialisert seg på miljømonitorering og har produkter for monitorering av temperatur, strøm og kombinasjoner av dette. EM1 består av en intern webtjener og innganger for monitorering av temperatur, fuktighet og vann. Maksimalt 4 sensorer kan kobles til og det finnes ikke mulighet for andre sensorer enn de som er nevnt over. Det eksisterer lite dokumentasjon på EM1, så resten av informasjonen finnes i tabellen lengre ned. Systemet ble kåret til "Editor's Pick" i [Env04], men det står ingenting om hva kriteriene for denne utmerkelsen var.

3.6 ZonePod

<http://www.jacarta.co.uk/>

Zonepod kan brukes alle steder hvor det finnes potensielle miljøtrusler, som vannlekkasje, strømfeil og sikkerhetsbrudd. Varsling skjer i likhet med IMS4000 via voice eller tekstmeldinger til telefoner. Det finnes mulighet for å koble til 6 forskjellige sensorer, og ZonePod har støtte for alt fra temperatursensorer til universale sensorer (brannalarm). ZonePod leveres med en 12V adapter og telefonledning slik at det bare er å koble til og bruke systemet rett fra esken.

Sensorene registreres automatisk og begynner å monitorere med en gang de plugges inn. Systemet har ikke støtte for aksessering via web og har derfor et LCD-panel for konfigurering og avlesning. Igjennom forskjellige menyer kan man lese ut status for sensorene og sette alarmverdier. Ved varsling kan ZonePod sende ut opptil 10 voice og/eller tekstmeldinger for hver alarm. Halvparten av sensorene kan ha spesifikk varsling, mens den andre halvdel har en gruppemelding. I tillegg til varslingen kan det automatisk utføres bestemte funksjoner når en alarm går av. Dette kan være for eksempel av/på-kontroll av en varmeovn eller nødventilasjon ved brann.

3.7 InterSeptor

<http://www.interseptor.com/>

InterSeptor er et mindre system for overvåkning av miljøet i maskinrom. Det følger med sensorer for temperatur og fuktighet, disse er bygget inn i en enhet som ikke må plasseres sammen med hovedenheten og det kan tilkobles 2 såkalte Go-Probe sensorer på denne enheten. Go-Probe sensorene omfatter for eksempel vanddeteksjon og brannvarsling. Varslingen er brukerkonfigurerbar og kan stilles inn som høy/lav, terskelverdi eller åpen/lukket. Mail brukes for varsling, men det er også støtte for voice og SMS. Det kan konfigureres hvem som skal få hvilke varslinger og daglig status kan også sendes via mail.

Statusvisning og logging skjer med Java Viewer. Loggintervallene er brukerkonfigurerbare og historisk informasjon kan eksporteres som for eksempel Excel filer. Sikkerheten til systemet ivaretas ved bruk av IP-filtrering og passordbeskyttelse.

3.8 Server Environment Monitoring System

<http://www.networktechinc.com/enviro-rems.html>

Enviromux har tilkoblinger for veldig mange forskjellige sensorer, blant de mer uvanlige er infrarød bevegelsessensor og adgangskontroll med kodekort. Dette er ekstraustyr som ikke følger med, systemet leveres forøvrig i standardutgave uten sensorer. Tilkoblingsmulighetene er mange da det er 16 innganger og 4 utganger. Varsling skjer med mail, det innebygde LED-panelet, summer eller SNMP.

Konfigurering kan gjøres via frontpanelet, serieporten, en webside eller Telnet. Opp til 99 brukere kan aksessere webgrensesnittet samtidig, det er også maksimalt antall brukere som kan registreres som brukere av systemet. Brukerne kan gis forskjellige privilegier alt etter som hva de har behov for å bruke systemet til. Hvis systemet integreres i det lokale nettverket finnes det støtte for SNMP, syslog og FTP til endring av systemkonfigurasjon og oppdatering av systemet.

3.9 CameraProb8 og SensorProbe8

<http://www.akcpinc.com/>

AKCP leverer produkter for miljø- og sikkerhetsovervåking og har en produktserie bestående av 6 forskjellige systemer. CameraProbe8 og SensorProbe8 har blitt valgt ut for nærmere undersøkelse. Disse to systemene er like, bortsett fra at CP8 har et CMOS kamera integrert. Begge systemene kan bruke AKCP sine intelligente sensorer, disse sensorene har innebygde mikroprosessorer og trenger ikke å kalibreres. Det er innganger for 8 sensorer.

Siden CP8 har integrert kamera kan det ved varsling legge ved bilde fra det aktuelle tidspunkt, i tillegg er det mulighet for opptil 10 brukere å streame sanntidsvideo. Kameraet er motorisert og har 2 frihetsgrader. Om man ønsker å se andre deler av rommet kan det fjernstyres.

Begge systemene er plattformuavhengige og har innebygde webtjenere. Varslingen skjer med mail, SMS og SNMP. Alle hendelser loggføres i systemloggen, men det er mulighet for å filtrere hendelsene for å kun lagre de som er kritisk for ditt bruk. Det finnes også støtte for å få loggen analysert av et 3-parts logganalyseringsprogram. Firmware kan oppdateres over Internett og integrasjon med NMS er mulig.

3.10 SuperGoose

<http://www.wxdux.com/index.shtml>

SuperGoose er etterfølgeren til WeatherGoose1. I forhold til forgjengeren har hele systemet gjennomgått en ganske stor forandring. Det har blitt lagt til flere funksjoner og design og tilkoblinger har blitt forandret. Blant det som har blitt forandret er støtte for kamera, fronttilkobling av sensorer og LCD-display det viktigste. SG kommer med 6 innebygde sensorer og 5 innganger for eksterne sensorer. Ved bruk av splitterer kan det maksimalt

tilkobles 16 eksterne sensorer. Status og varsling kan sjekkes lokalt på LCD-displayet eller sendes med mail eller SMNP.

I likhet med de fleste av de andre systemene inneholder også SG en innebygd webtjener, så det eneste man trenger for å sjekka status er en webleser. Administrering skjer via webleser eller Telnet. Om man ønsker å bruke flere SG'er i samme nettverk kan disse aksesseres som en enhet ved hjelp av konsollprogramvare. Oppdatering av firmware skjer med FTP, derfor er det ikke behov for å sende enheten tilbake til produsent om det skulle komme noen oppdateringer.

	WallBotz500	Falcon	EM1
Tilkobling			
Sensorer	17 Sensorpods, 4 Camerapods, maks 68 eksterne sensorer	8 standard, maks 24	4
Diverse	RJ-45, DB49	RJ-45, EIA-485, EIA-232	RJ-45
Lesing og lagring av info			
Status	Web	Web	Web
Protokoller	SSL, TCP/IP, HTTP, SMTP, SNMP, DHCP, DNS, Socks V4/V5, GSM/SMS/GPRS	SNMP, PPP, TCP/IP, HTML	TCP/IP, DHCP, SNMP
Deteksjon			
Kamera	Tilleggs	Tilleggs	Nei
Fuktighet	Ja, intern	Ja, intern	Tilleggs
Vannlekkasje	Ja, intern	Tilleggs	Tilleggs
Temperatur	Ja, intern	Ja, intern	Tilleggs
Lys	Nei	Nei	Nei
Strøm	Tilleggs	Tilleggs	Nei
Partikler	Tilleggs	Nei	Nei
Brann	Nei	Tilleggs	Nei
Lyd	Ja, intern	Nei	Nei
Dry-contact	Ja, intern	Tilleggs	Nei
Bevegelse	Ja, intern	Tilleggs	Nei
Luft-strøm	Ja, intern	Nei	Nei
Gass	Ikke spesifisert	Tilleggs	Nei
Releekontroll	Tilleggs	2 stk	Nei
Varsling			
E-mail	Ja	Ja	Ja
SMS	Ja	Ja	Nei
SNMP	Ja	Ja	Ja
Voice	Ikke spesifisert	Nei	Nei
Lyd	Nei	Nei	Nei
LCD	Nei	Nei	Nei
Kostnad			
Systemenhet	2900 USD	Lite1300 USD	570 USD
Tilleggsutstyr	250-600 USD	Ikke spesifisert	40-500 USD

	<i>InterSeptor</i>	<i>Enviromux</i>	<i>APC EMS</i>
Tilkobling			
Sensorer	4	16	8
Diverse	RJ-45, EIA-232	DB9 RS232, RJ-45	RJ-45
Lesing og lagring av info			
Status	Web	Web, LCD	Web
Protokoller	TCP/IP, DHCP, SNMP, BOOTP	Telnet, HTTP, SNMP, SMTP	Telnet, HTTP, SNMP, SSH
Deteksjon			
Kamera	Nei	Nei	Nei
Fuktighet	Ja	Tilleggs	Ja
Vannlekkasje	Tilleggs	Tilleggs	Tilleggs
Temperatur	Ja	Tilleggs	Ja
Lys	Nei	Nei	Nei
Strøm	Tilleggs	Nei	Nei
Partikler	Nei	Nei	Nei
Brann	Tilleggs	Nei	Tilleggs
Lyd	Nei	Nei	Nei
Dry-contact	Tilleggs	Tilleggs	Tilleggs
Bevegelse	Nei	Tilleggs	Ja
Luft-strøm	Nei	Nei	Nei
Gass	Nei	Nei	Nei
Releekontroll	Nei	4 stk	Ja
Varsling			
E-mail	Ja	Ja	Ja
SMS	Ja	Nei	Ja
SNMP	Ja	Ja	Ja
Voice	Ja	Nei	Nei
Lyd	Nei	Ja	Nei
LCD	Nei	Ja	Nei
Kostnad			
Systemenhet	350 Pund	1350 USD	899 Euro
Tilleggsutstyr	50-220 Pund	15-350 USD	99-300 Euro

	SensorProbe8	SuperGoose
Tilkobling		
Sensorer	8	16
Diverse	RJ-45	RJ-11
Lesing og lagring av info		
Status	Web	Web
Protokoller	SMS, HTTP, SNMP, SMTP	Telnet, HTTP, SNMP, SMTP, POP, FTP
Deteksjon		
Kamera	Ja, på CP8 eller tillegg	Tilleggs
Fuktighet	Tilleggs	Ja
Vannlekkasje	Tilleggs	Tilleggs
Temperatur	Tilleggs	Ja
Lys	Nei	Ja
Strøm	Tilleggs	Tilleggs
Partikler	Nei	Nei
Brann	Tilleggs	Nei
Lyd	Nei	Ja
Dry-contact	Tilleggs	Ja
Bevegelse	Ja, på CP8 eller tillegg	Tilleggs
Luft-strøm	Tilleggs	Ja
Gass	Nei	Nei
Releekontroll	Tilleggs	Nei
Varsling		
E-mail	Ja	Ja
SMS	Ja	Nei
SNMP	Ja	Ja
Voice	Nei	Nei
Lyd	Nei	Ja
LCD	Nei	Nei
Kostnad		
Systemenhet	650/1795 USD	499 USD
Tilleggsutstyr	35-250 USD	10-199 USD

	IMS4000	ZonePod
Tilkobling		
Sensorer	8, 64 til for hver node	6
Diverse	RJ-45, EIA-232	Ikke spesifisert
Lesing og lagring av info		
Status	Web, voice	LCD, voice
Protokoller	Ikke spesifisert	Ikke spesifisert
Deteksjon		
Kamera	Tilleggs	Nei
Fuktighet	Tilleggs	Tilleggs
Vannlekkasje	Tilleggs	Tilleggs
Temperatur	Tilleggs	Tilleggs
Lys	Nei	Nei
Strøm	Tilleggs	Tilleggs
Partikler	Nei	Nei
Brann	Tilleggs	Tilleggs
Lyd	Tilleggs	Nei
Dry-contact	Tilleggs	Tilleggs
Bevegelse	Nei	Nei
Luft-strøm	Nei	Nei
Gass	Nei	Nei
Releekontroll	Nei	Nei
Varsling		
E-mail	Ja	Nei
SMS	Ja	Ja
SNMP	Ja	Nei
Voice	Ja	Ja
Lyd	Nei	Ja
LCD	Nei	Ja
Kostnad		
Systemenhet	2000/800 USD	1007 EUR
Tilleggsutstyr	50-1300 USD	60-287 EUR

Tabell 1 – Oversikt over systemer for miljøovervåkning

4 Valg av system

Systemkravene var i utgangspunktet ikke satt som absolutte krav da miljøovervåking ikke var prekært for IDI, men heller ”kjekt å ha”. Allikevel ble det satt opp en liste med grunnleggende funksjoner som burde være med i det utvalgte systemet. Uten en slik liste hadde det vært vanskelig å velge ut et eller flere system framfor de andre.

- Browsbart på web med statistikk og historikk
- Lesbart elektronisk via RS232, USB eller SNMP
- Muligheter for å utvide systemet med sensorer
 - Kamera
 - Fuktighet
 - Temperatur
 - Vannlekkasje
 - Luftsirkulasjon
 - Brannvarsling
 - Dørkontakter
- Varsling ved eventuell feil på
 - Mail
 - SMS

Alle systemene er forholdsvis like med tanke på funksjonalitet, unntatt ZonePod som ikke har innebygd webtjener og kun varsler via voice og LCD-panelet i framkant av enheten. Dette begrenser funksjonaliteten såpass at det ikke var nødvendig å gjøre en ytterligere vurdering av ZonePod. Halvparten av systemene mangler også mulighet for tilkobling av kamera, men med montering av kamera følger det med restriksjoner og lover om personvern. Derfor blir krav om kamerafunksjonalitet utelatt i første omgang.

Mulighet for å detektere temperatur, fuktighet, vannlekkasje og luftsirkulasjon er grunnleggende krav for systemet. Dermed stod man igjen med 3 systemer, WallBotz500, SensorProbe8 og SuperGoose. Prismessig ligger WallBotz500 veldig mye høyere enn de to andre. For å få en bedre sammenlikning vurderte man den billigere NetBotz320 i stedet for WallBotz500. NetBotz320 kommer fra samme produsent og er en nedskalert modell med litt færre innganger for ekstrautstyr og ingen støtte for trådløst nettverk. Dette systemet havnet i på USA cirka 800 USD, men da følger det med integrerte sensorer, noe som også er tilfelle med SuperGoose. Siden SensorProbe8 mangler integrerte sensorer og ikke gir noen nevneverdige fordeler ovenfor de to andre systemene ble det valgt bort.

IDI har flere rom som det kunne være ønskelig å overvåke så det ble bestemt å kjøpe inn både NetBotz320 og SuperGoose for å kunne gjøre en sammenlikning av de to systemene. Skulle det for eksempel vise seg at NetBotz320 fungerer mye bedre enn SuperGoose, kunne det være aktuelt å kjøpe toppmodellen for å installere den permanent i det største maskinrommet. Da

kan man gjenbruke de to testmodellene og flytte de til lokasjoner som ikke trenger så omfattende overvåkning. I tillegg til systemenheten ble det kjøpt inn et sett med eksterne sensorer som skal duplisere de integrerte sensorene.

NetBotz 320 måtte kjøpes fra nærmeste forhandler i Danmark og kom innen en måneds tid fra bestillingsdatoen. Det viste seg å bli større problemer med å få tak i SuperGoose. Nærmeste forhandler befant seg igjen i Danmark, men det har vært umulig å få kontakt med de. Systemet er fortsatt under bestilling, men på grunn av tidsfristen for oppgaven vil det ikke være mulig å få testet det. Etter over 3 måneders ventetid er det lite trolig at systemet noen gang vil bli levert.

5 Sensorteknikk

På grunn av at systemene skal kunne brukes i sikkerhetskritiske installasjoner, er det interessant å se nærmere på hva slags sensorer som brukes og hvordan disse fungerer. Systemet er ikke bedre enn det svakeste ledd og om sensorene måler feil eller utløser mange falske alarmer fører det til problemer. Under er det derfor en gjennomgang av de vanligste sensorene og de teknikkene som finnes for å produsere en måling for den gitte sensoren.

5.1 Temperatur

Temperatursensorer kan deles inn i 2 hovedgrupper, de som er i direkte kontakt med det som måles og de som ikke er det [Tem05]. Sensorer som er i direkte kontakt måler sin egen temperatur og går ut i fra at det ikke er noen varmeflyt i mellom sensoren og måleobjektet. De er i termisk likevekt.

Sensorene om ikke er i direkte kontakt måler som oftest den infrarøde eller optiske strålingen. Utregningen av den anslåtte temperaturen blir da basert på den strålingen som det målte objektet avgir. Det kan være behov for korreksjon i utregningen alt etter hvilket materiale som det måles på. Begge teknikkene forutsetter at sensoren kalibreres på forhånd.

Fordelen med kontaktsensorene er at de er forholdsvis billige å produsere i forhold til de som baserer seg på stråling. Ulempen er at de krever direkte kontakt med gjenstanden som skal måles. Med for eksempel en IR-måler kan man "sikte" på en gjenstand fra avstand for å måle temperaturen, det kan være en fordel der hvor målemiljøet er for ekstremt til at en kontaktsensor kan brukes. I et maskinrom vil kontaktsensorer være tilstrekkelig i de aller fleste tilfeller.

5.2 Fuktighet

Utregning av fuktighet baserer seg på temperaturmålingene og duggpunktet.

5.3 Duggpunkt

Duggpunktet er det punktet hvor det er likevekt mellom gass- og væsketilstanden. Jo høyere temperatur det er, jo høyere blir duggpunktet. Dette punktet brukes ofte for å beregne fuktigheten da det tilsvarer 100% relativ fuktighet.

5.4 Luftstrøm

Luftstrøm kan måles på ganske mange forskjellige måter, som oftest er det volumet på luften som passerer som måles. Instrumentet som brukes kalles et anemometer [Air05]. Et veldig enkelt prinsipp for et slikt anemometer er å ha en klaffe som åpner mer og mer jo mer luft som passerer og man kan ut i fra vinkel og areal på klaffen beregne passert volum. En annen teknikk som benyttes mye i biler, er bruk av oppvarmede metalltråder og hvor man beregner man luftmassen ut i fra hvor mye metalltrådene kjøles ned.

Luftstrøm kan også kalkuleres ved å bruke en modifisert vifte. Hvis man vet hvor mye luft denne vifte flytter ved angitt turtall kan den brukes for å angi luftstrømmen. Denne løsningen

vil nok bare fungere der det er en forholdsvis kraftig strøm av luft, da luften må klare å få viftebladene til å snurre.

5.5 Vannlekkasje

Vannlekkasje detekteres som oftest ved bruk av vannets evne til å lede strøm. Man måler da motstanden i vannet for å detektere vannlekkasje. Dette fungerer så lenge vannet ikke er destillert, da blir motstanden for høy. Destillert vann kan detekteres ved å måle kapasitansen [Akc05]. Ingen av de to valgte leverandørene baserer seg på måling av kapasitans, men det er lite sannsynlig at vannet som finnes i eller rundt maskinrommet er så rent som destillert vann.

5.6 Brannvarsling

Det finnes 2 måter å detektere røyk på, fotoelektrisk og ved bruk av ionisering. Den fotoelektriske løsningen baserer seg på at røykpartiklene reflekterer en del av en konstant stråle som så treffer en sensor. I det andre alternativet brukes det et ioniseringskammer hvor det detekteres hvorvidt strømmen synker noe som er et tegn på røyk. Sistnevnte løsning er billig å lage og er derfor mest utbredt i vanlige røykvarslere [How05].

6 Implementasjon og installasjon av NetBotz 320

Dette kapittelet beskriver prosessen rundt installasjonen og implementasjonen av NetBotz 320. Siden det ikke var mulig å få tak i SuperGoose innen tidsfristen blir systemet utelatt fra videre vurdering i denne oppgaven.

I henhold til vurderingen i kapittel 4 ble det gått til innkjøp av NetBotz 320 fra Danmark. Det var ikke opprinnelig meningen å kjøpe systemet med kamera, men på grunn av lang leveringstid for modellen uten måtte man kjøpe kameramodellen.

6.1 NetBotz 320

Siden NetBotz 320 er en nedskalert versjon av NetBotz 500 er de viktigste spesifikasjonene gjengitt under. Fullstendig informasjon finnes på hjemmesiden til systemet [Neb05].

- NetBotz 320 har et integrert kamera og sensorer for temperatur, fuktighet, duggpunkt, luftstrøm, lyd og dørkontakt.
- Det er mulighet for å koble til 4 ekstra sensorer.
- Kameraet kan ta opp i farger med oppløsning 640 x 480, oppfriskningsrate 20 bps og 24-bits farger.
- Innebygd webtjener
- Varsling via E-mail, SNMP, Text Messaging, FTP, HTTP og Web Services
- 10/100 Mbps Ethernet interface
- SSL kryptering
- Opp til 12 timers logging av alarmer.
- Advanced View programvare for komplett kontroll av systemet.
- Skreddersøm av varslingsmønster.
- Periodiske rapporter via E-mail, FTP, and HTTP.

6.2 Det innkjøpte utstyret



Bilde 3 - NetBotz 320 i eske

I tillegg til standardutstyret ble det bestilt 3 ekstra temperatursensorer à 950 kr stykket. Total pris på alt sammen ferdig levert ved NTNU ble cirka 15300 kr. Prisen er en del høyere enn i for eksempel USA, men det skyldes de norske avgiftene og fraktkostninger. Alt i alt ble systemet levert til avtalt tid og ingenting manglet. Den danske forhandleren heter Clamon (<http://www.clamon.dk/>).

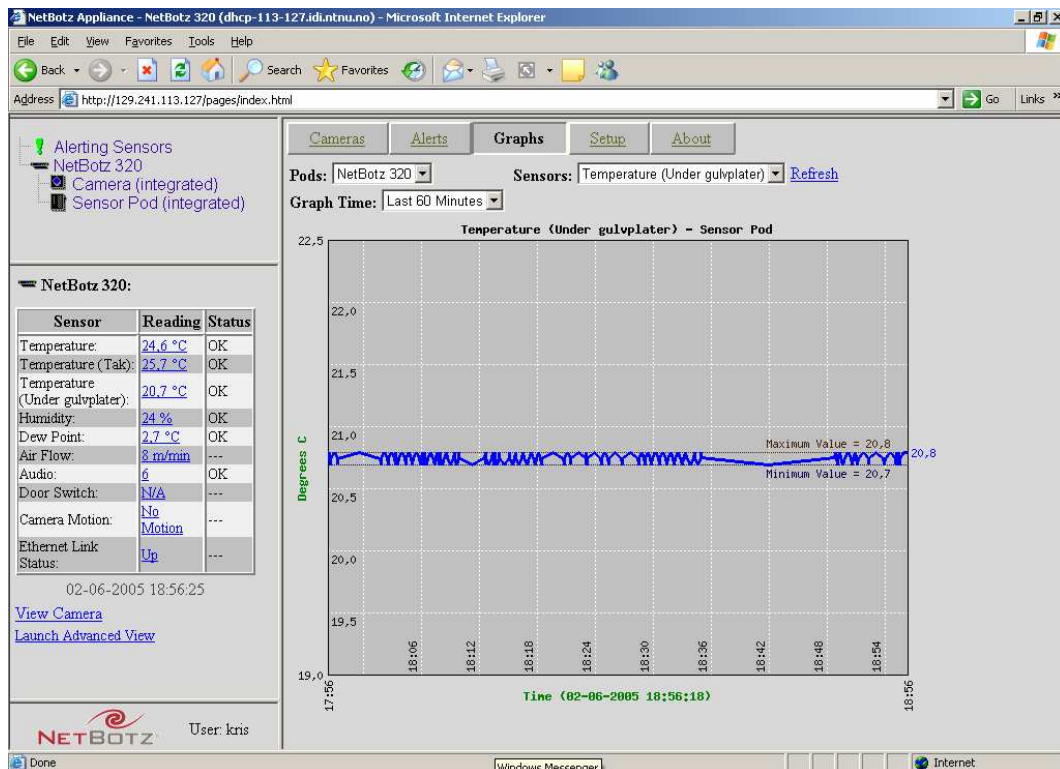
6.3 Installasjonsprosessen

Før man starter en installasjon lønner det seg å lese igjennom heftet "NetBotz 320 Quick Start". Der står det tips og råd rundt installasjonen som kan være til stor nytte. På den måten unngår man å komme i en situasjon hvor man må gjøre alt eller deler på nytt igjen. Det er også hensiktsmessig med tanke på utstyrets og installatørs sikkerhet. Under beskrives installasjonsprosessen som ble brukt i denne oppgaven.

6.3.1 Del 1

1. Pakk ut og sjekk at alle komponenter er uskadede og på plass.
2. Finn en passende plass i et ledig rack. Plasseringen er likegyldig for modellen uten kamera, men de med kamera må plasseres slik at linsen peker rett mot det som ønskes med i bildet. Det følger ikke med noen monteringsdetaljer så det må skaffes til veie.
3. Finn et ledig strømuttak og koble til strømforsyningen. Det vil nå lyse grønt under "Status" i framkant. Etter noen sekunder vil også lyset under "Camera" starte og blinke sakte.
4. Finn en ledig nettverkskontakt og kobl opp NetBotz 320 mot nettverket. Standard konfigurasjon fra fabrikk vil hente ut nettverksinnstillingene på egenhånd om det er mulig. Det vil også lyse grønt under "10/100" som indikerer at systemet er tilkoblet nettverket. Nettverkskabel er ikke inkludert med systemet.

5. Installer programvaren som kommer med systemet på en maskin med serieport. Det ble brukt en gammel bærbar under denne installasjonen.
6. Kobl så opp den medfølgende nullmodemkabelen mellom PC'en og NetBotz 320.
7. Bruk programmet "Serial Configuration Utility" til å hente ut korrekt IP-adresse eller for å manuelt sette opp nettverksinnstillingene.
8. Verifiser at du får kontakt med systemet ved å logge deg inn i en vilkårlig webleser med IP-adressen som ble hentet ut i steg 7. Om du får opp en enkel webside med informasjon om sensorene og verdier som ser fornuftige ut, er installasjonen så langt vellykket.



Bilde 4 - NetBotz 320 aksessert via IE.

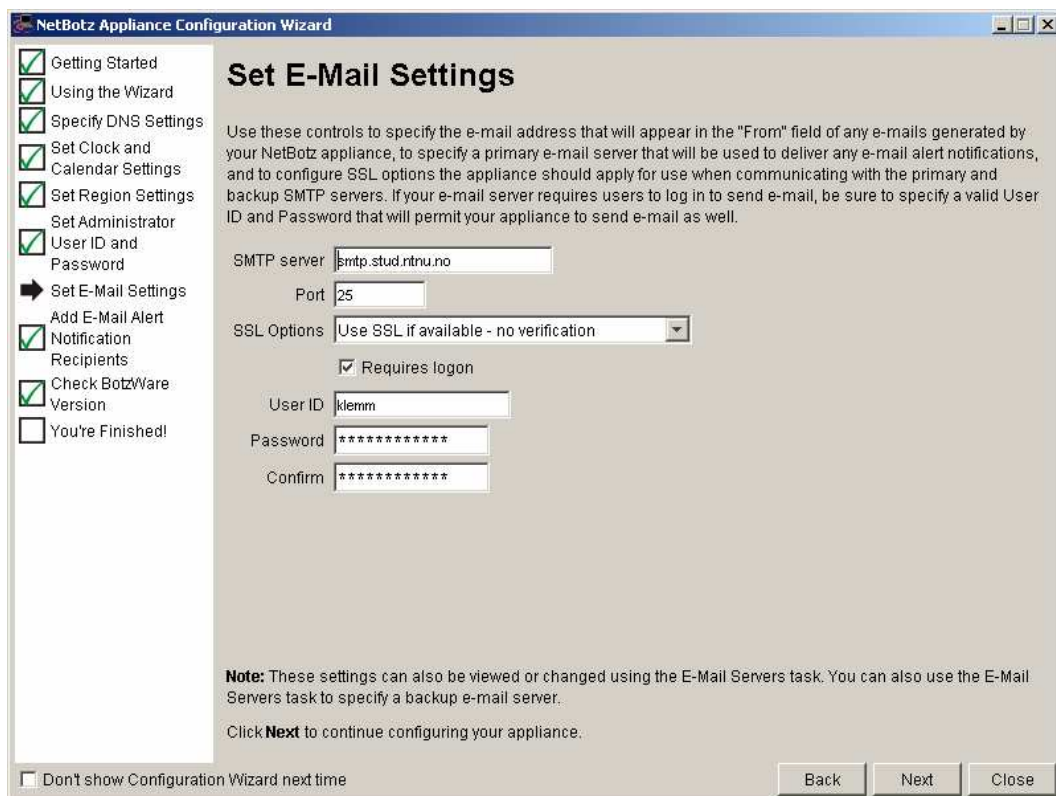
6.3.2 Del 2

Etter å ha fått systemet fysisk opp å kjøre var det behov for å konfigurere opp systemet utover nettverksinnstillingene. Det greieste da er egentlig å følge stegene i "NetBotz Appliance Configuration Wizard". Da får du satt opp og verifisert følgende:

1. Du kan endre nettverksinnstillingene nå om du ønsker det eller bare verifisere at de er rett.
2. Oppsett av klokke og kalender som stemmer overens med tidssonen.
3. Opprettelse av brukere og tilhørende passord.
4. Konfigurering og oppsett av mailtjeneste.
5. Oppsett av hvilke personer som skal varsles.
6. Sjekk for om det finnes nyere versjoner av programvare.

Nå vil systemet være klart for å kunne varsle om man konfigurerer og aktiverer filtre for de enkelte sensorene. Det kan være en ide å la systemet stå og kjøre en stund for å se at det

fungerer stabilt og leser korrekte verdier for sensorene. Sensorenes verdier kan overprøves ved å bruke eksterne instrument, for eksempel håndholdte instrument eller man kan lese av annet utstyr som står i umiddelbar nærhet.



Bilde 5 - NetBotz Appliance Configuration Wizard

6.4 Kommentarer til installasjonen

Førsteintrykket av systemet var bra. Det fulgte med en bra oppstartsmanual som var lettlest med gode forklaringer av de viktigste funksjonene og tilkoblingene. Imidlertid fulgte det ikke med noen komplett brukermanual, men denne finnes på nett. Alle tilkoblinger er logisk oppmerket og alle unntatt serietilkoblingen er plassert på baksiden. På framsiden er det dioder som viser status til systemet. Kameraet er også plassert på framsiden og har ingen fysiske justeringer for fokusering.

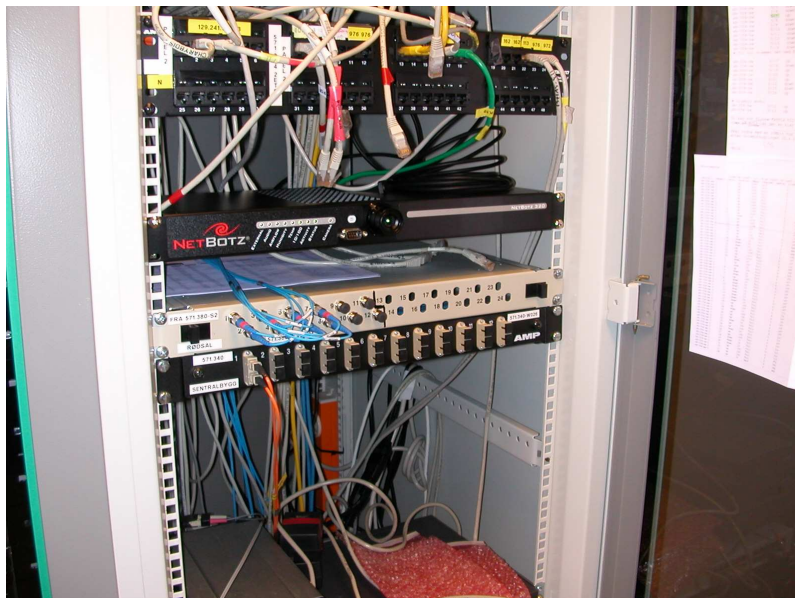
NetBotz 320 ble først montert i K19, som er et mindre maskinrom. Her ble det plassert i nedre region i et ledig rack. Monteringen i raket foregikk uten større problemer annet enn at festemateriell ikke medfulgte. Det eneste som var nødvendig for å få systemet opp å kjøre var tilkobling av strøm og nettverkskabel. Systemet konfigurerte seg så selv opp med riktige nettverksinnstillinger, men for å hente ut rett IP-adresse måtte man koble seg til serieporten i framkant og bruke medfølgende software (punkt 7 i kapittel 6.3.1).



Bilde 6 - NetBotz 320 installert i K19

Da dette var utført kunne man åpne hvilken som helst webleser og logge seg inn på systemet. Man kommer da til et standard grensesnitt med begrensede muligheter for konfigurasjon. For fullstendig kontroll over alle innstillinger på NetBotz 320 må man ha installert Advanced View programmet på maskinen man logger seg på med.

Samme prosedyre ble brukt for å installere systemet i K45. K45 er et større maskinrom på IDI og det var også der det var tiltenkt at systemet skulle bli endelig plassert. I tillegg til å installere NetBotz 320 ble det installert to ekstra temperatursensorer. En under det perforerte gulvet under raket og en i taket over raket. På grunn av at plasseringen i K19 medførte at bildene som ble tatt kun var av personenes knær og bukser, ble enheten plassert høyere opp i raket i K45. Nå var det mulig å overvåke døren inn til rommet og døren til kontrollrommet.



Bilde 7 - NetBotz 320 installert i K45

Per i dag kan NetBotz 320 nås på <http://129.241.113.127> og man logger seg inn som "gjest" med passord "gjest1". Man kan da få tilgang til all sensorinformasjon unntatt kameraet. Tilgangen er begrenset for å forhindre eventuelt misbruk av systemet.

6.5 Rutine for sjekk av varsling

Dette kapittelet beskriver rutiner for hvordan man kan sjekke at varslingen fungerer korrekt etter installasjon og konfigurering av systemet. De fleste av testene har fordel av å ha med seg en ekstra person. En bærbar PC koblet til internett og en webleser er også hendig, da man på stedet kan sjekke om det har kommet en varsling på mail og om den testede sensoren er rødmerket i programvaren.

Alle triggerverdier må settes en del over det som er normale verdier for å få en korrekt test. For eksempel holder det ikke å senke triggerverdien under det som er normalverdi for øyeblikket slik at systemet på den måten varsler om feil. Det gir ingen garanti for at systemet vil fungere i et feiltilfelle hvor for eksempel temperaturen stiger over det som er normalt.

6.5.1 Airflow

Korrekt funksjonalitet for sensoren for luftstrøm kan overprøves ved å blokkere fysisk for alle åpninger på NetBotz 320 siden sensoren sitter innvendig montert i enheten.

1. Konfigurer opp et filter med minimumsverdi for "Airflow" i Advanced View.
2. Blokker alle åpne hull på NetBotz-enheten.
3. Verifiser at luftstrømmen synker i Advanced View samt med eksternt måleutstyr og at det varsles i henhold til filteret.

6.5.2 Audio

Lydsensoren sjekkes enklest ved å endre støynivået i rommet.

1. Konfigurer opp et filter med minimumsverdi for "Audio" i Advanced View.
2. Få en person til å prate i nærheten av enheten eller på andre måter generer lyd. Om mulig kan det være nyttig å teste med røykvarsler/brannvarsler.
3. Verifiser at lydnivået øker i Advanced View samt med eksternt måleutstyr og at det varsles i henhold til filteret.

6.5.3 Camera Motion

Kameraet klarer ikke fange opp bevegelse så lenge det er mørkt i rommet, men kan enkelt testes når lyset er på. Det er derfor et krav at det må være lys i rommet for at kameraet og bevegelsesdeteksjonen skal fungere.

1. Aktiver bevegelsesdeteksjon for kameraet i Advanced View.
2. For en mest mulig realistisk test er det best om en person beveger seg foran kameraet. Om kameraet for eksempel er rettet mot en dør kan personen gå inn i rommet.

3. Verifiser at bevegelsen registreres i Advanced View og at det varsles og sendes med bilder fra da bevegelsen ble detektert.

6.5.4 Dew Point

Duggpunktet er det vanskelig å få testet direkte uten at det er skadelig for utstyr i maskinrommet. Men det kan testes indirekte ved å endre temperaturen i rommet siden punktet endrer seg i takt med temperaturen.

1. Konfigurer opp et filter for "Dew Point" i Advanced View.
2. Steng døren til racket enheten er montert i, slå av kjølesystemet eller på andre måter påvirk temperaturen i rommet.
3. Verifiser at duggpunktet endrer seg i Advanced View samt med eksternt måleutstyr og at varsel sendes i henhold til filteret.

6.5.5 Door Switch

Dørkontakten er bare en enkel sluttet krets som brytes om døren eventuelt skulle åpnes. Den kan derfor med noen enkle steg testes ut.

1. Aktiver deteksjon for "Door Switch" i Advanced View.
2. Åpne døren hvor sensoren er montert. La den eventuelt stå oppe i minst 2 minutter for å se at varslingen opprettholdes så lenge døren er åpen.
3. Verifiser at brudd på dørsensoren registreres i Advanced View og at det varsles i henhold til filteret.

6.5.6 Humidity

Siden fuktigheten baserer seg på temperatur og duggpunkt må en test utføres sammen med en endring av temperaturen.

1. Konfigurer opp et filter for "Humidity" i Advanced View. Her kan det være nyttig å definere et område med verdier som fuktigheten bør ligge innenfor. Dette fordi det tekniske utstyret i et maskinrom kan ta skade av både for lav og for høy fuktighet.
2. Steng døren til racket enheten er montert i, slå av kjølesystemet eller på andre måter påvirk temperaturen i rommet.
3. Verifiser at fuktigheten endrer seg i Advanced View samt med eksternt måleutstyr og at varsel sendes i henhold til filteret.

6.5.7 Temperature

Store temperatursvingninger er som regel ikke gunstig for elektronikken som er plassert maskinrom så det vil være fornuftig å gjøre mindre temperaturendringer i forhold til normal romtemperatur.

1. Konfigurer opp et filter for "Temperature" i Advanced View.

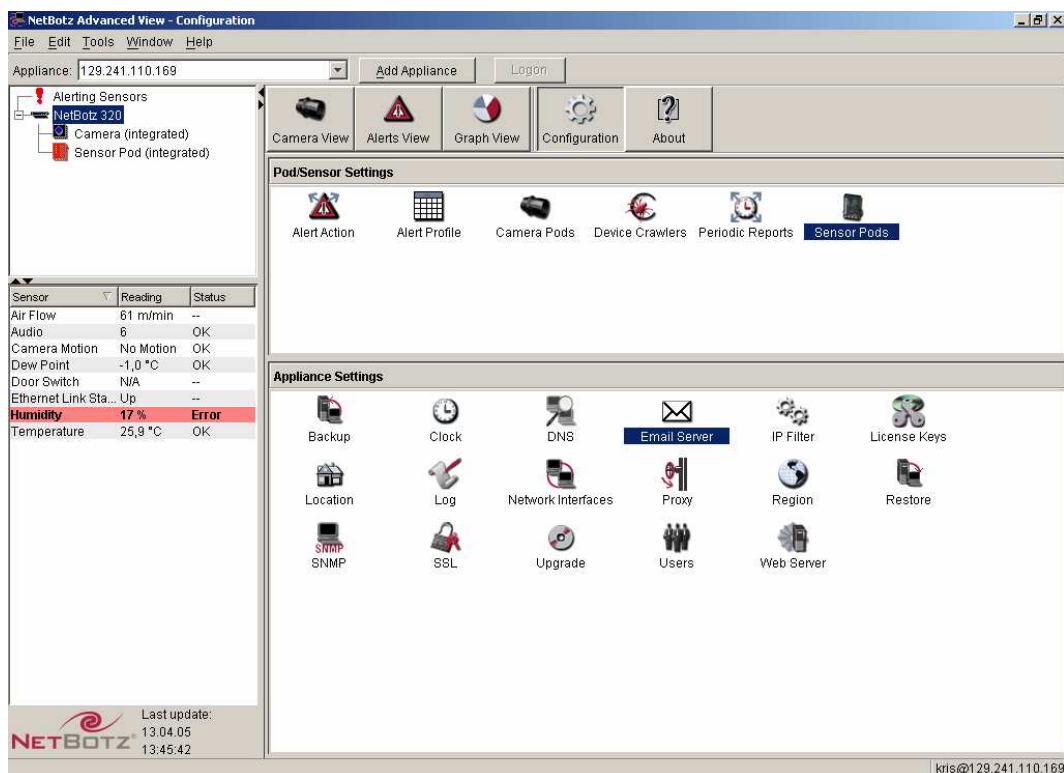
2. Steng døren til raket enheten er montert i, slå av kjølesystemet eller på andre måter påvirk temperaturen i rommet.
3. Verifiser at temperaturen endrer seg i Advanced View samt med eksternt måleutstyr og at varsel sendes i henhold til filteret.

Om alle sensorene trigger korrekt og systemet sender ut varslingsmail som stemmer overens med feilen, er varslingsdelen av systemet korrekt installert og konfigurert. De samme feilene skal også vises i sanntid om man logger seg inn på systemet med en webleser. I tillegg skal loggen for de 12 siste timer være oppdatert og med lik informasjon som man finner i de utsendte mailene.

7 Test av NetBotz 320

Den første delen av testingen kan man si ble utført under installasjonen og den viste seg å gå smertefritt. Systemet ble så overlatt til seg selv i en uke for å se hvor stabilt det var. Det ble gjort daglige kontroller fra forskjellige weblesere (IE, Opera og Mozilla) for å se at alt fungerte som det skulle. I løpet av denne tiden ble programmet Advanced View installert på arbeidsstasjonen. Med denne programvaren får man konfigurert opp systemet slik man vil. For eksempel kan man skreddersy hvordan varslingen skal eskaleres ettersom en feil blir værende over lengre tid.

Det første som ble utført var å legge til nye brukere og slette unødvendige brukere. Om man er kjent med standard MS Windows GUI eller liknende skal det ikke være noen problemer med å navigere i softwaren. Man kan også velge hva slags oppsett man vil ha på menyene. I dette tilfellet har man valgt MS Windows menyer. Ellers er all sensorinfo til enhver tid tilgjengelig på venstre side av skjermen. På bildet under kan man se at det har blitt utløst varsling for feil på luftfuktigheten og den er derfor markert med rødt. Dermed holder det å kun kaste et blikk på skjermen for å kontrollere at statusen er ok på alle sensorene. Navigering og konfigurering skjer stort sett med dobbeltklikking og utfylling av menyer.



Bilde 8 - NetBotz konfigurering

7.1 Filtertyper

Etter at den grunnleggende konfigureringen var unnagjort og systemet hadde fungerte stabilt en stund ble det laget noen enkle filtre for å fange opp feilstatus hos de enkelte sensorene.

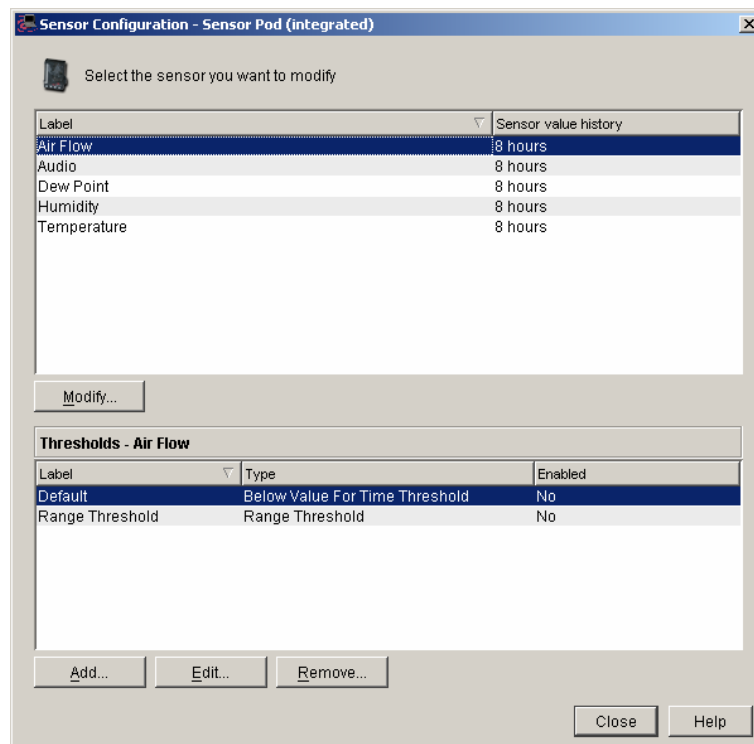
NetBotz 320 har et sett med filtre som kan skreddersys etter ønske. De filterne som kommer med enheten er:

- **Above Value for Time Threshold:** Dette filteret trigger om en sensor har ligget over en bestemt verdi for en bestemt tid.
- **Below Value for Time Threshold:** Dette filteret trigger om en sensor har ligget under en bestemt verdi for en bestemt tid.
- **Maximum Value Threshold:** Filteret vil trigge om en sensor går over en maksimumsverdi.
- **Minimum Value Threshold:** Filteret vil trigge om en sensor går under en minimumsverdi.
- **Range Threshold:** Sensorer som må holdes innenfor et visst område med verdier kan benytte seg av dette filteret. Her må sensoren til en hver tid ha en verdi som ligger mellom minimum og maksimum av det som er definert.
- **Rate of Decrease Threshold:** Dette filteret vil trigge om verdiene fra en sensor faller mer en tillatt over en viss periode med tid.
- **Rate of Increase Threshold:** Dette filteret vil trigge om verdiene fra en sensor øker mer en tillatt over en viss periode med tid.
- **State Mismatch for Time Threshold:** Filteret vil trigge om en sensor forblir i en ugyldig tilstand over et bestemt tidsrom.
- **State Mismatch Threshold:** Filteret vil trigge om sensoren går over i en ugyldig tilstand.

Sensorene ble satt opp med følgende filtre i K19 rett etter installasjon:

Sensor	Filter	Verdier
Airflow	Minimum Value Threshold	55 m/min
Audio	Maximum Value Threshold	7
Camera Motion	Motion Detection	På
Dew Point	Maximum Value Threshold	5 grader C
Door Switch	Ikke tilkoblet	
Humidity	Range Threshold	30 % til 50 %
Temperature	Maximum Value Threshold	26

Tabell 2 - Filteroppsett K19



Bilde 9 - Konfigurering av varslingsfiltre

Verdiene ble i første omgang satt opp med alt for små rom for normale variasjoner. Dette ledet til en del unødvendige varslinger på mail. Bevegelsesdeteksjon er det også best å ha slått av så lenge det vil være en del normal aktivitet på maskinrommet. Ellers vil det bli generert veldig mange meldinger og de viktige meldingene vil drukne i de uviktige. Normalt får man også en melding om at systemet har returnert fra feilstatus tilbake til normal status. Det kan være nyttig informasjon, men det gjør også at det for hver feil genereres 2 meldinger. Varsling ved overgang til normal status kan imidlertid deaktiveres ved ønske.

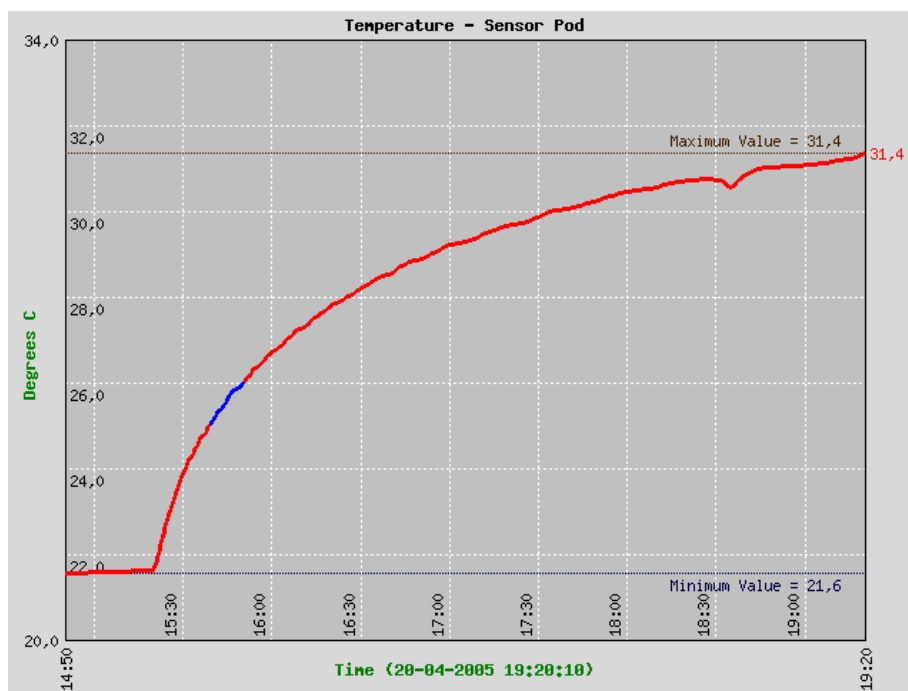
Den beste måten for å sette opp gode filtre for varsling, er å over tid observere sensorverdiene og ut fra dette lage et sett med normalverdier for hver enkelt sensor. Unntaket er fuktigheten som bør ligge mellom 40 % og 60% [The01]. Temperaturfilteret ble endret da man verken vil ha for høy eller for lav temperatur. Det samme ble gjort for duggpunktet. I tillegg ble de fleste maksimumsverdiene økt litt for å kompensere for normale variasjoner.

For K19 ble de endelige verdiene og filtrene:

Sensor	Filter	Verdier
Airflow	Minimum Value Threshold	50 m/min
Audio	Maximum Value Threshold	15
Camera Motion	Motion Detection	Av
Dew Point	Range Threshold	-2 til 18 grader C
Door Switch	Ikke tilkoblet	
Humidity	Range Threshold	30 % til 70 %
Temperature	Range Threshold	15 til 30 grader C

Tabell 3 - Forbedret filteroppsett for K19

Dette fungerte utmerket i flere måneder uten unødvendig varsling. Systemet har derimot bevist at det fungerer korrekt i feilsituasjoner. I løpet av testperioden var det planlagt en strømstans i bygget hvor K19 ligger. Dette skulle egentlig ha foregått uten at noen av systemene skulle bli berørt, men i forbindelse med justering av kjøleanlegget ble det gjort en feil slik at temperaturen i K19 økte drastisk den 20.04.2005. Grafen for temperaturutviklingen under er hentet ut fra en varslingsmail. Det ble også varslet for høy temperatur 22.04.2005 og 26.04.2005. Det kan ha vært problemer med å få justeringen av kjøleanlegget rett som har ført til at det ble varslet to ganger til etter den første gangen.



Bilde 10 - Feilmelding temperatur

I tillegg til grafen får man også informasjon om når feilen oppstod, hvor mange ganger det har blitt varslet og tidspunkt for siste varsling. Den samme infoen som blir sendt ut per mail lagres også internt i NetBotz 320 i opptil 12 timer. Informasjonen kan leses ut enten gjennom en webleser eller Advanced View programmet. Varsling kan også skje via SMS, men det krever en SMS-gateway for å fungere, noe som ikke var tilgjengelig i løpet av testperioden. I tillegg finnes det i dag vanligvis mulighet for å sende mail direkte til de fleste mobiltelefoner. Mailen som sendes ut ved varsling kan skreddersys ved å for eksempel velge bort grafer, for å få mailen ned i størrelse.

Installasjon av systemet i K45 innebar noen endringer i filteret og verdiene. På det stedet enheten er montert nå varierer luftstrømmen så mye at det ikke er mulig å ha et filter for det. Verdiene går fra 0 m/min til 30 m/min. Samtidig oppstod det problemer med varslingen for lydnivå, da det oftere er aktivitet i K45 enn i K19. Et nytt filter ble da konfigurert for å fange opp om lydnivået er over et visst nivå i lengre tid, for eksempel et innbrudd eller brannalarm. De to nye temperatursensorene ble satt opp med intervallverdier som tillater +/- 5 grader C av normal temperatur.

Sensor	Filter	Verdier
Airflow	Inget filter	
Audio	Above Value for time Threshold	Lydnivå 10 eller høyere i maks 30 sekunder
Camera Motion	Motion Detection	Av
Dew Point	Range Threshold	-2 til 18 grader C
Door Switch	Ikke tilkoblet	
Humidity	Range Threshold	30 % til 70 %
Temperature Netbotz 320	Range Threshold	15 til 30 grader C
Temperature tak	Range Threshold	15 til 30 grader C
Temperature gulv	Range Threshold	15 til 25 grader C

Tabell 4 - Filteroppsett for K45

7.2 Varsling

Varslingspolicyen kan skreddersys slik man ønsker det. Den ble ikke forandret i løpet av testen og man benyttet standardoppsettet (Default Alert Profile). IDI har ikke tidligere brukt et slikt system og har derfor ikke laget en policy som kunne brukes. En slik policy vil inneholde informasjon om hvem som skal ha varsel om hva og hvor ofte varslingen skal repeteres om feilen ikke utbedres. Den pre-konfigurerte varslingspolicyen har 4 varslingssekvenser som er aktive 24/7 og er bygget opp på følgende måte [Nbm05].

- **Varslingsnivå 1:** Varsler umiddelbart etter en feilstatus oppstår og repeteres 2 ganger med 5 minutters intervaller. Sender varsel via primær mailadresse, HTTP Post, FTP Data Delivery.
- **Varslingsnivå 2:** Varsler når det har gått 20 minutter etter en feilstatus oppstår og repeteres 1 gang etter 10 minutter. Sender varsel via sekundær mailadresse, HTTP Post, FTP Data Delivery.
- **Varslingsnivå 3:** Varsler når det har gått 90 minutter etter en feilstatus oppstår og repeteres 2 ganger med 60 minutters intervaller. Sender varsel via primær og sekundær mailadresse, HTTP Post, FTP Data Delivery.
- **Kontinuerlig varsling:** Varsler umiddelbart etter en feilstatus oppstår og repeteres med 1 minutt intervall helt til feilen utbedres. Sender varsel via SNMP Trap.

8 Evaluering av NetBotz 320

Systemet ble valgt ut med bakgrunn i de kriteriene som er listet i kapittel 4, og skulle i utgangspunktet sammenliknes med et annet system i tillegg til en individuell vurdering. På grunn av at det ene systemet aldri ble levert vil det bare være en evaluering av NetBotz 320.

Etter å ha installert og driftet NetBotz 320 i noen måneder har det blitt gjort noen verdifulle erfaringer rundt systemet. Disse vil presenteres og diskuteres nærmere under.

Databehandling

En av de største svakhetene med NetBotz 320 er at loggføringen av både varsling og sensorinformasjon kun lagres i 12 timer. Dette er for lite selv om det ved varsling lagres info der og da i en mail, og man på den måten kan hente det ut i ettertid. Man har for et maskinrom stor nytteverdi av statistiske data, som kan brukes til å lage for eksempel trendanalyser.

Fleksibilitet

Fleksibiliteten til systemet er veldig god og i løpet av oppgaven har det aldri vært behov for å benytte alle de tilgjengelige funksjonene. Men på den andre side kan det være lett å rote seg bort i alle innstillingene og konfigurasjonsmulighetene om man kun har krav om enkel overvåkning. Dette er det tatt høyde for ved å inkludere submenyer for avansert innstillinger der disse finnes. På den måten slipper man å konfigurere disse innstillingene om man ikke har behov for det.

Stabilitet

NetBotz 320 har aldri vært ustabil eller hatt behov for utilsiktet restart. Den eneste gangen hvor systemet måtte restartes var da den interne programvaren ble oppdatert. Varslingen har blitt sjekket i henhold til rutinene i kapittel 6.5, og det har vært korrekt varsling i følge sensorverdiene til systemet og de filtrene som har blitt laget.

Brukervennlighet

Brukervennligheten er meget god for en som er vant med IT-systemer og tilhørende programvare. Den medfølgende programvaren er som tidligere nevnt basert på MS Windows-liknende ikoner og dialogbokser med menyer. Med denne typen GUI er det enkelt å sette seg inn i de forskjellige funksjonene, navigere og gjøre endringer. I tillegg er den fysiske installasjonen såpass enkel at enhver med litt teknisk innsikt vil kunne utføre den.

Pris

Prismessig lå NetBotz 320 midt på treet i forhold til de andre systemene som ble vurdert. Den norske prisen ble noe høyere enn den amerikanske samt at det ble bestilt opp 3 ekstra tempsensorer. Kameraet førte også til et prishopp i forhold til standardmodellen. Med tanke på alle de innebygde sensorene og den totale kvalitetsfølelsen man får fra systemet er nok prisen passende. Imidlertid er det litt vanskelig å vurdere dette uten å ha et annet system man direkte kan sammenlikne med. Man får også inkludert oppgraderinger av programvaren og tilgang til en database med blant annet brukermanualer, FAQ og feilsøkingstips. Totalt sett

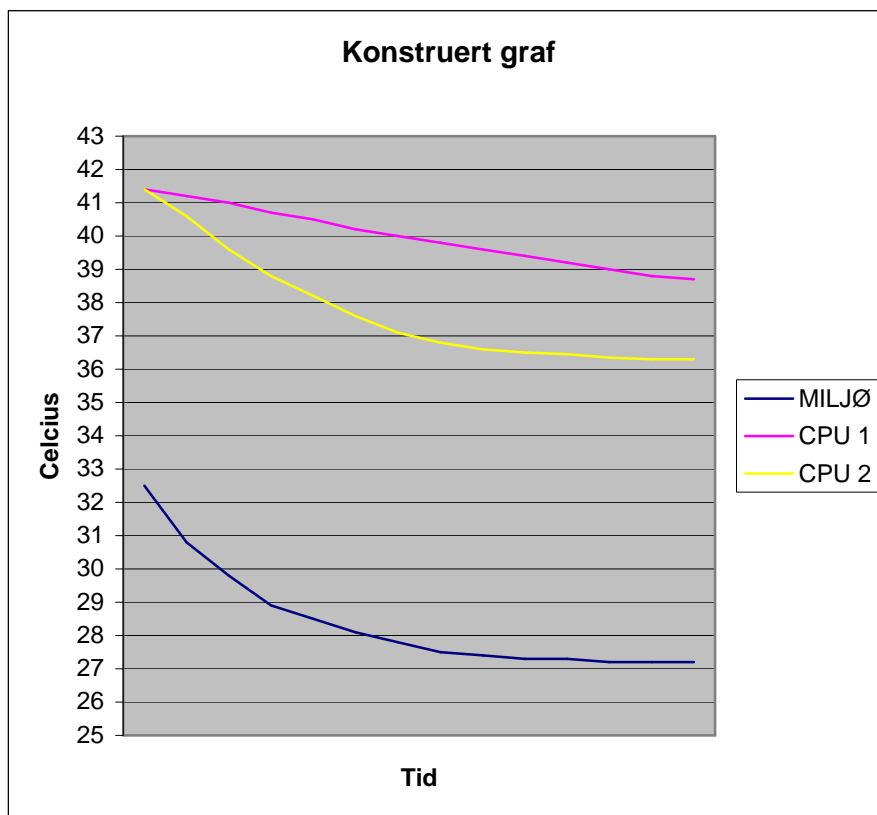
kan prisen forsvares om man har bruk for mange av de spesielle funksjonene til systemet. Har man kun bruk for noen få sensorer og enkel varsling kan det nok være mer egnet med et enklere og billigere system.

Nytteverdi

Miljøovervåkning er stort sett noe man ikke vil legge merke til så lenge alt fungerer som det skal. Nytteverdien av systemet vil derfor ikke alltid vise seg med en gang. I løpet av testperioden var det problemer med kjøleanlegget på K19 og systemet varslet korrekt da temperaturen oversteg maksimumsverdien i filteret. Dette skjedde på 3 forskjellige dager og beviser at systemet også fungerer i tilfeller som ikke er konstruerte. Via den innebygde webtjeneren er det også meget enkelt å sjekke statusen til systemet så lenge man har tilgang på internett. På den måten får man umiddelbart tilgang til nyttig informasjon om miljøet og eventuelle verdier som det har blitt varslet for. Man kan også se tilbake på de 12 siste timene for å se når feilen inntraff og bruke det i arbeidet med å feilsøke.

Hadde det vært mulighet for å lagre mer statistiske data hadde nytteverdien økt. For å få maksimal nytteverdi av NetBotz 320 må man også sette seg godt inn i systemet for å vite hvordan man kan ta fordel av alle de mulighetene for konfigurering som finnes. Dette tar tid og kan virke omstendelig i starten, men når systemet først er oppe å kjøre krever det lite vedlikehold og rekonfigurering. Som nevnt i kapittel 3 var miljøovervåkning en ting som var "kjekt å ha" for IDI og selv om systemet helt klart har nytteverdi kan det hende at det for IDI hadde vært likeså bra med et noe enklere system.

9 Teori og ide bak teknikk



Bilde 11 - Konstruert graf

Tanken bak målingene er å teste ut en teknikk for å måle koblingen mellom kjølingen i et rom og kjølingen til en gjenstand i dette rommet. Da vil man kunne bruke dette til å finne fram til gjenstander eller plasser i rommet hvor koblingen er dårlig og eventuelt utbedre dette. God kobling gjør at temperaturen til gjenstandene i rommet følger en eventuell endring av miljøtemperaturen uten store forsinkelser.

I denne oppgaven var det mest interessant å se på CPU temperaturen. Illustrasjonen over viser temperaturen til en tenkt CPU 1, CPU 2 og miljøtemperaturen og hvordan disse etter en tid synker og stabiliserer seg på en ny temperatur. Man kan ut i fra grafen se at CPU 2 "følger" miljøtemperaturens fall mye bedre enn CPU 1. Grafen til CPU 2 er et eksempel på god kobling mens grafen til CPU 1 er et eksempel på dårlig kobling. Dette hadde ikke vært like lett å se i tilfeller hvor temperaturendringene er mindre og dermed kurvene slakkere.

Man ønsket derfor heller å bruke kurvetilpasning for å finne ut ved hvilken konstant rate K temperaturen faller. Ved å kalkulere K -verdien for miljø og CPU får man et forhold $K_{\text{miljø}}/K_{\text{CPU}}$ mellom de to verdiene. Jo høyere denne verdien er jo dårligere er koblingen mellom miljøet og CPU'en. På den måten har man en måte å sammenlikne tallmaterialet fra målingene på i tillegg til grafene. $K_{\text{miljø}}/K_{\text{CPU}}$ vil under optimale forhold være 1:1, men det er nok bare teoretisk mulig og vil aldri være tilfelle i praksis.

Ut i fra tallmaterialet som danner grunnlaget for grafen over får man følgende K-verdier:

$$K_{\text{miljø}} = 0,3519$$

$$K_{\text{CPU 1}} = 0,0314$$

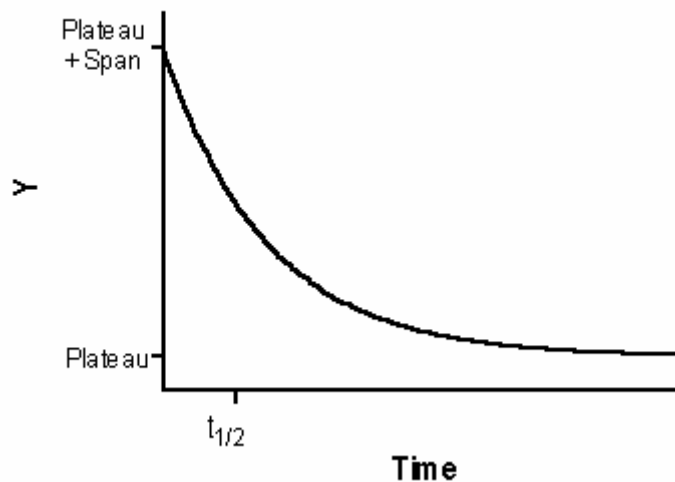
$$K_{\text{CPU 2}} = 0,2351$$

Forholdene blir da:

$$K_{\text{miljø}} / K_{\text{CPU 1}} = 11,21$$

$$K_{\text{miljø}} / K_{\text{CPU 2}} = 1,50$$

Siden dette er et konstruert tilfelle blir avstanden mellom de to forholdene veldig stor, resultater fra reelle målinger vil nok føre til mindre forskjeller mellom forholdene. Matematikken bak kalkuleringen av K-verdiene forklares nærmere i [Fit05]. For behandling av tallmaterialet fra målingene vil det brukes ikke-lineær kurvetilpasning. Det finnes flere forskjellige funksjoner alt etter hva slags tallmateriale man har. Temperaturfall passer best overens med funksjonen for eksponentielt fall. Denne funksjonen er gjengitt under samt en forklarende figur:



Bilde 12 - Forklaring til kurvetilpasning hentet fra [Fit05]

$$Y = \text{Span} * \exp(-K * X) + \text{Plateau}$$

- Span er det totale temperaturfallet
- Plateau er det nye nivået hvor temperaturen vil stabilisere seg på
- K er en konstant som beskriver hvor fort temperaturen faller
- X vil være tiden

Det er verdt å legge merke til at halveringstiden kan beregnes ved bruk av K-verdien. Halveringstiden blir da $0.69/K$. Programmet som brukes for kalkulasjonene heter GraphPad Prism [Gra05] og kan lastes ned gratis for testing i 30 dager.

10 Konstruksjon av testmiljø

For å teste ut koblingen mellom CPU og miljø var det nødvendig å lage et testmiljø for å eksperimentere med blokkeringsgraden. Med hensyn på tid og kostnader var det ikke aktuelt å lage en mindre modell av maskinrommet på IDI. Det ble derfor laget et enkelt testmiljø som ble forbedret da det viste seg at det var problemer med luftsirkulasjonen.

10.1 Testutstyr

Her presenteres utstyret som ble brukt under målingene. Det omfatter alt fra maskinvare til de termometerne som ble brukt. Ved å oppgi dette skal det være mulig å kjøre like målinger på et senere tidspunkt.

10.1.1 Maskinvare

- P3 1 GHz
- 512 MB RAM
- 20 GB HD
- XP-Pro operativsystem

10.1.2 Programvare

- Windows XP
- MotherBoardMonitor
- CPU Burn-in v1.01

10.1.3 Termometre

- **Termometer 1, måler miljø:** MAX/MIN Thermo Clock, Range: -50 C til + 70 C
- **Termometer 2, måler CPU:** CIE 307 Thermometer, Range: 0 C til + 1000 C

10.2 Konstruksjon av testmiljø

Det første testmiljøet ble basert på en gammel støykasse fra IDI som så ut til å kunne fungere tilfredsstillende. Kassen var bygd for støydemping med tilhørende isolasjonsmatter samt en vifte for å trekke ut varmluft. Totalmålene på kassen var 31 x 65 x 60 cm noe som tilsvarer et volum på nesten 121 L. Det viste seg at den først tiltenkte testmaskinen var for bred for å få igjennom døra og viften var defekt. En smalere maskin ble anskaffet og viften byttet ut. I tillegg ble det koblet opp enda en vifte for å dra luft fra forkant av kassen og blåse det bakover. Alt sammen ble da seende ut som på bildene under.



Bilde 13 - Testmiljø



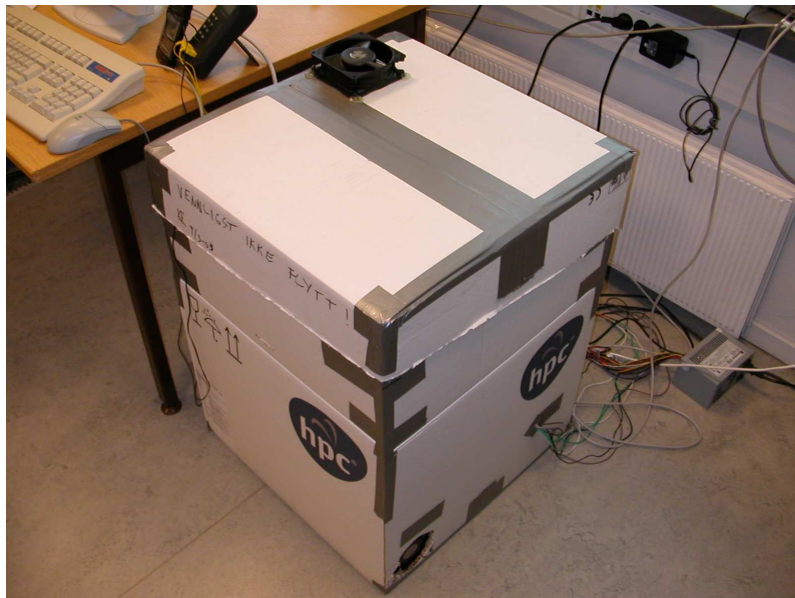
Bilde 14 - Innsiden av testmiljøet

Etter noen målinger viste det seg at det selv med 2 vifter ikke ble nok luftsirkulasjon i kassen. Den varme luften samlet seg oppunder taket i kassen og det var ikke mulig å senke

temperaturen nok til å få fornuftige målinger. Etter en viss tid gikk også temperaturen opp i stedet for å stabilisere seg på et nytt nivå. Dette var også tilfelle med døren på vidt gap og begge viftene på. Kassen var nok for liten slik at det ikke var noen mulighet for luften å sirkulere. Siden det ikke hadde noe for seg å fortsette med denne kassen ble den demontert og et nytt testmiljø ble planlagt og bygget. Det man ønsket å forbedre var framfor alt luftsirkulasjonen noe som vil gi utslag i jevnere miljøtemperatur.

10.3 Forbedring av testmiljø

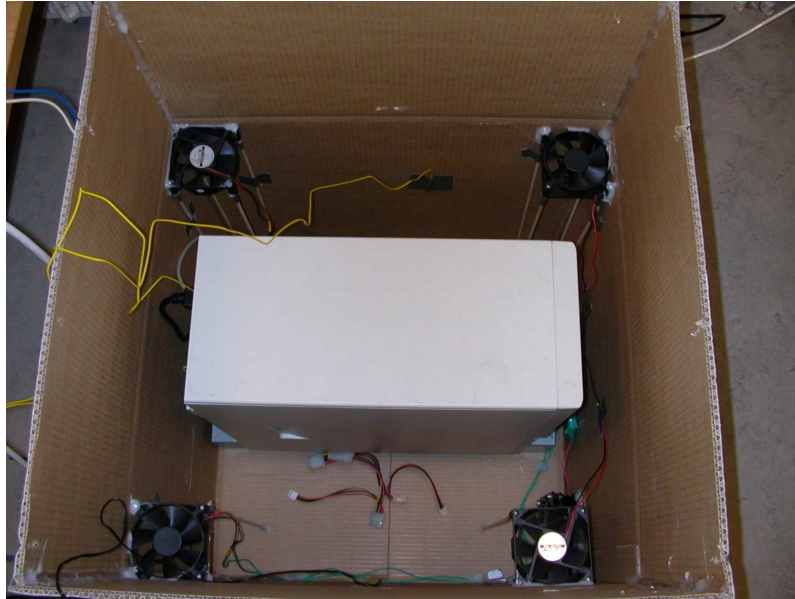
Det nye testmiljøet måtte være fysisk større enn det forrige og det måtte gå forholdsvis raskt å få det sammen og opp å kjøre. Noen store pappesker tjente derfor som basis for det nye testmiljøet. Alle hull ble tettet eller teipet igjen, i tillegg er også pappen i esken delvis varmeisolerende på grunn av de innvendige riflene som skaper luft mellom de to papplagene. Dimensjonen på den nye kassen ble 54 x 71 x 55 cm. Volumet økte da til nesten 211 L som nesten er en dobling i forhold til den første kassen.



Bilde 15 – Forbedret testmiljø

På grunn av den dårlige luftsirkulasjonen i forrige oppsett ble det nå montert fire 12V vifter i hvert sitt hjørne av kassen. De to som står diagonalt ovenfor hverandre blåser i samme retning, det vil si at to blåser opp og to blåser ned og på den måten sørger for god sirkulasjon av luften inne i kassen. Viftene ble på kreativt vis montert med teip, lim og blomsterpinner. Det var også påkrevd en del lodding for å få strukket ledningene ut av kassen.

En vanlig ATX strømforsyning ble brukt for å drive viftene. Den står fritt utenfor kassen og kobles enkelt opp via en kontakt med viftene. For å kunne heve og senke temperaturen i den nye kassen ble de to viftene fra forrige oppsett gjenbrukt. En ble montert på toppen og en i bunnen på siden slik at luften dras diagonalt igjennom kassen. Papirlapper blir brukt til å blokkere viftene når de ikke er i bruk, slik at minst mulig varme lekker ut og det er enkelt å fjerne blokkeringen. Testmaskinen ble satt opp på to defekte strømforsyninger for å få den opp fra bunnen av kassen. På den måten får man også luftsirkulasjon under maskinen.



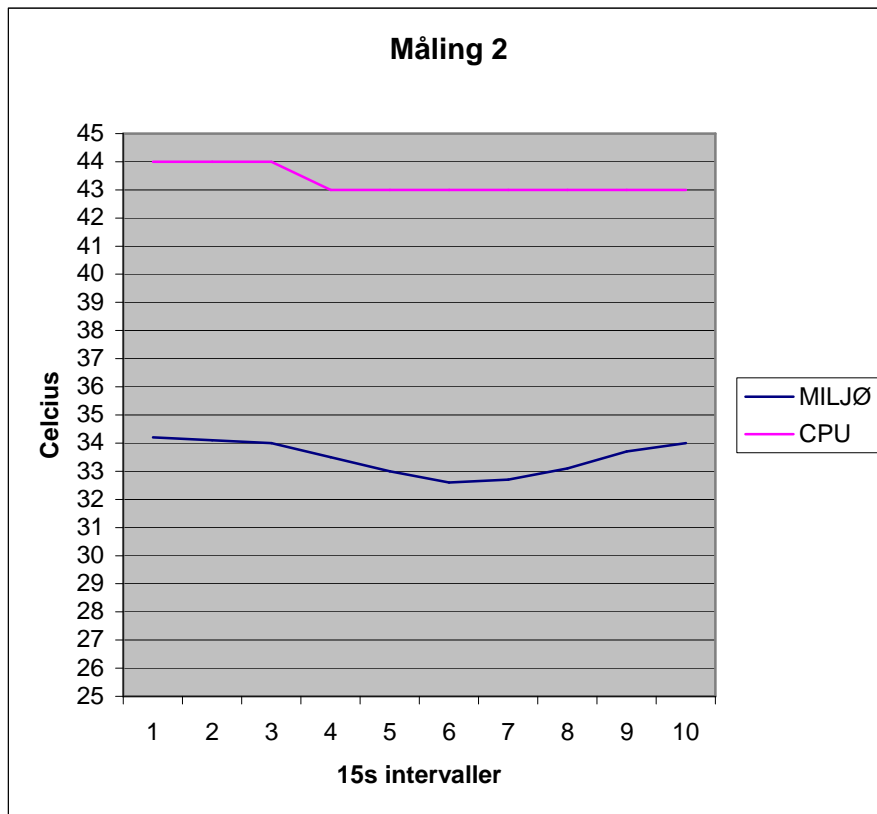
Bilde 16 - Innsiden av forbedret testmiljø

Ut fra de første målingene viste den nye kassen seg å fungerer bedre enn den gamle, men det var problemer med å få stor nok differanse i temperatur mellom innsiden og utsiden av kassen. Maksimalt har det vært en differanse på 8 grader celsius. Da er differansen fra innsiden og opp til CPU som regel mellom 10 og 20 grader celsius, avhengig av blokkeringsgraden.

Ett annet problem som også viste seg var at temperaturen som leses fra CPU ikke har noen desimaler, mens det som måler for miljøet har en desimal. Siden temperaturen endret seg raskt i begynnelsen var det en stor ulempe at oppløsningen på temperaturmålingen av CPU ikke var lik den for miljøet. Dette kan man se ut i fra grafene fra målingene hvor CPU-temperaturen blir alt for grov og har trappetrinn. Hvordan dette ble løst og andre utfordringer i forbindelse med målingene beskrives i kapittel 12.

11 Resultater

I denne delen vil de resultatene som ble oppnådd under målingene presenteres. Alle grafer og tabeller med måledata som ble generert finnes i vedlegg A.

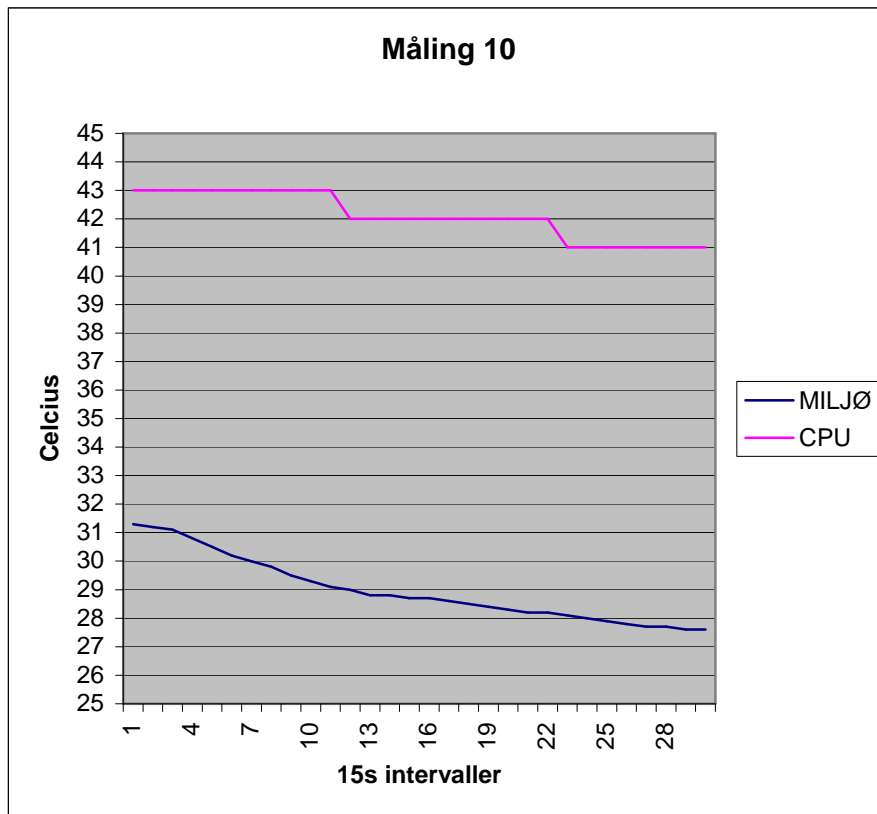


Bilde 17 - Graf til måling 2

Grafen over viser en av de aller første målingene med det først testmiljøet. Her ser man at miljøtemperaturen først synker for så å øke igjen. Dette skjedde på grunn av for dårlig luft sirkulasjon inne i kassen og at viftene ikke klarte å ta unna nok luft til å lage et temperaturfall. På grunn av dette var resultatene fra de 3 første målingene uegnet for videre behandling i GraphPad Prism.

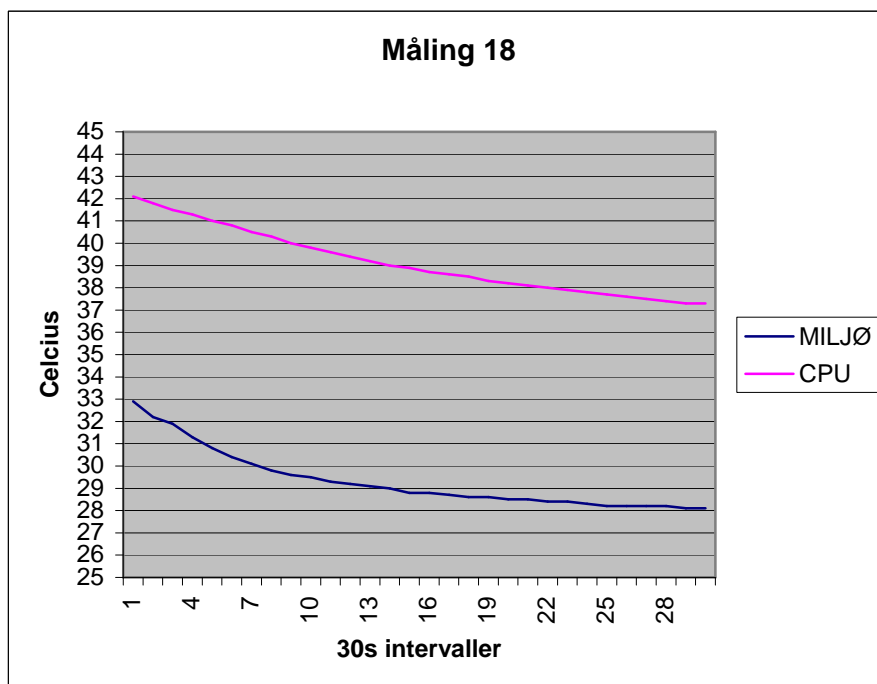
Med den nye kassen ble grafene for miljøtemperaturen bedre og var egnet for videre behandling, se måling 10. Programmet MBM ble brukt for å måle temperaturen til CPU'en men på grunn av dårlig oppløsning (ingen desimaler) fikk grafene trappetrinnsform. Ved å kjøre dette tallmateriale igjennom GraphPad Prism fikk man resultater som ikke ville være mulig å sammenlikne direkte med de man fikk for miljøtemperaturen. Programmet foretok en lineær tilpassning for CPU-dataene, mens miljødataene ble tilpasset korrekt med funksjonen i kapittel 9. På grunn av dette ble forholdstallet helt feil.

$K_{\text{miljø } 10}$	0,07022
$K_{\text{CPU } 10}$	0,00184
$K_{\text{miljø } 10} / K_{\text{CPU } 10}$	38,1630



Bilde 18 - Graf til måling 10

Da problemet med målingen av CPU-temperaturen ble løst var det mulig å sammenlikne de kalkulerte K-verdiene for å se hvilke forholdstall man ville få. En typisk graf fra disse målingene finnes under. Her ser man at begge grafene nå har en fin kurveform.



Bilde 19 - Graf til måling 18

Blokking i bakkant

$K_{\text{miljø 16}} / K_{\text{CPU 16}}$	4,0355
$K_{\text{miljø 17}} / K_{\text{CPU 17}}$	2,286
$K_{\text{miljø 18}} / K_{\text{CPU 18}}$	2,6423

Blokking bak og foran

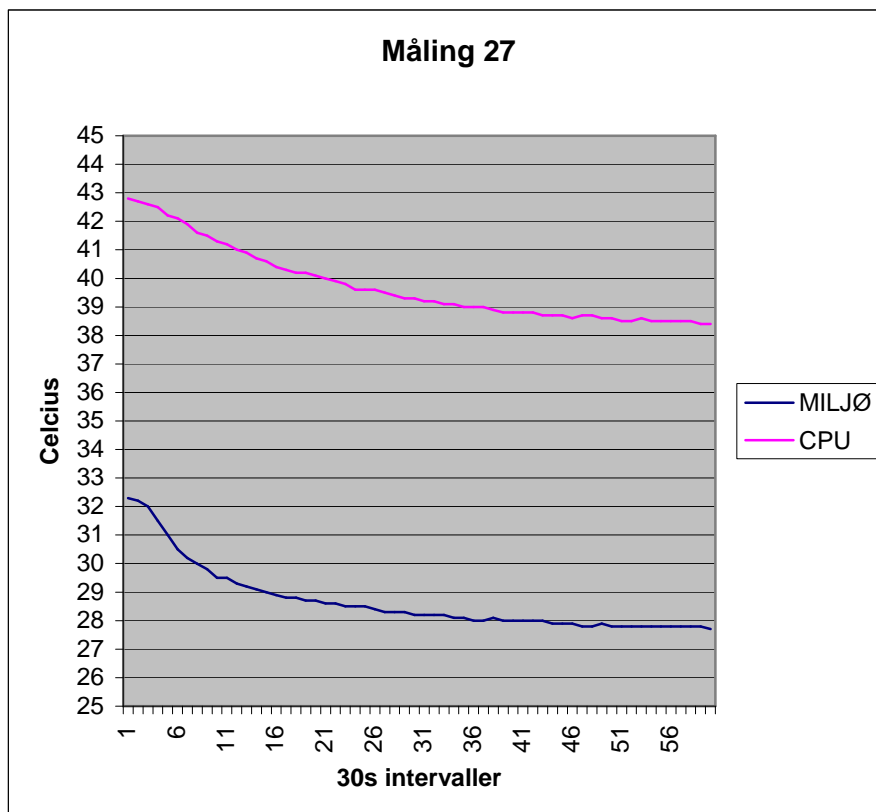
$K_{\text{miljø 19}} / K_{\text{CPU 19}}$	3,0081
$K_{\text{miljø 20}} / K_{\text{CPU 20}}$	2,3607
$K_{\text{miljø 21}} / K_{\text{CPU 21}}$	2,2046

Ingen blokking

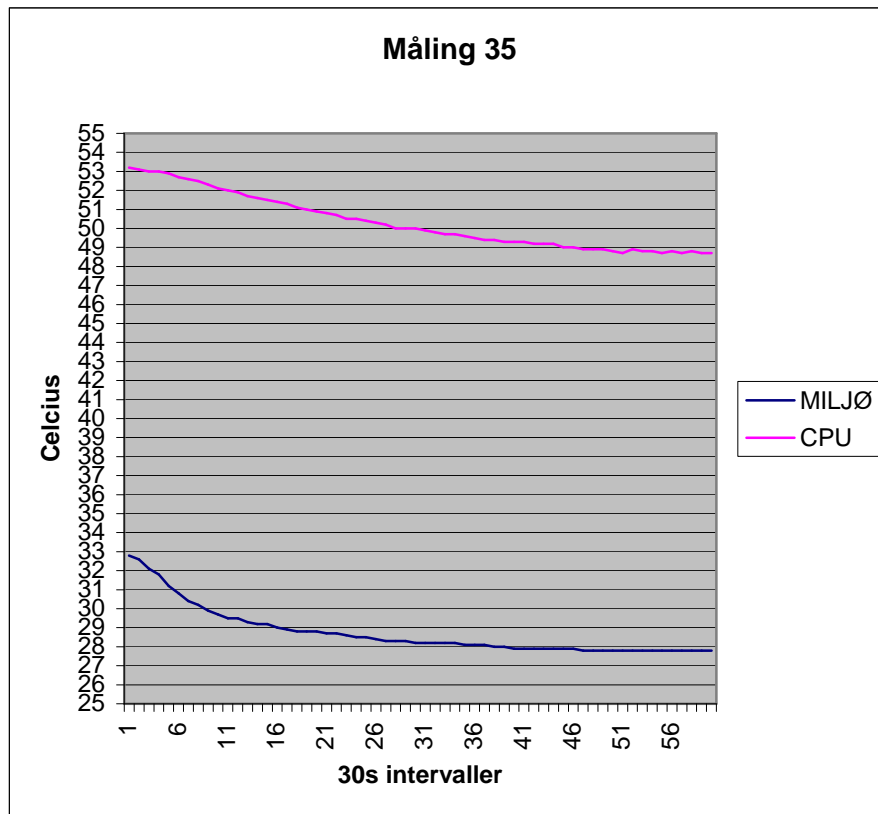
$K_{\text{miljø 22}} / K_{\text{CPU 22}}$	2,1060
$K_{\text{miljø 23}} / K_{\text{CPU 23}}$	1,9250

Som man kan se fra forholdstallene så er det en tendens mot at forholdet øker med økende grad av blokking, men det er visse avvik. Årsakene til disse avvikene skyldes forskjeller i målemetoden fra måling 16 til måling 23, og diskuteres nærmere i kapittel 12.

Under finnes to grafer fra den siste bolken med målinger. Dette er målingene som danner hovedgrunlaget for de resultatene man har fått fra målingene.



Bilde 20 - Graf til måling 27



Bilde 21 - Graf til måling 35

Tallmaterialet ble så behandlet i GraphPad Prism og man fikk følgende forholdstall for målingene.

Ingen blokkering

$K_{\text{miljø } 24} / K_{\text{CPU } 24}$	2,0022
$K_{\text{miljø } 25} / K_{\text{CPU } 25}$	1,8645
$K_{\text{miljø } 26} / K_{\text{CPU } 26}$	2,1390
$K_{\text{miljø } 27} / K_{\text{CPU } 27}$	1,9755
$K_{\text{miljø } 28} / K_{\text{CPU } 28}$	2,0352

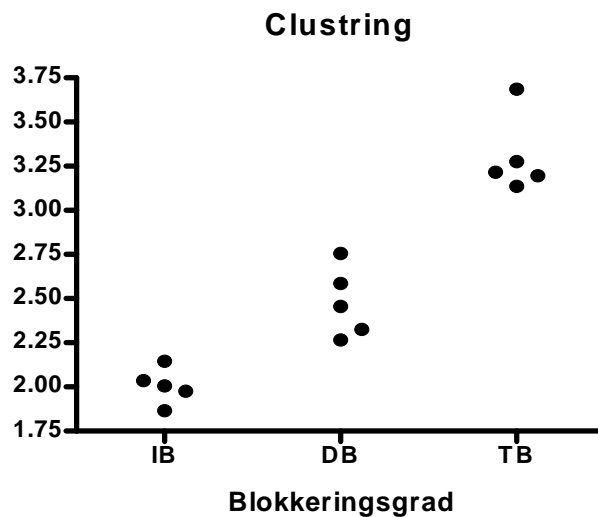
Delvis blokkering

$K_{\text{miljø } 29} / K_{\text{CPU } 29}$	2,5824
$K_{\text{miljø } 30} / K_{\text{CPU } 30}$	2,3184
$K_{\text{miljø } 31} / K_{\text{CPU } 31}$	2,4486
$K_{\text{miljø } 32} / K_{\text{CPU } 32}$	2,2649
$K_{\text{miljø } 33} / K_{\text{CPU } 33}$	2,7533

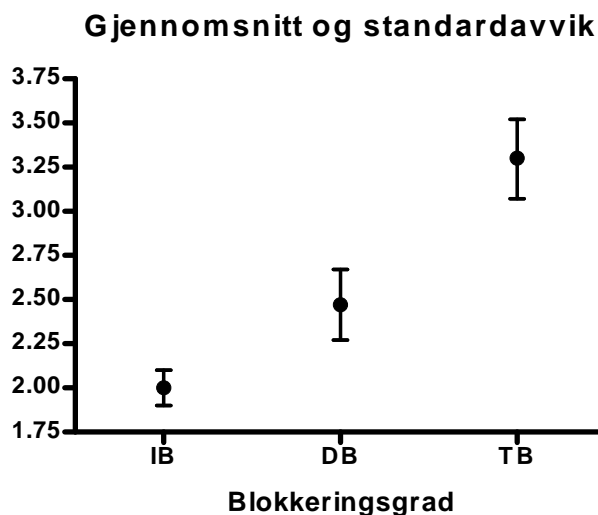
Total blokkering

$K_{\text{miljø } 34} / K_{\text{CPU } 34}$	3,6863
$K_{\text{miljø } 35} / K_{\text{CPU } 35}$	3,1301
$K_{\text{miljø } 36} / K_{\text{CPU } 36}$	3,1923
$K_{\text{miljø } 37} / K_{\text{CPU } 37}$	3,2719
$K_{\text{miljø } 38} / K_{\text{CPU } 38}$	3,2128

Dette tallmaterialet viser en nokså tydelig trend hvor forholdstallet øker jo mer blokkering man har. Mer blokkering vil tilsi at koblingen blir dårligere mellom miljø og CPU. For å få en grafisk framstilling av resultatene for de 15 siste målingene ble forholdstallene plassert i et diagram. Blokkeringsgraden er økende jo lengre til høyre man går i diagrammet. Man ser at clustringen er veldig bra for ingen blokkering og noe dårligere for delvis og total blokkering. Fortsatt er det verdier som skiller seg ut fra resten av verdiene. Derfor ble det laget et nytt diagram hvor det er beregnet en gjennomsnittsverdi og standardavvik for de 3 ulike blokkeringsgradene.



Bilde 22 - Clustringen til de femten siste målingene



Bilde 23 - Gjennomsnitt og standardavvik

Ut fra det siste diagrammet ser man at standardavviket for delvis og total blokkering er over dobbelt så stort som det for ingen blokkering. Allikevel er intervallene såpass separert at de ikke overlapper hverandre.

12 Diskusjon

Det ble fort klart at alle målingene fram til måling 17 var verdiløse med tanke på å se om det var en trend i resultatene. Hvorfor det ble slik forklares det mer om i delkapitlene under. Ut fra måling 16 til 23 kan man se en tendens til at økt blokkeringsgrad gir en økning i forholdet mellom K-verdien til miljøet og CPU. Dette passer overens med den teorien som ble presentert i kapittel 9. Imidlertid var ikke resultatene entydige nok til å kunne fastslå at teorien stemte. Enkelte verdier lå såpass langt unna resten av verdiene når blokkeringsgraden var identisk. Det som da kunne påpekes var at målingene ikke ble gjort med like parametere og at forskjellene muligens kom av det.

For å se om det var tilfelle ble det kjørt 15 nye målinger. Blokkeringsgraden ble også endret for å framprovosere større forskjeller mellom målingene. Resultatene ble nå bedre, men fortsatt var det avvik. Alle parametere var nå like for alle 15 målingene, så det kunne ikke lenger være årsaken. Men det er knyttet en viss usikkerhet til målingene (kapittel 12.3) og det kan være det som har skapt avvikene. Det er også ved blokkering at avvikene har blitt størst, noe som kan ha sammenheng med at små forskjeller i temperatur og tid vil gi større utslag på resultatene enn ved ingen blokkering. Uten blokkering er det også en friere flyt av luften mellom PC-kabinettet og miljøet. Totalt sett kan man si at resultatene underbygger den teorien som ble presentert, men det er fortsatt mulighet for å forbedre målingene for å få enda klarere resultater.

De totale temperaturfallene har for de 15 siste målingene ligget mellom 5,06 og 5,75 for miljøet og 5,16 og 6,44 for CPU'en. Man er nok avhengig av like store eller større temperaturendringer for å få resultater som er gode nok. Hvorvidt det er skadelig for utstyret i et maskinrom å kjøre slike sykluser med temperaturendring er usikkert. For en CPU skal det ikke være noe problem da den har en temperatur som følger belastningen. Kjøleanlegget må også være kraftig nok til å kunne senke temperaturen tilstrekkelig, men det skal kunne gå an å bruke teknikken omvendt også. Det vil si at det ved større blokkeringsgrad vil ta lengre tid før for CPU'en følger en økning av miljøtemperaturen. Under målingene ble det brukt et program for å legge jevn belastning på CPU'en og få CPU-temperaturen et visst nivå over miljøtemperaturen. Det hadde vært mulig å kjøre målingene uten dette programmet, men det hadde da vært knyttet mye større usikkerhet til resultatene siden variasjoner i CPU-aktivitet leder til variasjoner i CPU-temperaturen. Teknikken egner seg derfor best til komponenter hvor man har kontroll over varmeproduksjonen eller at den er konstant.

Med bruk av automatiserte målinger og temperaturendringer skal det være mulig å bruke teknikken også i et reelt tilfelle. Det gjelder å eliminere alle eller i hvert fall så mange som mulig av de feilkildene som er påpekt i delen om usikkerhet. Forbedringer og forslag til videre arbeid vil diskuteres nærmere i konklusjonen.

12.1 Problemer

Her vil problemene som oppstod under målingene trekkes fram og diskuteres. De fleste problemene gikk det greit å løse på en tilfredsstillende måte med det utstyret som var tilgjengelig.

12.1.1 Luftsirkulasjonen

Dette ble utbedret med fire interne vifter i kassen. Ved å måle temperaturen på flere forskjellige steder i kassen samtidig fikk man verifisert at temperaturen var tilnærmet lik i hele kassen. Målt på hver sin side av kassen har differansen ligget på 0,1 grad celsius, noe som må sies å være bra nok.

12.1.2 Temperaturmåling av CPU

Ut i fra de først målingene kan man se at grafene for CPU-temperaturen er mye grovere enn temperaturen for miljøet. Årsaken er at programmet MBM kun viser CPU-temperaturen som heltall. Etter en del søk på internett så det også ut til at det ikke eksisterte noen programmer som viser temperaturen med desimaler, noe som er forståelig da den jevne bruker ikke har behov for å vite om temperaturen er 41,3 eller 41 grader celsius. Det kunne vært et alternativ å avrunde temperaturen for miljøet, men det ville gjort at begge grafene hadde blitt veldig grove. Derfor ville man heller gå andre veien og få temperaturen til CPU'en like nøyaktig som miljøet.

Løsningen ble da å anskaffe enda et eksternt termometer som måler temperaturen med en desimal. Sensoren til termometeret skulle optimalt sett vært festet direkte på CPU'en, men den ble i stedet festet på kjøleribbene som sitter oppå CPU'en. Ved å kontrollere den temperaturen som har blitt avlest fra kjøleribbene opp mot den som MBM leser ut fra CPU, har det vist seg at disse er tilnærmet like.

12.1.3 Belastning av CPU

Under de første målingene var det problemer med å få jevn belastning på CPU over hele måleperioden. Enkelte tiltak som for eksempel å kjøre en liten filmsnutt kontinuerlig så ut til å hjelpe, men det var ønskelig med en stabil produksjon av varme fra CPU'en for å kunne simulere en maskin stående i et rack. Løsningen på dette ble å bruke programmet CPU Burn in v1.01 og ikke bruke andre applikasjoner mens målingene pågikk. Dette programmet belaster CPU'en 100% noe som produserer den ønskelige effekten med jevn varmereproduksjon.

12.2 Målingene

Målemetode og måleutstyret har i løpet av oppgaven endret seg, så denne delen vil ta for seg hvordan målemetodene ble forbedret underveis. Felles for alle målingene er at de er startet etter at temperaturen har stabilisert seg og vært konstant i to minutter eller mer. Dette framgår ikke av grafene da målingene har blitt startet i det de eksterne viftene på kassen ble slått på. Ut fra grafene kan det derfor se ut som om temperaturene er på vei nedover i det målingen starter, noe som ikke er tilfelle. Tiden har blitt målt med klokken som er en del av MS Windows.

Måling 1 til 3 ble gjort med den første kassen, eksternt termometer samt MBM for måling av CPU-temperaturen. Total måletid var 2,5 minutter med målepunkt hvert 15 sekund. Det var heller ingen blokkering.

Alle målinger fra nummer fire og utover har blitt gjort med det forbedrede testmiljøet. Fra måling 5 ble total måletid økt til 7.5 minutter fordi man ønsket å kunne måle i så lang tid at temperaturen begynte å stabilisere seg på nytt nivå før man avsluttet. Dette førte til at resultatene ble bedre, men problemer med å holde CPU-belastningen stabil og høy nok gjorde at det fra måling 10 og utover ble brukt et program for å belaste CPU'en 100%. For å løse problemet med trappetrinnskurven for CPU-temperaturen ble det satt opp et ekstra eksternt termometer for måling direkte på kjøleribben til CPU'en. Dette termometeret har vært i bruk fra måling 16 og utover og forbedringen kan enkelt sees ved å sammenlikne grafene før og etter.

Testing med forskjellig grad av blokkering ble utført fra måling 14 og utover. Det som da skjedde var at måletiden på 7.5 minutter ble for kort da man startet å blokkere. Temperaturen rakk ikke stabilisere seg på et nytt nivå i løpet av måletiden. Total måletid ble derfor økt til 15 minutter fra måling 17 og ytterligere hevet til 30 minutter fra måling 20. Siste bolk med ordinære målinger ble avsluttet med måling 23.

Etter å ha sett på resultatene fra alle målingene stod man igjen med måling 16 til 23 som de målingene som kunne behandles videre. De viste resultater som tydet på at man var på rett vei, men de var ikke klare nok til å trekke noen konklusjoner. Årsaken til at resultatene ikke var entydig har nok noe å gjøre med at flere parametere ble endret underveis i målingene.

I løpet av måling 16 til 23 ble følgende parametere endret:

- Total måletid ble økt 2 ganger, til henholdsvis 15 og 30 minutter.
- Antall målepunkter økte fra 30 til 60.
- Intervallene mellom hvert målepunkt økte fra 15 til 30 sekunder.

Disse endringene førte til at resultatene i utgangspunktet ikke direkte kunne sammenliknes. Til tross for dette kunne man se at resultatene pekte mot at økt blokkering ga økt forhold mellom K-verdien til miljø og CPU. Derfor ønsket man å kjøre et nytt sett med målinger hvor alle parametere foruten blokkeringsgraden var lik. På den måten skulle eventuelle resultater bli mer entydig.

De femten siste målingene ble derfor kjørt med følgende oppsett:

- Nyeste testmiljø
- Eksternt termometer på miljø og CPU
- CPU-temperatur målt på kjøleribbe
- 100% belastning på CPU ved bruk av CPU Burn in v.1.01
- Total måltid 30 minutter.
- 60 målepunkter.
- Intervaller på 30 sekunder.
- Målingene med lik blokkeringsgrad ble utført på samme dag.

Dette oppsettet ga resultater som var mye bedre enn den første bolken med målinger og sammenlikningsgrunnlaget var bedre da alle målingene ble utført likt. Målinger med lik blokkeringsgrad ble utført på samme dag for å eliminere eventuelle forskjeller i målelokalet. For å framprovosere mer entydige resultater ble blokkeringsgraden for delvis og total

blokkering forandret. Det må også nevnes at det etter en måling tok omtrent en time for å få temperaturen opp igjen for å få kjørt en ny måling.

Opp til måling 23 bestod de forskjellige blokkeringsgradene av:

- Ingen blokkering
- Delvis blokkering, blokkering av PC-kabinettet i bakkant
- Total blokkering, blokkering av bakkant og framkant av PC-kabinettet



Bilde 24 - Ingen blokkeringer

Fra måling 24 var blokkeringsgradene:

- Ingen blokkering
- Delvis blokkering, blokkering av bakkant og framkant av PC-kabinettet
- Total blokkering, blokkering av bakkant og framkant av PC-kabinettet samt viften på CPU



Bilde 25 - De forskjellige blokkeringene

12.3 Usikkerhet

Det er en del momenter omkring målingene som bidrar til usikkerhet. Under vil det derfor diskuteres hvilke momenter dette er, hvordan de kan ha påvirket målingene og eventuelt hvordan man på best mulig måte fikk eliminert de.

12.3.1 Temperaturmåling

I begynnelsen var det problemer med oppløsningen på programmet som målte CPU-temperaturen, dette ble utbedret med et ekstra termometer som målte temperaturen på kjøleribbene til prosessoren. Dette førte til at det var forskjellig fabrikat på termometeret som målte miljøtemperaturen og CPU-temperaturen.

Termometer 1: eksisterer ingen informasjon om nøyaktigheten.

Termometer 2: +/- 0,3 % av avlesningen + 1 grad Celsius.

Siden det ikke eksisterer noe informasjon om nøyaktigheten til termometeret som måler miljøtemperaturen vil det påvirke usikkerheten rundt målingene. Etter å ha sett på liknende termometre er det grunn til å tro at nøyaktigheten i hvert fall ikke er bedre enn termometer 2 [Cla05].

Et annet moment ved temperaturmålingene var målingen av CPU-temperaturen. Det lot seg ikke gjøre å feste temperatursensoren direkte på CPU'en av fysiske årsaker så den måtte festes på siden av kjøleribbene. Dette er ikke en optimal løsning da det leder til en utjevning av temperaturen. Noe som fører til at temperaturen ved total blokkering ikke synker så mye som uten blokkering.

12.3.2 Belastning av CPU

Måling 1 til 10 har en del usikkerhet knyttet til belastningen på CPU'en i løpet av målingene. Med CPU Burn in v1.01 ble denne usikkerheten fjernet ved at programmet la belastningen til 100%. Dermed unngår man temperaturvariasjoner underveis som en årsak av ujevn belastning.

12.3.3 Omgivelsestemperatur

Omgivelsestemperaturen har vært noe varierende i målelokalet under de 23 første målingene. Temperaturen har da ligget mellom 23 til 25 grader. En slik variasjon kan ha påvirket resultatene ved at sluttemperaturen har blitt høyere og lavere alt etter temperaturen i lokalet. Under de siste femten målingene ble temperaturen i lokalet holdt under strengt oppsyn og innen +/- 0,2 grader C av starttemperatur for hver dag.

12.3.4 Testmiljøet

Testmiljøet har vært uforandret fra måling 4 og utover. Det som kan påpekes ved testmiljøet er at kassen ikke er 100 % tett og det vil være en viss strøm av luft inn og ut av kassen i tillegg til den luften som transporteres av de store viftene. Til tross for dette kan man anta at denne lekkasjen av luft vil være tilnærmet lik under alle målingene og derfor ikke nevneverdig påvirker resultatene.

12.3.5 Måledata

Tidtaking ble utført med den innebygde klokken i MS Windows og alle resultater ble notert ned fortløpende. Dette kan ha ført til at enkelte verdier kan ha blitt lest av feil, det vil si at de har vippet mellom to verdier akkurat i det de skulle noteres ned. Om en verdi har vært på vippen vil nok det utjevnes ved neste målepunkt, slik at de totale resultatene for målingen blir de samme.

13 Konklusjon

I denne delen av rapporten vil det bli sett på hva som har kommet ut av oppgaven, en diskusjon rundt hva som kunne ha blitt gjort annerledes, forslag til implementering og videre arbeid. Det vil også diskuteres om det kan gis en anbefaling av NetBotz 320 med bakgrunn i det arbeidet som har blitt gjort i løpet av oppgaven.

13.1 Hva har blitt oppnådd?

Resultatene av oppgaven er oppsummert i korte drag under:

- Det har blitt utført en bred undersøkelse av tilgjengelige systemer for miljøovervåkning av maskinrom.
- Det utvalgte systemet NetBotz 320 ble implementert og testet på maskinrommene K19 og K45 hos IDI. En evaluering av systemet har blitt utført og gir grunnlaget for en anbefaling.
- Et testmiljø ble bygget i to steg for å kunne finne ut om koblingen mellom miljø og CPU endret seg ved ulik grad av blokkering. Målemetoden ble forbedret underveis slik at det siste settet med målinger ble utført mest mulig optimalt.
- Resultatene fra målingene peker klart mot at teorien stemmer, og at det er mulig å bruke denne teknikken for å måle hvor godt forskjellige komponenter i et maskinrom kjøles.

13.2 Anbefaling av NetBotz 320

NetBotz 320 er et kraftig verktøy for miljøovervåkning og generell overvåkning. Systemet har også vist seg å fungere utmerket og det har vært lett å sette seg inn i og bruke det. Imidlertid har det vist svakheter med tanke på lagring av statistisk data. Dette var ikke et av de opprinnelige kravene som IDI hadde satt opp (kapittel 4), men har vist seg å være funksjonalitet man ønsker allikevel. NetBotz 320 har også veldig mange muligheter for integrasjon og skreddersøm av oppsett med tanke på for eksempel varsling og filtre.

Slik som systemet blir brukt i dag, er det en del av funksjonaliteten som blir overflødig. Det er i hvert fall grunn til å tro at IDI kunne klart seg like bra med et enklere system, men med de samme sensorene. Når det er sagt så har systemet uten tvil nytteverdi for IDI, men det er kanskje noen av de andre systemene som ville komme bedre ut prismessig og fortsatt dekke kravene. Tar man fordel og utnytter alle de spesielle funksjonene så kan man absolutt anbefale NetBotz 320 til miljøovervåkning i maskinrom.

13.3 Hva kunne ha blitt gjort annerledes?

Om oppgaven skulle gjentas ville det bli vurdert en endring av punktene under. Ikke alle punktene er like lett å gjennomføre. De er allikevel tatt med da de reflekterer hvordan oppgaven, uavhengig av tid og penger, optimalt sett burde vært gjennomført.

- **Innkjøp av testsystem**

Det var egentlig meningen å teste ut to systemer for miljøovervåking for å kunne gjøre en sammenlikning av disse. På den måten kunne det også vært enklere å avsløre eventuelle svakheter ved systemene. I ettertid ser man at det har vært litt naivt å tro at begge systemene kunne leveres, og at man derfor burde ha valgt ut et tredje system og hatt det i reserve. Det systemet hadde i så fall blitt SensorProbe8.

- **Bedre testmiljø**

Selv om de femten siste målingene ga gode resultater er det alltid mulig å forbedre testmiljøet. Optimalt sett burde testmiljøet vært enda større, helt tett og med flere CPU'er å måle på samtidig. Begrensningen ligger både i tid og penger og det er lett å se i ettertid hva man burde gjort annerledes helt fra starten.

- **Automatiserte målinger**

Målingene ble gjort manuelt og det er egentlig en kurant måte å utføre de på. Imidlertid tok målingene lang tid og det vil alltid være usikkerhet forbundet med manuelle målinger. Derfor hadde det vært praktisk med automatiserte målinger, hvor temperatur og tid blir lagret automatisk. Om det i tillegg hadde vært mulig å kjøre automatiske sykluser med temperaturendring hadde det man spart mye tid.

- **Test i et maskinrom**

For å sjekke om teknikken fungerer i et reelt tilfelle hadde det vært nyttig å få utført en test i K45. Da kunne man sjekket hvilke CPU'er som har dårlig kobling og laget et forslag til hvordan man eventuelt kunne utbedret dette. En slik test ble vurdert i slutten av oppgavetiden, men på grunn av flertydige resultater fra de 23 første målingene valgte man heller å kjøre flere målinger i testmiljøet for å se om det ga mer entydige resultater. Det var ingen vits i å teste et annet sted så lenge man ikke hadde klare indikasjoner på at man var på rett spor med testmiljøet.

13.4 Videre arbeid

Et naturlig steg videre med NetBotz 320 ville være å implementere en eller annen form for lagring av de statistiske dataene. Det er flere måter å gjøre dette på og den enkleste måten er å oppgradere til NetBotz 500 og kjøpe den eksterne harddisken som kan kobles til denne. Man får da lagret opp til seks måneder med informasjon om både sensordata og varslinger. Seks måneder er en stor forbedring over 12 timer, men det går an å lagre de samme dataene ved å lage et skreddersydd program. I enkle trekk får man programmet til å aksessere websiden med sensorstatusen med jevne mellomrom, for å lagre disse dataene på disk et annet sted. På den måten kan man lagre så mye data man vil og bruke andre programmer for å generere de statistiske dataene.

En utvidelse av systemet med flere sensorer kan også være aktuelt. For eksempel kunne det være nyttig å måle temperaturen på flere steder både over og under det hevede gulvet i rommet. Man kan da få en pekepinn på hvordan den kalde og varme luften er fordelt utover. I tillegg kunne man også kjøpt en såkalt SensorPod 120, som er en modul med de samme sensorene som sitter internt i NetBotz 320. Den kunne man for eksempel plassert i et annet maskinrom. Kameraet som sitter på enheten er også lite fleksibelt med tanke på montering så et løst kamera hadde vært en fin oppgradering.

Videre arbeid med målingene vil først og fremst fokusere på å redusere usikkerheten rundt målingene og å konstruere et enda mer realistisk testmiljø. Optimalt sett burde man ha et dedikert rom for målingene. I dette rommet skulle man så plassert flere identiske maskiner med ulik blokkeringsgrad, for å at de skal få ulik kobling mot miljøtemperaturen. Rommet må tillegg ha mulighet for å kjøre sykluser med temperaturendringer, gjerne automatisk. Alt dette koster naturligvis en del penger så det ville neppe være mulig å realisere sånn uten videre. Skulle man valgt ut bare en ting å forbedre så måtte det bli å ha automatisert logging av all temperatur, på den måten sparer man mye tid og kan kjøre flere målinger. En god nummer to ville være å ha et dedikert rom med flere maskiner.

Om resultatene etter disse forbedringene fortsatt underbygger teorien, kunne man kjørt en reell test i K45. Hvorvidt dette er mulig og om det er skadelig for utstyret måtte man undersøkt på forhånd. Etter å ha behandlet måleresultatene kunne man så sett hvilke CPU'er som har dårlig kobling, for så å foreslå og eventuelt utføre en forbedring av plasseringen. Verifikasjon av forbedringene ville så kunne gi den endelig bekreftelsen på om teknikken fungerer i praktisk bruk og har nytteverdi.

14 Referanseliste

- [Air05] Airflow Technical Products Inc, <http://www.airflow.com/glossary.html>
- [Akc05] AKCP, <http://www.akcpinc.com/company/water.htm>
- [Cfd05] Fluent Inc, <http://www.fluent.com/solutions/whatcfd.htm>
- [Cla05] ClasOhlson AS, www.clasohlson.no
- [Env04] MonitorTools, http://www.monitortools.com/cat_environmental/
- [Fit05] Harvey Motulsky & Arthur Christopoulos, "GraphPad Prism Version 4.0 - Fitting Models to Biological Data using Linear and Nonlinear Regression - A practical guide to curve fitting",
<http://www.graphpad.com/manuals/Prism4/RegressionBook.pdf>
- [Gra05] GraphPad Software, <http://graphpad.com/prism/Prism.htm>
- [Har04] Drew Robb, "Hardware Today: Sensoring the Server Room",
<http://www.serverwatch.com/hreviews/article.php/3423591>
- [Hot03] Leonard Ruff, "Hot and Cold",
http://www.energyusernews.com/CDA/ArticleInformation/features/BNP__Features__Item/0,2584,106032,00.html
- [How05] Howstuffworks, <http://home.howstuffworks.com/smoke.htm>
- [Int02] Christopher Thompson, "Integrated Data Center Design in the New Millennium",
http://www.energyusernews.com/CDA/ArticleInformation/features/BNP__Features__Item/0,2584,70578,00.html
- [Max04] Kevin Dunlap, "Maximizing Data Center Cooling",
http://www.energyusernews.com/CDA/ArticleInformation/features/BNP__Features__Item/0,2584,140457,00.html
- [Nbm05] Brukermanualen til NetBotz 320, finnes ved å bruke hjelp I Advanced View programvaren.
- [Neb05] NetBotz, www.netbotz.com
- [Net05] Manek Dubash, "NetBotz eases server room monitoring chore",
<http://www.techworld.com/opsys/news/index.cfm?NewsID=2965>
- [Pow04] Brad Nacke, "Power Densities Change Data Center Cooling",
http://www.energyusernews.com/CDA/ArticleInformation/features/BNP__Features__Item/0,2584,117496,00.html

- [Tec04] Brad Grimes, “Tech Success: Cyber- and physical security meet“,
http://www.washingtontechnology.com/news/19_13/emerging-tech/24619-1.html
- [Tem05] Temperatures.com Inc, <http://www.temperatures.com/sensors.html>
- [The01] John W. Sawyer, “The Roots of Reliability”,
http://poweringthenetwork.telephonyonline.com/ar/telecom_roots_reliability/

Alle linkene ble sist aksessert den 20.06.2005.

15 Ordforklaringer

CFD

Computational Fluid Dynamics, brukes for å simulere strømminger.

CMOS

Complementary Metal Oxide Semiconductor

DNS

Domain Name System, er en internett-tjeneste som oversetter domenenavn til eller fra IP adresser.

FAA

Federal Aviation Administration

FAQ

Frequently Asked Questions, samling av de mest stilte spørsmålene og svarene eller løsningene på disse.

FTP

File Transfer Protocol, en protokoll for filoverføring på internett.

GUI

Graphical User Interface, et grensesnitt som er basert på grafikk istedenfor tekst.

HTML

Hypertext Markup Language, språk for å lage hypertekst dokumenter.

HTTP

HyperText Transfer Protocol, protokoll for å flytte hypertekstfiler på tvers av internettet. Krever at det finnes en HTTP tjener og klient.

IE

Microsoft Internet Explorer

IP

Internet Protocol, den mest grunnleggende protokollen for kommunikasjon over internett.

LCD

Liquid Crystal Display

LED

Light Emitting Diode

MBM

MotherBoardMonitor

NMS

Network Management System

RS232

Recommended Standard 232, standard interface for seriell kommunikasjon.

SMS

Short Message Service

SNMP

Simple Network Management Protocol

SSL

Secure Sockets Layer

SYSLOG

System Logger er ett distribuert grensesnitt for logging opprinnelig skrevet for UNIX, men har blitt de facto standard for mange nettverkskomponenter.

UPS

Uninterruptible power supply

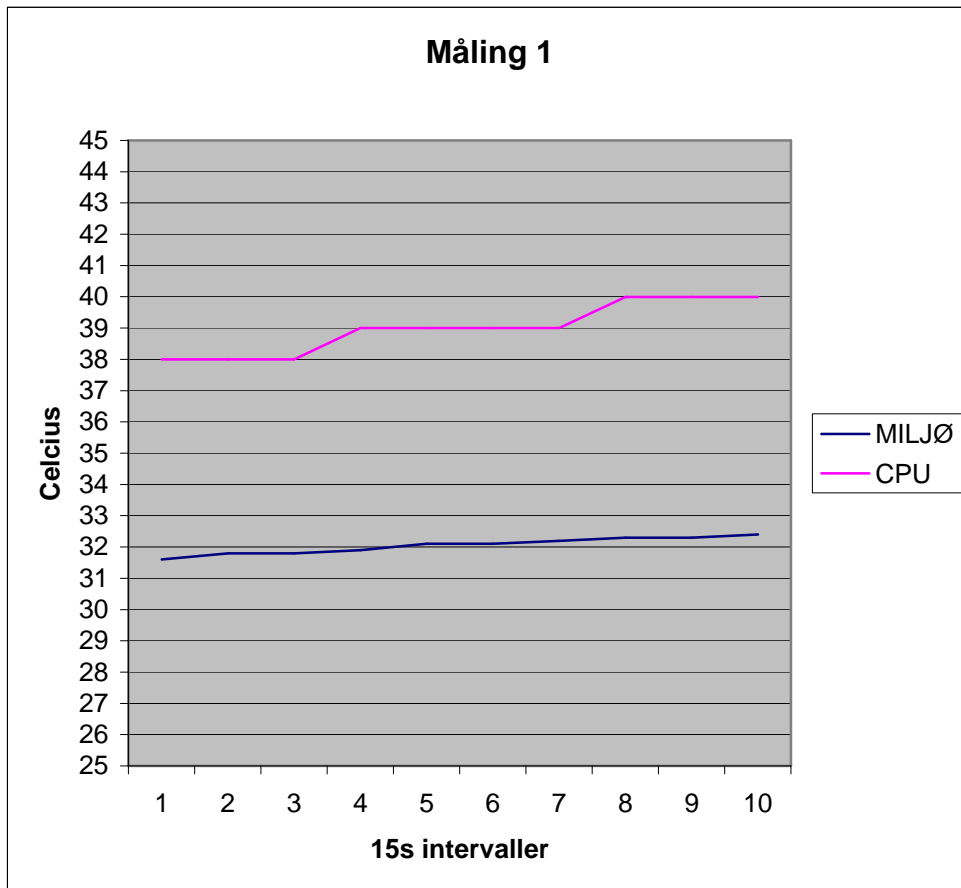
USB

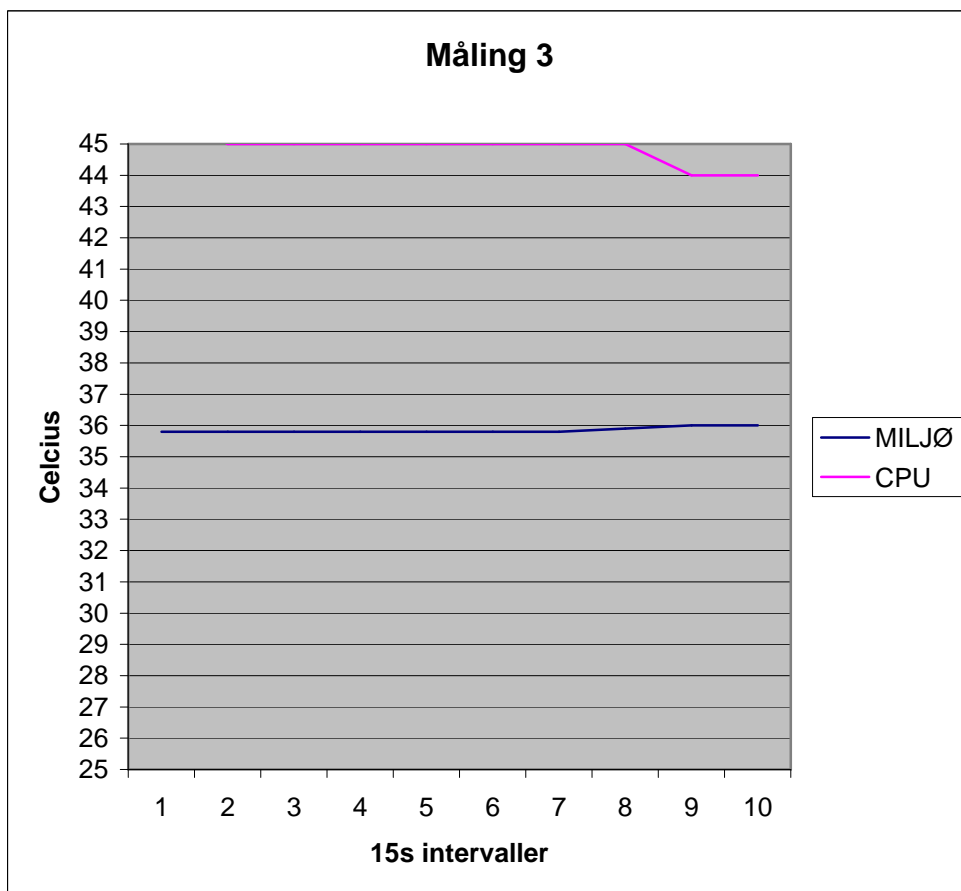
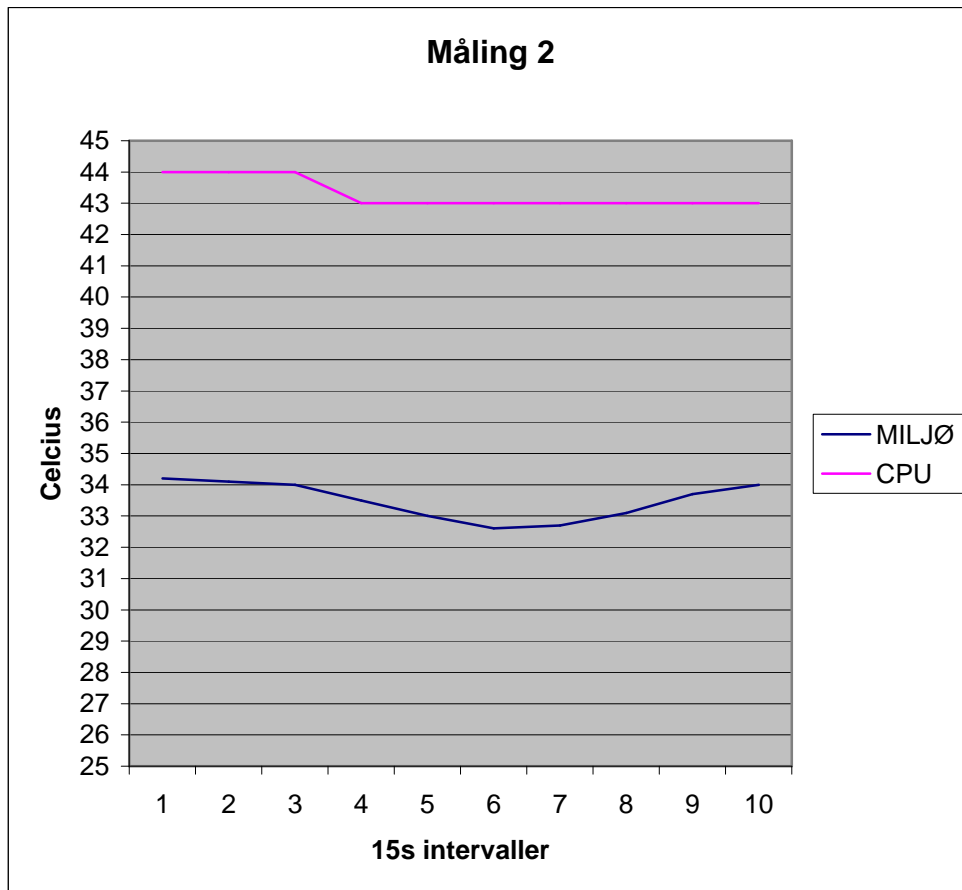
Universal Serial Bus

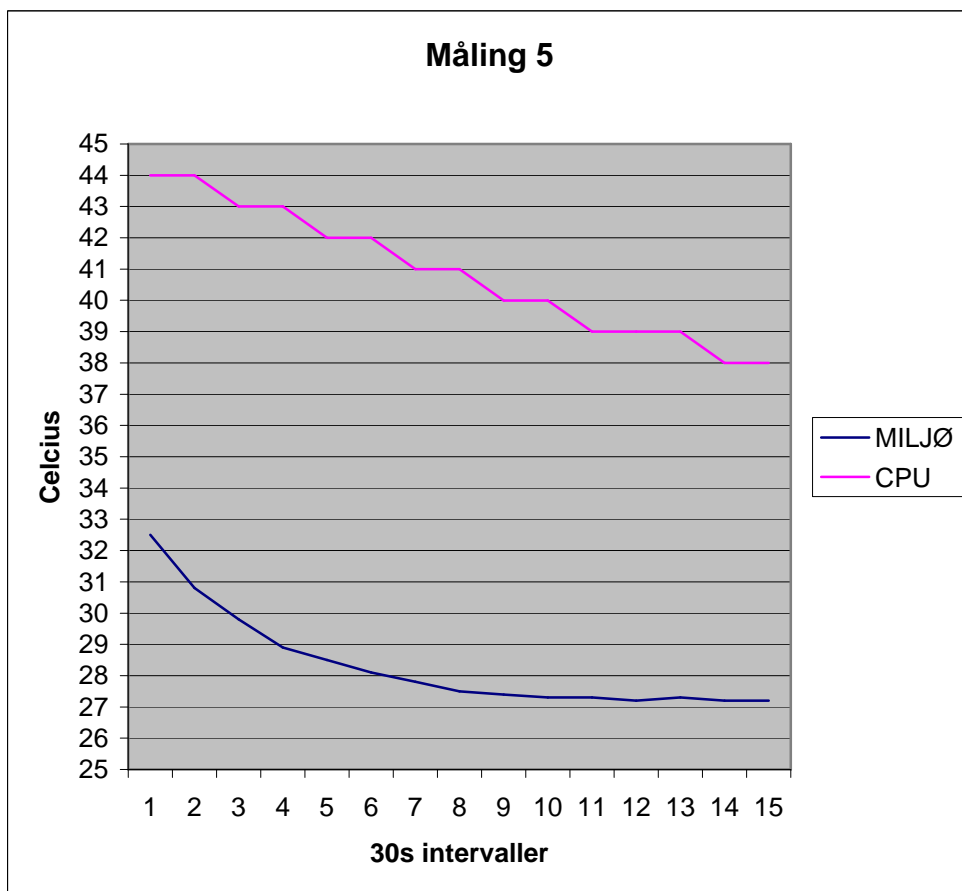
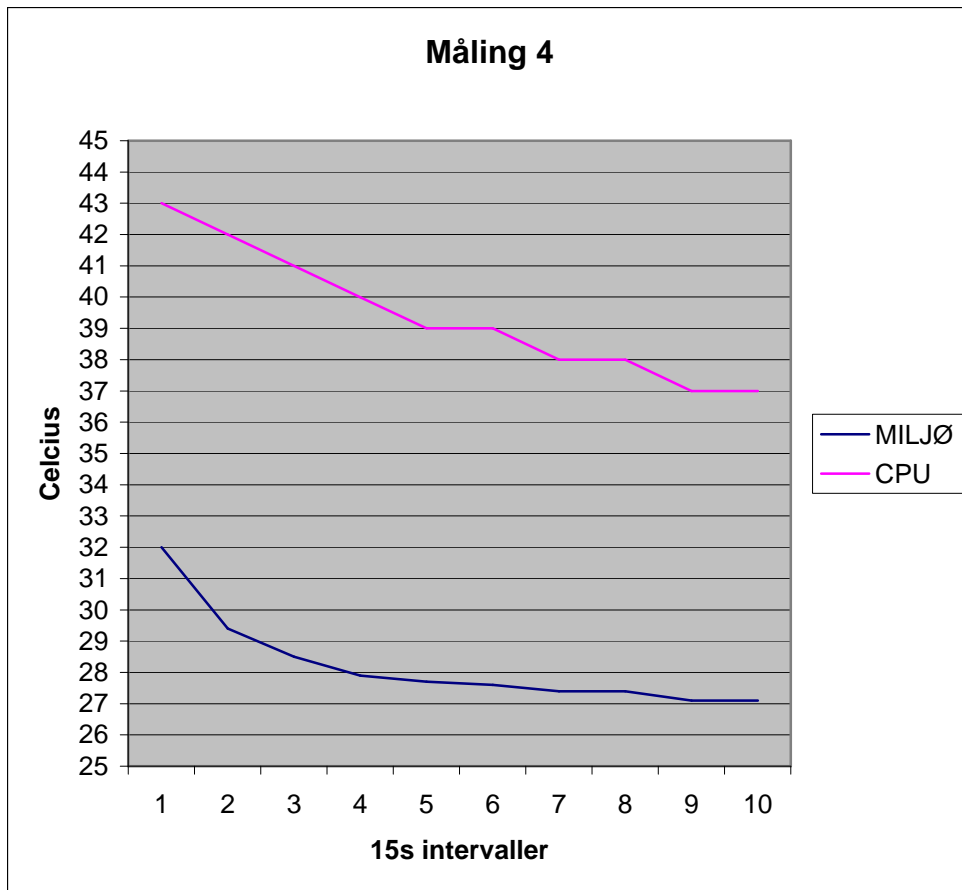
A Målinger

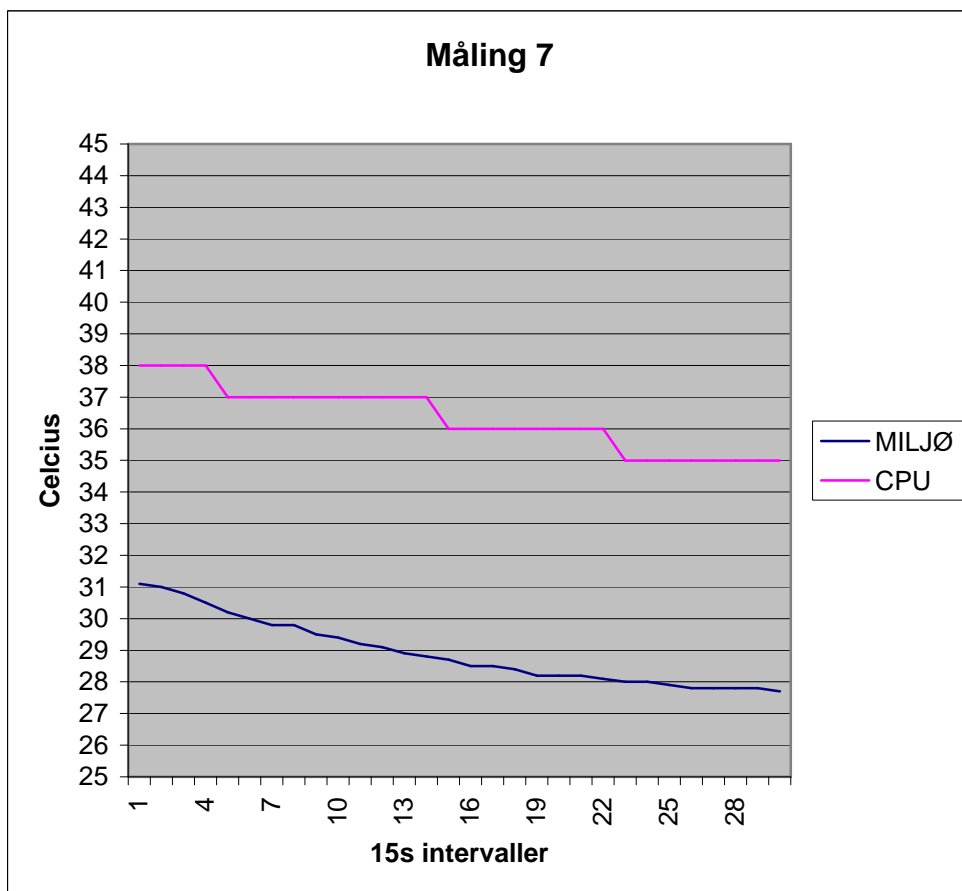
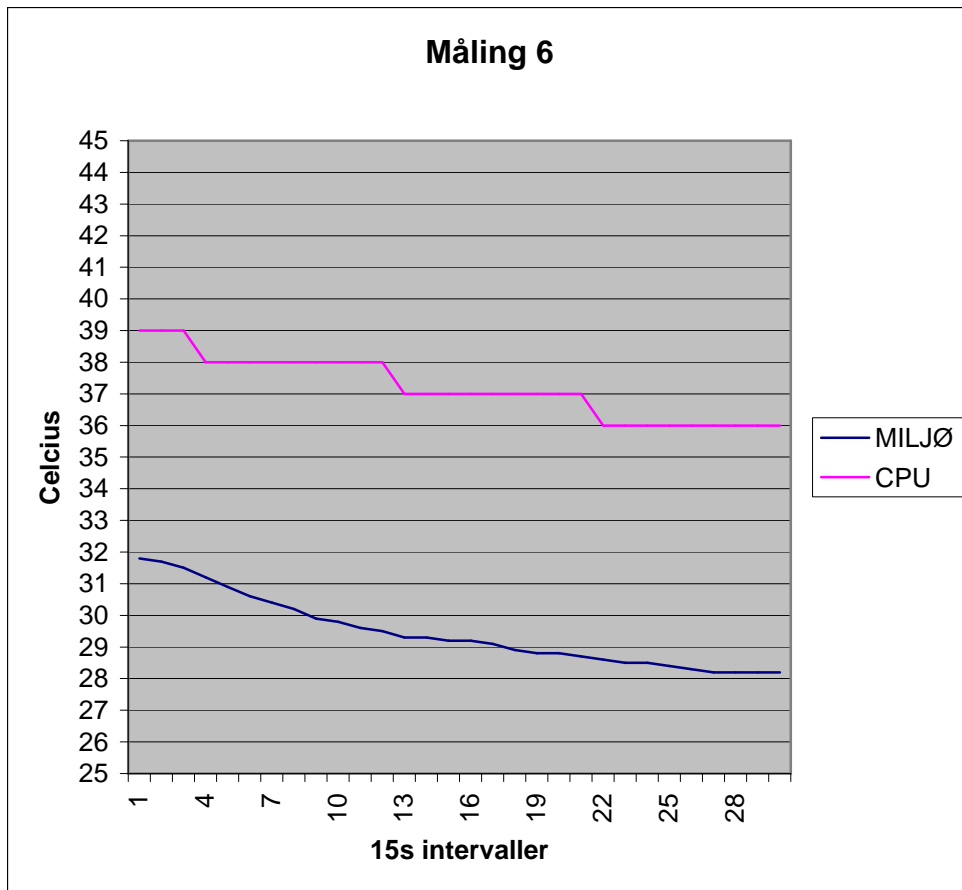
Temperaturen har blitt målt i grader celsius under alle målingene. Tiden mellom hvert målepunkt har forandret seg noe i løpet av målingene. Måling 1 til 16, unntatt måling 5, har 15 sekunder mellom hver gang temperaturen måles. De resterende målingene har hatt 30 sekunders intervaller. Denne informasjonen gjelder både for grafene og tabellene.

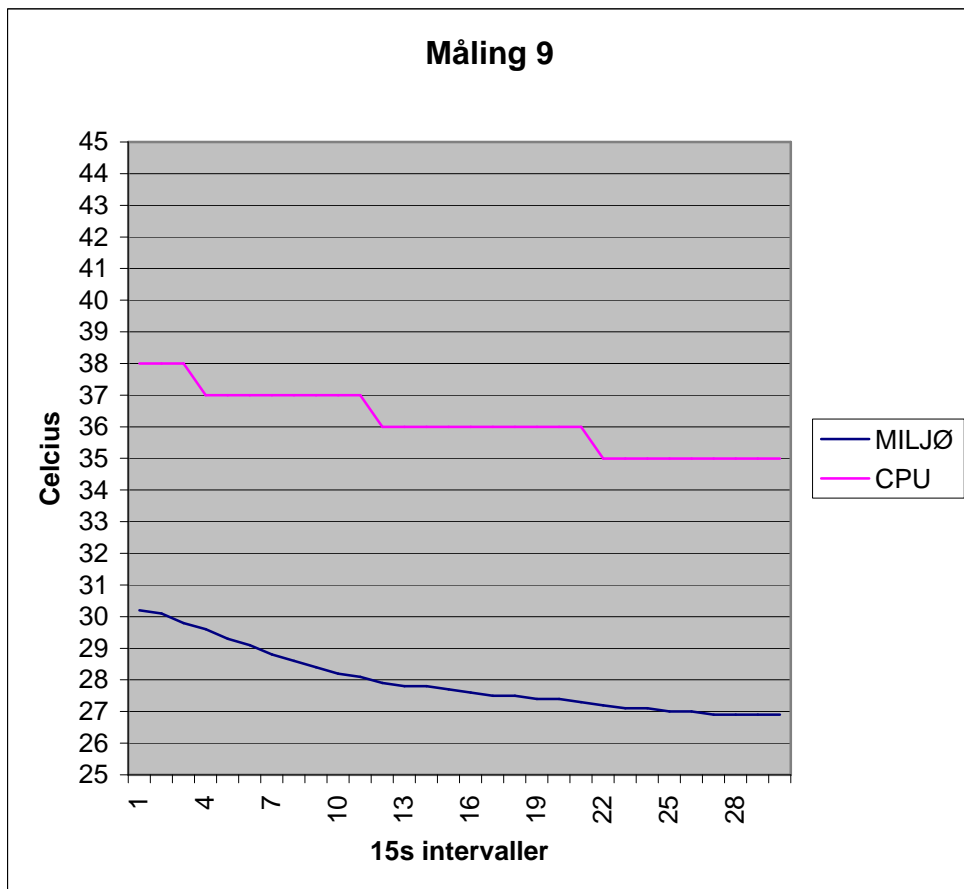
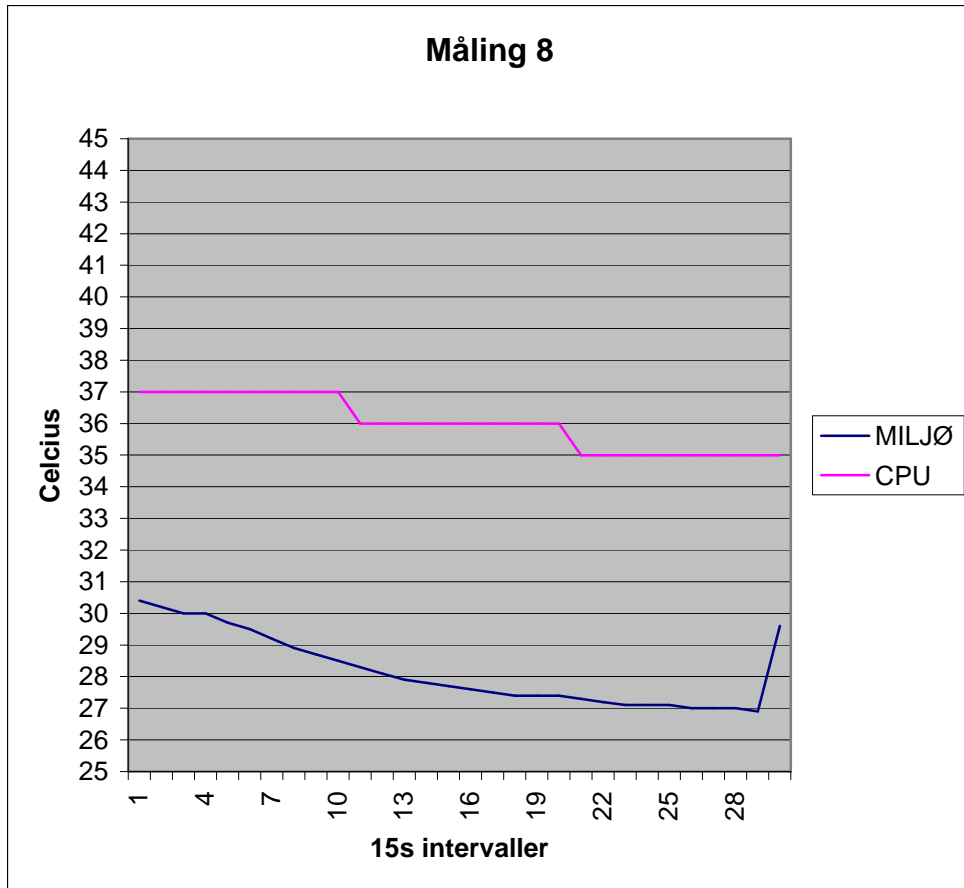
A.1 Grafer

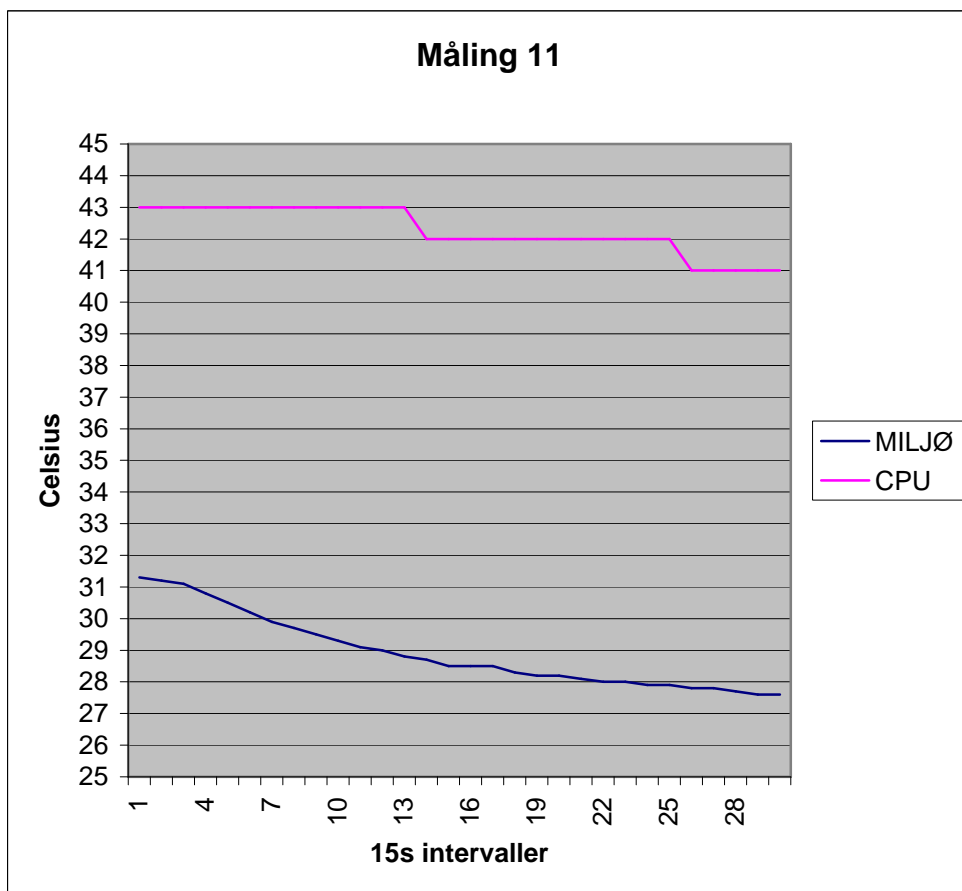
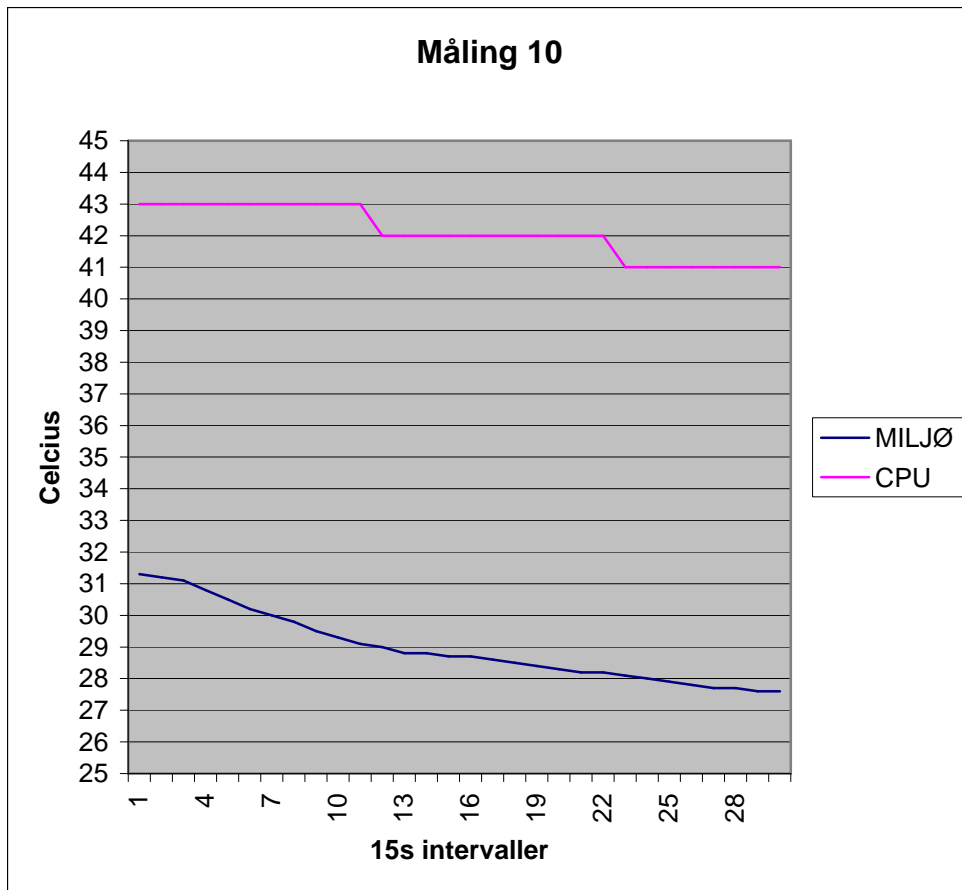


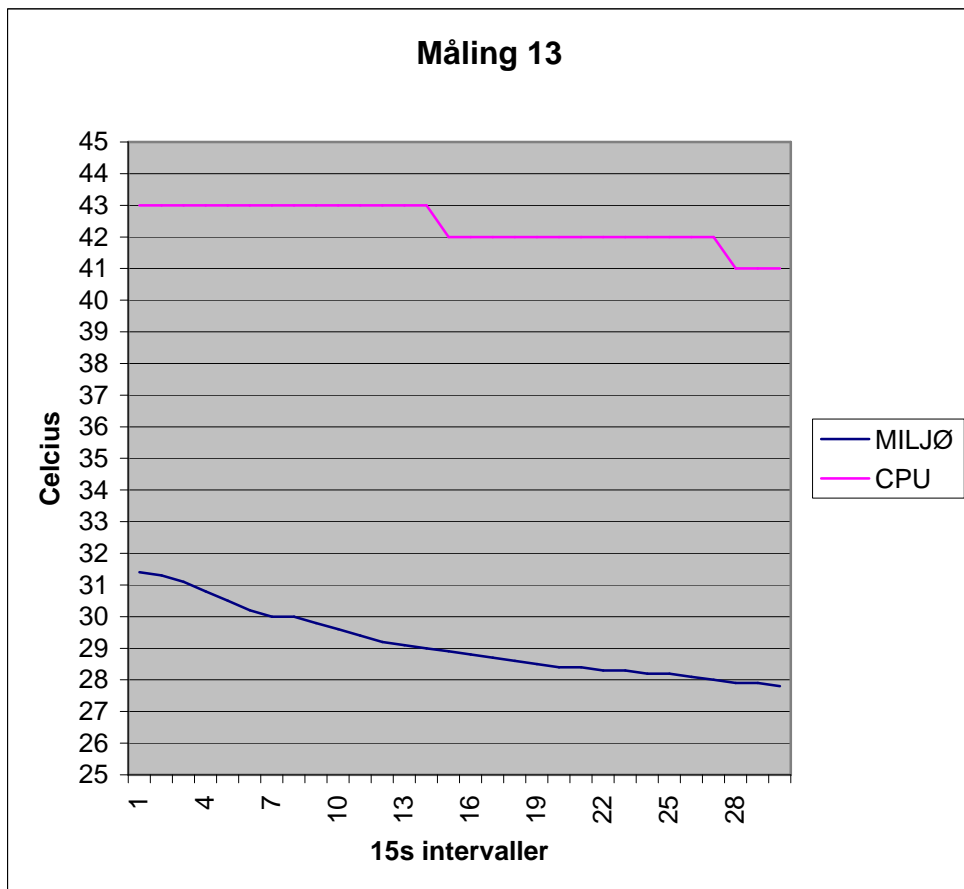
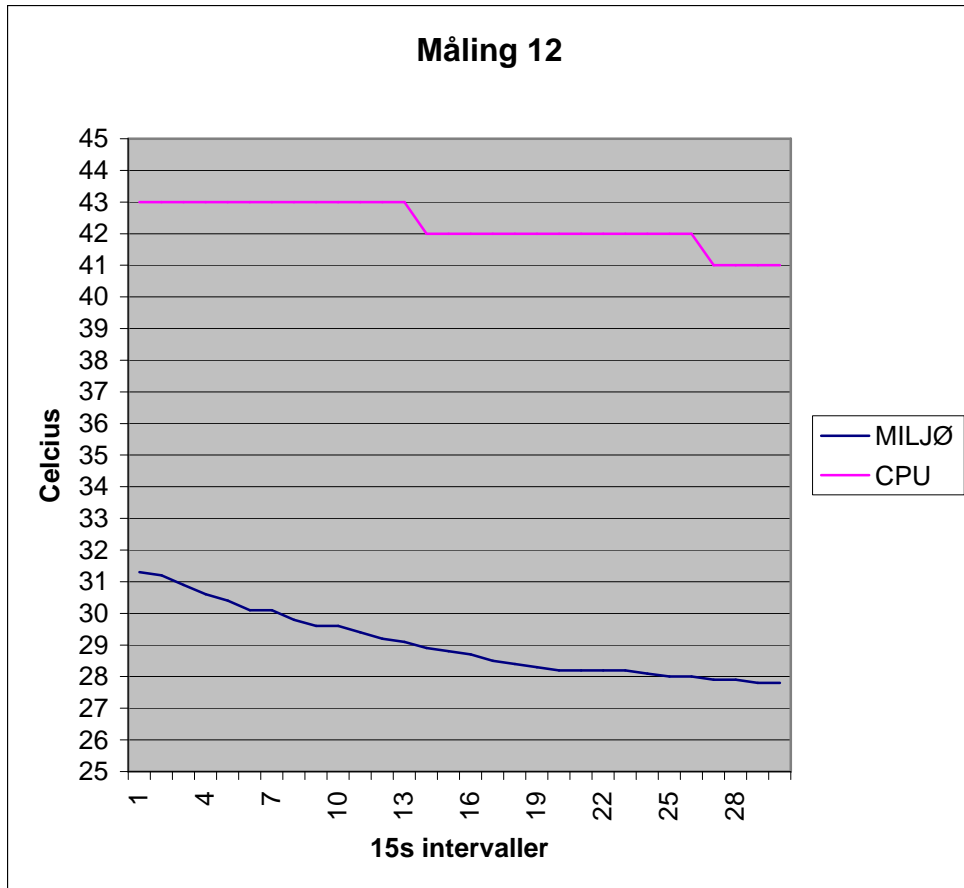


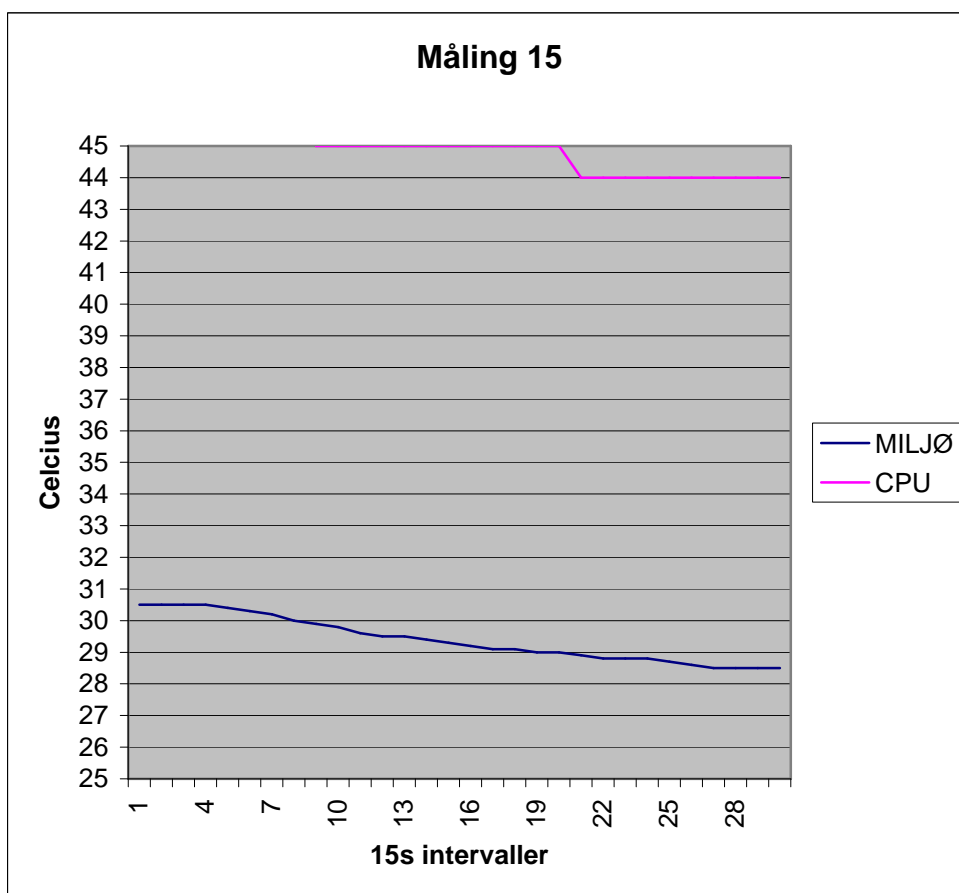
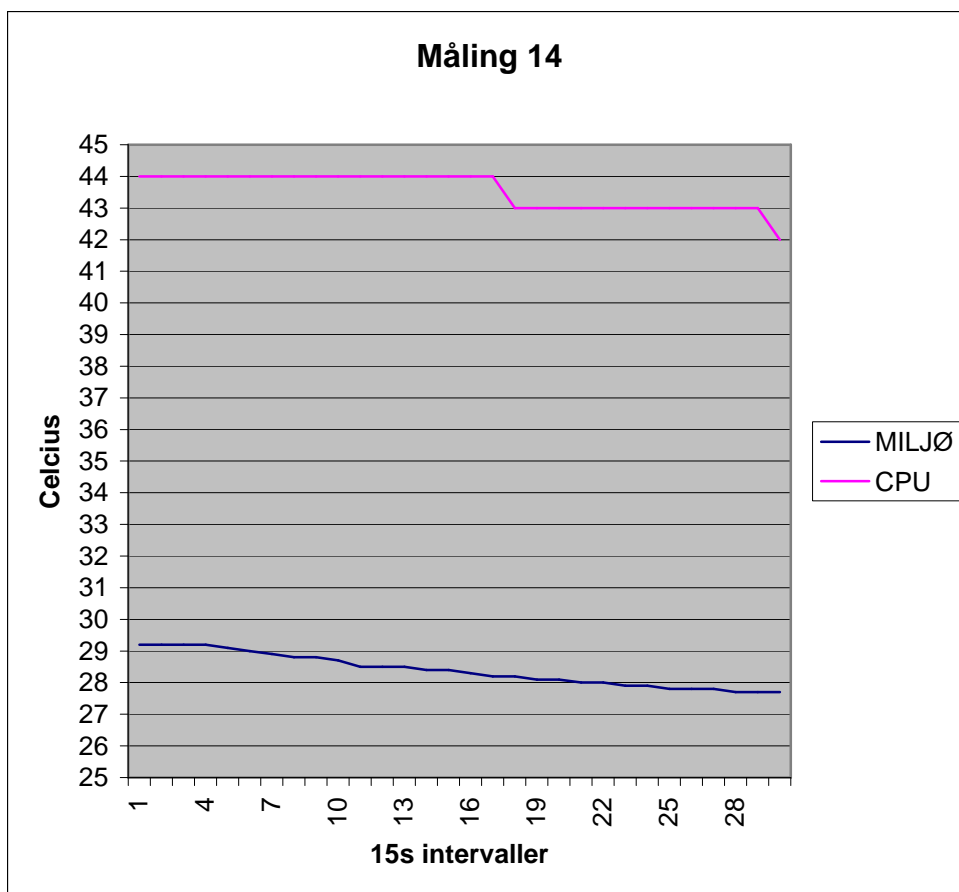


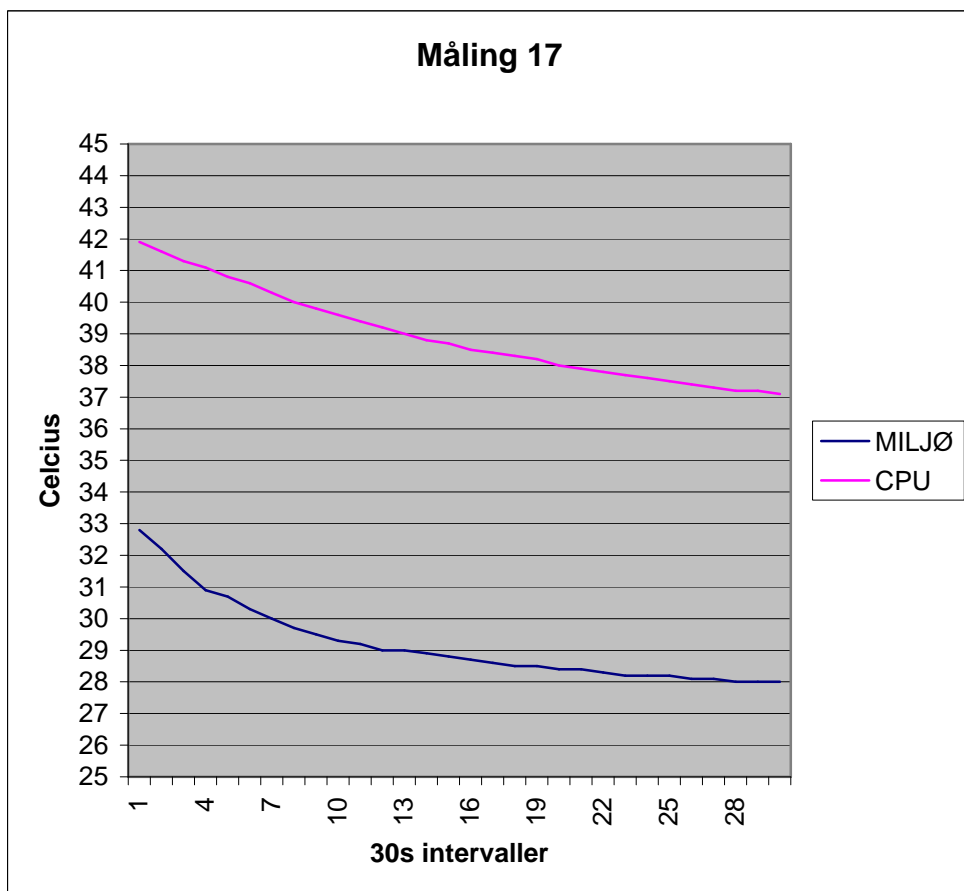
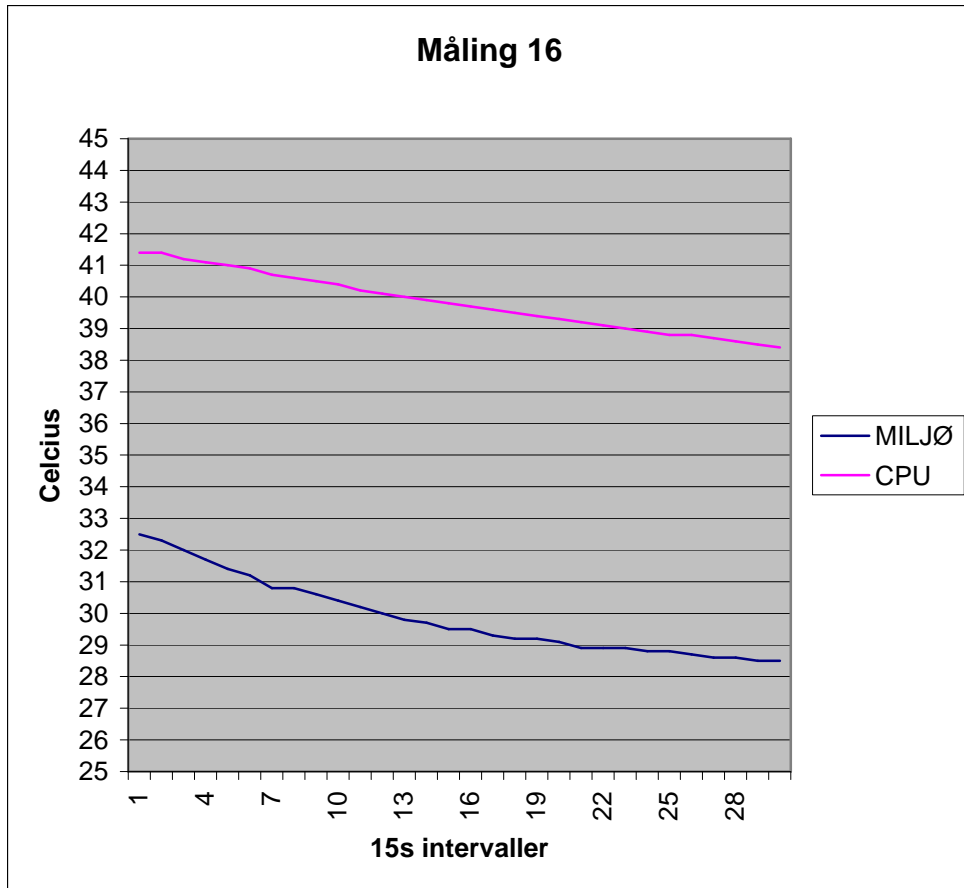


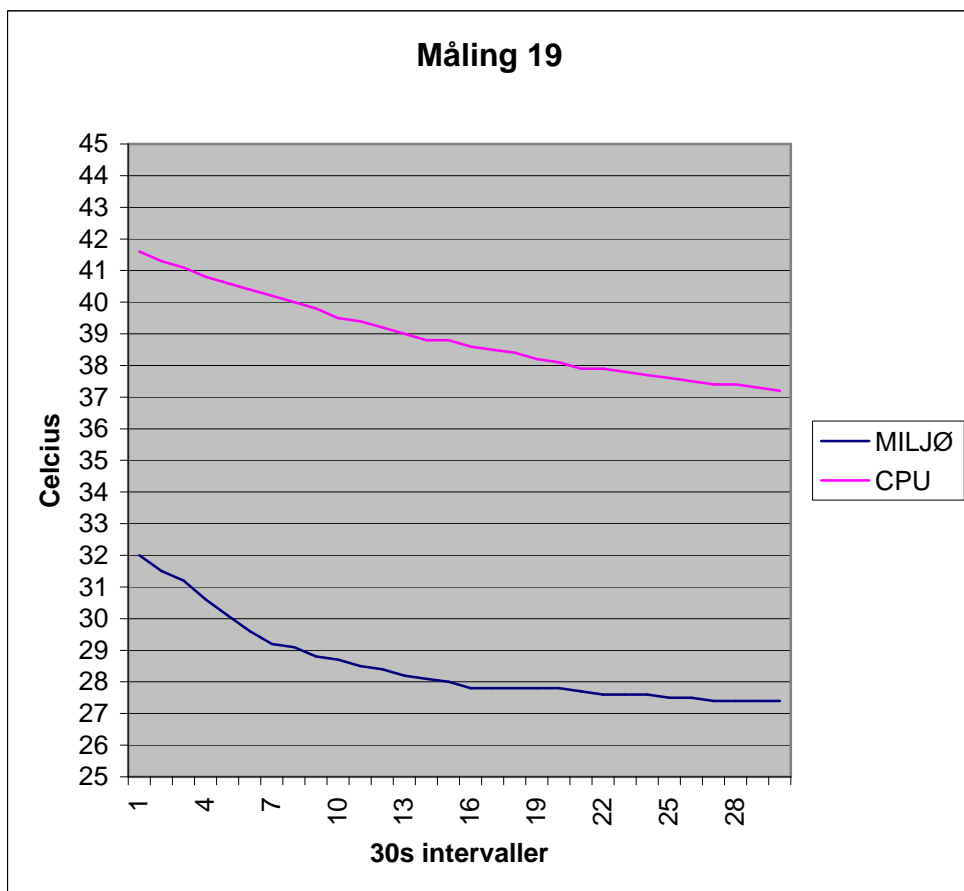
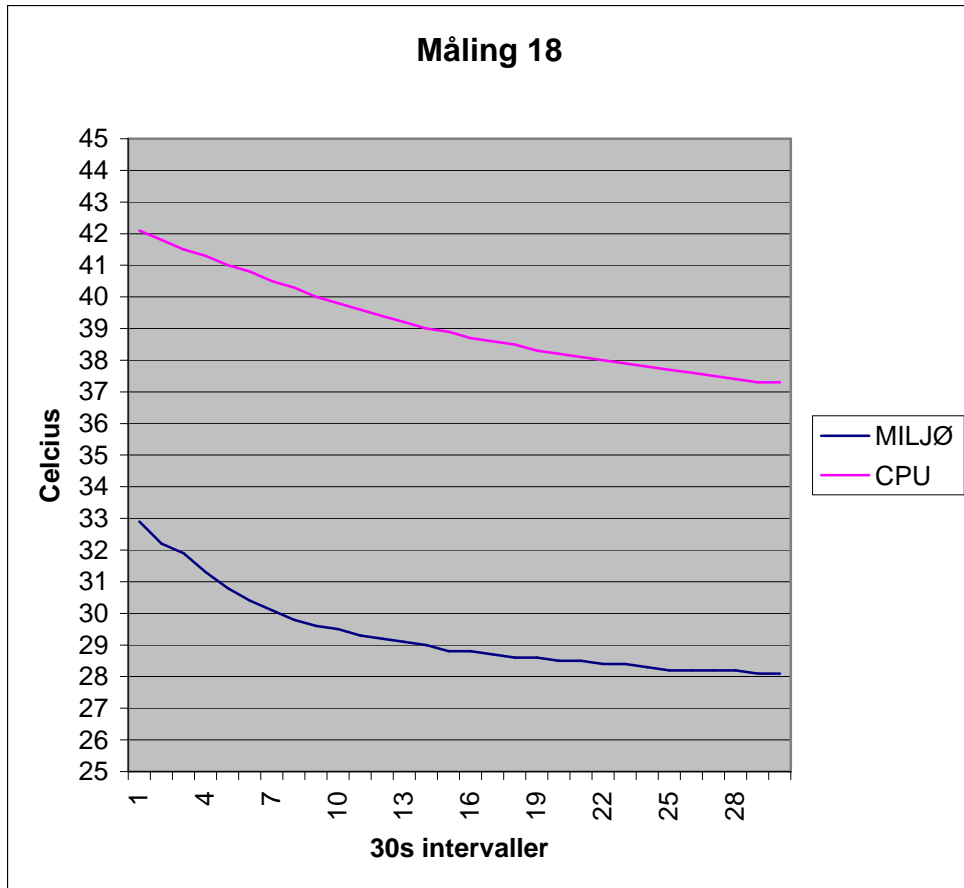


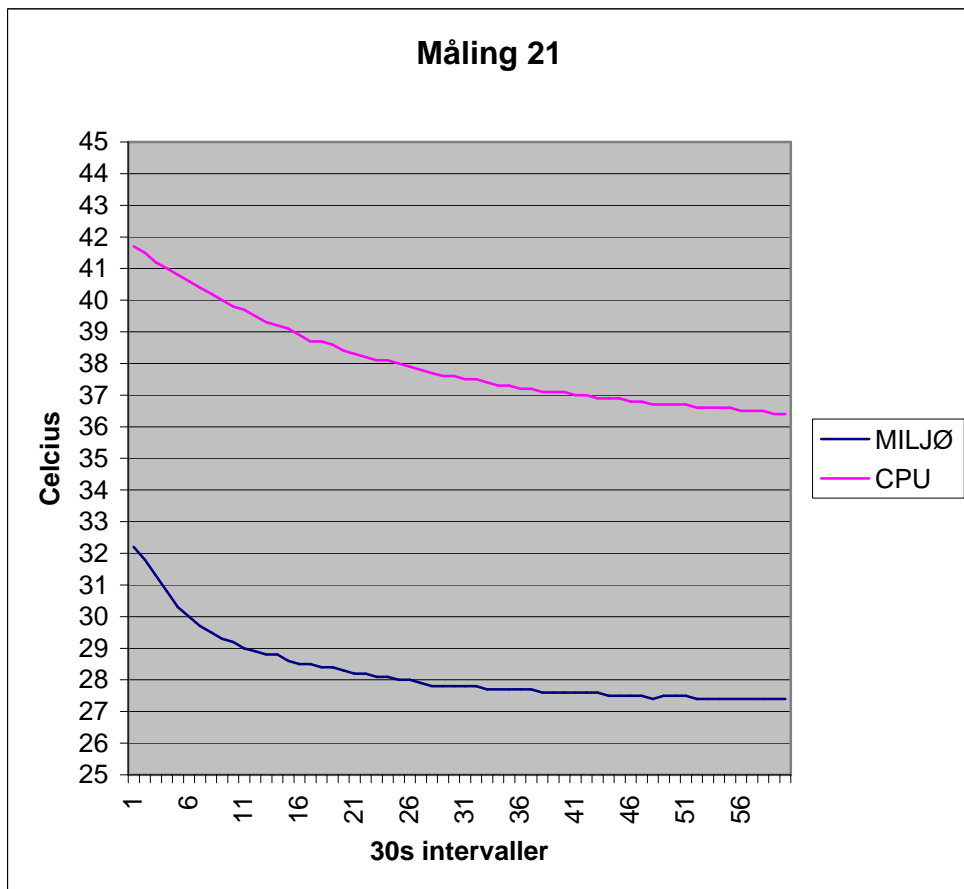
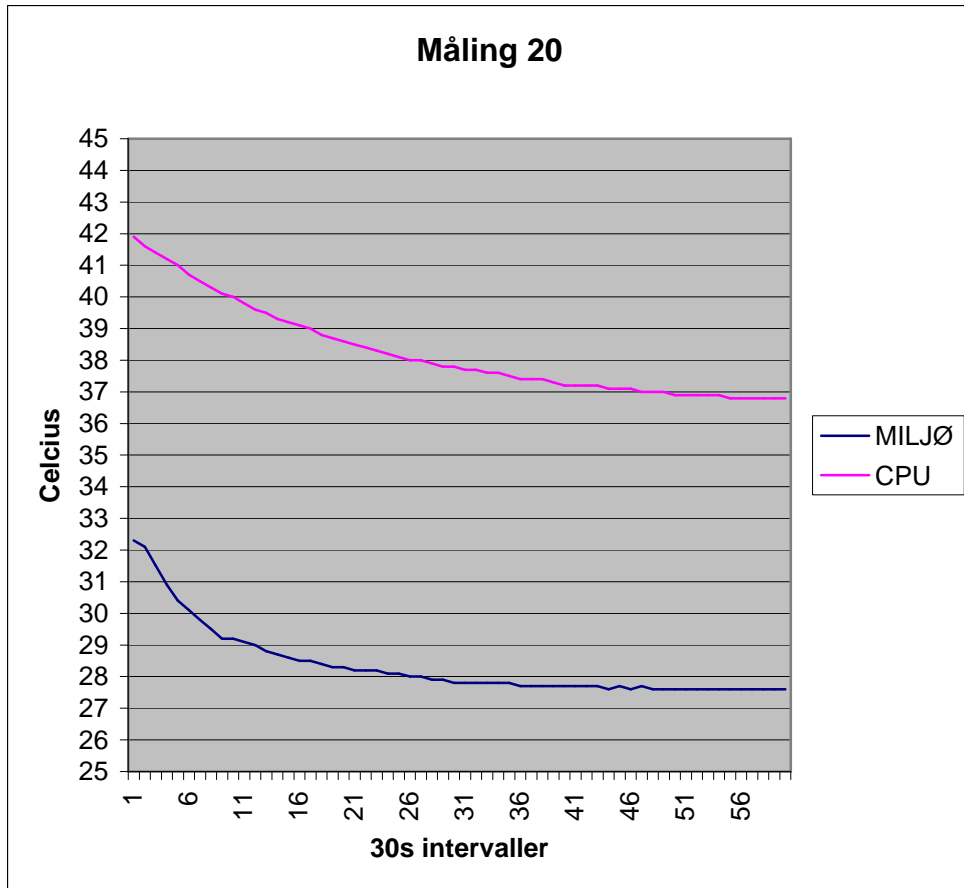


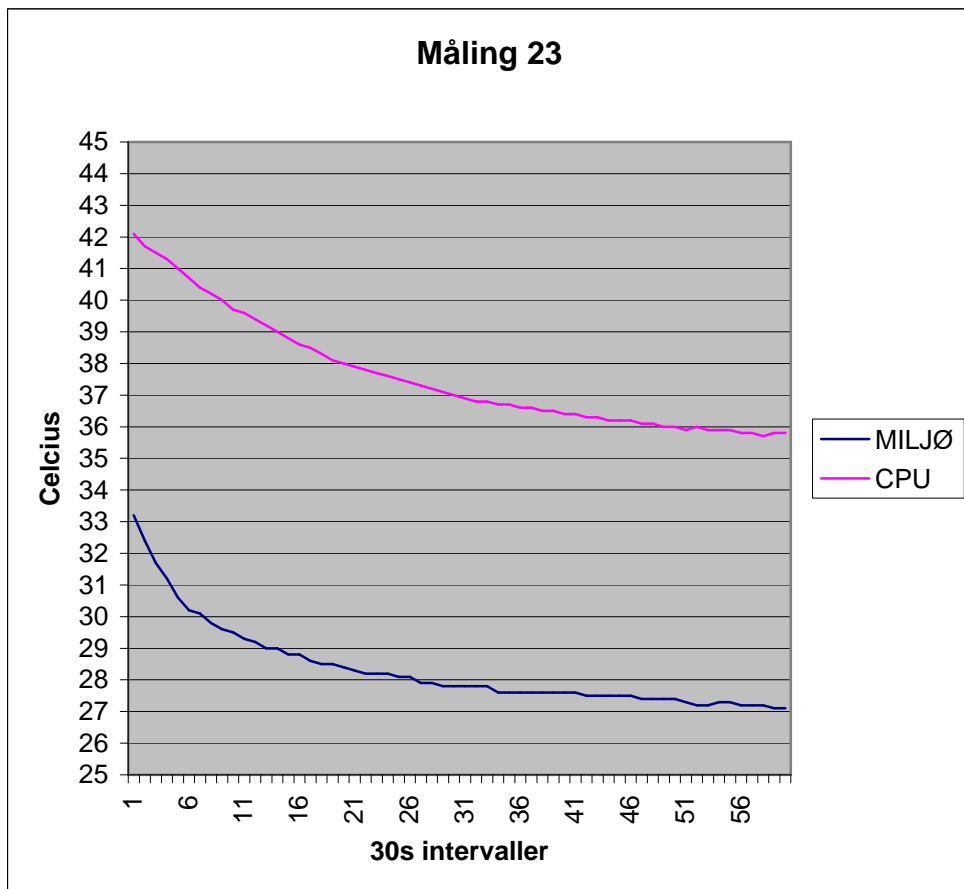
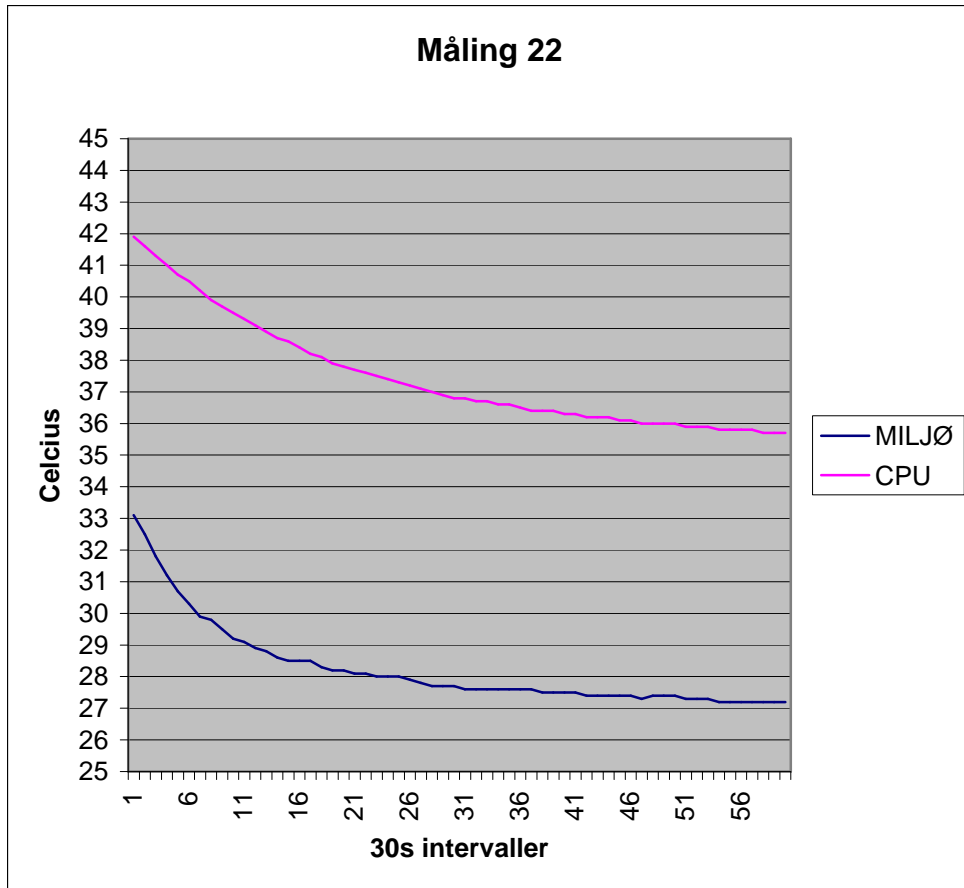


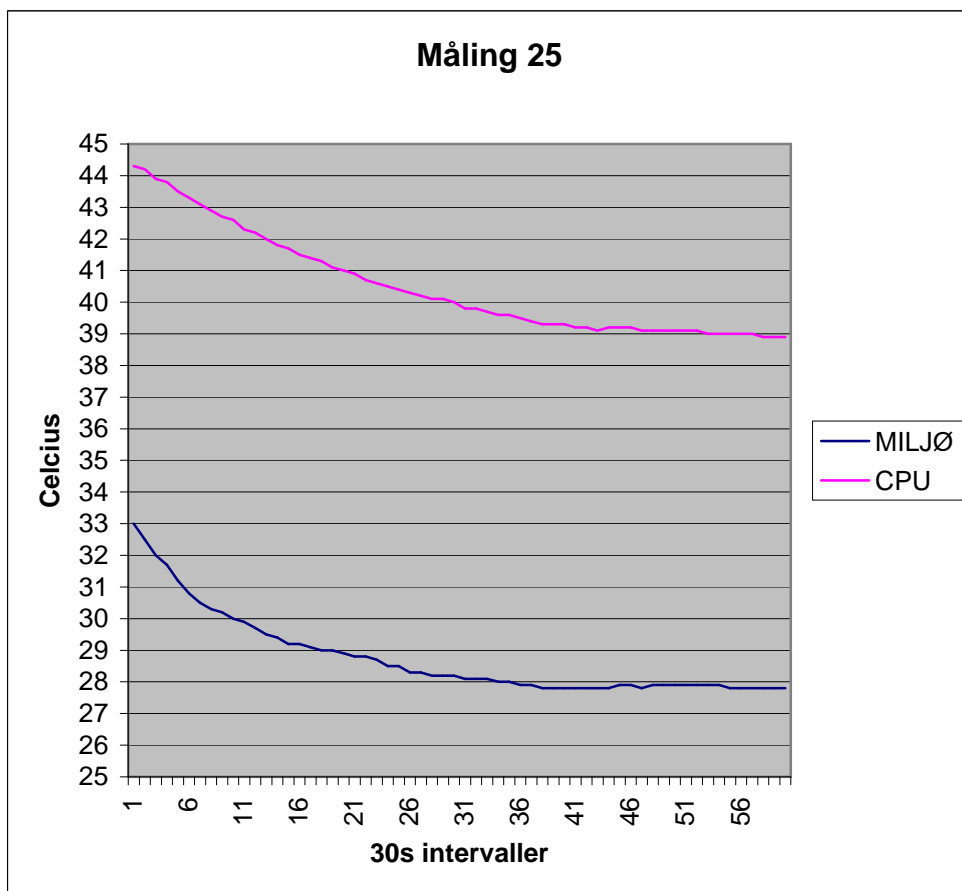
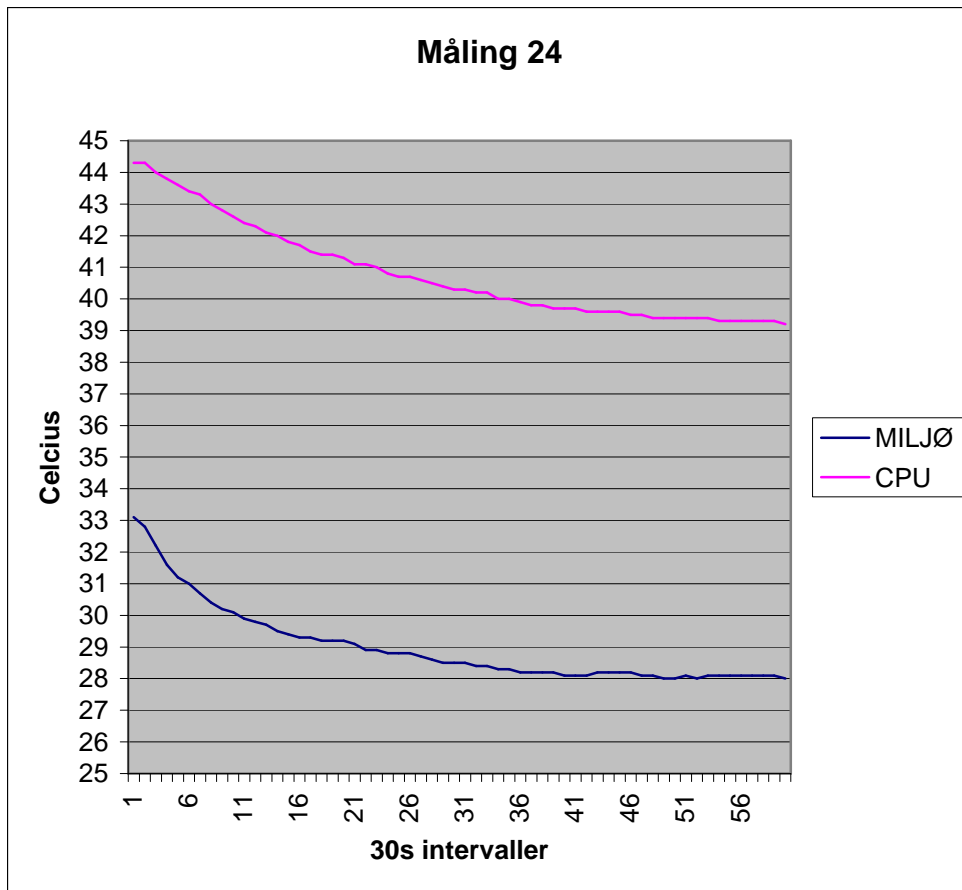


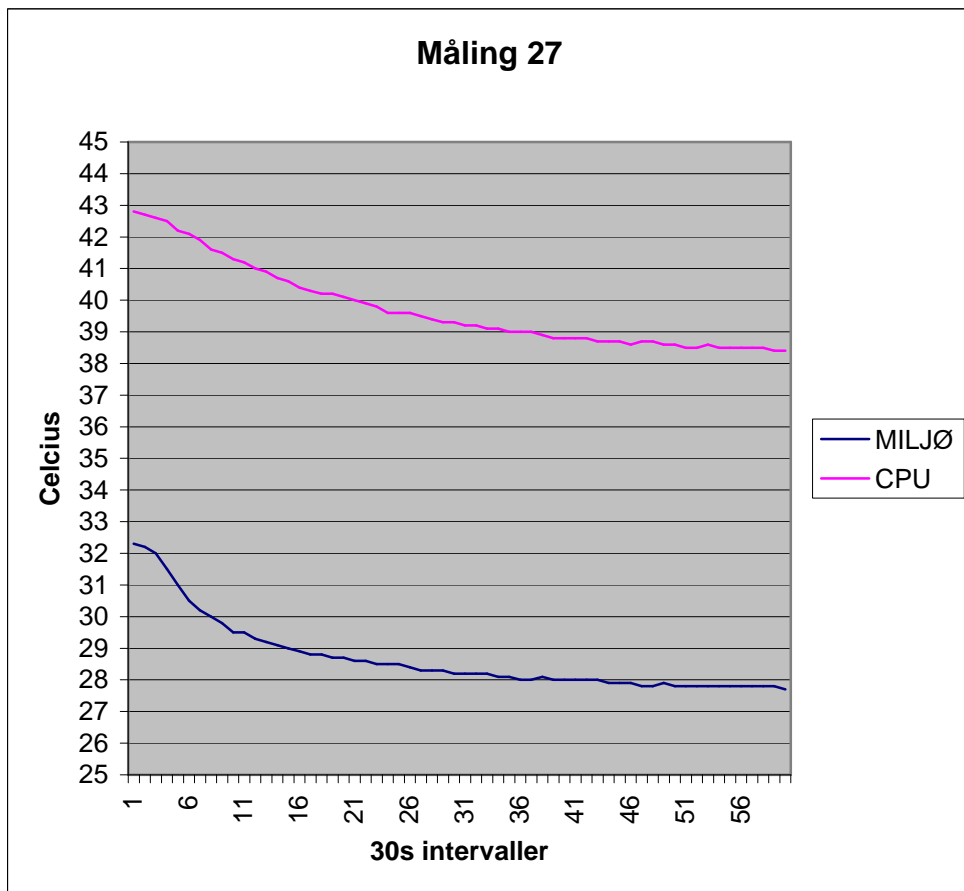
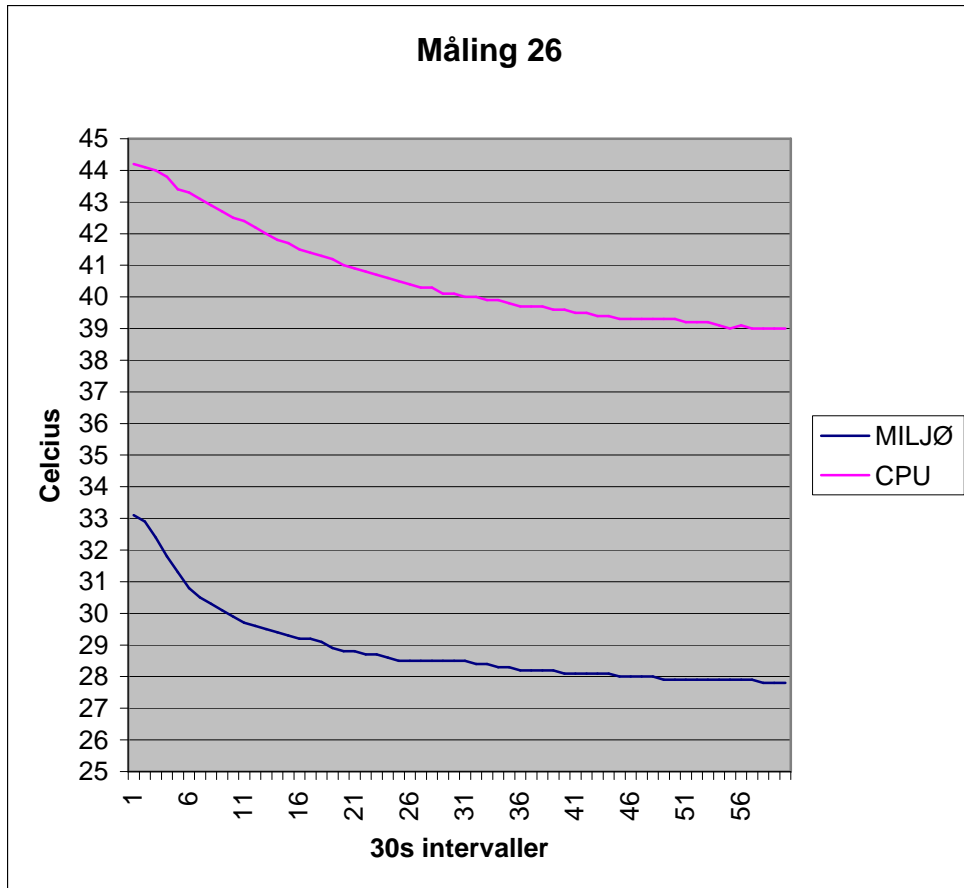


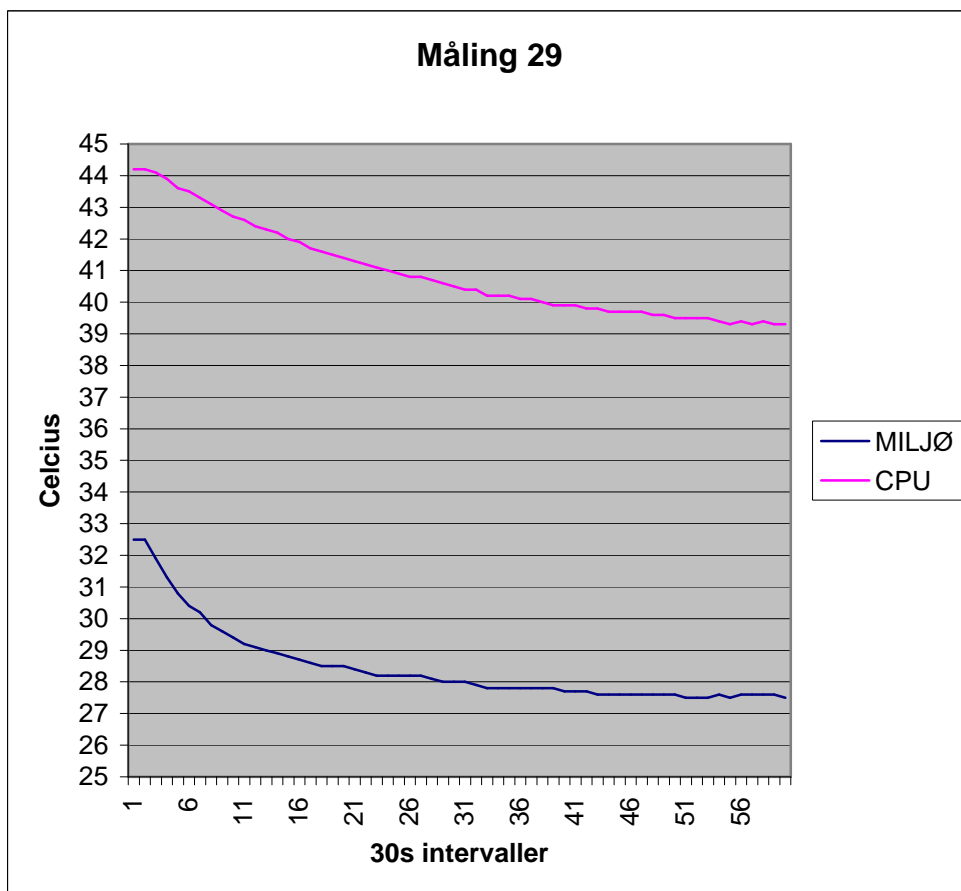
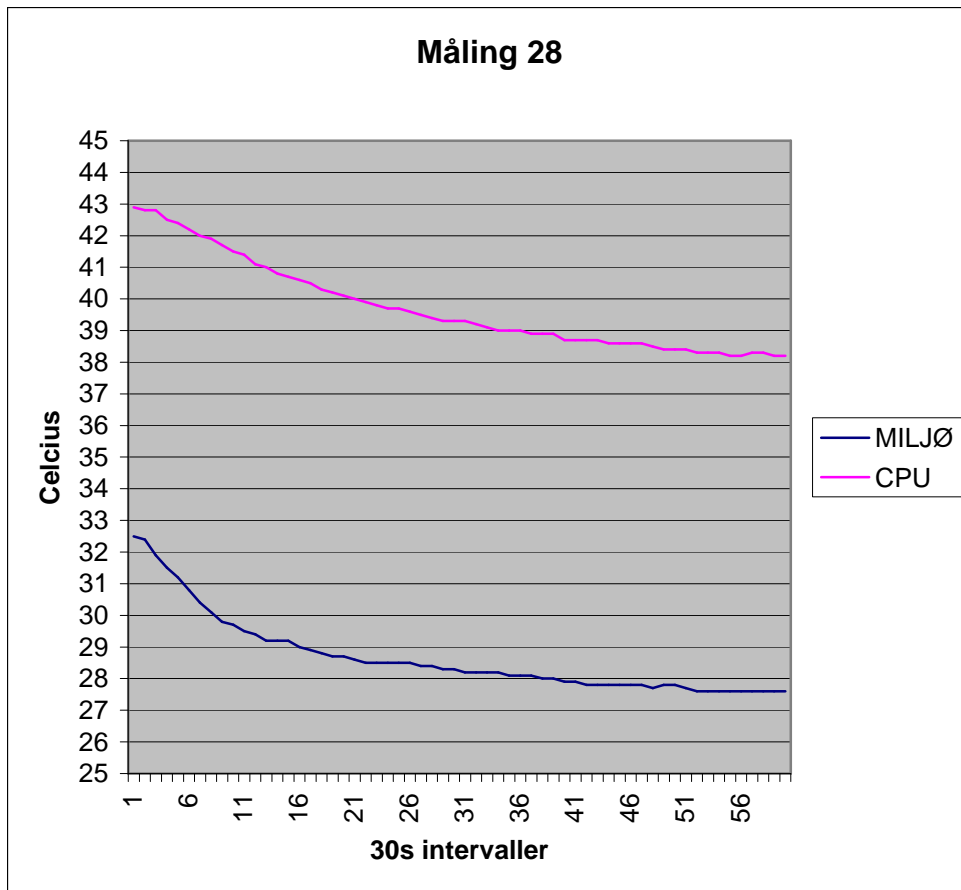


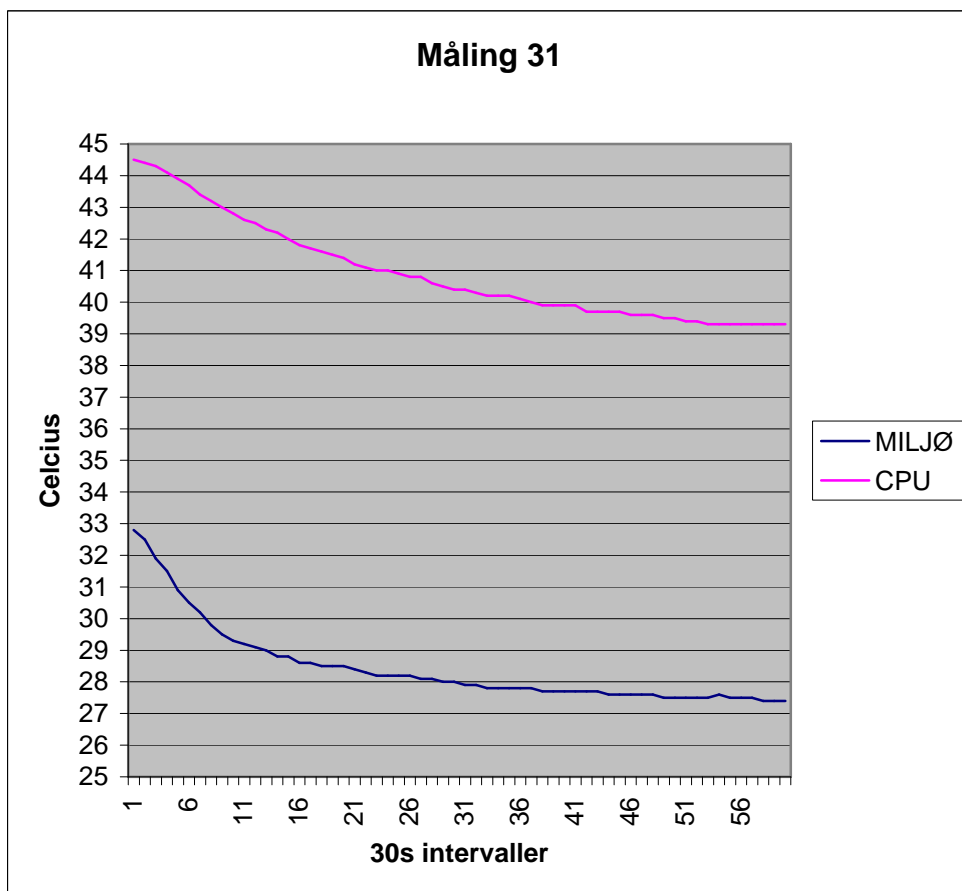
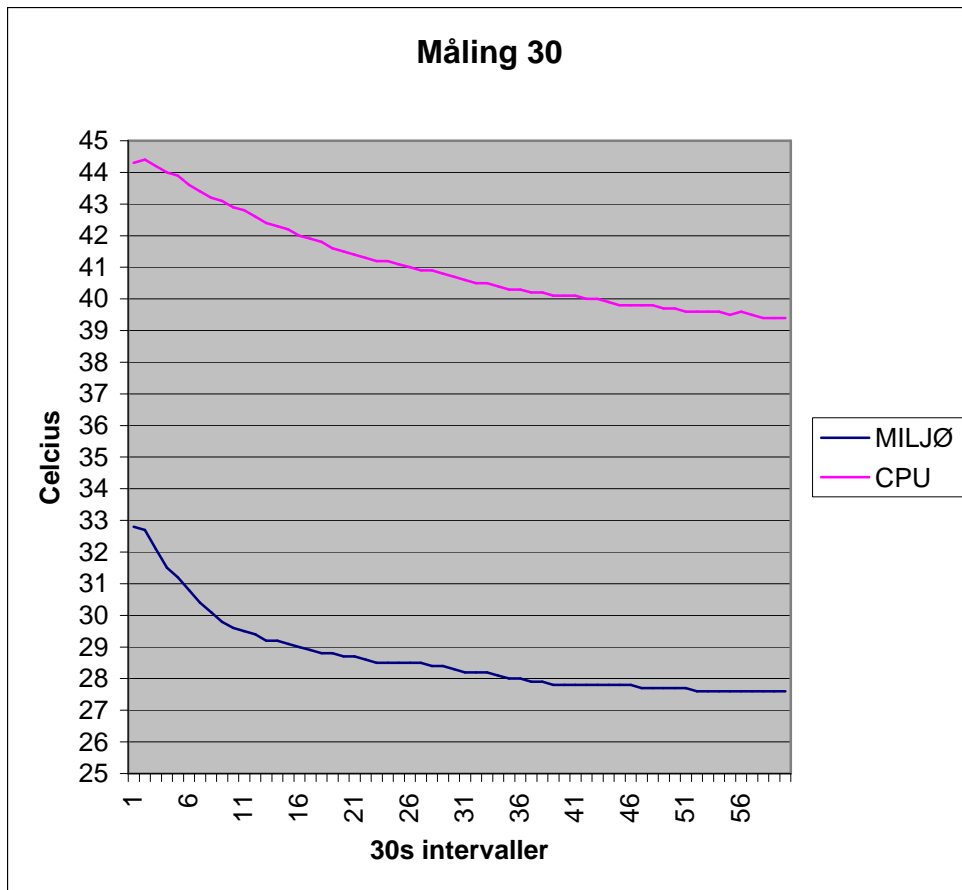


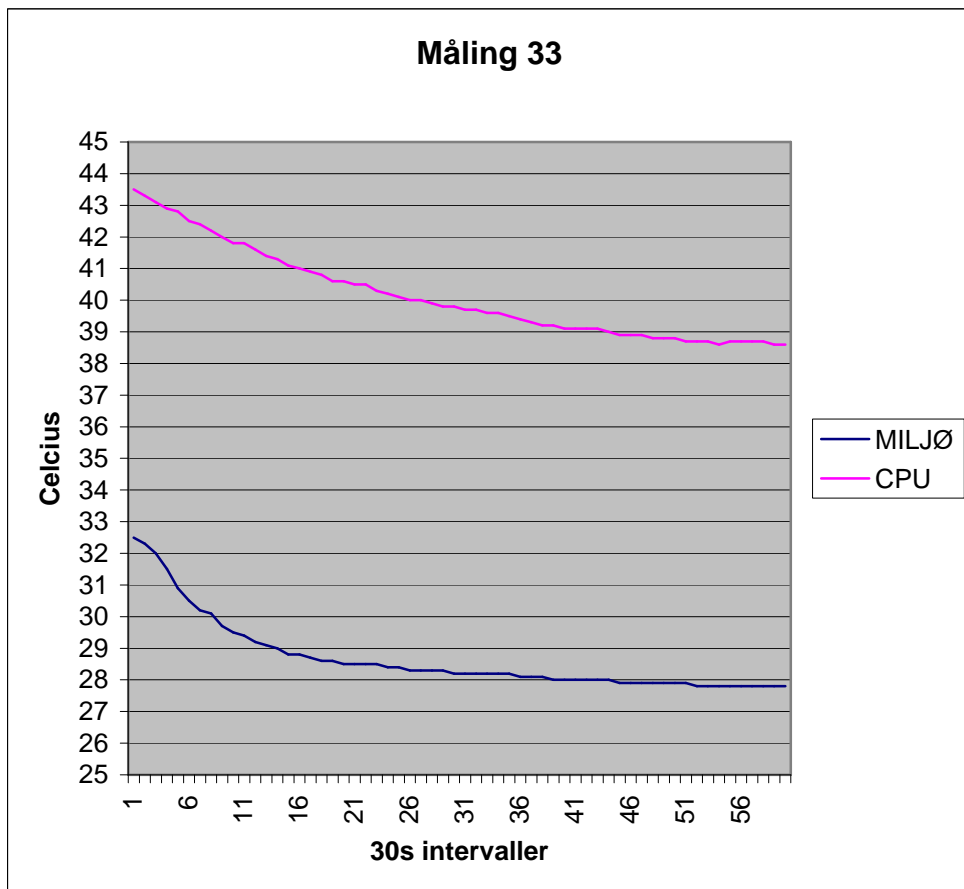
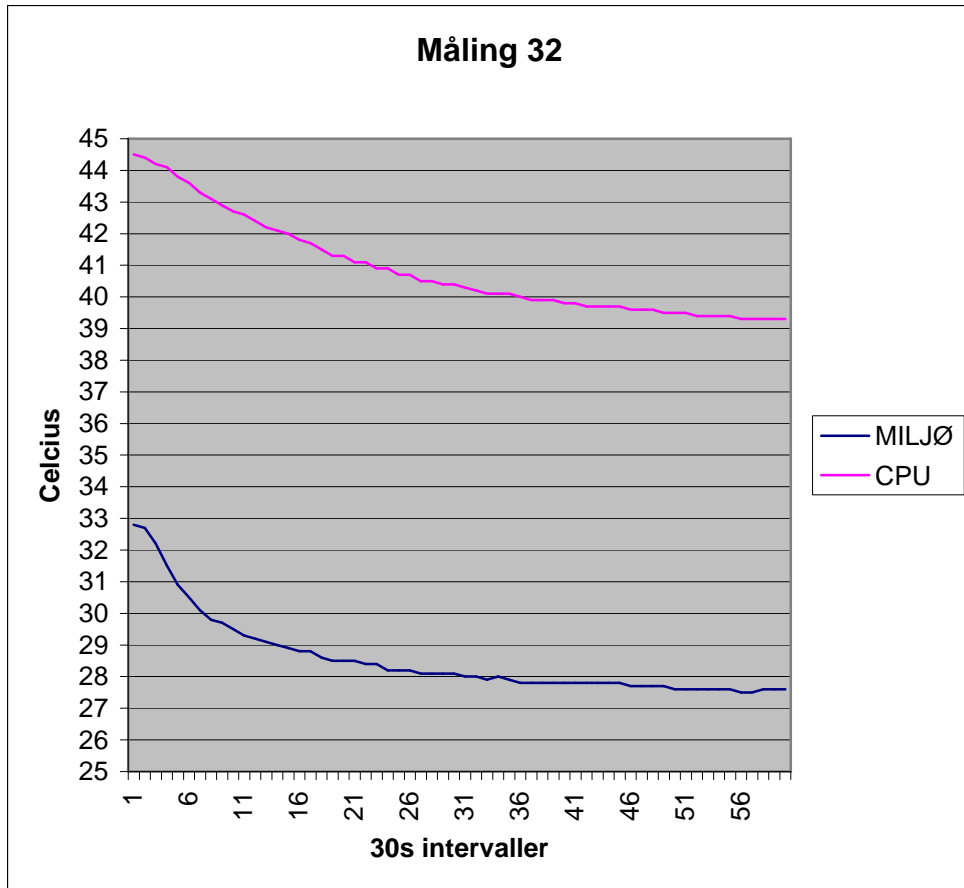


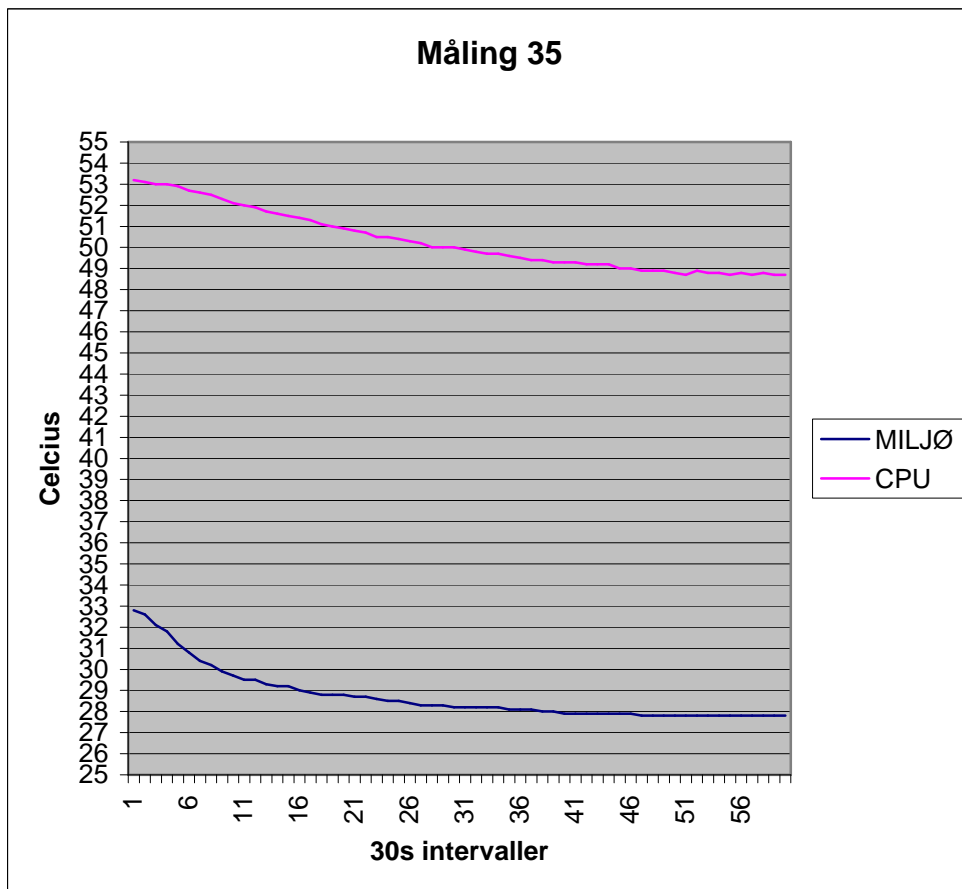
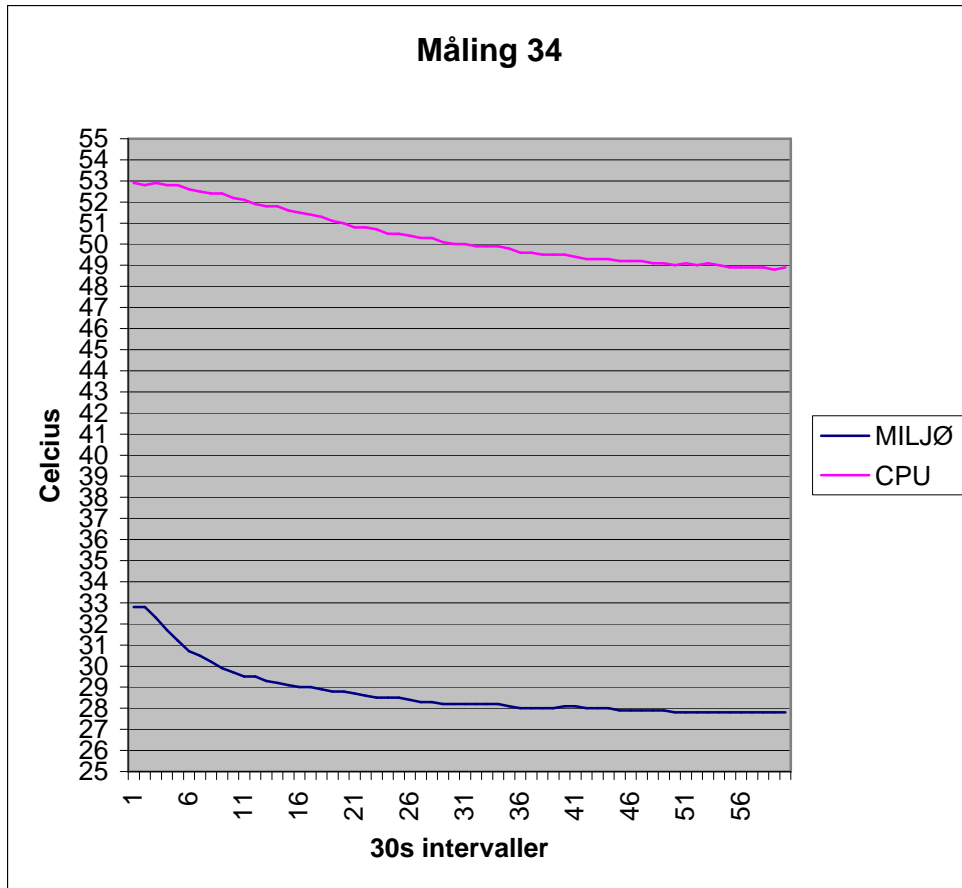


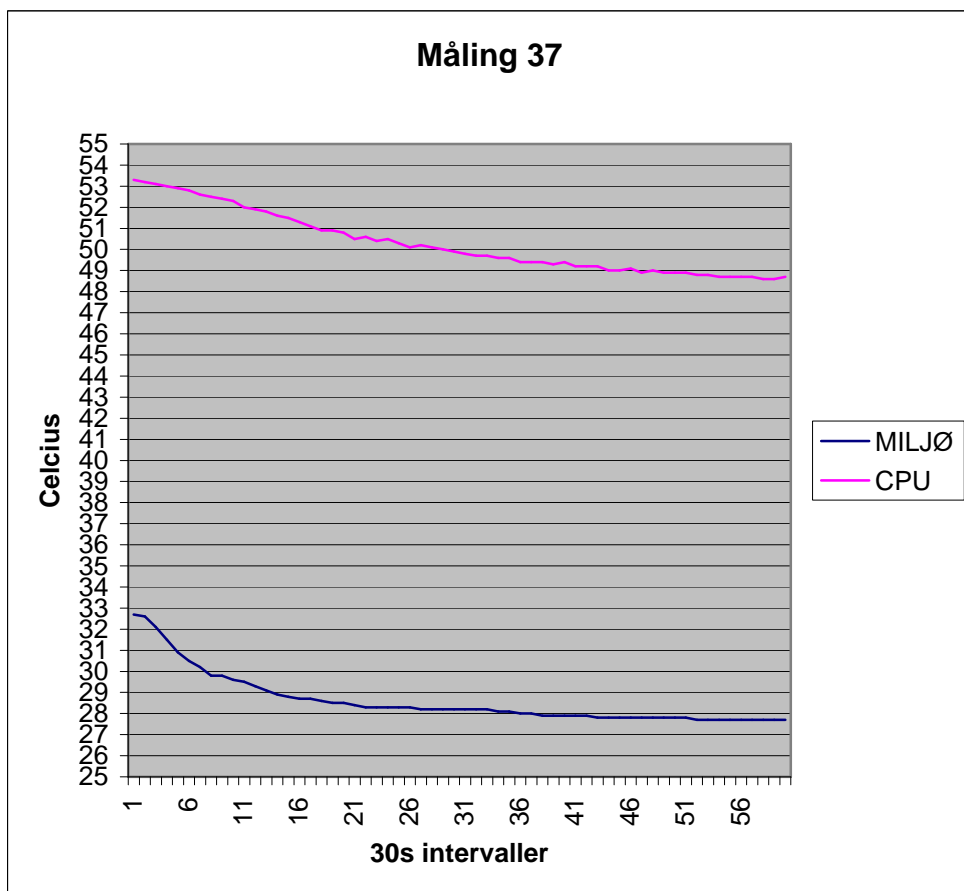
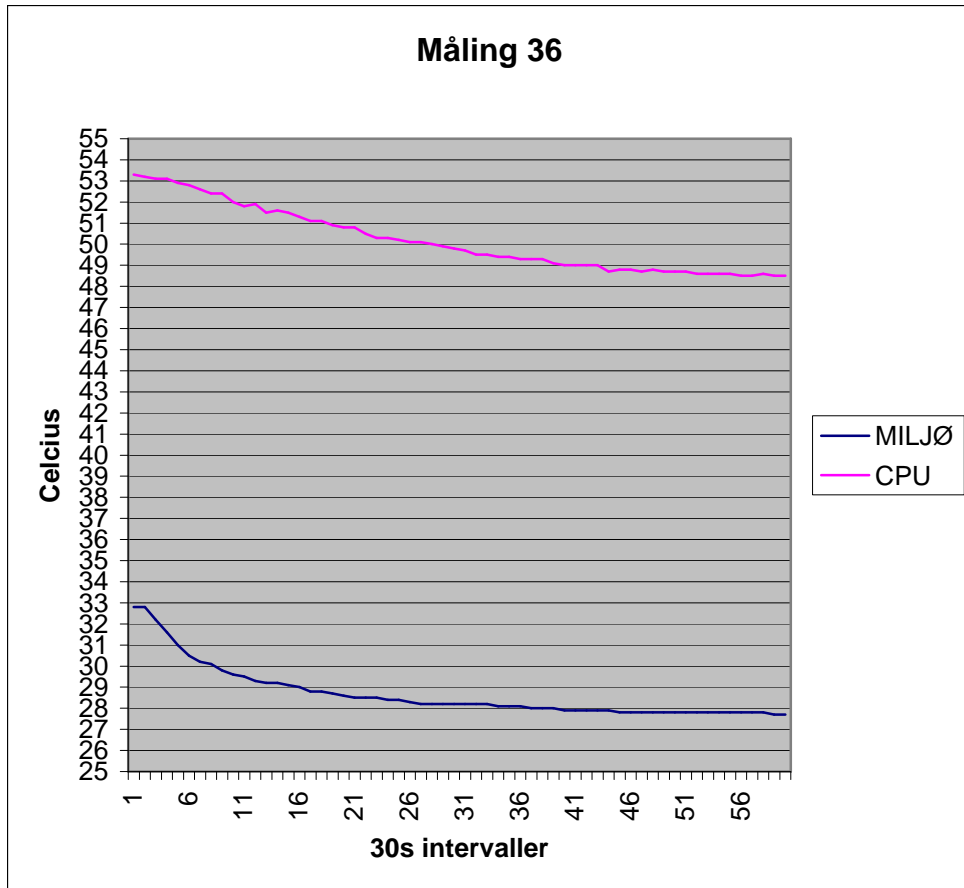


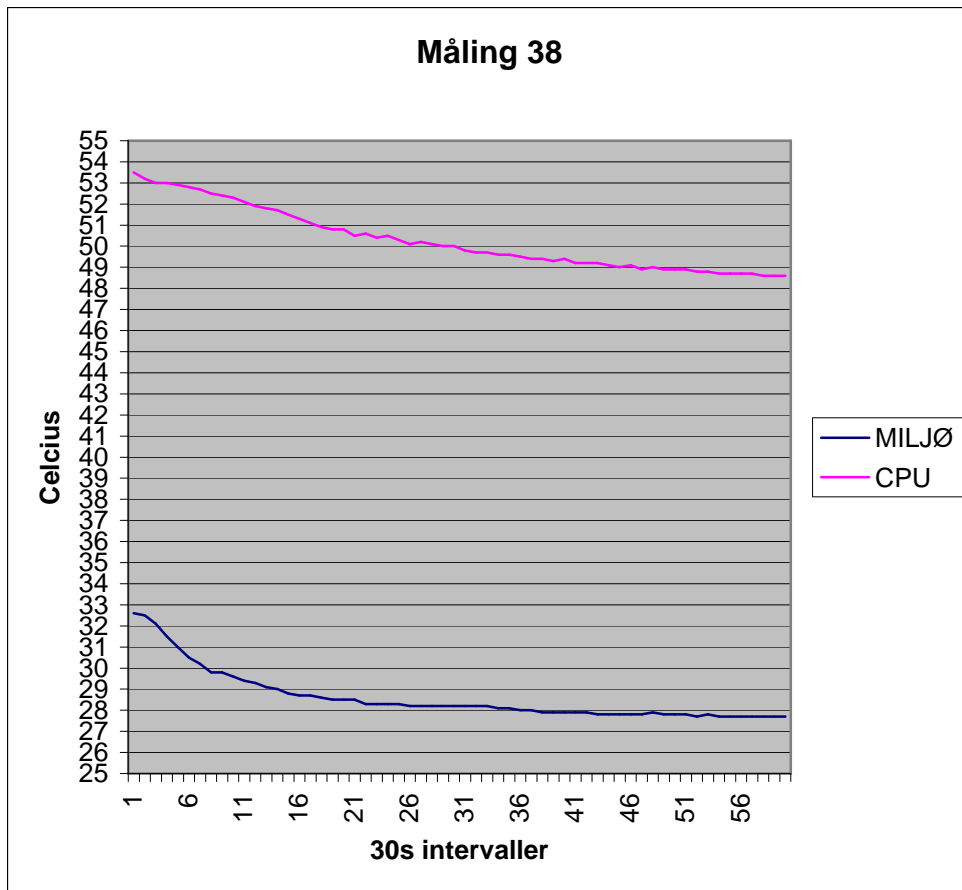












A.2 Tabeller

TID er intervaller på 15 eller 30 sekunder som beskrevet i A.1. Mens MILJØ og CPU er temperaturer som måles i grader celcius.

Måling 1

TID	MILJØ	CPU
1	31,6	38
2	31,8	38
3	31,8	38
4	31,9	39
5	32,1	39
6	32,1	39
7	32,2	39
8	32,3	40
9	32,3	40
10	32,4	40

Måling 2

TID	MILJØ	CPU
1	34,2	44
2	34,1	44
3	34,0	44
4	33,5	43
5	33,0	43
6	32,6	43
7	32,7	43
8	33,1	43
9	33,7	43
10	34,0	43

Måling 3

TID	MILJØ	CPU
1	35,8	46
2	35,8	45
3	35,8	45
4	35,8	45
5	35,8	45
6	35,8	45
7	35,8	45
8	35,9	45
9	36,0	44
10	36,0	44

Måling 4

TID	MILJØ	CPU
1	32,0	43
2	29,4	42
3	28,5	41
4	27,9	40
5	27,7	39
6	27,6	39
7	27,4	38
8	27,4	38
9	27,1	37
10	27,1	37

Måling 5

TID	MILJØ	CPU
1	32,5	44
2	30,8	44
3	29,8	43
4	28,9	43
5	28,5	42
6	28,1	42
7	27,8	41
8	27,5	41
9	27,4	40
10	27,3	40
11	27,3	39
12	27,2	39
13	27,3	39
14	27,2	38
15	27,2	38

Måling 6

TID	MILJØ	CPU
1	31,8	39
2	31,7	39
3	31,5	39
4	31,2	38
5	30,9	38
6	30,6	38
7	30,4	38
8	30,2	38
9	29,9	38
10	29,8	38
11	29,6	38
12	29,5	38
13	29,3	37
14	29,3	37
15	29,2	37
16	29,2	37
17	29,1	37
18	28,9	37
19	28,8	37
20	28,8	37
21	28,7	37
22	28,6	36
23	28,5	36
24	28,5	36
25	28,4	36
26	28,3	36
27	28,2	36
28	28,2	36
29	28,2	36
30	28,2	36

Måling 7

TID	MILJØ	CPU
1	31,1	38
2	31,0	38
3	30,8	38
4	30,5	38
5	30,2	37
6	30,0	37
7	29,8	37
8	29,8	37
9	29,5	37
10	29,4	37
11	29,2	37
12	29,1	37
13	28,9	37
14	28,8	37
15	28,7	36
16	28,5	36
17	28,5	36
18	28,4	36
19	28,2	36
20	28,2	36
21	28,2	36
22	28,1	36
23	28,0	35
24	28,0	35
25	27,9	35
26	27,8	35
27	27,8	35
28	27,8	35
29	27,8	35
30	27,7	35

Måling 8

TID	MILJØ	CPU
1	30,4	37
2	30,2	37
3	30,0	37
4	30,0	37
5	29,7	37
6	29,5	37
7	29,2	37
8	28,9	37
9	28,7	37
10	28,5	37
11	28,3	36
12	28,1	36
13	27,9	36
14	27,8	36
15	27,7	36
16	27,6	36
17	27,5	36
18	27,4	36
19	27,4	36
20	27,4	36
21	27,3	35
22	27,2	35
23	27,1	35
24	27,1	35
25	27,1	35
26	27,0	35
27	27,0	35
28	27,0	35
29	26,9	35
30	29,6	35

Måling 9

TID	MILJØ	CPU
1	30,2	38
2	30,1	38
3	29,8	38
4	29,6	37
5	29,3	37
6	29,1	37
7	28,8	37
8	28,6	37
9	28,4	37
10	28,2	37
11	28,1	37
12	27,9	36
13	27,8	36
14	27,8	36
15	27,7	36
16	27,6	36
17	27,5	36
18	27,5	36
19	27,4	36
20	27,4	36
21	27,3	36
22	27,2	35
23	27,1	35
24	27,1	35
25	27,0	35
26	27,0	35
27	26,9	35
28	26,9	35
29	26,9	35
30	26,9	35

Måling 10

TID	MILJØ	CPU
1	31,3	43
2	31,2	43
3	31,1	43
4	30,8	43
5	30,5	43
6	30,2	43
7	30,0	43
8	29,8	43
9	29,5	43
10	29,3	43
11	29,1	43
12	29,0	42
13	28,8	42
14	28,8	42
15	28,7	42
16	28,7	42
17	28,6	42
18	28,5	42
19	28,4	42
20	28,3	42
21	28,2	42
22	28,2	42
23	28,1	41
24	28,0	41
25	27,9	41
26	27,8	41
27	27,7	41
28	27,7	41
29	27,6	41
30	27,6	41

Måling 11

TID	MILJØ	CPU
1	31,3	43
2	31,2	43
3	31,1	43
4	30,8	43
5	30,5	43
6	30,2	43
7	29,9	43
8	29,7	43
9	29,5	43
10	29,3	43
11	29,1	43
12	29,0	43
13	28,8	43
14	28,7	42
15	28,5	42
16	28,5	42
17	28,5	42
18	28,3	42
19	28,2	42
20	28,2	42
21	28,1	42
22	28,0	42
23	28,0	42
24	27,9	42
25	27,9	42
26	27,8	41
27	27,8	41
28	27,7	41
29	27,6	41
30	27,6	41

Måling 12

TID	MILJØ	CPU
1	31,3	43
2	31,2	43
3	30,9	43
4	30,6	43
5	30,4	43
6	30,1	43
7	30,1	43
8	29,8	43
9	29,6	43
10	29,6	43
11	29,4	43
12	29,2	43
13	29,1	43
14	28,9	42
15	28,8	42
16	28,7	42
17	28,5	42
18	28,4	42
19	28,3	42
20	28,2	42
21	28,2	42
22	28,2	42
23	28,2	42
24	28,1	42
25	28,0	42
26	28,0	42
27	27,9	41
28	27,9	41
29	27,8	41
30	27,8	41

Måling 13

TID	MILJØ	CPU
1	31,4	43
2	31,3	43
3	31,1	43
4	30,8	43
5	30,5	43
6	30,2	43
7	30,0	43
8	30,0	43
9	29,8	43
10	29,6	43
11	29,4	43
12	29,2	43
13	29,1	43
14	29,0	43
15	28,9	42
16	28,8	42
17	28,7	42
18	28,6	42
19	28,5	42
20	28,4	42
21	28,4	42
22	28,3	42
23	28,3	42
24	28,2	42
25	28,2	42
26	28,1	42
27	28,0	42
28	27,9	41
29	27,9	41
30	27,8	41

Måling 14

TID	MILJØ	CPU
1	29,2	44
2	29,2	44
3	29,2	44
4	29,2	44
5	29,1	44
6	29,0	44
7	28,9	44
8	28,8	44
9	28,8	44
10	28,7	44
11	28,5	44
12	28,5	44
13	28,5	44
14	28,4	44
15	28,4	44
16	28,3	44
17	28,2	44
18	28,2	43
19	28,1	43
20	28,1	43
21	28,0	43
22	28,0	43
23	27,9	43
24	27,9	43
25	27,8	43
26	27,8	43
27	27,8	43
28	27,7	43
29	27,7	43
30	27,7	42

Måling 15

TID	MILJØ	CPU
1	30,5	46
2	30,5	46
3	30,5	46
4	30,5	46
5	30,4	46
6	30,3	46
7	30,2	46
8	30,0	46
9	29,9	45
10	29,8	45
11	29,6	45
12	29,5	45
13	29,5	45
14	29,4	45
15	29,3	45
16	29,2	45
17	29,1	45
18	29,1	45
19	29,0	45
20	29,0	45
21	28,9	44
22	28,8	44
23	28,8	44
24	28,8	44
25	28,7	44
26	28,6	44
27	28,5	44
28	28,5	44
29	28,5	44
30	28,5	44

Måling 16

TID	MILJØ	CPU
1	32,5	41,4
2	32,3	41,4
3	32,0	41,2
4	31,7	41,1
5	31,4	41,0
6	31,2	40,9
7	30,8	40,7
8	30,8	40,6
9	30,6	40,5
10	30,4	40,4
11	30,2	40,2
12	30,0	40,1
13	29,8	40,0
14	29,7	39,9
15	29,5	39,8
16	29,5	39,7
17	29,3	39,6
18	29,2	39,5
19	29,2	39,4
20	29,1	39,3
21	28,9	39,2
22	28,9	39,1
23	28,9	39,0
24	28,8	38,9
25	28,8	38,8
26	28,7	38,8
27	28,6	38,7
28	28,6	38,6
29	28,5	38,5
30	28,5	38,4

Måling 17

TID	MILJØ	CPU
1	32,8	41,9
2	32,2	41,6
3	31,5	41,3
4	30,9	41,1
5	30,7	40,8
6	30,3	40,6
7	30,0	40,3
8	29,7	40,0
9	29,5	39,8
10	29,3	39,6
11	29,2	39,4
12	29,0	39,2
13	29,0	39,0
14	28,9	38,8
15	28,8	38,7
16	28,7	38,5
17	28,6	38,4
18	28,5	38,3
19	28,5	38,2
20	28,4	38,0
21	28,4	37,9
22	28,3	37,8
23	28,2	37,7
24	28,2	37,6
25	28,2	37,5
26	28,1	37,4
27	28,1	37,3
28	28,0	37,2
29	28,0	37,2
30	28,0	37,1

Måling 18

TID	MILJØ	CPU
1	32,9	42,1
2	32,2	41,8
3	31,9	41,5
4	31,3	41,3
5	30,8	41,0
6	30,4	40,8
7	30,1	40,5
8	29,8	40,3
9	29,6	40,0
10	29,5	39,8
11	29,3	39,6
12	29,2	39,4
13	29,1	39,2
14	29,0	39,0
15	28,8	38,9
16	28,8	38,7
17	28,7	38,6
18	28,6	38,5
19	28,6	38,3
20	28,5	38,2
21	28,5	38,1
22	28,4	38,0
23	28,4	37,9
24	28,3	37,8
25	28,2	37,7
26	28,2	37,6
27	28,2	37,5
28	28,2	37,4
29	28,1	37,3
30	28,1	37,3

Måling 19

TID	MILJØ	CPU
1	32,0	41,6
2	31,5	41,3
3	31,2	41,1
4	30,6	40,8
5	30,1	40,6
6	29,6	40,4
7	29,2	40,2
8	29,1	40,0
9	28,8	39,8
10	28,7	39,5
11	28,5	39,4
12	28,4	39,2
13	28,2	39,0
14	28,1	38,8
15	28,0	38,8
16	27,8	38,6
17	27,8	38,5
18	27,8	38,4
19	27,8	38,2
20	27,8	38,1
21	27,7	37,9
22	27,6	37,9
23	27,6	37,8
24	27,6	37,7
25	27,5	37,6
26	27,5	37,5
27	27,4	37,4
28	27,4	37,4
29	27,4	37,3
30	27,4	37,2

Måling 20

TID	MILJØ	CPU
1	32,3	41,9
2	32,1	41,6
3	31,5	41,4
4	30,9	41,2
5	30,4	41,0
6	30,1	40,7
7	29,8	40,5
8	29,5	40,3
9	29,2	40,1
10	29,2	40,0
11	29,1	39,8
12	29,0	39,6
13	28,8	39,5
14	28,7	39,3
15	28,6	39,2
16	28,5	39,1
17	28,5	39,0
18	28,4	38,8
19	28,3	38,7
20	28,3	38,6
21	28,2	38,5
22	28,2	38,4
23	28,2	38,3
24	28,1	38,2
25	28,1	38,1
26	28,0	38,0
27	28,0	38,0
28	27,9	37,9
29	27,9	37,8
30	27,8	37,8
31	27,8	37,7
32	27,8	37,7
33	27,8	37,6
34	27,8	37,6
35	27,8	37,5
36	27,7	37,4
37	27,7	37,4
38	27,7	37,4
39	27,7	37,3
40	27,7	37,2
41	27,7	37,2
42	27,7	37,2
43	27,7	37,2
44	27,6	37,1
45	27,7	37,1
46	27,6	37,1
47	27,7	37,0
48	27,6	37,0
49	27,6	37,0
50	27,6	36,9

Måling 21

TID	MILJØ	CPU
1	32,2	41,7
2	31,8	41,5
3	31,3	41,2
4	30,8	41,0
5	30,3	40,8
6	30,0	40,6
7	29,7	40,4
8	29,5	40,2
9	29,3	40,0
10	29,2	39,8
11	29,0	39,7
12	28,9	39,5
13	28,8	39,3
14	28,8	39,2
15	28,6	39,1
16	28,5	38,9
17	28,5	38,7
18	28,4	38,7
19	28,4	38,6
20	28,3	38,4
21	28,2	38,3
22	28,2	38,2
23	28,1	38,1
24	28,1	38,1
25	28,0	38,0,
26	28,0	37,9
27	27,9	37,8
28	27,8	37,7
29	27,8	37,6
30	27,8	37,6
31	27,8	37,5
32	27,8	37,5
33	27,7	37,4
34	27,7	37,3
35	27,7	37,3
36	27,7	37,2
37	27,7	37,2
38	27,6	37,1
39	27,6	37,1
40	27,6	37,1
41	27,6	37,0
42	27,6	37,0
43	27,6	36,9
44	27,5	36,9
45	27,5	36,9
46	27,5	36,8
47	27,5	36,8
48	27,4	36,7
49	27,5	36,7
50	27,5	36,7

51	27,6	36,9	51	27,5	36,7
52	27,6	36,9	52	27,4	36,6
53	27,6	36,9	53	27,4	36,6
54	27,6	36,9	54	27,4	36,6
55	27,6	36,8	55	27,4	36,6
56	27,6	36,8	56	27,4	36,5
57	27,6	36,8	57	27,4	36,5
58	27,6	36,8	58	27,4	36,5
59	27,6	36,8	59	27,4	36,4
60	27,6	36,8	60	27,4	36,4

Måling 22

TID	MILJØ	CPU
1	33,1	41,9
2	32,5	41,6
3	31,8	41,3
4	31,2	41,0
5	30,7	40,7
6	30,3	40,5
7	29,9	40,2
8	29,8	39,9
9	29,5	39,7
10	29,2	39,5
11	29,1	39,3
12	28,9	39,1
13	28,8	38,9
14	28,6	38,7
15	28,5	38,6
16	28,5	38,4
17	28,5	38,2
18	28,3	38,1
19	28,2	37,9
20	28,2	37,8
21	28,1	37,7
22	28,1	37,6
23	28,0	37,5
24	28,0	37,4
25	28,0	37,3
26	27,9	37,2
27	27,8	37,1
28	27,7	37,0
29	27,7	36,9
30	27,7	36,8
31	27,6	36,8
32	27,6	36,7
33	27,6	36,7
34	27,6	36,6
35	27,6	36,6
36	27,6	36,5
37	27,6	36,4
38	27,5	36,4
39	27,5	36,4
40	27,5	36,3

Måling 23

TID	MILJØ	CPU
1	33,2	42,1
2	32,4	41,7
3	31,7	41,5
4	31,2	41,3
5	30,6	41,0
6	30,2	40,7
7	30,1	40,4
8	29,8	40,2
9	29,6	40,0
10	29,5	39,7
11	29,3	39,6
12	29,2	39,4
13	29,0	39,2
14	29,0	39,0
15	28,8	38,8
16	28,8	38,6
17	28,6	38,5
18	28,5	38,3
19	28,5	38,1
20	28,4	38,0
21	28,3	37,9
22	28,2	37,8
23	28,2	37,7
24	28,2	37,6
25	28,1	37,5
26	28,1	37,4
27	27,9	37,3
28	27,9	37,2
29	27,8	37,1
30	27,8	37,0
31	27,8	36,9
32	27,8	36,8
33	27,8	36,8
34	27,6	36,7
35	27,6	36,7
36	27,6	36,6
37	27,6	36,6
38	27,6	36,5
39	27,6	36,5
40	27,6	36,4

41	27,5	36,3	41	27,6	36,4
42	27,4	36,2	42	27,5	36,3
43	27,4	36,2	43	27,5	36,3
44	27,4	36,2	44	27,5	36,2
45	27,4	36,1	45	27,5	36,2
46	27,4	36,1	46	27,5	36,2
47	27,3	36,0	47	27,4	36,1
48	27,4	36,0	48	27,4	36,1
49	27,4	36,0	49	27,4	36,0
50	27,4	36,0	50	27,4	36,0
51	27,3	35,9	51	27,3	35,9
52	27,3	35,9	52	27,2	36,0
53	27,3	35,9	53	27,2	35,9
54	27,2	35,8	54	27,3	35,9
55	27,2	35,8	55	27,3	35,9
56	27,2	35,8	56	27,2	35,8
57	27,2	35,8	57	27,2	35,8
58	27,2	35,7	58	27,2	35,7
59	27,2	35,7	59	27,1	35,8
60	27,2	35,7	60	27,1	35,8

Måling 24

TID	MILJØ	CPU
1	33,1	44,3
2	32,8	44,3
3	32,2	44,0
4	31,6	43,8
5	31,2	43,6
6	31,0	43,4
7	30,7	43,3
8	30,4	43,0
9	30,2	42,8
10	30,1	42,6
11	29,9	42,4
12	29,8	42,3
13	29,7	42,1
14	29,5	42,0
15	29,4	41,8
16	29,3	41,7
17	29,3	41,5
18	29,2	41,4
19	29,2	41,4
20	29,2	41,3
21	29,1	41,1
22	28,9	41,1
23	28,9	41,0
24	28,8	40,8
25	28,8	40,7
26	28,8	40,7
27	28,7	40,6
28	28,6	40,5
29	28,5	40,4
30	28,5	40,3

Måling 25

TID	MILJØ	CPU
1	33,0	44,3
2	32,5	44,2
3	32,0	43,9
4	31,7	43,8
5	31,2	43,5
6	30,8	43,3
7	30,5	43,1
8	30,3	42,9
9	30,2	42,7
10	30,0	42,6
11	29,9	42,3
12	29,7	42,2
13	29,5	42,0
14	29,4	41,8
15	29,2	41,7
16	29,2	41,5
17	29,1	41,4
18	29,0	41,3
19	29,0	41,1
20	28,9	41,0
21	28,8	40,9
22	28,8	40,7
23	28,7	40,6
24	28,5	40,5
25	28,5	40,4
26	28,3	40,3
27	28,3	40,2
28	28,2	40,1
29	28,2	40,1
30	28,2	40,0

31	28,5	40,3	31	28,1	39,8
32	28,4	40,2	32	28,1	39,8
33	28,4	40,2	33	28,1	39,7
34	28,3	40,0	34	28,0	39,6
35	28,3	40,0	35	28,0	39,6
36	28,2	39,9	36	27,9	39,5
37	28,2	39,8	37	27,9	39,4
38	28,2	39,8	38	27,8	39,3
39	28,2	39,7	39	27,8	39,3
40	28,1	39,7	40	27,8	39,3
41	28,1	39,7	41	27,8	39,2
42	28,1	39,6	42	27,8	39,2
43	28,2	39,6	43	27,8	39,1
44	28,2	39,6	44	27,8	39,2
45	28,2	39,6	45	27,9	39,2
46	28,2	39,5	46	27,9	39,2
47	28,1	39,5	47	27,8	39,1
48	28,1	39,4	48	27,9	39,1
49	28,0	39,4	49	27,9	39,1
50	28,0	39,4	50	27,9	39,1
51	28,1	39,4	51	27,9	39,1
52	28,0	39,4	52	27,9	39,1
53	28,1	39,4	53	27,9	39,0
54	28,1	39,3	54	27,9	39,0
55	28,1	39,3	55	27,8	39,0
56	28,1	39,3	56	27,8	39,0
57	28,1	39,3	57	27,8	39,0
58	28,1	39,3	58	27,8	38,9
59	28,1	39,3	59	27,8	38,9
60	28,0	39,2	60	27,8	38,9

Måling 26

TID	MILJØ	CPU
1	33,1	44,2
2	32,9	44,1
3	32,4	44,0
4	31,8	43,8
5	31,3	43,4
6	30,8	43,3
7	30,5	43,1
8	30,3	42,9
9	30,1	42,7
10	29,9	42,5
11	29,7	42,4
12	29,6	42,2
13	29,5	42,0
14	29,4	41,8
15	29,3	41,7
16	29,2	41,5
17	29,2	41,4
18	29,1	41,3
19	28,9	41,2
20	28,8	41,0

Måling 27

TID	MILJØ	CPU
1	32,3	42,8
2	32,2	42,7
3	32,0	42,6
4	31,5	42,5
5	31,0	42,2
6	30,5	42,1
7	30,2	41,9
8	30,0	41,6
9	29,8	41,5
10	29,5	41,3
11	29,5	41,2
12	29,3	41,0
13	29,2	40,9
14	29,1	40,7
15	29,0	40,6
16	28,9	40,4
17	28,8	40,3
18	28,8	40,2
19	28,7	40,2
20	28,7	40,1

21	28,8	40,9	21	28,6	40,0
22	28,7	40,8	22	28,6	39,9
23	28,7	40,7	23	28,5	39,8
24	28,6	40,6	24	28,5	39,6
25	28,5	40,5	25	28,5	39,6
26	28,5	40,4	26	28,4	39,6
27	28,5	40,3	27	28,3	39,5
28	28,5	40,3	28	28,3	39,4
29	28,5	40,1	29	28,3	39,3
30	28,5	40,1	30	28,2	39,3
31	28,5	40,0	31	28,2	39,2
32	28,4	40,0	32	28,2	39,2
33	28,4	39,9	33	28,2	39,1
34	28,3	39,9	34	28,1	39,1
35	28,3	39,8	35	28,1	39,0
36	28,2	39,7	36	28,0	39,0
37	28,2	39,7	37	28,0	39,0
38	28,2	39,7	38	28,1	38,9
39	28,2	39,6	39	28,0	38,8
40	28,1	39,6	40	28,0	38,8
41	28,1	39,5	41	28,0	38,8
42	28,1	39,5	42	28,0	38,8
43	28,1	39,4	43	28,0	38,7
44	28,1	39,4	44	27,9	38,7
45	28,0	39,3	45	27,9	38,7
46	28,0	39,3	46	27,9	38,6
47	28,0	39,3	47	27,8	38,7
48	28,0	39,3	48	27,8	38,7
49	27,9	39,3	49	27,9	38,6
50	27,9	39,3	50	27,8	38,6
51	27,9	39,2	51	27,8	38,5
52	27,9	39,2	52	27,8	38,5
53	27,9	39,2	53	27,8	38,6
54	27,9	39,1	54	27,8	38,5
55	27,9	39,0	55	27,8	38,5
56	27,9	39,1	56	27,8	38,5
57	27,9	39,0	57	27,8	38,5
58	27,8	39,0	58	27,8	38,5
59	27,8	39,0	59	27,8	38,4
60	27,8	39,0	60	27,7	38,4

Måling 28

TID	MILJØ	CPU
1	32,5	42,9
2	32,4	42,8
3	31,9	42,8
4	31,5	42,5
5	31,2	42,4
6	30,8	42,2
7	30,4	42,0
8	30,1	41,9
9	29,8	41,7
10	29,7	41,5

Måling 29

TID	MILJØ	CPU
1	32,5	44,2
2	32,5	44,2
3	31,9	44,1
4	31,3	43,9
5	30,8	43,6
6	30,4	43,5
7	30,2	43,3
8	29,8	43,1
9	29,6	42,9
10	29,4	42,7

11	29,5	41,4	11	29,2	42,6
12	29,4	41,1	12	29,1	42,4
13	29,2	41,0	13	29,0	42,3
14	29,2	40,8	14	28,9	42,2
15	29,2	40,7	15	28,8	42,0
16	29,0	40,6	16	28,7	41,9
17	28,9	40,5	17	28,6	41,7
18	28,8	40,3	18	28,5	41,6
19	28,7	40,2	19	28,5	41,5
20	28,7	40,1	20	28,5	41,4
21	28,6	40,0	21	28,4	41,3
22	28,5	39,9	22	28,3	41,2
23	28,5	39,8	23	28,2	41,1
24	28,5	39,7	24	28,2	41,0
25	28,5	39,7	25	28,2	40,9
26	28,5	39,6	26	28,2	40,8
27	28,4	39,5	27	28,2	40,8
28	28,4	39,4	28	28,1	40,7
29	28,3	39,3	29	28,0	40,6
30	28,3	39,3	30	28,0	40,5
31	28,2	39,3	31	28,0	40,4
32	28,2	39,2	32	27,9	40,4
33	28,2	39,1	33	27,8	40,2
34	28,2	39,0	34	27,8	40,2
35	28,1	39,0	35	27,8	40,2
36	28,1	39,0	36	27,8	40,1
37	28,1	38,9	37	27,8	40,1
38	28,0	38,9	38	27,8	40,0
39	28,0	38,9	39	27,8	39,9
40	27,9	38,7	40	27,7	39,9
41	27,9	38,7	41	27,7	39,9
42	27,8	38,7	42	27,7	39,8
43	27,8	38,7	43	27,6	39,8
44	27,8	38,6	44	27,6	39,7
45	27,8	38,6	45	27,6	39,7
46	27,8	38,6	46	27,6	39,7
47	27,8	38,6	47	27,6	39,7
48	27,7	38,5	48	27,6	39,6
49	27,8	38,4	49	27,6	39,6
50	27,8	38,4	50	27,6	39,5
51	27,7	38,4	51	27,5	39,5
52	27,6	38,3	52	27,5	39,5
53	27,6	38,3	53	27,5	39,5
54	27,6	38,3	54	27,6	39,4
55	27,6	38,2	55	27,5	39,3
56	27,6	38,2	56	27,6	39,4
57	27,6	38,3	57	27,6	39,3
58	27,6	38,3	58	27,6	39,4
59	27,6	38,2	59	27,6	39,3
60	27,6	38,2	60	27,5	39,3
Måling 30			Måling 31		
TID	MILJØ	CPU	TID	MILJØ	CPU

1	32,8	44,3	1	32,8	44,5
2	32,7	44,4	2	32,5	44,4
3	32,1	44,2	3	31,9	44,3
4	31,5	44,0	4	31,5	44,1
5	31,2	43,9	5	30,9	43,9
6	30,8	43,6	6	30,5	43,7
7	30,4	43,4	7	30,2	43,4
8	30,1	43,2	8	29,8	43,2
9	29,8	43,1	9	29,5	43,0
10	29,6	42,9	10	29,3	42,8
11	29,5	42,8	11	29,2	42,6
12	29,4	42,6	12	29,1	42,5
13	29,2	42,4	13	29,0	42,3
14	29,2	42,3	14	28,8	42,2
15	29,1	42,2	15	28,8	42,0
16	29,0	42,0	16	28,6	41,8
17	28,9	41,9	17	28,6	41,7
18	28,8	41,8	18	28,5	41,6
19	28,8	41,6	19	28,5	41,5
20	28,7	41,5	20	28,5	41,4
21	28,7	41,4	21	28,4	41,2
22	28,6	41,3	22	28,3	41,1
23	28,5	41,2	23	28,2	41,0
24	28,5	41,2	24	28,2	41,0
25	28,5	41,1	25	28,2	40,9
26	28,5	41,0	26	28,2	40,8
27	28,5	40,9	27	28,1	40,8
28	28,4	40,9	28	28,1	40,6
29	28,4	40,8	29	28,0	40,5
30	28,3	40,7	30	28,0	40,4
31	28,2	40,6	31	27,9	40,4
32	28,2	40,5	32	27,9	40,3
33	28,2	40,5	33	27,8	40,2
34	28,1	40,4	34	27,8	40,2
35	28,0	40,3	35	27,8	40,2
36	28,0	40,3	36	27,8	40,1
37	27,9	40,2	37	27,8	40,0
38	27,9	40,2	38	27,7	39,9
39	27,8	40,1	39	27,7	39,9
40	27,8	40,1	40	27,7	39,9
41	27,8	40,1	41	27,7	39,9
42	27,8	40,0	42	27,7	39,7
43	27,8	40,0	43	27,7	39,7
44	27,8	39,9	44	27,6	39,7
45	27,8	39,8	45	27,6	39,7
46	27,8	39,8	46	27,6	39,6
47	27,7	39,8	47	27,6	39,6
48	27,7	39,8	48	27,6	39,6
49	27,7	39,7	49	27,5	39,5
50	27,7	39,7	50	27,5	39,5
51	27,7	39,6	51	27,5	39,4
52	27,6	39,6	52	27,5	39,4
53	27,6	39,6	53	27,5	39,3
54	27,6	39,6	54	27,6	39,3

55	27,6	39,5	55	27,5	39,3
56	27,6	39,6	56	27,5	39,3
57	27,6	39,5	57	27,5	39,3
58	27,6	39,4	58	27,4	39,3
59	27,6	39,4	59	27,4	39,3
60	27,6	39,4	60	27,4	39,3

Måling 32

TID	MILJØ	CPU
1	32,8	44,5
2	32,7	44,4
3	32,2	44,2
4	31,5	44,1
5	30,9	43,8
6	30,5	43,6
7	30,1	43,3
8	29,8	43,1
9	29,7	42,9
10	29,5	42,7
11	29,3	42,6
12	29,2	42,4
13	29,1	42,2
14	29,0	42,1
15	28,9	42,0
16	28,8	41,8
17	28,8	41,7
18	28,6	41,5
19	28,5	41,3
20	28,5	41,3
21	28,5	41,1
22	28,4	41,1
23	28,4	40,9
24	28,2	40,9
25	28,2	40,7
26	28,2	40,7
27	28,1	40,5
28	28,1	40,5
29	28,1	40,4
30	28,1	40,4
31	28,0	40,3
32	28,0	40,2
33	27,9	40,1
34	28,0	40,1
35	27,9	40,1
36	27,8	40,0
37	27,8	39,9
38	27,8	39,9
39	27,8	39,9
40	27,8	39,8
41	27,8	39,8
42	27,8	39,7
43	27,8	39,7
44	27,8	39,7

Måling 33

TID	MILJØ	CPU
1	32,5	43,5
2	32,3	43,3
3	32,0	43,1
4	31,5	42,9
5	30,9	42,8
6	30,5	42,5
7	30,2	42,4
8	30,1	42,2
9	29,7	42,0
10	29,5	41,8
11	29,4	41,8
12	29,2	41,6
13	29,1	41,4
14	29,0	41,3
15	28,8	41,1
16	28,8	41,0
17	28,7	40,9
18	28,6	40,8
19	28,6	40,6
20	28,5	40,6
21	28,5	40,5
22	28,5	40,5
23	28,5	40,3
24	28,4	40,2
25	28,4	40,1
26	28,3	40,0
27	28,3	40,0
28	28,3	39,9
29	28,3	39,8
30	28,2	39,8
31	28,2	39,7
32	28,2	39,7
33	28,2	39,6
34	28,2	39,6
35	28,2	39,5
36	28,1	39,4
37	28,1	39,3
38	28,1	39,2
39	28,0	39,2
40	28,0	39,1
41	28,0	39,1
42	28,0	39,1
43	28,0	39,1
44	28,0	39

45	27,8	39,7	45	27,9	38,9
46	27,7	39,6	46	27,9	38,9
47	27,7	39,6	47	27,9	38,9
48	27,7	39,6	48	27,9	38,8
49	27,7	39,5	49	27,9	38,8
50	27,6	39,5	50	27,9	38,8
51	27,6	39,5	51	27,9	38,7
52	27,6	39,4	52	27,8	38,7
53	27,6	39,4	53	27,8	38,7
54	27,6	39,4	54	27,8	38,6
55	27,6	39,4	55	27,8	38,7
56	27,5	39,3	56	27,8	38,7
57	27,5	39,3	57	27,8	38,7
58	27,6	39,3	58	27,8	38,7
59	27,6	39,3	59	27,8	38,6
60	27,6	39,3	60	27,8	38,6

Måling 34

TID	MILJØ	CPU
1	32,8	52,9
2	32,8	52,8
3	32,3	52,9
4	31,7	52,8
5	31,2	52,8
6	30,7	52,6
7	30,5	52,5
8	30,2	52,4
9	29,9	52,4
10	29,7	52,2
11	29,5	52,1
12	29,5	51,9
13	29,3	51,8
14	29,2	51,8
15	29,1	51,6
16	29,0	51,5
17	29,0	51,4
18	28,9	51,3
19	28,8	51,1
20	28,8	51,0
21	28,7	50,8
22	28,6	50,8
23	28,5	50,7
24	28,5	50,5
25	28,5	50,5
26	28,4	50,4
27	28,3	50,3
28	28,3	50,3
29	28,2	50,1
30	28,2	50,0
31	28,2	50,0
32	28,2	49,9
33	28,2	49,9
34	28,2	49,9

Måling 35

TID	MILJØ	CPU
1	32,8	53,2
2	32,6	53,1
3	32,1	53,0
4	31,8	53,0
5	31,2	52,9
6	30,8	52,7
7	30,4	52,6
8	30,2	52,5
9	29,9	52,3
10	29,7	52,1
11	29,5	52,0
12	29,5	51,9
13	29,3	51,7
14	29,2	51,6
15	29,2	51,5
16	29,0	51,4
17	28,9	51,3
18	28,8	51,1
19	28,8	51,0
20	28,8	50,9
21	28,7	50,8
22	28,7	50,7
23	28,6	50,5
24	28,5	50,5
25	28,5	50,4
26	28,4	50,3
27	28,3	50,2
28	28,3	50,0
29	28,3	50,0
30	28,2	50,0
31	28,2	49,9
32	28,2	49,8
33	28,2	49,7
34	28,2	49,7

35	28,1	49,8	35	28,1	49,6
36	28,0	49,6	36	28,1	49,5
37	28,0	49,6	37	28,1	49,4
38	28,0	49,5	38	28,0	49,4
39	28,0	49,5	39	28,0	49,3
40	28,1	49,5	40	27,9	49,3
41	28,1	49,4	41	27,9	49,3
42	28,0	49,3	42	27,9	49,2
43	28,0	49,3	43	27,9	49,2
44	28,0	49,3	44	27,9	49,2
45	27,9	49,2	45	27,9	49,0
46	27,9	49,2	46	27,9	49,0
47	27,9	49,2	47	27,8	48,9
48	27,9	49,1	48	27,8	48,9
49	27,9	49,1	49	27,8	48,9
50	27,8	49,0	50	27,8	48,8
51	27,8	49,1	51	27,8	48,7
52	27,8	49,0	52	27,8	48,9
53	27,8	49,1	53	27,8	48,8
54	27,8	49,0	54	27,8	48,8
55	27,8	48,9	55	27,8	48,7
56	27,8	48,9	56	27,8	48,8
57	27,8	48,9	57	27,8	48,7
58	27,8	48,9	58	27,8	48,8
59	27,8	48,8	59	27,8	48,7
60	27,8	48,9	60	27,8	48,7

Måling 36

TID	MILJØ	CPU
1	32,8	53,3
2	32,8	53,2
3	32,2	53,1
4	31,6	53,1
5	31,0	52,9
6	30,5	52,8
7	30,2	52,6
8	30,1	52,4
9	29,8	52,4
10	29,6	52,0
11	29,5	51,8
12	29,3	51,9
13	29,2	51,5
14	29,2	51,6
15	29,1	51,5
16	29,0	51,3
17	28,8	51,1
18	28,8	51,1
19	28,7	50,9
20	28,6	50,8
21	28,5	50,8
22	28,5	50,5
23	28,5	50,3
24	28,4	50,3

Måling 37

TID	MILJØ	CPU
1	32,7	53,3
2	32,6	53,2
3	32,1	53,1
4	31,5	53,0
5	30,9	52,9
6	30,5	52,8
7	30,2	52,6
8	29,8	52,5
9	29,8	52,4
10	29,6	52,3
11	29,5	52,0
12	29,3	51,9
13	29,1	51,8
14	28,9	51,6
15	28,8	51,5
16	28,7	51,3
17	28,7	51,1
18	28,6	50,9
19	28,5	50,9
20	28,5	50,8
21	28,4	50,5
22	28,3	50,6
23	28,3	50,4
24	28,3	50,5

25	28,4	50,2	25	28,3	50,3
26	28,3	50,1	26	28,3	50,1
27	28,2	50,1	27	28,2	50,2
28	28,2	50,0	28	28,2	50,1
29	28,2	49,9	29	28,2	50,0
30	28,2	49,8	30	28,2	49,9
31	28,2	49,7	31	28,2	49,8
32	28,2	49,5	32	28,2	49,7
33	28,2	49,5	33	28,2	49,7
34	28,1	49,4	34	28,1	49,6
35	28,1	49,4	35	28,1	49,6
36	28,1	49,3	36	28,0	49,4
37	28,0	49,3	37	28,0	49,4
38	28,0	49,3	38	27,9	49,4
39	28,0	49,1	39	27,9	49,3
40	27,9	49,0	40	27,9	49,4
41	27,9	49,0	41	27,9	49,2
42	27,9	49,0	42	27,9	49,2
43	27,9	49,0	43	27,8	49,2
44	27,9	48,7	44	27,8	49,0
45	27,8	48,8	45	27,8	49,0
46	27,8	48,8	46	27,8	49,1
47	27,8	48,7	47	27,8	48,9
48	27,8	48,8	48	27,8	49,0
49	27,8	48,7	49	27,8	48,9
50	27,8	48,7	50	27,8	48,9
51	27,8	48,7	51	27,8	48,9
52	27,8	48,6	52	27,7	48,8
53	27,8	48,6	53	27,7	48,8
54	27,8	48,6	54	27,7	48,7
55	27,8	48,6	55	27,7	48,7
56	27,8	48,5	56	27,7	48,7
57	27,8	48,5	57	27,7	48,7
58	27,8	48,6	58	27,7	48,6
59	27,7	48,5	59	27,7	48,6
60	27,7	48,5	60	27,7	48,7

Måling 38

TID	MILJØ	CPU	TID	MILJØ	CPU
1	32,6	53,5	31	28,2	49,8
2	32,5	53,2	32	28,2	49,7
3	32,1	53,0	33	28,2	49,7
4	31,5	53,0	34	28,1	49,6
5	31,0	52,9	35	28,1	49,6
6	30,5	52,8	36	28,0	49,5
7	30,2	52,7	37	28,0	49,4
8	29,8	52,5	38	27,9	49,4
9	29,8	52,4	39	27,9	49,3
10	29,6	52,3	40	27,9	49,4
11	29,4	52,1	41	27,9	49,2
12	29,3	51,9	42	27,9	49,2
13	29,1	51,8	43	27,8	49,2
14	29,0	51,7	44	27,8	49,1
15	28,8	51,5	45	27,8	49,0
16	28,7	51,3	46	27,8	49,1
17	28,7	51,1	47	27,8	48,9
18	28,6	50,9	48	27,9	49,0
19	28,5	50,8	49	27,8	48,9
20	28,5	50,8	50	27,8	48,9
21	28,5	50,5	51	27,8	48,9
22	28,3	50,6	52	27,7	48,8
23	28,3	50,4	53	27,8	48,8
24	28,3	50,5	54	27,7	48,7
25	28,3	50,3	55	27,7	48,7
26	28,2	50,1	56	27,7	48,7
27	28,2	50,2	57	27,7	48,7
28	28,2	50,1	58	27,7	48,6
29	28,2	50,0	59	27,7	48,6
30	28,2	50,0	60	27,7	48,6