

Desember

2008



Realfagsprosjekt, Gruppe 8

Karoline Riiser Haraldsen
Hege Madsen
Åge Johan Ovid
Robert Andresen



MPEMBA-EFFEKTEN

Kan varmt vann fryse forttere enn kaldt?

Høgskolen i Sør-Trøndelag, AFT.

Forord

Gruppen som har utført dette prosjektet består av fire personer, med forskjellige meninger om hva resultatene ville bli. Vi har testet ut om det er mulig at varmere vann fryser fortere enn det som er kaldt, under de samme forholdene. Hvis dette oppnås kalles det Mpemba- effekten, oppkalt etter en student i Tanzania (1969). Vi har gjort flere forsøk med flere forskjellige temperaturer, i håp om å avkrefte mange av de forskjellige mytene rundt Mpemba fenomenet. Vår definisjon på kaldt vann er at det skal være kaldere enn det andre som det testes opp mot. Vi har også laget en nettside hvor denne rapporten er publisert. Nettsiden finnes på denne adressen:

<http://www.robertan.com/projects/mpemba>.

Vi ønsker å takke Høgskolen i Sør-Trøndelag for utlån av diverse utstyr som er brukt i forsøkene våre. Og vi må takke kantinedamene som var behjelpelig med å koke vann, samt låne oss tape.

Dato

Hege Madsen

Dato

Karoline Riiser Haraldsen

Dato

Åge Johan Ovid

Dato

Robert Andresen

Sammendrag

I dette realfagsprosjektet har Mpemba -effekten blitt satt på prøve. Mpemba -effekten går ut på at varmt vann kan fryse raskere enn kaldt vann. Noen vil nok tro at det er umulig fordi det høres ulogisk ut. Problemstillingen vår er da: Hva fryser først av varmt vann og kaldt vann? Gruppa vår har sett nærmere på dette.

Mpemba -effekten ble først oppdaget av Aristoteles ca 300 år f. Kr, men navnet stammer fra Tanzania studenten Erasto B. Mpemba som oppdaget fenomenet i 1969. Fenomenet forekommer hvis man har to like beholdere som inneholder nøyaktig samme mengde vann, en med varmt og en med kaldere vann. Hva som nøyaktig skjer er det ingen som vet, men vitenskapsmenn har kommet med en del teorier. Fire av disse teoriene tar for seg blant annet omgivelser, fordamping, strømninger og reduksjon av gasser i vannet.

Fenomenet har vært testet mot teoriene, og konklusjonen er at Mpemba-effekten ble bevist i de fleste forsøkene. Likevel anbefales det ikke å bruke varmt vann fra springen, selv om det ser mer effektivt ut. Det er fordi vannet kan inneholde kobber og andre stoffer som ikke er bra å få i seg.

Summary

In this interdisciplinary project the phenomenon called the Mpemba effect has been put to the test. The Mpemba effect says that hot water can freeze quicker than cold water, and our group has tried to establish if this is the case.

The Mpemba effect was first discovered by Aristotle about 300 BC, but got its name from the Tanzanian student Erasto B. Mpemba who discovered it in 1969. Mpemba discovered this when he was freezing ice-cream. This phenomenon can occur if you have two similar containers which contain the same amount of water, one hot and one with cold water. Scientists have not really found any conclusion as to what is happening, but they have several theories. Four of the theories include surroundings, evaporation, currents and the reduction of gasses in the water. These theories may have independent effect on each other. The scientists have not come to any conclusions about what really happens when the hot water freezes first.

The phenomenon was tested during this project on some of the theories regarding this subject and the conclusions were clear: The Mpemba effect was found in most of the tests. Even though it seems more efficient to freeze water this way, it is not recommended to use hot water from the tap. This is because it may contain copper, which can result in illness.

Innhold

Forord	2
Sammendrag	3
Summary	4
1 Innledning.....	6
1.1 Historie	6
2 Teorien.....	8
2.1 De fire teoriene	9
2.1.1 Fordamping	9
2.1.2 Reduksjon av gasser	9
2.1.3 Strømninger.....	9
2.1.4 Omgivelser.....	10
3 Myter	11
3.1 Koke vann først.....	11
3.2 Det kalde vannet må underkjøles.....	11
3.3 Mythbusters	11
3.4 Veldig varmt vann fryser fortere enn bare varmt	11
4 Forsøk	12
4.1 Utstyr	12
4.2 Fremgangsmåte	12
4.3 Forsøk #1	13
4.4 Forsøk #2	13
4.5 Forsøk #3	14
4.6 Forsøk #4	15
4.7 Feilkilder	15
5 Kobber i varmt vann	16
6 Konklusjon	17
7 Litteraturliste.....	18
8 Vedelgg.....	19

1 Innledning

I denne rapporten skal vi se på det som kalles Mpemba-effekten, dens historie, teorier og myter. Denne effekten går ut på at vann med høyere temperatur fryser fortere enn vann med lavere temperatur, under nøyaktig de samme forholdene. I løpet av dette prosjektet har vi vært i kontakt med mange personer, som lærere, foreldre og venner. Så godt som ingen tror at varmere vann kan fryse fortere enn det kalde. Det samme gjaldt de fleste i gruppen vår til å starte med. Hovedsakelig fordi det kalde vannet ligger nærmere nullpunktet, dermed kan det fort virke ulogisk at varmere vann kan fryse fortere. Av alle de dokumentene vi har funnet som beskriver Mpemba-effekten er det store uenigheter på hvordan man kan oppnå denne og om den kan oppnås i det hele tatt. Enkelte sier dette kun er mulig i laboratorier under veldig spesielle tilfeller. Samtidig med at vi skal prøve å oppnå denne effekten skal vi også forsøke å avkrefte noen av de mytene som er skrevet rundt dette. Definisjonen vi har satt oss på kaldt vann, er at vannet skal være kjøligere enn det andre. Beholderen skal også være gjennomfrosset. Ut fra det vi har skrevet så langt er vår problemstilling ganske åpenbar: Kan vann fryse fortere når det er varmt og ikke kaldt?

1.1 Historie

I 1963 drev Erasto B. Mpemba fra Tanzania og frøs ned iskrem som han hadde laget på skolen sin. Han oppdaget da at de varme blandinger hans frøs før de kalde blandinger. Han stilte seg da spørsmålet om hva som fryser først av varmt eller kaldt vann. Senere hadde Mpemba møtt en venn fra Tanga som solgte iskrem, og han fortalte at i iskremindustrien frøs ned iskremen mens den var varm, siden den først ble frosset. Mpemba stilte spørsmålet til Dr. Denis G. Osborne kom til skolen hans og holdt et foredrag om fysikk. Spørsmålet han stilte var: Hvis man hadde to like beholdere med vann, den ene på 35 °C og den andre på 100 °C og setter begge i samme fryseren. Hvorfor ville den på 100 °C fryse først? Spørsmålet til Mpemba ble latterliggjort av hans klassekamerater som alle mente at det kalde vannet selvfølgelig ville fryse først. Dr. Osborne kunne ikke helt svare på spørsmålet, men ville forske litt på det sammen med Mpemba. Etter at de hadde funnet ut at dette stemte, publiserte de funnet i 1969. Når fenomenet ble mer kjent har mange prøvd å finne en konkret forklaring på hvorfor dette skjer, men det er fortsatt mange spørsmål rundt fenomenet. (Jeng 1998)

Erasto B. Mpemba var ikke den første personen med en teori om at det varme vannet måtte fryse først, men det er han som blir kreditert for fenomenet. Fenomenet kan dateres helt tilbake til Aristoteles sin tid, 300 f.kr. og etter Aristoteles hadde Giovanni Marliani og Francis Bacon også konkludert med at varmt vann under visse tilstander ville fryse før kaldt vann. Aristoteles hadde

skrevet: "The fact that water has previously been warmed contributes to its freezing quickly; for so it cools sooner. Hence many people, when they want to cool hot water quickly, begin by putting it in the sun. . ." Dette hadde Aristoteles skrevet etter at han hadde sett på hvorfor menneskekroppen blir varm når det er kaldt rundt den og omvendt. Noe som han da videre tolket slik at det måtte være det samme for varmt og kaldt vann. Under middelalderen hadde europeiske fysikere prøvd å bevise hva som egentlig skjer, men fant aldri en god forklaring. Mye tydet på at det vannet som skulle være varmt måtte kokes først for at det skulle fryse før det kalde vannet. Det var det som måtte bli gjort, hadde både Giovanni Marliani og Francis bacon sagt. (Jeng 1998)

2 Teorien

Fenomenet med at varmt vann fryser raskere enn kaldt blir ofte kalt Mpemba- effekten. Siden de fleste er veldig skeptiske skal vi si litt om hva som menes med Mpemba- effekten. Man starter med to like beholdere med like mye vann. Den eneste forskjellen er temperaturen. Når det er gjort, kjøles begge beholderne ved å bruke eksakt samme forhold. Til å begynne med vil det varme vannet, under visse forhold, fryse først. Dette kalles Mpemba- effekten. Hvis det varme vannet starter ved 99,9 °C, og det kalde vannet ved 0,01 °C, vil så klart det kalde vannet fryse først. Men under visse omstendigheter vil det varme vannet fryse først, og man har da sett Mpemba- effekten. Man vil ikke se samme effekt under hvilke som helst temperaturer, beholdere eller kjøleforhold. (Jeng 1998)

Mange mener at de er kommet med bevis på at Mpemba- effekten er umulig. Beviset går som regel slik: Hvis man starter med kaldt vann på 30 °C så tar det 10 minutter før det når nullpunktet. Da vil det varme vannet som starter ved 70 °C bruke X antall minutter før det når 30 °C, så skal det videre ned på 0 °C. Dvs. at det varme vannet må gjøre alt, pluss litt til. Det som er feil med dette beviset er at det er andre faktorer som må regnes med enn bare temperatur. Når det varme vannet når samme temperatur som det kalde startet på vil de ikke være identiske. Det varme vannet kan ha mindre masse (fordampning), mindre oppløst gass eller varmestrømninger som produserer en ikke- ensartet temperaturgruppering. Forholdene rundt beholderne kan også ha blitt forandret under prosessen. Alle disse forandringene er muligens viktige, og de vil bli sett på hver for seg videre i teksten. (Jeng 1998)

Det er fortsatt ikke kjent hva som skjer når Mpemba- effekten oppstår. En rekke mulige forklaringer har blitt foreslått, men så langt har eksperimentet ikke blitt vist klart nok. Forskere hevder ofte at en eller annen teori er den riktige, men det er ofte basert på gjetting og tipping. (Jeng 1998)

Hvorfor har ikke det moderne vitenskapssamfunnet svart på dette tilsynelatende enkle spørsmålet om kjøling av vann? Hovedproblemet er at den tiden det vil ta før vannet fryser er veldig sensitiv for en rekke detaljer som blir brukt i eksperimentet, for eksempel formen og størrelsen på beholderne, hvordan kjøleenheten er, hvor mye gass vannet inneholder, og hvordan tiden for frysepunktet er definert. På grunn av denne sensitiviteten er det uenigheter over hvilke forhold som må til og hvorfor det skjer. (Jeng 1998)

2.1 De fire teoriene

Det er foreløpig fire teorier som kan forklare hvorfor det varme vannet kan fryse forttere enn det kalde. Teoriene kan virke avhengig eller uavhengig av hverandre. Det er heller ingen garanti for at noen av teoriene er avgjørende for resultatet. (Jeng 1998)

2.1.1 Fordamping

Imens det varme vannets temperatur synker, vil det fordampe en liten mengde vann fra beholderen. Reduksjonen av vann vil gjøre at det tar kortere tid før temperaturen synker til 0 °C. Dette kan gjøre at det varme vannet fryser forttere enn det kalde, men er da blitt til litt mindre is.

Forskere mener at fordampingen er en mulig forklaring på Mpemba -effekten, men fordamping kan ikke forklare forsøk som er gjort i lukkede beholdere, der ingen partikler forsvinner ut. Dermed mener forskere at fordamping alene ikke er nok til å forklare effekten. (Jeng 1998)

2.1.2 Reduksjon av gasser

Varmt vann inneholder mindre volum av gasser enn kaldt vann. Under koking forsvinner store mengder gass fra vannet. Dette gjør at det varme, kokte vannet inneholder mindre gasser enn det kalde. Det er omdiskutert om dette kan være en faktor som påvirker egenskapene til vannet. Deriblant om det avkjøler seg raskere, om kokepunktet endres. (Jeng 1998)

Det er noen eksperimenter som favoriserer denne forklaringen, men den er lite pålitelig siden det ikke finnes noen teoretiske bevis.

2.1.3 Strømninger

Ettersom vannet avkjøles vil det dannes små strømninger i vannet. Det varme vannet vil stige øverst og ettersom det avkjøles vil det synke ned mot bunnen. Dette skjer fordi det kalde vannet er tyngre enn det varme. På denne måten vil vannet som i utgangspunktet var det varme, avkjøle seg raskest. Fordi det kalde vannet i den andre beholderen hele tiden står stille. (Jeng 1998)

Dette er også forklaringen på at det vil danne seg et islag på toppen av det kalde vannet når temperaturen nærmer seg null. Det vil ikke skje så tidlig i det "varme" vannet, fordi det er strømninger der. Islaget på toppen av det kalde vannet isolerer litt for kulden utenifra, slik at vannet inn mot sentrum vil bli en anelse mindre og saktere påvirket av kulden. (Jeng 1998)

Dette er antagelig den mest pålitelige teorien forskerne har kommet fram til, men det er fremdeles ukjent om den alene kan forklare Mpemba-effekten.

2.1.4 Omgivelser

Den siste teorien relateres ikke til vannet direkte, men omgivelsene rundt beholderne. Det varme vannet kan muligens påvirke omgivelsene noe, som vil ha effekt på nedkjølingsprosessen. F. eks. dersom beholderen står på en flate med et islag oppå vil beholderen smelte seg litt ned og dermed få en større flate som påvirker prosessen. Dette er en lite troverdig teori, ettersom forsøk sjelden gjøres under forhold der beholderne står på tykke lag med frost. (Jeng 1998)

3 Myter

Det finnes mange myter blant dette Mpemba-effekten, både av de som mener dette er mulig og de som mener det ikke er det.

3.1 Koke vann først

Flere teorier sier at det varme vannet må koke for at det skal fryse først. Dette er fordi det kokte vannet vil inneholde mindre gasser enn det kalde (Hovedsakelig CO₂ gasser).

(Ystenes 2000)

3.2 Det kalde vannet må underkjøles

For at det varme vannet skal fryse til is før det kalde, må det kalde underkjøles. Underkjøling betyr, kjapt forklart, at vannet ikke fryser ved 0°C, men ved en lavere temperatur. Ved en viss temperaturdifferanse vil da det varme vannet kjøles ned forttere og dermed fryse ved 0°, mens det kalde vil fryse en gang under 0°. (Jeng 1998)

3.3 Mythbusters

Mythbusters er en gruppe som jobber for TV-kanalen Discovery, hvor de bekrefter eller avkrefter myter. Man skulle tro at de var den perfekte kilden til denne oppgaven, ettersom de gjennomfører forsøkene sine nøye. Men i en quiz på deres amerikanske nettside finnes det et spørsmål om det går forttere å lage isbiter med varmt vann fra springen, i stedet for kaldt. Svaret er at kaldt vann er det kjappeste, men at under spesielle forhold i et laboratorium kan man få det varme til å fryse først. Går man derimot på den engelske nettsiden deres finner man beskrivelse på hvordan man skal utføre forsøket med en vanlig fryser som finnes i et hvert hjem. I beskrivelsen står det ingenting om kokt vann, dermed går vi ut fra at det brukes vanlig vann fra spring eller oppvarmet. (Discovery.com 2008 og Discovery.co.uk)

3.4 Veldig varmt vann fryser forttere enn bare varmt

En kilde sier at vannet på 195 °C frøs til is 10 minutter forttere enn vannet fra 140-175 °C. Med andre ord fryser det ekstremt varme vannet forttere til is enn bare det som er varmt. Dette utsagnet forsterker egentlig bare beskrivelsen av Mpemba-effekten. Vi kommer ikke til å gjennomføre forsøk ved slike høye temperaturer. (Adams 2008)

4 Forsøk

4.1 Utstyr

- 3 glassbeholdere
- Fryser (-80 °C og -18 °C)
- GLX-logger med temperaturføler
- Vann (Fra springen, dispenser og kokt)
- Komfyr
- Kamera

4.2 Fremgangsmåte

Vann ble hentet fra både vask, dispenser og kjele (kokt vann). Glassene ble fylt opp med 100ml vann. Det ble brukt en pinne eller teip tvers over glassene, som vi hengte temperatursensoren i. Sensoren ble justert mest mulig mot midten av vannmengden (bilde #1). Om temperaturen til vannet var høyere enn vi ønsket, ble glasset satt noen minutter til avkjøling. Da glassene i forsøkene hadde ønsket temperatur ble de satt inn i fryseren, med ledninger ut til GLX-loggeren.



Bilde #1: Nedfrysingsprosessen

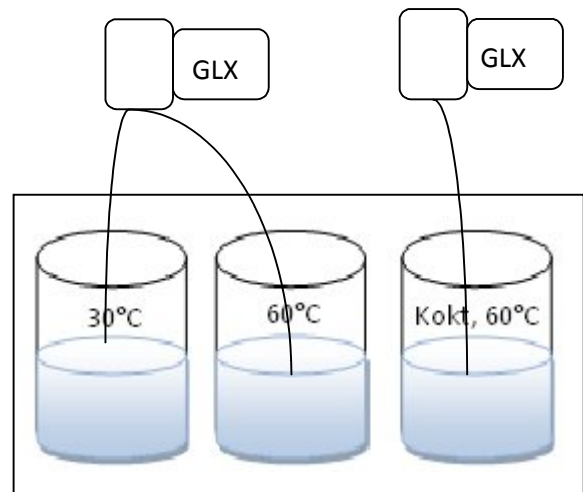
Ved første forsøk var vi til stede under nesten hele nedfrysingsperioden, hvor vi også kontrollerte beholderne hver halvtime. Dette for å få en bedre forståelse over hvordan grafen oppførte seg i forhold til den fysiske nedfrysingen. Da vi hadde ca. tid på hvor lang tid vannet brukte på å fryse var vi kun tilstede ved begynnelse og slutt på de andre forsøkene.

4.3 Forsøk #1

Graf fra GLX-logger ligger som vedlegg på side 18.

(Vedlegg 1 og 2)

I dette forsøket brukte vi tre beholdere med vann (figur 1). Kaldt vann (30 °C) ble tatt fra springen og varmt vann (60 °C) ble tatt fra vanddispenseren, i tillegg til at SIT kantinen koket opp vann for oss. Det varme vannet ble avkjølt til riktig temperatur før de ble plassert i fryseren.



Figur #1

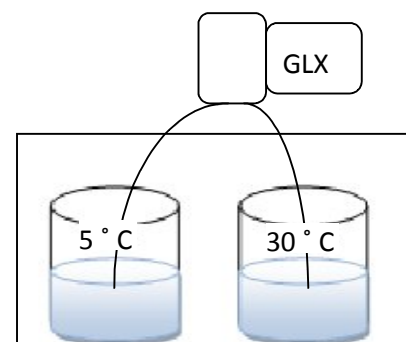
På grafen kan vi se at det kalde vannet fikk en "knekk" ved ca. 1800 sekunder. Den samme knekken oppstod på det varme vannet ved ca. 2200 sekunder. Vi kunne fysisk se at beholderne dannet et islag på toppen akkurat ved denne knekken. Dette kan støtte den tredje teorien som sier at et islag kan isolere for resten av vannet. Videre lå alle tre beholdere på nesten 0 °C i ca. 8000 sekunder. Vannet som var kokt gikk under nullpunktet etter 9393 sekunder, vannet som ikke var kokt gikk under null etter 9840 sekunder. Mens det kalde vannet gikk under null etter 10326 sekunder. Det betyr at vi oppnådde Mpemba-effekten. Dette forsøket støtter også myten om at vannet må kokes først, men ettersom det ikke-kokte vannet også frøs før det kalde er ikke dette nødvendig, dermed er den myten avkreftet. Ser vi nøye på grafene kan vi også se at det varme vannet lå under 0 °C ved stabiliseringsperioden, mens det kalde lå over 0,3 °C. Dette viser egentlig det motsatte av myte nummer to, hvor det står at det kalde vannet må underkjøles. Dermed har dette forsøket også avkreftet den myten. Dette forsøket avkrefter også det som er skrevet i quizen til Mythbusters, hvor Mpemba-effekten kan kun oppnås ved spesielle tilfeller i laboratorier.

4.4 Forsøk #2

Graf fra GLX-logger ligger som vedlegg på side 19.

(Vedlegg 3)

I dette forsøket brukte vi to beholdere med vann (se figur 2). Kaldt vann (5 °C) ble tatt fra vanddispenseren og varmt vann (30 °C) ble tatt fra springen.



Figur #2

På vanddispenseren står 5 °C, men GLX-loggeren målte 12,5 °C på dette vannet. Dette skyldes trolig at kjøleelementet i dispenseren er justert ned til 5 °C, men når mye vann tappes vil ikke dispenseren rekke å avkjøle alt vannet kjapt nok. Dispenservannet ble lagt i fryseren til avkjøling. Men øverste del av glasset hvor det ikke var vann ble det et tynt islag under avkjølingen. Derfor ble glasset avkjølt til ca. 3 °C for så tatt ut og varmet opp igjen, slik at begge glassbeholderne skulle være mest mulig like.

GLX-loggeren hadde slått seg av etter halve tiden, dermed mistet vi første del av grafen ved dette forsøket. Men i det vi satte de inn i fryseren tok det ikke lang tid før beholderen med 5 °C nådde stabiliseringsperioden på 0 °C, og den på 30 °C en stund etterpå. På den delen av grafen vi har, kan vi se at det varmeste vannet frøs fortere, til tross for at det kalde var enda nærmere 0 °C enn i forsøk #1.

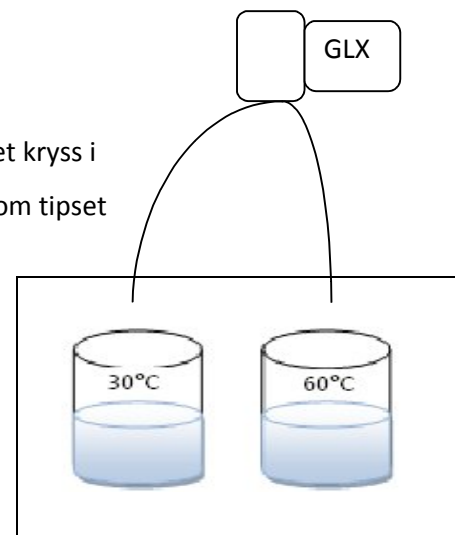
Det varme vannet gikk under 0 °C ved 1784 sekunder, mens det kalde gikk under null ved 2773 sekunder. Husk at disse sekundene er referert til selve grafen og kan ikke sammenlignes med forsøk #1 da vi mangler første del av grafen i dette forsøket. Igjen så beviser dette forsøket at Mpemba effekten stemmer. Vi kan også se samme trekkene på denne grafen som i forsøk #1, at det varme vannet er underkjølt under stabiliseringsperioden og det kalde vannet ligger på ca. 0,3 °C. Hvorfor 30 graders vannet ble underkjølt ved dette forsøket og ikke ved forsøk #1 har vi ingen bra forklaring på. Vi kan eventuelt trekke inn om vannet var forurenset eller ikke.

4.5 Forsøk #3

Graf fra GLX- logger som vedlegg på side 19.

(Vedlegg 4)

For at å unngå underkjøling, forurenset vi vannet ved at vi ripet et kryss i bunnen av hvert glass. Det var kjemilærer Olav Bjørlo ved HiST som tipset oss om at vi måtte prøve dette. Vi brukte akkurat de samme temperaturene som i forsøk #1 (30 og 60 °C, se figur 3), for å se om forurensing av vannet kunne gjøre innvirkning på resultatet. På grafen ser vi at det kalde vannet frøs hele 986 sekunder tidligere enn det varme, disse resultatene er motsatte av de i forsøk #1. Det var heller ingen underkjøling denne gangen, dette kan bekrefte myten som vi avkreftet ved forsøk #1, at underkjøling må til for å oppnå Mpemba- effekten.



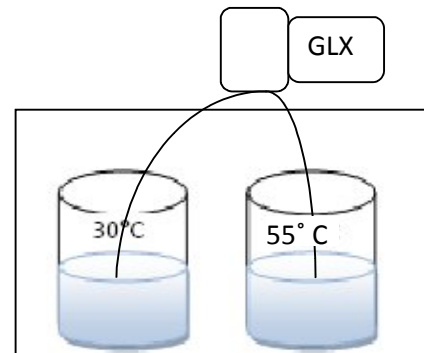
Figur #3

4.6 Forsøk #4

Graf fra GLX- logger ligger som vedlegg på side 20.

(Vedlegg 5)

Her brukte vi en fryser som holder 80 minusgrader. I den ene beholderen var vannet på ca 30 °C, og den andre holdt vannet ca 55 °C ved start (se figur 4). Etter en time ble GLX- loggeren sjekket og den viste at begge frøs tilnærmet samtidig. Det viste seg også at den kalde hadde raskere temperaturfall etter de var gjennomfrosset. Begge beholderne hadde sprukket, muligens pga den store temperaturforskjellen. Vi vet ikke om dette hadde noen direkte innvirkning på resultatet, derfor anser vi forsøket som upålitelig.



Figur #4

4.7 Feilkilder

Som det kan leses ut fra teoriene kan det være mange faktorer som spiller inn, ut fra teorien og vårt utstyr har vi laget en liste med mulige feilkilder.

- Avstand fra vegger og andre frosne gjenstander i fryseren kan påvirke resultatet ettersom noen glass var plassert nærmere vegg eller gjenstander enn andre.
- Døren ble åpnet og lukket en gang i halvtimen for å se fremgangen. Dette kan skape ujevn temperatur, men dette vil igjen påvirke både kalde og varme vannet likt.
- Det var vanskelig å få temperatursensoren helt i midten av glasset. Dermed kan is dannes fortere rundt den ene sensoren enn den i det andre glasset.
- Ved sprukket glass kan vann renne ut, og dermed framskynde fryseprosessen.
- Unøyaktig oppmåling av vann i beholderen.

5 Kobber i varmt vann

Vann med høyere temperatur trekker ut mer kobber fra vannrørene enn kjøligere vann. Høye konsentrasjoner av kobberet kan skape bitter smak på vannet. Det er også påvist diaré hos barn pga. høye kobbermengder. Selv det ikke er farlig å bruke varmt vann fra springen en gang i blant anbefales det å bruke kaldt vann til blant annet matlaging eller isbiter. (Andersen 2007)

6 Konklusjon

Vi oppnådde Mpemba- effekten ved to av de fire forsøkene. Så det vi kan konkludere med er at det er mulig å fryse varmere vann forttere enn kaldt. Det skal nevnes at det må vesentlig flere forsøk til for at dette kan bevises 100 %. Noe som ikke var mulig med den tiden vi fikk tildelt. Albert Einstein forklarte det godt med setningen: "No amount of experimentation can ever prove me right; a single experiment can prove me wrong."

Gjennom de fire forsøkene vi utførte har vi testet ut om de fire teoriene har innvirkning på effekten. Teorien om fordampning har tidligere blitt avkreftet fordi teorien også fungerte i lukkede beholdere (alle våre forsøk ble utført med åpne beholdere). I tillegg tror vi at fordampningen er såpass liten at den ikke har noen innvirkning. Dermed har vi liten tro på at denne teorien er en gjeldende faktor for Mpemba -effekten. Vi har også et forsøk med kokt vann, hvor vi så at det kokte vannet frøs før det ukokte, selv om de startet med lik temperatur. Men begge beholderne med varmt vann frøs før det kalde, derfor konkluderer vi med at kokt vann er urelevant for å oppnå effekten. Den siste teorien vi forklarte omfattet omgivelsene. Ettersom vi prøvde å plassere alle beholderne midt i fryseren og lengst unna vegger eller andre frosne varer, mener vi denne faktoren også spilte en veldig liten rolle i henhold til resultatene. Den teorien vi mener forklarer effekten best er teori nr 3, strømninger. Denne virker best forklarende og kan observeres underveis i forsøket. Vi mener dermed at strømningene i vannet er den mest gjeldende faktoren for at Mpemba-effekten skal forekomme, mens de andre teoriene kan fremskynde/reducere prosessen. Den tredje teorien tar også for seg at det øverste islaget isolerer for resten av vannet, men i forsøk #3 (med det forurensede vannet) fikk det varme vannet islaget på toppen etter det kalde, likt forsøk #1. Resultatet i det tredje forsøket ble likevel mislykket. Dermed har vi forstått hvorfor forskere er uenige om hvorfor Mpemba-effekten oppstår.

Selv om vi har bevist at varmt vann fryser forttere i enkelte tilfeller er det viktig å huske at kobbermengdene som blir med det varme vannet fra vannrørene ligger der fortsatt etter det har blitt til is.

7 Litteraturliste

Adams, Cecil (2008): "Which freezes faster, hot water or cold water?" [Internett], The Straight dope.

Tilgjengelig fra: <http://www.straightdope.com/columns/read/422/which-freezes-faster-hot-water-or-cold-water> [Lastet ned 15. desember 2008].

Andersen, Kristin 2007: "Kobber i springvann" [Internett], Lommelegen. Tilgjengelig fra:

<http://www.lommelegen.no/php/art.php?id=367473> [Lastet ned 15. desember 2008].

Discovery.com (2008): Water Myths [Internett], Mythbusters. Tilgjengelig fra:

<http://dsc.discovery.com/fansites/mythbusters/quiz/water/water.html> [Lastet ned 15. desember 2008].

Discovery.co.uk (2008): "Can warm water freeze faster than cold water?" [Internett], Mythbusters.

Tilgjengelig fra: <http://www.discoverychannel.co.uk/mythbusters/experiments/water/index.shtml> [Lastet ned 15. desember 2008].

Einstein, Albert: "Albert Einstein Quotes" [Internett], BrainyQuote. Tilgjengelig fra:

http://www.brainyquote.com/quotes/authors/a/albert_einstein.html [Lastet ned 15. desember 2008].

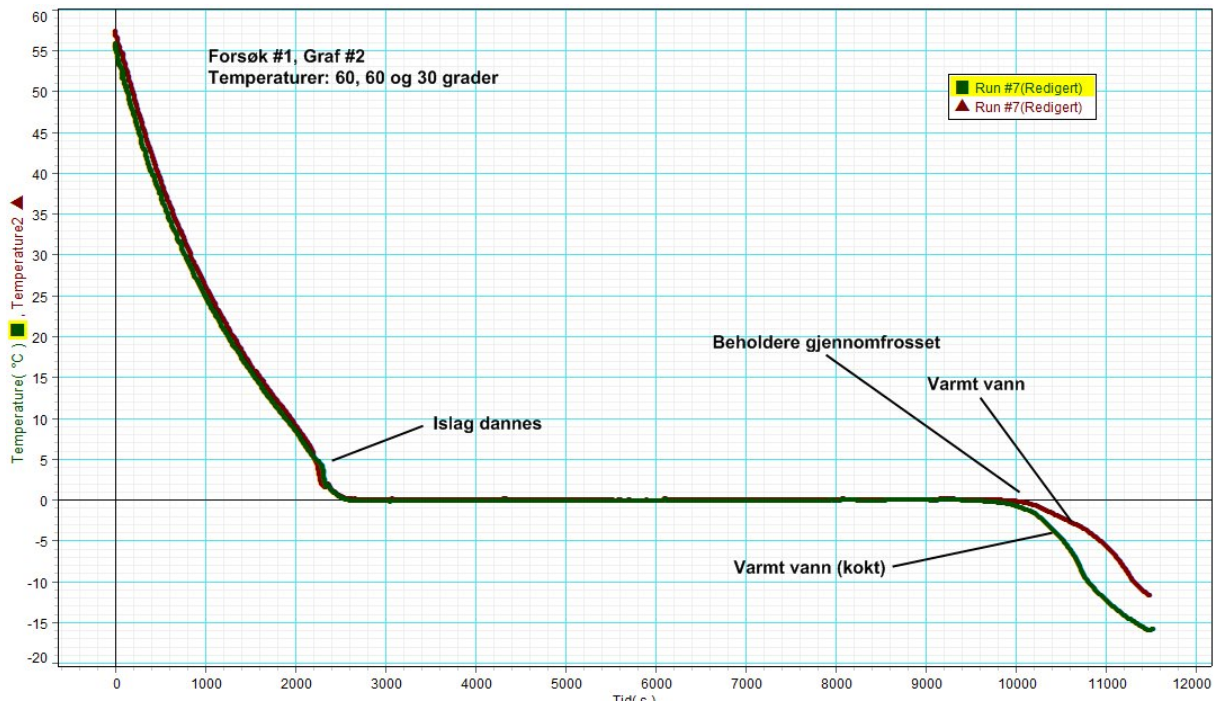
Jeng, Monwhea (1998): "Can hot water freeze faster than cold water?" [Internett], Department of Physics, University of California. Tilgjengelig fra:

http://math.ucr.edu/home/baez/physics/General/hot_water.html [Lastet ned 15. desember 2008].

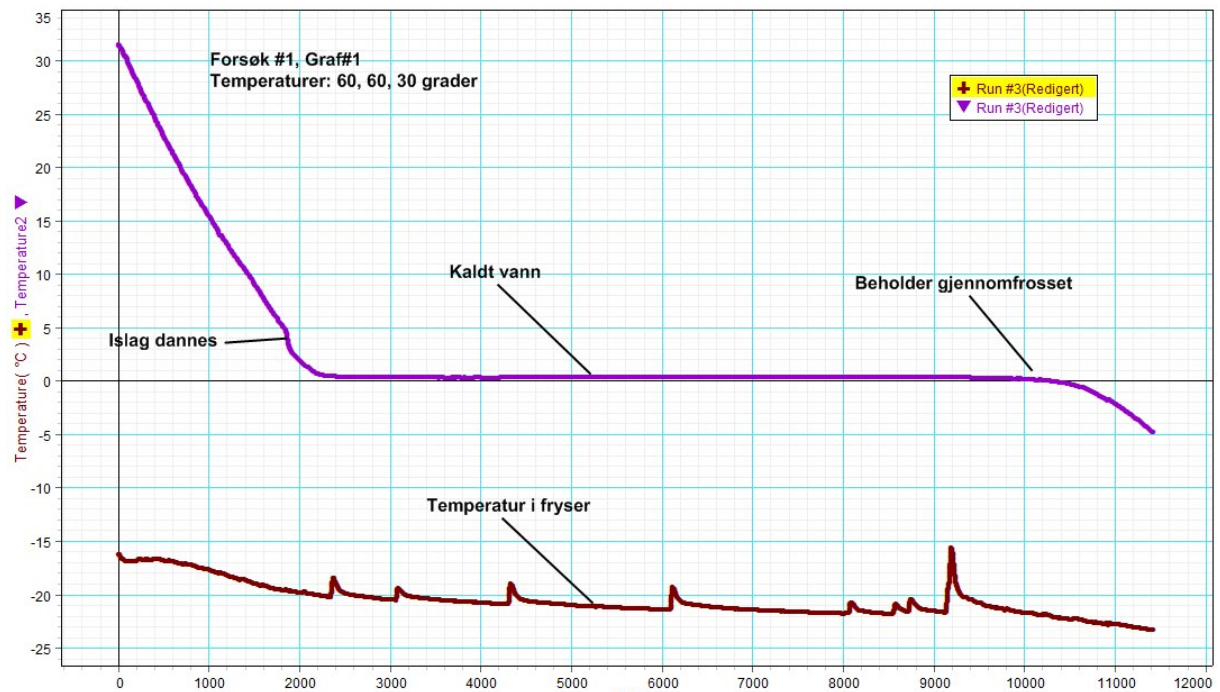
Ystenes, Martin (2000): "Varmt vann fryser raskere enn kaldt vann", i Gamle myter blir som nye, del 1

[Internett]. Tilgjengelig fra: <http://www.nt.ntnu.no/users/ystenes/janei/myter.htm#mpemba> [Lastet ned 15. desember 2008].

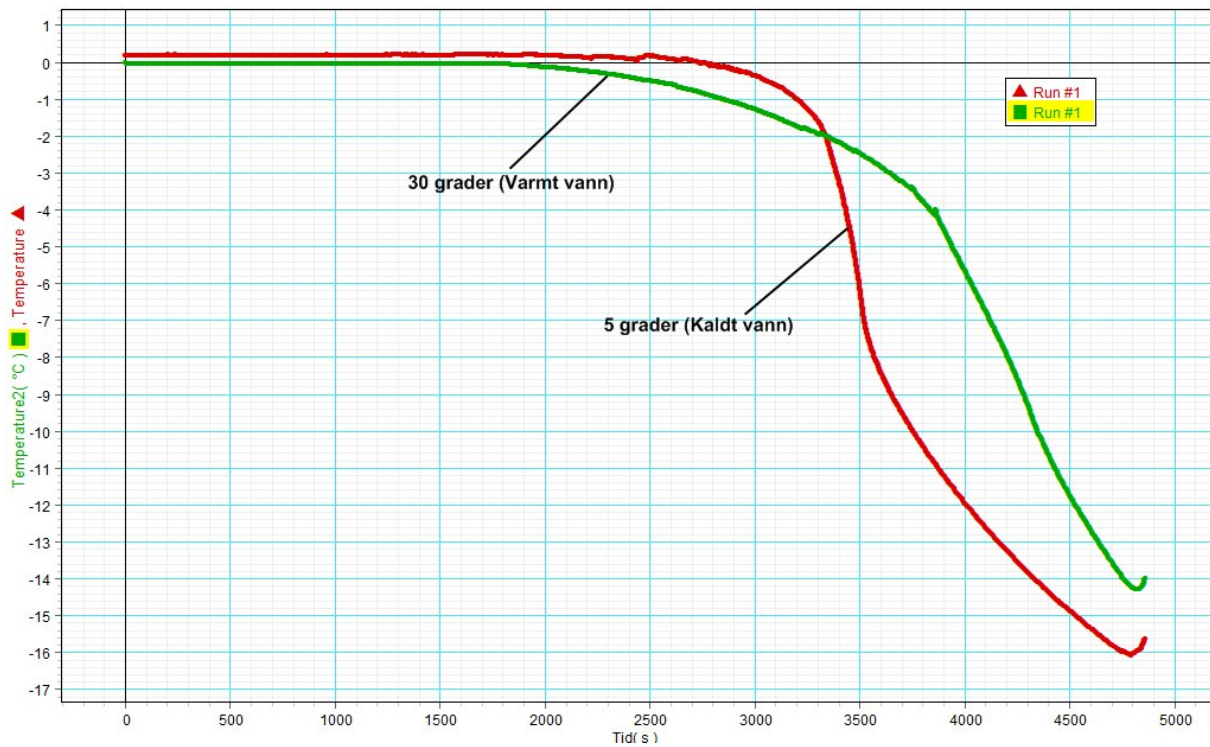
8 Vedlegg



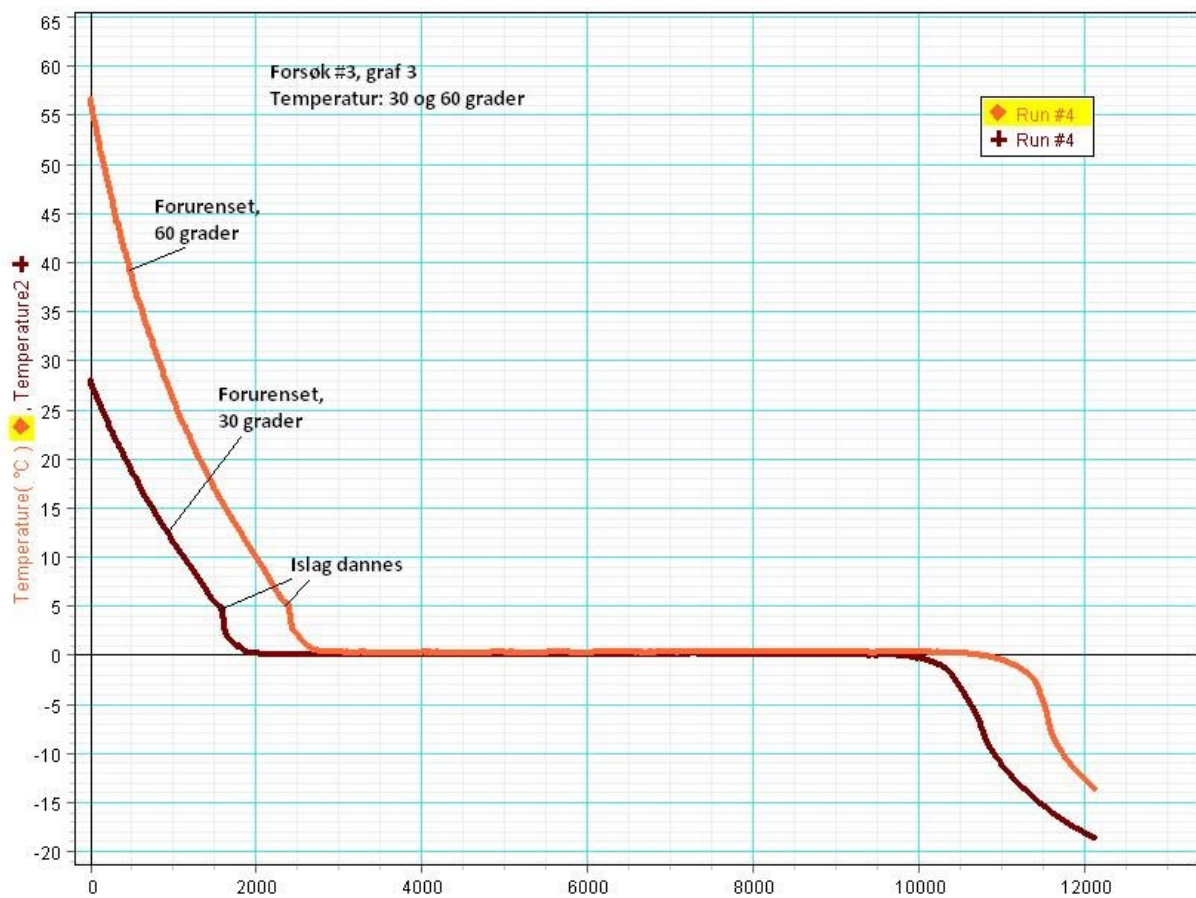
Vedlegg (bilde) 1: Forsøk #1 (Graf nr. 1)



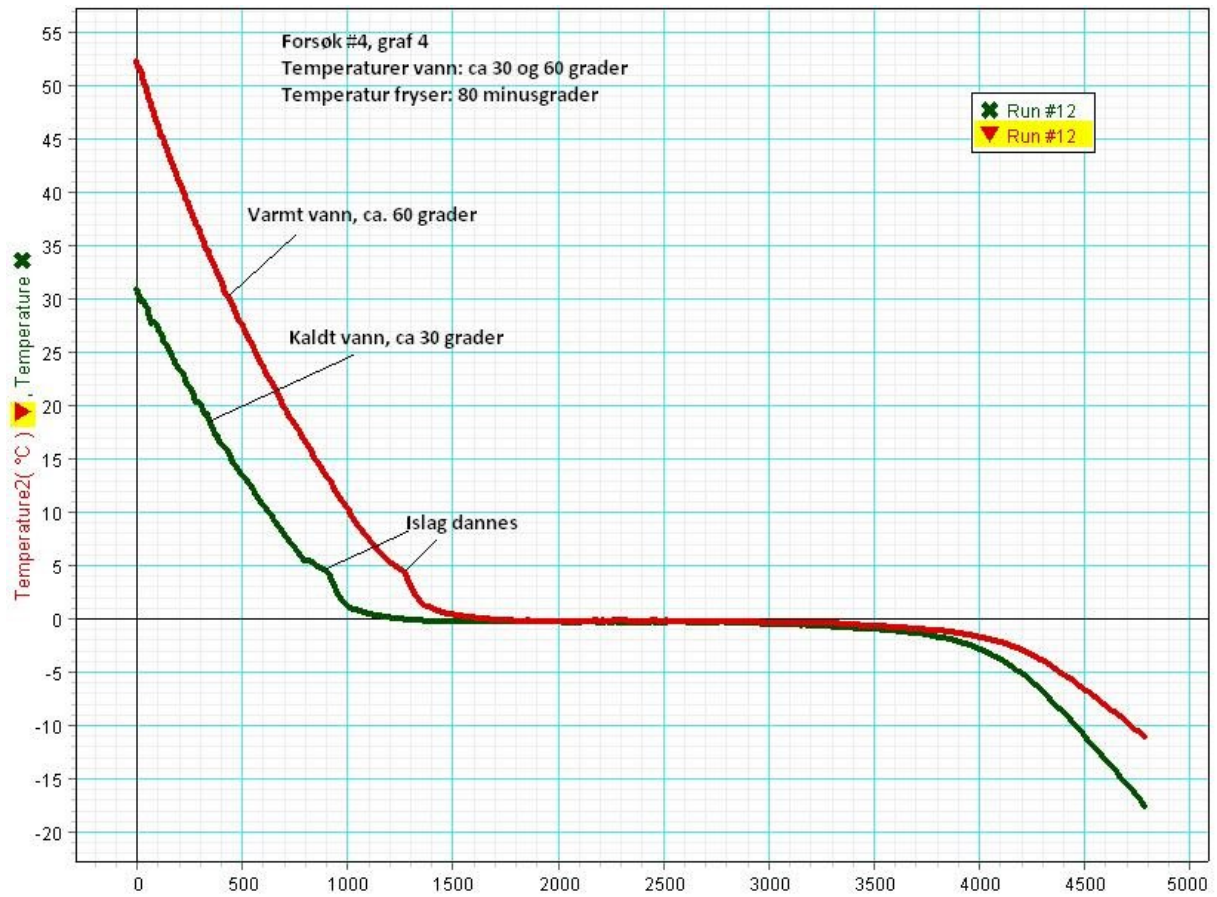
Vedlegg (bilde) 2: Forsøk #1 (Graf nr. 2)



Vedlegg (bilde) 3: Forsøk #2



Vedlegg (bilde) 4: Forsøk #3



Vedlegg (bilde) 5: Forsøk #4