

Elforskningsprojekt nr. 349-039

Køleanlæg baseret på magnetisk separation

Resultater

JoMa Tech MSR IvS

V. John Terpollari Madsen

Bregnevej 4

5792 Aarslev.

CVR. nr. 35 64 98 16

Indholdsfortegnelse

Konklusion.....	2
Generel konklusion:.....	5
Betydning af øget koncentration af nanopartikler:	8
Betydning af kulsyreanhydrase	8
Elforsk projektet: anlæg virkende ved absorption af CO ₂	9
Valg af nanopartikler og fremstilling af forsøgsopstilling.	9
Nanopartiklerne.	9
Udstyr for logning af temperaturer.	9
Udstyr for logning af effektoptag.	10
Valg af tryk af CO ₂ til forsøg.....	12
Forsøgsopstillingen.....	14
Målinger.	16
Referenceforsøg: ren CO ₂ uden vand eller nanopartikler, 4 baro.....	17
Påvirkning af bevægelse af magnet.	18
Verificerende forsøg for undersøgelse af betydning af omrører.	20
Forsøg med stop af omrører i væske.....	24
Målinger på dT uden kulsyreanhydrase, lav koncentration af nanopartikler.	26
Forsøg 1: 1 baro.....	26
Forsøg 2: 4 baro, lav koncentration af nanopartikler, første servo-opstilling.....	28
Forsøg 3, 26-05, 4 baro.....	30
Forsøg 4: Tryk på 8 og 16 baro.	34
Forsøg 5: Forsøg med højere koncentration af nanopartikler	40
Forsøg 6: Forsøg med lav koncentration af nanopartikler og kulsyre anhydrase	46
Bilag 1: Data for TinyTags	52
Kilder:	53

Konklusion.

Magnetisk separation anvendes i dag i medicinal industrien samt på forsøgsbasis i foreward osmoseanlæg for fremstilling af ferskvand fra havvand. Norske forskere har endvidere i 2015 offentliggjort, at de vil

undersøge muligheden for at bruge teknologien til CO₂-opsamling fra røggasser med henblik på deponi (CCS).

Hos JoMa Tech MSR har vi hypoteser om, at magnetisk separation af nanopartikler eller andre magnetisk påvirkelige kemiske stoffer kan anvendes til energimæssige formål, som f.eks. at drive køleanlæg/varmepumper med permanente magneter med deraf følgende meget gode COP-værdier.

For at eftervise denne hypotese er der valgt et forsøg med CO₂ som kølemiddel, og vand som absorbent.

Der måles ved forskellige tryk.

I opstillingen kan en permanent magnet køre ind og ud under en skål med 1 g nanopartikler opløst i ca. 40 ml vand.

Magneten trækkes af en servo, på hvilken effektoptaget / energiforbruget måles.

Temperaturen logges i væsken, i CO₂-gassen og i lokalet hvor opstillingen er placeret.

Baseret på variationer i temperaturen beregnes entalpi-ændringen i hvert forsøg. Denne sammenlignes med energiforbruget (arbejdet) tilført servoen, hvorved en COP kan beregnes.

Når magneten ikke er kørt ind under nanopartiklerne omrøres de via en lille elmotor. Denne er på 0,65 W, men det er desværre nok til at påvirke temperaturen i beholderen. Derfor fratrækkes der 0,3 °C fra de målte værdier for temperatur i CO₂-gassen, når omrøreren lige har kørt.

En oversigt over de målte værdier vises her i kronologisk rækkefølge, og med kommentarer:

Dato	Klokkeslet	Tryk Baro	Magnet placering	Omrører drift	dH J	COP _{målt}	COP _{Carnot}	Bemærkning
10-05	20:13 - 20:14	1,0	Under nano	stoppet	Væs: 13,9 CO ₂ ej målt	Ej målt	-	Første forsøg. Der ses et lille udsving i temperatur, dog en stigning
10-05	20:26 - 20:27	1,0	Under nano	stoppet	Væs: 13,9 CO ₂ ej målt	Ej målt	-	Første forsøg. Der ses et lille udsving i temperatur, dog en stigning
17-05	07:44 - 09:45	4,0	Under nano	stoppet	Væs: -77,2 CO ₂ : 82,8 Sum: 5,6	Ej målt	-	Af kurven ses en tydelige reaktion under magnetpåvirkningen.
26-05	17:32 - 21:08	4,0	Væk fra nano	Kører	Ej målt	Ej målt	-	Temp. bør stige, men er konstant. Rumtemp er faldende, og kompenserer muligvis for temp. stig i beholder
26-05	21:08 - 23:28	4,0	Under nano	stoppet	Væs: -103,4 CO ₂ : -101,5 Sum: -204,9	Målt: 2,3837 J Ref: 2,814 J COP negativ	440	Temp. falder som forventet
27-05	08:00 - 09:04	4,0	Under nano	stoppet	Væs: -71,0 CO ₂ : -42,3 Sum: -113,3	Målt: 2,320 J Ref: 2,814 J COP negativ	-	Temp. falder som forventet
27-05	09:04 - 10:34	4,0	Væk fra nano	Kører	Væs: +13,9 CO ₂ : +13,3 Sum: +27,2	-	-	Temp. stiger trods faldende rumtemperatur, som forventet.
27-05	10:34 -	4,0	Under nano	stoppet	Væs: - 46,3	Målt: 2,419 J	997	Temp. falder som forventet,

Køleanlæg baseret på magnetisk separation

	11:35				CO ₂ : - 33,8 Sum: - 80,1	Ref: 2,814 J COP negativ		endda trods stigende rumtemp.
27-05	11:35 - 12:25	4,0	Væk fra nano	kører	Væs: + 17,0 CO ₂ : + 26,6 Sum: + 43,6	-	-	Temp. stiger som forudset
27-05	15:48 - 16:42	8,08	Under nano	stoppet	Væs: - 45,5 CO ₂ : - 70,5 Sum: - 116,0	Målt: 2,73 J Ref: 2,814 J COP negativ	995	Temp. falder som forventet. Rumtemp. er konstant under denne måling.
27-05	16:42 - 17:47	8,08	Væk fra nano	kører	Væs: + 26,7 CO ₂ : + 79,1 Sum: + 105,8	-	-	Temp. stiger som forventet, endda trods fald i rumtemp.
27-05	17:47 - 18:35	8,08	Under nano	stoppet	Væs: - 26,2 CO ₂ : - 58,6 Sum: - 84,8	Målt: 2,65 J Ref: 2,814 J COP negativ	-	Temp. falder som forventet
27-05	18:35 - 19:41	8,08	Væk fra nano	kører	Væs: + 36,1 CO ₂ : + 54,1 Sum: + 90,2	-	-	Temp. stiger som forventet. Rumtemp. næsten konstant
27-05	19:14 - 20:30	8,08	Under nano	Stoppet	Væs: - 24,5 CO ₂ : - 47,0 Sum: - 71,5	Målt: 2,833 J Ref: 2,814 J COP = 3.873	1.845	Temp. falder som forventet Målt COP er bedre end COP _{carnot}
27-05	22:25 - 23:00	15,95	Under nano	Stoppet	Væs: - 56,6 CO ₂ : - 71,9 Sum: - 128,5	Målt: 2,94 J Ref: 2,814 J COP = 1.020	800	Temp. falder som forventet Målt COP er bedre end COP _{carnot}
28-05	06:03 - 07:00	15,14	Under nano	Stoppet	Væs: - 51,2 CO ₂ : - 100,7 Sum: - 151,9	Målt: 3,065 J Ref: 2,814 J COP = 605	881	Temp. falder som forventet. Lille ændring i omgivelses-temp. Målt COP < COP _{carnot}
28-05	07:00 - 08:22	15,14	Væk fra nano	kører	Væs: -13,9 CO ₂ : -80,6 Sum: - 94,5	- Temp bør stige	-	Temperaturfald er stejl før og efter denne måling, mens temp. er næsten konstant under måling.
Dato	Klokkeslet	Tryk Baro	Magnet placering	Omrører drift	dH J	COP_{målt}	COP_{carnot}	Bemærkning
28-05	08:22 - 11:32	15,14	Under nano	stoppet	Væs: - 84,2 CO ₂ : - 74,1 Sum: - 158,3	Målt: 2,819 J Ref: 2,814 J COP = høj	535	Temp. falder som forventet Målt COP er bedre end COP _{carnot}
28-05	11:32 - 13:13	15,14	Væk fra nano	kører	Væs: 69,3 CO ₂ : 156,5 Sum: +225,8	-	-	Temp. stiger som forventet. Udetemp. omtrent konstant
28-05	13:13 - 14:13	15,14	Under nano	stoppet	Væs: - 25,6 CO ₂ : - 12,1 Sum: - 37,7	Målt: 2,482 J Ref: 2,814 J COP = negativ	-	Temp. falder som forventet
28-05	14:13 - 15:08	15,14	Væk fra nano	kører	Væs: 41,3 CO ₂ : 104,3 Sum: 145,6	-	-	Temp. stiger som forventet.
Høj koncentration af nanopartikler (27,5 g vand mod 36,9 g tidligere)								
03-06	22:15 - 22:47	3,99	Under nano	Stoppet.	Væs: -22,2 CO ₂ : - 13,9 Sum: - 36,1	Målt: 2,731 J Ref: 2,814 J COP negativ	-	Temp. falder som forventet Omrører var stoppet længe inden forsøg
04-06 nano	05:58 - 06:22	3,99	Under nano	Stoppet	Væs: - 28,6 CO ₂ : - 3,6 Sum: - 32,2	Målt: 3,192 J Ref: 2,814 J COP = 85	1.187	Temp. falder som forventet
04-06	17:15 - 17:56	3,99	Væk fra nano	Stoppet	Væs: 13,2 CO ₂ : 19,0 Sum: 32,2	-	-	Dette forsøg undersøger betydning af omrøring. Dette påvirker målingerne.
04-06	17:56 - 18:26	3,99	Væk fra nano	kører	Væs: 40,5 CO ₂ : 72,1 Sum: 112,6	-	-	Dette forsøg undersøger betydning af omrøring. Dette påvirker målingerne.
05-06	04:45 -	7,6	Væk fra	stoppet	Væs: -40,4	-	-	Temp. falder trods stigning i

	05:26		nano		CO ₂ : - 97,2 Sum: - 137,6			omgivelsernes temp., dvs. stop af omrører har formentligt betydning.
05-06	05:26 - 06:13	7,6	Under nano	stoppet	Væs: -46,8 CO ₂ : - 100,1 Sum: - 146,9	Målt: 2,584 J Ref: 2,814 J COP negativ	-	Temp. falder som forventet Omrører var stoppet længe inden forsøg. Udetemp falder ligeledes i samme tempo
Forsøg med kulsyre anhydrase Lav koncentration af nano (42,5 g)								
04-07	19:23 - 20:17	0,0	Under nano	Stoppet	Væs: -70,9 CO ₂ : - 4,6 Sum: -75,5	-	-	Temp. falder som forventet. Falder hurtigere end rumtemp, og rumtemp > gastemp, dvs. andre faktorer end rumtemp forårsager faldet.
05-07	20:57 - 21:45	8,0	Under nano	Stoppet	Væs: - 48,9 CO ₂ : - 31,9 Sum: - 80,8	-	-	Temp. falder som forventet.

Tabel 1: Oversigt over forsøgsresultater. At COP er negativ betyder at det målte arbejde er mindre end referencen, hvorfor det ikke kan ses at påvirkningen fra nanopartiklerne øger det mekaniske arbejde.

Generel konklusion:

- I langt de fleste forsøg opfører temperaturudviklingen sig som forventet ud fra teorien. Udenfor magnetfeltet optager nanopartiklerne CO₂, der kondenserer og derved opvarmer vandet. I magnetfeltet falder temperaturen, hvilket forklares via teorien med at CO₂ fordampes fra opløsningen.
- Der er flere usikkerheder ved forsøget:
 - I beholderen findes en lille elmotor for omrøring af nanopartiklerne, når de ikke påvirkes af magneten. Denne er på 0,65 W, men det er nok til at opvarme beholderen indre, og derved give usikkerheder. Nogle forsøg viser en stigning i temperaturen af CO₂-gassen på ca. 0,3 °C med omrøreren tændt, og et tilsvarende fald i temperaturen med omrøreren slukket. Der er derfor søgt kompenseret for omrørerens opvarmning ved at korrigere med denne værdi.
 - Temperaturen i lokalet varierede med udetemperaturen. Somme tider var temperaturen i lokalet højere end i forsøgsopstillingen, og somme tider var temperaturen i forsøgsopstillingen højere end i lokalet. Der er ikke kompenseret for dette, da betydningen ikke er entydig, men hvor der er kraftige fald i alle temperaturer er det nævnt i ovenstående oversigt.
- Der er tale om meget små temperaturvariationer og energier, så princippet vil ikke kunne bruges ved de større temperaturvariationer, der kræves i køleanlæg og varmepumper.
- COP er søgt målt ved at måle det arbejde som det koster at trække magneten ud af magnetfeltet. Energierne er meget små, så der er store usikkerheder på disse målinger. I mange målinger er arbejdet for at trække magneten væk fra nanopartiklerne mindre end det

gennemsnitlige arbejde, som samme bevægelse koster uden påvirkning af nanopartikler (beregnet "COP Negativ i tabellen). Hvis nanopartiklerne placeres på magneten udenfor magnetfeltet, kan man dog mærke at der er modstand mod at trække nanopartiklerne væk, så det formodes at der er et mer-forbrug af arbejde på magneten, når den påvirkes af nanopartikler.

Resultaterne er sorteret efter tryk mm.:

Sorteret efter tryk. Lav koncentration, ingen kulsyreanhydrase										
Dato	Klokke-slet	Tryk	Magnet placering	Omrører drift	dT _{væske}	dT _{CO2}	dT _{ude}	dH _{væske}	dH _{CO2}	dH _{Samlet}
		Baro			°C	°C	°C	J	J	
17-maj	07:44 - 09:45	4	Under nano	stoppet	-0,500	0,640	1,160	-77,200	82,800	5,600
26-maj	21:08 - 23:28	4	Under nano	stoppet	-0,670	-0,840	-0,520	-103,400	-101,500	-204,900
27-maj	08:00 - 09:04	4	Under nano	stoppet	-0,460	-0,350	-0,110	-71,000	-42,300	-113,300
27-maj	10:34 - 11:35	4	Under nano	stoppet	-0,300	-0,280	0,820	-46,300	-33,800	-80,100
Middelvær					-0,483	-0,208	0,338	-74,475	-23,700	-98,175
27-maj	09:04 - 10:34	4	Væk fra	Kører	0,090	0,110	-1,330	13,900	13,300	27,200
27-maj	11:35 - 12:25	4	Væk fra	kører	0,110	0,220	0,220	17,000	26,600	43,600
Middelvær					0,100	0,165	-0,555	15,450	19,950	35,400
27-maj	15:48 - 16:42	8,08	Under nano	stoppet	-0,295	-0,314	-0,035	-45,500	-70,500	-116,000
27-maj	17:47 - 18:35	8,08	Under nano	stoppet	-0,170	-0,261	-0,493	-26,200	-58,600	-84,800
27-maj	19:14 - 20:30	8,08	Under nano	Stoppet	-0,159	-0,209	-0,128	-24,500	-47,000	-71,500
Middelvær					-0,208	-0,261	-0,219	-32,067	-58,700	-90,767
27-maj	16:42 - 17:47	8,08	Væk fra	kører	0,173	0,352	-0,252	26,700	79,100	105,800
27-maj	18:35 - 19:41	8,08	Væk fra	kører	0,234	0,241	0,101	36,100	54,100	90,200
Middelvær					0,204	0,297	-0,076	31,400	66,600	98,000
27-maj	22:25 - 23:00	15,95	Under nano	Stoppet	-0,367	-0,172	0,127	-56,600	-71,900	-128,500
28-maj	06:03 - 07:00	15,14	Under nano	Stoppet	-0,332	-0,250	-0,390	-51,200	-100,700	-151,900
28-maj	08:22 - 11:32	15,14	Under nano	stoppet	-0,546	-0,184	1,085	-84,200	-74,100	-158,300
28-maj	13:13 - 14:13	15,14	Under nano	stoppet	-0,166	-0,033	0,201	25,600	12,100	37,700
Middelvær					-0,353	-0,160	0,256	-41,600	-58,650	-100,250
28-maj	07:00 - 08:22	15,14	Væk fra	kører	-0,090	-0,202	-0,034	-13,900	-80,600	-94,500
28-maj	11:32 - 13:13	15,14	Væk fra	kører	0,449	0,389	0,054	69,300	156,500	225,800
28-maj	14:13 - 15:08	15,14	Væk fra	kører	0,264	0,259	0,381	41,300	104,300	145,600
Middelvær					0,208	0,149	0,134	32,233	60,067	92,300
Høj koncentration af nanopartikler (27,5 g vand mod 36,9 g										
03-jun	22:15 - 22:47	3,99	Under nano	Stoppet.	-0,193	-0,113	-0,163	-22,2	-13,9	-36,1
04-jun	05:58 - 06:22	3,99	Under nano	Stoppet	-0,249	-0,029	-0,142	-28,6	-3,6	-32,2
Middelvær					-0,221	-0,071	-0,153	-25,400	-8,750	-34,150
05-jun	05:26 - 06:13	7,6	Under nano	stoppet	-0,407	-0,47	-0,607	-46,8	-100,1	-146,9
Forsøg med kulsyre anhydrase, Lav koncentration af nano (42,5										
04-jul	19:23 - 20:17	0	Under nano	Stoppet	-0,399	-0,184	-0,267	-70,9	-4,56	-75,46
05-jul	20:57 - 21:45	8	Under nano	Stoppet	-0,275	-0,145	-0,432	-48,9	-31,9	-80,8

Betydning af øget koncentration af nanopartikler:

Ud fra en hypotese om at nanopartiklerne kan absorbere en given mængde CO₂ er der lavet forsøg med en højere koncentration af nanopartikler. Med samme masse af nanopartikler vil der således kræves en mindre mængde vand, der ved et givet optag af CO₂ (samme dH) vil vise større temperaturudsving.

I disse forsøg falder temperaturen i opløsningen gennemsnitligt med -0,221 °C ved målinger foretaget ved ca. 4,0 baro.

For andre forsøg ved 4,0 baro og lavere koncentration (uden kulsyreanhydrase) var det gennemsnitlige temperaturfald i væsken -0,483 °C.

Ved 8 baro er temperaturfaldet -0,407 °C med høj koncentration af nanopartikler, og - 0,208 °C ved lav koncentration, dvs. det omvendte af resultatet ved 4 baro.

Med dette forsøg kan det derfor ikke konkluderes om hypotesen er korrekt.

Betydning af kulsyreanhydrase:

I vores krop øger kulsyreanhydrase reaktionshastigheden ved mødet mellem vand og CO₂. Det er undersøgt om det ligeledes kan øge reaktionshastigheden i det magnet-baserede køleanlæg.

Der er udført en række forsøg på under 1 minuts varighed for at undersøge dette, men i ingen af disse forsøg er der synlige variationer i temperaturen.

Det ses at dT for væsken er af samme størrelsesorden som for de øvrige forsøg.

Med dette forsøg kan det konkluderes, at kulsyreanhydrase ikke har betydning for temperaturvariationerne under de forhold er var under disse forsøg.

Kulsyreanhydrasen er fra en okse. Alle vekselvarme dyr (pattedyr og fugle) har en kropstemperatur på ca. 37 °C, da kroppens enzymer fungerer optimalt ved netop denne temperatur. Det er derfor muligt at kulsyreanhydrasen ikke virker ved de opnåede temperaturer.

Elforsk projektet: anlæg virkende ved absorption af CO₂.

Der er fremstillet nanopartikler, der i teorien vil kunne justere mængden af CO₂ i vand. Når de flyder frit rundt kan de optage CO₂, der herved kondenseres i vandet med en opvarmning til følge.

Når nanopartiklerne opkoncentreres ved magneten, forrykkes den kemiske balance i opløsningen, og de afgiver CO₂ igen. Den afgivne CO₂ fordampes, hvorved væsken køles.

Valg af nanopartikler og fremstilling af forsøgsopstilling.

Nanopartiklerne.

I samråd med kemikere på SDU (kilde 1 og 2) er der valgt nanopartikler med en kerne af Fe₃O₄ (magnetit).

Diameteren er valgt til 8 nm. Coatingen af de magnetiske kerner ønskes hemmeligholdt.

Udstyr for logning af temperaturer.

Der logges temperaturer i hhv. væsken, CO₂-gassen og i lokalet hvor opstillingen står.

Logningerne sker med 5 sekunders intervaller.

Temperaturerne logges via Tiny Tags (TT i det følgende), se datablad i Bilag 3.

For disse oplyses følgende hoveddata:

- Udlæsningsopløsning på mindst 0,02 °C
- Temperaturstabilitet på ± 0,01 °C
- En nøjagtighed på 0,35 °C ved 0 - 70 °C.

Da det ses at der kan måles forskellige temperaturer i udgangspunktet grundet nøjagtigheden, er de 3 sensorer testet ved ens temperaturer.

	Kogende vand	Isvand	Rumtemperatur
TT i væske	99,77 °C	9,03 °C	25,53 °C
TT i CO ₂	99,97 °C	8,22 °C	25,52 °C
TT i lokalet	99,75 °C	9,30 °C	25,28 °C

Tabel 2: Sammenligning af Tiny Tags

Det ses at de måler indenfor deres usikkerheder. Især TT i væske og TT i CO₂ ser ud til at have samme kalibrering ved stuetemperatur, hvorfor data fra disse anvendes uden korrektion med mindre andet angives.

Da det især er dT der er interessant, og da de to mest interessante temperaturer findes inde i beholderen (Væske og CO₂-gas) hvor måleinstrumenterne måler ens, foretages der ikke korrektioner af temperaturerne.

Udstyr for logning af effektoptag.

Bevægelsen af magneten foretages via en servo som dem der bruges til radiostyrede modeller.

Servoen er af typen Bluebird BMS-660MG+HS Analog servo.

Den styres via en såkaldt servotester, der kan bruges til at trimme servoen mellem dens yderpunkter. Endvidere er der i forsøgsopstillingen en kontakt for tænd/sluk.

For at gøre reaktionstiden på servoen ens fra forsøg til forsøg, er fremgangsmåden at kontakten altid er slukket. Når servoen skal bevæges, drejes servotesteren til det ønskede yderpunkt. Når kontakten herefter tændes, kører servoen til den ønskede position.

Når servoen ikke bevæges, er der øjensynligt ikke noget elforbrug.

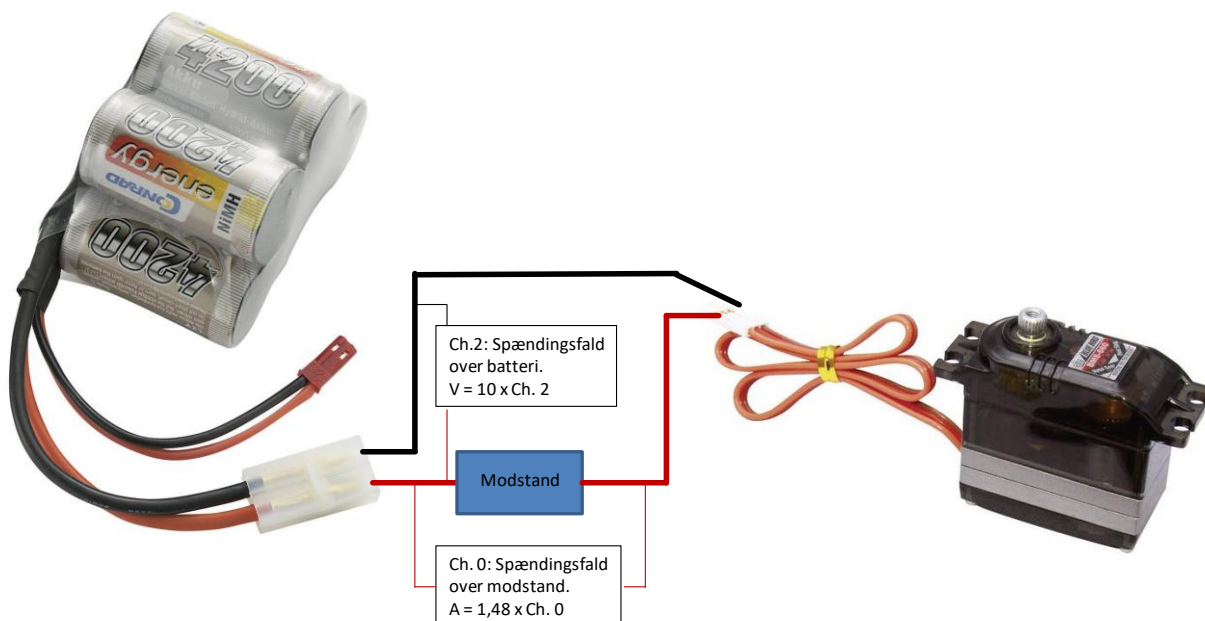
Effektoptaget logges via en logger af mærket Advantech USB-4711A Portable Data Acquisition Module 150 k S/s, 12 bit multifunktion USB Module.



Denne enhed kan måle spændingen på op til 16 kanaler, med en opløsning på op til 1000 Hz, hvilket er anvendt i forsøgene.

Loggeren tilkobles en PC med et USB-stik, og software på PC-en står for opsamlingen af signaler fra loggeren.

Opstillingen er udført af Lillegaard Teknik (Kilde 5)



Fremgangsmåden ved måling af energiforbruget er som følger:

Strømstyrken beregnes ved at måle spændingsfaldet over en kendt modstand (Ch. 0). Med den valgte modstand skal det målte spændingsfald ganges med 1,48.

Spændingen over batteriet måles ligeledes, ved måling over en kendt modstand (Ch 2). Her skal den målte værdi ganges med 10 for at få den faktiske værdi over batteriet.

Det spændingsfald der findes over servoen er batterispændingen fratrukket spændingsfaldet over modstande for strømmåling.

Effekten er $U \times I$. Energien er effekt \times tid. Med 1000 Hz er energien i hvert målepunkt derfor $U \times I / 1.000$.

Målingerne behandles i et regneark. Hvor der er en serie udlæste effekter beregnes arbejdet i hvert målepunkt, og dette summeres til et samlet arbejde.

Eksempel: Over modstanden for strømmåling måles 1,2439 V, og over batteriet måles 0,6689 V.

$$\text{Strømstyrke: } 1,48 \cdot 1,2439 \text{ V} = 1,841 \text{ A}$$

$$\text{Effekt: } 1,841 \text{ A} \cdot 5,4451 \text{ V} = 10,0244 \text{ W}$$

$$\text{Energi afsat i dette målepunkt: } 10,0244 \text{ W} / 1000 = 0,0100244 \text{ J}$$

For at beregne et evt. ekstra arbejde for at trække magneten væk fra nanopartiklerne, sammenlignes det målte arbejde ved hvert forsøg med en referenceværdi, der er målt i CO₂ ved 4 baro, og uden nanopartikler.

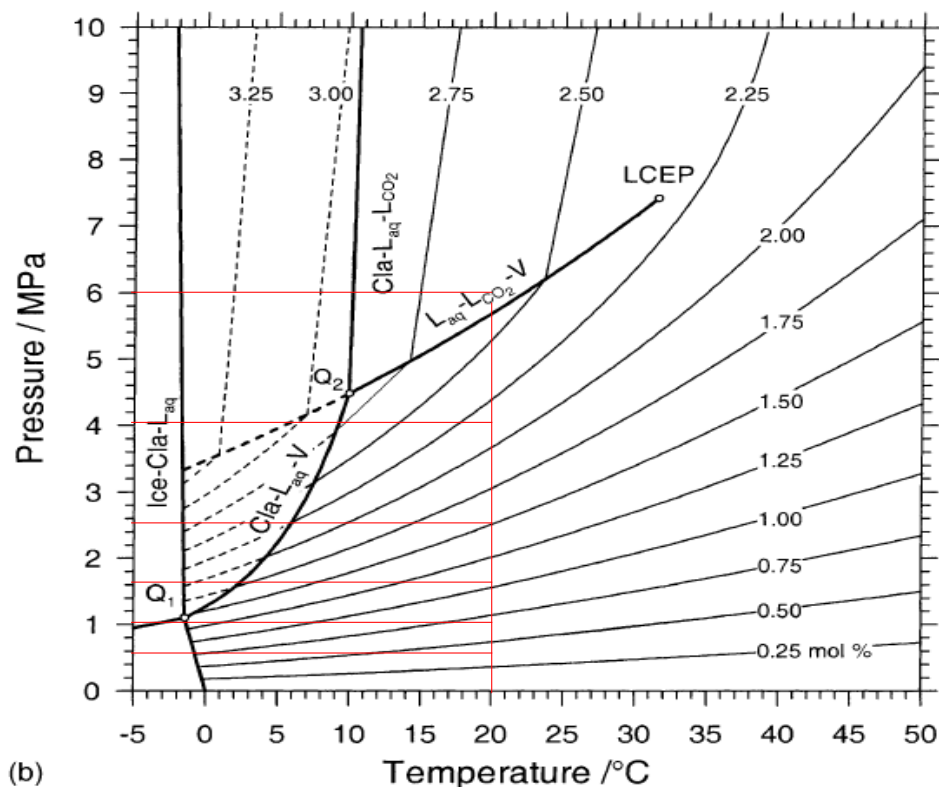
Denne reference beregnes til 2,814 J, som et gennemsnit af 3 forsøg.

Eksempel: Hvis der i et forsøg målet et arbejde på 3,0 J, forårsager den magnetiske påvirkning fra nanopartiklerne et mer-arbejde på 0,186 J.

Hvis dH i vand og CO₂ tilsvarende er f.eks. 100 J, er COP = 100/0,186 = 538

Valg af tryk af CO₂ til forsøg.

Det maksimale CO₂ -indhold i vand afhænger af temperatur og tryk. Sammenhængen vises i følgende diagram (kilde 4)



Figur 1: Sammenhæng mellem temperatur, tryk og indholdet af CO₂ i vand.

1 mol CO₂ = 44 g = 0,044 kg

1 mol H₂O = 18 g, 100 mol = 1,8 kg

Der kan ved 20 °C aflæses følgende koncentrationer i Figur 1, i form af mol % (dvs. mol CO₂ pr. 100 mol vand)

Tryk , bar	CO ₂ konc, mol/100 mol H ₂ O	CO ₂ masse pr. 1,8 kg vand	dH, faseskift for CO ₂	dH	dT for vand ved kond af CO ₂
6 bar = 0,6 MPa	0,38	0,017 kg	346 kJ/kg	5,8 kJ	0,8 °C
10	0,65	0,029 kg	320 kJ/kg	9,2 kJ	1,2 °C
16	1,05	0,046 kg	295,5 kJ/kg	13,6 kJ	1,8 °C
25	1,5	0,066 kg	263,5 kJ/kg	17,4 kJ	2,3 °C
40	2,15	0,095 kg	214,5 kJ/kg	20,3 kJ	2,7 °C
60	2,6	0,114	142,8 kJ/kg	16,3 kJ	2,2 °C

Der regnes kun med vandets opvarmning. I vandet er der endvidere nanopartikler, der ligeledes opvarmes, men den specifikke varmekapacitet for disse kendes ikke.

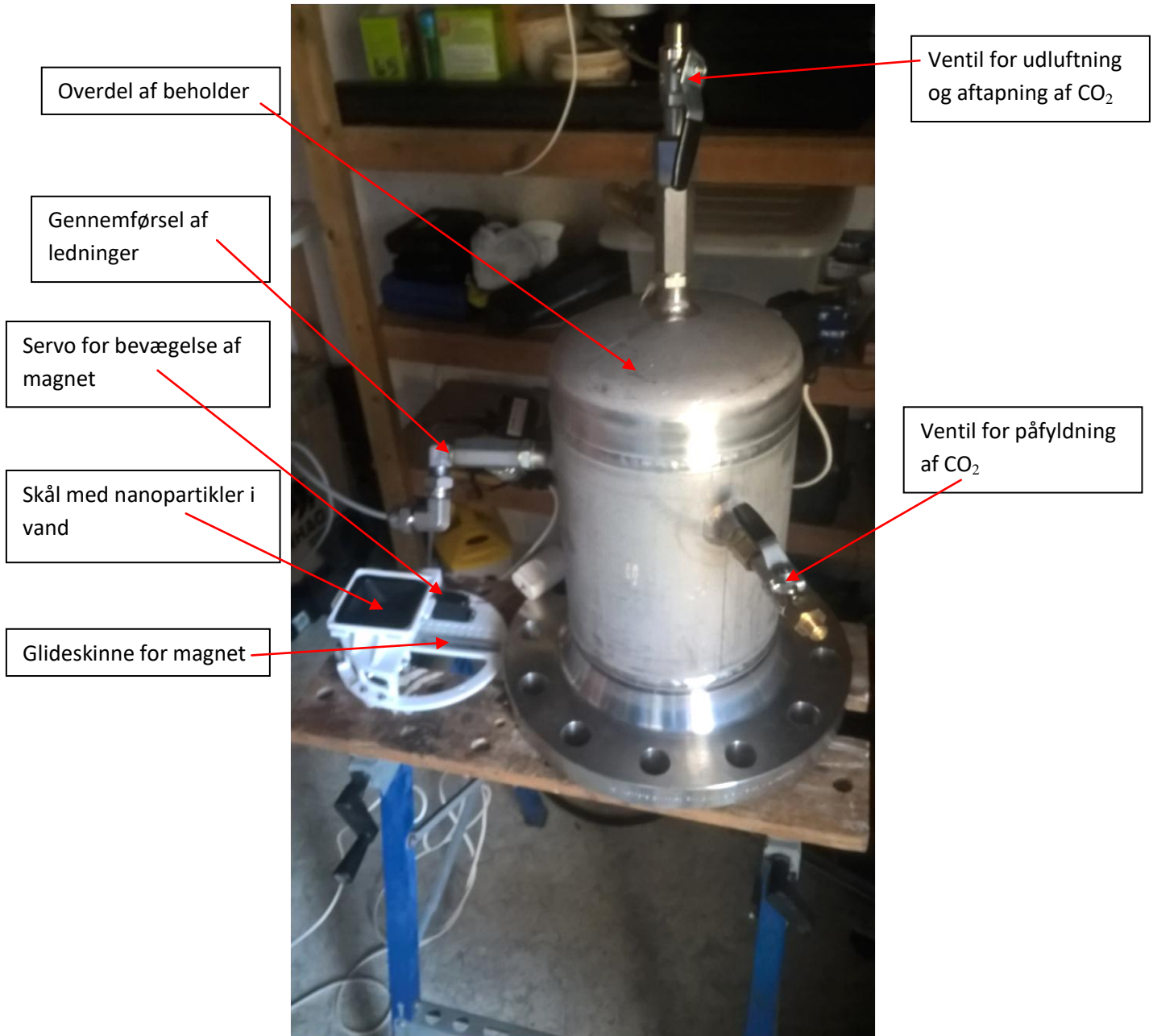
Det ses at der kan forventes den største dT ved et tryk på ca. 40 bar, hvorfor forsøgsopstillingen er designet til dette.

Det har dog vist sig, at temperaturudsvingene ikke afhænger af trykket, hvilket formentligt skyldes at der er et endeligt antal nanopartikler, der optager og afgiver en konstant mængde CO₂ uanset trykket. Derfor er det maks. anvendte tryk 16 baro.

Forsøgsopstillingen.

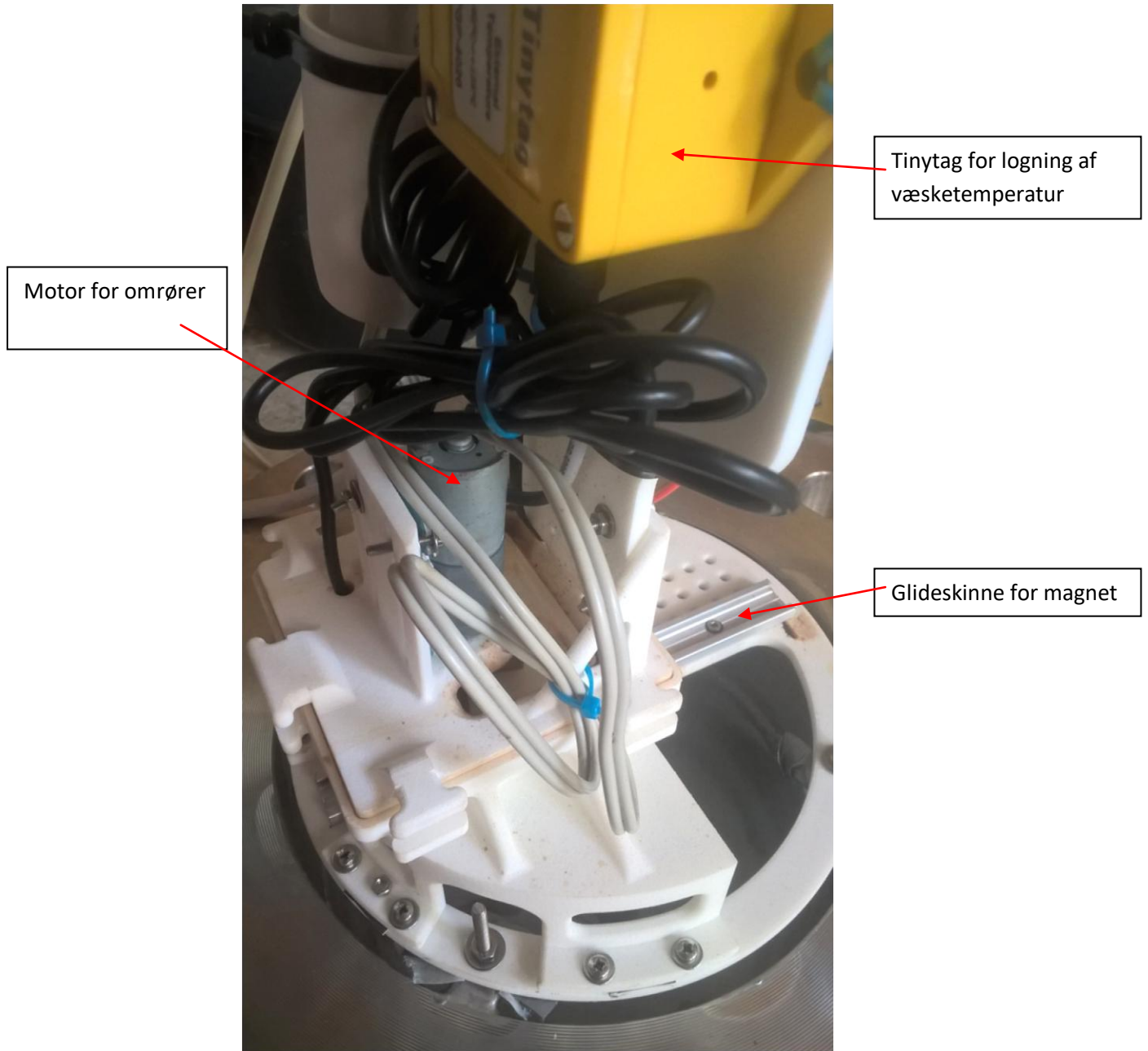
Der er fremstillet en lille beholder beregnet til et tryk på 40 bar.

Beholderen er udført af rustfrit stål for at minimere den magnetiske påvirkning.

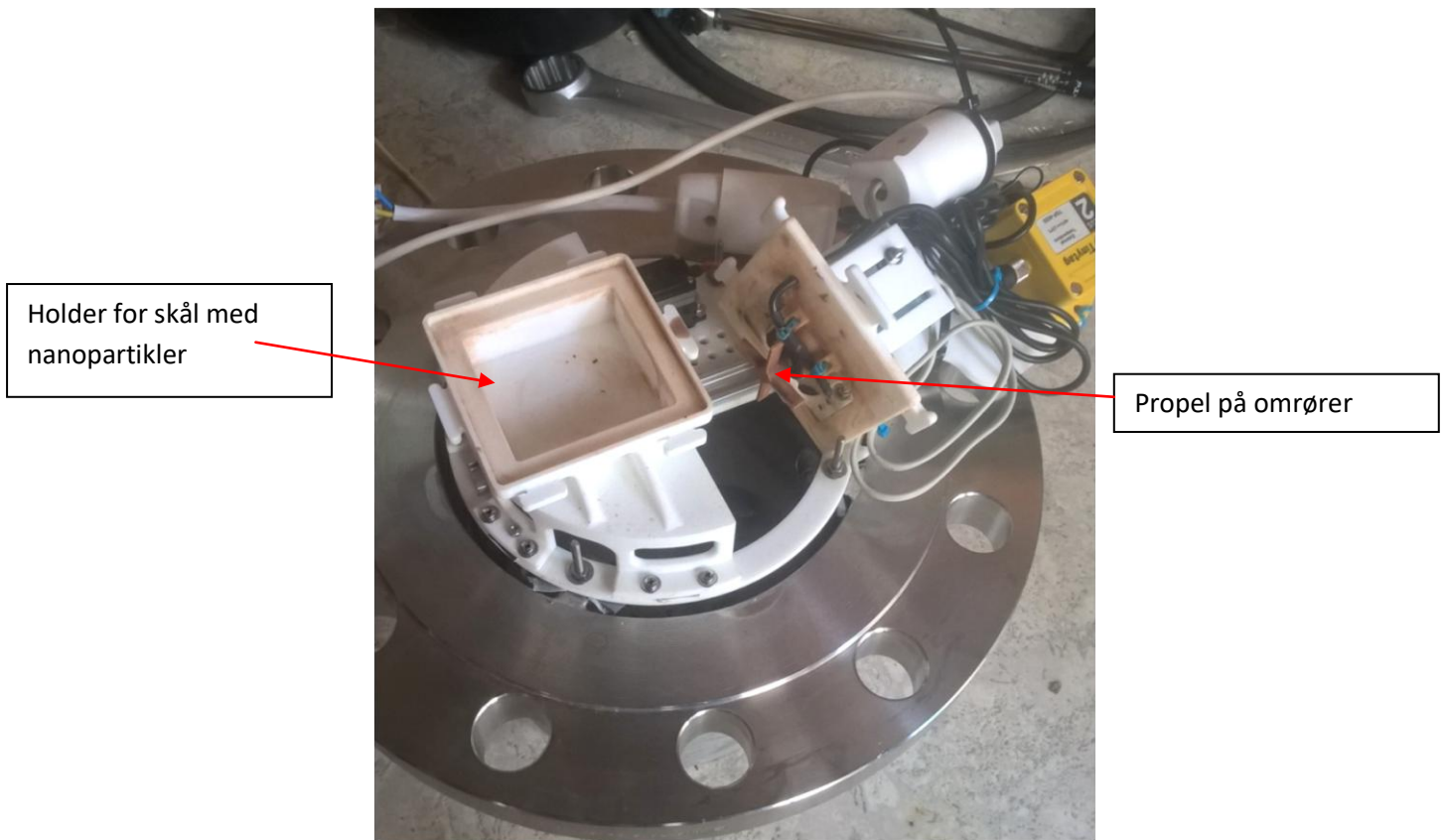


Figur 2: Overdel af beholder til forsøg.

Det samlede volumen i beholderen beregnes til 17,4 liter. Heraf optager forsøgsopstillingen og vandet ca. 0,5 liter, hvoraf beregnes et volumen af CO₂ på ca. 16,9 liter.



Figur 3: Overdel af forsøgsopstilling monteret over nanopartikler.



Figur 4: Forsøgsopstilling, åben

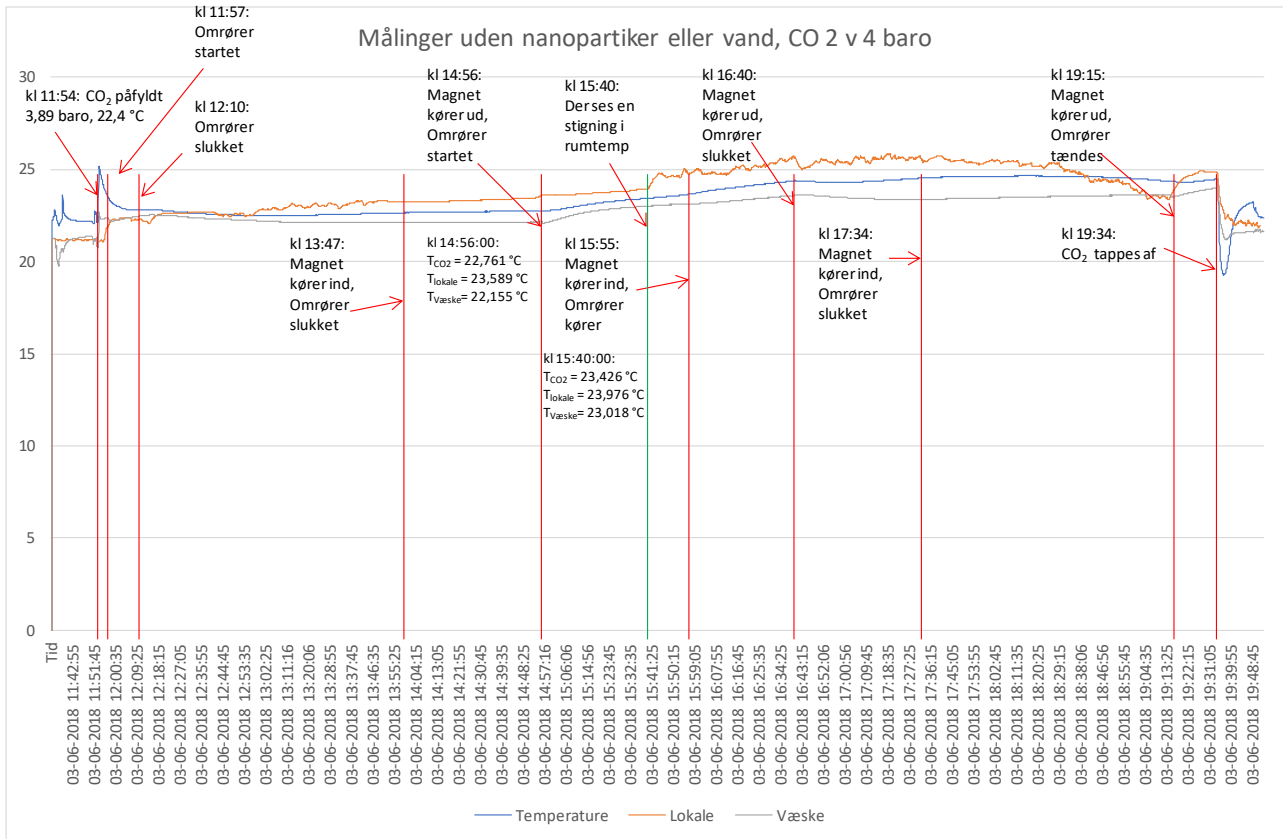
Målinger.

Der måles 2 parametre:

- dT i opløsningen og CO_2 -gassen når magneten bringes ind under skålen med nanopartikler og ud igen. Med kendt masse af opløsning og CO_2 kan dH beregnes.
- Effektoptaget i den servo, der trækker magneten ind og ud af magnetfeltet. Sammenholdt med entalpiændringen kan der heraf beregnes en COP, der kan sammenlignes med en ideel COP.

Alle forsøg udføres med og uden kulsyreanhydrase.

Referenceforsøg: ren CO₂ uden vand eller nanopartikler, 4 baro



Figur 5: Kurver over temperaturer i forsøg i ren CO₂ uden vand eller nanopartikler.

Dette forsøg udføres for at undersøge hvordan opstillingen opfører sig uden vand eller nanopartikler.

Volumet af CO₂ er ca. 16,9 liter, og det reelle tryk er målt til 3,89 baro, dvs. 4,89 Bar absolut. Temperaturen var 22,5 °C.

Med disse data beregnes massen af CO₂ af gasligningen:

$$P \cdot V = m \cdot R \cdot T$$

$$4,89 \times 10^5 \text{ Pa} \cdot 0,0169 \text{ m}^3 / (189 \text{ J/kg } ^\circ\text{K} \cdot (22,5 + 273,15) \text{ } ^\circ\text{K}) = m = 0,1586 \text{ kg}$$

Den specifikke varmekapacitet for CO₂ ved denne tilstand beregnes af formlen

$$c_p = (\kappa \cdot R_i) / (\kappa - 1) = (1,301 \cdot 189 \text{ J/kg } ^\circ\text{K} / (1,301 - 1)) = 816 \text{ J/kg } ^\circ\text{C}$$

Sensoren for temperaturmåling i CO₂-kammeret findes i hovedkammeret, hvor hovedparten af CO₂-gassen befinder sig.

Sensoren for temperaturmåling i væsken befinder sig i det lille kammer, hvor der i forsøgene normalt vil være væske. Under dette første forsøg er der dog ligeledes ren CO₂ på gasform. Med det lille volumen (ca. 0,1 l) ses det at temperaturen i dette kammer er hurtigere til at reagere end for resten af CO₂-gassen.

Det ses at temperaturen i beholderen langt det meste af tiden er lavere end temperaturen i lokalet.

Påvirkning af bevægelse af magnet.

Fra forsøget blev startet kl. 12:10 til omrøreren blev startet kl. 14:56 ses det at temperaturen af de to målinger i CO₂-gassen er konstante, og følger rumtemperaturen.

kl. 13:47 kørtes magneten ind under beholderen, hvor der normalt er væske. Der ses ingen ændringer i temperaturen af de to sensorer i beholdere ved denne handling.

Det ses at rumtemperaturen er svagt stigende i løbet af målingen, og at temperaturen i både "væsken" og CO₂-gassen stiger samtidigt.

Påvirkning af drift af omrører.

Der ses en stigning i "væskens" temperatur kl. 14:56, hvor omrøreren starter. Det kan skyldes at der tilføres energi til kammeret i form af den effekt, der tilføres motoren.

Denne effekt er målt til 0,65 W = 0,65 J/s.

Det ses at temperaturen af gassen stiger mere end rumtemperaturen i tidsrummet 14:56 til 15:40. Herefter stiger rumtemperaturen væsentligt af ukendte årsager.

Fra kl. 14:56 til 15:40 var der følgende udvikling i temperaturerne:

	T _{CO2}	T _{Lokale}	T _{Væske} (CO ₂ i dette forsøg)
Kl. 14:56:00	22,761 °C	23,588 °C	22,155 °C
Kl. 15:40:00	23,426 °C	23,976 °C	23,018 °C
dT	0,665 °C	0,387 °C	0,863 °C

Tabel 3: Oversigt over stigninger i temperaturen med omrører i drift.

Det ses at temperaturen i CO₂-gassen stiger med 0,278 °C mere end temperaturen i lokalet. Det meget lille volumen i væskekammeret, der normalt vil være fyldt med vand, stiger med 0,476 °C, formentligt fordi det er her omrøringen finder sted.

I tidsrummet fra 14:46:00 til 15:40:00 er der 54 minutter = 3.240 sekunder.

Energien tilført omrøreren er 0,65 J/s · 3.240 s = 2.106 J.

Denne energi bliver til varme, der opvarmer CO₂-gassen, og som igen opvarmer forsøgsopstillingen og beholderen.

Masse af CO₂: 0,1586 kg.

dT for gassen hvis der ikke var afkøling via omgivelserne:

$$2.106 \text{ J} / 0,1586 \text{ kg} \cdot 816 \text{ J/kg } ^\circ\text{C} = 16,3 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Det ses at energien tilført omrøreren sagtens kan medføre de målte temperaturstigninger, hvorfor det konkluderes at temperaturstigningen i CO₂-gassen formentligt skyldes energi fra omrøreren i dette tilfælde.

Samme fænomen ses igen fra kl. 19:15, hvor omrøreren tændes, og temperaturerne stiger.

Kl. 15:56 køres magneten ind under vandet. Der ses her en fortsat stigning i temperaturen af væske og gas, men også rumtemperaturen stiger brat herfra, så der er formentligt tale om at det er denne der forårsager temperaturstigningen i system. Da der ikke er vand eller nanopartikler i opstillingen bør det ikke have betydning hvor magneten er placeret, hvilket heller ikke ser ud til at være tilfældet.

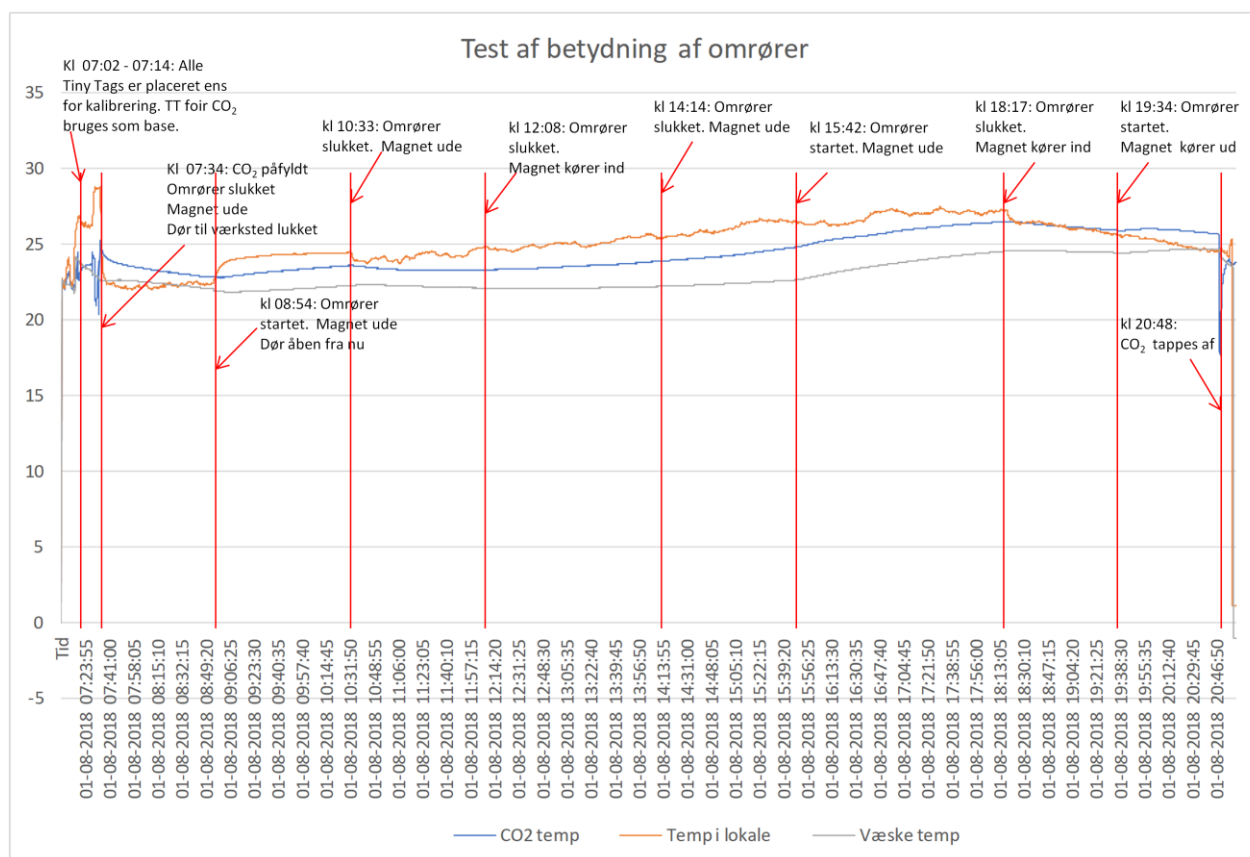
kl. 16:40 køres magneten væk fra vandet, og omrøreren stoppes. Herefter ses et svagt fald i temperaturen i væsken, mens gas-temperaturen fortsat stiger.

Konklusion: Det ser ud til at omrøreren øger temperaturen i gas og væsken når den er i drift.

Verificerende forsøg for undersøgelse af betydning af omrører.

Det foregående forsøg viser at omrøreren formentligt er årsag til temperaturudsvingene.

Dette undersøges nærmere i dette forsøg, hvor der er væske og nanopartikler i opstillingen, og hvor der tændes og slukkes for omrøreren uden at magneten bevæges:



Figur 6: Graf over forsøg med start og stop af omrører med og uden bevægelse af magnet.

Forsøget er udført med 47,1 g vand/nanopartikler i beholderen (inkl. kulsyreanhydrase).

Trykket er 4,0 baro.

I dette forsøg er alle målinger på tinytags korrigeret, så de viser ens værdier kl. 07:14.

Kl. 08:54 - 10:33: Omrøreren kører og magneten er ikke aktiv.

Temperaturen stiger i både gas og væske, men også i rummet. Temperaturen i lokalet stiger kraftigt fra 08:54 til kl. 09:10, hvorefter stigningen i de 2 temperaturer ser ud til at følges ad:

	T _{CO2}	T _{Lokale}	T _{Væske}
Kl. 09:10:00	22,931 °C	24,025 °C	21,871 °C
Kl. 10:33:00	23,615 °C	24,362 °C	22,282 °C
dT	0,684 °C	0,337 °C	0,411 °C

Tabel 4: Oversigt over stigninger i temperaturen med omrører i drift og nanopartikler ude af magnetfelt.

Det ses at temperaturen i CO₂-gassen stiger 0,347 °C mere end i lokalet, mens stigningen i væsken og rumtemperaturen er omtrent ens.

Gennemsnitstemperaturen i lokalet var i dette tidsrum 24,279 °C.

kl. 10:33 - 12:08: Omrøreren slukkes. Magneten er stadig ude.

Der ses her et lille fald i temperaturen af CO₂

	T _{CO2}	T _{Lokale}	T _{Væske}
Kl. 10:33:00	23,615 °C	24,362 °C	22,282 °C
Kl. 12:08:00	23,325 °C	24,873 °C	22,126 °C
dT	- 0,290 °C	0,511 °C	- 0,156 °C

Tabel 5: Oversigt over stigninger i temperaturen med slukket omrører og nanopartikler ude af magnetfelt.

Temperaturen i lokalet svinger meget i dette tidsrum, formentligt fordi værkstedsdøren nu er åben med deraf følgende træk. Gennemsnitstemperaturen i lokalet var i dette tidsrum 24,228 °C, dvs. som under foregående måleperiode.

Det ses at temperaturen i CO₂-gassen falder med 0,29 °C, dvs. faldet er omtrent som stigningen når omrøreren kører.

Også temperaturen i væsken falder her, hvilket kan skyldes faldet i temperaturen i CO₂-gassen.

Det ses også at temperaturen i beholderen er lavere end i lokalet, så hvad der forårsager afkølingen er uklart.

kl. 12:08 - 14:14: Omrøreren er slukket. Magneten køres ind under nanopartiklerne.

	T _{CO2}	T _{Lokale}	T _{Væske}
Kl. 12:08:00	23,325 °C	24,873 °C	22,126 °C
Kl. 14:14:00	23,917 °C	25,421 °C	22,239 °C
dT	0,592 °C	0,548 °C	0,113 °C

Tabel 6: Oversigt over stigninger i temperaturen med omrøreren slukket og påvirkning af magnetfeltet.

Også i dette tidsrum svinger temperaturen i lokalet meget. Gennemsnitstemperaturen i lokalet var i dette tidsrum 25,063 °C, dvs. 0,835 °C varmere end i foregående tidsrum.

Det ses at temperaturen i CO₂-gassen stiger med 0,592 °C, dvs. 0,243 °C under stigningen i rumtemperaturen.

Hvis teorien er korrekt burde temperaturen af væsken her falde grundet fordampning af CO₂. Det ses at temperaturen ikke falder, men at den ikke stiger nær så kraftigt som de øvrige temperaturer.

kl. 14:14 - 15:42: Magneten køres ud, omrøreren kører ikke.

I denne situation vil nanopartiklerne stadig ligge på bunden af beholderen, omtrent som når der er magnetpåvirkning.

	T_{CO_2}	T_{Lokale}	$T_{Væske}$
Kl. 14:14:00	23,917 °C	25,421 °C	22,239 °C
Kl. 15:42:00	24,749 °C	26,538 °C	22,625 °C
dT	0,832 °C	1,117 °C	0,386 °C

Tabel 7: Oversigt over stigninger i temperaturen med omrører stoppet og nanopartikler ude af magnetfelt.

Også i dette tidsrum svinger temperaturen i lokalet meget. Gennemsnitstemperaturen i lokalet var i dette tidsrum 26,073 °C, dvs. 1,01 °C varmere end i foregående tidsrum.

Det ses at temperaturen i CO₂-gassen stiger med 0,832 °C, mens temperaturen i væsken kun stiger med 0,386 °C. Her er forskellen i temperaturstigningen mellem CO₂-gassen og rumtemperaturen kun 0,178 °C.

Hvis teorien er korrekt burde temperaturen af væsken her falde grundet fordampning af CO₂. Det ses også her, at temperaturen ikke falder, men at den ikke stiger nær så kraftigt som de øvrige temperaturer.

kl. 15:42 - 18:17: Magneten er ude, omrøreren kører.

Her vil nanopartiklerne blive løsnet fra bunden af beholderen, og vil i teorien begynde at opsamle CO₂. Denne vil kondensere i væsken med en opvarmning til følge.

	T_{CO_2}	T_{Lokale}	$T_{Væske}$
Kl. 15:42:00	24,749 °C	26,538 °C	22,625 °C
Kl. 18:17:00	26,507 °C	27,248 °C	24,560 °C
dT	1,758 °C	0,710 °C	1,935 °C

Tabel 8: Oversigt over stigninger i temperaturen med omrører i drift og nanopartikler ude af magnetfelt.

I dette tidsrum svinger temperaturen i lokalet meget. Gennemsnitstemperaturen i lokalet var i dette tidsrum 26,878 °C, dvs. 0,805 °C varmere end i foregående tidsrum.

Det ses at temperaturen i CO₂-gassen stiger med 1,758 °C, mens temperaturen i væsken stiger endnu mere med 1,935 °C. Forskellen i stigningen i temperaturen i CO₂-gassen og lokalet er her 0,953 °C

Den kraftige stigning i temperaturen i væsken bekræfter teorien.

dT for både væske og gas er her væsentligt højere end i de andre forsøg, mens dT for lokalet er omtrent som tidligere. Derfor må det formodes at dT for CO₂ og væske primært skyldes kemiske forbindelser og omrøreren, mens udetemperaturen har mindre at sige.

kl. 18:17 - 19:34: Magneten er under nanopartiklerne, omrøreren slukket.

Her bør væsken i teorien afkøles af fordampende CO₂

	T _{CO2}	T _{Lokale}	T _{Væske}
Kl. 18:17:00	26,507 °C	27,248 °C	24,560 °C
Kl. 19:34:00	25,945 °C	25,683 °C	24,439 °C
dT	- 0,562 °C	- 1,565 °C	- 0,121 °C

Tabel 9: Oversigt over stigninger i temperaturen med omrører slukket og nanopartikler i magnetfelt.

I dette tidsrum falder temperaturen i lokalet jævnt, hvorfor de viste temperaturer kan sammenlignes. Det ses at temperaturen af CO₂-gas her for første gang er varmere end omgivelsernes temperatur.

Det ses at temperaturen i CO₂-gassen falder med 0,562 °C, mens temperaturen i væsken kun falder med 0,121 °C.

kl. 19:34 - 20:48: Magneten er væk fra nanopartiklerne, omrøreren kører.

Her bør væsken i teorien opvarmes af kondenserende CO₂

	T _{CO2}	T _{Lokale}	T _{Væske}
Kl. 19:34:00	25,945 °C	25,683 °C	24,439 °C
Kl. 20:48:00	25,695 °C	24,544 °C	24,700 °C
dT	- 0,25 °C	- 1,139 °C	- 0,261 °C

Tabel 10: Oversigt over stigninger i temperaturen med omrører tændt og nanopartikler ud af magnetfelt.

Faldet i rumtemperatur er fortsat jævnt. Det ses at temperaturen af beholderen falder, men at dette ikke sker så hurtigt som i lokalet. Det kan skyldes "træghed" i beholderens masse, hvor en temmeligt stor masse med lille overflade skal ændre temperatur.

Endvidere tilføres CO₂ og væske varme fra omrøreren, der modvirker afkøling.

Det ses at temperaturen i CO₂-gassen og væsken falder med omtrent samme dT.

Samlet konklusion:

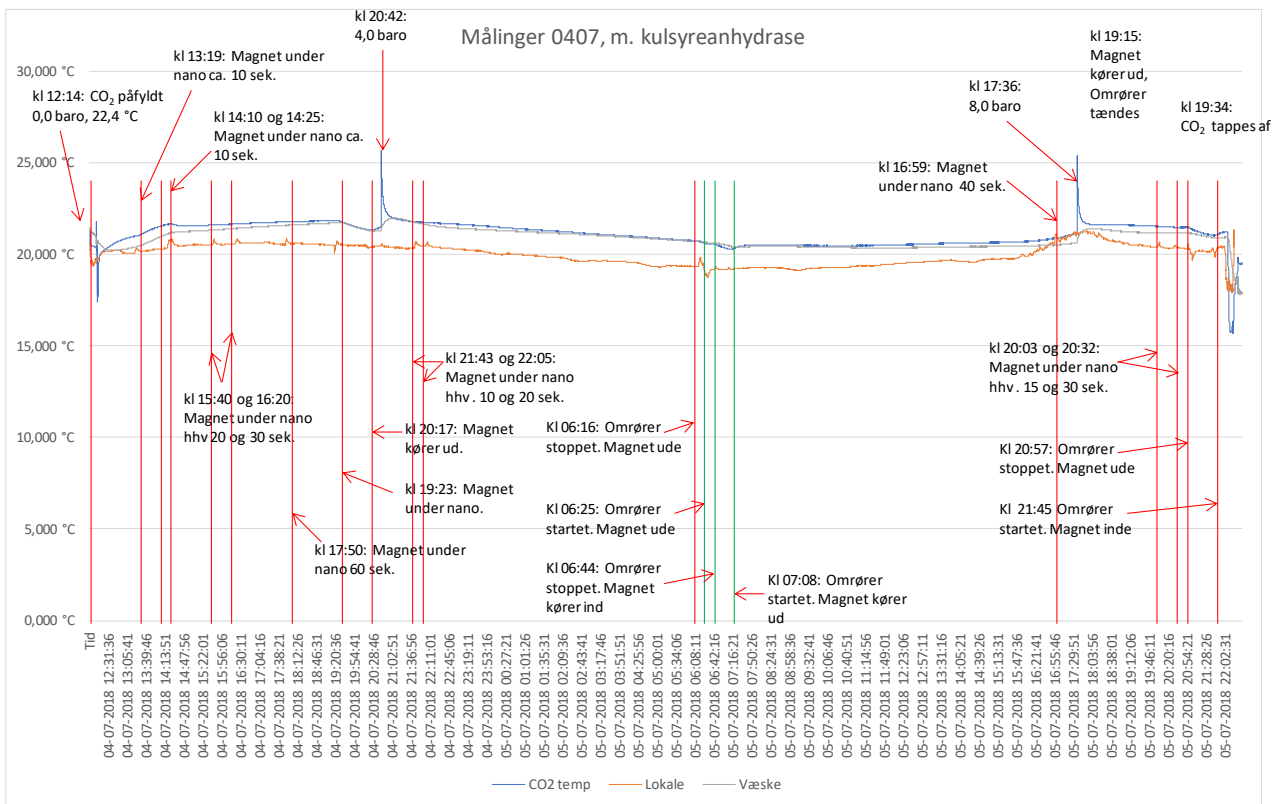
- Det ses generelt at temperaturen stiger med omrøreren i drift og falder når den ikke er i drift. dT grundet omrøren varierer fra forsøg til forsøg, formentligt grundet at der også er påvirkninger fra omgivelserne, men vurderes af dette forsøg til ca. 0,3 °C. I fremtidige forsøg korrigeres de målte værdier derfor ved at fratække 0,3 °C fra den målte temperatur i CO₂-gassen i slutningen af en måleperiode, når omrøreren har været i drift. Når omrøreren ikke er i drift korrigeres temperaturen tilsvarende for de 0,3 °C, som temperaturen er "for varm" i starten af måleperioden, ved at fratække 0,3 °C fra temperaturen i starten af perioden (= slutningen af perioden med omrøreren i drift).

- Det ses endvidere at temperaturen i væsken i de fleste forsøg opvarmes og nedkøles om forventet.

Forsøg med stop af omrører i væske.

For at kontrollere om det udelukkende er omrøreren, der er skyld i temperaturudsving alt efter om den er tændt eller slukket, er der i et senere forsøg udført en test ved at slukke omrøreren uden at køre magneten ind under nanopartiklerne.

I dette tilfælde falder nanopartiklerne til bunds grundet tyngdekraften, dog langsommere end ved på virkning af magneten.



Figur 7: Kurver over temperaturer i forsøg med kort tids påvirkning via magnet.

Dette forsøg er udført for at se reaktionshastigheden. Således har magneten været under nanopartiklerne i korte tidsrum på 10 til 60 sek. ved forskellige tryk. I ingen af forsøgene med disse korte tidspåvirkninger ses ændringer i temperaturen i gas eller væske. I alle disse forsøg blev omrøreren stoppet når magneten kørtes ind under nanopartiklerne.

Kl. 06:16 til 06:25 blev omrøreren dog stoppet uden at magneten blev kørt ind under nanopartiklerne. Hvis temperaturen her falder, kan det tyde på at omrøreren har betydning.

I tidsrummet 06:44 - 07:06 blev omrøreren igen stoppet, men her kørtes magneten ind under nanopartiklerne i hele perioden.

Temperaturfaldet i gas og væske fra kl. 06:16 til 06:25 sammenlignes med temperaturfaldet i samme tidsrum (9 minutter) fra kl. 06:44 til 06:53:

	T_{CO_2}	T_{Lokale}	$T_{Væske}$ (CO_2 i dette forsøg)
Temperaturfald ved sluk af omrører, ingen magnetpåvirkning			
Kl. 06:16:00	20,732 °C	19,565 °C	20,722 °C
Kl. 06:25:00	20,625 °C	19,179 °C	20,677 °C
dT	-0,107 °C	-0,386 °C	-0,045 °C
Temperaturfald ved sluk af omrører, med magnetpåvirkning			
06:44:00	20,571 °C	19,262 °C	20,617 °C
06:53:00	20,470 °C	19,193 °C	20,595 °C
dT	-0,101 °C	-0,069 °C	-0,022 °C

Tabel 11: Oversigt over stigninger i temperaturen med omrører i drift

Det ses at temperaturfaldene i de første 9 minutter er omtrent ens uanset om der er magnet-påvirkning eller ej. Det ses dog også, at faldet i rumtemperatur er større i målingen uden magnetopvirkning, hvilket kan være en medvirkende årsag til temperaturfaldet i CO_2 og væske.

Konklusion:

Det ses at nanopartiklerne og processen virker som teoretisk beskrevet, men dog med meget små variationer i dT.

Det er muligt at den høje koncentration af CO_2 i forsøget gør at der kan optages mere CO_2 i vand/nanopartikel blandingen, der medfører højere temperaturudsving.

Målinger på dT uden kulsyreanhydrase, lav koncentration af nanopartikler.

Der er målt ved forskellige tryk. Ved hver bevægelse gives mindst 1 time hvor systemet stabiliserer sig, inden der udføres nye bevægelser.

Massen af nanopartikler er ca. 1 gram.

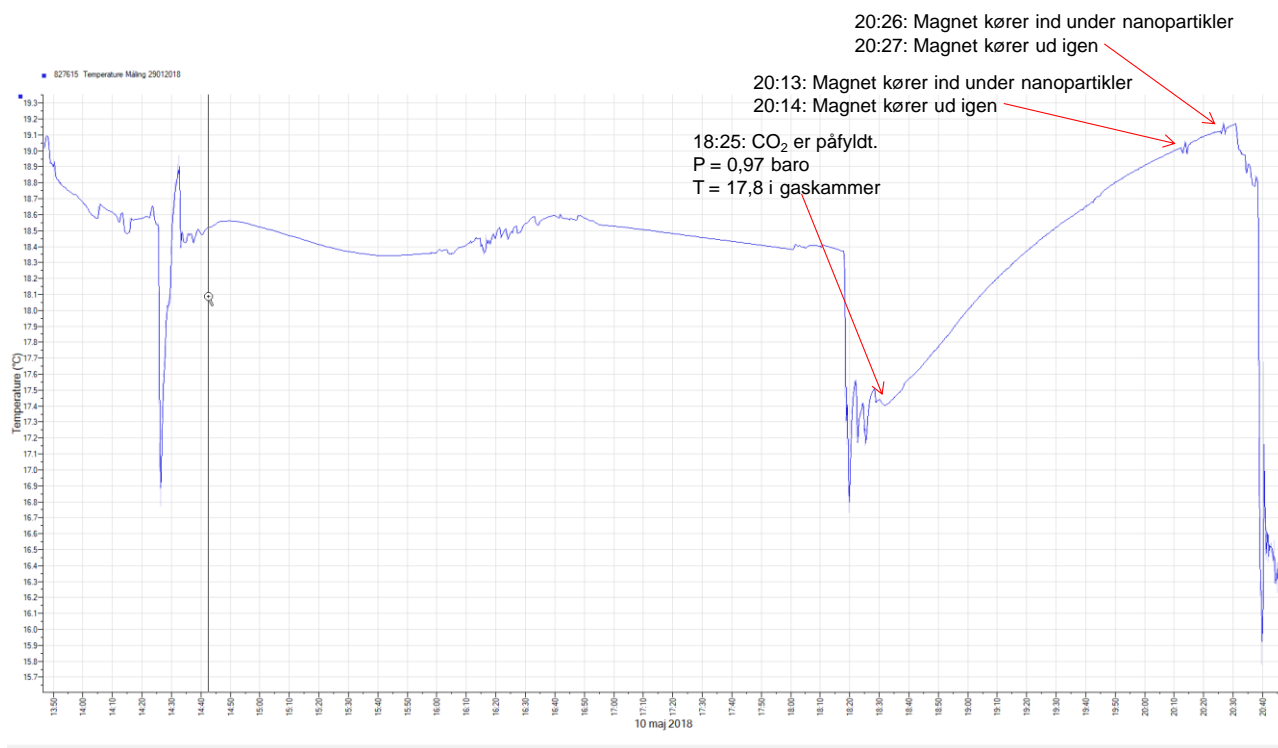
Den samlede masse af nanopartikler og vand måles ved hvert forsøg.

Massen af skålen er 2,6 g. Varmetransport til skålen og forsøgsopstillingen negligeres.

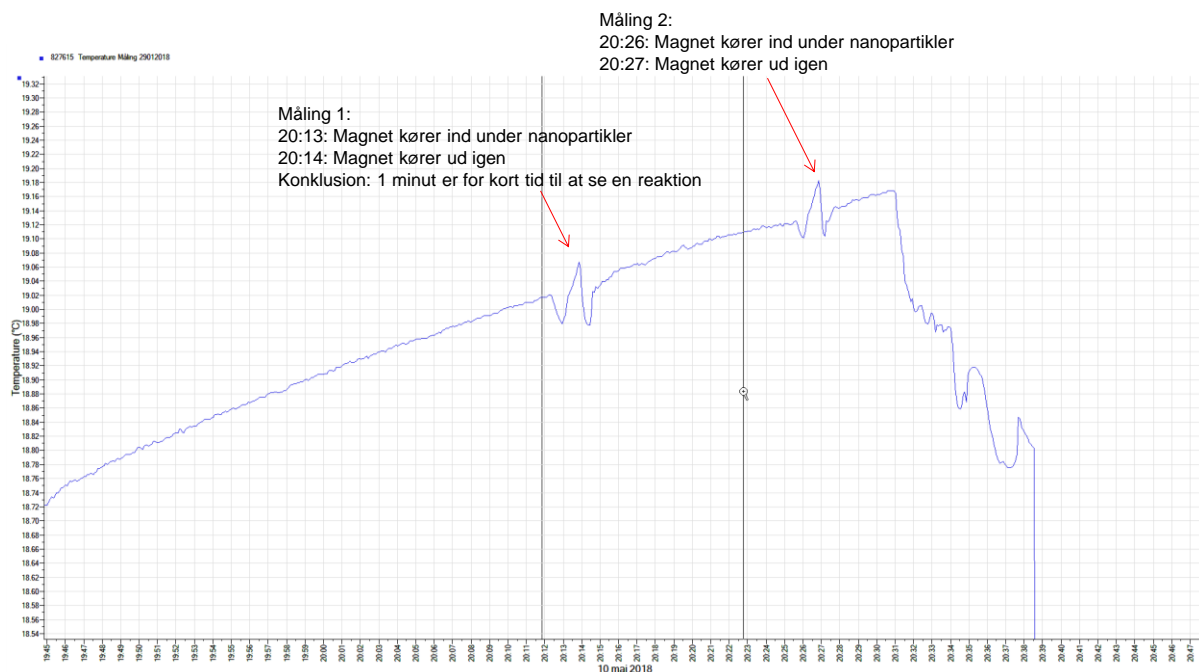
Den specifikke varmekapacitet for nanopartiklerne kendes ikke, men da langt størstedelen af massen er vand negligeres denne usikkerhed ved energiberegninger.

Forsøg 1: 1 baro.

I det første forsøg blev der kun målt på væskens temperatur, hvorfor der ikke er sideløbende målinger på temperaturen af CO₂-gassen eller rumtemperaturen.



Figur 8: Forsøg 1, måling 1 og 2



Figur 9: Kurve over temperatur i vand og nanopartikler i forsøg 1, med zoom på hvor magnet bevæger sig.

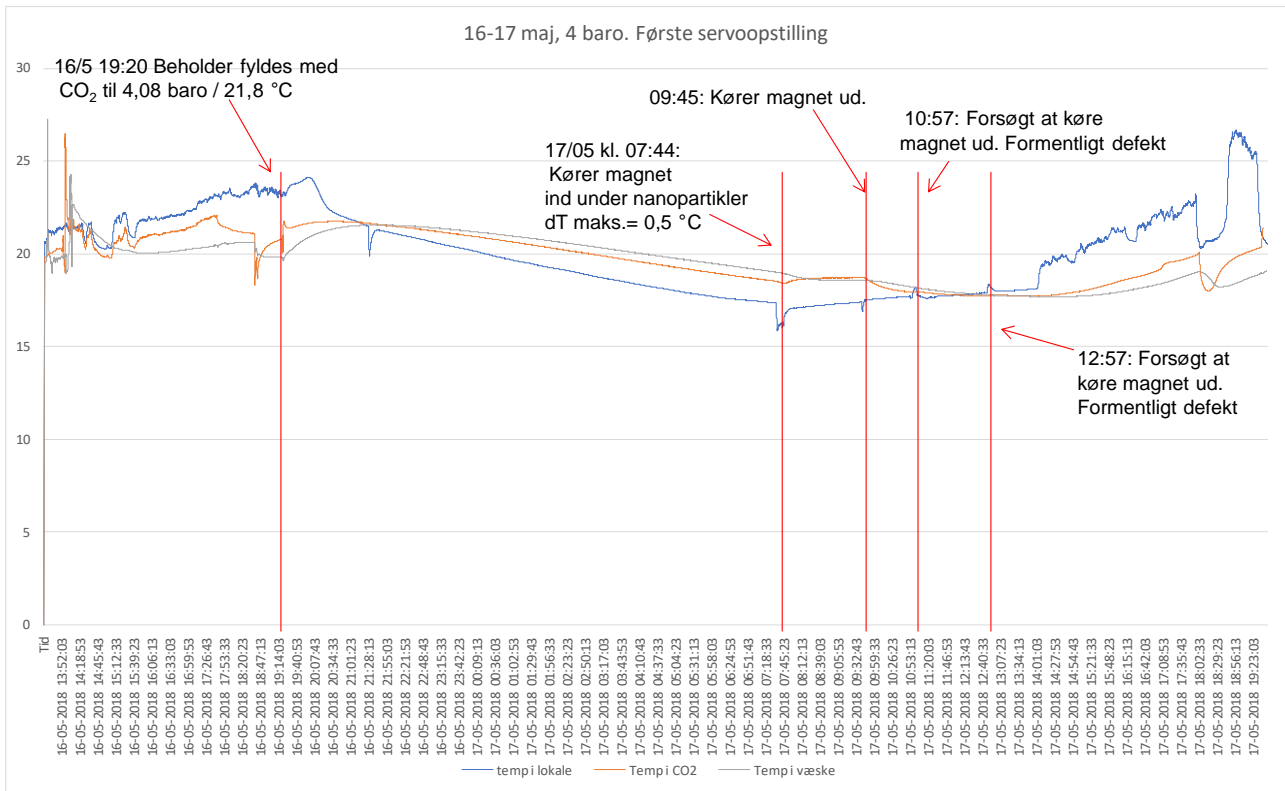
Det kan konstateres, at der sker noget med temperaturen når nanopartiklerne udsættes for et magnetfelt.

I både måling 1 og 2 ses først et fald i temperaturen på ca. 0,05 °C, og herefter en stigning på 0,09 °C, og igen et fald til udgangspunktet når magneten fjernes fra nanopartiklerne.

Med en masse af vandet på 36,9 g = 0,0369 kg beregnes en entalpi-ændring på

$$0,0369 \text{ kg} \cdot 4182 \text{ J/kg } ^\circ\text{C} \cdot 0,09 \text{ } ^\circ\text{C} = 13,9 \text{ J}$$

Forsøg 2: 4 baro, lav koncentration af nanopartikler, første servo-opstilling.



Figur 10: Kurver over temperaturer i forsøg 2. Her er der kun én succesfuld måling, da magneten formentligt ikke kørte i de sidste målinger.

For alle forsøg gælder det, at omrøreren slukkes når magneten er under nanopartikler, og tændes igen når magneten køres væk.

17/05 2018 kl. 07:44 - 09:45: Magnet under nanopartikler, omrører stoppet.

Måling		T _{start} °C	T _{slut} °C	dT °C	Masse g	c _p J/kg °C	dH J	W J	COP
Kl. 07:44 - 09:45. Med magnet	Væske	18,96	18,56	-0,50	36,9	4.182	- 77,2	Ikke målt	-
	CO ₂ -gas	18,41	18,75	+0,64	158,6	816	+82,8		-
	Rumtemp	16,29	17,45	+ 1,16	-	-	-		-

Massen af CO₂-gas beregnes af gasligningen:

$$P \cdot V = m \cdot R \cdot T$$

$$5,08 \times 10^5 \text{ Pa} \cdot 0,0169 \text{ m}^3 / (189 \text{ J/kg } ^\circ\text{K} \cdot (21,8 + 273,15) ^\circ\text{K}) = m = 0,154 \text{ kg}$$

Den specifikke varmekapacitet for CO₂ ved denne tilstand beregnes af formlen

$$c_p = (\kappa \cdot R_i) / (\kappa - 1) = (1,301 \cdot 189 \text{ J/kg } ^\circ\text{K}) / (1,301 - 1) = 816 \text{ J/kg } ^\circ\text{C}$$

Det ses at temperaturen i væsken falder med 0,50 °C mens de øvrige temperaturer stiger. I teorien skulle nanopartiklerne frigive CO₂ i magnetfeltet, med en afkøling til følge, og dette ses at være tilfældet.

Temperaturen i CO₂-gassen ses at stige lidt, fra ligeledes at have haft en faldende tendens i tidsrummet før denne måling.

Fra de indledende forsøg vides det at omrørers varmeafgivelse betyder + 0,3 °C på CO₂-gassen, hvilket der er korrigeret for i beregningen af energiændringen i gassen.

Rumtemperaturen er svagt stigende mens magneten er under nanopartiklerne, men dette vurderes kunne negligeres.

Senere forsøg.

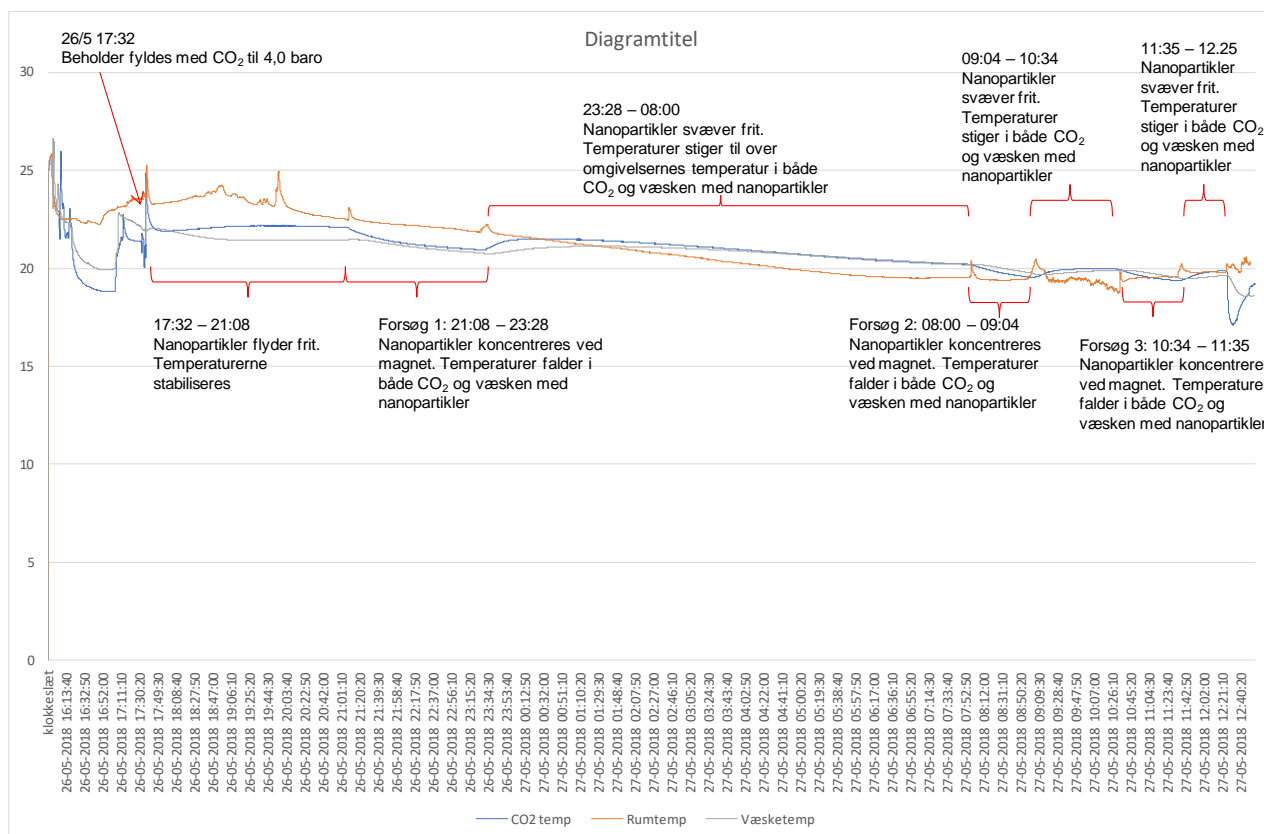
Efter den første måling er det tvivlsomt om servoen har virket som tiltænkt, idet servoen i de første forsøg viste sig at være for svag til at udføre en jævn bevægelse. Det er derfor muligt at servoen har været under nanopartiklerne konstant siden kl. 09:45.

Der kan derfor ikke drages konklusioner på denne del af forsøget.

Forsøg 3, 26-05, 4 baro.

Til dette forsøg er der isat en ny og kraftigere servo. Endvidere styres servoen nu af en såkaldt servotester, der dels er mere nøjagtig at operere, og dels gør at servoen forbliver i yderpositionen når strømmen slukkes. Endvidere sikrer testeren, at servoen kun bruger strøm når den er i bevægelse.

Med denne opstilling ses følgende temperaturgraf:



Figur 11: Forsøg 3.

For alle disse forsøg gælder det, at omrøreren er i drift når nanopartiklerne er udenfor magnetfeltet.

I dette forsøg er der indledningsvist 3,88 baro og 21,5 °C i tryktanken. Heraf beregnes massen af CO₂-gas til

$$4,88 \times 10^5 \text{ Pa} \cdot 0,0169 \text{ m}^3 / (189 \text{ J/kg } ^\circ\text{K} \cdot (21,5 + 273,15) \text{ } ^\circ\text{K}) = m = 0,1481 \text{ kg}$$

26/05 kl. 17:32 - 21:08: Omrører kører, ingen påvirkning af magnet.

Det ses at temperaturen i CO₂ og væske stabiliserer sig trods en faldende omgivelsestemperatur.

Temperaturen bør stige grundet omrøringen, men dette kan ikke konstateres. Det kan dog konstateres at temperaturen er konstant trods faldende omgivelsestemperatur. Fra de indledende forsøg vides det at

omrøreren giver en temperaturforøgelse på ca. 0,3 °C under drift, dvs. temperaturen af gassen ville være 0,3 °C lavere hvis der ikke var omrøring

Ligeledes bør temperaturen i væsken stige grundet udkondensering af CO₂, men dette er heller ikke tilfældet. Også i væsken er temperaturen dog konstant trods faldende omgivelsestemperatur.

21:08 - 23:28: Magnet under nanopartikler, omrører stoppet

Måling		T _{start} °C	T _{slut} °C	dT °C	Masse g	c _p J/kg °C	dH J	W _{målt} J	W _{tot} J	COP
Kl. 21:08 - 23:28. Med magnet	Væske	21,45	20,78	-0,67	36,9	4.182	-103,4	2,3837	2,814	negativ
	CO ₂ -gas	22,07 - 0,3	20,93	-0,84	148,1	816	-101,5			-
	Rumtemp	22,52	21,99	-0,52	-	-	-			-

W_{tot} = Gennemsnitligt arbejde for at trække magnet ud af magnetfeltet i en referencemåling uden nanopartikler, ved 4 baro (gennemsnit af 3 målinger). Differencen på det målte og gennemsnitlige arbejde er det mer-arbejde, som det koster at trække magneten ud af magnetfeltet. Det ses at det målte arbejde i dette forsøg er lavere end gennemsnittet for målingerne i fri luft. Det er derfor ikke muligt at beregne en COP.

$$COP = (dH_{\text{væske}} + dH_{\text{gas}}) / (W_{\text{målt}} - W_{\text{tot}})$$

Konklusion :

Det ses at temperaturen falder når nanopartiklerne udsættes for magnetfeltet, dvs. som forudset.

Det ses endvidere at både væske og gas falder i temperatur, og at faldet er større end faldet i rumtemperatur. Dvs. der er andre faktorer end rumtemperaturen der giver faldet.

Fra de indledende forsøg vides det, at temperaturen i gassen vil falde med ca. 0,3 °C når omrøreren stoppes, hvilket der er korrigeret for.

Der kan ikke beregnes en COP, da det målte arbejde i dette forsøg er mindre end det gennemsnitlige arbejde.

COP_{Carnot} for en varmepumpe der virker fra 20,78 °C til 21,45 °C er 440.

26/05 kl- 23:28 til 27/5 kl. 08:00:

Hen over natten falder alle temperaturer. Det ses at temperaturen her generelt bliver højere i opstillingen end i lokalet. Omrøreren er i drift hvilket kan være en medvirkende årsag. Endvidere vil CO₂ i teorien kondenseres i væsken under denne drift, hvilket kan være med til at temperaturen i væske og gas ikke falder så meget som rumtemperaturen.

27/05 kl. 08:00 - 09:04: Magnet køres ind, omrører slukkes.

Måling		T _{start}	T _{slut}	dT	Masse	c _p	dH	W _{målt}	W _{tot}	COP
27-05 2018		°C	°C	°C	g	J/kg °C	J	J	J	
Kl. 08:00 - 09:04. Med magnet	Væske	20,20	19,74	-0,46	36,9	4.182	- 71,0	2,32	2,814	negativ
	CO ₂ -gas	20,18 - 0,3	19,53	-0,35	148,1	816	- 42,3			-
	Rumtemp	19,99	20,10	-0,11	-	-	-			-

Det ses også her at temperaturen falder når nanopartiklerne udsættes for magnetfeltet, dvs. som forudset.

Det ses endvidere at både væske og gas falder i temperatur, og med sammenlignelige energier.

Temperaturfaldet i både gas og væske er større end faldet i rumtemperatur, hvorfor faldet ikke alene skyldes rumtemperaturen.

Der kan ikke beregnes en COP, da det målte arbejde i dette forsøg er mindre end det gennemsnitlige arbejde.

09:04 - 10:34: ingen magnetpåvirkning, omrører kører.

Måling		T _{start}	T _{slut}	dT	Masse	c _p	dH	W _{målt}	W _{tot}	COP
27-05 2018		°C	°C	°C	g	J/kg °C	J	J	J	
Kl. 09:04 - 10:34. uden magnet	Væske	19,74	19,83	+0,09	36,9	4.182	+13,9	-	-	-
	CO ₂ -gas	19,53 -0,3	19,94	+0,11	148,1	816	+13,3			-
	Rumtemp	20,10	18,77	-1,33	-	-	-			-

Det ses at temperaturen stiger udenfor magnetfeltet som forudset, dette endda trods en faldende rumtemperatur, og trods korrektion for energitilførslen fra omrøreren.

kl. 10:34 - 11:35: magnetpåvirkning, omrører slukket.

Måling		T _{start}	T _{slut}	dT	Masse	c _p	dH	W _{målt}	W _{tot}	COP
27-05 2018		°C	°C	°C	g	J/kg °C	J	J	J	
Kl. 10:34 - 11:35. med magnet	Væske	19,83	19,53	-0,30	36,9	4.182	- 46,3	2,419	2,814	negativ
	CO ₂ -gas	19,94 - 0,3	19,36	-0,28	48,15	816	- 33,8			-
	Rumtemp	18,77	19,59	+0,82	-	-	-			-

Konklusion på forsøg 3:

Det ses at temperaturen igen falder i magnetfeltet som forudset, dette endda trods en stigende rumtemperatur.

I dette forsøg er den loggede effekt en anelse større end den gennemsnitlige effekt. Det er dog usikkert om den beregnede COP er korrekt, da det er på 2. decimal af en joule.

Den teoretiske COP for væsken (19,53 til 19,83 °C) er 977.

kl. 11:35 - 12:25: ingen magnetpåvirkning, omrører tændt.

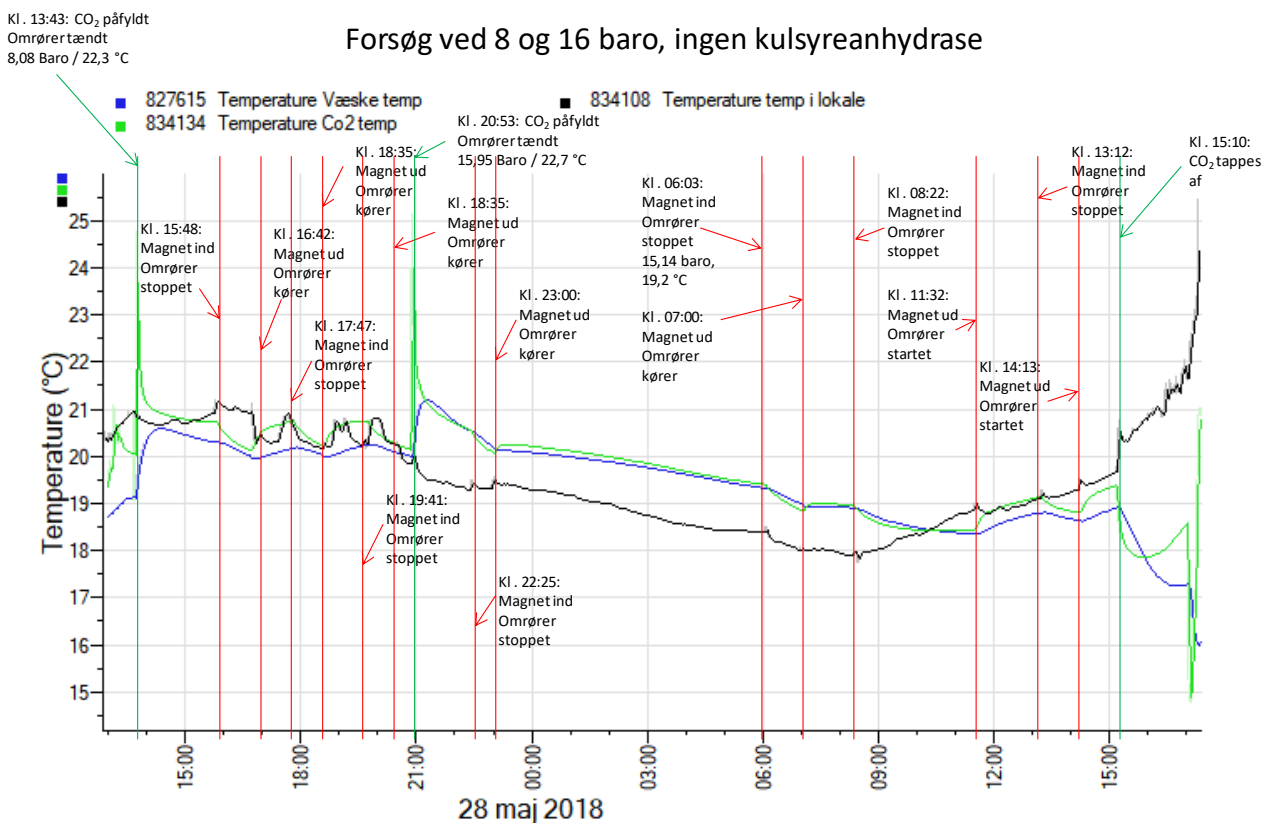
Måling		T _{start} °C	T _{slut} °C	dT °C	Masse g	c _p J/kg °C	dH J	W _{målt} J	W _{tot} J	COP
27-05 2018										
Kl. 11:35 - 12:25. uden magnet	Væske	19,53	19,64	0,11	36,9	4.182	+17,0	-	-	-
	CO ₂ -gas	19,36	19,88	0,22	148,1	816	+26,6			-
	Rumtemp	19,59	19,81	0,22	-	-	-			-

Konklusion:

Det ses at temperaturen stiger udenfor magnetfeltet som forudset.

Forsøg 4: Tryk på 8 og 16 baro.

For at undersøge om det har nogen effekt på temperaturen / den optagne mængde CO₂ er der udført forsøg ved forskellige tryk.



I dette forsøg tilføres der indledningsvist CO₂ svarende til et tryk på 8,08 baro (9,08 bar) og en temperatur på 22,3 °C.

Massen beregnes:

$$9,08 \times 10^5 \text{ Pa} \cdot 0,0169 \text{ m}^3 / (189 \text{ J/kg } ^\circ\text{K} \cdot (21,8 + 273,15) ^\circ\text{K}) = m = 0,2753 \text{ kg}$$

kl. 15:48 - 16:42: Magnet under nanopartikler, omrører stoppet.

Måling		T _{start} °C	T _{slut} °C	dT °C	Masse g	c _p J/kg °C	dH J	W _{målt} J	W _{tot} J	COP
27-05 2018										
Kl. 15:48 - 16:42. Med magnet	Væske	20,295	20,00	-0,295	36,9	4.182	- 45,5	2,73	2,814	negativ
	CO ₂ -gas	20,733	20,119	-0,314	275,3	816	- 70,5			-
	Rumtemp	21,007	20,972	-0,035	-	-	-			-

Konklusion:

Det ses at temperaturen falder i magnetfeltet som forudset. Temperaturen i omgivelserne ændres næsten ikke under denne måling.

Det ses at det målte arbejde for at trække magneten ud af magnetfeltet er højere end det gennemsnitlige målte arbejde i fri luft.

Væskens temperatur falder fra 20,295 til 20,0 °C. En varmepumpe med dette temperaturfald har en Carnot-COP på 995, dvs. i dette forsøg er $COP < COP_{Carnot}$

Det er muligt at trykket i beholderen gør det sværere at drive magneten (reference situationen er i fri luft)

kl. 16:42 - 17:47: Magnet væk fra nanopartikler, omrører kører.

Måling		T _{start} °C	T _{slut} °C	dT °C	Masse g	c _p J/kg °C	dH J	W _{målt} J	W _{tot} J	COP
27-05 2018										
Kl. 16:42 - 17:47. Uden magnet	Væske	20,00	20,173	0,173	36,9	4.182	26,7	-	-	-
	CO ₂ -gas	20,119	20,771	0,352	275,3	816	79,1			-
	Rumtemp	20,972	20,720	-0,252	-	-	-			-

Konklusion:

Det ses at temperaturen i væsken stiger som forudset, trods fald i omgivelsernes temperatur.

kl. 17:47 - 18:35: Magnet under nanopartikler, omrører stoppet.

Måling		T _{start} °C	T _{slut} °C	dT °C	Masse g	c _p J/kg °C	dH J	W _{målt} J	W _{tot} J	COP
27-05 2018										
Kl. 17:47 - 18:35. med magnet	Væske	20,173	20,003	-0,170	36,9	4.182	- 26,2	2,65	2,814	negativ
	CO ₂ -gas	20,771	20,210	-0,261	275,3	816	- 58,6			-
	Rumtemp	20,720	20,227	- 0,493	-	-	-			-

Konklusion:

Det ses at temperaturen i væsken falder som forudset, og at faldet svarer til stigningen i den forrige måling. Den korrigerede temperatur for CO₂ falder ligeledes.

I dette forsøg falder omgivelsestemperaturen dog også.

COP_{Carnot} er ved disse temperaturer væsentligt højere end den målte COP.

kl. 18:35 - 19:41: Magnet væk fra nanopartikler, omrører kører.

Måling		T _{start} °C	T _{slut} °C	dT °C	Masse g	c _p J/kg °C	dH J	W _{målt} J	W _{tot} J	COP
27-05 2018										
Kl. 18:35 - 19:41: uden magnet	Væske	20,003	20,237	0,234	36,9	4.182	36,1			
	CO ₂ -gas	20,210	20,751 - 0,3	0,241	275,3	816	54,1			
	Rumtemp	20,227	20,328	0,101	-	-	-			

Konklusion:

Det ses at temperaturen i væsken stiger som forudset, og at stigningen svarer til faldet i den forrige måling. Den korrigerede temperatur for CO₂ stiger ligeledes med samme dH som faldet i forrige måling.

I dette er ændringen i omgivelsestemperaturen så lille at den vurderes at være uden betydning.

kl. 19:41 - 20:30: Magnet under nanopartikler, omrører standset.

Måling		T _{start} °C	T _{slut} °C	dT °C	Masse g	c _p J/kg °C	dH J	W _{målt} J	W _{tot} J	COP
27-05 2018										
Kl. 19:41 - 20:30: med magnet	Væske	20,237	20,078	-0,159	36,9	4.182	-24,5	2,833	2,814	3.873
	CO ₂ -gas	20,751 - 0,3	20,242	-0,209	275,3	816	-47,0			-
	Rumtemp	20,328	20,200	-0,128	-	-	-			-

Konklusion:

Det ses at temperaturen i væsken falder som forudset.

Den korrigerede temperatur for CO₂ falder ligeledes i samme størrelsesorden som stigningen i forrige måling.

I dette er ændringen i omgivelsestemperaturen så lille at den vurderes at være uden betydning.

Den målte COP er bedre end COP_{Carnot} = 1.845. Der er dog tale om meget små målte energier, hvorfor der er en vis usikkerhed.

kl. 20:53: Trykket hæves til 15,95 baro = 16,95 bar. Temperaturen er 22,7 °C efter påfyldningen af CO₂.

Massen beregnes:

$$16,95 \times 10^5 \text{ Pa} \cdot 0,0169 \text{ m}^3 / (189 \text{ J/kg } ^\circ\text{K} \cdot (22,7 + 273,15) ^\circ\text{K}) = m = 0,5123 \text{ kg}$$

kl. 22:25 - 23:00: Magnet under nanopartikler, omrører standset.

Måling		T _{start} °C	T _{slut} °C	dT °C	Masse g	c _p J/kg °C	dH J	W _{målt} J	W _{tot} J	COP
27-05 2018										
Kl. 22:25 - 23:00: med magnet	Væske	20,522	20,155	-0,367	36,9	4.182	-56,6	2,94	2,814 (v. 4 baro)	1.020
	CO ₂ -gas	20,548 -0,3	20,076	-0,172	512,3	816	-71,9			-
	Rumtemp	19,317	19,444	0,127	-	-	-			-

Konklusion:

Det ses at temperaturen i væsken falder som forudset.

Den korrigerede temperatur for CO₂ falder ligeledes i samme størrelsesorden som stigningen i forrige måling.

I dette er ændringen i omgivelsestemperaturen så lille at den vurderes at være uden betydning.

COP_{Carnot} for væskens dT er 800. Det ses at den målte COP er bedre end dette.

28-05 kl. 06:03: Trykket er hen over natten faldet til 15,14 baro = 16,14 bar. Temperaturen er 19,2 °C

Massen beregnes:

$$16,14 \times 10^5 \text{ Pa} \cdot 0,0169 \text{ m}^3 / (189 \text{ J/kg } ^\circ\text{K} \cdot (19,2 + 273,15) ^\circ\text{K}) = m = 0,4937 \text{ kg}$$

kl. 06:03 - 07:00: Magnet under nanopartikler, omrører standset.

Måling		T _{start} °C	T _{slut} °C	dT °C	Masse g	c _p J/kg °C	dH J	W _{målt} J	W _{tot} J	COP
28-05 2018										
Kl. 06:03 - 07:00: med magnet	Væske	19,320	18,988	-0,332	36,9	4.182	-51,2	3,065	2,814	605
	CO ₂ -gas	19,397 -0,3	18,847	-0,25	493,7	816	-100,7			-
	Rumtemp	18,372	17,982	-0,39	-	-	-			-

Konklusion:

Det ses at temperaturen i væsken falder som forudset.

Den korrigerede temperatur for CO₂ falder ligeledes i samme størrelsesorden som stigningen i forrige måling.

I dette er ændringen i omgivelsestemperaturen så lille at den vurderes at være uden betydning.

COP_{Carnot} for væskens dT er 881. Det ses at den målte COP er mindre.

kl. 07:00 - 08:22: Magnet væk fra nanopartikler, omrører kører.

Måling		T _{start} °C	T _{slut} °C	dT °C	Masse g	c _p J/kg °C	dH J	W _{målt} J	W _{tot} J	COP
28-05 2018										
Kl. 07:00 - 08:22: uden magnet	Væske	18,988	18,898	-0,090	36,9	4.182	-13,9			
	CO ₂ -gas	18,847	18,945 -0,3	-0,202	493,7	816	-80,6			
	Rumtemp	17,982	17,948	-0,034	-	-	-			

Konklusion:

Det ses at temperaturen i væske og gas falder, omend meget lidt.

På kurven ses et karakteristisk stop i faldet af temperatur, i forhold til foregående periode med faldende temperaturer.

I teorien skulle temperaturen stige når der ikke er påvirkning af magnetfeltet. Dette er ikke tilfældet, men faldet i temperatur er ikke så kraftigt som med magnetfelt.

I denne periode er ændringen i omgivelsestemperaturen så lille at den vurderes at være uden betydning.

kl. 08:22 - 11:32: Magnet under nanopartikler, omrører standset.

Måling		T _{start} °C	T _{slut} °C	dT °C	Masse g	c _p J/kg °C	dH J	W _{målt} J	W _{tot} J	COP
28-05 2018										
Kl. 08:22 - 11:32: med magnet	Væske	18,898	18,352	0,546	36,9	4.182	-84,2	2,819	2,814	-
	CO ₂ -gas	18,945 -0,3	18,461	0,184	493,7	816	-74,1			
	Rumtemp	17,948	19,033	1,085	-	-	-			

Konklusion:

Det ses at temperaturen i væske og gas falder, trods en stigende udetemperatur, hvilket stemmer med teorien.

COP_{Carnot} for væskens temperaturstigning er 535.

kl. 11:32 - 13:13: Magnet væk fra nanopartikler, omrører kører.

Måling		T _{start}	T _{slut}	dT	Masse	c _p	dH	W _{målt}	W _{tot}	COP	
28-05 2018		°C	°C	°C	g	J/kg °C	J	J	J		
Kl. 11:32 - 13:13: Uden magnet	Væske	18,352	18,801	0,449	36,9	4.182	69,3				
	CO ₂ -gas	18,461	19,150	0,389	493,7	816	156,5				-
	Rumtemp	19,033	19,087	0,054	-	-	-				-

Konklusion:

Det ses at temperaturen i væske og gas falder, trods en stigende udetemperatur, hvilket stemmer med teorien.

kl. 13:13 - 14:13: Magnet under nanopartikler, omrører standset.

Måling		T _{start}	T _{slut}	dT	Masse	c _p	dH	W _{målt}	W _{tot}	COP
28-05 2018		°C	°C	°C	g	J/kg °C	J	J	J	
Kl. 13:13 - 14:13: med magnet	Væske	18,801	18,635	-0,166	36,9	4.182	25,6	2,482	2,814	negativ
	CO ₂ -gas	19,150	18,817	-0,033	493,7	816	12,1			-
	Rumtemp	19,087	19,288	0,201	-	-	-			-

Konklusion:

Det ses at temperaturen i væske og gas falder, trods en stigende udetemperatur, hvilket stemmer med teorien.

kl. 14:13 - 15:08: Magnet væk fra nanopartikler, omrører kører.

Måling		T _{start}	T _{slut}	dT	Masse	c _p	dH	W _{målt}	W _{tot}	COP	
28-05 2018		°C	°C	°C	g	J/kg °C	J	J	J		
Kl. 14:13 - 15:08: uden magnet	Væske	18,635	18,899	0,264	36,9	4.182	41,3				
	CO ₂ -gas	18,817	19,376	0,259	493,7	816	104,3				-
	Rumtemp	19,288	19,669	0,381	-	-	-				-

Konklusion:

Det ses at temperaturen i væske og gas stiger som forventet.

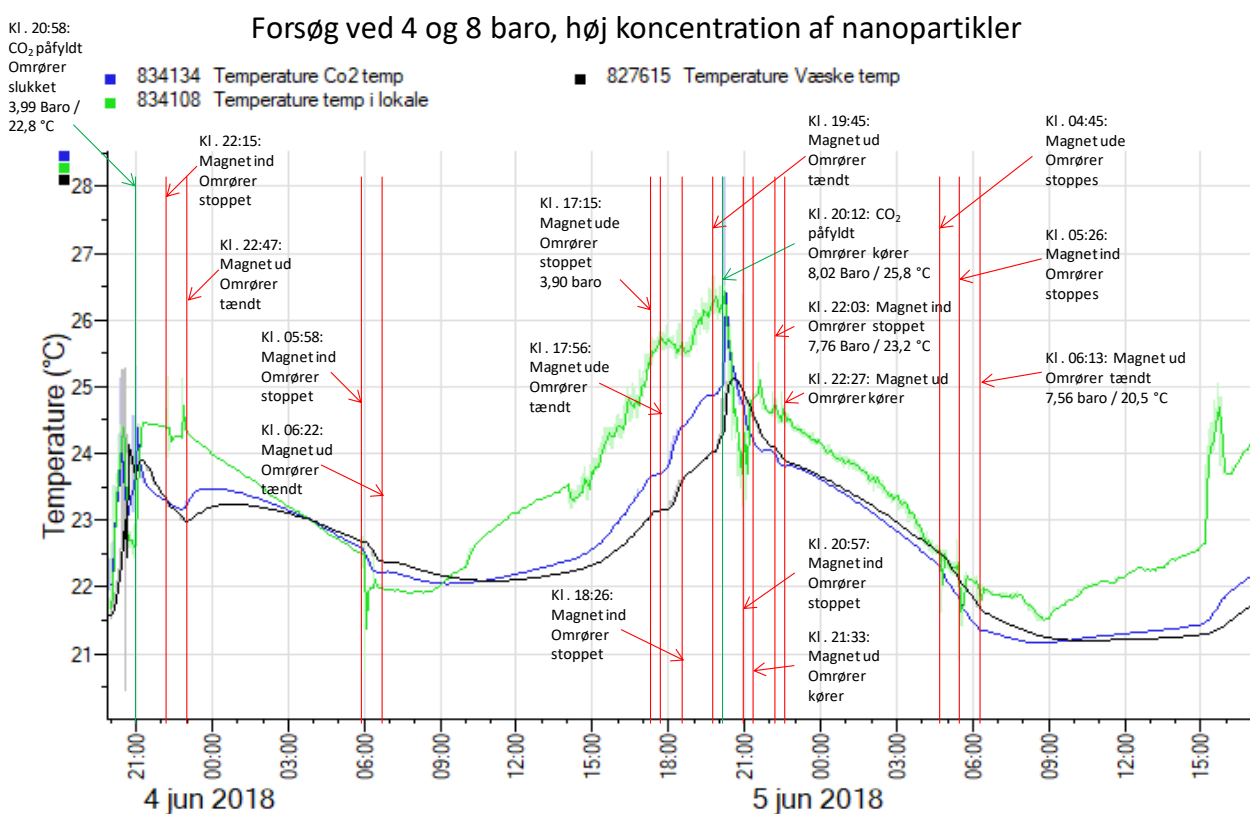
Forsøg 5: Forsøg med højere koncentration af nanopartikler

I dette forsøg fjernes noget af vandet fra opløsningen, hvorved koncentrationen af nanopartikler bliver højere.

I teorien bør dette give større temperaturudsving i væsken.

Massen af væske er 27,5 g, mod tidligere 36,9 g.

Grafen ser således ud.



Der påfyldes indledningsvist CO₂ til der er et tryk på 3,99 baro / 22,8 °C.

Massen beregnes:

$$4,99 \times 10^5 \text{ Pa} \cdot 0,0169 \text{ m}^3 / (189 \text{ J/kg } ^\circ\text{K} \cdot (22,8 + 273,15) \text{ } ^\circ\text{K}) = m = 0,1508 \text{ kg}$$

D. 03/06 kl. 22:15 - 22:47: Magnet under nanopartikler, omrører stoppet.

Måling		T _{start} °C	T _{slut} °C	dT °C	Masse g	c _p J/kg °C	dH J	W _{målt} J	W _{tot} J	COP
03-06 2018										
Kl. 22:15 - 22:47: med magnet	Væske	23,257	23,064	-0,193	27,5	4.182	-22,2	2,731	2,814	negativ
	CO ₂ -gas	23,267	23,154	-0,113	150,8	816	-13,9			-
	Rumtemp	24,395	24,232	-0,163	-	-	-			-

BEMÆRK: Omrøreren var stoppet inden dette forsøg, hvorfor der ikke korrigeres for denne.

Konklusion:

Det ses at temperaturen i væske og gas falder som forventet, dog med små energi- og temperaturudsving. Det er muligt at nanopartiklerne af sig selv falder til bunds grundet tyngdekraften, hvorfor gevinsten med magneten er mindre end i andre forsøg.

D. 04/06 kl. 05:58 - 06:22: Magnet under nanopartikler, omrører stoppet, efter at have kørt hele natten.

Måling		T _{start} °C	T _{slut} °C	dT °C	Masse g	c _p J/kg °C	dH J	W _{målt} J	W _{tot} J	COP
04-06 2018										
Kl.05:58 - 06:22: med magnet	Væske	22,471	22,222	-0,249	27,5	4.182	-28,6	3,192	2,814	85
	CO ₂ -gas	22,564 -0,3	22,235	-0,029	150,8	816	-3,6			-
	Rumtemp	22,665	22,523	-0,142	-	-	-			-

Konklusion:

Det ses at temperaturen i væske og gas falder som forventet.

COP_{Carnot} for væskens temperaturfald er 1.187.

kl. 06:22 - 17:15: Magnet væk fra nanopartikler, omrører kører.

Måling		T _{start} °C	T _{slut} °C	dT °C	Masse g	c _p J/kg °C	dH J	W _{målt} J	W _{tot} J	COP
04-06 2018										
Kl.06:22 - 17:15: uden magnet	Væske	22,222	23,060	0,838	27,5	4.182	-	-	-	-
	CO ₂ -gas	22,235	23,644 -0,3	1,109	150,8	816	-			-
	Rumtemp	22,523	25,316	2,793	-	-	-			-

Konklusion:

Med den kraftige stigning i rumtemperaturen i løbet af dagen og den lange reaktionstid vurderes det at temperaturændringer primært skyldes rumtemperaturen.

kl. 17:15 - 17:56: Magnet væk fra nanopartikler, omrører stoppet.

Herved kontrolleres omrørers betydning, hvorfor temperaturer ikke korrigeres.

Måling		T _{start} °C	T _{slut} °C	dT °C	Masse g	c _p J/kg °C	dH J	W _{målt} J	W _{tot} J	COP
04-06 2018										
Kl. 17:15 - 17:56: uden magnet omrører stoppet	Væske	23,060	23,175	0,115	27,5	4.182	13,2	-	-	-
	CO ₂ -gas	23,644	23,798	0,154	150,8	816	19,0			-
	Rumtemp	25,316	25,687	0,371	-	-	-			-

Konklusion:

Det ses at temperaturen stiger svagt i både væske og gas.

Af grafen fremgår det at temperaturen af både gas og væske stiger kraftigt under stigningen af rumtemperaturen, og at denne stigning næsten elimineres når omrøreren stopper.

Dette bekræfter at omrørers drift har betydning for temperaturen.

kl. 17:56 - 18:26: Magnet væk fra nanopartikler, omrører kører.

Herved kontrolleres omrørers betydning, hvorfor temperaturer ikke korrigeres.

Måling		T _{start} °C	T _{slut} °C	dT °C	Masse g	c _p J/kg °C	dH J	W _{målt} J	W _{tot} J	COP
04-06 2018										
Kl. 17:56 - 18:26: uden magnet omrører kører	Væske	23,175	23,527	0,352	27,5	4.182	40,5	-	-	-
	CO ₂ -gas	23,798	24,384	0,586	150,8	816	72,1			-
	Rumtemp	25,687	25,924	0,237	-	-	-			-

Konklusion:

Det ses at temperaturen her stiger kraftigere i både væske og gas, og mere end rumtemperaturen.

Dette bekræfter at omrørers drift påvirker temperaturen i gas og væske.

kl. 18:26 - 19:45: Magnet under nanopartikler, omrører stoppet.

Måling		T _{start} °C	T _{slut} °C	dT °C	Masse g	c _p J/kg °C	dH J	W _{målt} J	W _{tot} J	COP
04-06 2018										
Kl. 18:26 - 19:45: med magnet omrører stoppet	Væske	23,527	24,037	0,510	27,5	4.182	58,7	2,911	2,814	-
	CO ₂ -gas	24,384 -0,3	24,861	0,777	150,8	816	95,6			-
	Rumtemp	25,924	26,364	0,44	-	-	-			-

Konklusion:

Det ses at temperaturen her stadigt stiger i både væske og gas, og mere end rumtemperaturen. I teorien burde temperaturen falde under påvirkningen af magneten.

Det vurderes at det er den store forskel på rumtemperaturen og temperaturerne i beholderen, der gør at temperaturen stiger mod forventning, og forsøget holdes ude af den samlede konklusion.

kl. 20:12: Trykket hæves til 8,08 baro. Temperaturen er 25,8 °C lige efter påfyldningen.

Massen beregnes:

$$9,08 \times 10^5 \text{ Pa} \cdot 0,0169 \text{ m}^3 / (189 \text{ J/kg } ^\circ\text{K} \cdot (25,8 + 273,15) \text{ } ^\circ\text{K}) = m = 0,2716 \text{ kg}$$

kl. 20:57 - 21:33: Magnet under nanopartikler, omrører stoppet.

Måling		T _{start} °C	T _{slut} °C	dT °C	Masse g	c _p J/kg °C	dH J	W _{målt} J	W _{tot} J	COP
04-06 2018										
Kl. 20:57 - 21:33: med magnet omrører stoppet	Væske	24,904	24,373	-0,531	27,5	4.182	-61,1	2,564	2,814	negativ
	CO ₂ -gas	24,655 -0,3	24,054	-0,301	271,6	816	-66,7			-
	Rumtemp	23,201	24,996	1,796	-	-	-			-

Konklusion:

Det ses at temperaturen her falder i både væske og gas som beskrevet i teorien. Samtidigt stiger rumtemperaturen.

På grafen ses store udsving, hvorfor temperaturerne muligvis ikke har stabiliseret sig helt efter påfyldningen af den ekstra gas. Derfor udelades målingen fra samlede konklusioner

kl. 21:33 - 22:03: Magnet væk fra nanopartikler, omrører kører.

Måling		T _{start} °C	T _{slut} °C	dT °C	Masse g	c _p J/kg °C	dH J	W _{målt} J	W _{tot} J	COP
04-06 2018										
Kl. 21.33 - 22:03: uden magnet omrører kører	Væske	24,373	24,064	-0,309	27,5	4.182	-35,5	-	-	-
	CO ₂ -gas	24,054	23,949 -0,3	-0,405	271,6	816	-89,8			-
	Rumtemp	24,996	24,752	-0,244	-	-	-			-

Konklusion:

Det ses at temperaturen her falder i både væske og gas hvilket ikke passer med teorien. Samtidigt falder rumtemperaturen

På grafen ses store udsving, hvorfor temperaturerne muligvis ikke har stabiliseret sig helt efter påfyldningen af den ekstra gas. Derfor udelades målingen fra samlede konklusioner

kl. 22:03 - 22:27: Magnet under nanopartikler, omrører stoppet.

Måling		T _{start} °C	T _{slut} °C	dT °C	Masse g	c _p J/kg °C	dH J	W _{målt} J	W _{tot} J	COP
04-06 2018										
Kl. 22:03 - 22:27: med magnet omrører stoppet	Væske	24,064	23,957	-0,107	27,5	4.182	-12,3	-	-	-
	CO ₂ -gas	23,949 -0,3	23,808	0,159	271,6	816	35,2			-
	Rumtemp	24,752	24,476	-0,276	-	-	-			-

Konklusion:

Det ses at temperaturen her falder svagt i væsken, mens den stiger i gassen.

På grafen ses store udsving, hvorfor temperaturerne muligvis ikke har stabiliseret sig helt efter påfyldningen af den ekstra gas. Derfor udelades målingen fra samlede konklusioner

05-06 kl. 04:45 - 05:26: Omrører stoppet, magnet ude.

Herved kontrolleres omrørers betydning, hvorfor temperaturer ikke korrigeres.

Tryk og temperatur er aflæst til 7,60 baro / 21,4 °C.

Massen beregnes:

$$8,6 \times 10^5 \text{ Pa} \cdot 0,0169 \text{ m}^3 / (189 \text{ J/kg } ^\circ\text{K} \cdot (21,4 + 273,15) ^\circ\text{K}) = m = 0,2611 \text{ kg}$$

Måling		T _{start}	T _{slut}	dT	Masse	c _p	dH	W _{målt}	W _{tot}	COP
05-06 2018		°C	°C	°C	g	J/kg °C	J	J	J	
Kl. 04:45 - 05:26: uden magnet omrører stoppet	Væske	22,476	22,125	-0,351	27,5	4.182	-40,4	-	-	-
	CO ₂ -gas	22,298	21,842	-0,456	261,1	816	-97,2			-
	Rumtemp	22,105	22,678	0,573	-	-	-			-

Konklusion:

Det ses at temperaturen falder i både væske og gas på trods af at temperaturen i omgivelserne stiger.

Af grafen fremgår det at temperaturen af både gas og væske falder kraftigere når omrøreren ikke kører end når den kører.

Dette bekræfter at omrørers drift har betydning for temperaturen.

kl. 05:26 - 06:13: Omrører stoppet, magnet inde.

Måling		T _{start}	T _{slut}	dT	Masse	c _p	dH	W _{målt}	W _{tot}	COP
05-06 2018		°C	°C	°C	g	J/kg °C	J	J	J	
Kl. 05:26 - 06:13: medmagnet omrører stoppet	Væske	22,125	21,718	-0,407	27,5	4.182	-46,8	2,584	2,814	negativ
	CO ₂ -gas	21,842	21,372	-0,470	261,1	816	-100,1			-
	Rumtemp	22,678	22,071	-0,607	-	-	-			-

Konklusion:

Det ses at temperaturen falder i både væske og gas på som forudsagt i teorien.

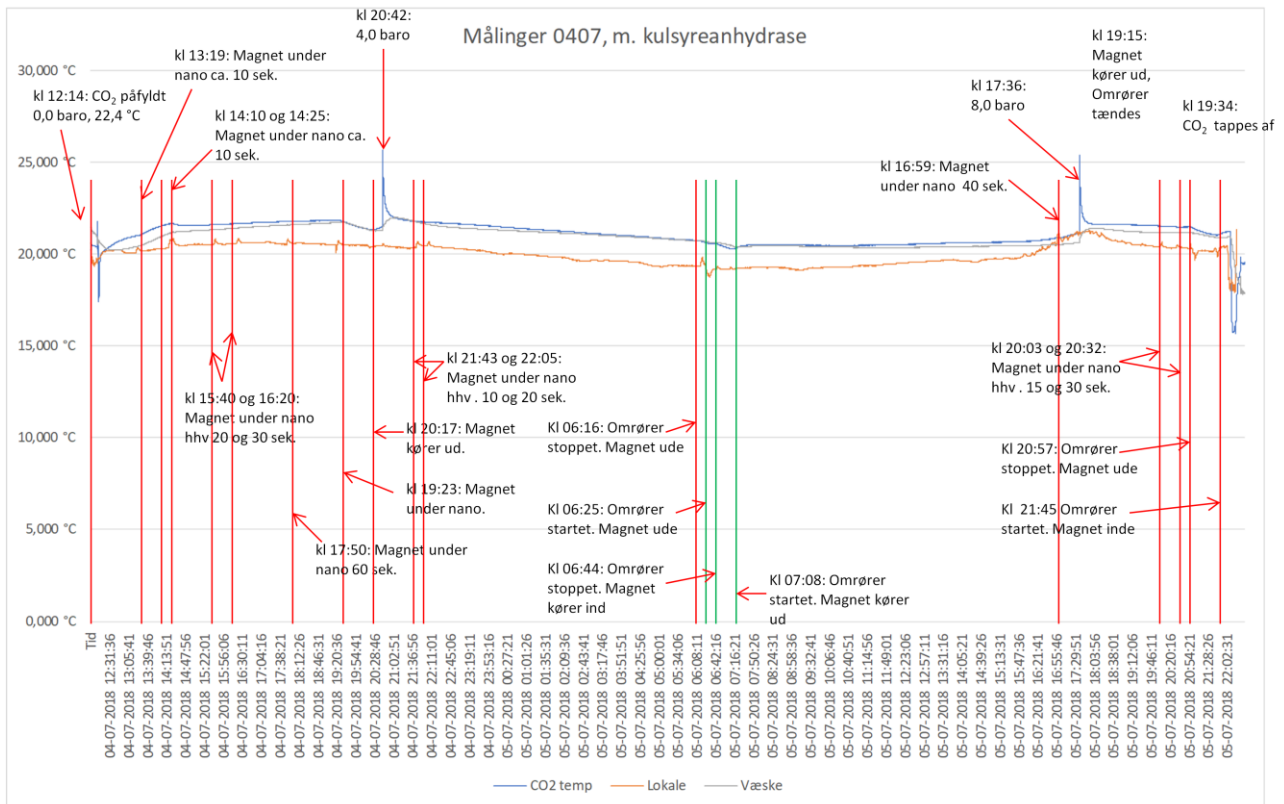
Af grafen fremgår det at temperaturen af både gas og væske falder kraftigere en rumtemperaturen. Endvidere er gassen koldere end rumtemperaturen, hvorfor det vurderes at det skyldes andre faktorer end rumtemperaturen at temperaturen i beholderen falder.

Forsøg 6: Forsøg med lav koncentration af nanopartikler og kulsyre anhydrase

I dette forsøg undersøges betydningen af kulsyreanhydrase.

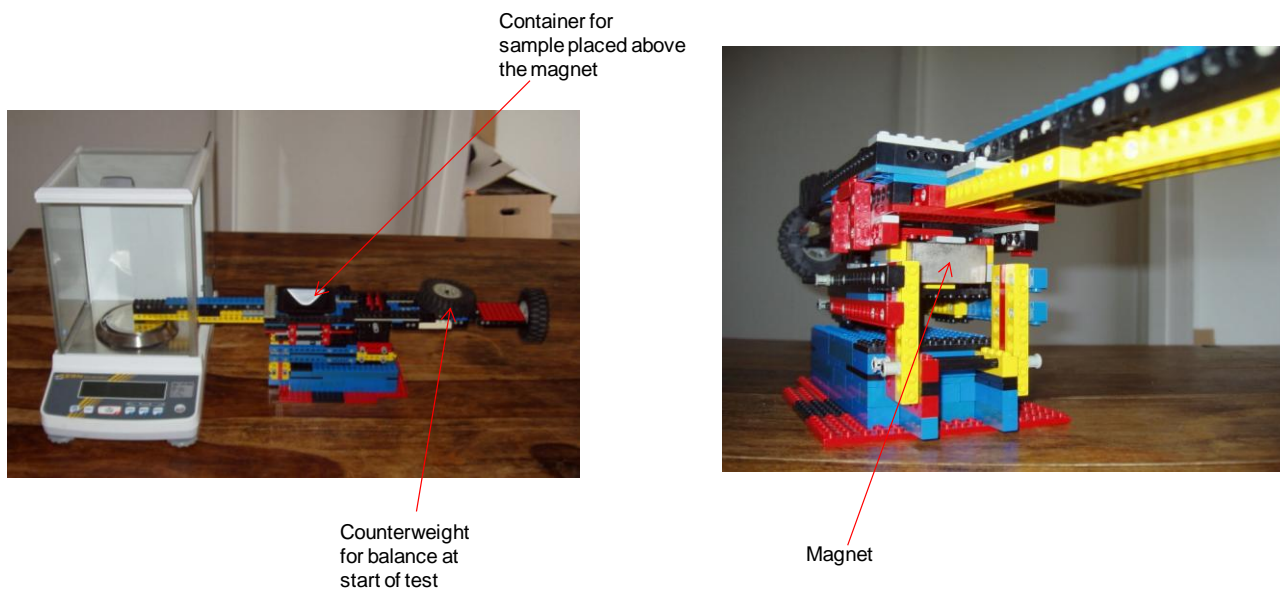
Hypotesen er at det øger reaktionstiden.

Grafen ser således ud:



For at undersøge reaktionstiden er det først undersøgt i fri luft, hvor hurtigt magneten tiltrækker nanopartiklerne, samt den kraft som magneten tiltrækker nanopartiklerne med.

Der anvendes forsøgsopstillingen med vejning via analysevægten:



Vægten af bæger + nanopartikler er 45,105 g uden vægtarm. Massen af skålen er 2,6 g, hvoraf massen af vand og nanopartikler beregnes til 42,5 g

Vægtarmen "vejer" 0,86 g

Vægten af arm og nanopartikler uden magnetpåvirkning er 13,05 g.

Dvs. at grundet vægtarmen skal en målt masse ganges med $45,105 \text{ g} / (13,05 - 0,86) = 3,7$

Målinger:

Forsøg 1: Masse af vægtarm = 0,86 g			
Tid	Målt masse	Faktisk masse	F grundet magnetisk tiltrækning
	gram	gram	gram
00:10	14,3	49,728	4,623
00:20	14,3	49,728	4,623
00:30	14,32	49,802	4,697
00:50	14,328	49,832	4,727
01:10	14,35	49,913	4,808
01:19	14,36	49,950	4,845
01:37	14,38	50,024	4,919
01:58	14,39	50,061	4,956
02:22	14,40	50,098	4,993
Forsøg 2: Masse af vægtarm = 1,03 g			
00:10	13,6	46,509	1,404
00:32	14,19	48,692	3,587
00:39	14,2	48,729	3,624
00:56	14,23	48,840	3,735
01:04	14,24	48,877	3,772
01:20	14,25	48,914	3,809
01:59	14,26	48,951	3,846
Forsøg 3: Masse af vægtarm = 0,46 g. Nanopartikler tættere på magnet			
00:10	14,00	50,098	4,993
00:20	14,12	50,542	5,437
00:35	14,13	50,579	5,474
00:52	14,15	50,653	5,548

I alle forsøgene blev der stoppet når der ikke var yderligere stigning i magnets tiltrækningskraft. Det ses at nanopartiklerne stabiliserer sig ved magneten efter ca. 2 minutter.

Forsøg med meget korte tidsrum for bevægelse af magneten:

For at se om kulsyreanhydrasen øger proceshastigheden er der udført en række forsøg med meget korte tidsrum med magnetpåvirkning:

1. forsøgsrække: 0,0 baro.

kl. 13:19: Magnetpåvirkning ca. 10 sekunder. Der ses ingen ændring i temperaturen i væske eller gas.

kl. 14:10: Magnetpåvirkning ca. 10 sekunder. Der ses ingen ændring i temperaturen i væske eller gas.

kl. 14:25: Magnetpåvirkning ca. 10 sekunder. Der ses ingen ændring i temperaturen i væske eller gas.

kl. 15:40: Magnetpåvirkning ca. 20 sekunder. Der ses ingen ændring i temperaturen i væske eller gas.

kl. 16:20: Magnetpåvirkning ca. 30 sekunder. Der ses ingen ændring i temperaturen i væske eller gas.

kl. 17:50: Magnetpåvirkning ca. 60 sekunder. Der ses ingen ændring i temperaturen i væske eller gas.

2. forsøgsrække: 4 baro

kl. 21:43: Magnetpåvirkning ca. 10 sekunder. Der ses ingen ændring i temperaturen i væske eller gas.

kl. 22:05: Magnetpåvirkning ca. 20 sekunder. Der ses ingen ændring i temperaturen i væske eller gas.

05/07 kl. 06:30: Magnetpåvirkning ca. 30 sekunder. Der ses ingen ændring i temperaturen i væske eller gas.

kl. 16:49: Magnetpåvirkning ca. 40 sekunder. Der ses ingen ændring i temperaturen i væske eller gas.

3. forsøgsrække: 8 baro

kl. 20:03: Magnetpåvirkning ca. 10 sekunder. Der ses ingen ændring i temperaturen i væske eller gas.

kl. 20:32: Magnetpåvirkning ca. 30 sekunder. Der ses ingen ændring i temperaturen i væske eller gas.

I denne testrække er der også udført forsøg med længere tids påvirkning.

1. forsøgsrække: 0,0 baro, 21 °C

Massen beregnes:

$$1,0 \times 10^5 \text{ Pa} \cdot 0,0169 \text{ m}^3 / (189 \text{ J/kg } ^\circ\text{K} \cdot (21,0 + 273,15) ^\circ\text{K}) = m = 0,0304 \text{ kg}$$

04/07 kl. 19:23 - 20:17: Omrører stoppet, magnet inde.

Måling		T _{start}	T _{slut}	dT	Masse	c _p	dH	W _{målt}	W _{tot}	COP
04-07 2018		°C	°C	°C	g	J/kg °C	J	J	J	
Kl. 19:23 - 20:17: Med magnet omrører stoppet	Væske	21,751	21,352	- 0,399	42,5	4.182	- 70,9	Fejl	2,814	-
	CO ₂ -gas	21,852 -0,3	21,368	- 0,184	30,4	816	- 4,56			-
	Rumtemp	20,746	20,479	- 0,267	-	-	-			-

Konklusion:

Det ses at temperaturen falder i både væske og gas på som forudsagt i teorien.

Af grafen fremgår det at temperaturen af både gas og væske falder kraftigere en rumtemperaturen. Endvidere er gassen koldere end rumtemperaturen, hvorfor det vurderes at det skyldes andre faktorer end rumtemperaturen at temperaturen i beholderen falder.

2. forsøgsrække: 4,0 baro / 25,7 °C

Massen beregnes:

$$5,0 \times 10^5 \text{ Pa} \cdot 0,0169 \text{ m}^3 / (189 \text{ J/kg } ^\circ\text{K} \cdot (25,7 + 273,15) ^\circ\text{K}) = m = 0,1496 \text{ kg}$$

05/07 kl. 06:44 - 07:08: Omrører stoppet, magnet inde.

Måling		T _{start} °C	T _{slut} °C	dT °C	Masse g	c _p J/kg °C	dH J	W _{målt} J	W _{tot} J	COP
05-07 2018										
Kl.06:44 - 07:08: Med magnet omrører stoppet	Væske	20,617	20,503	-0,114	42,5	4.182	-20,3	Fejl	2,814	-
	CO ₂ -gas	20,571 -0,3	20,311	0,040	149,6	816	4,9			-
	Rumtemp	19,262	19,176	-0,086	-	-	-			-

Konklusion:

Dette forsøg er tidligere beskrevet idet der umiddelbart inden blev stoppet for omrøreren uden at magneten blev kørt ind under nanopartiklerne. Faldet i temperatur var omtrent ens uanset om der er magnet eller ej i dette forsøg, hvorfor forsøget ikke anvendes til videre undersøgelser.

3. forsøgsrække: 8,0 baro / 25,1 °C

Massen beregnes:

$$9,0 \times 10^5 \text{ Pa} \cdot 0,0169 \text{ m}^3 / (189 \text{ J/kg } ^\circ\text{K} \cdot (25,1 + 273,15) ^\circ\text{K}) = m = 0,2698 \text{ kg}$$

05/07 kl. 20:57 - 21:45: Omrører stoppet, magnet inde.

Måling		T _{start} °C	T _{slut} °C	dT °C	Masse g	c _p J/kg °C	dH J	W _{målt} J	W _{tot} J	COP
05-07 2018										
Kl. 20:57 - 21:45: Med magnet omrører stoppet	Væske	21,169	20,894	-0,275	42,5	4.182	-48,9	Fejl	2,814	-
	CO ₂ -gas	21,488 -0,3	21,043	-0,145	269,8	816	-31,9			-
	Rumtemp	20,516	20,084	-0,432	-	-	-			-

Konklusion:

Det ses at temperaturen i både gas og væske falder som forudset.

Det kan ikke påvises at kulsyreanhydrase påvirker reaktionstiden i denne opstilling.

Generelt gælder det for enzymerne i pattedyr og fugle, at der skal være en temperatur på ca. 37 °C før de fungerer optimalt. Det er muligt at enzymet ikke virker ved lavere temperaturer.

Bilag 1: Data for TinyTags



Tinytag Plus 2 Temperature Logger for Thermistor Probe (-40 to +125°C) TGP-4020

Issue 10 : 17th October 2014 (E&OE)



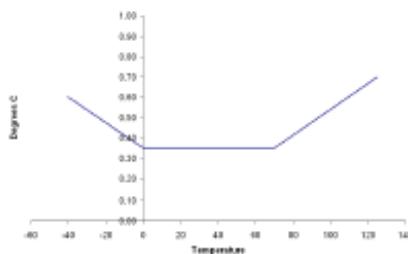
Features

Total Reading Capacity	32,000 readings
Memory type	Non Volatile
Trigger Start	Magnetic Switch
Delayed Start	Relative / Absolute (up to 45 days)
Stop Options	When full After n Readings Never (overwrite oldest data)
Reading Types	Actual, Min, Max
Logging Interval	1 sec to 10 days
Offload	While stopped or when logging in minutes mode
Alarms	2 fully programmable; latchable

Reading Specification

Reading Range	-40°C to +125°C (-40°F to +257°F)
Sensor Type	10K NTC Thermistor (external probe)
Reading Resolution	0.02°C or better
Temperature Stability	±0.01°C/°C change from 25°C

Accuracy
The graph below is the accuracy of the TGP-4020 when used with a PB-5001, 5002 or 5003 probe.



Physical Specification

IP Rating	IP68 water-proof (see notes)
Operational Range*	-40°C to +85°C (-40°F to +185°F)
Case Dimensions	
Height	34mm / 1.34"
Width	59mm / 2.32"
Depth	80mm / 3.15"
Weight	110g / 3.9oz

*The Operational Range indicates the physical limits to which the unit can be exposed, not the reading range over which it will record.

Approvals

Gemini Data Loggers (UK) Ltd. operates a Business Management System which conforms to ISO 9001 and ISO 14001.



Notes

Battery Type Takcell SBAA02P;
SAFT LS14250 or LST14250

The logger will operate with other 1/5AA 3.6V Lithium (Li-SOCl₂) batteries but performance cannot be guaranteed.

Replacement Interval Annually

Before replacing the battery the data logger must be stopped.

When replacing the battery, wait at least one minute after removing the old battery before fitting the new one.

Data stored on the logger will be retained after a battery is replaced.

If used at low temperatures the data logger should be allowed to warm to room temperature before it is opened to avoid condensation forming inside the unit.

The IP68 rating is valid only when the unit's connector cap and probe are fitted and is valid to a depth of 15m (50ft).

The position of the unit's trigger start switch is indicated by the ... label on the back of the logger. When the "Wait until trigger event" option is selected in the Tinytag Explorer software, the green LED on the unit will flash once every eight seconds, indicating that the unit is waiting to log. When a magnet passed over the label, the green LED will light briefly to indicate that the unit has been activated. Once activated, the green LED will flash every four seconds to indicate that the logger is recording.

Calibration

This unit is configured to meet Gemini's quoted specification during its manufacture.

We recommend that the calibration of this unit should be checked annually against a calibrated reference meter.

A certificate of calibration, traceable to a national standard, can be supplied for an additional charge either at the point of purchase, or if the unit is returned for a service calibration.

Required and Related Products

To use this data logger you will also require one of the following probes:

PB-5001-1M5/3M5M: Standard Thermistor Probe or
PB-5002-1M5/3M5M: Fast Response Thermistor Probe or
PB-5003-1M5/3M5M: Surface Thermistor Probe

The following software:

SWCD-0040: Tinytag Explorer software or
and a
CAB-0007-USB: Tinytag Ultra/Plus/View USB Download Cable

The SWCD-0040 software and CAB-0007-USB cable can be ordered together in a pack using the part number SWPK-7-USB.

Further Related Products

SER-9500: Tinytag Data Logger Service Kit
ACS-5000: Tinytag Alarm Box
ACS-6000: Trigger Start Magnet

data sheet

www.tinytag.info

sales@tinytag.info

Kilder:

- 1) **Shuang Ma Andersen**, Associate Professor, SDU Chemical Engineering, Dep. of Chemical Eng., Biotechnology and Environmental Tech , University of Southern Denmark, Campusvej 55, DK-5230 Odense M
- 2) **Terence E. Warner**, Lektor, SDU Chemical Engineering, Institut for Kemi-, Bio- og Miljøteknologi, Dep. of Chemical Eng., Biotechnology and Environmental Tech , University of Southern Denmark, Campusvej 55, DK-5230 Odense M
- 3) **Avansa Technology and Service**, MIG 89, Taty Tope Nagar, Phase -3, Near UP Kirana Seva Samiti Vidyalaya, Kanpur - 208022, Uttar Pradesh, India **Phone:** +91-9412120554 **E-mail:** info@avansa.co.in
- 4) **Solubility of CO₂ in water from –1.5 to 100 °C and from 0.1 to 100 MPa: evaluation of literature data and thermodynamic modelling**
Larryn W. Diamond*, Nikolay N. Akinfiev, Institute of Geological Sciences, University of Bern, Baltzerstrasse 1-3, Bern CH-3012, Switzerland, Received 15 November 2002; accepted 11 February 2003
- 5) **Lillegaard Teknik**, Autoriseret elinstallatør John Pedersen, tlf. 23 49 80 30 , mail john@lillegaard-teknik.dk