

## Teknologi og forskningslære

**Problemstilling:** Hva skal til for at Store Lungegårdsvannet blir dekket av et 30cm tykt islag?

### Ingress:

Jeg valgte å forske på de første 30cm i Store Lungegårdsvannet. Bakgrunnen for dette valget er at målestasjonen ikke gir verdier mellom overflaten og 30cm ned. Det første jeg gjorde var å innhente data fra Store Lungegårdsvannet. Dette var temperatur og salinitetsmålinger. Etter dette brukte jeg Geogebra for å fremstille to grafer, en for temperatur og en for frysepunkt og trykk. Deretter brukte jeg formelen  $Q_1 + Q_2 + Q_3 = \text{varmetap ned til } T_f$ . Formelen viser hvor mye varme som må komme opp fra vannet i dybden 0 – 30cm for at det skal fryse. Likevel kommer det aldri til å danne seg et 30cm tykt islag på Store Lungegårdsvannet. Årsakene til dette er, tidevannet og den kontinuerlige utskiftningen av vann som kommer fra Puddefjorden. Likevel danner det seg litt is på Store Lungegårdsvannet, dette er fordi Møllendahls eleven transporterer ferskvann ned i vannet og vi får brakkvann.

### Innledning

Store Lungegårdsvannet ligger like ved Amalie Skram videregående skole. Vannet er knyttet til havet gjennom Puddefjorden. Vannet er det vi kaller brakkvann, altså en blanding av salt og ferskvann. Store Lungegårdsvannet får ferskvannstilførsel av Møllendalselven som renner ned fra Ulriken og ut i vannet.

Gabriel er en målestasjon som foretar en rekke målinger i vannsøylen. Gabriel er utstyrt med en rekke instrumenter som undersøker blant annet salinitet, temperatur og oksygen helt ned til 18 meters dyp i Store Lungegårdsvannet. Målestasjonen drives av et solcellepanel.



Målestasjonen Gabriel

I perioden 19. november til 1. februar 2016 har det vært is på Store Lungegårdsvannet. Vi har sett at det har vært is forskjellige steder og isen har hatt forskjellig tykkelse. Lenge har vi arbeidet med målestasjonen Gabriel som har gitt oss spennende informasjon om ulike profiler i vannet. Gabriel sine målestasjoner starter 30cm ned i vannet, og vi har derfor ikke målinger mellom vannoverflaten og startpunktet for målingene. Det vil derfor være interessant å undersøke disse 30cm nærmere ettersom vi ikke har noen målinger for de.



Store Lungegårdsvannet

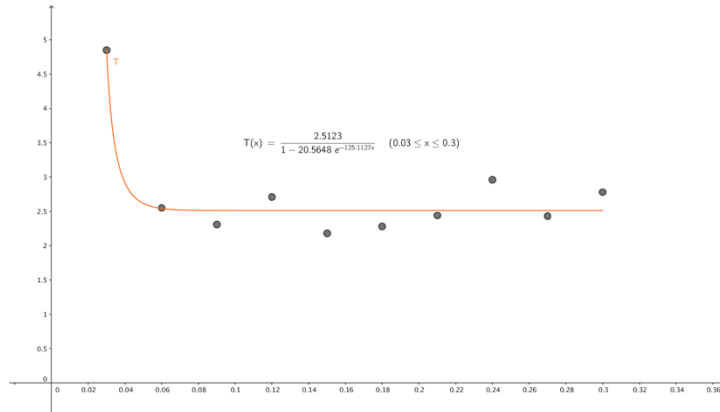
## Metode

For at vi skal finne ut hva som må til for at det skal danne seg et 30cm tykt islag på Store Lungegårdsvannet må vi finne ut hvor mye varme som må stige opp og blåses vekk fra 0-30cm dybde. Derfor vil ha profiler fra vannoverflaten og ned 30cm ned. Jeg samlet verdier for salinitet og temperatur for hver tredje cm ned i vannet ved bruk av en salinitet og temperatur måler, som var koblet til en datalogger. Til slutt teipet jeg målerne på hver sin side av linjalen, slik at jeg lettere kunne se hvor lange ned i vannet jeg var. Målingene som ble tatt skulle seinere brukes til å fremstille to funksjoner som seinere inngår i matematikken for å finne varmetapet.

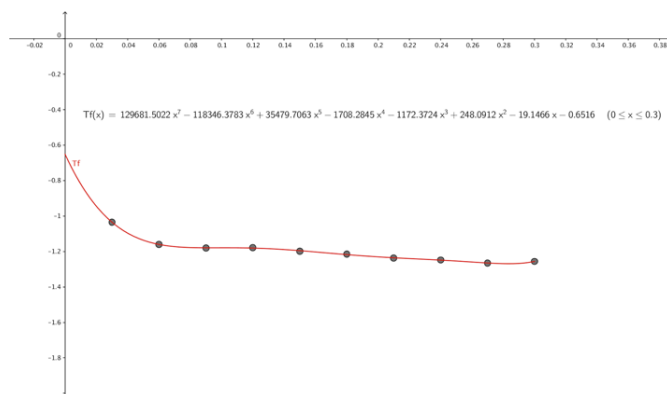
Trykk	Salinitet	Temperatur
0		
0,03	19,12	4,85
0,06	21,4	2,55
0,09	21,77	2,31
0,12	21,75	2,71
0,15	22,1	2,18
0,18	22,4	2,28
0,21	22,6	2,44
0,24	22,80	2,96
0,27	23	2,43
0,3	23,3	2,78



Det neste steget i prosjektet var å lage en funksjon utfra temperaturverdiene og trykket. Denne grafen heter  $T(x)$ . Dette gjøres ved å sette inn verdiene jeg hadde for temperatur og trykket inn i GeoGebra og deretter velge "regresjonsanalyse". Jeg valgte en logistisk regresjon fordi den passet best med mine målte data. Samtidig var korrelasjonen høyest for valgt funksjon.



For at vannet på 30cm skal fryse må vannet på denne dybden være kaldt nok. Dessuten må alt vann over 30cm fryse. Metoden jeg brukte for å finne frysepunktet på de ulike dybdene brukte jeg en ”temperture freezing calculator”<sup>1</sup>. Denne elektroniske kalkulatoren fungerer slik at man kan sette inn verdier for trykk og salinitet så regner den ut hva frysepunktet for den valgte dybden. Deretter satte jeg inn salinitetsverdien og trykket. Frysepunktsverdiene kan man se nede i venstre hjørne. Frysepunktsverdiene og trykket brukes til å fremstille grafen  $T_f(x)$ . Denne funksjonen forteller frysepunktet for hver dybde jeg har valgt. Vi bruker samme metode i Geogebra som tidligere, bare at denne gangen har vi en polynom funksjon med  $x^7$ . Denne funksjonen gav størst korrelasjon, og gav et relativt likt bilde med virkeligheten.



0.03	-1.035
0.06	-1.16
0.09	-1.18
0.12	-1.179
0.15	-1.198
0.18	-1.215
0.21	-1.237
0.24	-1.248
0.27	-1.265
0.3	-1.256

## Resultat

For å regne ut hvor mye varme som må stige opp fra de 30cm bruker vi formelen  $Q_1 + Q_2 + Q_3 = \text{varmetap ned til } T_f$ .  $Q_1$  er den varmen som må strømme ut for at vannet skal bli 0 grader celsius.  $Q_2$  er det varmetapet som må til for at vannet ved 0 grader celsius blir kaldt nok til å fryse. Husk her, at vi snakker om brakkvann. Brakkvann fryser ikke ved 0 grader.  $Q_3$  er det vi kaller latent varme. Latent varme er den varmemengden som må til for at et stoff skal gjennomgå en faseovergang. I dette tilfellet er det snakk om varmetapet som skal få det fra flytende form ved frysepunktet til fast is. Når vi summerer  $Q_1 + Q_2 + Q_3$  får vi det

<sup>1</sup> <http://www.csgnetwork.com/h2ofreezecalc.html>

totale varmetapet per kvadratmeter som må stige opp fra vannet for at det skal danne seg et 30cm tykt islag. Nedenfor ser dere matematikken som er gjort for å komme frem til det totale varmetapet.

$$\begin{aligned}Q_1 &= V \cdot C \cdot P \\&= \int_0^{0.3} (A \cdot \rho \cdot \int_0^{T(x)} C_p dT) dx \\&= A \cdot \rho \cdot C_p \cdot \int_0^{0.3} T(x) \\Q_2 &= \int_0^{0.3} (A \cdot \rho \cdot \int_0^{T_F} C_p dt) dx \\Q_3 &= \rho \cdot V \cdot L\end{aligned}$$

$$Q_1 + Q_2 + Q_3 = \text{varmetap ned til } T_f$$

Symbol	Verdi
$\rho = \varrho$	$1025 \text{ m}^2$
$T_{f(x)}$	Frysepunktfunksjonen
$C_p$	$4050 \text{ J/KG}$
$A$	$1 \text{ m}^2$
$T(x)$	Temperaturfunksjonen
$L$	$334 \text{ KJ/kg}$
$x$	Dypet

$C_p$  er spesifikk varmekapasitet. Varmekapasitet er forholdet mellom varme som tilføres et legeme og den tilsvarende temperaturøkningen.<sup>2</sup> Denne er valgt ut etter målingene mine fra Store Lungegårdsvann.  $A$  er arealet. Årsaken til at den er  $1 \text{ m}^2$  er fordi jeg gjør beregninger per kvadratmeter.  $L$  er latent varme og er det varmetapet som skal til for å få en faseforandring fra flytende til fast form.

$$Q_1 = 1 \cdot 1025 \text{ m}^2 \cdot 4050 \text{ J/kg} \cdot 0.6915^\circ \text{Cm}$$

$$Q_2 = 0.35^\circ \text{Cm} \cdot 1 \cdot 1025 \text{ m}^2 \cdot 4050 \text{ J/kg}$$

$$Q_3 = 334 \text{ KJ/kg} \cdot 1025 \text{ m}^2 \cdot 0.3 \text{ m}^3$$

$$Q_1 + Q_2 + Q_3 = \text{varmetap ned til } T_f$$

$$2,87 \cdot 10^6 \text{ J} + 1,45 \cdot 10^6 \text{ J} + 102,7 \cdot 10^6 = 106,27 \cdot 10^6 \text{ J}$$

<sup>2</sup> <https://snl.no/varmekapasitet>

106,3MJ er all den energien som må opp fra vannet og blåses vekk for at det skal danne seg et 30cm tykt islag på Store Lungegårdsvannet.

For å regne ut hvor mye energi det kommer fra vind og temperatur brukte jeg en vindavkjølings kalkulator. Vindavkjølingseffekten er effekten av lufttemperatur og vindhastighet som i kombinasjon gjør at temperaturen oppfattes som lavere enn den egentlig er. Jeg valgte å undersøke vindavkjølingseffekten ved -2 grader celsius og en vindhastighet på fem m/s. Svaret jeg var ute etter er 1131.3 Watts per Meter Squared. Dette forteller hvor energi som blir blåst vekk hvert sekund.

Enter a temperature and wind speed that you would like calculated:	What the temperature feels like to your body:
-2 <input type="radio"/> Fahrenheit <input checked="" type="radio"/> Celsius	18.6 ° F
5 <input type="radio"/> mph <input type="radio"/> knots <input checked="" type="radio"/> m/s <input type="radio"/> k/h	-7.4 ° C
	1131.3 Watts per Meter Squared
<input type="button" value="Convert"/>	<input type="button" value="Clear Values"/>

Deretter kan vi regne oss fram hvor lenge vinden og temperaturen må holde seg ved -2 grader celsius og på 5 m/s for at det skal danne seg et 30cm islag.

$$\frac{106,27 \cdot 10^6 J/m}{1131 W/m^2} = 93961 s$$

$$\frac{93961}{86400} = 1.08 \text{ døgn}$$

Altså må det blåse fem m/s og temperaturen i luften må være -2 grader celsius i 1.08 døgn for at det skal danne seg et 30cm tykt islag, likevel kommer dette aldri til å skje, hvorfor? Det skal vi se på nå!

## Diskusjon

Vann har en unik evne til å holde på varme. For at vann skal fryse må all varmen som er i vannet stige opp slik at det kan bli kaldt nok til å fryse.

Det er likevel flere grunner til at det aldri kommer til å danne seg et 30cm tykt islag på Store Lungegårdsvannet. I denne diskusjonsdelen har jeg valgt noen årsaker som jeg mener er de viktigste til at det ikke kommer til å danne seg et så tykt islag.

Jeg har valgt å fokusere på hvor mye varme som totalt må opp fra vannet for at det skal danne seg et tykt islag. Selv om 106,3MJ er all varmen må stige opp og dersom vi har en windchill på 1131 watt i ca. ett døgn vil det danne seg et 30cm tykt islag. I realiteten må varmen for hver dybde stige opp. Når istykkelsen øker avtar også isveksten. Dette er fordi islaget isolerer

<sup>3</sup> [http://www.srh.noaa.gov/epz/?n=wxcalc\\_windchill](http://www.srh.noaa.gov/epz/?n=wxcalc_windchill)

slik at varmetransporten avtar. Spesielt snø isolerer varmetransporten. Når varmetransporten avtar tar det lengre tid for at tykkere skal dannes.

Tidevann, også kjent som flo og fjære er regelmessig veksling i vannstanden. Flo og fjære er resultatet av gravitasjonskrefter fra solen og månen. Når tidevannet inntreffer bidrar det til å stadig skifte ut nye mengder vann inn i Store Lungegårdsvannet. Når dette vannet kommer inn, utskifter det seg med det eksisterende vannet og skaper endringer i både salt og temperatur. Når en stadig tilførsel av nytt sjøvann blander seg og endringer i salt og temperatur forekommer må hele nedkjølingsprosessen starte på nytt. Samtidig, skal det danne seg et 30cm tykt islag må det dannes over hele vannet og når tidevannet skaper en konstant endring i vannprofilene vil det aldri bli et så tykt islag i Store Lungegårdsvannet. For å forklare dette litt enklere kan vi ta for oss at dersom tidevannet en tilfeldig dag bidrar til å varme opp vannet, må hele dette vannet bli kaldt nok igjen til å fryse. Dersom dette skjer kontinuerlig ser vi at vannprofilene er stadig i endring og at det ikke vil danne seg is. Det nye vannet som kommer inn, rekker ikke å bli kaldt nok før en ny mengde med vann kommer inn. Tidevannet henger også sammen med vannet som strømmer gjennom Puddefjorden.

Puddefjorden er en kort fjord på et par hundre meter som strekker seg fra Store Lungegårdsvannet og ut til havet. Puddefjorden bidrar til å transportere nye mengder vann inn til Store lungegårdsvannet. Ettersom Puddefjorden er relativt brei og kort er det kort vei for det nye vannet inn til Store Lungegårdsvannet. Dette nye vannet inneholder en høyere salinitet. Ettersom saltvann fryser saktere enn ferskvann er dette også en årsak til at vi ikke får et så stort islag på Store Lungegårdsvannet. Samtidig når det blåser kraftig, vil bølgene skyve vannet i Puddefjorden inn i Store Lungegårdsvannet og vannet blander seg. Salinitet og temperaturprofilene vil da endre seg, og det er også en årsak til at vi ikke får et tykt islag på Store Lungegårdsvannet.

En annen årsak som påvirker islaget på Store Lungegårdsvannet er solstråling som kommer fra solen. Selv om det er kaldt ut, og solen er oppe, sender solen solstrålinger ned mot vannet og vannet blir varmere.

Hadde vi ikke sett på noen av disse årsakene eller andre faktorer som kan ha innvirkning på resultatet, kunne det ha stemt at dersom vi hadde en windchill på 1131 watt per kvadratmeter og vi visste at det måtte 106,3MJ for å danne et 30cm tykt islag. Dette er bare tilfellet for de resultatene jeg har brukt. Hadde vi hatt andre verdier for salinitet og temperatur ville funksjonene sett annerledes ut og resultatene ville blitt forskjellig. Likevel har vi observert is på Store Lungegårdsvann. Dette skyldes som sagt transport av ferskvann fra Møllendahls eleven, som gjør at vi får brakkvann.

## **Konklusjon:**

Konklusjonen for dette prosjektet er at det er en relativt liten mengde varme som må stige fra vannet og blåses vekk for at det skal danne seg et 30cm tykt islag per kvadratmeter. Likevel har jeg fokusert på å finne det totale varmetapet som må til. Som diskutert ovenfor vil det i virkeligheten ta lengre tid ettersom når istykkelsen øker avtar også isveksten. Andre årsaker til at det ikke blir en tykk isdannelse på vannet er at flo og fjære og transport av nytt vann som kommer fra Puddefjorden. Samtidig bidrar vinden til å blande vannmassene og da stiger temperaturen nærmest overflaten.

Torkel Halsteinslid Manne  
Amalie Skram videregående skole

Litteraturliste:

1. <http://www.csgnetwork.com/h2ofreezecalc.html> (nedlastet 29.05.2016)
2. <https://snl.no/varmekapasitet> (nedlastet 29.05.2016)
3. [http://www.srh.noaa.gov/epz/?n=wxcalc\\_windchill](http://www.srh.noaa.gov/epz/?n=wxcalc_windchill) (nedlastet 29.05.2016)