



**Skien**

VIDEREGÅENDE SKOLE

# Overvåking av restaureringsprosess i Stormyr 2024-2025

**Marcus Allen Denslow**

**Jonas Michelsen Henriksen**

**Torje Haugen Listaul**



## Innhold

<b>1.0 Abstract</b>	<b>4</b>
<b>2.0 Teori</b>	<b>4</b>
<b>2.1 Hensikt</b>	<b>4</b>
<b>2.2 Teknologi</b>	<b>5</b>
<b>2.2.1 Arduino PLSC</b>	<b>5</b>
<b>2.2.2 Arduino MKR NB1500</b>	<b>6</b>
<b>2.2.3 Arduino ENV SHIELD</b>	<b>6</b>
<b>2.2.4 DS18B20 Temperatursensor</b>	<b>6</b>
<b>2.2.5 HCSR04 Ultrasonisk Avstandssensor</b>	<b>7</b>
<b>2.2.6 DS3231 RTC (Real-Time Clock)</b>	<b>7</b>
<b>2.2.7 Dataoverføring og strømforsyning</b>	<b>8</b>
<b>2.3 Bakgrunn om myr - Grunnlag for restaurering</b>	<b>8</b>
<b>2.3.1 Hva er en myr?</b>	<b>8</b>
<b>2.3.2 Hvordan fungerer myrer?</b>	<b>9</b>
<b>2.3.3 Hvorfor er myrer viktige?</b>	<b>9</b>
<b>2.3.4 Hvorfor restaurere myrer?</b>	<b>11</b>
<b>2.3.5 Konklusjon</b>	<b>11</b>
<b>3.0 Metodedel</b>	<b>12</b>
<b>3.1 Utstyr</b>	<b>12</b>
<b>3.1 Kalibrering og Testing</b>	<b>13</b>
<b>3.1.1 Forberedende kalibrering:</b>	<b>13</b>
<b>3.1.2 Testfase:</b>	<b>13</b>
<b>3.2 Feltnestallasjon</b>	<b>14</b>
<b>3.2.1 Utgraving og plassering:</b>	<b>14</b>
<b>3.2.2 Installasjon av målerør:</b>	<b>14</b>
<b>3.2.3 Montering av avstandssensor:</b>	<b>15</b>
<b>3.2.4 Plassering av temperatursensor:</b>	<b>16</b>



<b>3.2.5 Beskyttelse av elektronikk:</b>	<b>16</b>
<b>3.3 Datainnsamling og kommunikasjon</b>	<b>17</b>
<b>3.3.1 Automatisert sensoravlesning:</b>	<b>17</b>
<b>3.3.2 Manuelle målinger:</b>	<b>17</b>
<b>3.4 Kode</b>	<b>18</b>
<b>3.4.1 Python Kode</b>	<b>18</b>
<b>3.4.2 Arduino Kode</b>	<b>18</b>
<b>4.0 Resultater</b>	<b>19</b>
<b>4.1 Vannstand</b>	<b>19</b>
<b>4.2 Temperatur</b>	<b>20</b>
<b>4.3 Temperatur Mot Vannstand</b>	<b>21</b>
<b>4.4 Batterispenningsfall</b>	<b>22</b>
<b>5.0 Drøfting</b>	<b>22</b>
<b>5.1 Tolkning av resultater</b>	<b>22</b>
<b>5.2 Vurdering av målestasjonens funksjonalitet</b>	<b>24</b>
<b>5.3 Tolkning av tallmaterialet</b>	<b>24</b>
<b>5.3.1 Ustabile vannstandsmålinger i februar</b>	<b>24</b>
<b>5.3.2 Batterispenningsfall i mars</b>	<b>25</b>
<b>5.3.3 Manglende data i tidlig fase</b>	<b>25</b>
<b>5.3.4 Temperatur vs. Vannstand</b>	<b>25</b>
<b>5.4 Reduksjon av usikkerhet i målingene</b>	<b>25</b>
<b>5.5 Hva kunne vært gjort annerledes?</b>	<b>26</b>
<b>5.5.1 Målestasjondesign</b>	<b>26</b>
<b>5.5.2 Datainnsamling</b>	<b>26</b>
<b>5.5.3 Videreføring av prosjektet</b>	<b>26</b>
<b>6.0 Konklusjon</b>	<b>26</b>
<b>7.0 Referanser</b>	<b>27</b>

## 1.0 Abstract

This project monitors the restoration process of Stormyr, a marsh area that formerly served as an ice dam and was later drained for forestry. Through automated measurements of water level and temperature from December 2024, through April 2025, we document the marsh's hydrological conditions and following the restoration efforts. The results show higher water levels during winter and lower, highly fluctuating levels in spring. This suggests that the restoration efforts have not yet fully restored the marsh's capacity for water retention. The data reveals an inverse correlation between temperature and water levels, which has implications for marsh's potential to store carbon. Technical challenges were addressed throughout the project. Based on our findings, we recommend monitoring the marsh's conditions over a larger time period, with expanded parameters and measurements to come to a better understanding of the marsh's restoration chances.

## 2.0 Teori

### 2.1 Hensikt

Restaurering av myrområder er et relevant område for klima- og naturbevaring, ettersom våtmarker er svært viktige for karbonlagring, vannforvaltning og bevaring av biologisk mangfold. Myr fungerer som et naturlig karbonlager, der norske myrer totalt lager ca. 1 milliard tonn CO<sub>2</sub> (NIBIO, 2020), noe som tilsvarer 20 år med klimagassutslipp fra hele Norge. I tillegg har myrer en regulerende funksjon i hydrologiske kretsløp, der de absorberer og filtrerer vann, hjelper med floddemping, og gir bedre vannkvalitet i nærområdet.

Dette prosjektet har som mål å overvåke restaureringsprosessen for Stormyr, en tidligere is-dam som har vært utsatt for menneskelig aktivitet, og nå under et restaureringsforsøk. Stormyr representerer et typisk eksempel på degraderte myrområder, den ble først fylt for å få en is-dam, så drenert for å fungere som et hogstfelt, noe som har redusert myrens evne for karbonlagring og økologisk funksjonalitet. Fokuset for restaureringsarbeidet er å overvåke Stormyr sitt hydrologiske forhold, for å vurdere om Stormyr vil gå tilbake til å være et bærekraftig karbonlager.

Vårt prosjekt vil samle inn data om vannstand, temperatur, og mengde torvmose for å dokumentere Stormyr sin utvikling, og se om den kan bli en funksjonell myr igjen. Dette er særlig viktig når vi vet at myr fungerer som et naturlig karbonlager.

## 2.2 Teknologi

Dette prosjektet brukte en blanding av automatisert og manuelt arbeid for å samle inn gode resultater. Data om temperatur og vannnivå ble målt med sensorer tilkoblet en Arduino. pH-verdier og torvmengde ble registrert manuelt for å gi et helhetlig bilde av miljøet i myrområdet.

For datainnsamlingen ble Arduino PLSC, Arduino MKR NB1500 og Arduino MKR Environmental Shield brukt som prosesseringen i systemet. Denne plattformen ble valgt på grunn av lavt strømforbruk, og lett tilkobling av forskjellige sensorer.

### 2.2.1 Arduino PLSC

Arduino PLSC (Power Loop Sleep Control) er en kretskortløsning som er designet for å styre strømforbruket til tilkoblede enheter, og implementerer søvnfunksjonalitet (Hansen, 2024). Den ble brukt som hovedprosesseringsenhet i målestasjonen.

*Spesifikasjoner:*

- Batteriholder for to 18650-cellene (kapasitet for 5000mAh ved 1S2P-konfigurasjon)
- Søvnstyring og løkkefunksjon for Arduino MKR NB 1500
- Programmerbar vekke-intervall(5,15 eller 30 minutter)
- 5V spenningsbooster for stabil strømforsyning til MKR.

PLSC-kortet ble valgt for prosjekter på grunn av muligheten til å redusere strømforbruket gjennom sovefunksjonen. Dette fører til lengre perioder med måling, med mindre manuelt arbeid for oss.

## 2.2.2 Arduino MKR NB1500

Arduino MKR NB1500 ble brukt for kommunikasjon til serveren for å overføre data trådløst.

*Spesifikasjoner:*

- ARM Cortex M0+ 32bit lavstrøms prosessor
- Modul for NB-IoT/LTE-M kommunikasjon
- Lavt strømforbruk - noe som er ideelt for feltinstallasjoner
- Enkel oppkobling med Arduino PLSC

MKR NB1500 ble valgt siden den har evne til å kommunisere via NB-IoT nettverket (Narrowband Internet of Things), som er designet spesielt for IoT-enheter med lavt strømforbruk. NB-IoT er et mobilnettverk optimalisert for sensorer og enheter som sender små datamengder og trenger lang batterilevetid (Arduino, 2025). Dette nettverket gir god dekning i Stormyr og er mindre påvirket av hindringer.

## 2.2.3 Arduino ENV SHIELD

For å lagre data lokalt på målestasjonen ble Arduino ENV SHIELD benyttet (Arduino, 2025).

*Spesifikasjoner*

- Integrerte sensorer for temperatur, fuktighet, lufttrykk, og lys
- Lavt strømforbruk og enkel integrasjon med Arduino.
- SD-kort inngang

ENV SHIELD ble brukt for å lagre data lokalt som backup i tilfelle kommunikasjonsproblemer med serveren. Temperaturmålingene fra ENV shield-en ble også benyttet for å verifisere nøyaktigheten til DS18B20-sensoren, som gjorde datainnsamlingen mer pålitelighet.

## 2.2.4 DS18B20 Temperatursensor

Temperatursensoren DS18B20 ble valgt for temperaturmåling (Elkim, 2025).

**spesifikasjoner:**

- Måleområde: -55°C til +125°C
- Nøyaktighet: +-0.5°C
- Vanntett innkapsling

DS18B20 tar i bruk OneWire-protokollen, som gjør at tilkoblingen til Arduino-oppsettet er enkelt. Å lese data fra temperatursensoren var så enkelt som å inkludere One-Wire biblioteket og bruke en innebygd funksjon.

Sensoren ble valgt fordi den tålte varierte værforhold, hadde lavt strømforbruk og god nøyaktighet for prosjektets formål. I prosjektet ble DS18B20 plassert nær vannoverflaten for å måle lufttemperaturen i hullet.

## 2.2.5 HCSR04 Ultrasonisk Avstandssensor

For avstandsmåling ble en ultrasonisk sensor, HCSR04, brukt (Ukjent, Ultrasonic Ranging Module HC-SR04, 2025). Den fungerte ved å sende ut lydbølger og måle tiden før de kommer tilbake etter å ha truffet måleoverflaten.

### Spesifikasjoner:

- Måleområde: 2-200 cm
- Nøyaktighet: Ca. 1-2 cm i ideelle forhold
- Frekvens 40 kHz

Under testing av sensorer ble det oppdaget at for lite rørdiameter førte til at lydbølgene reflekterte av rørveggen og returnerte feilaktige målinger. Dette ble løst ved å bruke et PVC-rør med 130 mm diameter, som sikret at lydbølgene ikke reflekterte andre steder enn målingsoverflaten.

## 2.2.6 DS3231 RTC (Real-Time Clock)

For nøyaktig tidsstempel av målingene ble en DS3231 RTC klokke brukt (fruugo, 2025).

### Spesifikasjoner:

- Nøyaktighet +-2 ppm (+-0,432 sekunder om dagen)
- Temperaturkompensert krystalloscillator (TCXO)
- I2C-grensesnitt for kommunikasjon med Arduino
- Integrert backup-batteri for kontinuerlig tidsmåling

RTC-kortet ble valgt på grunn av at det var den enkleste løsningen for å datere målingene i prosjektet. Den ga nødvendig datering uten behov for å over-komplisere systemet.

## 2.2.7 Dataoverføring og strømforsyning

Dataene ble sendt trådløst til en server hos NTNU, med hjelp av et SIM-kort og antennen som var koblet til målestasjonen. Dataene ble også lagret lokalt på et SD-kort for å sikre at data fortsatte å bli lagret om noe feil skulle skje med det trådløse oppsettet. Systemet ble drevet av to 3.6 volts batterier koblet sammen for å forsyne Arduinoene og sensorene med strøm. For å maksimere levetiden til systemet ble Arduinoen programmert til å bare skru seg på hvert 30 minutt for å måle, sende og lagre dataene, for å så skru seg av i 30 minutter igjen. Dette forlenget batterilevetiden med flere uker.

## 2.3 Bakgrunn om myr - Grunnlag for restaurering

### 2.3.1 Hva er en myr?

En myr er et økosystem som har konstant eller periodisk vannmettet jord, der organisk materiale bygges opp raskere enn det brytes ned (Larsen, 2024). Dette skaper torv, et materiale som består av delvis nedbrutt plantemateriale. Myrer kan normalt bli funnet i nordlige områder med kjølig og fuktig klima.

Stormyr ved Lakåsen i Porsgrunn representerer et typisk eksempel på en myr som har gjennomgått mange menneskeskapte endringer. Opprinnelig fungerte Storemyr som et typisk myrområde med et normalt torvlag og hydrologiske egenskaper. Menneskets ønske til å utnytte området førte til at myrområdet ble degradert.

Myrer klassifiseres etter hvilken vannkilde de har og hva næringsinnholdet demmes er:

- *Nedbørsmyr (ombrotrofisk)*: Får vann og næring kun fra nedbør, svært næringsfattige og sure.
- *Jordvannsmyr (minerotrofisk)*: Mottar vann som har vært i kontakt med mineraljord, og er mer næringsrike.
-

## 2.3.2 Hvordan fungerer myrer?

### *Myrhydrologi*

Myrer fungerer som naturlige vannbeholdere. De absorberer vann i perioder med mye regn og frigir det gradvis i tørre perioder. Dette er mulig på grunn av torvens struktur, som vi kan dele opp i 2 lag

- *Akrotelmen*: det øverste laget som utfører aktiv nedbryting. Dette laget har høy permeabilitet, som betyr at vanngjennomstrømningen er høy
- *Katotelmen*: Det nedre, permanent vannmettede laget med lav permeabilitet

Torvmoser kan absorbere opptil 20 ganger sin egen vekt i vann. siden vannet i myren renner ut langsomt, vil myra oppføre seg som en type naturlig og effektiv flomregulator. I Stormyrs tilfelle ble denne flomreguleringen forsterket for tetting for is dammen, deretter drenert for skogbruk, for å så tette dreneringshullene i håp om restituering.

### *Økologiske prosesser*

Myrers spesielle forhold (vannmetning, lav oksygentilgang og ofte sur pH) skaper unike økosystemer:

- Den lave nedbrytningshastigheten fører til kontinuerlig torvakkumulering (typisk 0,5-1 mm per år)
- Spesialiserte plantesamfunn utvikles, tilpasset de krevende forholdene
- Næringsbegrensning (særlig på nedbørsmyrer) har ført til evolusjon av tilpasninger som insektetende planter

## 2.3.3 Hvorfor er myrer viktige?

### *Karbonlagring og klimaregulering*

Myrer fungerer som store naturlige karbonlagre, og står for cirka 30% av alt karbon i jorda globalt, selv om de bare dekker 3% av Jordens overflate (Statsforvalteren, 2018). Dette gjør dem til en viktig resurs i klimakampen.

### *Biologisk mangfold*

Myrer er unike leveområder for mange arter som har tilpasset seg myrforholdene.

Vegetasjonen i myrområder har utviklet egenskaper for å leve i vantatte og sure områder.

Forsvinnningen av myrer betyr at vi taper leveområder for disse artene.

### *Vannregulering og vannkvalitet*

Myrer fungerer som en naturlig svamp for nærområder, og holder på store mengder vann i perioder med mye nedbør. Ved å fungere som en stor svamp vil myren bidra til å forhindre flommer og jevner ut vannutslippet i tørre perioder. Myrer filtrerer også vann ved å fange opp forurensning, som forbedrer vannkvalitet i nærområdet.

### *Myrdegraderingens omfang og konsekvenser*

Norge har mistet mer enn 1/3 av myrområdene sine, for det meste gjennom jordbruk, skogbruk, og torvuttak til hagejord og brensel. En god del har også forsvunnet til nybygging av nabolag.

Konsekvensene til degraderingen er alvorlige, ved å drenere myrområder vil all den CO<sub>2</sub> som myren lagret bli sluppet ut, samt vil området ikke være dyktig til å lagre nytt karbon i mange år etter en eventuell restaurering. Endret hydrologi fører også til større flomrisiko og redusert vannkvalitet.

### **2.3.4 Hvorfor restaurere myrer?**

#### *Klimatiltak*

På sikt vil restaurerte myrer gjenopprette sin naturlige evne til å lagre karbon, noe som vi regner som en klimagevinst. Myrrestaurering er regnet som en av de mest kostnadseffektive klimatiltakene vi kan ta, med høy effekt og ekstremt lave kostnader i forhold til andre klimatiltak (Nibio, 2020).

#### *Naturmangfold*

Ved å restaurere myrområder så åpner vi leveområdene for artene som er avhengig av myrens økosystem. Myrer styrker artens mulighet til å flytte og tilpasse seg endringer. Restaurering av myr oppfyller også nasjonale mål for natur og biologisk bevaring.

### **2.3.5 Konklusjon**

Myrer er unike økosystemer med viktige funksjoner for klima, biodiversitet og vannhusholdning. Degradering av myrområdet har redusert disse verdiene betydelig. Restaurering av myrer er et billig og effektivt klimatiltak.

## 3.0 Metodedel

For å følge opp restaureringen av Stormyr ble det satt ut en målestasjon for å dokumentere forandringene i miljøet over tid. Målestasjonen ble basert på Arduino-teknologi og registrerer viktige parametere som vannstand og temperatur.

### 3.1 Utstyr

Følgende enheter ble brukt i overvåkingssystemet:

*Kontrollenheter:*

- Arduino PLSC som fungerer som prosesseringsenhet.
- Arduino MKR NB 1500 for trådløs dataoverføring.
- Arduino ENV SHIELD
- RTC for å lese tid.
- SD-kort for lokal lagring.

*Sensorer:*

- DS18B20 temperatursensor med vanntett tupp (usikkerhet +- 0.5°C).
- HCSR04 ultrasonisk avstandssensor (måleområde 2-200 cm, nøyaktighet 2 cm).
- RTC real time clock.

*beskyttelse:*

- Plastboks (dimensjoner 30 cm \* 20 cm \* 20 cm).
- PVC-rør (dimensjoner, radius – 130 mm, dybde – 480 mm).
- Treboks (dimensjoner 850 mm \* 650 mm \* 600 mm)
- Trepalle (800 \* 600 mm \* 100 mm)

## 3.1 Kalibrering og Testing

### 3.1.1 Forberedende kalibrering:

Begge sensorene ble testet før installasjonen. Avstandssensoren ble plassert på en 20 cm lang avstand fra en jevn måleflate, hvor den målte 19,8 cm. Temperatursensoren målte 22 C i et klasserom og stemte godt overens med temperatursensoren på Arduino ENV SHIELD-en som bekreftet at sensorene målte riktig. Dermed bestemte vi at kalibreringen til sensorene var gode nok, og ingen videre kalibrering ble utført

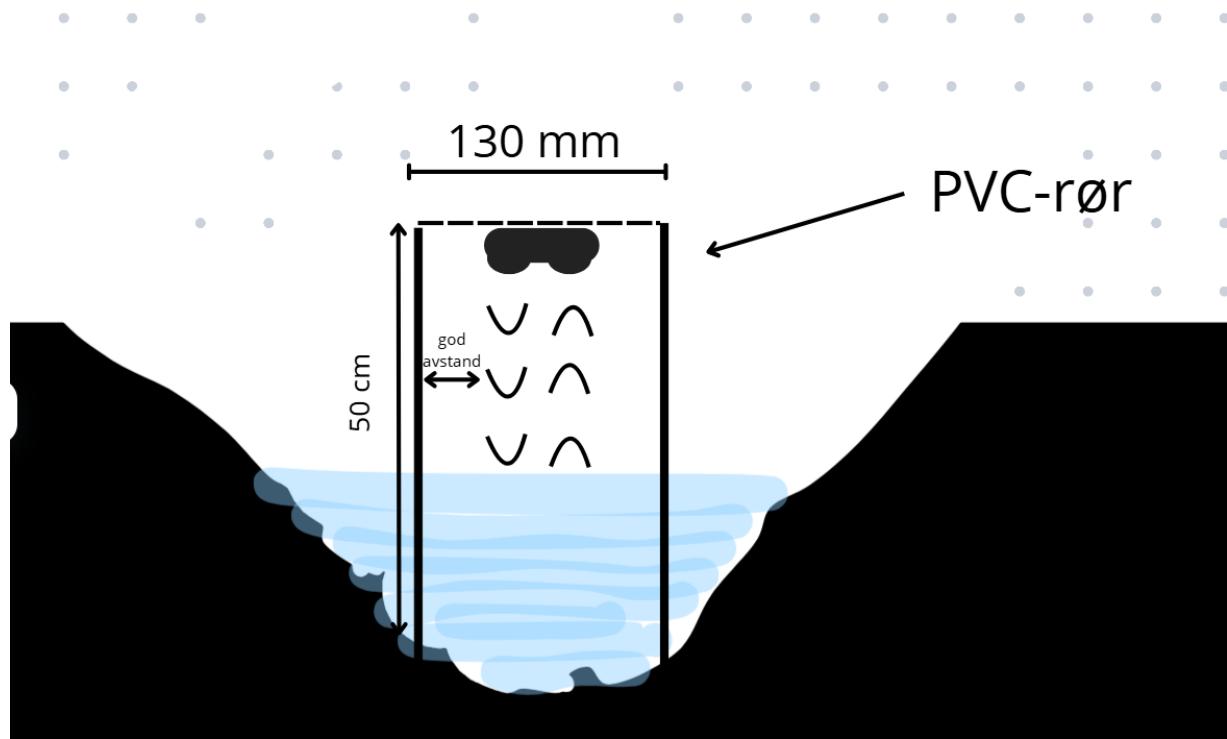
### 3.1.2 Testfase:

Etter installasjonen ble systemet testet for å bekrefte at alle komponentene samt monteringen av røret fungerte som det skulle. Under testfasen av prosjektet ble det oppdaget et problem med å bruke ultrasonisk sensor for avstandsmåling. Den ultrasoniske sensoren sender ut lydbølger med en viss spredningsvinkel (vinkel ikke oppgitt i HCSR04 dokumentasjon). Under de første testene med et rør med mindre diameter, observerte vi at målingene var ustabile.

Problemet var at når avstanden fra sensoren til måleoverflaten ble for stor, og diametren til røret for lite, ville lydbølgene reflektere av veggene og leses av før bølgene som reflekterte av måleoverflaten.

Etter en utprøving av forskjellige rør, valgte vi et PVC-rør med 130 mm diameter, og 48 cm i lengde. Dette ga nok klaring for lydbølgene til å nå måleoverflaten uten forstyrrende refleksjoner fra veggene.

Figur 1 illustrerer oppsett med kort avstand til måleoverflate, og stor diameter, slik at bølgene ikke reflekterer av rør-veggen. Dette gir mer nøyaktige og pålitelig data.



Figur 1: illustrasjon av rør-installasjon.

## 3.2 Feltinstallasjon

### 3.2.1 Utgraving og plassering:

Før utplasseringen ble myrområdet observert for å identifisere en bra plassering av målestasjonen. De viktigste faktorene var grunnvannsnivå og tilgjengelighet. Et område i utkanten av myren ble valgt, grunnet sin enkle tilgang, og kort vei å grave til grunnvannsnivået.

Et hull med diameter på cirka 30 cm og dybde på cirka 60 cm ble utgravd i myrområdet. Hullet ble gravd til grunnvannstanden ble nådd, som var cirka 22 cm under overflaten.

### 3.2.2 Installasjon av målerør:

Et PVC-rør med 130 mm diameter og 48 cm lengde ble plassert vertikalt i hullet slik at:

- 20 cm av røret var over vannoverflaten
- Toppen av røret var i vater (målt med vater)
- Det ble tatt i bruk treklosser kilt mellom jorden og røret slik at røret forblir parallelt med grunnvannet.

Se Figur 1 for illustrasjon

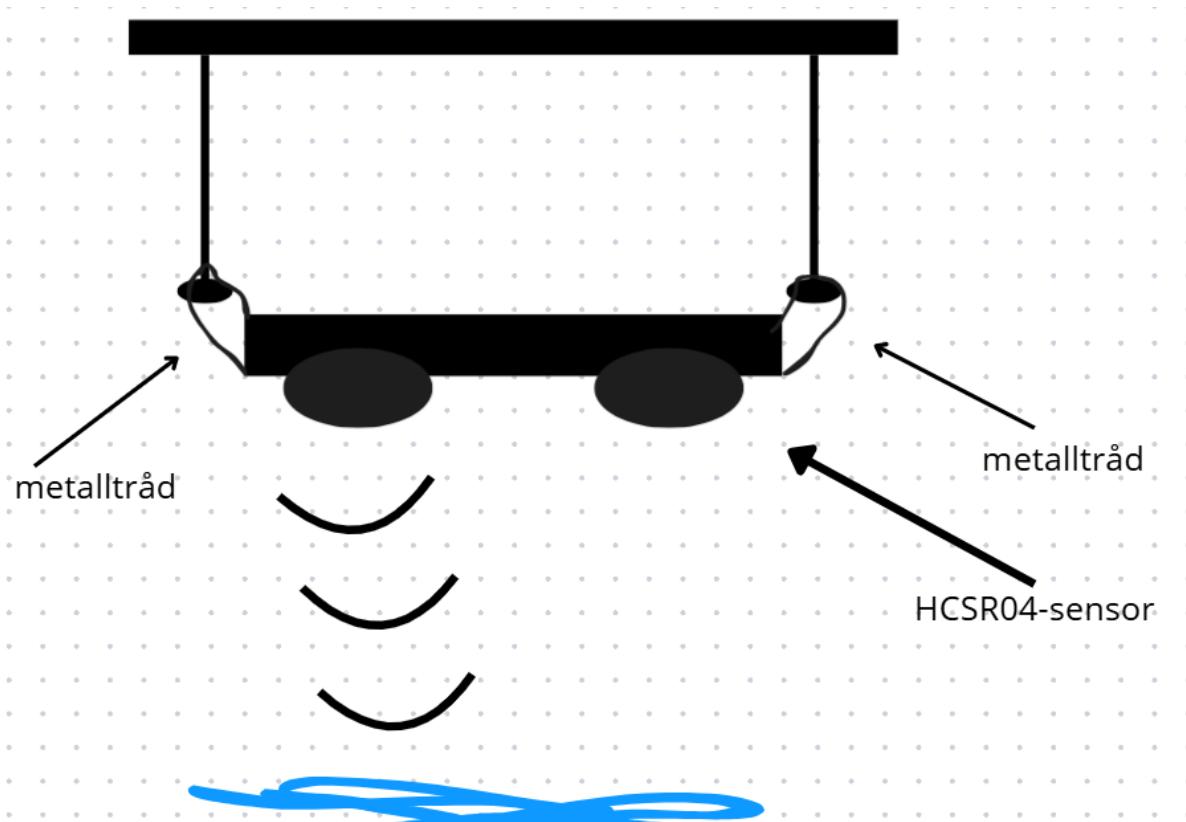
### 3.2.3 Montering av avstandssensor:

For monteringen av avstandssensoren ble det brukt en enkel men effektiv løsning, med bruk av materialene som var tilgjengelig. Det ble spikret to spikre inn i en liten plankebit slik at avstanden mellom den var litt større enn bredden på HCSR04-sensoren.

HCSR04-sensoren har små monteringshull i hvert hjørne av kretskortet. Det ble tredd en tynn metalltråd gjennom hullene på hver side. Metalltrådene ble strekket ut til spikerne på plankebiten og hengt rundt spikerhodet, slik at den dannet en slags opphengs system.

Denne monteringen ga noen fordeler:

- Metalltrådene gjorde det enkelt å finjustere sensorens vinkel.
- Løsningen var enkel og sjapp å montere.
- Det var forventet at røret ville bevege på seg i vinter og vår, denne løsning gir lett tilgang til å rejustere vinkelen til avstandssensoren, istedenfor selve røret som var vanskelig å få i vater.
- Plankebiten ble plassert på tvers over toppen av røret, slik at sensoren hang nedover og var sentrert i røret. For å forsikre at sensoren var i vater, ble det brukt et vater under installasjonen.
- Ledningene fra sensoren ble ført ut bak plankebiten og opp igjennom mellom mellomrommene i trepallen. Avstanden mellom plankebiten med sensoren og sprekken i boksen var så kort at det ikke var bekymring for vær, vind og fuktighet. Siden boksen har vanntett lokk, fungerte den som en slags paraply.



Figur 2: illustrasjon av montering av avstandssensor

### 3.2.4 Plassering av temperatursensor:

DS18B20 temperatursensoren ble plassert i et tørt område ved siden av røret, slik at vi får en god indikasjon av temperaturen i området uten påvirkning av sol og drivhuseffekt.

### 3.2.5 Beskyttelse av elektronikk:

For å sikre sikkerheten og beskyttelsen av elektronikken mot fuktighet, snø, vær, osv. ble det tatt i bruk flere lag av beskyttelse

- **Første lag – vanntett plastboks:**

Arduino MKR ZERO og MKR NB 1500 ble satt i en vanntett plastboks.

Elektronikken lå løs i boksen. Ledningene fra avstand- og temperatursensorene ble ført ut gjennom toppen av lokket til plastboksen

- **Nedre lag – trepalte:**

En trepalje med dimensjoner 800 \* 600 \* 100 mm ble brukt som monteringsplattform for hele systemet, og ble plassert rett på bakken over der røret var installert.

Plastboksen med elektronikken ble plassert på toppen av pallen. Sensorledningene ble ført fra plastboksen ned gjennom mellomrommene mellom plankebitene i pallen.

Dette ga enkelt tilgang til sensorene samtidig som ledningene var beskyttet.

- **ytterste lag – Trekasse:**

En trekasse med dimensjoner 850 \* 650 \* 600 mm ble plassert over hele systemet.

Kassen hadde et hengselslokk for enkel tilgang til elektronikken. Trekassen var utstyrt med to hamper, ett på lokket, og ett festet i selve kassen. Det ble så surret en metalltråd mellom hampene slik at hengsellokket ikke åpnet under store vindkast, samt for å forhindre nysgjerrige dyr.

### 3.3 Datainnsamling og kommunikasjon

#### 3.3.1 Automatisert sensoravlesning:

Systemet ble programmert til å hente inn data fra DS18B20 og HCSR04 med jevne mellomrom på tretti minutter. Arduino er programmert med en funksjon hvor den skrus på i en kort periode for å lese data fra sensorene, og så sende til server, for å så skru seg av igjen i tretti minutter for å bevare batteri. Om Arduino skulle mislykkes med å sende til server, vil den gi opp og skru seg av igjen, før den prøver om 30 minutter igjen. Dette forhindrer at Arduinoen står på og tappes for strøm.

#### 3.3.2 Manuelle målinger:

I tillegg til de automatiserte sensoravlesningene ble pH-verdier målt manuelt. Det ble også tatt manuelle målinger av mengde torvmose i området. Det ble tatt stikkprøver for å dokumentere mengde torvmose i Stormyr. Stikkprøvene ble tatt i torvmoselaget for å sjekke mosens dybde. Disse dataene ble loggført sammen med de automatiserte målingene for å få et helhetlig bilde av økosystemets tilstand.

## 3.4 Kode

### 3.4.1 Python Kode

Python koden finner man i vedlegg

Først importerer vi alle nødvendige biblioteker for å gjøre arbeidet lettere. Vi legger til en url som peker til NTNU databasen målestasjonen sender til. Banen til backup-dataene blir også lagt til her. Leser av verdiene i filen, og behandler dem (konverterer unix tid til vanlig dato), deler også data fra NTNU og SD-kortet inn i to forskjellige elementer, slik at vi kan se på forskjellene demmes senere. Kjører en rensefunksjon for å filtrere bort åpenbar feilaktig målinger, noe som reduserer graf-støy. Sist i koden plotter vi dataene fra NTNU serveren og fra SD-kortet.

I temperaturgrafen regner vi ut gjennomsnittet, og setter 0.0 verdien på det gjennomsnittet, på denne måten får vi avvikene og fullstendig bile av endring over tid. Legger også på et usikkerhetsområde der de to forskjellige temperatursensorene mäter forskjellig.

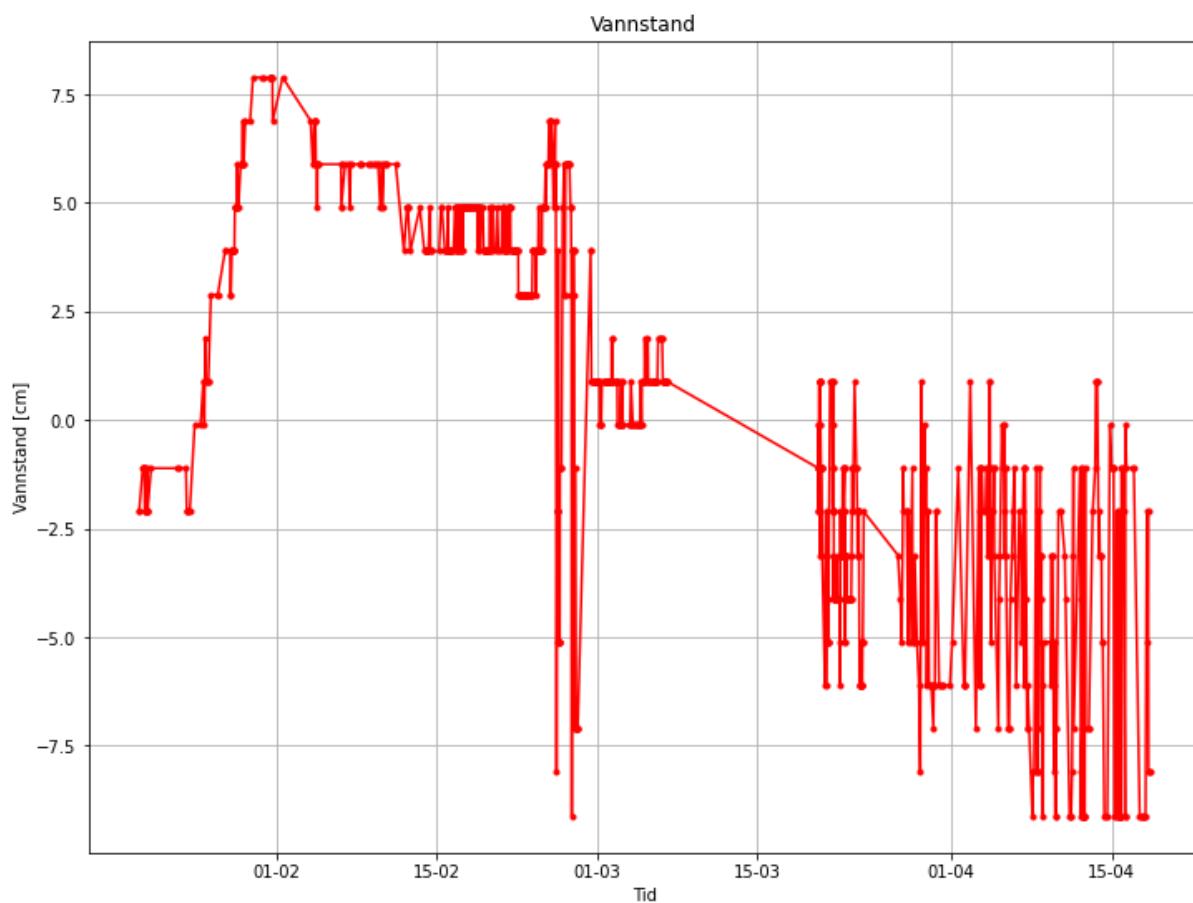
### 3.4.2 Arduino Kode

Arduino koden finner man i vedlegg

Koden starter med å importere nødvendige biblioteker for å kunne lese av sensorene. Dataene blir hentet gjennom funksjoner og formatert som en String datatype som blir send til en Server hos NTNU og send lokalt til et SD-kort. Koden har en watchdog-timer som får brettet til å skru seg av automatisk dersom sending av data til server mislyktes. Programmet skrur på Arduinoen, kjører alle funksjoner for å lese av sensorene, formaterer en String med dataene og sender til server, for å så skru seg av og vente for neste syklus.

## 4.0 Resultater

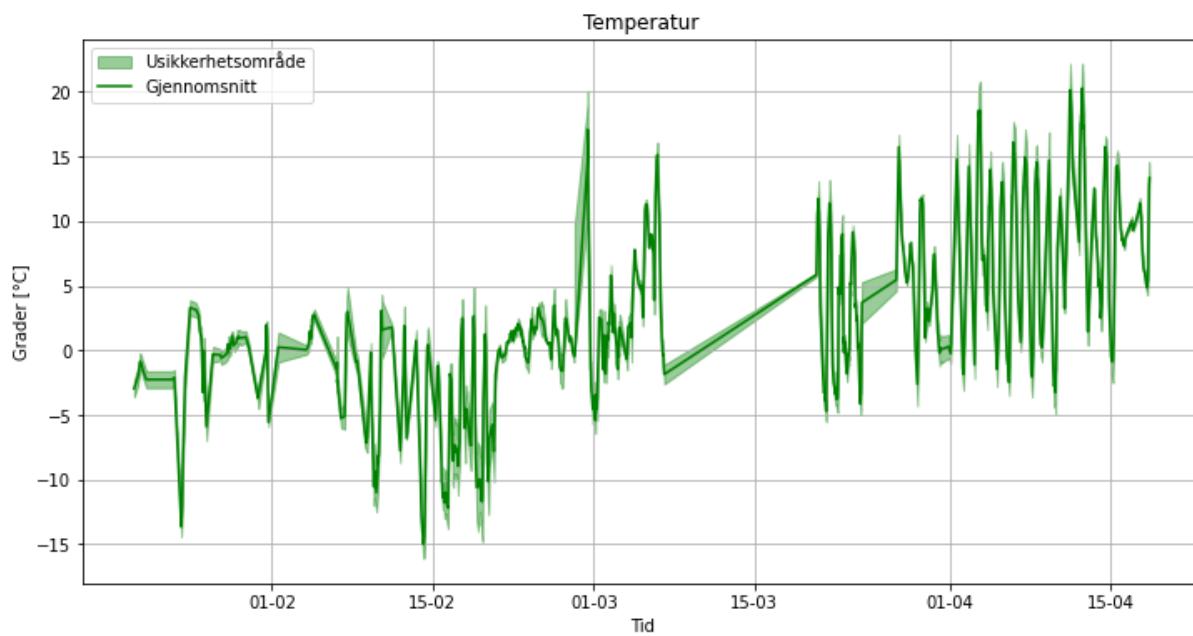
### 4.1 Vannstand



Figur 3: Relative endringer i vannstand over tid ved stormyr (januar-april)

Figur 3: Grafen viser relative endringer i vannstanden til Stormyr, ikke faktisk høyden til vannstanden. Nullpunktet (0.0) viser gjennomsnittet til målingsperioden. Vannstanden viser positive avvik i januar og februar og negative avvik med store svingninger fra mars og utover.

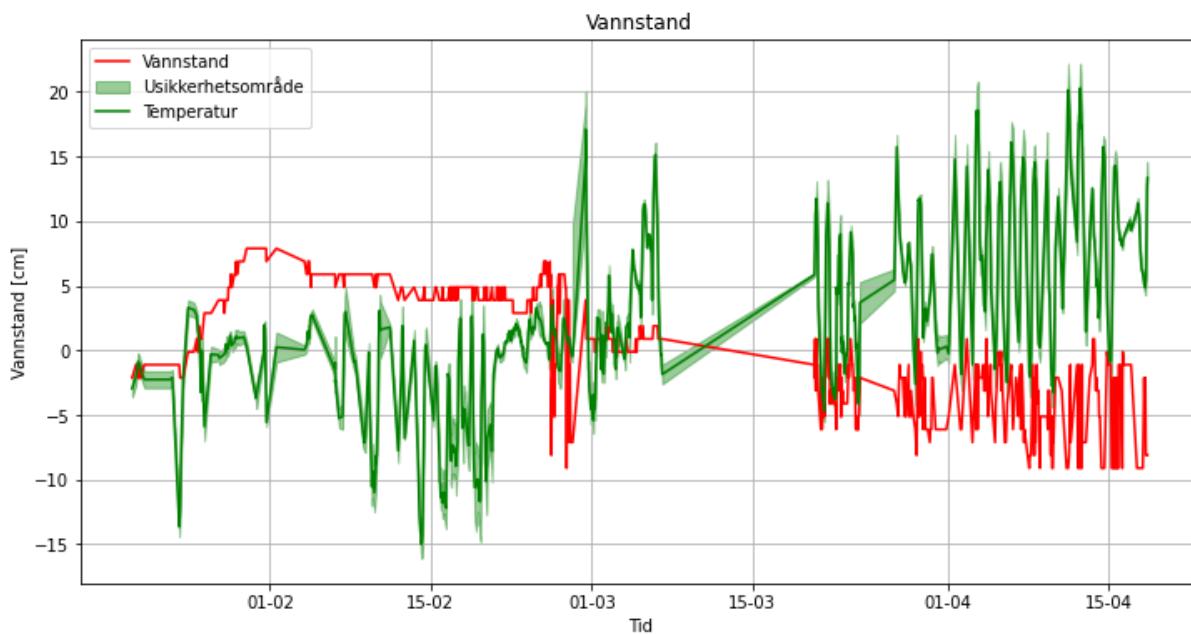
## 4.2 Temperatur



Figur 4: Temperaturmålinger

Figur 4: Temperaturmålingene viser lavest verdi i februar, der det ble ned rundt 15°C. temperaturen øker fra mars, med tydelige temperatursvingninger i april. Det lysegrønne området viser måleusikkerheten til sensoren.

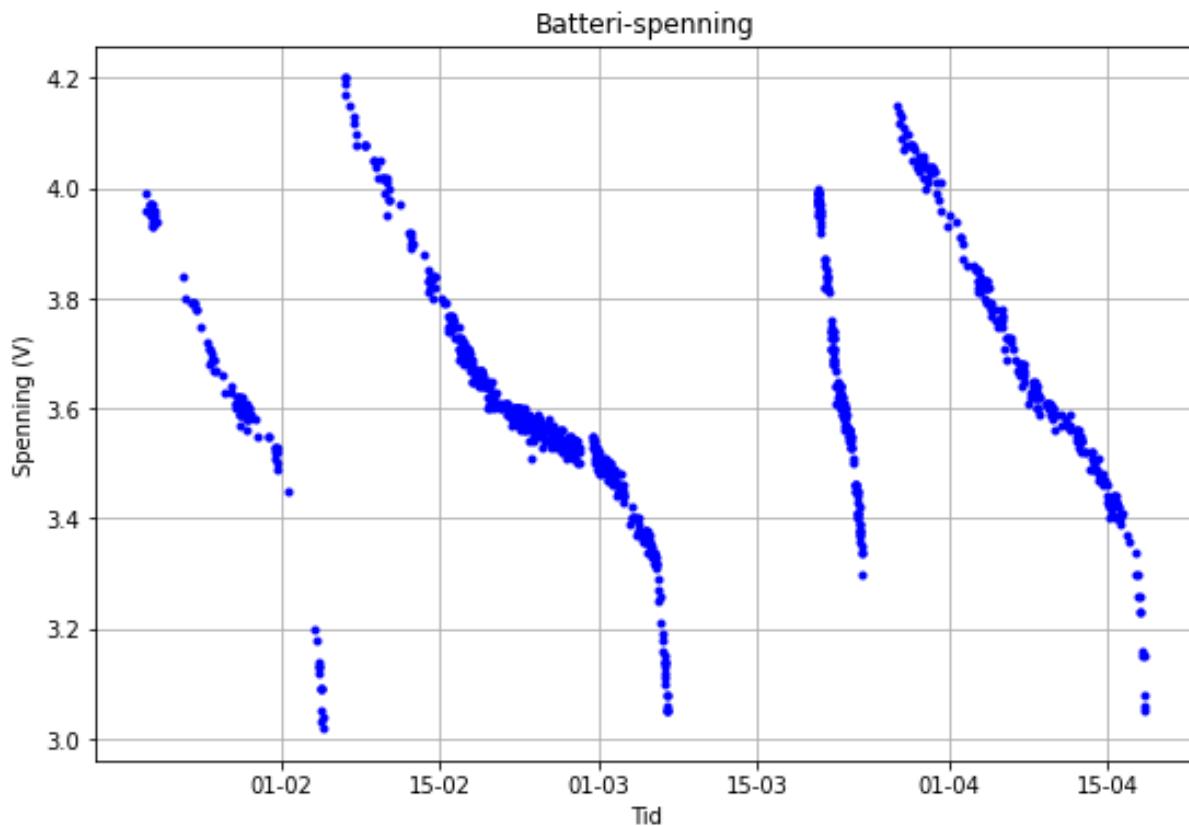
## 4.3 Temperatur Mot Vannstand



Figur 5: Sammenligning av vannstand og temperatur

Figur 5: Den røde grafen viser vannstand, og den grønne grafen viser temperatur. Grafene ble plottet sammen for å finne eventuelle korrelasjoner. Grafen viser en motsatt sammenheng mellom temperatur og vannstand. Når temperaturen stiger fra mars og utover, så synker vannstanden under gjennomsnitt

## 4.4 Batterispennin



Figur 6: Batterispennin

Figur 6: Batterispenningen viser tre utladningssykluser. Spenningen starter på rundt 4.2V og synker til ca. 3.0V før batteriene byttes.

## 4.5 pH-verdier

Manuelle målinger av pH i Stormyr viste en reduksjon fra i starten av måleperioden til 6 ved slutten av måleperioden. Stormyr forsures.

## 5.0 Drøfting

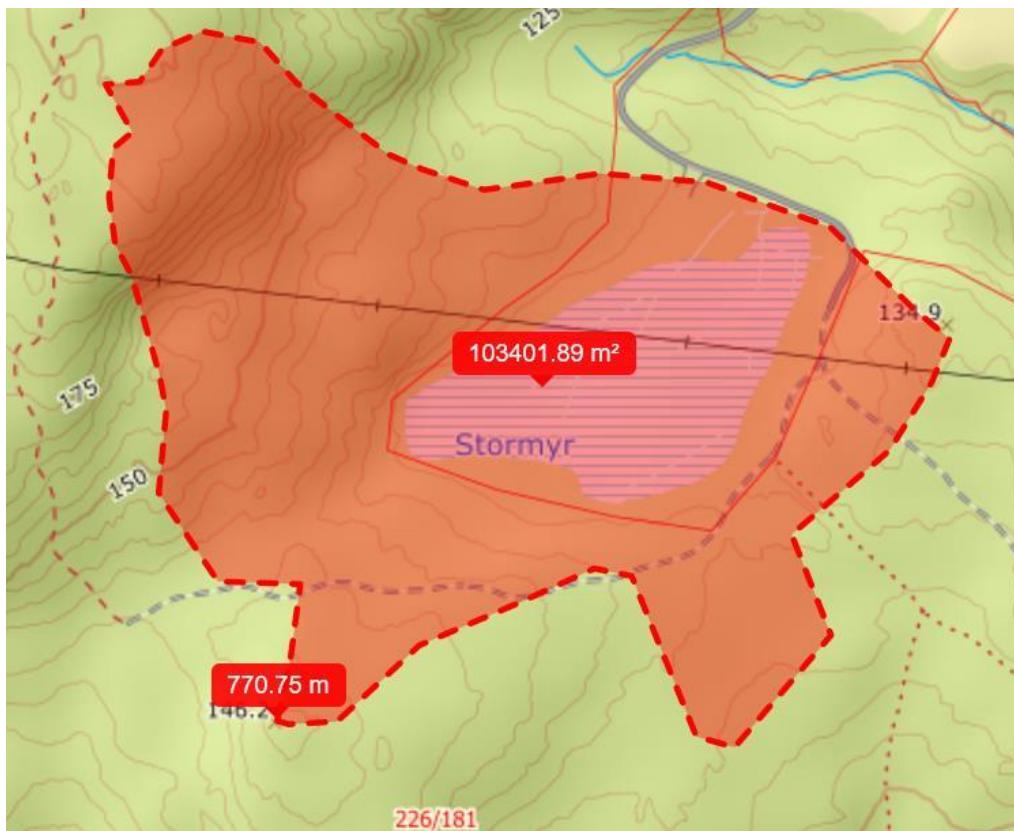
### 5.1 Tolkning av resultater

Basert på dataene fra målestasjonen i Stormyr kan vi se flere mønstre som gir innsikt inn i Stormyrs tilstand.

*Vannstandsvariasjoner:* Figur 3 viser at vannstanden har stort positivt avvik i januar og februar, og negative avvik i mars og utover. Det er tydelig et sesongbasert mønster, noe som er vanlig i myrområder.

Myra fungerer som et naturlig vannmagasin som kontinuerlig tømmes via bekken som går ut fra myra. Dette magasinet fungerer som en forsinkning av avrenningen, og det er denne tømmingen vi observerer i målingene. Vannstanden synker naturlig over tid på grunn av at det er konstant avrenning.

Historisk nedbørsdata viser at våren 2025 har vært tørr (Meteorologisk institutt, 2025), som betyr at vann ikke tilføres i lik hastighet som det tømmes av avrenningen. Ved normal nedbør ville myra “slurpe” opp regnvannet som faller i nedbørsfeltet til Stormyr og opprettholde et mer konstant vannstandsnivå. Se (Figur 7) for oversikt over Stormyrs nedbørsfelt.



Figur 7: oversikt over nedbørsfeltet til stormyr

*Temperatursvingninger:* fra mars og utover ser vi store døgnvariasjoner i temperaturen. (figur 4). Dette er normalt og typiske vårforhold for Norge, og påvirker vannstanden gjennom døgnsyklusen.

*Varierende Torvemoselag:* målingene av torvemosens tykkelse varierer seg innen Stormyr. I noen områder er laget over 30 cm tykt, noe som kvalifiserer området til å være myr, mens andre deler er i et tidlig stadium av restaureringsprosessen hvor torvdannelse enda ikke har startet, og består for det meste av vann. Dette indikerer en ujevn restaureringsprosess hvor noen områder defineres som myr, og andre områder som fortsatt er i tidlig utviklingsfase

*Hydrologiske og kjemiske indikatorer:* vannstand- og pH-målingene peker i positiv retning for myrdannelse. Selv om det er store sesongvariasjoner, indikerer dataene at resten av Stormyr utvikler seg mot en selvstendig myr.

## 5.2 Vurdering av målestasjonens funksjonalitet

Målestasjonen opplevde flere tekniske feil under driftsperioden. Batterispennningen i Figur 6 viser en koblingsfeil i midten av marsj. Ett av batteriene ble koblet inn feil vei og var til ingen nytte, derfor var batterilevetiden på utladningssyklus 3 betydelig kortere enn de andre.

Utenom denne ulykken fungerte strømsparingsfunksjonen i programmet som planlagt, som ga en lang batterilevetid per utpllassering. Vi ser at grafen stoppet å registrere data da batterispenningen nådde 3V, dette er fordi sensorsystemet kunne ikke operere på spenning under 3V.

Den største utfordringen var i dataoverføring via NB-IoT-nettverket. I begynnelsen av måleperioden var det store problemer med å få etablert en kobling til serveren. Målestasjonen sendte veldig sjeldent ut data, noe som førte til manglende store hull i datasettet.

Vi mistenkte at antennen ikke var sterk nok til å sende eller motta signaler fra det nærmeste tv-tårnet, som førte til at vi byttet antennen. Etter vi koblet til den nye antennen, ble dataene sendt hvert 30 minutt. Dette understrekker viktigheten av å grundig teste utstyret i feltinstallasjoner, i feltet som skal måles, og ikke bare i ideelle forhold.

Det var også en periode med ustabile vannstandsmålinger i slutten av februar. Svingningene i dataene skyldes en isklump med ujevn form som formerte seg i målerøret. Lydbølgene fra den ultrasoniske avstandssensoren reflekterte i uforutsigbare retninger, noe som førte til upålelige målinger.

## 5.3 Tolkning av tallmaterialet

### 5.3.1 Ustabile vannstandsmålinger i februar

De store svingningene i vannstandsmålingene i slutten av februar (se Figur 3) representerer ikke den faktiske vannstandsdriften i myren. Disse avvikene er på grunn av en isklump med rar form dannet seg i målerøret. Lydbølgene fra den ultrasoniske sensoren reflekterte i tilfeldige retninger og ga feil målinger.

Dette problemet viser en viktig begrensning ved å måle avstand med ultrasonisk sensor. For fremtidige målinger bør røret isoleres for å forhindre isdannelse.

### 5.3.2 Batterispenningsfall i mars

Den tredje utladningssyklusen i Figur 6 viser kortere varighet enn de to første. Dette skyldes ikke endringer i oppsettet, men heller en koblingsfeil der ett av batteriene ble installert feil og ga ingen strøm. Dette forklarer den korte livstiden til batteriet.

### 5.3.3 Manglende data i tidlig fase

De store hullene mellom målingspunktene i begynnelsen av måleperioden skyldes problemer med antennen. Antennen var for svak for å etablere en tilkobling til serveren hvert forsøk. Dette ble løst med å bytte antenne senere i målingsperioden. Problemet påvirker ikke gyldigheten til målingene som ble samlet, men reduserer målemengden tidlig i arbeidet.

### 5.3.4 Temperatur vs. Vannstand

*Temperatur vs. Vannstand:* dataene viser en invers korrelasjon mellom temperatur og vannstand (Figur 5). Denne korrelasjonen styrker tilliten til at hovedtrendene er riktige, selv om enkelte målinger kan være feil.

## 5.4 Reduksjon av usikkerhet i målingene

Det ble brukt flere metoder for å redusere usikkerhet i målingene. Temperaturen ble målt av to forskjellige og adskilte temperatursensorer, en innebygd i Arduino ENV Shield, og en ekstern sensor. Om begge sensorene måler like verdier, sier det at usikkerheten i målingene er lav. Temperatursensoren ble også plassert på en plass der sola og vinden ikke kom i kontakt med sensoren, slik at temperaturmålingene bare var påvirket av lufttemperaturen.

For å redusere usikkerhet i avstandsmåling ble sensoren kalibrert i testfasen. Det ble også valgt et rør med stor diameter, slik at lydbølgene ikke ble reflektert av veggen til røret. Det ble fortsatt usikre og upålidelige målinger i avstand, på grunn av isdannelse.

For å redusere usikkerheten i avstandsmålingene kunne det blitt brukt flere tiltak. Isolering av målerøret vil forhindre isdannelse, slik at avstandssensoren har klar sikt til måleoverflaten.

Det burde også bli brukt et ekstra sett med vannstandsmåling for å forsikre at målingene stemmer med hverandre, slik det ble gjort med temperatursensorene.

## 5.5 Hva kunne vært gjort annerledes?

### 5.5.1 Målestasjondesign

- Røret burde ha vært isolert for å forhindre isdannelse i kjølige perioder.
- Ekstra vannstandsmåling med forskjellig metode. (f.eks. Akselerometer flytende på toppen av vannoverflaten).
- Målestasjoner i områder med mer torvmose for å få et mer helhetlig bilde av utviklingen til hele stormyr.

### 5.5.2 Datainnsamling

- Flere manuelle målinger av pH under målingsperioden, spesielt i overgangsperioder (som snøsmelting) ville gitt bedre innsikt i de kjemiske endringene i Stormyr.
- Inkludere flere parametere som turbiditet, og oksygenmåling. Dette ville forsterket forståelsen av tilstanden til Stormyr
- Kartlegging av vegetasjon- og torvmoseendringer gjennom bilder ville gitt bedre innsikt inn i hvilke restaureringsstadier forskjellige områder av myren går gjennom

### 5.5.3 Videreføring av prosjektet

Om videre arbeid skal utføres burde disse endringene gjennomføres. Det vil gi et bedre og mer helhetlig bilde av Stormyrs utvikling, og kan gi et mer nøyaktig resultat hvor andre konklusjoner kan bli nådd. Det kan ikke trekkes ut definitive konklusjoner fra dataene i denne målingsperioden, bare indikasjoner på hvilken retning Stormyr utvikler seg.

## 6.0 Konklusjon

Målestasjonen har målt Stormyrs forhold fra desember til april, og gitt innsikt i restaureringsprosessen til området. Prosjektet viser at det er mulig å sette opp en målestasjon, selv i utfordrende forhold.

Basert på våre målinger kan vi se at Stormyr er i en heterogen tilstand når vi prøver å definere området. Deler av myren har torvlag tykkere enn 30 cm, og oppfyller kravet for å bli definert som myr. Andre områder har tynt torvlag, eller består kun av vann uten et betydelig torvmoselag. Siden mesteparten av Stormyr ikke fungerer som en selvstendig myr, kan det argumenteres at området i helhet ikke kan defineres som myr per nå. Det varierende torvmoselaget indikerer at restaureringsprosessen ikke foregår jevnt over hele området. Vannstanden synker når temperaturen øker, noe som forklares med en tørr vår med lite regnvær, som fører til at vannet som fordamper eller blir brukt i andre naturlige prosesser ikke fylles opp igjen.

Den korte måleperioden på kun fem måneder gir ikke nok data for å konkludere definitivt om restaureringsarbeidet i Stormyr vil lykkes på lang sikt. Manglende data for sommer- og høstsesongen, samt trender over flere år, gjør det vanskelig å gi en definitiv konklusjon om myrens utvikling. Det er nødvendig å sammenligne samme sesong over flere år, fordi målinger fra et enkelt år kan skille mellom endringer på lang sikt eller midlertidige værfenomener. En lengre overvåkningsperiode vil gjøre det mulig å se om restaureringsprosessen faktisk fører til økt torvdannelse og en ferdigrestaurert myr.

Midlertidig viser pH-verdiene at Stormyr har blitt surere gjennom måleperioden, noe som er vanlig for områder under myrdannelse. Dette indikerer at restaureringsprosessen beveger seg i riktig retning. Funnet av torvmose i noen områder sammen med forsuring under måleperioden, gir grunnlag til å være optimistisk for at hele Stormyr kan oppnå å bli en selvstendig myr på lang sikt.

Våre resultater antyder at deler av stormyr allerede fungerer som myr, mens andre deler fortsatt er i en tidlig utviklingsfase. Overvåkning over lengre tid, særlig med fokus på områdene med tynt eller ingen torvlag, trengs for å bekrefte at hele området vil bli selvstendig myr.

## 7.0 Referanser

Arduino. (2025). *Arduino ENV SHIELD*. Hentet fra docs.arduino.cc:  
<https://docs.arduino.cc/hardware/mkr-env-shield/>

Arduino. (2025). *Arduino MKR NB 1500*. Hentet fra store.arduino.cc:  
[https://store.arduino.cc/products/arduino-mkr-nb-1500?srsltid=AfmBOoocA8-xizEllkwndJUlzQEa\\_m1ypDGcnxaAo9F-bwrUXgFQZHa](https://store.arduino.cc/products/arduino-mkr-nb-1500?srsltid=AfmBOoocA8-xizEllkwndJUlzQEa_m1ypDGcnxaAo9F-bwrUXgFQZHa)

Biltema. (2025). *batteriboks*. Hentet fra biltema.no:

[https://www.biltema.no/batutstyr/batbatteri-og-tilbehor/batteribokser/batteriboks-295-x-195-x-245-mm-2000032985?gad\\_source=1&gclid=CjwKCAjwq7fABhB2EiwAwk-YbPylyVZ5euoH1A50KrIECuBCIgTyu-UIW7ikqLoSwdTuGiCGLTSTSBoCLpUQAvD\\_BwE](https://www.biltema.no/batutstyr/batbatteri-og-tilbehor/batteribokser/batteriboks-295-x-195-x-245-mm-2000032985?gad_source=1&gclid=CjwKCAjwq7fABhB2EiwAwk-YbPylyVZ5euoH1A50KrIECuBCIgTyu-UIW7ikqLoSwdTuGiCGLTSTSBoCLpUQAvD_BwE)

Elkim. (2025). *ds18b20 vanntet digital temperatursensor*. Hentet fra elkim.no:

<https://elkim.no/produkt/ds18b20-vanntett-digital-temperatursensor/>

fruugo. (2025). *RTC Ds3231 I2c Sanntidsklokke Kompatibel med Arduino Og Bringebær Pi* . Hentet fra fruugo.no: Fruugo.no: <https://www.fruugonorge.com/rtc-ds3231-i2c-sanntidsklokke-kompatibel-med-arduino-og-bringebaer-pi/p-182875076-390385691?language=no&ac=ProductCasterAPI&asc=pmax&ga>

Hansen, T. I. (2024, 09 26). Bruksanvnsning PLSC MKR 1.7 SMD. •: Hansen Education and Engineering.

Inge, B. &. (2006). *Klasifikasjoner av arealressurser*. Hentet fra Nibio.no.

Larsen, H. (2024, 11 26). *Myr*. Hentet fra snl.no: SNL.no: <https://snl.no/myr>

Miljødirektoratet. (2021, 04 19). *Plan for restaurering av våtmark i Norge (2021-2025)*.

Hentet fra miljodirektoratet.no:

<https://www.miljodirektoratet.no/publikasjoner/2021/april-2021/plan-for-restaurering-av-vatmark-i-norge-2021-2025/>

Nibio. (2020). *Restaurering av myr*. Hentet fra nibio.no:

<https://www.nibio.no/tema/miljo/tiltaksveileder-for-landbruket/klimagassutslipp/myr-og-klimagasser/restaurering-av-my>

Sjörs, H. &. (2002, 8 07). *Calcium and pH in north and central Swedish mire waters*.

Hentet fra <https://besjournals.onlinelibrary.wiley.com/>:

<https://besjournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1046/j.1365-2745.2002.00701.x>

uios. (2011, 02 04). *Myr*. Hentet fra mn.uio.no:

<https://www.mn.uio.no/ibv/tjenester/kunnskap/plantefys/leksikon/m/myr.html>

Ukjent. (2018). *Lakollen og Ånnerødområdet*. Hentet fra Skiensatlas.no:

<http://www.skiensatlas.org/soner/vestsida/lakollen-og-aanneroedomaadet>

Ukjent. (2025, 01 05). *Isdam*. Hentet fra lokalhistoriewiki.no: lokalhistoriewiki.no:

<https://lokalhistoriewiki.no/wiki/Isdam>

Ukjent. (2025). *Ultrasonic Ranging Module HC-SR04*. Hentet fra elecfreaks.com:  
elecfreaks.com:  
<https://cdn.sparkfun.com/datasheets/Sensors/Proximity/HCSR04.pdf>