

TTT4270 Elektronisk systemdesign

prosjektrapport:
Vannovervåkningssystem

I. Fleisje M.V. Fossum M. Haugum S. Hope T. Røraas
M.S. Gunnarsson T. Nordgård-Hansen

Dato: 29. april 2019 Gruppe 4



Innhold

1 Problemstilling	4
2 Konsept	5
3 Design	6
3.1 Fysisk design	6
3.1.1 Sensorhode	7
3.1.2 Skapet	9
3.1.3 Elektrisk design	9
3.2 Nettsidedesign	11
4 Implementasjon	13
4.1 Hardware	13
4.1.1 Fysisk utforming	13
4.1.2 Elektrisk utforming	16
4.1.3 Sensorer	19
4.1.4 Energikilde	28
4.2 Strømsparing	29
4.2.1 Fysiske strømsparingsmodifikasjoner	29
4.2.2 Programvaremodifikasjoner for strømsparing	30
4.3 Nettside	31
4.3.1 Frontside	31
4.3.2 Navigasjonsmeny	32
4.3.3 Undersider for sensormålinger	32
4.3.4 Siste målinger	33
4.3.5 Om oss	34
4.3.6 Overføring av data	34
4.4 Onboard software	34
5 Verifikasjon og test	36
5.1 Kalibrering av sensorer	36
5.1.1 pH	36
5.1.2 Konduktivitet	36
5.1.3 Temperatur	36
5.2 Test av strømforbruk	36
5.3 Langtidstest av systemet i felten	37
6 Konklusjon og anbefalinger	39

6.1	Konklusjon	39
6.2	Anbefalinger	39
7	Takk	39
8	Referanser	40
Appendices		42
A	Arduinokode for databladet	42
B	Tekniske datablad	45
B.1	RS PRO Steel Wall Box	45
B.2	Rør	45
B.3	Sensorhode	46
B.4	D-Batteri	46
C	Logg kalibrering av konduktivitetsensor	47
C.1	Logg avskrift	47
C.2	Data ordnet	47
C.3	Konklusjoner	47
D	Design av arduinoskjoldet	49

1 Problemstilling

Miljøenheten i Trondheim måler i dag diverse parametere i elvene rundt om i Trondheim. Det er en tidkrevende prosess, og det er mange målepunkter. På grunn av dette kan det gå opp til en måned mellom hver gang de får kontrollert de forskjellige elvene. Dersom det kommer farlige stoffer i elven kan det derfor ta lang tid før dette blir oppdaget og stoppet. Om farlige utslipp ikke blir oppdaget kan det føre til negative effekter på miljøet i og rundt elvene.

Dette er et særlig problem i Vikelva ved vannrenseanlegget til Trondheim der marmorslam fra renseprosessen skylles ut. Denne prosessen er regulert, men miljøenheten ser tydelig påvirkningen dette utslippet har på miljøet i elva.

Problemstilingen stilt av Miljøenheten i Trondheim var å designe et system som kan overvåke diverse målepunkter i Vikelva kontinuerlig. Systemet skal være laget slik at miljøenheten kan holde seg oppdatert på tilstanden i elva uten å være der fysisk.

Systemet er ment som et supplement til målingene som allerede blir utført av miljøenheten. Derfor er hovedfokuset til systemet å kunne se etter store endringer i noen gitte parameter, ikke nøyaktighet i målingene.

Et kontinuerlig overvåkningssystem kan være av interesse for miljøetaten i byer som har en lignende situasjon som Trondheim. På steder der vannkvalitetsovervåkning gjennomføres manuelt kan systemet hjelpe med å senke responstiden ved utsipp, samt frigjøre arbeidskraft.

2 Konsept

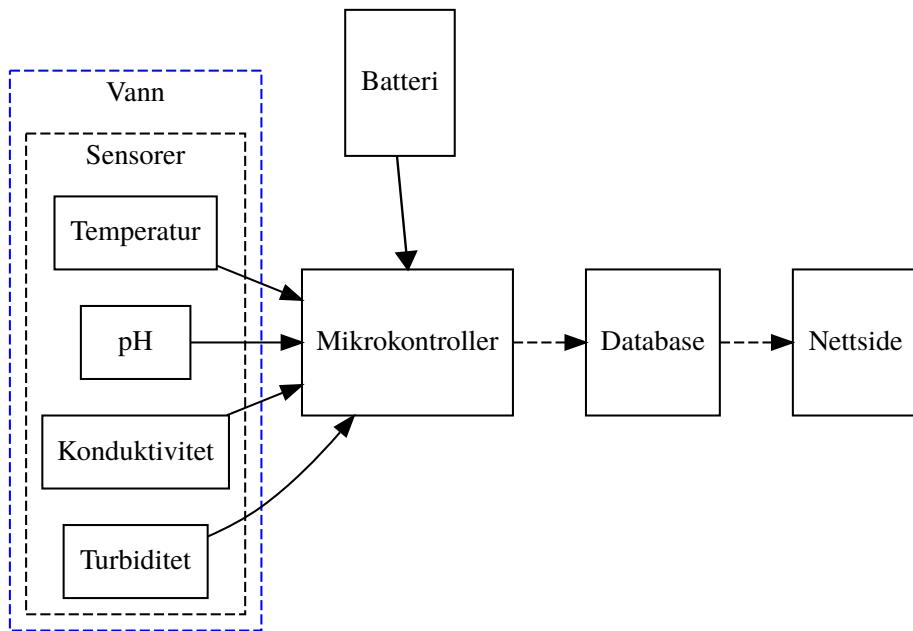
Vi har laget et sensorsystem som er montert ved et bestemt målepunkt i Vikelva. Sensorene skal kunne overvåke fire forskjellige parametere: pH, konduktivitet, turbiditet og temperatur.

- En pH-sensor mäter surhetsgraden i vannet på en logaritmisk skala der destillert vann har pH 7. Om pH-verdien går over 9 eller under 6 er det skadelig for livet i elva[1].
- En konduktivitetsensor mäter ledningsevnen til vannet i elven, dette er en god indikator på salinitet i vannet og dermed også konsentrasjonen av næringssalter. Vannets salinitet er en viktig økologisk faktor som påvirker hvilke typer organismer som lever der [2].
- En turbiditetsensor mäter klarheten i vannet, altså hvor mye lys som skinner gjennom vannet. Store endringer i turbiditet kan tyde på større utslipp som enten direkte eller indirekte gjør vannet uklart, dette er nyttig for å detektere marmorslam fra renseanlegget oppstrøms for målepunktet.
- Variasjoner i temperaturmålinger i seg selv sier ikke så mye om elvens tilstand, men de kan brukes for å tolke annen data. De andre parameterene er i varierende grad avhengig av temperatur.

Resultatet fra målingene skal sendes trådløst over til en nettside der de kan avleses og vurderes av fagfolk.

3 Design

Blokkskjema for hele systemet er vist i figur 1.

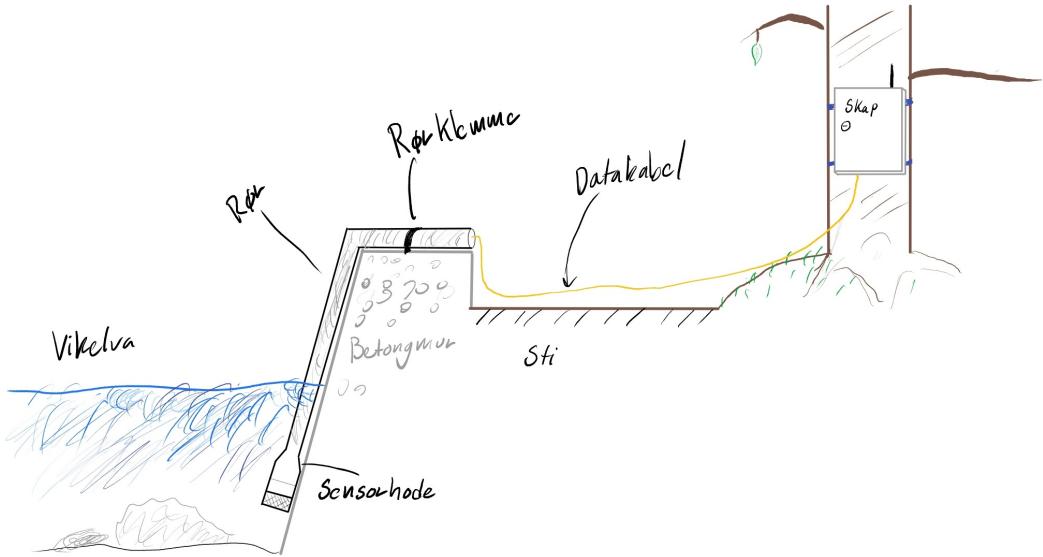


Figur 1: Blokkskjema over sensorsystemet. Stipplede piler indikerer signaler utefor det fysiske systemet og hele piler indikerer signaler med fysiske koblinger.

Systemet fungerer ved at mikrokontrolleren tar målinger fra de forskjellige sensorene i elven. Mikrokontrolleren forbehandler dataene for så å sende til en database der de lagres. Nett-siden henter dataene derfra og prosesserer de for meningsfull framvisning på en oversiktlig måte.

3.1 Fysisk design

Den fysiske utforming er designet med utgangspunkt i terrenget der det ferdige systemet står. Figur 2 viser et konseptutkast av hele systemet.



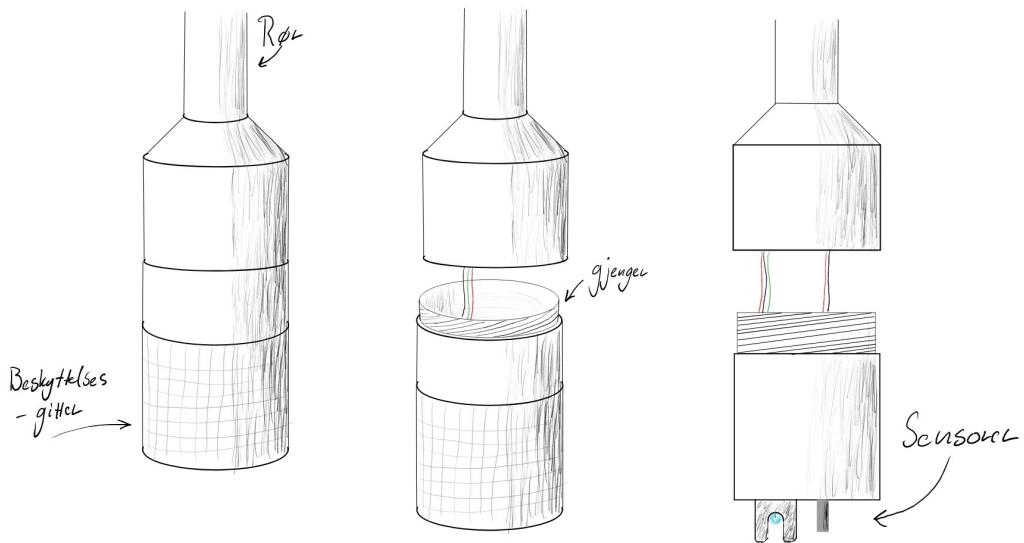
Figur 2: Skisse av hele systemet

Selve designet kan deles opp i to hoveddeler, sensorhodet og skapet. Sensorhodet er plassert under vann, og det er her de forskjellige sensorene er festet. Skapet er plassert på land, og inneholder alt av prosesseringssutstyr og systemets energikilde. Ved å dele systemet i to deler, er det lettere å designe hver del ut fra de kravene som stilles. Deler av systemet står under vann i en elv med til tider høy vannføring, og det er da viktig at systemet er robust. Ved å holde elektronikken unna vannet, sikrer man den mot mulige vann- og fuktskader. Oppdelingen gjør det også lett for brukeren å få tilgang til elektronikken og energikilden, for feilsøking eller for å bytte batterier.

3.1.1 Sensorhode

På grunn av terrenget rundt målepunktet er sensorhodet koblet til et langt rør. Dette er vist i figur 2. Røret gjør det lett å hente sensorene ut av elven, men sørger også for at det kan gjøres målinger på dager med lav vannstand. Ledningene fra sensorene føres gjennom røret og bort til skapet. I enden av røret der kablene føres gjennom er det festet en propp. Dette er slik at vann ikke renner inn i røret og ned i sensorhodet. Røret er festet til betongkanten med rørklemmer for å holde alt stabilt. Kabelen mellom skapet og sensorhodet graves ned under stien. Dette er for å beskytte kabelen fra stor slitasje, og for at systemet ikke skal være iøynefallende for mennesker som går forbi.

En skisse av sensorhodet er vist i figur 3.



Figur 3: Skisse av sensorhodet. Skissen viser at det kan skrus fra hverandre.

Alle sensorene er festet ytterst på sensorhodet. Som vist i figuren kan denne delen skrus av. Dette er fordi det er lagt vekt på at brukeren skal ha lett tilgang til sensorene, og det gjør det enkelt å bytte ut sensorene dersom de blir ødelagte. For å unngå skade på sensorene, er sensorene beskyttet av et gitter. Figur 4 viser sensorhodet fra figur 3 uten gitter.



Figur 4: Sensorhodet vist uten gitter

3.1.2 Skapet

Figur 5 viser innsiden av skapet.

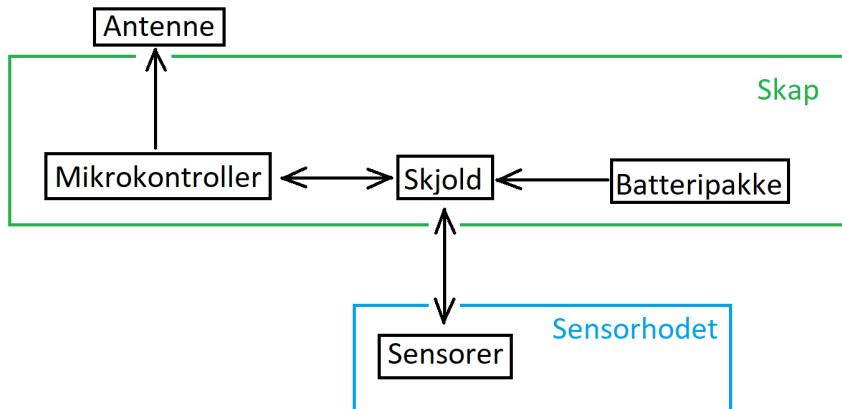


Figur 5: Innsiden av skapet

Skapet holder kretskortet (systemets prosesseringsutstyr), en batteripakke (systemets energikilde) og et skjold (sammenkoblingen for kretskortet og sensorhodet). Ledningen fra sensorhodet føres gjennom en åpning til kretskortet, der dataene fra elva prosesseres og sendes. Deretter blir dataene sendt til databasen med en ekstern antenn. Denne er festet på oversiden av skapet for å gi best mulig dekning. For å unngå skade på elektronikken er det lagt vekt på at innsiden av skapet skal være tørt. De eneste åpningene er kabelgjennomføring i flensen og utgangen til antennen, disse er vanntette. Skapet er romslig, med mye plass til overs. Dette gjør at brukeren har lett tilgang til elektronikken og energikilden for feilsøking eller for å bytte ut batteriene.

3.1.3 Elektrisk design

Det elektriske designet er delt opp i fem deler, sensorene, batteripakken, mikrokontrolleren, et skjold, og en antenn. Et blokkdiagram over det elektriske systemet er vist i figur 6.



Figur 6: Blokdiagram over det elektriske designet, pilene viser både effektbærerende og signalbærerende koblinger.

Sensorhodet og skapet er koblet sammen med en kabel. Tilkoblingspunktet i begge endene er fargekodet slik at det er lett å koble sammen og lengden på kabelen kan justeres.

3.1.3.1 Sensorene

Sensorene henter data for de gitte parameterene fra elven. Det er lagt vekt at sensorene skal kunne stå ute i vann over lang tid.

3.1.3.2 Batteripakke

Batteripakken er systemets eneste energikilde. Det er derfor viktig at den leverer nok spenninng for å drive hele systemet. Alkaliske batterier benyttes siden de er bedre egnet til å stå lenge utendørs enn f.eks. litium-ion batterier. Batteriene har god kapasitet ved det strømtrekket som systemet har. De er også generelt billige og tar liten plass. Batteripakkens spenninng er tilpasset mikrokontrolleren. De fleste mikrokontrollere har en spenningsregulator, og om spenningen over batteripakken er høy, vil en del effekt gå over som varme i spenningsregulatoren til mikrokontrolleren. Om spenningen er for lav, kan mikrokontrolleren risikere å ikke fungere riktig.

3.1.3.3 Mikrokontroller

Mikrokontrolleren som er benyttet til systemet er kompatibel med sensorene som tas i bruk. Den har en analog-digital konverter for å lese data fra sensorene, spenningsregulator for å benytte en ekstern energikilde, samt en modul for å sende dataene trådløst.

3.1.3.4 Antenne

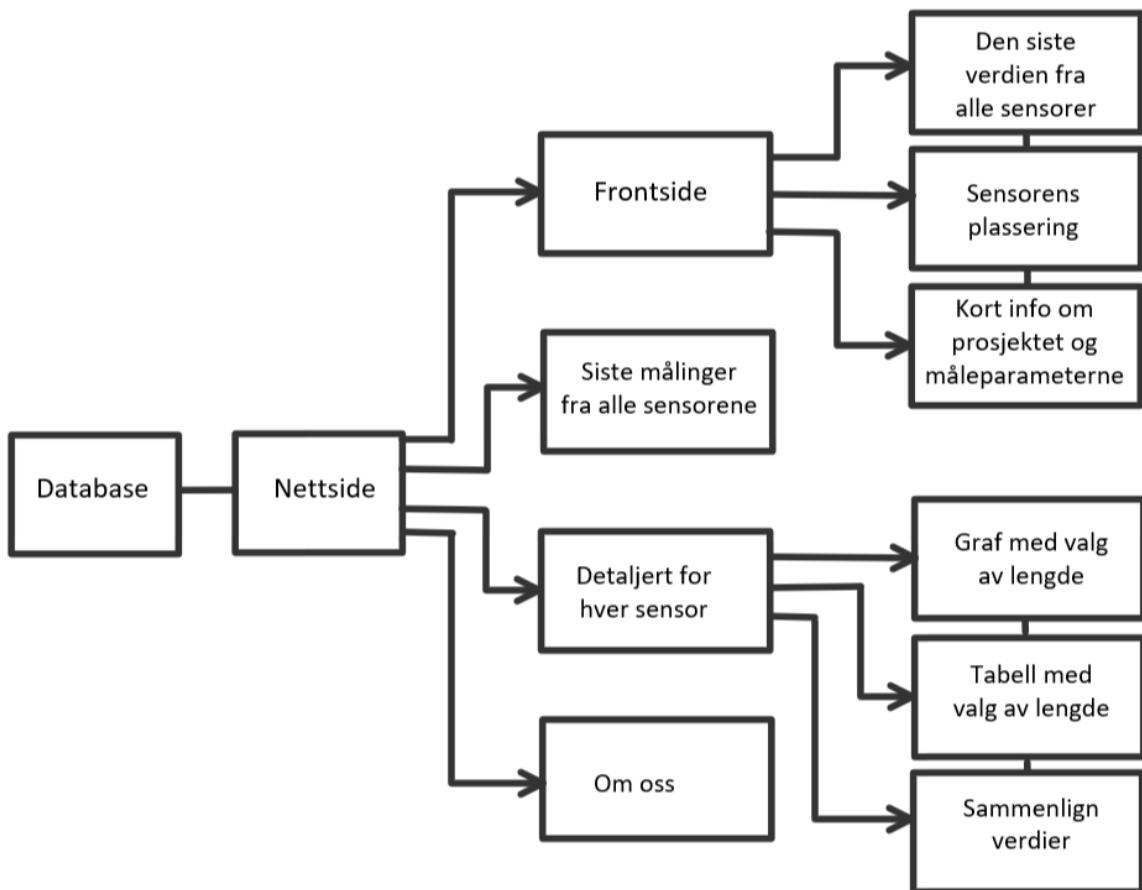
Systemet benytter en ekstern antenn for å sikre god dekning og rekkevidde, slik at boksen ikke skjermer for signalet.

3.1.3.5 Skjold

Skjoldet inneholder alt av ikke-standard elektronikk, og det fungerer som sammenkoblingen mellom sensorene og mikrokontrolleren. Skjoldet er designet for å passe mikrokontrolleren nøyaktig, slik at det er enkelt og billig å bytte ut.

3.2 Nettsidedesign

Nettsidens hovedfunksjon vil være å vise frem dataen målt fra sensorhodet til brukeren. Det er viktig at dataen blir vist fram på en lett og forståelig måte uten at det tapes viktig informasjon. I figur 7 under vises et blokkdiagram for hvordan det er tenkt at nettsidens oppsett og funksjonalitet skal være.



Figur 7: blokkdiagram for nettsidens funksjonalitet

Nettsiden kan deles inn i fire hoveddeler som er koblet sammen via en meny. Frontsiden er det første som møter brukeren og starter med minimal framvisning av den siste dataen fra hver av sensorene. Her skal brukeren ha mulighet til å få en oversikt over sensordataene i tillegg til å få ut annen relevant informasjon om hva denne nettsiden innebærer og om sensorens plassering. I siden "siste målinger" får brukeren ut grafisk framvisning av alle sensorene og deres utvikling

i det siste døgnet. Dette gir brukeren mulighet til å konstant overvåke tilstanden til elven. Hvis brukeren går inn på detaljer for en spesifikk sensor vil brukeren få ut grafisk data og ha mulighet til å se data i tabellform i en ønsket tidsperiode. Det vil også være mulighet til å hente data fra databasen slik at man kan sammenligne data med andre målestasjoner som er i nærheten. Dette gir brukeren en mulighet til å trekke en konklusjon om at alt er i orden med sensorene eller ikke. Den siste inndelingen på nettsiden gir en mer grundig forklaring av prosjektet.

4 Implementasjon

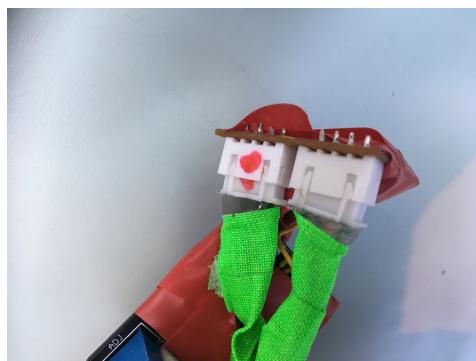
4.1 Hardware

Hardwaren er utviklet på bakrunn av seksjon 3. Figur 2 gir et godt overblikk over systemet.

4.1.1 Fysisk utforming

Eksakte mål av den fysiske utformingen kan finnes i appendiks B.

Kabelen som kobler sammen sensorhodet og skapet er en 8-leder dobbelisolert skjermet kabel. Den er 13m, og har fargekodet kabelhode som vist i figur 8.



Figur 8: Fargekodet kabelhode

4.1.1.1 Sensorhodet

Sensorhodet er laget av aluminium. Gjenger er frest inn i sensorhodet, slik at delen som sensorene er festet i kan skrus av, se figur 9. En o-ring sikrer en vanntett kobling. Videre er det frest ut hull til sensorene, slik at disse kan monteres ned i delen av sensorhodet som kan skrus av, se figur 10. Temperatursensoren og turbiditetsensoren føres gjennom vanntette kabelgjennomføringer. Turbiditetssensoren er montert med skruer og en pakning. Hullet til pH-sensoren er gjenget, slik at pH-sensoren kan skrus i. Gitteret på sensorholderen er laget av metall og festet med skruer. Dette er vist i figur 11. Videre er sensorhodet sveiset på røret, slik at overgangen mellom de er vanntett. Sensorhodets dimensjoner er vist i vedlegg B.3.

4.1.1.2 Rør

Røret er satt sammen av to aluminiumsrør, begge med diameter 50 mm, sveiset sammen i en vinkel på 120°. Hele røret festet i betongkanten er vist i figur 12. Rørklemmene som holder røret er boret fast i betongenkanten med M10 gjenger. Proppen i enden av røret er laget av plast. Den er formet i dreiebenk for å passe nøyaktig i røret. Hullet som kabelen er ført gjennom har en 15 mm diameter. Rørklemmene og proppen er vist i figur 13. Rørets dimensjoner er vist i vedlegg B.2.



Figur 9: Sensorhodets deler



Figur 10: Hull til montering av sensorer



Figur 11: Alt skrudd sammen



Figur 12: Røret festet langs betongkanten



Figur 13: Festeanordningen og propp

4.1.1.3 Skap

Skapet er et stålskap av typen RS PRO Steel Wall Box. Skapet er IP66-klassifisert, som tilslører at det er støvsikkert og motstandsdyktig mot vann. Hull til antennen og kabelen er boret i skapet. Det er brukt pakknippel med IP68 for å gjøre disse gjennomgangene vanntette. Kabelgjennomføringen går gjennom flensen til skapet, som kan skrus fra skapet. Monteringsplaten inni skapet er kledd med borrelås for å kunne feste batteripakken og elektronikken, vist i figur 14. Skapet er festet til et tre seks meter unna betongkanten, for å feste det er det benyttet spennbånd. Figur 15 viser skapet festet ved målepunktet. Datablad for skapet finnes i vedlegg B.1.



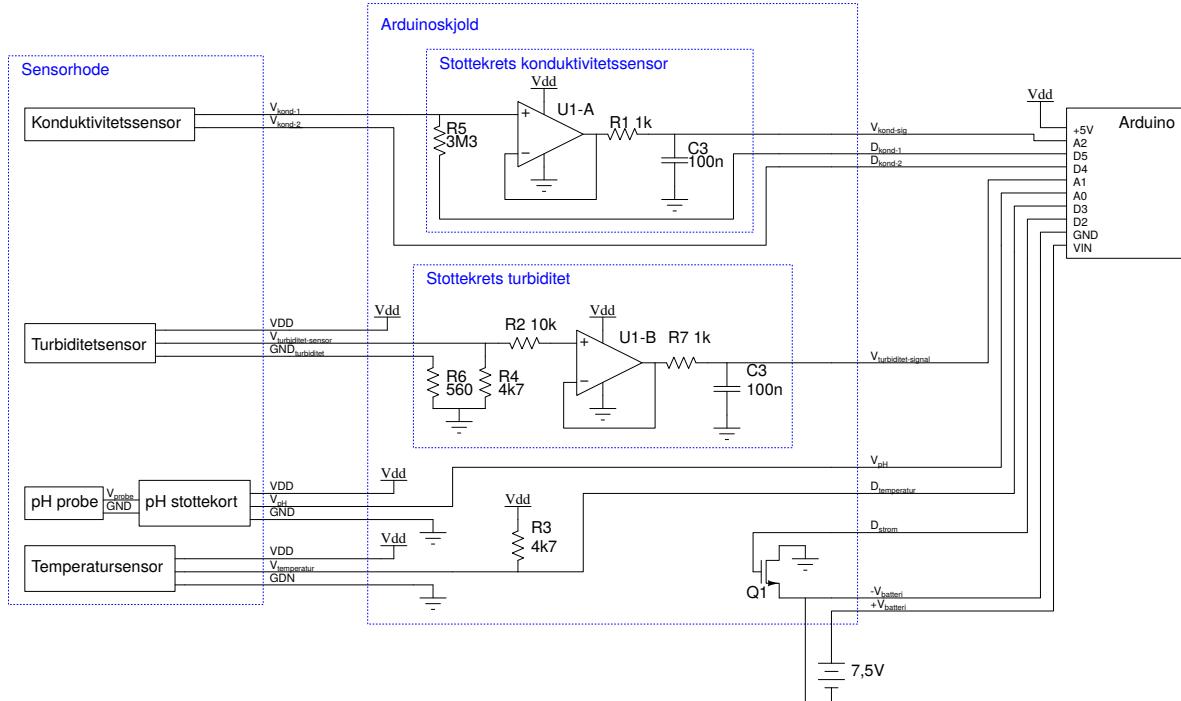
Figur 14: Innsiden av skapet



Figur 15: Skap festet til tre

4.1.2 Elektrisk utforming

Et komplett kretsskjema av det elektroniske systemet er vist i figur 16. Skjemaet viser det elektriske designet i hele systemet, en mer teknisk beskrivelse av arduinoskjoldet er vedlagt i appendiks D og gir et mer utfyllende overblikk.



Figur 16: Et komplett kretsskjema over det elektroniske systemet.

4.1.2.1 Arduinoen

Systemet benytter et TheThingsUno-utviklingskort [3] som mikrokontroller. Kortet har samme formfaktor som en Arduino Uno [4] men baserer seg på mikrokontrolleren Atmega32U4 [5], noe som gjør kortet kompatibelt med en Arduino Leonardo [6]. Kortet har en innebygd antenn, men denne ble koblet av til fordel for en ekstern antenn med bedre rekkevidde.

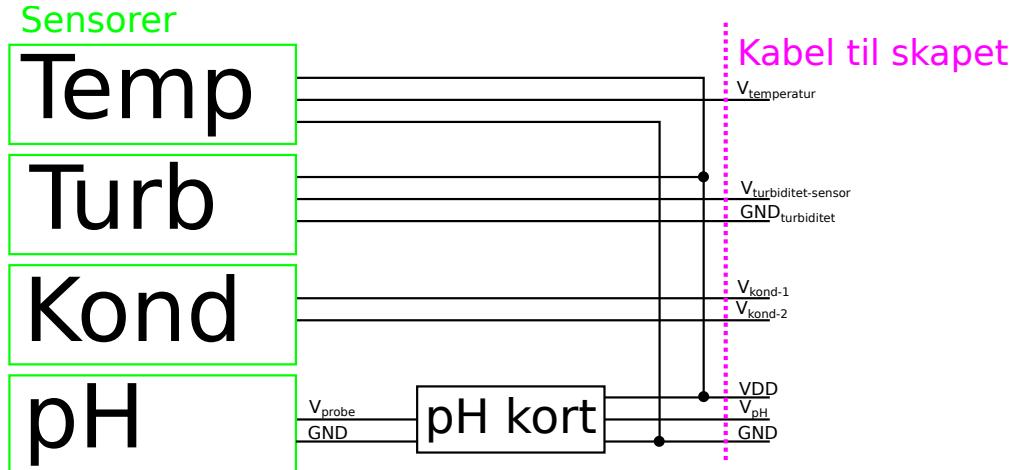
Arduinoen benytter LoRaWan-nettet [7], dette er et lavenergi datanett for å sende små mengder data kryptert og sikkert.

4.1.2.2 I sensorhodet

I sensorhodet er de forskjellige sensorene koblet opp som vist i figur 17 funnet igjen til venstre i figur 16. Her representerer de fire grønne boksene de forskjellige sensorene og kabelen til skapet peker til utgangene fra arduinoskjoldet vist i figur 16.

Det er et mål å unngå sensitiv elektronikk i sensorhodet for å øke robustheten til systemet og forenkle vedlikehold. Støttekortet til pH-sensoren, beskrevet i avsnitt 4.1.3.1, er derfor det eneste av elektronikk under vann utenom ledninger og sensorer. Støttekortet er lagt i

sensorhodet for å minimere antall ledninger som trekkes opp på land. Dette gjør at systemet kun har en kabel fra sensorhodet til skapet, noe som gjør systemet betydelig mer robust.



Figur 17: Koblingsskjema for sensorhodet, merkelappene i kabelen til skapet gjenfinnes i figur 16 samt seksjon 1C, 2B og 2C av figur 49. Effekt går til sensorhodet og data til skjoldet.

4.1.2.3 I skapet

Det elektriske systemet i skapet består av en LoRaWAN-kapabel arduino [3], en ekstern antenn, en batteripakke og et egetprodusert arduinoskjold. Antennen står montert i skapveggen.

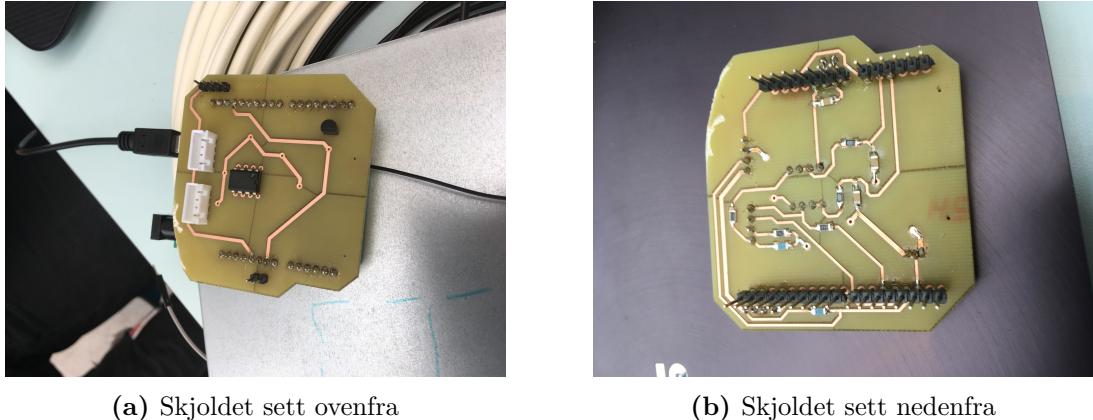
Skjoldet utfører følgende oppgaver:

- Enkel sammenkobling av sensorhodet og arduinoen ved hjelp av standardiserte kontakter
- Styring av strøm til sensorer og forsterker. Skjoldet styrer strømtilførsel til sensorer med en transistor Q1 [8], dette gjøres for å spare strøm når delsystemene ikke er i bruk.
- Strømforsterkning av signalet fra turbiditetssensoren. Operasjonsforsterkeren som er brukt er LF353P(U1) [9]. Signalet er spenningsbåret, men strømmen levert fra turbiditetssensoren er for svak for arduinoen å lese. Dette forklares grundigere i avsnitt 4.1.3.3.
- Pullup-motstand R3 for det serielle digitale signalet $D_{temperatur}$ fra temperatursensoren.
- Motstand og buffer for konduktivitetssensoren som beskrevet i [10], bufferen er tatt med for å unngå målefeil grunnet arduinoens indre motstand.
- 1. ordens kondensatorbasert lavpassfilter for turbiditet og konduktivitet for å unngå høyfrekvent støy fra ledningene og sensorene i de analoge avlesningene.
- Et felles jord GND for sensorene. Dette jordnettet har ikke direkte forbindelse til batteriet.

I tillegg er I2C-pinnene fra arduinoen eksponert, dette gjør fremtidige utvidelser av systemet enklere, for eksempel skjermer og sensorer.

Transistoren(BS170(Q1) [8]) fungerer som en strømbryter for sensorstrømmen. Strømmen kutes når digitalpinne D2 blir satt til lav i programkoden. Dette fører til at gate-sourcespenningen til transistoren blir lav, som igjen fører til at drain-sourcespenningen blir lav. Når transistoren ikke fører noe drain-sourcestrøm blir det felles jordnettet mellom alle sensorene en åpen krets og sensorkretsen vil ikke lede noe strøm, se figur 16.

Skjoldet er designet som vist i vedlegg D, det ferdige skjoldet er vist i figur 18.



(a) Skjoldet sett ovenfra

(b) Skjoldet sett nedenfra

Figur 18: Det realiserte arduino-skjoldet

4.1.3 Sensorer

4.1.3.1 pH

I dette prosjektet er det brukt en analogt pH-meter for arduino fra DFRobots [11]. Denne pakken inneholder en industriell pH-probe og et kretskort for å lett lese av riktige pH-verdier. pH-probrens utseende og dimensjoner vises i Figur 19.



Figur 19: pH-probrens utsende og dimensjoner[12]

Denne industrielle pH-proben er robust og tåler å være under vann i en lengre periode. Proben består av to elektroder, en måleelektrode og en referanseelektrøde. Måleelektroden er en sensitiv halvkule av glassmembran med lav impedans. Signalet fra måleelektroden er signalet V_{probe} , vist i figur 17. Referanseelektrøden er koblet til VDD og er en standard elektrode. Sensoren mäter pH ved å se på spenningspotensialet mellom de to elektrodene(VDD og V_{probe}). Figur 20 viser en referansetabell for spenningspotensialene VDD - V_{probe} fra leverandøren.

VOLTAGE (mV)	pH value	VOLTAGE (mV)	pH value
414.12	0.00	-414.12	14.00
354.96	1.00	-354.96	13.00
295.80	2.00	-295.80	12.00
236.64	3.00	-236.64	11.00
177.48	4.00	-177.48	10.00
118.32	5.00	-118.32	9.00
59.16	6.00	-59.16	8.00
0.00	7.00	0.00	7.00

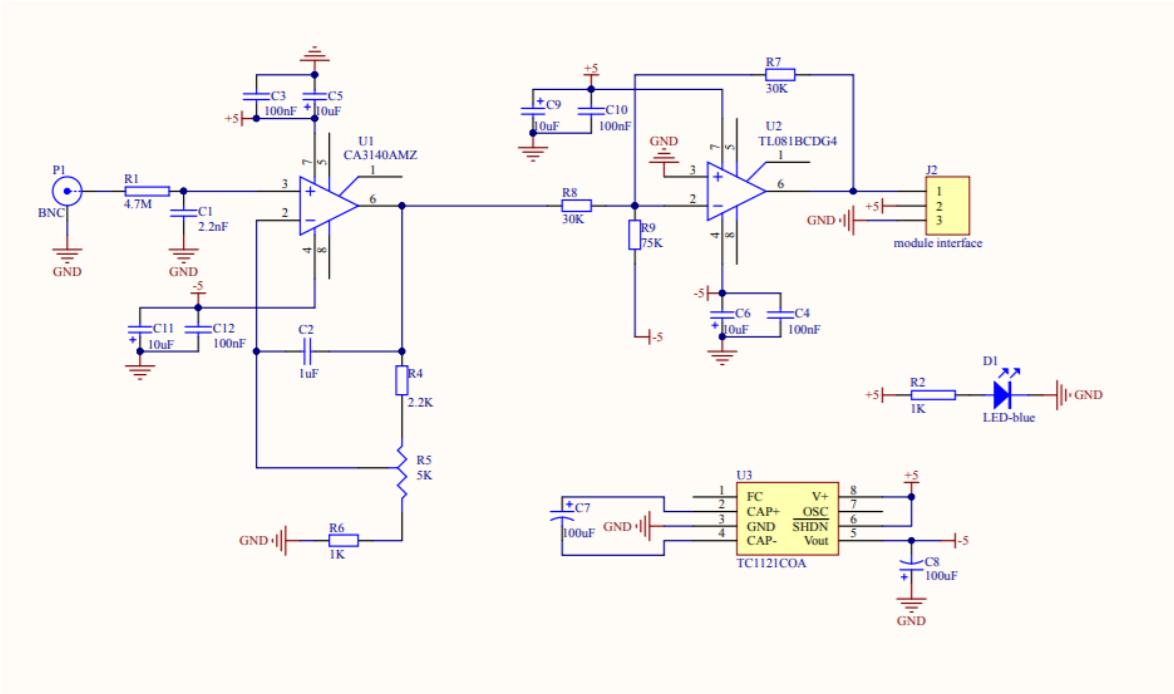
Figur 20: Referansetabell for spenningspotensial VDD - V_{probe} for pH-proben [12]

Kretskortet som følger med pakken fra DFrobot er avbildet i figur 21.



Figur 21: Støttekretskort for pH-probe [13]

Kretskortet består hovedsaklig av 3 integrerte kretser, diverse tilkoblinger, et potensiometer og noen motstander/kondensatorer. Figur 22 viser et skjematiske oppsett for kretsen.



Figur 22: Kretsskjema for støttekretskort for pH-probe [14]. Her er signalet J2:1 det samme som V_{ph} fra figur 17. Signalet som kommer inn fra venstre side til P1 er signalet V_{probe} .

Figur 22 viser at signalet V_{probe} fra pH-proben går til BNC-pluggen på venstre side av skjemategningen. V_{probe} går så igjennom en spenningsintegrator med operasjonsforsterkeren CA3140AMZ [15] som hovedkomponent [16]. Deretter går signalet videre til en inverterende forsterker med operasjonsforsterkeren TL081BCDG4 [17] som hovedkomponent. Denne forsterkeren skal ha en forsterkningfaktor på 1. Potensiometeret R5 kan endre denne forsterkningsfaktoren. Den tredje og siste integrerte kretsen, TC1121COA [18], er en spenningsomformer som gjør at kretsen får tilgang til -5V ved å koble til 5V. Dette er brukt for å balansere operasjonsforsterkerene TL081BCDG4 og CA3140AMZ. Det ferdige signalet V_{ph} går deretter ut på høyreside av figur 22 på pinne 1 av tilkoblingsklemmen J2, der det videreføres til analogpinnen A0 på det egenproduserte Arduino-skjoldet.

Fra arduinoen blir data, i form av bytes, sendt til en dekoder i databasen. Dataene blir send ved hjelp av den innebygde radioen som er montert på The Things Uno. Dette gjøres ved hjelp av kodesnuttene vist under:

```
ttn.sendBytes(payload, sizeof(payload));
```

Funksjonen sendBytes finnes i biblioteket fra TheThingsNetwork [19]. Nøkkelordet payload er et ord for; sekvens av bytes, i form av datapakker. For å gjøre dataen om til pH-verdier gjelder ligning (1)

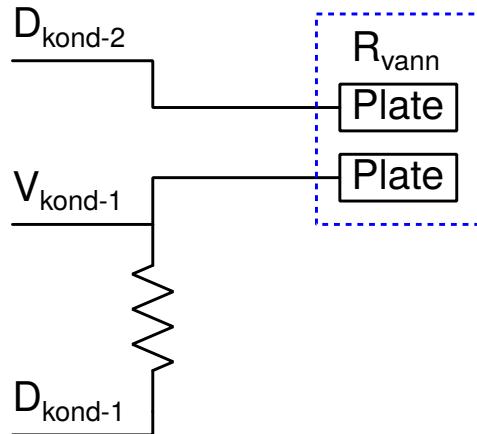
$$pH = \frac{data \cdot 5v}{1024} \cdot 3.5 \quad (1)$$

1024 (10 bit) er oppløsningen til analog-til-digital-omformeren som er innebygd på Arduinoen. 3.5 er en skaleringsfaktor for å få riktig pH.

Motstanden R2 og den blå LED-en D1 er fjernet for å spare strøm og skape en mer energifornuftig løsning. Detaljer om strømforbruket kommer under avsnitt 4.2.1.

4.1.3.2 Konduktivitet

De fleste kommersielle konduktivitetsensorene har enten svært kort levetid eller høy pris, systemet benytter derfor en egenprodusert sensor. Proben består av to kobberplater som vist i figur 24. De to spenningene D_{kond-1} og D_{kond-2} blir generert av hver sin digitalpinne D4 og D5 på Arduino-skjoldet.



Figur 23: Konduktivitetsensoren

Motstanden R_{vann} måles mellom kobberplatene ved å koble sensoren i serie med en passende stor motstand R5. For å så sette en kjent spennin over hele kretsen og måle spenningen over den kjente motstanden R5. Den målte spenningen V_{kond-1} er buffret og filterert før den er koblet til analogpinne A2 på Arduino-skjoldet. Dette resultatet sendes på samme måte som pH til dekoderen og regnes så om til konduktivitet med følgende ligning (2)

$$Konduktivitet = \frac{1}{R_{vann}} = \frac{1}{\frac{V_{sensor}}{I}} = \frac{1}{\frac{5v - V_{motstand}}{\frac{V_{motstand}}{3.3M\Omega}}} \quad (2)$$

I ligning(2) er $3.3M\Omega$ motstanden R5 og 5v den kjente testspenningen. Spenningen over R5 $V_{motstand}$ er gitt med ligning (3)

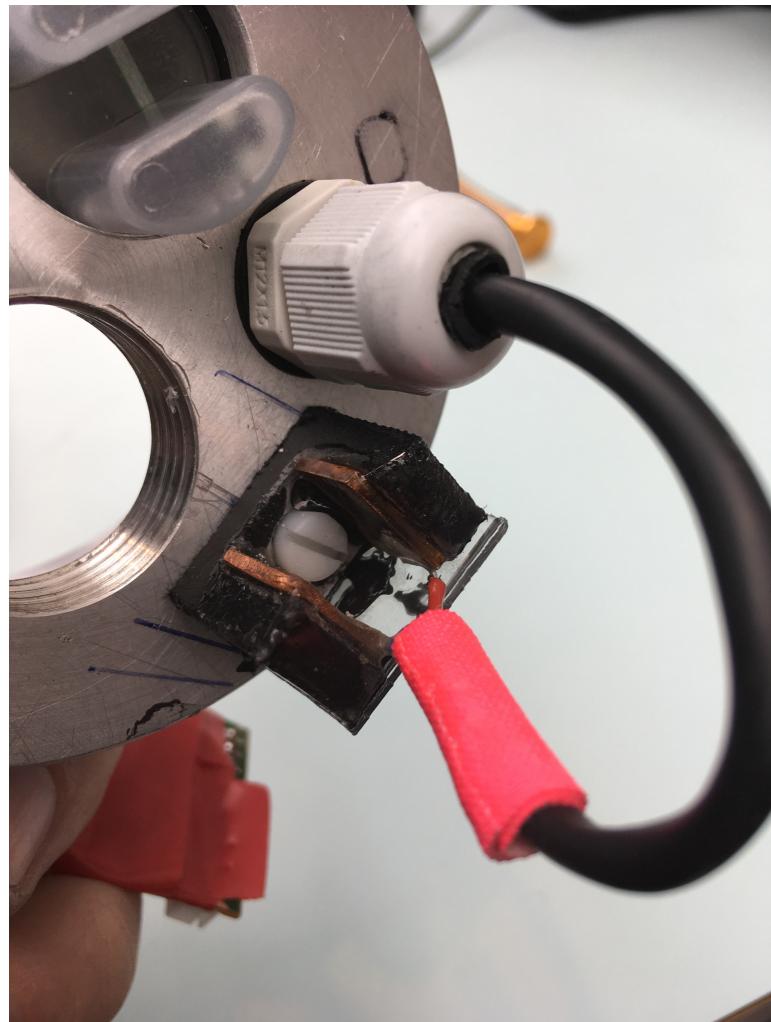
$$V_{motstand} = \frac{data \cdot 5v}{1024} \quad (3)$$

For å unngå destruktiv elektrolyse på kobberplatene sendes det kun strøm gjennom systemet i korte perioder og da kun vekselspenning for å reversere eventuell elektrolyse med en gang. Til dette brukes konduktivitetsbiblioteket fra [10] som ble utviklet i anledning dette prosjektet.

Det er krevende å bestemme en omregning fra sensorens målte spennin til konduktivitet analytisk. Siden tilgjengelige kommersielle konduktivitetsensorer har små spenn for konduktivitet der de gir konsekvente resultater er den egenproduserte sensoren svært dårlig kalibrert.

Dette gjør at dataene kun bør sammenlignes internt for å oppdage endringer over tid, ikke sammen med data fra andre ulike sensorer.

Biblioteket tar en serie målinger ved alternerende spenning for så å returnere snittet, dette minker måleusikkerheten.



Figur 24: Konduktivitetsensoren

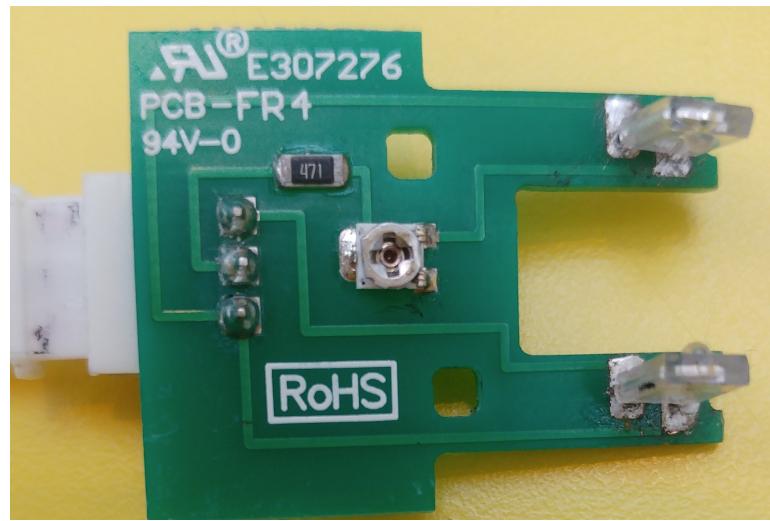
4.1.3.3 Turbiditet

Turbiditetsensoren som er brukt er fra samme leverandør som pH-sensoren, DFrobot [20], og er vist i figur 25. Sensoren ble valgt fordi den var lett tilgjengelig. Den er ikke av spesielt høy kvalitet, men ligner andre sensorer i sin prisklasse.



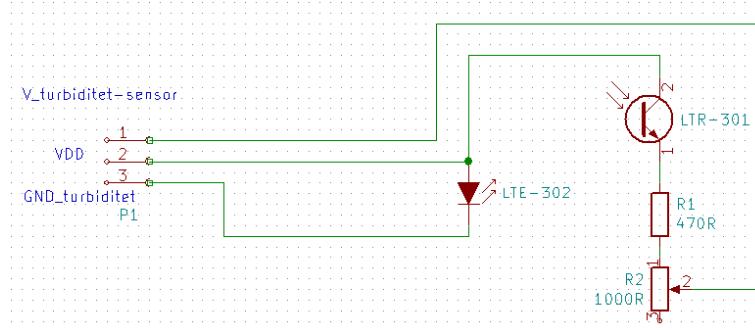
Figur 25: Bilde av turbiditetsensoren fra DFrobot [20]

Som vist i figur 25 består sensoren av to deler, en sensorprobe og et støttekort. Sensorproben består av et plastikkhus og et lite kretskort som inneholder en fotodiode LTE-302 [21], en fototransistor LTR-301 [22] og en variabel motstand. Figur 26 viser et bilde av turbiditetsproben uten plastikkhuset på.



Figur 26: Turbiditetsproben uten plastikkhus.

Fra figur 26 ser man at fotodioden LTE-302 og fototransistoren LTR-301 har samme fysiske utforming. Figur 27 viser skjemategningen for turbiditetsproben.



Figur 27: Skjemategning for turbiditetsprobe.

Fra figur 27 kan man se at VDD forsyner LTE-302 og LTR-301 med 5V. Fra figur 17 ser man at signalet $GND_{turbiditet}$ er et eget jordpotentiale for turbiditetsensoren og at det ikke er koblet til det felles jordpotensialet GND for hele systemet. Dette er fordi signalene $GND_{turbiditet}$ og $V_{turbiditet-sensor}$ begge er koblet til egne pull-down-resistorer (R4 og R6 i figur 16). Turbiditetsproben fungerer ved at fotodioden LTE-302 emitterer infrarødtlys til en detekterende fototransistor LTR-301. Signalet $V_{turbiditet-sensor}$ som kommer fra LTR-301 og forteller hvor mye lys den mottar. Dersom det er mye partikler i vannet vil noe av lyset reflekteres bort.

Støttekortet som er vist i figur 25 er ikke brukt i dette systemet med hensyn på energiforbruk. Støttekortet fra DFRobot inneholder både en digital og analog signalsti i tillegg til lysindikasjon. For å spare plass og energiforbruk er både den digitale signalstien og lysindikasjonen kuttet ut. Den analoge signalstien $V_{turbiditet-sensor}$ er rekonstruert på Arduino-skjoldet 16. Signalstien består av en strømforsterker, et lavpassfilter og et par pull-down-resistorer R4 og R6. Strømforsterkeren er bygget rundt operasjonsforsterkeren LF353P [9] og har en strømforsterkningsgrad på 10 siden inngangsmotstanden R2 er ti ganger større enn utgangsmotstanden R7 [16]. Det ferdig-forsterkede signalet $V_{turbiditet-signal}$ er koblet til analogpinnen A1 på Arduino-skjoldet.

Signalet $V_{turbiditet-signal}$ blir sendt til dekoderen på samme måte som pH og konduktivitet. På grunn av turbiditetsensorens dårlige oppløsning og respons er det valgt å presentere dataen i en egendefinert skala og ikke i den standardiserte måleenheten for turbiditet[NTU]. Denne egendefinerte skalen er en prosentverdi av signalet $V_{turbiditet-signal}$. Ligning(4) viser hvordan dataen er dekodet.

$$Turbiditet[\%] = \frac{data}{1024} \cdot 100 \quad (4)$$

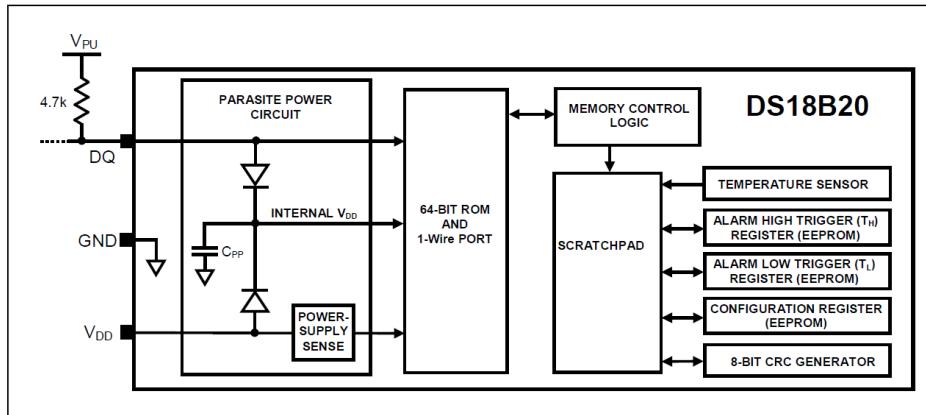
4.1.3.4 Temperatur

Systemet benytter et termometer som vist i figur 28.



Figur 28: Bilde av det digitale termometeret

Termometeret som er vist i figur 28 er en DS18B20 [23] fra produsenten Maxim. Dette er et digitalt termometer som har en programmerbar oppløsning (9-12 bit). I dette prosjektet er det blitt brukt standard oppløsning som er 12 bit. Fra figur 29 kan man se at dette er et avansert termometer, med ”parasittkraft”, forskjellige alarmer, minne og mulighet til å kjøre flere slike termometer på samme digitale signal.



Figur 29: Blokkskjema av termometeret [23]. Fra databladet.

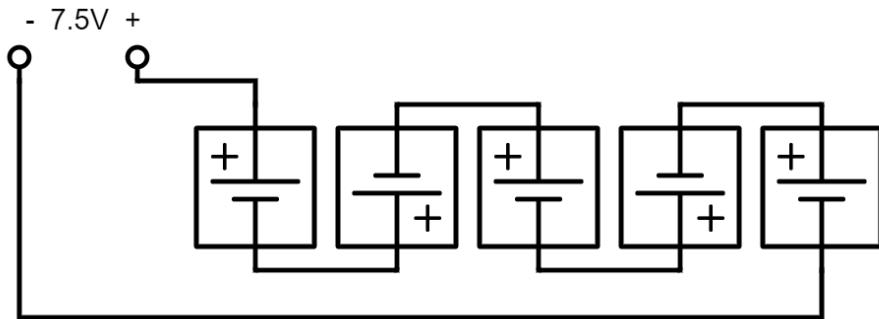
Til dette systemet sitt bruk holder det med en enkel konfigurasjon av temperatursensoren. Signalet DQ fra figur 29 er det samme signalet som $D_{temperatur}$ fra figur 17. $D_{temperatur}$ er koblet til digitalpin D3 og er koblet sammen med en pull-up-motstand R3. Termometeret deler VDD med konduktivitetsensoren og pH-sensoren, og det deler GND med pH-sensoren.

Siden termometeret er betydelig mer kompleks enn de andre sensorene, trenger ikke $D_{temperatur}$

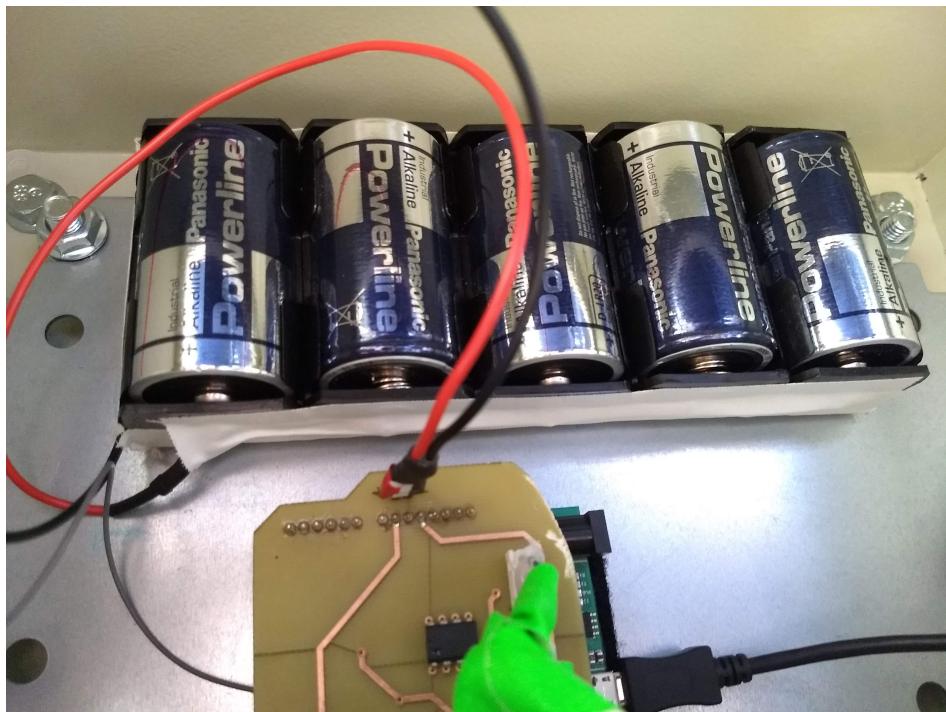
å dekodes i databasen på samme måte som pH, konduktivitet og turbiditet. Termometeret sender temperaturen til arduinoen i en binærsekvens, og dataen som sendes til databasen fra arduinoen er allerede ferdig dekodet som temperatur.

4.1.4 Energikilde

En batteripakke som tilsammen utgjør 7.5V benyttes som energikilde. Batteripakken består av 5 batteriholdere fra Pro Power [24] loddet i serie. D-batterier fra Panasonic benyttes [25]. Hvert enkelt batteri leverer 1.5V, og har en kapasitet mellom 12000-18000 mAh avhengig av størrelsen på strømmen som trekkes. Figur 30 viser et kretsdiagram for batteripakken. Batteriets dimensjoner er vist i vedlegg B.4. Et bilde av batteripakken er vist i figur 31.



Figur 30: Kretsdiagram, batteriholder.



Figur 31: Bilde av batteripakken.

4.2 Strømsparing

Testing av størmforbruks fra avsnitt 5.2 viser et strømforbruk på 61.2 mA når det utføres målinger med sensorene og 62.7 mA når det sender data. Dette er strømforbruks etter det ble utført modifikasjoner på pH-kortet¹. Forbruket på 61.2 mA grovt estimert vil det tilsvare en levetid på 5-9 dager avhengig av batterikapasiteten, se avsnitt 4.1.4. For et system som skal kunne stå ute i naturen i lang tid er redusering av batteriforbruket nødvendig. Dette kan gjøres enten ved å fysisk fjerne unødvendige strømtrekkende komponenter eller ved å skru av komponentene i programvaren når de ikke er i bruk.

4.2.1 Fysiske strømsparingsmodifikasjoner

Ved å lodde av lysdiodene markert i figur 32 fra TheThingsUno ble strømforbruks redusert ned til henholdsvis 58.2 mA og 59.7 mA. Redusjonen på 3 mA kom da på bekostning av at man ikke kan se på mikroprosessoren om den er av eller på.



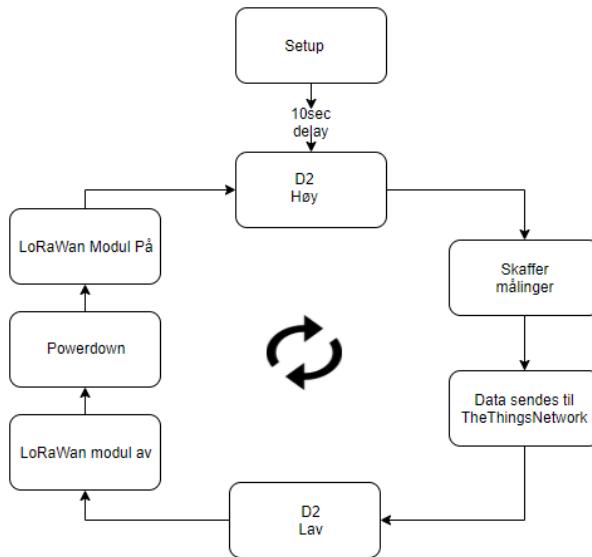
Figur 32: Fjernet led markert med rødboks

I avsnitt 4.1.3.1 er det nevnt at støttekortet i figur 21 til pH-sensoren er modifisert. Med en testspenning på 3.75 V er strømforbruks til hele sensorsystemet (pH-probe og pH-kretskort) på 10.4 mA. Strømforbruks til hele sensorsystemet etter avloddning av R2 og D1 er 9.2 mA ved samme testspenning. Modifikasjonen gir oss en strømsparing på 1.2 mA når sensorene trekker strøm. Ved 5V tilsvarer dette 1.6 mA.

¹pH-modulen ble modifisert før resten av systemet var ferdigstilt. Derfor ble ikke systemets totale strømforbruk uten modifikasjon testet

4.2.2 Programvaremodifikasjoner for strømsparing

Figur 33 viser et flytdiagram over de forskjellige tilstandene til systemet, strømforbruket til systemet vil være svært avhengig av hvor lenge det befinner seg i hver tilstand. De ulike tilstandene er merket og kommentert i arduinokoden fra vedlegg A



Figur 33: Flytdiagram over tilstandene til systemet

Fra databladet til ATmega32u4 [5] finnes det en oversikt over ulike strømsparingsmoduser for mikrokontrolleren, i systemet ble det benyttet den mest strømsparende modusen ”power-down” der alle ubrukte moduler blir slått av. For grundig forklaring av implementasjon av power-down henvises det til Youtube-guiden av Kevin Darrah [26].

ATmega32u4 vil stoppe en USB-tilkobling når den går i power-down, denne tilkoblingen gjenopprettes ikke og ny programvare vil dermed ikke kunne bli lastet opp. Det ble derfor lagt til en delay på 10 sekunder i setup for å gi nok tid til opplasting av ny kode.

En output fra en digitalpin vil trekke strøm selv om systemet er i power-down. Dette unngås ved å settes digitalpinne D2 fra figur 16 lav før strømsparingsmodusen kalles slik at strømmen til sensorene kuttes. I power-down vil systemet forbruke 9.2 mA, noe som vil tilsvare en levetid på ca 35-55 dager avhengig av kapasiteten til batteriet.

Ved hjelp av arduinobiblioteket fra TheThingsNetwork [19] ble strømforbruket i power-down redusert med ytterligere 3 mA ved å skru av LoRaWan-modulen før power-down kalles. LoRaWan-modulen styres ved følgende arduinokode:

```
ttn.sleep(32000); //Skrur av LoRaWan modulen i 32sekunder
delay(50); //Nødvendig delay for å skru av modulen
ttn.wake(); //Skrur på LoRaWan modulen
```

Fra LoRaWan modulen skrur seg på, skaffer og sender målinger til TheThingsNetwork, til den skrues av igjen tar det mindre enn ett sekund, power-down lengste tilstanden systemet befinner seg i. Hvor lenge systemet skal befinne seg i power-down kan justeres etter ønsket målingsfrekvens og levetid.

Med alle modifikasjonene beskrevet ovenfor er strømforbruket nede på 6.2 mA, noe som tilsvarer 2-3 måneder i bare power-down. Den reelle levetiden for systemet i drift vil være noe mindre da systemet bruker 58.2 mA når den gjør målinger og 59.7 mA når den sender til TheThingsNetwork.

4.3 Nettside

Nettsiden er en viktig del av formidlingen til brukeren. Dataene sendes fra sensoren til nettverksskyen til en API-database før den sendes til selve nettsiden. Databasen inneholder også data fra lignende sensorsystemer som er plassert i samme området og kan hentes ut for å sammenligne data. Selve nettsiden kan deles inn i fire hovedler: frontside, siste målinger, undersider for sensormålinger og en side om oss.

4.3.1 Frontside

Den første siden som møter brukeren er frontsiden. Her får brukeren raskt oversikt over nåværende verdier for de ulike parameterne samt svar på hvorfor de måles. Brukeren kan også finne informasjon om prosjektet og plasseringen til målestasjonen. Denne siden er primært for førstegangsbrukere og gjør at alle som besøker nettsiden forstår hvor de har havnet.

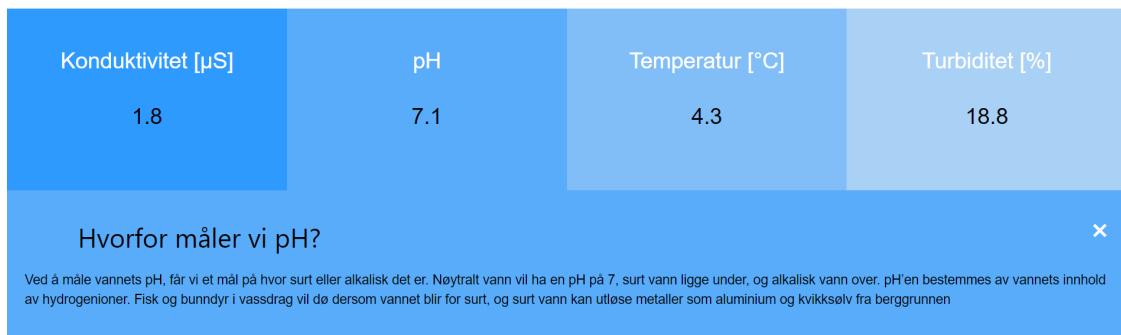
Figur 34 viser frontsiden.



Figur 34: Frontside til hjemmeside

Under navigasjonsmenyen, se seksjon 4.3.2, følger overskriften "Vannovervåking i Vikelva",

som viser at brukeren har kommet inn på riktig nettside. Nedenfor vises den aller nyeste verdien for de fire sensorene; konduktivitet, pH, temperatur og turbiditet, i hver sin boks. Se figur 34. Ved trykk åpner hver av disse boksene en underboks der brukeren finner informasjon om hvorfor den valgte parameteren måles. Figur 35 viser underboksen som kommer opp når brukeren trykker på boksen til ”pH”.



Figur 35: Forklaring i underboksen som kommer opp når brukeren trykker på boksen til ”pH”

Nederst på frontsiden finnes enda to informasjonsbokser. Ved trykk viser disse en kort informasjonstekst om prosjektet, og et kart med målestasjonens plassering.

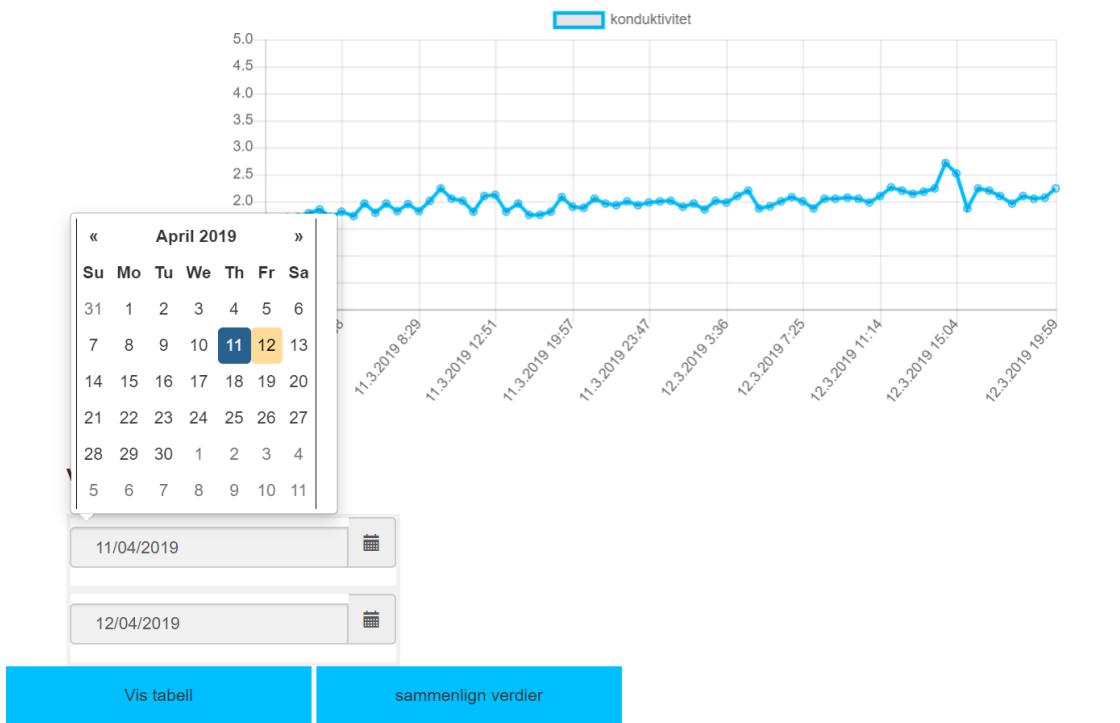
4.3.2 Navigasjonsmeny

Øverst på nettsiden er det en horisontal navigasjonsmeny slik som vist i figur 34. Menyen brukes til å navigere mellom de ulike delene av nettsiden. Fra menyen kan sidene ”HJEM”, ”SISTE VERDIER”, ”KONDUKTIVITET”, ”TURBIDITET”, ”PH”, ”TEMPERATUR” og ”OM OSS” nås ved å trykke på de ulike feltene. Menyen er tilgjengelig uansett hvor brukeren befinner seg på nettsiden og viser hvilken underside brukeren befinner seg på ved at det aktive sidenavnet markeres med blå bakgrunnsfarge i menyen.

4.3.3 Undersider for sensormålinger

Undersidene for hver av de fire sensorene brukes til å hente ut data fra den valgte sensoren. Det er en underside for hver av de fire sensorene; ”KONDUKTIVITET”, ”TURBIDITET”, ”PH” og ”TEMPERATUR”.

Øverst på hver av sidene er det en overskrift som tydelig viser hvilken sensor målingen gjelder for. Under illustreres målinger grafisk for et gitt intervall og to datovelgere gjør at brukeren selv kan bestemme hvilket intervall som skal vises. Figur 36 viser siden for konduktivitet.



Figur 36: Undersiden ”KONDUKTIVITET” med datovelgere for valg av grafintervall

Dersom ønskelig kan også dataene vises på tabellform. Både grafen og tabellen kan deretter lagres til henholdsvis en png- eller pdf-fil. Brukeren kan også sammenligne grafisk data fra andre målepunkt i nærheten for å bedre kunne indikere om verdiene som sendes er rimelige.

4.3.4 Siste målinger

Undersiden ”SISTE MÅLINGER” brukes for direkte overvåking av de siste målingene fra alle fire parametre. Denne siden er vist i figur 37.



Figur 37: Siste målinger underside

Her illustreres målinger gjort over de siste 10 timene grafisk for alle fire sensorer. Grafene oppdateres automatisk slik at brukeren kan overvåke endringene idet det skjer. Det er også mulig å holde pekeren over grafen for å se den nøyaktige verdien i et spesifikt punkt.

4.3.5 Om oss

På siden ”OM OSS” finner brukeren en mer detaljert informasjonstekst om prosjektet og problemstillingen. Under teksten kan brukeren bla seg gjennom diverse bilder og tegninger tatt og produsert i løpet av prosjektet. Nederst finnes kontaktinformasjon og hovedansvarsområde til alle prosjektgruppemedlemmene.

4.3.6 Overføring av data

Dataene fra sensoren blir sendt til TheThingsNetwork for å bli dekodet. Videre sendes den dekode dataen i json-format via en innebygd dataintegrasjon til databasen. Nettsiden henter ut dataen ved å sende en ”GET-request” til databasen. Dette blir gjort i javaskript ved å ta i bruk ”ajax” biblioteket [27]. Videre blir json-filen lest og dataen blir lagt inn i en ”canvas” graftype før den skrives ut til skjermen med html-kode, se github [28]

4.4 Onboard software

Det har gjennom hele prosessen vært et mål å holde koden i det fysiske systemet så enkel som mulig da den ikke kan oppdateres like enkelt som nettsiden. Koden er finnes i vedlegg A.

Koden baserer seg på bibliotekene conductivityLib, TheThingsNetwork, OneWire og DallasTemperature, alle distribuert gjennom arduinos biblioteksystem. Arduinoen henter inn

data fra sensorene, deler verdiene opp i flere bytes der det er hensiktsmessig og sender de over LoRaWan til TheThingsNetwork for postprosessering og lagring videresending til en database.

5 Verifikasjon og test

5.1 Kalibrering av sensorer

Alle sensorene med unntak av turbiditetsensoren ble testet og kalibrert. Turbiditetsensoren ble utekort grunnet mangel av en god sensor å teste den mot.

5.1.1 pH

pH-sensoren ble kalibrert opp mot standardløsninger på pH 4 og pH 7 hentet fra uorganisk-laboratoriumet på realfagsbygget Gløshaugen. Proben ble renset med destillert vann hver gang før den ble plassert i en løsning.

Kalibreringen ble gjennomført onsdag 10. april 2019, sensoren målte da løsningen på pH 4 til pH 4,2 og løsningen på pH 7 til pH 6,98.

5.1.2 Konduktivitet

Konduktivitetsensoren ble forsøkt kalibrert opp mot en kommersiell sensor av typen Atlas scientific Conductivity K 1.0 Kit [29], supplert av institutt for elektroniske systemer ved NTNU.

Kalibreringen ble gjort ved at begge sensorer målte i det samme vannbadet med kranvann ettersom pakker med salt ble tilatt gradvis.

Loggen fra kalibreringen er vedlagt i appendiks C. Som det kommer fram av loggen viser ikke kalibreringen en entydig sammenheng mellom avlest spenning fra sensoren og konduktivitet i mediet sensoren måler da den kommersielle sensoren har begrenset operativt område. Forsøket sannsynliggjør likevel en sammenheng og tyder på at den egenproduserte sensoren fungerer som ønsket.

5.1.3 Temperatur

Det digitale termometeret ble kalibrert mot et digitalt termometer av typen Prologue Indoor Thermometer (36-6000). Termometerene viste konsekvent samme temperatur mellom 0 og 30 grader.

5.2 Test av strømforbruk

Strømforbruket til systemet i de ulike tilstandene beskrevet i avsnitt 4.2 ble målt ved å koble et amperemeter i serie med signalet $+V_{batteri}$ fra figur 16. I tabell 1 finner man en oversikt over strømforbruket i de forskjellige tilstandene. Målingene viser at de strømsparende modifikasjonene til systemet ga muligheten for å redusere strømforbruket betraktelig.

Det ble også gjennomført en stresstest av systemet for å sjekke at batteriet kunne drive systemet over lengre tid. Systemet ble satt opp med alle sensorene tilkoblet den 22.03.2019 der systemet ble vekket fra power-down med 10 minutters mellomrom. Batteriet holdt systemet gående uten problemer til testen ble avsluttet en uke senere den 29.03.2019.

Tabell 1: Strømmålinger for de ulike tilstandene til systemet

Tilstand	Strømforbruk [mA]:
Med bare pH-kortet modifisert (Tar målinger)	61.2
Med bare pH-kortet modifisert (Sender til TTN)	62.7
Uten led(Tar målinger)	58.2
Uten led(Sender til TTN)	59.7
lorawan modulen skrudd av (Tar målinger)	55.2
Power-down (LoRaWan på)	9.2
Power-down (LoRaWan av)	6.2

5.3 Langtidstest av systemet i felten

Systemet ble montert i Vikelva i Trondheim like nedstrøms for utløpet fra vannverket. Testen ble gjennomført over to uker fra onsdag 10. april til fredag 26. april 2019, for å verifisere om systemet ville fungere i felten over lengre tid.

Systemet sendte data hvert 32. minutt. Ved slutten av felttesten leverte batteripakken en spenning på 6,9 V, dette tilsvarer et fall fra 1,5 V til 1,4 V for hvert av batteriene i pakken.

Etter testen viste vannstrømningen i elven seg å være større enn forventet, systemet var delvis slått i stykker av strømningene vist i figur 43. Beskyttelsesgitteret på sensorhodet var slått av som vist i figur 42 og ekspansjonsboltene som festet røret til betongen var delvis revet ut som vist i figur 41, noe som førte til vannskader som vist i figur 38 og 40. Ved installasjonen av systemet i starten av testen hadde ledningen til termometeret og fått en klemeskade som vist i figur 39.

Delsystemene i skapet samt kabelen gravd ned under stien viste ingen tegn til skade eller slitasje.

Temperatursensoren var mulige å redde, men den fysiske implementasjonen til sensorhodet og røret bør utbedres om systemet skal benyttes i miljøer med store vannstrømninger.



Figur 38: Fuktskade inni sensorhodet etter felttest



Figur 39: Klemskade på ledning under montering av felttest



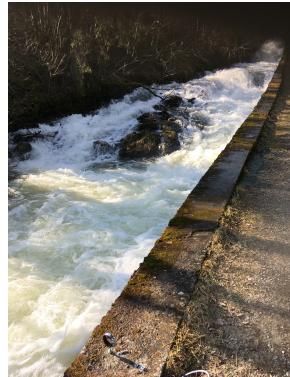
Figur 40: Festet til røret delvis avrevet etter felttest



Figur 41: Festet til røret delvis avrevet etter felttest



Figur 42: Gitteret revet av sensorhodet etter felttest



Figur 43: Vannføring i Vikelva ved avslutningen av felttesten

6 Konklusjon og anbefalinger

6.1 Konklusjon

Systemet måler vannets pH, konduktivitet, turbiditet og temperatur, og sender dataene trådløst til en nettside. Nettsiden presenterer dataene pent og oversiktlig for brukeren, med muligheten for å se data for spesifikke tidsintervaller. Ut fra testen av systemet er det vist at det bruker 0,1 V per batteri over 26 dager, noe som stemmer med våre forventninger om en lang levetid.

6.2 Anbefalinger

Den største designutfordringen var å få systemet vanntett, og da spesielt den delen som står under vann. En mulig endring vil være å samle alt av elektronikk i skapet, men dette vil føre til flere ledninger opp fra sensorhodet. Om sensorenes utskiftbarhet ikke betyr så mye, kan man med fordel fylle sensorhodet med silikon/epoksy/fugemasje for å sikre at all elektronikk er vannsikker.

En må også ta høyde for at systemet tåler store vannmengder. Ved inspeksjon av systemet en dag elven var veldig stor, hadde en av to ekspansjonsskruer som festet systemet løsnet.

7 Takk

Dette prosjektet hadde ikke latt seg gjøre uten hjelp fra andre, vi ønsker derfor spesielt å takke Ingulf Helland for veiledning i design av kretskort og Elin Albertsen for veiledning og utstyr til kalibrering av pH-sensoren. Vi ønsker også å takke Ann Mari Svensson og Sjur Kolberg for tips og input på batterivalg. En takk rettes også til vår veileder Lars Lundheim for gode tilbakemeldinger. Vi ønsker også å takke elpro-laben for å produsere arduinoskjoldet for oss. Takk til Omega Verksted for lån av verksted og hjelp til å bestille komponenter. Til slutt vil vi takke mekanisk verksted ved NTNU for hjelp og veiledning under design og produksjon av de mekaniske delene til systemet.

8 Referanser

Referanser

- [1] Google. (). Fondriest.com, side: <https://www.fondriest.com/environmental-measurements/parameters/water-quality/ph/> (sjekket 28.04.2019).
- [2] Wikipedia-brukere. (2019). Salinitet, side: https://no.wikipedia.org/wiki/Salinitet#Milj%C3%A3messige_vurderinger (sjekket 28.04.2019).
- [3] The Things Network. (2018). The Things Uno, side: <https://www.thethingsnetwork.org/docs/devices/uno/> (sjekket 04.04.2019).
- [4] Arduino foundation. (2019). Arduino Uno, side: <https://store.arduino.cc/arduino-uno-rev3> (sjekket 28.04.2019).
- [5] Atmel Corporation. (2016). Datablad for 32U4, side: http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/Atmel-7766-8-bit-AVR-ATmega16U4-32U4_Datasheet.pdf (sjekket 13.04.2019).
- [6] Arduino foundation. (2019). Arduino Leonardo, side: <https://store.arduino.cc/leonardo> (sjekket 28.04.2019).
- [7] The Things Network. (2019). Introduksjon til LoRaWan, side: <https://www.thethingsnetwork.org/docs/lorawan/> (sjekket 28.04.2019).
- [8] ON Semiconductors. (2011). BS170, side: <https://www.onsemi.com/pub/Collateral/BS170-D.PDF> (sjekket 25.04.2019).
- [9] Texas Instruments. (2016). LF353P, side: <http://www.ti.com/lit/ds/symlink/lf353.pdf> (sjekket 25.04.2019).
- [10] T. Nordgård-Hansen. (2019). Conductivity library for arduino, side: <https://github.com/torsteinnh/conductivityLib> (sjekket 03.04.2019).
- [11] DfRobots. (2019). Gravity: Analog pH Sensor / Meter Pro Kit For Arduino, side: <https://www.dfrobot.com/product-1110.html> (sjekket 20.03.2019).
- [12] —, (2019). Gravity: Industrial pH electrode, side: [https://www.dfrobot.com/wiki/index.php/Industrial_pH_electrode_\(SKU:FIT0348\)](https://www.dfrobot.com/wiki/index.php/Industrial_pH_electrode_(SKU:FIT0348)) (sjekket 20.03.2019).
- [13] Core electronics. (2019). Analog pH Meter Kit, side: <https://core-electronics.com.au/analog-ph-meter-kit.html> (sjekket 22.03.2019).
- [14] Dfrobots. (2019). pH meter V1.0, side: <http://image.dfrobot.com/image/data/SEN0161/pH%20meter%20V1.0%20SCH.pdf> (sjekket 22.03.2019).
- [15] Renesas. (2019). CA3140AMZ, side: <https://www.renesas.com/eu/en/www/doc/datasheet/ca3140-a.pdf> (sjekket 22.03.2019).
- [16] Bishal Sigdel. (2017). Water Quality Measuring Station, side: <https://www.theseus.fi/handle/10024/129380> (sjekket 25.04.2019).
- [17] Texas instruments. (2019). TL081BCDG4, side: <http://www.ti.com/lit/ds/symlink/tl084.pdf> (sjekket 22.03.2019).
- [18] Microchip. (2019). TC1121COA, side: <http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/20001358D.pdf> (sjekket 22.03.2019).
- [19] The Things Network. (2016). The Things Network arduino bibliotek, side: <https://github.com/TheThingsNetwork/arduino-device-lib> (sjekket 13.04.2019).

- [20] DFrobot. (2019). turbiditetsensor, side: https://www.dfrobot.com/wiki/index.php/Turbidity_sensor_SKU:_SEN0189 (sjekket 03.04.2019).
- [21] LITE-ON. (2000). Datablad for LTE-302, side: <http://optoelectronics.liteon.com/upload/download/DS-50-92-0009/E302.pdf> (sjekket 25.04.2019).
- [22] ——, (2004). datablad for LTR-301, side: <http://optoelectronics.liteon.com/upload/download/DS-50-93-0013/LTR-301.pdf> (sjekket 25.04.2019).
- [23] Maxim. (2019). DS18B20, side: <https://www.maximintegrated.com/en/products/sensors/DS18B20.html> (sjekket 25.04.2019).
- [24] Farnell. (2019). Pro Power Battery Holder, side: <https://no.farnell.com/pro-power/28-12578/battery-sizes-accepted-d/dp/2784249> (sjekket 29.03.2019).
- [25] Panasonic. (2019). Panasonic D-batteri, side: <https://eu.industrial.panasonic.com/products/batteries-energy-products/primary-batteries/dry-batteries/series/alkaline-batteries/AEE4001/model/LR20AD> (sjekket 29.03.2019).
- [26] Kevin Darrah. (2016). Power-down guide, side: <https://www.youtube.com/watch?v=urLSDi7SD8M> (sjekket 25.04.2019).
- [27] Google. (). Ajax-libary, side: <http://ajax.googleapis.com/ajax/libs/jquery/1.6.2/jquery.min.js>.
- [28] Stundenter på gruppe 4. på elsys ved NTNU. (2019). Git repository for organisering av vannovervåkningsprosjekt, side: <https://github.com/torsteinnh/elsysPG4-19> (sjekket 28.04.2019).
- [29] Atlas Scientific LLC. (2019). Conductivity K 1.0 Kit, side: https://www.atlas-scientific.com/product_pages/kits/ec_k1_0_kit.html (sjekket 28.04.2019).

Appendices

A Arduinokode for databladet

Komplett Arduinokode for mikrokontrolleren.

```
1 #include <conductivityLib.h>
2 #include <TheThingsNetwork.h>
3 #include <OneWire.h>
4 #include <DallasTemperature.h>
5
6 const char *appEui = "70B3D57ED0016AD3";
7 const char *appKey = "338C075DB1F4641822ACEC97DD79FD8E"; //Key for
    kort med antennen
8 //const char *appKey = "F04BF556371DA7797DD74CF31F9CAE4A"; //Key for
    umodifisertKort
9
10
11 #define loraSerial Serial1
12 #define debugSerial Serial
13 #define freqPlan TTN_FP_EU868
14 #define tempSensor 3
15 #define turbSensor A1
16 #define phSensor A0
17 #define sensorStrom 2          //navngir D2 som
    sensorstrom
18
19
20 TheThingsNetwork ttn(loraSerial, debugSerial, freqPlan);
21 OneWire temperaturWire(tempSensor);
22 DallasTemperature temperaturSensor(&temperaturWire);
23 conductivitySensor konduktivitetSensor(4,5,2,1000);
24
25
26
27 void setup()
28 {
29     delay(10000);           // 10sec delay for opplasting av ny
        kode
30     ttn.wake();            // kalles før å skru på Lorawan
        module krever <TheThingsNetwork.h>
31     pinMode(sensorStrom,OUTPUT); // setter D2/sensorstrom som output
        pin
32     //digitalWrite(sensorStrom,HIGH);
33 }
```

```

34 loraSerial.begin(57600);
35 debugSerial.begin(9600);
36
37 debugSerial.println("--_STATUS");
38 ttn.showStatus();
39
40 debugSerial.println("--_JOIN");
41 ttn.join(appEui, appKey);
42 //Power-down setup{
43     //SETUP WATCHDOG TIMER
44     WDTCSR = (24);
45     WDTCSR = (33);
46     WDTCSR |= (1<<6);
47
48 //ENABLE SLEEP - this enables the sleep mode
49 SMCR |= (1 << 2);
50 SMCR |= 1;
51 //end of setup
52 }
53
54
55 void loop()
56 {
57     ttn.wake();                      //kalles for å skru på Lorawan
      module
58     digitalWrite(sensorStrom,HIGH);   //Setter D2 Høy
59     delay(50);
60
61     debugSerial.println("--_LOOP");
62 //Tar målinger:
63 //Konduktivitet
64 konduktivitetSensor.measure();
65 int preKondValue=konduktivitetSensor.getValue();
66 int kondValue1=preKondValue/10;
67 int kondValue2=preKondValue%10;
68
69 //Temperatur
70 temperaturSensor.requestTemperatures();
71 delay(500);
72 temperaturSensor.requestTemperatures();
73 float tempValue=temperaturSensor.getTempCByIndex(0);
74 float tempValue2=tempValue*10;
75
76 //Turbiditet
77 int preTurbValue = analogRead(turbSensor);
78 int turbValue1=preTurbValue/10;
79 int turbValue2=preTurbValue%10;

```

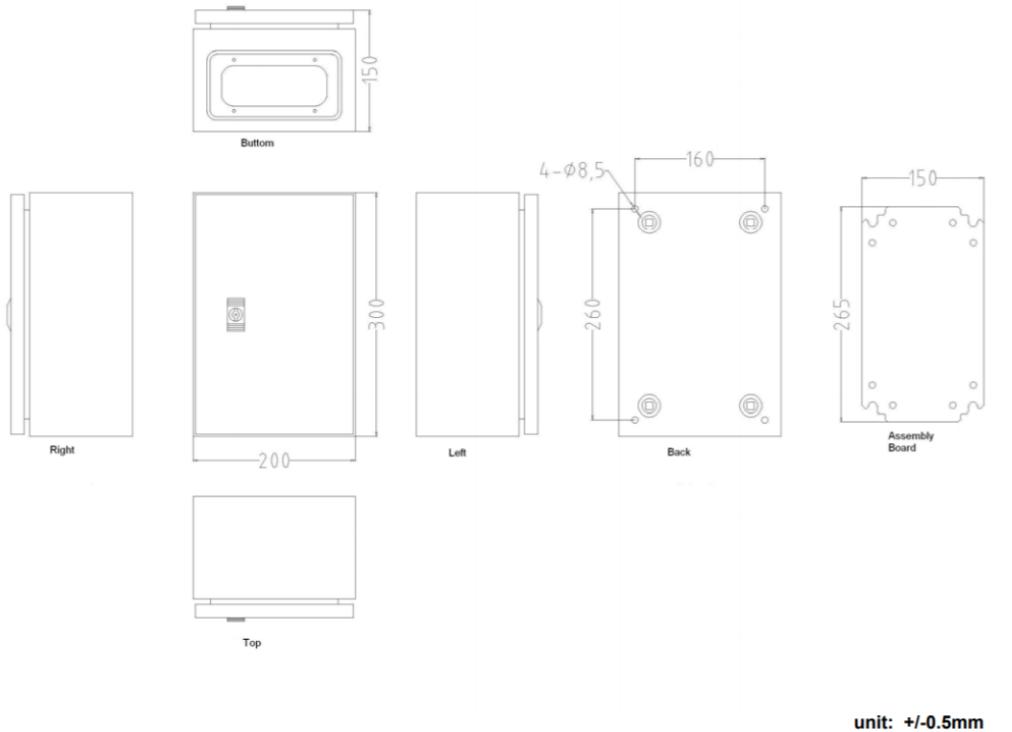
```

80
81 //PH
82 int prePhValue= analogRead(phSensor);
83 int phValue1=prePhValue/10;
84 int phValue2=prePhValue%10;
85
86 //Lager payload som skal sendes til TTN
87 //Oppsett til bytes
88 byte payload[7];
89 payload[0] = tempValue2;
90 payload[1] = turbValue1;
91 payload[2] = turbValue2;
92 payload[3] = phValue1;
93 payload[4] = phValue2;
94 payload[5] = kondValue1;
95 payload[6] = kondValue2;
96
97 ttn.sendBytes(payload, sizeof(payload));           // Sender avgårde
    payload til TTN:
98 debugSerial.println(prePhValue);
99 digitalWrite(sensorStrom,LOW);                   // setter D2 lav
100 ttn.sleep(32000);                             // skrur av
    LoRaWan modulen i x mS
101 delay(50);                                    // nødvendig med
    en liten forsinkelse for den skal skru seg ordentlig av
102
103 for(int i = 0; i < 4;i++){                  // for løkke for
    å kalle power-down i*8 sekunder
104 __asm__ __volatile__("sleep");               // Power-down
105 }
106
107 }
108
109 ISR(WDT_vect){
110 //DON'T FORGET THIS! Needed for the watch dog timer. This is
    called after a watch dog timer timeout - this is the interrupt
    function called after waking up
111 }// watchdog interrupt

```

B Tekniske datablad

B.1 RS PRO Steel Wall Box



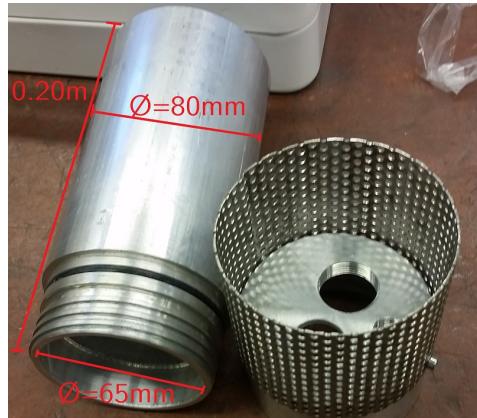
Figur 44: Dimensjonstegning, RS PRO Steel Wall Box

B.2 Rør



Figur 45: Dimensjoner, rør

B.3 Sensorhode

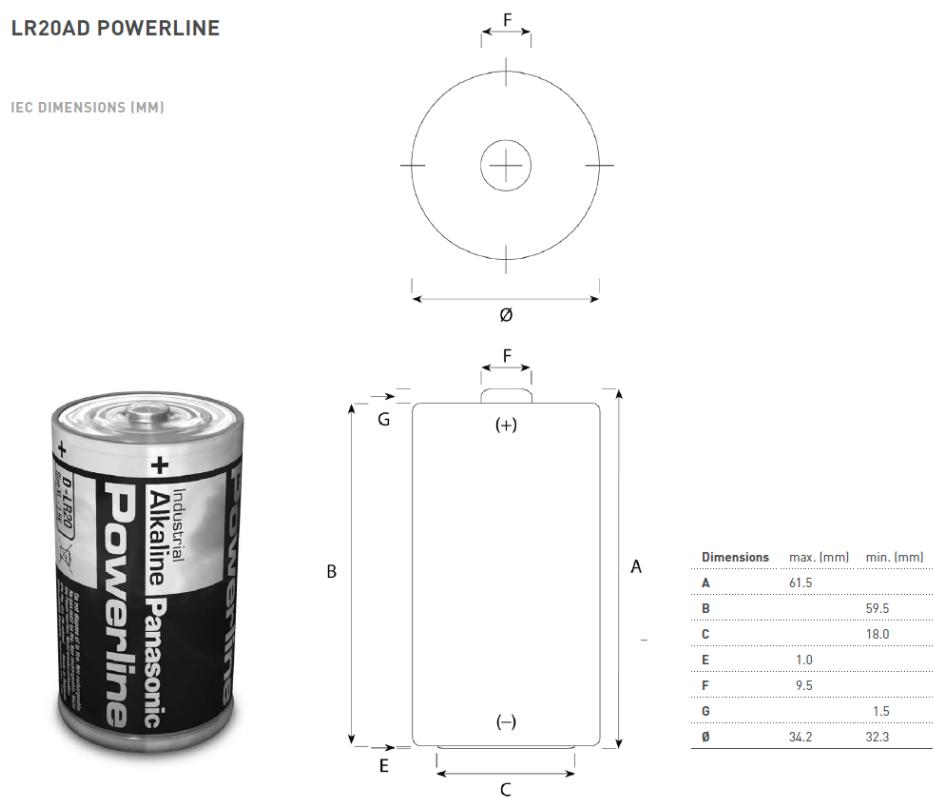


Figur 46: Dimensjoner, sensorhode



Figur 47: Dimensjoner, sensorhode

B.4 D-Batteri



Figur 48: Utklipp fra datablad(LR20AD). Utforming og dimensjoner.

C Logg kalibrering av konduktivitetsensor

C.1 Logg avskrift

Konduktivitetssensoren ble konstruert med en motstand R på $3,3M\Omega$.

Det kom tydelig fram at forsterkeren som skulle øke oppløsningen til signalet fungerte som et dempeledd, denne ble derfor kortsluttet.

Følgende ble målt for egen konduktivitetssensor:

Luft	258
Vann	266
Kortsluttet	822

Måledata for begge sensorer, gradvis tilsatt salt:

Saltpakker	Egen sensor	Fin sensor
0	6.08	266
1	64.8	288
2	8000	336
3	NA	360
4	NA	385

JF databladet til den fine sensoren har den en maksverdi på 1000.

C.2 Data ordnet

Hva	Egen sensor	Fin sensor	Merknad
Luft	258		
Vann 0	266	6.08	Dette er forventet normalverdi i bekken
Vann 1	288	64.8	Kommer elva hit er det noe galt
Vann 2	336	8000	Fin sensor er utenfor range
Vann 3	360	0	Fin snesor er utenfor range
Vann 4	385	0	Fin snesor er utenfor range

C.3 Konklusjoner

Forsøket ga ikke fryktelig gode data for kalibrering, dette skyldes i stor grad den fine sensoren. Gruppa som drifter den sier den har hatt mye problemer, den må klatibreres ofte og bruker en del tid på å svinge seg inn. Det hjelper ikke at den har et såpass lite område der den hevder å være nøyaktig.

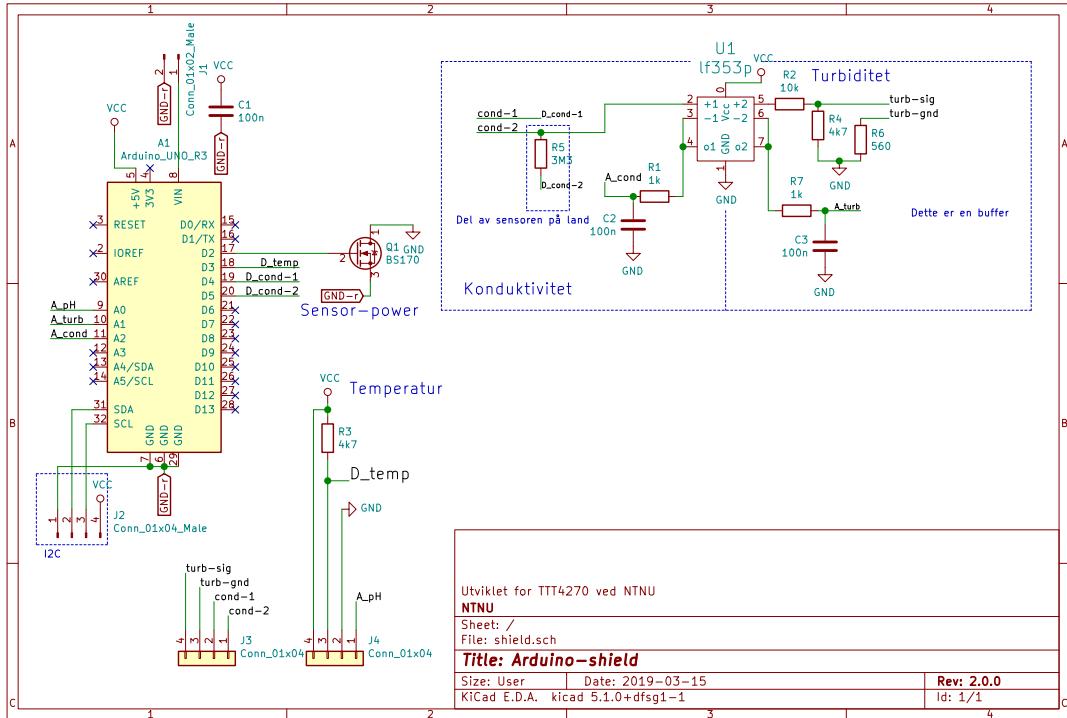
Sammenhengen mellom konduktans og resistans over sensoren er invers proporsjonal. Sammenhengen mellom resistans over sensoren og analog avlest verdi er invers proporsjonal. Antar derfor sammenhengen mellom konduktans og analog avlest verdi er lineær.

Utfra måling Vann 0 og Vann 1:

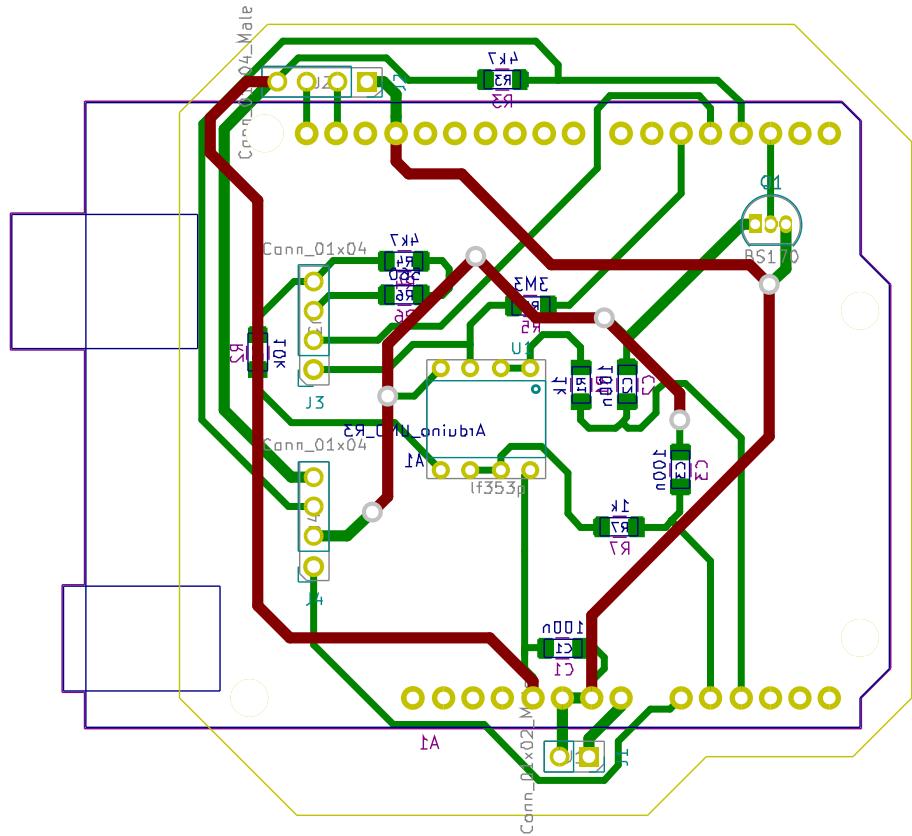
$$\text{Konduktivitet} = 2.67\text{AnalogRead} - 703.9$$

D Design av arduinoskjoldet

Figur 49 og 50 viser designet av arduinoskjoldet.



Figur 49: Kretsskjema over arduinoskjoldet i skapet. Den realiserte kretsen er vist i figur 18. Koblingene i seksjon 1C og 2C går til sensorhodet som vist i figur 17.



Figur 50: Designtegning for arduinoskjoldet i skapet