



Norges miljø- og
biovitenskapelige
universitet

Masteroppgave 2022 30 stp
Realfag og teknologi

Vurdere egnethet av virtuelle sensorer for identifisering av forurensningskilder i avløpsnett

Kusal Jayaweera
Vann- og miljøteknikk

Innhold

Forord.....	2
Sammendrag.....	3
Introduksjon	4
Teori	6
Metode.....	10
Resultater	24
Konklusjon	27
Diskusjon	30
Referanser	33
Vedlegg.....	34

Forord

Denne masteroppgaven markerer siste del av studiet mitt på NMBU som har vart i 2,5 år. Da jeg startet på vann- og miljøteknikk hadde jeg hele tiden tenkt at en oppgave med stor reell verdi var noe jeg har hatt lyst til å gjøre. Det føler jeg at jeg har kunne fått bidra med, med denne oppgaven. Denne oppgaven viser et stort potensial for hvordan renseanlegg og kommuner kan spare store kostnader ved overvåkning av overvann og avløpsvann.

Det har vært svært lærerikt å jobbe med dette temaet, fordi det inneholder mye nyttig praktisk arbeid i lab og ute på felt. Å gå ned i avløpskummer kan for noen virke ekkelt og skremmende, men læringsutbyttet man får av å gjøre noe på egenhånd, føler jeg overveier det.

I den praktiske delen av denne oppgaven jobbet jeg med Johannes Almås i lab og på felt. Det har både vært tøft i form av lange dager, men også en fornøyelse med mye latter. Jeg har også lyst å takke Harsha Ratnaweera (veileder) og Anura Arembage (assisterte oss i lab og på felt) for kontinuerlig støtte og hjelp. Ikke minst ønsker jeg å rette en stor takk til familien min for stor motivasjon hele veien.

Oslo 13.01.2022

Kusal Jayaweera

Sammendrag

Søndre Follo renseanlegg har ved flere anledninger opplevd høye topper med forurensning. Slike høye topper har vist seg å være vanskelig å rense grunnet den store forskjellen fra normalen. De ønsker derfor å se på om det finnes muligheter for at virtuelle sensorer kan brukes for å overvåke avløpsvannet og slik at de eventuelt kan finne kilden til hvor disse forurensningene kommer fra.

Virtuelle sensorer baserer seg på at man kan bruke rimelige sensorer som måler enkle parametere som for eksempel pH, konduktivitet og turbiditet for å anslå verdiene for parametere som man finner ved dyre kostbare sensorer (for eksempel fosfat og nitrat for å nevne noen). Dyre sensorer er også vanskelig å vedlike holde ved at man må bytte batteri hver dag eller annenhver dag. Et annet problem vi opplevde i dette prosjektet var gjentetting av sensorene, slik at de ikke klarte lese av verdier i vannet. Eksempler på grunn til gjentetting er toalett-papir, tørke-papir og andre gjenstander som finnes i avløpsvannet som kan tette igjen sensorene. Batteriene på rimeligere sensorer varer i snitt i en måned.

Hovedformålet med denne oppgaven er å se om det er mulig å lage virtuelle sensorer for å kvantifisere avløpsvann i Vestby kommune.

Introduksjon

Bærekraftig utviklingsmål nummer 6 fra FN fastslår at alle skal ha tilgang til rent drikkevann. 70% av jordens overflate er dekket av vann, men nærmere 1% av dette kan brukes som drikkevann (Water JPI, 2018). At det er knapphet på rent drikkevann blant verdens befolkning, er realiteten og det er opp til fagkyndige å sørge for at publikum har rent drikkevann. Fordelingen i verden, med tanke på rent drikkevann, er veldig skjev. Her i Norge har vi flere store reservoarer med drikkevann som kan forsyne både drikkevannsbehovet, men også dagligdagse behov når det kommer til vann generelt. Alt av personlig hygiene som dusjing og toalettbesøk, samt vasking av hus og bil foregår i hovedsak ved bruk av rent vann som kan drikkes. Andre steder i verden opplever man knapphet av drikkevann. Et problem som er meget fremtredende i resten av verden er at man ikke har tilgang til store og dype innsjøer med ferskvann slik man har her i Norge. Dette resulterer i at man benytter seg av grunnvann ved å borre seg ned til undervannsreservoarer under bakken og benytter seg av dette som drikkevann. Hoved motstanden man møter ved en slik tilnærming er at grunnvannsreservoarene ikke er så store at de kan forsyne en hel befolkning over en lengre tidsperiode. Man ser allerede i dag i områder nær ekvator at grunnvannstanden synker og at det blir vanskelig for befolkningen i disse landene å finne adekvate mengder med vann for sine daglige behov. Fordelingen i bruken av vann er skjev. Jordbruk og andre deler av næringslivet bruker en overrepresentert mengde av vannforbruket og dette resulterer i at den ordinære delen av befolkningen i sine husstand ikke har nok vann til viktige behov annet enn det som er mest kritisk (drikkevann og matlaging).

På den andre siden har avløpsvannshåndtering blitt vanskeligere i de senere årene. Det er flere sider ved avløpsvannshåndtering som opplever vanskeligheter. Økt avløpsvannmengde, økt mengde kjemikalier i avløpsvannet og større grad av lekkasjer enn tidligere byr på utfordringer. Avløpsledningene som er til stede i dag er mange steder laget av duktilt støpejernsrør og er lagt for mange år siden. Det er i dag mange kommuner som opplever økning av befolkning. Mange av avløpsrenseanleggene er ikke dimensjonert for økning av befolkningen som av dagens tempo. Lekk på avløpsrør er et «dobbelt egget sverd» i den

forstand at det betyr at det kommer mindre vann inn til renseanlegget, noe som er håndterbart av anlegget. Men den største utfordringen er at lekket avløpsvann kan forurense vannressurser og miljøet (jord). Lekkasje i avløpsnettene kan også forårsake innlekking av forurensninger til drikkevannsnettet ved undertrykk og hvis drikkevannsnettet også lekker. Avløpsledningene i Vestby kommune, som denne oppgaven omhandler, hadde også lekkasjer på sine avløpsledninger. Dette kommer tydeligere frem i diskusjonsdelen av denne oppgaven.



[1] Eksempelbilde av lekkasje på vannledning.

Problemer i forhold til håndtering av overvann har også blitt fremtredende de siste årene. Global oppvarming, lenger durasjon av regnvær og økning av mengde overvann har betydd at overvannsledningene til kommuner har feilet ved ekstremvær og dette har resultert i at kjellere blir oversvømt eller at vann går i overløp ut til resipient. I kommuner med fellesledning for avløpsvann og overvann vil overløp ut til resipient bety at ubehandlet avløpsvann renner ut til resipient. Dette er ikke ønskelig og bærer med seg eventuelle betydelige konsekvenser. Eutrofiering og ødeleggelse av akvatisk liv er dramatiske og verst tenkelige scenarioer, men med nok mengde ubehandlet vann og over en lenger periode er dette mulig.

En måte for kommuner og renseanlegg, både drikkevannsanlegg og avløpsrenseanlegg, å få bedre kunnskap om for eksempel kvaliteten på overvann eller avløpsvannet, er å overvåke kvaliteten på vannet ved hjelp av sensorer. Søndre Follo renseanlegg har observert store økninger i forurensningstilførsler på tilfeldige dager i måneden, som ikke kan forklares med vær og befolkningsmønstre. Søndre Follo renseanlegg, herved betegnet med forkortelsen SFR, har betydelige driftsproblemer ved slike tilfeller, og ønsker å identifisere årsak/kilder til

dette. Gjennomføring av kontinuerlig overvåkning av ulike punkter i ledningsnett er svært ressurskrevende og kostbart. Formålet med denne oppgaven er å vurdere egnethet av virtuelle sensorer for identifisering av forurensningskilder og planlegge eventuelle tiltak.



[2] Søndre Follo renseanlegg

Ettersom konseptet med virtuelle sensorer er relativt nytt, er det ikke sikkert at bruk av virtuelle sensorer for detektering av forurensningskilder er gjennomførbart. Vil det være mulig å lage virtuelle sensorer? Og vil bruken av sensorer som kun måler enkle parametere, være tilstrekkelig for å anslå verdier for mer kompliserte parametere, ved hjelp av datasett basert på labarbeid og algoritmer? Dersom det viser seg at det er mulig å lage virtuelle sensorer, er det dermed sagt at de er sikre nok til bruk i næringslivet?

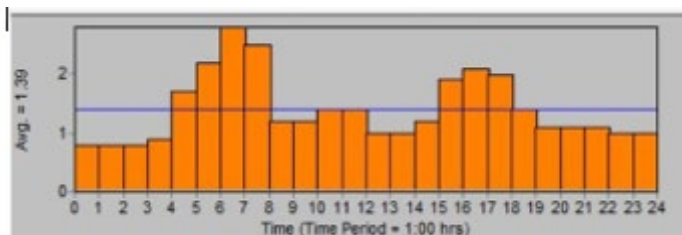
Teori

For å i det hele tatt sette i gang vurderingsprosessen for å kvantifisere avløpsvannskvaliteten i Vestby kommune er det viktig å se på hvordan vannkvaliteten endrer seg i løpet av et døgn. Vestby kommune består av både tett bebygde strøk som for eksempel sentrum og Verpetveien

(industriområde). Men kommunen har også spredt bebyggelse som for eksempel Johnsrudveien. Harsha (veileder) og Anura (som assisterte oss på felt) hadde et møte med Vestby kommune og Søndre Follo renseanlegg for å kartlegge hvilke kummer som var interessante å overvåke vannkvaliteten i. Det som etter hvert ble avgjort, var å overvåke kritiske punkter i både innløpet og utløpet til renseanlegget. Det var i hovedsak tre kummer som var interessante å overvåke fordi de representerte forskjellig type avløpsvann:

- Johnsrudveien (kum nr 1) ga oss innblikk i avløpskvaliteten i spredt bebyggelse
- Verpetveien (kum nr 2) ga oss innblikk i avløpskvaliteten for industriavløp
- Kroerveien (kum nr 3) ga oss innblikk i avløpskvaliteten for sentrumsavløpet

Vannkvaliteten, og mengde avløpsvann, på generelt grunnlag endrer seg til tider drastisk i løpet av et døgn. Man opplever typisk sett to topper i døgnet. Den ene er fra ca. 07.00-09.00 og den andre er fra 17.00-19.00. Disse toppene representerer når folk til vanlig pleier å stå opp for å enten gå på jobb eller skole, og den andre toppen representerer når folk kommer hjem. Det er ved disse to toppene folk bruker mest vann i løpet av et døgn. Man assosierer disse toppene med at folk står opp, går på toalettet, pusser tenner, dusjer og lager mat. Det samme gjelder den andre toppen når folk kommer hjem igjen.



[3] Generell graf for vannforbruk i løpet av et døgn, fordelt på timer

Dersom man skulle kvantifisert avløpsvann i dag finnes det et fåtall muligheter man kan benytte seg av. Det kommer også an på hvilke parametere i vannet man er interessert i å overvåke. Det finnes enklere typer sensorer som måler temperatur, pH, turbiditet og konduktivitet. Slike sensorer fikk vi i dette prosjektet låne av Rosim. Rosim er en bedrift som tilbyr biståelse med feltundersøkelser og drift av forskjellig typer målere. Slike sensorer er på en side lette å vedlikeholde og drifte, men viser dessverre ikke mer avanserte parametere som kan gi en god indikasjon på hvordan kvaliteten i vannet er. S::CAN er en leverandør som utvikler og selger sensorer som kan brukes for å måle parametere i overvann, avløpsvann og drikkevann. Disse sensorene er meget avanserte og kan måle langt flere parametere enn det de enklere sensorene kan. Sensorene fra S::CAN som vi fikk låne av NMBU kan måle nitrat, kof (kjemisk oksygenforbruk), bof (biologisk oksygenforbruk), UV absorbanse, pH, konduktivitet og turbiditet. Sensoren som kunne måle disse enhetene heter spectrolyser. S::CAN har også en annen sensor som heter Ammolyser. Denne kan måle ammonium og noen av enhetene spectrolyser måler, men denne ble kun programmert til å måle ammonium fordi vi hadde spectrolyser for de andre enhetene. Slike sensorer koster rundt 200.000 kr-300.000kr og de er vanskelige å vedlikeholde med tanke på at man må bytte batterier på disse daglig.



[4] bilde av spectrolyser



[5] bilde av enkle sensorer i metallring



[6] bilde av ammolyser

Det finnes allerede noen online målere ute i vassdrag i Norge. Disse online sensorene måler kun enkle parametere som Nitrogen, turbiditet, konduktivitet og flow. Disse er satt ut i regi av NVE (Norges vassdrags- og energidirektorat). Sanntidsmålingene fra disse sensorene finner man på sildre.nve.no. Problemet med disse sensorene er at målingene ikke alltid er korrekte. Smuss og andre partikler i elvebunner setter seg på sensorene og dette resulterer i at målingene ikke alltid blir like bra. Derfor kan tallene på sildre brukes som en indikasjon på hvordan kvaliteten er, men burde ikke betraktes som absolutt data og planlegge tiltak basert kun på de tallene. Et annet aspekt ved disse målerne er at de ikke finnes i avløpsnett, kun i vassdrag.

Mengden av de forskjellige parameterne er også viktig å overvåke. Det er uønskelig at det er store mengder med for eksempel nitrat, fosfat og/ eller organisk materiale (KOF) i vannet fordi dette ved ekstreme regnhendelser kan gå i overløp ut til resipienter (elver, bekker og innsjøer). Dersom disse stoffene entrer resipienter i store mengder oppstår det en prosess som kalles eutrofiering (algeoppblomstring), som er en prosess hvor det dannes alger på vannoverflaten. Underveis i denne prosessen opptas mye av oksygeninnholdet som finnes i vannet. Organisk materiale (KOF) i resipienten forbruker oksygen for å oksidere organisk karbon til CO₂. Dette kan være skadelig for det akvatiske liv. På den andre siden er disse

stoffene uønskelig fordi renseanleggene ikke klarer å håndtere store mengder av disse på en gang. Det påfører store kostnader for anleggene og i verste fall kan ikke alle parameterne fjernes før vannet slippes ut i resipienter.

Det er ikke mye forskning som er gjort på virtuelle sensorer før. Virtuelle sensorer er et konsept hvor man samler inn mange (flere hundre) vannprøver og kjører forskjellig analyser i lab for å avgjøre hvor mye av de forskjellige parameterne som er i vannet. Etter å ha gjort alle lab analyser og fått tall på alle parameterne, fører man tallene inn i et databehandlingsverktøy, for eksempel unscrambler som er brukt i dette prosjektet. Ved hjelp av algoritmer kan man på denne måten anta verdier av parametere som ikke kan måles med enkle sensorer. For eksempel kan en sammensetning av pH, turbiditet og konduktivitet anta verdier for, for eksempel kjemisk oksygenforbruk, fosfat og ammonium. Det er blitt sagt at det ikke finnes vitenskapelige forklaringer på hvordan slike utfall kan forekomme, og resultatene man får er kun basert på statistikk og algoritmer. Det er derimot verdt å nevne at jo flere datasett man har med verdier fra lab jo sikrere kan man anslå verdier for avanserte parametere ved hjelp av enkle parametere.

Metode

Metodekapittelet kan deles inn i tre deler, slik at beskrivelsen blir litt enklere:

- Lab

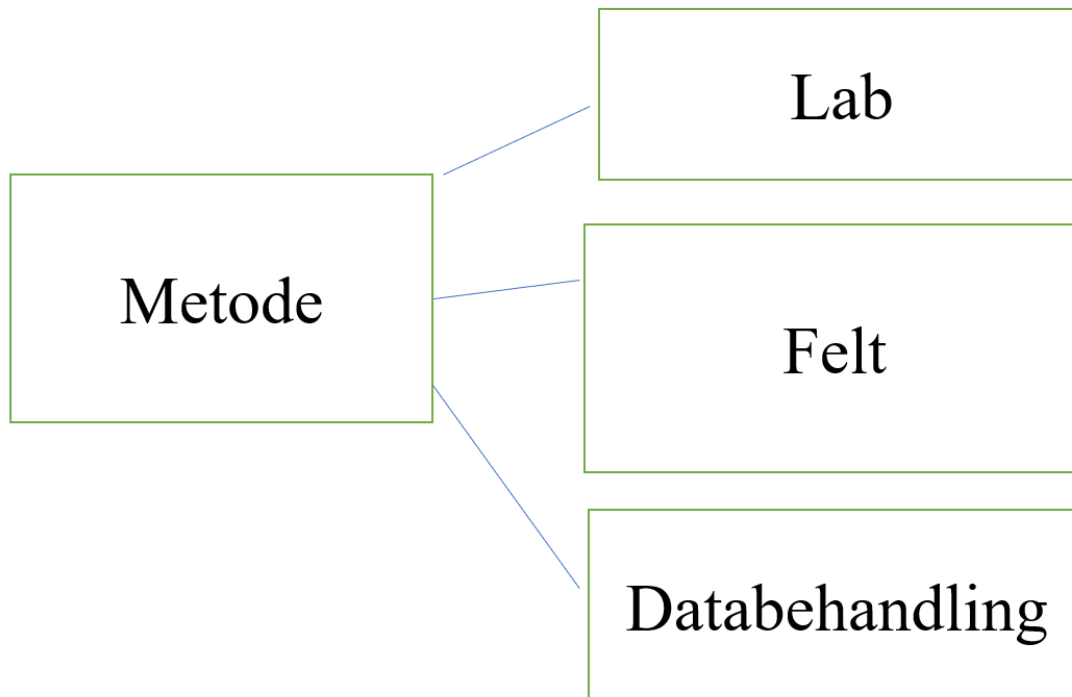
Beskrivelse av hvilke analyser som ble utført på lab

- Felt

Beskrivelse av arbeidet som ble utført på felt

- Databehandling

Beskrivelse av arbeidet som ble utført med datasettene i unscrambler



[7] flytskjema for oppdelingen av metodekapittelet

Lab

Disse analysene ble utført på lab:

- pH måling
- Konduktivitet
- Turbiditet
- Total suspendert stoff

- Total-COD HACH (kjemisk oksygenforbruk)
- Filtrert-COD HACH (kjemisk oksygenforbruk)
- TOD (totalt oksygenforbruk)
- Total-fosfat HACH (Hver 5. prøve som kontroll for systema)
- Orto-fosfat PO₄ HACH
- Totalt fosfat systema
- Ammonium NH₄ systema
- Nitrat NO₃ systema
- Orto-fosfat systema

Vannprøvene blir først hentet av oss i felt. De blir helt over fra flaskene i prøvetakeren og over til 400ml flasker vi tar med oss fra lab. Deretter bringer vi flaskene tilbake til lab for analyse. pH sonde føres ned i flasken og måleren blir slått på. Første gangen pH måleren brukes tar det rundt 3 minutter for måleren å lese av. Dette er fordi måleren kalibrerer seg og slik at man får mest nøyaktig avlesning. Samtidig som man fører pH sonden i flasken, kan man også føre konduktivitets sonden i samme flaske. Dette ble gjort for å spare tid. På denne måten kan man lese av verdiene for pH og konduktivitet samtidig og deretter gå over til neste flaske. Slik gjør man for alle 24 flaskene (24 flasker for hver av timene i døgnet).

For å måle turbiditet brukes turbidimeter som finnes i lab. Man heller ufiltrert prøve i et prøveglass som er ment for turbidimeteret, og leser av verdien som kommer opp. Verdien som kommer opp, pleier som regel å hoppe veldig mellom et minimumsnivå og et maksimumsnivå. Derfor må man vente 45 sek-1min før man leser av slik at man får mest mulig nøyaktig avlesning. Prøveglasset skyldes grundig med destillert vann, gjerne flere ganger slik at man er sikker på at prøveglasset er rent før neste prøve helles oppi.

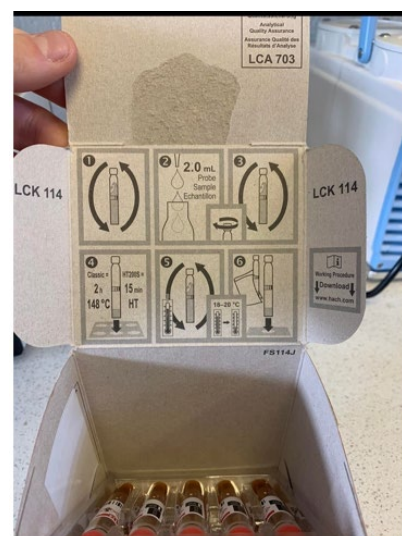
Målinger av totalt suspendert stoff (også kalt TSS) er det mest tidkrevende analysen man gjør i lab. Små filter legges i en aluminiumsskål og veies på en vekt. Deretter gjør man klar filtreringsutstyret. Man monterer sammen filtreringsutstyret og kobler det til vakuumsmaskinen. Man bruker en vakuumsmaskin slik at vannet renner lettere gjennom filteret og inn i flasken som er skrudd på filtreringsutstyret. Avløpsvann har ofte store

partikler og matrester, derfor er det viktig at man ikke heller oppi for mye vann. Hvis man heller oppi for mye vann blir filteret mett og vannet renner ikke gjennom selv ved bruk av vakuumsmaskinen. Av erfaring er rundt 30-50 mL den ideelle vannmengden slik at man har nok vann til filtrerte analyser senere, men også nok slik at all vannet renner gjennom filteret. Etter at alle 24 prøvene er filtrert, legger man filtrerne i varmeskapet (95 grader celcius) i minst 1,5 timer. Man kan ha filtrerne liggende i varmeskapet over natta hvis det er det siste man gjør i lab før man drar hjem. Deretter veies filtrerne på nytt og man finner ut TSS ut ifra de 24 prøvene ved å beregne differansen mellom filtrerne før og etter avløpsvannet ble helt over.

For å måle total COD bruker man HACH test-kits man fikk utlevert av veileder. For å måle total COD for avløpsvann bruker man test-kit ved navn LCK114. Denne har et avlesningsspekter på 150-1000 mg/L O₂. Man kan ikke brukes samme test-kits man bruker for overvann fordi den har lavere avlesningsspekter. Først rister man på ampullen slik at væsken inni ligner på appelsinjuice. Deretter tilsetter man 2 mL av ufiltrert prøve i ampullen også vender man opp ned på ampullen flere ganger slik at innholdet blir godt blandet. Det er viktig å holde på lokket fordi glasset blir veldig varmt når innholdet blander seg. Deretter legger man ampullen i en spesiallaget ovn (148 grader celcius). Man repeterer dette for alle 24 prøvene og venter i 2 timer til varmeprosessen er ferdig. Etter 2 timer tar man ampullene ut av ovnen og rister på dem slik at innholdet som har sedimentert blir blandet sammen med resten av innholdet. Deretter venter man til prøvene er avkjølt til romtemperatur og man leser av verdien i en HACH måler.



[8] Esken til LCK114 prøvene



[9] Gjennomførelsen av TCOD og FCOD



[10] HACH ovn



[11] HACH avleser

For filtrert COD følger man akkurat samme prosess som total COD. Den eneste forskjellen er at man bruker det filtrerte vannet fra TSS analysen som beskrevet tidligere. Som resultat av dette pleier som regel verdiene for filtrert COD å ligge litt under verdiene for total COD.

For å måle TOD (totalt oksygenforbruk) benyttes LAR analysatoren som finnes på lab. Ufiltrerte vannprøver helles oppi prøveglass med magneter i. Alle 24 prøvene + 5 kontrollprøver (destillert vann) plasseres på et Brett med magnetisk bunn. Det er en knapp på maskinen som gjør slik at den magnetiske bunnen sender et magnetisk signal til magneten i prøveglassene slik at denne begynner å spinne. Man gjør dette for at partiklene i prøvene ikke skal sedimentere og man får representative prøver kontinuerlig. Før man starter analysen må man kjøre et forprogram som heter «unbubble». Dette gjør man slik at alle bobler i nålen som skal trekkes opp og dyttes ned vann er helt fri for bobler. Dette tar rundt 10 minutter. Etter dette kan man starte analysen. For alle 24 prøvene og kontrollprøvene pleier det som regel å ta 8 timer. Vannet fra prøvene trekkes opp av en nål og dyttes ned i et brennkammer. Etter at alle analysene er utført, får man opp totalt oksygenforbruk på pc-en ved siden av. Kalibreringskurve for denne maskinen hadde allerede blitt laget av labingeniøren. Derfor var det ikke nødvendig å utføre det på nytt. Kalibreringen på denne maskinen behøves ikke gjøres så ofte, i motsetning til systema maskinen.

Det ble også målt fosfat med HACH test-kits Dette ble gjort som kontrollprøver for systemanalysene, fordi verdiene man får fra HACH maskinen er mer troverdig enn verdiene i systemet grunnet alle mulige feilkilder som kan oppstå i systemet. Det ble tatt kontrollprøve av hver 5. vannprøve vi hadde. Prøvenummer 1, 5, 10, 15, 20 og 24 ble analysert med HACH test kits for fosfat (både orto-fosfat og totalfosfat). Forskjellen på total-fosfat og orto-fosfat er at total-fosfat er nedbrutt slik at slik at man får totalt antall fosfat molekyler, mens orto-fosfat er flere molekyler sammen. Fosfat test-kit som blir brukt for avløpsvann er LCK350. Denne har et avlesningsspekter på 2-20 mg/L fosfat. Det er to forskjellige utførelser av testen, avhengig av hvilken type fosfat man skal måle:

1. Fjerner aluminiumsfolien på toppen av lokket
2. Tilsetter 0,4 ml av vannprøven
3. Rister 2-3 ganger
4. Alle 24 prøvene settes inn i HACH ovnen i 30 min på 120 grader
5. Venter til prøvene har blitt avkjølt og rister slik at væsken i ampullen blir godt blandet
6. Tilsetter 0,5 ml B-solution
7. Skruv av lokket og skruv på DosiCap (C) og rister 2-3 ganger
8. Venter 10 min og rister en gang til
9. Leser av i HACH avleseren

Hvis man skal måle total-fosfat skal alle 9 steg følges. Dersom man skal måle orto-fosfat skal man utføre steg 2, 6-9. Prøvene settes ikke i ovn ved måling av orto-fosfat.



[12] Steg for måling av fosfat på HACH



[13] LCK350 esken

Før hvordan målinger i systemet gjøres, er det viktig å fortelle litt om hvordan systemet maskinen fungerer. Komplette fremgangsmåter ved bruk av systemet vil bli lagt ved. Når man bruker systemet er det veldig viktig at man er nøyaktig med oppveining og tilsetning av forskjellige stoffer. Dersom man kun bommer med noen få milliliter, kan det ha betydning på hvor nøyaktig maskinen leser av verdier. Før man setter i gang med bruk av maskinen, må man først få på plass kalibreringskurver for de forskjellige parameterne man skal måle. I systemet maskinen ble det målt:

- Orto-fosfat
- Total-fosfat (Begge fosfat analysene kjøres med samme kalibreringskurve)
- Ammonium
- Nitrat

Når man skal lage en kalibreringskurve for fosfat må man først følge brukerveiledningen til leverandøren for hvordan man lager kontrollprøven av fosfat. Etter man har laget denne må man lage flere fortynninger av denne kontrollprøven. Kontrollprøven for fosfat var på 1000 ppm (parts per million). Etersom prøvene våre kunne ha lavere verdier av fosfat enn dette var det viktig å lage en fortynningsrekke som dekker alle mulige verdier av fosfat avløpsvannet potensielt kan ha. Derfor lagde vi en fortynningsrekke på 50-25-12,5-6,25-3,125-1,56-0,78-0. Dette ble gjort for å sikre at kalibreringskurven som ble laget for fosfat var sikker på å dekke hele spekteret av verdier for fosfat som er vanlig i avløpsvann. For å lage fortynningsrekkene fortynner man med destillert vann. Deretter setter man inn verdiene for fortynningene i systemet programmet som målverdier for hvor kalibreringskurven skal treffe.

Samme fremgangsmåte brukes for å lage kalibreringskurver for nitrat og ammonium. For ammonium ble det brukt en fortynningsrekke på 50-40-20-10-5-2.5-1.25-1-0. For nitrat ble det brukt 20-20-5-2.5-1,25-0,75-0,375-0,1875.

Før man starter med å måle noen av parameterne i systemet, må man lage reagenser prøvene skal blandes slik at maskinen klarer å lese av hvor stor konsentrasjon av en parameter som er i hver prøve. For fosfat (både orto-fosfat og total-fosfat) er det kun to reagenser som brukes.

Disse kan kalles R1 og R2. For å lage reagensene trenger man 3 forskjellige utblandinger (stocks).

- Stock A består av 4 g ammonium molybdate utblandet med 100ml destillert vann
- Stock B består av 14 ml konsentrert H₂SO₄ blandet ut med 100ml destillert vann
- Stock C består av 0,3 g antimon kalium tartrate blandet ut med 100ml destillert vann

R1 lages ved å blande 15 ml stock A, 50 ml stock B og 5 ml stock C, oppbevares kjølig og har en noe lang holdbarhet. Dersom løsningen er misfarget er løsningen dårlig. R2 lages ved å blande 1,8 g askorbionsyre med 100 ml destillert vann.

For å måle nitrat trenger man 3 reagenser. R1 er laget av 5ml CuSO₄ utblandet med 100ml destillert vann. R2 er laget av 0,12 g hydrazine utblandet med 100ml 0,4N natrium hydroksid. R3 er laget av 2 g sulfanilamide, 42 ml konsentrert hydrogenklorid (HCL) og 0,2 g naphthylenediamine utblandet i 200 ml destillert vann.

For ammonium har man 2 reagenser og 3 stocks.

- Stock A består av 30 g natrium fenoksid og 5,5 g natrium hydrogen karbonat utblandet i 200 ml destillert vann
- Stock B består av 10 g EDTA utblandet i 200 ml destillert vann
- Stock C består av 0,1 g nitroferricyanide utblandet i 200 ml destillert vann

For R1 blandes 7,5ml stock A, 7,5 ml stock B og 10 ml stock C. For R2 blandes 8,8 ml 14% natrium hypoclorite med 40 ml destillert vann.

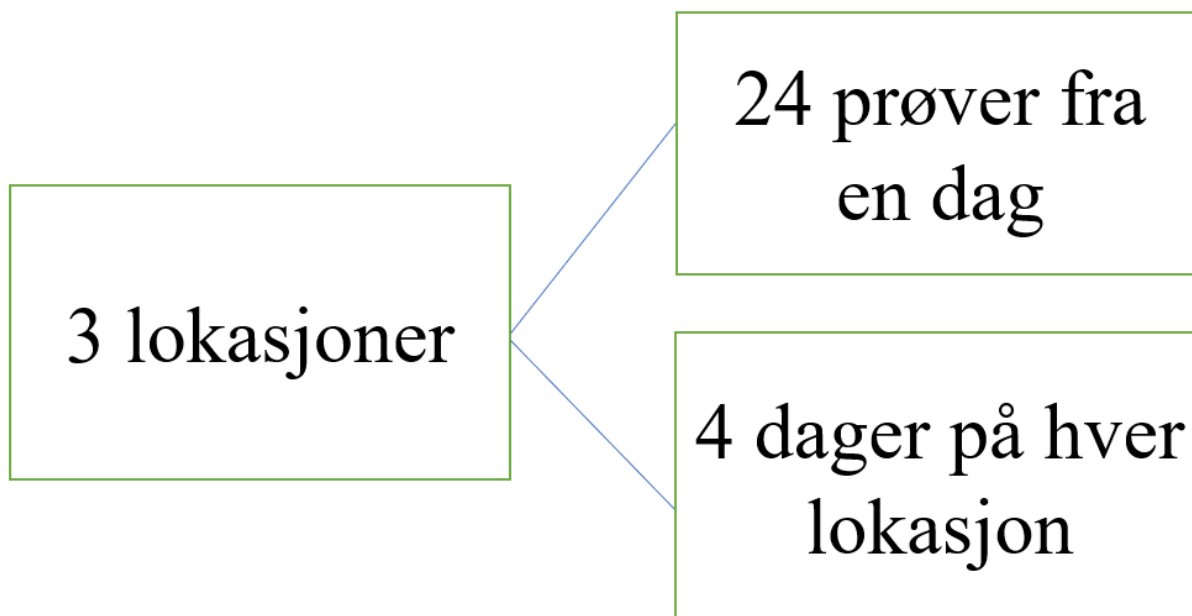
For å måle orto-fosfat i systema, helles filtrerte prøver i små reagensglass som er ment for systema maskinen. Etter å ha fylt på 24 glass lager man kontrollprøve for hver 10. prøve med en kjent konsentrasjon av fosfat. 5 ppm ble brukt som kontrollprøver for fosfat i dette prosjektet. Dersom man lå en dag etter med systema målinger var det mulig å kjøre en dobbeltest med til sammen 48 prøver pluss kontrollprøver. Dette var mulig fordi systema maskinen har kapasitet til å måle 60 prøver.

Ved måling av total-fosfat følges samme oppskrift som for orto-fosfat, men for total-fosfat må prøver først i trykkoker for å løse opp fosfat molekylene. Deretter følges samme prosedyre som med orto-fosfat. Når man skal klargjøre prøvene for autoklaven (trykkokeren) følges «SM 4500-P B TOTAL PHOSPHORUS-SAMPLE PREP» metoden som er lagt ved som vedlegg. Man har først oppi 10 mL filtrert prøve, 200 mikroliter svovelsyre og 0,1 gram (tippen av en måleskje) kalium peroksidulfat. Deretter klargjøres autoklaven ved å fylle vann og glassflasker, slik at bunnen av brettet prøvene ligger i ikke treffer bunnen av autoklaven. Etter å ha satt karusellbrettet med ferdigpreppet prøver slås autoklaven på. Deretter venter man 10 min og lukker utløserventilen. Når temperaturen i autoklaven når 121 grader startes en timer på 30 min. Etter 30 min slås autoklaven av og man må vente til temperaturen i kammeret når 90 grader før man åpner utløserventilen. Da vil trykket som har bygget seg opp i kammeret komme ut. Etter dette venter man 40 min til før autoklaven kan åpnes. Dersom man ikke venter lenge nok med å åpne utløserventilen og autoklaven, risikerer man å brenne seg.

For måling av nitrat og ammonium følges stegene for orto-fosfat kun med endring av innhold av kontrollprøve og kalibreringskurve.

HMS i lab er veldig viktig, og det er noen av stoffene som jobbes med som er kreftfremkallende. Derfor var det viktig at vi brukte riktig labutstyr og beskyttelsesvern slik som labfrakk, vernebriller, engangshansker og munnbind når man håndterte kreftfremkallende stoffer som for eksempel hydrazine.

Felt



[14] Illustrasjon av hvordan det ble innhentet prøver

Utstyr som ble brukt i forbindelse med feltarbeid:

- Vadere
- Refleksjakke
- Hansker
- Gassmåler
- Egen bil eller REALTEK bil
- Prøvetaker (ISCO)
- Sensorer
- Stige
- Vernesko
- Flasker
- Tapetkniv
- Papirrull
- Hodelykt
- Strips



[15] Bilde av prøvetakeren som ble brukt i dette prosjektet

Første lokasjon i Vestby for dette prosjektet var en kum i Johnsrudveien. Området er preget av spredt bebyggelse og en del skog. Det første som ble gjort var å laste bilen med utstyret nevnt i utstyrslisten over. Når man ankommer lokasjonen tar man på seg vernesko og refleksjakke slik at beboere og bilister ser oss. Og siden vi jobber i en kum er det viktig å ha på seg vernesko slik at om skal kunne miste kumlokket på føttene, vil ikke det ha alvorlige konsekvenser. Vi prøvde først å installere spectrolyser og ammolyser (S::CAN) som vi hadde brukt for overvann i Nordre Follo. Etter at sensorene hadde vært i kummen over helg, hadde mye papir og andre partikler i avløpsvannet festet seg til sensorene slik at de ikke klarte å lese av verdier i vannet. Som et resultat av at papir, avføring og andre partikler hadde festet seg på sensoren, hadde de ødelagt vannstrømmen i røret og det bygd seg opp en del vann i kummen. Det ble avgjort med hjelp fra Anura at vi måtte finne på en innretning som ikke ødela vannstrømmen så mye. Vi kom opp med at det kunne vært lurt å rulle sensorene i en netting slik at de ikke tok opp så mye plass i kummen. Men dette fungerte ikke da papir og smuss hadde festet seg på nettingen, slik at sensorene ikke fikk nok vann for å lese av verdier. Etter forslag fra veileder gikk vi over til å bruke rimelige sensorer som festes på innsiden av en metallring. Vi målte diameter til røret i kummen til å være 200mm, slik at vi kunne låne en 200mm metallring fra Rosim. Dette viste seg å fungere bra, fordi partikler ikke hadde noe sted å feste seg og vannstrømmen gikk relativt som normalt med noe oppbygging i timene hvor vannforbruket var høyest.



[16] Resultat av papir som festet seg på nettingen



[17] Med sensorer i metallring



[18] Første innretning med PVC rør rundt sensorene, ble tettet igjen av papir. Noe papir var fjernet før bildet ble tatt

Det ble innhentet 4 sett med prøver, hvorav en av de var en helgeprøve. Når det ble hentet prøver i hverdagene ble prøvetakeren programmert slik at den fyller 100ml hvert 15. minutt. Etter en time er en flaske på 400ml fylt opp, så den gikk over til neste flaske for neste time. Slik gikk den i 24 timer slik at alle 24 flaskene var fylt opp. For at det skulle være mulig å fylle opp 24 flasker i løpet av en helg, måtte prøvetakeren programmeres slik at den fyller 50ml hvert. 15 minutt. Slik at det tar to timer før flasken på 400ml var fylt opp. Prøvetakeren

tillot å utsette starten, så den ble programmert på fredag til å starte 06.00 på lørdag og bli ferdig 06.00 på mandag.

Etter å ha samlet inn 4 sett med prøver fra Johnsrudveien, flyttet vi oss videre til lokasjon 2 som var Verpetveien. Denne kummen befinner seg på et jordet. Som et resultat hadde det bygget seg opp en del jord inne i kummen. Referer til bilde nr. 5 i denne oppgaven som illustrasjon på hvordan det var inne i den kummen. Her ble det også foretatt 3 prøver på hverdagene og en helgeprøve.

Deretter flyttet vi oss videre til Kroerveien (ved siden av Vestby VGS) for å innhente prøver. Utfordringen med denne kummen var innløpet i kummen fra 400mm og utløpet var 250mm. Etersom metallringen vi brukte for å holde sensorene var 200mm, ble denne for liten, og ville mest sannsynlig bli ført med vannet innover i røret. Vi kom opp med at vi kunne stripse metallringen fast i en planke som ligger på tvers, for å motvirke at sensorene blir slukt inn i røret. Dette fungerte bra og vi kunne hente prøver fra denne kummen også.



[19] Innløpet er 400mm og utløpet er 250 mm



[20] Metallringen festet i en plankebit

Databehandling

Etter at vi ble ferdig med lab- og feltarbeid, måtte vi bruke tallene vi hadde fått i lab for å prøve å lage en virtuell sensor. Det ble satt opp flere møter med Knut Kvaal (lærer for IT-fag) hvor det ble forklart hvordan man bruker unscrambler og forskjellige funksjoner innad i programmet.

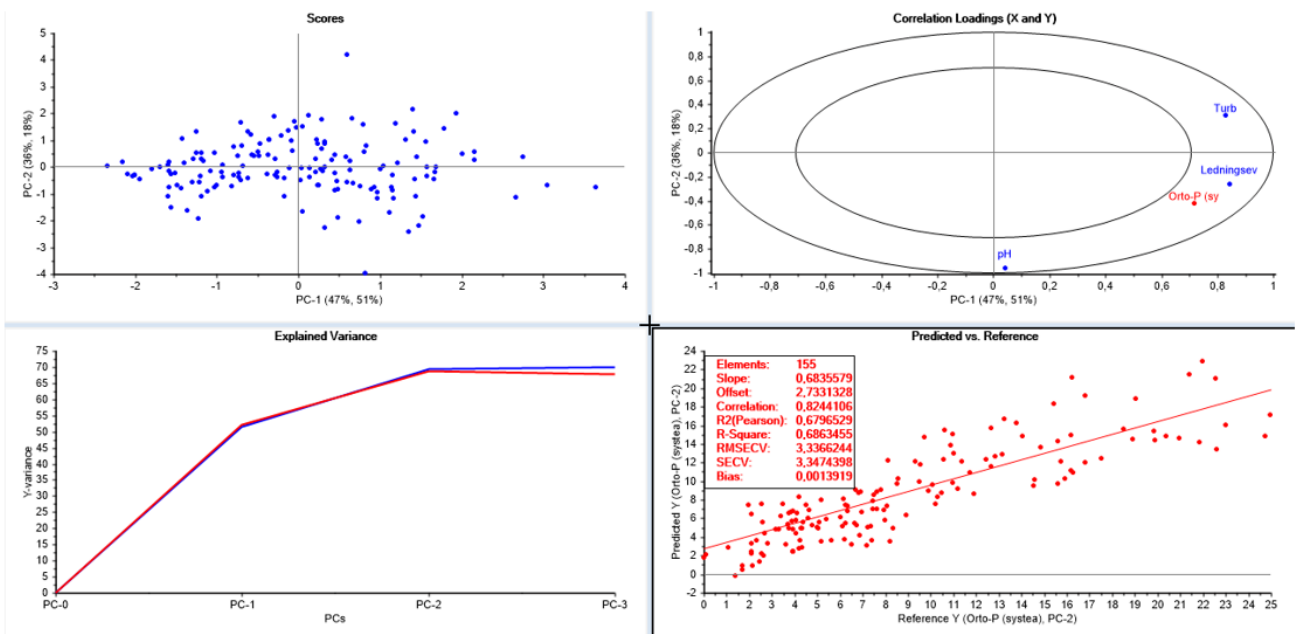
På det første møtet med Knut ble det lagt frem excel arkene vi hadde med tall fra lab. Grunnet for kort tid og forsinkelser med feltarbeid, var det ikke mulig å gjennomføre alle analysene på lab og ha tall for alle testene fra alle dagene. Vi ble fortalt av Knut at analyser med urealistiske tall og analyser som ikke var komplette måtte fjernes fra regnearket før det ble importert til unscrambler. Dette fordi urealistiske tall vil være med å påvirke korrelasjonsgraden til algoritmen og at blanke celler i excel ville bli avlest som nullverdier i unscrambler. Når man setter inn for mange nullverdier i unscrambler vil programmet prøve å anslå hva som ville stått der basert på de andre cellene. Dette ville gitt feil resultat fordi vannmengde og konsentrasjon av forurensning i avløpsvannet endrer seg over et døgn. Dette ville gitt feil verdier i unscrambler.

Etter å ha fjernet de radene med «missing values» og urealistiske verdier prøvde vi igjen. Sensorene som ble brukt til dette prosjektet hadde avlest konsentrasjoner av pH, ledningsevne og turbiditet hvert 10. minutt. Derfor trakk vi ut verdier fra sensordata som var nærmest den tiden prøvetakeren tok opp en prøve fra vannet. Dette for å sikre at sensordata og prøve fra prøvetaker var nærmeste mulig lik i forhold til forurensning. Tall fra sensordata ble satt i en egen kolonne i excelarket. Deretter skulle vi sette labverdiene opp mot sensordata i unscrambler. I både labdata og sensordata har verdier for pH, ledningsevne og turbiditet, slik at man har et sterkt grunnlag for algoritmen. Vi kalte labdata for «x-lab» og sensordata for «y-sens». Etter å ha kjørt «principal component regression», var det fortsatt noen parametere som var utenfor signifikansnivået i unscrambler. Derfor måtte data «vaskes» og «finpusses» før en ny analyse. Det som menes med dette er at man fjerner tall som ligger langt utenfor grafen vist i unscrambler. Man gjorde dette ved å fjerne «outliers» (uteliggere) og kjøre analysen på nytt og se etter forbedring. I et veiledningsmøte sa veileder at det er ønskelig med et R-tall

(korrelleringstall) på 0,8 eller bedre. Dette sier noe om hvor bra tallene korrelerer. Etter å ha fjernet «outliers» og kjørt PCR analyse på nytt fikk man til slutt et resultat som tilfredsstilte kravene for R-tall på 0,8 for noen av parameterne.

Resultater

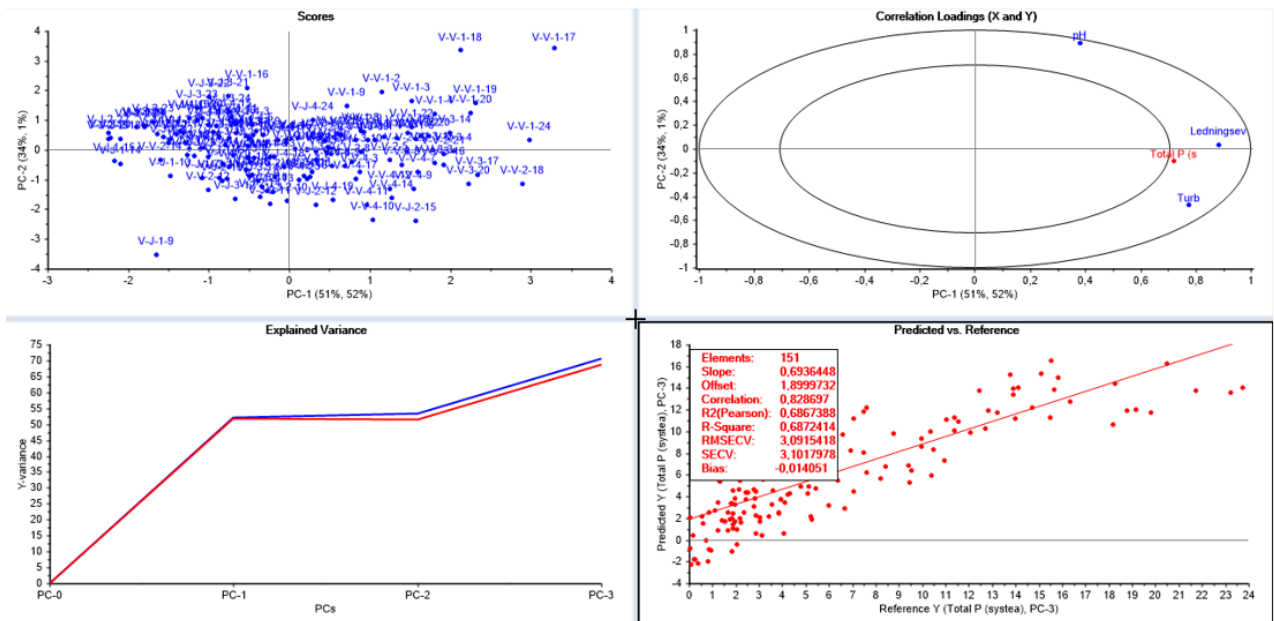
Resultater fra unscrambler:



[21] Resultat av PCR test for orto-p (systea)

Beta Coeffi ...		Orto-P (syst...
PC-2		1
B_0	1	-7,0984
Turb	2	0,3009
pH	3	0,3981
Ledningsev ...	4	0,4934

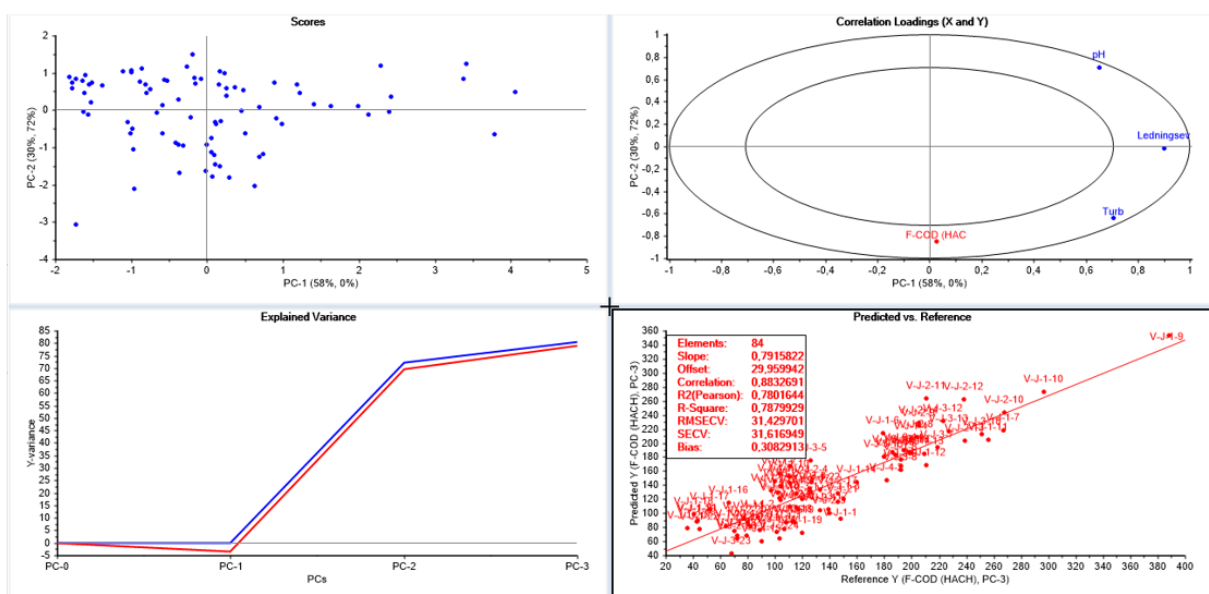
[22] Betakoeffisient for orto-p (systea)



[23] Resultat av PCR analyse for total-fosfat (systema)

Beta Coeffi...		Total P (sys...
PC-3		1
B_0	1	0,8437
Turb	2	0,0254
pH	3	-0,1294
Ledningsev...	4	0,8509

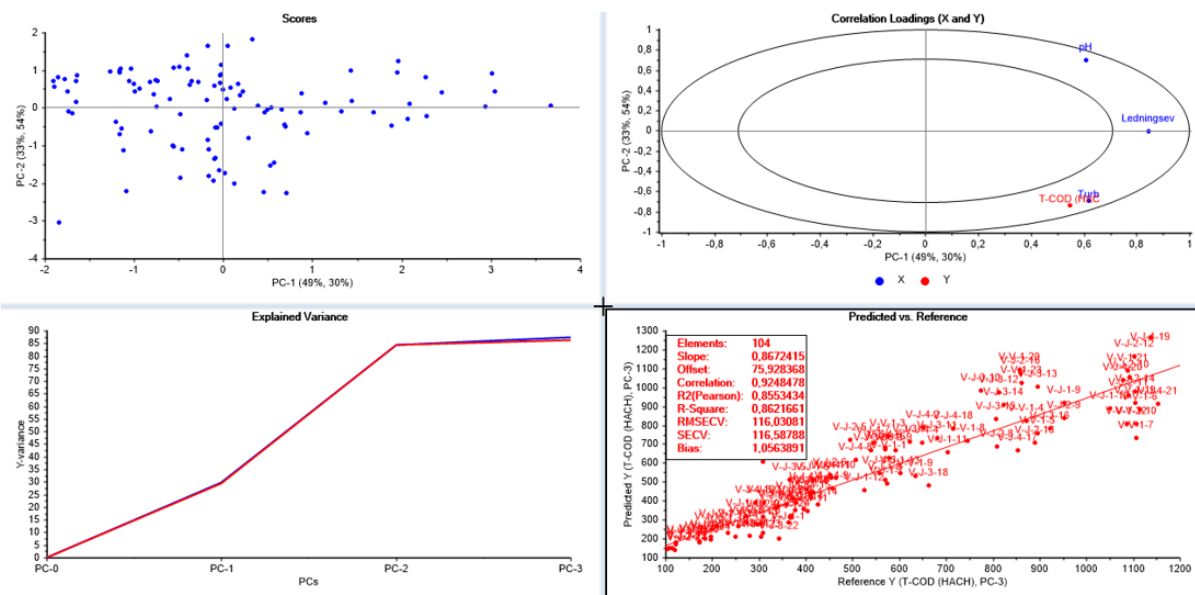
[24] Betakoeffisient av total-p (systema)



[25] Resultat av PCR analyse av F-COD (kjemisk oksygenforbruk, filtrert vann)

Beta Coeffi ...		F-COD (HA...
PC-3		1
B_0	1	14,8569
Turb	2	0,3617
pH	3	-0,8673
Ledningsev...	4	0,3774

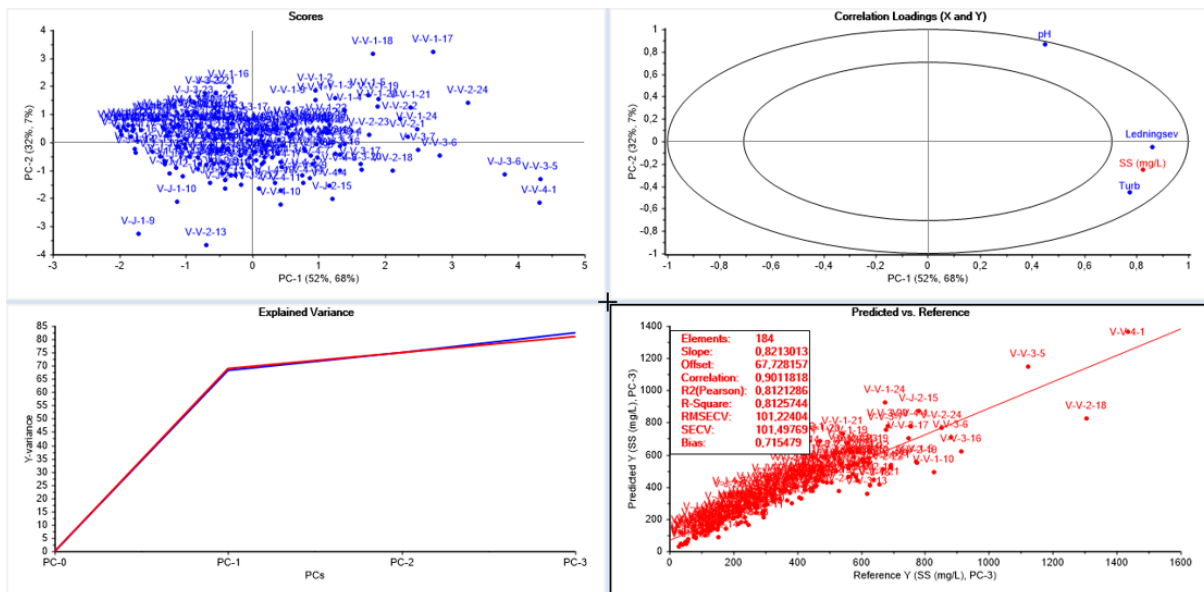
[26] Betakoeffisient for FCOD



[27] Resultat fra PCR analyse for TCOD (kjemisk oksygenforbruk, ufiltrert vann)

Beta Coeffi ...		T-COD (HA...
PC-3		1
B_0	1	3,0003
Turb	2	0,8705
pH	3	-0,1900
Ledningsev...	4	0,1470

[28] Betakoeffisient for TCOD



[29] Resultat fra PCR analyse for SS (suspendert stoff)

Beta Coeffi ...		SS (mg/L)
PC-3		1
B_0	1	-2,0885
Turb	2	0,7847
pH	3	0,1241
Ledningsev ...	4	0,1896

[30] Betakoeffisient for SS

Konklusjon

I resultatdelen er det kun utdrag fra PCR analyse for noen av parameterne. Grunnen til dette er fordi de parameterne som ikke var inkludert manglet en del data og derfor ble ikke PCR testen veldig bra. Noen av de hadde R-tall på 0,2-0,4 og var utenfor sirkelen for «correlation loadings», noe som betyr at resultatet ikke er signifikant. For de parameterne som er inkludert, viser det et stort potensial for at virtuelle sensorer kan bli brukt for å overvåke avløpsvann ved hjelp av rimelige sensorer.

For orto-p (systea) ser vi at R-tallet er på 0,7. Det er ikke helt 0,8 som er ønskelig, men meget nærme og viser at det kunne vært mulig med et større datasett. Resultatet er innenfor «correlation loadings» sirkelen, som betyr at resultatet er signifikant. Betakoeffisienten viser hvordan programmet kan regne ut verdi av orto-p basert på de kjente parameterne fra sensorene. For orto-p ser vi at RMSECV er 3,33, dette sier noe om hvor sikker korreleringen i modellen er. Dette er en usikkerhetsverdi, og betyr at verdiene vist for orto-p kan variere med +3 eller -3.

For total-p observeres det også et R-tall på 0,7 og RMSECV på 3. Grunnen til dette er muligens fordi begge parameterne er fra systea og med samme kalibreringskurve og reagenser. For både orto-p og total-p hadde vi et noe stort datasett fordi kalibreringskurven ikke måtte oppdateres.

For FCOD ble resultatet et R-tall på 0,78, noe som er veldig nærme 0,8. Og kan muligens bli sett på og behandlet som et R-tall på 0,8. Videre i resultatet er verdiene for FCOD innenfor «correlation loadings» sirkelen. FCOD har en RMSECV på 31. Dette er egentlig ikke et høyt tall fordi på lab målte vi FCOD til å ha et stort sprik i løpet av et døgn og verdiene kunne variere med rundt 100 mg/L. Videre ser vi på betakoeffisienten av programmet bruker de tallene av de kjente verdiene for å beregne en verdi for FCOD.

For TCOD får vi et R-tall på 0,86, noe som er meget bra og ønskelig. Verdien er over 0,8 som man ser på som en grense for hvor kredibel modellen er. Videre ser vi en RMSECV på 116. I lab har vi målt TCOD til å være fra 100-1000 mg/L avhengig av om det har regnet eller ikke. Noe som indikerer på at det er innlekkasje av regnvann i avløpsvannet i Vestby.

For SS har vi et R-tall på 0,81, noe som er svært bra og ønskelig. Vi ser også fra resultatet av PCR analysen at verdiene for SS befinner seg innenfor sirkelen for «correlation loadings», noe som viser at verdiene er signifikante.

Med resultatene vi fikk i tankene, besvarte vi spørsmålene på slutten av introduksjonen? Var det mulig å lage virtuelle sensorer? Og dersom det viste seg at det var mulig, er de sikre nok til bruk i næringslivet? De virtuelle sensorene laget i denne oppgaven viser helt klart et stort potensial. Det viste seg at det var mulig å konstruere virtuelle sensorer som anslår verdier for kompliserte parametere, basert på enkle parametere målt med enkle sensorer. For noen parametere fikk vi et R-tall på 0,8 og over, noe som viser oss at tallene korrelerer svært bra. Det var også noen parametere som nesten nådde «målet» for 0,8 i R-tall, men ikke helt. For eksempel orto-p og total-p hadde et R-tall på 0,7. Grunnen til dette kan være fordi man trengte et større datasett. Andre grunner kan være at systemet maskinen målte litt feil, noe som er mulig med tanke på at en liten feilmåling ved lagring av reagenser kan resultere i feil avlest resultat. Andre grunner kan være prøvenes holdbarhet. Ved utfordringer knyttet til måling av nitrat på systemet, ble vi forsinket med et par dager. RMSECV forteller noe om hvor bra korreleringen er. For å besvare spørsmålet om de virtuelle sensorer laget i denne oppgaven er klar bruk i næringslivet, vil svaret på det være nei. Det kreves et større datasett og prøver innhentet fra tørre dager, våte dager, og alle årstidene for å lage virtuelle sensorer sikre nok til å anslå verdier man kan stole på. Sensorene laget i denne oppgaven, gir en viktig pekepinn på at det faktisk er mulig å bruke virtuelle sensorer for detektering av forurensningskilder i næringslivet.

Videre arbeid med virtuelle sensorer bør være fokusert å samle inn så mye data som mulig. For å bygge en sikker virtuell sensor, er det viktig at man har et datasett som er tatt fra forskjellige kummer, under forskjellige værforhold. På denne måten finner man en verdier som ikke er sterkt preget av værhendelser, noe som kan ha skjedd under dette prosjektet. Et annet viktig aspekt for videre utvikling av virtuelle sensorer er å opprettholde en høy standard når det gjelder labarbeid. Feilmålinger, sløvheter og andre faktorer kan spille inn på resultatet av analysene, noe som igjen vil påvirke nøyaktigheten i antagelsene i den virtuelle sensoren.

Diskusjon

Som nevnt i konklusjonsdelen er ikke resultat av PCR analysen med for alle parameterne som ble målt i lab. Grunnen til dette er fordi vi ikke rakk å utføre alle analysene før vi måtte starte med databehandlingsdelen av oppgaven. En annen grunn er tallene vi fikk fra analysene i lab ikke var holdbare og kunne brukes i modellen. For eksempel målte LAR maskinen TOD en dag til å være 10x det som er normalt. Dagen etter viste den normale tall uten at kalibreringskurven hadde blitt endret. Hvorfor dette skjedde er vanskelig å si fordi det er mange faktorer som spiller inn i hver eneste prøve som blir tatt. I tilfellet med TOD prøvene kan det hende at glassene ikke var rengjort godt nok mellom hver test, eller at det destillerte vannet i beholderne hadde blitt dårlig selv om det ble byttet en eller to dager før.

For nitrat hadde vi en kalibreringskurve helt ned til 0,1875 ppm. Dette skal være i grunn være lavt nok til å detektere selv lave verdier av nitrat i avløpsvannet. Det ble også laget nye reagenser hver dag, og til tross for dette fikk vi negative tall som resultat. Vi fikk bra tall på lokasjon 1, men i lokasjon 2 og 3 fikk vi kun negative tall. Etter forhøring med veileder ble det bestemt at vi hopper over å teste nitrat i systema. Grunnen til hvorfor dette skjedde er uklar. Vi gikk gjennom alle diagnostiseringssteg for å prøve å finne ut hvor feilen kunne ligge, men det er fortsatt uklart hvorfor vi fikk negative tall.

En annen grunn til hvorfor ikke rakk å fullføre alle testene var fordi vi opplevde problemer med sensorene på Johnsrudveien. Som vist i bilder på metode delen samlet det seg mye papir og andre gjenstander på sensorene slik at de ikke klarte å lese verdier i vannet. Gjenstander man ikke skal spyle ned i avløpet som for eksempel kondomer og kjøkkenhåndklær satt også fast i sensorene, noe som ødela vannstrømmen i røret. Dette resulterte i at det bygde seg opp mye vann i kummen. Dette skjedde gjerne etter en helg uten tilsyn. Etter litt pinking med pinner og fjerning av store objekter gikk vannstrømmen som normalt igjen, men dette viste at

innretningen som ble bruk ikke var holdbar fordi vannet ville bygget seg opp igjen. Etter prøving og feiling med tre forskjellige innretninger ble det avgjort at vi skulle gå fra S::CAN sensorene og over til enkle, rimelige sensorer lånt av Rosim. Etter denne endringen møtte vi ikke på noen problemer, men dette forsinket prosjektet med tre uker.

Holdbarheten til prøvene er en mulig feilkilde for hvorfor noen av prøvene viste unormale eller negative tall. Grunnet utfordringer som beskrevet om nitrat i systemet, forsinket det oss og det resulterte i at vi ikke rakk å gjennomføre alle testene på en dag. PH, ledningsevne og turbiditet ble alltid målt samme dag som innhenting av prøvene. Men for noen av de andre parameterne gikk det noen dager to-tre dager før tester ble utført. Prøvene ble oppbevart i kjølerommet som er kaldt og mørkt, men det er vanskelig å si om dette hadde noe å si for hvor godt prøvene holdt seg.

Resultatene for noen av parameterne i dette prosjektet viste stort potensial for at det faktisk er mulig å benytte seg av virtuelle sensorer for å overvåke avløpsvannet. Det er derimot verdt å argumentere for at om virtuelle sensorer skulle bli brukt for reelle oppdrag ville et større datasett vært ønskelig. Muligens 10 lokasjoner med 4 dager hver og feilfri lab arbeid, er nok til å bygge et sterkt nok datasett slik at alle parameterne får korrelasjonsverdier over 0,8. Det hadde vi ikke tid til å gjøre i dette prosjektet grunnet tidsbegrensninger.

Regnværsdager bøy også på utfordringer i form av generelt lave verdier av alle parameterne som ble målt i lab. Når vi skulle hente prøver fra prøvetakeren etter at det hadde regnet, kunne vi se i kummen at vannet nesten var klart. Til vanlig pleier avløpsvannet å være brunt og grumsete. Verdiene vi fikk på lab lå jevnt over, under det som var normalt. For eksempel for TCOD målte vi noen ganger verdier opp mot 1000 mg/L, men etter regndager var dette tallet rundt 100 mg/L. Dette skyldes at regn trenger seg inn på avløpsnett.

Det er mulig det også ble gjort menneskelige feil under prøvetakingen og lab arbeidet i dette prosjektet. Det er fort gjort å blande flasker når man fyller oppi fra prøvetakeren, uten at man merker det. Eller at man har målt feil i lab, noe som kunne gi feil resultater. Det er veldig små marginer for feil ved arbeid på lab.

Hvis vi ser på kost-nytte ved bruk av virtuelle sensorer, ser man fort veldig tydelig at det er svært billigere å bruke virtuelle sensorer enn tradisjonelle dyre sensorer som fra for eksempel S::CAN. Et eksempel på hvor mye man kan spare dersom bruk av virtuelle sensorer benyttes:

Case 1: En kommune kjøper inn 3 spectrolysere og 3 ammoniaksensorer slik at de kan overvåke 3 kummer samtidig. Pris for hver av sensorene ligger på ca. 200 000,-. Det betyr at renseanlegget må betale 1 200 000,- som et engangsbeløp. Disse sensorene er vanskelige å drifte fordi de krever daglig vedlikehold og batteribytte. Man ansetter to driftsoperatører (fordi man ikke skal gå ned i en kum alene) med f.eks. 400 kr/time timelønn. Etter et år vil kostnaden for kun å overvåke kummene bli 2 640 000,-

Case 2: Kommunen velger å benytte seg av virtuelle sensorer og kjøper 3 pH sensorer, 3 ledningsevne sensorer og 3 turbiditetssensorer. Pris varierer veldig, men vi kan tenke oss at en slik sensor koster 3000,-. Det betyr et engangsbeløp på 27 000,- for kommunen. Det trengs ikke å ansette driftsoperatører fordi batteriene varer en måned av gangen, og sensorene krever ikke annen vedlikehold fordi gjentetting ikke er et problem fordi de er festet i en metallring.

Det er så klart flere variabler som spiller inn i casene beskrevet over, men det er mulig å spare mye dersom man har et godt datasett og virtuelle sensorer kan utvikles. Dette betyr igjen at det ikke kun er renseanlegg eller store/mellomstore kommuner som har mulighet til å overvåke avløpsvannet sitt, men også små kommuner som sliter med uregelmessige topper med forurensning. Bedrifter i privat sektor kan også ha god nytte av virtuelle sensorer for konsulentjobber i samarbeid med renseanlegg eller kommuner.

Referanser

S.:CAN. (2022). *www.s-can.at*. Hentet fra <https://www.s-can.at/en/products/spectrometer-probes/>

Statistisk sentralbyrå. (2022). *www.ssb.no*. Hentet fra <https://www.ssb.no/kommunefakta/vestby>

Wang , X., Ratnaweera, H., Holm, J. A., & Olsbu, V. (2017). *Statistical monitoring and dynamic simulation of a wastewater treatment plant: A combined approach to achieve model predictive control*. Ås: Elsevier.

Water JPI. (2018). *Water Harmony-Water JPI 2018 Joint Call*. Ås: Water Harmony.

Bildekilder

Figur [1]

<https://www.ht.no/incoming/article426375.ece?service=mobile>

Figur [2]

<https://www.mediasenteret.no/sondre-follo-renseanlegg/>

Figur [15]

<https://www.houm.no/produkt/provetaker-portabel-m-karusell-og-datalogger/>

Vedlegg

NO2 Nitrite

	Sulfanilamide 2.0g	200mL	1 Month
R1	Conc HCL 42mL		
	N-1-Naphthylenediamine 0.2g		

Other
 Fill bottle with approx 150mL DI water. Add HCL, then adjust to 200mL and allow to cool
 Dissolve 2g Sulfanilamide
 Dissolve 0,2g of N-1-Naphthylenediamine

NO3 Nitrate + Tot N

		Dilute to	Stability
Stock 0.4N NaOH	8g NaOH pellets	50mL	Stable
Stock 0,5% CuSO4	0,05g	100mL	1 Month
R1	5mL CuSO4 stock	100mL	Stable
R2	Hydrazine 0.12g	100mL	1 day
	Sodium Hydroxide 0.4N		
R3	Sulfanilamide 2.0g	200mL	1 Month
	42mL Conc HCL		
	N-1-Naphthylenediamine 0.2g		

Other
 R2 weigh ca 0,12g hydrazine in R2 bottle. Fill up to 100mL with 0.4N NaOH
 R3: Add HCL to 150mL water and allow to cool. Add 2g sulfanilamide and then add 0.2g diamine. Fill up to 200mL with DI Water
 Store all solutions in refrigerator
 If internal control is way off, make new R2 and then try again

NH4 Ammonium

		Dilute to	Stability
Stock A:	30g Sodium Phenoxide	200mL	at least 2 weeks
	5,5g Sodium hydrogen carbonate		
Stock B:	10g EDTA	200mL	at least 2 weeks
Stock C:	0,1g Nitroferricyanide	200mL	at least 1 weeks
R1	7.5mL Stock A	mix in reagent bottle	Check internal controll 1-2 days in instrument
	7.5mL Stock B		
	10mL Stock C		
R2	Dilute 8,8mL 14% to ca 40mL		1 day

Other:
Sodium hypochlorite
 Prepare R1 in fume cupboard!
 Make R1 in the reagent bottle, wear gloves and use finger as stopper when mixing chemicals
 Phenoxide waste in a waste bottle in fume cupboard
 All reagents are sensitive to light so make reagents and then place stocks in fridge
 If internal controll is way off make a new R2

PO4 Ortho-Phosphate + Tot P

		Dilute to	Stability
Stock A	4g Ammonium molybdate	100mL	Colourless = Ok
Stock B	14mL Conc H2SO4	100mL	Stable
Stock C	0.3g Antimon Potassium tartrate	100mL	Stable
R1	15mL Stock A	Mix	Check internal controll
	50mL Stock B		
	5mL Stock C		
R2	1,8g Ascorbic acid	100mL	Stable in refridgerator

Other:
 R1: Mix Stock A & B and allow to cool, then add stock C

(Oppskrift og fremgangsmåte for reagenser på systemet)

SM 4500-P B Total Phosphorous - Sample prep

Procedure: Use 50 mL or a suitable portion of thoroughly mixed sample.

Add 0.05 mL (1 drop) phenolphthalein indicator solution. If a red color develops, add H₂SO₄ solution dropwise to just discharge the color.

Then add 1 mL H₂SO₄ solution and either 0.4 g solid (NH₄)₂S₂O₈ or 0.5 g solid K₂S₂O₈.

Heat for 30 min in an autoclave or pressure cooker at 98 to 137 kPa.

Allow to cool, add 0.05 mL (1 drop) phenolphthalein indicator solution, and neutralize to a faint pink color with NaOH. Make up to 100 mL with distilled water. In some samples a precipitate may form at this stage, but do not filter. For any subsequent subdividing of the sample, shake well. The precipitate (which is possibly a calcium phosphate) redissolves under the acid conditions of the colorimetric reactive phosphorus test.

Suggestions for Systea volumes:

10mL homogenous sample

200 μ L 5M Sulphuric acid

Tip of a spoon (0.1g) solid Potassium peroxodisulphate. Weigh first time to check yourself

If you add NaOH with phenolphthalein: Don't use precipitate on systea as the needle or tubes can get blocked

(Fremgangsmåte for forberedelse av prøvene før de skal i autoklaven)

DO NOT USE WHEN ALONE IN THE LAB

Autoclave -HSE

Closing and locking

- Take the lid and make sure that the red knob is turned to open.
- Lid is put on 30° turned counter clockwise. Then turn the lid clockwise until the handles are in line with each other.
- Turn the red knob to closed = locked.
- Open the steam release cock (turn black knob anti-clockwise).
- Turn the red maximum indicator of the manometer (pressure gauge) to "0".
- Pressure control valves with two temperatures have to be set to the desired temperature by rotating cup until it comes to a stop. Anticlockwise to 125°C / 115°C – and clockwise to 140°C / 121°C. Do NOT open the small screw on the regulating valve.
- Set the black thermostat knob to the same temperature as sterilization valve at the lid.

Opening

- Open the steam release cock (turn anticlockwise).
- Push & turn red knob to open position. Steam release valve will be opened. Steam escapes.
- Turn lid anticlockwise and remove.
- To get better drying of the loading remove the basket from the chamber and let it cool down to room temperature before taking goods out.

Operating autoclave

Turn on autoclave having the steam release knob open

After 10min, close steam release knob

Once temperature reaches ~121°C, start timer for 30min

After 30min, turn off power and then **carefully** open steam release knob. Make sure that the steam hose not points towards any persons or delicate equipment

Wait until temperature goes below 70 degrees before opening the lid, ca 40minutes.

Risk of severe scolding if not followed!

Wait until temp is lower than 90°C

(Fremgangsmåte for bruk av autoklaven)

TOD measurements

Computer password: floy5-R%-2018

The instrument is set up to be controlled by both the instrument controller and by the software.



Use the key to open the front door on the instrument.

Remove the clip and empty the condensate bottle

Make sure the **gas is turned on -Blue valves on wall**

Run software QuickCOD on the computer

Click **Select calibration** fane and then set calibration range with the **select** button. This will automatically changes inlet gas flows appropriate to the measurement range. For higher ranges, the system stabilizes in under a minute but lower calibration ranges can take up to 10min. You can check stabilization of ppm O₂ in the **Sensor** fane.



Note the injection volume for the chosen method.

It is only possible to use one calibration range per sequence so it might be better to dilute high samples for one long overnight run. Running very high COD samples on a low calibration may cause soot that can block the furnace leading to instrument fault.

Click **measure** fane and then press **description** button to enter the name of your sequence. The PC is set up to only log data and it will wait for the start signal given by the instrument. Start sequence by clicking the **series** button.

Then prepare your sequence in the instrument controller.

Grab controller and press back button 1-2 times until root menu is shown (PAL LSI)

- Press options and select job queue by pressing enter button.
- Press enter on Job1(UnBubble) and then press back. Press option and then start Job1. Unbubble only have to be done once a day.
- Wait until system has purged the needle for air and then e
- Enter Job2(QuickCODLahQueue) to set up your sequence
 - o First sample index: 1
 - o Last sample index: Your number of samples
 - o Sample volume: Specified in calibration method in software, change if necessary. Push enter and use scroll wheel to adjust it up or down and then set by push enter.
 - o Sample Rack: LAR Rack
 - o Total number of measurements: Nr of replicates per sample, 3 to 5 is enough
 - o Total number of samples: Same as your number of samples

Then exit sequence builder

In PC software, now press the **Series** button in the measurement fane

Then in instrument controller, press **options** and **start Job2**.

After instrument is done:

Clear all vials from tray and empty the condensate bottle. Turn gas off.

DO NOT turn off instrument!

Troubleshoot: Sometimes the **PC software** forgets to finish sequences. If that happens then make sure that the instrument measurement is complete and then press cancel measurement button in the measure fane.

(Fremgangsmåte for bruk av TOD (LAR) maskinen og programvaren)



Norges miljø- og biovitenskapelige universitet
Noregs miljø- og biovitenskapelige universitet
Norwegian University of Life Sciences

Postboks 5003
NO-1432 Ås
Norway