



Måling av partikler i avløpsvann



Science Camp 2019

for elever på videregående skole



Trøndelag
fylkeskommune



NTNU

Skolelaboratoriet for
matematikk, naturfag og teknologi



1 Innledning

Notatet beskriver oppbyggingen, kalibrering og bruk av et hjemmelaget turbidimeter. Tanken er at instrumentet skal kunne anvendes til måling av partikkeltetthet i avløpsvann og drikkevann.

Et turbidimeter er et instrument som måler spredningen av lys fra partikler i en væske. Instrumentet er om mulig ment å kunne kalibreres mot et profesjonelt instrument. Hovedhensikten er imidlertid at deltagerne skal få en forståelse av hvordan instrumentet fungerer. Instrumentet skal også kunne fungere som et kolorimeter (måling av absorpsjon).

2 Arbeidsoppdrag

2.1 Beskrivelse

Et turbidimeter måler *spredningen* av lyset som sendes inn i væsken, derfor må lyskilden og lyssensoren plasseres på vegger som står vinkelrett på hverandre. Graden av spredning avhenger av størrelsen og konsentrasjonen av partiklene.

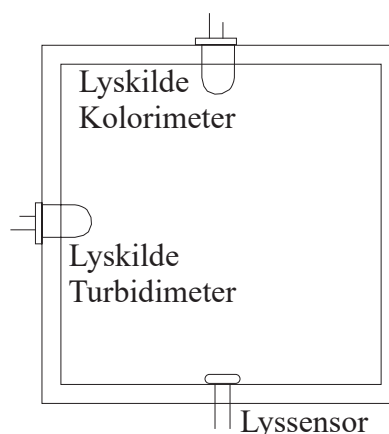
Samtidig kan vi måle *absorbansen* til væskeblandingen, dvs. hvor mye av det utsendte lyset som absorberes i væsken. For å måle absorpsjon plasseres lyskilden rett overfor sensoren. Dette kaller vi et *kolorimeter*.

Både absorpsjon og spredning vil være avhengig av fargen til lyset som sendes ut. Det er ikke uvanlig å bruke IR-LED som kilde for turbidimetermålinger, og ulike farger tilpasset absorpsjonsspekteret til oppløsningen. Her har vi foreløpig valgt å bruke hvitt lys.

For å hindre strølys fra å forstyrre målingene våre, monteres lyskilder og sensor i et lystett kammer. Kammeret er så stort at det kan romme et plastkrus med plass til 1,5 – 2 dl vann. På sikt kan man også tenke seg et mindre oppsett tilpasset *dramsglass*.

Senere skal vi bruke turbidimeteret til å måle innholdet av partikler i drikke- og avløpsvann o.a. Vi vil sammenligne målinger gjort med vårt hjemmelagde instrument med et profesjonelt måleinstrument og om mulig kalibrere turbidimeteret vårt. Vurdering av kvaliteten til instrumentet og ev. forslag til forbedringer vil være et mål med utforskningen.

For å utføre målingene bruker vi en Arduino mikrokontroller som styrer lyskildene, leser av sensorverdiene og skriver ut måleverdiene på et lite display.



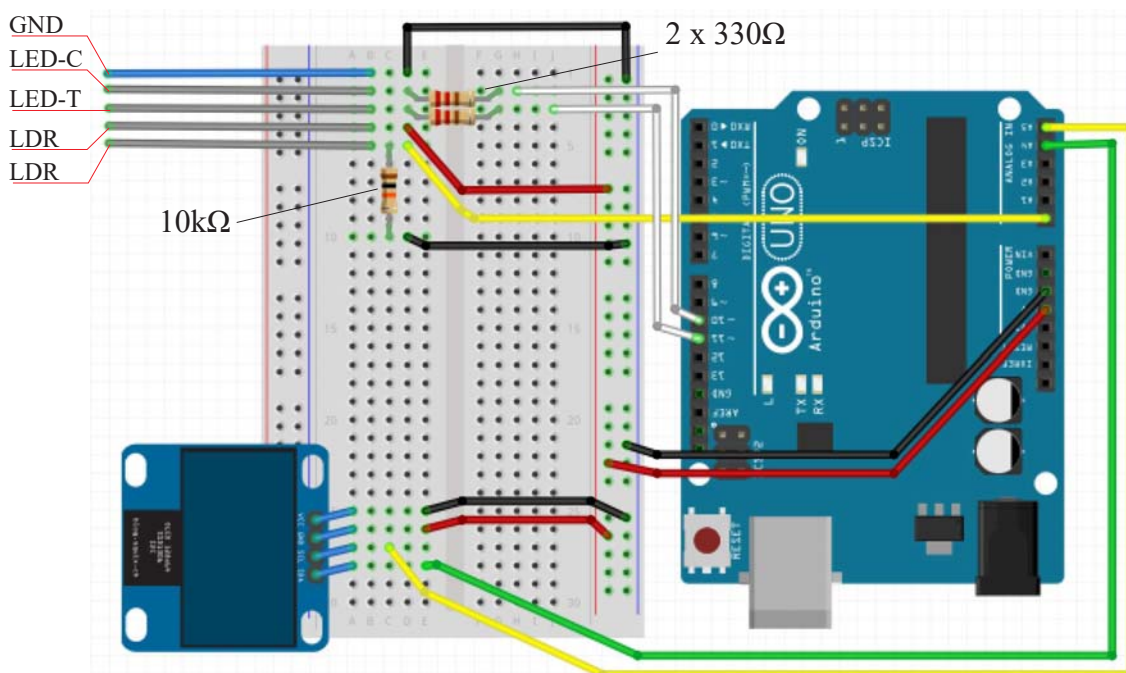


2.2 Oppdrag

Oppdrag 1 – Monter turbidimeteret:

Først skal vi koble opp kretsen på et koblingsbrett. Vi bruker et ferdig montert kyvettehus hvor lyskilder og sensorer er montert. En flatkabel forbinder kyvettehuset med koblingsbrettet.

- Koble opp måleinstrumentet. Bruk *Sparkfun Inventors kit* pluss tilbehør for å koble opp kretsen med display som vist på figuren under. Flatkabelen knytter sammen kretsen og kyvettehuset med lyskilder og sensorer som vist over.



Figuren til høyre viser hvordan koblingsbrettet er konstruert, dvs. hvilke tilkoblingspunkter som er forbundet med hverandre med elektrisk ledende skiner på undersiden av hullene. Disse er markert med røde og blå linjer.

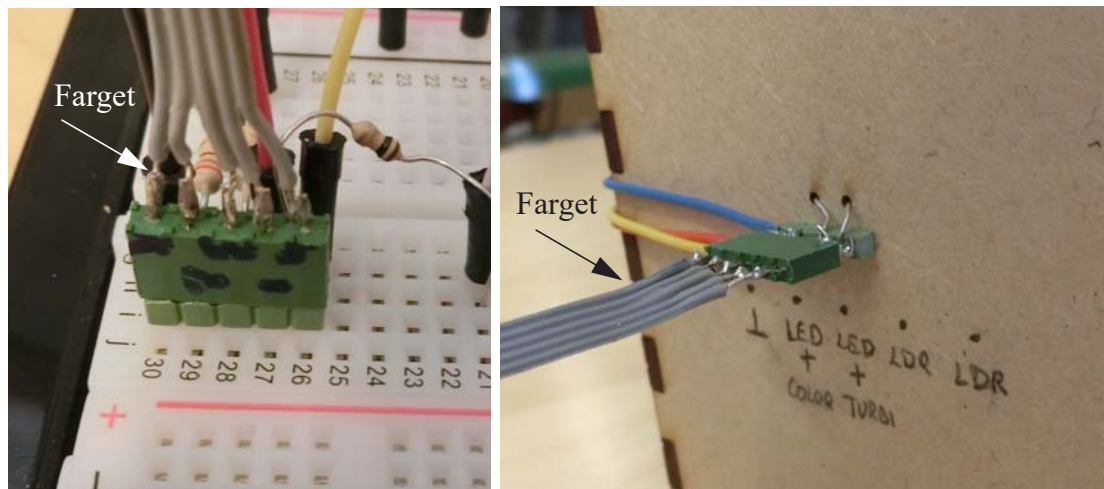
Vi lar den nederste raden med huller være pluss (+) og den nest nederste minus (-) som vist på figuren over.



NB! - MERK AT DET BRUKES TO TYPER MOTSTANDER 2x330Ω (oransje, oransje, brun) og 1x10kΩ (brun, sort, oransje).



En flatkabel med 5 ledere kobler kammeret sammen med Arduino-kretsen.



OBS! PASS PÅ AT FLATKABELLEN PLASSERES RETT VEI. Det ytterste ledere er farget blå eller sort.

Oppdrag 2 – Program for måling av lysspredning

Før vi laster opp programmet skal vi gi en meget kort introduksjon til bruk av programeditoren til Arduino'en.

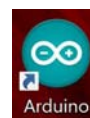
- Hent programmet for bruk i turbidimeteret.

Hent programmet fra katalogen Science Camp 2019/Partikler i avlopsvann/Arduino filer/ eller hentprogrammet fra nettsiden: <https://www.ntnu.no/skolelab/bla-hefteserie>
Gå ned til fanen: *Science Camp 2019*

Programvare Turbidimeter, lastes ned [her](#) og hent: *turbidi_1.0.ino*

Legg den et sted på PC'en hvor dere finner den igjen

- Start Arduino IDE (editoren til Arduino)
Startes ved å trykke på programikonet (vist til høyre)



Kort innføring i bruk av Arduino editoren:

Når du åpner editoren ser du følgende bilde:





Det viktige er menylinjen og ikonene som er vist på figuren under




1. Koble Turbidimeteret til PC'en ved hjelp av USB-kabelen

Prosedyre for å sette opp editoren for kortet Arduino UNO:

2. Velg "Verktøy" fra menylinjen. Velg "Kort" og velg "Arduino/Genuino UNO" fra lista
3. Velg "Verktøy" fra menylinjen. Velg "Port" og velg den porten med høyest nummer fra lista

Prosedyre for å behandle programmet:

4. Hent opp programmet dere lastet ned ved å velge: 
Velg "Åpne" og finn fila dere lastet ned

5. Sjekk at programmet er uten syntaksfeil ved å velge 

6. Kompiler og last opp programmet til Arduino UNO i turbidimeteret ved å velge 

Programmet skal nå befinne seg i Arduinoen i turbidimeteret

Studer programkoden

Studer programmet: *turbidi_1.0.ino* og tegn et enkelt flytdiagram.

Flytdiagram

```
// Programmet gjør 500 målinger av spredt lys, midler  
og skriver ut til displayet  
// Nils Kr. Rossing 15.04.19
```

```
// Inkludering av biblioteker  
#include <SPI.h> // Bibliotek for  
seriekommunikasjon  
#include <Wire.h> // Bibliotek for I2C  
kommunikasjon  
#include <Adafruit_GFX.h> // Bibliotek for  
displayfunksjon  
#include <Adafruit_SSD1306.h> // Bibliotek for  
displayfunksjon
```



```
// Deklarasjon av displayet
Adafruit_SSD1306 display(4); // Deklarasjon av enheten "display" av klassen
Adafruit_SSD1306

// Deklarasjon av globale variable
int avlestIntensitet = 0; // Variabel som holder lysintensiteten avlest av LDR
float sumIntensitet = 0; // Variabel som holder akkumulert lysintensitet
float midletIntensitet = 0; // Variabel som holder midlet lysintensitet
int i = 0; // TellevARIABLE ved midling

int pinColor = 10; // Utgang koblet til LED Colorimeter
int pinTurbi = 11; // Utgang koblet til LED Turbidimeter

void setup()
{
  Serial.begin(9600); // Initier skriving til monitor

  display.begin(SSD1306_SWITCHCAPVCC, 0x3C); // Initialiser display med adresse 0x3C

  pinMode(pinColor, OUTPUT); // Port pinColor defineres som en utgang
  pinMode(pinTurbi, OUTPUT); // Port pinTurbi defineres som en utgang
}

void loop()
{
  digitalWrite(pinTurbi, HIGH); // Slå på lyskilde Turbidimeter
  delay(10); // Vent litt før måling starter

  // Gjør en midlet måling
  for (i = 0; i < 500; i++) // Gjør 500 målinger
  {
    avlestIntensitet = analogRead(0); // Les av analoginngang 0 (LED)
    sumIntensitet = sumIntensitet + avlestIntensitet; // Summer alle 500 målinger
  }
  digitalWrite(pinTurbi, LOW); // Slå av lyskilde

  midletIntensitet = sumIntensitet/i; // Beregn middelveidien av måleserien
  sumIntensitet = 0; // Nullstill summevariabel

  // Skriv resultatet til display

  // Klargjør display for utskrift
  display.clearDisplay(); // Slett informasjon på display
  display.setTextSize(1); // Sett størrelse på tekst
  display.setTextColor(WHITE); // Hvit tekst på sort bagrunn

  // Skriver gjennomsnittlig måleverdi
  display.setCursor(0,0); // Plasser markør øverst til venstre
  display.print("Lysintensitet: "); // Skriv "Lysintensitet
```



```
display.print(midletIntensitet,1);// Skriv den målte intensiteten i ...  
  
display.display();           // Overfør informasjonen til displayet og vis  
delay(500);                 // Vent 500 millisekunder  
}
```

Innledende tester til turbidimeteret

Sett et tomt beger ned i kammeret, sett lokket på og les av verdien på displayet. Du vil sannsynligvis få en verdi i nærheten av 2 – 300. Fullstendig mørke vil være ca. 0 og fullt opplyst ca. 1000. Siden du sender lyset vinkelrett inn i kammeret i forhold til sensoren, (LDR) måler du nå det spredte lyset. Gjør følgende forsøk:

- Les av verdien med tomt beger og lokket på: _____
- Ta av lokket og les av verdien: _____
- Ta ut begeret og sett på lokket og les av verdien: _____
- Fyll begeret opp til streken med vann og vent noen minutter til vannet har klarnet og roet seg. Sett på lokket og les av verdien: _____

Drøfte resultatene av de fire første målingene: _____

- Drei begeret 90° og 180° rundt, sett på lokket å se om målingene er avhengig av hvordan begeret er orientert: _____

Dersom du i stedet for å bruke lysdioden til siden for sensoren bruker den rett fram vil instrumentet fungere som et *kolorimeter*. Dette gjør du ved å endre hvilken LED du velger bruke. Bytt ut linje:

```
digitalWrite(pinTurbi, HIGH);           // Slå på lyskilde Turbidimeter
```

med linjen:

```
digitalWrite(pinColor, HIGH);          // Slå på lyskilde Colorimeter
```

og linjen:

```
digitalWrite(pinTurbi, LOW);           // Slå av lyskilde Turbidimeter
```

med linjen:

```
digitalWrite(pinColor, LOW);           // Slå av lyskilde Colorimeter
```




- Last opp det endrede programmet og les av verdien når begeret er fylt opp til streken med vann: _____

- Sammenlign verdiene for turbidimeteret og kolorimeteret under ellers like betingelser:

Oppdrag 3 – Bestem rekkefølgen til begrene

Det er satt frem 10 plastbeger merket A til J. I tillegg til 2dL vann inneholder disse fra 1 til 10 dråper melk.



- Bruk instrumentet som *turbidimeter* og bestem rekkefølgen til begrene slik at begeret med én dråpe står lengst til venstre og det med ti står lengst til høyre. Følg verdiene inn i tabellen:

Tabell 2.1 Målinger av turbiditet

| Målinger | A | B | C | D | E | F | G | H | I | J |
|------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Verdi | | | | | | | | | | |
| Rekkefølge | | | | | | | | | | |

Gjenta forsøket, men bruk nå instrumentet som *kolorimeter*. Undersøk om du får samme rekkefølgen.

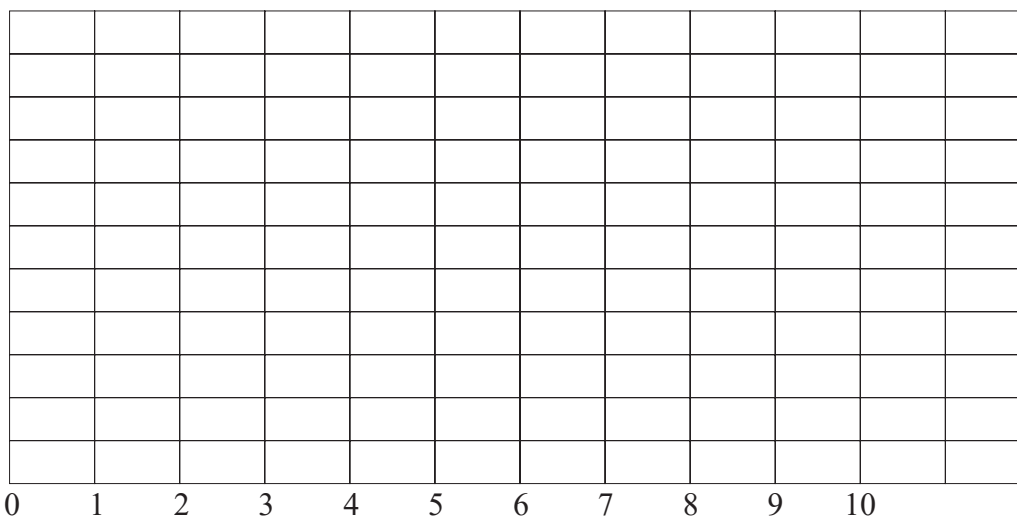
Tabell 2.2 Målinger av absorbans

| Målinger | A | B | C | D | E | F | G | H | I | J |
|------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Verdi | | | | | | | | | | |
| Rekkefølge | | | | | | | | | | |

Hvilken målemetode egner seg best for å bestemme rekkefølgen? _____



Tegn grafene for turbiditet og absorptans i det samme diagrammet med antall dråper langs x-aksen og de avleste måleverdiene langs y-aksen.



- Legg inn en best tilpasset kurve og bestem følsomheten til instrumentet, dvs. endring i måleverdi som funksjon av antall dråper melk i oppløsningen for turbidimeteret og kolorimeteret.

Foreslå mulige forbedringer av måleinstrumentet: _____

- Finn en metode for å kalibrere instrumentet og lag en algoritme som gjør det mulig å skrive ut antall dråper melk i en ukjent vannprøve.

Tips:

Vurder å:

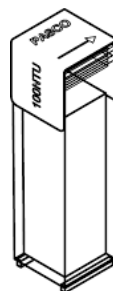
- ... slå av lyskilden mellom hver måling.
Hva vil du kunne oppnå med en slik løsning?

Oppdrag 4 – Bruk av profesjonelt turbidimeter - kalibrering

Dere skal nå bruke et “profesjonelt” måleinstrument for å kalibrere instrumentet brukt som turbidimeter slik at måleverdiene kommer ut i en standardiserte enhet.



Turbiditet måles i NTU (Nephelometric Turbidity Unit). Siden vi ikke har noen kalibrert oppløsning som kan brukes direkte til vårt turbidimeter gjør vi en sammenligning mellom vårt hjemmelagde turbidimeter og et profesjonelt instrument, f.eks. ved hjelp av en *Turbidity sensor fra Vernier*, eller *Pasco's SE-3215*. I vårt tilfelle velger vi Pasco's SE-3215.



Kalibrert oppløsning 100NTU

Til tross for at Instrumentet er trådløst så velger vi å koble det til PC'en med en USB-kabel.

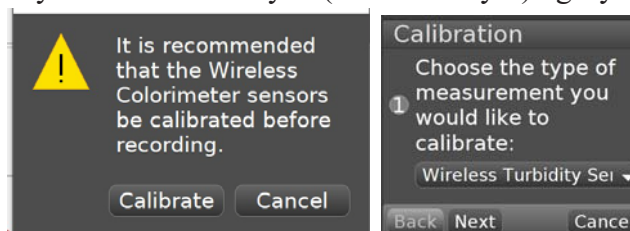
Med instrumentet følger en standard på 100 NTU som passer perfekt i kammeret. I tillegg har vi tomme kyvetthus. Legg merke til at vi bruker de blanke som følger med.

Gjør følgende:

1. Koble instrumentet til PC'ens USB-port
2. Klikk på programikonet og programmet starter.



3. Når programmet starter og instrumentet er plugget inn, får man spørsmål om man ønsker å kalibrere instrumentet (under til venstre), velg "Calibrate". Velg deretter "Wireless Turbidity Sensor" fra menyen (under til høyre) og trykk deretter "Next".

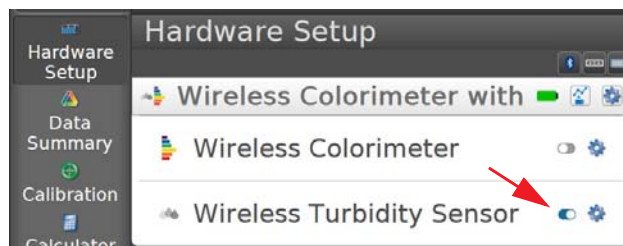


4. Kalibreringsmenyen kommer opp og man blir bedt om å sette en *blank* kyvette med destillert vann ned i kammeret (funder til venstre). **Tørk godt av den med et tørkepapir før den settes ned i kammeret**, sett på lokket, trykk "Calibrate" og deretter "Next". Ta ut kyvetten.





5. Du blir nå bedt om å sette inn en 100 NTU standard (over til høyre). Ta kyvetten med 100 NTU standarden, vend den om fire-fem ganger (ikke rist) og tørk av fingeravtrykk på utsiden. Sett den inn i kammeret og trykk "Calibrate" og deretter "Finish". Instrumentet skal nå være kalibrert.
6. Fra menyen helt til venstre velg "Hardware Setup". Du får da opp valget mellom "Wireless Colorimeter" og "Wireless Turbidity Sensor". Bruk bryteren til høyre for å velge "Wireless Turbidity Sensor". Slå samtidig av "Wireless Colorimeter", som vist på figuren under.



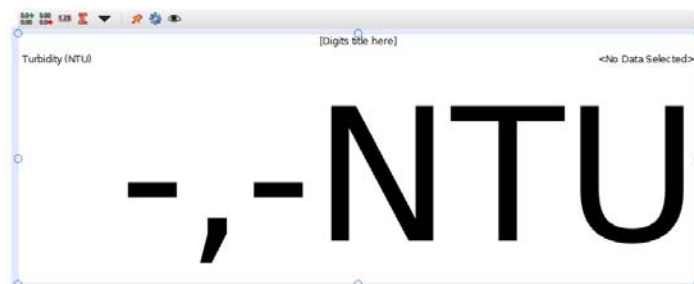
At du har valgt riktig kan du se midt på menylinjen nederst på skjermen (figuren under). Her kan du også stille inn hvor ofte målingene skal tas. I vårt tilfelle tas det en måling hvert sekund (1 Hz).



7. Det neste vi må gjøre er å velge hvilket display vi ønsker å bruke. Siden vi kun skal måle enkeltverdier kan vi velge displayet "Digits" fra menyen til høyre (under til venstre). Bruk musa og dra "Digits-ikonet" ut på arbeidsflata slik at du får et bilde omtrent som vist til høyre på figuren under. Forstør bildet etter behov



8. Displayet skal så knyttes til et måleinstrument. Dette gjør vi ved å trykke "Select Measurement". Velg "Turbidimeter" fra nedtrekksmeny. Dermed har vi knyttet displayet til turbidimeteret og displayet får benevnningen NTU som vist på figuren under.





9. Målingen startes ved å velge "Record" til venstre på menylinja nederst (til venstre under).



10. Dermed skulle målingen begynne og displayet viser den målte turbiditeten for den ukjente væsken.



Instrumentet skal nå være kalibrert og kan brukes til å måle turbiditet.

Oppdrag 4 – Bestem turbiditet til ulike vannprøver

I dette forsøket kreves bruk av vernebriller og plasthansker.

I dette oppdraget skal dere bestemme turbiditeten for ulike vannprøver. Ta tre målinger av hver vannprøve og se hvordan variasjonen er:

| Vannprøve | Dato | Sted | Måling 1 | Måling 2 | Måling 3 | Gjennomsnitt |
|---------------------|----------|---------|----------|----------|----------|--------------|
| Drikkevann - Råvann | | | | | | |
| Drikkevann - renset | | | | | | |
| Springvann | | | | | | |
| Fjellbekk | 19.05.19 | Oppdal | | | | |
| Smeltevann fra snø | 18.04.19 | Oppdal | | | | |
| Havvann | | Mausund | | | | |
| Urenset avløpsvann | | Tr.heim | | | | |
| Renset avløpsvann | | Tr.heim | | | | |

Sammenlign med krav til:

Drikkevann < 5 NTU

Renset avløpsvann < 75 NTU

- Er det mulig å påvise noen forskjell mellom urensset og renset drikkevann?

- Tilfredsstillers springvannet og fjellbekken krav til drikkevann mht. partikkeltetthet?



-
-
- Oppfyller det rensede avløpsvannet gjeldende krav?
-

I dette tilfellet kan det være aktuelt å bruke det hjemmelagde turbidimeteret for å måle turbiditeten til “rent” vann. I så fall må det kalibreres.

Oppdrag 6 - Lag en kort presentasjon på maksimalt 4 min

Flere har vært to lag som har jobbet parallelt med målinger i gruppen, samordne resultatene og gi en samlet presentasjon.

- Presenter kort målemetoden (turbidimetri) og hvilket prinsipp den bygger
- Beskriv hvordan dere gikk fram for å bestemme melkeinnholdet i plastkrusene
- Presenter kort resultatene fra målingene fra vannprøvene
- Gi en kort vurdering av resultatene
- Beskriv og ev. forklar avvik mellom arbeidslagene innad i gruppen.



Vedlegg A Kalibrering av hjemmelaget turbidimeter

Om vi ønsker kan vi bruke det kalibrerte instrumentet til å kalibrere vårt hjemmelagede turbidimeter:

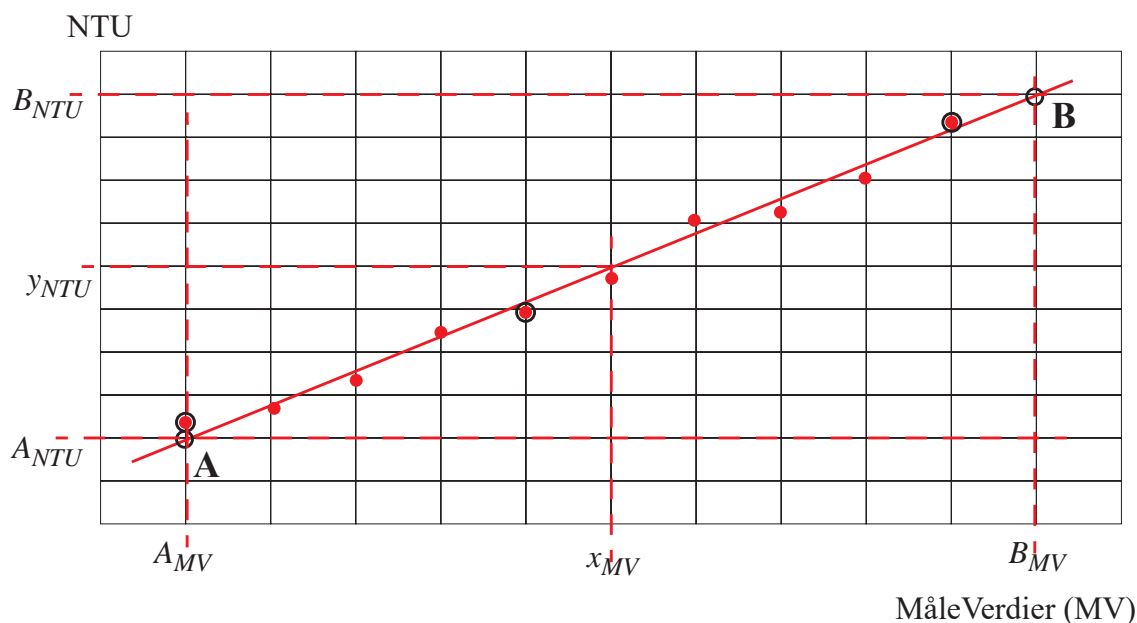
Fyll væsken fra begrene med melkedråper over i den tomme kyvetten som følger med Pasco-instrumentet som omtalt i de neste punktene:

11. Fyll den tomme kyvetten med blandingen av 1 dråpe melk og mål NTU-verdien
1 dråpe melk gir: _____ NTC. Tøm prøven tilbake i riktig beger.
12. Fyll den tomme kyvetten med blandingen av 5 dråper melk og mål NTU-verdien
5 dråper melk gir: _____ NTC. Tøm prøven tilbake i riktig beger.
13. Fyll den tomme kyvetten med blandingen av 10 dråper melk og mål NTU-verdien
10 dråper melk gir: _____ NTC. Tøm prøven tilbake i riktig beger.

Bruk disse tre målte verdiene til å justere måleverdiene for vårt hjemmelagede turbidimeter.

- **Linearisering:**

Legg en best tilpasset lineær kurve gjennom målepunktene (bruk gjerne øyemål), og gjør en omregning fra måleverdiene (MV) til standardverdiene NTU ved å velge to punkter langs linjen.



Vi kan da sette opp topunktslikningen:

$$\frac{(y_{NTU} - A_{NTU})}{(x_{MV} - A_{MV})} = \frac{(B_{NTU} - A_{NTU})}{(B_{MV} - A_{MV})} \quad (2.1)$$

Denne kan vi så snu om på slik at vi får:



$$y_{NTU} = \frac{(B_{NTU} - A_{NTU})}{(B_{MV} - A_{MV})}(x_{MV} - A_{MV}) + A_{MV} \quad (2.2)$$

Dersom vi har bestemt de to kalibreringspunktene (A_{MV}, A_{NTU}) og (B_{MV}, B_{NTU}) og leser av måleverdien x_{MV} så kan vi lett beregne målepunktets NTU-verdi lik y_{NTU} .

- Legg inn formelen og kalibreringsverdiene og beregn NTU-verdien

Vårt hjemmelagde turbidimeter skal nå være kalibrert og klar til bruk.



Vedlegg B Turbiditet

Stoffet som presenteres her er en forkortet utgave av tu.no/artikler/vaeskeanalyse-turbiditet/218521 og er forfattet av Knut Erik Boland, Inline Prosess¹.

Turbiditetsmåling brukes ofte i forbindelse med kontroll på inn- og utløp på vannverk og rensesanlegg, grunnvannsmålinger fra steinbrudd og tunnelbygging o.l.

Turbiditet er ofte en kvalitetsparameter, hvor det ferdige produktet ofte skal inneholde minst mulig partikler.

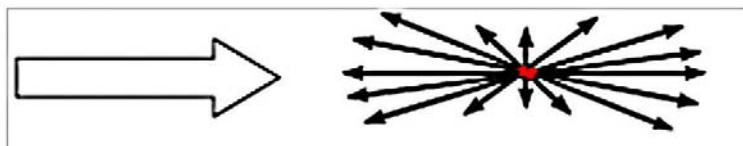
Partikkelstørrelse og form avgjør

Turbiditet er fenomenet som oppstår når en bestemt mengde lys passerer gjennom en væskebasert prøve og dette lyset blir reflektert i ulike retninger av de partiklene som ikke er oppløst i væsken.

Refleksjonsmønsteret er bestemt av både størrelse og form på partiklene i væsken, og man kan dele det opp i tre kategorier som går på størrelse. I dag benyttes ofte en lysdiode (LED) som lyskilde i et turbidimeter, noe som gir lang levetid (typisk ti år), har helt stabil lysenergi og krever liten effekt. Typisk bølgelengde på en LED/NIR-lampe (nær infrarød) er 0,7 til 5 micron (micron = en milliondel av en).

Får ulik lysspredning

Partikler som er mindre enn en tidel av bølgelengden på lyset som benyttes (under 0,5 micron), gir en symmetrisk spredning av lyset ut fra partikkelen. Det blir like mye lys reflektert som mengden som trenger gjennom væsken.



Figur 2.1 De minste partiklene (under 0,5 micron) gir en symmetrisk spredning av lyset.

Partikler som er rundt en firedel av bølgelengden på lyset som benyttes (ca. 1 micron) gir en økning av lysmengden som slipper gjennom væsken. Det vil si at over halvparten av lyset når fram til mottakeren.

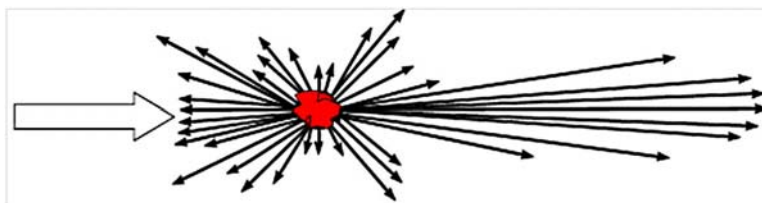


Figur 2.2 Mellomstore partikler (rundt 1 micron) slipper gjennom mer lys enn det som blir reflektert mot lyskilden.

1. Artikkelen bygger også på: https://www.isanorcal.org/download/tech2007_presentations/turbidity.pdf (by John Daly, ISA)



Partikler som er større enn bølgelengden på lyset som benyttes (over 1 micron), gir en ytterligere økning i lyset som slipper gjennom. I tillegg oppstår også uregelmessige økninger av lysrefleksjoner i alle retninger.



Figur 2.3 De største partiklene (over 1 micron) slipper gjennom mer lys enn det som blir reflektert mot lyskilden, og gir i tillegg uregelmessige refleksjoner i alle retninger.

Partikkeldefinisjon

En partikkel kan være hva som helst som danner en uensartet overflate (heterogen) og som danner en brytningsindeks av lys som er ulik brytningsindeksen for mediet den befinner seg i.

Eksempler kan være:

- Faste partikler i væske, som også kalles en *suspensjon*.
- Oljedråper i vann, eller vandråper i olje, som kalles en *emulsjon*.
- Gassbobler i væske eller luft, for eksempel *skum*.
- Støvpartikler i luft, som oppfattes som *røyk*.
- Dråpepartikler i luft, som kan oppfattes som *tåke*.

Påvirker refleksjonen

Det er mer enn partikkelstørrelse og form som påvirker lysrefleksjonen som f.eks.:

- Hvilken *type partikkel* det gjelder (som nevnt ovenfor), og dens evne til å absorbere og reflektere lys.
- *Konsentrasjonen* av partikler, hvor mange, vil naturlig nok påvirke mengden reflektert lys.
- *Bølgelengden* på det utsendte lyset vil påvirke absorpsions- og refleksjonsegenskapene til partiklene.
- *Vinkelen*, med plassering av detektoren eller fotocellen i forhold til lampekilden, som skal fange opp det reflekterte lyset.

Lysdifferanse

Når man måler på oppløste partikler i en væskeprøve, måler man konsentrasjonen av partiklene, eller suspendert stoff (tørrstoff). Måleenheten er vanligvis mg/l eller ppm (parts per million). Absorbans av utsendt lys er differansen mellom utsendt lys og det som blir absorbert i væskeprøven.



Turbiditetsmåling måler mengden av reflektert lys fra de partiklene som ikke er oppløst i prøven. Detektoren eller fotocellen som fanger opp det reflekterte lyset er ofte plassert 90°, 120° eller 180° i forhold til lampekilden.

Det finnes sensorer som benytter tilbakereflektert lys (på engelsk kalt "back scattering"), og sensorer som har mer enn én detektor for nettopp å fange opp både store og små partikler.

Turbiditeten øker i takt med mengden lys som væsken absorberer. En typisk måler består av en lyskilde, et målekammer og en mottaker som kalkulerer signalene og angir måleresultatet.

Måleenheten NTU (

Det er mange ulike måter å angi turbiditet NTU er en av dem:

NTU (Nephelometric Turbidity Unit) Denne enheten er basert på at lyskilden og lysmåleren står plassert 90° på hverandre. Standarden som man ofte tar utgangspunkt i er en oppløsning av Formasin-løsning $C_2H_4N_2$, som har en turbiditet lik 4000 NTU (FTU - Formazine Turbidity Unit hvor 1 FTU = 1 NTU).

B.1 Krav til turbiditet i drikkevann

Krav til turbiditet i drikkevann:

Tabell 2.3 Noen krav til turbiditet av drikkevann, ut fra anlegg

| Standard | Anbefalt | Maks. |
|----------------------------------|----------|-------|
| USA | 0,3 NTU | 1 NTU |
| Europa | | 4 NTU |
| Norge (Mattilsynet) ^a | | 1 NTU |
| Verdens helseorganisasjon | < 1 NTU | 5 NTU |

a. <https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2016-12-22-1868>



B.2 Krav til turbiditet i avløpsvann

I utgangspunktet stilles det ikke krav til turbiditet i avløpsvann, men siden redusert turbiditet er knyttet til fjerning av andre stoffer vil det være naturlig at denne reduseres med fjerning av de uønskede stoffene. Derfor er det satt krav til turbiditet.

Som det framgår av kartet til høyre så varierer kravene til rensing i Norge. Dette skyldes at noen områder er mer sårbare for forurensning. Som vi ser så er kravene i Trøndelag ikke så strenge som på Østlandet og langs sørlandskysten øst for Kristiansand.

Sensitivity of the recipient



Man er spesielt oppmerksomme på følgende stoffer:

- **BOF₅**: Biologisk OksygenForbruk
Mål for biologisk materialer i avløpsvannet som forbruker oksygen ved nedbrytning
- **KOF**: Kjemisk OksygenForbruk
Mål for kjemisk materialer i avløpsvannet som forbruker oksygen ved nedbrytning
- **ToT-P**: Totalt innhold av Fosfor
- **ToT-N**: Totalt innhold av Nitrogen
- **SS**: Suspendert stoff (partikler i vannet som fanges opp av filter med poreåpning < 0,45 mikrometer (0,045mm))

Under er vist et sett med renskrav til avløpsvann. Som nevnt kan kravene kan variere noe fra sted til sted. Vi velger her å holde oss til disse:

- Reduksjon av BOF₅-innhold 70 – 80%, utslippsgrense lik 25-35 mg pr. liter O₂
- Reduksjon av KOF-innhold 70 – 80%, utslippsgrense lik 90-120 mg pr. liter O₂
- Reduksjon av Fosfor-innhold 93 – 94%, utslippsgrense lik 0,25 mg Fosfor pr. liter
- Reduksjon av SS (partikler) på 90 – 92%, med en utslippsgrense på 10 – 25 mg pr. liter

Forholdet mellom NTU og suspenderte faste stoffer er som følger: 1 mg / l (ppm) tilsvarer 3 NTU.

Kravet til rensset avløpsvann blir da:

$$25 \text{ mg / l gir SS} = 75 \text{ NTU}$$