

FAG SIB 5025 HYDROMEKANIKK

Laboratorieøving nr.2

Oppgavetekst

| | |
|--------|--|
| Gruppe | |
| Dag | |

| | |
|------|--|
| Navn | |
| Navn | |
| Navn | |
| Navn | |
| Navn | |

Innholdsfortegnelse

1. Stålerefleksjon

- Plan flate
- 120° -reflektor
- 180° -reflektor

2. Utløp fra beholder

- Hastighetskoeffisient, c_v
- Vannføringskoeffisient, c_d

3. Friksjonstap i rør

- Friksjonstapskoeffisient

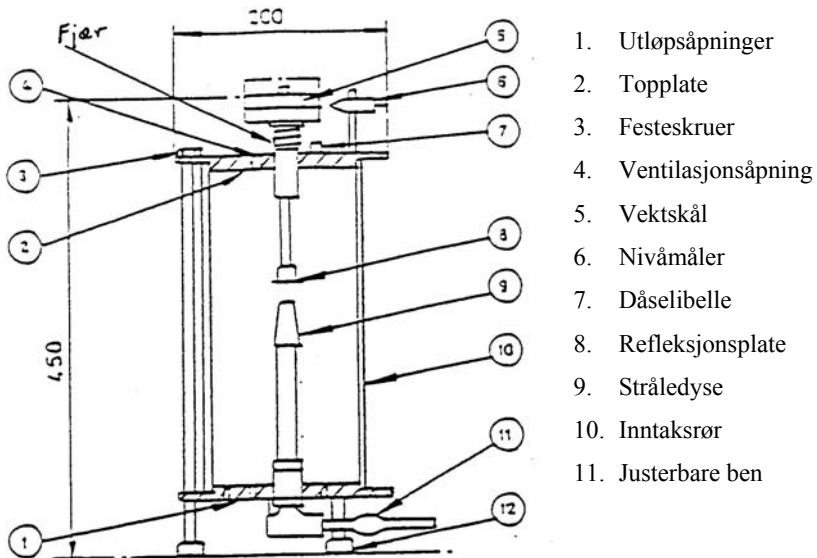
4. Vannføringsmålere i rør

- Venturimeter
- Rotameter
- Måleblende
- Kontrollmåling – kalibrering

5. Lineær bølgeteori

- bølgelengde
- bølgeperiode
- fasehastighet
- gruppehastighet

1. Stårefleksjon



Strårefleksjonsrigg

Funksjonsmåte:

Vannet strømmer fra dysa (9), treffer refleksjonsplata (8), faller ned og strømmer deretter ut gjennom utløpsåpningene (1). Ventilasjonsåpningen (4) sørger for atmosfæretrykk inne i beholderen.

Formål:

Vi skal undersøke impulssetzen; sammenhengen mellom bevegelsesmengden i en stråle og krafta F fra en reflektor.

Oppsummering av teori:

$$90^\circ \text{ refleksjonsplate: } m = \frac{\rho}{gA} Q^2 = k_1 Q^2$$

$$120^\circ \text{ refleksjonsplate: } m = \frac{3}{2} \frac{\rho}{gA} Q^2 = k_2 Q^2$$

$$180^\circ \text{ refleksjonsplate: } m = 2 \frac{\rho}{gA} Q^2 = k_3 Q^2$$

der massen av loddet m(kg)

tetthet av vann $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$

tyngdes akselerasjon $g = 9.81 \text{ m/s}^2$

Areal av dyseåpning $A = \Pi/4d^2 = 4.778 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2$

Vannføring $Q \text{ (m}^3/\text{s)}$

Målinger:

1. Fjern toppplata og monter refleksjonsplata på staven som er knyttet til vektskala.
2. Monter toppplata igjen og kontroller at dåselibella spiller.
3. Juster nivåmåleren (6), (vibrer vektskala).
4. Legg på lodd på vektskala.
5. Juster vanntilførselen inntil nivåmåleren spiller, vibrer vektskala.
6. Steng avløpet fra volummåler tanken.
7. Noter samhoørende verdier mellom tiden (t) og volumøkning (V) i tanken.
8. Gjenta fra pkt. 4 for to andre massemengder på vektskala.
9. Gjenta fra pkt. 1 for de to andre refleksjonsplatene.

Resultater og beregninger:

90° refleksjonsplate

| masse | Volum | Tid | Vannføring | |
|-------|--------------|-----|-----------------------|-------------------------|
| m | V | t | Q | Q^2 |
| kg | m^3 | sec | m^3/s | m^6/s^2 |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |

120° refleksjonsplate

| masse | Volum | Tid | Vannføring | |
|-------|--------------|-----|-----------------------|-------------------------|
| m | V | t | Q | Q^2 |
| kg | m^3 | sec | m^3/s | m^6/s^2 |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |

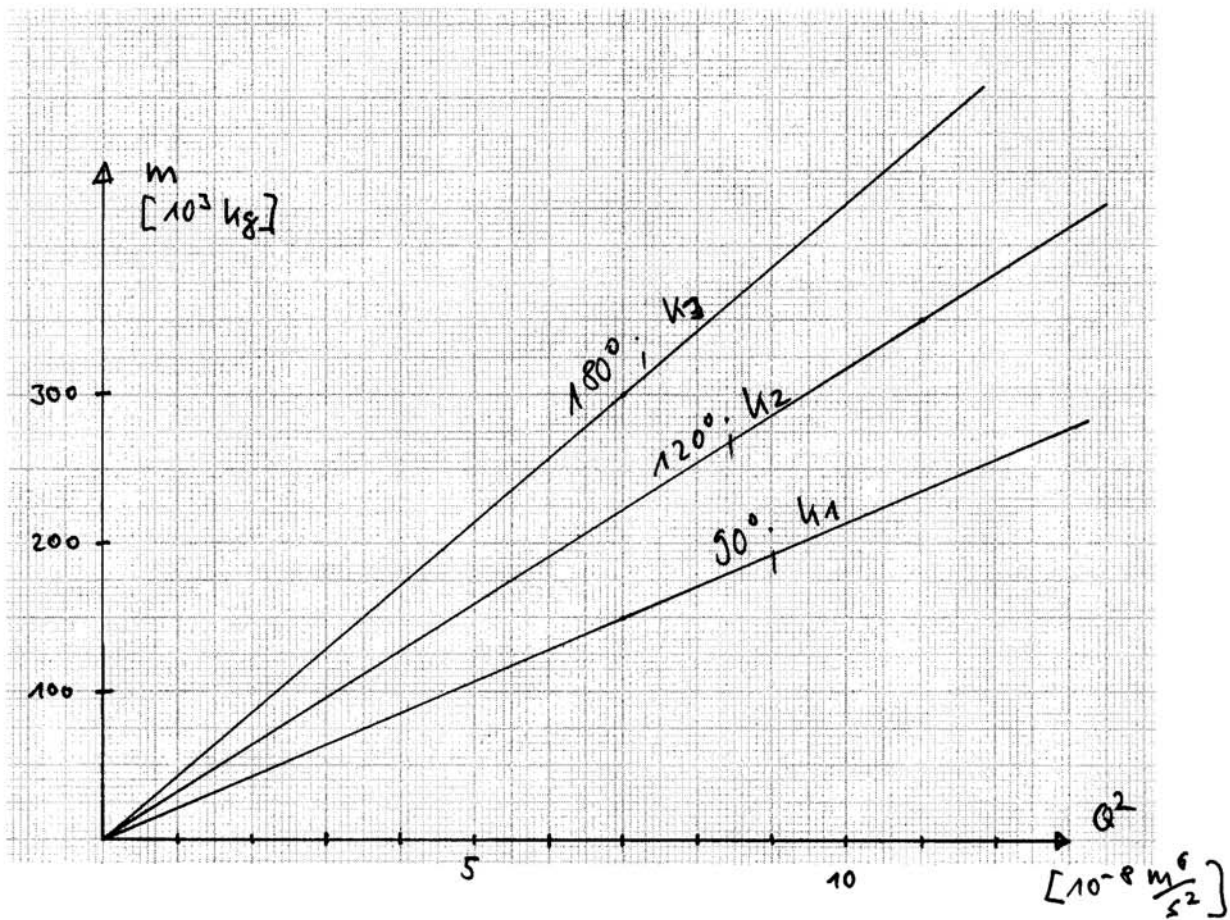
180° refleksjonsplate

| masse | Volum | Tid | Vannføring | |
|-------|-------|----------------|-------------------|--------------------------------|
| m | V | t | Q | Q ² |
| kg | m | m ² | m ³ /s | m ⁶ /s ² |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |

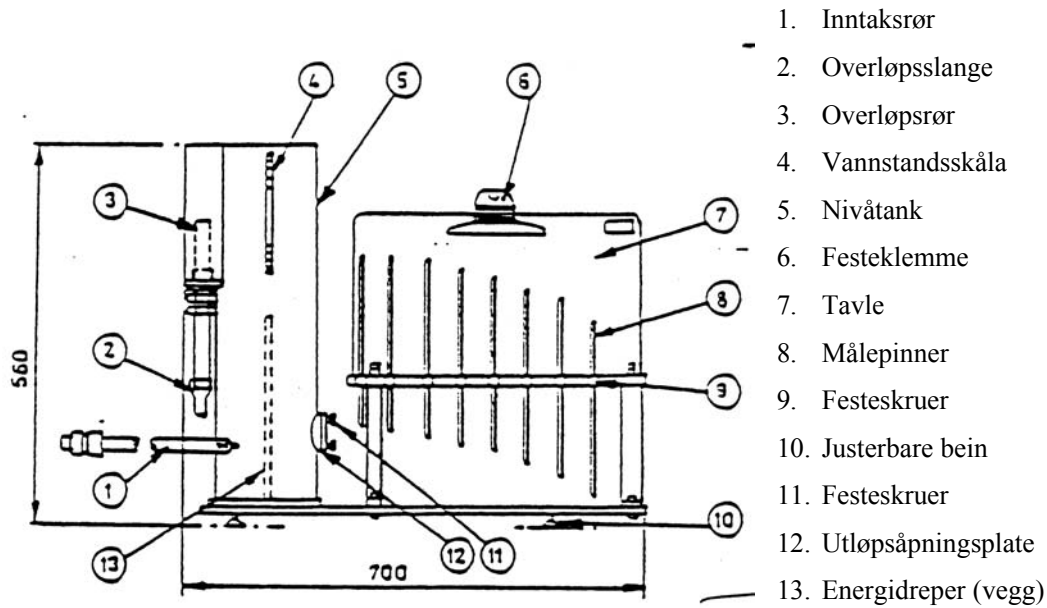
For hver refleksjonsplate beregnes Q og Q² og noteres i tabellen. Plott massen mot Q² i diagrammet.

Konklusjoner:

Hva skyldes eventuelle avvik fra teorien?



2. Utløp fra beholder



Utløpsåpning og -strålerigg

Funksjonsmåte:

Vannet strømmer inn gjennom inntaksrøret (1). Overløpet (3) sørger for konstant nivå på vannspeilet i nivåtanken (5). Vannet strømmer ut gjennom utløpsåpning (12) og videre som en fri vannstråle.

Formål:

Vi skal undersøke sammenhengen mellom potensiell energi (h) og

- vannføring (Q), vannføringskoeff. C_d .
- strålehastighet (v), hastighetskoeff. C_v .

Oppsummering av teori:

$$Q = C_d A \sqrt{2gh}$$

$$Q = C_v \sqrt{2gh}$$

eller ved å utnytte nedbøyning pga gravitasjon

$$\frac{x^2}{h} = 4C_v^2 y \Rightarrow C_v = \frac{x}{2\sqrt{hy}}$$

Målinger:

1. Still in øverløpsrøret (3) – vri forsiktig – og juster vanntilstrømningen slik at overløpet så vidt fungerer.
2. Les av skalaen og noter vannstanden
3. Mål vannføringa ved hjelp av måleglass og stoppeklokke.
4. Gjenta fra 1 for to andre vannstander
5. Still in målepinnene for vannstrålens kurve og les av (x,y) verdiene for kurven
6. Skru av vannet

Resultater og beregninger:

| Tabell 2a | | | |
|-------------------------------------|--|--|--|
| Potensiell energi h [m] | | | |
| Volum V [m ³] | | | |
| Tid t [sec] | | | |
| Vannføring Q [m ³ /s] | | | |
| Q ² | | | |

I tabell 2a skal det leses av måles og beregnes sammenhørende verdier for tre forskjellige vannstander (h) og vannføringer (Q). Diameteren i åpningshullet er **d = 6mm**.

Beregn og skriv opp Q og Q². Plott Q² mot h i diagrammet. Finn C_d ut fra middelhelningen på plottelinja! Virker det som om C_d er uavhengig av Q?

| Tabell 2b | | | | |
|----------------------------|-------------------------|-------------------------|-------|---------|
| Potensiell energi h [m] | Vertikal nedby y [m] | Horis. avstand x [m] | x^2 | x^2/h |
| | | 0,05 | | |
| | | 0,1 | | |
| | | 0,15 | | |
| | | 0,2 | | |
| | | 0,25 | | |
| | | 0,3 | | |
| | | 0,35 | | |
| | | 0,4 | | |

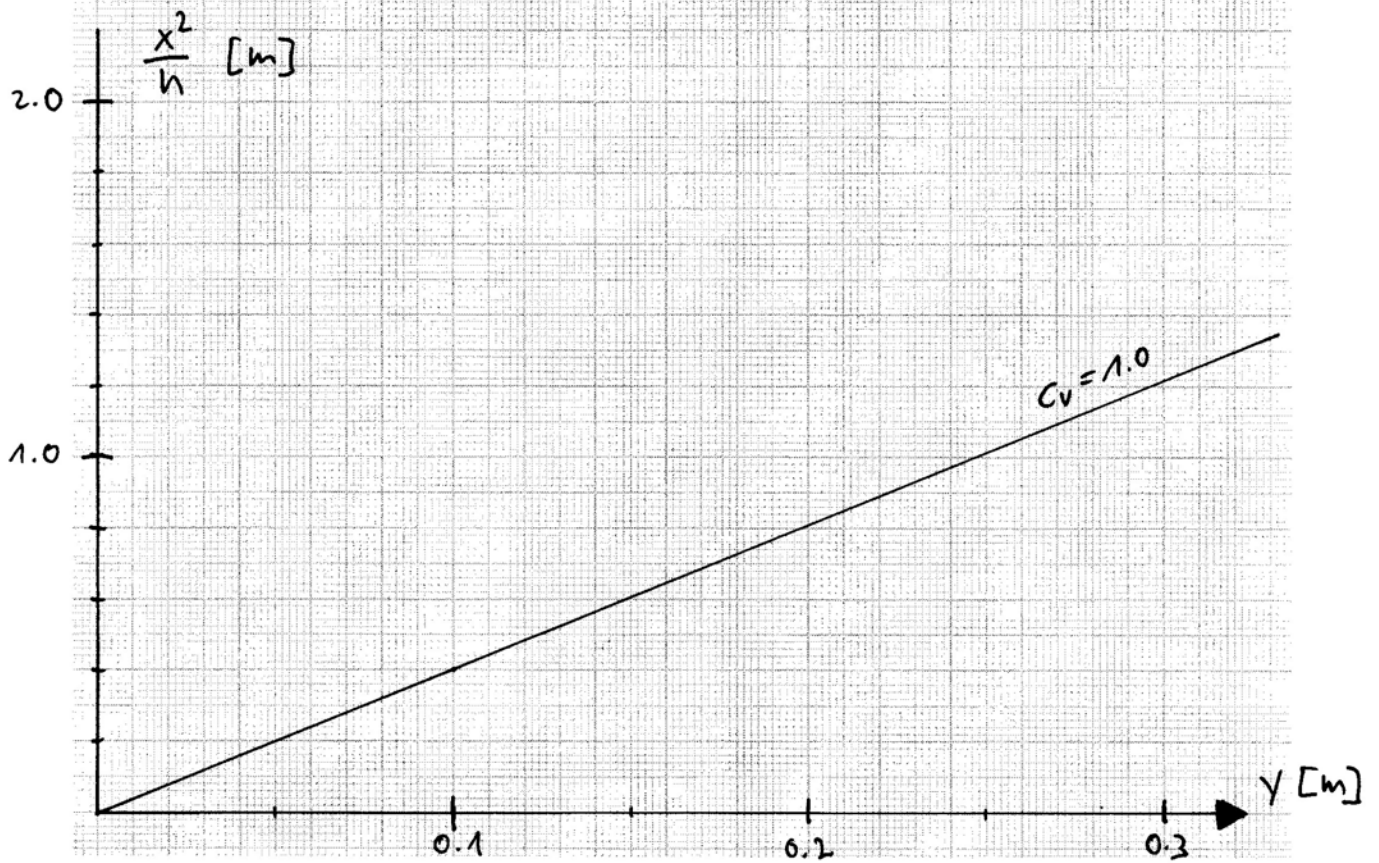
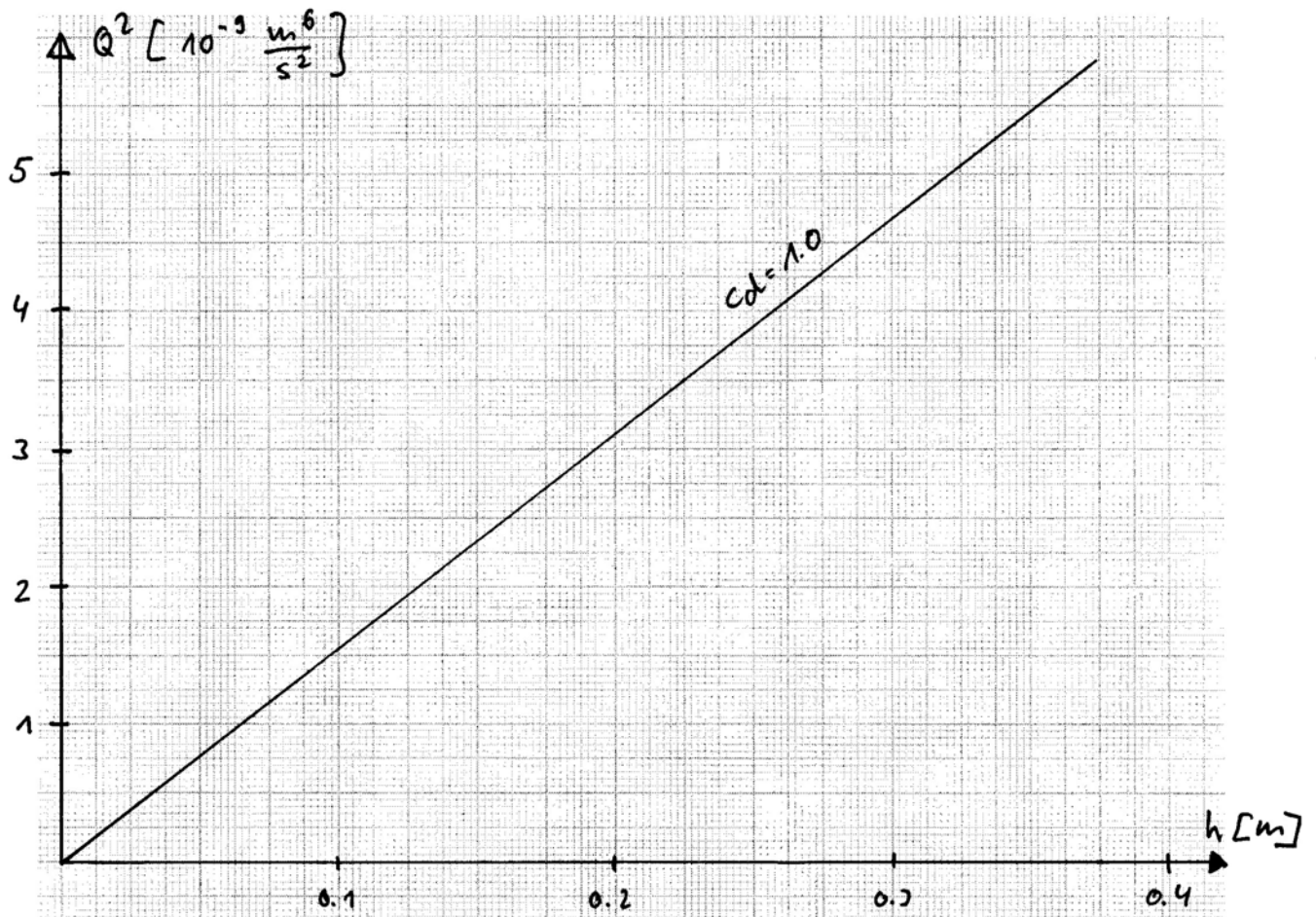
I tabell 2b skal det leses av måleverdier for horisontalavstand (x) og vertikal nedbøyning (y) for en vannstand (h) med samhørende vannføring (Q).

Beregner og skriv opp x^2/h og plott x^2/h mot y i diagrammet. Finn C_v ut fra middelhelningen på plottelinja.

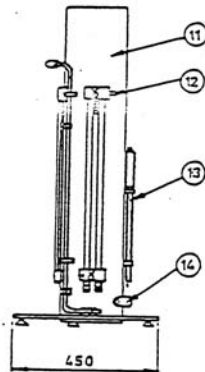
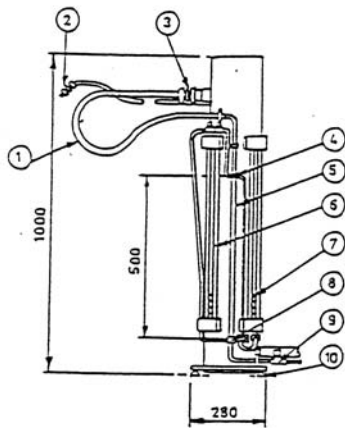
Konklusjoner:

Hvilke feilkilder kan det være i forbindelse med målinger og beregninger i tabell 2a og tabell 2b?

Hva og hvor er Vena Contracta? Har denne noe med nullpunktet for x-akse å gjøre?



3. Friksjonstap i rør



1. Inntaksslange til testrør
2. Ventilførsel til nivåtank
3. Utløp fra tank
4. Trykkuttak
5. Testrør
6. Kvikksølvmanometer
7. Vanntrykkmanometer
8. Trykkuttak, nedre
9. Utløpsventil
10. Justerbare bein
11. Konstant nivå tank
12. Luftventil
13. Pumpe
14. Overløpsutløp

Rigg for friksjonsmåling i rør

Formål:

Vi skal undersøke sammenhengen mellom friksjonstap og middelhastigheten i et sirkulært rør

Oppsummering av teori:

Kontinuitetsligninga og Energiligninga gir oss friksjonstapet (h_f) på rør strekninga

$$h_f = \left(z_1 + \frac{p_1}{\rho g} \right) - \left(z_2 + \frac{p_2}{\rho g} \right) = H_1 - H_2 = \Delta H$$

Darcy – Weissbachs friksjonstapsformel gir oss da

$$h_f = f \frac{LV^2}{d2g} \Rightarrow f = \frac{h_f}{LV^2} = \frac{\Delta H}{LV^2}$$

Målinger:

1. Kontroller at de to sidene av manometeret er på samme nivå.
2. Åpne utløpsventilen
3. Les av manometeret
4. Mål vannføringa (Q) vha. stoppeklokke og måleglass.
5. Gjenta fra 2. for de andre vannføringene

Resultater og beregninger:

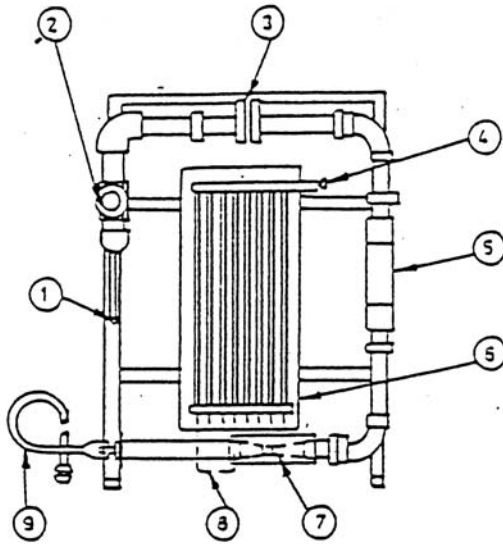
| Volum V | Tid t | Vann- føring | Hastighet v | V ² /2g | Mano 1 | Mano 2 | Friksjons tap hf | Friksjons faktor f | Reynolds tall Re |
|------------|----------|-------------------|----------------|--------------------|-----------|-----------|---------------------|-----------------------|---------------------|
| - | s | m ³ /s | m/s | m | m | m | m | - | - |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |

Rørlengde: L=500 mm
 Rørdiameter: d=10 mm
 Viskositet: v= 10⁻⁶ m²/s (t=20°C)

Konklusjoner:

Kontroller resultatene mot Moody-diagrammet. Er resultatene rimelige når testrøret er av aluminium?

4. Vannføringsmålere i rør



1. Utløpsledning
2. Ventil
3. Måleblende
4. Lufteskruer
5. Rotameter
6. Manometere
7. Venturimeter
8. Trykkslange
9. Innløpslange

Vannføringsmålingsrigg

Tekniske data:

| | | |
|---------------------|-----------------------|------------------------------------|
| For venturimeteret: | Oppstrøms rørdiameter | = 31.75 mm |
| | A_1 | = $7.92 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$ |
| | Strupediameter | = 15 mm |
| | A_2 | = $1.77 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$ |
| | Oppstrøms | = 21° inklusiv |
| | Nedstrøms | = 14° inklusiv |
| For måleblenda: | Oppstrøms rørdiameter | = 31.75 mm |
| | A_1 | = $7.92 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$ |
| | Blendeåpningsdiameter | = 20 mm |
| | A_2 | = $3.14 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$ |

Formål:

Demonstrasjon av tre grunnleggende typer for vannføringsmåling.

Oppsummering av teori:

$$Q = KA_2\sqrt{2g\Delta H}$$

$$\Delta H = H_1 - H_2$$

$K = 1.0$ venturimeter

$K = 0.68$ måleblende

Målinger:

1. Kontroller manometrene når avløpsventilen er igjen.
2. Åpne ventilen og vent til systemet er stabilisert.
3. Les av manometer og rotameter
4. Mål vannføringen vha. måleglass og klokke.
5. Gjenta

Resultater og beregninger:

| Type måling | Manometer avlesning | | | | Rota-meter | Volum V | Tid t | Vannføring Q |
|---------------|---------------------|----------------|---|---|------------|----------------|-------|-------------------|
| | 1 | 2 | 6 | 7 | | | | |
| | m | m ² | m | m | l/sec | m ³ | s | m ³ /s |
| Venturi meter | | | | | | | | |
| Måle-blende | | | | | | | | |
| Rota-meter | | | | | | | | |
| Måle-kopp | | | | | | | | |

Beregn vannføringene gjennom venturimeteret og måleblende!

Konklusjoner:

Sammenlign de forskjellige vannføringsverdiene! Hvilke setter du størst lit til?

5. Lineær bølgeteori

PC m/skriver, ølgerenne, bølgesonder og papirskriver.

Renna er 20 m lang, og vanddybden er $d = 60$ cm. Bølgemaskinen (1) kan innstilles slik at plata (2) kan beveges i en regelmessig periodisk bevegelse med periode T og amplitude ζ_m . Når motoren starter og bevegelse er innstilt vil det forplante seg i vannet sinusbølger med periode T og bølgehøyde H . Disse treffer "stranda" (3) i den andre enden der bølgeenergien stort sett blir dissipert (går over til varme). P1 (4), P2 (5), og P3 (6) er bølgesonder som måler øyeblikkelig vannstand gjennom forsterkeren (7). Signalet fra forsterkeren kan leses ut på papirskriveren (8) men lagres også i PC-en slik at vi kan analysere måleresultatet etterpå.

Formål:

Formålet med dette eksperimentet er å sammenligne målte bølgeperioder, bølgelegender og gruppehastigheter og sammenligne disse med hva lineær bølgeteori predikerer.

Oppsummering av teori:

Profilen η generert fra en harmonisk bølgegenerator er

$$\eta = \frac{H}{2} \sin(\omega t - kx) \quad \omega = 2\pi / T, \quad k = 2\pi / L$$

der H , T , L , x og t er hhv bølgehøyde, bølgeperioden, bølgelengde og rom og tids koordinater.

Siden bølgeperioden ikke endres når bølger forplanter seg fra dypt mot grunnere vann står

bølgelengden L i relasjon til bølgeperioden og vanddypet gjennom formelen

(dispersjonsrelasjonen)

$$\omega^2 = gk \tanh(kd) \Leftrightarrow L = L_0 \tan\left(2\pi \frac{d}{L}\right)$$

der L_0 er "bølgelengden på dypt vann" gitt ved

$$L_0 = \frac{gT^2}{2\pi}$$

L/L_0 er plottet mot d/L_0 i figur 2

Gruppehastigheten c_g er hastigheten energien går med og vil således være lik farten av fronten av bølgetoget når vi starter fra ro. Gruppehastigheten uttrykkes ved:

$$c_g = \frac{c_0}{2} \tanh\left(2\pi \frac{d}{L}\right) \left(1 + \frac{4\pi \left(\frac{d}{L}\right)}{\sinh 4\pi \left(\frac{d}{L}\right)}\right)$$

der c_0 er fasehastigheten på dypt vann, dvs:

$$c_0 = \frac{gT}{2\pi}$$

Forholdet c_g / c_{g_0} er også plottet mot d/L_0 i figur 2.

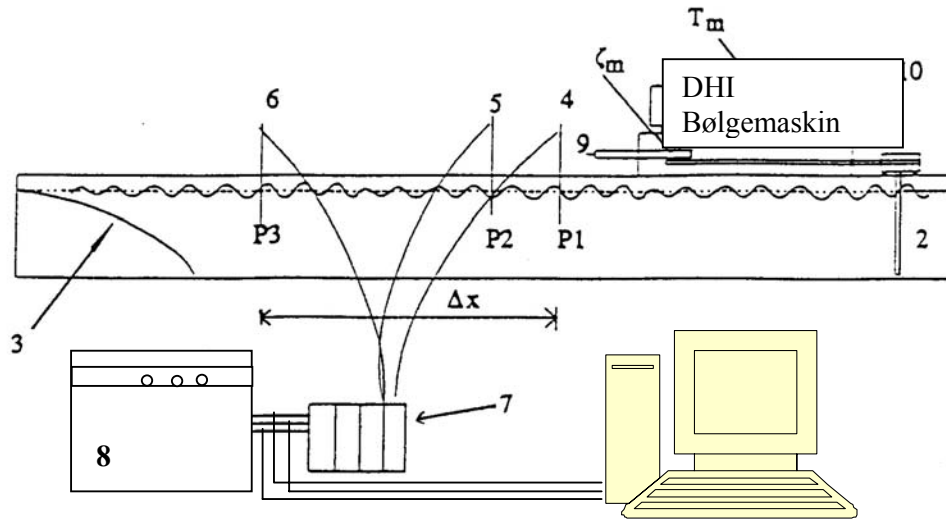
Målinger:

1. Bølgeparametere er forhåndsinnstilt. Papirskriveren går med 25 mm/s og 1 cm utslag på papiret tilsvarer 1 cm nivåendring av vannoverflaten.
Vanndybden $d = 0.6$ m.
2. Gruppehastighet
Avstanden Δx mellom P1 og P3 er 12.3 m. Start bølgemaskinen og papirskriveren, følg samtidig med på LED-ene på skriveren og bruk stoppeklokka til å ta tiden fra bølgefronten passerer P1 til den passerer P3. Noter tiden T_g . Beregn $\hat{c}_g = \Delta x / T_g$ og før dette inn i Tabell 1. Stopp papirskriveren og kontroller tiden med utskriften. Det er noen små streker øverst på papirutskriften. Distansen mellom de er 1 sekund.
3. Bølgeperiode og bølgehøyde.
Fra papirutskriften, les av bølgehøyden \hat{H} målt med sonde P1 og før verdien inn i tabell 1. Bestem også gjennomsnittlig bølgeperiode \hat{T} ved å lese av tiden 10 bølger bruker for å passere P1. Før verdien inn i tabell 1.
4. Bølgelengde
Bølgesonde P2 er plassert omtrent 1 bølgelengde fra P1. Mens en person ser på LED-ene for P1 og P2, skyver en annen person sonden P1 frem og tilbake slik at bølgerregistreringen fra P1 er i fase med registreringen fra P2. Når de er i fase er avstanden lik bølgelengden, denne betegnes \hat{L} og føres opp i tabell 1. Ta en kort papirutskrift for å dokumentere resultatet.

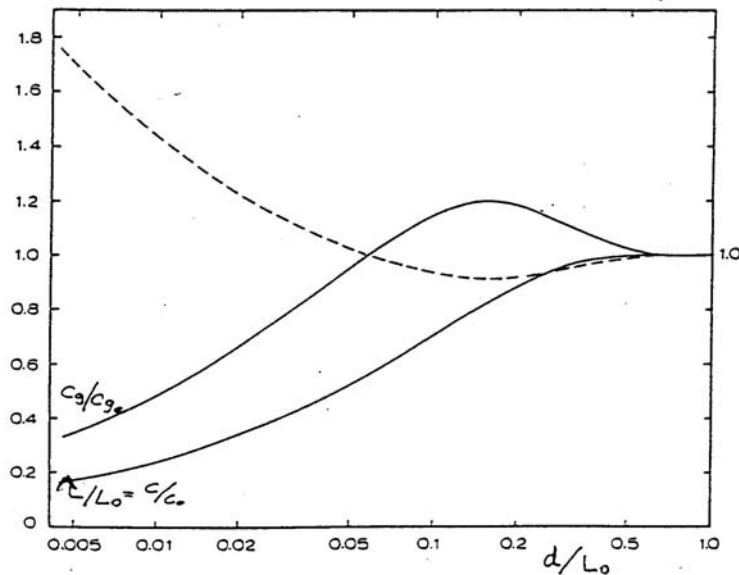
5. Partikkelbevegelser.

Dryss små PVC-kuler i vannet (ca. 5 cm fra sideveggen). Betrakt orbitalbevegelsen.

Prøv å mål den doble horisontale bevegelsesamplituden 2ξ like under MVS. Før verdien opp tabell 1. Legg en kork på vannet. Mål hvor langt korken beveger seg i løpet av ca 10 bølgeperioder og beregn gjennomsnittsfarten U_s til korken. Før verdien opp i tabell 1.



Figur 1: Bølgerenne



Figur 2 Variasjon av forskjellige bølge-parametere som funksjon av d/L_0 .

Resultater og beregninger:

| d | Δx | T_g | \hat{c}_g | \hat{T} | \hat{H} | \hat{L} | 2ξ | U_s |
|-----|------------|-------|-------------|-----------|-----------|-----------|--------|-------|
| 0.6 | 12.3 | | | | | | | |

Beregn $\hat{L}/L_0(\hat{T})$ og $\hat{c}_g/c_{g_0}(\hat{t})$

og plott resultatene inn på figur 2. Hvordan vil du forklare eventuelle avvik?

Gitt for dypvannsbølgen:

$$L_0 = 1.5629T^2 \quad c_0 = 1.5629T \quad c_{g_0} = 1/2c_0$$

Beskriv orbitalbevegelsen

Hvorfor tror du korken over lang tid beveger seg framover? Er dette i samsvar med lineær bølgeteori? U_s kalles Stokes drift-hastighet.