

4: STRÅLETRYKK



1 Hensikt

Å måle kraften en vannstråle utøver mot en flate med forskjellige utforminger, og sammenligne måleresultatene med forutsigelser fra impulsseten.

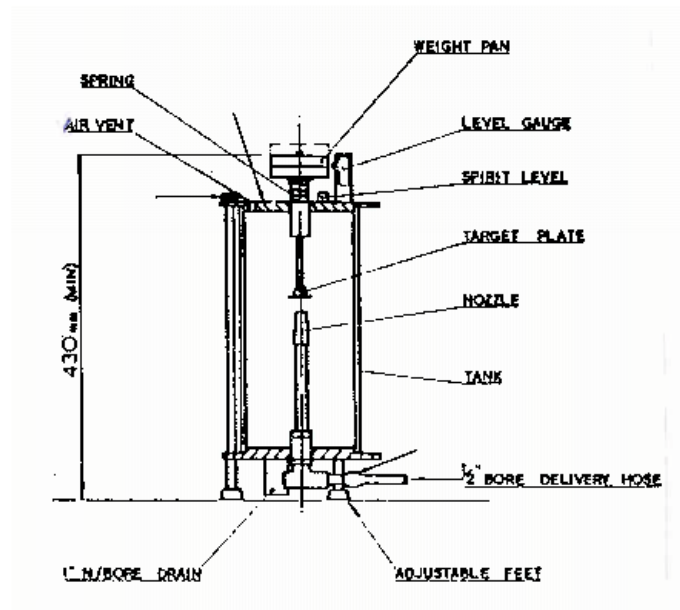
2 Apparatur

Figuren på bildet over og på skissen øverst neste side viser et apparat med en stang med vektskive på toppen og en målflate ("target") påskrudd nederst, som kan bevege seg vertikalt i en føring. Den hviler på en spiralfjær. En regulerbar vannstråle kan rettes vertikalt opp mot målflatens underside, mens lodd kan legges på vektskiva. Stanga vil ha en uforandret vertikal posisjon så lenge loddtyngden er lik stråletrykket.

Ved å legge på lodd med en viss vekt og regulere vannstrålen slik at stanga blir i ro, kan vi derfor måle direkte hvor stor kraft strålen utøver mot målflata.

3 Teori

I fluidmekanikkurset blir impulsseten utledet. Den gir et uttrykk for kraften som trengs for å avbøye en stasjonær fluidstrøm, eller gi den forandret størrelse av hastigheten. Den er en vektorrelasjon med 3 komponenter, liksom det tilsvarende resultatet for faste legemer fra grunnkurset i fysikk. I denne labøvingen skal vi betrakte komponenten langs en innkommende vannstråle, og anta at alt utstrømmende vann har samme hastighetskomponent langs denne retningen. Da er:



$$F_b = \rho Q(V_1 - V_2) \quad (\text{beregnet kraft fra strålen mot målflaten})$$

$$F_m = mg \quad (\text{trykkraft målt med lodd})$$

$$V_1 = \frac{Q}{A} = \frac{4Q}{\pi d^2}$$

$$V_2 = \begin{cases} 0 & (90^\circ \text{ målflate, plan}) \\ -\frac{1}{2}V_1 & (120^\circ \text{ målflate, konkav}) \\ -V_1 & (180^\circ \text{ målflate, sfærisk}) \end{cases}$$

Vinklene angir avbøyningen av hastighetsvektorene ut, V_2 (for hvert vannmassepunkt), i forhold til den felles innkommende hastighetsvektoren V_1 .¹ Vi har antatt tapsfri strøm, samt sylindersymmetri omkring innkommende stråle, slik at det ikke blir noen kraftkomponent tvers på strålen.

Notasjonen er:

m	loddmassen
Q	strålens volumetriske strømråde
A	dyseåpningens areal
d	dyseåpningens diameter
V_1	innkommende vannstråles hastighet like før målflaten
V_2	utstrømmende vanns hastighetskomponent langs innkommende stråles retning

Aktuelle verdier:

$$\begin{aligned} \rho &= 998 \text{ kg/m}^3 \\ g &= 9.80665 \text{ m/s}^2 \\ d &= 8 \text{ mm} \end{aligned}$$

¹ Man ser vanligvis relasjonen med V_1 og V_2 ombyttet, men det er for kraften som virker på vannet! Vi har snudd fortegnet og får direkte kraften som virker på målflaten.

4 Utførelse og målinger

Volumstrømraten måles med rotameter, i prosent av en maksimalverdi gitt som

$$100 \% \quad \Rightarrow \quad 2310 \text{ liter/time}$$

Prosentavlesningen skjer ved den midtre brede kransen på flottøren i rotameteret (ikke ved toppen eller bunnen av den).

Det skal måles med både plan, konkav og sfærisk målflate. For hver flate utføres følgende prosedyre:

- Ta av skruene som holder topplata i vannbeholderen på plass, og skru fast målflata på nederste ende av stanga (ikke for hardt). Sett på topplata, og fest skruene. (Forsiktig så ingen av dem faller ned i vanntanken!) Apparatet må stå med utløpet over åpningen i vanntanken. Pass på at det er regulert slik at topplaten blir horisontal.
- Nullstill målespissen mot den røde streken på vektskiva, uten lodd og vannstråle.
- Legg 50 g på vektskiva. Start pumpa, og juster vannstrømmen med hjulet på ventilen ved pumpa inntil spissen igjen peker mot den røde streken. (Vektskiva kan roteres ved strømjusteringen for å minske friksjonen.) Noter loddmassen og prosentavlesninga i tabellen på neste side.
- Gjenta strømmålingen for andre loddmasser, med økning på 50 g pr. trinn. Bruk maksimalverdiene som er angitt i tabellen på neste side. Noter prosentavlesningene i tabellen.
- Gå tilbake til starten, og forbered målinger med neste målflate.

5 Beregninger og rapportskriving

Ut fra de målte verdiene skal man beregne de følgende størrelsene og føre verdiene inn i tabellen:

- Q
- V_1
- F_b (beregnet kraft)
- F_m (målt kraft)
- Prosentvis avvik $100(\frac{F_b}{F_m} - 1) \%$

Plott samsvarende verdier av F_m og prosentvis avvik på det vedlagte kurvebladet. Trekk en kurve for hver målflate, og angi tydelig hvilken målflate hver kurve representerer.

Skriv til slutt rapport som inneholder:

- Måleresultater (gjerne som tabellkopier)
- Beregnede verdier (gjerne som tabellkopier)
- Kurvebladet med $(\frac{F_b}{F_m} - 1)$ som funksjoner av F_m
- Kommentarer:
 - Hvorfor antar vi $|\mathbf{V}_1| = |\mathbf{V}_2|$ ved tapsfri strøm?
 - Mulige feilkilder – hva kan de systematiske avvikene skyldes?

Mål- flate	m (kg)	Rate (%)	Q (m ³ /s)	V_1 (m/s)	F_b (N)	F_m (N)	$100 \left(\frac{F_b}{F_m} - 1 \right)$ (%)
Plan	0.05						
“	0.10						
“	0.15						
“	0.20						
Konkav	0.05						
“	0.10						
“	0.15						
“	0.20						
“	0.25						
“	0.30						
Sfærisk	0.05						
“	0.10						
“	0.15						
“	0.20						
“	0.25						
“	0.30						
“	0.35						
“	0.40						

