6.8 KRAFT FRA STRÅLE PÅ VINGE ELLER SKOVL SOM BEVEGER SEG

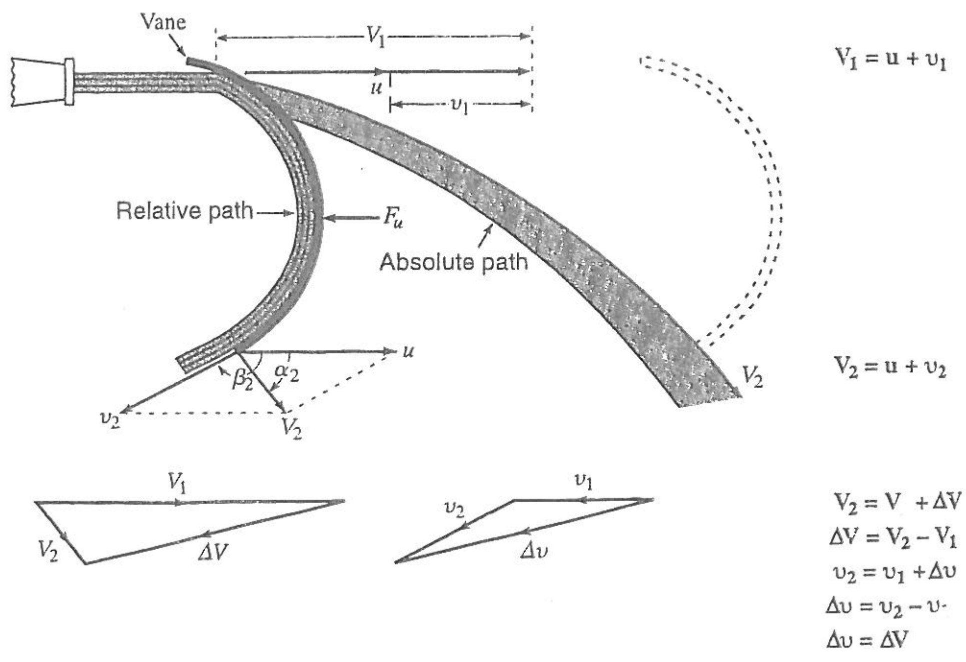
Vi ser på tilfellet med stasjonær (tidsuavhengig) bevegelse

Forenklende antagelse:

$\alpha_1 = 0$ (innkommende stråle samme retning som skovlens bevegelsesretning)

To poenger:

- Fluidmengden som treffer et enkelt beveget objekt pr. tidsenhet
  ≠ mengden som ville truffet et stasjonært objekt pr. tidsenhet
- For bevegelig objekt må vi betrakte både relative og absolutte hastigheter



Situasjonen samtidig betraktet i

- system som sitter fast på dysa
- " " beveger seg sammen med skovlen

FØRSTE POENG

Volumstrømraten involverer __relativ__ hastighet:

$$Q = A_1(V_1 - u) = A_1 v_1$$

ANDRE POENG

Den vektorielle hastighetsforandringa blir den samme i begge systemene:

$$\begin{aligned}\Delta\vec{v} &= \vec{v}_2 - \vec{v}_1 \\ &= (\vec{V}_2 - \vec{u}) - (\vec{V}_1 - \vec{u}) \\ &= \vec{V}_2 - \vec{V}_1 \\ &= \Delta\vec{V}\end{aligned}$$

Kraftkomponent på __skovlen__ i bev. retn., med inkommende stråle i bevegelsesretninga, blir følgelig:
(Fortegnet snudd siden omvendt kraft inngår i impulssatsen; alle trykk lik atmosfæretrykket):

$$\boxed{F_u = \rho A_1 (V_1 - u)\Delta v_u = \rho A_1 (V_1 - u)\Delta V_u}$$ Kraft på __enkelt__ skovl

Faktoren $(V_1 - u)$ skyldes at strålen til en viss grad ikke "når igjen" skovlen.

Men på en Peltonturbin, med tett i tett med skovler rundt kransen, vil fluiden som ikke "når" en skovl på grunn av bevegelsen, istedet treffe den neste. Derfor bruker vi da den __fulle__ massestrømraten:

$$\boxed{F_u = \rho A_1 V_1 \Delta v_u = \rho A_1 V_1 \Delta V_u}$$ Kraft på serie av skovler

Se oppgave F.15 !

Effekt levert hhv. til enkelt skovl og til turbin:

$$P = F_u u = \begin{cases} \rho A_1 (V_1 - u)\, u\, \Delta v & \text{(enkel)} \\ \rho A_1 V_1\, u\, \Delta v & \text{(turbin)} \end{cases}$$

Tapsfri turbin*:

$$\left.\begin{aligned} |\vec{v}_2| &= V_1 - u \\ |\vec{v}_1| &= V_1 - u \end{aligned}\right\} \; |\vec{v}_2| = |\vec{v}_1|$$

Komponenten av $\Delta\vec{v}$ i bevegelsesretning er derfor

$$\Delta v \propto V_1 - u$$

slik at

$$P \propto \begin{cases} (V_1 - u)^2 u & \text{(enkel skovl)} \\ V_1 (V_1 - u) u & \text{(turbin)} \end{cases}$$

Ved hvilken turbinbladshastighet oppnås maksimal effekt?

Ta $\dfrac{\partial P}{\partial u} = 0$: Det gir

$$\boxed{\begin{aligned} u_{max} &= \tfrac{1}{3} V_1 \quad \text{(enkel skovl)} \\ u_{max} &= \tfrac{1}{2} V_1 \quad \text{(turbinkrans)} \end{aligned}}$$

---

*) Selv om man for en tapsfri turbin vil ha $|\vec{v}_1| = |\vec{v}_2|$, så har man likevel $\vec{v}_1 \neq \vec{v}_2$.