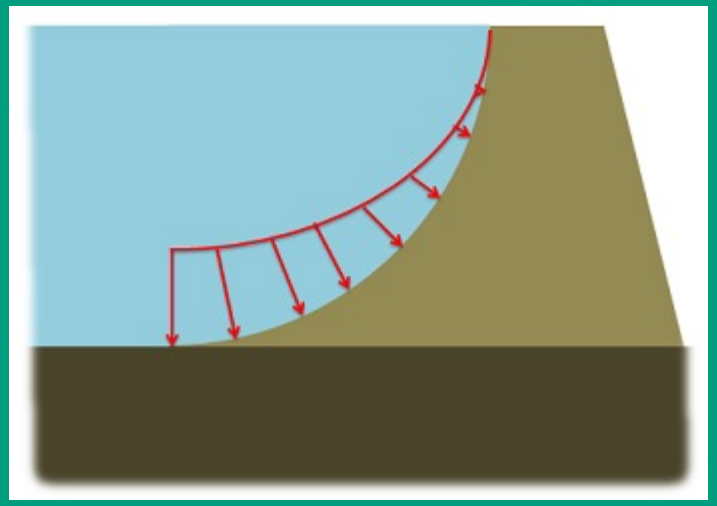
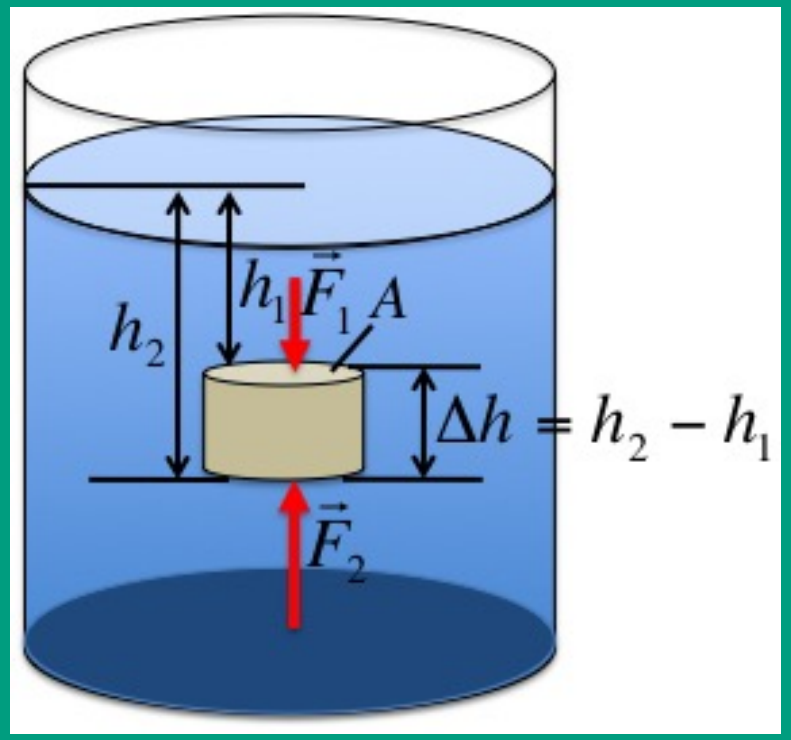
7.feb. 2022: 4. forelesning i fluidmekanikk



Kraft på buede flater

EFM 3.5

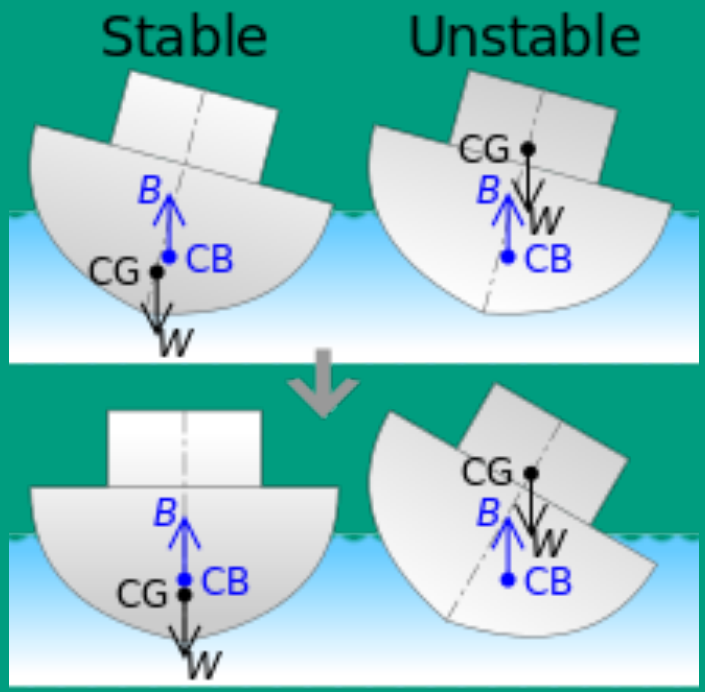
Credit: Creative Commons



Oppdrift

EFM 3.6

Credit: Creative Commons

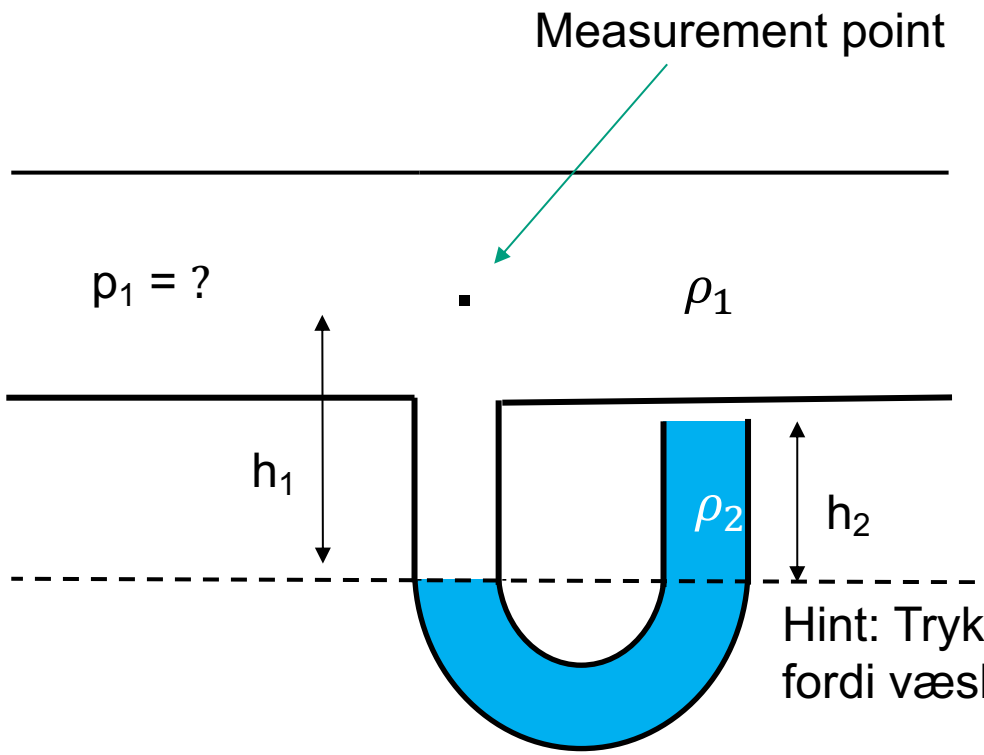


Flytestabilitet

EFM 3.7

Credit: Creative Commons

Uklart fra sist: U-rør utregning for trykk (tavle)

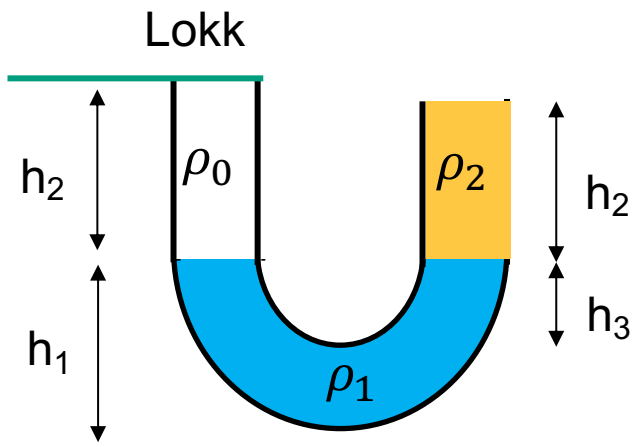


Hint: Trykket er konstant langs linjen
fordi væskene er I hydrostatisk balanse

Hva er trykket p_1?

Individuell: Kraftbalanse i hjemmelaget U-rør med vann og rapsolje.

Oppsett



$\rho_1 = 1000 \frac{kg}{m^3}$ (vann)
h_1 = 6 cm

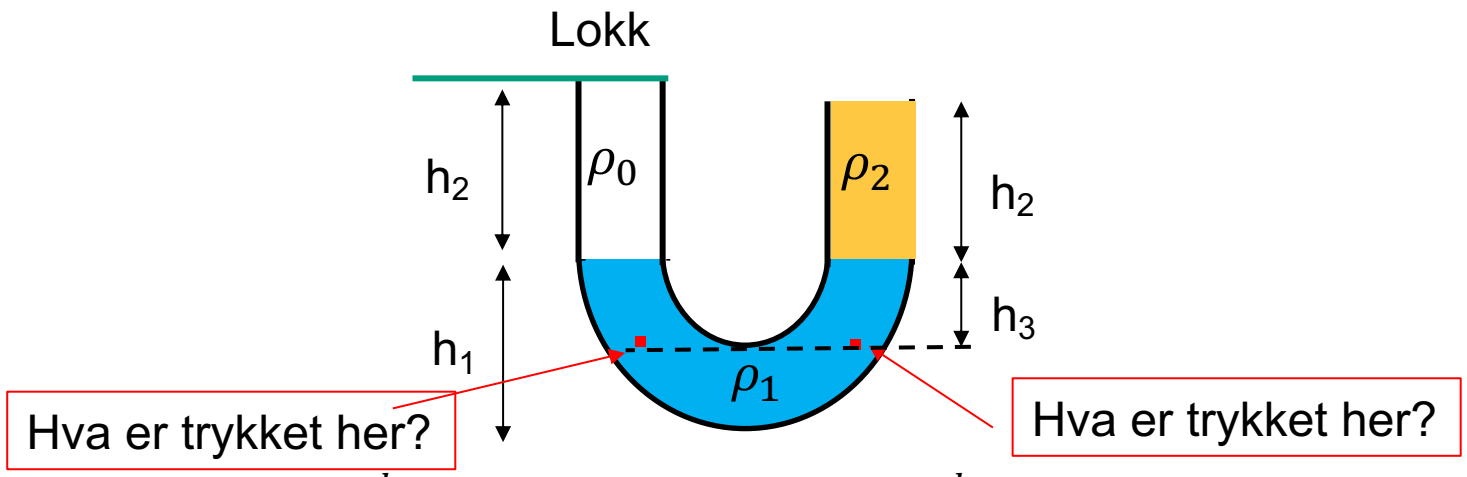
$\rho_2 = 900 \frac{kg}{m^3}$ (matolje)
h_2 = 9 cm

$\rho_o \approx 0$ (luft)
h_3 = 3 cm

Individuell: Kraftbalanse i hjemmelaget U-rør med vann og rapsolje.

Hva er trykket i målepunktene?

$g = 10 m^2/s$



$\rho_1 = 1000 \frac{kg}{m^3}$ (vann)

h_1 = 6 cm

$\rho_2 = 900 \frac{kg}{m^3}$ (matolje)

h_2 = 9 cm

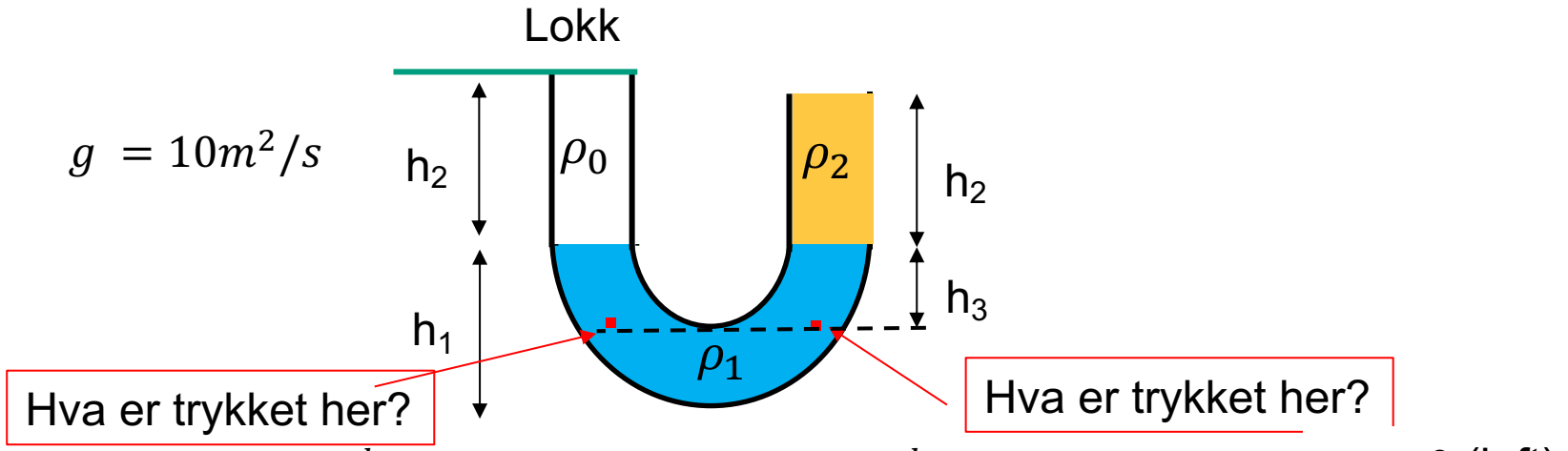
$\rho_o \approx 0$ (luft)

h_3 = 3 cm

Svar: Kraftbalanse i hjemmelaget U-rør med vann og rapsolje.

Trykket i venstre målepunkt er $\mathrm{p_v} = \rho_1 g h_3$. Trykket i høyre målepunkt er $\mathrm{p_h} = \rho_1 g h_3 + \rho_2 g h_2$

$\mathrm{p_v} = \frac{1000kg}{m^3} \cdot \frac{10m}{s^2} \cdot 0{,}03\mathrm{m} = \boldsymbol{300Pa}$, $\mathrm{p_h} = p_\mathrm{v} + \frac{900kg}{m^3} \cdot \frac{10m}{s^2} \cdot 0{,}09m = 300Pa + 810Pa = \boldsymbol{1110Pa}$



$\rho_1 = 1000\frac{kg}{m^3}$ (vann)

h_1 = 6 cm

$\rho_2 = 900\frac{kg}{m^3}$ (matolje)

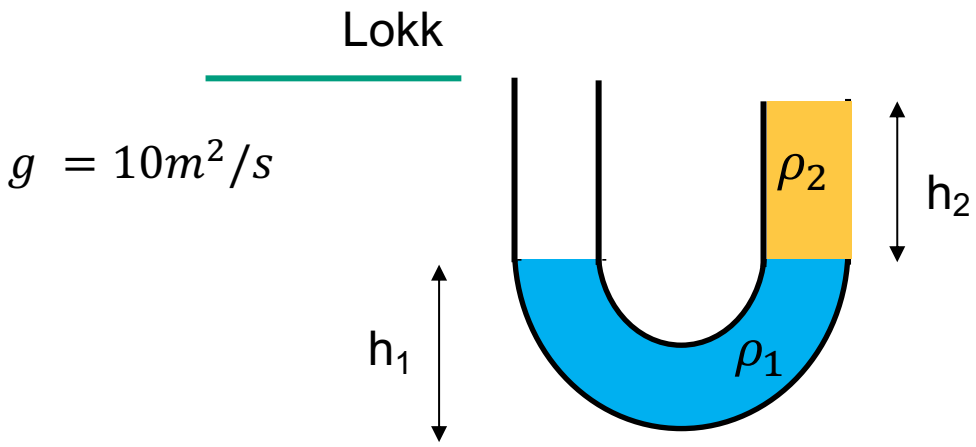
h_2 = 9 cm

$\rho_o \approx 0$ (luft)

h_3 = 3 cm

Diskuter med sidemann: Kraftbalanse i hjemmelaget U-rør med vann og rapsolje.

Vi fjerner lokket. Vil dette føre til en bevegelse, og i tilfelle hvorfor (ikke)?



$\rho_1 = 1000\frac{kg}{m^3}$ (vann)

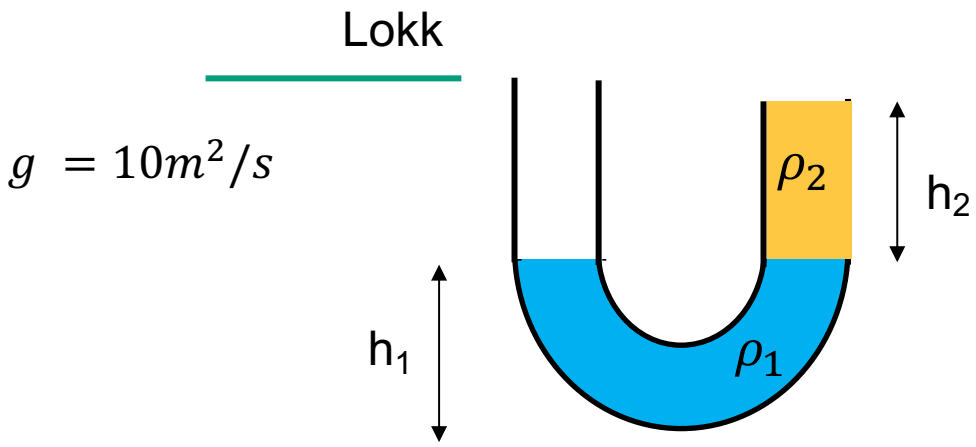
h_1 = 6 cm

$\rho_2 = 900\frac{kg}{m^3}$ (matolje)

h_2 = 9 cm

Individuell: Kraftbalanse i hjemmelaget U-rør med vann og rapsolje.

Hvilken væskesøyle vil stå høyest når vi har fjernet lokket?



$\rho_1 = 1000\frac{kg}{m^3}$ (vann)

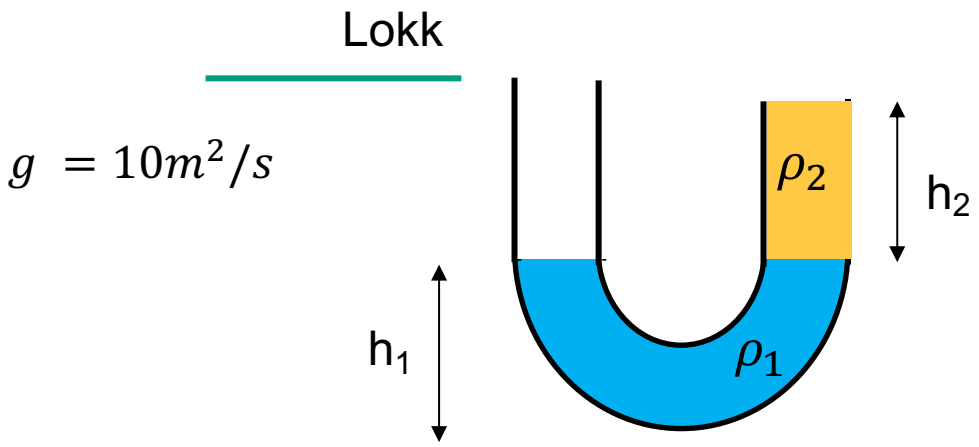
h_1 = 6 cm

$\rho_2 = 900\frac{kg}{m^3}$ (matolje)

h_2 = 9 cm

Individuell: Kraftbalanse i hjemmelaget U-rør med vann og rapsolje.

Vi har fjernet lokket:
Regn ut hva væskehøyden blir i venstre væskesøyle, og hva den blir i høyre væskesøyle?

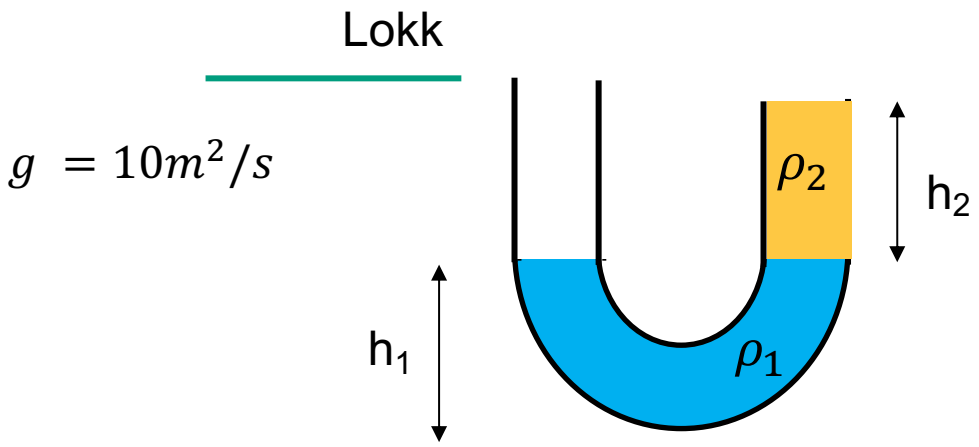


$\rho_1 = 1000\frac{kg}{m^3}$ (vann)
h_1 = 6 cm

$\rho_2 = 900\frac{kg}{m^3}$ (matolje)
h_2 = 9 cm

Eksperiment!

Vi har fjernet lokket:
Hva blir væskehøyden i venstre væskesøyle, og hva den blir i høyre væskesøyle?



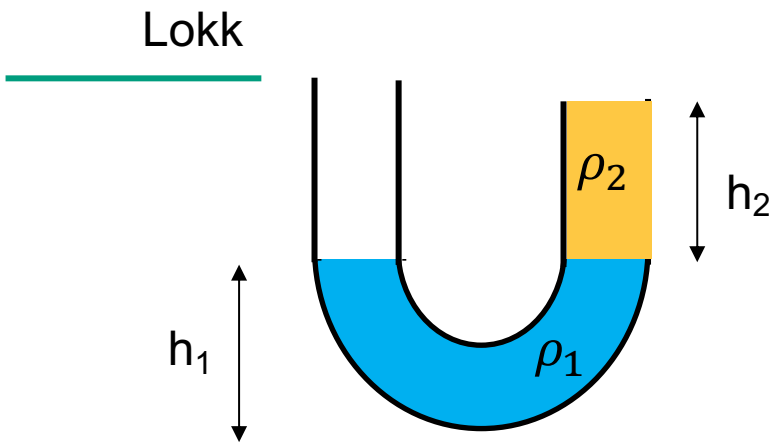
$\rho_1 = 1000\frac{kg}{m^3}$ (vann)
h_1 = 6 cm

$\rho_2 = 900\frac{kg}{m^3}$ (matolje)
h_2 = 9 cm

Tegn av predikert væskehøyde på røret!

Gjennomgang: Væskesøyle i venstre og høyre rørbend (tavle)

Vi har fjernet lokket:
Hva blir væskehøyden i venstre væskesøyle, og hva blir høyden i høyre væskesøyle?

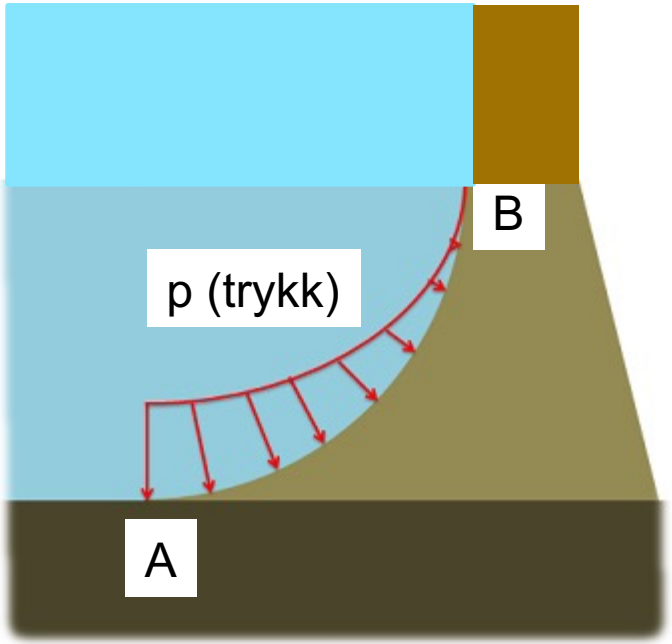


$\rho_1 = 1000 \frac{kg}{m^3}$ (vann)
h_1 = 6 cm

$\rho_2 = 900 \frac{kg}{m^3}$ (matolje)
h_2 = 9 cm

Kraft på buede flater (EFM 3.5)

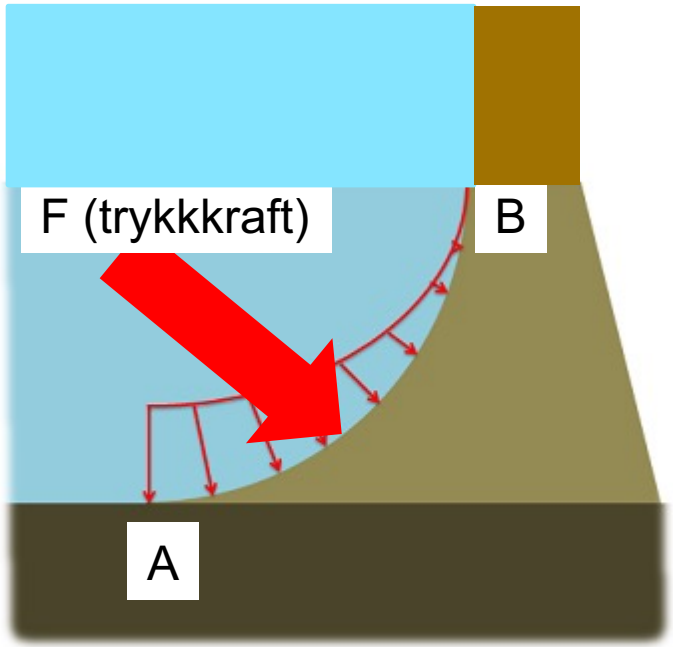
Vi vil finne trykkkraften F



Trykkfordeling

EFM 3.5

Credit: Creative Commons



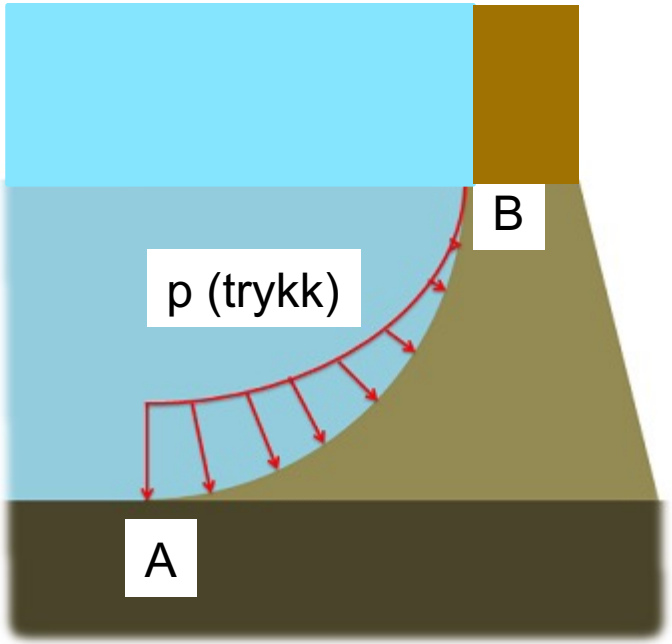
Trykkkraft

EFM 3.5

Credit: Creative Commons

Kraft på buede flater (EFM 3.5)

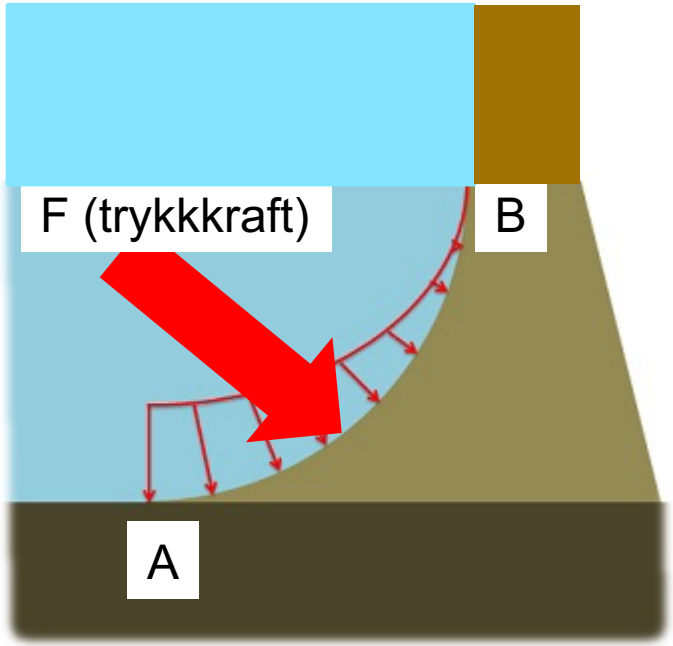
Hvordan ville dere regnet ut kraften hvis dere har trykkfordelingen?



Trykkfordeling

EFM 3.5

Credit: Creative Commons



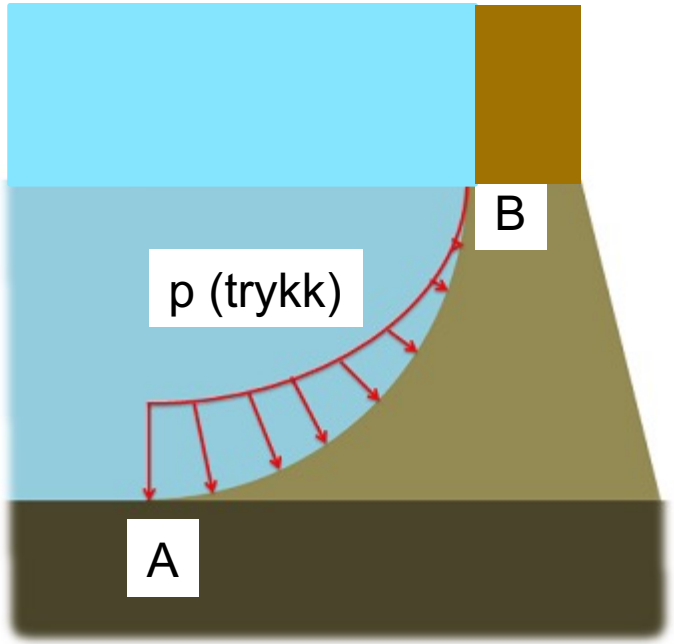
Trykkkraft

EFM 3.5

Credit: Creative Commons

Kraft på buede flater (EFM 3.5)

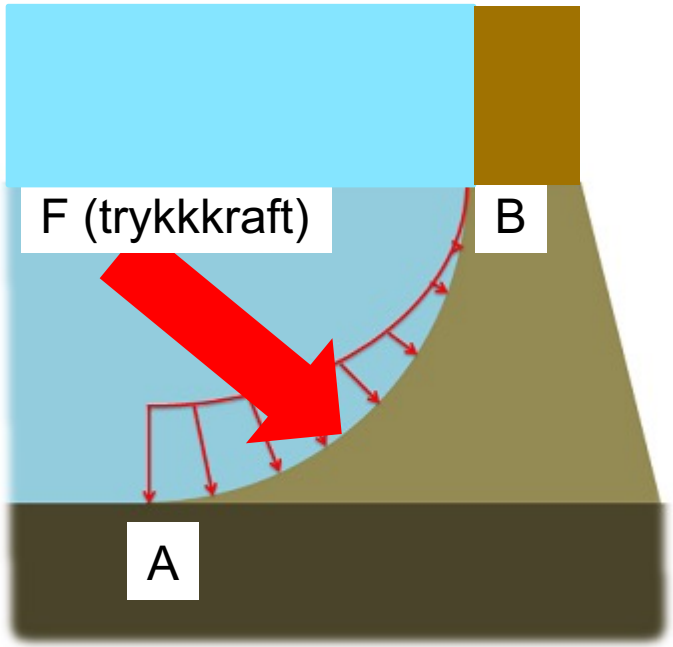
Kraften er trykket summert over buen AB: $F = \int p dA$.



Trykkfordeling

EFM 3.5

Credit: Creative Commons



Trykkkraft

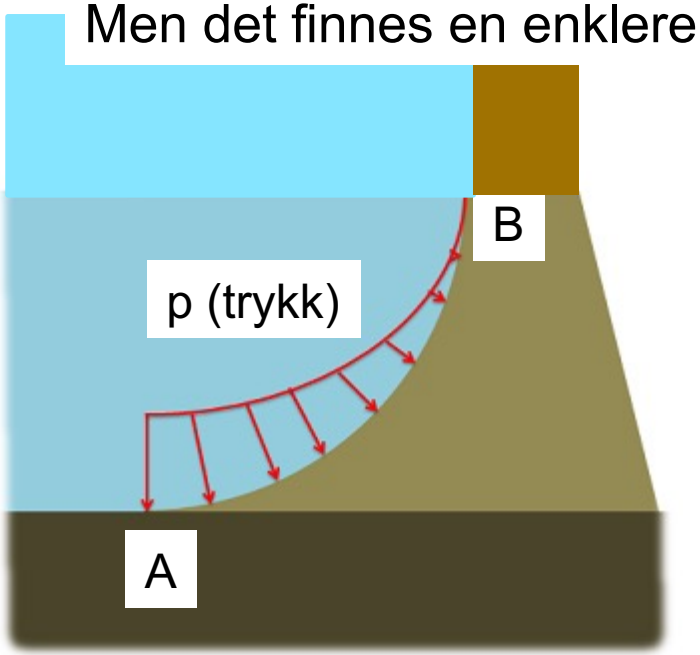
EFM 3.5

Credit: Creative Commons

Kraft på buede flater (EFM 3.5)

Kraften er trykket summert over buen AB: $F = \int pdA$.

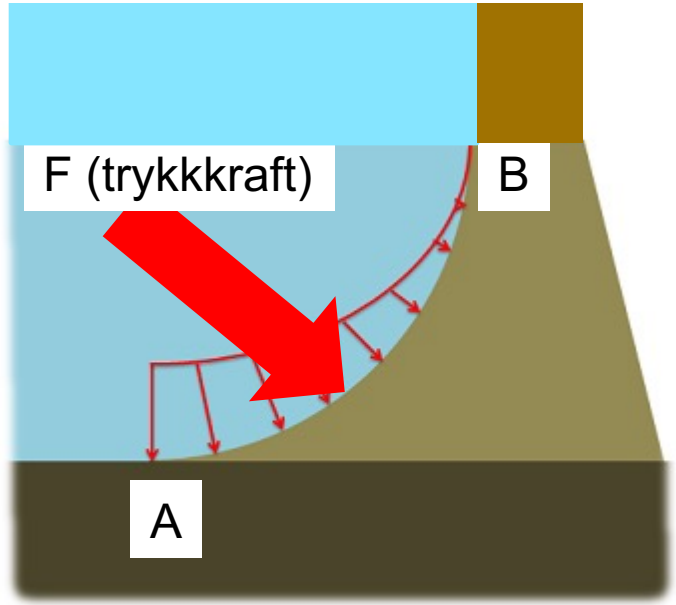
Men det finnes en enklere metode: Vi dekomponerer kraften F i F_x og F_y



Trykkfordeling

EFM 3.5

Credit: Creative Commons



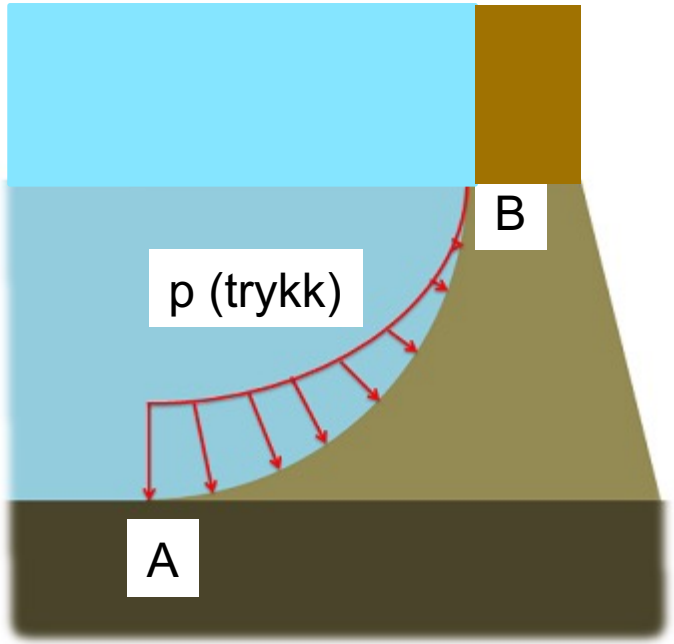
Trykkkraft

EFM 3.5

Credit: Creative Commons

Trinn 1: Belastningsdiagram (EFM 3.5)

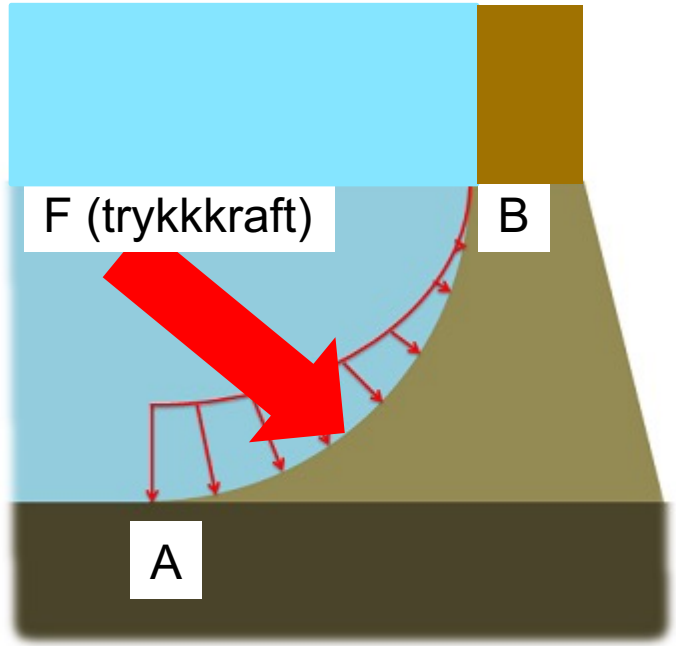
Start med å tegne opp et belastningsdiagram med trykkfordeling



Trykkfordeling

EFM 3.5

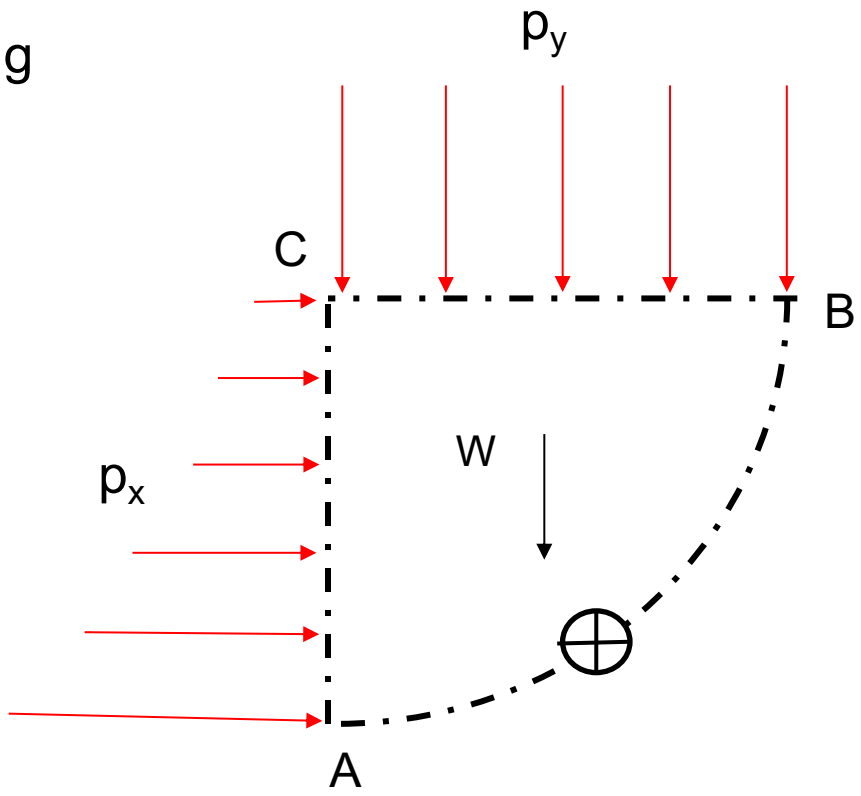
Credit: Creative Commons



Trykkkraft

EFM 3.5

W = tyngden av fluidet inni ABC



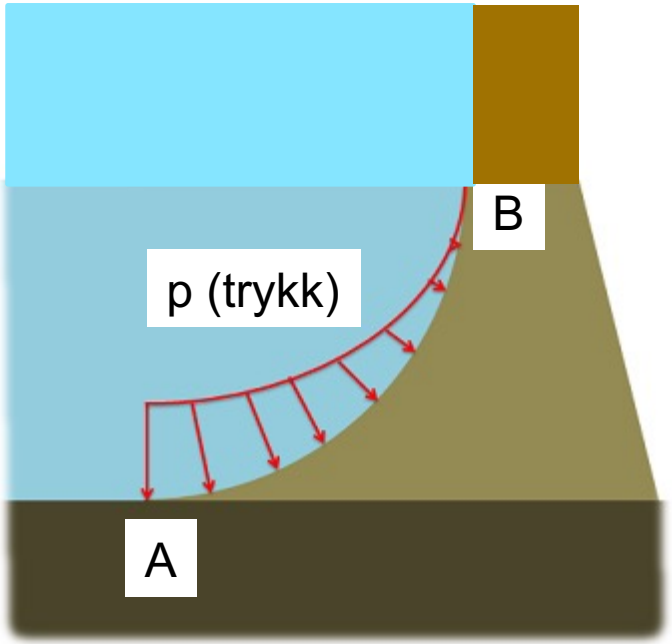
Belastningsdiagram

(trykkfordeling)

Free-body diagram

Trinn 2: Regn ut F_y og F_x (EFM 3.5)

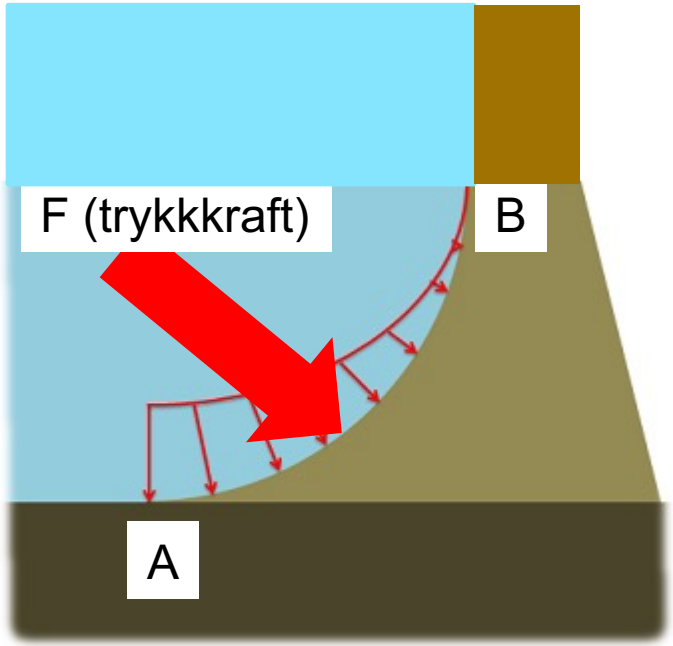
$$F = \bar{p}A,\ F_y = \overline{p_y}BC + W, F_x = \overline{p_x}AC$$



Trykkfordeling

EFM 3.5

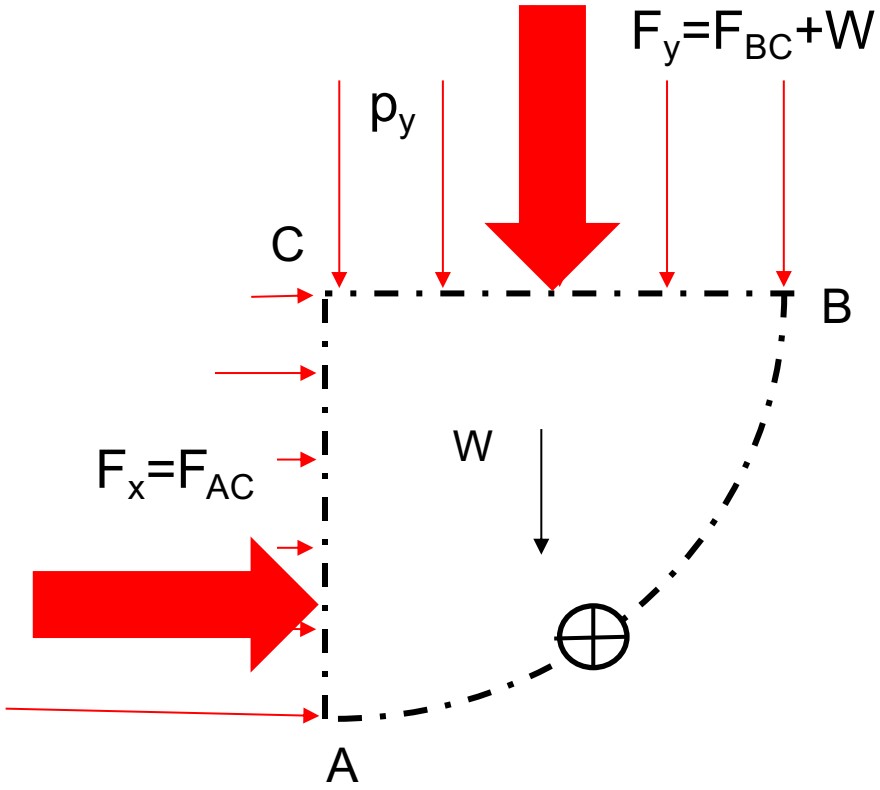
Credit: Creative Commons



Trykkkraft

EFM 3.5

W = tyngden av fluidet inni ABC



Belastningsdiagram

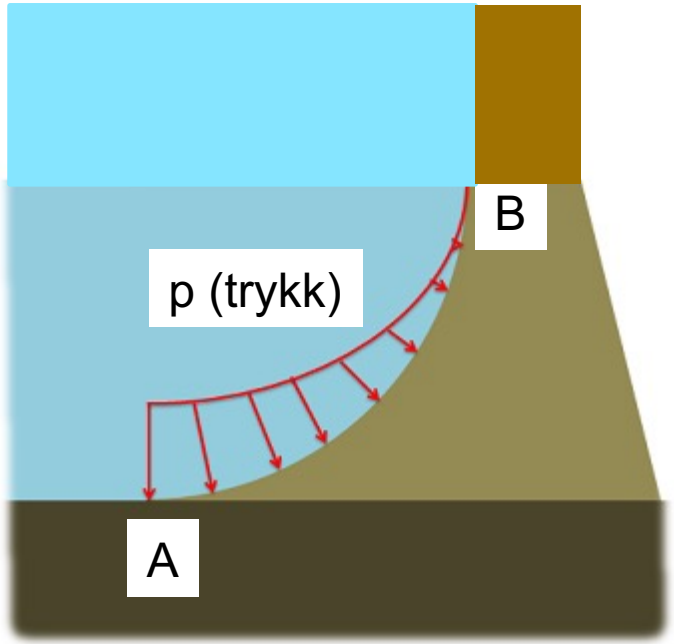
(trykkfordeling)

Free-body diagram

Individuell: Hva er $\overline{p_x}$? Uttrykk ved p_c og p_A

Hint: p_x er et hydrostatisk trykk som avhenger lineært av dybden.

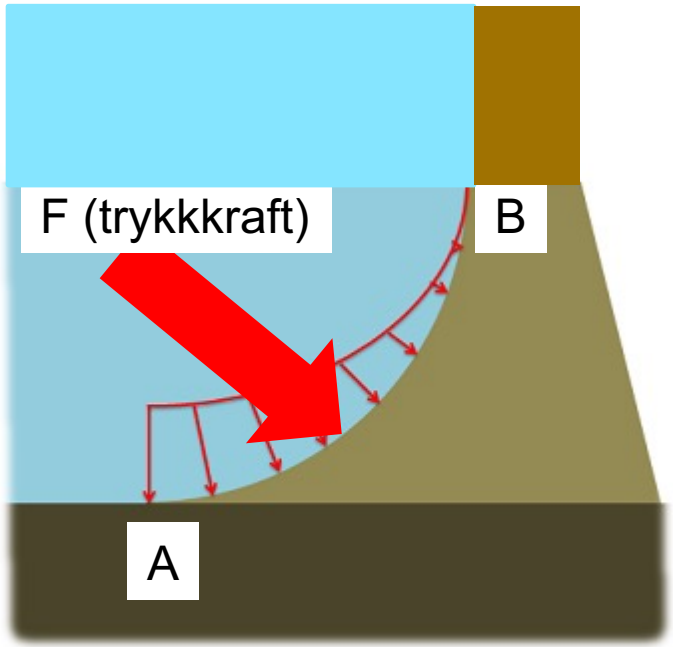
$$F = \bar{p}A,\ F_y = \overline{p_y}BC + W, F_x = \overline{p_x}AC$$



Trykkfordeling

EFM 3.5

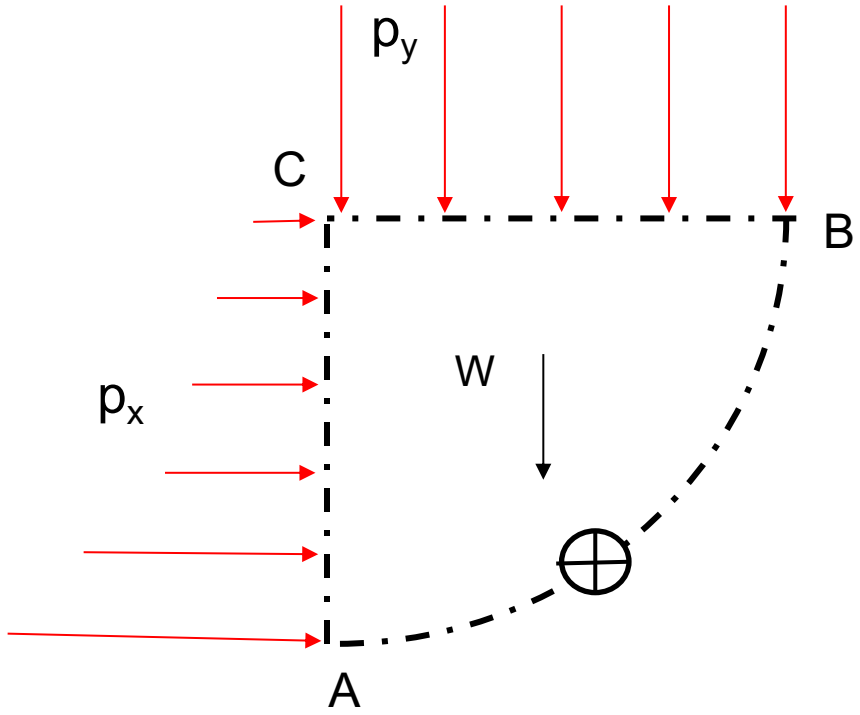
Credit: Creative Commons



Trykkkraft

EFM 3.5

W = tyngden av fluidet inni ABC



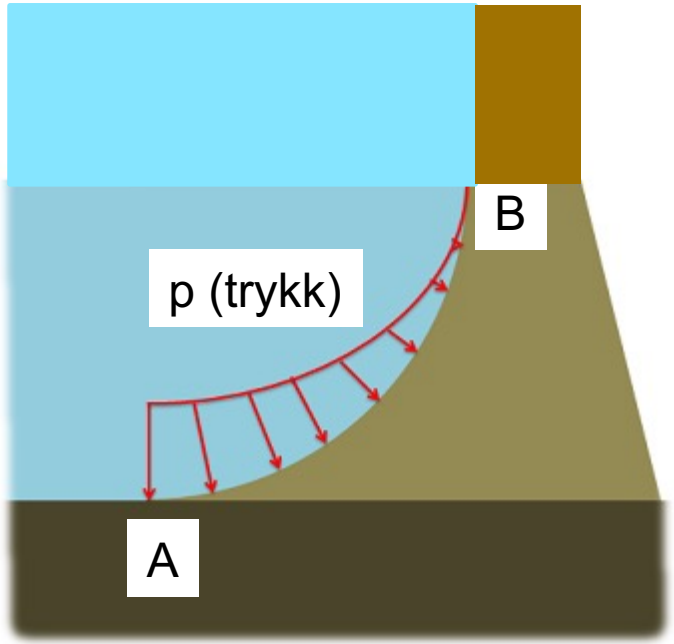
Belastningsdiagram

(trykkfordeling)

Free-body diagram

Svar: $\overline{p_x} = \frac{1}{2}(p_A + p_C)$

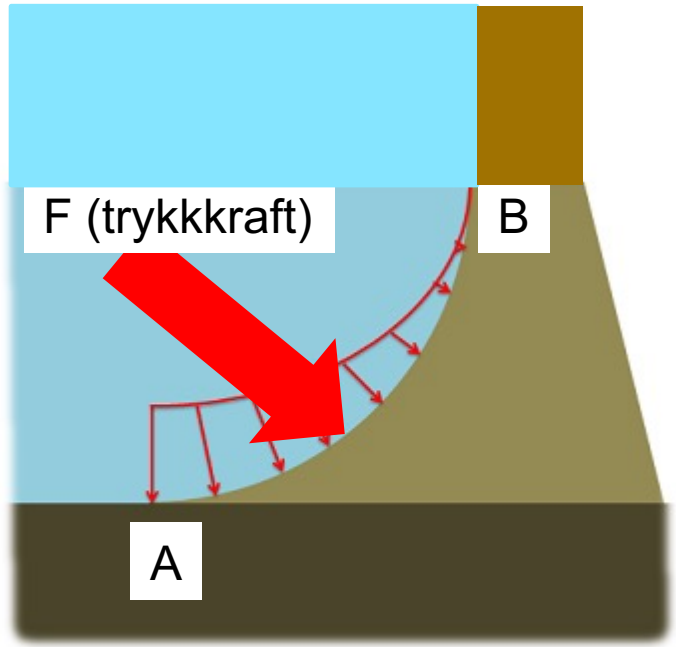
$p_A = \rho g A, \qquad p_C = \rho g C$



Trykkfordeling

EFM 3.5

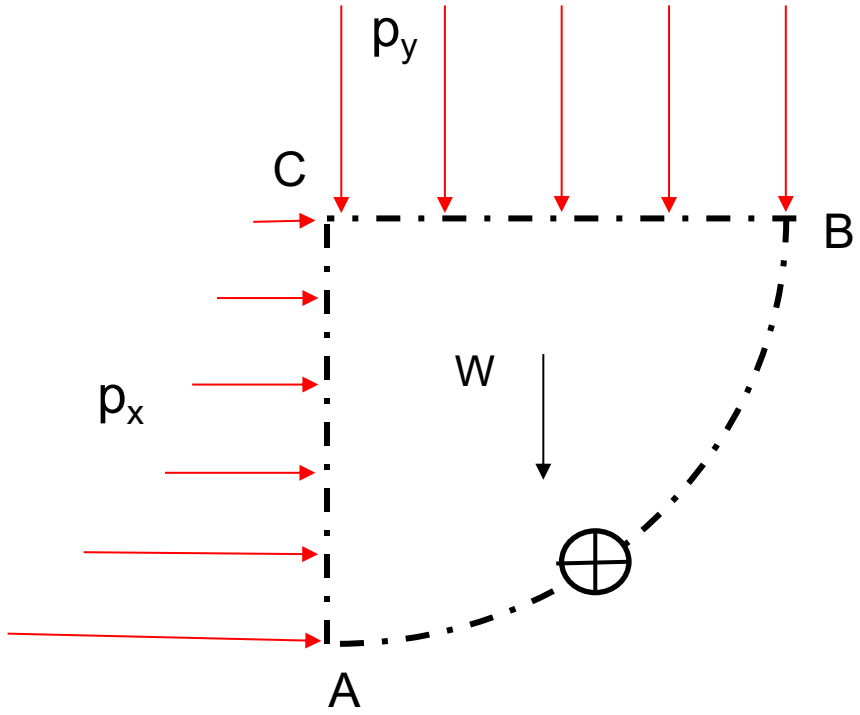
Credit: Creative Commons



Trykkkraft

EFM 3.5

W = tyngden av fluidet inni ABC



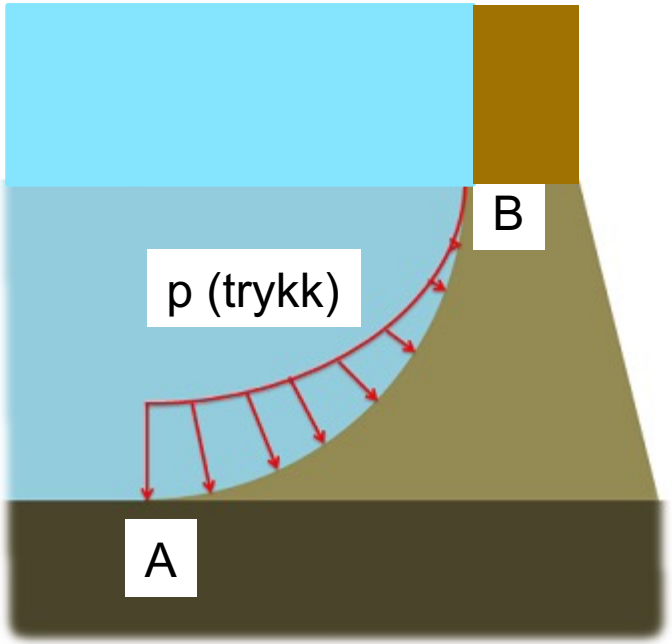
Belastningsdiagram

(trykkfordeling)

Free-body diagram

Trinn 3 (finn kraften F): $F = \sqrt{F_x^2 + F_y^2}$

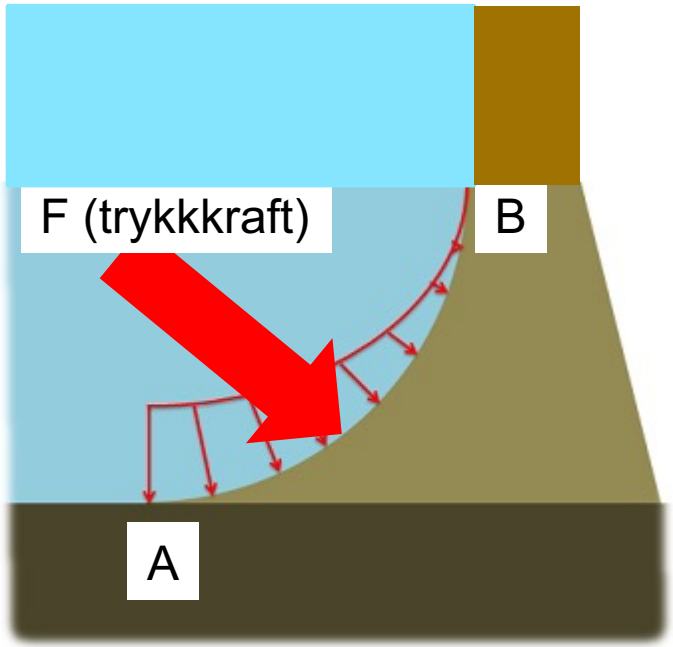
$F_x = \overline{p_x} AC, \qquad \overline{p_x} = \frac{1}{2}(p_A + p_C), \qquad F_y = p_y BC + W, \qquad \overline{p_y} = p_y$



Trykkfordeling

EFM 3.5

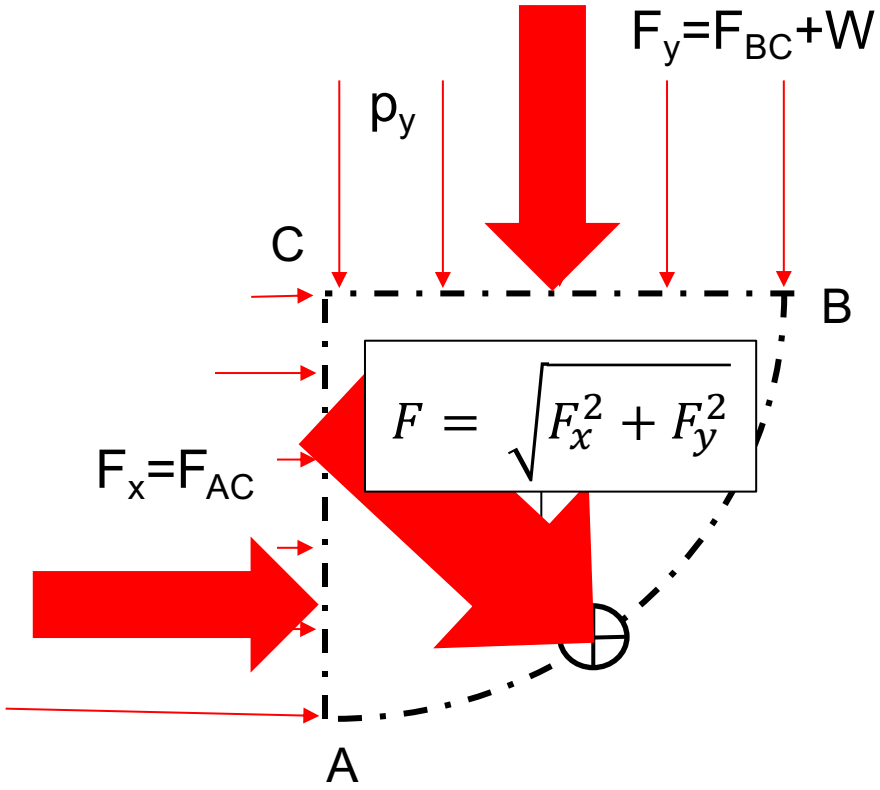
Credit: Creative Commons



Trykkkraft

EFM 3.5

W = tyngden av fluidet inni ABC



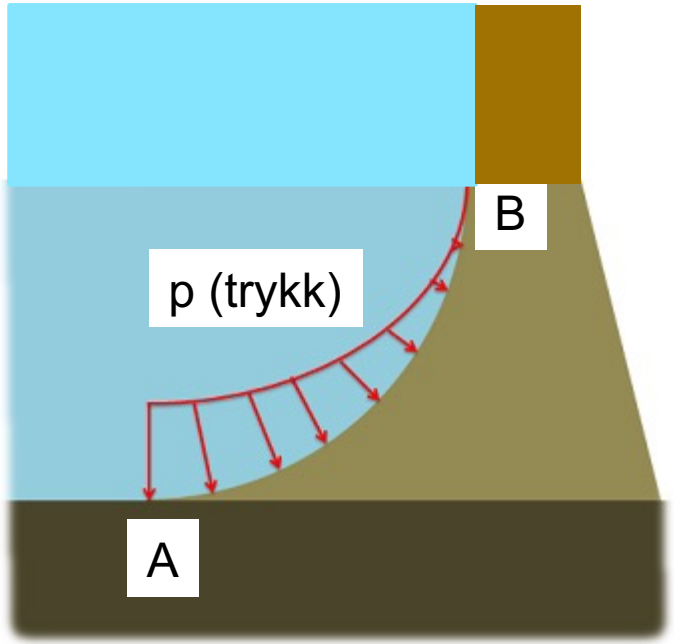
Belastningsdiagram

(trykkfordeling)

Free-body diagram

Individuell: Hvor er angrepspunktet til F_x? Hvor langt fra A angriper F_x?

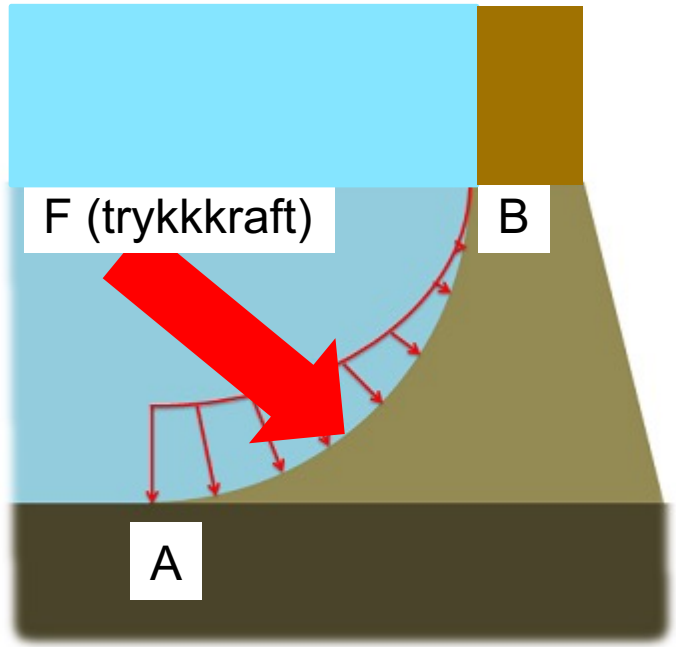
$$x_c = \frac{1}{F_y}\int x p_y dx,\ y_c = \frac{1}{F_x}\int y p_x dy$$



Trykkfordeling

EFM 3.5

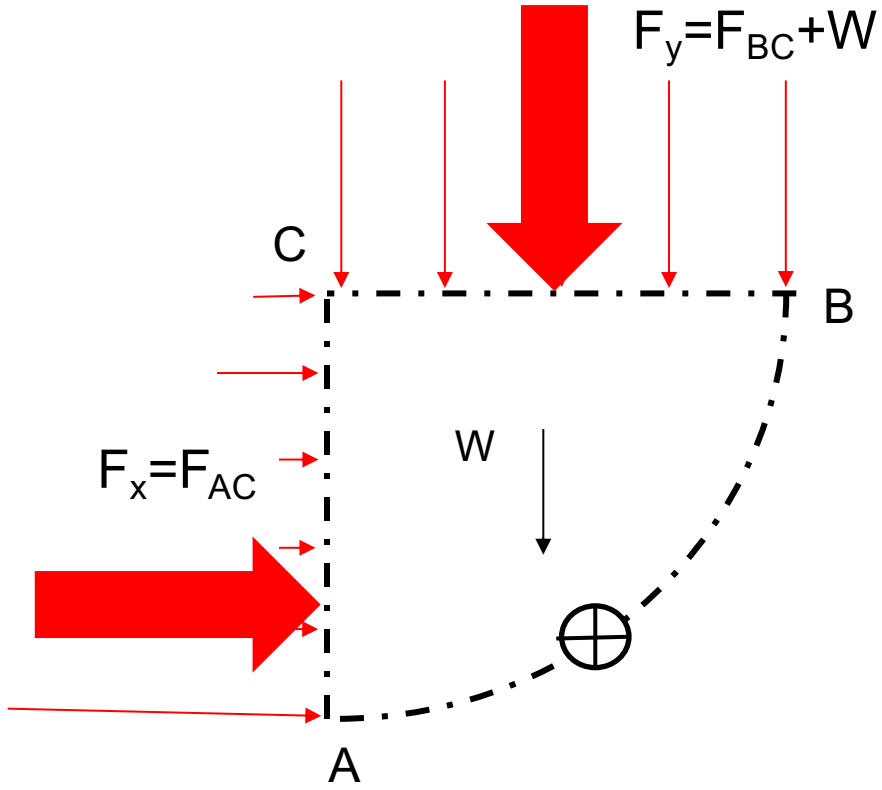
Credit: Creative Commons



Trykkkraft

EFM 3.5

Credit: Creative Commons



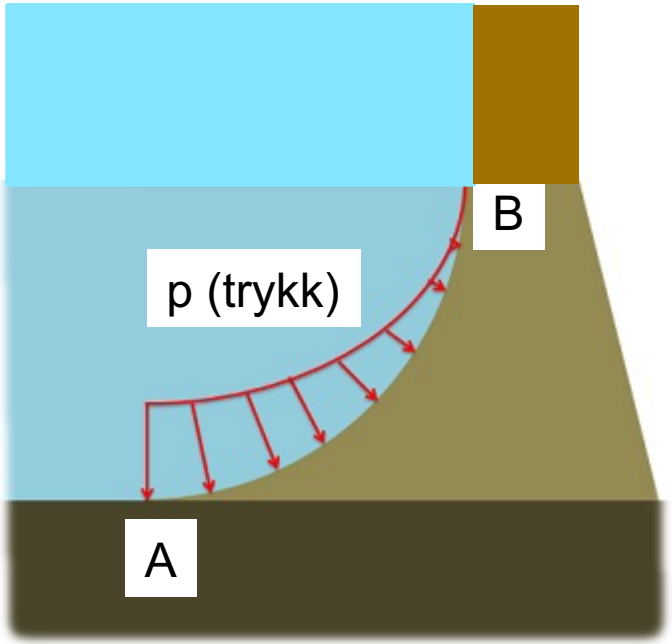
Belastningsdiagram

(trykkfordeling)

Free-body diagram

Svar: Siden p_x er en «trekanttrykk» ($p = \rho g h$) angriper F_x x_c=1/3 AC fra A

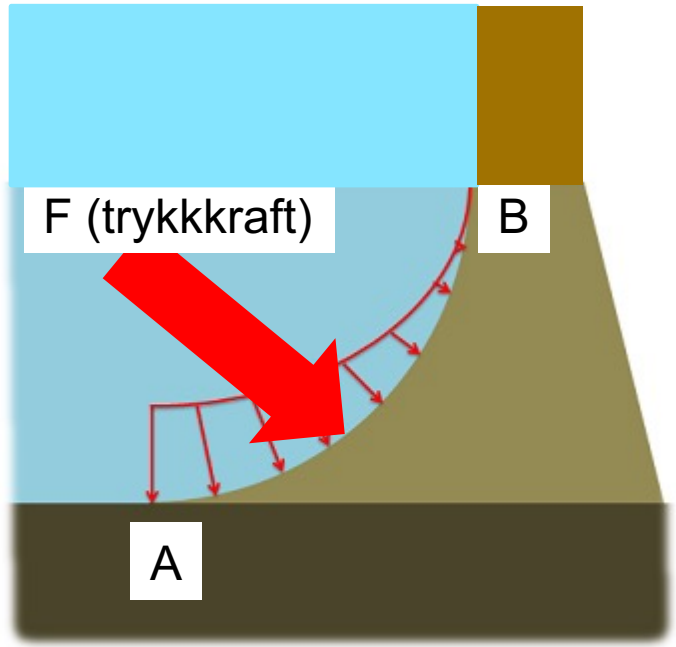
$$x_c = \frac{1}{F_y}\int x p_y dx,\ y_c = \frac{1}{F_x}\int y p_x dy$$



Trykkfordeling

EFM 3.5

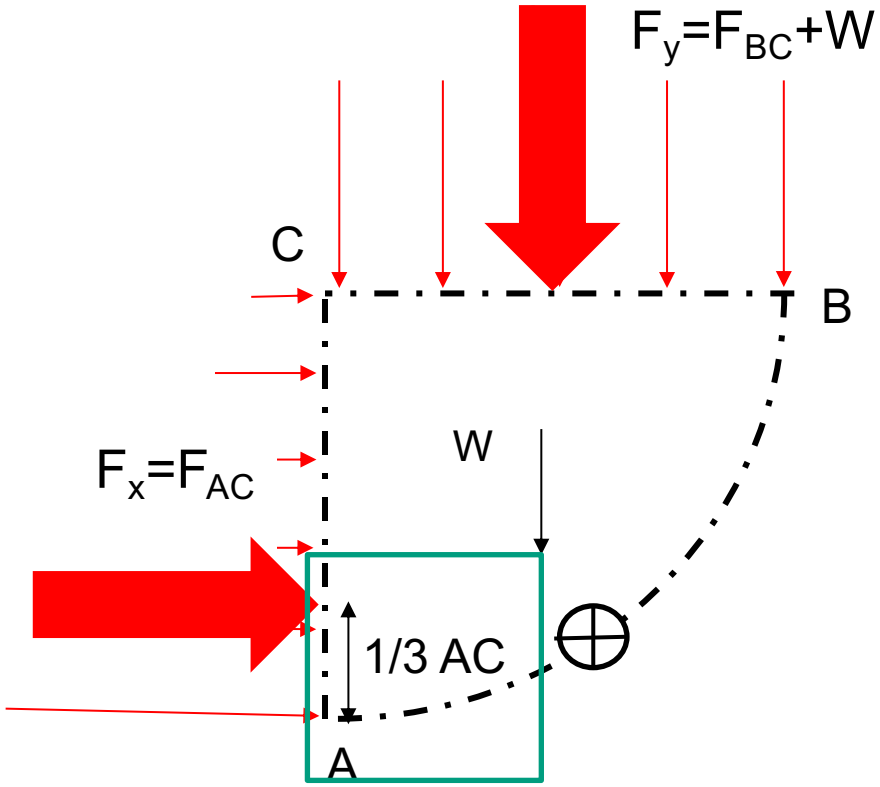
Credit: Creative Commons



Trykkkraft

EFM 3.5

Credit: Creative Commons



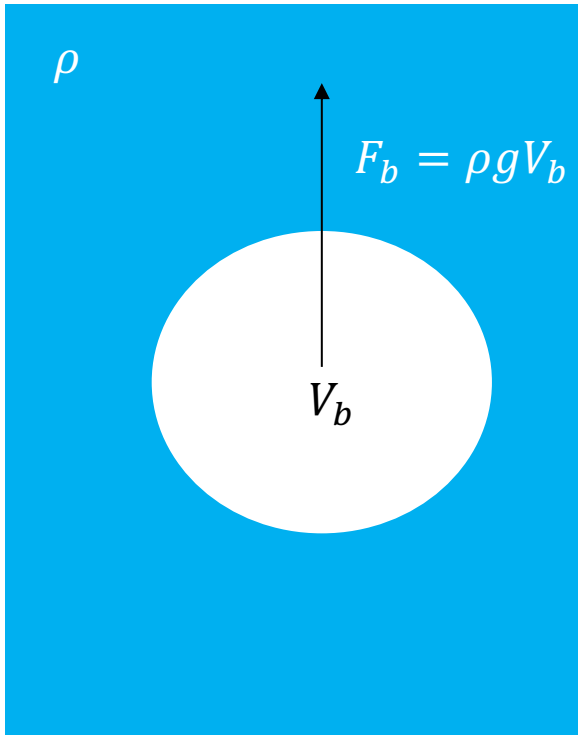
Belastningsdiagram

(trykkfordeling)

Free-body diagram

Oppdrift (EFM 3.6)

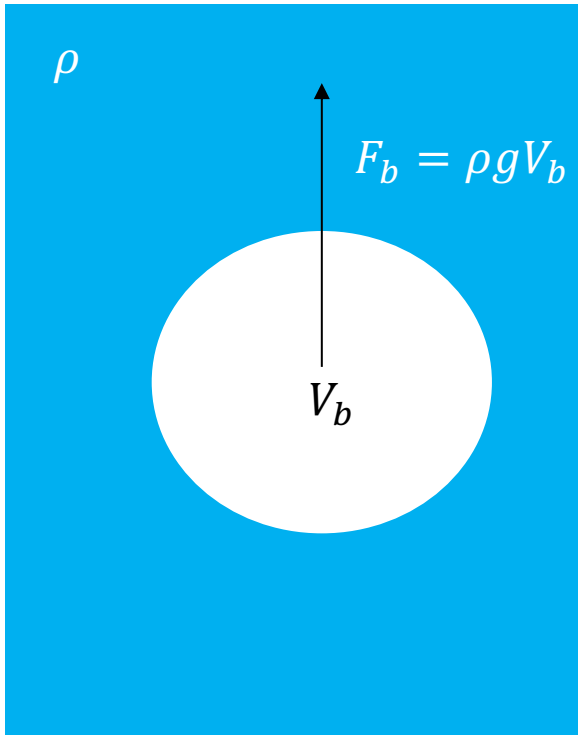
Oppdrift er en kraft som virker oppover på et delvis eller helt nedsenket object. Oppdriftskraften $F_b = \rho g V_b$

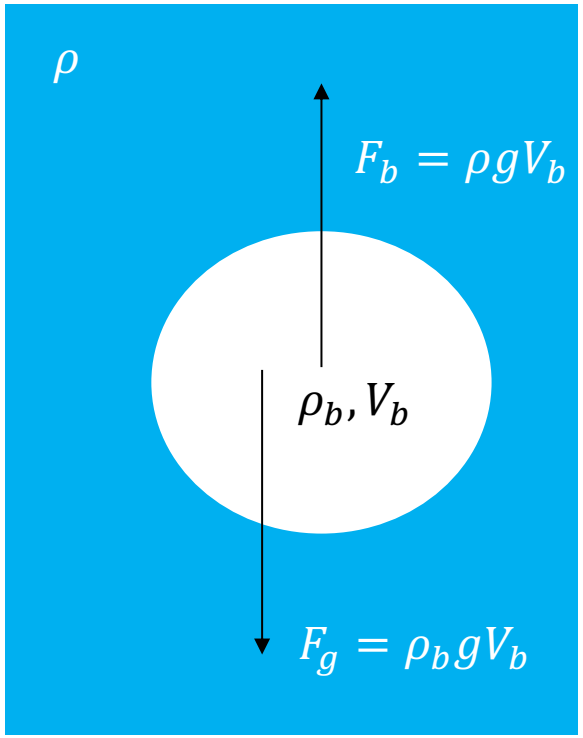


V_b = volumet av det nedsenkede objektet
ρ er egenvekten til fluidet

Oppdrift (EFM 3.6)

Et objekt flyter hvis oppdriftskraften $F_b = \rho g V_b$ > tyngdekraften $F_g = \rho_b g V_b$

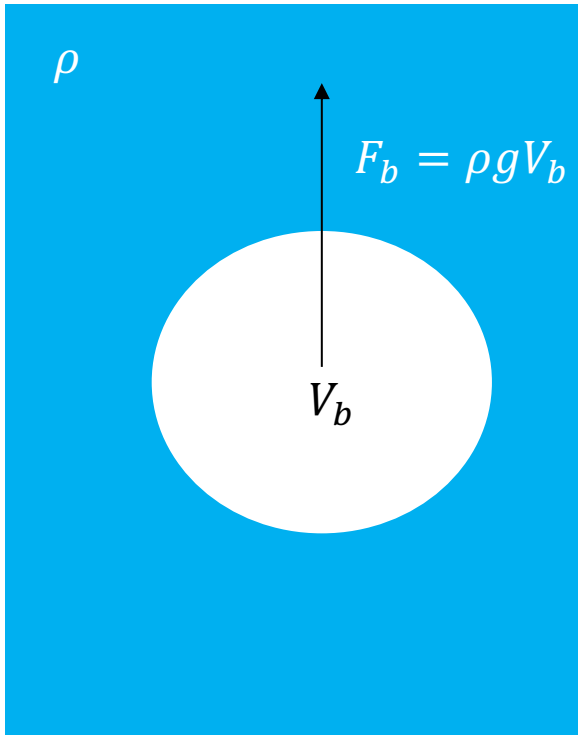


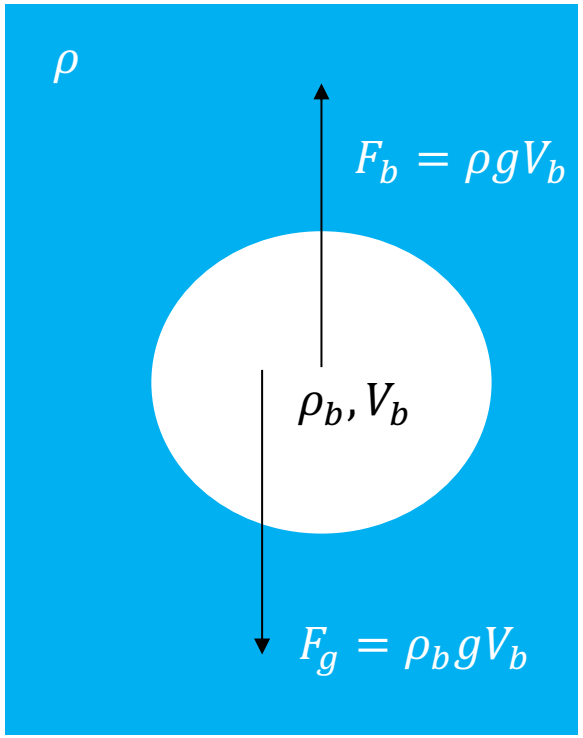


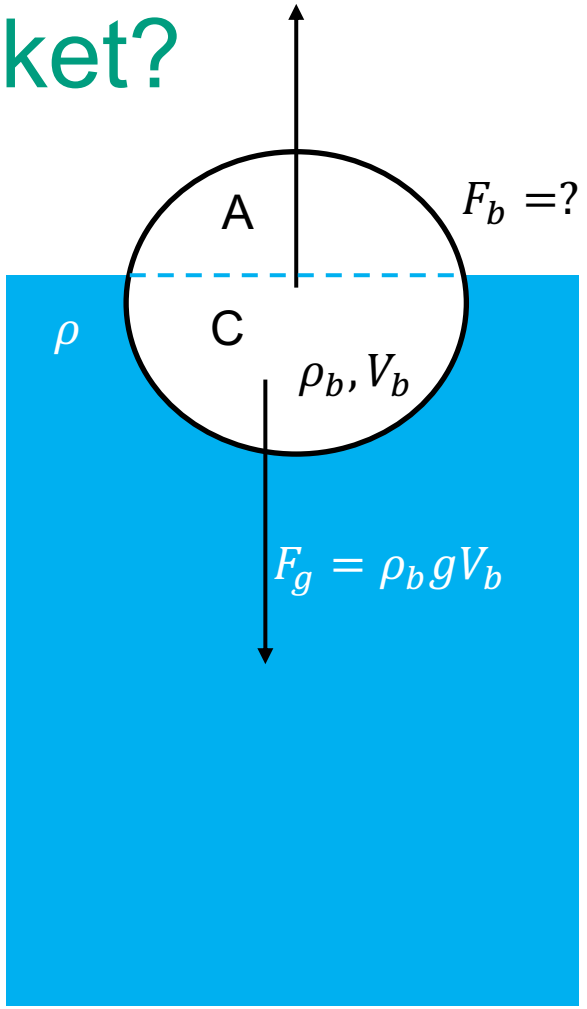
Flyter hvis $F_b > F_g$
Synker hvis $F_b < F_g$
Nøytral oppdrift hvis $F_b = F_g$

V_b = volumet av objektet
ρ er egenvekten til fluidet, ρ_b er egenvekten til objektet

Individuell:
Hva er F_b hvis objektet er delvis nedsenket?



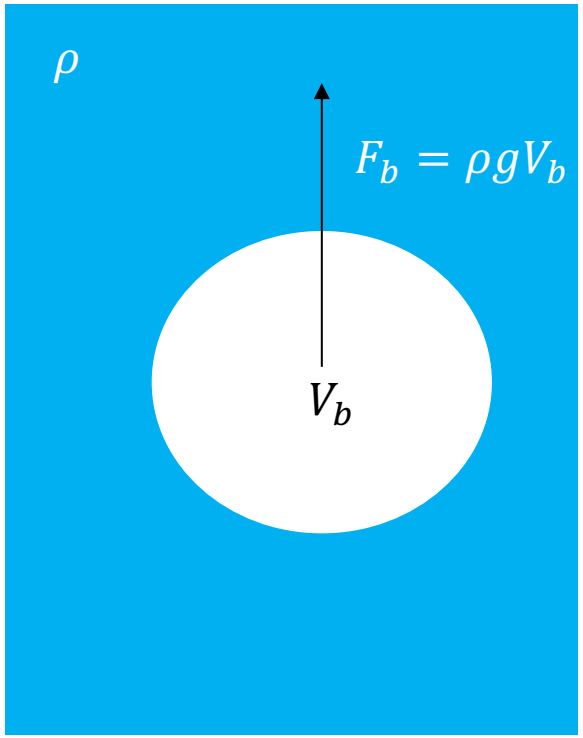


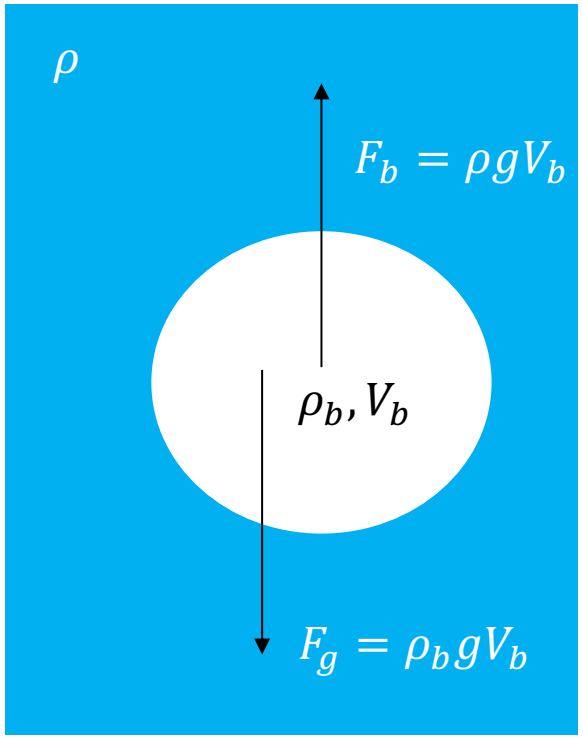


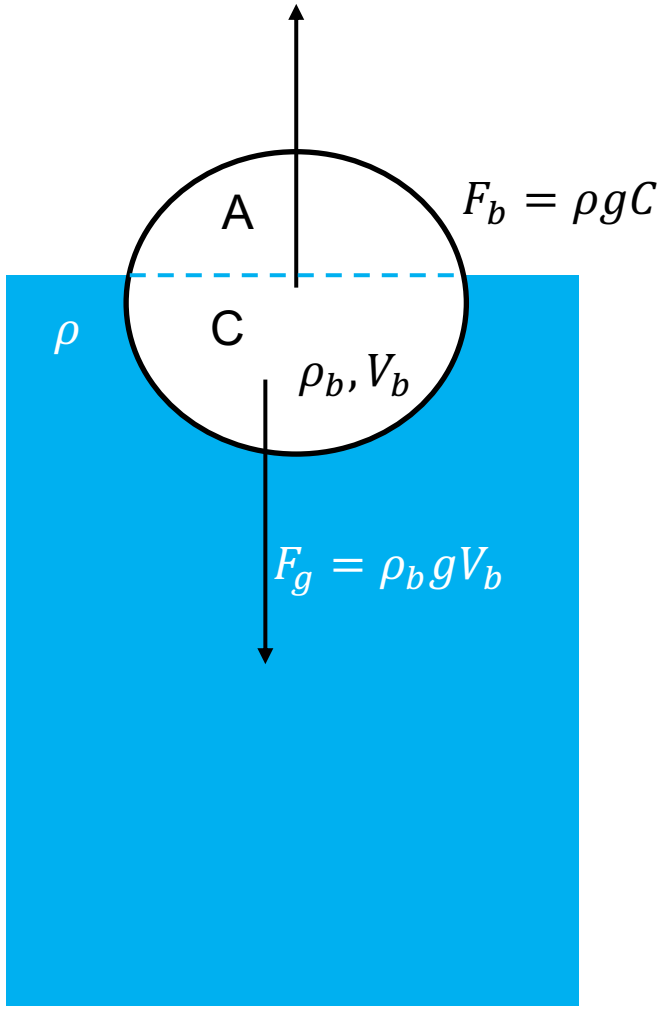
V_b = volumet av objektet
ρ er egenvekten til fluidet, ρ_b er egenvekten til objektet

F_b er vekten til det fortrengte volumet:

$$F_b = \rho g C$$



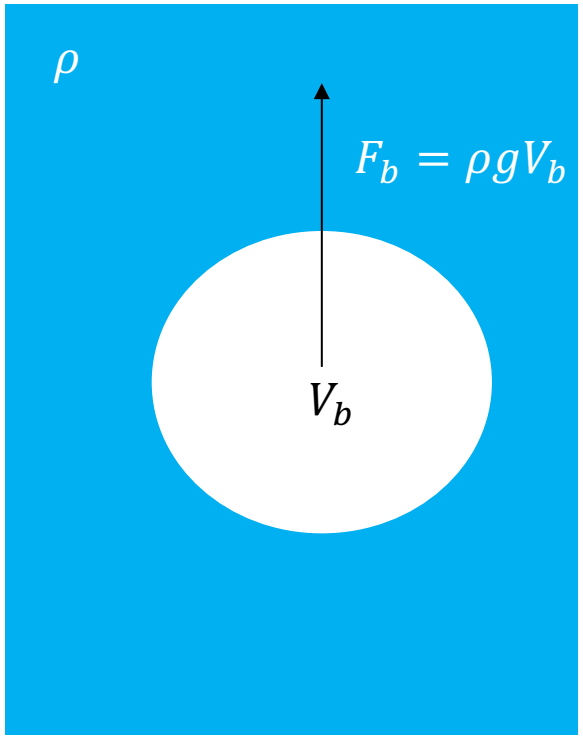


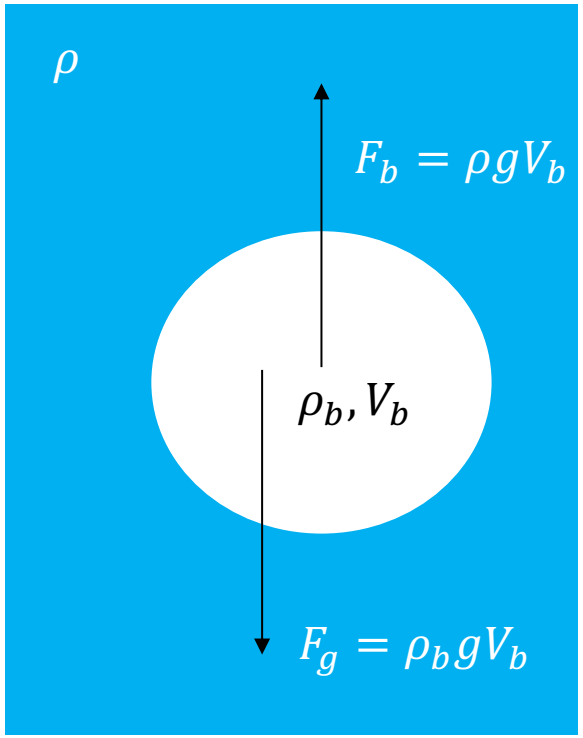


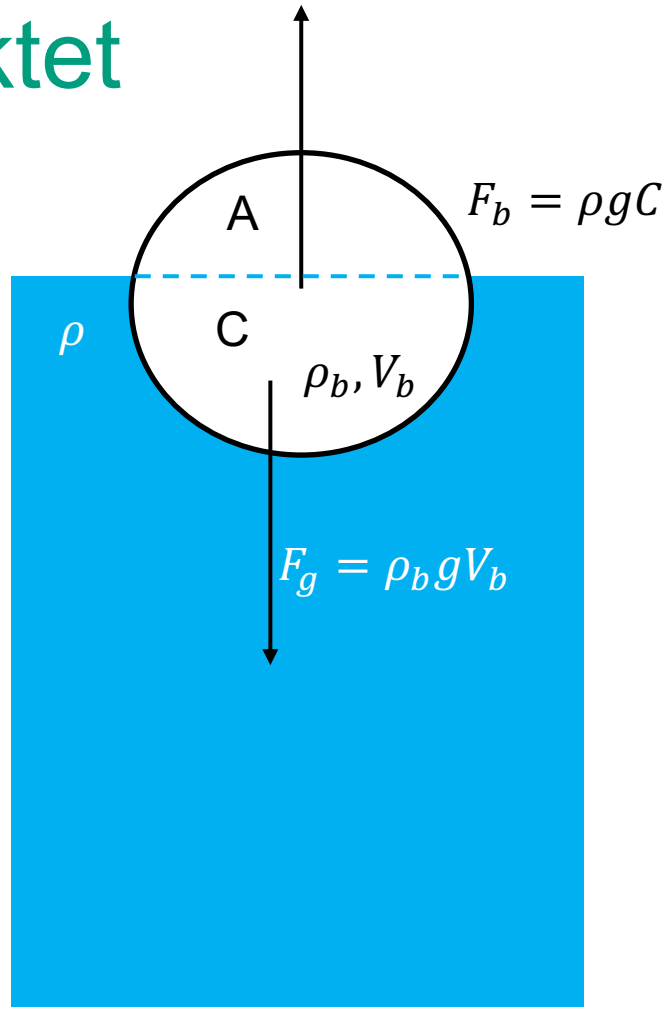
V_b = volumet av objektet

ρ er egenvekten til fluidet, ρ_b er egenvekten til objektet

Individuell: Objektet t.h. har nøytral oppdrift ($F_b = F_g$). Hva er egenvekten ρ_b til objektet uttrykt ved ρ, C, V_b?







V_b = volumet av objektet
ρ er egenvekten til fluidet, ρ_b er egenvekten til objektet

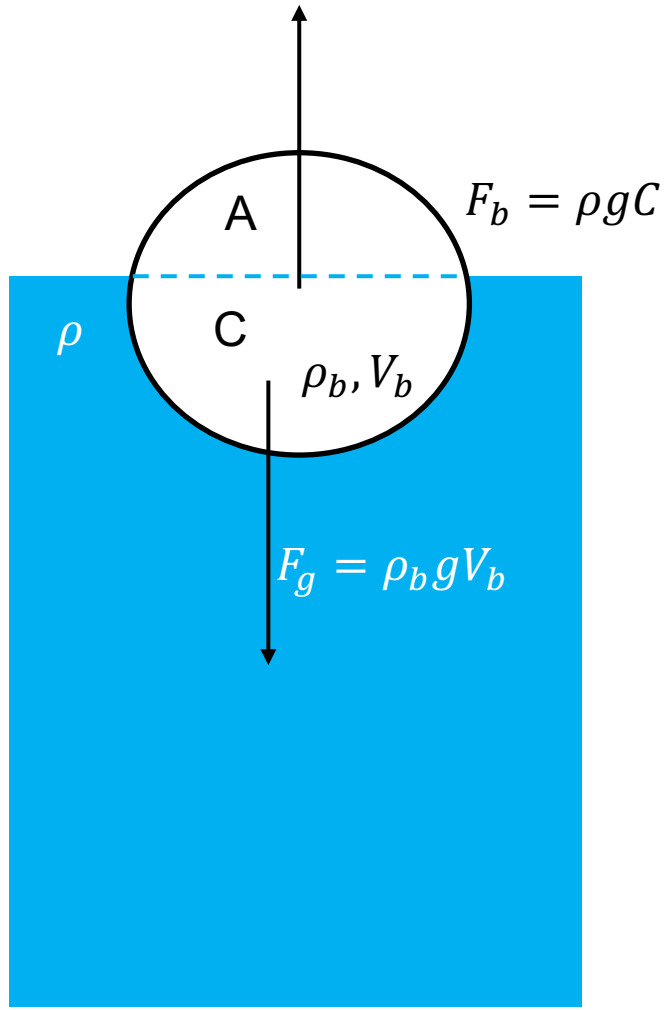
Svar: Egenvekten ρ_b til objektet uttrykt ved ρ, C, V_b er …

$F_b = F_g$ (nøytral oppdrift)

$\rho g C = \rho_b g V_b$

$\Rightarrow$

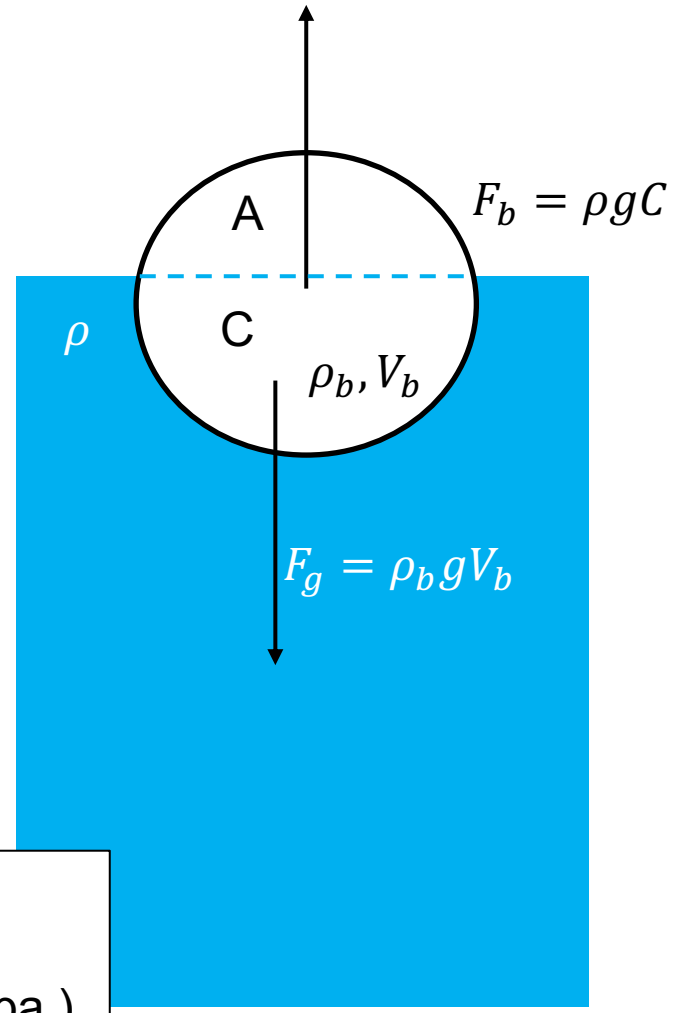
$$\rho_b = \frac{\rho C}{V_b}$$



V_b = volumet av objektet

ρ er egenvekten til fluidet, ρ_b er egenvekten til objektet

Felles: Hvordan kan vi måle C og V_b?



$F_b = F_g$ (nøytral oppdrift)

$\rho g C = \rho_b g V_b$

$\Rightarrow$

$$\rho_b = \frac{\rho C}{V_b}$$

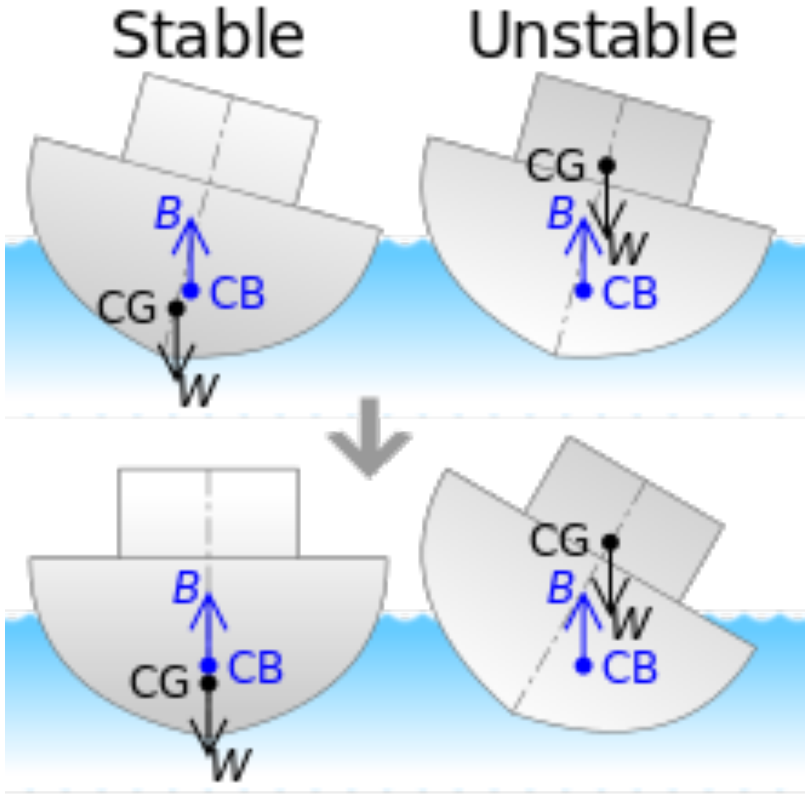
Svar: Vi kan måle væskenivået I bassenget før vi nedsenker objektet delvis (for å finne C, som i figuren) eller helt (for å finne Vb; vi må da dytte objektet med en ekstra påført kraft for å få hele under vannskorpa)

V_b = volumet av objektet

ρ er egenvekten til fluidet, ρ_b er egenvekten til objektet

Flytestabilitet (EFM 3.7)

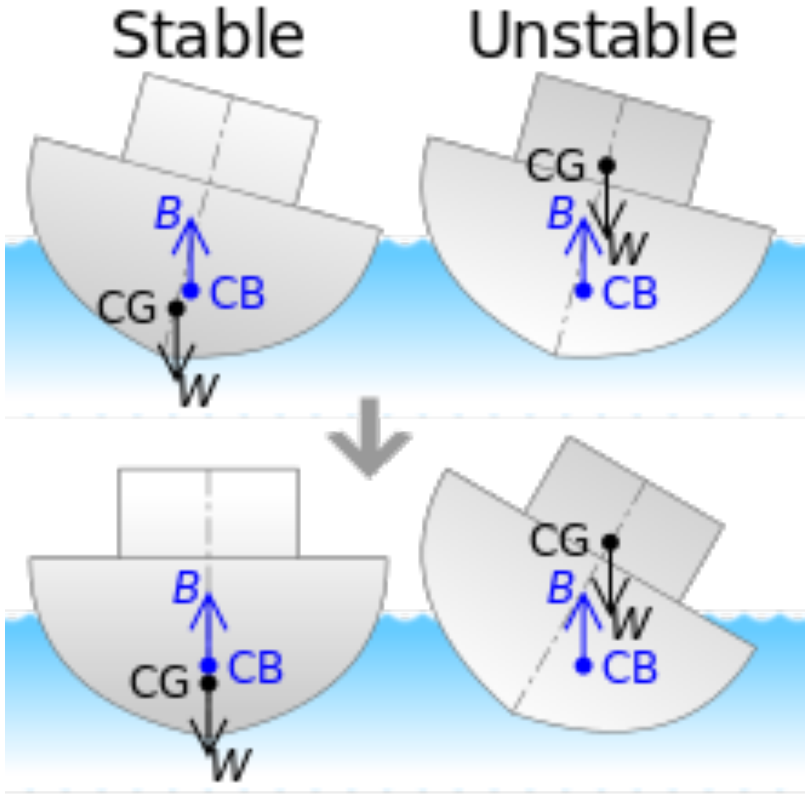
Et objekt har flytestabilitet hvis gravitasjonsssenteret (center of gravity, CG) ligger under sentroiden til det fortrengte volumet (kalles oppdriftssenteret (center of buoyancy, CB))



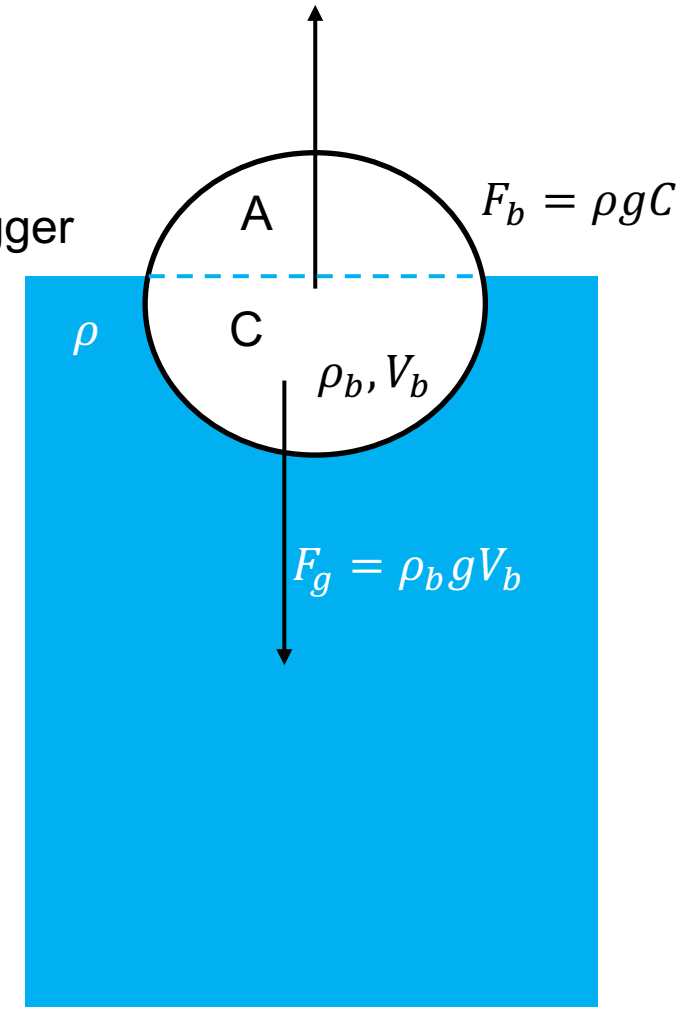
This Photo by Unknown Author is licensed under CC BY-SA

Har bøyen til høyre flytestabilitet?

Et objekt har flytestabilitet hvis gravitasjonsssenteret (center of gravity, CG) ligger under oppdriftssenteret (center of buoyancy, CB)



This Photo by Unknown Author is licensed under CC BY-SA

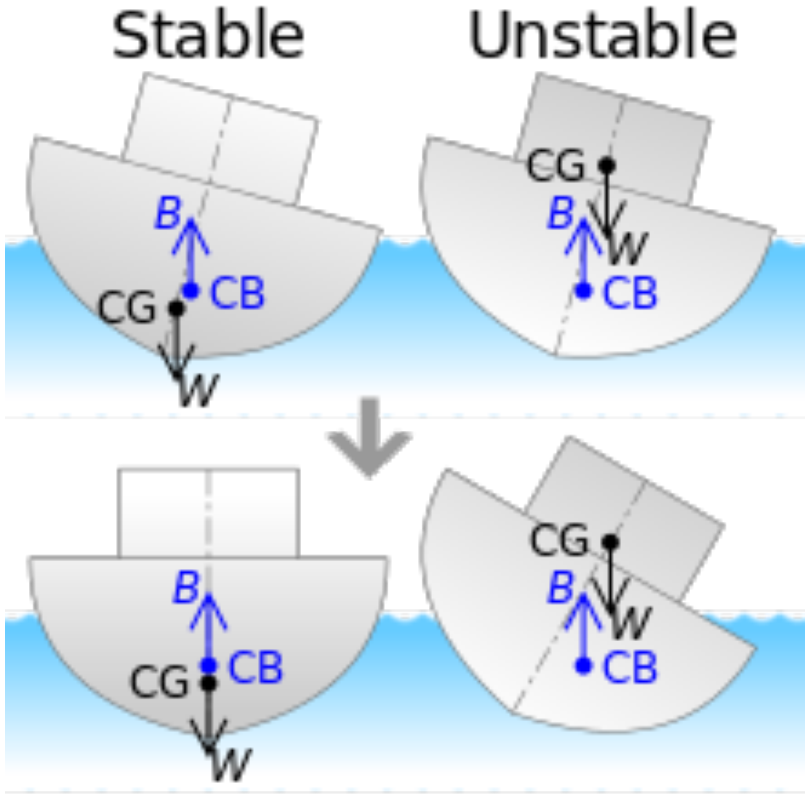


Har bøyen flytestabilitet?

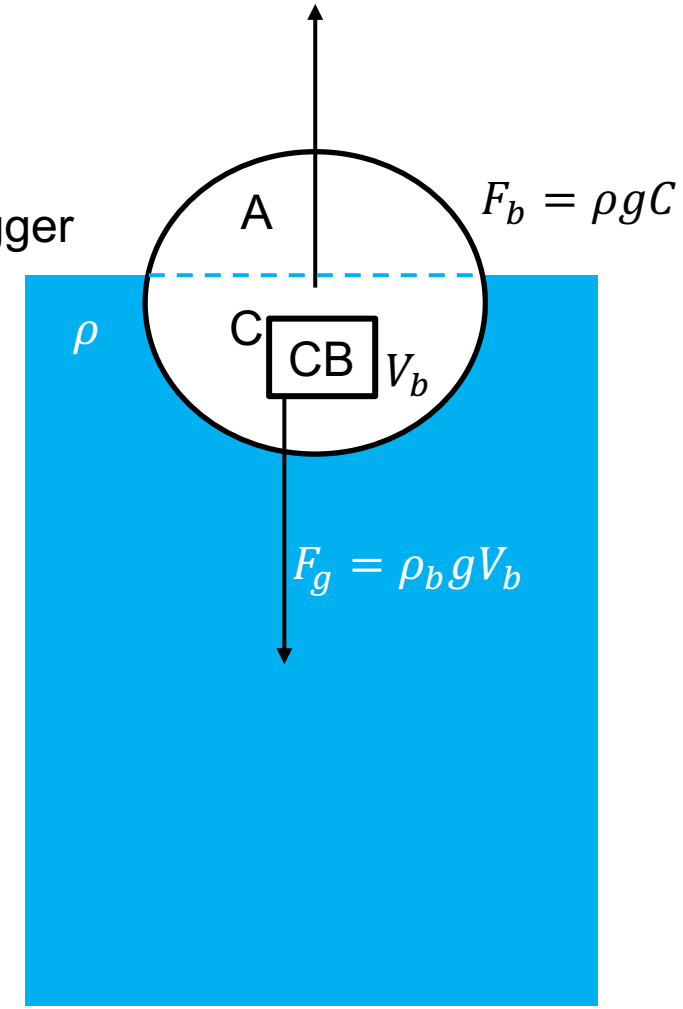
Merk at i EFM kalles CG for G og CB for C

Har bøyen til høyre flytestabilitet?

Et objekt har flytestabilitet hvis gravitasjonsssenteret (center of gravity, CG) ligger under oppdriftssenteret (center of buoyancy, CB)



This Photo by Unknown Author is licensed under CC BY-SA

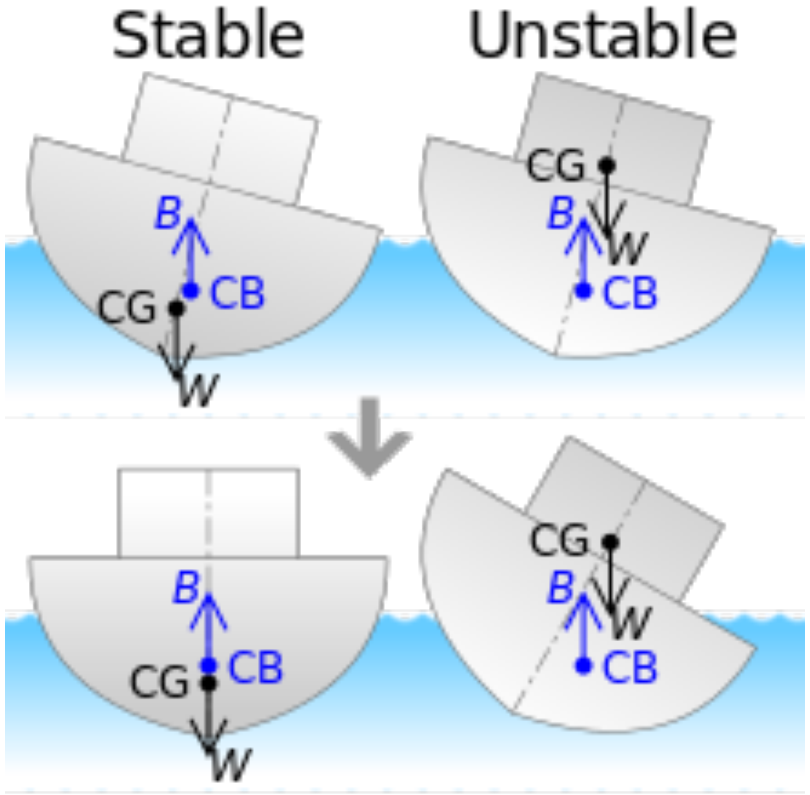


Har bøyen flytestabilitet?

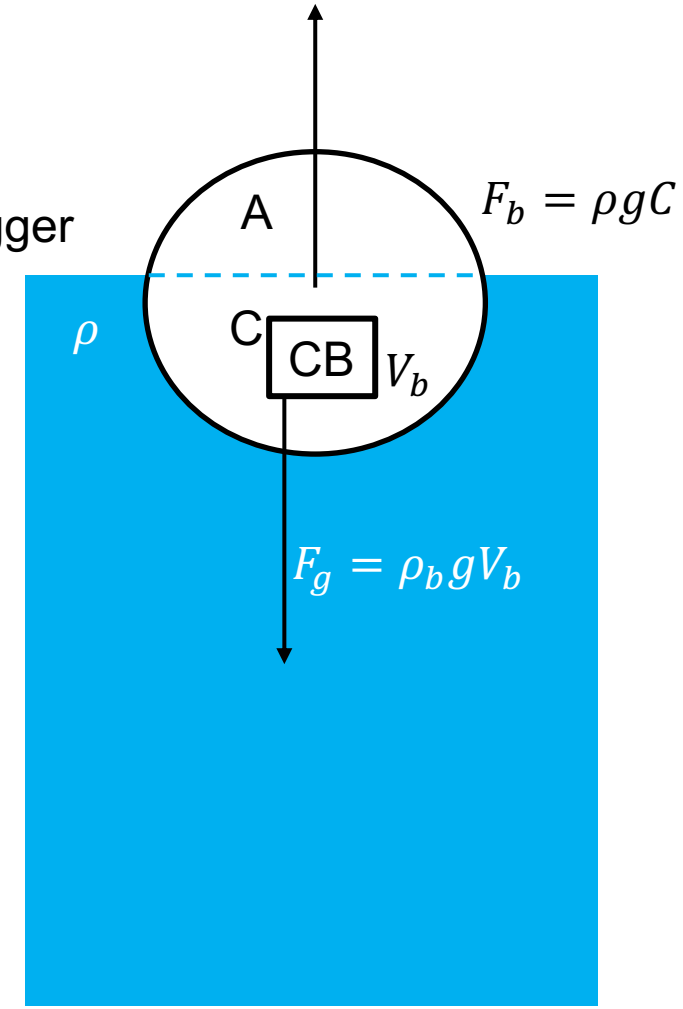
Merk at i EFM kalles CG for G og CB for C

Har bøyen til høyre flytestabilitet?

Et objekt har flytestabilitet hvis gravitasjonsssenteret (center of gravity, CG) ligger under oppdriftssenteret (center of buoyancy, CB)



This Photo by Unknown Author is licensed under CC BY-SA

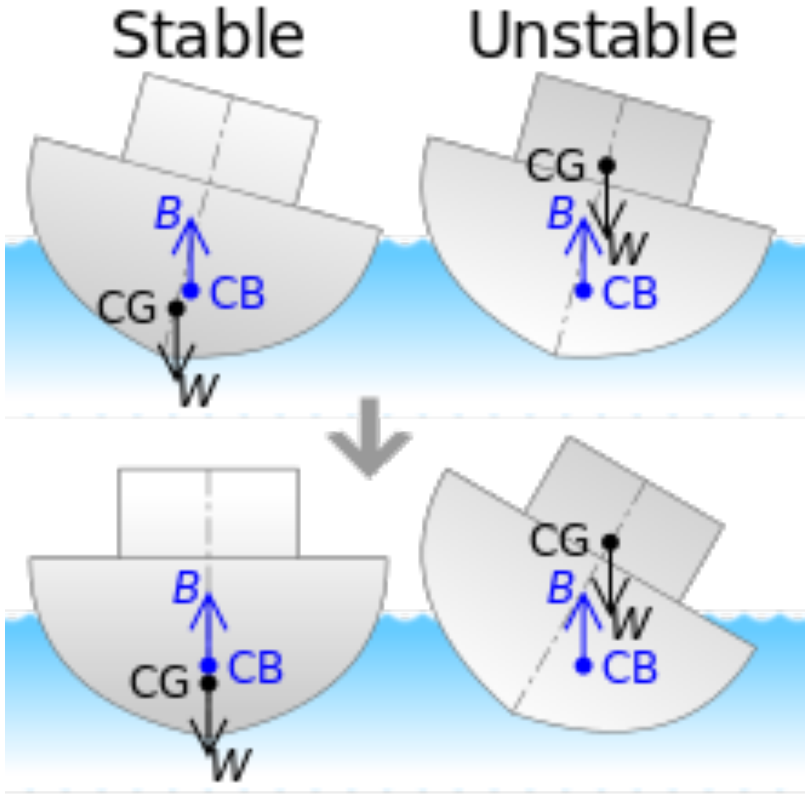


Har bøyen flytestabilitet?

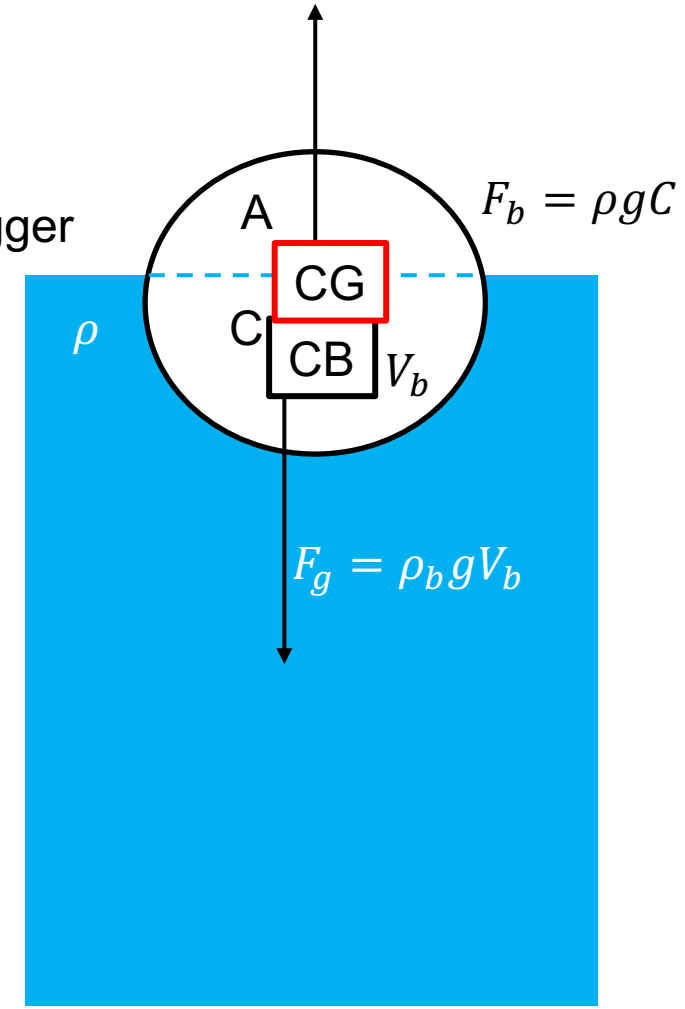
Merk at i EFM kalles CG for G og CB for C

Har bøyen til høyre flytestabilitet?

Et objekt har flytestabilitet hvis gravitasjonsssenteret (center of gravity, CG) ligger under oppdriftssenteret (center of buoyancy, CB)



This Photo by Unknown Author is licensed under CC BY-SA

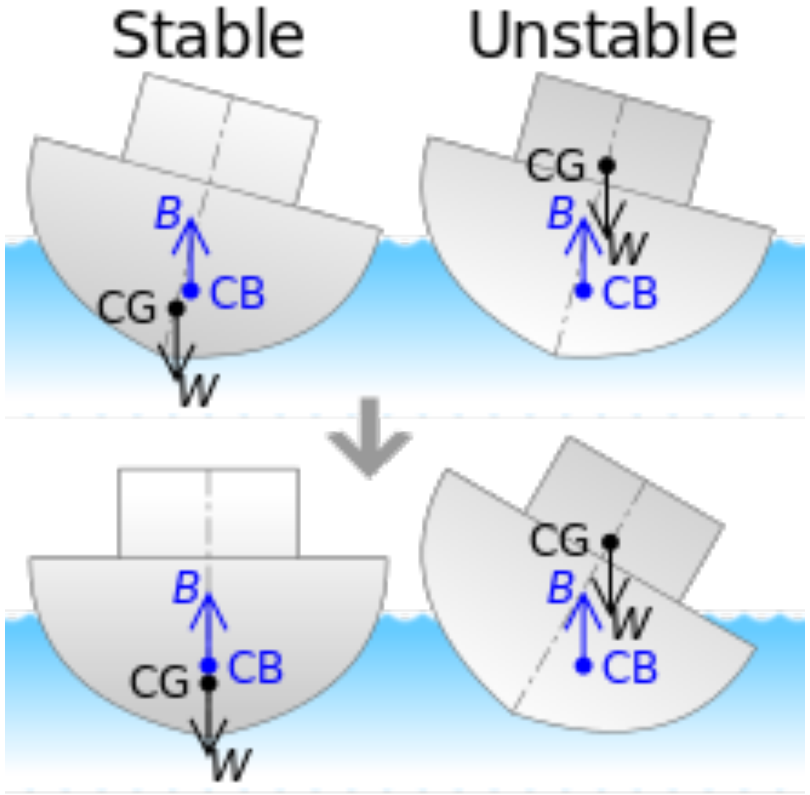


Har bøyen flytestabilitet?

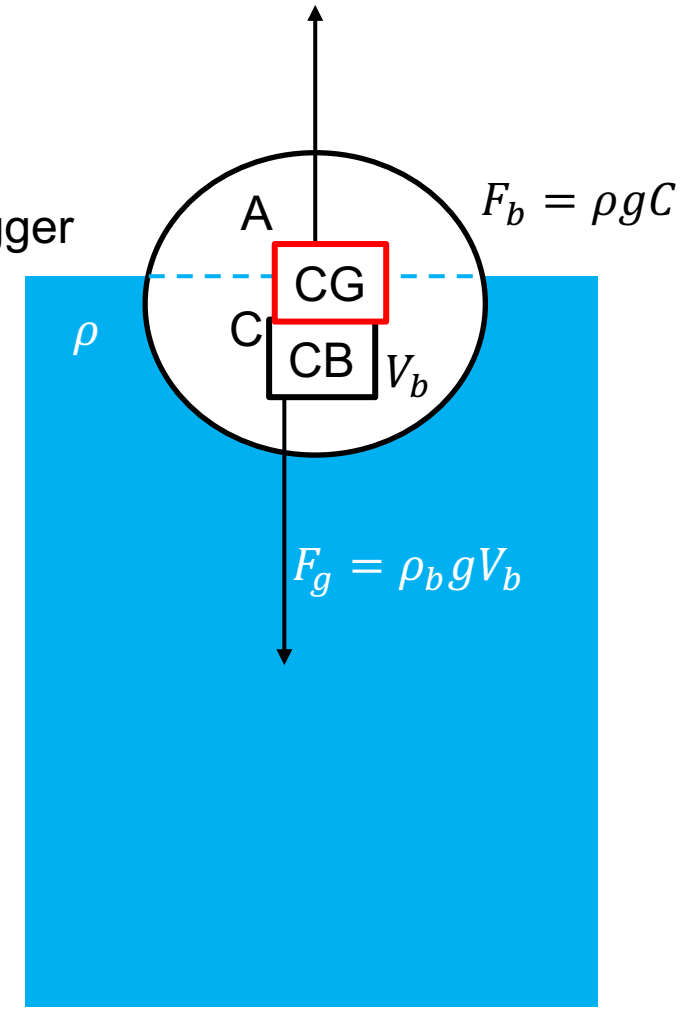
Merk at i EFM kalles CG for G og CB for C

Bøyen har ikke flytestabilitet siden CG ligger over CB

Et objekt har flytestabilitet hvis gravitasjonsssenteret (center of gravity, CG) ligger under oppdriftssenteret (center of buoyancy, CB)



This Photo by Unknown Author is licensed under CC BY-SA

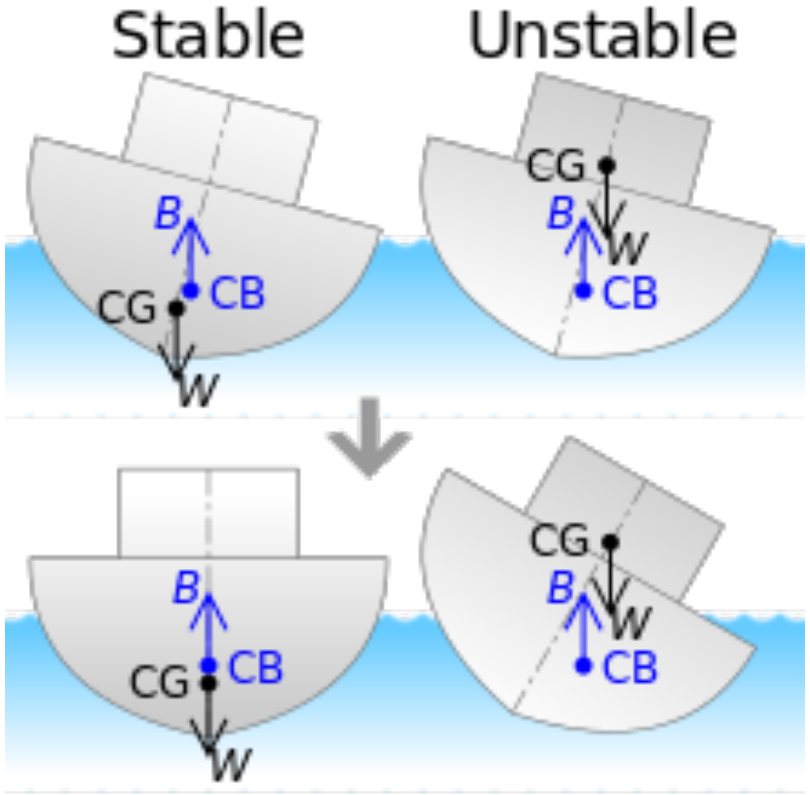


Har bøyen flytestabilitet?

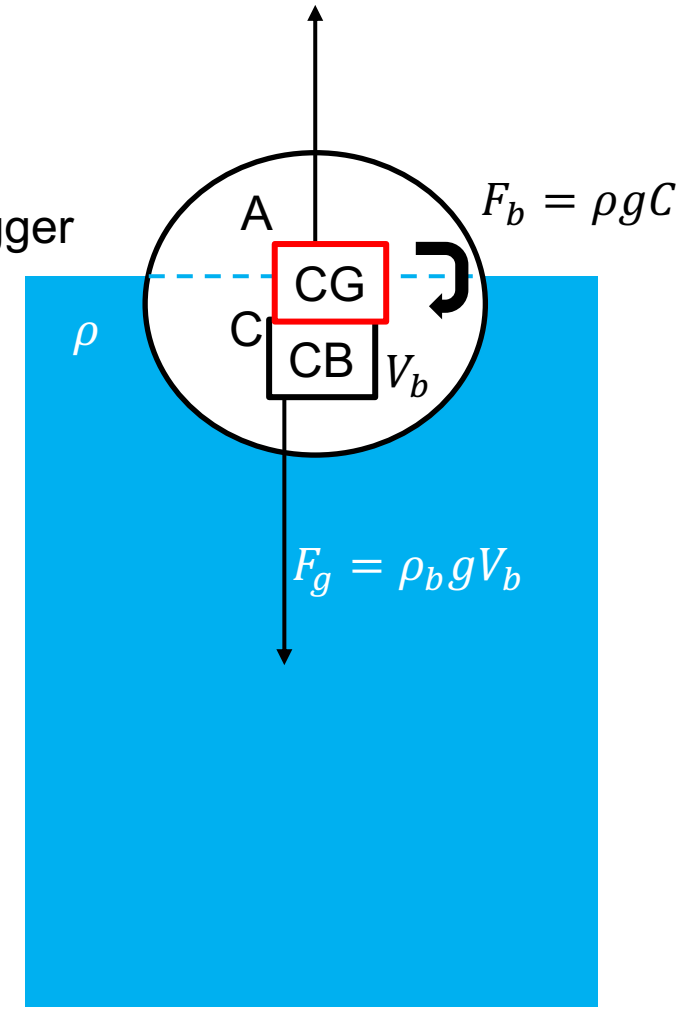
Merk at i EFM kalles CG for G og CB for C

Siden CG ligger over CB og til høyre får vi et dreiemoment til høyre

Et objekt har flytestabilitet hvis gravitasjonsssenteret (center of gravity, CG) ligger under oppdriftssenteret (center of buoyancy, CB)



This Photo by Unknown Author is licensed under CC BY-SA

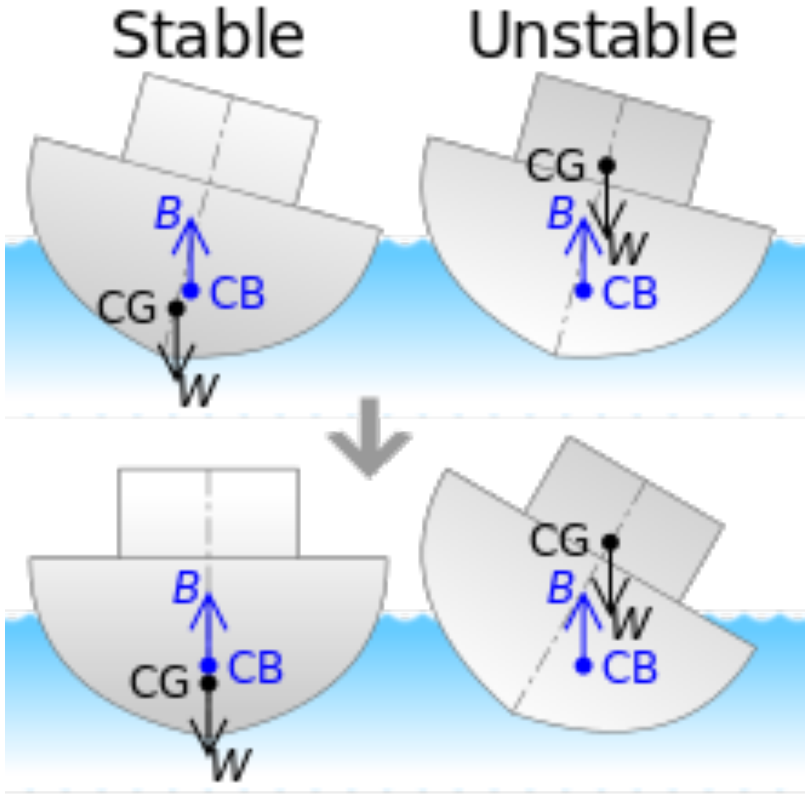


Har bøyen flytestabilitet?

Merk at i EFM kalles CG for G og CB for C

Hvorfor tipper ikke dette skipet?

Et objekt har flytestabilitet hvis gravitasjonsssenteret (center of gravity, CG) ligger under oppdriftssenteret (center of buoyancy, CB)



This Photo by Unknown Author is licensed under CC BY-SA



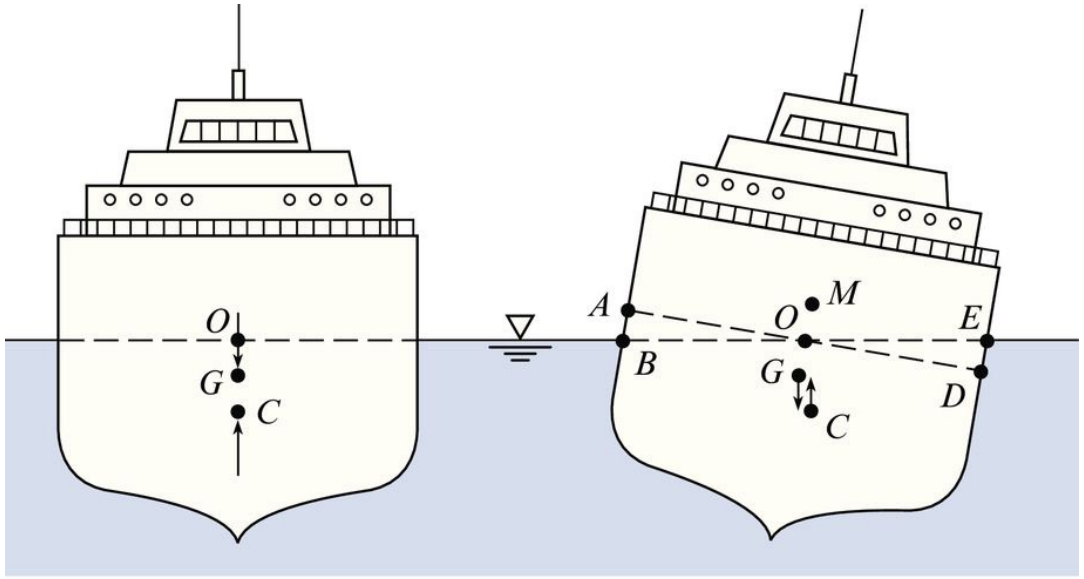
This Photo by Unknown Author is licensed under CC BY-SA-NC

Merk at i EFM kalles CG for G og CB for C

Når skipet krenger skapes det et dreiemoment (opprettingsmoment) som bringer det på rett kjøl

Et objekt har flytestabilitet hvis gravitasjonsssenteret (center of gravity, CG=G) ligger under oppdriftssenteret (center of buoyancy, CB=C)

C (CB) – oppdriftssenter = volumsenter til fortrengt volum
G (CG) – tyngdepunkt = massesenter til flytende objekt





This Photo by Unknown Author is licensed under CC BY-SA-NC

Stabilitet for flytende legemer (eks. skip)

- *Metasenteret* M: Skjæringspunktet mellom oppdriftskraftens virkelinje før og etter krenging
- Stabiliserende moment hvis M ligger over G
- Avstanden GM kalles metasenterhøyden og er et mål for stabiliteten – jo større, jo mer stabilt

C – oppdriftssenter = volumsenter til fortrengt volum
G – tyngdepunkt = massesenter til flytende objekt

