

# Bijlage A

## Formularium

### A.1 Hydrostatica

Hydrostatische druk:

$$dp = \rho g dz \quad (\text{A.1})$$

Hydrostatische kracht:

$$F = \int p dA \quad (\text{A.2})$$

### A.2 Behoudsvergelijkingen

Behoudsvergelijkingen in integraal vorm

$$0 = \frac{\partial}{\partial t} \int_{CV} \rho dV + \int_{\partial CV} \rho (\mathbf{v} \cdot \mathbf{n}) dA \quad (\text{A.3})$$

$$\sum \mathbf{F} = \frac{\partial}{\partial t} \int_{CV} \rho \mathbf{v} dV + \int_{\partial CV} \rho \mathbf{v} (\mathbf{v} \cdot \mathbf{n}) dA \quad (\text{A.4})$$

$$\dot{Q} - \dot{W}_t = \frac{\partial}{\partial t} \int_{CV} \rho \left( u + \frac{v^2}{2} + gz \right) dV + \int_{\partial CV} \rho \left( u + \frac{p}{\rho} + \frac{v^2}{2} + gz \right) (\mathbf{v} \cdot \mathbf{n}) dA \quad (\text{A.5})$$

Behoudsvergelijkingen bij een stationaire stroming met één instroming en één uitstroming:

$$0 = \dot{m}_{uit} - \dot{m}_{in} \quad (\text{A.6})$$

$$\sum \mathbf{F} = \dot{m} (\mathbf{v}_{uit} - \mathbf{v}_{in}) \quad (\text{A.7})$$

$$\dot{Q} - \dot{W}_t = \dot{m} \left( u_{uit} - u_{in} + \frac{p_{uit}}{\rho_{uit}} - \frac{p_{in}}{\rho_{in}} + \frac{v_{uit}^2}{2} - \frac{v_{in}^2}{2} + gz_{uit} - gz_{in} \right) \quad (\text{A.8})$$

Behoudsvergelijkingen in differentiaal vorm:

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \nabla \cdot \mathbf{v} = 0 \quad (\text{A.9})$$

$$\rho \frac{\partial \mathbf{v}}{\partial t} + \rho \mathbf{v} \nabla \cdot \mathbf{v} = -\nabla p + \rho \mathbf{g} + \mu \nabla^2 \mathbf{v} \quad (\text{A.10})$$

$$\rho v \frac{dv}{ds} + \frac{dp}{ds} + \rho g \frac{dz}{ds} = 0 \quad (\text{A.11})$$

Mechanische energie vergelijking:

$$z_1 + \frac{p_1}{\rho g} + \frac{v_1^2}{2g} - h_L + h_P = z_2 + \frac{p_2}{\rho g} + \frac{v_2^2}{2g} \quad (\text{A.12})$$

### A.3 Dimensieloze getallen

$$\text{Re} = \frac{\rho v D}{\mu} = \frac{v D}{\nu} \quad (\text{A.13})$$

$$\text{Fr} = \frac{v}{\sqrt{g D}} \quad (\text{A.14})$$

$$\text{Eu} = \frac{\Delta p}{\rho v^2} \quad (\text{A.15})$$

$$\text{Ma} = \frac{v}{c} \quad (\text{A.16})$$

$$C_p = \frac{p}{\frac{1}{2} \rho v^2} \cong \frac{p}{\rho N^2 D^2} \quad (\text{A.17})$$

$$C_F = \frac{F}{\frac{1}{2} \rho v^2 A} \quad (\text{A.18})$$

$$C_P = \frac{P}{\frac{1}{2} \rho v^3 D^2} \cong \frac{p}{\rho N^3 D^5} \quad (\text{A.19})$$

$$C_p = \frac{\dot{V}}{v D^2} \cong \frac{\dot{V}}{N D^3} \quad (\text{A.20})$$

### A.4 Open kanaal stroming

Golfsnelheid:

$$c = \sqrt{g y} \quad (\text{A.21})$$

$$c = \sqrt{\frac{g \lambda}{2\pi}} \quad (\text{A.22})$$

Kritische diepte:

$$y_c = \left( \frac{q^2}{g} \right)^{1/3} \quad (\text{A.23})$$

### A.5 Stroming in leidingen

Ladingsverlies bij stroming in een rechte cilindrische leiding:

$$h_L = f \frac{v^2}{2g} \frac{L}{D} = 8f \frac{\dot{V}^2}{g \pi^2} \frac{L}{D^5} = R \dot{V} = R' \dot{V}^2 \quad (\text{A.24})$$

Wrijvingsfactor bij laminaire stroming in cilindrische leidingen:

$$f = \frac{64}{\text{Re}} \quad (\text{A.25})$$

Wrijvingsfactor bij turbulente stroming in cilindrische leidingen volgens Colebrook:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log \left( \frac{\frac{\epsilon}{D}}{3.71} + \frac{2.51}{\text{Re} \sqrt{f}} \right) \quad (\text{A.26})$$

Ladingsverlies bij stroming door leidingsonderdelen:

$$h_L = K \frac{v^2}{2g} = K \frac{\dot{V}^2}{2g A^2} = R \dot{V} = R' \dot{V}^2 \quad (\text{A.27})$$

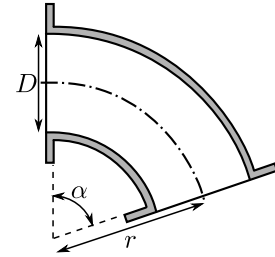
## Bijlage B

### Tabellen en grafieken

**Tabel B.1:** Verliescoëfficiënt bij stroming door een cirkelvormige bocht van  $90^\circ$

$$h_L = K \frac{v^2}{2g}$$

$r/D$	1	2	4	6	10
$K$ glad	0.21	0.14	0.11	0.09	0.11
$K$ ruw	0.51	0.30	0.23	0.18	0.20



**Tabel B.2:** Correctiefactor voor cirkelvormige bochten met andere hoeken

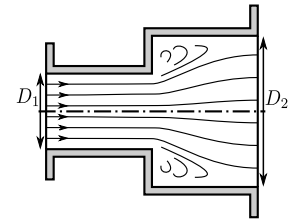
$$h_L = f K_{90^\circ} \frac{v^2}{2g}$$

$\alpha$	$30^\circ$	$60^\circ$	$90^\circ$	$120^\circ$	$150^\circ$	$180^\circ$
$f$	0.4	0.7	1	1.25	1.5	1.7

**Tabel B.3:** Verliescoëfficiënt voor een plotse verwijding

$$h_L = K \frac{v_1^2}{2g}$$

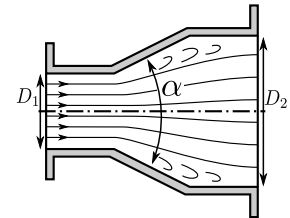
$D_2/D_1$	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0	3.0	5.0	$\infty$
$K$	0.00	0.09	0.24	0.37	0.48	0.56	0.79	0.92	1.00



**Tabel B.4:** Correctiefactor voor een geleidelijke verwijding

$$h_L = f K_{180^\circ} \frac{v_1^2}{2g}$$

$\alpha$	$6^\circ$	$10^\circ$	$15^\circ$	$20^\circ$	$30^\circ$	$40^\circ$	$50^\circ$	$60^\circ$	$70^\circ$	$90^\circ$
$f$	0.14	0.20	0.30	0.40	0.70	0.90	1.00	1.10	1.10	1.00

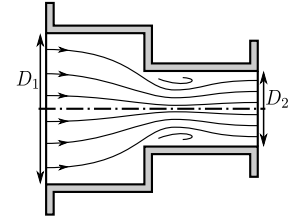


## HOOFDSTUK B TABELLEN EN GRAFIEKEN

**Tabel B.5:** Verliescoëfficiënt bij stroming door een plotse vernauwing

$$h_L = K \frac{v_2^2}{2g}$$

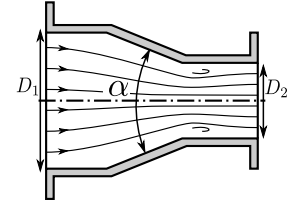
$D_1/D_2$	1	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0	3.0	5.0
$K$	0.00	0.15	0.24	0.30	0.35	0.38	0.44	0.48



**Tabel B.6:** Correctiefactor voor een geleidelijke vernauwing

$$h_L = f K_{180^\circ} \frac{v_2^2}{2g}$$

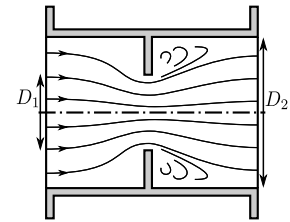
$\alpha$	45°	60°	90°	120°	150°	180°
$f$	0.62	0.71	0.84	0.93	0.98	1.00



**Tabel B.7:** Verliescoëfficiënt voor een orifice

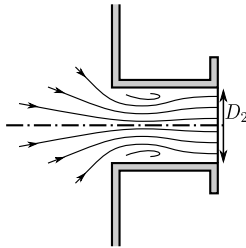
$$h_L = K \frac{v^2}{2g}$$

$D_1/D_2$	1	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0	3.0	5.0
$K$	0.00	0.24	0.48	0.67	0.83	0.94	1.23	1.40

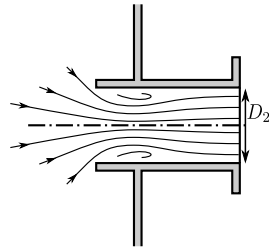


**Tabel B.8:** Verliescoëfficiënt bij verschillende types instroming

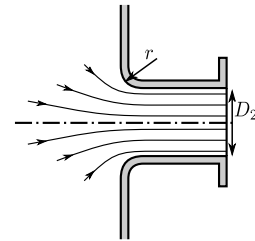
$$h_L = K \frac{v_2^2}{2g}$$



$K = 0.5$



$K = 1.0$



$r/D_2$	0.00	0.02	0.04	0.06	0.10	>0.15
$K$	0.50	0.28	0.24	0.15	0.09	0.04

**Figuur B.1:** Moody diagram

