

Formelsamling hydraulik

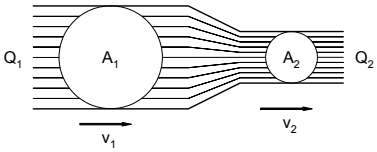
Storheter, Enheter	3
Allmänt	4
Kontinuitet	4
Hydrostatisk transmission, linjär rörelse	4
Hydrostatisk transmission, roterande rörelse.....	4
Cylinder	5
Differentialcylinder.....	6
Motor	7
Pump	8
Strypning.....	9
Rörströmning	9
Bernoullis ekvation.....	10
Kraft, rörelse och sträcka	10
Akkumulator	11
Kylning och värmning	12

Storheter, Enheter

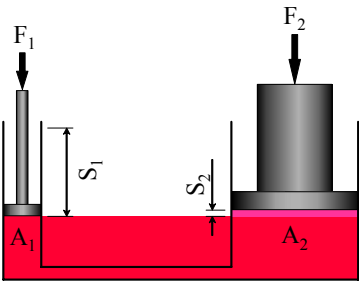
Storhet	Beteckning	Enhet	
Längd	l	m	meter
Area	A	m ²	kvadratmeter 1 cm ² = 10 ⁻⁴ m ²
Volym	V	m ³	kubikmeter 1 cm ³ = 10 ⁻⁶ m ³
Tid	t	s	sekund
Hastighet	v	m/s	meter per sekund
Sträcka	s	m	meter
Varvtal	n	varv/s, (r/s), (s ⁻¹)	varv per sekund 1 varv/min = $\frac{1}{60}$ r/s
Vinkelhastighet	ω	rad/s	radianer per sekund
Acceleration	a	m/s ²	
Vinkelacceleration	$\dot{\omega}$	rad/s ²	
Arbete	W	J	Joule
Energi	E	J	Joule
Effekt	P	W	Watt
Massa	m	kg	kilogram
Densitet (Täthet)	ρ	kg/m ³	
Kraft	F	N	Newton
Moment	M	Nm	Newtonmeter
Masströghet	J	kg·m ²	
Displacement	D	m ³ /varv	1 cm ³ /varv = 10 ⁻⁶ m ³ /varv
Volymflöde	Q	m ³ /s	1 l/min = $\frac{10^{-4}}{6}$ m ³ /s
Tryck	p	Pa	Pascal 1 N/m ² = 1 Pa 1 MPa = 10 ⁶ Pa 1 bar = 10 ⁵ Pa 1 bar = 10 N/cm ²
Dynamisk viskositet	μ , (η)	Pa·s, (Ns/m ²)	Pascalsekund 1 cP = 10 ⁻³ Pas
Kinematisk viskositet	ν	m ² /s	1 cSt = 10 ⁻⁶ m ² /s = 1 mm ² /s $\nu = \frac{\mu}{\rho}$
Specifik värmekapacitet	c	J/kg·°K	

Allmänt

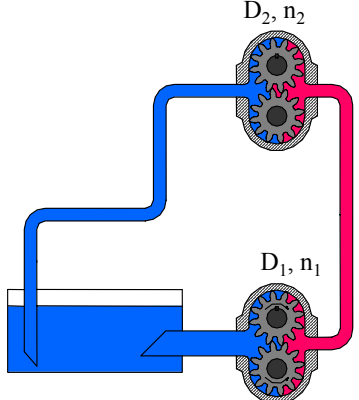
Kontinuitet

	$Q_1 = Q_2$ $Q_1 = A_1 \cdot v_1$ $Q_2 = A_2 \cdot v_2$ $A_1 \cdot v_1 = A_2 \cdot v_2$	A_1, A_2 : Tvärsnittsarea v_1, v_2 : Flödes hastighet Q_1, Q_2 : Flöde	$[m^2]$ $[m/s]$ $[m^3/s]$
---	---	--	---------------------------------

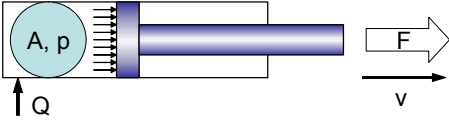
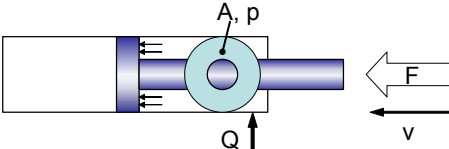
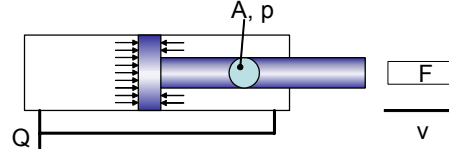
Hydrostatisk transmission, linjär rörelse

	$\frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2}$ $F_1 \cdot S_1 = F_2 \cdot S_2$ $\frac{F_1}{F_2} = \frac{A_1}{A_2} = \frac{S_2}{S_1}$	A_1, A_2 : Kolvarea F_1, F_2 : Kolvkraft S_1, S_2 : Arbetslag	$[m^2]$ $[N]$ $[m]$
---	---	---	---------------------------

Hydrostatisk transmission, roterande rörelse

	$\frac{n_1}{n_2} = \frac{D_1}{D_2}$	n_1, n_2 : Varvtal D_1, D_2 : Displacement	$[rad/s]$ $[m^3/rad]$
---	-------------------------------------	---	--------------------------

Cylinder

SI-Enheter	Hydrauliska enheter
$p \cdot A \cdot \eta_{hm} = F$; $p = \frac{F}{A \cdot \eta_{hm}}$	$p \cdot A \cdot \eta_{hm} = \frac{F}{10}$; $p = \frac{F}{A \cdot \eta_{hm} \cdot 10}$
$v = \frac{s}{t}$ $Q = \frac{v \cdot A}{\eta_v}$; $v = \frac{Q \cdot \eta_v}{A}$	$v = \frac{s}{t \cdot 1000}$ $Q = \frac{A \cdot v \cdot 6}{\eta_v}$; $v = \frac{Q \cdot \eta_v}{A \cdot 6}$
$t = \frac{V}{Q \cdot \eta_v}$; $Q = \frac{V}{t \cdot \eta_v}$	$t = \frac{V \cdot 0,06}{Q \cdot \eta_v}$; $Q = \frac{V \cdot 0,06}{t \cdot \eta_v}$
	
$A = \frac{\pi}{4} \cdot D^2$	$A = \frac{\pi}{4 \cdot 100} \cdot D^2$
	
$A = \frac{\pi}{4} \cdot (D^2 - d^2)$	$A = \frac{\pi}{4 \cdot 100} \cdot (D^2 - d^2)$
	
$A = \frac{\pi}{4} \cdot d^2$	$A = \frac{\pi}{4 \cdot 100} \cdot d^2$
D : Kolvdiameter [m]	[mm]
d : Kolvstångsdiameter [m]	[mm]
A : Verksam area [m ²]	[cm ²]
V : Cylindervolym (slagvolym) [m ³]	[cm ³]
p : Tryck [Pa]	[bar]
F : Kraft [N]	[N]
η_{hm} : Hydraulmekanisk verkningsgrad [-]	[-]
η_v : Volymetrisk verkningsgrad [-]	[-]
Q : Flöde [m ³ /s]	[l/min]
v : Kolvhastighet [m/s]	[m/s]
s : Sträcka (slaglängd) [m]	[mm]
t : Slagtid [s]	[s]

Differentialcylinder

SI-Enheter	Hydrauliska enheter	
Tryckande cylinder; plusrörelse		
$(p \cdot A - p_m \cdot A_m) \cdot \eta_{hm} = F$	$(p \cdot A - p_m \cdot A_m) \cdot \eta_{hm} \cdot 10 = F$	
Dragande cylinder; minusrörelse		
$(p \cdot A - p_m \cdot A_m) \cdot \eta_{hm} = F$	$(p \cdot A - p_m \cdot A_m) \cdot \eta_{hm} \cdot 10 = F$	
$p = \frac{F}{\eta_{hm}} + p_m \cdot A_m$	$p = \frac{F}{\eta_{hm} \cdot 10} + p_m \cdot A_m$	
A : Verksam area	[m ²]	[cm ²]
F : Erforderlig kraft	[N]	[N]
p : Verkande tryck	[Pa]	[bar]
pm : Motverkande tryck	[Pa]	[bar]
Q : Flöde till cylinder	[m ³ /s]	[l/min]
Qm : Flöde från cylinder	[m ³ /s]	[l/min]
v : Kolvhastighet	[m/s]	[m/s]
η_{hm} : Hydraulmekanisk verkningsgrad	[-]	[-]
η_v : Volymetrisk verkningsgrad	[-]	[-]

Vid dimensionering kan nedanstående verkningsgrader antas :

$$\eta_{hm} : 0.85 - 0.95$$

$$\eta_v : 1.0$$

Motor

SI-Enheter	Hydrauliska enheter
$M = D \cdot \Delta p \cdot \eta_{hm}$ $\Delta p = \frac{M}{D \cdot \eta_{hm}}$	$M = \frac{D \cdot \Delta p}{20\pi} \cdot \eta_{hm}$ $\Delta p = \frac{M \cdot 20\pi}{D \cdot \eta_{hm}}$
D : Displacement [m ³ /rad] Δp : Tryckskillnad [Pa] M : Avgivet vridmoment [Nm] η _{hm} : Hydraulmekanisk verkningsgrad [-]	[cm ³ /varv] [bar] [Nm] [-]
$Q = \frac{D \cdot n}{\eta_v}$ $n = \frac{Q \cdot \eta_v}{D}$	$Q = \frac{D \cdot n}{1000 \cdot \eta_v}$ $n = \frac{1000 \cdot Q \cdot \eta_v}{D}$
Q : Flöde [m ³ /s] n : Varvtal η _v : Volymetrisk verkningsgrad [-]	[l/min] [varv/min] [-]
$P = M \cdot \omega$	$P = \frac{M \cdot 2 \cdot \pi \cdot n}{60}$
P : Avgiven effekt [W] ω : Vinkelhastighet [rad/s]	[W]
$M_a = J \cdot \dot{\omega}$	
M _a : Vridmoment för acceleration [Nm] J : Masströghet (Tröghetsmoment) [kg·m ²] ω̇ : Vinkelacceleration [rad/s ²]	[Nm]

Vid dimensionering kan nedanstående verkningsgrader antas :

η_{hm} : 0.8 – 0.95

η_v : 0.9 – 0.98

Pump

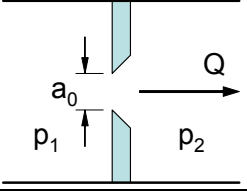
SI-Enheter	Hydrauliska enheter
$P = \frac{Q \cdot \Delta p}{\eta_t}$	$P = \frac{Q \cdot \Delta p}{600 \cdot \eta_t}$
Q : Flöde [m ³ /s]	[l/min]
Δp : Tryckskillnad [Pa]	[bar]
P : Erforderlig drivmotoreffekt [W]	[kW]
η_t : Total verkningsgrad [-]	[-]
$\eta_t = \eta_v \cdot \eta_{hm}$	
$Q = D \cdot n \cdot \eta_v$	$Q = \frac{D \cdot n}{1000} \cdot \eta_v$
Q : Avgivet flöde [m ³ /s]	[l/min]
n : Varvtal [rad/s]	[rpm]
η_v : Volymetrisk verkningsgrad [-]	[-]

Vid dimensionering kan nedanstående verkningsgrader antas :

η_{hm} : 0.8 – 0.95

η_v : 0.9 – 0.98

Strypning



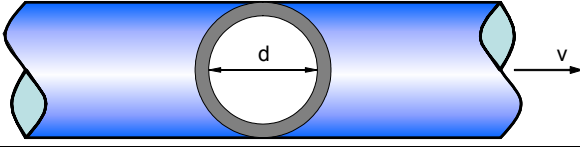
$$Q = C_q \cdot a_0 \cdot \sqrt{\frac{2}{\rho} \Delta p}$$

Förenklad form:

$$Q = k \cdot A \cdot \sqrt{\Delta p} \quad ; \quad \left(k = C_q \cdot \sqrt{\frac{2}{\rho}} \right) \quad ; \quad (A = a_0)$$

a_0	: Stryparea	[m ²]
Q	: Flöde	[m ³ /s]
C_q	: Flödeskoefficient	[-]
ρ	: Densitet	[kg/m ³]
Δp	: Tryckskillnad ($p_1 - p_2$)	[Pa]

Rörströmning



$$\Delta p = \lambda \cdot \frac{\rho \cdot L \cdot v^2}{2 \cdot d}$$

$\lambda = \frac{64}{Re}$	Friktionskoefficient laminär strömning
$\lambda = \frac{0.316}{\sqrt[4]{Re}}$	Friktionskoefficient turbulent strömning
$Re = \frac{v \cdot d}{\nu}$	Reynolds tal

d	: Innerdiameter	[m]
v	: Strömningshastighet	[m/s]
L	: Ledningslängd	[m]
ρ	: Densitet	[kg/m ³]
ν	: Kinematisk viskositet	[m ² /s] 1cSt = 1mm ² /s
Δp	: Tryckskillnad	[Pa]

Bernoullis ekvation

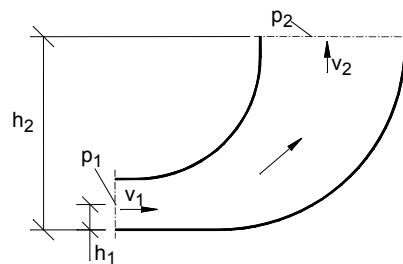
$$\frac{p \cdot m}{\rho} + m \cdot g \cdot h + m \cdot \frac{v^2}{2} = \text{konst.}$$

I tryckform:

$$p + \rho \cdot g \cdot h + \rho \cdot \frac{v^2}{2} = \text{konst.}$$

Bernoullis utvidgade ekvation:

$$p_1 + \rho \cdot g \cdot h_1 + \rho \cdot \frac{v_1^2}{2} = p_2 + \rho \cdot g \cdot h_2 + \rho \cdot \frac{v_2^2}{2} + \Delta p_f$$



Kraft, rörelse och sträcka

$$F = F_L + F_{fr} + F_a \quad ; \quad F_L = \text{kraft från last} \quad ; \quad F_{fr} = \text{friktionskraft}$$

$$F_a = m \cdot a$$

$$v = \frac{s}{t}$$

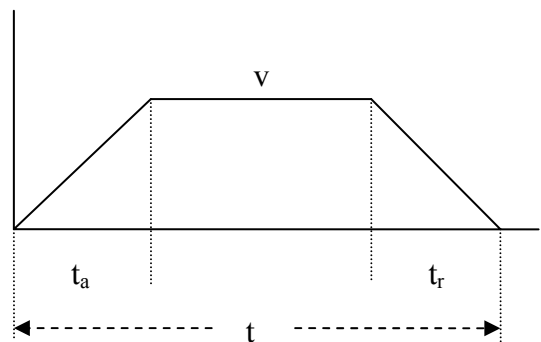
$$a = \frac{v}{t_a} \quad ; \quad r = \frac{v}{t_r}$$

$$s = \frac{v \cdot t_a}{2} + v(t - t_a - t_r) + \frac{v \cdot t_r}{2} \quad \Leftrightarrow \quad s = \frac{a \cdot t_a^2}{2} + v(t - t_a - t_r) + \frac{r \cdot t_r^2}{2}$$

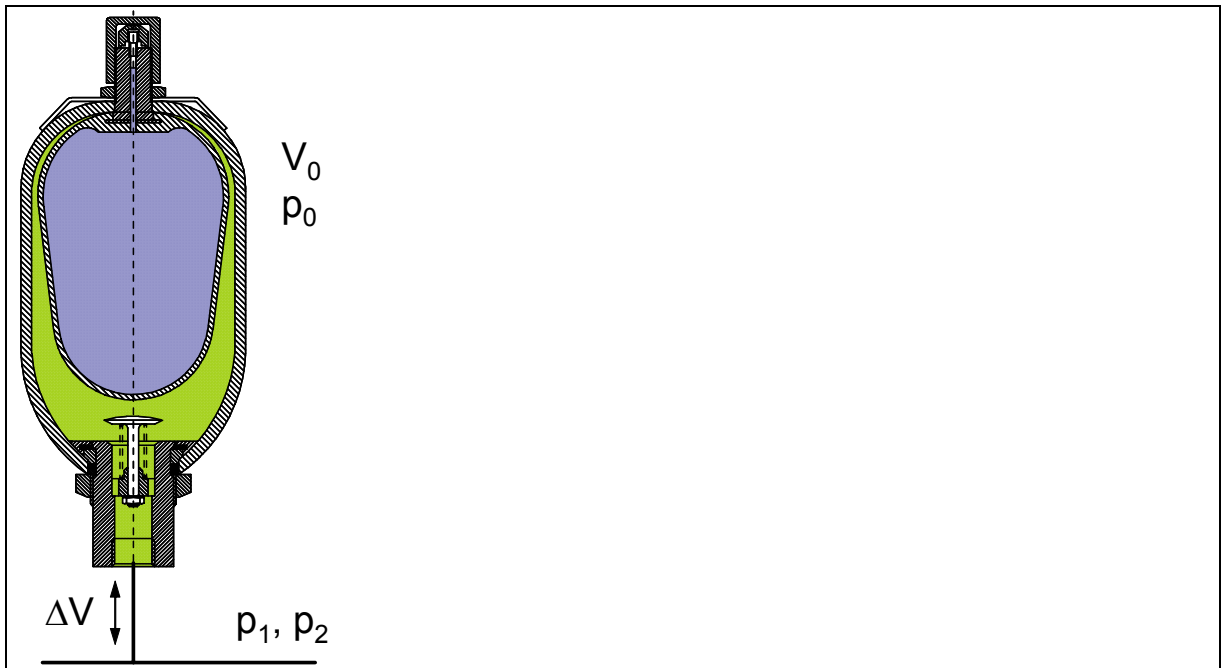
Där :

t_a = tid för acceleration

t_r = tid för retardation



Akkumulator



$$\Delta V = V_0 \cdot \left(\frac{p_0}{p_1} \right)^{\frac{1}{\kappa}} \cdot \left[1 - \left(\frac{p_1}{p_2} \right)^{\frac{1}{\kappa}} \right]$$

$$p_2 = \frac{p_1}{\left[1 - \frac{\Delta V}{V_0 \cdot \left(\frac{p_0}{p_1} \right)^{\frac{1}{\kappa}}} \right]^{\kappa}}$$

$$V_0 = \frac{\Delta V}{\left(\frac{p_0}{p_1} \right)^{\frac{1}{\kappa}} \cdot \left[1 - \left(\frac{p_1}{p_2} \right)^{\frac{1}{\kappa}} \right]}$$

$$p_0 \leq 0.9 \cdot p_1$$

V_0 : Ackumulator volym [m³]

ΔV : Uttagen volym [m³]

p_0 : Förladdningstryck [Pa]

p_1 : Lägsta arbetstryck [Pa]

p_2 : Högsta arbetstryck [Pa]

κ : Gaskonstant $\kappa \approx 1,5$ vid adiabatisk tryckändring
 $\kappa \approx 1$ vid isoterm tryckändring

Kylning och värmning

Kyleffekt avgiven via tank eller kylare

$$P_{\text{kyl}} = k \cdot A \cdot (T_2 - T_1)$$

P_{kyl}	Kyleffekt	[W]
k	Konstant (värmegenomgångskoefficient)	[W/m ² °K]
A	Effektiv kylarea	[m ²]
T_2	Vätsketemperatur	[°K]
T_1	Omgivningstemperatur (tank)	[°K]
T_1	Kylmedietemperatur (kylare)	[°K]

Vid dimensionering av tank: Konstanten k kan antas ligga mellan 7 – 16 W/m² °K

Specifik kyleffekt vid luftoljekylare

$$\text{Specifik_kyleffekt} = \frac{\text{Erforderlig_kyleffekt}}{\text{Önskad_oljetemperatur} - \text{Omgivande_lufttemperatur}}$$

Specifik kyleffekt	[kW/°C]
Erforderlig kyleffekt	[W]
Önskad oljetemperatur	[°C]
Omgivande lufttemperatur	[°C]

Värmeeffekt över en strypning

$$P = \Delta p \cdot Q$$

P	Effekt	[W]
Δp	Tryckfall	[Pa]
Q	Flöde	[m ³ /s]

Värmeeffekt överförd mellan medier

$$P_v = \rho \cdot Q \cdot c \cdot (T_2 - T_1)$$

Krävd effekt för att värma vätska under en viss tid

$$P_v = \frac{\rho \cdot V \cdot c \cdot (T_2 - T_1)}{t};$$

P_v	Överförd värmeeffekt	[W]
ρ	Densitet	[kg/m ³]
V	Volym	[m ³]
Q	Flöde	[m ³ /s]
T_2	Sluttemperatur	[°K]
T_1	Starttemperatur	[°K]
c	Specifik värmekapacitet	[J/kg·°K]
t	Tid	[s]

Specifik värmekapacitet c vid rumstemperatur, mineralolja: $1.7 \cdot 10^3$ - $2.1 \cdot 10^3$ J/kg·°K

Specifik värmekapacitet c vid rumstemperatur, vatten: $4.19 \cdot 10^3$ J/kg·°K

Specifik värmekapacitet c vid rumstemperatur, luft: $1.0 \cdot 10^3$ J/kg·°K (källa: Karlebo Handbok)