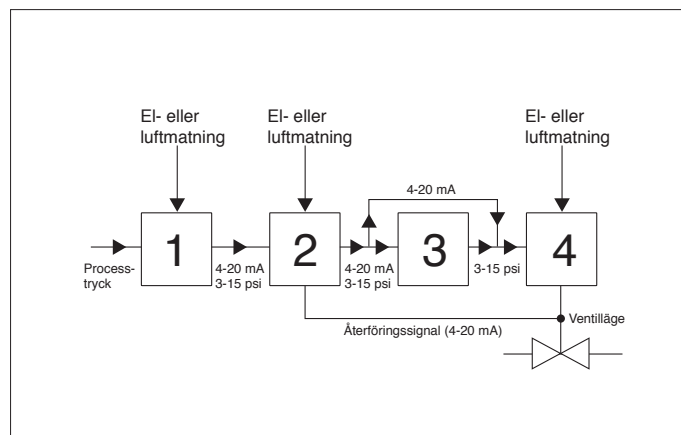


# REGLERTEORI

## Kortfakta

### Exempel på reglering

1. Transmitter
2. Regulator
3. I/P-omvandlare
4. Ventil med el- eller pneumatiskt manöverdon och positioner



### Unvik driftproblem med rätt ventil

De vanligast förekommande ventiltyperna för reglering är kägel-, kul- och vridspjällventiler, men man kan också använda bl.a. skjutspjäll, membran-, kik- och kilslidventiler. Vid viss typ av reglering fungerar kulventiler och vridspjäll utmärkt, medan man vid exempelvis mycket noggrann reglering bör välja en kägel- eller kulsektorventil.

Det väsentliga är att man noga beaktar dimensioneringsförutsättningarna när man väljer ventiltyp, så att man eliminerar risken för problem som t.ex. kavitation, flashing och kritiskt tryckfall.

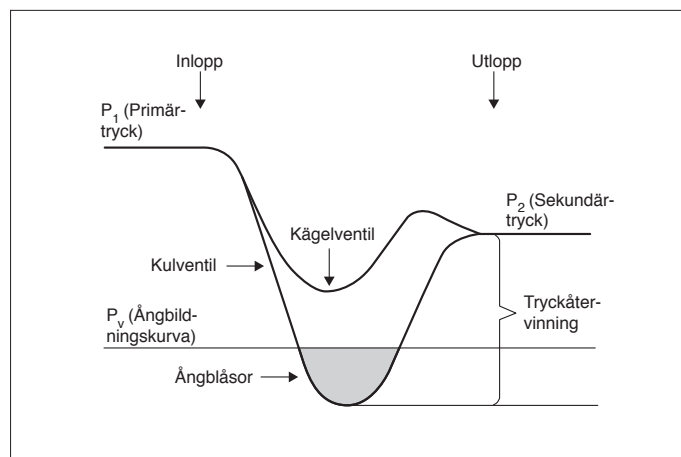
### Kavitation ökar slitaget

Tryckfallet över en reglerventil i förhållande till det önskade sekundärtrycket kan vara mycket kraftigt. Bilden visar skillnaderna i tryckfall mellan en kulventil respektive en kägelventil, för att uppnå inställt sekundärtryck.

Ett kaviterande flöde kan uppstå vid reglering av vätskor beroende på ångbildningskurvas läge vid det aktuella tryckfallet i ventilen. Det bildas ångblåsor och när dessa imploderar uppstår s.k. mikroströmmar, vilket leder till ett stort slitage på sätet och berörda ventildelar nedströms.

#### Undvik kavitation genom att t.ex:

- Flytta ventilen till en lägre nivå i systemet.
- Välj en större hålaarea på förstrypningen (större Kvs-värde).
- Välj en annan ventiltyp.

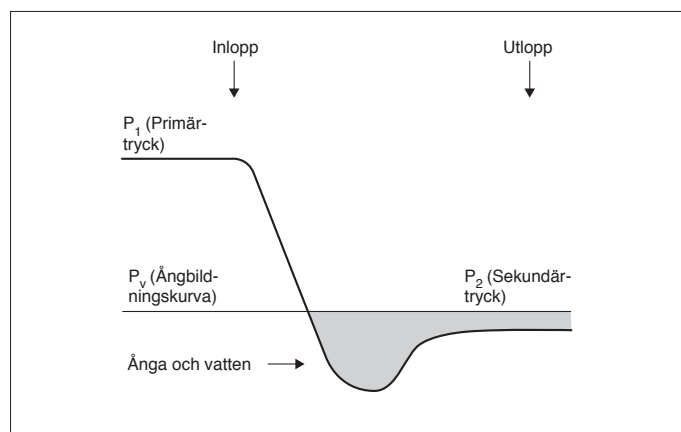


### Flashing försämrar effekten

Bilden visar ett reglerförhållande där skillnaden mellan  $P_1$  och  $P_2$  är för stort för den aktuella regleringen, så att  $P_2$  hamnar under ångbildningskurvan. En tvåfasströmning uppstår, s.k. flashing. Detta innebär att vätska och ånga blandas (tvåfasströmning) vilket medför att oljud uppstår nedströms ventilen, att rätt effekt inte uppnås för berörd förbrukare, etc.

#### Undvik flashing genom att t.ex:

- Välj en större hålaarea på förstrypningen (större Kvs-värde).
- Välj en annan ventiltyp.
- Gör en analys av systemets drifttryck.  
(Vilket tryck ger exempelvis systemets pump?)



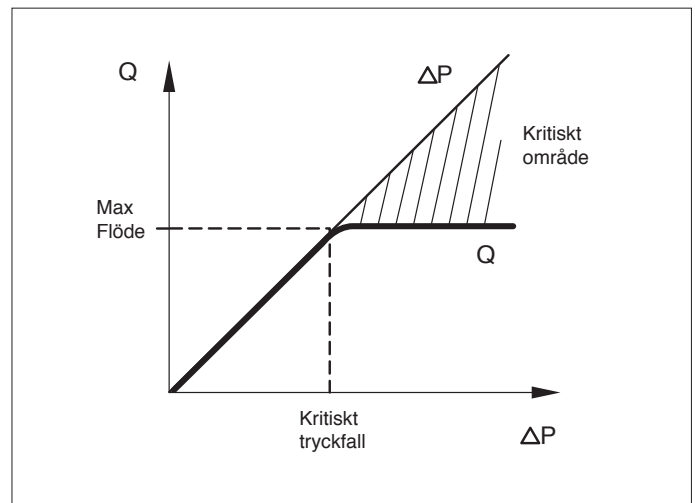
# REGLERTEORI

## Kortfakta

### Kritiskt tryckfall kan ge oljud

Med kritiskt tryckfall menas det maximala flöde som erhålls då trycket sänks på utloppssidan. Sänks trycket ytterligare ökar inte flödet. Kritiskt tryckfall kan endast existera hos gaser.

- Undvik kritiskt tryckfall genom att:**
- Sänk inte trycket mer än nödvändigt. ( $< \frac{P_1}{2}$ )
  - Välj en större hålarea på förstrypningen (större kvs-värde).
  - Reducera trycket stegvis över flera ventiler.



### Tryckåtervinningsfaktor

#### – Beräkningsformler

- $F_L, C_F$  = Vätskor
- $X_T$  = Gaser
- $P_V$  = Ångbildningskurva
- $P_{VC}$  = Max. tryckfall i ventilen

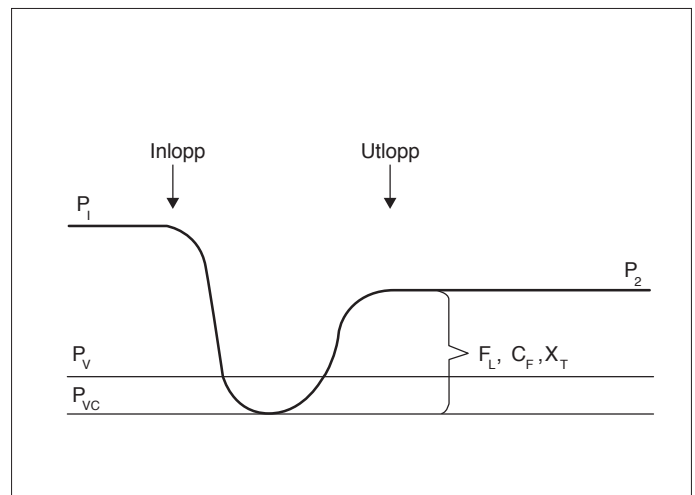
Med nedanstående formler kan tryckåtervinningsfaktorn för aktuell ventil beräknas, för att undvika kavitation och flashing.

**Vätskor:**

$$C_F = \sqrt{\frac{P_1 - P_2}{P_1 - P_V}}$$

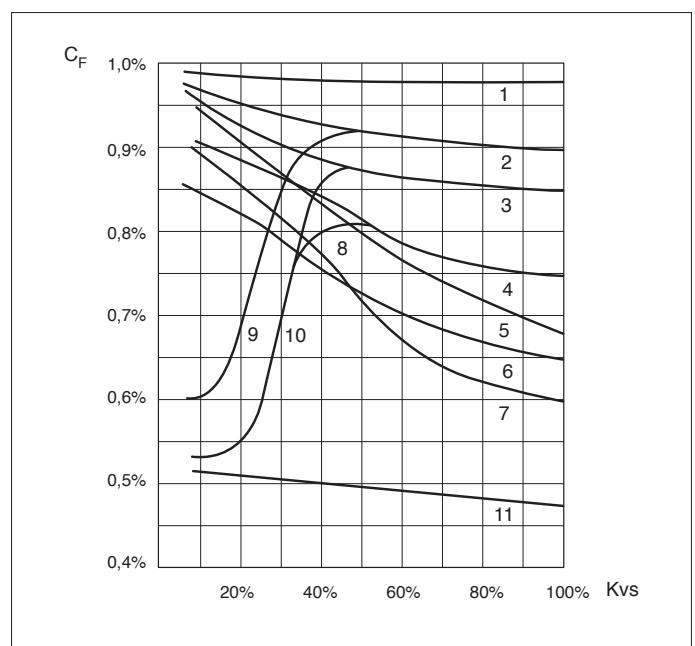
**Gaser:**

$$X_T = \sqrt{\frac{P_1 - P_2}{P_1 - P_{VC}}}$$



### Tryckåtervinningsfaktorer för olika ventiltyper för vätskor

1. Dubbelsätig, V-portkägla
2. Enkelsätig, odelat hus, flöde öppnar
3. Vridkägla, flöde öppnar
4. Enkelsätig, delat hus, flöde öppnar
5. Vridkägla, flöde stänger
6. Vridspjäll
7. Kulsektor
8. Enkelsätig, delat hus, flöde stänger
9. Dubbelsätig, parabolisk kägla
10. Enkelsätig, odelat hus, flöde stänger
11. Enkelsätig, vinkelanslutning med venturiutlopp, flöde stänger.



# REGLERTEORI

## Kortfakta

### Tryckåtervinningsfaktorer för olika ventiltyper

Ventiltyp	Öppningsgrad på ventilen	Flödesriktning	$C_F (F_L)$	$K_C^*$	$X_T$
Kägelventil	Fullt öppen	Stänger →	0,85	0,58	0,61
		Öppnar ←	0,90	0,65	0,68
	50% öppen	Stänger →	0,80	0,52	0,54
		Öppnar ←	0,90	0,65	0,66
Dubbel-sättes-ventil	Fullt öppen	Parabolisk kägla	0,90	0,70	0,68
		Kägla (V-port)	0,98	0,80	0,81
	50% öppen	Parabolisk kägla	0,80	0,31	0,54
		Kägla (V-port)	0,95	0,73	0,76
Parabolisk kägla	Fullt öppen	Stänger →	0,80	0,51	0,54
		Öppnar ←	0,75	0,46	0,47
	50% öppen	Stänger →	0,80	0,52	0,54
		Öppnar ←	0,90	0,65	0,68

→ = Med flödesriktningen  
 ← = Mot flödesriktningen

Ventiltyp	Öppningsgrad på ventilen	Flödesriktning	$C_F (F_L)$	$K_C^*$	$X_T$
Vridspjäll-ventil	Fullt öppen	Flöde i båda riktningarna	0,65	0,32	0,35
Kulsektor-ventil	Fullt öppen	Öppnar ←	0,60	0,24	0,30
Balanserad korgkägla	1 1/2"-4"	Stänger →	0,94	0,71	0,74
	6"-16"	Stänger →	0,92	0,68	0,71
Obalanserad korgkägla	Fullt öppen	Öppnar ←	0,90	0,65	0,68
	50% öppen	Öppnar ←	0,90	0,65	0,68
Vinkelventil	Fullt öppen	Stänger →	0,81	0,53	0,55
		Öppnar ←	0,89	0,64	0,67
	50% öppen	Stänger →	0,80*	0,52**	0,54
		Öppnar ←	0,90	0,65	0,68

\* $K_C$  = Begynnande kavitation  
 \*Med Venturi-kägla  $C_F = 0,50$   
 \*\*Med Venturi-kägla  $K_C = 0,18$

### Definition av Kv, Kvs, Cv och Av

Tryckfallet över en reglerventil beror på dess effektiva genomströmningsarea, vilket definieras Kv alt. Av. I amerikansk litteratur används dock begreppet Cv. Definitioner på dessa är enligt följande:

$K_v$  = Vattenflöde i m<sup>3</sup>/h vid ett tryckfall över fullt öppen ventil av 1 bar (100 kPa).

$K_{vs}$  = Den utvalda ventilsens  $K_v$ -värde vid fullt öppen ventil. Vanligtvis med 30% säkerhetsmarginal till det beräknade  $K_v$ -värdet.

$C_v$  = Vattenflöde i US gallon (3,785 l/min) vid ett tryckfall över fullt öppen ventil av 1 psi (7kPa).

$A_v$  = Effektiv strömningsarea (m<sup>2</sup>)

Sambandet är:

$$K_v = 0,86 C_v \quad (K_v = \frac{A_v \times 10^6}{28})$$

$$C_v = 1,17 K_v \quad (C_v = \frac{A_v \times 10^6}{24})$$

$$A_v = \frac{K_v}{36\,000} \quad (A_v = \frac{K_v \times 28}{10^6})$$

### Beteckningar och enheter

$Q$ = Volymflöde	m <sup>3</sup> /h	$\rho$ = Vätskans densitet	kg/m <sup>3</sup>
$Q_n$ = Volymflöde av gas i normaltillstånd 0°C, 1 bar (a)	Nm <sup>3</sup> /h	$\rho_n$ = Gasens densitet i normaltillstånd 0°C, 1 bar (a)	kg/m <sup>3</sup>
$G$ = Ångflöde	kg/h	$V_1$ = Ångans specifika volym vid $T_1$ och $P_2$	m <sup>3</sup> /kg
$P_1$ = Primärtryck	bar (a)	$V_2$ = Ångans specifika volym vid $\frac{P_1}{2}$ och $T_1$	m <sup>3</sup> /kg
$\Delta p$ = Tryckförlust ( $P_1 - P_2$ )	bar	$T_1$ = Absolut temperatur före ventilen ( $T_1 = t \text{ °C} + 273$ )	K
$P_2$ = Sekundärtryck	bar (a)		

# REGLERTEORI

## Kortfakta

### Beräkningsformler – Kv

#### Vätskor

För vätskor med viskositet skilt från vatten införs korrektionsfaktor

$$K_v = Q \sqrt{\frac{\rho}{1000 \times \Delta P}}$$

#### Gaser

$$P_2 > \frac{P_1}{2} \quad K_v = \frac{Q_n}{514} \times \sqrt{\frac{\rho_n \times T_1}{\Delta p \times P_2}}$$

Kritiskt flöde

$$P_2 < \frac{P_1}{2} \quad K_v = \frac{2 \times Q_n}{514 P_1} \times \sqrt{\rho_n \times T_1}$$

#### Ånga

Icke kritiskt flöde

$$P_2 > \frac{P_1}{2} \quad K_v = \frac{G}{31,6} \times \sqrt{\frac{V_1}{\Delta P}}$$

Kritiskt flöde

$$P_2 < \frac{P_1}{2} \quad K_v = \frac{G}{31,6} \times \sqrt{\frac{2V_2}{P_1}}$$

### Logaritmisk och linjär karaktäristik

#### Logaritmisk karaktäristik om

$$\frac{\Delta p \text{ vid } Q \text{ min}}{\Delta p \text{ vid } Q \text{ max}} > 3$$

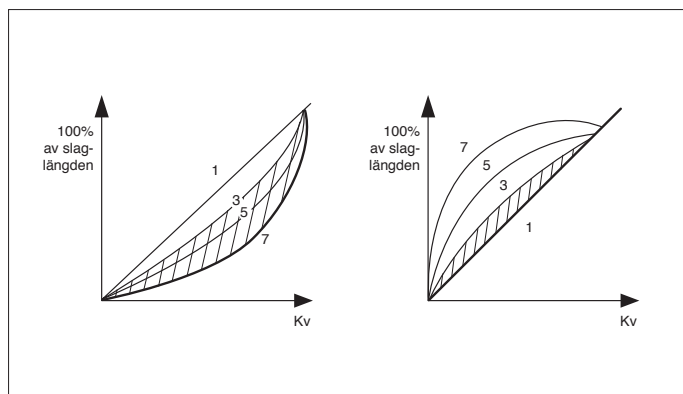
#### Linjär karaktäristik om

$$\frac{\Delta p \text{ vid } Q \text{ min}}{\Delta p \text{ vid } Q \text{ max}} < 3$$

Linjär karaktäristik är vad som önskas i de flesta fall för all form av reglering. När flödet varierar över ventilen från mediasystemets min- till maxläge ändras tryckförhållandet över ventilen och i och med det också strömningsmotståndet Kv.

Om kvoten av tryckfallet vid minflöde/maxflöde är >3 bör man välja logaritmisk karaktäristik för att uppnå god reglerfunktion.

Logaritmisk karaktäristik bör också väljas om man önskar stora flödesändringar runt reglerpunkten.



### Checklista vid val av reglerventil

1. Medium (vätska, gas, ånga)
2. Mängd (max – normal – min)
3. Inloppstryck P1 (max – normal – min)
4. Utloppstryck P2 (max – normal – min)
5. Mediatemp. (max – normal – min)
6. Funktion (luft öppnar/stänger)
7. Rördimension, flänsnorm
8. Övrigt som t.ex. densitet, viskositet, materialval (erfarenhet), tillbehör, ventillägesställare, gränslägesbrytare m.m.

### Beräkningsgång för val av reglerventil

1. Beräkna det teoretiska Kv-värdet.
  2. Beräkna aktuell flödes hastighet med hänsyn tagen till anslutningsdimension.
  3. Jämför mediets flödes hastighet mot dess aktuella ljudhastighet. (Mättad ånga 10-12 bar motsvarar exempelvis en ljudhastighet på 640 m/s). Flödes hastigheten får ej överstiga 30% av ljudhastigheten för vald anslutningsdimension.
  4. I de fall flödes hastigheten överstiger 30% av ljudhastigheten, välj en större anslutningsdimension nedströms än uppströms ventilen alternativt välj en större ventildimension.
- Slutsats:** Den givna flödes hastigheten förutbestämmer anslutningsdimensionen.
- Tumregel:**  $\Delta p$  ventil bör ligga mellan 25% - 50% av det totala systemets tryckfall för att kunna reglera tillfredsställande.