

קוויטציה בשסתומי בקרה למערכות מיזוג אוויר אפיון ומניעה



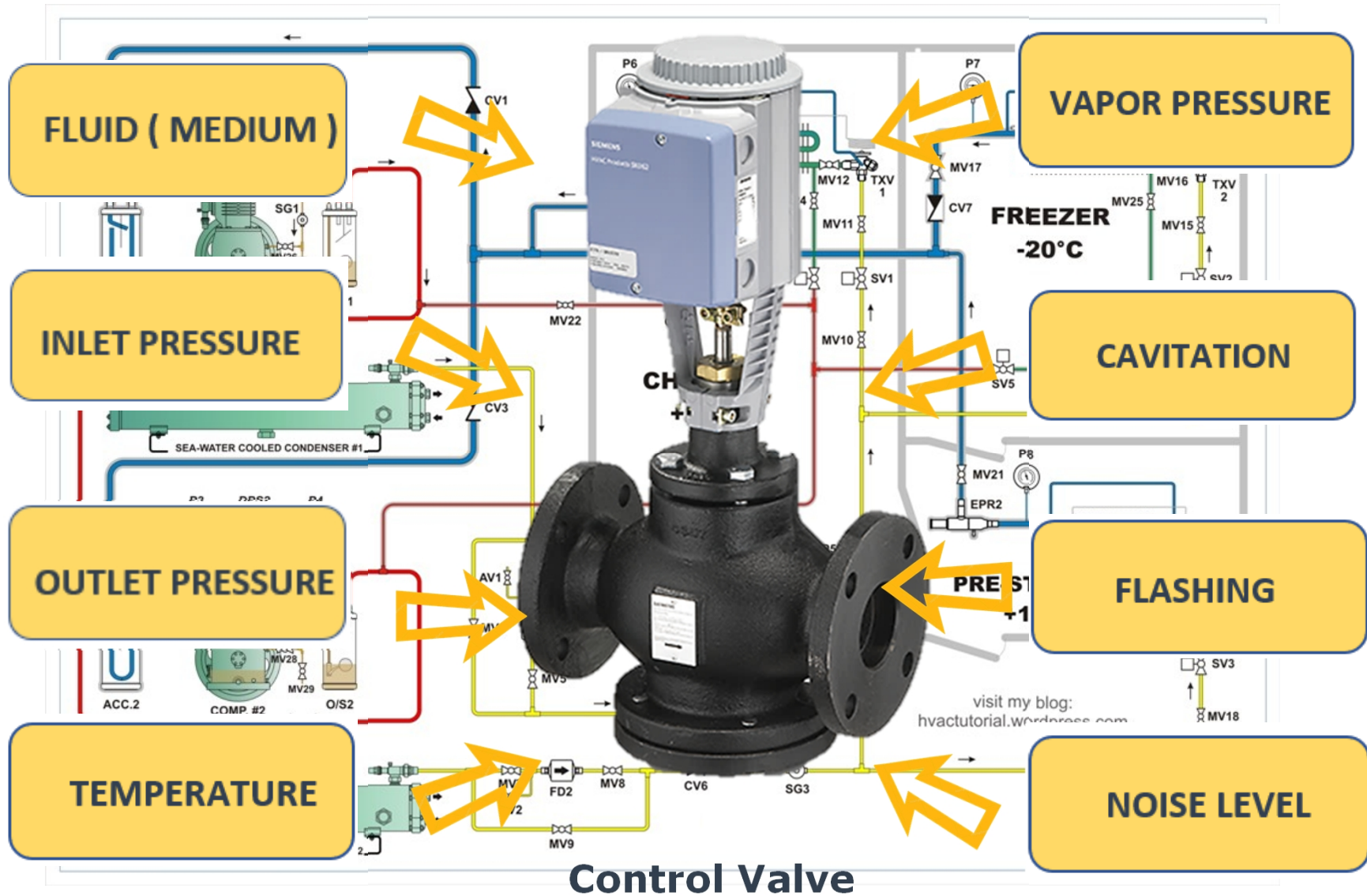
שמואל לסמן 054-9260306
slasman@contel.co.il



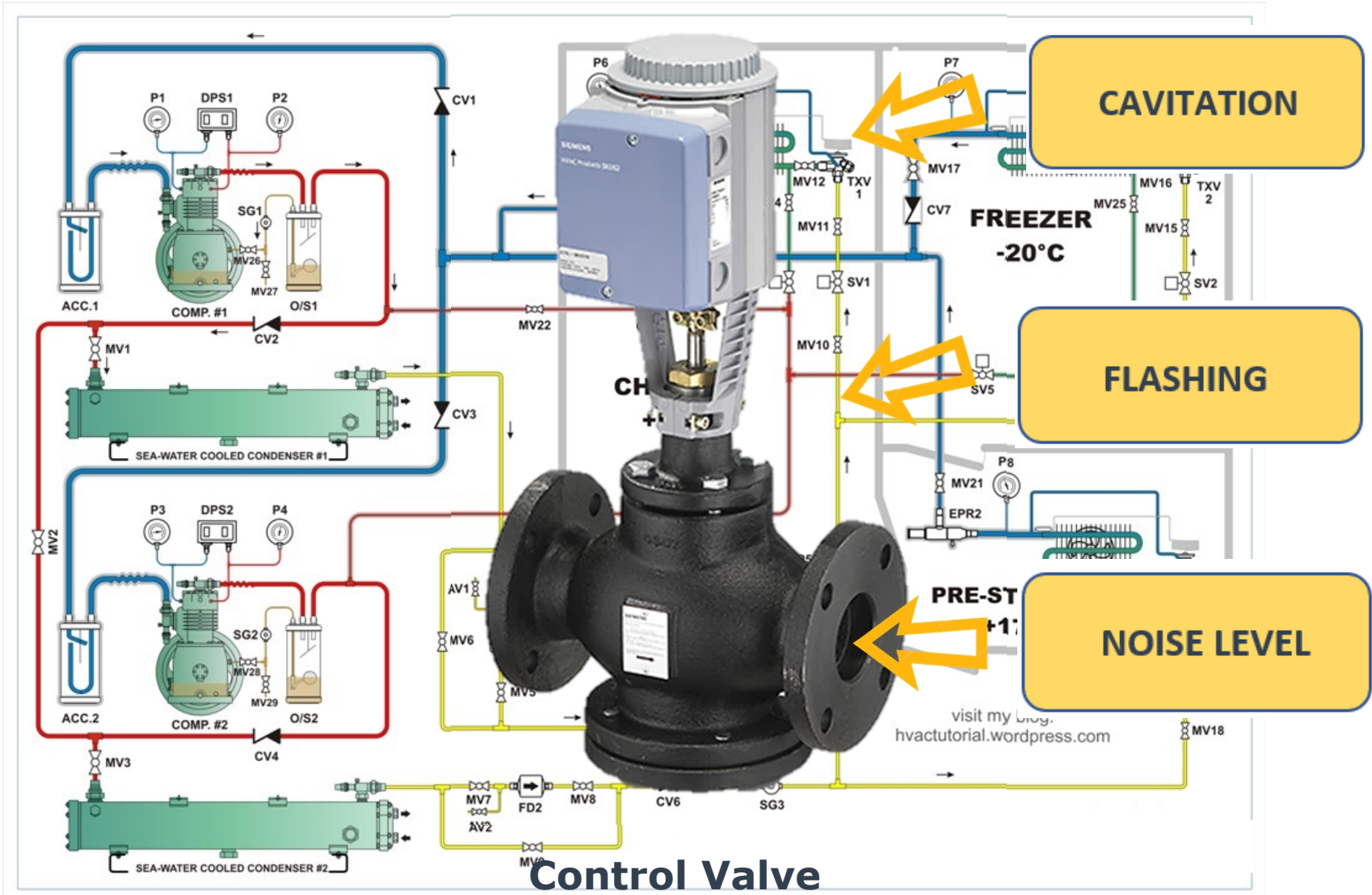
קונטאל מתמחה ביישום מערכות מיכשור, בקרה תעשייתית ובקרת מבנים. כולל עבודות הנדסה, תוכנה וייצור של מערכות משולבות: מיכשור, בקרה, חשמל, תקשורת וסייבר.

קונטאל – שילוב מערכות מנצח

Control Valve Selection Process



Control Valve Selection Process





What is Cavitation

תהליך דו-שלבי הקשור בזרימה של נוזלים

שלב ראשון

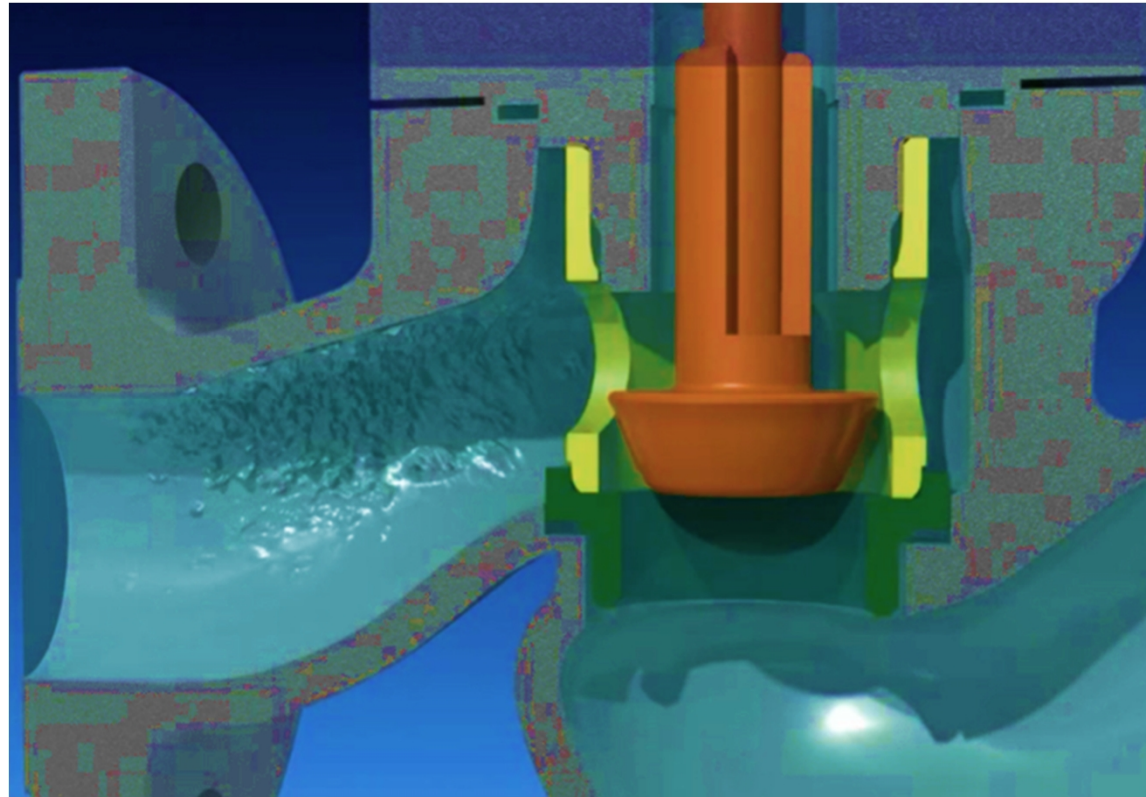
ירידת הלחץ הסטטי של הנוזל העובר דרך נקודת הצרה (Orifice) בה מהירות הזרימה הממוצעת היא הגבוהה ביותר והלחץ הסטטי הממוצע הוא **הנמוך ביותר** אל מתחת ללחץ האדים של הנוזל.

שלב שני

תחילת היווצרותם של בועות אדים אשר יקרו במורד הזרם בעת חזרתם לפאזה נוזלית. כאשר הלחץ הסטטי יהיה גבוה יותר מלחץ האדים.

Reasons For Cavitation

Flow To Open



באילו תנאים ירד הלחץ הסטטי אל מתחת ללחץ האדים של הנוזל ?
כעת נציג את התופעה בשסתומי בקרה

What is Cavitation

תהליך דו-שלבי הקשור בזרימה של נוזלים

שלב ראשון

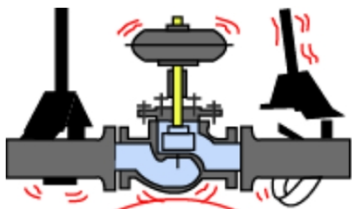
ירידת הלחץ הסטטי של הנוזל העובר דרך נקודת הצרה (Orifice) בה מהירות הזרימה הממוצעת היא הגבוהה ביותר והלחץ הסטטי **הממוצע הוא הנמוך ביותר** **אל מתחת ללחץ האדים של הנוזל.**

שלב שני

תחילת היווצרותם של בועות אדים אשר יקרסו במורד הזרם בעת חזרתם לפאזה נוזלית. **כאשר הלחץ הסטטי יהיה גבוה יותר מלחץ האדים.**

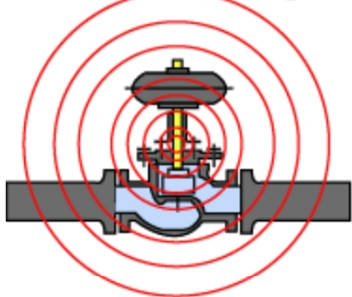
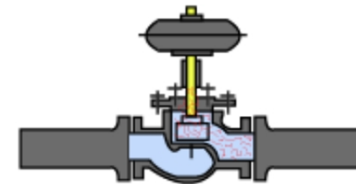
הנזק הנגרם יכול לפגוע בביצועי שסתום הבקרה, בהמשך יגרום להידרדרות הדרגתית של רכיבי הוויסות הפנימיים, ובסופו של דבר יוביל לדליפה ולכשל מוקדם של מכלול ה Plug and Seat

Cavitation Common Problems



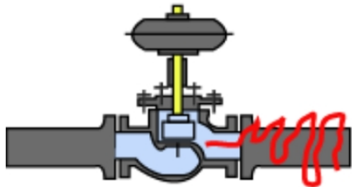
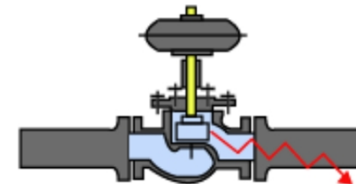
Pipe vibration

Trim & body wear



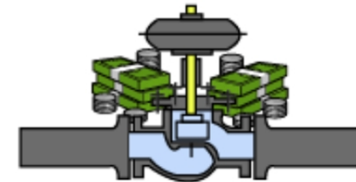
Noise

Lost production



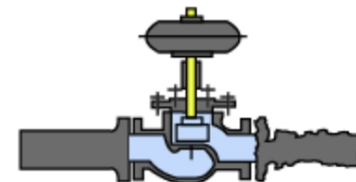
Poor control

High maintenance



System shutdown

Downstream pipe erosion





Liquid flow through valves

Energy Profile (Liquid)

Cavitation Damage

Vena Contracta

Vapour Pressure

Critical pressure

Liquid pressure recovery factor

Cavitation Index

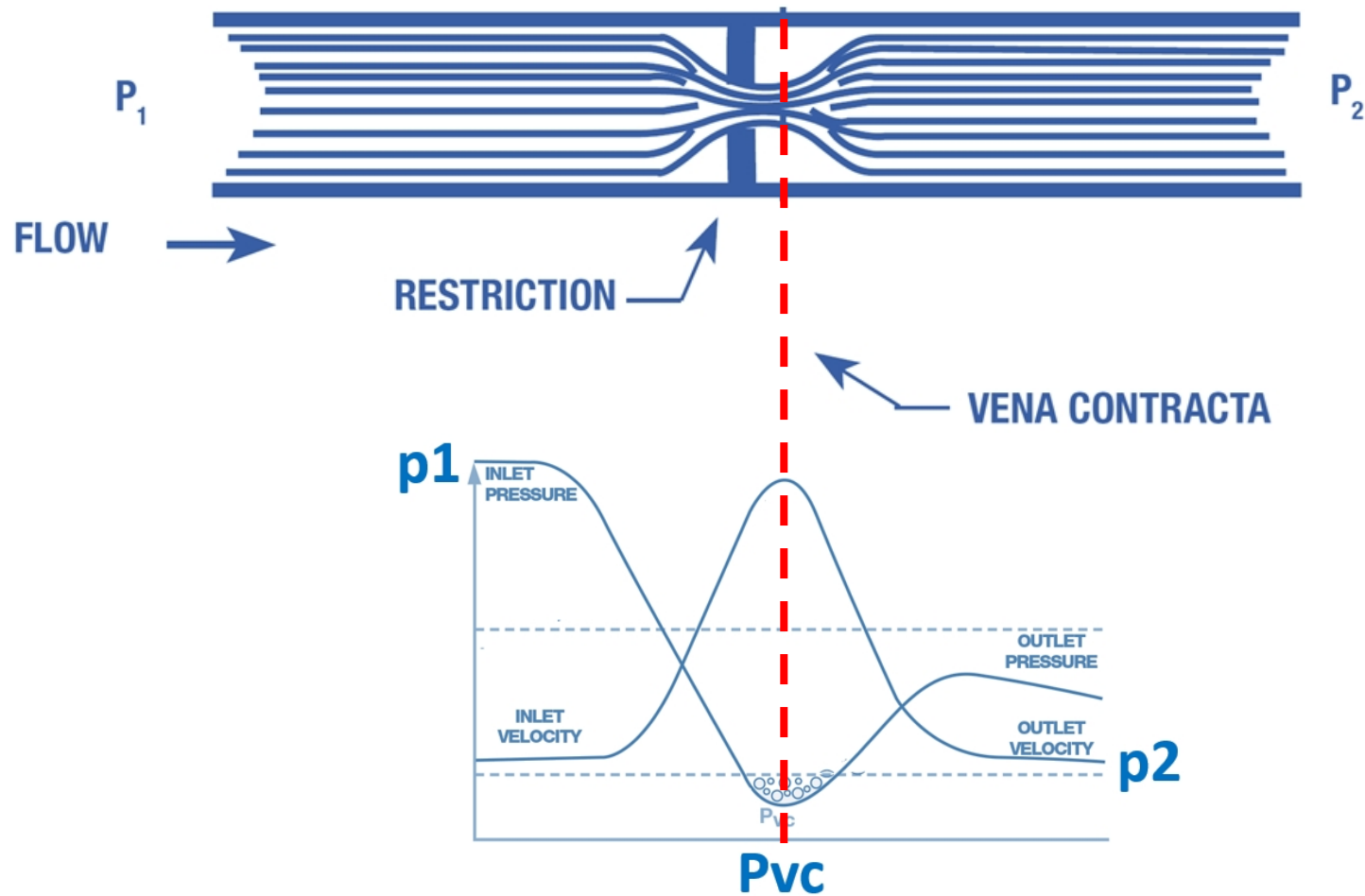
Choke Flow

How to avoid cavitation

Flashing

Vena Contracta

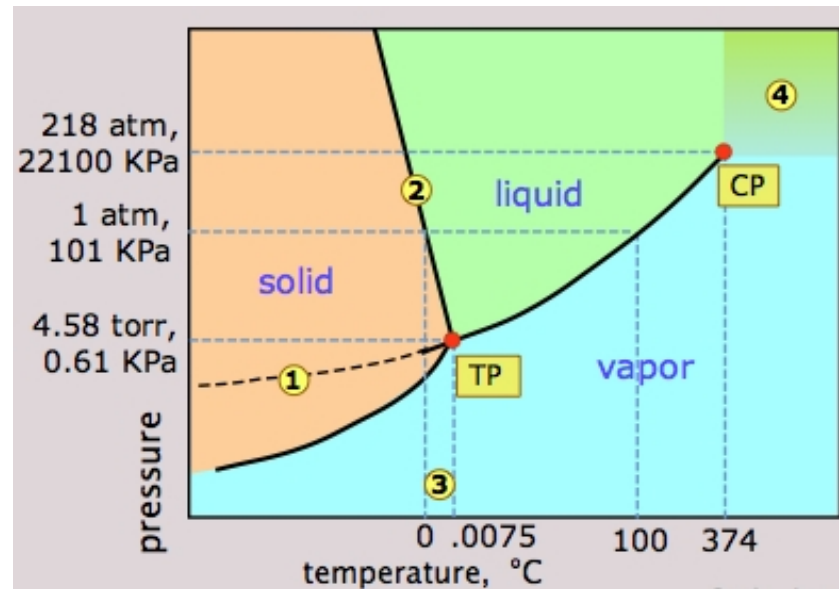
נקודת ההצרה בה מהירות הזרימה הממוצעת היא הגבוהה ביותר
והלחץ הסטטי הממוצע הוא הנמוך ביותר



Phase diagrams of liquid, gaseous, and solid states

הנקודה המשולשת היא הנקודה שבה שלושת השלבים (מוצק, נוזלי וגז) יכולים להתקיים במקביל. הנקודה הקריטית היא הטמפרטורה והלחץ

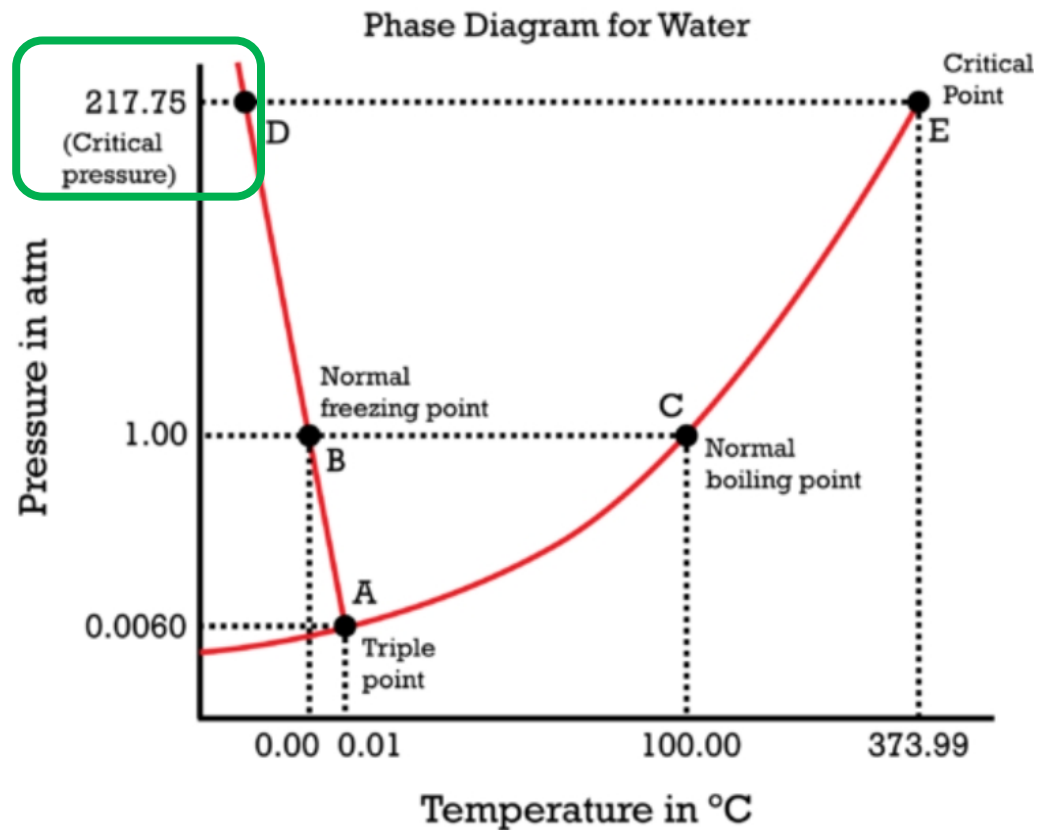
[°C]	[kPa], [100*bar]	[atm]	[psi]
100	101.42	1.001	14.71
110	143.38	1.42	20.796
120	198.67	1.96	28.815
130	270.28	2.67	39.201
140	361.54	3.57	52.437
150	476.16	4.7	69
160	618.23	6.1	89.667
180	1002.8	9.9	145.44
200	1554.9	15.35	225.52
220	2319.6	22.89	336.43
240	3346.9	33.03	485.43
260	4692.3	46.31	680.56
280	6416.6	63.33	930.65



Vapor pressure

לחץ אדים הוא הלחץ המופעל על המים במצב של שיווי משקל. כלומר הנוזל והאדים נמצאים בלחץ קבוע ובטמפרטורה קבועה. ניתן להגדירו גם כנקודת הרוויה התרמו דינמית.

Phase diagrams of liquid, gaseous, and solid states



Critical pressure

מצבי נוזל ואד רווי זהים. כלומר, הנקודה במהלך חימום נוזל הנתון בלחץ קריטי כאשר הגבול בין שני מצבי הצבירה לא מתקיים עוד.

Predicting Cavitation

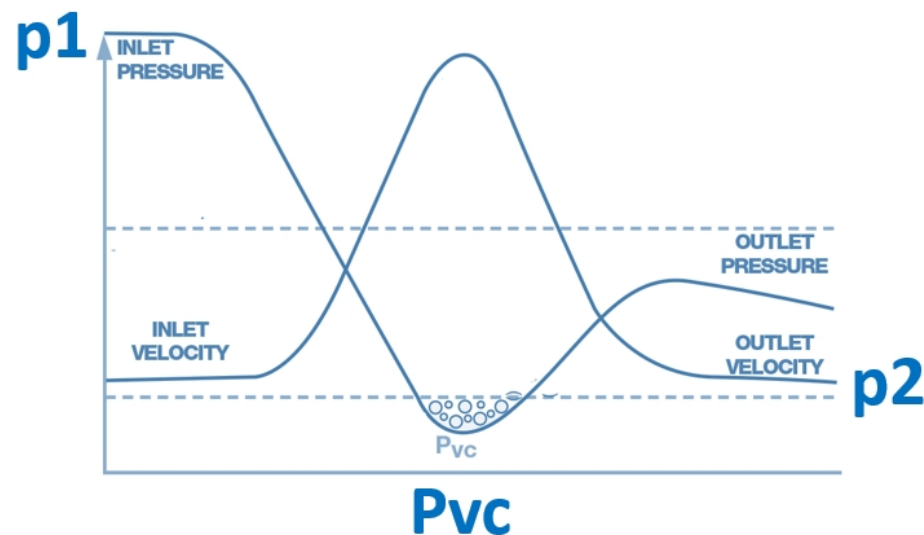
$$F_L = \sqrt{\frac{p_1 - p_2}{p_1 - p_{vc}}}$$

$$\sigma = \frac{(P_1 - P_v)}{(P_1 - P_2)}$$

Liquid pressure recovery factor

$$F_L = \sqrt{\frac{p_1 - p_2}{p_1 - p_{vc}}}$$

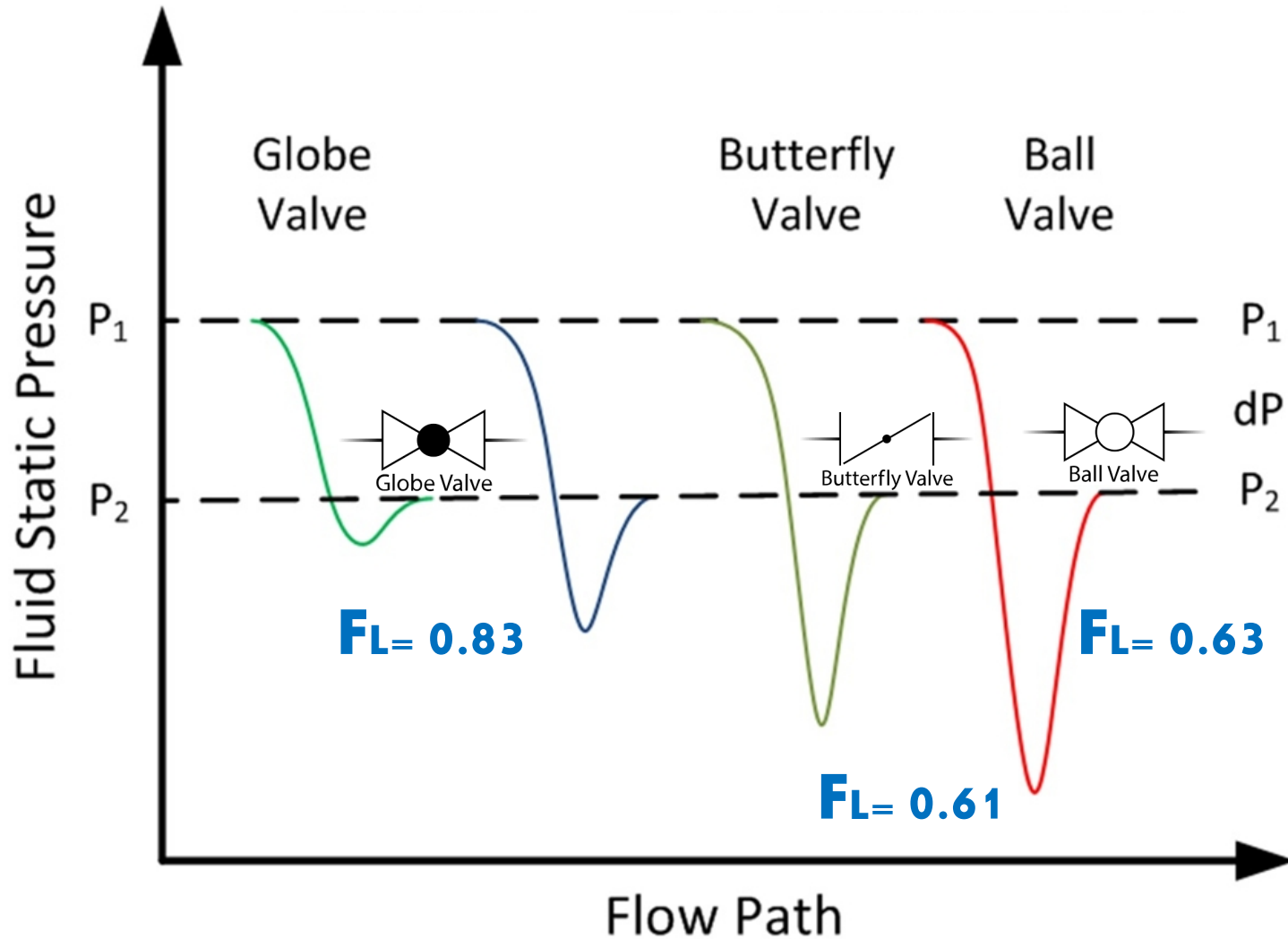
(ANSI/ISA-S75.01, 1985)



מקדם חסר ממדים שנקבע בניסוי המגדיר את השפעת הגיאומטריה הפנימית של השסתום בספיקתו המרבית. ערכים אלו נקבעים בבדיקת מעבדת היצרן. זו גם הנקודה בה יקרוסו בועות האדים בחזרה למצב צבירה נוזל. (Pressure recovery)

Liquid pressure recovery factor

השפעת הגיאומטריה הפנימית של השסתום בספיקתו המרבית



Cavitation Index

ISA_RP75.23-1995

$$\sigma = \frac{(P_1 - P_v)}{(P_1 - P_2)}$$

σ cavitation index,

P1 =inlet pressure Barg

P2 =outlet pressure Barg

Pv = water vapor pressure

Cavitation Index example

ISA_RP75.23-1995

Fluid: Water T = 32.2 °C

P_v = 0.0481 Bara

P₁ = 11.034 Barg

P₂ = 4.034 Barg

DP = 7.00 Barg

G_f = 0.995

q = 90.85 m³/h

$$\sigma = \frac{(P_1 - P_v)}{(P_1 - P_2)}$$

$$\sigma = (11.034 - 0.0481)/7.00 = 1.7142$$

Acceptance Criteria

$\sigma \geq \sigma_v$ ---- Acceptable


$\sigma < \sigma_v$ ---- Not Acceptable

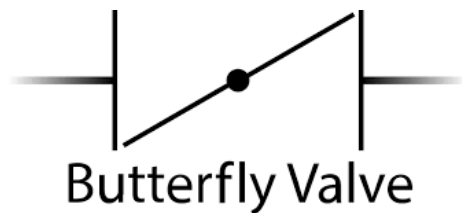
$$\sigma = \frac{(P_1 - P_v)}{(P_1 - P_2)}$$

CAVITATION



$$\sigma < \sigma_v$$

Sigma Valve = 2.4156
Sigma Service = 1.7142
FL = 0.7901 
Critical FL = 0.7637



Cavitation Evaluation

Inlet

Reqd Shutoff Pressure
11 bar g

Design Pressure
13.034 bar g

Max Design Temp
90 deg C

Min Design Temp
80 deg C

<- Cases 1 to 4
Minimum
Normal
Maximum
Other
Cases 5 to 8 ->

flow rate	50	90.85	89.85		m3/h
inlet pressure	11.034	11.034	11.034		bar g
outlet pressure	4.034	4.034	4.034		bar g
pressure drop	7	7	7		bar
temperature	32.2	32.2	32.2		deg C
vapor pressure	.0481	.0481	.0481		bar a
critical pressure	221	221	221		bar a
viscosity	.7439	.7439	.7439		centipoise
liquid Gf	1	1	1		

Velocity m/s

PED

Result

Category

OUTPUT Cavitation Evaluation

Sigma Valve = 2.4156
 Sigma Valve and Piping = 2.4174
 Sigma Service = 1.7142

Evaluation : Sigma (valve) > Sigma(service) * 1.1


Cavitation level exceeds manufacturers recommended limit.

Copy data to clipboard ?

CAVITATION



$$\sigma < \sigma_v$$

Sigma Valve = 2.0546
Sigma Service = 1.7142
FL = 0.80 
Critical FL = 0.7637



Cavitation Evaluation

Inlet

Reqd Shutoff Pressure
5 bar g

Design Pressure
11.034 bar g

Max Design Temp
90 deg C

Min Design Temp
80 deg C

<- Cases 1 to 4
Minimum
Normal
Maximum
Other
Cases 5 to 8 ->

	Minimum	Normal	Maximum	
flow rate	50	90.85	89.85	m3/h
inlet pressure	11.034	11.034	11.034	bar g
outlet pressure	4.034	4.034	4.034	bar g
pressure drop	7	7	7	bar
temperature	32.2	32.2	32.2	deg C
vapor pressure	.0481	.0481	.0481	bar a
critical pressure	221	221	221	bar a
viscosity	.7439	.7439	.7439	centipoise
liquid Gf	1	1	1	

Velocity m/s

OUTPUT Cavitation Evaluation

Sigma Valve = 2.0546
 Sigma Valve and Piping = 2.0559
 Sigma Service = 1.7142

Evaluation: Sigma (valve) > Sigma(service) * 1.1

Cavitation level exceeds manufacturers recommended limit.

Copy data to clipboard ?

Yes
No

PED


Result

Category

CAVITATION



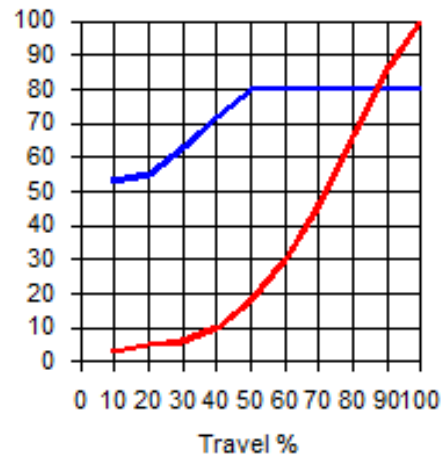
$$\sigma < \sigma_v$$

Sigma Valve = **2.0546**
 Sigma Service = **1.7142**
 FL = **0.80** 
 Critical FL = **0.7637**



Cavitation Evaluation

%Cv vs. %Travel



Plot

%travel	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
%Cv	3	5	6	10	18	30	46	66	86	100
FL	.53	.55	.63	.72	.8	.8	.8	.8	.8	.8

FL = 0.80 

CAVITATION



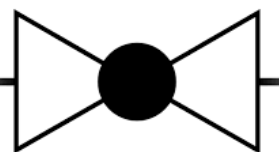
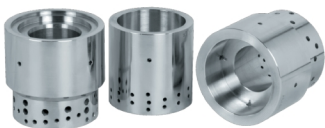
$$\sigma \geq \sigma_v$$

Sigma Valve = 1.0109

Sigma Service = 1.7142

FL = 0.93 

Critical FL = 0.7637



Globe Valve

Multi-Hole

Cavitation Evaluation

Inlet

Reqd Shutoff Pressure
5 bar g

Design Pressure
11.034 bar g

Max Design Temp
90 deg C

Min Design Temp
80 deg C

<- Cases 1 to 4

	Minimum	Normal	Maximum	Other	
flow rate	50	90.85	89.85		m3/h
inlet pressure	11.034	11.034	11.034		bar g
outlet pressure	4.034	4.034	4.034		bar g
pressure drop	7	7	7		bar
temperature	32.2	32.2	32.2		deg C
vapor pressure	.0481	.0481	.0481		bar a
critical pressure	221	221	221		bar a
viscosity	.7439	.7439	.7439		centipoise
liquid Gf	1	1	1		

Cases 5 to 8 ->

Velocity m/s

OUTPUT Cavitation Evaluation

Sigma Valve = 1.0109
 Sigma Valve and Piping = 1.0213
 Sigma Service = 1.7142

Evaluation : acceptable cavitation

Copy data to clipboard ?

flowing condition				
required Cv				
oversize req Cv				x 1
sound level, IEC				A (+5/-5)
% travel				
% Cv				
FL				
critical FL				
valve velocity				
% flashing				
full open flow rate				m3/h

PED

Result

Category

Acceptance Criteria



$\sigma \geq \sigma_v$ ---- Acceptable


Sigma Valve =1.0109

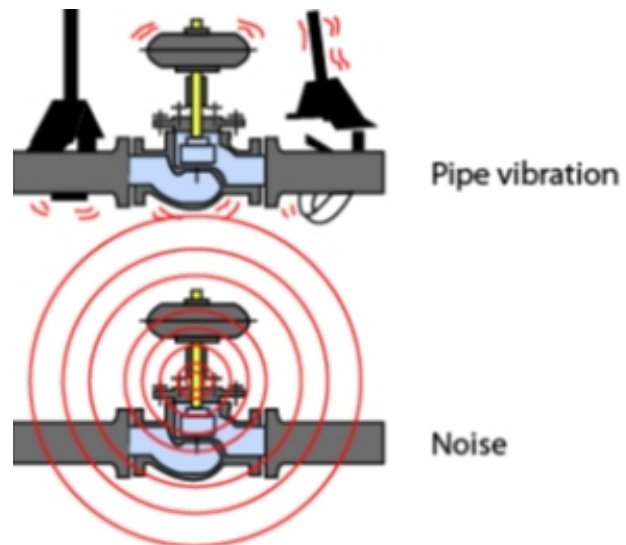
Sigma Service=1.7142

$$\sigma = \frac{(P_1 - P_v)}{(P_1 - P_2)}$$

CAVITATION

Control Valve Noise

1. Mechanical vibration of components
2. Hydrodynamic noise 
3. Aerodynamic noise



FLASHING

Flowing Condition Flashing

Inlet

Reqd Shutoff Pressure
5 bar g

Design Pressure
11.034 bar g

Max Design Temp
165 deg C

Min Design Temp
80 deg C

<- Cases 1 to 4 **Minimum** Normal Maximum Other Cases 5 to 8 ->

flow rate	50	90.85	89.85		m3/h
inlet pressure	11.034	11.034	11.034		bar g
outlet pressure	4.034	4.034	4.034		bar g
pressure drop	7	7	7		bar
temperature	165	165	165		deg C
vapor pressure	7.013	7.013	7.013		bar a
critical pressure	221	221	221		bar a
viscosity	.1702	.1702	.1702		centipoise
liquid Gf	.9025	.9025	.9025		

Velocity m/s

Flashing will occur if the outlet pressure < vapor pressure

flowing condition	Flashing	Flashing	Flashing	
required Cv	31.31	51.17	50.7	
oversize req Cv	31.31	51.17	50.7	Cv x 1
sound level, IEC	< 70	< 70	< 70	dBA (+5/-5)
% travel	48.33	74.86	74.33	
% Cv	43.48	71.06	70.41	
FL	.7383	.8246	.823	
critical FL	0	0	0	
valve velocity	30.1 [O]	54.7 [O]	54.1 [O]	m/s [I]nlet [O]utlet [B]ody
% flashing	2.663	2.663	2.663	
full open flow rate	132.3	132.3	132.3	m3/h

PED

Result

Category

1. שליטה על מהירות הזרימה

2. הורדת טמפרטורת התהליך (צינון)

Flashing

Outlet Pressure = 4.034 < 7.013

FL= 0.823

Valve velocity =54.1[Out] m/s

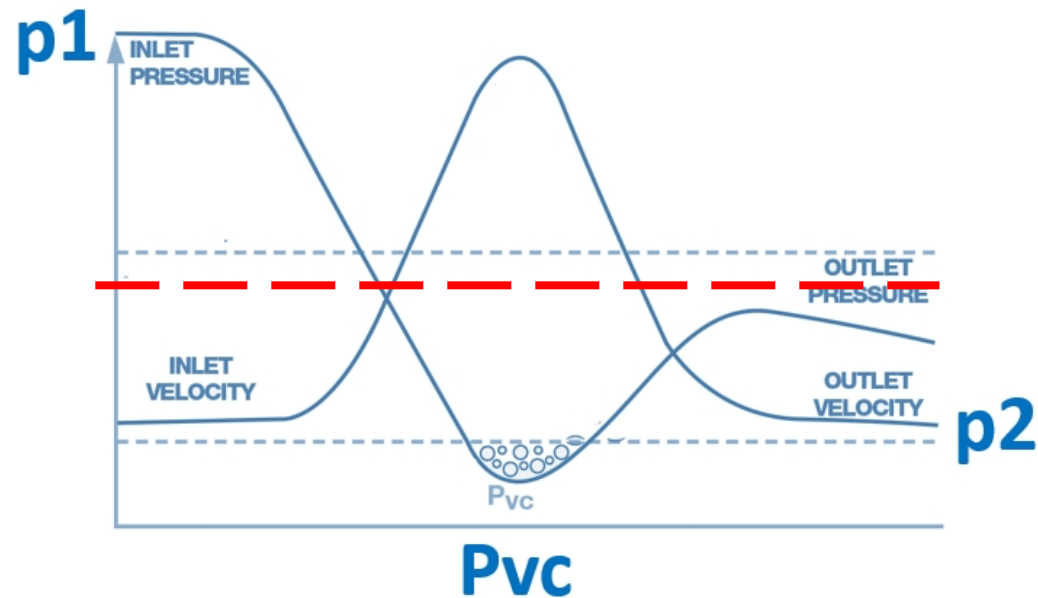
FLASHING

Flashing

Chocking

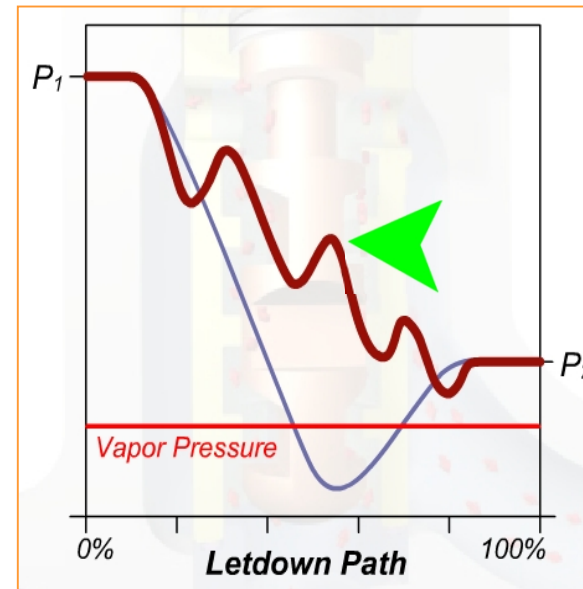
Erosion

High Velocities



How to avoid cavitation

[°C]	[kPa], [100*bar]	[atm]	[psi]
100	101.42	1.001	14.71
110	143.38	1.42	20.796
120	198.67	1.96	28.815
130	270.28	2.67	39.201
140	361.54	3.57	52.437
150	476.16	4.7	69
160	618.23	6.1	89.667
180	1002.8	9.9	145.44
200	1554.9	15.35	225.52
220	2319.6	22.89	336.43
240	3346.9	33.03	485.43
260	4692.3	46.31	680.56
280	6416.6	63.33	930.65

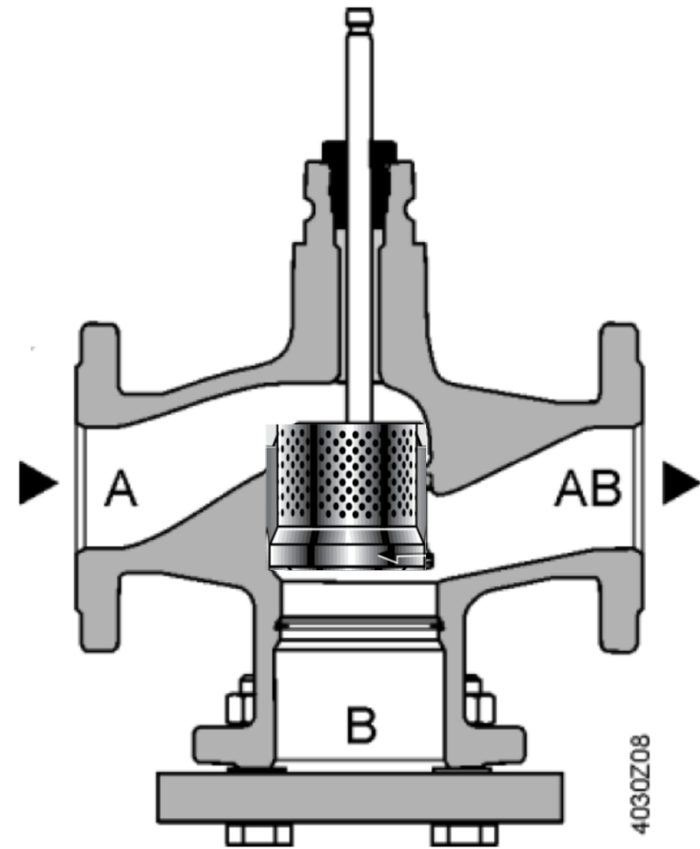


1. העלאת לחץ הכניסה P_1 אל מעל ללחץ האדים.
2. הפחתת מפל הלחץ על השסתום אל מתחת לנקודת הלחץ הקריטית.
דבר זה יתאפשר על ידי הגברת לחץ האדים במעלה השסתום.
3. הגדלת קוטר השסתום לצורך הקטנת מהירות הזרימה העוברת דרכו.
4. התקנת Diffuser-Plate במורד השסתום – להפחתת מפל הלחץ.
5. התקנת Trim מחומרי מבנה קשים דוגמת פל"ם בציפוי כרום
6. בחירת שסתום עם Multi hole- Anti Cavitation מכלול

How to Curb the cavitation



Control Valve



A → AB

Closing against the pressure

How to avoid cavitation



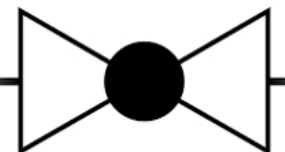
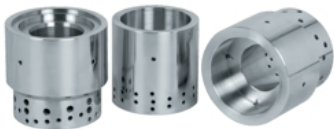
$$\sigma \geq \sigma_v$$

Sigma Valve = 1.0109

Sigma Service = 1.7142

FL = 0.93

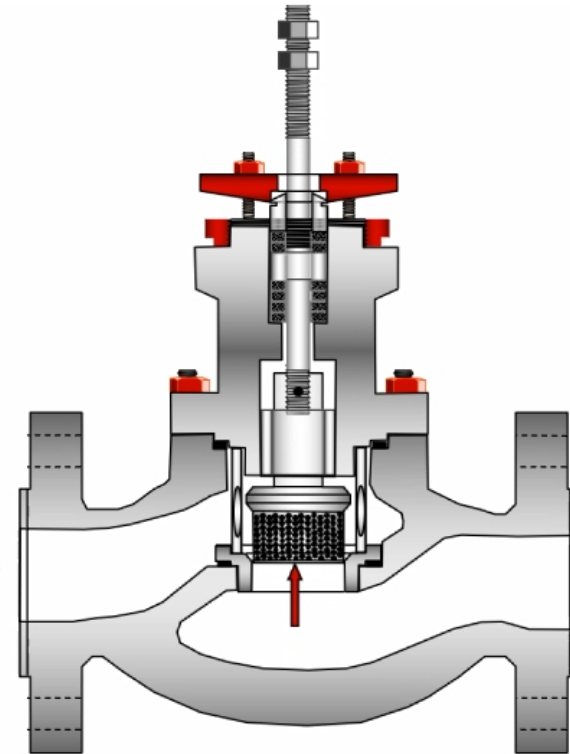
Critical FL = 0.7637



Globe Valve

Multi-Hole

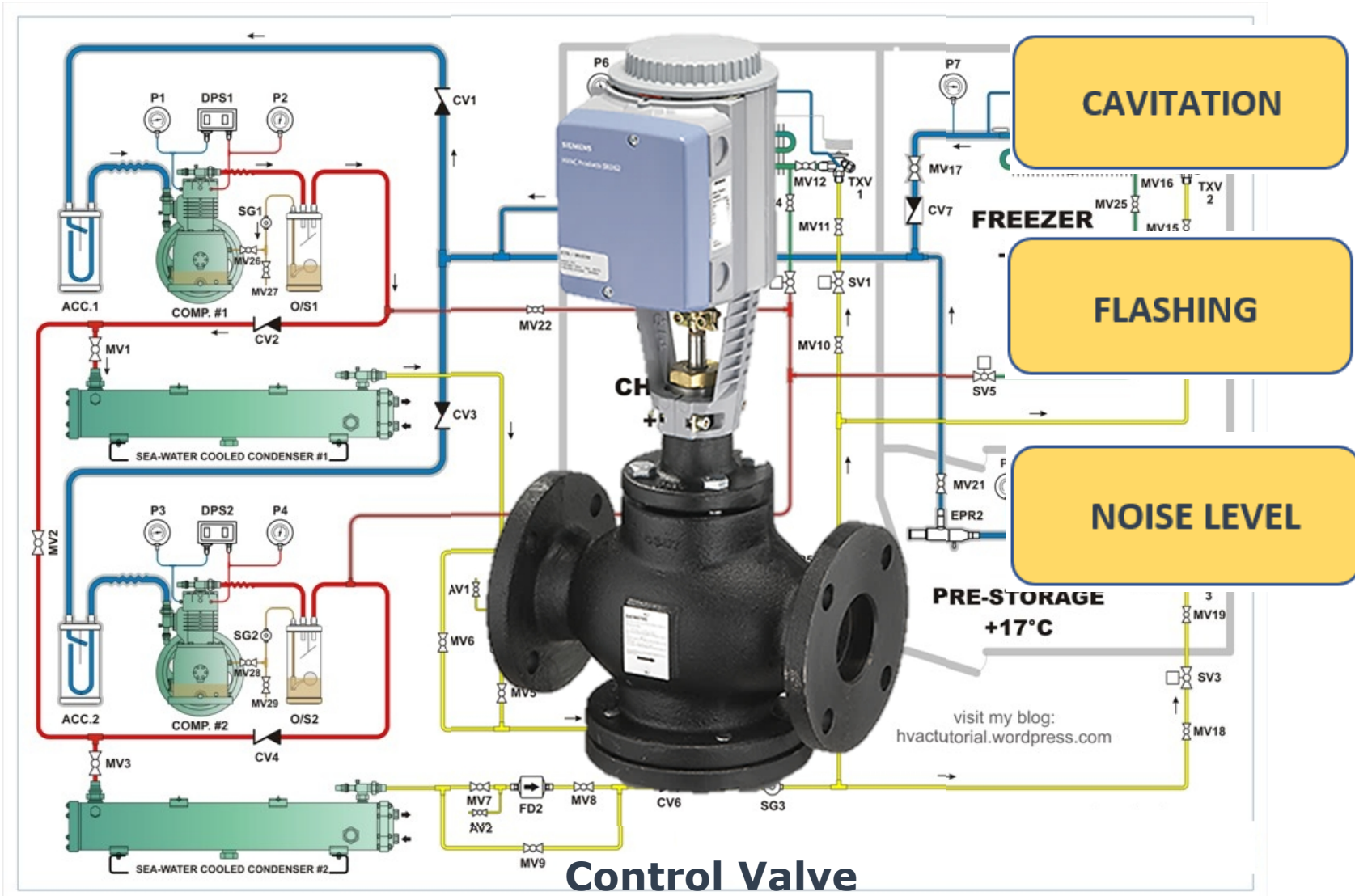
Flow To Closed



התקנת Trim מחומרי מבנה קשים דוגמת פלבים ביציפוי כרום

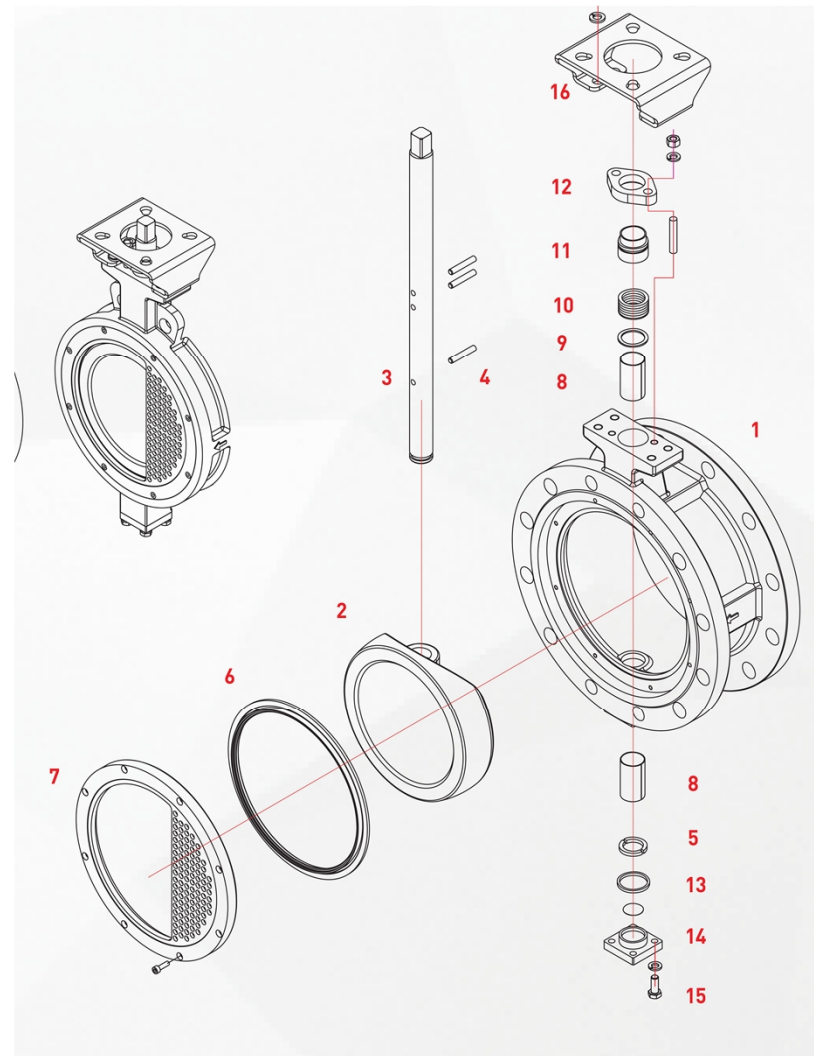
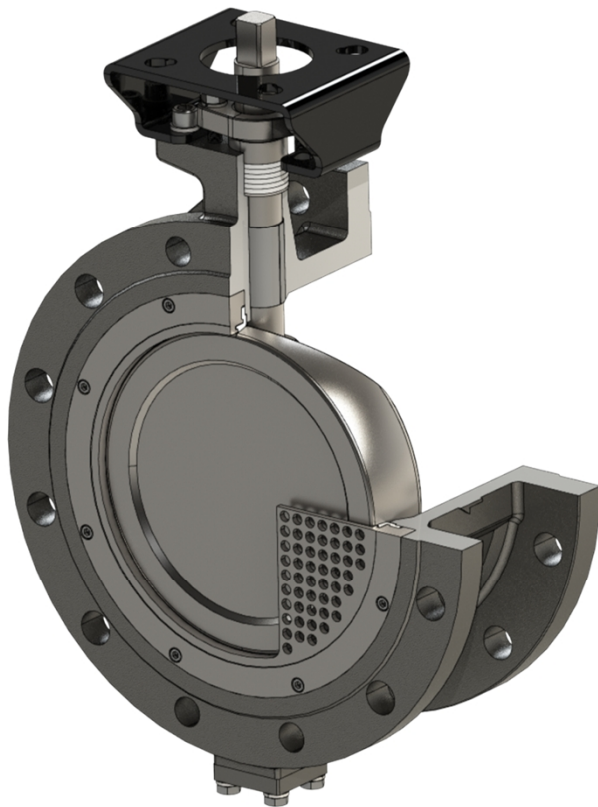
בחירת שסתום עם מכלול Multi hole- Anti Cavitation

Avoid the cavitation

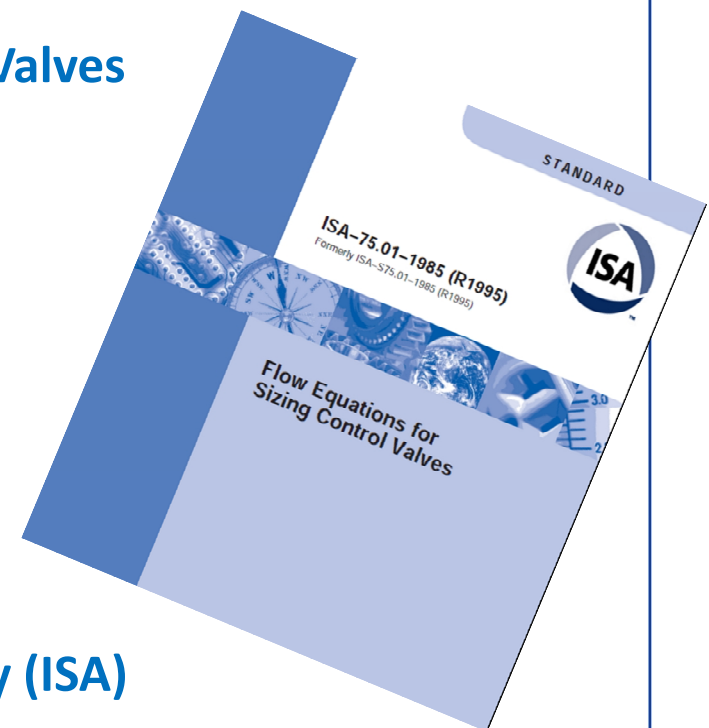


CAVITATION

Diffuser-Plate Control Butterfly Valve



1. "The Introduction of a Critical Flow Factor for Valve Sizing," H. D. Baumann, ISA Transactions
2. "Sizing Control Valves for Flashing Service," H. W. Boger, Instruments and Control Systems, January 1970
3. "Recent Trends in Sizing Control Valves," H. W. Boger, Proceedings Texas for the Process Industries, 1968
4. "Effect of Pipe Reducers on Valve Capacity," H. D. Baumann, Instruments and Control Systems, December 1968
5. "Flow of a Flashing Mixture of Water and Steam through Pipes and Valves," W. F. Allen, Trans. ASME,
6. **ISA-RP75.23- Considerations for Evaluating Control Valve Cavitation.**
7. **ISA-75.01.01- Flow Equations for Sizing Control Valves**



CAVITATION

שאלות בבקשה ?



CAVITATION

שאלות בבקשה ?



054-9260306 שמואל לסמן

slasman@contel.co.il