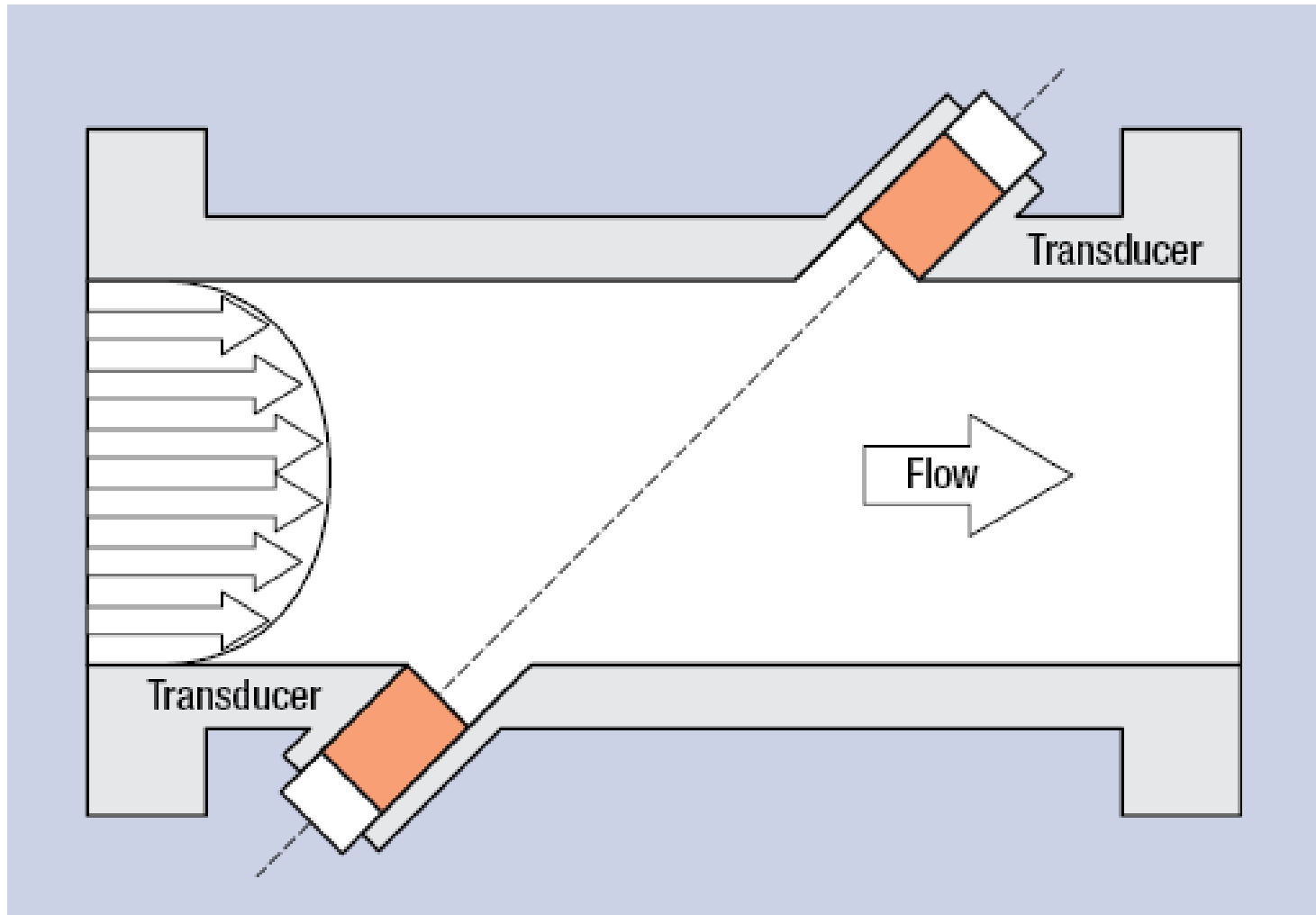


# Áramlásmérő távadók

UHF, ORIFICE, OTHERS

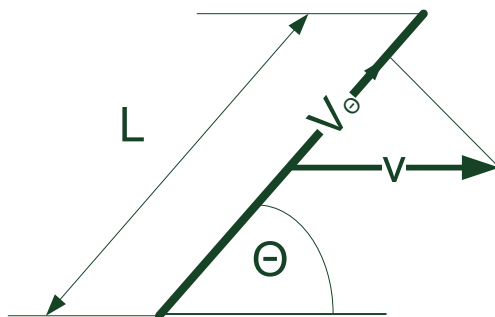
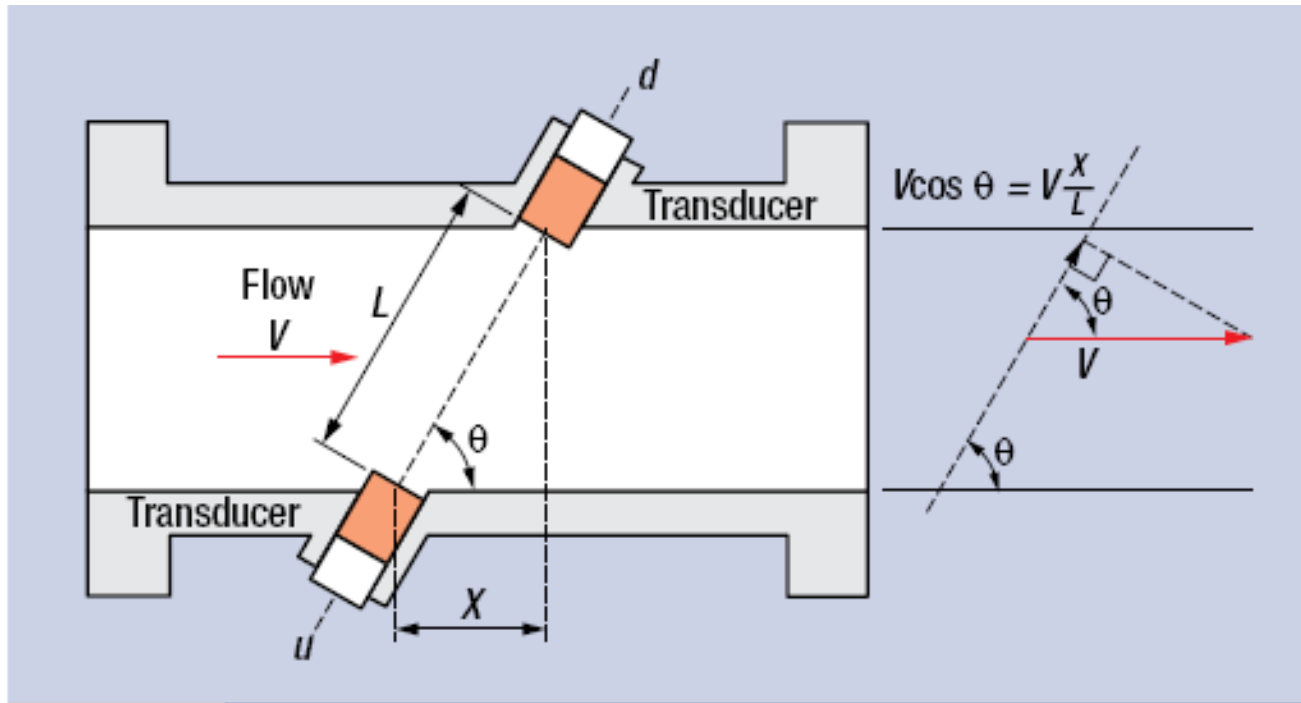
# Ultrahangos térfogatáram-mérő

- Felépítés:



# Ultraszagos térfogatáram-mérő

- Működése:



$$\cos \Theta = \frac{V_{\ominus}}{V}$$

$$C' = C + V \cos \Theta$$

$$C'' = C - V \cos \Theta$$

$$V_i = V$$

$$t_{ud} = \frac{L}{C + V_i \cos \theta}$$

$$t_{du} = \frac{L}{C - V_i \cos \theta}$$

# Mérőegyenlet

- Sebességi egyenletek:

$$V_i = \frac{L}{2 \cos \theta} \frac{t_{du} - t_{ud}}{(t_{ud})(t_{du})} = \frac{L^2}{2\chi} \frac{t_{du} - t_{ud}}{(t_{ud})(t_{du})}$$

$$C = \frac{L}{2} \frac{t_{du} + t_{ud}}{(t_{ud})(t_{du})}$$

$t_{ud}$  = transit time from transducer  $u$  to  $d$   
 $t_{du}$  = transit time from transducer  $d$  to  $u$   
 $L$  = path length between transducer faces  $u$  and  $d$   
 $\chi$  = axial length between transducer faces  
 $C$  = velocity of sound in the liquid in still condition  
 $V_i$  = mean chord velocity of the flowing liquid  
 $\theta$  = acoustic transmission angle.

$$Q = V_i A = V_i \frac{D^2 \pi}{4} \frac{m^3}{s}$$

$$Q = 3600 V_i A = 3600 V_i \frac{D^2 \pi}{4} \frac{m^3}{h}$$

# Áramlásmérés mérőperemmel

- **MSZ-ISO 5167 szerint**
- Az ISO 5167 nemzetközi szabvány e része a mérőperemek, mérőtorok és Venturi csövek geometriai kialakítását és alkalmazásuk módját (beépítési és használati feltételeiket) határozza meg, azokban az esetekben, amikor ezeket az eszközöket áramló közegek folyadékáramának meghatározására építik be, olyan csővezetékbe, amelyet az áramló közeg teljes keresztmetszetében kitölt. A szabvány tartalmazza továbbá mindazokat az adatokat, amelyek szükségesek a folyadékáram és annak bizonytalanságához is.

# Áramlástanai összefoglaló I.

## A HIDRODINAMIKAI ALAPJAI, ALKALMAZÁSA VEGYIPARI MŰVELETEKBEN

### *Ideális fluidum:*

- hézagmentes homogén közeg
- nincs belső súrlódása (viszkozitása)
- sűrűsége a hőmérséklet változásával nem változik

$$D_h = \frac{4A}{U}$$

### Áramló fluidum jellemzése

$q_m$	= $m/t$	[kg/s]	tömegáram
$V$		[m <sup>3</sup> ]	térfogat
$q_v$	= $V/t$	[m <sup>3</sup> /s]	térfogatáram
$u$	= $q_v/A$	[m/s]	lineáris sebesség
$p$		[N/m <sup>2</sup> ]	nyomás
$\rho$	= $m/V$	[kg/m <sup>3</sup> ]	sűrűség
$\mu$		[Ns/m <sup>2</sup> ]	dinamikus viszkozitás
$\sigma$		[N/m]	felületi feszültség

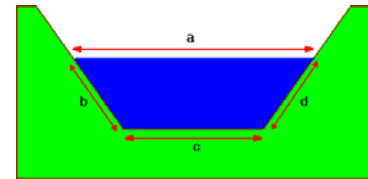
### Csővezeték, csatorna (zárt, nyitott)

$A$	[m <sup>2</sup> ]	keresztmetszet
$d$	[m]	csőátmérő
$d_h$	[m]	hidraulikus átmérő

### Hajtóerő: $\Delta p$ nyomáskülönbség

szivattyú, kompresszor,  
szintkülönbség,  
sűrűségkülönbség

Hidraulikus átmérő:  
A: az áramlási keresztmetszet  
U: a nedvesített részek hossza –  
b+c+d



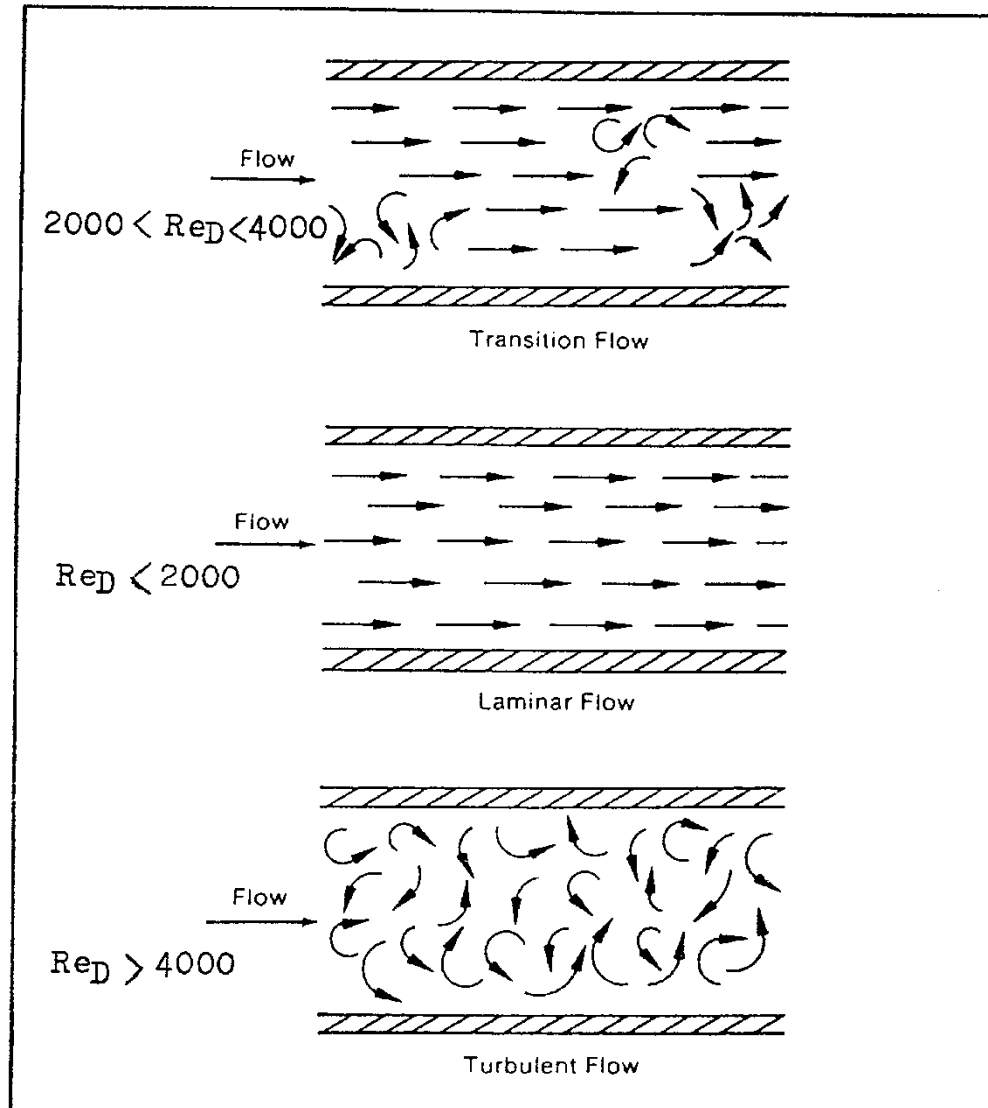
Hengeres cső esetén  
a hidraulikus átmérő  
éppen a cső D átmérő-  
jével egyezik meg.

# Áramlástechnikai alapegyenletek

- A Reynolds szám jelentése és értéke
- $v$ =az áramló anyag sebessége,  $D$ =geometriai méret,  $\nu$ =kinematikai viszkozitás= $\eta/\rho$ .

$$Re_D = \frac{vD}{\nu} = \frac{\text{Tehetetlenségi erő}}{\text{Belső súrlódási erő}}$$

# Áramlási profilok és a Reynolds szám





# Az áramlási profilok szerepe a mérésnél

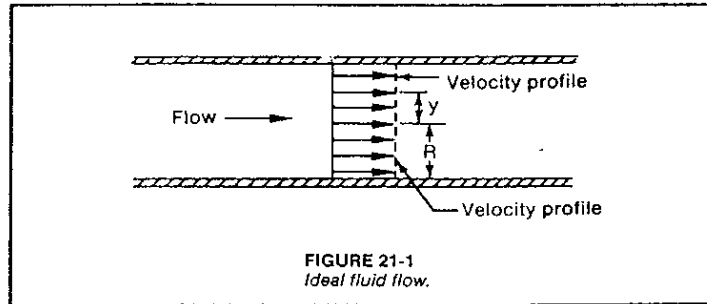


FIGURE 21-1  
Ideal fluid flow.

## A sebesség-profilok alakulása

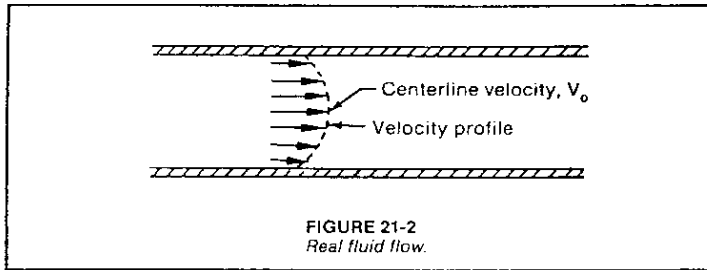
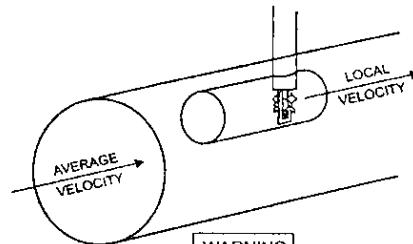


FIGURE 21-2  
Real fluid flow.



WHAT IS THE RELATIONSHIP OF THE LOCAL VELOCITY TO THE AVERAGE VELOCITY???

REMEMBER:  $Q = A \times \bar{v}$

SO ALSO, WHAT IS THE FLOW AREA?

WHEN APPLYING SAMPLING FLOWMETERS, THE USER MUST DETERMINE THE AVERAGE VELOCITY AND FLOW AREA, SINCE FLOWMETERS MEASURE LOCAL VELOCITY ONLY.

FIGYELEM!

A helyi (= mérőponti) sebesség és az átlagsebesség nem egyforma!

A mennyiséget a tényleges csőkeresztmetszet és az átlagsebesség szorzata adja!

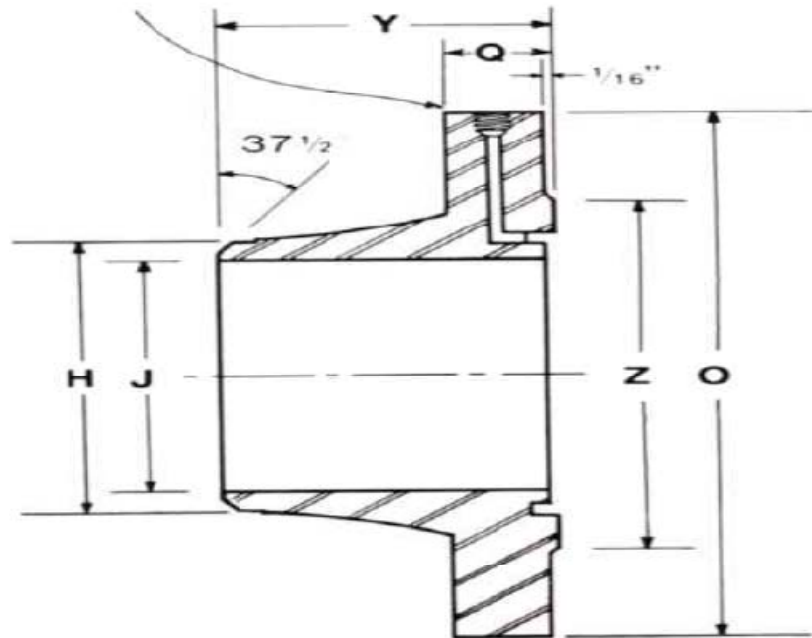
A mintavételi szondás áramlásmérők alkalmazásakor gondosan kell meghatározni a jellemző átlagsebességet!

# Gázok térfogatárama

- Mérőperem és társai
- Torlócső
- Rotaméter
- Céltáblás mérő

$$Q_v = f(\Delta p, \Delta A, \Delta F_T \dots) \sqrt{\frac{p_1 T_0}{p_0 T_1} \frac{1}{K}}$$

# Áramlásmérés mérőperemmel



# Működési alapelvek

- Kontinuitási egyenlet

$$\rho_1 v_1 A_1 = \rho_2 v_2 A_2$$

- Bernoulli egyenlet

$$\frac{v^2}{2} + \frac{p}{\rho} + gz = \text{állandó}$$

- Ideális mérőegyenlet

$$q_v = v_2 A_2 = \textit{konst.} \sqrt{\frac{\Delta p}{\rho}}$$

$$q_m = q_v \rho = \textit{konst.} \sqrt{\Delta p \rho}$$

# A mérőperem és a mérőegyenlet jellemzői

## I.

- **d** - a mérőperem átömlő nyílásának átmérője üzemi hőmérsékleten mm,
- **D** - a mérőperemet megelőző cső belső átmérője üzemi hőmérsékleten mm,
- **m** - szűkítési viszony ,  $m = (d / D)^2 = \beta^2$
- $p_1$  - a gáz abszolút nyomása a mérőperem előtt, bara
- $p_2$  a gáz abszolút nyomása a mérőperem után, bara

# A mérőperem és a mérőegyenlet jellemzői

## II.

- $\Delta p$ - mérőnyomás (hatónyomás), mbar
- $T, t$  - az áramló gáz üzemi hőmérséklete K,  $^{\circ}\text{C}$
- - a gáz sűrűsége üzemi állapotban
- $\rho$  - Reynolds szám,  $\text{kg/m}^3$   
 $\text{Re}_D$

$$\text{Re}_D = \frac{4 q_m}{\pi \mu D}$$

# A mérőperem és a mérőegyenlet jellemzői

## III.

- $\varepsilon$  - expanziós szám,
- $C$  - átfolyási tényező

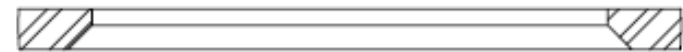
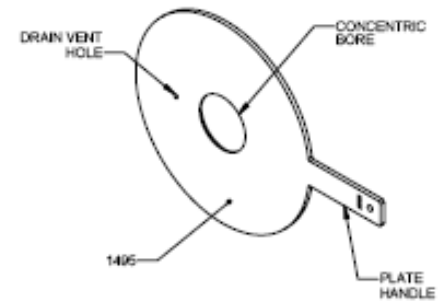
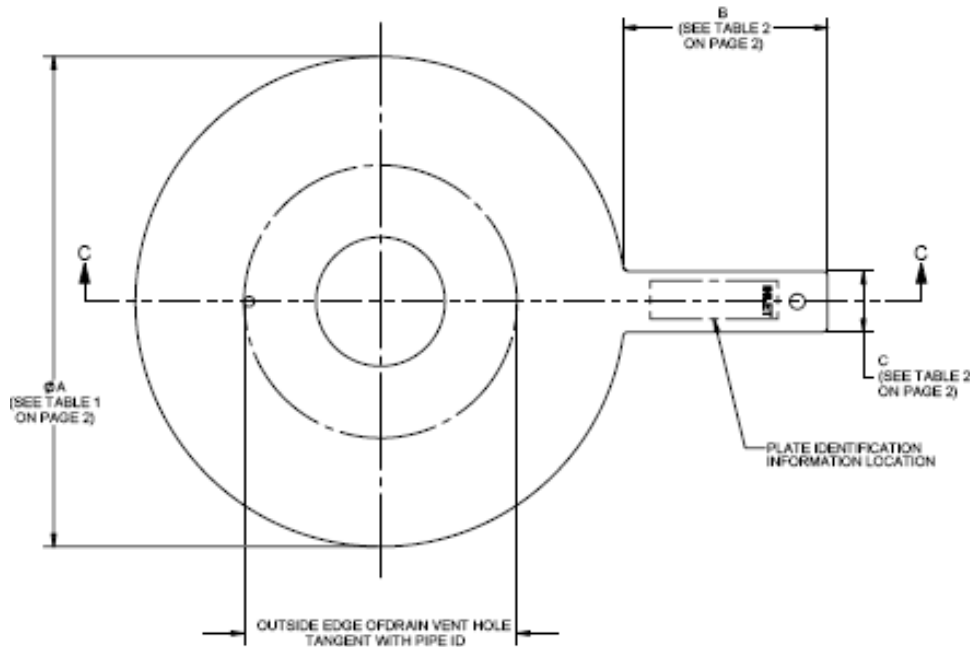
$$q_m = \frac{C}{\sqrt{1-\beta^4}} \varepsilon_1 \frac{\pi}{4} d^2 \sqrt{2\Delta p \rho_1}$$

$$C = 0,5959 + 0,0312\beta^{2,1} - 0,184\beta^8 + 0,0029\beta^{2,5} \left(\frac{10^6}{Re_D}\right)^{0,75} + 0,09L_1\beta^4(1-\beta^4)^{-1} - 0,0337L_2\beta^3$$

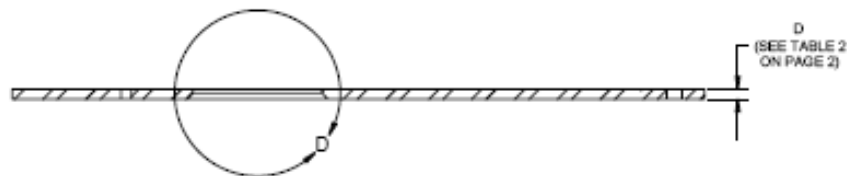
$$\varepsilon = 1 - (0,41 + 0,35\beta^4) \frac{dp}{\kappa p} \approx 1 - (0,41 + 0,35\beta^4) \frac{\Delta p}{\kappa p_1}$$

$$q_m = \frac{C}{\sqrt{1-\beta^4}} \varepsilon_1 \frac{\pi}{4} d^2 \sqrt{2\Delta p} \sqrt{\rho_n \frac{p_1 T_n}{p_n T} \frac{1}{K}}$$

# A karimamegcsapolású mérőperem szerkezete I.



DETAIL D  
SCALE 2 : 1

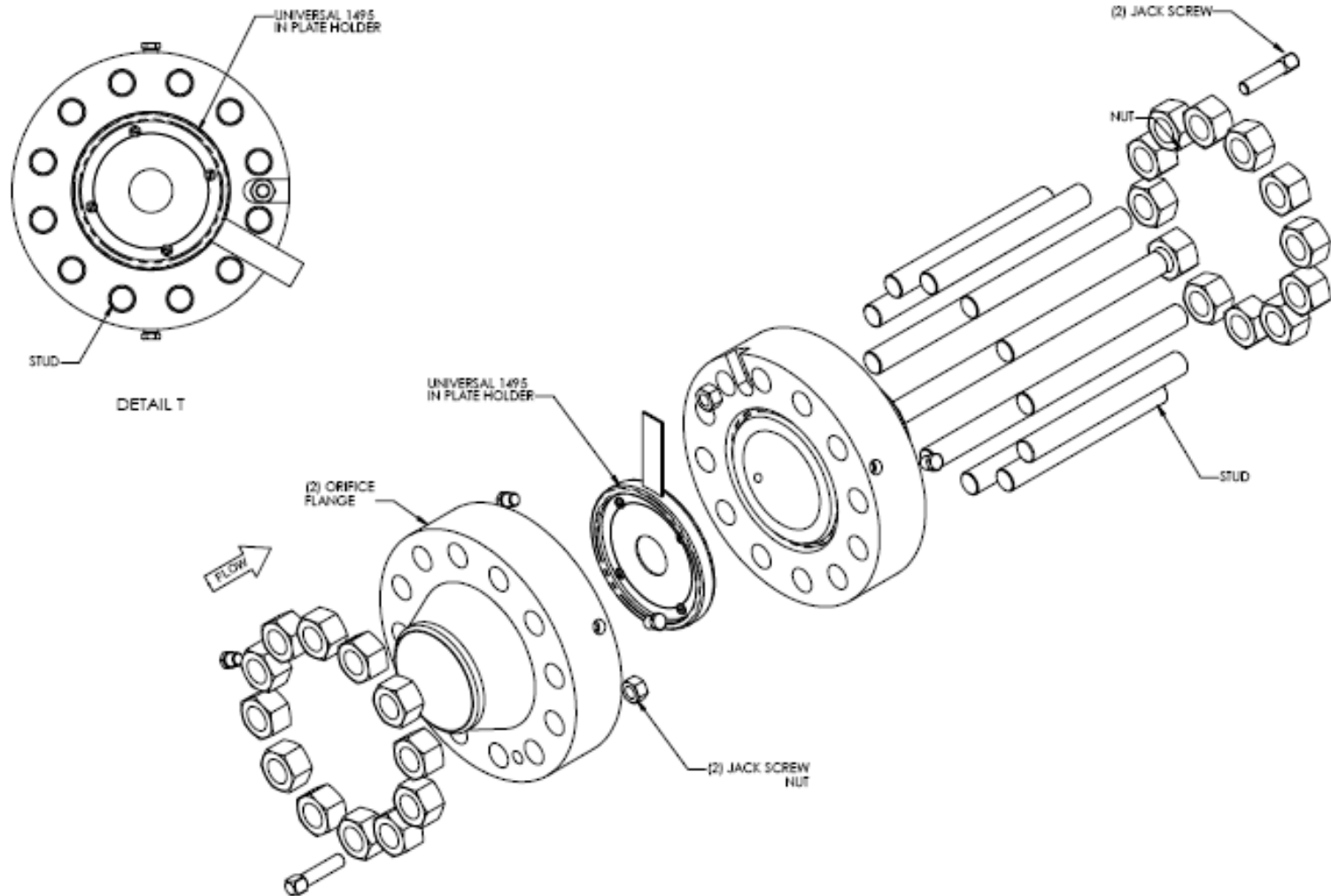


SECTION C-C

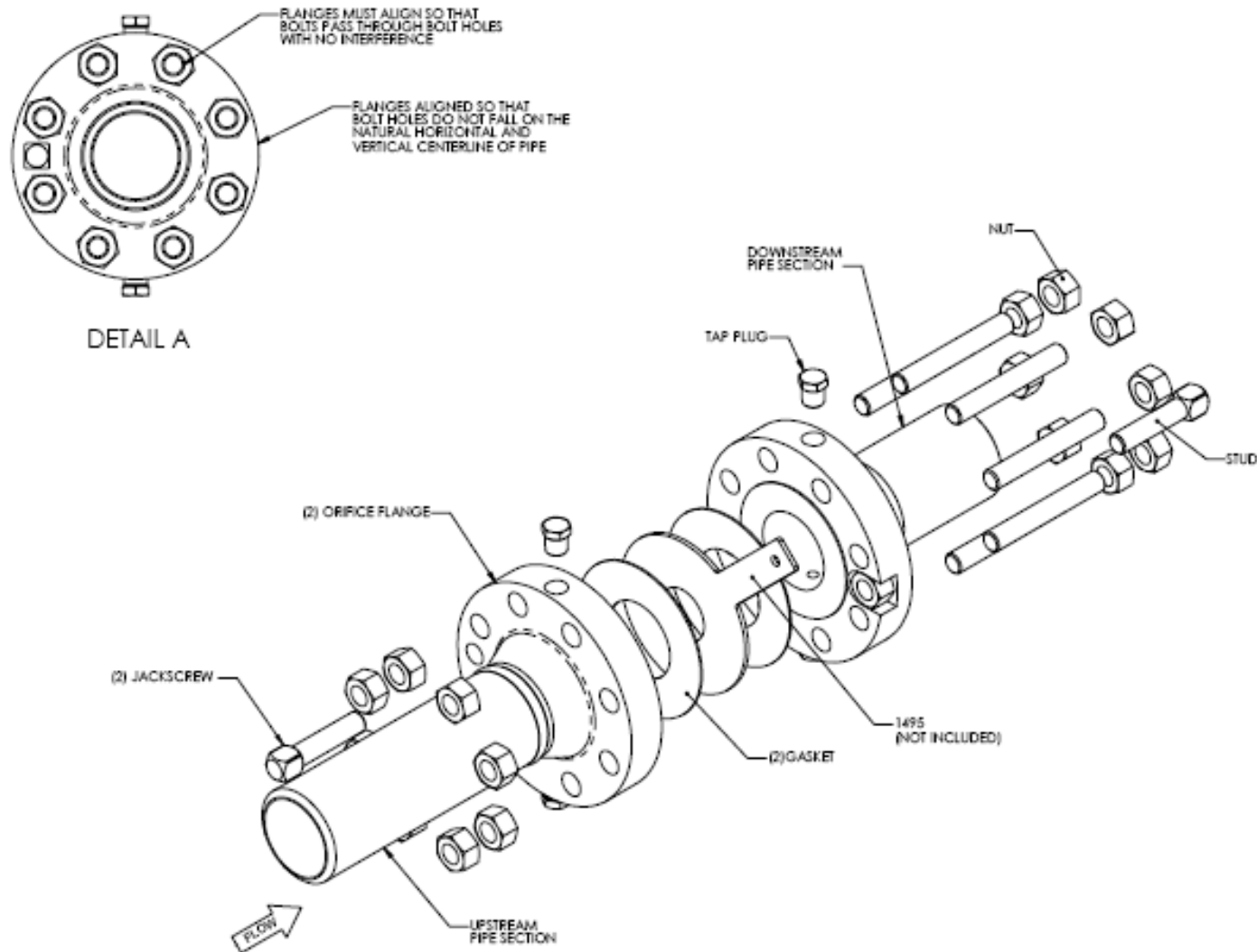
CONCENTRIC BORE  
WITH DRAIN VENT HOLE



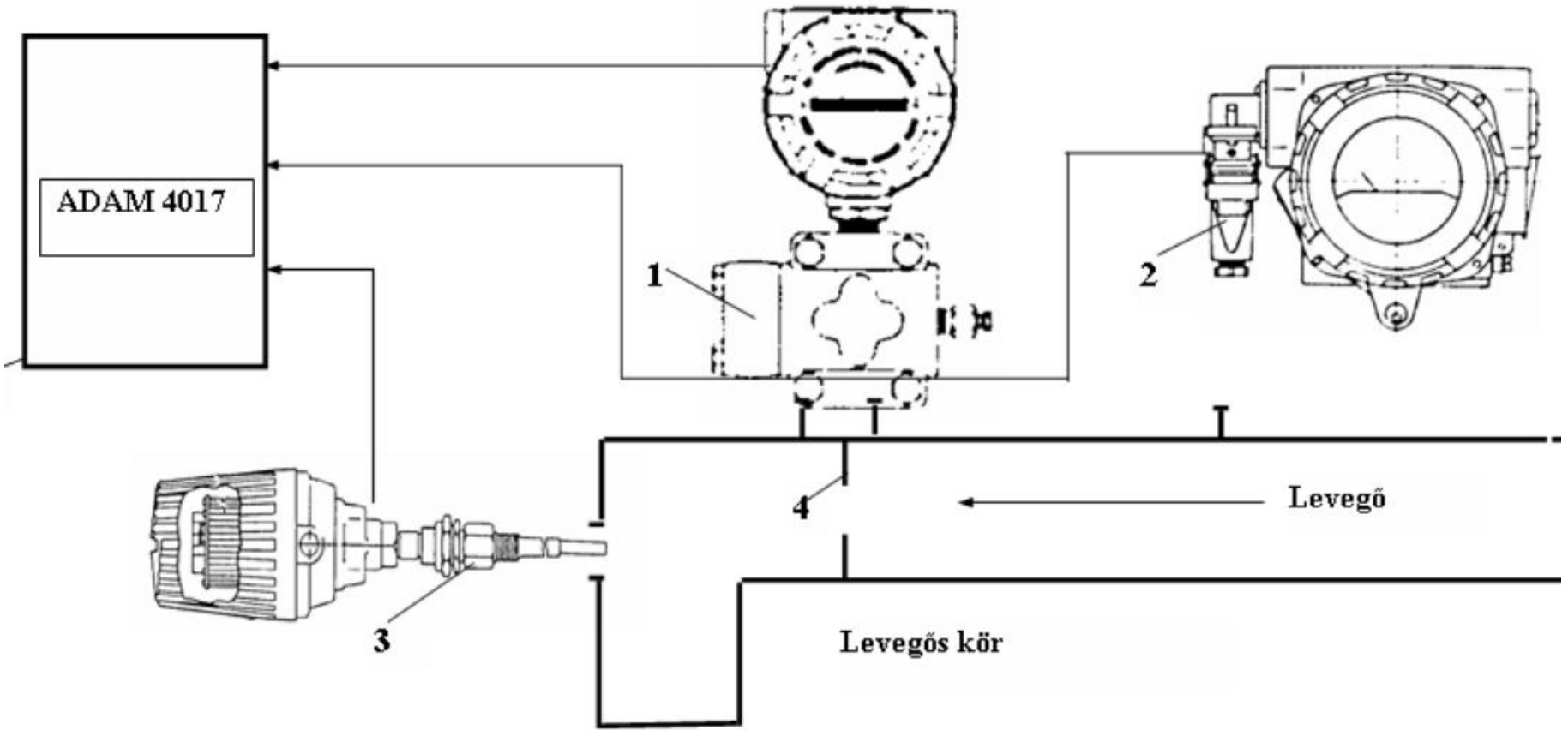
# A karimamegcsapolású mérőperem szerkezete II.



# A karimamegcsapolású mérőperem szerkezete III.



# Az áramlásmérő rendszer felépítése – folyamatműszerek – analóg és HART



# Méretezés Conval® programmal

CONVAL® by F.I.R.S.T. Version 7.0 (Build 7.0.7)

Coaching version - not for commercial use


Differential pressure flow element: labor5

2009.03.16. 15:18:29

## Calculation header

Identifier labor5  
Tag No. FI105

## Operating data

Medium  Air  
Operating pressure p1 1,015 bar(a)  
Operating temperature t1 20,0 °C  
Gas Gas, dry (Standard conditions)

## Properties at operating point

State  Gaseous  
Operating density (t1, p1)  $\rho$  1,2064 kg/m<sup>3</sup>  
Isentropic exponent (t1, p1)  $\kappa$  1,4014 -



## Pipeline

Material short name  PVC-U  
Condition -  
Pipe diameter Circular  
 Pipe inside diameter (20 C) Di 104,0 mm  
Linear coefficient of thermal expansion  $\alpha_{lin}$  80,0 E -6 1/K  
Pipe roughness k 0,03 mm

## Flow element - operating values

Device type ISO 5167-device  
Calculation standard  EN ISO 5167:2003  
Primary device D and D/2 orifice  
Calculation reference Sizing: C and  $\epsilon$  with 2/3 qm  
Calculated value qm  
Throttle orifice (20 C) d 64,0 mm  
Pressure difference  $\Delta p$  20,0 mbar  
 Mass flow rate qm 532,69 kg/h  
 Volume flow rate (standard conditio...) qn 412,06 m<sup>3</sup>/h

## Flow element - material

Material number Device  1.4919  
Material short name Device  316H  
Linear coefficient of thermal expansion  $\alpha_{lin,D}$  16,3 E -6 1/K  
Edge radius (20 C) rk 0,0192 mm

## Values table

Flow value table  
Increment for value table n 10,0 %

# Méretezés Conval® programmal

CONVAL® by F.I.R.S.T. Version 7.0 (Build 7.0.7)

Coaching version - not for commercial use

Differential pressure flow element: labor5

2009.03.16. 15:18:29

No.	$\Delta p$ [%]	$\Delta p$ [mbar]	qm [kg/h]	qn [m <sup>3</sup> /h]	up [m/s]	Meets stan...
1	10,0	2,0	170,0	131,5	4,607	<input checked="" type="checkbox"/>
2	20,0	4,0	239,4	185,2	6,488	<input checked="" type="checkbox"/>
3	30,0	6,0	292,5	226,2	7,927	<input checked="" type="checkbox"/>
4	40,0	8,0	337,1	260,8	9,138	<input checked="" type="checkbox"/>
5	50,0	10,0	376,4	291,1	10,2	<input checked="" type="checkbox"/>
6	60,0	12,0	411,8	318,6	11,16	<input checked="" type="checkbox"/>
7	70,0	14,0	444,3	343,7	12,04	<input checked="" type="checkbox"/>
8	80,0	16,0	474,5	367,1	12,86	<input checked="" type="checkbox"/>
9	90,0	18,0	502,8	389,0	13,63	<input checked="" type="checkbox"/>
10	100,0	20,0	529,5	409,6	14,35	<input checked="" type="checkbox"/>

## More calculated values

Values marked (\*) depend on the calculation reference qm or 2/3 qm

<input type="checkbox"/> Discharge coefficient (*)	C	0,61439	-
Residual pressure loss	$\Delta p_{res}$	12,159	mbar
Power loss	$P_{\Delta p}$	0,15004	KW
Mechanical stream power	$P_{\Delta p}$	0,24776	KW
Flow velocity in pipeline	up	14,439	m/s
Flow velocity in flow element	u <sub>f</sub>	38,128	m/s
Reynolds number (*)	ReD	65 898,0	-
Pipe inside diameter (t1)	Di,t1	104,0	mm
Throttle orifice (t1)	di,t1	64,0	mm
Diameter ratio	$\beta$	0,61538	-
Relative pipe roughness	kr	2,8846	-
Correction factor for pipe roughness	br	1,0	-
Correction factor for edge radius	bk	1,0	-
Expansion factor (*)	$\epsilon$	0,99745	-
Pressure ratio (*)	$\tau$	0,99124	-

## In- and outlet section

Specify as factors

Presentation

0% additional uncertainty

## Required inlet sections

One or two 90 deg. bends, S>30D	<input checked="" type="checkbox"/>	4 576,0	mm
Two 90 deg. bends, 30D>S>10D, same plane	<input checked="" type="checkbox"/>	4 576,0	mm
Two 90 deg. bends, 5D>S, same plane	<input checked="" type="checkbox"/>	4 576,0	mm
Two 90 deg. bends, 30D>S>5D, perpendicular pla...	<input checked="" type="checkbox"/>	4 576,0	mm
Two 90 deg. bends, 5D>S, perpendicular planes	<input checked="" type="checkbox"/>	6 240,0	mm
Single 90 deg. tee	<input checked="" type="checkbox"/>	3 744,0	mm
One or two 45 deg. bends, S>2D	<input checked="" type="checkbox"/>	4 576,0	mm
Reducer	<input checked="" type="checkbox"/>	1 248,0	mm
Diffuser	<input checked="" type="checkbox"/>	2 912,0	mm
Gate valve, completely open	<input checked="" type="checkbox"/>	1 872,0	mm
Abrupt diameter reduction	<input checked="" type="checkbox"/>	3 120,0	mm
Thermometer pocket, $\varphi < 0,03$ DI	<input checked="" type="checkbox"/>	520,0	mm
Thermometer pocket, $\varphi > 0,03$ DI	<input checked="" type="checkbox"/>	2 080,0	mm

## Required outlet section

Required outlet section	<input checked="" type="checkbox"/>	728,0	mm
-------------------------	-------------------------------------	-------	----

## Uncertainties

Values marked (\*) depend on the calculation reference qm or 2/3 qm

Unc. of operating temperature	e,t1	1,0	%
-------------------------------	------	-----	---













# Méretezés Conval® programmal

CONVAL® by F.I.R.S.T. Version 7.0 (Build 7.0.7)

Coaching version - not for commercial use

Differential pressure flow element: labor5



2009.03.16. 15:18:29

Unc. of absolute pressure	e,p1 	0,6	%
Unc. of pipe diameter	e,DI 	0,4	%
Unc. of throttle orifice	e,d 	0,1	%
Unc. of pressure difference	e,Δp 	0,8	%
Unc. of operating density	e,ρ1 	5,0	%
Unc. of correction factor br	e,br 	0,0	%
Unc. of correction factor bk	e,bk 	0,0	%
Unc. of expansion factor (*)	e,z 	0,021871	%
Unc. of flow coefficient	e,C 	0,52564	%
Unc. of corrected flow coefficient	e,Cb 	0,52564	%
Unc. of mass flow rate	e,qm 	2,5999	%
Additional uncertainty	e,ad 	0,0	%

## Confirmation:

- ✓ The calculation is according to EN ISO 5167:2003.

## Legend

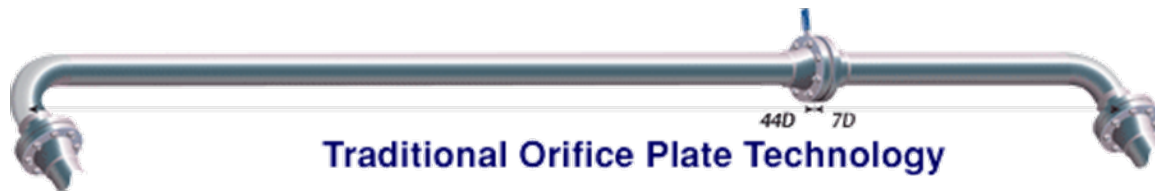
-  Calculated value
-  Lookup value
- ✓ Confirmation



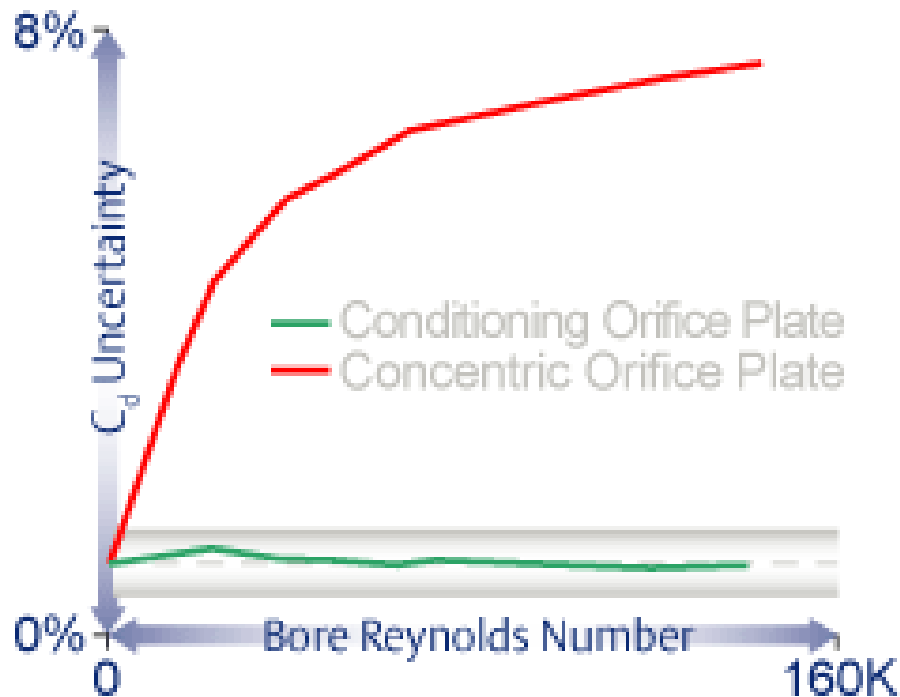
# Speciális mérőperem

The Conditioning Orifice – minimális  
áramlási profil zavarású mérőperem

# Hagyományos vagy továbbfejlesztett mérőperem?



Bore Reynolds Number:  $Re_d$   
 $C_d$  – átfolyási tényező d-re





# Szabványok és mérőegyenletek I.

## Flow Rate Equations (ASME MFC-3M and ISO-5167)

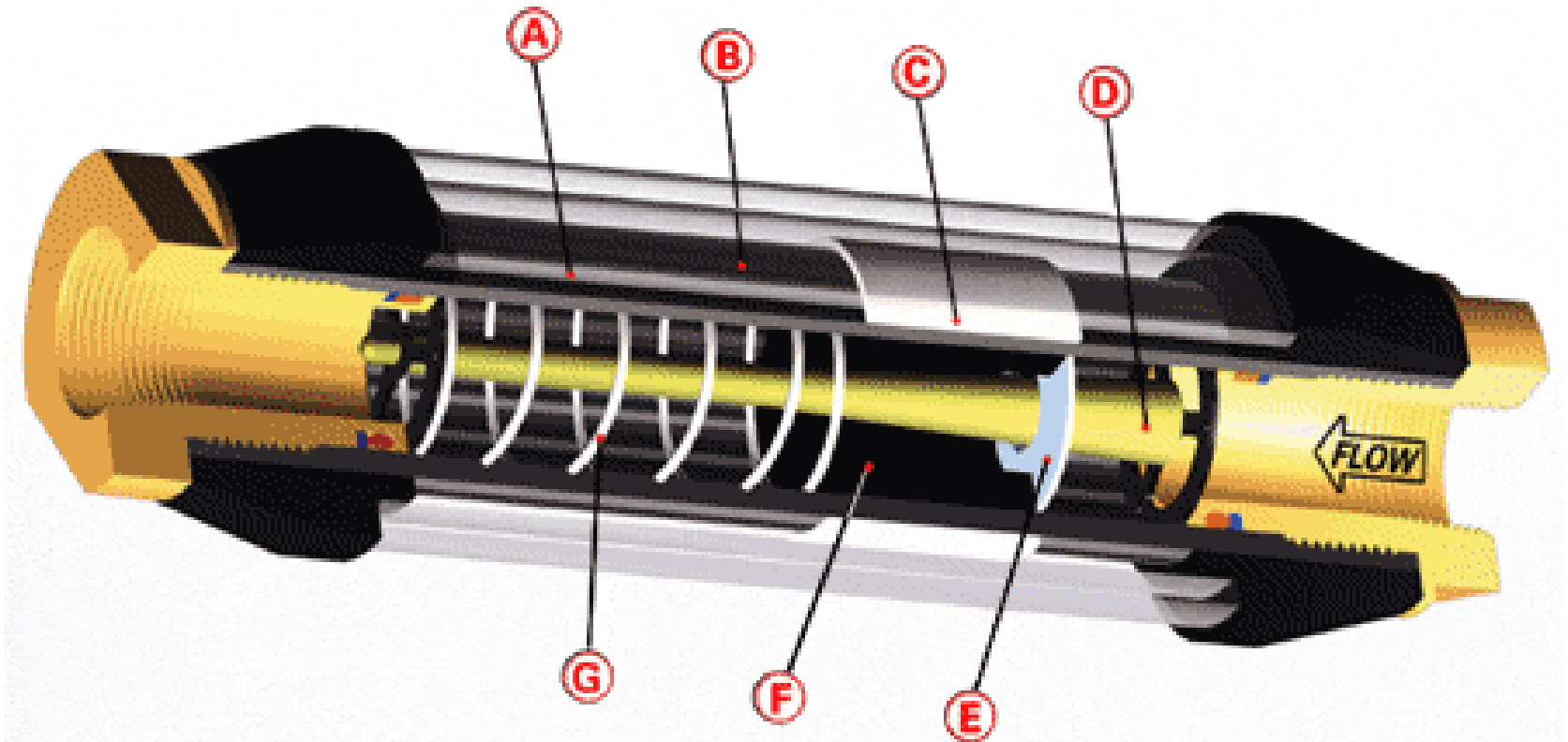
SI units

$$q_m = \frac{\pi}{4} C_{e\epsilon_1} d_c^2 \sqrt{\frac{2\Delta p p_{T_1}}{1 - \beta_c^4}}$$

$$R_D = \frac{q_m}{\frac{\pi}{4} \mu P_{ID}}$$

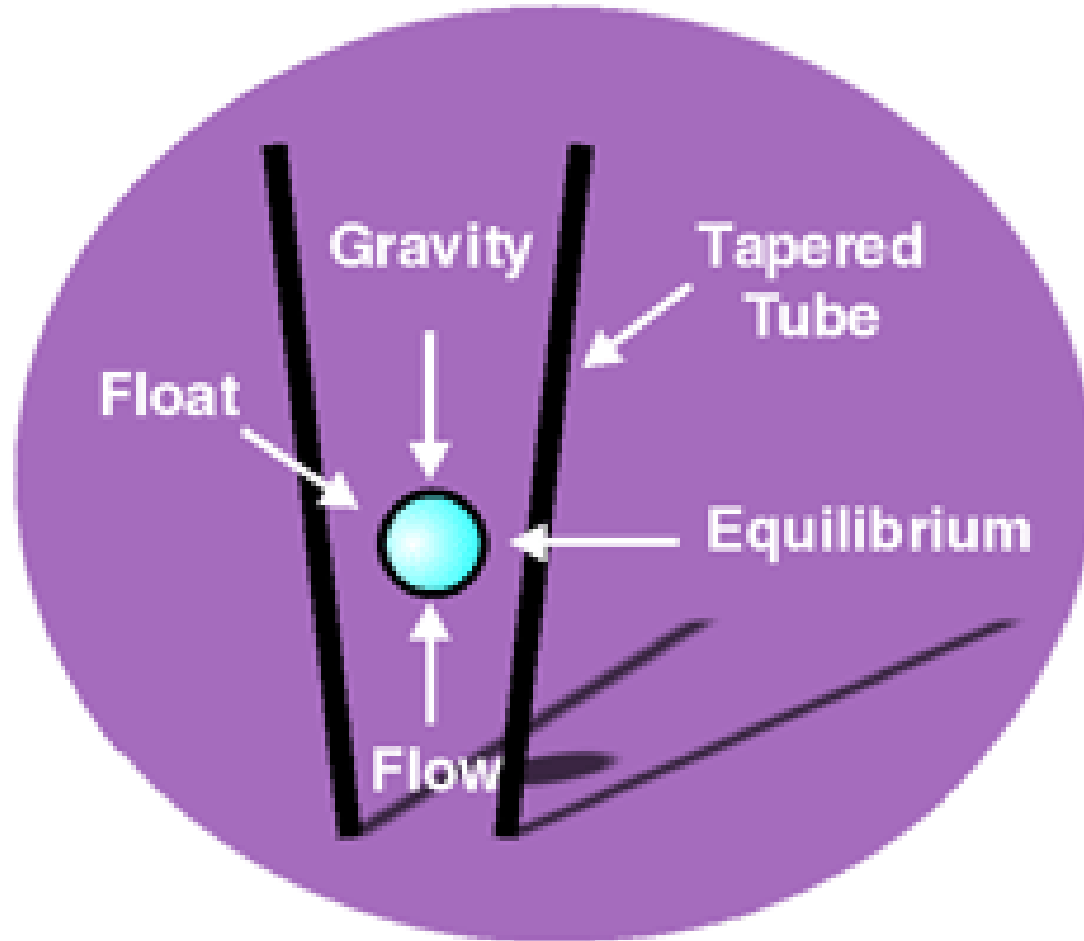
Meter internal diameter: a mérőszakasz belső átmérője, általában nem egyenlő D-vel!

# Rotameter (VA – Variable Area Technology)

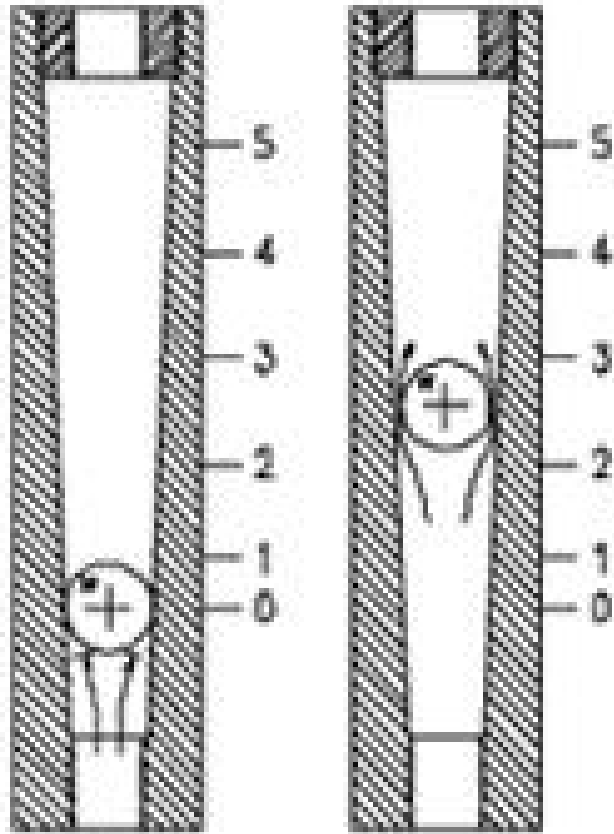


high pressure casing (A), a high strength magnet (F) in tandem with the sharp-edged annular orifice disk (E), a linear rate compression spring (G), tapered metering pin (D), magnetically coupled follower (C), environmentally sealed window (B)

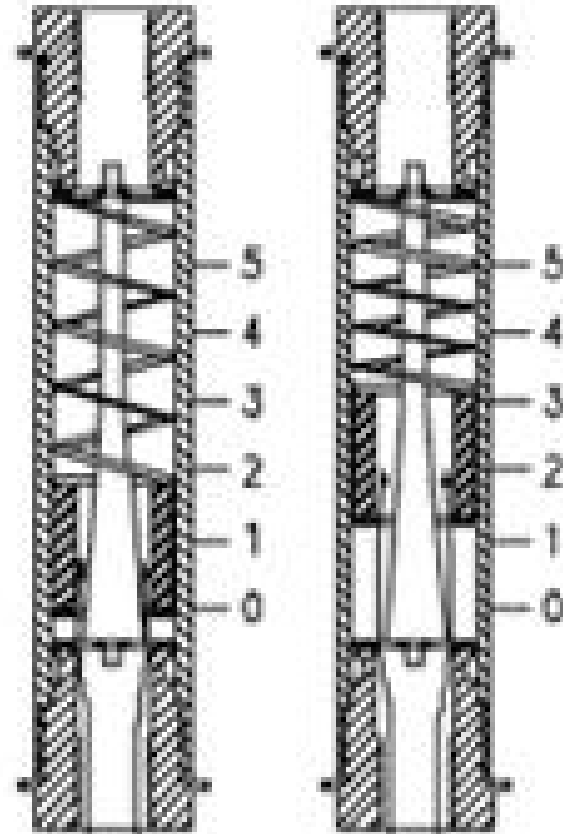
# Mit jelent a VA?



# Két lehetséges kivitele a rotaméternek

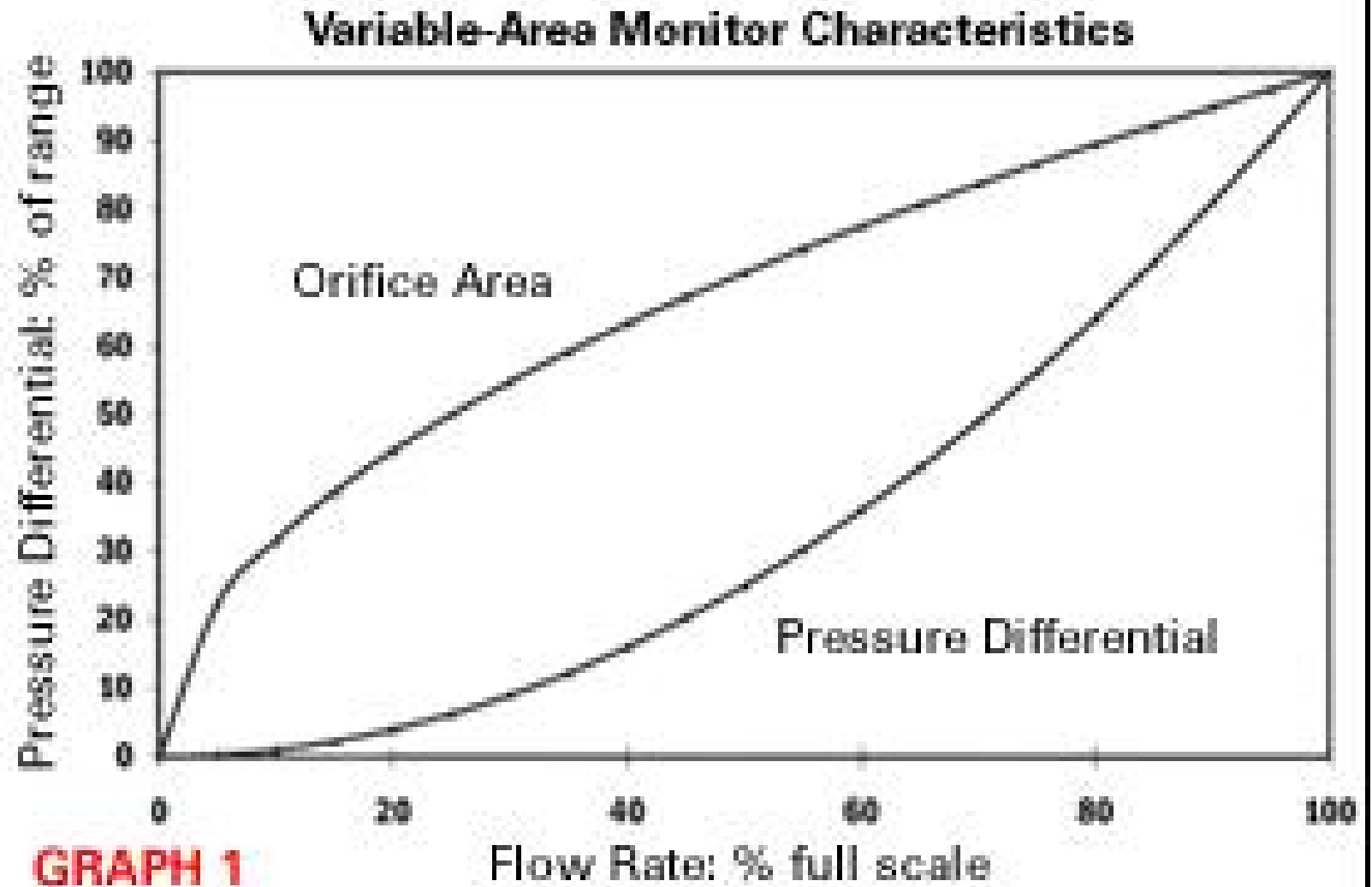


**Illustration 1A**



**Illustration 1B**

# Karakterisztikák



# A hagyományos és a mágneses letapogatás

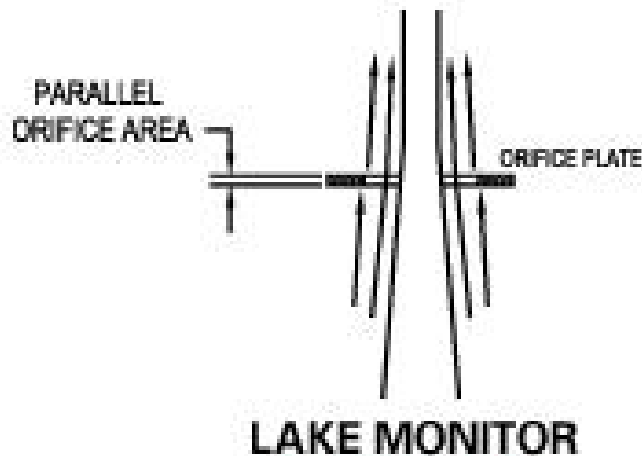
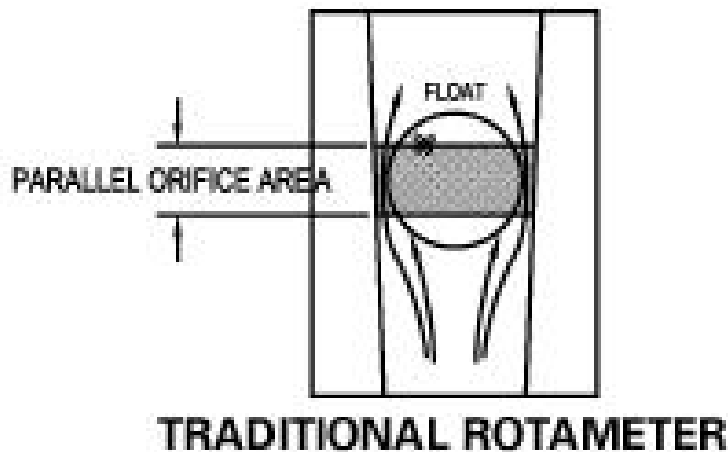


Illustration 2

$$Q_{H_2O} = C' \sqrt{2g \left( \frac{\rho_f - \rho_{H_2O}}{\rho_{H_2O}} \right)} V_f \dots\dots\dots A$$

$$Q_{oil} = C' \sqrt{2g \left( \frac{\rho_f - \rho_{oil}}{\rho_{oil}} \right)} V_f \dots\dots\dots B$$

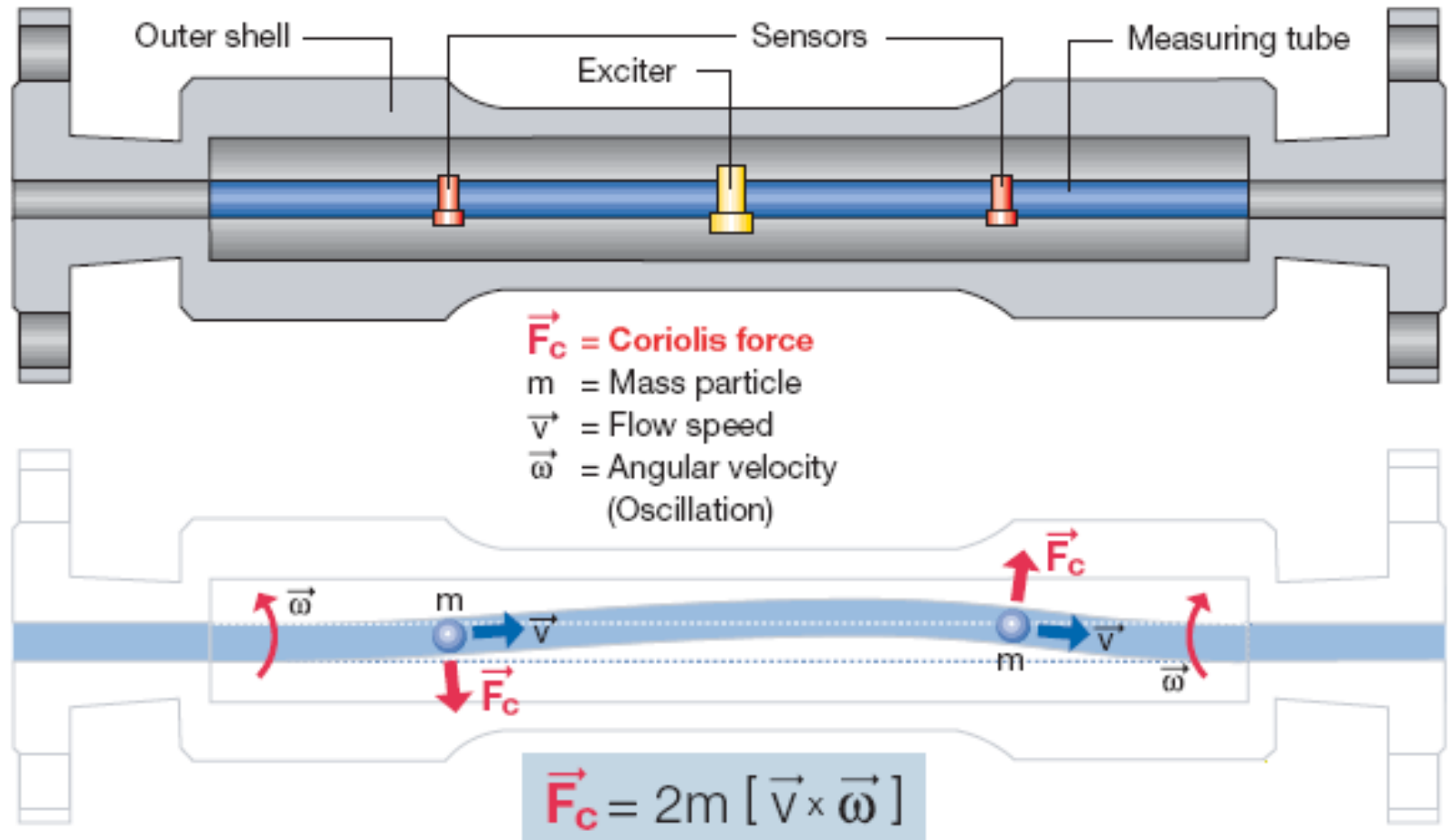
A+B:

$$Q_{oil} = Q_{H_2O} \sqrt{\frac{(\rho_f - \rho_{oil}) \times \rho_{H_2O}}{\rho_{oil} \times (\rho_f - \rho_{H_2O})}}$$

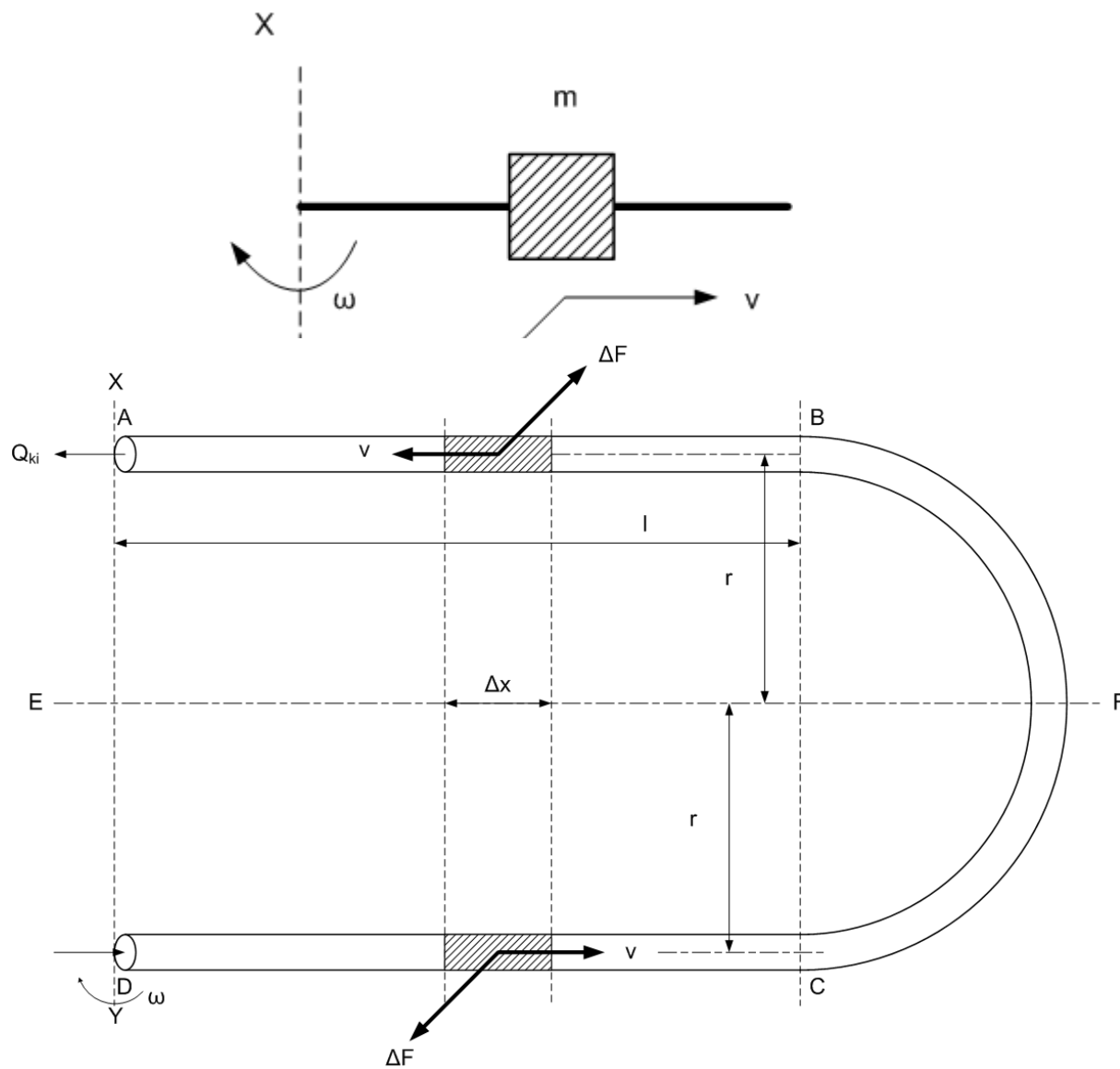
Namely, the flow rate is obtained as follows:

$$\text{Actual flow rate of kerosene} = \frac{\text{Reading of water flow when kerosene flows}}{\times} \sqrt{\frac{(\text{Float density} - \text{Kerosene density}) \times \text{Water density}}{\text{Kerosene density} \times (\text{Float density} - \text{Water density})}}$$

# A Coriolis-tube



# Az elmélet - egyszerűsített mechanikai modell





# Érzékelő egyenletek

- Coriolis-erő:  $F = 2m\omega v$
- U-csővön áramlik a mérendő közeg ABCD útvonalon:  $\omega(t) = \tilde{\omega} \sin 2\pi f t$   $\Delta m = \rho A \Delta x$
- Coriolis-erő:  $\Delta F = 2\Delta m \omega v = 2\rho A \omega v \Delta x$   $F = 2\rho A \omega v \int_0^l dx = 2\rho A \omega v l$
- Hajlító nyomaték:  $T = F 2r = 4lr\omega\rho Av$
- A tömegáram:  $\dot{M} = \rho Av$   $T = 4klr\omega\dot{M}$
- Elcsavarodás:  $\theta = \frac{T}{c} = \frac{4lr\omega}{c} \dot{M}$   $\theta = \tilde{\theta} \sin 2\pi f t$
- A tömegáram:  $\theta = \frac{\omega l}{2r} \Delta t$   $\dot{M} = \frac{c}{8r^2} \Delta t$

# A Coriolis-erő deformációs munkája



Figure 1: Dual tube design with zero flow

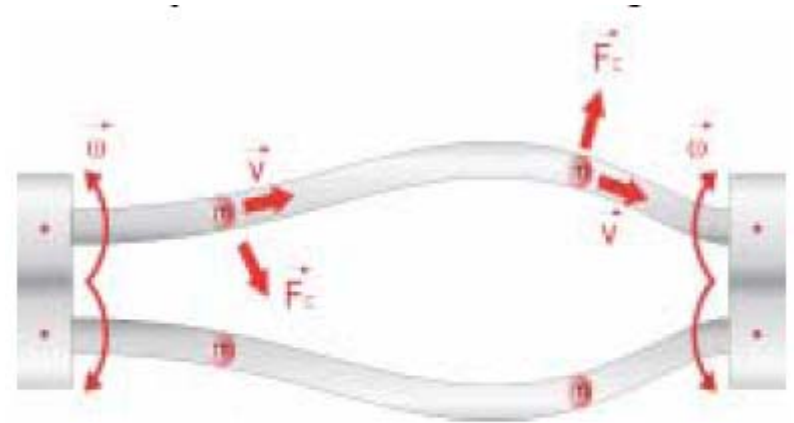


Figure 2: Dual tube design with flow

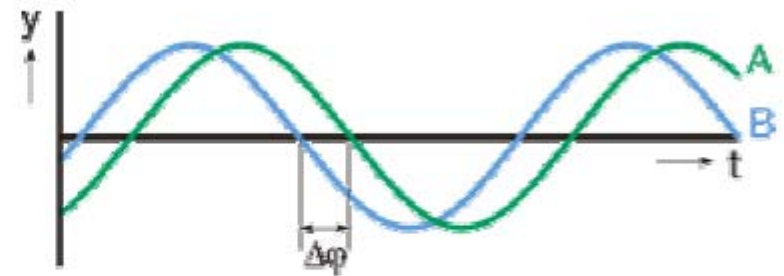
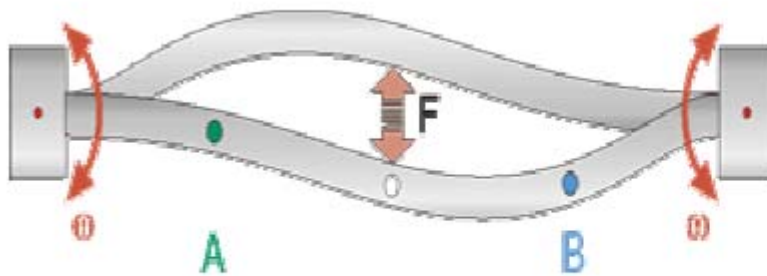
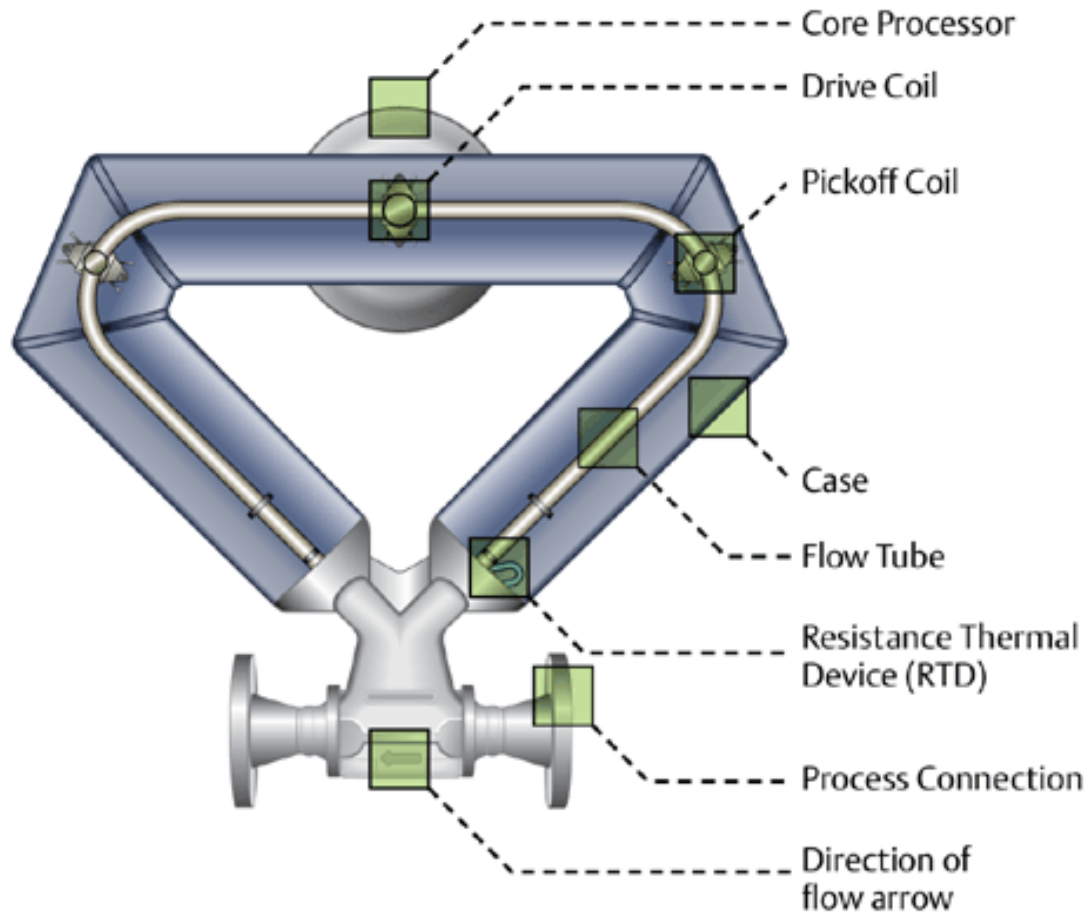
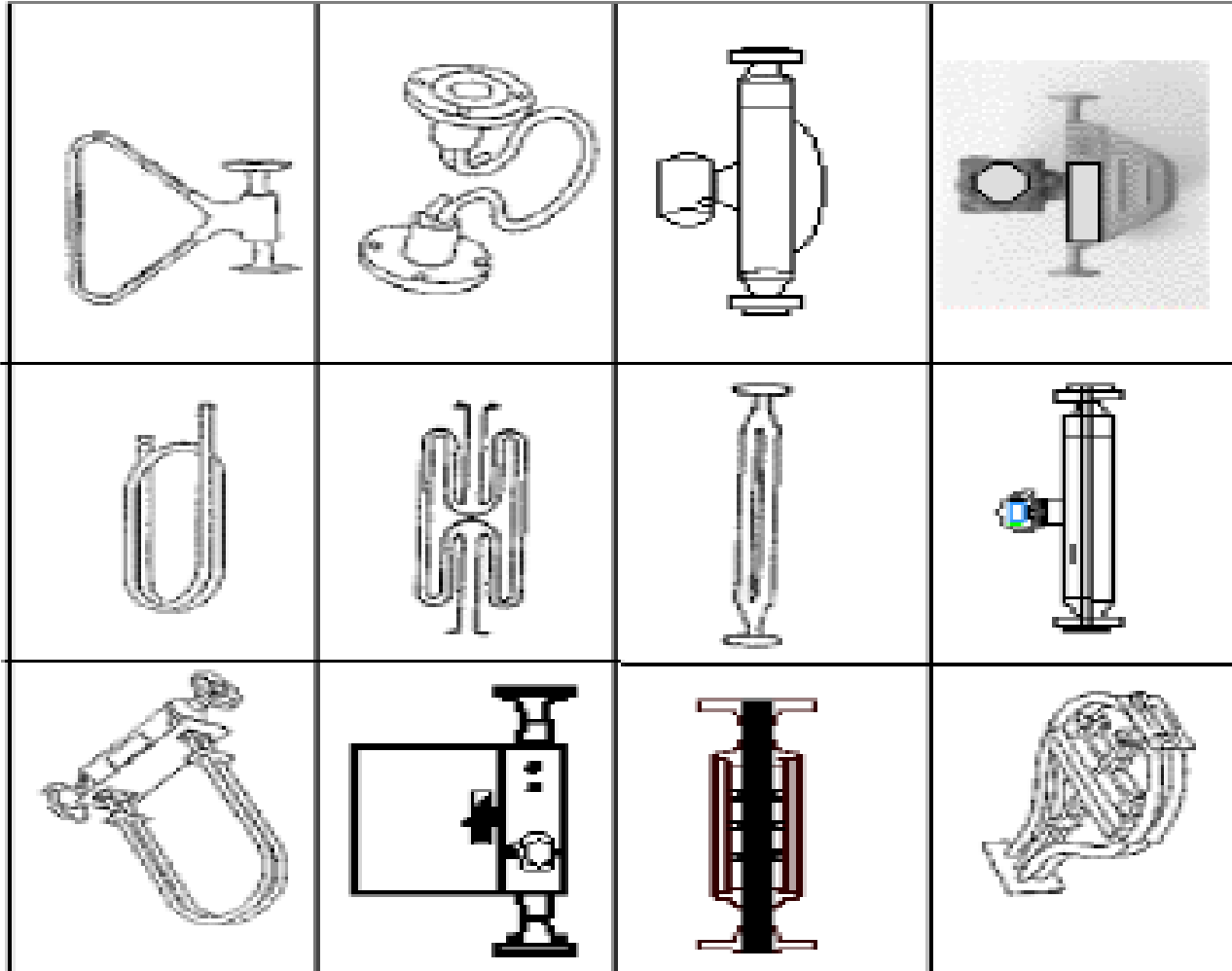


Figure 3: Single tube with flow rate illustrating the pickoff coils plotting out phase offset detection

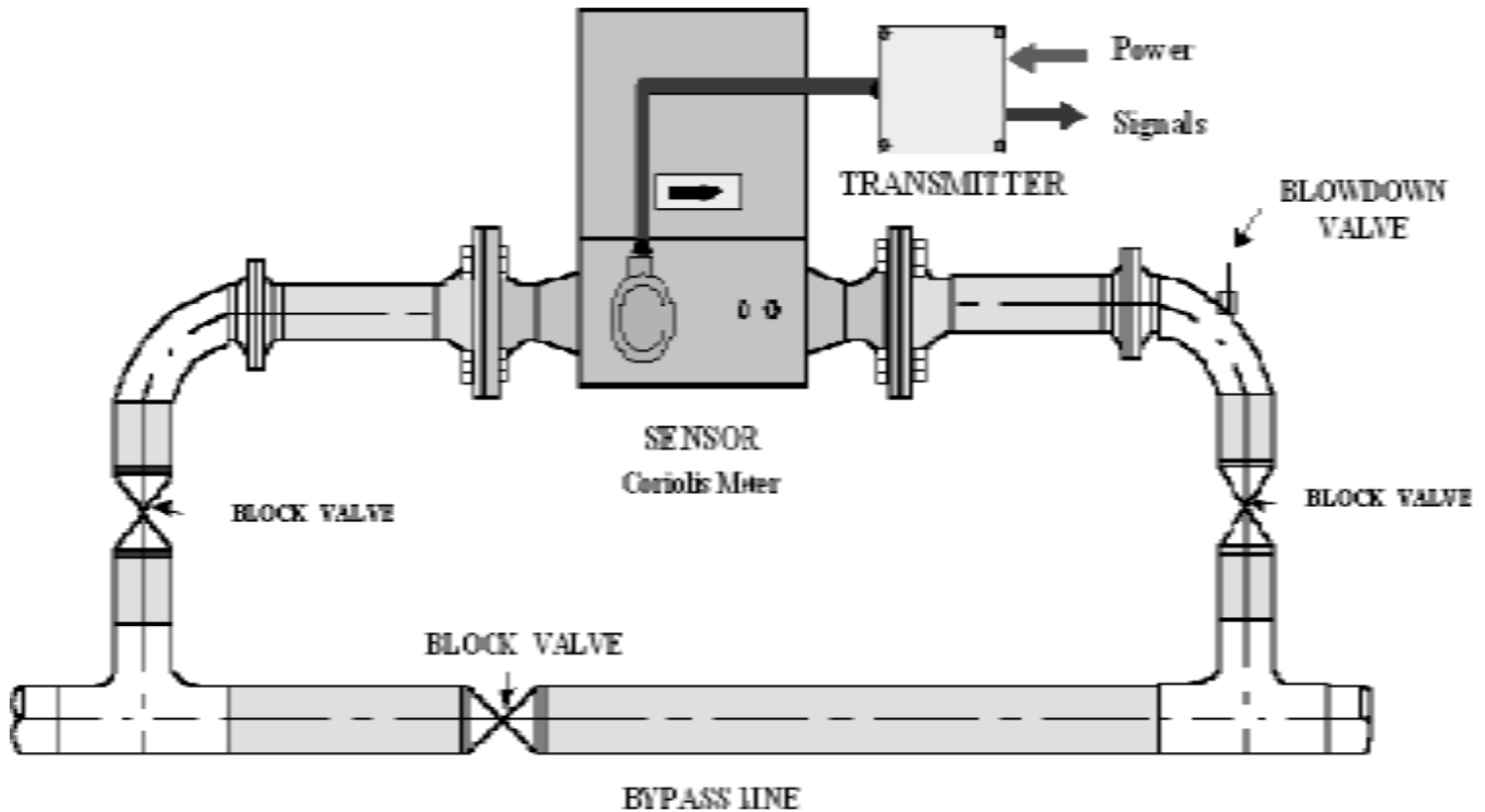
# A Coriolis-szenzor felépítése I.



# Kialakítási lehetőségek



# Mellékáramú felszerelés



# A Coriolis-mérő előnyei

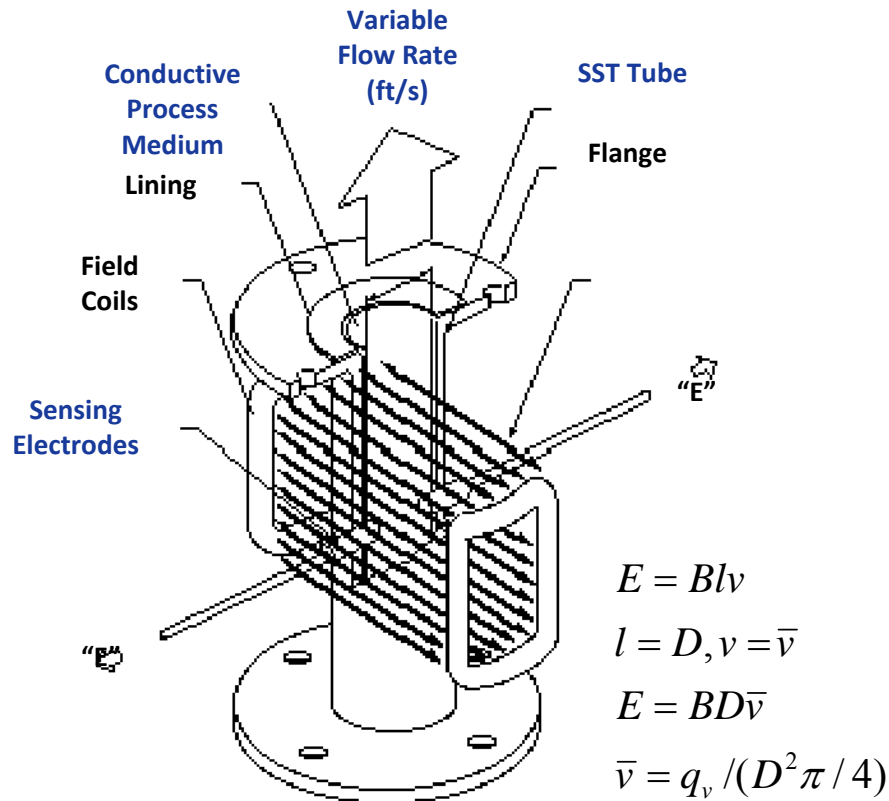
- **No wearing parts (long-term meter factor stability)**
- **No upstream or downstream flow conditioning or straight run requirements (design dependent)**
- **No pressure or temperature compensation required and no need for calibration if used**
- **No valve noise concerns and the only flow meter available that is unaffected by fluid pulsations.**
- **No flow damage or loss of measurement at abnormally high flows (design dependent)**
- **Installed cost comparable with Turbine, Rotary, and Precision Orifice in 300 ANSI and typically less expensive in 600 and 900 ANSI applications**
- **Virtually no maintenance**
- **Extensive diagnostic health and accuracy indicators**

# Rosemount indukciós mérő



# MAG METER BASICS

## Theory of Operation



**Faraday's Law:  $E = kBDV$**

**$k$  = Proportionality constant**

**$B$  = Magnetic field strength**

**$D$  = Length of conductor**

**$V$  = Velocity of conductor**

**$E$  = Induced voltage (linear with velocity)**

$$E = Blv$$

$$l = D, v = \bar{v}$$

$$E = BD\bar{v}$$

$$\bar{v} = q_v / (D^2 \pi / 4)$$

$$E = \frac{4B}{\pi D} q_v$$



# MAGNETIC FLOWMETER



# MAGNETIC FLOWMETER BASICS

## PROS AND CONS

### PROS

TRUE VOLUME

ACCURACY

WIDE RANGEABILITY

LOW FLOW CAPABILITY

ZERO HEAD LOSS

BI-DIRECTIONAL/OBSTRUCTIONLESS

INSENSITIVITY TO UPSTREAM PIPING

### CONS

INITIAL COST (AC)

CONDUCTIVITY

MATERIAL COMPATIBILITY

NUMBER OF DESIGNS

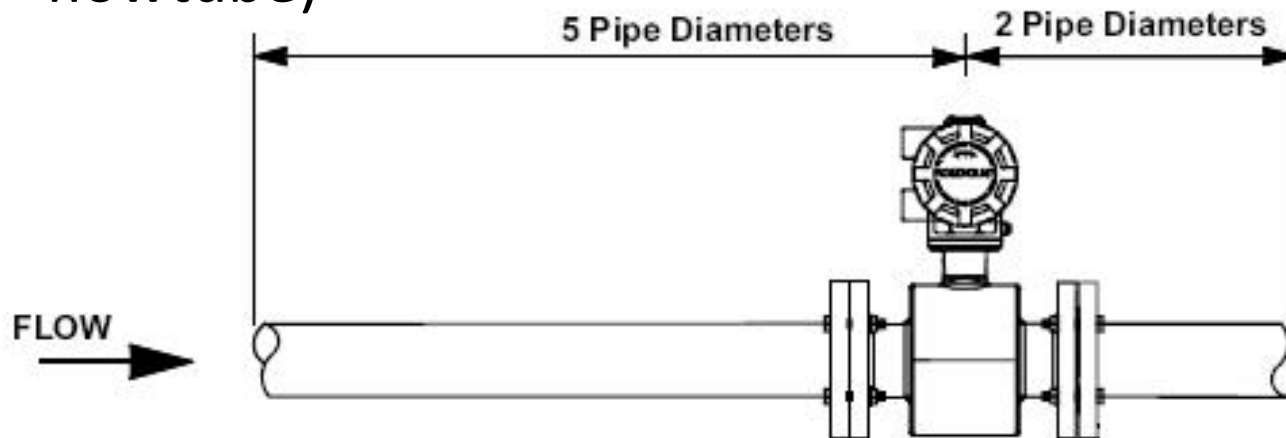
VELOCITY LIMITS

# MAGNETIC FLOWMETER BASICS

<b>ACCURACY:</b>	<b>+/- 0.2% TO 1%</b>
<b>RANGEABILITY:</b>	<b>10:1 TO 50:1</b>
<b>REYNOLDS NUMBER:</b>	<b>NO LIMIT</b>
<b>PIPING EFFECTS:</b>	<b>MINIMAL</b>
<b>COST OF OWNERSHIP:</b>	<b>INITIAL: L/H</b>
	<b>INSTALLATION: L/M</b>
	<b>OPERATION: M</b>
	<b>MAINTENANCE: L/M</b>

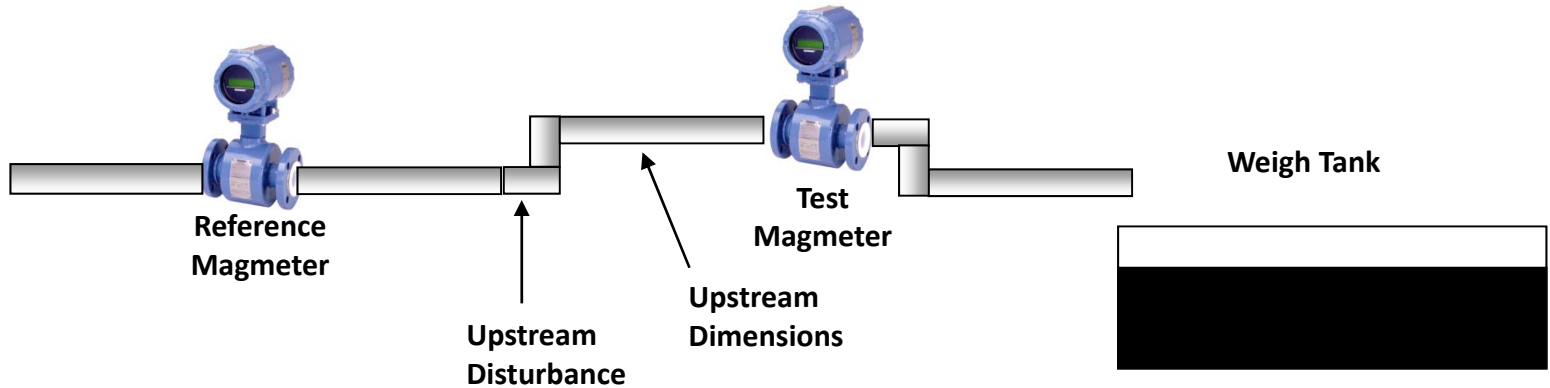
# Introduction

- Standard specification for straight run piping to maintain specified accuracy
  - 5 pipe diameters upstream
  - 2 pipe diameters downstream
  - Distance measured from electrodes (center of the flowtube)



- What if this requirement is not met?

# Short Run Test Setup



## Summary of Tests:

- ½, 4, 10 and 24-inch meters
- 4 inch test had extended scope, other line sizes had limited scope

# Összehasonlítás

Attribute	Orifice	Rotary	Turbine	Coriolis	Ultrasonic
Standards	AGA3	ANSI B109.3	AGA7	AGA11	AGA9
Gas Industry Acceptance	Broad	Fragmented	Fragmented	Fragmented	Fragmented
Accuracy	Low	Low	Medium	High	High
Turndown	Low	High	Medium	Medium - High	High
Capital Cost	Low - Med	Med - High	Med - High	Med - High	Med - High
Operating Cost	High	High	High	Low	Low
Wearing Parts	No	Yes	Yes	No	No
Profile Sensitive	Yes	No	Yes	No	Yes
Pulsation Error	Yes	Yes	Yes	No	Possible
Pressure & Temp. Requirement	Required	Required	Required	Pressure – Pres. Not Req.	Required
Pressure Loss	Med - High	Med - High	Med – High	Med - High	Low
High Flow Damage	Yes	Yes	Yes	No	No
Dirty Process Tolerance	Low – Med	Low	Low	High	Medium
Valve Noise Tolerance	High	High	High	High	Low - Med
Health Diagnostics	None	None	Limited	Multiple	Multiple

# FLOWMETER SELECTION PROCESS

