



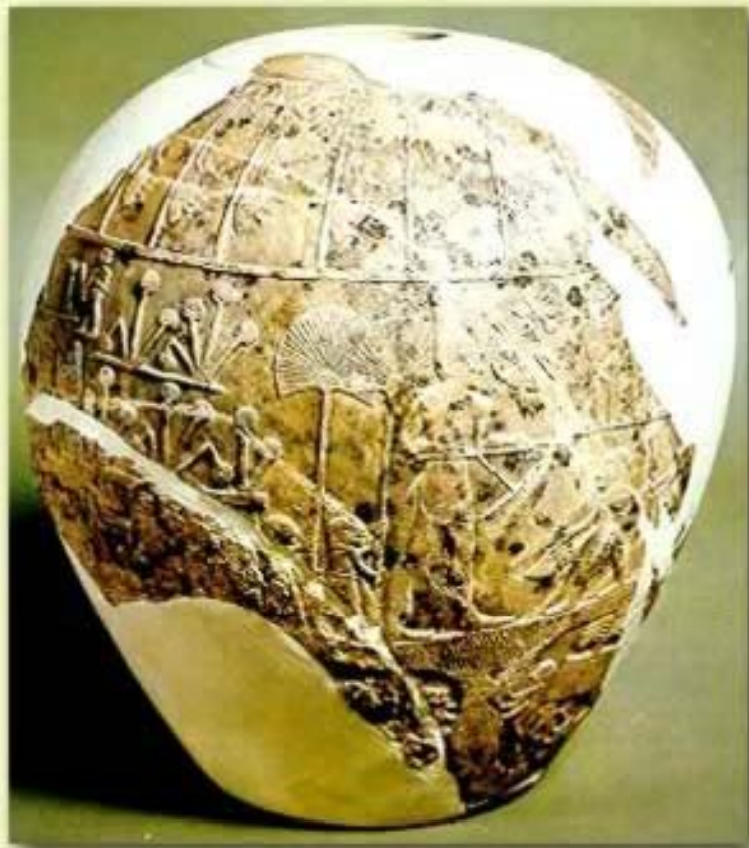
# Povijest



**SVE JE POČELO OVAKO**

# Povijest - hidraulike

rani Egipat, cca. 3000 g.pr.n.e: žezlo kralja Škorpion-a:



Kralj ritualno otvara sustav za navodnjavanje!

# Povijest - pneumatike

---

- **KTESIBIOS** – (katapult, orgulje) treće stoljeće prije nove ere



Boyle-Mariott-ov zakon:

$$p_1 V_1 = p_2 V_2 \quad (T = \text{konst.})$$

Edme Mariotte

(Francuska 1620-1684)

Robert Boyle

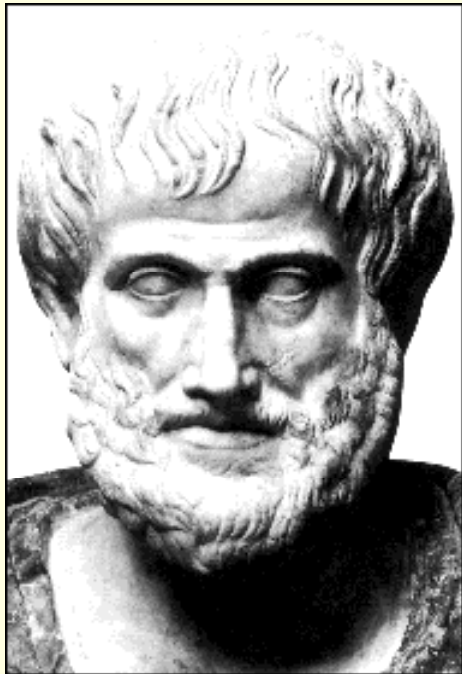
(Engleska 1627-1691)

# Povijest hidraulike

Početak Hidraulike kao znanosti počinje u staroj Grčkoj

---

Aristotel (384-322 pr.n.e.)

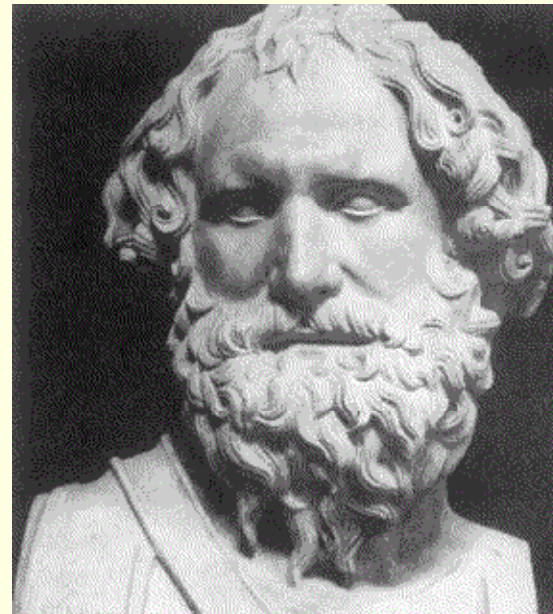


Arhimed (286-212 pr.n.e.)

Prvi pravi hidrauličar!

Arhimedov zakon (uzgon),

specifična težina ...

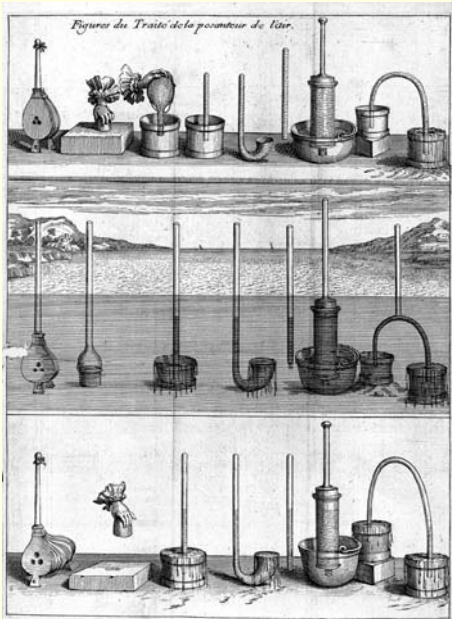


# Povijest

---

Pascal-ov zakon

Kompletirao osnovne  
principe hidraulike



Blaise Pascal (Francuska 1623-1662)

Johan Bernoulli (Švicarska 1667-1748)

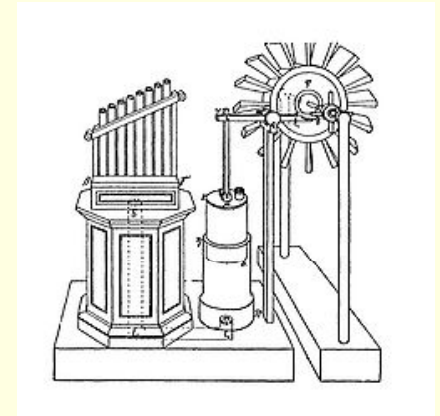
Osnove matematičke  
teorije hidraulike



# Povijest hidraulike

---

- ❑ KTESIOBIS – vodene orgulje (3. st.p.n.e.)
- ❑ Leonardo da Vinci – skice vodene turbine
- ❑ Brauman 1795. – vodena preša
- ❑ Wiliams i Janney 1900. – aksijalna klipna crpka
- ❑ II svjetski rat – razvoj oružja
- ❑ 1950. - razvoj alatnih strojeva s hidrauličkim pogonima
- ❑ 1970. – razvoj elektrohidraulike
- ❑ 1980. – razvoj proporcionalne i servohidraulike



## Počeci razvoja pneumatskih sustava (1955)

---

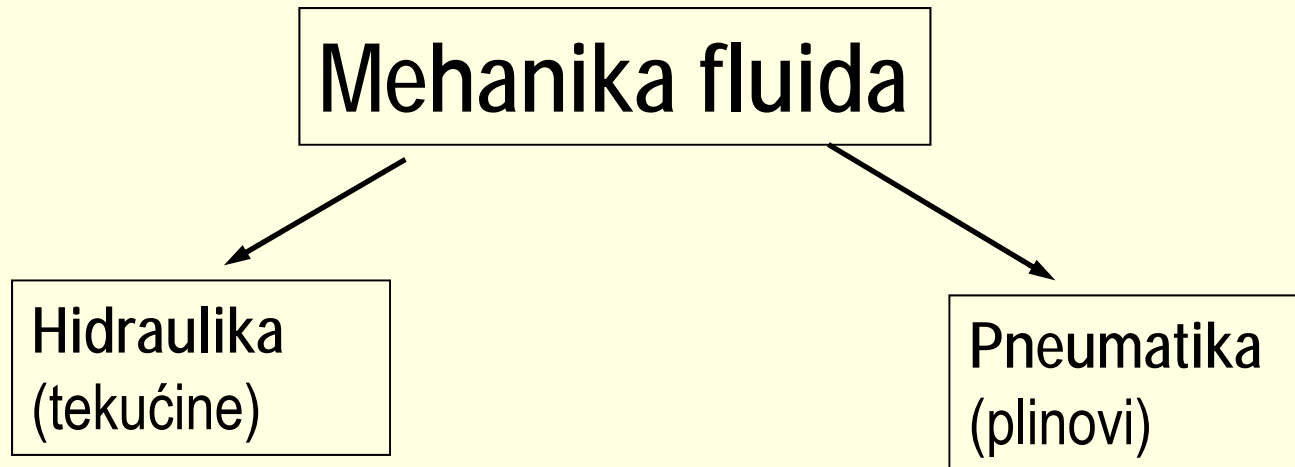


Usporedba pneumatskog ventila iz 1961. i 1997. godine  
(protok: 400 l/min)



Fizika

**Fluid** = tekućina, plin, zrnata tvar kad teče, smjese.



**Plin:** širi se dok ne zauzme sav raspoloživi volumen, lako stlačljiv.

**Tekućina:** tvar koja zauzima definirani volumen i može imati slobodne površine. Praktički je nestlačiva.

# PNEUMATIKA

---

Pneumatika

(prema grč. pneumatikos, "zračno")

znanstvena je i tehnička disciplina koja proučava korištenje stlačenih plinova za obavljanje rada.

# PODRUČJE PRIMJENE PNEUMATIKE

## • OPĆENITO U TEHNICI RUKOVANJA

- UPINJANJE IZRADKA  $F = 20000 - 30000 \text{ N}$
- POMICANJE IZRADKA
- POZICIONIRANJE IZRADKA
- ORJENTIRANJE IZRADKA
- RAZDVAJANJE TOKA MATERIJALA

## ■ OPĆENITA UPOTREBA U RAZNIM PODRUČJIMA

- PAKIRANJA
- PUNJENJE
- DODAVANJE
- DOZIRANJE
- TRANSPORT MATERIJALA
- ZABRAVLJIVANJE
- OTVARANJE I ZATVARANJE PROLAZA
- ZAKRETANJE IZRADKA
- RAZDVAJANJE IZRADKA
- SKLADIŠTENJE IZRADKA
- UTISKIVANJE I PREŠANJE IZRADKA ...



# Stlačeni zrak se upotrebljava za

---

- pogon industrijskih postrojenja
- pogon pneumatskih čekića, bušilica i ostalih alata,
- pneumatski transport rastresitih materijala,
- pneumatski transport kapljevina i drugih plinova,
- miješanje i raspršivanje kapljevina,
- miješanje i dovođenje kisika biološkim suspenzijama,
- filtriranje pod tlakom ili vakuumom,
- pogon visokih peći za proizvodnju sirovog željeza,
- pogon metalurških peći u proizvodnji čelika i obojenih metala itd...

# FIZIKALNI POJMOVI

---

**Zrak** je mješavina plinova i ima slijedeći sastav:

- cca. 78 vol. % dušika
- cca. 21 vol. % kisika
- cca. 1 vol % ostali plinovi  
( ugljično dioksid, argon, vodik, neon, helija i dr...)

# PREDNOSTI STLAČENOG ZRAKA

---

- Količina - *zrak je svuda oko nas*
- Transport – *jednostavan*
- Skladištenje - *spremnik*
- Temperatura - *neosjetljiv na promjene temperature*
- Sigurnost - *neosjetljiv na zapaljivost i eksplozije*
- Čistoća - *ne zagađuje okolinu*
- Izvedba - *jednostavna, pristupačne cijene*
- Brzina - *velike brzine klipa (do 10 m/s)*
- Preopterećenje – *zaustavljanje aktuatora bez posljedica*

# Stlačeni zrak

---

**Stlačeni zrak** je siguran i pouzdan izvor energije čija uporaba je široko rasprostranjena u industriji, gotovo 70% tvrtki koristi stlačeni (komprimirani) zrak u nekom dijelu svojih pogona.

**Stlačeni zrak** se stvara unutar postrojenja, omogućavajući korisnicima velike mogućnosti upravljanja načinima iskorištavanja kao i kvalitetom zraka.

Svestranost, fleksibilnost i sigurnost komprimiranog zraka kao medija za prijenos energije razlog su važnosti korištenja komprimiranog zraka.

# NEDOSTACI STLAČENOG ZRAKA

---

- Stlačivost - *ograničena veličina sile*
- Buka – *ekspanzijom proizvodi jaku buku*
- Signali na daljinu- *problem veće udaljenosti*
- Skupa proizvodnja stlačenog zraka



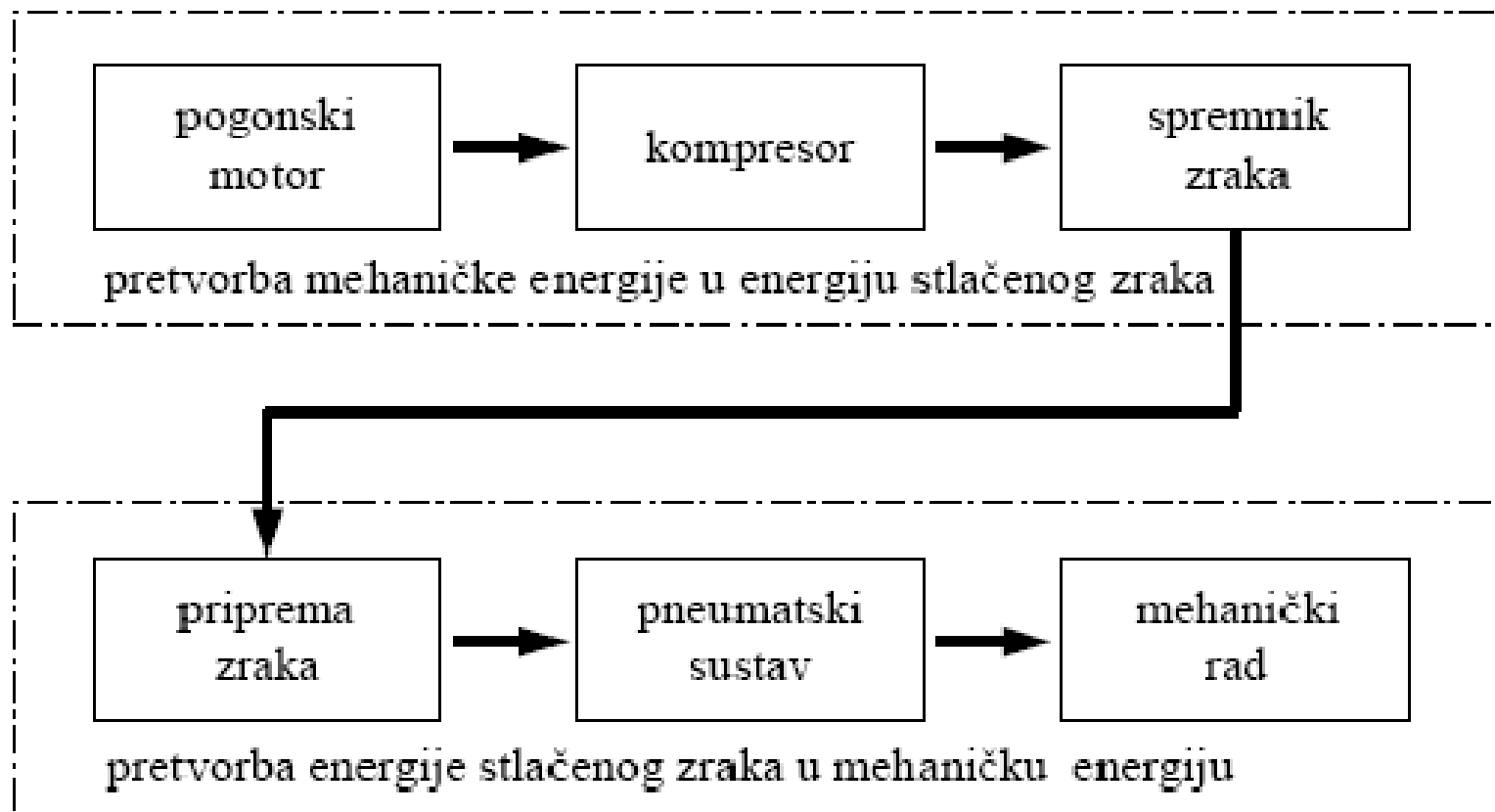
	Elektrika	Hidraulika	Pneumatika
Propuštanje		Zagađivanje	Nije bitno osim zbog gubitka energije
Utjecaj na okoliš	Opasnost od eksplozije u pojedinim područjima, neosjetljivost na temperaturu	Osjetljivost u slučaju promjene temperature, opasnost od vatre u slučaju propuštanja	Sigurnost od eksplozije, neosjetljivost na temperaturu
Spremanje energije	Teško i samo u malim iznosima pomoću akumulatora	Ograničeno, pomoću plinova	Lako
Prijenos energije	Neograničen uz gubitak snage	Dobava do 100 m, $v = 2-6 \text{ m/s}$ , brzina signala do 1000 m/s	Dobava do 1000 m, $v = 20-40 \text{ m/s}$ , brzina signala 20-40 m/s
Radna brzina		$v = 0,5 \text{ m/s}$	$v = 1,5 \text{ m/s}$
Gubici snage	mali	veliki	vrlo veliki
	0,25	1	2,5
Gibanje po pravcu	Složeno i skupo, male sile, regulacija brzine moguća samo uz velike troškove	Jednostavno pomoću cilindara, dobra regulacija brzine, vrlo velike sile	Jednostavno pomoću cilindara, ograničene sile, brzina jako ovisi o opterećenju
Kružno gibanje	Jednostavno i velika snaga	Jednostavno, velik okretni moment, mala brzina	Jednostavno, neefikasno, velika brzina
Točnost pozicioniranja	Točnost do $\pm 1 \mu\text{m}$ lako ostvariva	Točnost do $\pm 1 \mu\text{m}$ ostvariva ovisno o troškovima	Uz jednoliko opterećenje moguća točnost do 1/10 mm
Stabilnost	Vrlo dobra uz mehaničke veze	Velika zbog toga što je ulje praktički nestlačivo uz veće tlakove nego kod pneumatike	Mala zbog stlačivosti zraka
Sile	Ne smije se preopteretiti. Mala efikasnost zbog mehaničkih uređaja koji slijede. Moguće ostvariti vrlo velike sile	Sigurno od preopterećenja. Uz tlakove u sustavu do 600 bara moguće postići sile do 3000 kN	Sigurno od preopterećenja, sile ograničene tlakom i promjerom cilindra na $F < 30 \text{ kN}$ pri 6 bara

# PROIZVODNJA I DISTRIBUCIJA KOMPRIMIRANOG ZRAKA

---

- Oko 10% električne energije upotrijebljene u industriji koristi se za komprimiranje zraka.
- Izborom regulacije kompresora može se znatno utjecati na potrošnju energije, odnosno troškove proizvodnje jer pogonska energija čini najveću stavku u troškovima.
- Loša regulacija i s najboljim kompresorima može dati skupu proizvodnju komprimiranog zraka.
- Zbog toga se mogu očekivati velike potencijalne uštede primjenom raznih metoda za učinkovitiju proizvodnju komprimiranog zraka.

# Princip rada pneumatskog sustava



# OSNOVNE VELIČINE STANJA U PNEUMATICI

---

**VELIČINE STANJA** – su mjerljive fizikalne veličine koje jednoznačno definiraju određeno stanje promatranog objekta.

**TLAK**  $p$  ( N / m<sup>2</sup> ; bar )

**TEMPERATURA**  $T$  (K) ;  $t$  ( ° C )

**GUSTOĆA**  $\rho$  ( kg / m<sup>3</sup> )

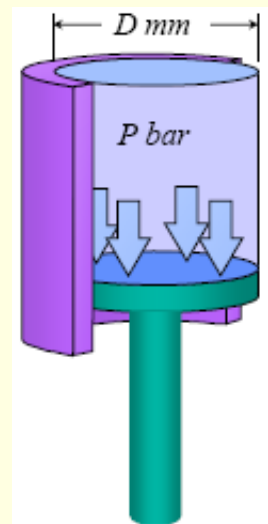
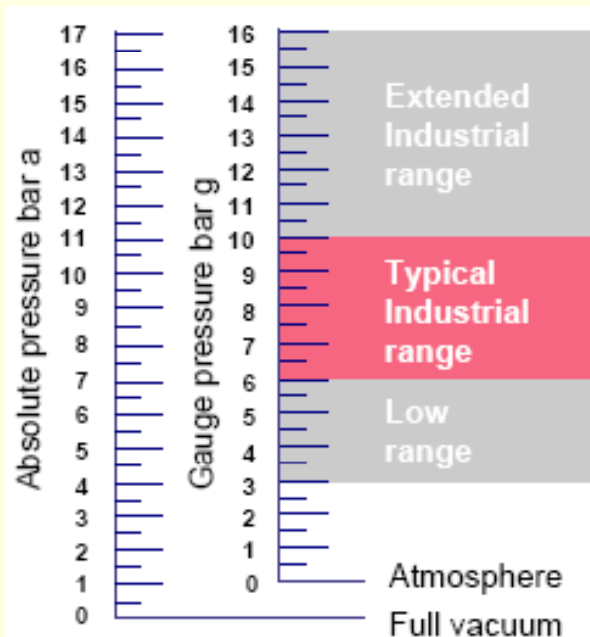
**VLAŽNOST ZRAKA**  $\varphi$  ( % )

# TLAK

**TLAK** – je sila koja djeluje **okomito** na jedinicu površine promatranog objekta.

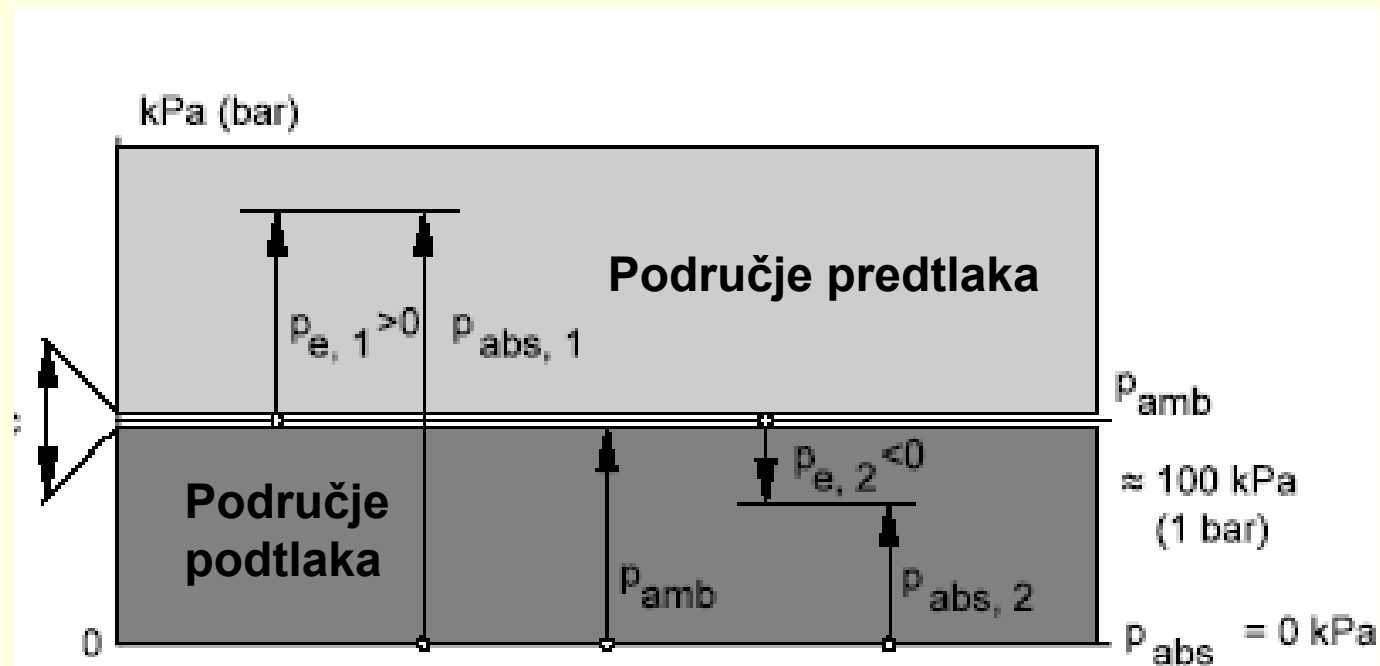
$$P = F / A \quad ( N / m^2 ; \text{bar} )$$

**1 bar = 100000 N/m<sup>2</sup>**



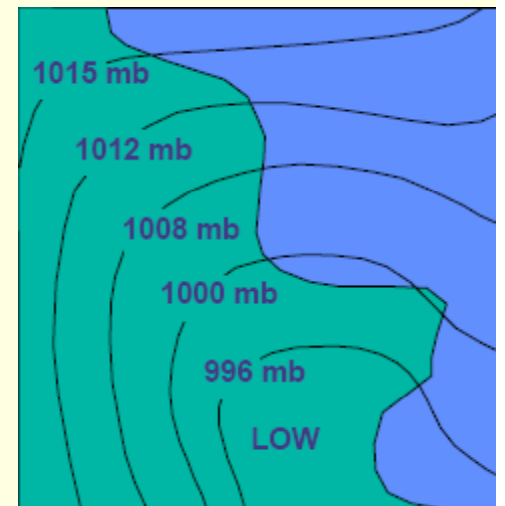
# Atmosferski tlak

- Tlak koji vlada na Zemljinoj površini nazivamo **atmosferski tlak** (okolišni tlak).



- **Apsolutni tlak** je vrijednost računata od nulte linije u dijagramu.

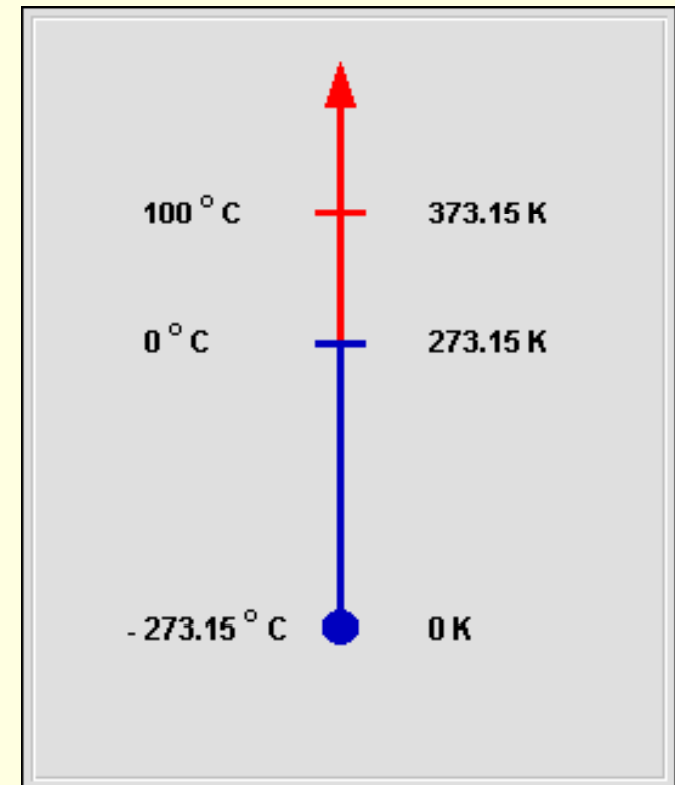
# OKOLIŠNJI TLAK (ATMOSFERSKI)



# TEMPERATURA

**TEMPERATURA** - je osnovna makroskopska manifestacija unutarnjeg toplinskog stanja.  
(toplinsko stanje promatranog objekta)

- mjerna jedinica T (K) ; t ( $^{\circ}\text{C}$ )





# GUSTOĆA ZRAKA

---

Gustoća je masa tvari sadržana u jedinici volumena

$$\rho = m / V \quad [\text{kg} / \text{m}^3]$$

Gustoća zraka kod 288 K ( 15° C ) = 1,21 [kg / m<sup>3</sup>]

Recipročna vrijednost gustoće je specifični volumen ( $v$ )

$$\rho = 1 / v \quad v = 1 / \rho$$

# VLAŽNOST ZRAKA

Mješavina suhog zraka i vode (pare i kapljevine) naziva se **vlažnost zraka!**

Vlažnost zraka **x** (**apsolutna vlažnost**) definira sadržaj vode (pare i kapljevine) u vlažnom zraku, a predstavlja omjer mase vode i mase suhog zraka.

$$x = mv/mz$$

*mz, mv – masa suhog zraka, odnosno vode*

**Relativna vlažnost** zraka  $\varphi$  definirana je izrazom

$$\varphi = p_p / p_p' = x_d / x' (100)$$

*$p_p$  – stvarni parcijalni tlak za vodenu paru za danu temperaturu  
 $p_p'$  – mogući parcijalni tlak vodene pare za danu temperaturu  
 $x_d$  – vlažnost zraka (apsolutna)  
 $x'$  – vlažnost zasićenog zraka*

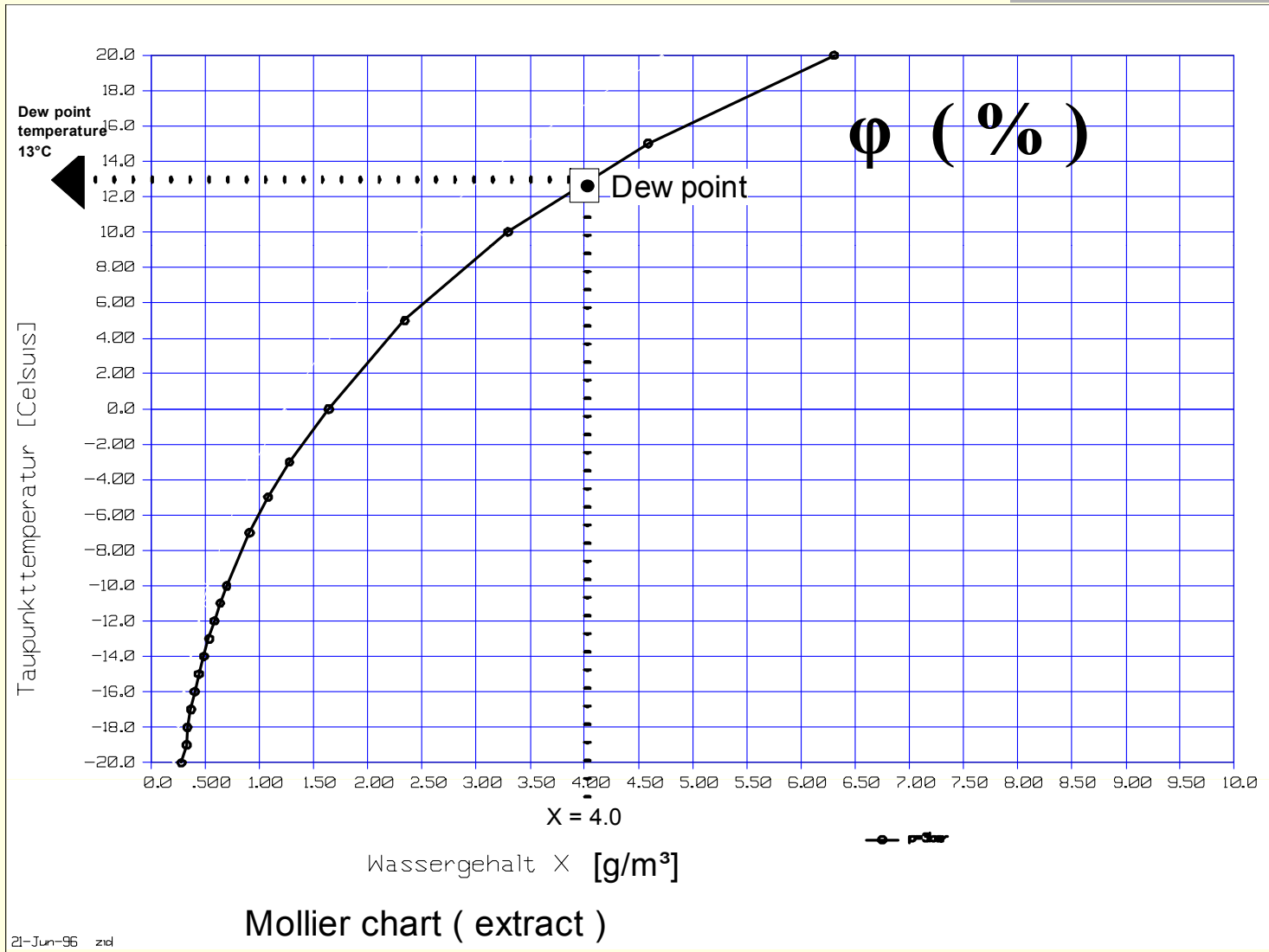
$\varphi$  može poprimiti vrijednosti od 0 do 1 (odnosno od 0 - 100%).

$\varphi=1$  ili 100% (zasićeni vlažni zrak)

Relativna vlažnost povećava se *povećanjem tlaka*.

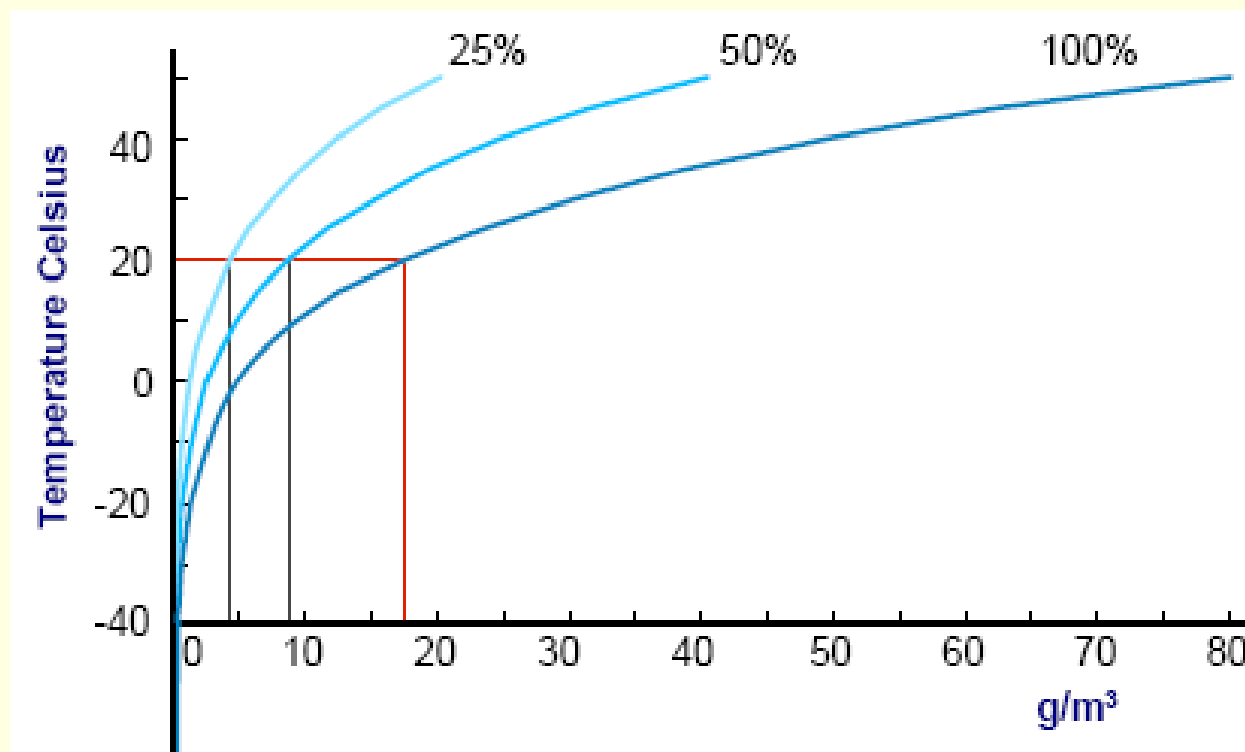
Smanjivanje vlažnosti *x* zraka *uspješno se postiže hlađenjem zraka* (smanjenje temperature) neposredno iza kompresora (najviši tlak).

# VLAŽNOST ZRAKA



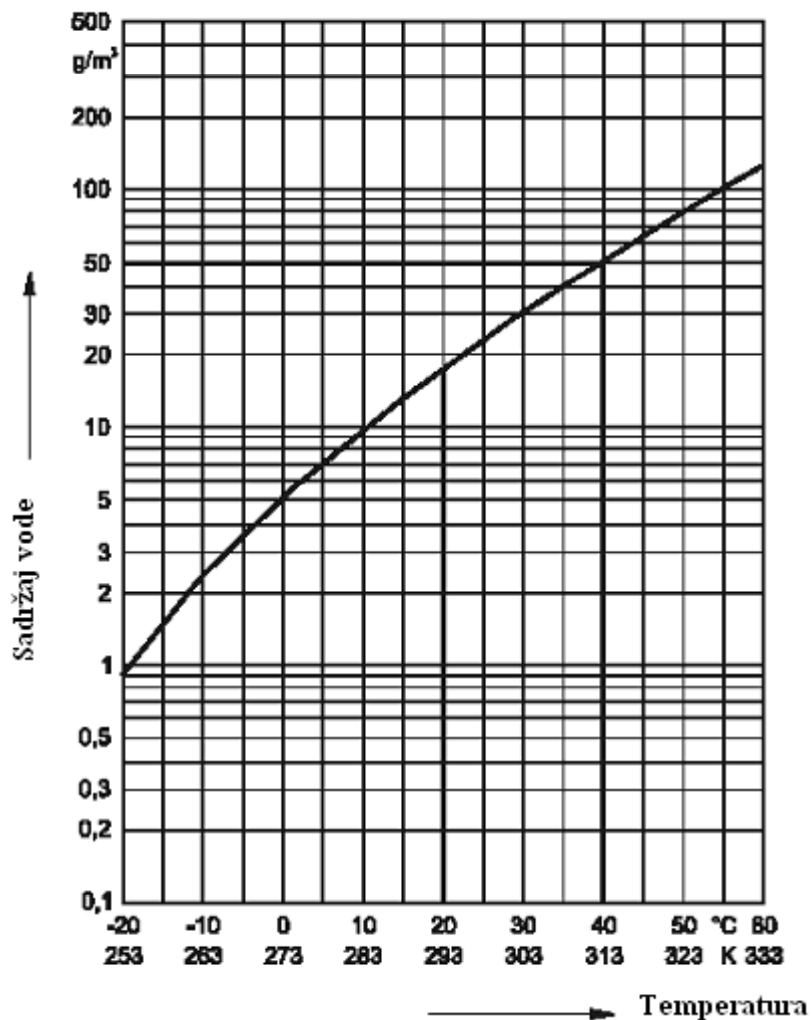
# VLAŽNOST ZRAKA

Relativna vlažnost zraka  $\varphi$  od 0 - 100%



**20° Celsius**  
100% = 17.4 g/m<sup>3</sup>  
50% = 8.7 g/m<sup>3</sup>  
25% = 4.35 g/m<sup>3</sup>

# Dijagram stupnja rosišta



Ulazni volumen  $V = 500 \text{ m}^3/\text{h}$

Tlak  $P = 6 \text{ bar}$

Temperatura  $T = 45^\circ\text{C}$

Relativna vlažnost zraka  $\phi = 60\%$

Apsolutna vlažnost zraka  $x_d = ?$

$$\text{Apsolutna vlažnost zraka} = \frac{\text{Relativna vlažnost zraka} \times \text{Količina zasićenja}}{100}$$

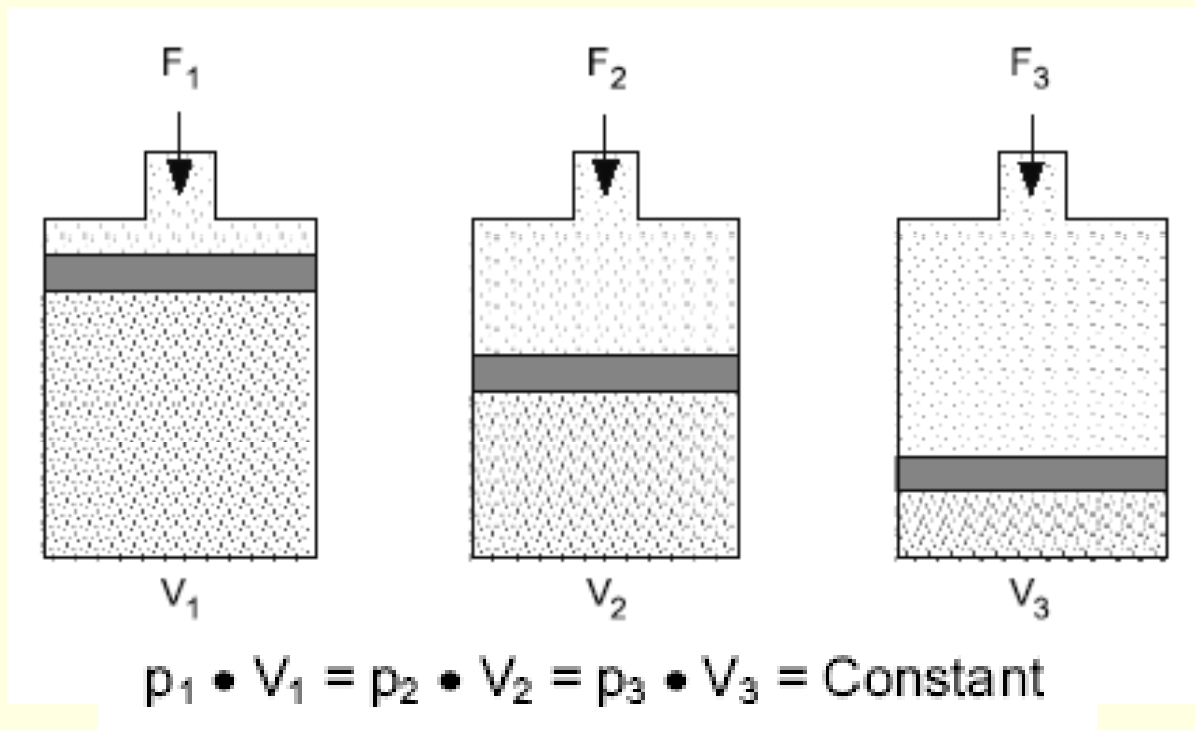
Iz krivulje za količinu zasićenja sadržaj vode od  $60 \text{ g/m}^3$  je određen za temperature od  $45$  stupnjeva.

$$\text{Apsolutna vlažnost zraka} = \frac{60\% \times 60 \text{ g/m}^3}{100} = 36 \text{ g/m}^3$$

Za volumen od  $500 \text{ m}^3/\text{h}$ , količina vode koja se formira iznosi

$$36 \text{ [g/m}^3\text{]} \times 500 \text{ [m}^3/\text{h}] = 18000 \text{ [g/h]} = \underline{18} \text{ [kg/h]}$$

# Boyle-Mariotteov zakon



Volumen zatvorene količine plina je kod konstantne temperature obrnuto proporcionalan apsolutnom tlaku ili umnožak volumena i apsolutnog tlaka je za određenu količinu plina konstantan.

# JEDNADŽBA STANJA IDEALNOG PLINA

Plinska jednađba vrijedi za sve promjene stanja idealnih plinova

$$p V = mRT$$

p – tlak

V – volumen

m – masa

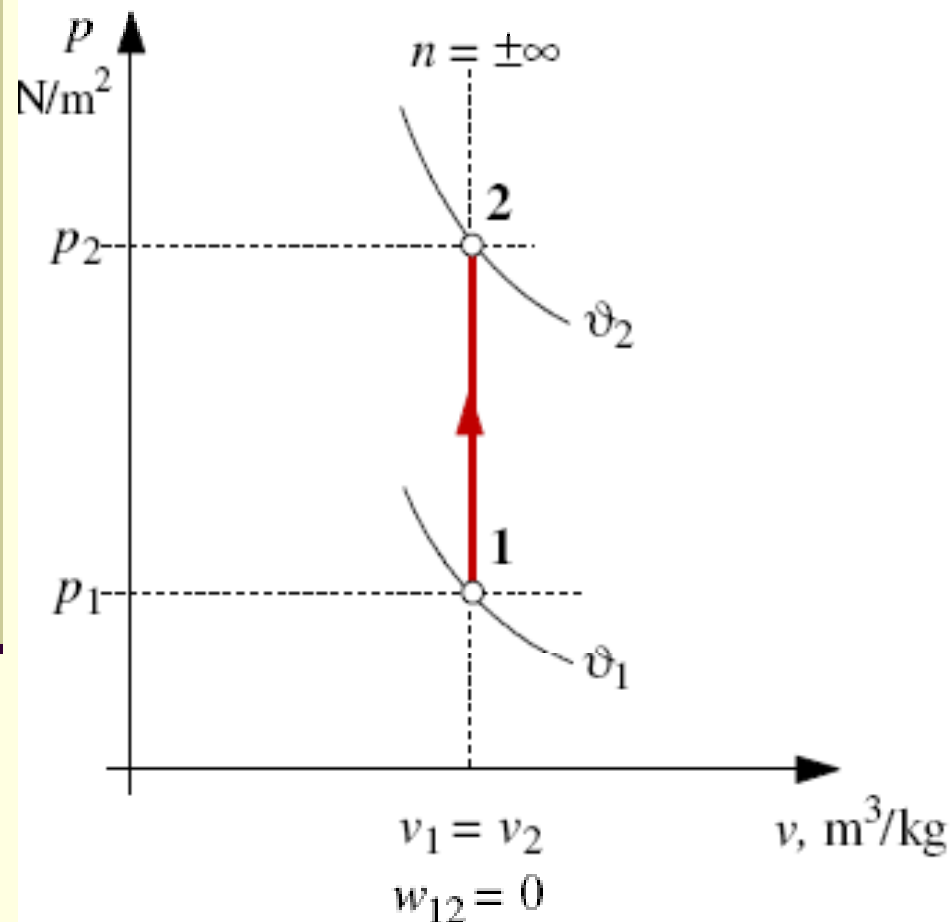
R – individualna plinska konstanta **R=287,1 [ J/kgK ]**

T – temperatura

Kada se volumen neke mase zraka mijenja tada se on **komprimira** (volumen mu se smanjuje) ili **ekspandira** (volumen mu se povećava). Promjenu volumena prati i promjena tlaka i temperature zraka.

Na zrak (ako je čist i suh) primjenjuju se **plinski zakoni za idealne plinove**.

# IZOHORA $V = \text{konstantno}$

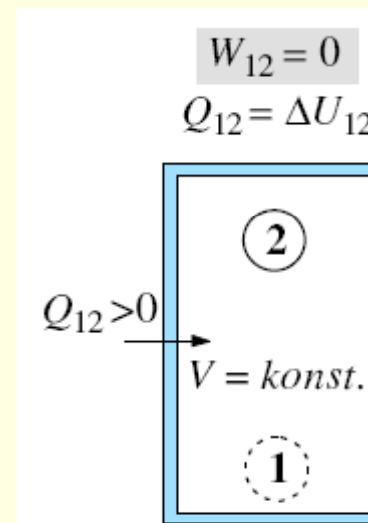


Izohorno grijanje u  $p$ - $v$  dijagramu

$$p_1 V = mRT_1$$

$$p_2 V = mRT_2$$

$$\frac{p_2}{p_1} = \frac{T_2}{T_1}$$

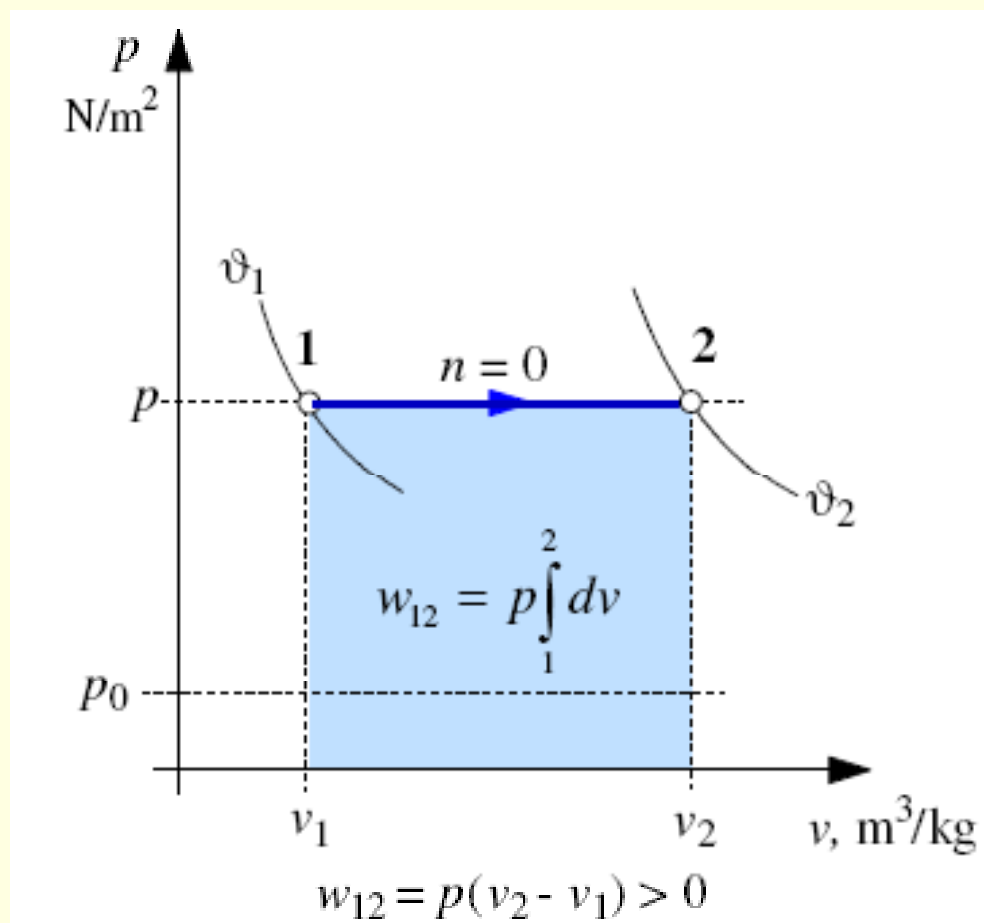


a)  $V = \text{konst.}$

$$\frac{P}{T} = \text{constant}$$



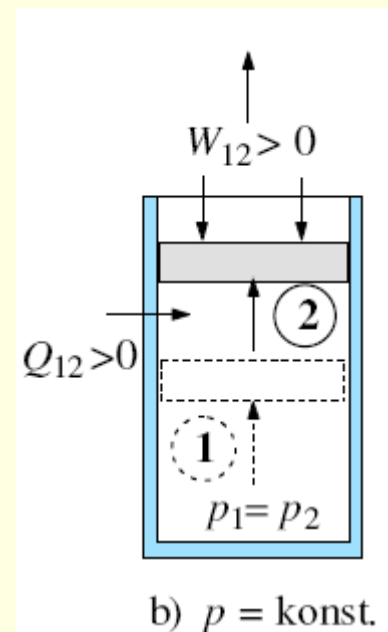
# IZOBARA $p = \text{konstantno}$



$$p_1 V = mRT_1$$

$$p_2 V = mRT_2$$

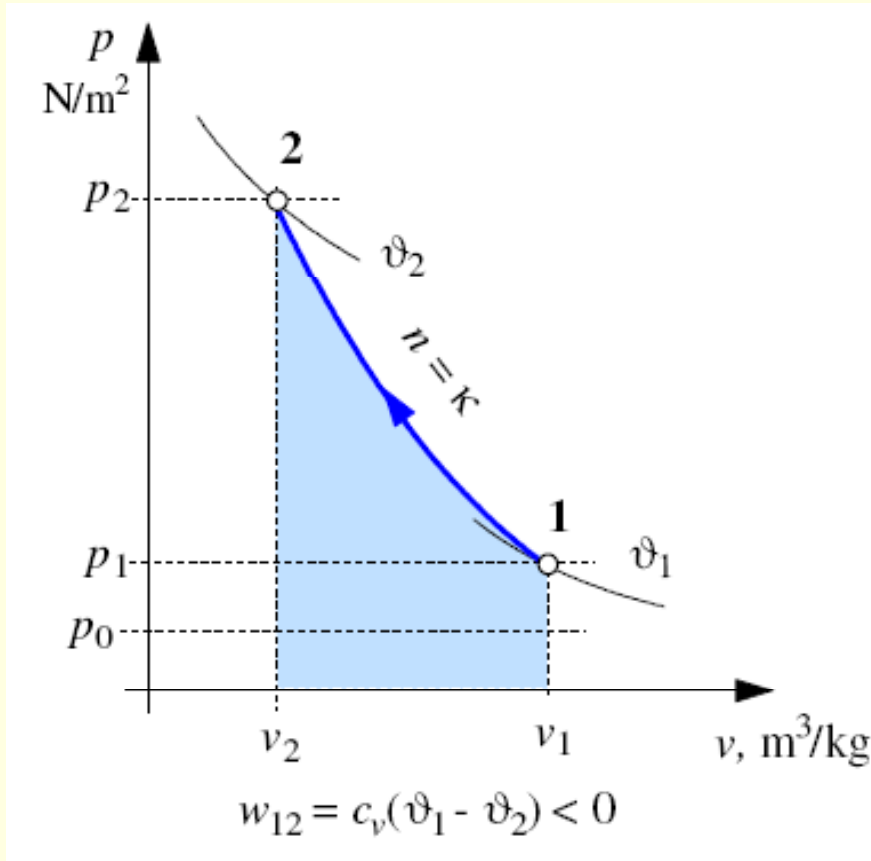
$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{T_2}{T_1}$$



Izobarni proces u  $p$ - $v$  dijagramu

$$\frac{V}{T} = \text{constant}$$

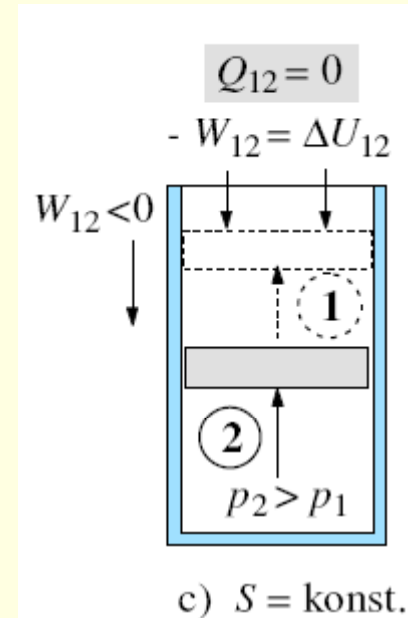
# ADIJABATA (IZENTROPA) $Q = 0$



$$\frac{T_1}{T_2} = \left(\frac{p_1}{p_2}\right)^{\frac{\kappa-1}{\kappa}} = \left(\frac{V_2}{V_1}\right)^{\kappa-1} \quad \text{ili} \quad p \cdot V^\kappa = \text{konst.}$$

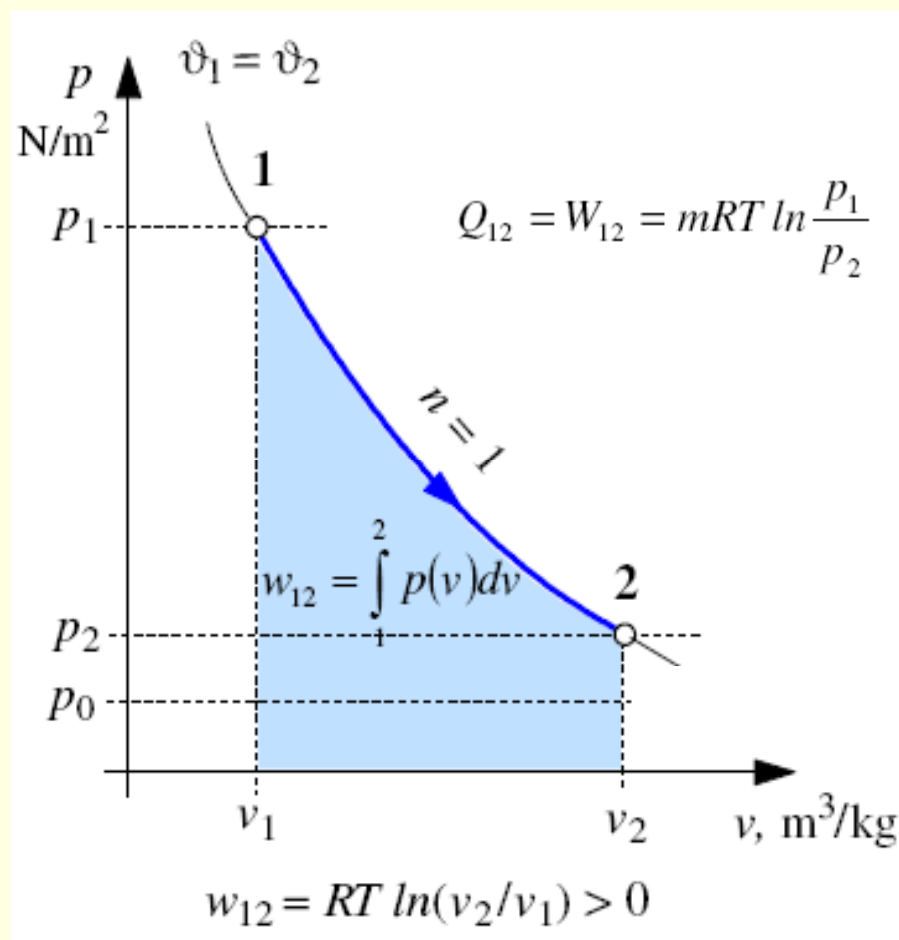
$$pV^\kappa = \text{konst.}$$

$$\kappa = \frac{c_p}{c_v}$$

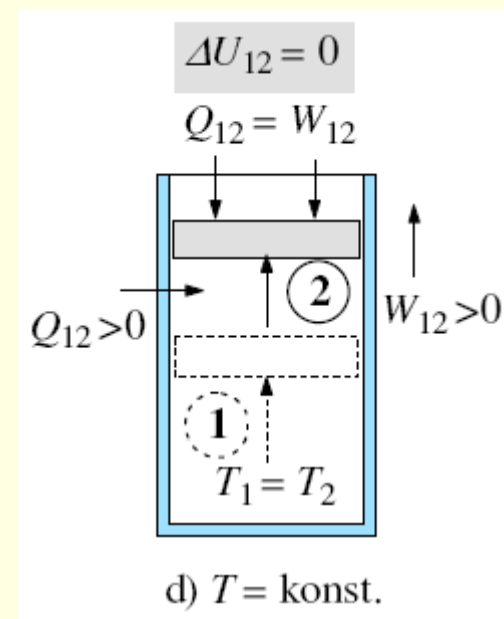


Izentropska kompresija u  $p$ - $v$  dijagramu

# IZOTERMA $t = \text{konstantno}$

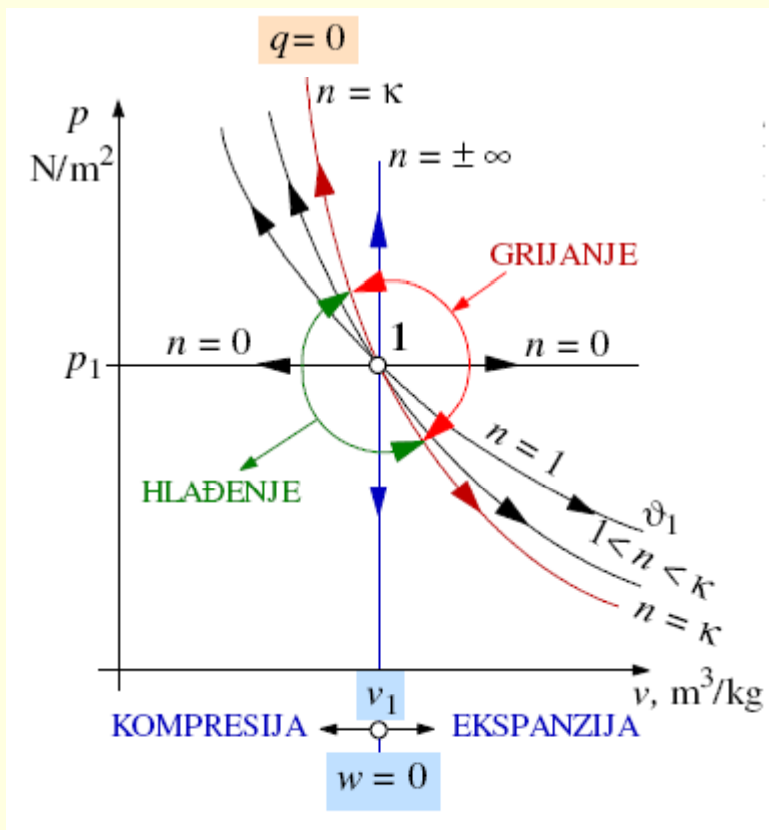


$$p_1 V_1 = p_2 V_2 = \text{konst.} = pV$$



Izotermna ekspanzija u  $p$ - $v$  dijagramu

# Politrope



Prikaz politropa u  $p$ - $v$  dijagramu

Politropska jednačžba

$$pV^n = konst.$$

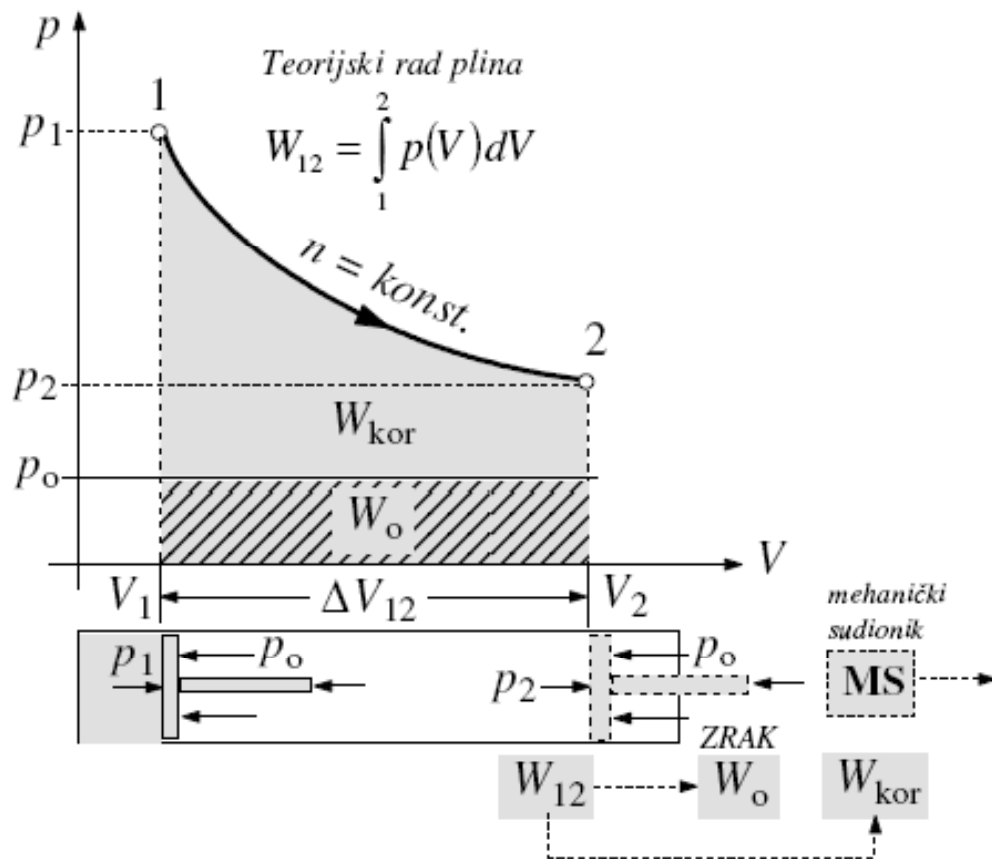
- za  $n=0$   $p=konst.$ , izobara
- za  $n=1$   $pV=konst.$ , izoterma
- za  $1 < n < \kappa$   $pV^n=konst.$ , politropa
- za  $n=\kappa$   $pV^\kappa=konst.$ , adijabata
- za  $n=\infty$   $V=konst.$ , izobara

$$c_n = c_v + \frac{R}{1-n} = c_v \frac{n-\kappa}{n-1}, \quad J/(kg \text{ K})$$

$$Q_{12} = mc_n(T_2 - T_1) = mc_n(\vartheta_2 - \vartheta_1) \quad J$$

$$W_{12} = \frac{mR}{(1-n)}(T_2 - T_1), \quad J$$

# Rad u P – V dijagramu



Teorijski  $W_{12}$  i koristan rad  $W_{kor}$  plina

$$W_{12} = \int_1^2 p(V) dV, \text{ J.}$$

$$W_o = p_o (V_1 - V_2), \text{ J}$$

$$W = W_{12} + W_o$$

Ako je  $W > 0$  govorimo o **korisnom radu**

Ako je  $W < 0$  govorimo o **utrošenom radu**

# Kompresor

---

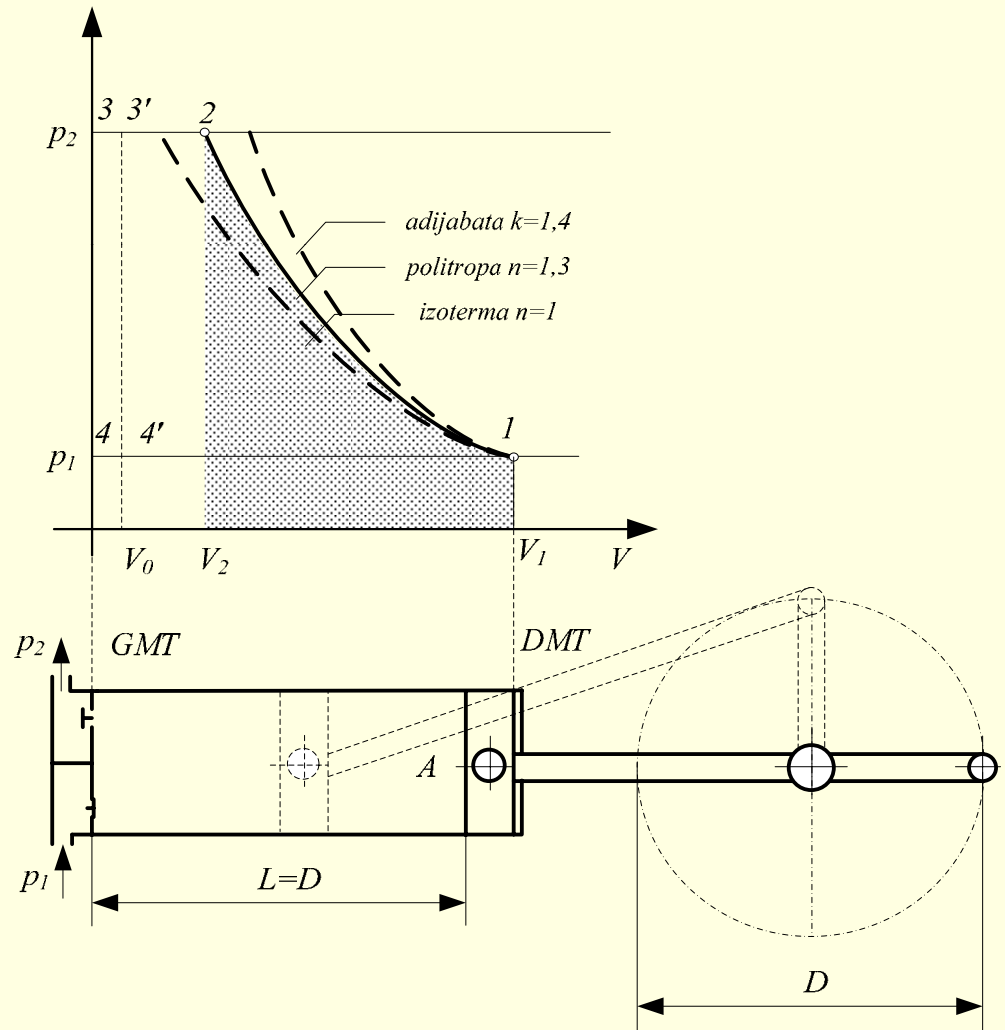
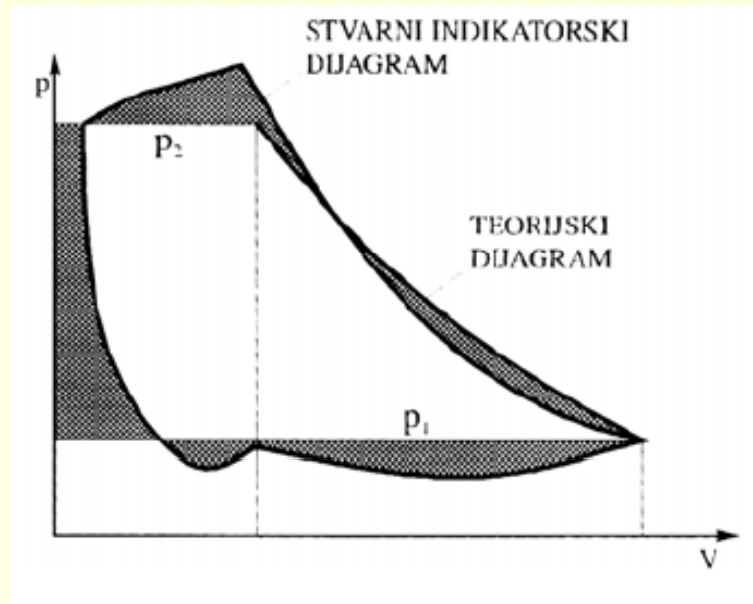
**Kompresor** je stroj koji neki plin ili paru stlačivanjem dovodi iz jednog energetskog stanja u drugo, energetski vrednije stanje.

Veličine koje određuju energetsko stanje plina jesu **tlak  $p$**  i **temperatura  $T$** .

Pri komprimiranju plina troši se mehanički rad koji se najčešće osigurava elektromotorom ili motorom s unutrašnjim sagorijevanjem.

Pri tome se neminovno povećava temperatura komprimiranog plina iako to samo po sebi nije cilj.

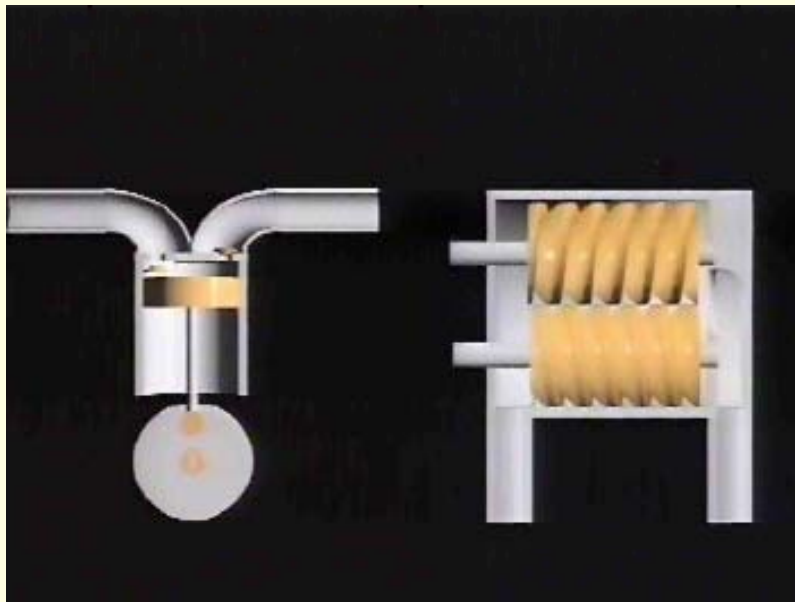
# Rad kompresora u P – V dijagramu



$$\frac{T_1}{T_2} = \left( \frac{p_1}{p_2} \right)^{\frac{n-1}{n}} = \left( \frac{V_2}{V_1} \right)^{n-1} \quad \text{ili} \quad p \cdot V^n = \text{konst.}$$

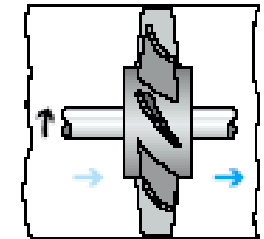
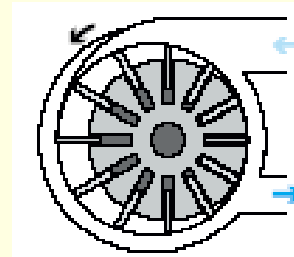
# STLAČENI ZRAKA

- Kompresori - strojevi za proizvodnju stlačenog zraka



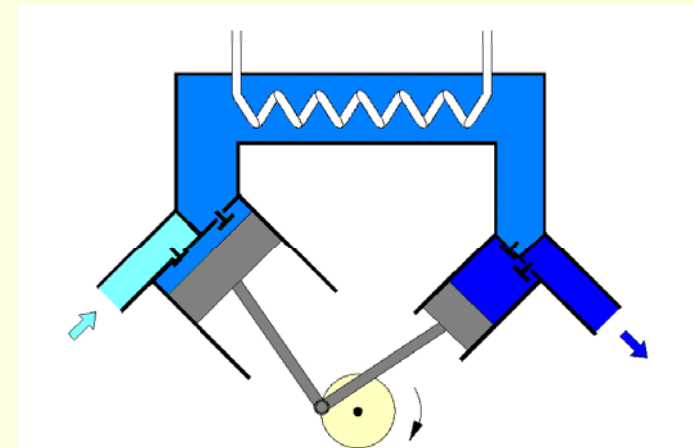
KLIPNI

VIJČANI



LAMELASTI

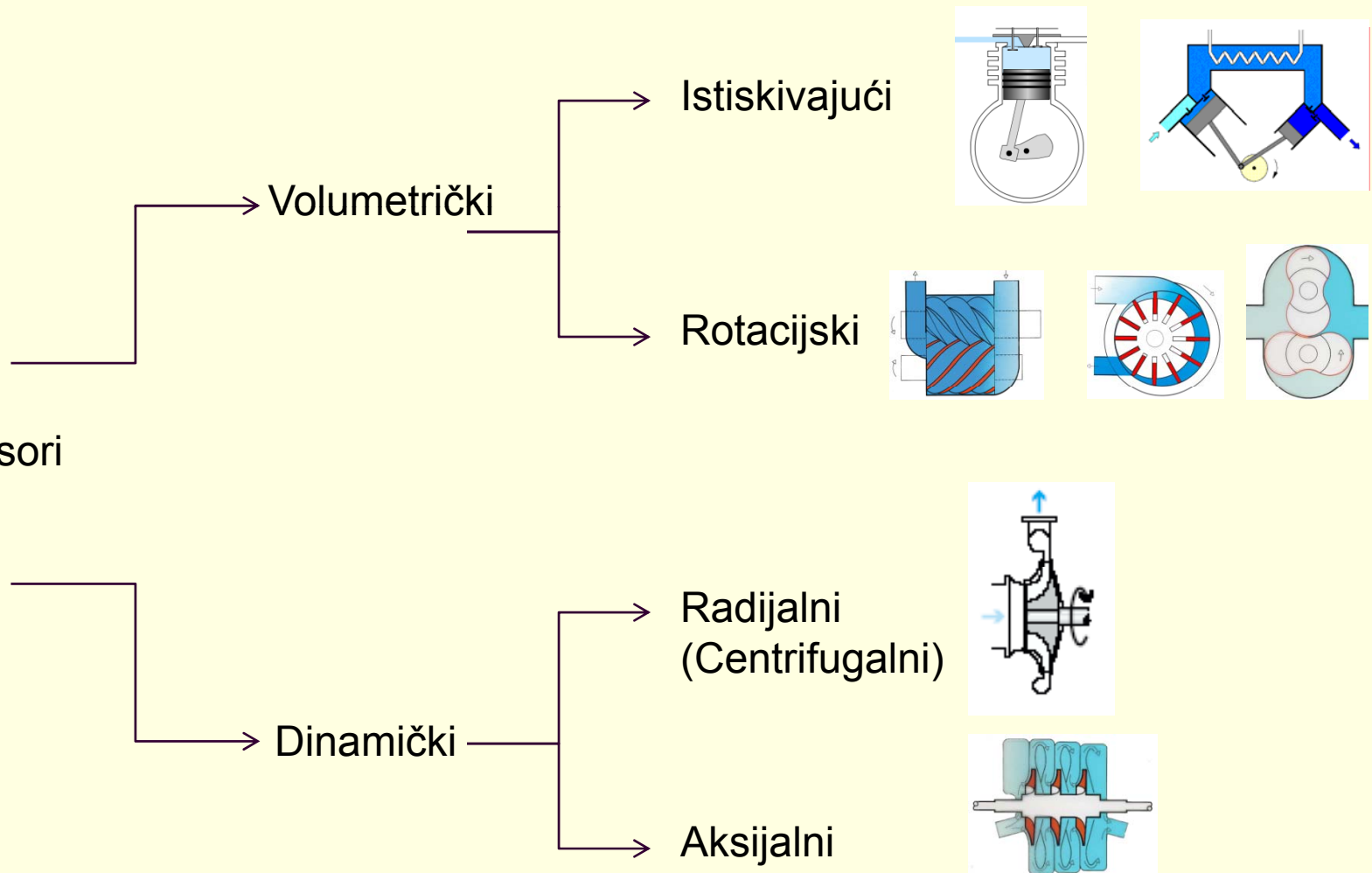
AKSIJALNI



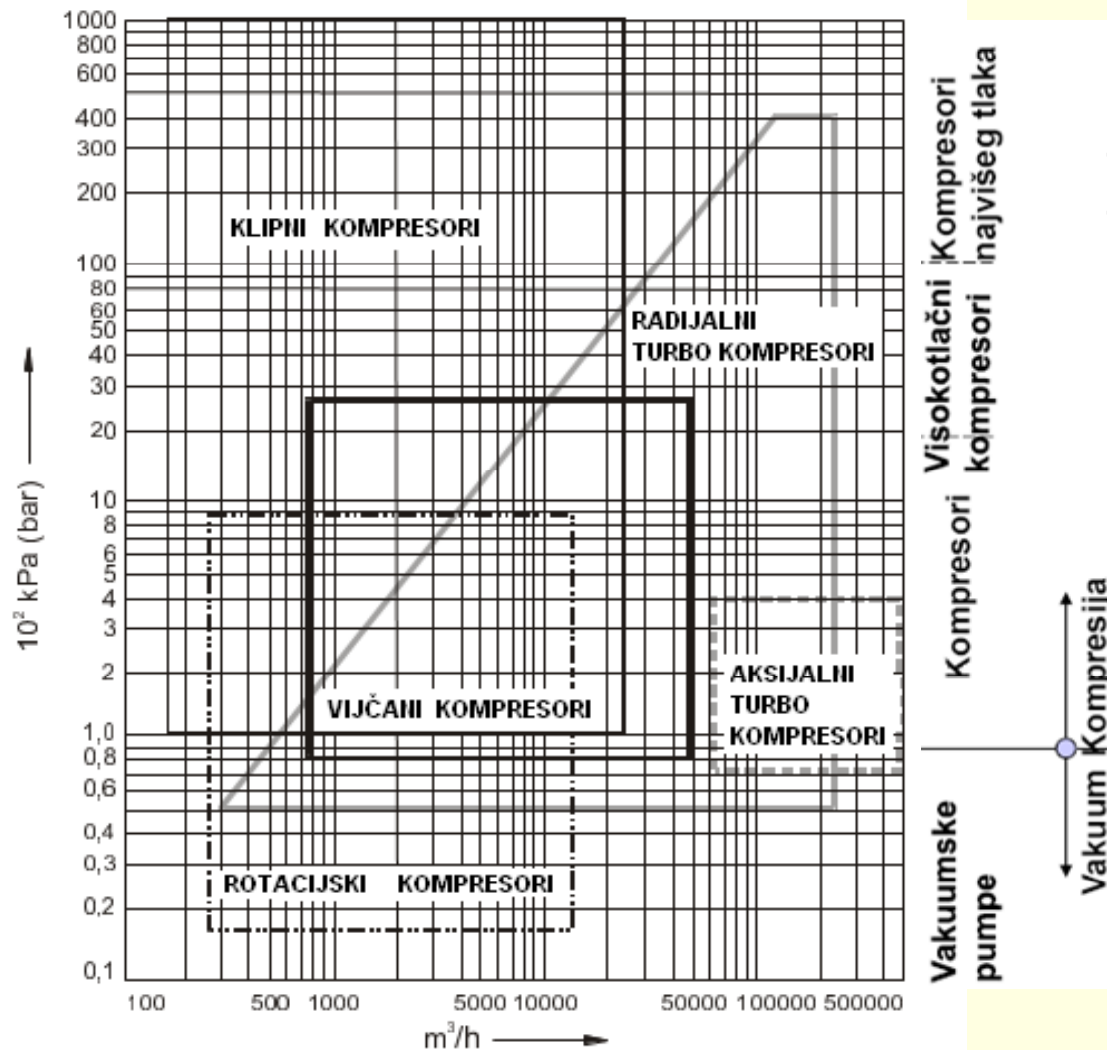


# Tipovi kompresora

Kompresori

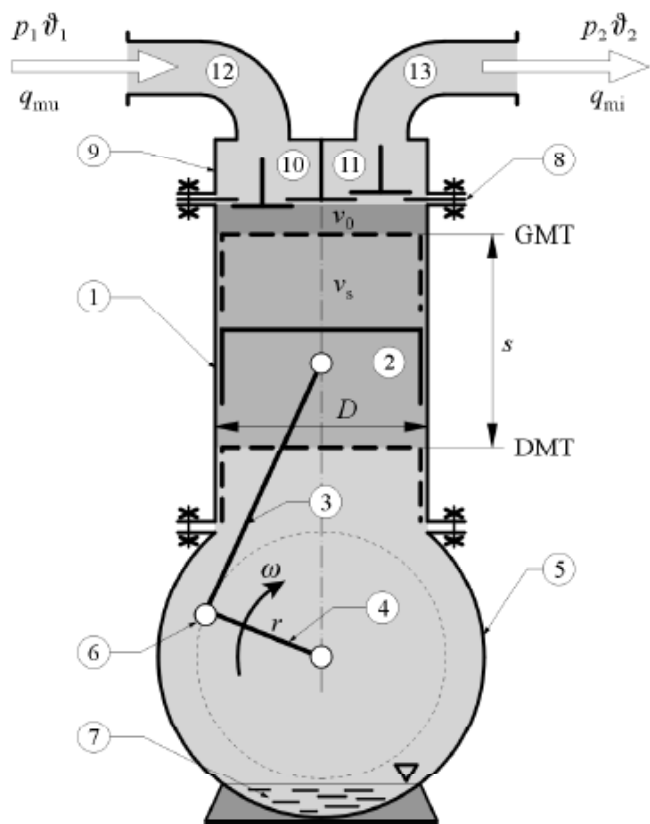


# Podjela kompresora prema tlaku i protoku

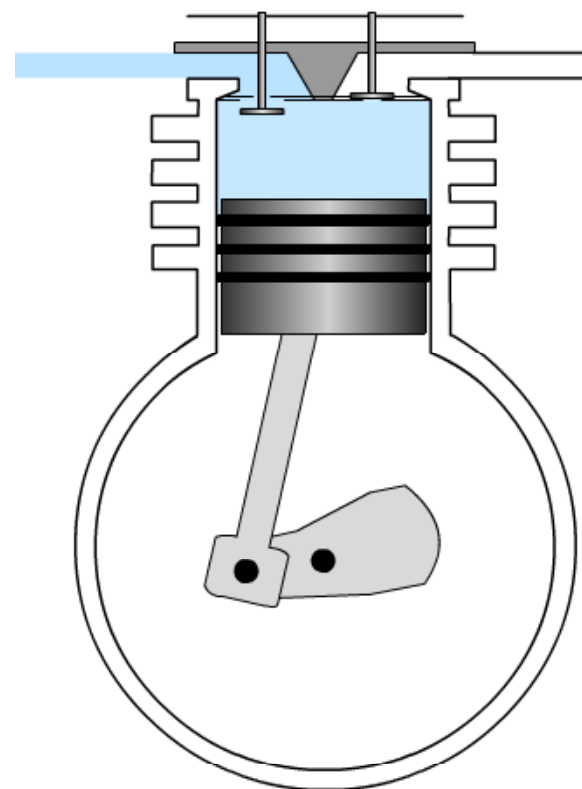


- male (do 10  $m^3/min$ ),
- srednje (10 do 100  $m^3/min$ )
- velike (iznad 100  $m^3/min$ ).

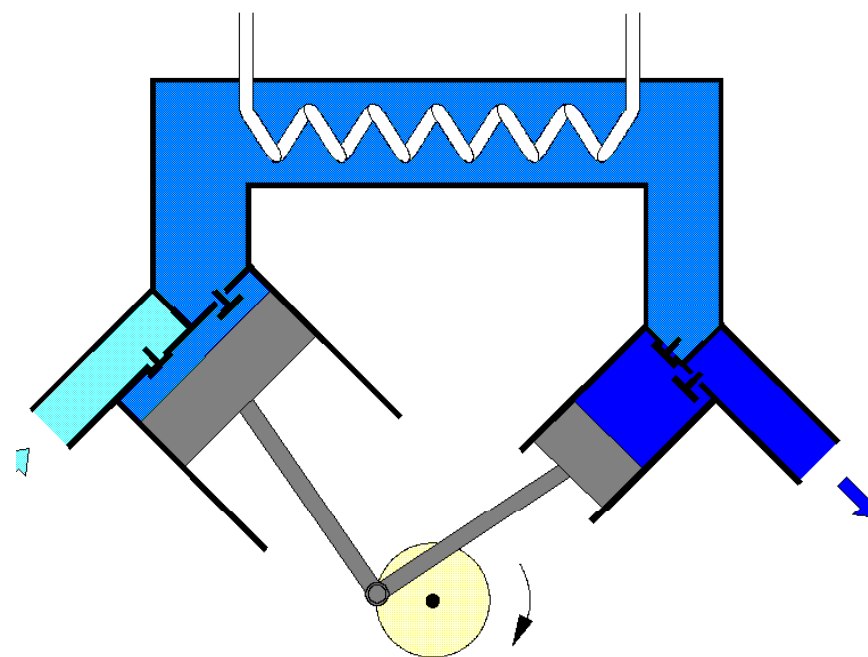
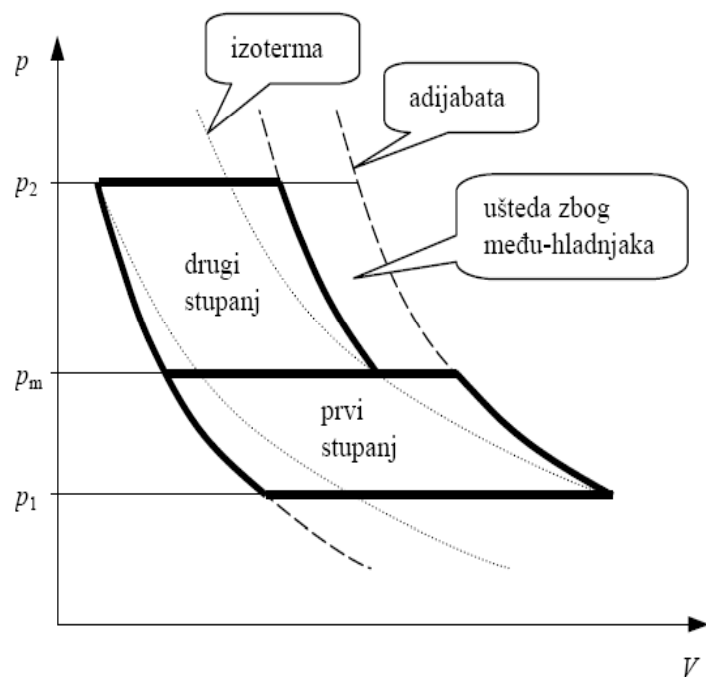
# Klipni (stapni) kompresor



- 1 – cilindar
  - 2 - stap
  - 3 – stapajica
  - 4 – koljenasto vratilo
  - 5 – karter
  - 6 – osno koljeno
  - 7 – mazivo ulje
  - 8 – ventilna ploča
  - 9 – poklopac cilindra
  - 10 – usisni ventil
  - 11 – tlačni ventil
  - 12 – usisni vod
  - 13 – tlačni vod
- $p_1, \vartheta_1$  – uvjeti usisnog voda  
 $p_2, \vartheta_2$  – uvjeti usisnog voda  
 $s$  – stapaj  
 $V_s$  – stapajni volumen  
 $V_o$  – volumen štetnog prostora

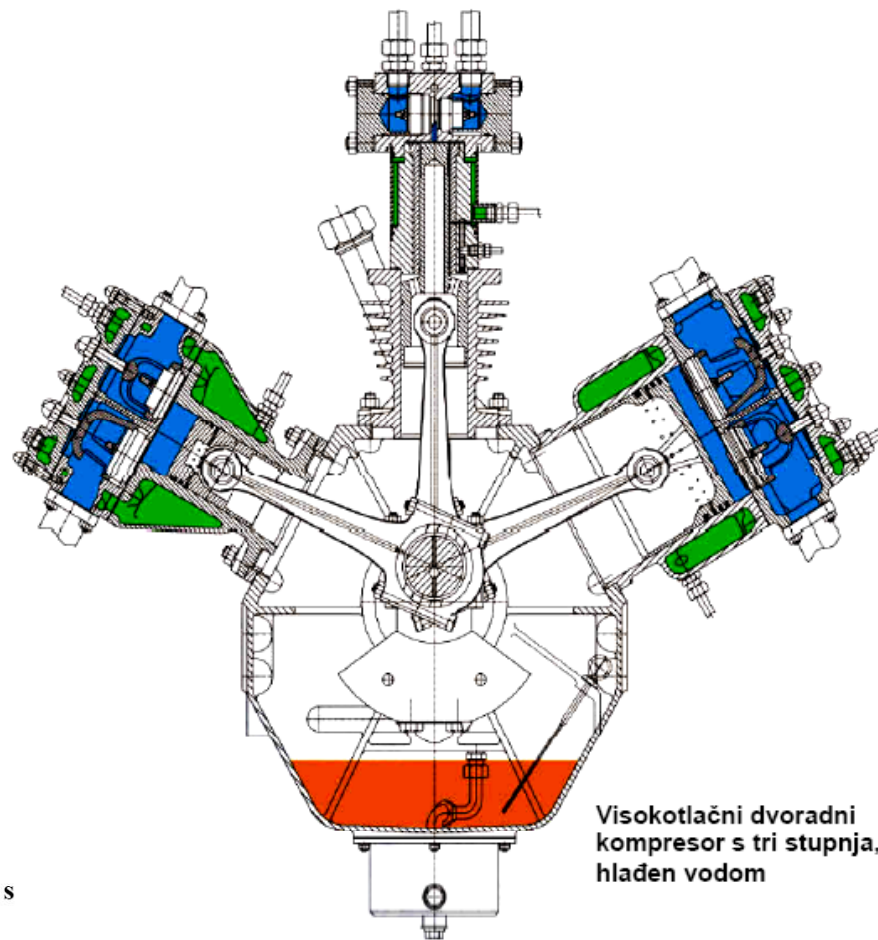
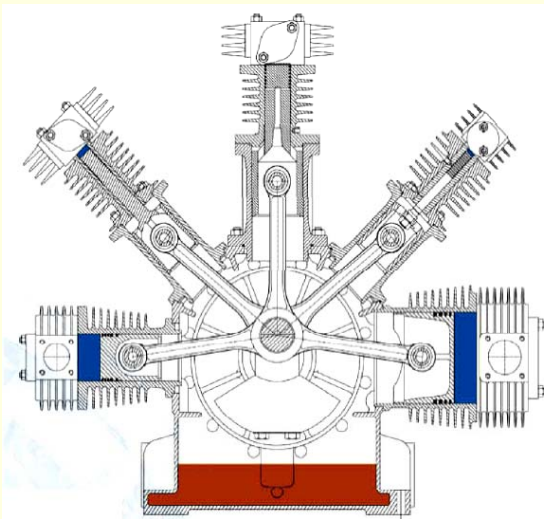
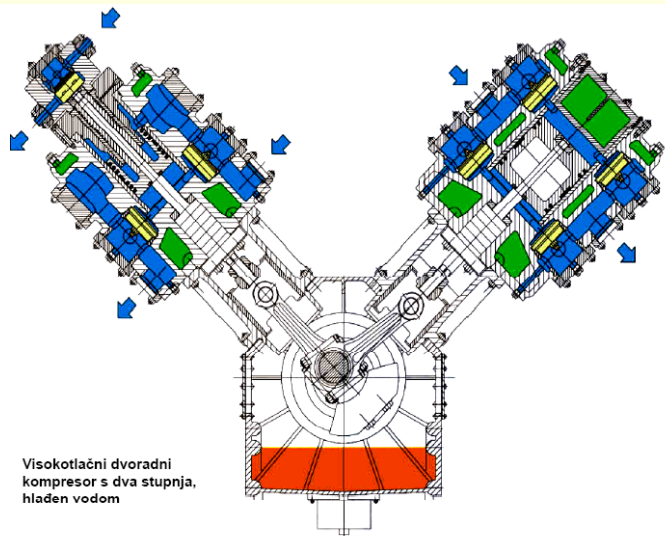


# KLIPNI KOMPRESOR S DVA STUPNJA KOMPRESIJE



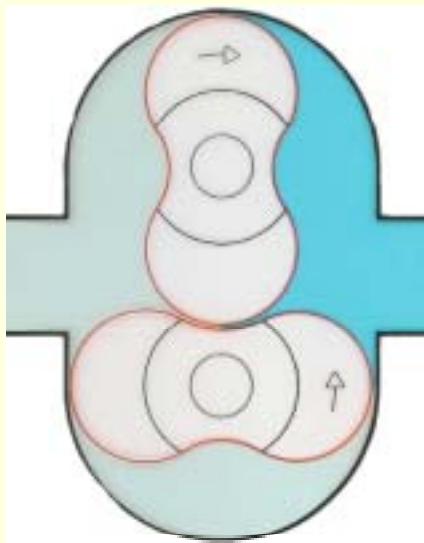
Prikaz idealnog procesa dvostupanjskog kompresora s među-hladnjakom u  $p$ - $V$  dijagramu

# KLIPNI KOMPRESORI S VIŠE STUPNJEVA KOMPRESIJE

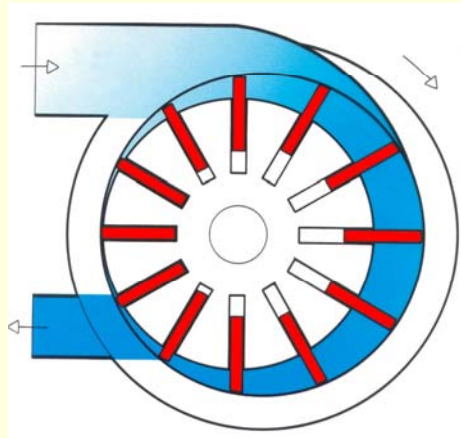


# ROTACIJSKI KOMPRESORI

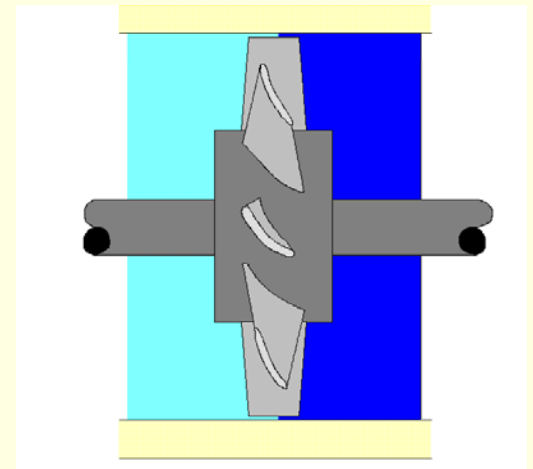
Root kompresor



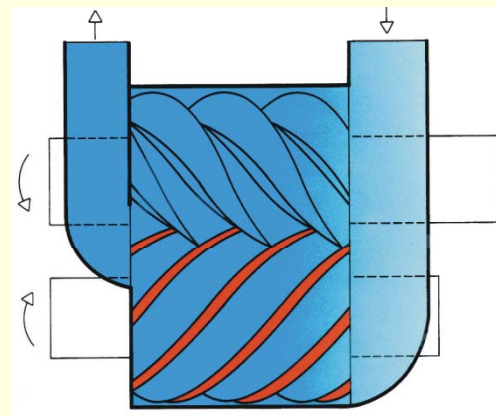
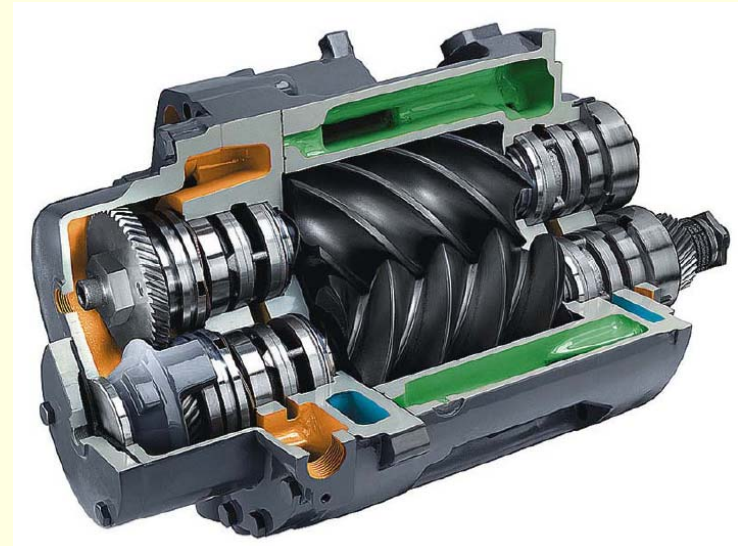
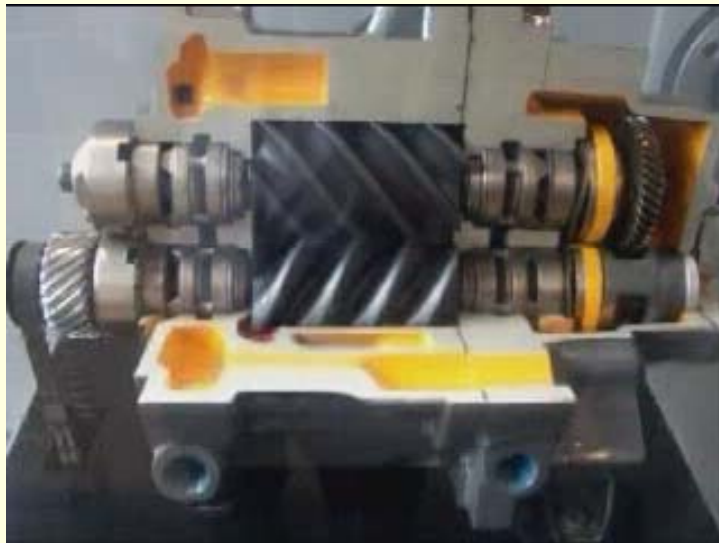
Lamelasti kompresor



Aksijalni Kompresor



# Vijčani kompresor



# KOMPRESORSKA STANICA

---





## Sustavi za dobivanje stlačenog zraka

---

- **centralna priprema (jedna kompresorska stanica)**  
**prednosti:**

- **niža cijena**
- **bolji stupnjevi djelovanja**
- **lakše održavanje**

- **lokalna priprema (više manjih kompresora)**  
**prednosti:**

- **lakša prilagodba kapaciteta i kvalitete zraka**
- **manji gubici propuštanja**
- **manji padovi tlaka**

# Upravljanje radom kompresora

---

## – **Start-stop metoda**

je takva da se pogonski elektromotor kompresora zaustavlja kod dostizanja gornje granice tlaka i kompresor se u cilju lakšeg pokretanja rasterećuje - isključuje (ON/OFF).

## – **Upravljanje konstantnom brzinom**

je takvo da kompresor radi kontinuirano, dok mijenjamo kapacitet jednog ili više kompresorskih sustava za neopterećeni rad.

## –**Dvostruka kontrola**

kombinira obje ove metode birajući metodu koja je najbolja ovisno o uvjetima rada. Izbor može biti ručni ili automatski.

# Regulacija kompleksa kompresorske stanice

---

Opskrba komprimiranim zrakom neke tvornice zahtijeva obično spajanje dvaju ili više kompresora.

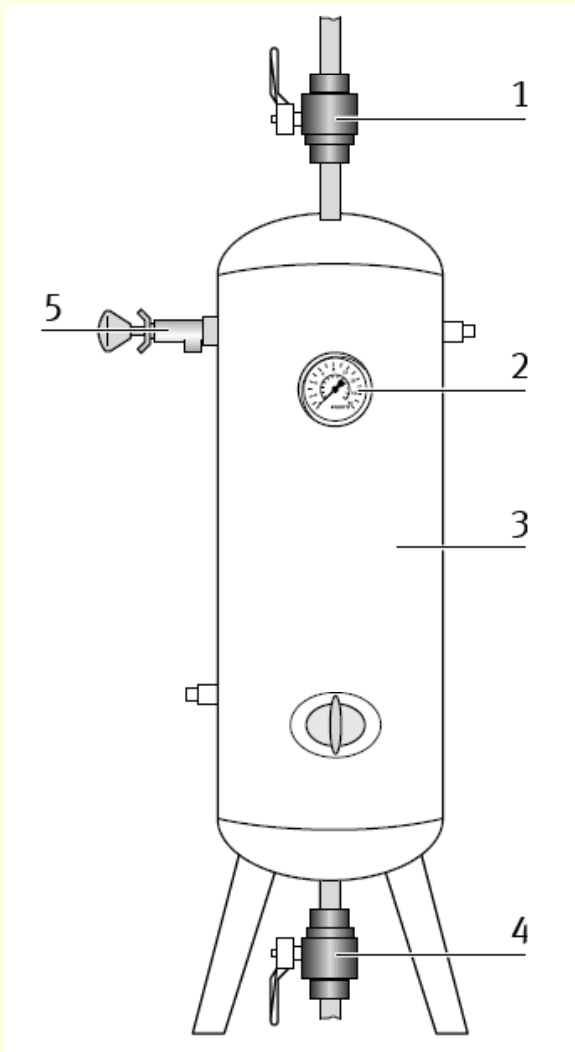
U tvornici, pametno osmišljena kompresorska stanica sadrži 3, 4 ili 5 istih kompresora, s time da je jedan od njih rezerva.

Regulacija kompleksa mora omogućiti da se na zahtijevanu potrošnju odgovori minimumom jedinica u radu, na taj način svaka od ovih jedinica radi blizu svog punog opterećenja i prema tome uz svoj najbolji učin.

Potrebno je:

- odrediti broj kompresora prema unaprijed isplaniranom dnevnom ili tjednom programu,
- rezervni kompresor određena za uključivanje za slučaj potrebe, odmah uđe u rad, čim se tlak spusti ispod neke određene vrijednosti,
- jednoliko rasporediti trošenje kompresora.

# Spremnik



- 1 Cijevni ventil
- 2 Manometra
- 3 Kućište
- 4 Ispusni ventil za kondezat
- 5 Sigurnosni ventil



# Spremnik

---

**Glavna funkcija** tlačnog spremnika je da djeluje kao međuspremnik između potrošnje i kompresora pohranjujući veliki volumen komprimiranog zraka. Također uravnotežuje promjene tlaka u sustavu distribucije zraka.

**Tlačni spremnik je uobičajan u postrojenjima gdje** potrošnja komprimiranog zraka nije jednolična i gdje kompresor ne radi cijelo vrijeme sa maksimalnim kapacitetom.

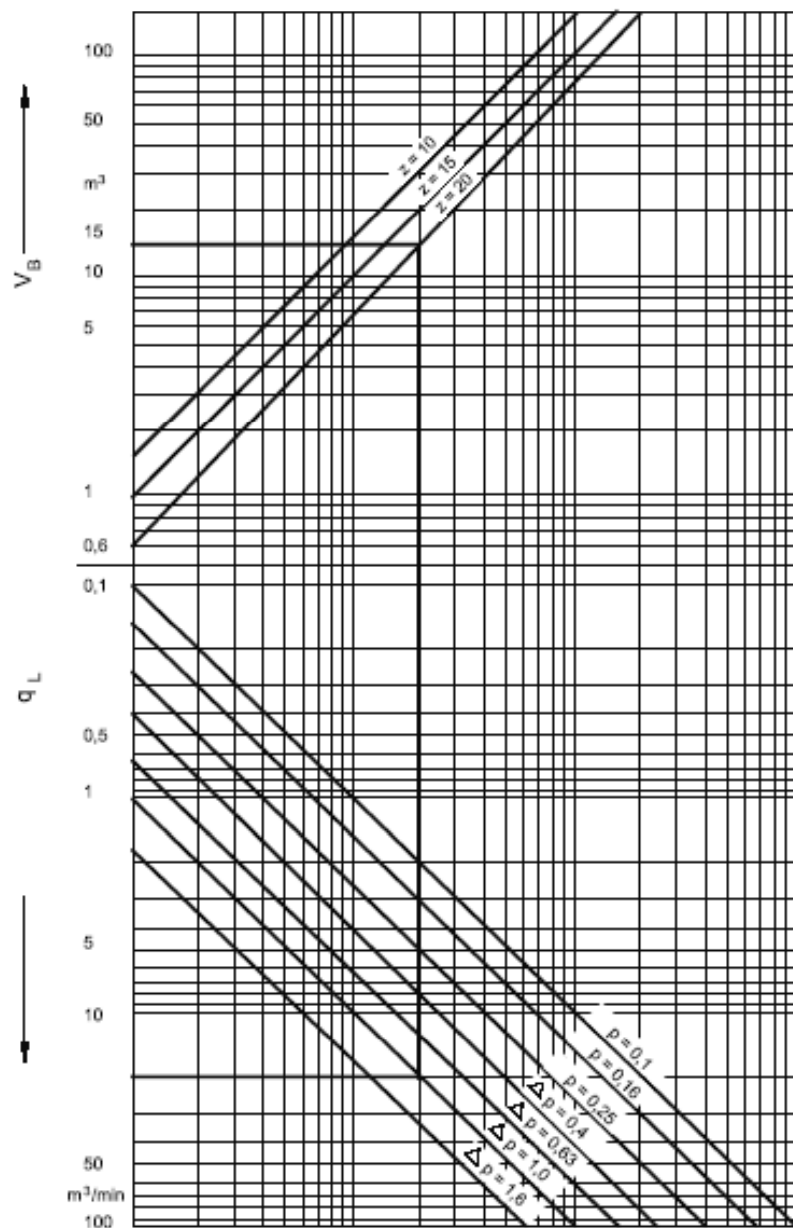
# SPREMNIK

---

## ■ Veličina spremnika ovisi o slijedećem:

- dobavnoj količini zraka
- potrebi zraka za sustav
- razvodnoj mreži (dodatni volumen)
- regulaciji kompresora
- dozvoljenoj promjeni tlaka

# PRORAČUN VOLUMENA SPREMNIKA



Količina dobave

$V = 20 \text{ m}^3/\text{min}$

Broj ukapčanja  $z = 20$

Pad tlaka 100 kPa

Rezultat:

Volumen spremnika:

$V = 15 \text{ m}^3$

# SUŠENJE ZRAKA

---

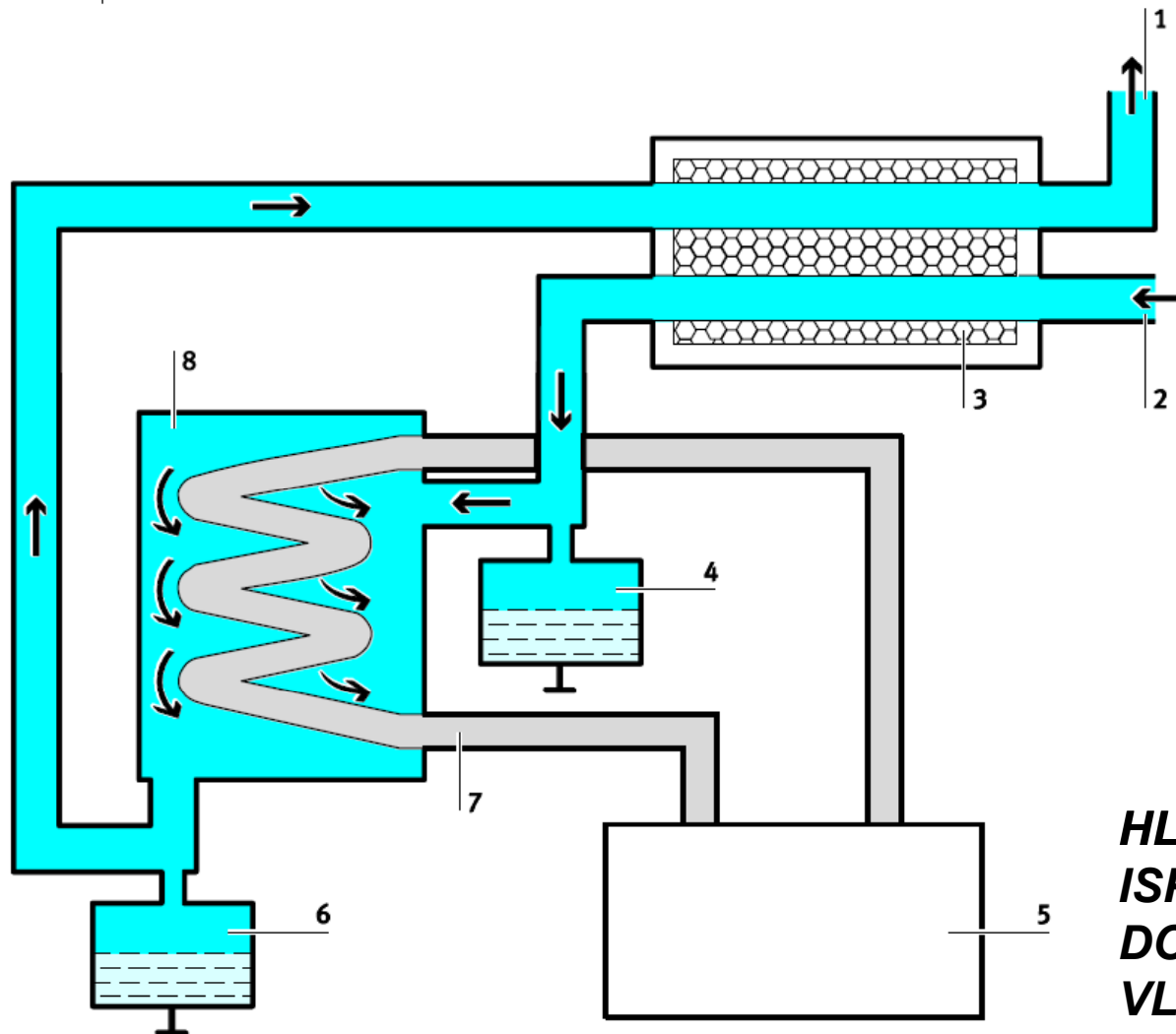
- Prevelika količina vlage u zraku smanjuje vijek trajanja pneumatskih sustava.
- Sušenjem zraka smanjuje se sadržaj vlage u zraku.
- Uređaji za sušenje uklanjaju vodenu paru iz zraka, što smanjuje njegovu točku rosišta, a to je temperatura zraka na koju se zrak hladi prije nego vodena para počinje kondenzirati.

## ■ POSTUPCI SUŠENJA ZRAKA

- sušenje ohlađivanjem
- membransko
- absorpcijsko sušenje
- adsorpcijsko sušenje



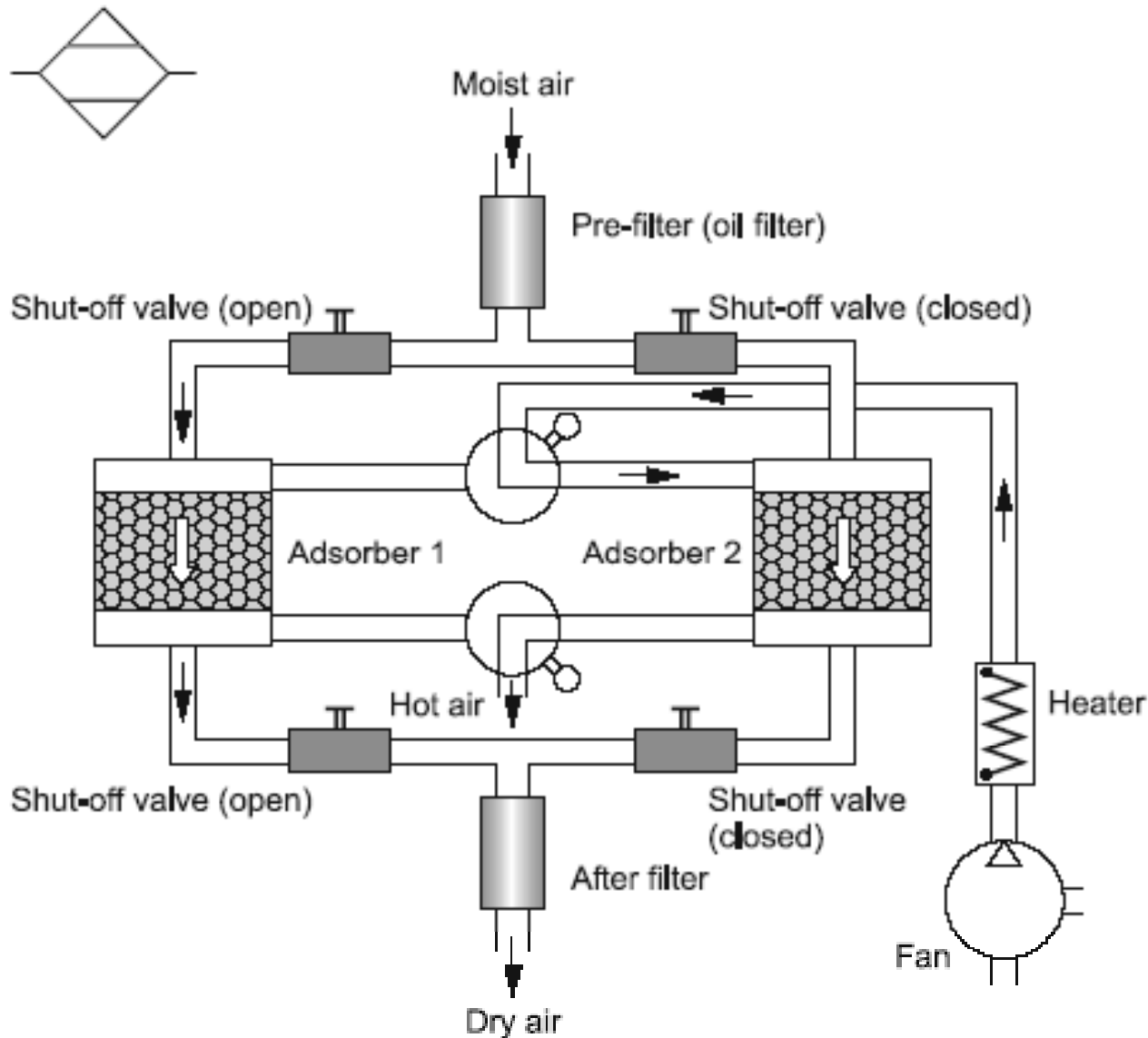
# Rashladni sušač



- 1 Odvod zraka
- 2 Ulaz zraka
- 3 Separator
- 4 Ispusni ventil
- 5 Hladnjak
- 6 Ispusni ventil
- 7 Hladna serpentine
- 8 Izmjenjivač topline

**HLAĐENJEM ZRAKA  
ISPOD TOČKE ROŠENJA  
DOVODI DO IZDVAJANJA  
VLAGE IZ ZRAKA.**

# SUŠENJE ZRAKA



## ADSORPCIJSKO SUŠENJE

- Sredstvo za sušenje GEL
- GEL je granulat siliciumdioksida
- Najniže točke rošnja –  $90^{\circ}\text{C}$
- Dva adsorbera jedan u pogonu dok se drugi regenerira sušenjem vrućim zrakom

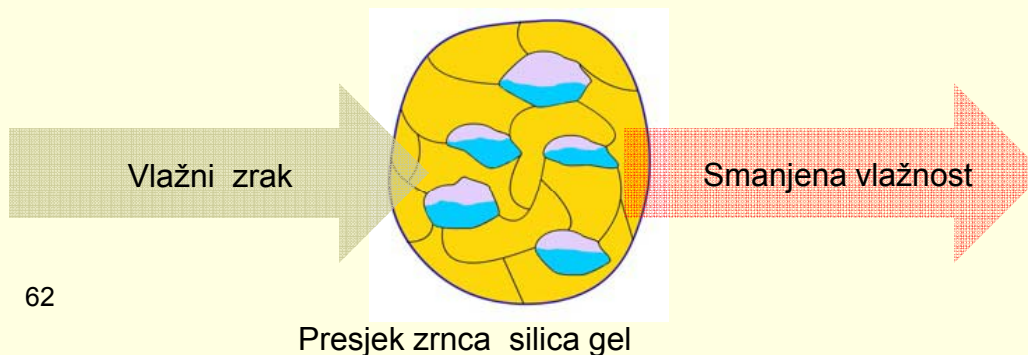
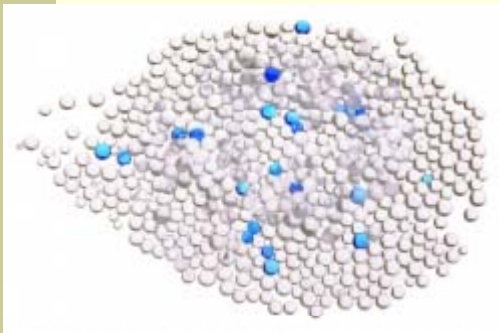
# Regenerativna adsorpcija

Adsorpcija sušilice se sastoji od granula koji je poznat kao Silica Gel.

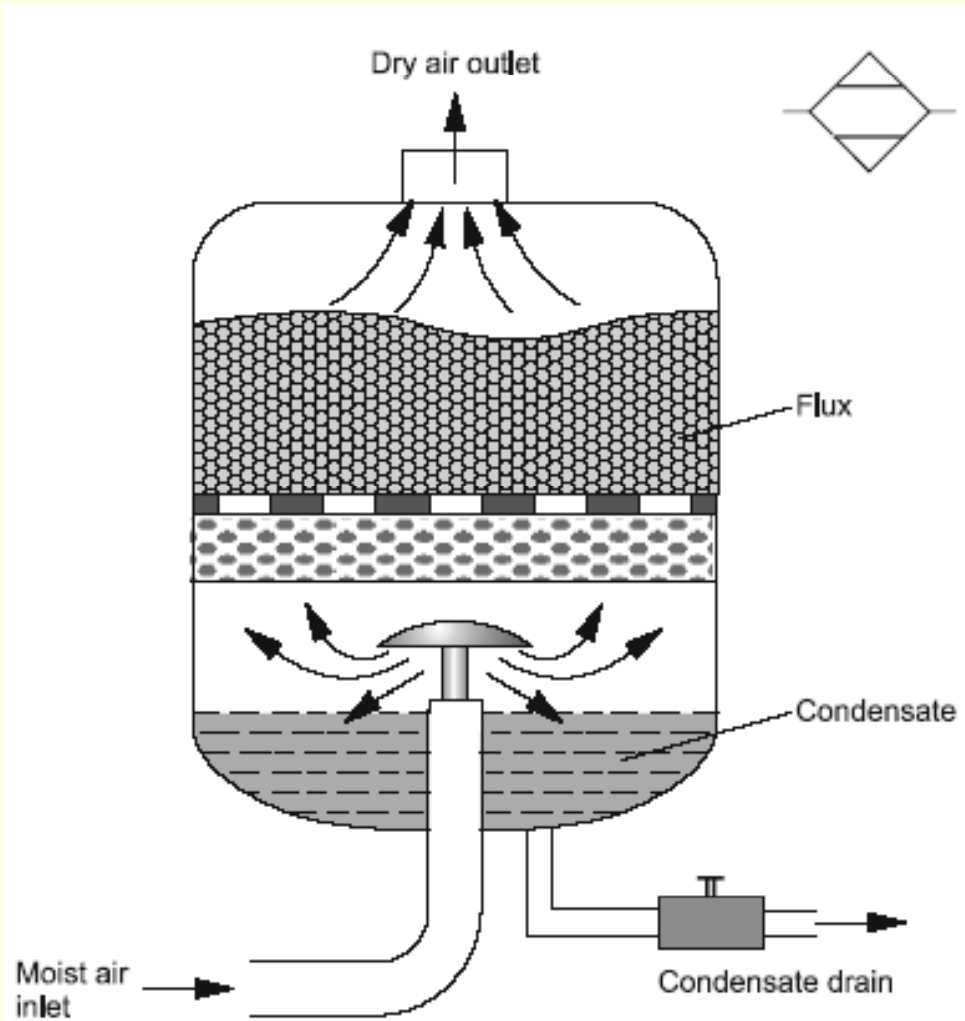
Ove granule su od natrijevog silikata i oni imaju vrlo veliku mogućnost vezivanja s vodom.

Silica Gel ima šupljine u tijelu. Kada se te šupljine napune vodom, mora se gel regenerirati.

Postoje Silica Gel vrste koje imaju boju pokazatelj zasićenosti. Kada su suhe, one su plave, kad su zasićene sa vodom, oni su ružičasta



# SUŠENJE ZRAKA



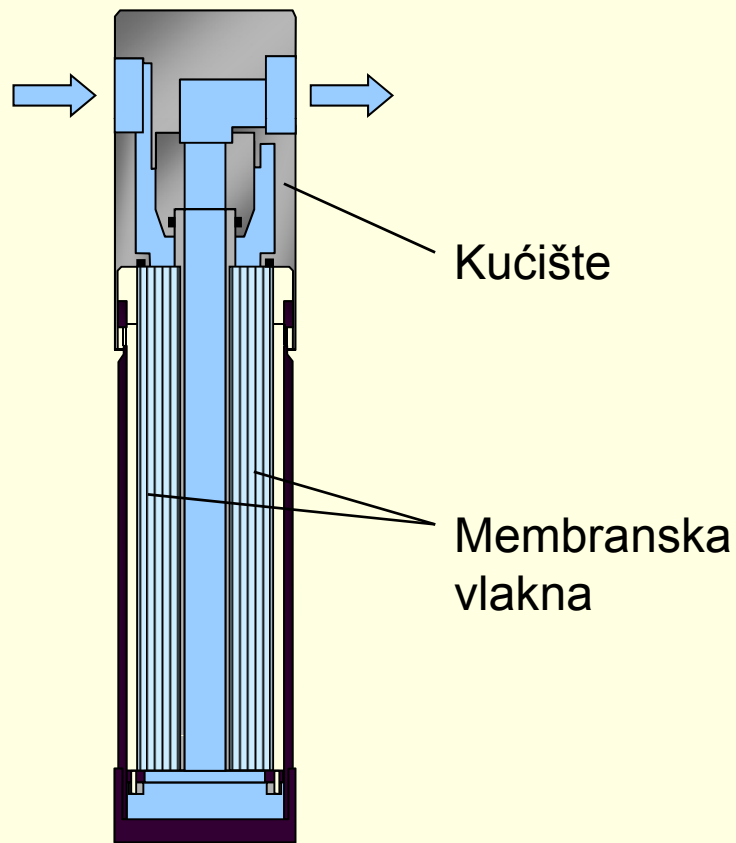
## ABSORPCIJSKO SUŠENJE

- **Kemijski postupak**
- **Rijetka primjena (cijena)**
- **Kruta ili tekuća tvar veže vlagu koja se taloži u tekućem stanju na dnu posude.**
- **Tekućina se mora redovito ispuštati, a sredstvo za vezanje vlage obnavljati.**

# Membranski sušaći



64



Koncept protoka sa zasićenjem izvana prema unutra omogućuje uporabu visoko otpornih membranskih vlakana u ulošku sušaća kako bi se osigurali izvanredni rezultati sušenja.

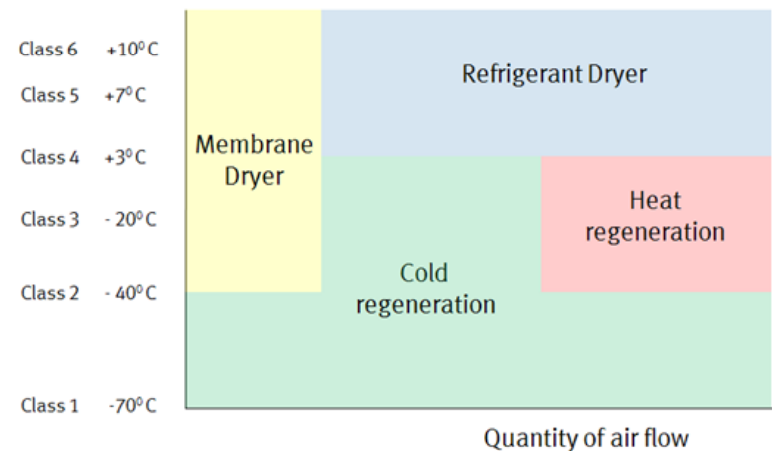
Osigurava iznadprosječne rezultate sušenja učinkovitim uklanjanjem vlage, povećanu tlačnu stabilnost i smanjeni diferencijalni tlak.

# Klase čistoće i metode sušenja zraka

## ISO 8573-1

Klasa	Prašina		Voda		Ulje
	max veličina $\mu\text{m}$	max. koncentracija $\text{mg}/\text{m}^3$	max tlak rosište $^{\circ}\text{C}$	$\text{g}/\text{m}^3$	koncentracija $\text{mg}/\text{m}^3$
1	0.1	0.1	- 70	0,003	0.01
2	1	1	- 40	0,12	0.1
3	5	5	- 20	0,88	1
4	15	8	+ 3	6,0	5
5	40	10	+ 7	7,8	25
6	-	-	+ 10	9,4	-
7	-	-	-	-	-

Air quality and dew point



# Zrak

---



1 m<sup>3</sup> zraka sadrži

- do 180 milijuna čestica prašine
- do 50 g vode (pri 50° C)
- do 0,03 mg ulja
- razne kemikalije kao što su olovo, kadmij itd.

# Komprimirani zrak

Komprimirani zraka je najučinkovitiji kada su ostvaren uvjeti:



Pravi tlak



Manje nečistoće

Manje  
kondenzata



Ispravno  
zauljivanje





# Komprimirani zrak



Krivo podešavanje tlaka može dovesti do:

- oštećenje komponenata
- vibracija stroja i loša kvaliteta proizvoda
- više propuštanja zraka
- visoki operativni troškovi



Više čestica u sustavu može rezultirati:

- oštećenje komponenata
- blokiranjem elemenata
- kvara sustava

# Komprimirani zrak

---



Više kondenzata u sustavu može rezultirati:

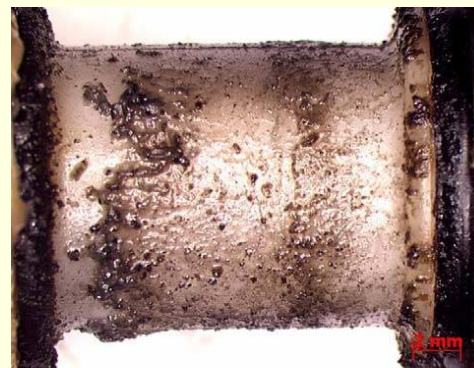
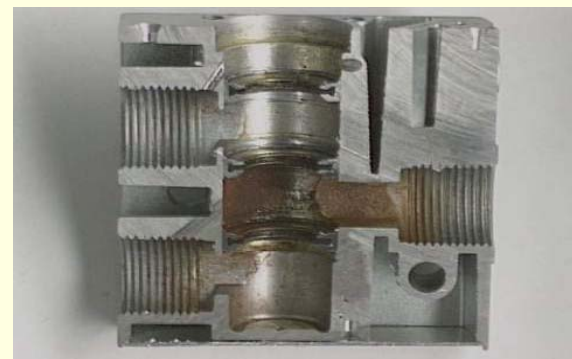
- korozijom
- niže brzine zraka
- mulj



Pogrešno prilagodba ili vrstu ulja može rezultirati:

- oštećenje komponenata
- ispiranje kanala s teflonskom podlogom
- bojenje proizvoda uljem

# Loša priprema zraka



# Priprema zraka

---



# Pripremna grupa



filtriranje  
prašine i  
kondenzacije

+



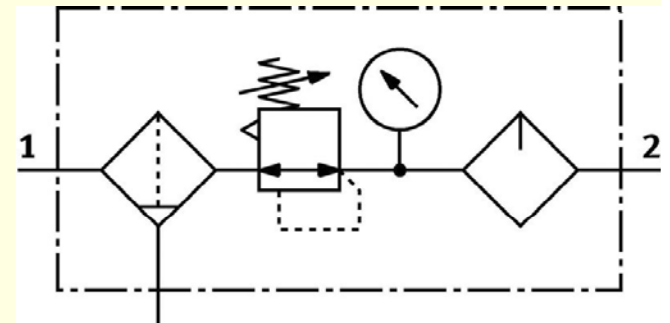
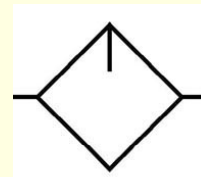
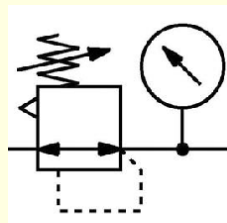
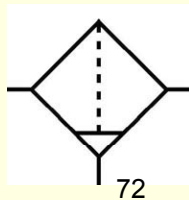
reguliranje  
tlaka

+

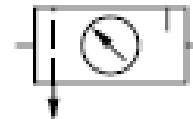
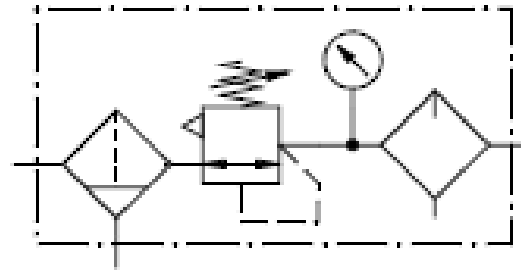


podmazivanje  
sustava

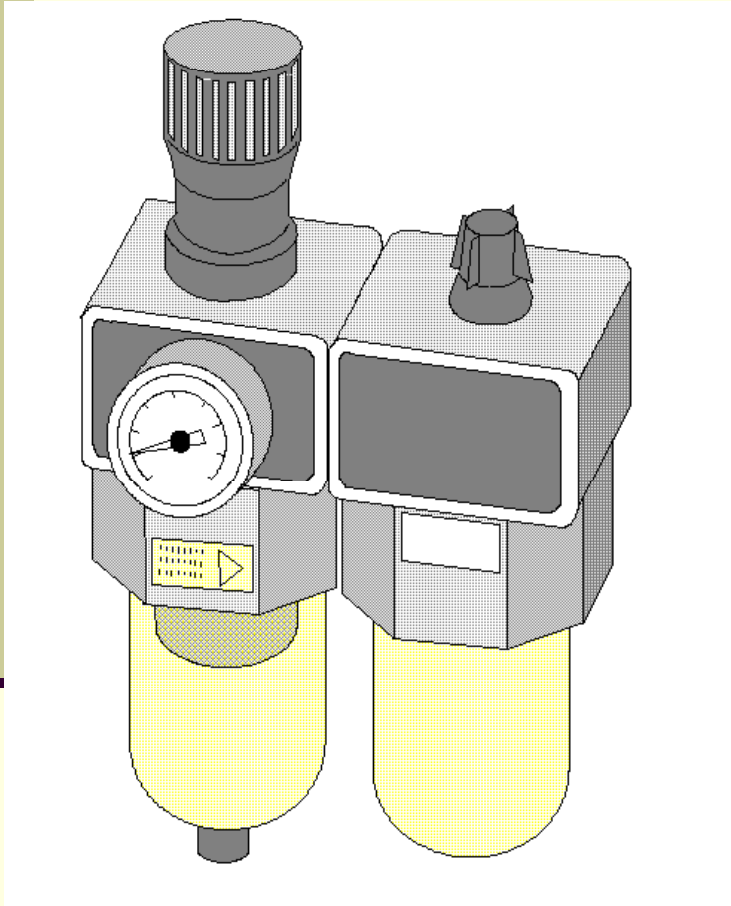
=



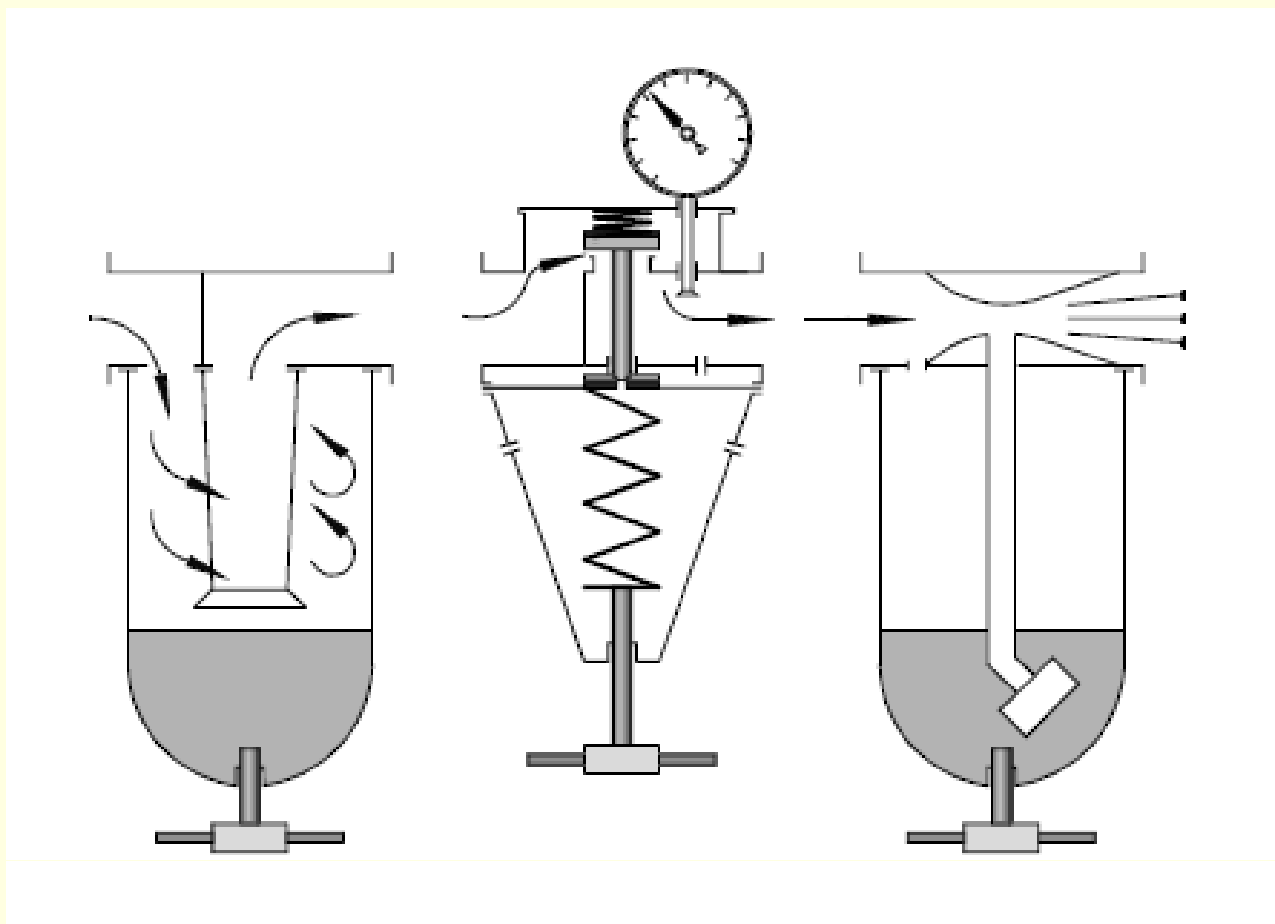
# PRIPREMNA GRUPA



# PRIPREMNA GRUPA ELEMENATA (starije generacije)



# Protok zraka kroz pripremnu grupu



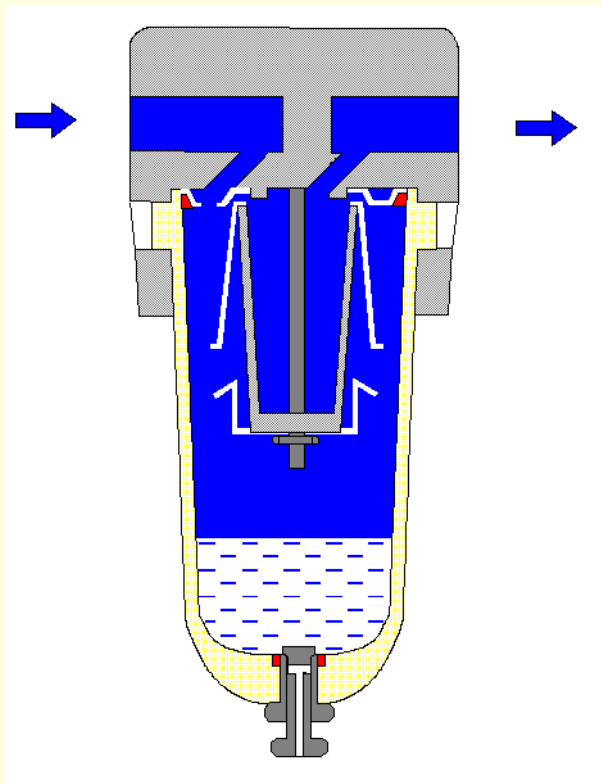


# Pripremna grupa

- novije generacije



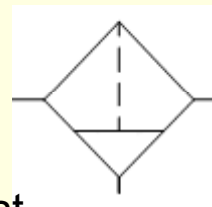
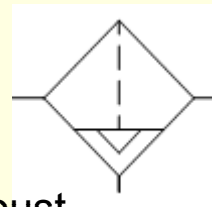
# PREČISTAČ ZRAKA ( FILTER)



# Ispust kondenzata



Automatski ispuš kondenzata



Ručni ispuš kondenzata



# Prašina i kondenzat

---

## Izmjena filtera

Filter treba zamijeniti kada postoji pad tlaka između ulaza i izlaza na prečistaču zraka.



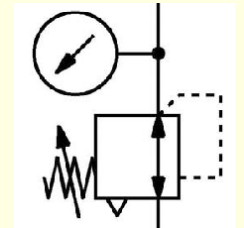
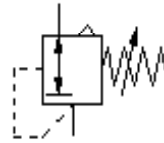
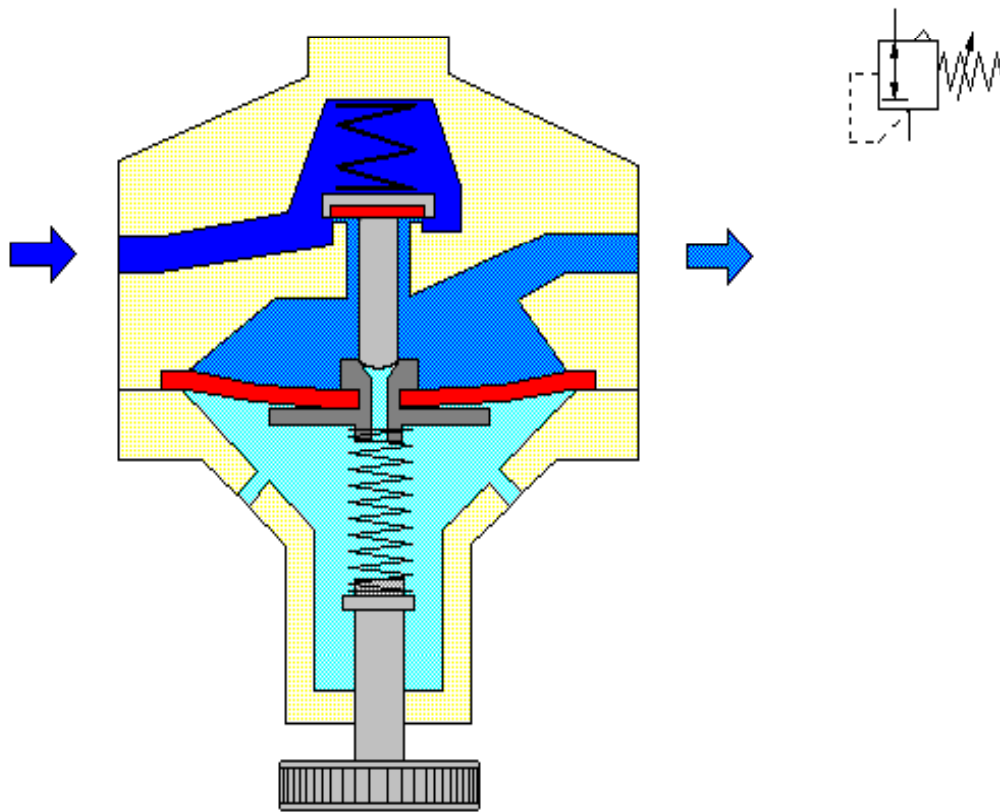
# Prašina i kondenzat

## Izmjena filtera

Najbolji način je instalirati pokazatelj pada tlaka za promjenu filtra.



# REGULATOR TLAKA

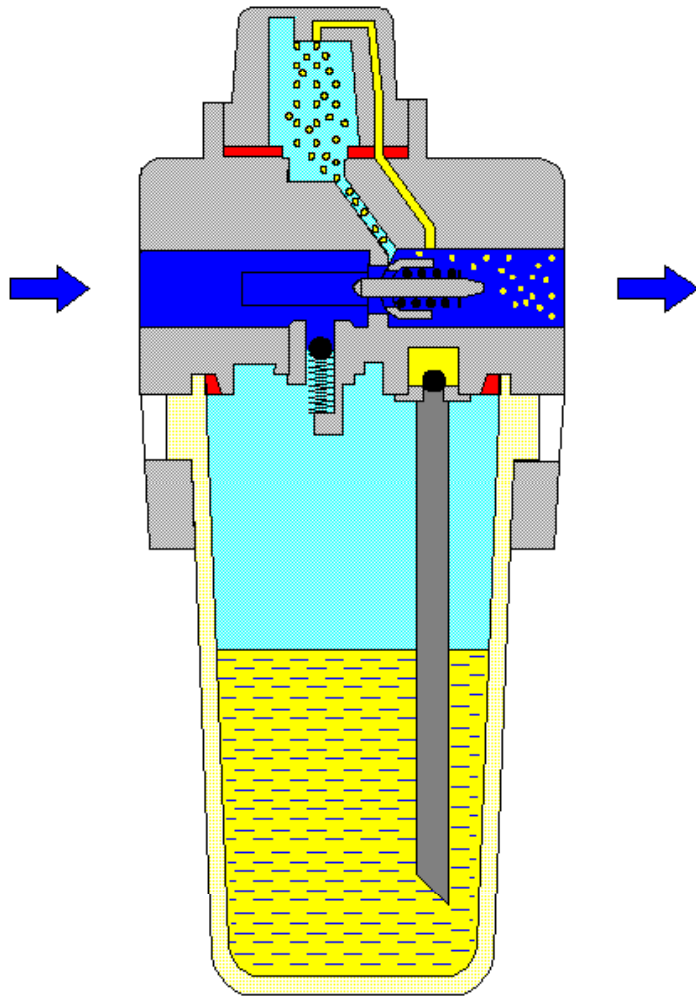


# Namještanje tlaka



Daljinsko namještanje tlaka preko PLC-a

# ZAULJIVAČ



- VENTURIJEVA CIJEV

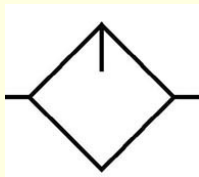


# Podmazivanje

Pitanje: Koju vrstu ulja treba koristiti?

U sustavima koji se podmazuju najbolje je koristiti

hidrauličko ulje viskoznosti 32 [mm<sup>2</sup> / s]



Nauljivač (Zauljivač)

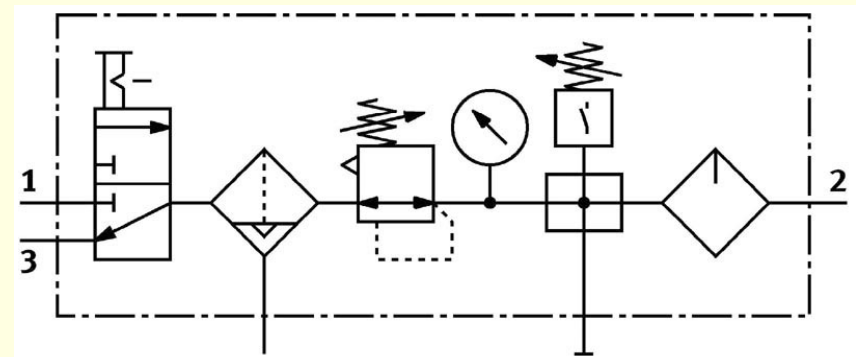
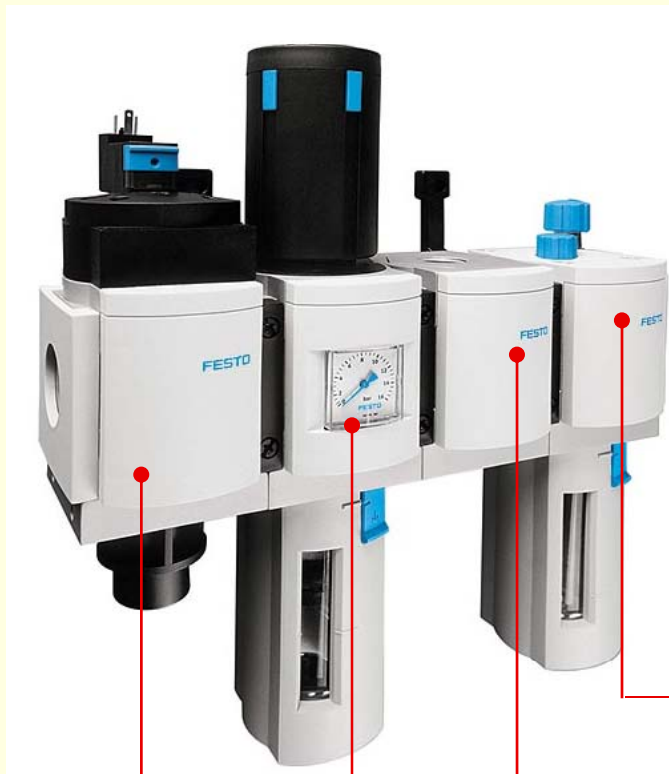
# Podmazivanje

---

## Namještanje nauljivača



# Pripremna grupa



Zauljivač

Modul za grananje

Filter-regulator

On-off  
ventil

# On-off ventil

On-off ventil je 3/2 razvodnik



Ručni



Električni



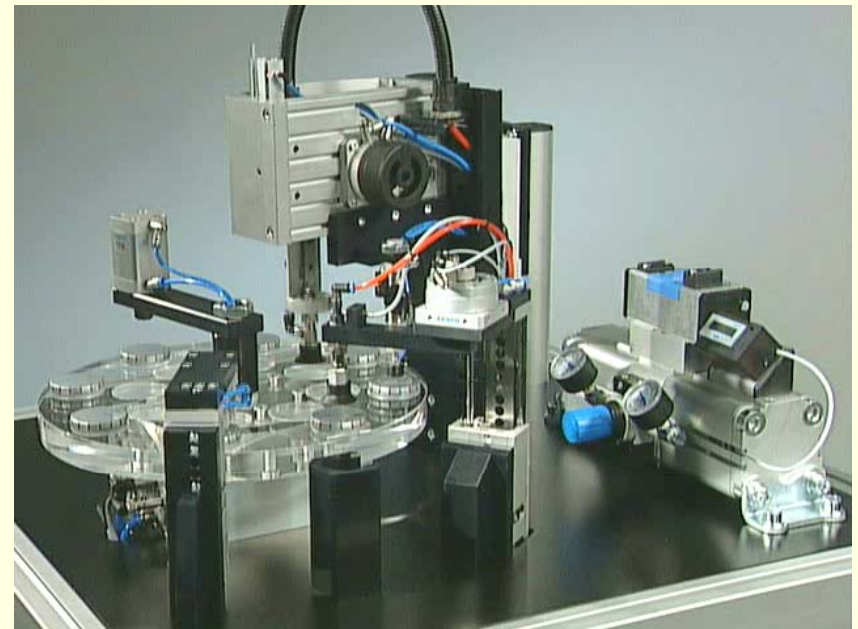
# Soft start (meki start)

U mnogim sustavima nije sigurno sustav odmah staviti pod max. tlak. Kako bi to spriječili koristi se ventil za postupni start koja omogućuje sporiji porast tlaka



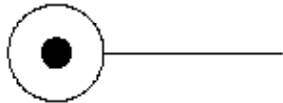
# Pojačalo tlaka (booster)

Pojačalo tlaka povečava tlak do dvstruke ulazne vrijednosti.

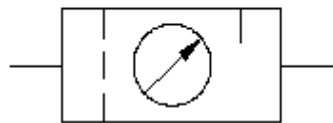


# PRIPREMA STLAČENOG ZRAKA

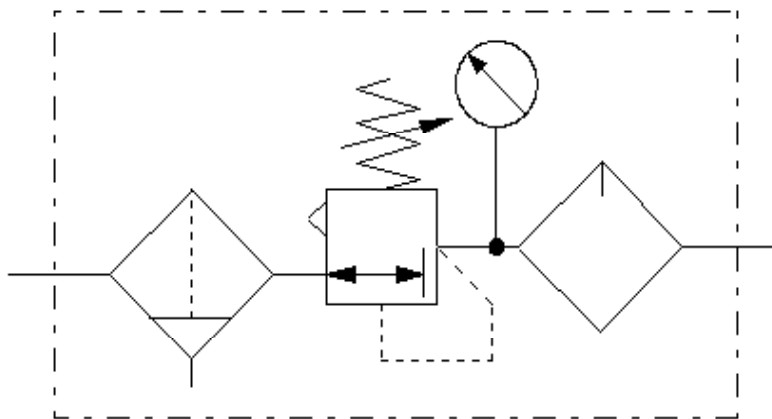
- simboli



IZVOR TLAKA (KOMPRSOR)



PRIPREMNA GRUPA ELEMENATA

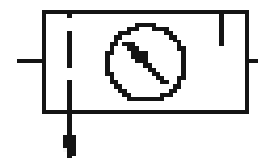
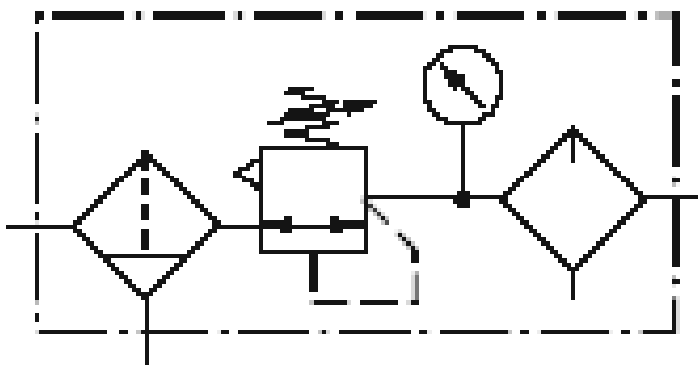


PRIPREMNA GRUPA  
ELEMENATA

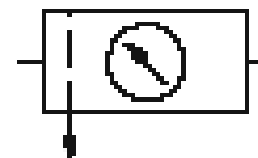
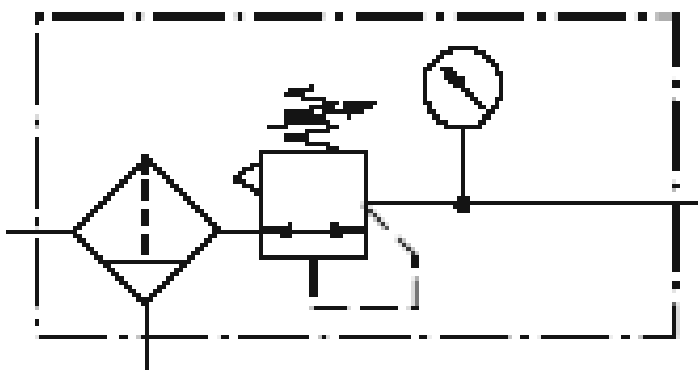
( PUNI SIMBOL )

# PRIPREMNA GRUPA ELEMENATA

S ZAULJIVAČEM

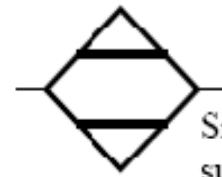


BEZ ZAULJIVAČA

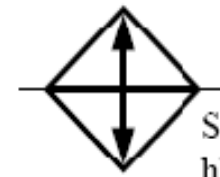




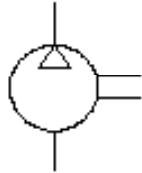
# SIMBOLI



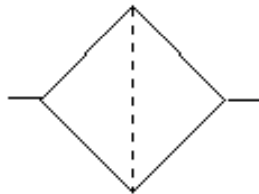
Simbol  
sušila



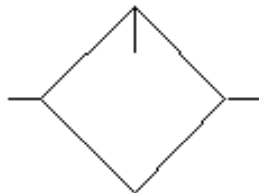
Simbol  
hladnjaka



KOMPRESOR



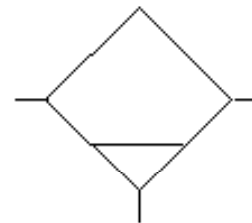
FILTER



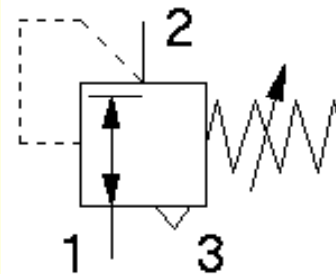
ZAULJIVAČ



SPREMNIK



ODVAJAČ  
KONDEZATA



REGULATOR  
TLAKA

# OPSKRBNI SUSTAV ZRAKOM

MEĐUSPREMNIK ZA  
VIŠE POTROŠAČA

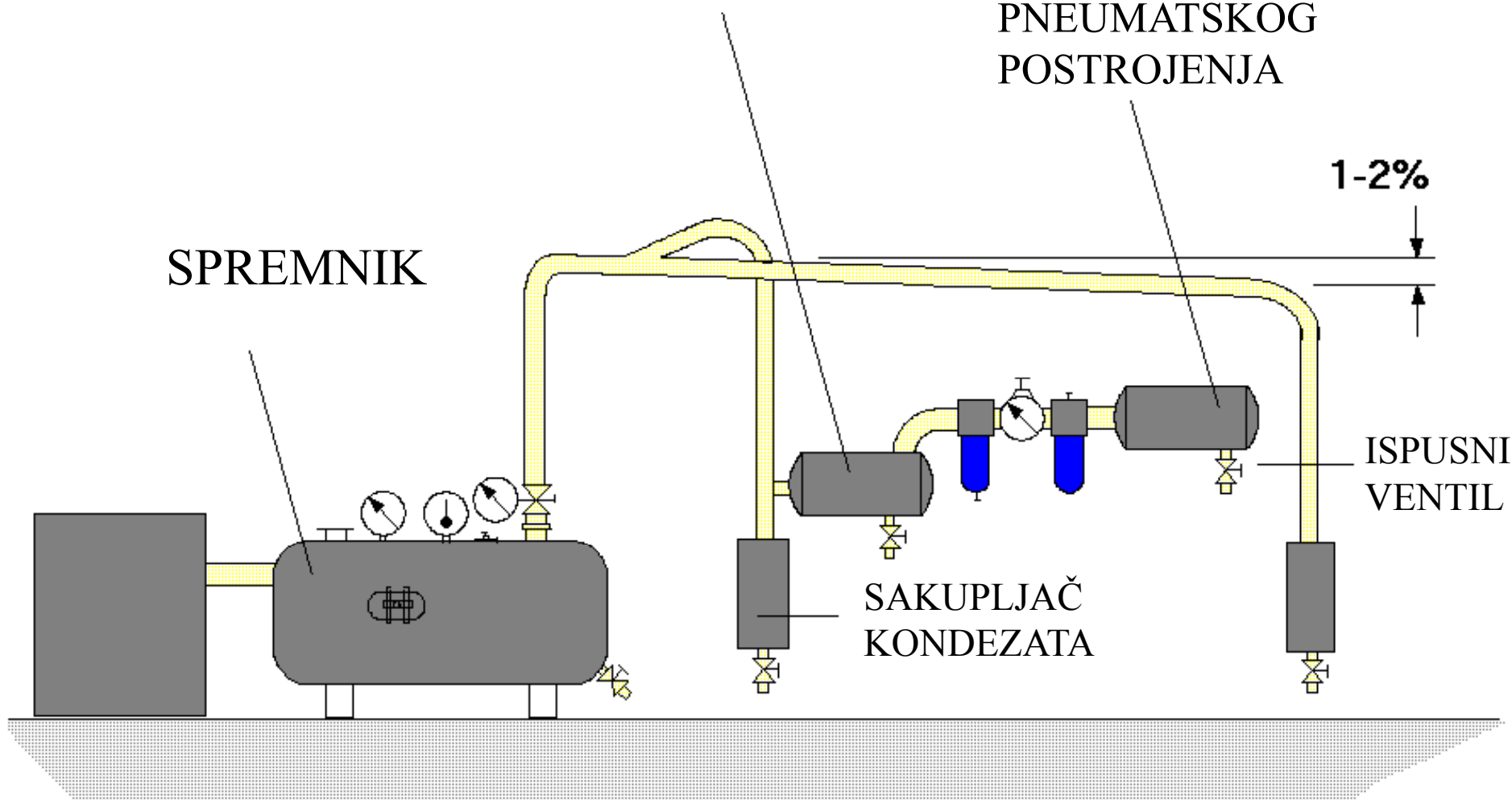
SPREMNIK KOD  
PNEUMATSKOG  
POSTROJENJA

SPREMNIK

1-2%

ISPUSNI  
VENTIL

SAKUPLJAČ  
KONDEZATA



# Cijevovodi

---

Cijevi se izrađuju od čelika, bakra i plastičnih materijala.

Za glavne vodove rabe se uglavnom čelične cijevi koje se na spojevima zavaruju ili spajaju prirubnicama.

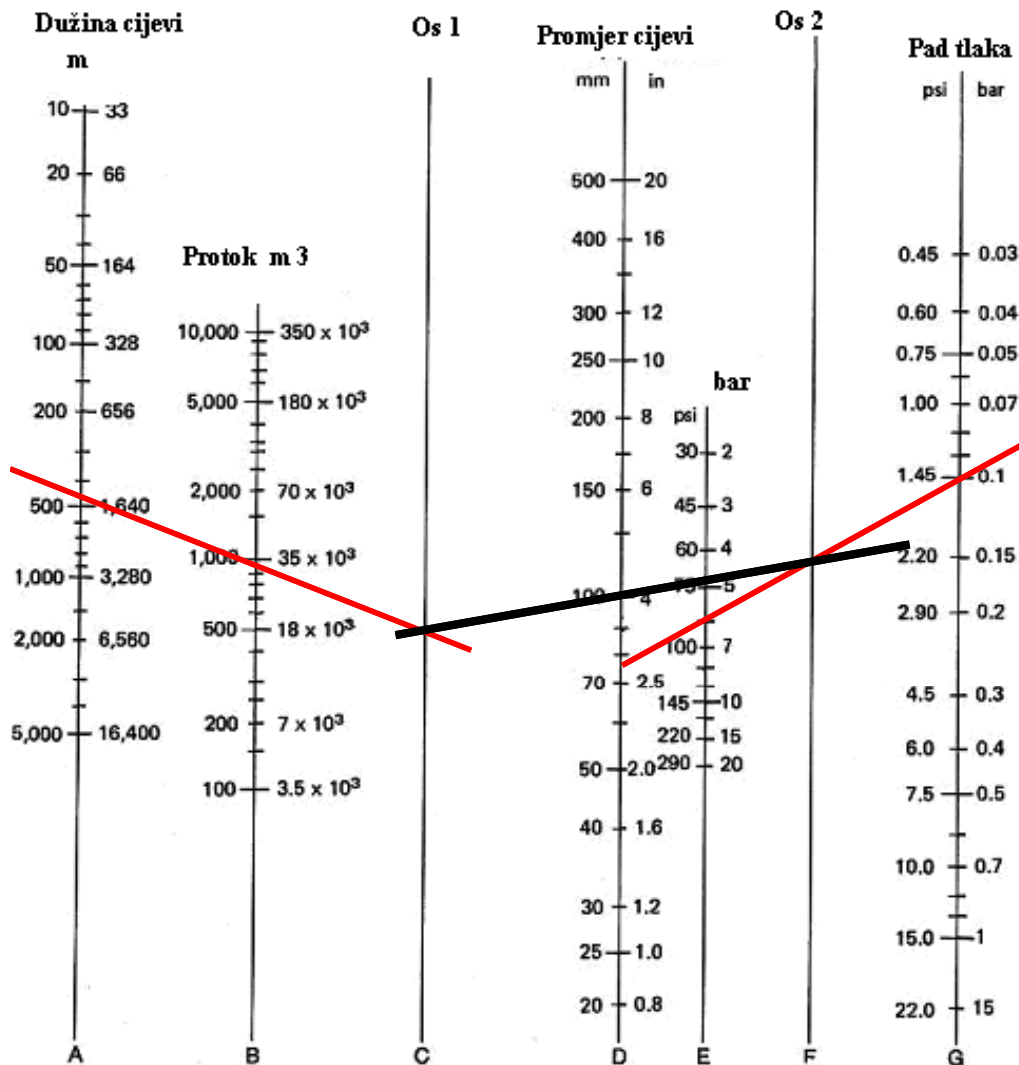
Mali promjer cijevi može uzrokovati velike brzine zraka, što rezultira većim padom tlaka zbog trenja unutar cijevi.

Pad tlaka u cijevovodu ne smije biti veći od 0.1 bara uključujući sve priključke i spojnice.

Plastične cijevi se koriste za tlakove do 10 bara i radne temperature do 35°C.

# IZBOR PROMJERA CIJEVI

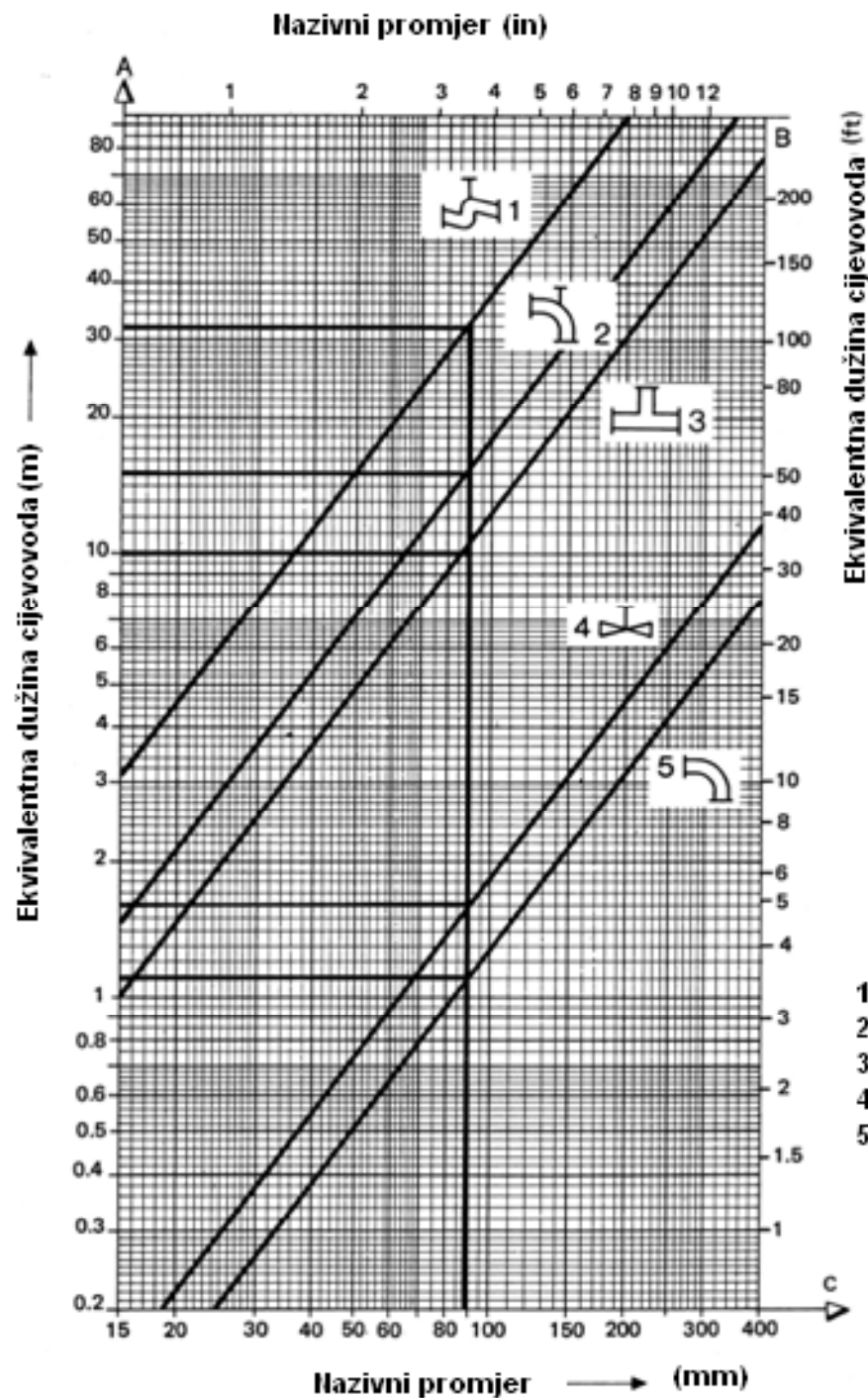
## Nomogram



- potrošnja zraka od 16 m<sup>3</sup>/min = 960 m<sup>3</sup>/h
- cjevovod duljine 400 m
- pad tlaka sustava je 0.1 bar
- radni tlak 6 bara

- Spajamo A i B linije koja siječe i os C i to je točka 1
- Spajamo E i G linije koja siječe i os F i to je točka 2
- Sada spojimo točke 1 i 2 te gdje siječe liniju D dobijemo zadani promjer cjevovoda za zadane uvijete

Očitani promjer cijevi je 98 mm



## Nomogram (zamjena dužina cijevi)

### Ekvivalentne duljine (očitanje iz dijagrama)

6 T-komada (93mm)                      6 x 11 = 66 m  
 1 dvosmjerni ventil (93mm)              = 35 m  
 1 razvodnik (93 mm)                      = 1.7 m  
 3 normalna koljena (93mm) = 3 x 1.2 = 3.6 m

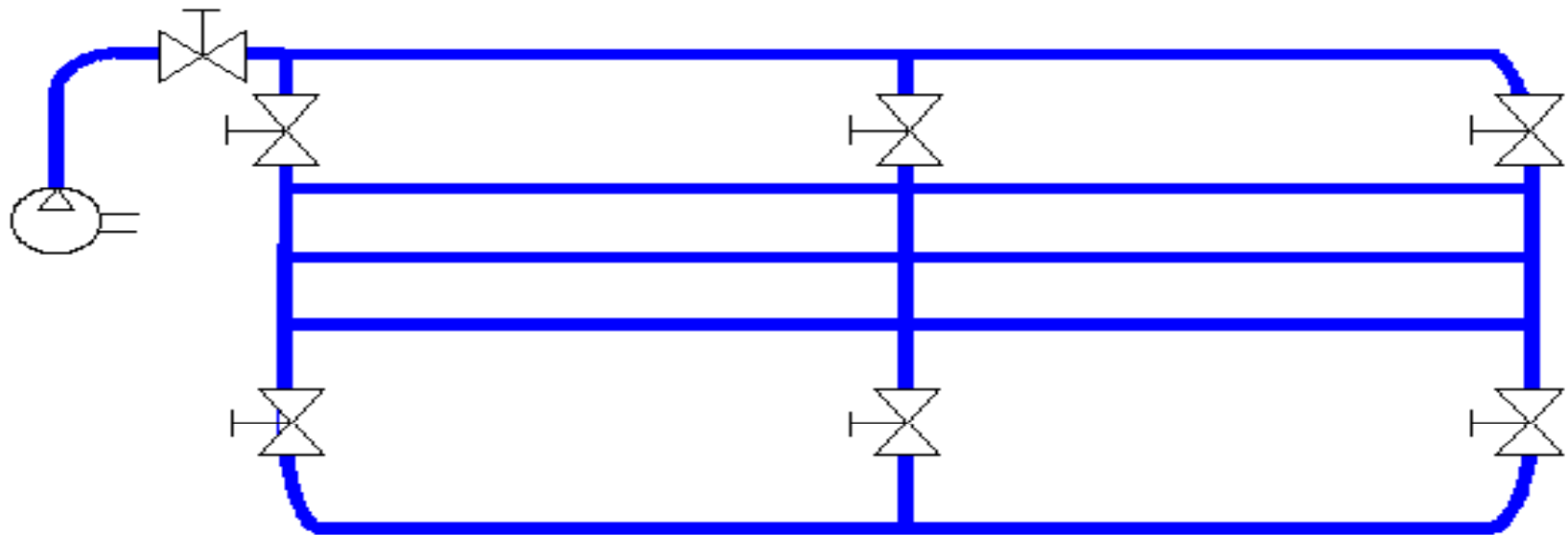
**Ukupno 106.3 m**

### Tablica ekvivalentnih dužina za cijevne elemente

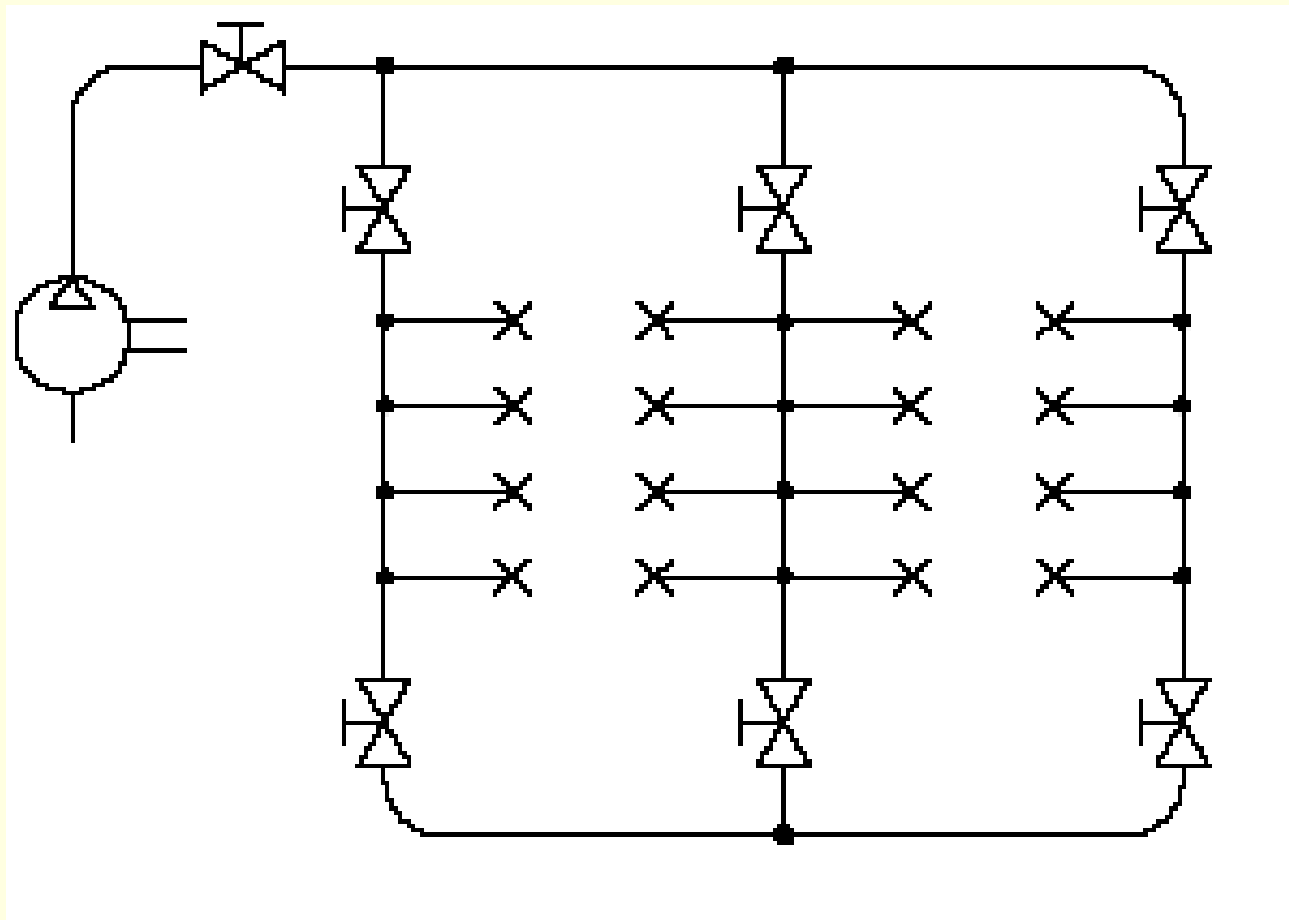
Ekvivalentne dužine cijevi za razne cijevne elemente							
CIJEVNI ELEMENTI	Ekvivalentne dužine [m]						
	Unutarnji promjer [mm]						
	25	40	50	80	100	125	150
Ventil sa sjedalom	3-6	5-10	7-15	10-25	15-30	20-50	25-60
Membranski ventil	1,2	2,0	3,0	4,5	6	8	10
Zasun	0,3	0,5	0,7	1,0	1,5	2,0	2,5
Oštri kutni spoj	1,5	2,5	3,5	5	7	10	15
Koljeno R=d	0,3	0,5	0,6	1,0	1,5	2,0	2,5
Koljeno R=2d	0,15	0,25	0,3	0,5	0,8	1,0	1,5
T-komad	2	3	4	7	10	15	20
Suženje	0,5	0,7	1,0	2,0	2,5	3,5	4,0

- 1 - ventili
- 2 - kutni ventili
- 3 - T spoj
- 4 - Cijevni ventil
- 5 - koljena

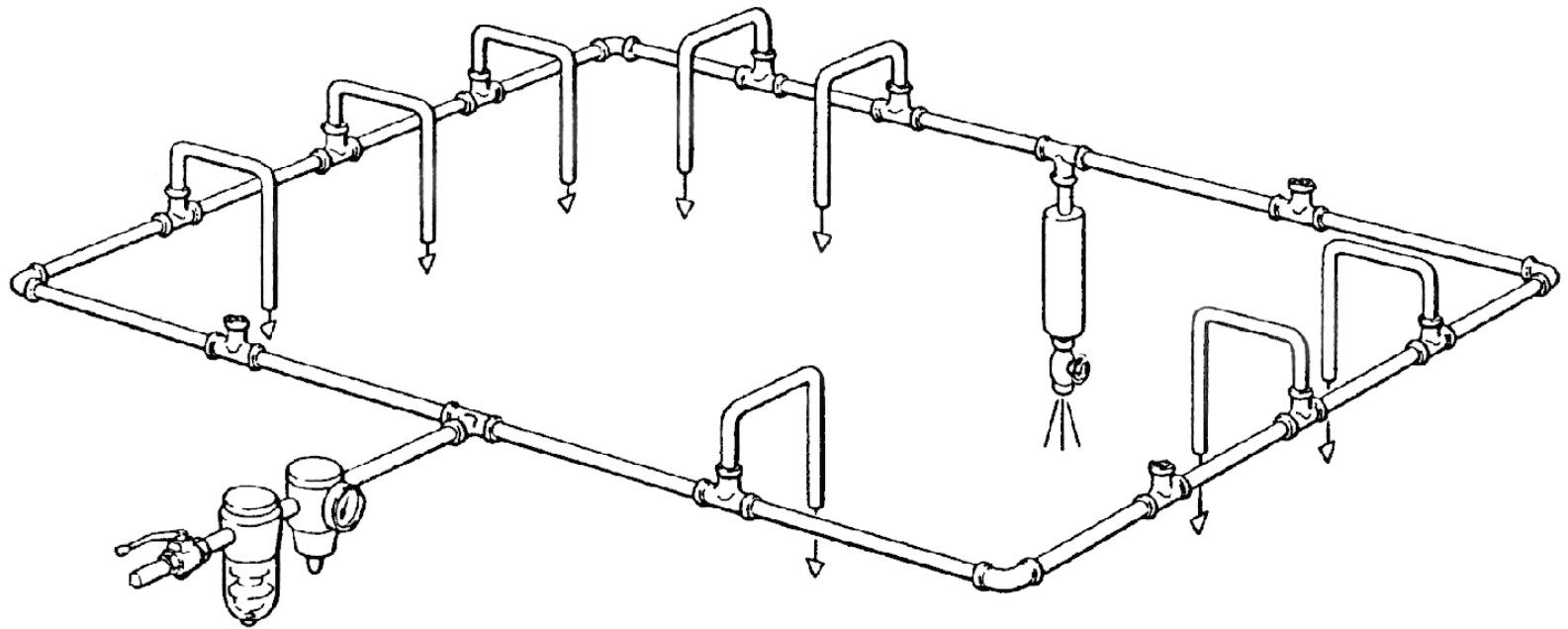
# RAZVODNA MREŽA



# RAZVODNA MREŽA



# RAZVODNA MREŽA



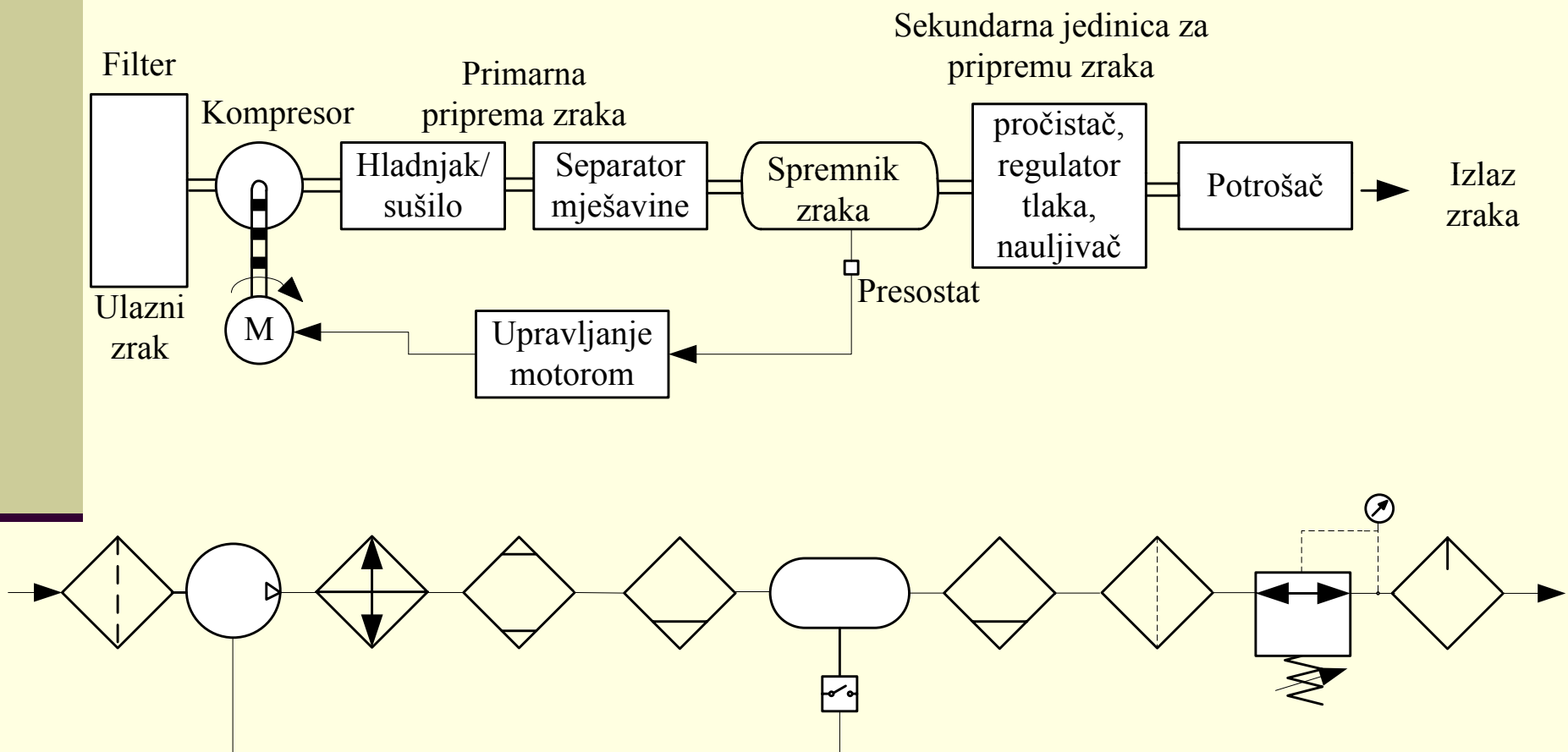


# RAZVODNA MREŽA

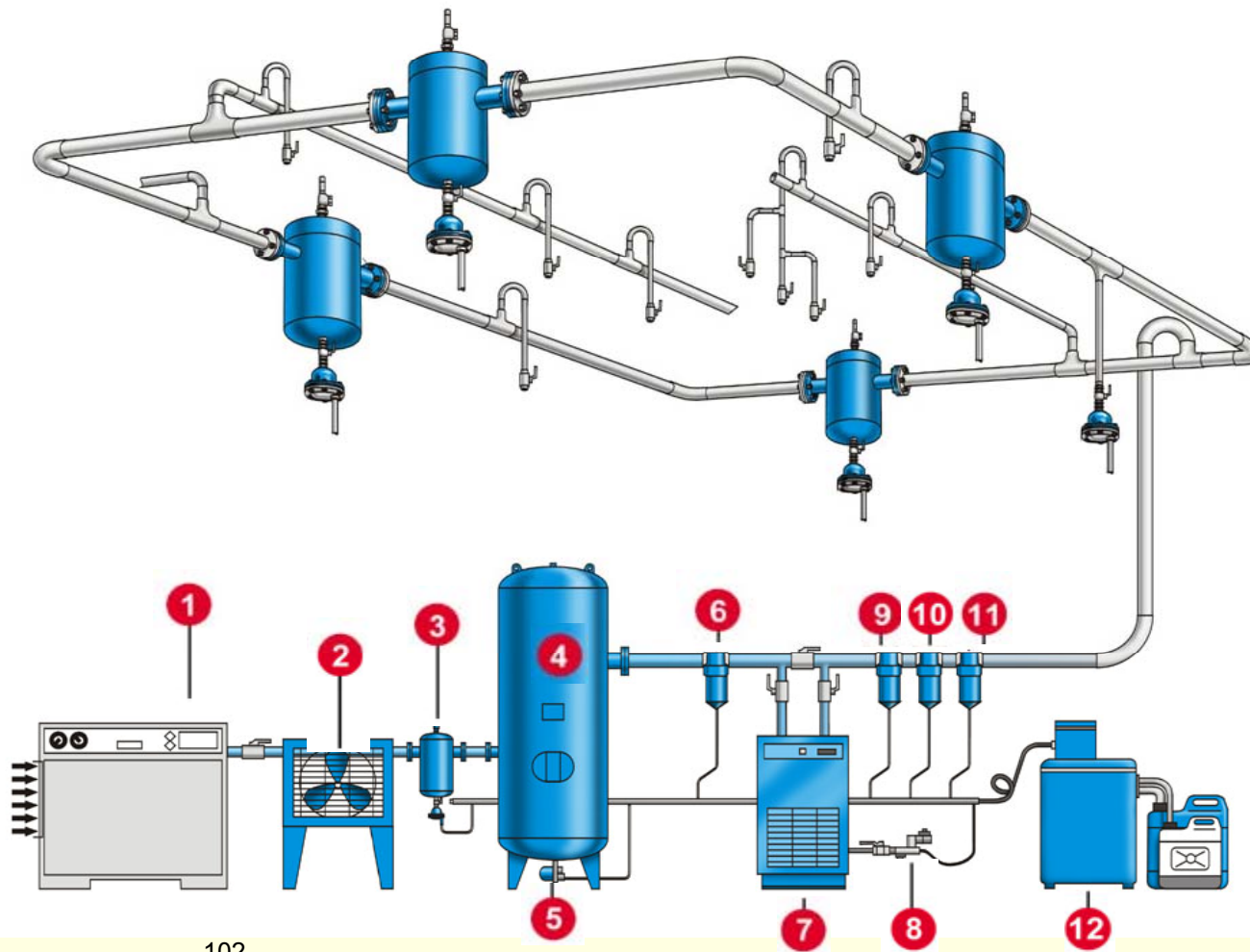
---



# Shema napajanja i razvoda pneumatskog sustava



# OPSKRBNI SUSTAV ZRAKOM



- 1 Kompresor
- 2 Hladnjak
- 3 Odvajač kondenzata
- 4 Spremnik
- 5 Ispust kondenzata
- 6 Pred-filter
- 7 Sušač
- 8 Elektro ventil
- 9/10/11 Filteri
- 12 Separator voda i ulje