Príprava vzduchu, základné pojmy

Stlačený vzduch

POZOR! Základný predpoklad **bezpečného fungovania pneumatického systému**, ktorým je **kvalita stlačeného vzduchu**, nemôže byť zanedbaná.

Hlavné zložky vzduchu sú **dusík** (N2) 78,09 %, **kyslík** (O_2) 20,95 %, **argón** (Ar) 0,93 % a **iné plyny** 0,03 % ako CO_2, metán, či vzácne plyny. Vzduch môže obsahovať ďalšie znečisťujúce látky, ako napríklad plyny s obsahom síry, CO, vodnú paru a rôzne pevné častice (prach).

Okrem spomenutých sa môže počas kompresie a prepravy hadičkami, alebo rozvodmi dostať do stlačeného vzduchu ďalšie znečistenie ešte pred miestom použitia.

Pre rôzne potreby využitia sa **normalizovali** aj jednotlivé **triedy čistoty stlačeného vzduchu**.

Triedy čistoty stlačeného vzduchu ISO 8573-1 norma

Najväčšími znečisťovateľmi stlačeného vzduchu sú **pevné častice, voda a olej**. Na základe ich množstva zaraďujeme stlačený vzduch do tried čistoty.

V bode merania obsahuje označenie triedy čistoty nasledovné informácie:

ISO 8573-1:2010 [A:B:C]

- **A** – kategórie pevný častíc | 0 ... 8, X
- **B** – obsah vlhkosti | 0 ... 9, X
- **C** – obsah oleja | 0 ... 4, X

Ak úroveň znečistenia spadá do triedy X, potom je znečisťovateľ najväčší a jeho koncentrácia musí byť uvedená v okrúhlych zátvorkách. V nasledujúcom príklade je uvedená koncentrácia kvapalného obsahu vody, C_w 15 g/m^3.
Napríklad: ISO 8573-1:2010 [4:X(15):3]

Kategorizácia znečisťujúcich látok podľa ISO 8573-1:2010

ISO 8573-1: 2010	Pevné častice				Vlhkosť		Olej
	Maximálny počet častíc, častice / m^3			Koncentrácia častíc	Rosný bod	Koncentrácia tekutiny	Celkový obsah oleja (tekutiny, aerosóly, pary)
	priemer častíc						
Trieda	0,1...0,5 µm	0,1...0,5 µm	1...5 µm	mg/m^3	°C	g/m^3	mg/m^3
0	Vyššie požiadauky ako pre triedu 1 (stanovené užívateľom)						
1	≤ 20 000	≤ 400	≤ 10	—	≤ -70	—	0,01
2	≤ 400 000	≤ 6 000	≤ 100	—	≤ -40	—	0,1
3	—	≤ 90 000	≤ 1 000	—	≤ -20	—	1
4	—	—	≤ 10 000	—	≤ +3	—	5
5	—	—	≤ 100 000	—	≤ +7	—	—
6	—	—	—	≤ 5	≤ +10	—	—
7	—	—	—	5-10	—	≤ 0,5	—
8	—	—	—	—	—	0,5 - 5	—
9	—	—	—	—	—	5 - 10	—
X	—	—	—	> 10	—	> 10	> 10

Pre štandardné použitie pneumatických zariadení sa odporúča použiť nasledovnú úroveň čistoty vzduchu:
ISO 8573-1:2010 [7:4:4]

Povolená úroveň znečistenia podľa normy:

- koncentrácia pevných častíc **5-10 mg/m^3**
- rosný bod vodnej pary by mal byť nižší ako **3 °C**
- koncentrácia oleja maximálne **5 mg/m^3**

V prípade špeciálnych aplikácií môže nastať potreba pre prísnejšie čistotné podmienky, ktoré môžeme dosiahnuť efektívnejšou prípravou vzduchu.

Pojmy súvisiace s prípravou stlačeného vzduchu

Pri výrobe stlačeného vzduchu je dôležitým aspektom, aby sme dokázali vyrobiť **bezolejový** stlačený vzduch pri čo **najnižších nákladoch** a zároveň ho pripraviť na použitie čo **najhospodárnejším** spôsobom.

V súčasnosti dokážeme vyrobiť stlačený vzduch dobrej kvality s nízkym obsahom/bez oleja (bezolejovými kompresormi, ako aj kompresormi so vstrekovaním oleja alebo kvapaliny) **za pomoci použitia vhodných prípravníkov vzduchu** – samozrejme treba dbať aj na efektivitu a hospodárnosť aplikácie.

Akú kvalitu má vzduch okolia?

Kvalita stlačeného vzduchu je do veľkej miery ovplyvnená **kvalitou nasávaného vzduchu** z okolia.

V dôsledku emisií (znečistenia ovzdušia) z priemyslu a dopravy môže obsah uhľovodíkov dosiahnuť **4-14 mg/m^3** aj v zónach s bežným znečistením.

V priemyselných halách, kde sa olej používa ako chladiace alebo procesné médium, či mazivo, môže obsah oleja vo vzduchu ďaleko presiahnuť hodnotu **10 mg/m^3**.

K tomu sa pridávajú ďalšie znečisťujúce látky, ako je oxid siričitý, sadze, kovy a **prach** , ako aj **vlhkosť**.

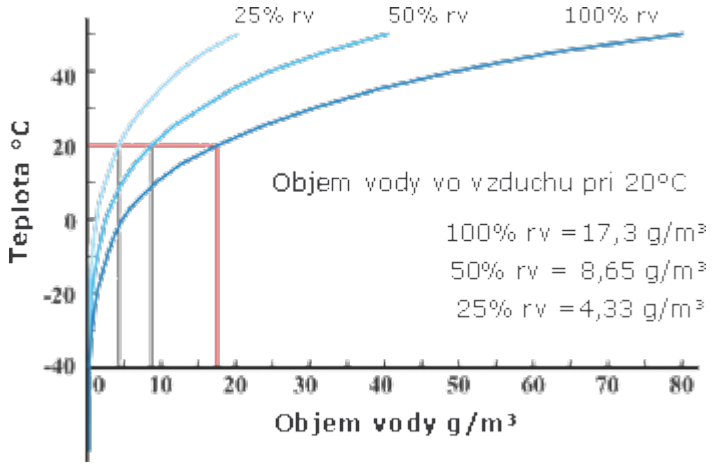
Čo znamená "stlačený vzduch bez oleja"?

Podľa ISO 8573-1 normy môžeme nazvať stlačený vzduch bezolejnatým, keď koncentrácia oleja (vrátate olejovej hmly) je **pod hodnotu 0,01 mg/m^3. To sú približne 4 % množstva, ktoré sa nachádza v okolitom vzduchu.** (*Toto je už tak nízka hodnota, že sa už iba veľmi ťažko zisťuje.*)

Túto úroveň čisto používame v potravinárskom priemysle, farmácii, či špeciálnych oblastiach vyžadujúcich si takto vysokú úroveň čistoty.

Dôvod vlhkosti

Okolitý vzduch vždy obsahuje určité množstvo vody. **Toto množstvo vody závisí od aktuálnej okolitej teploty**. Napríklad vzduch nasýtený vodnou parou na 50 % pri teplote +20 °C obsahuje 8,65 gramov vody na meter kubický.



Absolútna vlhkosť udáva množstvo vody v 1 m^3 vzduchu.

Maximálna vlhkosť (hodnota nasýtenia) je najväčšie množstvo vody, ktoré dokáže absorbovať 1 m^3 vzduchu pri danej teplote.

Z hľadiska vlastností vzduchu je však dôležité vedieť aj to, nakoľko je vzduch nasýtený vodou a koľko vlhkosti dokáže absorbovať.

Relatívna vlhkosť sa udáva ako percento maximálnej vlhkosti.

$$\text{relatívna vlhkosť} = \frac{\text{absolútna vlhkosť}}{\text{maximálna vlhkosť}} \cdot 100\ (\%)$$

Pri danej teplote a tlaku môže daný objem vzduchu absorbovať len určité množstvo vody. Keď absorbuje maximálne množstvo, stanete sa nasýteným.

Maximálna vlhkosť (hodnota nasýtenia) v tabuľke nižšie:

Teplota (°C)	-30	-25	-20	-15	-10	-5	0	5	10	15	20	25	30	35	40
Vlhkosť (g/m^3)	0,4	0,7	1,1	1,6	2,4	3,4	4,8	6,8	9,4	12,8	17,3	23,1	30,4	39,6	51,2

Ak relatívna vlhkosť vzduchu stúpne nad 100%, para v ňom kondenzuje. V prípade danej vzduchovej hmoty sa teplota, pri ktorej z nej voda kondenzuje, nazýva **rosný bod**.

Ak sa zvýši tlak vzduchu nasýteného vodnou parou alebo sa zníži jeho teplota, para z neho kondenzuje. To je presne to, čo sa deje v **kompresore a dochladzovači** - rozpustená vlhkosť vo vzduchu kondenzuje a vzniká kondenzát.

Sušenie stlačeného vzduchu

Keď sa okolitý vzduch ochladí - ako sa to deje v kompresore po stlačení - vodná para kondenzuje.

Praktický príklad

Skrutkový kompresor nasáva **10 m^3 vzduchu za minútu** s relatívnou **vlhkosťou 60% pri teplote 20°C** a okolitom tlaku.

Tento objem vzduchu obsahuje približne **104 g vodnej pary**.

(Maximálna vlhkosť vzduchu pri 20 °C je 17,3 g/m^3, ktorej hodnotu je možné odčítať z nomogramu. Pri 60 % vlhkosti = 17,3 x 60 / 100 = 10,38 g/m^3. 10 m^3 okolitého vzduchu obsahuje = 103,8 g vody.)

Ak sa toto množstvo vzduchu stlačí na kompresný pomer 1:10, čiže tlak **10 bar**, výsledkom bude **1 m^3** stlačeného vzduchu za minútu.

Teplota po stlačení je skoro 80 °C. Pri tejto teplote dokáže vzduch absorbovať 290 g vody na meter kubický.

Avšak v skutočnosti obsahuje iba približne 104 g vodnej pary, **relatívna vlhkosť vzduchu je okolo 36%**, takže nevzniká kondenzát.
(*relatívna vlhkosť = absolútna vlhkosť / maximálna vlhkosť x 100 (%). Nahradené hodnotami: 104 g / 290 g x 100 (%) = 35,8 %.*)

Teplota stlačeného vzduchu v **dochladzovači** klesá z 80 °C na 35 °C. Následne však stlačený vzduch dokáže absorbovať už iba 39,6 g/m^3 vody.

Rozdiel medzi dvoma údajmi nám udáva množstvo vody, ktoré stlačený vzduch nie je schopný naviazať, preto sa vyzráža, približne **64 g/min**.
(*103,8 g/m^3 - 39,6 g/m^3 =64,2 g/m^3*)

V tomto príklade sa počas **8-hodinového pracovného dňa** vyprodukuje takmer **31 litrov kondenzátu**.
(*64,2 g/min x 60 min = 3852 g/h = 3,85 l/h. 3,85 l/h x 8 h = 30,8 l/zmena.*)

Toto množstvo vody sa musí **zo systému odstrániť**, aby sa zaistila prevádzková bezpečnosť. Sušenie stlačeného vzduchu je teda dôležitou súčasťou správnej prípravy vzduchu – popri zohľadnení potrieb použitia.

POZOR! Vlhkosť v stlačenom vzduchu sa oddeľuje a kondenzuje tam, **kde sa zvyšuje prietok** a **znižuje sa jeho teplota**. Tento jav sa zvyčajne vyskytuje najskôr vo vzduchojemoch, ale aj v rozvodnej sieti vzduchu a prevádzkovaných zariadeniach

POZOR! V pneumatických systémoch bežne používané filtre (50 ... 0,01 mikrónov) **nedokážu ovplyvniť vlhkosť vzduchu**, filtrujú iba pevné nečistoty podľa ich jemnosti filtrácie. Množstvo vody, ktoré sa objaví vo filtračných nádobách, obsahuje vlhkosť zhromaždenú vo forme kvapiek v systéme, ale je to malé množstvo v porovnaní s obsahom rozpustenej vlhkosti v stlačenom vzduchu.

Sušenie stlačeného vzduchu

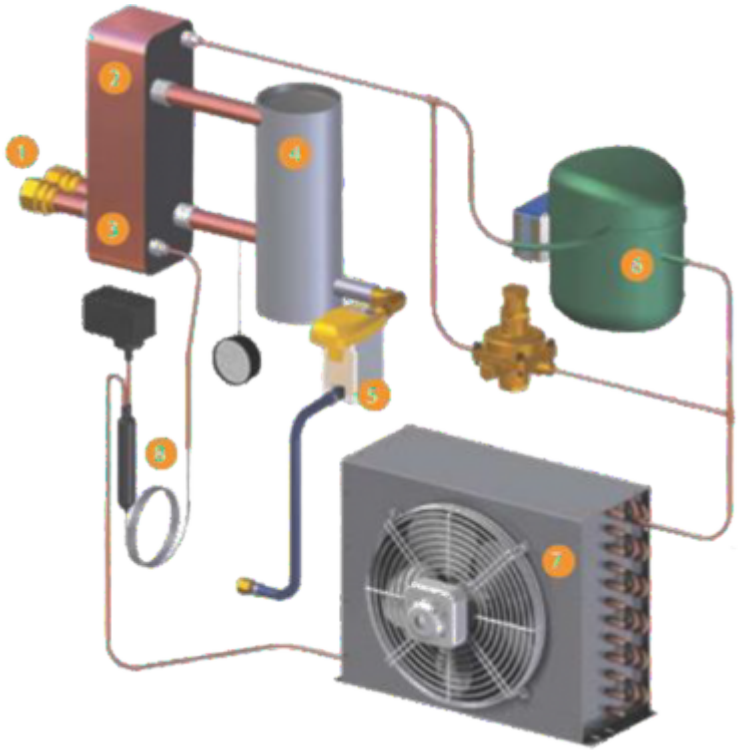
Druhy sušenia vzduchu:

- **absorpčné sušenie**
  Absorpčné sušenie je čisto **chemický proces**. Stlačený vzduch prechádza cez vrstvu sušiacej látky. Voda a vodná para sú chemicky viazané sušiacou látkou, ktorá sa postupne opotrebúva a je potrebné ju dopĺňať a vymieňať.

- **adsorpčné sušenie**
  Adsorpčné sušenie je **fyzikálny proces**, pri ktorom stlačený vzduch prechádza cez porézny materiál, špeciálny gél, ktorý absorbuje vodu a vodnú paru. Schopnosť gélu viazať vodu je obmedzená, preto je potrebné ho po nasýtení jednoduchým zákrokom regenerovať. Náplň sa suší prefukovaním vzduchom.

- **membránové sušenie**
  Membránová sušička sa používa na sušenie stlačeného vzduchu a plynov, s nízkym prietokom (prevažne max. 1000 l/min), v nízkym rosným bodom, ako externý sušič. Jeho centrálnym prvkom je dutá polymérová membrána z mikrovlákna, ktorá je navrhnutá tak, že stenou membrány môžu prechádzať len molekuly vody.

- **sušenie chladením**
  Chladiaca sušička funguje na princípe chladenia na teplotu rosného bodu. Vzduch určený na sušenie prúdi do výmenníka tepla, ktorý je chladiacou jednotkou ochladzovaný na +3°C. Kondenzovaný olej a voda sú vedené výmenníkom tepla do odlučovača kondenzátu. Stlačený vzduch musí následne prejsť cez jemný filter, aby sa odstránili zvyšné nečistoty.



1. vstup a výstup stlačeného vzduchu
2. výmenník tepla vzduch-vzduch
3. výmenník tepla vzduch-chladivo
4. odlučovač kondenzátu
5. odvod kondenzátu
6. kompresor chladiva
7. skvapalňovač chladiva (vzduchom chladený)
8. vstrekovanie chladiacej kvapaliny

Prečo je potrebná príprava vzduchu?

Bez ohľadu na dizajn sú všetky kompresory ako „obrovský vysávač“, ktorý nasáva nečistoty z okolitého vzduchu. Pri stláčaní nečistoty koncentruje a následne pri nedostatočnej príprave vzduchu ich prenáša ďalej do rozvodnej siete.

Výrobu stlačeného vzduchu (kompresor), jeho vhodnú prípravu (chladiace sušiace zariadenie, systémové filtračné jednotky) a jeho dopravu na miesto použitia (rozvodná sieť a hadice) **považujme za „dané“, keďže od tohto bodu môžeme náš systém považovať za pneumatický systém**.



Jedným z definujúcich prvkov v pneumatike je **jednotka na úpravu vzduchu**, keďže týmito jednotkami vieme zabezpečiť vlastnosti vzduchu potrebné pre prevádzku pneumatického systému (*jemnosť filtrácie, hodnota prevádzkového tlaku, úroveň zamlžovania olejom*).

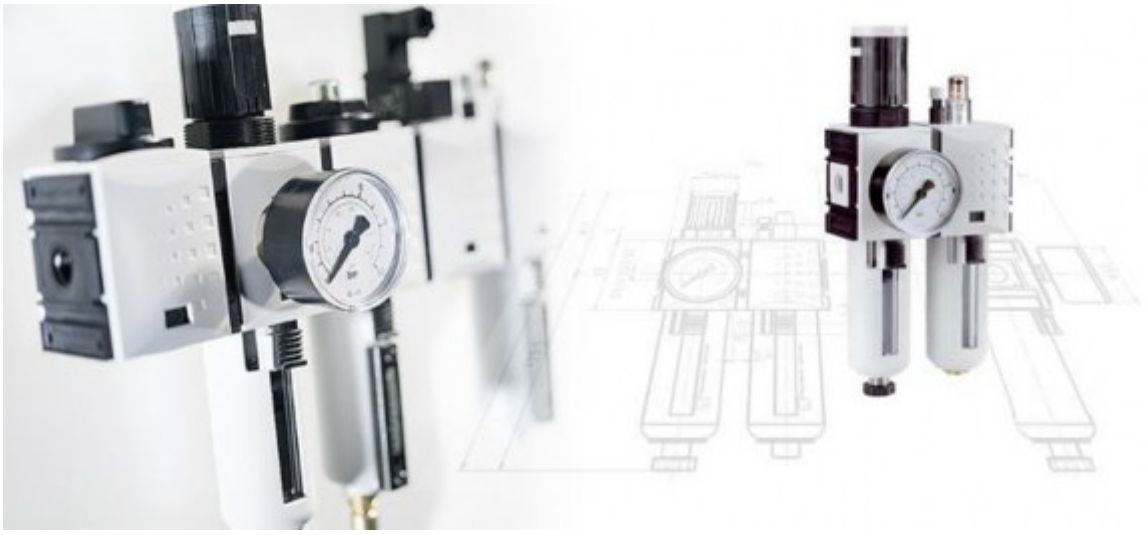
Správne pripravený stlačený vzduch je nevyhnutný pre bezpečnú prevádzku pneumatických zariadení.

Cieľom však nie je len zlepšenie bezpečnosti a spoľahlivosti, ale aj zvýšenie životnosti zariadení. **Pre optimálny výkon a ochranu pneumatických systémov** musí byť stlačený vzduch **suchý**, **regulovaný** a podľa potreby **mazaný**.

Štruktúra pneumatického systému je charakteristická tým, že v závislosti od úlohy je možné do systému bez obmedzenia umiestniť nasledujúce prvky.

Do skupiny **jednotiek na prípravu (úpravu) vzduchu** sú zahrnuté tieto prvky:

- filtre
- regulátory tlaku
- maznice
- zapínacie a pomalonábehové ventily
- distribučné bloky a tlakové spínače



V nasledujúcej kapitole si ukážeme časti a fungovanie prípravníkov vzduchu.