

SI-enheter, symboler och dimensionering

Innehåll

| | |
|---------------------------------------|-----|
| Vanliga pneumatiksymboler | 459 |
| Numrering av anslutningar | 460 |
| Gångstorlekar | 460 |
| Uttryck och definitioner | 461 |
| SI-enheter och benämningar | 462 |
| Enheter för flöde | 463 |
| Dimensionering | 465 |
| Flöde i slang och armatur | 466 |
| Genomsnittlig luftförbrukning | 467 |
| Maximalt luftflöde | 469 |
| Snabbvalstabell för val av rätt flöde | 470 |
| Lyftkraft hos sugkoppar | 471 |
| Tömningstid för sugkoppar | 472 |
| Masströghetsmoment | 474 |

Vanliga pneumatisksymboler

| | |
|--|--|
| | Tillförsel av tryckluft (1 eller P) |
| | Avlopp (3, 5 eller E, R) |
| | Ljuddämpare |
| | Filter med vattenavskiljare och manuell dränering |
| | Filter med vattenavskiljare och automatisk dränering |
| | Tryckregulator med sekundäravluftning |
| | Dimsmörjningsapparat |
| | FRL – kombinerat filter-/regulator-/dimsmörjare-aggregat |
| | Backventil |
| | Strykning |
| | Ställbar strypning |
| | Ställbar stryp-backventil |
| | ELLER-ventil |
| | OCH-ventil |
| | Snabbavluftare |
| | Ventilstyrning, generell symbol |
| | Ventilstyrning, rulle |
| | Ventilstyrning, fjäder |
| | Ventilstyrning, tryckknapp |
| | Ventilstyrning, pilotventil |
| | Ventilstyrning, direktverkande elstyrd |

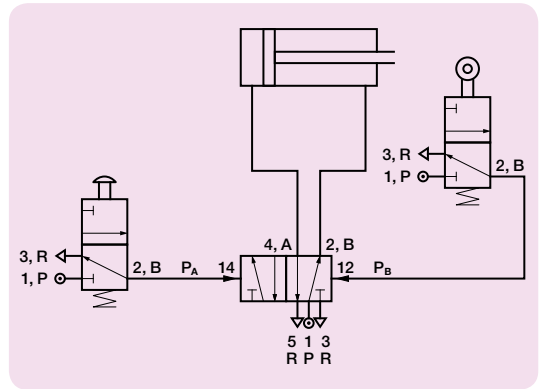
| | |
|--|---|
| | Ventilstyrning, elstyrd pilotventil |
| | 2/2-ventil, normalt stängd, monostabil, tryckknappstyrd med fjäderretur |
| | 3/2-ventil, normalt stängd, monostabil, tryckstyrd med fjäderretur |
| | 3/2-ventil, normalt stängd |
| | 3/2-ventil, normalt öppen |
| | 5/2-ventil, bistabil |
| | 5/2-ventil, monostabil |
| | 5/3-ventil, stängt mittläge |
| | 5/3-ventil, öppet mittläge |
| | 5/3-ventil, påluftat mittläge |
| | Dubbel 3/2-ventil, normalt stängd/normalt stängd |
| | Dubbel 3/2-ventil, normalt öppen/normalt öppen |
| | Dubbel 3/2-ventil, normalt stängd/normalt öppen |
| | Enkelverkande cylinder med fjäderretur |
| | Dubbelverkande cylinder |
| | Dubbelverkande cylinder med magnetkolv för avkännare |
| | Dubbelverkande cylinder med ställbar dämpning i båda ändlägena |
| | Dubbelverkande cylinder med magnetkolv för avkännare och ställbar dämpning i båda ändlägena |
| | Vridcylinder |

Numrering av anslutningar

Förklaring till hur de olika anslutningarna på pneumatiska komponenter benämns.

Portnummer:

- 1 (P)** Inlopp, normalt anslutning till tryckluftstammen.
 - 2 (B)** Utlopp till förbrukare.
 - 3 (R, E)** Avlopp genom vilket den luft avgår som tillförts förbrukare genom anslutning 2.
 - 4 (A)** Utlopp till förbrukare.
 - 5 (R, E)** Avlopp genom vilket den luft avgår som tillförts förbrukare genom anslutning 4.
 - 10** Anslutning för impuls som stänger ventilen. Bara 3/2 N.O.
 - 12** Anslutning för impuls som sätter inloppet 1 i förbindelse med utlopp 2.
 - 14** Anslutning för impuls som sätter inloppet 1 i förbindelse med utlopp 4.
- Ensiffriga jämna tal anger utlopp.
 - Ensiffriga udda tal (utom 1) anger avlopp.
 - Tvåsiffriga tal anger styrledningars anslutningar.



Andra beteckningar förekommer beroende på fabrikat.

Gängstorlekar

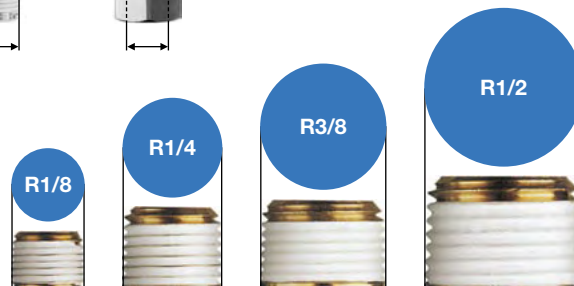


| Gängbeteckning | Utvändig diameter | Invändig diameter |
|----------------|-------------------|-------------------|
| M3 | 3 mm | 2,5 mm |
| M5 | 5 mm | 4,2 mm |
| 1/8" 01 R6 | 9,7 mm | 8,6 mm |
| 1/4" 02 R8 | 13,2 mm | 11,4 mm |
| 3/8" 03 R10 | 16,7 mm | 15 mm |
| 1/2" 04 R15 | 21 mm | 18,6 mm |
| 3/4" 06 R20 | 26,4 mm | 24,1 mm |
| 1" 10 R25 | 33,2 mm | 30,3 mm |
| 1 1/4" 12 R32 | 41,9 mm | 39,8 mm |
| 1 1/2" 14 R40 | 47,8 mm | 44,8 mm |
| 2" 20 R50 | 59,6 mm | 56,7 mm |



SMC:s beställningsnummer ger information om gängan. I kapitel 10 hittar du KQ2-kopplingar. De sista positionerna i beställningsnumret anger typen av gänga. Här kan du se vad de står för:

- U01** Unigänga. Passar konisk, NPT och rak gänga. Bricka för tätning.
- 01S** Konisk rörgänga. Passar även rak gänga. Påsprutad PTFE på gängan för tätning.
- G01** Rak rörgänga. Bricka för tätning.
- M3/M5** Metrisk gänga. Bricka för tätning.



Uttryck och definitioner

Liten ordlista över vanligt förekommande uttryck och definitioner inom pneumatik.

Cylindrar

Dubbelverkande cylinder Cylinder där kolvrörelse i båda riktningarna sker genom påverkan av tryckmedium.

Enkelverkande cylinder Cylinder där kolvrörelse i ena riktningen sker genom påverkan av tryckmedium och i andra riktningen genom någon annan kraft (fjäder).

Cylindergavel De ändstycken som begränsar kolvens rörelse i cylindern.

Kolvstång Den del som är fast kopplad till kolven och går genom ena gaveln alternativt båda gavlarna.

Plusrörelse Då kolvstången rör sig ut ur cylindern.

Minusrörelse Då kolvstången rör sig in i cylindern.

Plusläge Då kolvstången befinner sig i sitt yttre ändläge.

Minusläge Då kolvstången befinner sig i sitt inre ändläge.

Pluskammare Den cylinderkammare, som då den sätts under tryck ger upphov till plusrörelse.

Minuskammare Den cylinderkammare, som då den sätts under tryck ger upphov till minusrörelse.

Ventiler

2/2-ventil Ventil med ett inlopp och ett utlopp, kan inta två olika lägen.

3/2-ventil Ventil med ett inlopp, ett utlopp och ett avlopp, kan inta två olika lägen.

5/2-ventil Ventil med ett inlopp, två utlopp och två avlopp, kan inta två olika lägen.

5/3-ventil Ventil med ett inlopp, två utlopp och två avlopp, kan inta tre olika lägen.

Normalt stängd ventil (N.C.) Ventil som vid opåverkat styrorgan har förbindelsen mellan inlopp och utlopp stängd.

Normalt öppen ventil (N.C.) Ventil som vid opåverkat styrorgan har förbindelsen mellan inlopp och utlopp öppen.

Bistabil ventil Saknar fjäder och står kvar i sitt läge tills den blir påverkad. Har två stabila lägen och »minne«.

Monostabil ventil Har en fjäder och återgår till sitt grundläge när den är opåverkad.

Riktningstyrande ventil Ventil som kan styra flödet alternativa vägar eller öppna, alternativt stänga, flödesvägen.

Volymströmstyrande ventil Ventil med vilken flödesvolymen kan regleras.

Tryckstyrande ventil Ventil med vilket trycket kan regleras.

Direktstyrd Ventilens styrorgan påverkas direkt med handen, foten eller på mekanisk väg.

Pilotstyrd Ventilens styrorgan påverkas manuellt, mekaniskt eller elektriskt och förstärks med tryckluft för att sedan ställa om ventilspindeln eller sliden. En liten och enkelt reglerbar ventil styr en större.

SI-enheter och benämningar

SI-systemet baseras på sju grundenheter som kan kombineras till härledda enheter. Här visar vi de enheter som är vanliga inom pneumatiken.

Europa har SI-systemet använts sedan länge, och det är infört i över hundra länder världen över. Förkortningen »SI« är franska och utläses *Systeme International d'Unités* – det vill säga »det internationella måttenhetssystemet«.

Prefix

Inom SI-systemet gör man grundenheterna större eller mindre genom att använda prefix för att ange tiopotenser. De vanligaste prefixen finner du i tabellen till höger.

| Potens | Multiplikator | Prefix | Symbol |
|-----------|---------------|--------|--------|
| 10^{-6} | 0,000 001 | mikro- | μ |
| 10^{-3} | 0,001 | milli- | m |
| 10^{-2} | 0,01 | centi- | c |
| 10^{-1} | 0,1 | deci- | d |
| 10^1 | 10 | deka- | da |
| 10^2 | 100 | hekto- | h |
| 10^3 | 1 000 | kilo- | k |
| 10^6 | 1 000 000 | mega- | M |

Enheter för tryck

Tryck anges i pascal (bar är en äldre benämning som används allt mindre). 1 bar = 100 000 Pa (pascal) = 100 kPa (kilopascal) = 0,1 MPa (megapascal).

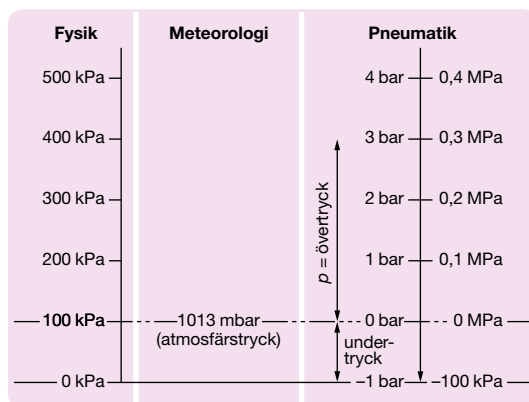
Tryck inom fysiken

Inom fysiken används absoluttryck (p_{abs}), vilket innebär att skalan börjar med nollpunkten vid absolut vakuum.

Tryck inom pneumatiken

Inom pneumatiken används en skala där nollpunkten ligger vid atmosfärstryck och -100 kPa vid absolut vakuum. Så anger vi lufttryck i denna produktöversikt.

Luft i normaltillstånd anges vanligen med ett n efter enheten (exempelvis l_n för normalliter). Denna normalluft har atmosfärstryck, temperatur 20 °C och en relativ luftfuktighet på 65 %. Populärt kallad »luft vid rumsmiljö«.



| Storhet | Symbol | SI-enhet | Benämning | Anmärkningar |
|---|----------------|--------------------------------|-----------------------------|---------------------------------------|
| Grundenheter | | | | |
| Massa | m | kg | kilogram | |
| Längd | s | m | meter | |
| Tid | t | s | sekund | |
| Härledda enheter | | | | |
| Area | A | m ² | kvadratmeter | |
| Volym | V | m ³ | kubikmeter | |
| Hastighet | v | m/s | meter per sekund | |
| Acceleration | a | m/s ² | meter per sekundkvadrat | |
| Tröghet | J | kgm ² | kilogramkvadratmeter | |
| Kraft | F | N | newton | = kg · m/s ² |
| Tyngd | G | N | newton | = kg · 9,82 |
| Energi (arbete) | W | J | joule (= newtonmeter) | = kg · m ² /s ² |
| Moment | M | Nm | newtonmeter | |
| Effekt | P | W | watt | = J/s = Nm/s |
| Härledda enheter relaterade till tryckluft | | | | |
| Tryck | p | Pa | pascal | = N/m ² |
| Standardvolym | V _n | m ³ _n | normalkubikmeter | |
| Volymflöde | Q _n | m ³ _n /s | normalkubikmeter per sekund | |

Enheter för flöde

Jämförelse och omräkning mellan olika internationella flödesenheter.

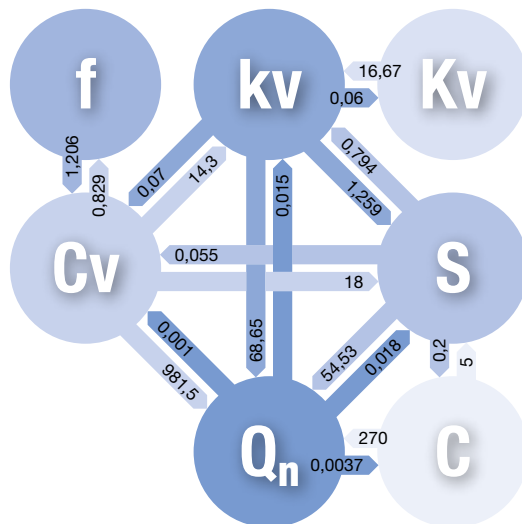
För att kunna fastställa om en ventil har tillräckligt genomflöde för en given applikation krävs mer än att känna till maxflödet. Du måste även känna till på vilket sätt ett värde är uppmätt för att kunna använda det i det aktuella fallet.

En ventils flödesprestanda beror inte enbart på mått och geometri hos själva ventilkroppen. Även följande variabler har betydelse:

- Trycket vid utgångsporten
- Tryckfallet över ventilen
- Förhållandet mellan detta tryckfall och primärtrycket
- Temperaturen

I samtliga fall baseras en uppgift om flödesprestanda på den så kallade normalvolymen. Det är den volym som luftmängden upptar vid atmosfärstryck, 20 °C och relativ fuktighet på 65 % (normalluft). Denna volym anges ofta med l_n respektive Nm^3 . Sedan newton (N) införts som enhet för kraft är detta skrivsätt inte längre korrekt. Eftersom liter inte heller är en SI-enhet, ska volymen anges i enheten dm^3_n , enheten är dock onödigt krånglig varför vi för enkelhetens skull valt att använda l_n .

I vidstående schema finns de internationellt använda enheterna och deras inbördes samband. Pilarna som pekar på en annan enhet anger omräkningsfaktor.



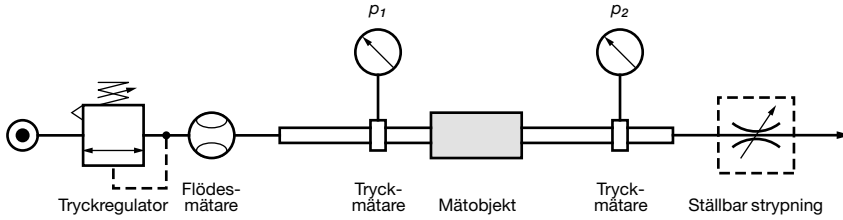
| | S mm ² | kv dm ³ /min | Kv m ³ /h | Cv USG/min | f gal/min | Q _n l _n /min |
|----|----------------------|----------------------------|-------------------------|---------------|--------------|---------------------------------------|
| S | 1 | 0,794 | 0,048 | 0,055 | 0,046 | 54,53 |
| kv | 1,259 | 1 | 0,06 | 0,07 | 0,058 | 68,65 |
| Kv | 20,979 | 16,667 | 1 | 1,166 | 1,035 | 1 144 |
| Cv | 18 | 14,3 | 0,858 | 1 | 0,829 | 981,5 |
| f | 21,7 | 17,243 | 0,967 | 1,206 | 1 | 1 184 |

Q_n – normalvolymström

För att grovt kunna ange flöde används enheten volymström, det vill säga det flöde som ventilen presterar vid ett primärtryck på 6 bar och 1 bar tryckfall över ventilen. Den är endast en grov angivelse, eftersom mätmetod och förutsättningar kan variera från fabrikat till fabrikat.

S – ekvivalent genomloppsarea

Värdet på S i mm² är den genomloppsarea (hål) i ett mätinstrument som ger samma tryckfall som en ventil eller ett system av komponenter vid samma genomflöde. SMC anger detta värde för varje komponent. Det är uppmätt med luft som medium och kan omräknas till andra enheter, till exempel kv- eller Cv-faktor.



C-värde

C-värde (konduktans) är den enhet som ISO och dagens standard använder för att ange flöde. Ett sätt att få reda på en produkts C-värde är att dividera produktens maximala flöde (Q_n) med det absoluta ingångstrycket ($P1a$). Enheten är liter/sekund/bar. $Q_n \approx C \cdot 270$. Faktorn 270 varierar beroende på produktens b-värde.

b-värde

En produkts b-värde får du genom att dividera det absoluta utgångstrycket ($P2a$) med det absoluta ingångstrycket ($P1a$), vid brytpunkten mellan över- och underkritiskt flöde. Värdet blir ett tal mindre än 1 och är utan enhet, då det anger ett förhållande. Ju större tal, desto större flöde. Två produkter kan ha samma C-värde men olika b-värde. Detta innebär att produkterna har samma maximala flöde (Q_n), men olika tryckfall vid, till exempel, halva flödet.

kv-värde

Metriskt mått i »normalliter per minut«. Detta mått baseras på mätningar med vatten. När varje minut 1 liter vatten passerar med ett tryckfall på 1 bar definieras kv-värdet som 1. Det är därmed en ren och dimensionslös jämförelsefaktor.

Kv-värde

Som kv-värde ovan, dock uttryckt i m^3/h , ett mått som uppfyller SI-normen.

Cv-faktor

Som ovan angivna värde men baserat på det anglosaxiska måttssystemet. Det relateras till US gallons (USG) per minut, vid ett tryckfall på 1 psi (0,07 bar) och en temperatur på $60^\circ F$ ($15,6^\circ C$).

f-faktor

Som Cv-faktor men i Imperial gallons (gal) per minut.

Dimensionering

Här får du hjälp att beräkna vilken cylinderstorlek som lämpar sig bäst för varje enskild arbetsuppgift.

Cylinderkraften bestämmer du med hjälp av tabellen för beräkning av teoretisk cylinderkraft nedan, eller med följande formler:

$$F = P \cdot A \quad A = \frac{\pi \cdot d^2}{4}$$

F = kraft (N)

P = tryck (MPa)

d = cylinderdiameter (mm)

A = area (mm²)

Vid minusrörelse är kraften mindre eftersom kolvstången minskar kolvens tillgängliga area.

Belastningsgraden bör vara runt 70 % för vanliga cylinderrörelser och runt 50 % för långsamgående. Kontrollera tillgängligt tryck (som grundregel använder SMC kolumnen för 0,5 MPa).

Exempel: För cylinderkraft 1 000 N bör du välja cylinderdiameter 63 mm: 1 000 (kraft) ÷ 0,7 (max. belastningsgrad 70 %) ≈ 1 428; närmast högre cylinderkraft i kolumnen för 0,5 MPa är 1 559 som motsvarar cylinderdiameter 63.

Beräkning av teoretisk cylinderkraft

| Nominell cylinderdiameter | Kolvstångsdiameter | Rörelse | Effektiv kolvarea (cm ²) | Tryck (MPa), cylinderkraft i newton (N) | | | | | | | | |
|---------------------------|--------------------|---------|--------------------------------------|---|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | | | | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,5 | 0,6 | 0,7 | 0,8 | 0,9 | 1,0 |
| 6 mm | 3 mm | Plus | 0,28 | 6 | 8 | 11 | 14 | 17 | 20 | — | — | — |
| | | Minus | 0,21 | 4 | 6 | 8 | 11 | 13 | 15 | — | — | — |
| 10 mm | 4 mm | Plus | 0,79 | 16 | 24 | 31 | 39 | 47 | 55 | — | — | — |
| | | Minus | 0,66 | 13 | 20 | 26 | 33 | 40 | 46 | — | — | — |
| 12 mm | 6 mm | Plus | 1,13 | 23 | 34 | 45 | 57 | 68 | 79 | 90 | 102 | 113 |
| | | Minus | 0,85 | 17 | 25 | 34 | 42 | 51 | 59 | 68 | 76 | 85 |
| 16 mm | 6 mm | Plus | 2,01 | 40 | 60 | 80 | 101 | 121 | 141 | 161 | 181 | 201 |
| | | Minus | 1,73 | 35 | 52 | 69 | 86 | 104 | 121 | 138 | 155 | 173 |
| 20 mm | 8 mm | Plus | 3,14 | 63 | 94 | 126 | 157 | 188 | 220 | 251 | 283 | 314 |
| | | Minus | 2,64 | 53 | 79 | 106 | 132 | 158 | 185 | 211 | 238 | 264 |
| 25 mm | 10 mm | Plus | 4,91 | 98 | 147 | 196 | 245 | 295 | 344 | 393 | 442 | 491 |
| | | Minus | 4,12 | 82 | 124 | 165 | 206 | 247 | 289 | 330 | 371 | 412 |
| 32 mm | 12 mm | Plus | 8,04 | 161 | 241 | 322 | 402 | 483 | 563 | 643 | 724 | 804 |
| | | Minus | 6,91 | 138 | 207 | 276 | 346 | 415 | 484 | 553 | 622 | 691 |
| 40 mm | 16 mm | Plus | 12,57 | 251 | 377 | 503 | 628 | 754 | 880 | 1 005 | 1 131 | 1 257 |
| | | Minus | 10,56 | 211 | 317 | 422 | 528 | 633 | 739 | 844 | 950 | 1 056 |
| 50 mm | 20 mm | Plus | 19,63 | 393 | 589 | 785 | 982 | 1 178 | 1 374 | 1 571 | 1 767 | 1 963 |
| | | Minus | 16,49 | 330 | 495 | 660 | 825 | 990 | 1 155 | 1 319 | 1 484 | 1 649 |
| 63 mm | 20 mm | Plus | 31,17 | 623 | 935 | 1 247 | 1 559 | 1 870 | 2 182 | 2 494 | 2 806 | 3 117 |
| | | Minus | 28,03 | 561 | 841 | 1 121 | 1 402 | 1 682 | 1 962 | 2 242 | 2 523 | 2 803 |
| 80 mm | 25 mm | Plus | 50,27 | 1 005 | 1 508 | 2 011 | 2 514 | 3 016 | 3 519 | 4 022 | 4 522 | 5 027 |
| | | Minus | 45,36 | 907 | 1 361 | 1 814 | 2 268 | 2 722 | 3 175 | 3 629 | 4 082 | 4 536 |
| 100 mm | 30 mm | Plus | 78,53 | 1 571 | 2 356 | 3 141 | 3 927 | 4 712 | 5 497 | 6 282 | 7 068 | 7 853 |
| | | Minus | 71,47 | 1 429 | 2 144 | 2 859 | 3 574 | 4 288 | 5 003 | 5 718 | 6 432 | 7 147 |
| 125 mm | 32 mm | Plus | 123 | 2 450 | 3 680 | 4 910 | 6 150 | 7 360 | 8 590 | 9 820 | 11 040 | 12 270 |
| | | Minus | 115 | 2 294 | 3 441 | 4 588 | 5 735 | 6 882 | 8 029 | 9 176 | 10 323 | 11 470 |
| 140 mm | 36 mm | Plus | 154 | 3 080 | 4 620 | 6 160 | 7 700 | 9 240 | 10 800 | 12 300 | 13 900 | 15 400 |
| | | Minus | 144 | 2 880 | 4 320 | 5 760 | 7 200 | 8 640 | 10 100 | 11 500 | 13 000 | 14 400 |
| 160 mm | 40 mm | Plus | 201 | 4 020 | 6 030 | 8 040 | 10 050 | 12 060 | 14 070 | 16 080 | 18 100 | 20 110 |
| | | Minus | 189 | 3 770 | 5 650 | 7 540 | 9 420 | 11 310 | 13 190 | 15 080 | 16 960 | 18 850 |
| 180 mm | 45 mm | Plus | 254 | 5 080 | 7 620 | 10 200 | 12 700 | 15 200 | 17 800 | 20 300 | 22 900 | 25 400 |
| | | Minus | 239 | 4 780 | 7 170 | 9 560 | 12 000 | 14 300 | 16 700 | 19 100 | 21 500 | 23 900 |
| 200 mm | 50 mm | Plus | 314 | 6 280 | 9 420 | 12 600 | 15 700 | 18 800 | 22 000 | 25 100 | 28 300 | 31 400 |
| | | Minus | 295 | 5 900 | 8 850 | 11 800 | 14 800 | 17 700 | 20 700 | 23 600 | 26 600 | 29 500 |
| 250 mm | 60 mm | Plus | 491 | 9 820 | 14 700 | 19 600 | 24 600 | 29 500 | 34 400 | 39 300 | 44 200 | 49 100 |
| | | Minus | 463 | 9 260 | 13 900 | 18 500 | 23 200 | 27 800 | 32 400 | 37 000 | 41 700 | 46 300 |
| 300 mm | 70 mm | Plus | 707 | 14 100 | 21 200 | 28 300 | 35 400 | 42 400 | 49 500 | 56 600 | 63 600 | 70 700 |
| | | Minus | 668 | 13 400 | 20 000 | 26 700 | 33 400 | 40 100 | 46 800 | 53 400 | 60 100 | 66 800 |

Flöde i slang och armatur

En enkel lathund för att beräkna luftflödet i slangar av varierande längder och dimensioner.

Nedanstående tabell visar luftflödet i olika slangdimensioner och längder. Det övre värdet är för enbart slang och det undre är för slang med en rak KQ2H-koppling i ena änden och en KQ2L vinkelkoppling i andra.

Flödet anges i Q_n i l_n/min , det vill säga: $IN = 0,6 \text{ MPa}$ och $UT = 0,5 \text{ MPa}$.

| Slang (ytter-/innerdiam.) | 0,5 m | 1 m | 3 m | 5 m |
|---------------------------|-------|-------|-------|-------|
| 3,2 mm/2 mm | 76 | 54 | 35 | 27 |
| med kopplingar | 61 | 48 | 33 | 26 |
| 4 mm/2,5 mm | 134 | 101 | 61 | 48 |
| med kopplingar | 98 | 82 | 56 | 45 |
| 6 mm/4 mm | 424 | 333 | 209 | 165 |
| med kopplingar | 314 | 272 | 191 | 156 |
| 8 mm/5 mm | 722 | 581 | 374 | 297 |
| med kopplingar | 473 | 426 | 321 | 268 |
| 8 mm/6 mm | 1 105 | 906 | 596 | 476 |
| med kopplingar | 700 | 641 | 498 | 422 |
| 10 mm/8 mm | 2 156 | 1 826 | 1 251 | 1 012 |
| med kopplingar | 1 083 | 1 056 | 958 | 879 |
| 12 mm/9 mm | 2 780 | 2 387 | 1 666 | 1 355 |
| med kopplingar | 1 662 | 1 565 | 1 419 | 1 276 |

Obs! Väljer du en slang med *samma* flöde som den valda ventilen, minskar flödet till 71 % av ventilens kapacitet.

Exempel: En VZ3000-ventil ($196 l_n/\text{min}$) med 3 meter slang, diameter 6 mm/4 mm ($191 l_n/\text{min}$ med kopplingar), ger ett flöde om cirka $140 l_n/\text{min}$.

| Seriekoppling med samma flödestal | Seriekoppling med olika flödestal | Parallellkoppling |
|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------|
| $1 + 1 \Rightarrow 71 \%$ | $2 + 1 \Rightarrow 89 \%$ | $1 + 1 \Rightarrow 2$ |
| $1 + 1 + 1 \Rightarrow 58 \%$ | $3 + 1 \Rightarrow 95 \%$ | $1 + 2 \Rightarrow 3$ |
| $1 + 1 + 1 + 1 \Rightarrow 50 \%$ | $4 + 1 \Rightarrow 97 \%$ | $1 + 3 \Rightarrow 4$ |

Exempel: Om två komponenter med samma flöde (1) seriekopplas, minskar flödet till 71 % av vad en komponent har.

Seriekoppling

$$\frac{1}{S^2} = \frac{1}{S_1^2} + \frac{1}{S_2^2} + \frac{1}{S_n^2}$$

Parallellkoppling

$$S = S_1 + S_2 + S_n$$

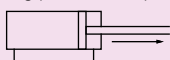
Genomsnittlig luftförbrukning

Hur du räknar ut den genomsnittliga luftförbrukningen för cylindrar och luftledningar.

Du måste känna till den genomsnittliga luftförbrukningen för att kunna bestämma kompressorstorlek och driftskostnad.

Här visar vi hur du använder diagrammen på detta uppslag för att räkna ut den genomsnittliga luftförbrukningen för cylindrar och luftledningar.

Enkelslag (fram eller bak)



Dubbelslag = cykel (fram och åter)



Exempel:

Cylinderdiameter: 50 mm

Slaglängd: 600 mm

Arbetsstryck: 0,5 MPa

Arbetscykler: 5 cykler per minut

Luftledningens innerdiameter: 6 mm

Luftledningens längd: 2 m

Luftförbrukning för cylinder

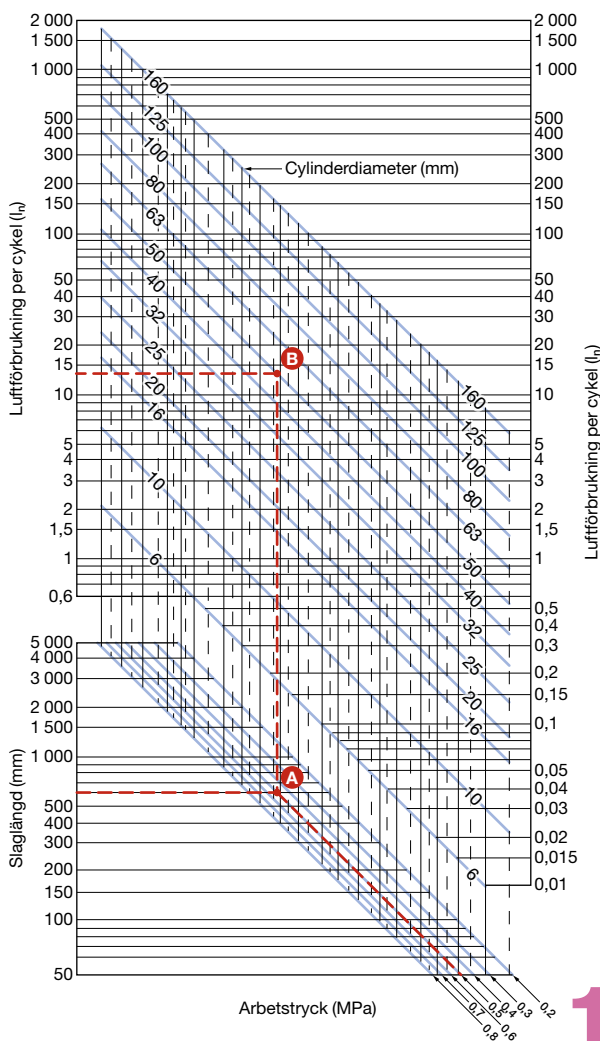
1. Använd diagram 1 och sök den punkt där arbetsstryckets linje (0,5 MPa) korsar slaglängdens linje (600 mm). Se punkt A.
2. Från punkt A går du lodrätt upp tills du korsar linjen för cylinderdiametererna (50 mm). Se punkt B.
3. Därifrån går du vågrätt till höger eller vänster och avläser luftförbrukningen per cykel (Q_t) = 13 l_n.
4. Eftersom det är 5 arbetscykler per minut multiplicerar du luftförbrukningen per cykel (Q_t) med 5 för att få den verkliga genomsnittliga luftförbrukningen (Q_v).

$$Q_v = Q_t \cdot \text{antal cykler per minut}$$

$$Q_v = 13 \text{ l}_n/\text{min} \cdot 5$$

$$Q_v = 65 \text{ l}_n/\text{min}$$

Diagram 1 – cylinders luftförbrukning per cykel



Luftförbrukning för luftledning

- Använd diagram 2 och sök den punkt där arbetsstryckets linje (0,5 MPa) korsar linjen för luftledningens längd (2 m). Se punkt C.
- Från punkt C går du lodrätt upp tills du korsar linjen för luftledningens innerdiameter (6 mm). Se punkt D.
- Därifrån går du vågrätt till höger eller vänster och avläser luftförbrukningen per cykel (Q_t) = 0,56 l_n .
- Eftersom det är 5 arbetscykler per minut multiplicerar du luftförbrukningen per cykel (Q_t) med 5 för att få den verkliga genomsnittliga luftförbrukningen (Q_v).

$$Q_v = Q_t \cdot \text{antal cykler per minut}$$

$$Q_v = 0,56 l_n/\text{min} \cdot 5$$

$$Q_v = 2,8 l_n/\text{min}$$

Total luftförbrukning

Den totala genomsnittliga luftförbrukningen (Q) för cylinder och luftledning får du genom att addera de två Q_v -värdena.

$$Q = Q_v \text{ cylinder} + Q_v \text{ luftledning}$$

$$Q = 65 l_n/\text{min} + 2,8 l_n/\text{min}$$

$$Q = 67,8 l_n/\text{min}$$

Formler

Den genomsnittliga luftförbrukningen kan också beräknas med följande formler:

Genomsnittlig luftförbrukning för cylinder

$$Q = \frac{D^2 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot H \cdot (p + 0,1) \cdot n}{10^5}$$

Genomsnittlig luftförbrukning för luftledning

$$Q = \frac{ID^2 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot L \cdot p \cdot n}{10^5}$$

Q = Luftförbrukning (l_n/min)

D = Cylinderdiameter (mm)

H = Slaglängd (mm)

ID = Luftledningens innerdiameter (mm)

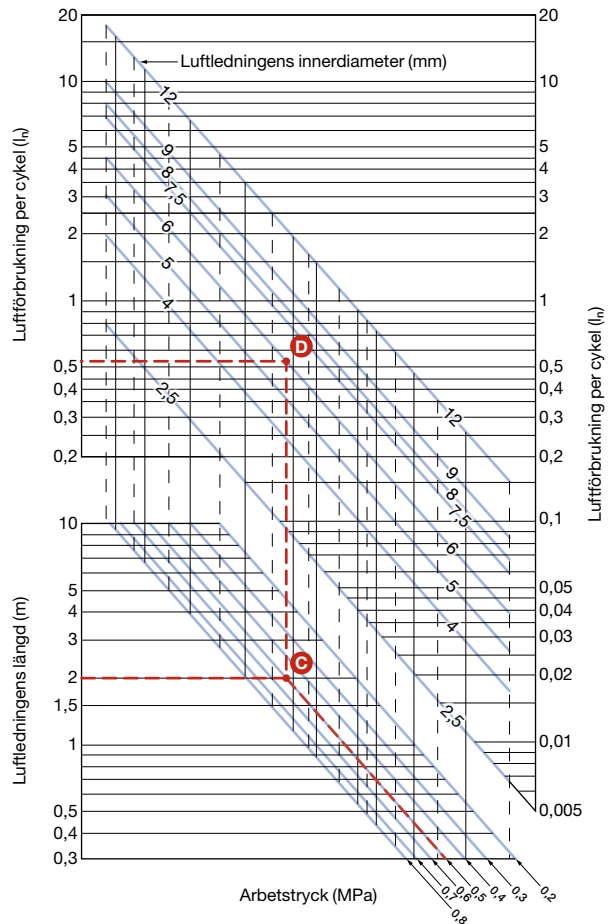
L = Luftledningens längd (mm)

p = Arbetsstryck (MPa)

n = Antal enkelslag per minut

Luftförbrukning – eller flöde – anges i normalliter per minut (l_n/min). En normalliter är 1 dm^3 luft vid »rumsmiljö« (normalt atmosfärstryck, temperatur 20 °C och en relativ luftfuktighet på 65 %).

Diagram 2 – luftlednings luftförbrukning per cykel



Maximalt luftflöde

Hur du räknar ut det maximala luftflödet för cylindrar och luftledningar.

Det är nödvändigt att känna till det maximala luftflödet för att kunna bestämma storlek på FRL, ventiler, slangar, med mera. Om de ingående komponenterna är för små uppnås inte den maximala/nödvändiga cylinderhastigheten.

Här visar vi hur du använder diagrammet på denna sida för att räkna ut det maximala luftflödet för en cylinder.

Exempel:

Cylinderdiameter: 63 mm

Medelkolvhastighet: 355 mm/s

Arbetsstryck: 0,6 MPa

Maximalt luftflöde för cylinder

- Bestäm kolvens maximala hastighet genom att multiplicera medelhastigheten med 1,41.

$$v_{\max} = v_{\text{medel}} \cdot 1,41$$

$$v_{\max} = 355 \text{ mm/s} \cdot 1,41 = 500 \text{ mm/s}$$

- Använd diagram 3 och sök den punkt där arbetsstryckets linje (0,6 MPa) korsar linjen för maximal kolvhastighet (500 mm/s). Se punkt E.
- Från punkt E går du lodrätt upp tills du korsar linjen för cylinderns diameter (63 mm). Se punkt F.
- Från punkt F går du vågrätt åt höger eller vänster och avläser maximalt luftflöde (Q) = 620 l_r/min .

Formler

Det maximala luftflödet kan också räknas ut med hjälp av följande formler:

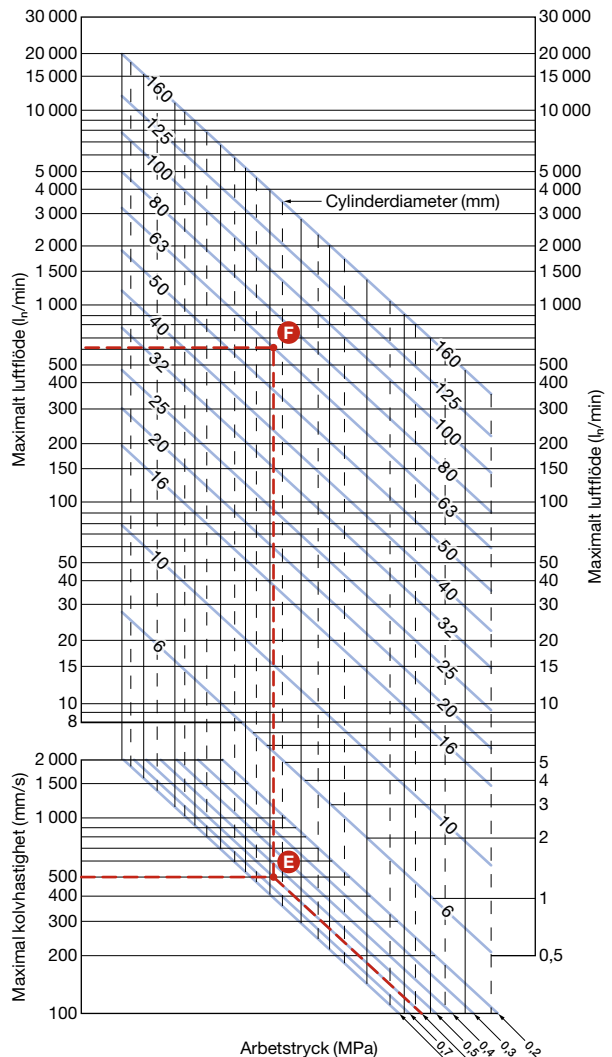
Maximalt luftflöde för cylinder

$$Q = \frac{D^2 \cdot 4 \cdot v \cdot (p + 0,1) \cdot 60}{10^5}$$

Maximalt luftflöde för luftledning

$$Q = \frac{ID^2 \cdot 4 \cdot v_1 \cdot p \cdot 60}{10^5}$$

Diagram 3 – cylinders maximala luftflöde



Q = Luftflöde (l_r/min)

D = Cylinderdiameter (mm)

ID = Luftledningens innerdiameter (mm)

p = Arbetsstryck (MPa)

v = Max. hastighet = medelhastighet \cdot 1,41 (mm/s)

v_1 = Max. hastighet för lufrörelsen i ledningen

Snabbvalstabell för val av rätt flöde

Om du inte gör en beräkning av cylinderns luftförbrukning enligt de metoder som visas på föregående sidor kan nedanstående snabbvalstabell ge riktvärden vid dimensioneringen.

Nedanstående tabell visar det maximala luftflöde (i normalliter per minut [l_n/min]) en cylinder behöver. Detta värde är beroende av cylinderns kolvdiameter och rörelsehastighet.

Tabellen gäller vid ett tryck av 0,5 MPa och hastigheten som används är maxhastigheten/sluthastigheten.

Känner du till medelhastigheten och vill få reda på maxhastigheten får du ett närmevärde om du multiplicerar medelhastigheten med 1,4.

$$v_{\text{max}} \approx v_{\text{medel}} \cdot 1,4$$

Exempel:

En cylinder med diameter 32 mm rör sig med max. 300 mm/s. Enligt tabellen behöver cylindern ett flöde av 90 normalliter per minut.

Ska du välja passande filter, regulator, ventil och slang kan du inte välja dessa komponenter med

ett flöde runt 90 normalliter per minut. Gör du det blir tryckfallet för stort och flödet till cylindern bara hälften. Alla komponenter som sitter innan cylindern är som en lång kedja och ger upphov till strypningar och förluster.

Som en generell regel kan man säga att tryckfallet får vara max. 0,03 MPa över varje komponent. För att få rätt flöde till cylindern måste varje komponent klara betydligt mer i flöde. Ett grovt riktvärde är att varje komponent ska ha fyra gånger större flöde än vad cylindern behöver.

Eftersom $4 \cdot 90$ är 360 bör alltså filter, regulator och alla de övriga komponenterna ha ett flöde på runt 400 normalliter per minut.

I början av kapitel 4 finns tabeller som också kan komma till nytta vid dimensionering.

Luftflödeskrav för cylinder – l_n/min , vid ett tryck av 0,5 MPa

| Diameter (mm) | Maximal cylinderhastighet (mm/s) | | | | | | | | | |
|------------------|----------------------------------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | 100 | 200 | 300 | 400 | 500 | 600 | 700 | 800 | 900 | 1000 |
| 20 | 10 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 100 | 120 |
| 25 | 20 | 40 | 60 | 70 | 90 | 110 | 130 | 140 | 160 | 180 |
| 32 | 30 | 60 | 90 | 120 | 150 | 180 | 210 | 230 | 260 | 290 |
| 40 | 50 | 90 | 140 | 180 | 230 | 270 | 320 | 370 | 410 | 460 |
| 50 | 70 | 140 | 210 | 280 | 360 | 430 | 500 | 570 | 640 | 710 |
| 63 | 110 | 230 | 340 | 450 | 560 | 680 | 790 | 900 | 1 010 | 1 130 |
| 80 | 180 | 360 | 550 | 730 | 910 | 1 090 | 1 270 | 1 450 | 1 630 | 1 810 |
| 100 | 290 | 570 | 850 | 1 130 | 1 420 | 1 700 | 1 980 | 2 260 | 2 550 | 2 830 |
| 125 | 440 | 880 | 1 320 | 1 770 | 2 210 | 2 650 | 3 090 | 3 530 | 3 970 | 4 420 |
| 140 | 550 | 1 110 | 1 660 | 2 220 | 2 770 | 3 320 | 3 880 | 4 430 | 4 990 | 5 540 |
| 160 | 720 | 1 450 | 2 170 | 2 890 | 3 620 | 4 340 | 5 060 | 5 790 | 6 510 | 7 230 |
| 180 | 920 | 1 830 | 2 750 | 3 660 | 4 580 | 5 490 | 6 410 | 7 320 | 8 240 | 9 160 |
| 200 | 1 130 | 2 260 | 3 390 | 4 520 | 5 650 | 6 780 | 7 910 | 9 040 | 10 170 | 11 300 |
| 250 | 1 770 | 3 530 | 5 300 | 7 070 | 8 830 | 10 600 | 12 360 | 14 130 | 15 900 | 17 660 |
| 300 | 2 540 | 5 090 | 7 630 | 10 170 | 12 720 | 15 260 | 17 800 | 20 350 | 22 890 | 25 430 |

Lyftkraft hos sugkoppar

Hur du räknar ut den teoretiska lyftkraften hos sugkoppar vid olika vakuüm.

För att kunna välja rätt dimensioner på sugkoppar bör du känna till olika sugkoppars teoretiska lyftkraft vid olika vakuüm.

Här presenterar vi formler och en tabell som du kan använda som underlag för dina beräkningar.

Formler

Vakuüm i kPa

$$F = P \cdot A \cdot \frac{1}{t} \div 10$$

Vakuüm i mmHg

$$F = P \div 760 \cdot A \cdot \frac{1}{t} \cdot 10,13$$

$P =$ Vakuüm (kPa)

$P =$ Vakuüm (mmHg)

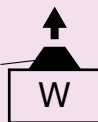
$F =$ Lyftkraft med säkerhetsfaktor (N)

$A =$ Sugkopsarea (cm²)

$t =$ Säkerhetsfaktor (horisontell anliggning: 2–4; vertikal anliggning: 4–8)

Horisontell
anliggning

Sugkopp



Vertikal
anliggning

Sugkopp



Som ett komplement till dessa formler kan du finna lyftkraft vid olika vakuüm i nedanstående tabell.

Obs! De värden du får ur tabellen ska multipliceras med $\frac{1}{t}$ precis som i formlerna ovan.

Beräkning av teoretisk lyftkraft

| Sugkoppsdiameter | 2 mm | 4 mm | 6 mm | 10 mm | 16 mm | 20 mm | 25 mm | 32 mm | 40 mm | 50 mm | |
|--------------------------------|-------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|
| Sugkopsarea (cm ²) | 0,031 | 0,126 | 0,238 | 0,785 | 2,01 | 3,14 | 4,91 | 8,04 | 12,6 | 19,6 | |
| Vakuüm | -86 kPa -650 mmHg | 0,27 N | 1,09 N | 2,45 N | 6,8 N | 17,4 N | 27,2 N | 42,5 N | 69,7 N | 109,2 N | 169,8 N |
| | -80 kPa -600 mmHg | 0,25 N | 0,98 N | 2,26 N | 6,3 N | 16,1 N | 25,1 N | 39,3 N | 64,3 N | 100,8 N | 156,7 N |
| | -73 kPa -550 mmHg | 0,23 N | 0,92 N | 2,07 N | 5,8 N | 14,7 N | 23 N | 36 N | 58,9 N | 92,4 N | 143,7 N |
| | -66 kPa -500 mmHg | 0,21 N | 0,84 N | 1,89 N | 5,2 N | 13,4 N | 20,9 N | 32,7 N | 53,6 N | 84 N | 130,6 N |
| | -60 kPa -450 mmHg | 0,19 N | 0,76 N | 1,7 N | 4,7 N | 12,1 N | 18,8 N | 29,5 N | 48,2 N | 75,6 N | 117,6 N |
| | -53 kPa -400 mmHg | 0,17 N | 0,67 N | 1,51 N | 4,2 N | 10,7 N | 16,7 N | 26,2 N | 42,9 N | 67,2 N | 104,5 N |
| | -46 kPa -350 mmHg | 0,14 N | 0,59 N | 1,32 N | 3,7 N | 9,4 N | 14,6 N | 22,9 N | 37,5 N | 58,8 N | 91,5 N |
| | -40 kPa -300 mmHg | 0,12 N | 0,5 N | 1,13 N | 3,14 N | 8 N | 12,6 N | 16,9 N | 32,1 N | 50,4 N | 78,4 N |

$$100 \text{ kPa} = 0,1 \text{ MPa} = 1 \text{ bar} = 1\,000 \text{ mbar}$$

Tömningstid för sugkoppar

Hur du räknar ut tömningstiden för sugkoppar, samt väljer ejektor och slang.

Här visar vi, med hjälp av formler och diagram, hur du går tillväga för att beräkna hur lång tid det tar för en sugkopp att uppnå önskad vakuumnivå.

Beräkning av tömningstid

Genomsnittligt sugflöde i ejektorn

$$Q_1 = 0,4 \cdot Q_{\max}$$

Rörledningens maximala flöde

$$Q_2 = S \cdot 11,1$$

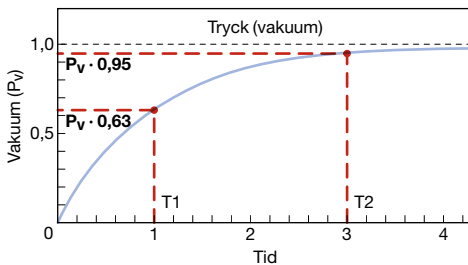
Ledningsvolym mellan ejektor och sugkopp

$$V = 1 \div 1000 \cdot \pi \div 4 \cdot D^2 \cdot L$$

Evakueringstid

$$T1 = V \cdot 60 \div Q$$

$$T2 = 3 \cdot T1$$



Q_{\max} = Ejektorns maximala sugförmåga (l/min), se produktens tekniska data

S = Rörledningens ekvivalenta tvärsnittsarea (mm^2), se diagram 4

V = Ledningsvolym (l) mellan ejektor och sugkopp

$T1$ = Tidsåtgång (s) för att nå 63 % av maximal vakuumnivå (P_V)

$T2$ = Tidsåtgång (s) för att nå 95 % av maximal vakuumnivå (P_V)

Q = Det minsta av Q_1 och Q_2

Exempel:

Ejektor: ZH10BS-06-06

Max. vakuum (P_V): -88 kPa

Max. sugflöde (Q_{\max}): 24 l/min

Ledningslängd (L): 1 m

Rörinnerdiameter (D): 6 mm

Sugkoppsdiameter: 10 mm

Nödvändigt vakuum: 63 % av P_V , inget läckage

1. Räknat ut ejektorns genomsnittliga sugflöde (Q_1) genom att multiplicera det maximala sugflödet med 0,4.

$$Q_1 = 0,4 \cdot 24 \text{ l/min} = 9,6 \text{ l/min}$$

2. Räknat ut rörledningens maximala flöde (Q_2) genom att finna rörledningens ekvivalenta tvärsnittsarea (S) i diagram 4 och multiplicera denna med 11,1.

$$Q_2 = 18 \cdot 11,1 = 198 \text{ l/min}$$

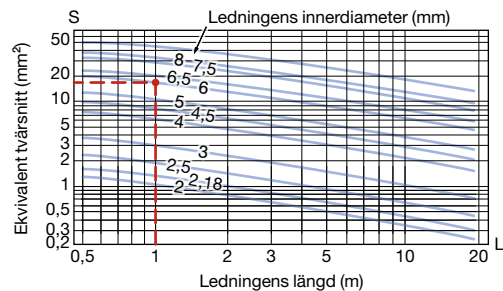
3. Räknat ut ledningsvolym mellan ejektor och sugkopp.

$$V = 1 \div 1000 \cdot \pi \div 4 \cdot 6^2 \cdot 1 = 0,028 \text{ l}$$

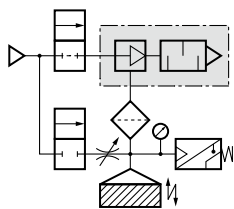
4. Räknat ut evakueringstiden. Eftersom Q_1 är mindre än Q_2 blir $Q = Q_1$ dvs. 9,6 l/min. Tidsåtgången för att nå 63 % av max. vakuum blir då:

$$T1 = 0,028 \cdot 60 \div 9,6 = 0,18 \text{ s}$$

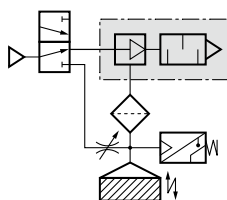
Diagram 4 – rörledningens ekvivalenta tvärsnittsarea



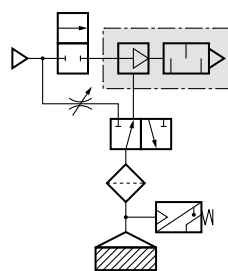
Inkopplingsexempel



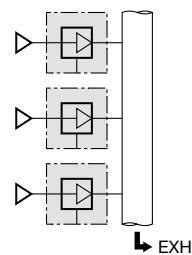
Individuell styrning
av ejektor och lossblåsning



Omkoppling
mellan vakuüm och blås



Omkoppling mellan vakuüm
och blås – på sugsidan



Gemensamt avlopp

Anvisningar

Matningsanslutning (sup): Dimensionera matningsledning, ventil och anslutningar med avseende på ejektorns luftförbrukning (se produktens tekniska data).

Vakuümekjektor (vac): Rörledningen mellan ejektor och sugkopp ska vara så kort som möjligt. Filter bör installeras vid bruk i dammig miljö (stoff).

Avloppsanslutning (exh): *Utförande B* – täck inte för ljuddämparen. *Utförande D* – anslut inte längre ledning än 0,5 meter (= mottryck < 5 kPa).

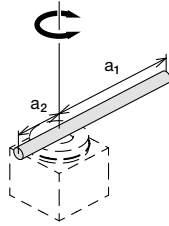
Antal sugkoppar: En sugkopp per ejektor ger maximal säkerhet.

Masströghetsmoment

Vid dimensionering av vriddon måste du, förutom nödvändigt vridmoment, även beakta lastens masströghetsmoment. Till hjälp har du nedanstående formler (mått i meter).

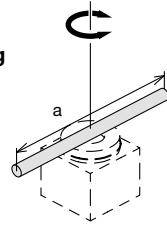
1. Tunn axel, excentrisk upphängning

$$J = m_1 \cdot \frac{a_1^2}{3} + m_2 \cdot \frac{a_2^2}{3}$$



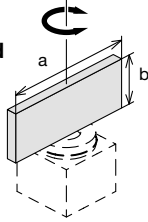
2. Tunn axel, centrerad upphängning

$$J = m \cdot \frac{a^2}{12}$$



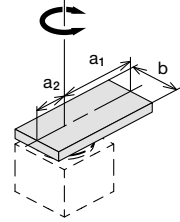
3. Tunn rektangulär platta, på högkant och centrerad

$$J = m \cdot \frac{a^2}{12}$$



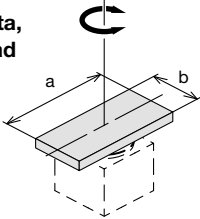
4. Tunn rektangulär platta, liggande och excentrisk upphängning

$$J = m_1 \cdot \frac{4a_1^2 + b^2}{12} + m_2 \cdot \frac{4a_2^2 + b^2}{12}$$



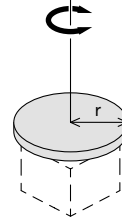
5. Tunn rektangulär platta, liggande och centrerad

$$J = m \cdot \frac{a^2 + b^2}{12}$$



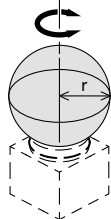
6. Tunn skiva, liggande och centrerad

$$J = m \cdot \frac{r^2}{2}$$



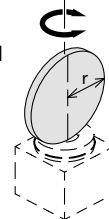
7. Sfär (klot), centrerad

$$J = m \cdot \frac{2r^2}{5}$$



8. Tunn skiva, på högkant och centrerad

$$J = m \cdot \frac{r^2}{4}$$

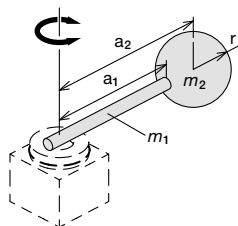


9. Tunn axel med massa

$$J = m_1 \cdot \frac{a_1^2}{3} + m_2 \cdot a_2^2 + K$$

När m_2 är sfärisk blir K, enligt fall 7:

$$K = m \cdot \frac{2r^2}{5}$$



Om axeln bär en skiva beräknas K som i fall 6 eller 8.

10. Utväxling

Beräkna först masströghetsmomentet för kugghjul A respektive B (som i fall 6) och sedan:

$$J = \left(\frac{a}{b}\right)^2 J_B + J_A$$

