

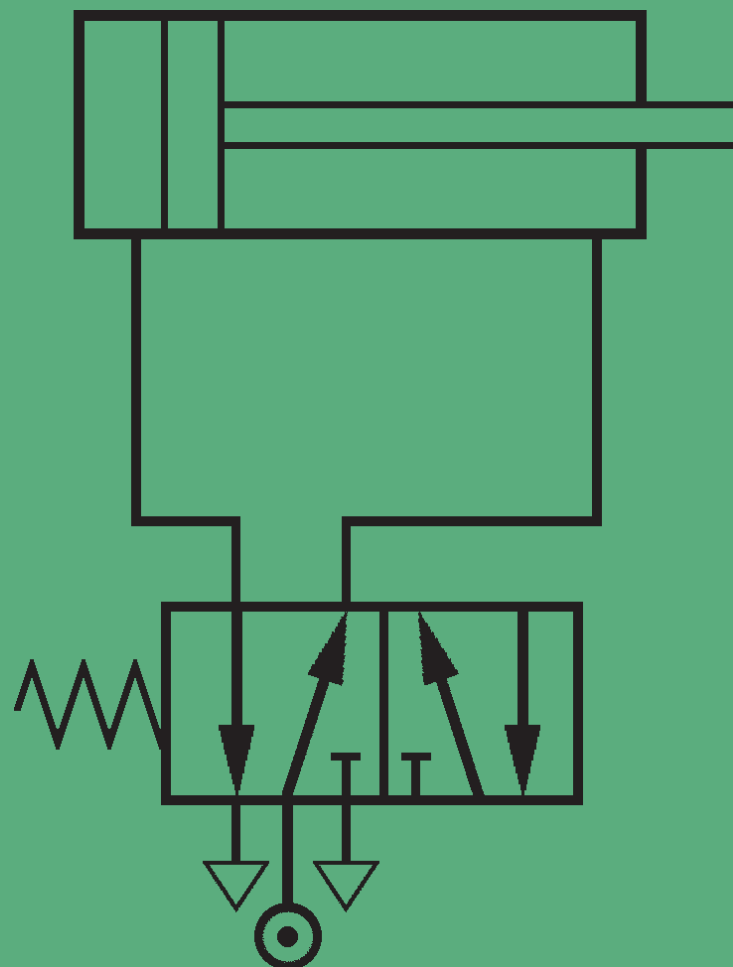


Pneumatiikan perusteita

Veli Hulkkonen

No 13

FLUID
Finland
4-2005



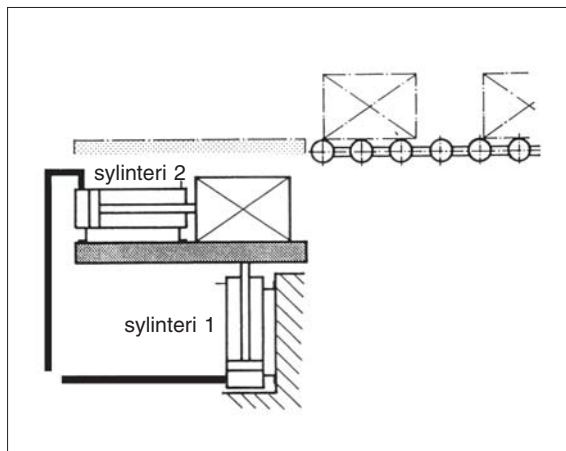
PNEUMATIikka JA PNEUMAATTI- NEN ENERGIA

Esimerkki 1:

Ilman pumppaaminen polkupyörän kumiin. Pumpattaessa muutetaan pumpun avulla normaali-paineinen ilma paineilmaaksi eli lihasenergia muu-tetaan pneumaattiseksi energiaksi.

Esimerkki 2:

Pneumaattinen voimansiirto (kuva 1). Raskaita pakkauksia siirrettävä ylös rullaradalle.



Kuva 1. Pneumaattinen voimansiirto (Festo)

Pneumaattisessa voimansiirrossa sähkö- tai polt-tomoottorin kehittämä mekaaninen energia muu-tetaan kompressorin avulla pneumaattiseksi energiaksi eli paineilmaiksi. Paineilma johdetaan sylintereihin tai moottoreihin, joiden avulla pneu-maattinen energia muutetaan mekaaniseksi työksi. Esimerkiksi kuvassa 1 kuorma nostetaan ylös sylinterillä 1 ja siirretään rullaradalle sylinterillä 2.

Edellisten esimerkkien perusteella voidaan tode-ta: Pneumatiikka on jonkin energiamuodon muut-tamista pneumaattiseksi energiaksi ja pneumaat-tisen energian edelleen muuttamista mekaani-
seksi työksi.

Pneumatiikka voidaan jakaa osa-alueisiin alla olevan kaavion mukaisesti (kuva 2).

Esimerkeistä 1 ja 2 ilmenee myös se, mitä pneu-maattinen energia on. Pumpatessamme ilmaa polkupyörän kumiin tai kehittäessämme paineil-maa kompressorin avulla pienennämme tietyn il-mamäärän normaalitilavuutta, jolloin molekyyli-en välinen vetovoima muuttuu työntövoimaksi eli paineeksi. Paineenalaiseen ilmaan varastoituu energiaa. Energian määrä on sitä suurempi, mitä suuremmat tilavuus ja paine ovat. Pneumaat-tisella energialla, niin kuin yleensäkin energialla, on kyky tehdä työtä, esim. kuvassa 1 nostaa ja siirtää pakkauksia.

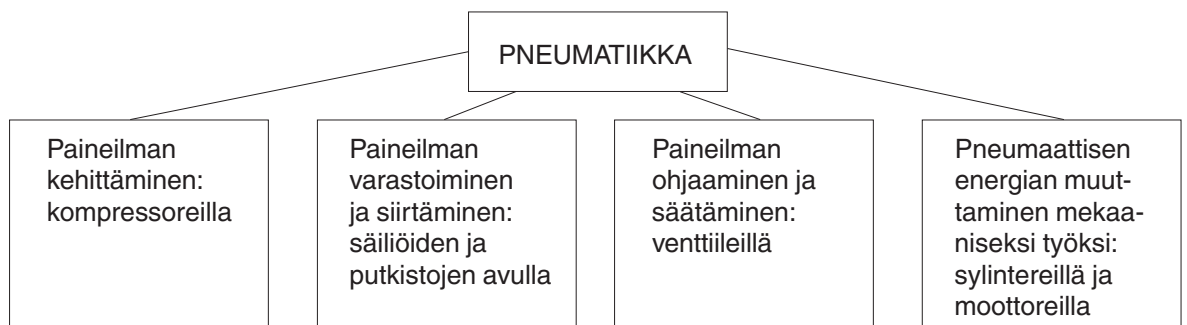
PNEUMATIIKAN KÄYTTÖ

Mekanisoinnin ja automatisoinnin yleistyessä pneumatiikan käyttö on lyhyessä ajassa lisään-tynyt huomattavasti. Moni ihmiselle raskas, vaa-rallinen sekä vaarallisessa tai epämiellyttävässä ympäristössä tapahtuva jo jatkuvasti toistuva työ voidaan ja kannattaa suorittaa pneumatiikan avulla.

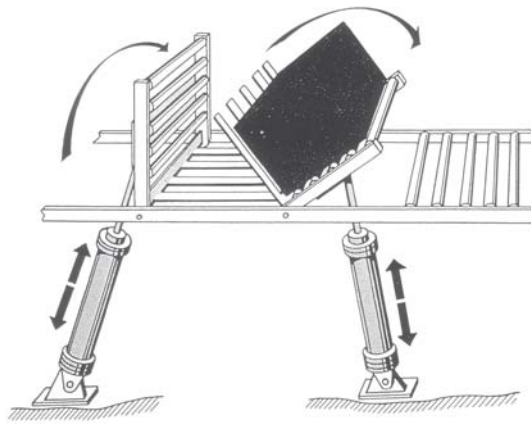
Mihin paineilmaa käytetään?

Paineilman käyttö voidaan jakaa kolmeen ryh-mään:

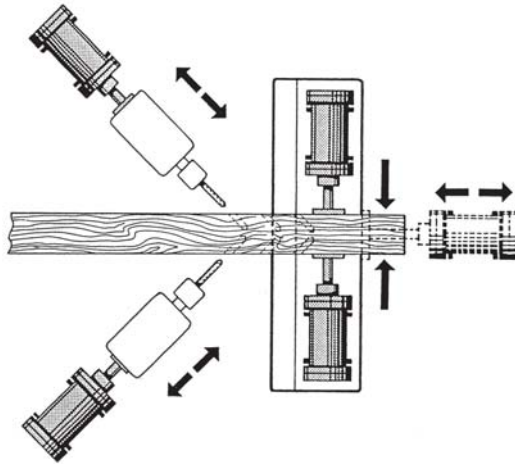
1. Sylinteripneumatiikka
2. Pyörivien liikkeiden aikaansaaminen
3. Paineilma itse suorittaa varsinaisen työn



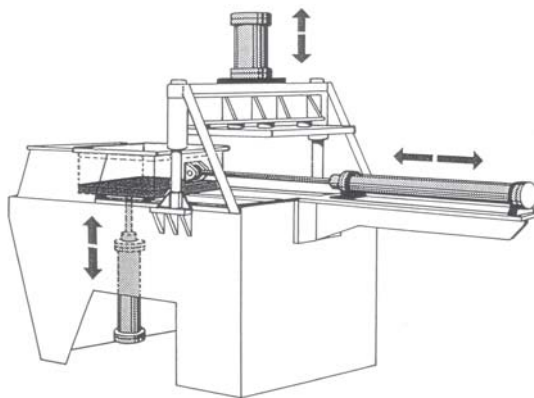
Kuva 2. Pneumatiikan osa-alueet



Kuva 3. Kappaleen kääntö rullaradalla paineilmasylinterin avulla (Festo)



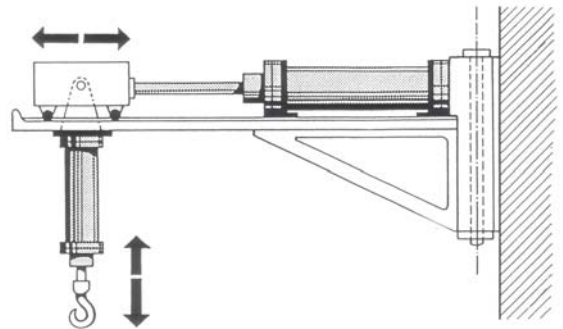
Kuva 4. Työkappaleen kiinnitys, poraus ja siirto pneumatiikan avulla (Festo)



Kuva 5. Levynkäsittelykone (Festo)

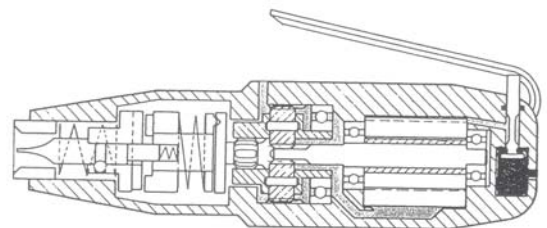
Sylinteripneumatiikkaa käytetään yleensä suora- viivaisten liikkeiden aikaansaamiseen. Se on hyvin laaja pneumatiikan osa. Sitä voidaan soveltaa monilla teollisuuden aloilla mitä erilaisimpiin tehtäviin. Sille on ominaista se, että sen käyttösovellutukset ovat melko yksilöllisiä. Tästä syystä tähän ryhmään kuuluvia koneita ja laitteita ei yleensä ole saatavana valmiina, vaan niitä rakennetaan kutakin tapausa varten vakiokomponentteja hyväksi käyttäen.

Sylinteripneumatiikan käyttöesimerkkejä on kuvissa 5 ja 6. Jotta sylinterit saadaan toimimaan halutulla tavalla, tarvitaan venttiilit, joilla sylinteriä ohjataan. Paineilman puhdistusta ja voitelua varten tarvitaan yleensä vedenerottimella varustettu suodatin sekä voitelulaite. Useat sylinteripneumatiikkaan kuuluvat automaattiset paineilmajärjestelmät ohjauspiireineen muistuttavat paljon sähköisiä järjestelmiä.

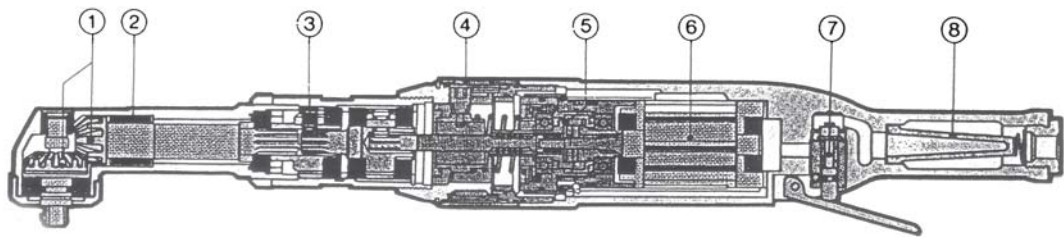


Kuva 6. Nosto- ja siirtolaite (Festo)

Toiseen ryhmään kuuluvat erilaiset paineilma- moottorit. Niillä saadaan aikaan pyörivä liike. Tähän ryhmään kuuluville koneille on ominaista se, että useat niistä voidaan ostaa täysin valmiiksi rakennettuina. Tällöin niihin kuuluvat moottori, venttiilit sekä muut tarvittavat laitteet. Tarvitsee vain liittää kone paineilma- verkostoon ja painaa käynnistinnappia tai kääntää vipua, niin liike alkaa tai pysähtyy. Yleisimpiä ovat erilaiset paineilma- toimivat työkalut, esimerkiksi mutterin- ja ruuvinkiristimet sekä pora- ja hiomakoneet (kuvat 7 ja 8).



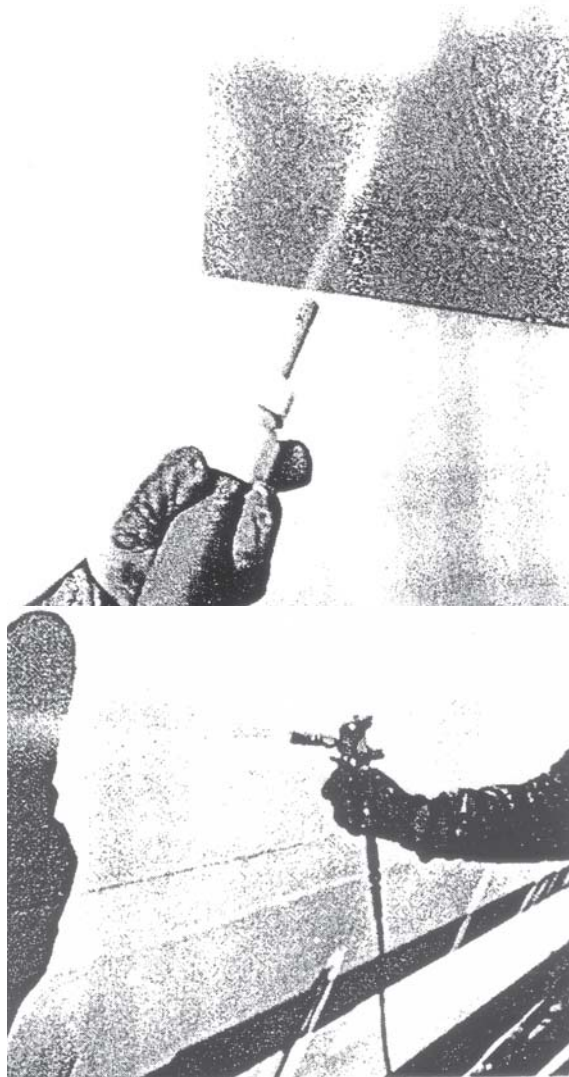
Kuva 7. Ruuvinväännin (Festo)



- | | | | |
|----------------|-------------------|-------------------------|-----------------------|
| 1 Kulmavaihte | 3 Planeettavaihte | 5 Momentinirroituskytin | 7 Käynnistinventtiili |
| 2 Neulalaakeri | 4 Äänenvaimennin | 6 Lamellimoottori | 8 Suodin |

Kuva 8. Kulmamallinen mutterinväännin (Atlas Copco)

Kolmanteen ryhmään kuuluvat ruiskumaalaus, hiekka-, puhdistus-, jäähdytyspuhallukset, putki-kuljetus ja paineilman käyttö vaimentimena, esim. auton ja polkupyörän renkaissa.



Kuva 9. Hiekkapuhallus ja ruiskumaalaus (Atlas Copco)

Missä pneumatiikkaa käytetään?

Pneumatiikkaa käytetään melkein kaikilla teollisuuden aloilla, esimerkiksi metalli-, auto-, lentokone-, kaivos-, puhelin-, sähkö-, puunjalostus-, muovi-, kumi-, elintarvike-, tekstiili- ja lääketeollisuudessa sekä avaruustekniikassa.

Jo noin 2000 vuotta sitten rakennettiin paineilmalla toimivia katapultteja. Suomessakin käytettiin pneumaattisia laitteita jo 1920-luvulla. Esimerkiksi raitiovaunujen ovet avautuivat ja sulkeutuivat silloin paineilmalla. Nykyisinkin linja-autojen, junien ja raitiovaunujen ovet avautuvat ja sulkeutuvat paineilman avulla.

Pneumatiikka sellaisena kuin sitä nykyisin teollisuudessa käytetään on hyvin nuori tekniikan ala. Suomessa pneumaattiset komponentit tulivat yleiseen käyttöön 1950-luvulla.

PNEUMATIIKAN OMINAISUUKSIA

Pneumatiikalla on monia hyviä ominaisuuksia, joiden ansiosta sitä kannattaa käyttää moniin käytännön sovellutuksiin. Näistä voidaan mainita:

Ilma: Ilmaa on kaikkialla, joten paineilman kehittäminen on mahdollista kaikkialla, missä sitä tarvitaan.

Siirtäminen:

Paineilman siirtäminen putkistoja pitkin on helppoa. Ilmalla on hyvät välitysominaisuudet. Sen dynaaminen viskositeetti eli virtauksessa syntyvä sisäinen kitka on pieni, joten painehäviö on pieni suurillakin virtausnopeuksilla ja pitkillä siirtoetäisyyksillä. Tämän vuoksi ja myös siitä syystä, että poistoilmalle ei tarvitse rakentaa putkistoja, paineilmaa kannattaa siirtää melko pitkiäkin matkoja.

Varastoiminen: Kuten jo aiemmin mainittiin, paineilmaan varastoituu energiaa. Tämä on helppo varastoida säiliöön, josta se tarvittaessa voidaan ottaa helposti käyttöön.

Lämpötila: Paineilmalaitteet ovat varmatoimisia melko suurella lämpötila-alueella.

Räjähdyks ja tulipalo: Pneumatiikka ei aiheuta räjähdyks- tai tulipalovaaraa esimerkiksi pölyisissä tai muuten palo- ja räjähdyksalttiissa ympäristöissä.

Nopeus: Ilma on nopea väliaine. Siksi sen avulla on mahdollista saada aikaan nopeita liikkeitä.

Säätö: Liikenopeuksia ja voimia on helppo säätää.

Ylikuormitus: Pneumaattisten järjestelmien ylikuormitus voidaan helposti estää. Yleensä paineilmakoneet ja -laitteet voidaan kuormittaa pysähdyksiin asti, eivätkä ne vaurioidu.

Automaatio: Jatkuvasti toistuvat toiminnot on helppo automatisoida pneumatiikan avulla.

Pneumatiikan huonoista puolista ja rajoituksista voidaan mainita:

Hinta: Pneumaattinen energia on suhteellisen kallis energiamuoto. Tämä johtuu melko huonosta hyötysuhteesta.

Voima: Yleensä pneumatiikkaa ei kannata käyttää suurten voimien aikaan saamiseen. Tavanomaisella 0,6 MPa:n ylipaineella suurimmat voimat ovat yleensä noin 50000 N.

Liikkeen epätasaisuus: Paineilmalla on vaikea saada aivan tasaista liikettä. Tasainen liike saadaan aikaan käyttämällä pneumatiikan yhteydessä nestevakautusta.

Poistoilma: Poistoilma aiheuttaa jonkin verran ääntä. Tätä voidaan vähentää sopivilla äänenvaimentimilla.

Pneumaattisen energian ja voimansiirron merkittävimpinä etuina muihin energiamuotoihin ja voimansiirtoihin (mekaaniseen, sähköiseen, hydrauliseen) verrattuna voidaan pitää energian varastoimisen helppoutta ja voimansiirron hyviä välitysominaisuuksia ja suurimpana heikkoutena huonoa hyötysuhdetta

PERUS- JA TOIMINTAMERKIT

Pneumaattiset laitteet, varusteet ja järjestelmät voidaan kuvata piirrosmerkein. Piirrosmerkit luovat perustan pneumaattisesti tapahtuvan voimansiirron toimintakaavioiden laatimiselle.

Pneumaattisten laitteiden ja varusteiden piirrosmerkit on standardisoitu: standardi SFS 2247, jota myös tässä on noudatettu. Aivan kaikkia piirrosmerkkejä, joita kirjoituksissa on käytetty, edellä mainitussa standardissa ei ole.

Piirrosmerkit kuvaavat laitteen toimintaa, ei siis rakennetta. Mikäli toiminta on samanlainen, voivat samalla piirrosmerkillä esitettävät eri laitteet rakenteeltaan olla hyvinkin erilaisia.

Piirrosmerkkien koko ja sijoitus voidaan valita kuhunkin käyttötarkoitukseen sopivaksi. Sama toimintakaavio voidaan esittää esim. A4-kokoisella paperilla tai valvontahuoneen seinän suuruisena. Samassa toimintakaaviossa suositetaan käytettäväksi samankokoisia merkkejä. Merkkien keskinäiset kokosuhteet on valittava edellä mainitun standardin mukaisiksi.

Piirrosmerkit muodostuvat yhdestä tai useammasta perusmerkistä sekä lähes aina yhdestä tai useammasta toimintamerkistä. Tässä kohdassa on esitetty vain perus- ja toimintamerkit. Eri laitteiden piirrosmerkit on esitetty kunkin laiteryhmän yhteydessä.

Perusmerkit

Perusmerkit on jaettu viiteen ryhmään:

1. Viivat

————— Työjohto (ehyt viiva). Paine-, paluu-, imu- ja syöttöjohto

— — — — — Ohjausjohto (katkoviiva, jossa viivaosan pituus vähintään kymmenen kertaa viivan paksuus)






— — — — — Vuotojohto tai ilmausjohto

===== Akseli, vipu, tanko, mäntä (kaksoisviiva, jossa viivojen väli enintään viisi kertaa niiden paksuus, kuva 1.12)



— — Kehyksenä yhdeksi kokonaisuudeksi asennettujen laitteiden osoittamiseen (pistekatkoviiva)

 Sähköjohto


2. Ympyrät ja puoliympyrä

-  Yleensä energian muuntoyksikkö (kompressori, moottori, pumppu)
-  Mittauslaite
-  Vastaventtiili, pyörivä liitin jne.
-  Nivel, rulla jne.
-  Pyörimisliikkeeltään rajoitettu toimilaite


3. Neliö ja suorakulmio

-  Venttiili, sylinteri
- 

4. Kärjellään seisova neliö


-  Huoltavat laitteet (suodatin, voitelulaite, lämmönsiirrin, erotin)

5. Sekalaiset merkit

-  Johtoliitos (ympyrän halkaisija noin viisi kertaa viivan paksuus)

 Jousi


 Viskositeetista riippuva vastus

 Viskositeetista riippumaton vastus


Toimintamerkit


Toimintamerkkejä on kolmenlaisia:

1. Kolmio

-  Virtaussuunta tai poistoaukko vapaaseen ilmaan

2. Nuolet

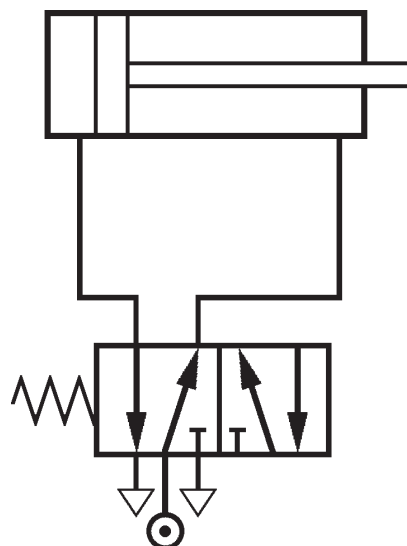
 Osoittaa suoraviivaisen suunnan

 Osoittaa pyörimissuunnan

 Virtaustiet ja -suunnat venttiilissä

3. Vinonuoli

 Säädetävyyden osoitus



Kuva 10 Piirosmerkkejä

SUUREET JA YKSIKÖT

Kaksi esimerkkiä käsitteiden suure, mittayksikkö, lukuarvo ja tunnus selvittämiseksi.

Esimerkki 1: Pituus on 5 metriä. Pituus on suure, 5 on lukuarvo ja metri on mittayksikkö.

Esimerkki 2: $l = 5 \text{ m}$. l on tunnus suurelle pituus, 5 on lukuarvo ja m tunnus mittayksikölle metri.

Jokaisella suureella on oma tunnus ja omat mittayksiköt. Lukuarvo ilmaisee, montako kertaa tietty yksikkö sisältyy määräsuuruiseen suureeseen.

Pneumatiikassa yleisimmin esiintyvät suureet ja niiden perusmittayksiköt on esitetty alla.

Suure Suureen tunnus Yksikkö Yksikön tunnus

pituus	l	metri	m
matka	s		
halkaisija	d		
ala	A	neliometri	m^2
tilavuus	V	kuutiometri	m^3
aika	t	sekunti	s
nopeus	v	metriä	
		/sekunnissa	m/s
pyörimisnopeus	n	kierrosta	
		/sekunnissa	r/s
massa	m	kilogramma	kg
voima	F	newton	N
paine	p	pascal	Pa
työ, energia	W	joule	J
teho	P	watti	W
lämpötila	T	kelvin	K

SI-järjestelmään siirryttäessä pneumatiikassa yleisimmin esiintyvien suureiden yksiköistä muutuivat eniten voiman, paineen ja lämpötilan yksiköt. Tästä syystä näitä suureita tarkastellaan lähemmin.

Voima F

Voiman yksikkö on newton, N. 1 N:n suuruinen voima antaa kappaleelle, jonka massa on 1 kg, kiihtyvyyden 1 m/s^2 .

$$1 \text{ N} = 1 \text{ kgm/s}^2$$

$$1 \text{ kp} = 9,80665 \text{ N} \approx 10 \text{ N}$$

Pneumatiikassa yleisimmin esiintyviä kerrannaisyksiköjä ovat kilonewton, kN, ja meganewton, MN.

$$1 \text{ MN} = 10^3 \text{ kN} = 10^6 \text{ N}$$

Paine p

Paine muodostuu voiman vaikuttaessa kappaleen pintaan.

$$p = F/A$$

$$F = \text{voima}$$

$$A = \text{ala}$$

Paineen yksikkö on pascal, Pa.

$$1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^2$$

Kuten edellisestä yhtälöstä ilmenee, pascal on melko pieni yksikkö. Tästä syystä pneumatiikassa esiintyvät yleisem m-in kerrannaisyksiköt kilopascal, kPa, ja megapascal, MPa.

$$1 \text{ MPa} = 10^3 \text{ kPa} = 10^6 \text{ Pa}$$

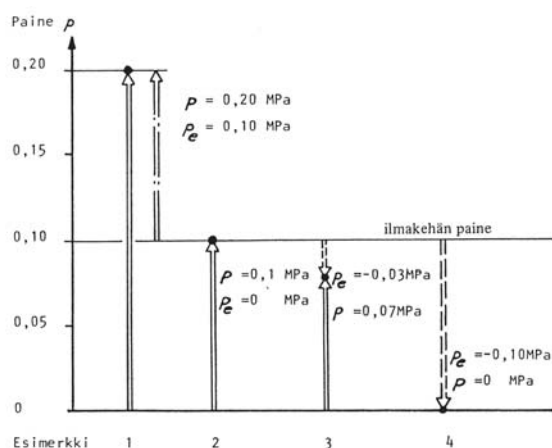
Absoluuttipaine sekä yli- ja alipaine

Kun paineen tunnus on pelkkä p , on kysymyksessä absoluuttipaine. Absoluuttipaineen mittaaminen alkaa 0-paineesta eli täydellisestä tyhjiöstä. Pneumatiikassa ja muissakin teknisissä sovellutuksissa on useimmiten kysymys yli- tai alipaineesta. Ylipaine ilmaistaan käyttämällä suureen tunnuksessa p alaindeksiä e . Alipaine ilmaistaan vastakkaismerkkisenä ylipaineena. Yli- ja alipaine voidaan ilmaista myös kirjoittamalla. Merkitsemisesimerkit:

$p = 0,05 \text{ MPa}$, tarkoittaa absoluuttipainetta

$p_e = 0,05 \text{ MPa}$ tai ylipaine: $0,05 \text{ MPa}$

$p_e = -0,05 \text{ MPa}$ tai alipaine: $0,05 \text{ MPa}$



Paineen ilmoittaminen absoluuttipaineen p ja yli- tai alipaineen p_e avulla. Absoluuttipainetta on kuvattu ehjillä viivoilla, ylipainetta pistekatkoviivoilla ja alipainetta katkoviivoilla.

Yli- ja alipaineen ilmoittamista varten on valittava vertailupaineeksi tietty absoluuttipaine. Vertailupaine on ilmoitettava. Yleisimmin se on noin $0,1 \text{ MPa} = 100 \text{ kPa} = 1 \text{ bar}$ eli normaali-ilmanpaine. Asian selventämiseksi edellisessä kuvassa on ilmoitettu neljä eri paineen arvoa absoluuttipaineen sekä yli- tai alipaineen avulla.

Muita paineen yksiköjä

Yksikköä baari (bar) on totuttu käyttämään pneumiikassa.

$$1 \text{ bar} = 0,1 \text{ MPa} = 100 \text{ kPa} = 10^5 \text{ Pa}$$

Vielä yleisesti esiintyviä, mutta pois jääviä yksiköjä ovat:

at	1 at = 1 kp/cm ² ≈ 100 kPa ≈ 0,1 MPa
atm	1 atm = 760 mmHg = 101,325 kPa
mmHg	1 mmHg = 1 torri = 133,322 Pa
psi	1 psi = 0,0703 kp/cm ² = 6,9 kPa
mmH ₂ O	1 mmH ₂ O = 9,81 Pa

Yksikkö pascal (Pa) ja sen kerrannaisyksiköt korvaavat kaikki muut paineen yksiköt.

Lämpötila *T*

Lämpötilan perusyksikkö on kelvin (K). Usein lämpötila ilmaistaan Celsius-asteina. Tällöin suureen tunnus on *t*.

$$\begin{aligned} 0^\circ\text{C} &= 273 \text{ K} \\ 0 \text{ K} &= -273 \text{ }^\circ\text{C} \end{aligned}$$

Celsius-aste ja kelvin ovat yhtä isoja, joten esimerkiksi $+100 \text{ }^\circ\text{C} = 373 \text{ K}$.

