

Pietari Ijäs

PAINELMAOPAS ALOITTELEVILLE SUUNNITTELIJOILLE

PAINILMAOPAS ALOITTELEVILLE SUUNNITTELIJOILLE

Pietari Ijäs
Opinnäytetyö
Kevät 2024
Talotekniikan tutkinto-ohjelma
Oulun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu
Talotekniikan tutkinto-ohjelma

Tekijä(t): Pietari Ijäs

Opinnäytetyön nimi: Paineilmaopas aloitteleville suunnittelijoille

Työn ohjaaja(t): Niko Peltokangas

Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: Kevät 2024

Sivumäärä: 28

Tämän opinnäytetyön aiheena oli suunnitella paineilmaopas aloitteleville suunnittelijoille. Työn aihe saatiin Sweco Finland Oy:lta. Paineilmaopas helpottaa aloittelevien suunnittelijoiden työtä paineilman suhteen, koska yleisimmät perusteet löytyisivät yhdestä oppaasta.

Paineilmaoppaan tietoperusta on kerätty eri Internet-lähteiden ja kirjojen avulla. Samalla tutustuttiin Linnanmaan kampuksen paineilmakeskukseen ja hybridilaboratoriossa oleviin paineilmapisteisiin. Paineilmaoppaassa käydään läpi paineilmaan liittyvää mitoitusta ja suunnittelua sekä paineilmajärjestelmässä olevia laitteita.

Asiasanat: Paineilma, Pneumatiikka, Putkimateriaalit

ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences
Degree Programme in Building Services

Author(s): Pietari Ijäs
Title of thesis: Compressed Air Guide for Novice Designers
Supervisor(s): Niko Peltokangas
Term and year when the thesis was submitted: Spring 2024
Number of pages: e.g. 28

The topic of this thesis was to design a compressed air guide for novice designers. The topic of the work was obtained from Sweco Finland Oy. The compressed air guide makes it easier for novice designers to work with compressed air because the most basic criteria would be found in one guide.

The knowledge base of the compressed air guide has been collected with the help of various internet sources and books. At the same time, we became familiar with the compressed air centre at the Linnanmaa Campus and the compressed air points in the hybrid laboratory. The compressed air guide covers the dimensioning and design of compressed air, as well as equipment in the compressed air system.

Keywords: Compressed air, Pneumatic, Pipe materials

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	7
2	PAINEILMA YLEISESTI	8
3	PAINEILMAVERKOSTON SUUNNITTELU	9
3.1	Rengasverkko	9
3.2	Suora verkko	10
3.3	Märkäverkko.....	10
3.4	Kuivaverkko.....	11
3.5	Kompressorit.....	11
3.5.1	Ruuvikompressori	11
3.5.2	Mäntäkompressori	11
3.5.3	Lamellikompressori.....	12
3.5.4	Hammasroottorikompressori	12
3.5.5	Nesterengaskompressori	12
3.6	Säiliö.....	13
3.7	Laatuluokitukset.....	14
3.8	Käyttöpaine	14
3.9	Kuivaus ja suodatus.....	15
3.9.1	Suodattimet	15
3.9.2	Jäähdytyskuivain.....	15
3.9.3	Adsorptiokuivain.....	16
3.10	Putkimateriaalit	18
3.10.1	Kupari	18
3.10.2	Musta teräs	18
3.10.3	Ruostumaton teräs	19
3.10.4	Muoviputket.....	19
3.10.5	Alumiiniputket.....	20
3.11	Varoventtiili.....	20
4	PAINEILMAVERKOSTON MITOITUS.....	22
4.1	Paineilmapiste.....	23
5	LINNANMAAN KAMPUS.....	24
6	YHTEENVETO	26

LÄHTEET..... 27

1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön toimeksiantajana on Sweco Finland Oy. Sweco Finland Oy on kansainvälinen yhtiö, jolla on yhteensä noin 24000 työntekijää, joista Suomessa on noin 3000 henkeä 27 eri paikkakunnalla. Sweco Finland Oy toimii useammalla eri toimialalla, ja tämä opinnäytetyö liittyy niistä teollisuuteen ja rakennuksiin.

Tässä opinnäytetyössä on tavoitteena toteuttaa opas, jonka tarkoituksena on olla hyvä perusta ja lähtökohta aloittaville suunnittelijoille, jotka eivät ole aikaisemmin suunnitelleet paineilmaverkostoja. Oppaan sisältö rajattiin teollisuuteen ja rakennuksiin, eikä tässä käydä läpi esimerkiksi sairaalakohteita.

Paineilma on ilmaa, joka puristetaan esimerkiksi säiliössä kompressorin avulla normaalia ilmanpainetta korkeammaksi. Paineilmaa käytetään päivittäin erilaisissa työpaikoissa kuin myös arkielämässä. Paineilma helpottaa esimerkiksi renkaitten täyttämässä normaalin pumpun sijaan. Paineilmaverkoston suunnittelussa pitää tietää muun muassa tarvittavan kompressorin koko ja määrä sekä putkipituudet ja materiaalit.

Tässä opinnäytetyön raportissa käydään läpi, mitä paineilma on yleisesti ja mitä paineilmasuunnittelussa pitää ottaa huomioon. Varsinainen paineilmaopas tulee sisältämään paineilmasuunnittelussa ja mitoituksessa käytettyjä toimintatapoja ja menetelmiä.

2 PAINEILMA YLEISESTI

Paineilma on ilmaa, jota on pakotettu tai puristettu suurella voimalla suljetussa tilassa. Sitä käytetään monilla eri teollisuudenaloilla erilaisiin tarkoituksiin. Paineilmaa tuotetaan yleensä erilaisilla kompressoreilla, jotka puristavat ilman tiiviiseen tilaan, jolloin siitä tulee korkeapainetta. Paineilmaa voidaan säilyttää säiliöissä ja käyttää siten tarpeen mukaan erilaisissa sovelluksissa. (Airila, Ojala, Kääpä & Tuomisto 1983, 7.)

Paineilmaa käytetään monissa teollisuuden käyttökohteissa, kuten pneumaattisissa järjestelmissä, joissa se voi liikuttaa sylintereitä, pyörittää moottoreita tai suorittaa muita mekaanisia työtehtäviä. Paineilmaa käytetään myös voimanlähteenä monissa työkaluissa, kuten porakoneissa, nauhalaimissa ja maaliruiskuissa. (Atlas Copco 2024c.)

Paineilmalla on useita etuja sen luotettavuuden ja pitkien huoltovälien ansiosta. Oikeaoppisesti käsiteltynä se on puhdasta ja ympäristöystävällistä. Paineilma on helposti saatavilla kompressoreiden koon ansiosta ja sitä voidaan myös säätää helposti eri painetasoille, mikä tekee siitä monipuolisen ratkaisun erilaisiin käyttötarkoituksiin. (Atlas Copco 2024d.)

Vaikka paineilmalla on monia etuja, sen käytössä on myös haittapuolia. Paineilman varastointi ja siirto voivat aiheuttaa energiahäviötä, ja paineilman tuotannossa saatetaan käyttää paljon energiaa riippuen käytetystä tekniikasta. Lisäksi paineilmaan liittyy turvallisuusriski, erityisesti jos järjestelmässä on vuotoja tai paineet eivät ole asianmukaisesti hallinnassa.

Paineilmalla on laaja käyttöalue teollisuudessa ja muissa käyttökohteissa sen monipuolisuuden ja taloudellisuuden vuoksi. Kuitenkin sen käytössä on otettava huomioon asianmukainen suunnittelu, turvallisuus ja ympäristönäkökohdat, jotta sen hyödyt voidaan maksimoida ja haitat minimoida. (Atlas Copco 2024c.)

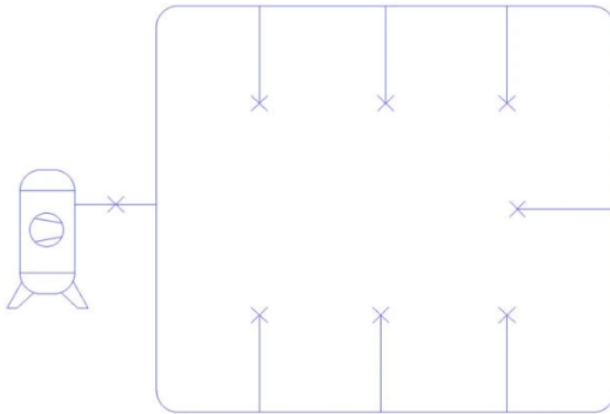
3 PAINEILMAVERKOSTON SUUNNITTELU

Paineilmaverkoston suunnittelussa pitää ottaa huomioon eri ympäristötekijät. Ympäristötekijöitä ovat esimerkiksi siirtoetäisyydet, kulutuskohteiden jakautuminen ja niiden tarvitsemat ilmamäärät. Jokainen paineilmaverkko on yksilöllinen, ja ne suunnitellaan käyttötarkoituksen mukaisesti. (Eilman, Hautanen, Järvinen & Simpura 2002, 59.)

3.1 Rengasverkko

Rengasverkko (kuva 1) on rakenteeltaan monimutkainen ja hankintahinnaltaan kalliimpi kuin suoraverkko, mutta rengasverkolla on monia etuja. Rengasverkkoja suositellaan käytettäväksi suurissa ja laaja-alaisimmissa paineilmalaitoksissa. (Airila ym. 1983, 96.)

Rengasverkossa voidaan käyttää pieniä putkikokoja, koska tuotettu paineilma tulee kahta eri reittiä käyttökohteeseen ja tällöin myös tarvittava paine pysyy vakaampana. Sulkuventtiilejä on kannattava sijoittaa verkkoon sopiviin kohtiin, jolloin huoltotoimenpiteet voidaan tehdä ilman, että muu toiminta kärsii. (Airila ym. 1983, 97.)

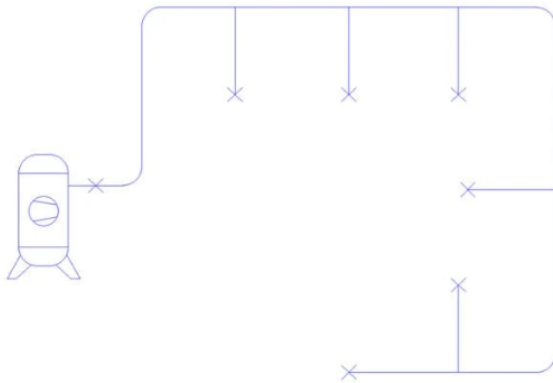


Kuva 1. Rengaspaineilmaverkko (Sirniö 2022)

3.2 Suora verkko

Suora verkko (kuva 2) on rakenteeltaan yksinkertaisempi kuin rengasverkko. Suorassa verkossa suositellaan, että ilmankulutus käyttöpisteissä on samaa suurusluokkaa, sillä verkoston paine heilahtelee, jos verkossa on paljon eri ilmantarpeita omaavia laitteita. Suoraa verkkoa käytetään yleisemmin pienemmissä teollisuuslaitoksissa. (Sirmiö 2022.)

Suorassa verkossa ilma siis virtaa yhtä putkea pitkin, ja tästä putkesta haaroitetaan putket tarvittaviin käyttöpisteisiin. Suurimpana haittana suorassa verkossa on se, että kun verkkoa huolletaan tai lisätään uusi haarapiste, verkosto pitää osittain sulkea. Sulkuventtiileitä voidaan tietenkin asentaa, mutta tällöinkin verkko saa ilmaa vain sulkuventtiiliin asti, jolloin loppupää jää toimintakyvyttömäksi. (Airila ym. 1983, 96.)



Kuva 2. Suora paineilmaverkko yhdellä runkolinjalla (Sirmiö 2022)

3.3 Märkäverkko

Märkäverkko nimensä mukaisesti tarkoittaa verkkoa, jossa esiintyy kosteutta. Kosteutta tulee verkkoon siitä syystä, että verkossa ei ole käytetty paineilman kuivainta. Tästä syystä verkon suunnittelu aiheuttaa oman haasteensa ja tekee investoinnista kalliin. (Airila ym. 1983, 98.)

Putkiston runkoputkeen tulee asentaa 1:50–1:100 laskukulmaan paineilman virtaussuuntaan nähden, jolloin kosteus saadaan poistettua verkosta. Nesteeksi muodostunut kosteus voidaan poistaa manuaalisesti venttiiliä kääntämällä tai automaattisesti uimurityyppisellä venttiilillä. Paineilmapisteille tulevat ulosottoputket pitää suunnitella ja asentaa niin sanotulla joutsenkaulalla, jolloin runkoputkesta ei pääse nestettä paineilmanpisteille. (Airila ym. 1983, 98.)

3.4 Kuivaverkko

Kuivassa verkossa käytetään paineilman kuivainta ja tällöin verkossa ei esiinny kosteutta eikä tiivistynyttä vettä. Kuivaimen ansiosta verkostosta tulee yksinkertainen suunnitella ja asentaa. Verkoston sijoitus on paljon vapaampaa, ja paineilmapisteille tulevat ulosottoputket voidaan ottaa mihin suuntaan tahansa. Ainoa edellytys kuivaverkolle on, että verkoston ympärillä vallitseva lämpötila on kuivatun ilman kastepistettä korkeampi. (Airila ym. 1983, 99.)

3.5 Kompessorit

Kompessoriksi nimetyllä laitteella tarkoitetaan laitetta, joka puristaa ilman loppupaineen vähintään kaksinkertaiseksi imupaineeseen verrattuna. Kompessorit palvelevat monta eri käyttötarkoitusta, jolloin kompressorin tuottama loppupaine vaihtelee paljon.

Teollisuudessa käytettävä paineilmaverkoston paine on yleensä 6–10 baarin painetta. Niin sanoissa ”korkeapaineverkoissa” käytetään myös 15–20 baarin painetta. (Airila ym. 1983, 25.)

3.5.1 Ruuvikompressorit

Ruuvikompressorit ovat yksi yleisimmistä ja tehokkaimmista paineilman tuottajista. Ruuvikompressorissa tapahtuva ilman puristus tapahtuu ruuvi- ja luistinroottorin väliin jäävissä urissa, jolloin roottorien ympärillä oleva pesä tiivistää roottoreiden pääty- ja ulkopinnat. Ruuvit puristavat ilmaa tasaisesti, jolloin puristuksesta tuotettu paineilma on sykkeetöntä. (Keinänen & Kärkkäinen 2009, 27–28.)

3.5.2 Mäntäkompressorit

Mäntäkompressorit ovat vanhin kompressorityyppi. Mäntäkompressorin loppupaineet voivat olla 1–1000 baaria, jolloin sen käyttöalueesta tulee erittäin laaja. Mäntäkompressorin tarvittava ilma ime-

tään imuventtiiliin kautta sylinteriin, jossa ilma puristetaan. Sylinterissä puristettu ilma ohjataan paineventtiiliin kautta seuraavaan puristusvaiheeseen, yleensä painesäiliöön. (Keinänen & Kärkkäinen 2009, 29.)

3.5.3 Lamellikompressori

Lamellikompressori käyttää roottorityyppistä rakennetta puristaakseen ilmaa sylinterinmuotoisessa pesässä. Ilman puristus toteutuu siten, että roottorissa on kaksi tai useampi vastakkain pyörivää lamellia, jotka muodostavat taskut pesän seinämiä vasten muodostaen näin ilman puristuksen. (Keinänen & Kärkkäinen 2009, 30.)

3.5.4 Hammasroottorikompressori

Hammasroottorikompressorin toiminta perustuu siihen, että kaksi roottoria pyörii vastakkaisiin suuntiin puristuskammiossa. Puristusprosessi perustuu sisään menevästä ilmasta, puristuskammiossa tapahtuvasta ilman puristuksesta ja puristetun ilman poistosta. (Atlas Copco 2024e.)

3.5.5 Nesterengaskompressori

Nesterengaskompressoreita käytetään erilaisten kaasujen ja höyryjen käsittelyssä. Myös herkästi syttyvät aineet soveltuvat erinomaisesti nesterengaskompressoreille niiden kestäväen rakenteen ansiosta. (Ax Flow 2024.)

Nesterengaskompressoreissa on vähäinen huollontarve. Tämän ansiosta ne ovat luotettavia, pitkäikäisiä ja joustavia vaihtoehtoja teollisuuteen. Kuvassa 3 on FLOWSERVE SIHI-nesterengaskompressori, jonka virtaus on 11000m³/h. (Ax Flow 2024.)



KUVA 3. FLOWSERVE SIHI-nesterengaskompressor (Ax Flow 2024)

3.6 Säiliö

Paineilmajärjestelmä suunnitellaan yleensä paineilmasäiliöllä, mutta se voidaan toteuttaa ilmeinkin sitä. Suunnittelua paineilmasäiliön kanssa suositellaan. Paineilmasäiliöitä voi olla paineilmajärjestelmässä yksi tai useampi säiliö. (Ellman ym. 2002, 61.)

Paineilmasäiliön tehtävä järjestelmässä on toimia paineilma-avarastona, tasata kulutushuippuja, vaimentaa paineenvaihteluita, toimia vedenerottimena ja ilman jäähdyttäjänä. Paineilmasäiliön mitoituksessa vaikuttavia tekijöitä ovat kompressorin tuotto, kulutuksen tarve, automatiikan ja säätöjärjestelmän vaatimukset ja kompressorityyppi. Jos järjestelmässä on useampi kompressor, käytetään suurimman kompressorin tuottoa. (Ellman ym. 2002, 61.)

Tarvittavan säiliön tilavuus voidaan laskea kaavalla: (Atlas Copco 2015, s.90)

$$V = \frac{0,25 \cdot q_c \cdot p_i \cdot T_0}{f_{\max} \cdot (p_U - p_L) \cdot T_i} \quad (\text{KAAVA 1})$$

, jossa

V = Säiliön tilavuus (l)

q_c = Kompressorin tuottama ilmamäärä (l/s)

p_1 = Kompressorin imuilman paine (bar)

T_0 = Ilman maksimilämpötila säiliössä (K)

f_{\max} = Tuoton maksimitaajuus (1/s)

$(P_u - P_L)$ = Paine-ero tuoton ja kevennyksen välillä (bar)

T_i = Kompressorin imuilman maksimilämpötila (K)

3.7 Laatuluokitukset

Tiettyjä epäpuhtauksia ilmenee paineilmassa kompressorin jälkeen, jotka kulkeutuvat paineilmajärjestelmään suodattimista huolimatta. ISO 8573-1:2010 on kansainvälinen teollisuuden paineilman laatustandardi, joka on yleisessä käytössä. Standardista löytyvät puhtausluokat kiinteiden partikkeleiden, öljyn ja vedenkosteuden osalta. Puhtausluokkien taulukoista ilmenee epäpuhtauksien maksimiarvot. (Atlas Copco 2024a.)

Tätä standardia ei sovi sekoittaa hengitysilman paineilman laatustandardiin EN 12021, joka on paljon tiukempi kuin teollisuuden standardi. Lääkkeellisten ja sairaalapaineilmojen laatustandardit määrittellään European Pharmacopoeiassa. (Atlas Copco 2024a.)

3.8 Käyttöpaine

Paineilmaverkoston käyttöpaine ei riipu pelkästään kompressorista, vaan paineilmaverkoston paineilmalaitteet määrittelevät lopullisen käyttöpaineen. Näihin paineilmalaitteisiin kuuluvat muun muassa putkisto, venttiilit, kuivaimet ja suodattimet. (Atlas Copco 2024f.)

3.9 Kuivaus ja suodatus

Paineilmassa ilmenee paljon epäpuhtauksia, kuten öljyä, kiinteitä hiukkasia ja vesihöyryä. Näiden epäpuhtauksien lopputuloksena muodostuu hankaavaa ja usein hapanta öljylietettä, joka on erittäin vahingollista kulkeutuessaan paineilmalaitteistoon syövyttäen paineilmaputkistoa ja vahingoittaen paineilmalaitteita ja -työkaluja. (Atlas Copco 2024b.)

3.9.1 Suodattimet

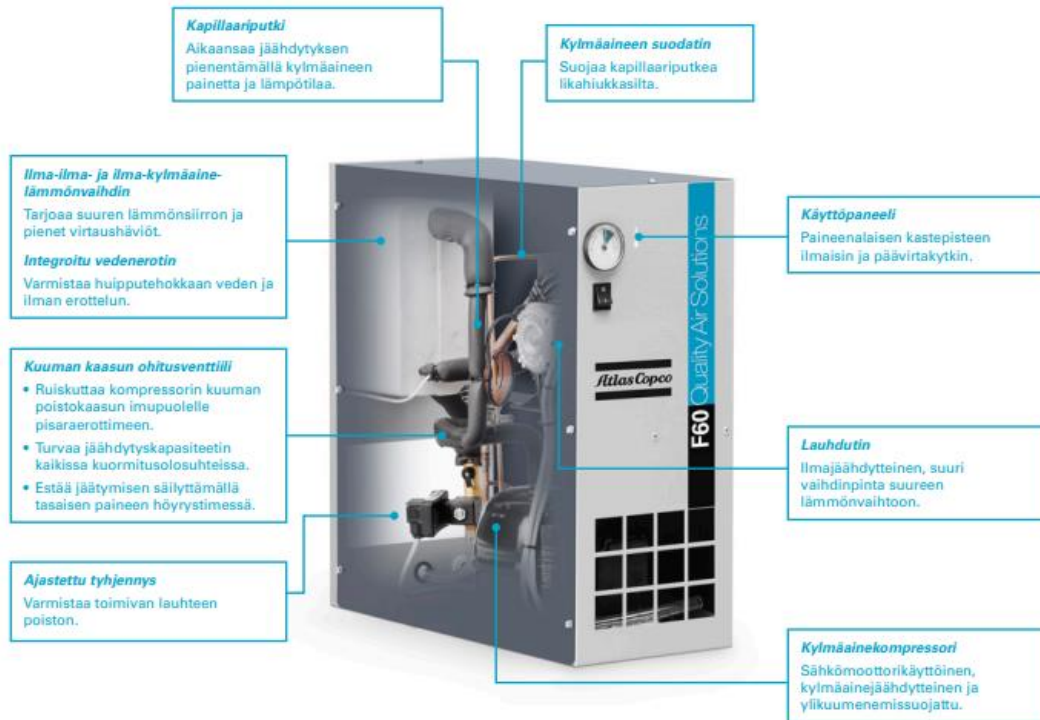
Esisuodatin on karkeahko suodatusasteeltaan ja sen suodatuskyky on 5–40 µm. Esisuodatin on yleensä sintrattua pronssia ja se poistaa ilmasta öljyä ja kiinteitä partikkeleita sekä estää kosteuden pääsyä kuivaimeen. (Ellman ym. 2002, s 57.)

Hienosuodatin on erittäin yleinen teollisuuskäytössä. Teollisuudessa suodatetaan ilmaa käyttötarkoituksen mukaan suodatinelementtikokoja 0,1–0,01 µm käyttäen. (Ellman ym. 2002, 57.)

Mikrosuodatinta käytetään esisuodattimena adsorptiokuivaimelle sen partikkelien kokoluokan ollessa 0,01 µm. Mikrosuodatusta käytetään hienompaan yleissuodatukseen. (Ellman ym. 2002, 57.)

3.9.2 Jäähdytyskuivain

Jäähdytyskuivaimen tehtävä on jäähdyttää paineilma, minkä avulla paineilmassa oleva kosteus tiivistyy ja tätä kautta se saadaan eroteltua pois. Jäähdytyksen jälkeen paineilma lämmitetään huoneenlämpöiseksi, millä vältetään kondensaatioveden muodostuminen putkistossa. Kuvassa 4 esiintyvässä Atlas Copco F -sarjan jäähdytyskuivaimessa kastepiste on alimmillaan +7 °C. (Atlas Copco 2024b.)



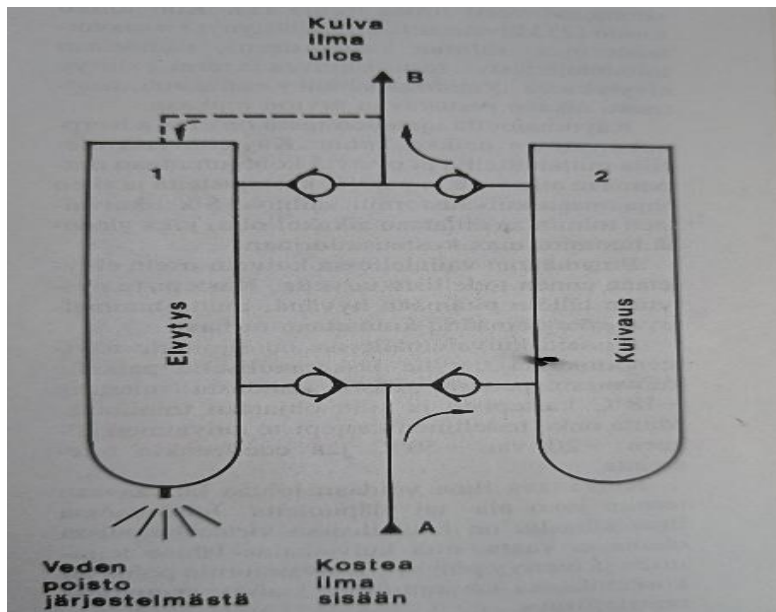
KUVA 4. Jäädytyskuivain (Atlas Copco 2016a)

3.9.3 Adsorptiokuivain

Adsorptiokuivainta (kuva 5) käytetään olosuhteissa, joissa paineilmaa joudutaan käyttämään alle 0°C lämpötilan olosuhteissa. Adsorptiokuvauksessa on nestemäistä tai kiinteää ainetta, joka poistaa kosteutta paineilmaasta sitoen vesimolekyylejä pinnalleen. Kuvassa 6 esiintyy adsorptiokuivaimen toimintaperiaate. Tällä kuivausmenetelmällä saavutetaan todella alhainen kastepiste (-30°C ... -90°C). (Ellman ym. 2002, 55.)



KUVA 5. Kylmäelvytteinen adsorptiokuivain (Atlas Copco 2016b)



KUVA 6. Adsorptiokuivaimen toimintaperiaate (Airila ym 1983, 59)

3.10 Putkimateriaalit

Paineilmaverkostoissa käytetään useita erilaisia putkimateriaaleja, ja valinta riippuu useista tekijöistä. Näitä tekijöitä ovat esimerkiksi paineilmajärjestelmän vaatimukset, ympäristöolosuhteet, kustannukset ja käyttötarkoitukset. (Sirniö 2022.)

Putken valinnassa on tärkeää ottaa huomioon paitsi itse putken materiaali, myös liitosten luotettavuus, järjestelmän huollettavuus ja soveltuvuus tiettyyn käyttötarkoitukseen. Lisäksi on tärkeää noudattaa paikallisia säännöksiä ja standardeja. (Sirniö 2022.)

Yleisimmät käytetyt putkimateriaalit ovat kupari, musta teräs, ruostumaton teräs, muoviputket ja alumiiniputket.

3.10.1 Kupari

Kuparilla on antibakteerisia ominaisuuksia sekä se on äärimmäisen korroosionkestävä, mikä tekee siitä loistavan materiaalin paineilmasuunnitteluun. Kupari on pehmeää metallia, minkä ansiosta sitä on helppo taivuttaa vaikeampiinkin paineilmapisteisiin. (Jussi Masalin 2021.)

3.10.2 Musta teräs

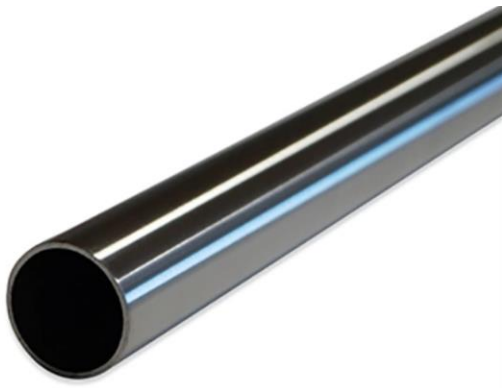
Musta teräs (kuva 7) on vahva ja kestävä materiaali, jota käytetään laajasti paineilma- ja kaasuverkostoissa. Se on suhteellisen edullinen ja helppo asentaa, mutta se altistuu korroosiolle, joten se vaatii lisäsuojaa kosteilta olosuhteilta. (Jussi Masalin 2021.)



KUVA 7. Musta teräsputki

3.10.3 Ruostumaton teräs

Ruostumattomasta teräksestä (kuva 8) valmistetut putket ovat erittäin kestäviä korroosiota vastaan, mikä tekee niistä ihanteellisia kosteisiin ympäristöihin. Ne sopivat hyvin myös lääketieteellisiin ja elintarviketeollisuuden kohteisiin. (Jussi Masalin 2021.)



KUVA 8. Ruostumaton teräsputki

3.10.4 Muoviputket

Muoviputket (kuva 9) ovat kevyitä, helppoja asentaa ja kestävät hyvin korroosiota. Muoviputket soveltuvat hyvin ilmanjakeluun pienissä paineilmajärjestelmissä. Yleisin muovimateriaali on polyvinyylikloridi eli PVC. (EO-Tekniikka, 2024.)



KUVA 9. PVC-paineilmaputki

3.10.5 Alumiiniputket

Alumiiniputket (kuva 10) ovat kevyitä ja helppoja asentaa. Ne ovat myös korroosion kestäviä, mutta voivat olla alttiita mekaaniselle vaurioitumiselle. Alumiiniputkilla on usein liitettävyyssominaisuuksia, jotka helpottavat järjestelmän laajentamista. (Jussi Masalin 2021.)



KUVA 10. Sininen alumiinipaineilmaputki

3.11 Varoventtiili

Varoventtiili (kuva 11) on laite, jonka päätehtävänä on suojata suljettua putkistoa tai säiliötä ylipaineelta. Varoventtiili avautuu automaattisesti, kun järjestelmän sisäinen paine ylittää ennalta asetetun arvon. Tämä toiminto on olennainen turvatoimi, joka estää laitteiston vaurioitumisen ja mahdollisen räjähdyksen paineen kertyessä liian suureksi.

Varoventtiilin perustoiminta perustuu jousimekanismiin, joka pitää venttiilin suljettuna normaaliolosuhteissa. Kun paine nousee yli sallitun tason, jousi antaa periksi, jolloin venttiili avautuu ja vapauttaa ylimääräisen paineen. Tämä voi tapahtua esimerkiksi silloin, kun säiliössä oleva neste tai kaasu laajenee liikaa tai järjestelmässä on muuta paineen nousua aiheuttavaa häiriötä. (Turvatekniikan keskus 2004, 9.)



KUVA 11. Varoventtiili kompressorille

4 PAINEILMAVERKOSTON MITOITUS

Paineilmajärjestelmän tarkka mitoitus teollisuudessa on hankalaa, koska paineilman kulutus on jaksoittaista ja vaihtelevaa. Mitoitus kannattaa toteuttaa käytännön kannalta ja varautua tarvittavan ja riittävän paineilmamäärän siirtoon.

Paineilmajärjestelmän pääperiaate on suunnitella verkosto siten, että kompressorin ja verkoston kauimmaisen kulutuspuheen välissä tapahtuisi mahdollisimman pieni ilmanpaineen lasku. Käytännössä painehäviö ei saisi ylittää 0,1 baarin painetta. Putkiston painehäviöön vaikuttaa muun muassa putken mitta, paine ja virtausnopeus. (Airila ym. 1983, 97.)

Paineilmamitoituksen yksinkertaisin, helpoin ja tarpeeksi tarkka mitoitusperiaate on lisätä verkostossa olevien komponenttien ekvivalentti putkipituus laskettuun putkiston kokonaispituuteen (Airila ym. 1983, 97).

Putkiston likimääräinen maksimipituus saadaan kaavalla: (Atlas Copco 2015, s.89)

$$l = \frac{\Delta p \times d^5 \times p}{450 \times q_c^{1.85}} \quad (\text{KAAVA 2.})$$

jossa,

l = Putken maksimipituus (m)











Δp = sallittu paineen lasku (bar)

p = käyttöpaine (bar)

q_c = Kompressorin tuottama ilmamäärä (l/s)

d = Putken sisähalkaisija (mm)

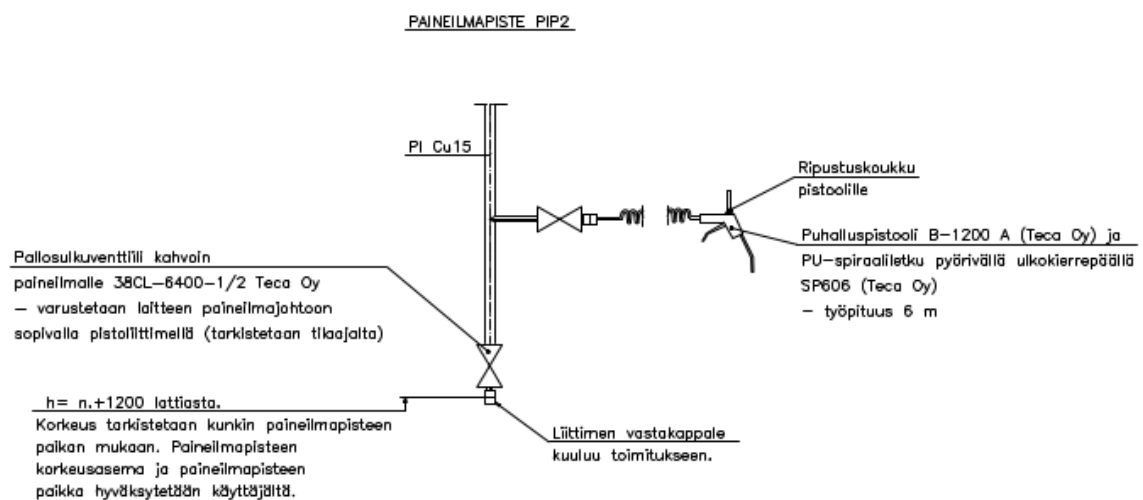
Ekvivalenttiputkipituudet on esitetty kuvassa 12:

Varuste ja putkiosa	Ekvivalentti putkipituus (m)						
	Sisähalkaisija (mm)						
	25	40	50	80	100	125	150
Istukkaventtiili 	6	10	15	25	30	50	60
Virtausventtiili 	3	5	7	10	15	20	25
Kalvoventtiili 	1,2	2,0	3,0	4,5	6	8	10
Luistiventtiili 	0,3	0,5	0,7	1	1,5	2	2,5
Putkikäyrä 	1,5	2,5	3,5	5	7	10	15
Putkikäyrä 	1	2	2,5	4	6	7,5	10
Putkikäyrä, R=d 	0,3	0,5	0,6	1	1,5	2	2,5
Putkikäyrä R=2d 	0,15	0,25	0,3	0,5	0,8	1	1,5
Letkuliitin T-kpl 	2	3	4	7	10	15	20
Supistuskappale 	0,5	0,7	1	2	2,5	3,5	4

KUVA 12. Ekvivalenttitaulukko (Airila ym. 1983, 97)

4.1 Paineilmapiste

Paineilmapisteille tulevan putken päässä on sulkuventtiili, joka on yleensä palloventtiili. Yleensä paineilmapisteet varustetaan spiraaliletkulla tai letkukelalla. Paineilmapisteellä käytettäviä laitteita ovat yleensä paineilmapistoolit, pulttipyssyt ja maaliruiskut. Asennuskorkeus määräytyy käyttökohteen mukaan, yleensä asennetaan noin 1,2 metrin korkeuteen. Kuvassa 13 esimerkki yhden kohteen paineilmapisteestä. (Sirniö 2022.)



Kuva 13. Esimerkki paineilmapisteestä

5 LINNANMAAN KAMPUS

Kävimme tarkastelemassa referenssikohteena olevaa Linnanmaan kampuksen paineilmakeskusta (kuva 14.) sekä hybridilaboratoriossa olevia paineilmapisteitä. Työssä rajataan paineilmaverkosto paineilmakeksuksen ja hybridilaboratoriossa olevien paineilmapisteiden väliseksi.



Kuva 14. Linnanmaan kampuksen paineilmakeksus

Kampuksen kompressoreina toimii Atlas Copcon mallit ZT37 ja ZT30. ZT37- kompressorin ilmantuotto on 96,6 l/s ja maksimipaine 7,3 baaria. ZT30- kompressorin ilmantuotto on 78,8 l/s ja maksimipaine 7,3 baaria. Nämä molemmat kompressorit ovat ilmajäähdytteisiä ja öljyvapaita hammasroottorikompressoreita. Kompressorit ovat valmistettu vuosina 2011 ja 2013.

Paineilmakeskuksessa oli 10 m³:n paineilmasäiliö. Paineilmasäiliö on valmistettu vuonna 1975. Sen suurin sallittu käyttöpaine on 15,7 baaria ja käyttölämpötila on +20 °C – +0 °C.

Hybridilaboratorio jakautuu neljään eri osaan, jotka ovat LVI-, sähkö-, automaatio ja energialaboratoriot. LVI-tekniikalla on yksi iso tila, joka on jaettu laboratorio- ja projektitilaksi. Sähkö- ja auto-

maatiotekniikalla on kaksi erillistä luokkatilaa ja energialaboratoriolla yksi. Tarkkaa paineilmapisteiden lukumäärää ei ole tiedossa, mutta jokaisessa luokassa on vähintään kuusi paineilmapistettä eli yhteensä 36 paineilmapistettä.

Linnanmaan kampuksella paineilman päivittäinen käyttötarve ei ole kovin suurta. Käytetään esimerkkinä perinteistä pulttipysäyä, jonka käyttöpaine on 6 baaria ja ilmankulutus noin 2,8 l/s. Paineilmapisteitä oli ainakin 36 pistettä, jolloin ilmankulutus olisi 100,8 l/s.

Näin ollen kampuksen nykyisessä paineilmajärjestelmässä olevista kompuroista isompi malli ZT37 pystyisi melkein yksinään kattamaan koko hybridilaboratorion esimerkkinä olleiden pulttipysäyjen jatkuvan paineilmakäytön. Mikäli koululla olisi vain hybridilaboratoriossa paineilman tarve, nykyiset 2 kompuraa voisi vaihtaa esimerkiksi malliin ZT45, joka saisi tuotettua riittävästi paineilmaa yksinään hybridilaboratorioon.

Kampuksella on monia muitakin paineilmaa tarvitsevia luokkia ja laitteita, mutta minulla ei ole näiden laitteiden käyttöpaineita ja ilmankulutuksia tiedossa. Pitää muistaa myös, että harvoin on paineilma jatkuvassa käytössä esimerkissä esitetyllä tavalla.

Hybridilaboratorion luokissa olevien paineilmapisteillä myös huomattiin, että suurimpaan osaan paineilmapisteille haarautuvissa putkissa oli tehty joutsenkaula (kuva 15). Tästä voidaan siis todeta, että koulussa on märkäverkko kyseessä.



Kuva 15. Joutsenkaula

LÄHTEET

Airila Mauri, Ojala Timo, Kääpä Juha, Laurila Timo & Tuomisto, Lasse 1983. Kompressorikirja. Hakupäivä 4.12.2023.

Atlas Copco 2015. Compressed Air Manual. 8th edition. Hakupäivä 14.4.2024. <https://www.atlascopco.com/content/dam/atlas-copco/local-countries/netherlands/documents/compressed-air-manual-8th-edition.pdf> .

Atlas Copco 2016a. Paineilmakuivaimet. Hakupäivä 5.5.2024. <https://www.atlascopco.com/content/dam/atlas-copco/local-countries/finland/documents/F-sarjan-j%C3%A4%C3%A4hdytyskuivaimet.pdf>.

Atlas Copco 2016b. Adsorptioilmakuivaimet. Hakupäivä 5.5.2024. <https://www.atlascopco.com/content/dam/atlas-copco/local-countries/finland/documents/adsorptiokuivaimet.pdf>.

Atlas Copco 2024a. Paineilman laatustandardi – ISO 8573-1:2010. Hakupäivä 14.4.2024. <https://www.atlascopco.com/fi-fi/compressors/paineilman-perusteet/paineilman-laatustandardit> .

Atlas Copco 2024b. Jäähdytyskuivain paineilman käsittelyyn. Hakupäivä 14.4.2024. <https://www.atlascopco.com/fi-fi/compressors/paineilman-perusteet/paineilmakuivain/jaahdytyskuivain> .

Atlas Copco 2024c. Paineilmasovellukset: Mihin paineilmaa käytetään? Hakupäivä 5.5.2024. [Paineilmasovellukset: Mihin paineilmaa käytetään? - Atlas Copco Finland](#).

Atlas Copco 2024d. Miten valita paineilmajärjestelmät-1-standardin mukaisesti? Hakupäivä 5.5.2024. <https://www.atlascopco.com/fi-fi/compressors/air-compressor-blog/iso-8573-1-air-quality>.

Atlas Copco 2024e. Hammasroottorikompressorit. Hakupäivä 5.5.2024. <https://www.atlascopco.com/fi-fi/compressors/wiki/compressed-air-articles/tooth-compressors>.

Atlas Copco 2024f. Calculating the Working Pressure. Hakupäivä 5.5.2024. [Calculating the Working Pressure - Atlas Copco Finland](#).

Ax Flow 2024. Flowserve SIHI® nesterengaskompressorit. Hakupäivä 14.4.2024. <https://www.ax-flow.com/fi-fi/luettelo/tuotteet/tyhjiopumput-ja-kompressorit/nesterengastyhjiopumput-ja-kompressorit/flowserve-sihi-kph>.

Ellman Asko, Hautanen Juha, Järvinen Kari & Simpura Antti 2002. Pneumatiikka. Helsinki: Edita. Hakupäivä 5.5.2024.

EO-Tekniikka 2024. Hakupäivä 4.12.2023. <http://fi.eoplasticpipes.com/info/basic-overview-of-pvc-pipes-51432190.html>

Keinänen, Toimi & Kärkkäinen, Pentti, WSOYpro Oy 2009. Automaatiojärjestelmien hydraulikka ja pneumatiikka. Hakupäivä 4.12.2023.

Masalin, Jussi, 2021, Yleisimmät materiaalit ja niiden käyttötarkoitukset. Cronvall oy. Hakupäivä 4.12.2023. <https://blog.cronvall.fi/blog/yleisimmat-materiaalit-ja-niiden-kayttotarkoitukset-cronvall-oy>.

Turvatekniikan keskus 2004. Painelaitteiden kunnossapito-opas. Hakupäivä 14.4.2024. <https://tu-kes.fi/documents/10197/8647605/painelaite-kunnossapito-opas.pdf>.

Sirniö, Juhani 2022. Korjaamon paineilmajärjestelmän suunnittelu – mitä kannattaa ottaa huomioon? Suomen työkalu Oy. Hakupäivä 5.5.2024. <https://www.suomentyokalu.fi/blog/2022/10/28/paineilmajarjestelman-suunnittelu>.