

materiaalitehokkuus koulut energiansäästö
kuluttajat teollisuus kuljetus hiilidioksidi
hake liikenne kiinteistöt julkinen sektori
uusiokäyttö uusiutuva energia ympäristö ilmastomuutos
energiatehokkuus kunta-ala
palveluala vesivoima tuulivoima yhteistyö
aurinkoenergia

Energiatehokas paineilmajärjestelmä Osa 1/2

Energiatehokkaan paineilmajärjestelmän suunnittelu

Koulutusmateriaali

lämpöpumppu bioenergia energiakatselmus rakentaminen

Energiatehokkaan paineilmajärjestelmän suunnittelu

- Paineilmajärjestelmän suunnittelussa huomioitava
 - a) paineilmakäyttöisten laitteiden valinta
 - b) tarvittava käyttöpaine
 - c) paineilman kulutus
 - d) vuotuinen käyttöaika ja kulutuksen vaihtelu
 - e) paineilman laatu
 - f) paineilma-verkosto
 - g) kompressorit sekä niiden säätö ja ohjaus
 - h) paineilma-aseman suunnittelu
 - i) PIJ energiatehokkuuden seuranta ja ylläpito
- Tuloksena energiatehokas paineilmajärjestelmä
 - ☒ Optimaalisesti paineilmaa kuluttavat laitteet
 - ☒ Kulutukseen sopivat kompressorit, niiden säätö ja ohjaus, oikea jälkikäsittelytaso...
 - ☒ Paineilman energiatehokkuuden seuranta ja ylläpito

a) Paineilmakäyttöisten laitteiden valinta (1/2)

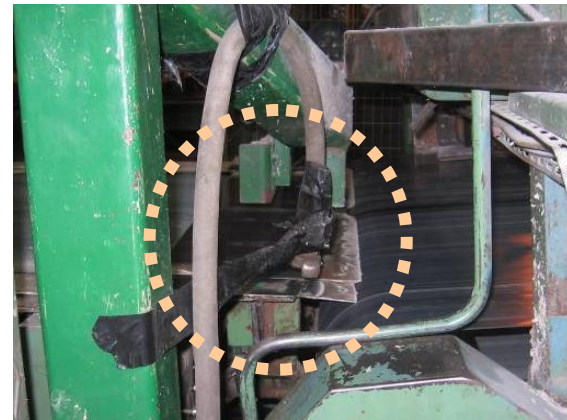
- Energiatavokkaan paineilmajärjestelmän lähtökohtana on paineilmakäyttöisten laitteiden valinta
- Paineilma on teollisuuden kallein energiamuoto: "Sähköstä-työhön" - suhde alle 10 %.
- Voiko paineilmakäyttöisen laitteen korvata esimerkiksi sähkökäyttöisellä?
- Esimerkkejä:
 - paineilmajäähdytykset matalapainepuhalluksella tai muulla energiamuodolla kuin paineilmalla. Vastaavasti esimerkiksi asennetaan kuumankestävät laakerit jäähdytettävien laakereiden sijaan.

a) Paineilmakäyttöisten laitteiden valinta (2/2)

- Esimerkkejä (jatkuu):
 - puhdistuspuhallukset MP -puhalluksilla tai puhallussuuttimet muotoillaan optimaalisiksi
 - paineilman todellinen tarve minimoidaan tehtaan seisokin aikana, jotta kompressorit voidaan sulkea. Esimerkiksi harkittava voidaanko paineilmatoimiset venttiilit korvata. Yleensä seisokin aikainen kulutus $\approx$ paineilmavuotoja.
 - kokemuksesta kynsiliittimet vuotavat usein varsinkin likaisessa ympäristössä (roskat jäävät tiivisteiden väliin sekä rikkovat niitä). Kokeiltava muita liitintyypppejä
 - turhien kulutuskohteiden minimointi

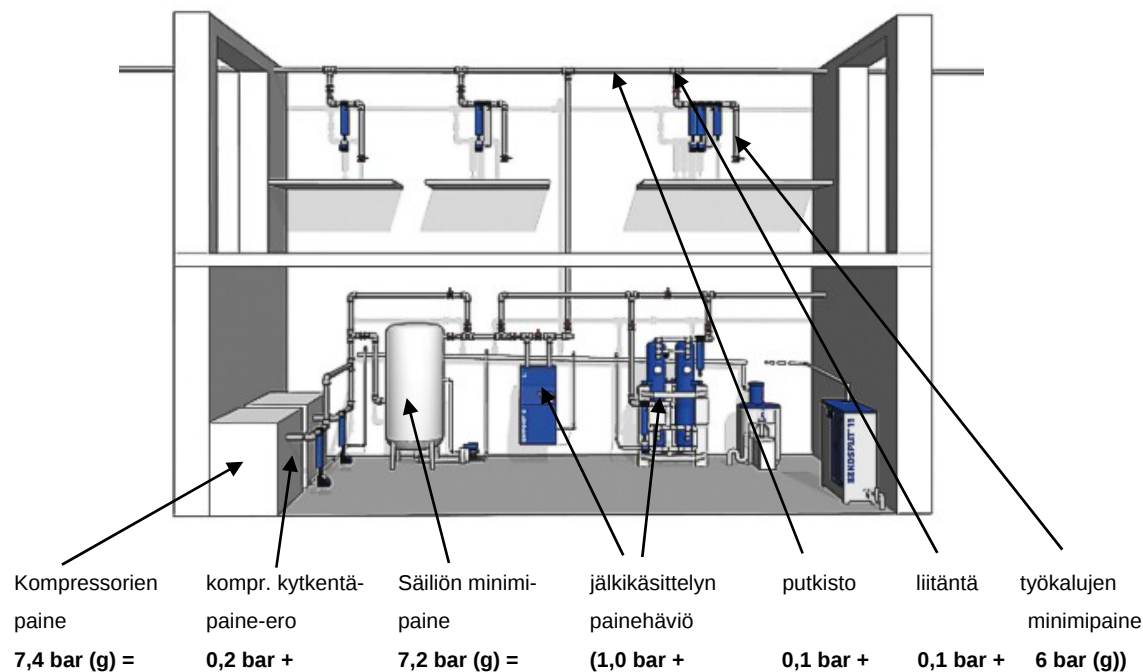
Esimerkki turhasta kulutuskohteesta:

6 barin paineilmaa puhalletaan jatkuvatoimisesti 8 mm letkulla tarkoituksena työntää levyn jämäpalat alas. Ratkaisu on toimiva, mutta kallis (4 m³/min, 8000 h/a, 50 €/MWh -> 10 000 €/a)



b) tarvittava käyttöpaine (1/2)

- selvitetään tarvittava minimipaine ja mahdolliset paineenvaihtelut
 - minimipaine saadaan paineilmaa käyttävien koneiden laitevalmistajilta
- jälkikäsittelyn ja verkoston painehäviöt



b) tarvittava käyttöpaine (2/2)

- Tarvittava paine varmistetaan ja optimoidaan mittauksin jälkeenpäin.
 - tärkeä kohta, koska käyttöpaine voidaan ylimitoitaa saatavuusvarmuuden takia.
 - paineenlaskupotentiaali yleensä noin 0,1 – 2,0 bar
 - ylisuuren painetason ongelmat:
 - kompressorien tehontarve nousee ja tuotto pienenee
 - käyttökohteessa paineilman kulutus ja huoltokustannukset kasvavat
 - 1 bar paineenlaskulla voidaan saavuttaa noin 6-8 % sähköenergiansäästö.
- käyttöpainetta ei saa myöskään alimitoitaa mahdollisten prosessikatkosten takia!

c) paineilman kulutus (1/1)

- Tehtaan paineilmakulutuksen määrittäminen
 - paineilmalaitteiden määrä (yksikkö lkm)
 - ilmankulutus per yksikkö (m³/min / yksikkö)
 - laitetiedoista
 - käyttöaste
 - paineilmalaitteen käyttöaika työjakson aikana
 - yhdenaikaisuuskerroin
 - todellinen kulutus on yleensä maksimiarvoa pienempi erilaisista käyttöajoista johtuen. Kokemusperäinen arvo.
 - lisäys paineilma vuotojen vuoksi (0-10 %)
 - Vuotojen tavoitetaso on 0 %, mutta realistisesti alle 10% on hyvä tulos.
 - Lisäys paineilmajärjestelmän laajentamisen varalta 5-10 vuoden kuluttua kohteesta riippuen jopa 100 %.

d) vuotuinen käyttöaika ja kulutuksen vaihtelu (1/1)

- Paineilmakulutuksen vuotuinen tarve ja vaihtelut vaikuttavat oleellisesti kompressorien ja säiliökapasiteetin hankintaan
 - Kompressoreita pyritään ajamaan optimiarvoilla (esimerkiksi ruuvikompressori n. 100 % kuormitus)
 - Älykkäällä ohjausjärjestelmällä (keskusohjaus) ja oikealla kompressorien valinnalla painevaihtelut pysyvät vähäisinä ($\leq \pm 0,2$ bar) vaihtelevassakin kulutuksessa.
 - Esimerkiksi pneumaattinen massansiirto
 - kulutus 30 m³/min minuutin ajan tunnin välein. Minimi painevaatus 4 bar
 - Kompressorivaatimukset: 0,5 m³/min ja 8 bar
 - Säiliövaatus: 8 m³
- Vaihteleva kulutus, heikko säätö ja puskurikapasiteetin pienuus aiheuttavat voimakkaasti vaihtelevan verkostopaineen, joka
 - rasittaa kulutuskohteita ja kompressoreita, aiheuttaa laatupoikkeamia, vaarantaa prosessin sekä johtaa suurempaan energiankulutukseen.

e) paineilman laatu (1/1)

- Paineilmasta poistettavat epäpuhtaudet:
 - vesi (kastepisteestä -70 °C ->)
 - kiinteät partikkelit ($0,01\text{ }\mu\text{m}$ ->)
 - Öljy ($0,01\text{ mg/m}^3$ ->)
 - Lisäksi joissakin tapauksissa bakteerit ja virukset
- Paineilma puhdistetaan tyypillisimmin suodattamalla ja kuivattamalla.
- Jälkikäsittely lisää aina painehäviöitä, mutta puutteellisesti käsitelty ilma voi aiheuttaa mm. korroosioita ja tuotantohäiriöitä
 - Tarvittavaa parempi jälkikäsittely ei anna mitään lisäarvoa, joten paineilman laatu tulee olla juuri oikea.

f) paineilmaverkosto (1/1)

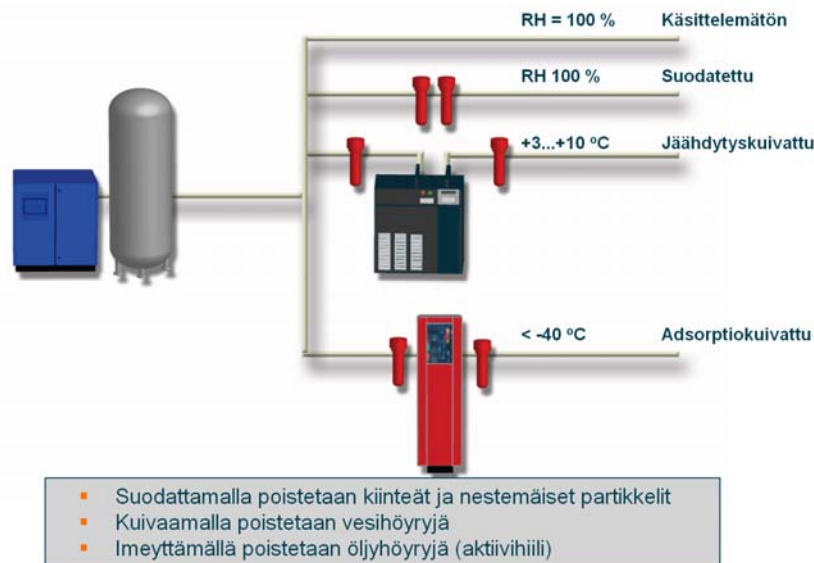
- Luotettavan ja taloudellisen paineilmaverkoston tunnusmerkit:
 - Kompressoriaseman ja loppukäyttäjän välinen pieni painehäviö ($<0,1$ bar)
 - riittävän suuri putkihalkaisija, sileät putket, yksinkertainen rakenne
 - Ei paineilmavuotoja
 - yksinkertainen rakenne, luotettavat liitokset/liittimet (hitsaus tiivein, mutta vaikein huollettava), ei korroosiota
 - Suojattu korroosiolta, kestää riittävän korkeaa painetta ja käyttölämpötilaa
 - Putkimateriaalivalinta riippuen paineilman tuottoarvoista, laadusta, ympäröivistä olosuhteista
 - Paineilmakulutukseen nähden sopiva paineilmasäiliö
 - tasaa kulutushuippuja, toimii puskurina lyhyissä häiriötilanteissa, erottaa lauhdetta

g) kompressorit sekä niiden säätö ja ohjaus (1/1)

- Kompressorit sekä niiden säätö ja ohjaus valitaan vasta, kun paineilmatarve on hyvin selvillä
 - Kompressorit
 - Vaihtelevaan kulutukseen energiatehokkain ratkaisu on yleensä usean eri kokoisen kompressorin yhdistelmä
 - yhdistelmä perus- ja huippukuormakompressoreista
 - Taajuusmuuttajakompressori (TMK) ei ole aina energiatehokkain ratkaisu, jos säätöalue on laaja.
 - Säätö
 - Valittavissa useista perussäädöistä yksi tai useampi vaihtoehto. Perinteisimmät kevennys/kuormitus- ja taajuusmuuttajasäätö
 - Ohjaus
 - Useamman kompressorin ohjaus kannattaa toteuttaa esim. keskusohjauksella:
 - paineenvaihtelut pieniä ($\pm 0,2$ bar), kompressorien kuormitus optimaalisella käyttöasteella ja tasaisesti käyttötuntien mukaan.
- Kompressorien eliniän aikana energiakustannukset ovat selvästi laitteiden investointikustannuksia suuremmat!
 - Viiden käyttövuoden aikana investointikustannukset voivat olla alle 10 % ja energiakustannukset noin 60 % kokonaiskustannuksista

h) paine ilma-aseman suunnittelu (1/1)

- Paineilmakomponenttien järjestys
 - Komponentit tulee asentaa oikeaan järjestykseen
 - Suodattukset vaiheittain tukkeutumisen ehkäisemiseksi
 - öljysuodatin ennen sorptiokuivaimia
- Kompessoriaseman sijoitus
 - oma, hyvin ilmastoitu, huone viileässä ja puhtaassa paikassa.



Kuva. Paineilman laatu ja komponenttien järjestys.
(Lähde: Sarlin Hydor Oy)

i) PIJ energiatehokkuuden seuranta ja ylläpito (1/1)

- Jatkuvat toimiset PIJ määrämittarit
 - kWh
 - m³/min
 - bar
- PATE analyysi sekä korjaustoimenpiteet => optimaalinen PIJ tilanne
 - kWh, m³/min ja bar sekä tehtaan tuotanto kirjataan ylös vuoden ajalta esim. viikon tarkkuudella. Vuoden aikana korjataan vuodot ja minimoidaan turhat kulutukset erityisen tarkkaan.
 - > referenssivuoden tuotanto ja kulutusarvot
 - kWh ja m³/min sekä tehtaan tuotanto kerätään jatkossakin ylös ja verrataan referenssivuoteen.
 - Vertailulla voidaan todentaa paineilmajärjestelmän energiatehokkuuden tila johon perustuen voidaan suorittaa tarvittavat korjaustoimet.

YHTEENVETO: energiatehokkaan paineilmajärjestelmän suunnittelu

- PIJ -suunnittelun marssijärjestys:
 1. Paineilman todellinen tarve (paine, kulutus, laatu..)
 2. Paineilmaverkosto, -kompressorit, säätö ja ohjaus.
 3. Energiatehokkuuden seuranta ja ylläpito
- Energiatehokas paineilmajärjestelmä tarkoittaa:
 - Paineilman käyttö suunniteltu oikein
 - turhien kulutuskohteiden minimointi, paineilmaa korvaavien laitteiden käytön harkinta kokonaistalouden kannalta, helposti vuotavien osien karsinta, paineilman käytön kokonaishallinta (yksittäisten laitteiden vaikutus kokonaisuuteen)
 - Paineilman käyttöpaineen, kulutuksen (vuositasolla sekä vaihtelut) ja laadun täsmällinen mitoitus.
 - mahdollisimman tarkka mitoitus, ei esimerkiksi yhtään laadukkaampaa paineilmaa mitä tarve.
 - Optimaalinen kompressorien mitoitus
 - kompressorien energiataloudellisuus = maksimi kuormitus optimaalisella käyntialueella
 - Säännöllinen ja riittävän laaja huolto-ohjelma (myös vuodot korjataan)

Lisää tietoa
www.motiva.fi