

Mauri Heikkinen

SAIRAALAKAASUJÄRJESTELMÄN ASENNUSTEKNIikka

SAIRAALAKAASUJÄRJESTELMÄN ASENNUSTEKNIikka

Mauri Heikkinen
Opinnäytetyö
Kevät 2020
Talotekniikan tutkinto-ohjelma
Oulun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu
Talotekniikan tutkinto-ohjelma, LVI-Insinööri

Tekijä: Mauri Heikkinen

Opinnäytetyön nimi: Sairaalakaasujärjestelmien asennustekniikka

Työn ohjaaja: Mikko Niskala

Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: Kevät 2020

Sivumäärä: 69 + 1

Opinnäytetyön tarkoituksena on kertoa sairaalakaasujärjestelmien asennustekniikasta ja sen määräyksistä sekä vaatimuksista sairaalarakentamisessa. Lisäksi avataan sairaalarakentamisen haasteita ja ongelmia erityisesti edellä mainitusta näkökulmasta.

Työssä keskitytään erityisesti asennustekniikkaan liittyviin asioihin kuten materiaaleihin, liitostekniikkaan sekä järjestelmän käyttöönottoa edeltäviin toimenpiteisiin. Samalla käydään läpi sairaalakaasujärjestelmään liittyvät komponentit, varusteet sekä erilaiset kojeet. Perusteet sairaalakaasuista kerrotaan yleisellä tasolla.

Opinnäytetyön yhtenä perustana käytetään SSTY:n (Suomen Sairaalatekniikan yhdistys ry) laatimaan Sairaalakaasujärjestelmien suunnittelu-, asennus- ja huolto-ohjetta. Tätä opasta käytetään yleisesti ohjeena sairaalakaasujen asentamiseen sairaalarakentamisessa.

Työn pohjalla on sairaalakaasuasennukset 1,5 vuoden aikana toteutettuna uudiskohteeseen. Työssä kerrotaan kohta kohdalta jakeluputkiston rungon asennuksesta loppumittauksiin päättyen käyttäjälle luovutukseen sekä loppudokumentointiin.

Asiasanat: sairaalakaasut, sairaalarakentaminen, anestesian kaasunpoisto

ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences
Building Services

Author: Mauri Heikkinen

Title of thesis: Installation Technique of Hospital Gas System

Supervisor: Mikko Niskala

Term and year when the thesis was submitted: Fall 2020

Number of pages: 69 +1

The objective of this thesis is to tell about the installation technique of hospital gas system – the orders and demands when it comes to hospital building. The challenges and problems are discussed especially from the above-mentioned viewpoint.

This thesis is focused on issues related to installation such as materials, connection technology and the actions needed before the system is deployed. At the same time the components, equipment and various devices related to hospital gas system are handled. The basics of hospital gases are explained on a general level.

One of the main sources of this thesis are the planning-, installation- and maintenance instructions formulated by SSTY (the association of Finland's hospital technology). This manual is used as a general instruction while installing hospital gas systems in hospital construction.

The bases of this thesis are the hospital gas system installations which have been implemented to a new building within the last 18 months. The thesis goes through, step by step, the whole process of installing a hospital gas system: from the installation of the manifold frame to the final measurements, handing over and final documentation.

Keywords: installation technique of hospital gas system, hospital building, anesthesia gas extraction system

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ.....	3
SISÄLLYS.....	5
1 JOHDANTO	7
2 SAIRAALAKAASUT.....	8
2.1 Lääkkeellinen happi O ₂	9
2.2 Lääkkeellinen ilma Hi.....	9
2.3 Lääkkeellinen hiilidioksidi CO ₂	10
2.4 Lääkkeellinen dityppioksidi N ₂ O.....	10
2.5 Instrumentti-ilma	11
3 LAIT, MÄÄRÄYKSET JA OHJEET	12
4 SAIRAALAKAASUJEN SYÖTTÖJÄRJESTELMÄT	14
4.1 Syöttölähteet	14
4.1.1 Kaasukeskus.....	15
4.1.2 Nestesäilöasemat	16
4.2 Ilmakompressorijärjestelmät.....	16
4.2.1 Järjestelmän rakenne	17
4.2.2 Kompressoriyksiköt.....	18
4.2.3 Paineentasaus- ja varasäiliöt	19
4.2.4 Puhdistusyksikkö	19
4.3 Kaasujen Jakelupaineet	22
4.4 Syöttöjärjestelmän sijoitus ja rakenne	23
4.4.1 Kaasukeskushuone	24
4.4.2 Kompressorihuone.....	26
4.4.3 Nestesäilöasema	29
4.5 Syöttöjärjestelmän asennus	30
5 SAIRAALAKAASUJEN JAKELUPUTKISTOT	31
5.1 Materiaalit.....	31
5.2 Asennus	32
5.2.1 Liitokset	33
5.2.2 Kannakointi	35
5.2.3 Merkinnät.....	36

5.3	Kaasujakelulaitteet.....	37
5.3.1	Vakauttamissäädin	37
5.3.2	Sulku- ja yksisuuntaventtiili	38
5.3.3	Suodatin	39
5.3.4	Painevahti.....	39
5.3.5	Pikasulkukotelo.....	41
5.3.6	Kaasunottoventtiili.....	43
5.4	Putkiston sijoitus ja rakenne.....	45
5.5	Painekokeet ja testaukset	47
5.6	Huuhtelut.....	48
5.7	Mittaukset ja tarkastukset.....	49
6	AKP-JÄRJESTELMÄ.....	53
6.1	Materiaalit, komponentit ja sijoittelu	53
6.2	Asennus	56
6.3	Verkoston rakenne.....	57
6.4	Mittaukset ja säätö.....	58
7	DOKUMENTOINTI	59
7.1	Loppukuvien päivitys	59
7.2	Pöytäkirjat ja analyysiraportit	59
7.3	Aluevaikutuskartat	60
7.4	Käyttäjäkoulutus.....	61
8	KÄYTÄNNÖN HAASTEET JA KOKEMUKSET.....	62
9	POHDINTA	67
10	LÄHTEET	68

Liite 1 Testauslomakkeet

1 JOHDANTO

Sairaalarakentaminen on haasteellinen asennusympäristö LVI-tekniikalle. Sairaalan talotekniset ratkaisut pitävät sisällään paljon eri järjestelmiä verrattuna normaaliin asuntotuotantoon. Näiden yhteensovittaminen suunnitelmissa ja erityisesti toteutusvaiheessa vaatii onnistunutta aikataulutusta, resurssien suunnittelua sekä saumatonta yhteistyötä talotekniikan, rakennustekniikan, suunnittelijan kuin myös tilaajan kanssa.

Opinnäytetyö on sairaalakaasujärjestelmän esittelytyö, jossa keskitytään erityisesti sen asennustekniseen puoleen. Työssä kerrotaan ensin yleistasolla sairaalakaasuista, niiden käyttötarkoituksista, säilytyksestä, tuottamisesta ja laatuvaatimuksista. Sairaalakaasujärjestelmään liittyvät yleisimmät komponentit ja kojeet luetellaan sekä jokaisen käyttötarkoitus, sijoittelu ja toiminta pyritään avaamaan perustasolla. Samalla kerrotaan sairaalakaasujärjestelmän asennusteknisiä yksityiskohtia avaten lukijalle mahdollisimman selkeä kuva järjestelmän toteutuksesta ja siihen liittyvistä tarkastuksista sekä mittauksista.

Ammattikorkeakoulun talotekniikan opetussuunnitelma ei sisällä sairaalakaasujärjestelmään liittyvää opetusta. Pohjustusta opinnäytetyöhön on saatu 1,5 vuoden työkokemuksen kautta uudissairaalakohteessa LVI-työnjohtajana. SSTY:n (Suomen Sairaalatekniikan yhdistys ry) laatimaan Sairaalakaasujärjestelmien suunnittelu-, asennus- ja huolto-ohjeeseen tutustuminen työn ohella on perustana opinnäytetyölleni. Tätä käytetään yleisesti asennustyön toteutuksen tärkeimpänä ohjeena. Lisätietoutta järjestelmästä ja siihen liittyvistä kojeista on saatu useiden eri laitteiden valmistajien ohjeista sekä käyttökoulutuksista. Työssä kerrotaan näiden soveltamisesta käytännön toteutukseen.

2 SAIRAALAKAASUT

Sairaalakaasuja käytetään useihin erilaisiin terveydenhuollollisiin toimenpiteisiin. Lisäksi niitä tarvitaan sairaala-apteekissa lääkkeiden valmistukseen ja laboratoriossa erilaisiin tutkimuksiin. Yleisimmin käytettyjä sairaalakaasuja ovat lääkkeellinen ilma, lääkkeellinen happi, lääkkeellinen dityppioksidi, lääkkeellinen hiilidioksidi ja instrumentti-ilma. (1, s. 8.)

Instrumentti-ilma toimii normaali paineilman tavoin erilaisten työkalujen ja laitteiden käyttövoimana. Tällaisia ovat mm kirurgisiin toimenpiteisiin käytettävät porat ja sahat. Taulukossa 1 on esitetty edellä mainittujen sairaalakaasujen ominaisuuksia.

TAULUKKO 1 Teollisesti tuotettujen sairaalakaasujen ominaisuuksia (1, s. 10)

Kaasu	Lääkkeellinen ilma	Lääkkeellinen happi	Lääkkeellinen dityppioksidi	Lääkkeellinen hiilidioksidi
Kemiallinen kaava	N ₂ + O ₂	O ₂	N ₂ O	CO ₂
Ainepitoisuus [tilavuus %]	79% + 21%	>99,5%	>98%	100 %
Kiehumispiste (103,5kPa)	-194,35 °C	-182,96 °C	-88,5 °C	-78,4 °C
Suhteellinen tiheys, kaasu (ilma=1)	1	1,1	1,53	1,53
Suhteellinen tiheys, neste (vesi=1)	-	1,1	-	-
HTP (8h)	-	-	110 ppm (180 mg/m ³)	5000 ppm (9100 mg/m ³)
HTP (15min)	-	-	- (*)	-
Varoitusmerkki	-	O (hapettava)	O (hapettava)	-
Vaaralauseke [R]	-	R8	R8, R67	-
Vaaralauseke [S]	-	S2, S17	S17, S51	-
Vaaralausekkeet	R8:	Aiheuttaa tulipalon vaaran palavien aineiden kanssa		
	R67:	Höyryt voivat aiheuttaa uneliaisuutta ja huimausta		
Turvausekkeet	S2:	Säilytettävä lasten ulottamattomissa		
	S17:	Säilytettävä erillään syttyvistä kemikaaleista		
	S51:	Huolehdittava hyvästä ilmanvaihdosta		
*) Suomessa ei ole määritelty raja-arvoa lyhytaikaiselle altistumiselle, mutta käytännössä työpaikoilla on sovellettu tästä kohdin Ruotsin HTTP _{15min} -arvoa 500 ppm / 900 mg/m ³ (Työterveyslaitos 2011)				

2.1 Lääkkeellinen happi O₂

Kaasumaisessa muodossa oleva happi on ilmaa raskaampi, väritön, hajuton, mauton ja voimakkaasti palamista kiihdyttävä kaasu. Hapen pitoisuus normaaleissa olosuhteissa ulkoilmassa on noin 21 %. (1, s.10.)

Sairaalan monissa hoitotoimenpiteissä käytetään lääkkeellistä happea. Esimerkkinä tällaisista hoitotoimenpiteistä voidaan mainita kroonisen ja akuutin hapenpuutteen hoito, häikämyrkytyksen hoito sekä anestesia. (1, s. 10.)

Lääkkeellinen happi toimitetaan kaasukeskustilaan pulloissa tai pullopatterissa (useamman pullon yhdistelmä) puristettuna 200 bar:n paineeseen tai vaihtoehtoisesti säilöautolla hapen pääsyöttölähteeksi tarkoitetulle nestesäilöasemalle. Nestemäinen happi on äärimmäisen kylmää kiehumispisteen ollessa noin -183 °C. (9, s. 6, 16.)

2.2 Lääkkeellinen ilma Hi

Lääkkeellinen ilma on ominaisuuksiltaan lähes tavallista ulkoilmaa vastaavaa. Suurimpana erona ulkoilmaan on sen suodatusaste ja vesihöyrynpitoisuus. Käytetään yleisesti dokumenteissa nimitystä lääkkeellinen hengitysilma. Taulukossa 2 on esitetty laatuvaatimukset lääkkeelliselle ilmalle. (1, s. 21)

TAULUKKO 2 Hengitysilma laatuvaatimukset (1, s. 21)

Epäpuhtaus	Lääkkeellinen hengitysilma
Kiinteät hiukkaset	ISO 8573-1:2010, 1k 1 ^(SFS)
Vesihöyry	≤ 67 ppm ^(Eur. Ph) (ADP-46°C/PDP-31°C)
Öljy	≤ 0,1mg/m ³ ^(Eur.Ph.)
Hiilimonoksidi CO	≤ 5 ppm ^(Eut.Ph.)
Hiilidioksidi CO ₂	≤ 500 ppm ^(Eut.Ph.)
Typen oksidit NO + NO ₂	≤ 2 ppm ^(Eut.Ph.)
Rikkidioksidi SO ₂	≤ 1 ppm ^(Eut.Ph.)

Lääkkeellinen hengitysilma tuotetaan ilmakompressorijärjestelmällä, jota kutsutaan myös ensisijaiseksi syöttölähteeksi. Tämä voidaan varmistaa toissijaisella syöttölähteellä, jona toimii yleensä pullot tai pullopatterit. Lääkkeellistä hengitysilmaa käytetään esimerkiksi osana tuorekaasuvirtausta hengityskonehoidossa ja korvaamaan huoneilma laajojen palovammojen hoidon yhteydessä. (1, s. 9.)

2.3 Lääkkeellinen hiilidioksidi CO₂

Lääkkeellinen hiilidioksidi on selvästi ilmaa raskaampi, väritön ja ihmisaistein havaitsematon kaasu (1, s. 12). Se luokitellaan lievästi myrkylliseksi ja 30 000-50 000 ppm (3–5 %) pitoisuuden ensimmäisiä oireita ovat hyperventilaatio, sekavuus ja näköhäiriöt (12, s.121/413). Suljetussa tilassa hapenpitoisuuden laskiessa aiheuttaa välittömän tukehtumisen (11, s. 3).

Lääkkeellinen hiilidioksidi toimitetaan ja varastoidaan nestemäisenä n.54 bar:n paineessa kaasupulloissa. Pullot sijoitetaan sairaalakaasujärjestelmän syöttölähteeksi kaasukeskustilaan. Sairaalassa hiilidioksidilla on useita käyttökohteita. Esimerkiksi tähtystyskirurgiassa sen avulla voidaan kasvattaa vatsaontelon tilavuutta ja hengityskoneessa happeen lisättynä se auttaa potilasta hengittämään syvempään. (1, s. 12.)

2.4 Lääkkeellinen dityppioksidi N₂O

Lääkkeellinen dityppioksidi on väritön, selvästi ilmaa raskaampi, huumaava kaasu. Ilokaasu nimellä paremmin tunnettu kaasu on hapen tavoin palamista kiihdyttävä kaasu. Dityppioksidi varastoidaan ja kuljetetaan muiden kaasujen tavoin nestemäisenä pulloissa n.51 bar:n paineessa. Ilokaasu varastoidaan sairaalakaasujärjestelmän kaasukeskustilaan, josta se toimii syöttölähteenä. Lääkkeellistä dityppioksidia käytetään nopeaan rauhoittamiseen sekä kivun lievitykseen erityisesti, kun halutaan vaikutuksen alkavan ja lakkaavan nopeasti esimerkiksi synnytyksessä. (1, s. 12.)

2.5 Instrumentti-ilma

Instrumentti-ilma on ominaisuuksiltaan lähes lääkkeellisen ilman tasoista. Instrumentti-ilma tuotetaan lääkkeellisen hengitysilman tavoin ilmakompressorijärjestelmällä, jota kutsutaan myös ensisijaiseksi syöttölähteeksi. Tämäkin voidaan lääkkeellisen hengitysilman tavoin varmistaa toissijaisella syöttölähteellä, jona toimii yleensä kaasupullot tai pullopatterit. (1, s. 9.) Taulukossa 3 on esitetty instrumentti-ilmalle laatuvaatimukset. (1, s. 21)

TAULUKKO 3 Instrumentti-ilman laatuvaatimukset (1, s. 21)

Epäpuhtaus	Instrumentti-ilma
Kiinteät hiukkaset	ISO 8573-1:2010, 1k 1 ^(SFS)
Vesihöyry	≤ 67 ppm ^(Eur. Ph) (ADP-46°C/PDP-31°C)
Öljy	≤ 0,1mg/m ³ ^(Eur.Ph.)
Hiilimonoksidi CO	--
Hiilidioksidi CO ₂	--
Typhen oksidit NO + NO ₂	--
Rikkidioksidi SO ₂	--

3 LAIT, MÄÄRÄYKSET JA OHJEET

Sairaalakaasuihin sovelletaan asennus- ja suunnitteluhetkellä voimassa olevia lakeja, määräyksiä, standardeja ja ohjeita. Sairaalakaasujärjestelmien parissa työskentelevät henkilöt vastaavat siitä, että heillä on käytössään uusimmat voimassa olevat dokumentit. Aiheena nämä ovat erittäin laaja kategoria käsitellä, joten tässä taulukoissa 4 ja 5 on mainintana voimassa olevia lakeja, määräyksiä, standardeja ja ohjeita. (1, s. 13)

TAULUKKO 4 Voimassa olevat lait, määräykset ja ohjeet (1, s. 13)

Lääkkeellisiä kaasuja ohjaavia lakeja, määräyksiä, standardeja ja ohjeita
<ul style="list-style-type: none">• Lääkelaki 395/1987• Laki terveydenhuollon laitteista ja tarvikkeista 629/2010• Lääkinnällisistä laitteista annettu neuvoston direktiivi 93/42/ETY• Kemikaalilaki 599/2013 (Kemikaaliasetusta 675/1993 ei sovelleta lääkevalmisteisiin)• Valtioneuvoston asetus vaarallisten kemikaalien käsittelyn ja varastoinnin valvonnasta 855/2012• Lääkealan turvallisuus- ja kehittämiskeskuksen (Fimea) määräys 6/2012: Sairaala-apteekin ja lääkekeskuksen toiminta• European Pharmacopoeia 7th Edition 2013 (7.8)• Painelaitelaki 869/1999• KTMp painelaitteista 938/1999• KTMp yksinkertaisista painesäiliöistä 917/1999• KTMp painelaiteturvallisuudesta 953/1999• Asetus painelaitelaissa tarkoitetuista tarkastuslaitoksista 890/1999• SFS-EN ISO 7396-1:2007, -/A1:2010 & -/A2:2010 Sairaalakaasuputkistot. Osa 1: Paineistettujen sairaalakaasujen ja alipaineen putkistot• SFS-EN ISO 9170-1:en:2008 Sairaalakaasuputkistojen kaasunottoventtiilit. Osa 1: Paineistettujen sairaalakaasujen ja alipaineen kaasunottoventtiilit• SFS-EN ISO 5359:en:2008 & -/A1:en:2012 Sairaalakaasujen kanssa käytettävät matalapaineiset letkustot• SFS-EN ISO 14971:2012 Terveydenhuollon laitteet ja tarvikkeet. Riskienhallinnan soveltaminen terveydenhuollon laitteisiin ja tarvikkeisiin

TAULUKKO 5 Voimassa olevat lait, määräykset ja ohjeen. (1, s. 13)

Lääkkeellisiä kaasuja ohjaavia lakeja, määräyksiä, standardeja ja ohjeita
<ul style="list-style-type: none">• SFS-EN ISO 15001:en:2011 Anestesia- ja hengityskoneet. Yhteensopivuus hapen kanssa• SFS-EN ISO 10524-1:en:2006 Sairaalakaasujen kanssa käytettävät paineensäätimet. Osa 1: Paineensäätimet sekä virtausnopeusmittarilla varustetut paineensäätimet• SFS-EN ISO 10524-2:en:2006 Sairaalakaasujen kanssa käytettävät paineensäätimet. Osa 2: Kokoojaputkissa ja -putkistoissa käytettävät paineensäätimet• SFS-EN ISO 10524-3:en:2006 & -/A1:en:2013 Sairaalakaasujen kanssa käytettävät paineensäätimet. Osa 3: Pulloventtiileiden paineensäätimet• SFS-EN ISO 10524-4:en:2008 Sairaalakaasujen kanssa käytettävät paineensäätimet. Osa 4: Matalapaineiset paineensäätimet• SFS-EN 13221:en:2000 Sairaalakaasujen kanssa käytettävät taipuisat korkeapaineliitännät• SFS-EN 13348:2008 Kupari ja kupariseokset. Saumattomat pyöreät kupariputket sairaalakaasuille tai alipaineelle• SFS-EN 13445-1:2009 Lämmittämättömät painesäiliöt. Osa 1: Yleistä.• SFS-EN 13445-2:2012 Lämmittämättömät painesäiliöt. Osa 2: Materiaalit.• SFS-EN 13445-3:2009 Lämmittämättömät painesäiliöt. Osa 3: Suunnittelu.• SFS-EN 13445-4:2012 Lämmittämättömät painesäiliöt. Osa 4: Valmistus.• SFS-EN 15908:en:2010 Anestesia- ja hengityskoneet. Sairaalakaasuille tarkoitetut matalapaineiset NIST-liittimet• ISO 10083:2006 Oxygen concentrator supply systems for use with medical gas pipeline systems• SFS-EN ISO 14644-1:2000 Puhdastilat ja puhtaat alueet. Osa 1: Puhtausluokitus• ISO 8573-1:2010 Compressed air. Part 1: Contaminants and purity classes• Talotekniikka RYL 2002 Osa 1, luku G5 Kaasujärjestelmät (suuri osa teoksessa viitatuista laeista, asetuksista ja standardeista on kumottu teoksen julkaisemisen jälkeen)• Rak.MK E1:2011 Rakennusten paloturvallisuus, määräykset ja ohjeet.

4 SAIRAALAKAASUJEN SYÖTTÖJÄRJESTELMÄT

Sairaalakaasujen syöttöjärjestelmällä tarkoitetaan siihen kaasua syöttävää kojetta, pulloa, pullopatteria ja nestesäiliöasemaa. Kaikkien kaasujen syöttöjärjestelmien tulee muodostua vähintään kolmesta itsenäisestä syöttölähteestä pois lukien instrumentti-ilma, jonka syöttöön riittää kaksi lähdettä. (1, s. 20.)

Syöttöjärjestelmät on mitoitettava siten että jokainen kolmesta itsenäisestä kykenee tuottamaan mitoitusvirtaaman nimelliskelupaineella. Instrumentti-ilmalla molempien vaadittavista kahdesta syöttölähteestä on pystyttävä tähän. Määräyksellä varmistetaan järjestelmien toimivuus kaikissa olosuhteissa esimerkiksi huoltotoimien yhteydessä ja mahdollisessa vikatilanteessa. (1, s. 20.)

4.1 Syöttölähteet

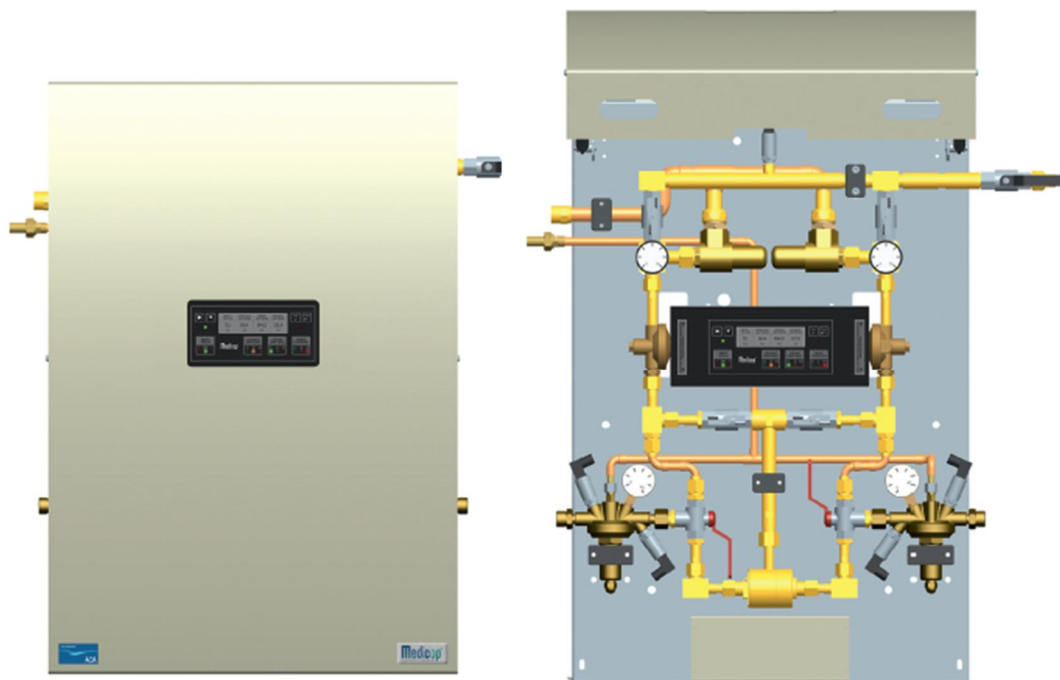
Syöttöjärjestelmät jaotellaan kolmeen ryhmään: ensisijaisiin, toissijaisiin ja varasyöttölähteisiin. Näiden syöttöjärjestelmien kojeet ja laitteet liitetään varavoimajärjestelmään. Sairaalakaasujärjestelmä ei ole riippuvainen valtakunnan sähköverkon toimintakyvystä. (1, s. 20.)

Ensisijainen syöttölähde on sairaalakaasuputkistoon kiinteästi liitetty ja toimii pääsyöttölähteenä. Toissijainen syöttölähde alkaa syöttämään järjestelmää automaattisesti, mikäli ensisijainen on toimintakyvytön. Toissijainen on myös ensisijaisen tavoin pysyvästi liitetty järjestelmään. (1, s. 20.)

Varasyöttölähteitä on sairaalassa useita esimerkiksi painevahdit, jotka sijaitsevat kaasunottoventtiilien läheisyydessä. Varalähteet aktivoituvat toimintaan automaattisesti tai manuaalisesti ensi- ja toissijaisten syöttölähteiden ollessa toimintakyvyttöminä.

4.1.1 Kaasukeskus

Kaasukeskuksien kautta voidaan syöttää kaikkia sairaalakaasuja runkoputkistoihin. Kaksipuolisella syötöllä varustettu keskus toimii sairaalakaasujärjestelmän kaasukohtaisena ensi- ja toissijaisena syöttölähteenä. (1, s. 26.) Paineen laskiessa ensisijaisessa syöttölähteessä automatiikka osaa ottaa käyttöön toissijaisen syöttölähteen antaen samalla hälytyksen automaation kautta huoltohenkilökunnalle (2, s. 5). Kuvassa 1 on AGAn kaksipuolinen kaasukeskus (vasemmalla suojakansi kiinni ja oikealla avoinna).



KUVA 1 Esimerkkikuva AGAn kaksipuolisesta kaasukeskuksesta (2, s. 5)

Kaasukeskuksessa on kahdet toisistaan riippumattomat paineenalentimet, säätimet, varoventtiilit, paineen mittaukset, näyttö, kiinteistöautomaation liitännään tarvittava elektroniikka sekä sulkuventtiilit ennen keskusta ja keskuksen jälkeen. (2, s. 5.) Varoventtiilin purkuputket johdetaan kaasukeskuksilasta ulkoilmaan, kun kyseessä on lääkkeellinen happi, lääkkeellinen dityppioksidi tai lääkkeellinen hiilidioksidi (1, s. 48).

Kaasukeskuksien koot mitoitetaan sairaalan laskennallista nimellisvirtaamaa suuremmiksi, ja mitoituksessa otetaan huomioon järjestelmän laajennusmahdollisuus. Kaasukeskuksia syöttävät pullo- ja pullopatterit mitoitetaan sairaalan vuosikulutuksen perusteella 1...4 viikon vaihtosyklille. (1, s. 26.)

4.1.2 Nestesäilöasemat

Nestesäilöasemia käytetään ensisijaisina syöttölähteinä, kun kaasun vuosikulutus on yli 10 000 normikuutiometriä/ vuosi = Nm³/a (1, s. 24). Yksikkö normikuutiometri (Nm³/a) tarkoittaa kuutiota kaasua normaalipaineessa 0 °C lämpötilassa. (5, s. 1) Sairaalakäytössä varastoitavat kaasut ovat lääkkeellinen happi, lääkkeellinen dityppioksidi ja lääkkeellinen hiilidioksidi (1, s. 23).

Nestesäilöaseman säiliö on yleisesti rekisteröitävä paineastia, jolle tulee nimetty käytönvalvoja. Määräaikaistarkastukset suoritetaan neljän vuoden välein Tukesin hyväksymän tarkastuslaitoksen suorittamana. Lisäksi käyttäjällä on oltava valmistajan ohjeiden mukainen kunnossapito-ohjelma sekä käyttöohjeet. Säiliön koko mitoitetaan sairaalan kulutuksen mukaisesti täyttövälillä asettaessa 1–4 viikon sykleihin. (1, s. 24, 49.)

Nestesäilöaseman pääkomponentit ovat tyhjiöeristetty kaksoisvaipallinen säiliö, paineen säädin, höyrystin, varoventtiilit ja putkisto (1, s. 24). Nestekaasuasemalta happi lähtee kaasumaisessa muodossa putkiston kautta kiinteistössä sijaitsevalle pääsulkuventtiilille. Suodatin ja yksisuunta-venttiili ovat yleisesti käytettyjä varusteita ennen vakauttamissäädintä, jonka tehtävänä on alentaa ja vakauttaa jakelujärjestelmään syötettävä kaasun paine.

4.2 Ilmakompressorijärjestelmät

Ilmakompressorijärjestelmää käytetään lääkkeellisen hengitysilman ja instrumentti-ilman tuotantoon. Lääkkeelliselle hengitysilmalle ja instrumentti-ilmalle on määritelty laatuvaatimukset, jotka järjestelmän tulee täyttää. Nämä löytyvät taulukoista 2 ja taulukosta 3.

4.2.1 Järjestelmän rakenne

Järjestelmän perusosat ovat kompressorisyksiköt, puhdistus- ja kuivausyksiköt, paineentasaus- ja varasäiliöt sekä näiden ohjauslaiteista (1, s. 28). Järjestelmä koostuu yleisesti kolmen kompressorisyksikön yhdistelmästä, jotka muodostavat samalla ensisijaisen ja toissijaisen syöttölähteen.

Varasyöttölähteenä on yleisesti pulloja tai pullopattereita, joita voidaan sijoittaa lisäksi painevah-teihin. Kuvassa 2 on esitettyä kompressorihuone, jossa on kolme kompressorisyksikköä, kolme kuivainta ja viisi kappaletta paineentasaus- ja varasäiliötä.



KUVA 2 Kompressorihuone suoraan ovelta kuvattuna

Kuvassa 3 on esitettyä sama kompressorihuone oikealta reunalta. Kompressorien takana on kolme kappaletta sinkittyjä paineentasaus säiliöitä.



KUVA 3 Kompressorit ja paineentasaus säiliöt

4.2.2 Kompressoriyksiköt

Sairaalaympäristössä ilman tuottamiseen käytetään öljytöntä paineilmaa tuottavia kompressoriyksiköitä. Kompressoreja on toimintaperiaatteeltaan esimerkiksi mäntä-, ruuvi- tai hammasrootorikompressoreita. Suurimmilta valmistajilta löytyy erikseen mallit, jotka soveltuvat sairaalaolosuhteisiin lääkkeellisen ilman ja hengitysilman tuottamiseen. (1, s. 28.)

Kompressorit ohjataan automatiikalla, johon on aseteltu tavoitellun verkostopaineen raja-arvot, yläraja ja käynnistymispaine. Tällä pyritään pitämään verkostossa aina riittävä painetaso. Lisäksi automatiikka vuorottelee kompressorien käyntiä. Kolmen kompressorin yhdistelmä voi esimerkiksi vuorotella siten että kompressor 1 on viikosta ensisijainen syöttölähde maanantain ja tiistain, kompressor 2 vastaavasti keskiviikon ja torstain ja kompressor 3 perjantain, lauantain ja sunnuntain. Kaksi kompressoria on aina "reservissä" mikäli ilman kulutus sairaalassa kasvaa yli yhden kompressoriyksikön tuoton. Automatiikka huolehtii lisäksi käyntituntien laskennasta, määräaikaishuoltojen tarpeen ilmoittamisesta, käyntilämpötilojen kirjaamisesta ja mahdollisissa vikatilanteissa laitos- tai huoltomiehen hälyttämisen paikanpäälle kiinteistöautomaation kautta.

4.2.3 Paineentasaus- ja varasäiliöt

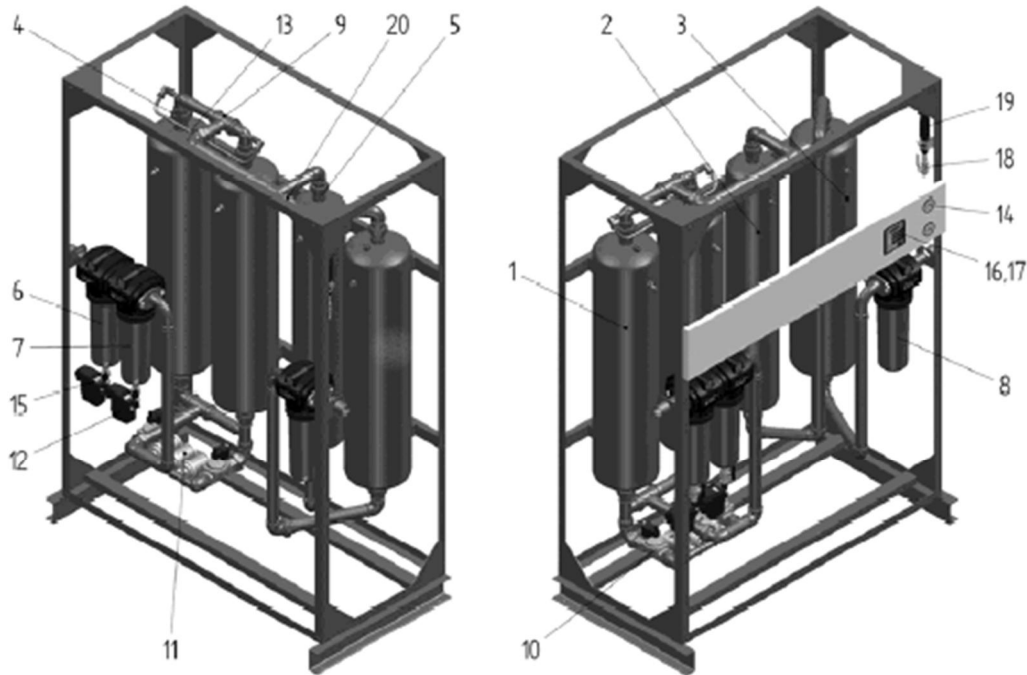
Paineentasaussäiliön tarkoituksena on tasata kompressorin käyntiä ja oikean kokoinen säiliö mitoitetaan kompressorin tuoton perusteella. Säiliössä pitää olla seuraavat varusteet: varo- ja tyhjennysventtiili, näyttävä painemittari, automaattinen lauhteenpoistin, tarkastusluukut sekä tulo- ja lähtöyhteisiin yhdistäjillä liitetyt huoltosulut. Jos säiliön paineesta halutaan tietoa kiinteistöautomaatioon, täytyy siinä olla lisäksi liitännäismahdollisuus paineanturille. Materiaaleina käytetään standardin SFS-EN 13445 mukaisia happo- tai ruostumattomasta teräksestä valmistettuja säiliöitä. (1, s. 22.) Sinkityn säiliön käyttäminen ennen puhdistusyksikköä on myös mahdollista.

Puhdistusyksikön jälkeisten varasto- ja puhdasilmasäiliöiden tehtävä on toimia varastoina tasamaan kulutuksen vaihteluista aiheutuva paineen vaihtelu (1, s. 28). Varustelu on näissä säiliössä vastaava kuin paineentasaussäiliössä poiketen siten, että lauhteenpoistin voi olla myös manuaalinen. Tälle syynä on puhdistusyksiköltä lähtevän ilman laatuvaatimukset eli ilma lähtee kuivattuna puhdasilmasäiliöön.

4.2.4 Puhdistusyksikkö

Puhdistusyksikön tehtävänä on puhdistaa ja kuivattaa kompressorin tuottama ilma lääkkeellisen ilman ja instrumentti-ilman laatuvaatimukset täyttäväksi. Laatuvaatimuksien ohjearvot löytyvät taulukoista 2 ja taulukosta 3. Puhdistusyksikössä on yleisesti seuraavat osat: vedenerotin, hienosuodatin, aktiivihiihluodatin, adsorptiokuivain, aktiivihiihi-/katalyyttipuhdistin ja pölysuodatin. Puhdistusyksikkö mitoitetaan maksimi nimellisvirtaamien mukaan. (1, s. 23.)

Rakenteellisesti lääkkeellisen ilman puhdistusyksikkö muodostuu seuraavista komponenteista: vedenerotin, hienosuodatin, aktiivihiilisuodatin, adsorptiokuivain, aktiivihiili-/katalyyttipuhdistin ja pölysuodatin. Kuvassa 4 on Donaldsonin ultrafilter ALG -mallin rakenne ja taulukossa 6 on osat numeroituna.

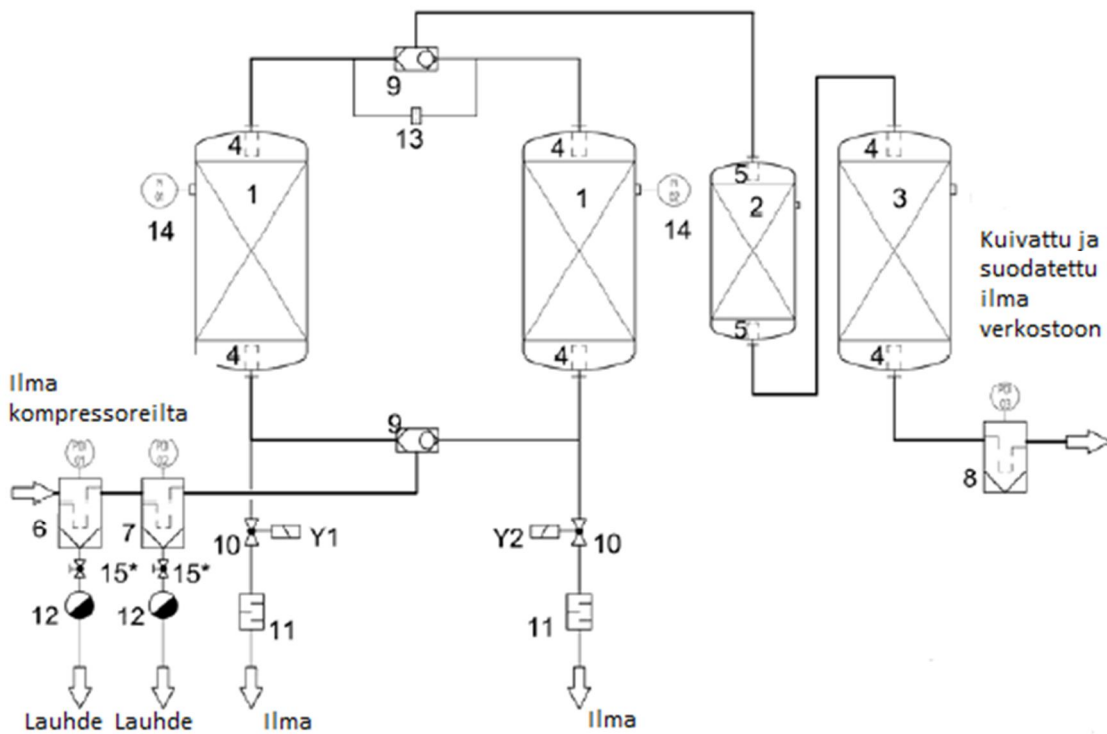


KUVA 4 Donaldson ultrafilter ALG rakenne (11)

TAULUKKO 6 Suodatin kuivaimen osat (11)

Suodatin kuivaimen osat			
1	Adsorberi (MS-vaihe)	11	Äänenvaimennin
2	Adsorberi (SP-vaihe)	12	Lauhteenpoistin
3	Adsorberi (AK + OX-vaihe)	13	Elvytysilman aukko
4	Kaasu jakelija	14	Painemittari
5	Kaasu jakelija	15	Palloventtiili
6	1. esisuodatin (M)	16	Ohjaus
7	2. esisuodatin (S)	17	Lisävalvontatoimenpiteet
8	Jälkisuodatin (M)	18	Palloventtiili
9	Vaihtovastaventtiili	19	Kastepisteanturi
10	2/2 tapa magneettiventtiilin	20	Inline-suodatin

Kompressoriyksiköllä tuotettu ilma johdetaan sisään esisuodattimien 6 ja 7 kautta. Näiden tehtävänä on poistaa nestemäinen vesi, hiukkaset ja öljysumu ilmasta. Esisuodattimien jälkeen tulee vaihtovastaventtiili, joka ohjaa ilman sillä hetkellä käytössä olevalle adsorptiosuodattimelle. Adsorptiosuodattimia on kaksi, joista toinen poistaa kaasuna olevan kosteuden läpi virtaavasta ilmasta ja kuivattaa elvytysvaiheessa olevaa suodatinta. Adsorptiosuodattimien jälkeen on toinen vaihtovastaventtiili. Vaihtovastaventtiilien tehtävänä on ohjata ilma toiminnassa olevan suodattimen läpi. Numerolla 2 kuvassa 5 olevassa suodattimessa kuivatusta ilmasta poistetaan hiilidioksidia, jolloin päästään alle 500 ppm:n pitoisuuteen. Aktiivihili-/katalyyttipuhdistin kuvassa 5 numerolla 3 poistaa ensimmäisenä öljyhöyryt pitoisuuden jäädessä $< 0,003\text{mg/m}^3$ ja katalyyttivaiheessa CO poistetaan jäännöspitoisuuteen 5 ppm. Viimeisenä suodatinyksikössä suodatetaan jälkisuodattimella kuvassa 5 numerolla 8 aktiivihili- ja adsorptiosuodattimista ilmaan päätyneet pienet hiukkaset. Kuvassa 5 on puhdistusyksikön virtaus- ja instrumenttikaavio. (11.)



KUVA 5 puhdistusyksikön virtaus- ja instrumenttikaavio (11)

Puhdistusyksiköissä ilman kuivaus toteutetaan adsorptiomenetelmällä. Tämä tarkoittaa, että ilma johdetaan huokoisen kuivausaineen läpi. Suurin osa ilman sisältämästä vesihöyrystä sitoutuu tällä toimenpiteellä kuivausaineeseen. Adsorptiokuivaimessa on yleensä kaksi erillistä kuivausmassaa, joista toisen ollessa käytössä toista kuivatetaan. Tätä toimenpidettä kutsutaan elvytyk-

seksi. Elvytys vaatii paineilmaa toimiakseen ja kuivain käyttääkin 10–20 %:a puhdistusyksikön nimelliskapasiteetistaan tähän toimenpiteeseen. Tämä on huomioitava kompressorien valinnassa ja kompressorien nimellisvirtaamaa määriteltäessä. (4, s. 1.)

4.3 Kaasujen Jakelupaineet

Sairaalakaasujen paine kaasunottopisteessä ei saa ylittää 110 %:a nimellispaineesta nollavirtaamalla ja mitoitusvirtaamalla paine ei saa laskea alle 90 %:a nimellispaineesta. Poikkeuksena on instrumentti-ilma, jolle sallitaan maksimi 115 %:n paineen ylitys nollavirtaamalla ja mitoitusvirtaamalla vähintään 85 % nimellispaineesta. Sairaalakaasuille on standardin SFS-EN ISO 7396-1 vaatimuksen täyttävät nimellispainesuositukset taulukossa 5. (1, s. 33.)

TAULUKKO 5 Suositellut nimellispaineet (1, s. 33)

Kaasu	Nimellisjakelupaine [kPa]	Paine kaasupisteessä min.–maksimi [kPa]*
Lääkkeellinen hengitysilma [HI]	500	450 – 550
Lääkkeellinen Happi [O ₂]	500	450 – 550
Lääkkeellinen dityppioksidi [N ₂ O]	400	360 – 440
Lääkkeellinen hiilidioksidi [CO ₂]	400	361 – 440
Instrumentti-ilma	800	680 – 920
*) Paine ilmoitettu mittaripaineena (ilmanpaine = 0)		

Paineet on ilmoitettu sairaalakaasukomponenteissa yksiköllä baari ylipainetta eli ns. mittaripainetta. Yksikkövaihdoksessa käytetään muuntosuhteena 10^5 pascalli = 1 baari (100 kPa = 1 bar). Kuvassa 6 on painemittaus uudissairaalakohteesta pikasulkukotelon näytöltä.



KUVA 6 Painemittaus pikasulkukotelon näytöltä

Lääkkeellisen hengitysilman ja instrumentti-ilman tuottamiseen käytettävien kompressorien mitoituspaine on 1–2 baaria haluttua verkostopainetta suurempi johtuen puhdistusyksikön ja putkiston painehäviöstä. Taulukossa 6 on esitettyä nimellisjakelupaineasteikko ja suurin sallittu paine (1, s. 33.)

TAULUKKO 6 nimellisjakelupaineasteikko ja suurin sallittu paine (1, s. 33)

Kaasu	Nimellisjakelupaine [kPa]		Suurin sallittu paine [kPa]*
Sairaalakaasut: [O ₂ , N ₂ O, CO ₂ , HI]	400	+ 100 - 0	1000
Instrumentti-ilma	800	+ 200 - 100	2000
*) Paine ilmoitettu mittaripaineena (ilmanpaine = 0)			

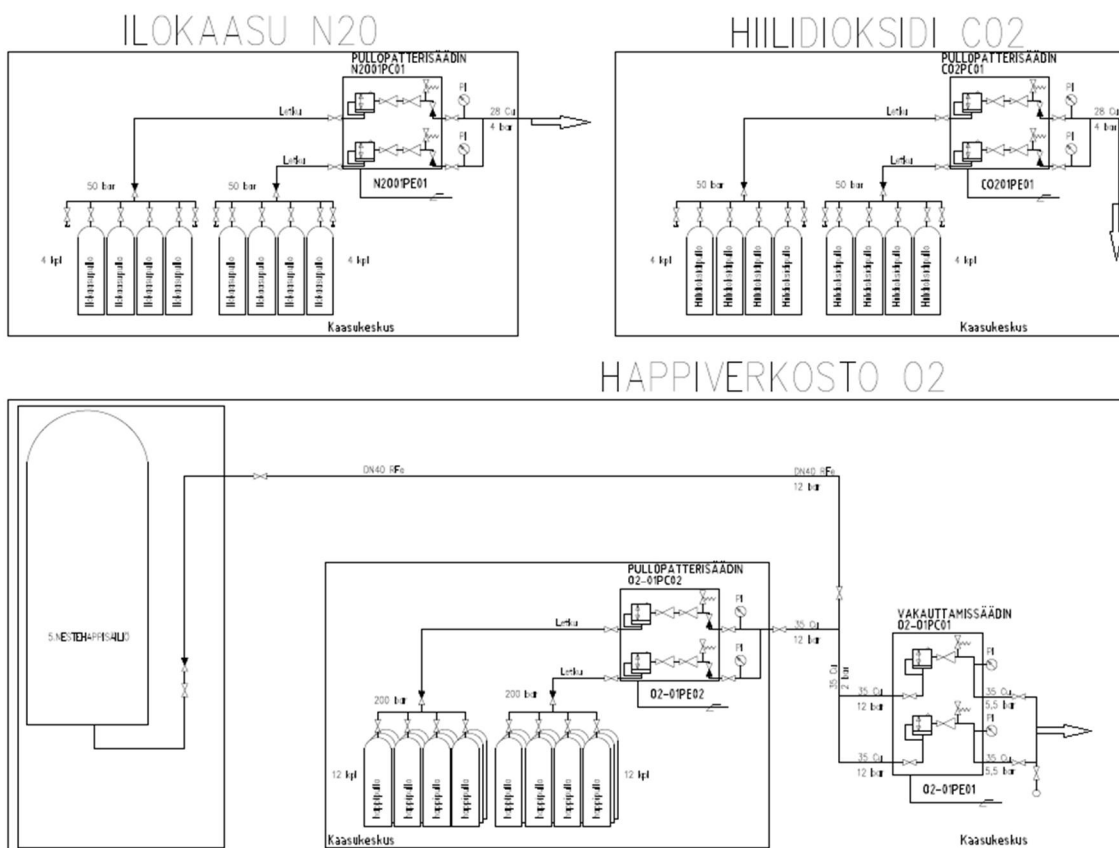
4.4 Syöttöjärjestelmän sijoitus ja rakenne

Sairaalakaasujen syöttöjärjestelmän sijoitukseen vaikuttavat useat käytännöllisyyteen ja turvallisuuden liittyvät sekä asetuksissa määritellyt asiat. Esimerkiksi Ilmakompressorijärjestelmää ja

kaasupulloja ja pattereita ei voi sijoittaa samaan tilaan. Lisäksi painelaiteet on sijoitettava siten, että ne eivät aiheuttaisi vaaraa mahdollisessa vikatilanteessa ja ovat tarkastettavissa, huollettavissa ja vaihdettavissa mahdollisimman yksinkertaisesti. Sijoitus kohteessa ratkaistaan tilaajan, suunnittelijan ja paikallisten viranomaisten yhteistyönä. Suunnittelijan työnä on selvittää suunnitelmissaan käyttämien kojeiden ja laitteiden valmistajien ohjeet ja määräykset. (1, s. 27.)

4.4.1 Kaasukeskushuone

Kaasukeskushuoneeseen sijoitetaan järjestelmää syöttävät kaasupullot, pullopatterit, kaasukukket, mahdolliset vakautussäätimet sekä mahdollinen lääkkeellisen hapen suodatin, yksisuuntaventtiili ja kaasujen pääsulkuventtiilit. Kuvassa 7 on järjestelmäkaavio kaasukeskushuoneen syöttöjärjestelmästä.



KUVA 7 Kaasukeskushuoneen järjestelmäkaavio

Tilan tulee olla palonkestävä ja hyvin ilmastoitu omana palo-osastonaan. Liittäminen kiinteistön muihin tiloihin palvelemaan ilmanvaihtojärjestelmään ei ole sallittua. (1, s. 28.) Poistoilma tulee johtaa

suoraan ulkoilmaan palovaarattomalle alueelle (3, s. 7). Tilaan tulee sijoittaa ainoastaan tilan toimintaan liittyviä laitteita ja kojeita, eikä tilan läpi saa kuljettaa ilmanvaihto- tai savukanavia. Lattiakaivon asentaminen tilaan on kielletty. (1, s. 28.)

Kaasupullojen ja pullopattereiden vaihtoon ja siirtoihin on kiinnitettävä erityistä huomiota, niin tilan sijainnissa, pinta-alassa kuin ovi- ja kynnyksratkaisuissa. Tila sijoitetaan ulkoseinällä maanpinnan yläpuolella sijaitsevaan huoneeseen. (1, s. 28.) Kuvassa 8 on vasen reunusta kaasukeskushuoneesta happipullopattereineen.



KUVA 8 Lääkkeellisen hapen pullopattereita kaasukeskushuoneessa

Lääkkeellinen happi ja dityppioksidi ovat palamista edistäviä kaasuja, joten tila tulee toteuttaa räjähdysvaarallisten (ATEX) tilojen vaatimusten mukaan sähkö- ja taloteknillisesti. (1, s. 27.) Esimerkiksi valojen katkaisijan täytyy olla ATEX-luokiteltu, eli katkaisijan sisällä olevat kytkentäpinnat eivät saa aiheuttaa kipinää valojen päälle kytkemisen yhteydessä.

Lääkkeellisen hiilidioksidin lievän myrkyllisyyden vuoksi kaasukeskuksessa on hiilidioksidipitoisuuden mittaus, joka on kytketty kiinteistöautomaatioon. Kiinteistöautomaatio ilmoittaa vaarallista pitoisuudesta varoitusvalolla ja sireenillä, jolloin vaaratilannetta ei pääsy syntymään. Tila tiedetään tällöin tuulettaa ennen sisälle menoa vuodon paikallistamiseksi. Kuvassa 9 on vasemmassa reunassa alhaalla hiilidioksidin mittausanturi ja tämän yläpuolella varoitusvalo. Kaasukeskukseen sijoitetut nestesäilöasemalta tulevan lääkkeellisen hapen syötön suodatin, takaisku-, huolto-, ohitus- ja pääsukkuventtiilit ovat kuvassa 9 oikealla.

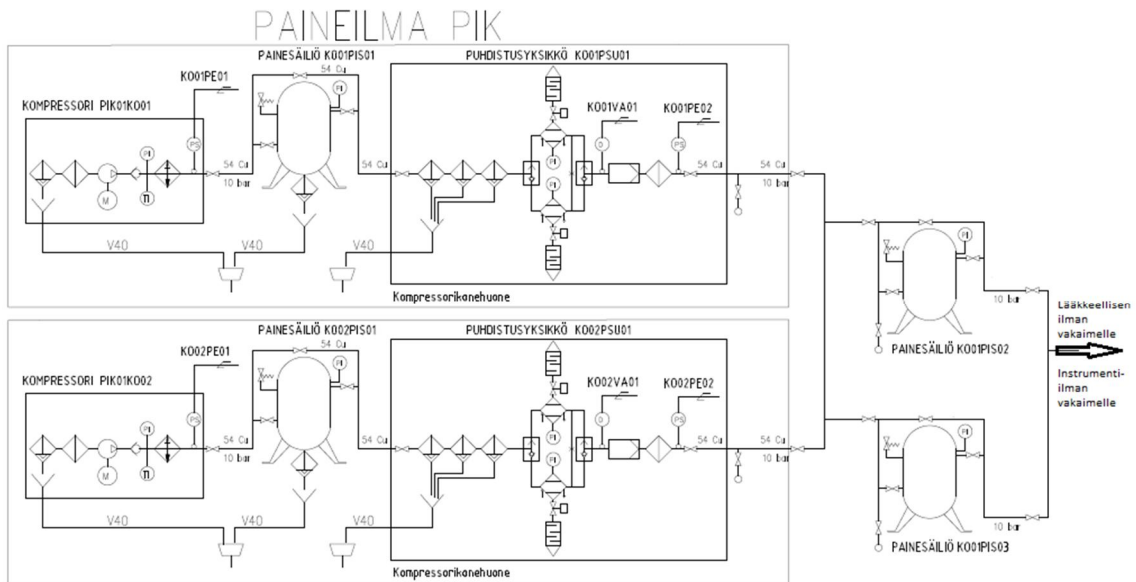


KUVA 9 Kaasukeskuksen hiilidioksidin mittaus ja varoitusvalo sekä lääkkeellisen hapen syötön varusteita

4.4.2 Kompressorihuone

Kompressorihuoneeseen sijoitetaan ilmakompressorijärjestelmään kuuluvat laitteet, kojeet ja komponentit putkistoineen. Tämä järjestelmä tuottaa instrumentti-ilman ja lääkkeellisen ilman sairaalan tarpeisiin.

Järjestelmän osat ovat paineilmakompressorit, ilmapuhdistusyksiköt, paineentasaus- ja varastosäiliöt, vakauttamissäätimet ja näiden laitteiden väliset putkistot ja niissä olevat sulut sekä muut varusteet. Kuvassa 10 on järjestelmäkaavio kompressorihuoneen järjestelmästä, jossa kaksi kompressoria, puhdistusyksikköä, paineentasaussäiliötä ja puhdasilmasäiliötä.



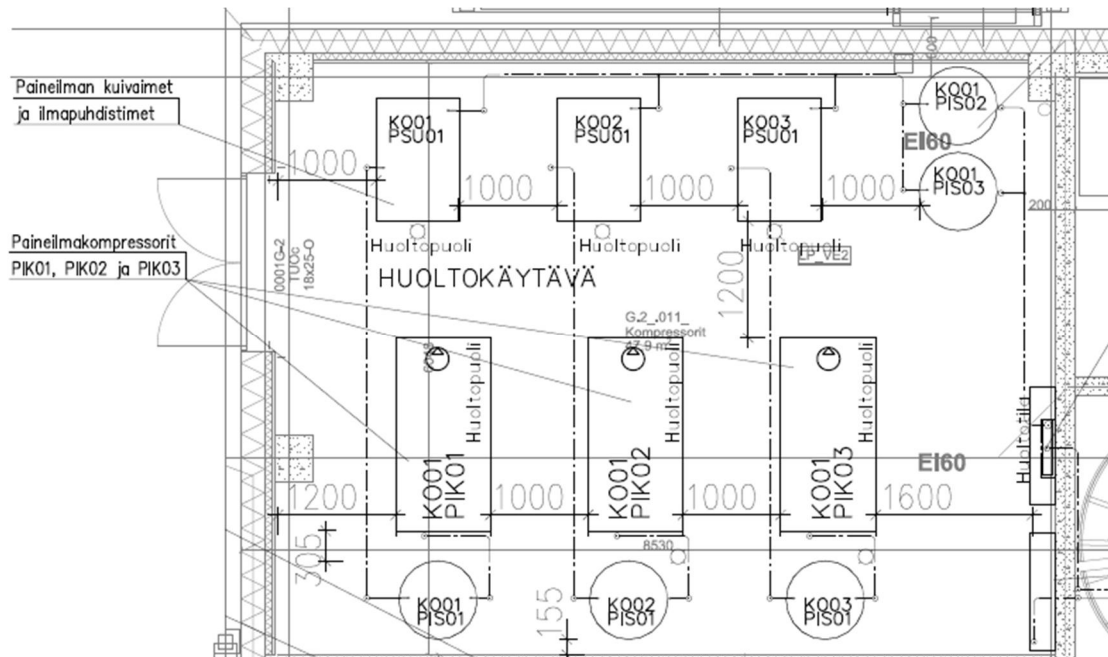
KUVA 10 Kompressorihuoneen järjestelmäkaavio

Kaaviosta selviää ilman kulkeutuminen kompressoreilta paineentasaussäiliön kautta puhdistusyksiköille. Puhdistusyksiköiden jälkeen ilma kulkeutuu kompressorihuoneen runkoputkistoa pitkin varasto ja puhdasilmasäiliöihin. Näiltä säiliöiltä lähtevä linja haarautuu lääkkeellisen ilman ja instrumentti-ilman vakauttamissäätimille.

Vakauttamissäätimien tarkoitus on pudottaa sekä vakauttaa paine halutulle tasolle lääkkeellisen ilman ja instrumentti-ilman jakeluverkostoihin. Vakauttamissäätimien jälkeen on pääsulkuventtiilit, joilla voidaan sulkea sairaalaan lähtevä putkisto paineettomaksi mahdollisten huoltotöiden ja vika-tilanteiden näin vaatiessa.

Kompressorihuone sijoitetaan kiinteistössä kaasukeskuksen tavoin ulkoseinällä sijaitsevaan tilaan, joka varustetaan kojeiden mittoihin nähden riittävällä oviaukolla. Tämä mahdollistaa vaivatoman isojen kojeiden tilaan kuljettamisen rakennusvaiheessa ja tulevaisuuden varalle, mikäli laitteita joudutaan vaihtamaan, päivittämään tai huoltamaan. (1, s. 28.)

Tilan pinta-alan tulee olla tarkoitukseen riittävä. Kojeiden huoltotyöt vaativat kaikkien siellä olevien laitteiden ympärille vähintään laitevalmistajan määrittelemän huoltotilan. Kompressoriyksikölle jätetään vähintään 600 mm huoltotilaa koko kojeen ympärille sekä sähkökeskuksen edustalle sähköturvallisuusmääräyksen vaatimat 800 mm. Rekisteröitävien painelaitteiden, lähinnä paineentasaus- ja varasäiliöiden ympärillä on oltava määräaikaistarkastuksen vaatimat tila. (1, s. 28.) Kuvassa 11 on kompressorihuoneen pohjapiirros suunnittelijan määrittämällä huoltomitoilla.



KUVA 11 Kompressorihuoneen pohjapiirros

Kompressorit vaativat riittävän ilman saannin tuottoon suhteutettuna. Lisäksi jäähdytyksen mahdollinen tarve on hyvä huomioida talotekniikkaa tilaan suunniteltaessa. Tilassa olevien kojeiden valmistajien antamat lämpötilaolosuhteet tulee täytyä kaikissa olosuhteissa. Kompressoreja on saatavilla ilma sekä nestejäähdytteisinä. Nestejäähdytteisen kompressorin lämpökuormaa voi olla järkevää hyödyntää lämmitysjärjestelmässä lämmönlähteenä. (1, s. 23.)

Kompressorihuone vaatii vähintään yhden lattiakaivon automaattisia lauhteenpoistajien sekä puhdistusyksikön vedenerottimen vesityksiä varten. Veden tuleminen vesityksistä on ilman absoluuttisesta kosteudesta ja järjestelmän käytöstä määräytyvää, joten erikoisvesilukolla varustettu lattiakaivo on oikea ratkaisu tähän tilaan. Lattiakaivoja on saatavana ja jälkeempään varusteltavissa erikoisvesilukolla, jolloin hajulukon vesipesän kuivuminen on estetty rakenteellisesti. (1, s. 28.)

4.4.3 Nestesäiliöasema

Nestesäiliöasema sijoitetaan palamattomalle alustalle esimerkiksi betonilaatalle avoimeen paikkaan rakennuksen ulkopuolelle. Yleisestä kulkureitistä, avo-ojista, maanalaisista rakenteista ja viemäriputkien aukoista täytyy olla turvaetäisyyttä yli 5 metriä. Sijoituksessa on huomioitava lisäksi kulkureitti säiliöautolla täyttämistä varten. (1, s. 28.)

Mikäli säiliö sijoitetaan vartioimattomaan paikkaan, suojataan se aidalla, jossa on lukollinen portti. Keskussäädin täytyy suojata rakenteellisesti sateelta. Kuvassa 12 on esitettyä asianmukaisesti suojattu hapen nestesäiliöasema. (3, s. 7)



KUVA 12 Asianmukaisesti suojattu hapen nestesäiliöasema (3, s. 7)

4.5 Syöttöjärjestelmän asennus

Asennusta edeltävänä asiana sivuten järjestelmään tulevien laitteiden ja kojeiden toimitusaika on pitkä. Ne täytyy tilata ajoissa ja huomioida mahdolliselle välivarastoinnille sääsuojallinen tila. Työmaan oikea aikataulutus ja materiaalihankinnat ovat tärkeitä tekijöitä onnistuneessa lopputuloksessa.

Kompressorihuoneen ja kaasukeskuksen laiteasennuksissa on erityisen tärkeä huolehtia puhtaudesta. Tilojen kuuluu olla rakennusteknisesti mahdollisimman valmiina ja puhdistettuina sekä suojattuna ennen sairaalakaasuasennuksien aloittamista. Taloteknisten asennusten vaatimat reiät eri rakenteisiin tulisi olla toteutettuna ja tarkastettuna kokojen ja sijaintien osalta. Kaikkien kojeiden, laitteiden ja putkien tulee olla tulpattuina tai suojattuina, ettei mitään järjestelmään kuulumatonta päätyisi putkistoon. Työmaa-aikainen asennuksien suojaus ja tulppaus on tärkeää olla asianmukaisesti ja täsmällisesti toteutettu.

Ensimmäiseksi kuljetetaan laitteet ja kojeet sisälle tilaan niille suunnitelluille paikoilleen. Vähintään laitteiden laahausreitti tulee olla hyvin suojattu lattiamateriaalin vaurioiden välttämiseksi. Varmistetaan laitteiden mahdollisten huoltoluukkujen avautuminen sekä edetään laitevalmistajan asennusohjeessa olevien kohtien mukaisesti. Mukana tulleet ohjeet, todistukset ja mahdolliset testauspöytäkirjat mapitetaan tulevaa dokumentointia varten.

Talotekniikan eri ”aselajien” LVISA-suunnitelmia olisi hyvä tarkastella yhdessä onko kaikki tarpeellinen huomioitu ja ettei päällekkäisyyksiä ole haittaavissa määrin. Samalla tarkastellaan missä järjestyksessä eri asennukset ovat järkevintä ja tehokkainta toteuttaa. Tällä katselmuksella saadaan turhan työn ja purkamisen määrä minimoitua. Mahdollisen yhteiskannakoinnin toteutus ja käyttömahdollisuudet tarkastetaan samalla.

Kaasuputkistojen asennukset tehdään suunnitelmien mukaisesti huolehtien putkien ja osien sekä putkistoon käytettävien sulkujen puhtaudesta sekä suojauksesta. Liitostekniikkaa ja suojakaasutusta, kannakointia, merkkauksia yms. käydään tarkemmin läpi luvussa 5. Sairaalakaasujen putkistot.

5 SAIRAALAKAASUJEN JAKELUPUTKISTOT

Putkiston tehtävänä on siirtää sairaalakaasuja syöttölähteeltä kaasunottopisteelle mitoitettulla nimellisvirtauksella ja määritellyllä painetasolla. Suunnittelija määrittelee suunnitelmiin virtaamille oikeat putkidimensiot, joilla edellä mainitut ehdot täyttyvät. Sairaalakaasuputkistoa saa käyttää ainoastaan potilashoidollisiin tehtäviin ja siihen ei saa tehdä liitoksia muita käyttötarkoituksia varten. (1, s. 29.)

Kauppa- ja teollisuusministeriön päätös painelaitteista lukua 3 § 3 lainaten:

”Putkistolla tarkoitetaan sisällön siirtämiseen tarkoitettuja putkiston osia, jotka on liitetty toisiinsa paineelliseen järjestelmään yhdistämistä varten. Putkistoon kuuluu erityisesti putki tai putkiverkko, putkijohto, putkiston lisäosat, tasaimet, letkut ja muut asiaankuuluvat paineenalaiset osat.” (6, luku 3 § 3)

5.1 Materiaalit

Sairaalakaasuputkiston materiaalina käytetään yleisesti pestyä kupariputkea esimerkiksi cupori medical 310. Putket ovat tehtaalta toimitettaessa pestyjä, tulpattuja ja puhtausvaatimuksen standardin SFS-EN 13348 vaatimukset täyttäviä. (1, s. 44.) Tämä standardimerkintä, putken koko, valmistuspäivämäärä ja valmistaja on painettu putken kylkeen. Putket ovat laadultaan kovia (R290) 5 metrin pituisia ja käytetyt dimensiot ovat 12, 15, 18, 22, 28, 35, 42 ja 54mm. Käytettävien osien tulee olla kapilaarisesti kovajuotettavia ja täyttää standardin SFS-EN 13348 puhtausvaatimukset. Putkea voit taivuttaa tarkoituksenmukaisella työkalulla 10–18 mm:n dimensioissa noudattaen käytettävän putken valmistajan ohjeita taivutussäteissä. Kuvassa 13 on sairaalakaasuputkistoon tarkoitettua tulpattua kupariputkea.



KUVA 13 Sairaalakaasuputkiston kupariputkea

Ruostumatonta terästä käytetään erityisesti maan alle suojaputkessa asennettaviin linjoihin. Näitä ovat esimerkiksi lääkkeellisen hapen, lääkkeellisen dityppioksidin ja lääkkeellisen hiilidioksidin nestesäiliöasemilta kiinteistöä syöttävä linja. Suojaputkeen mahdollisesti päätyvä kosteus johdetaan kallistuksin putkiston alimpaan kohtaan, jossa on tiivisteetön liitos veden maaperään poistumiseksi. Ruostumattoman teräksen pitää olla pestyä ja tulpattua standardin SFS-EN ISO 15001 puhtausvaatimuksen mukaisesti. Putkistoon asennettavien osien ja varusteiden tulee täyttää vähintään sama vaatimus. Kuvassa 14 on lääkkeellisen hapen kaasunesteasemalle menevä linja suojaputkessa.



KUVA 14 Lääkkeellisen hapen linja suojaputkitettuna

5.2 Asennus

Sairaalaakaasuputkiston asennustyössä on erityisen tärkeä huolehtia puhtaudesta. Tilojen kuuluu olla rakennusteknisesti valmiita niiltä osin, että putkiston asennustyöt voidaan aloittaa. Mitään pölyäviä työvaiheita ei saa olla käynnissä työskenneltävällä alueella tai osastolla samanaikaisesti. Taloteknisten asennusten vaatimat reiät eri rakenteisiin tulisi olla toteutettuina ja tarkastettuina kokojen sekä sijaintien osalta. Putkien tulee olla tulpattuina tai suojattuina, ettei mitään järjestelmään kuulumatonta päätyisi putkistoon ja tulppaukset poistetaan vain välttämättömiltä osin aina työn edetessä.

Sairaalakaasujenputkistojen ja sähköasennusten johdotuksen suojaetäisyys toisiinsa on yli 50 mm. Jos tätä suojaetäisyyttä ei ole muuten mahdollista toteuttaa asennetaan sähköjohdot esimerkiksi jäykkään alumiiniputkeen (JAPP). Kouruasennuksissa sairaalakaasut ja sähköjohdot kuljetetaan joko omissa kouruissaan tai kourujen omissa suljetuissa osissaan. Sähköasennukset tulee sijoittaa kaasukourujen yläpuolelle. Suojaetäisyys kaasunotto pisteen ja sähkölaitteen (esim. pistorasia) välissä on vähintään 200 mm. Putkiston maadoitus toteutetaan sähköturvallisuusohjeiden mukaisesti. Putkiston sijoituksessa on huomioitava, ettei ympäristön lämpötila nouse yli 5 °C kaasun kastepistelämpötilaa korkeammaksi käytetyssä verkostonpaineessa. Lämpötilojen vaihdellessa putkiston ympäristössä on huomioitava sen laajeneminen sekä kutistuminen. (1, s. 45.)

5.2.1 Liitokset

Sairaalakaasukupariputkien liitokset toteutetaan kovajuottamalla 5-prosenttisella hopeaseosfosforikuparilangalla. Messinkisiin yhdistäjiin ja juotosnippoihin juotos tehdään hopeakovajuotteella esimerkiksi 30 prosentin hopeapitoisuudella. Putkiston juotos- ja hitsaustöissä on käytettävä aina suojakaasuvirtausta putkiston sisällä. Suojakaasun tarkoituksena on syrjäyttää sisällä oleva ilma, joka aiheuttaa epäpuhtauksia palamistapahtumassa putkiston sisäpinnoille. Kuvassa 15 on tyypellä toteutetun suojakaasutuksen syöttöpiste asennuskohteessa tekniikkatunnelissa.

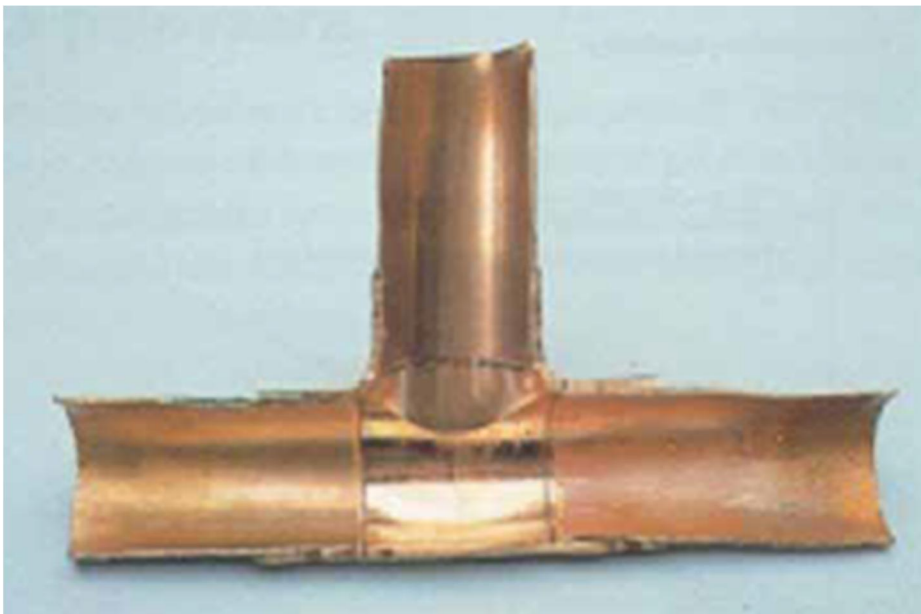


KUVA 15 Suojakaasun syöttöpiste

Suojakaasu syötetään suojakaasupullosta virtaussäätimellä säädettyinä esimerkiksi letkun kautta juotettavaan linjaan. Linjan toinen pää tulpataan osittain pienen virtausvastuksen aikaansaamiseksi ja putken suojakaasutäytöksen parantamiseksi. Kokemusperäisesti virtauksena 8–10 mm:n putkelle käytetään 6 l/min, 12–15 mm:n putkelle 10 l/min ja suuremmille dimensioille 12 l/min. Suojakaasuna kuparille käytetään typpeä tai argonia ja ruostumattomalle teräkselle argonia. Kuvassa 16 on sisältä putkisto, jossa ei ole juotoksen yhteydessä käytetty suojakaasua ja kuvassa 17 putkisto, jossa suojakaasutus on toteutettu oikeaoppisesti. (1, s. 45.)



KUVA 16 Suojakaasuttamaton liitos halkaistuna (1, s. 45)



KUVA 17 Oikealla tavalla suojakaasutettu liitos halkaistuna (1, s. 45)

Ruostumattomalla teräksellä liitokset toteutetaan TIG-hitsausmenetelmää käyttäen. Puristus- ja puserrusliitokset ovat kiellettyjä. Laippa ja kierrelliitokset ovat sallittuja kojeitten liitoksissa esimerkiksi venttiileissä, kaasunotto pisteissä ja paineen säätimissä. (1, s. 29.)

5.2.2 Kannakointi

Kannakoinnin tarkoituksena on pitää putket paikoillaan, estää vääntymistä ja sivuttaisliikettä sekä pitää putkien välinen etäisyys toisiinsa haluttuna. Sairaalakaasuputkiston kannakoinnissa käytetään tehdasvalmisteisia kannakkeita sekä asennuskohteeseen riittävällä syöpymiskestävyydellä luokiteltua materiaalia. (7, s. 1.)

Kannakointia ei toteuteta toisista putkista tai LVI-laitteista. Erityisesti paljon talotekniikkaa sisältävien kiinteistöjen kannakointi kannattaa toteuttaa ns. yhteiskannakointina. Yhteiskannakoinnissa samasta kannatinkiskosta voidaan kannakoida koko LVIS- järjestelmä ja sairaalakaasuputkisto. (7, s. 1.)

Kannakkeet kiinnitetään tasaisella jaolla ja pienin putkidimensio määrittelee kannatinkiskojen välisen maksimietäisyyden. Kiinnitys kiskoon voidaan toteuttaa esimerkiksi kääntölevyllä, mutterilla ja 8 tai 10 mm:n kierretangolla. Taulukossa 7 on esitettyä SSTY:n oppaassa mainitut ohjeelliset mitat. (1, s. 45)

TAULUKKO 7 Kannattimien ohjeelliset maksimivälit (1, s. 45)

Putken ulkohalkaisija [mm]	Kannattimien maksimiväli [m]
≤ 15	1,5
22...28	2,0
35...54	2,5
> 54	3,0

5.2.3 Merkinnät

Sairaalakaasujärjestelmän putkisto merkataan virtausnuolilla, joissa vähintään 6mm kirjainkoolla putkistossa virtaava kaasu. Merkinnöistä on standardit SFS 3710 ja SFS-EN ISO 7396-1, joita tulee sairaalakaasujärjestelmässä noudattaa. Virtausnuolia sijoitetaan putkistoon ~10 m:n välein, sulkujen, kojeiden, haaroitusten ja seinän lävistysten yhteyteen. (1, s. 45.) Kuvassa 18 on lääkkeellisten kaasujen virtausnuolia ja taulukossa 8 on sairaalakaasujen merkitsemiseen käytettävät värit (1, s. 45, 46)



KUVA 18 Lääkkeellisten kaasujen virtausnuolia

TAULUKKO 8 Sairaalakaasujen perustunnusvärit (1, s. 45–46)

Virtaava kaasu	Tunnusväri	Tekstin tai nuolen väri
Lääkkeellinen happi [O ₂]	Valkoinen	Musta
Lääkkeellinen ilokaasu [N ₂ O]	Sininen	Valkoinen
Lääkkeellinen hengitysilma [HI]	Valkoinen ja musta	Musta ja valkoinen
Muut lääkkeelliset kaasut	Ruskean keltainen	Musta

Kaikki järjestelmän kojeet ja laitteet tulee merkitä suunnitelmien mukaisin laitetunnuksin. Mikäli kojeita jää rakenteiden sisään esimerkiksi alakattoon, tulee niiden sijainti olla selkeästi merkattuna kattorakenteeseen tai luokkuun. Anestesian kaasu poistiventtiilit numeroidaan juoksevin numeroin, jotka löytyvät niitä säätävistä moottori- ja manuaaliventtiileistä mahdollisten huolto ja säätötöiden mahdollistamiseksi.

5.3 Kaasujakelulaitteet

Kaasujakelulaitteilla tarkoitetaan putkistoon kiinteästi liitettyjä osia ja kojeita. Näitä ovat yleisesti sulkuventtiilit, vakuttamissäätimet, painevahdit, pikasulkukotelot sekä kaasunottopisteet ja venttiilit. (1, s. 46.)

5.3.1 Vakuttamissäädin

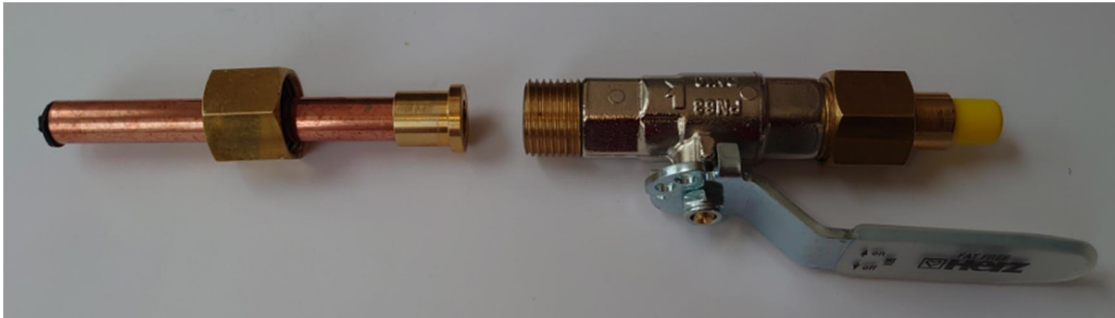
Vakuttamissäätimet ovat yleisesti kaasukeskuksessa ja kompressorihuoneessa seinällä sijaitsevia kojeita. Näiden tehtävänä on säätää ja vakuttaa haluttu paine jakeluverkostoon kaasunsyöttöjärjestelmän viimeisenä osana ennen jakeluverkostoa. Vakuttamissäätimissä on kahdet toisistaan riippumattomat säätimet, varoventtiilit, painekytkin sekä sulkuventtiilit sisään ja ulostuloissa. Vikatilanteessa voidaan viallinen säädin poistaa käytöstä ja syöttää järjestelmää toimivan säätimen kautta. Varoventtiilien ulospuhallusputket tulee johtaa ulkoilmaan lääkkeellisen hapen, lääkkeellisen dityppioksidin ja lääkkeellisen hiilidioksidin vakuttamissäätimissä. (1, s. 46) Vakuttamissäätimet liitetään kiinteistöautomaatioon, jolloin saadaan vikatilanteessa välitön tieto huoltotai laitosmiehelle. Kuvassa 19 on lääkkeellisen hapen vakuttamissäädin asennettuna kaasukeskuksen seinälle.



KUVA 19 Lääkkeellisen hapen vakuttamissäädin

5.3.2 Sulku- ja yksisuuntaventtiili

Sairaalakaasujärjestelmässä käytetään materiaaliltaan ja puhtaudeltaan standardin SFS-EN ISO 15001 venttiileitä, joissa on selkeästi osoitettu sulun asento sekä mahdollisuus lukita sulku kiinni- ja auki-asentoihin. Sulussa on hopeakovajuotteella juotettavat messinkiset yhdistäjät käytettävän putkidimension mukaisesti. Yleisesti käytetyt dimensiot ovat 12, 15, 18, 22, 28, 35, 42, ja 54 mm. Sulkujen tehtävänä on katkaista kaasun virtaus linjassa esimerkiksi huoltotöiden ajaksi tai mahdollisen vian eristämiseksi järjestelmästä. Kaasun takaisinvirtauksen estämiseksi linjassa käytetään yksisuuntaventtiiliä. (1, s. 31.) Kuvassa 20 on pallosulkuventtiili sekä juotettavat messinkiset yhdistäjät. Tiivisteinä toimii EPDM- kuminen o-rengas, jolle on pieni upotus venttiin molemmissa päädyissä sen paremmin tiivistyspinnalle asettumisen varmistamiseksi.



KUVA 20 Sairaalakaasu pallosulkuventtiili ja messinkiset yhdistäjät

5.3.3 Suodatin

Kaasukeskuksien ja vakauttamissäätimien syötön korkeapainepuolilla on suodatin, jonka tarkoituksena on estää kaasupullojen ja pullopatterien vaihdon yhteydessä hiukkasten kulkeutuminen järjestelmään. Enimmäiserotteluasteena suodattimelle on määriteltä 100 µm. (1, s. 43.) Lääkkeellisen hapen nestesäiliöasemalta kiinteistöä syöttävään putkeen suositellaan asentamaan kuvassa 21 esitetty suodatin, takaisku, huolto- ja ohitussulkuventtiilin sisältävä paketti.



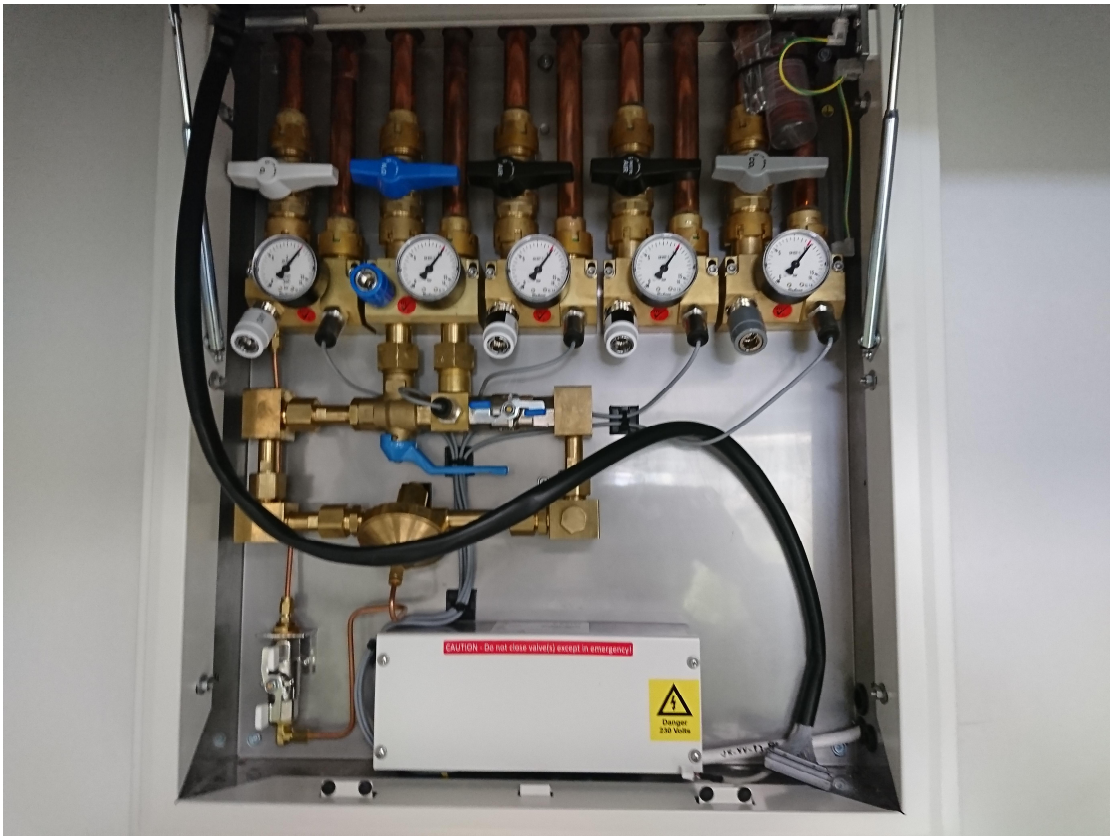
KUVA 21 Lääkkeellisen hapen suodatin, takaisku, huolto- ja ohitussulkuventtiilit

5.3.4 Painevahti

Painevahtien tarkoituksena on toimia verkostossa osastoivina painetta valvovina varasyöttölähteinä. Sairaalan kaikki lääkkeellistä dityppioksidia käyttävät osastot esimerkiksi leikkaussalit varustetaan painevahdilla. Verkostopaineen poiketessa yli ± 20 % nimellisjakelupaineesta antaa painevahti hälytyksen paikallisesti sekä kiinteistöautomaatioon. (1, s. 30.)

Painevahdit sijoitetaan yleisesti erilliseen tilaan sen palvelualueen läheisyyteen. Tilassa painevahti asennetaan seinään 1500 mm lattian yläpuolelle, jolloin varasyöttöpulloille jää riittävä tila painevahdin alapuolelle. Tilan mitoituksessa tärkeä huomioita asia on painevahdin etupaneelin avautuminen ylöspäin, joka vaatii painevahdin valmistajan ilmoittaman huoltotilan.

Painevahti pitää sisällään seuraavat komponentit: sulkuventtiilit, näyttävät painemittaukset, liitännät varapulloille, kiinteistöautomaation painemittauksen ja hälytyksen vaatiman automatiikan sekä ohjaussäätimen. Ohjaussäätimen toiselta nimeltään orjaventtiilin tarkoituksena on pitää lääkkeellisen hapen ja lääkkeellisen dityppioksidin paine-ero vakiona. Dityppioksidin paineen tulee olla 80 % hapen käyttöpaineesta. Ohjaussäädin katkaisee lääkkeellisen dityppioksidin syötön lääkkeellisen hapen syötön katketessa. (1, s. 30.) Painevahdin yhteyteen asennetaan aluevaikutuskartta ja yksinkertainen käyttöohje varasyötön kytkennästä. Kuvassa 22 on viiden sairaalakaasun painevahti sisältä kuvattuna.

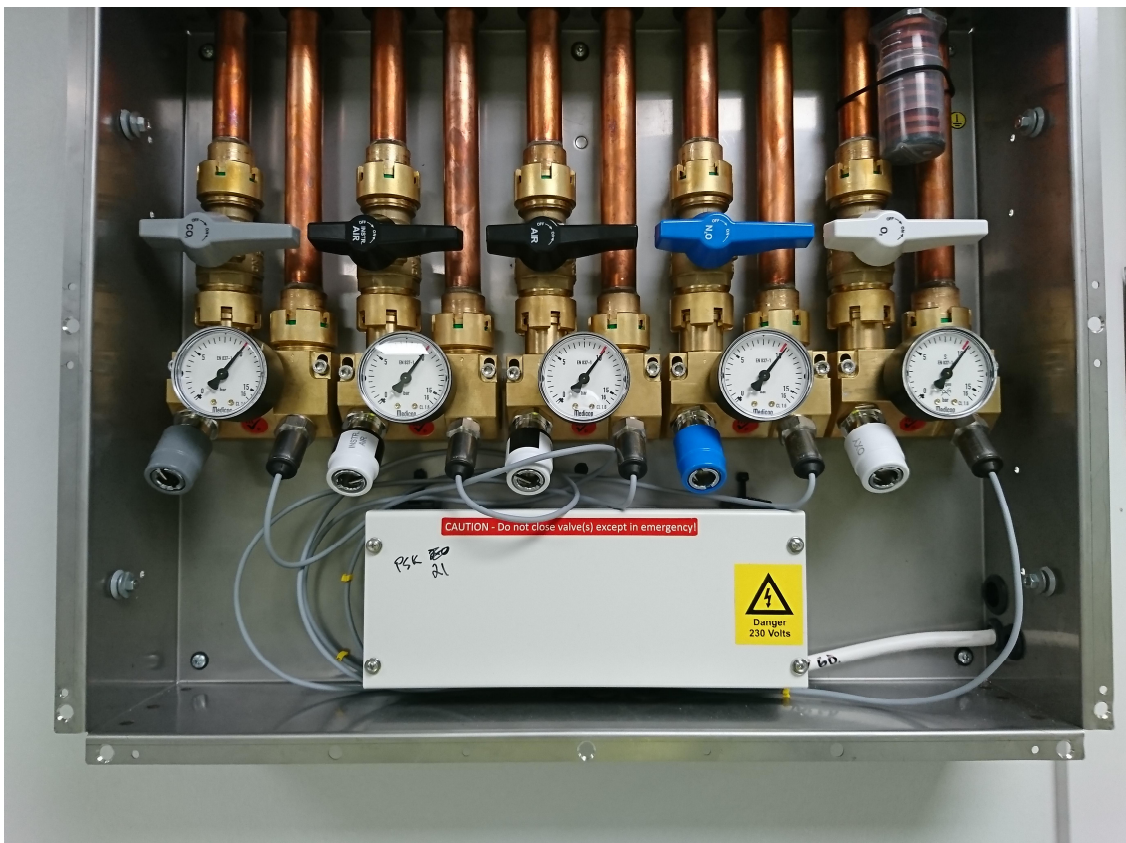


KUVA 22 Viiden kaasun painevahti etukansi avoinna

5.3.5 Pikasulkukotelo

Pikasulkukotelot toimivat osastojen sekä erillisten tilojen esimerkiksi leikkaussalin sairaalakaasujen sulku- ja varasyöttökojeena. Kiinteistöautomaation paineen mittaus ja hälytyksien automatiikka on mahdollista sijoittaa pikasulkukoteloon. Pikasulkukotelo pitää sisällään seuraavat komponentit: sulkuventtiilit, varasyötön pikaliittimet, paineen näyttävät mittaukset, kiinteistöautomaation painemittauksen ja hälytyksen vaatiman automatiikan.

Kaasua syöttävä putki liitetään kapilaarisella kuparimuhvilla kovajuottamalla sulkuventtiilinpuoleiseen haaraan. Aluetta palvelevaan verkostoon lähdetään messinkisen jakajan suluttomalta puolelta. Jokaiselle kaasulle on sen tunnusvärein sekä nimellä tehtaalla merkattu sulkuventtiili ja varasyötön pikaliitin. Pikasulkukotelossa yleisimmin käytetty putkidimensio on 22 mm:n kupari-putki. Kuvassa 23 on viiden kaasun pikasulkukotelon sisäpuolen komponentit.



KUVA 23 Viiden kaasun pikasulkukotelo

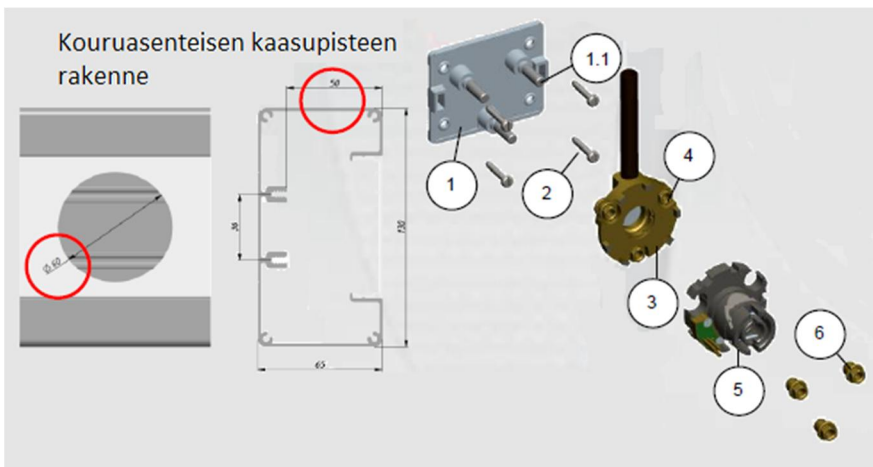
Pikasulkukotelot asennetaan sen palveleman alueen tai tilan välittömään läheisyyteen 1500 mm lattian pinnasta esimerkiksi käytävän seinälle (1, s. 31). Pikasulkukotelon yhteyteen asennetaan sen aluevaikutuskartta, josta kerrotaan tarkemmin luvussa 7.3. Pinta-asennuksessa kaasulinjat suojataan rakenteellisesti, kuten kuvassa 24 on leikkaussalin käytävällä olevien pikasulkukoteloiden linjat suojattuna metallisella kourulla.



KUVA 24 Pikasulkukotelot leikkaussalien käytävältä

5.3.6 Kaasunottoventtiili

Kaasunottoventtiilit ovat aina kaasukohtaisia ja näiden tulee olla standardin ISO 9170-1 määräykset täyttäviä. Jokaiselle sairaalakaasulle on oma valmistajan kiinteästi merkitsemä ”pohja”, joka asennetaan kovajuottamalla kiinteästi sitä palvelemaan ”jakojohtoon”. Liitos kaasupisteessä on 8–10 mm:n hehkutettua kupariputkea, johon liitos toteutetaan kapilaariosan kovajuotoksella. Kuvassa 25 tämä pohja on merkittynä numerolla 3 ja kuvassa 26 on kouruasenteisen kaasunotto-pisteen osat.



KUVA 25 Kouruasenteisen smartlet-kaasunotto-pisteen rakenne (13)



KUVA 26 Kouruasenteisen smartlet-kaasunotto-pisteen osat

Kaasupisteitä on saatavilla pinta-, uppo-, ja kouruasenteisina. Pinta- ja kouruasenteiset kaasupisteet ovat huollettavuudeltaan ja muuntojoustavuudeltaan sekä vuotojen tarkastamisen kannalta yleisin asennustapa. Talotekniikan rakentamisen yleisissä laatuvaatimuksissa on määritelty asennusjärjestys kaasunotto pisteille. Vasemmalta oikealle tai ylhäältä alas järjestys on seuraava lääkkeellinen happi, lääkkeellinen dityppioksidi, lääkkeellinen hengitysilma, instrumentti-ilma ja lääkkeellinen hiilidioksidi. Kaasunotto pisteet tulee asentaa oikeaan asentoon ura kello 12:sta ja ≥ 200 mm etäisyydelle toisistaan. Kuvassa 27 on kaksi lääkkeellisen hapen ja hengitysilman kaasunotto pistettä sekä anestesian kaasunpoistonventtiili kouruun asennettuna.



KUVA 27 Kouruasenteiset kaasunotto pisteet

Kaasupisteiden sijoituksessa on tärkeää huomioida turvaetäisyydet sähköasennuksiin, vähintään 200 mm sähkökojeyseen. Pisteet tulee sijoittaa aina sähköasennusten alapuolella omaan kouruun tai suljettuun osaan kourua kuten, kuvassa 28 lääkkeellisen hapen ja lääkkeellisen ilman kaasunotto pisteet ovat asennettuina. Asennusteknisesti kouruasennus on haastava kohde vähäisen tilansa ja kovajuotettavan liitostekniikkansa vuoksi valmiiksi pintakäsitellyn kourun sisään.



KUVA 28 Kaasunotto pisteet omassa kourussaan

Kouruasennuksen ohella potilashuoneissa yleinen kaasunotto pisteiden asennustapa on uppoasennus potilaspäätyyn. Potilaspääty on tehtaalla valmistettu sängynpäätyyn asennettava kaluste, jossa on talotekniikka osittain asennettuna. Sairaalakaasupisteet ovat valmiiksi uppoasennettuna sen molemmille sivuille ja sähkö-/teleasennuksille on rasiointi valmiina. Potilaspääty asennetaan tilan seinään kiinteästi. Kuvassa 29 on viimeistelyä vaille valmis potilaspääty sairaalakaasut kytkettynä.



KUVA 29 Potilaspääty edestä ja sivulta kuvattuna

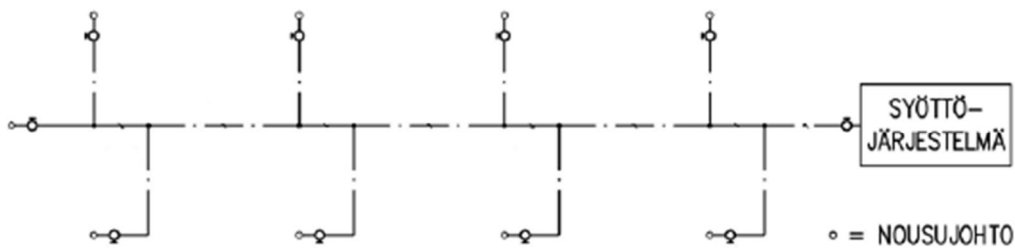
5.4 Putkiston sijoitus ja rakenne

Sairaalakaasuputkisto sijoitetaan suunnitelmien mukaisilla dimensioilla huollon ja tarkastusten mahdollistavalle reitille. Turvaetäisyyksien täytyminen on yksi kaasulinjan sijoituksen kannalta oleellisimmista ja haasteellisimmista asioista. Uudiskohteissa rakennukset yleisesti mallinnetaan ja mikäli törmäystarkastelu on toteutettu kaikkein suunnitelmien osalta, voidaan linjat sijoittaa pääosin suunnitelmien mukaisille paikoille. Sairaalakaasujen runkolinjat sijoitetaan yleisesti sen palvelevien tilojen käytävien alakattorakenteiden suojiin. Käytävien alakatot ovat yleisesti kevyt rakenteisia, joka mahdollistaa putkistolle pääsyn helposti. Pystynousut täytyy päästä tarkasta-

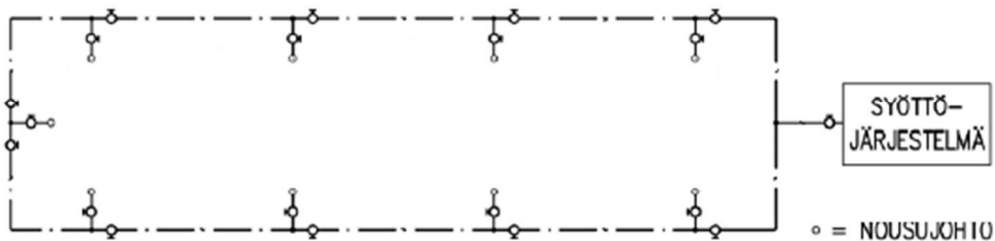
maan visuaalisesti sekä suorittamaan mittaukset mahdollisten vuotojen varalle. Tätä tarkoitusta varten pystynousut varustetaan kerroksittain riittävän kokoisilla tarkastusluukuilla.

Kaasulinjojen ja sähköasennusten kannalta on useita turvaetäisyyksiä, joita tulee noudattaa: Samansuuntaisen kaasuputkiston ja kaapelihyllyjen välinen minimietäisyys on 150 mm, edellä mainittujen risteyskohdissa etäisyys täytyy olla vähintään 100 mm väli sekä sähköjohdon ja putken välinen etäisyys tulee olla yli 50 mm. Sulkuventtiilejä ei saa sijoittaa valaisinten yläpuolelle ja näille tulee olla esteetön pääsy. Sähkönousu- ja hissikuluihin sairaalakaasuputkistoa ei saa sijoittaa. (1, s. 34.)

Sairaalakaasuputkistot suunnitellaan suoraksi verkostoksi tai rengasverkostoksi. Suoraa verkostoa käytetään pienissä kohteissa esimerkiksi terveyskeskuksissa. Suuremmissa kohteissa verkosto muodostuu näiden yhdistelmästä. Rengasverkostossa voidaan kaasua syöttää käyttöpiisteeseen kahta eri reittiä, joka parantaa käyttövarmuutta sekä vähentää paineen vaihtelua. Kuvassa 30 on suora sairaalakaasuverkosto, ja kuvassa 31 on rengasverkosto. (1, s. 34.)



KUVA 30 Suora sairaalakaasuverkosto



KUVA 31 Sairaalakaasun rengasverkosto

5.5 Painekokeet ja testaukset

Sairaalakaasuputkiston koepaineet toteutetaan suuremmissa kohteissa useina erillisinä koepaineina palvelualueittain, tiloittain, nousuittain ja lohkoittain. Näiden alueiden toisiinsa yhdistämisen jälkeen toteutetaan painekoe erimerkiksi koko kerrokselle. Runkoputkisto pikasulku- ja painevahdikaappeineen koeponnistetaan usein omana osana asennusta. Sairaalakaasupisteellisten tilojen ollessa pintojen osalta valmiina toteutetaan niin sanottu kalustusvaihe. Kalustusvaiheessa asennetaan seinillä oleviin kouruihin kaasupisteet sekä yhdistetään nämä kootusti pikasulkukotelon jälkeiseen jakeluputkistoon. Nämä asennukset koeponnistetaan, kun pikasulkukotelon palvelualueen kaikki kaasupisteet ovat valmiina.

Sairaalakaasujärjestelmien suunnittelu-, asennus- ja huolto-ohjeessa määritellään seuraavasti:

- Putkistolle tehdään mekaanisen kestävyys testi, jossa viiden minuutin ajan siihen syötetään 1,2 kertaa mahdollisen vikatilanteen maksimipaine.
- Vuototesti nimellisjakelupaineessa 2–24 tunnin kestolla, jonka aikana paine ei saa laskea 0,025 %:a tunnissa

Asennustyön jälkeinen painekoe on helpoin toteuttaa jo linjaan kytkettynä olevalla suojakaasulla esimerkiksi painevahdilta tai pikasulkukotelolta syötettynä. Painevahdissa ja pikasulkukotelossa olevat näytävät kaasukohtaiset painemittaukset helpottavat painekokeen valvomista. Pikasulkukotelot ja painevahdit jakavat putkiston palvelualueisiin ja mahdollinen vuoto saadaan rajattua pienemmälle alueelle.

Vuodot paikallistetaan aistinvaraisesti vuodonilmaisuvaahtoa apuna käyttäen. Vuotava putkisto käydään läpi liitoskohta kerrallaan. Vian paikallistamisen jälkeen tehdään tarpeelliset toimenpiteet sen korjaamiseksi ja koepaine suoritetaan uudelleen korjatulle verkoston osalle. Kaikkiin sairaalakaasuputkistoihin jätetään painekokeen jälkeen vähintään nimellisjakelupaineen suuruinen paine. Tämän tarkoitus on valvoa verkostoon asennusten jälkeen mahdollisista muista työvaiheista aiheutuvia vaurioita.

Koepainemenettely käydään läpi LVI-valvojan kanssa ja pidetyt koepaineet kirjataan tarpeellisiin työmaadokumentteihin. LVI-valvoja tarkastaa painekokeet paikan päällä, jollei muuta menettelyä

sovita. Painekokeen kuvaaminen helpottaa dokumentointia sekä koepainepöytäkirjojen laatimista jälkeenpäin. Koepainepöytäkirja voidaan toteuttaa kootusti useiden koepaineiden kirjaamisella samaan koepainepöytäkirjaan.

5.6 Huuhtelut

Sairaalakaasuverkosto suositellaan huuhtelemaan kaasukohtaisesti koko verkoston osalta. Huuhtelu aloitetaan kaasukeskukselta ja kompressorihuoneelta runkolinjaa pitkin edeten painevahdeille ja pikasulkukoteloilta. Viimeisenä huuhdellaan pikasulkukoteloiden ja kaasunottopisteiden välinen putkistonosuus, joka on samalla verkoston päätepiste osaltaan. Tarkoituksena on poistaa putkistosta mahdolliset hiukkaspartikkelit järjestelmällisesti edeten kaasunottopisteille. Huuhtelu toteutetaan suurella virtaamalla, ja järjestelmän maksimipaineen sallimissa rajoissa.

Turvallisinta on huuhdella verkosto paineilmakompressorijärjestelmällä tuotetulla lääkkeellisellä ilmalla. Lääkkeellisen ilman "juoksuttaminen" huoneilmaan on vaaratonta hengittää ja lisäksi edullista käyttää. Pulloihin pakattua suojakaasunakin käytettävää tyyppiä voidaan käyttää pienehköjen linjojen huuhteluun. Työturvallisuuden kannalta tilojen riittävästä tuulettamisesta on tällöin huolehdittava. Tyyppi voi korkeina pitoisuuksina syrjäyttää happea ja aiheuttaa tukehtumisen suljetussa tilassa (8, s. 3). Riittävä työturvallisuus voidaan varmistaa tilojen happipitoisuuden mittauksella.

Järjestelmästä huuhteluun käytettävän ilman ulosvirtaus voidaan toteuttaa esimerkiksi linjassa olevan sulkuventtiilin jälkeisen yhdistäjän irroituksella. Sulkuventtiilillä on mahdollista säätää huuhteluvirtausta sekä yhdistäjällä varustetulla letkulla voidaan huuhtelun ilmavirtaa ohjata pois välittömästä läheisyydestä. Painevahtikaapeilta, pikasulkukoteloilta ja kaasunottopisteistä sama toteutetaan kaasukohtaisen nipan ja letkun yhdistelmällä. Nippa kytketään kojeen varasyöttöpisteeseen liittimeen ja letkulla voidaan huuhteluvirtaus ohjata pois välittömästä läheisyydestä. Huuhteluvirtaus on hiukkaspartikkelien havaitsemisen kannalta johdettava vaalean kertakäyttöisen kangasliina tai suodatinmateriaalin lävitse, jolloin siinä olevat epäpuhtaudet ovat helposti havaittavissa. Mikäli huuhtelun suorittamisen jälkeen epäpuhtauksia ei ole silmin havaittavissa on linja kunnossa loppumittauksia varten. Suodatinmateriaaliin jäädessä silmin havaittavia partikkeleita toistetaan huuhtelu uudelleen.

Samassa yhteydessä on järkevää tarkastaa ristiin kytkentöjen mahdollisuus. Syöttämällä huuhteluilmaa kaasulinja kerrallaan pikasulkukotelolta verkostoon selviää kaasupisteeltä huuhtelua suorittaessa, mikäli kaasupiste on kytketty väärään linjaan. Kaasupisteiden mekaaninen toiminta tulee tarkastettua nipan kytkennän yhteydessä. Kuvassa 32 on huutelussa käytettäviä kaasunottopisteeseen liitettäviä kaasukohtaisia nippoja.



KUVA 32 Kaasunottopisteeseen liitettäviä kaasukohtaisia nippoja

5.7 Mittaukset ja tarkastukset

Asennustyön valmistuttua sille tehdään ensimmäisenä ns. oman työn tarkastus. Tarkastus toteutetaan työnjohdon ja asennusporukan kärke miehen yhteistyössä sekä tästä täytetään tarkastuksen yhteydessä pöytäkirja. Tarkastuksessa käydään tila kerrallaan läpi visuaalisesti sekä kokeilemalla esimerkiksi liikkuvat mekanismit sairaalakaasujärjestelmästä.

Tarkasteltavia kohteita ovat putkisto, liitokset, sulut, kannakointi, merkinnät, kaasunottopisteet, läpiviennit, turvaetäisyyksien täytyminen ja kaikki järjestelmään liittyvät kohteet esimerkiksi painevahdit, pikasulkukotelot. Sairaalakaasujen suunnitelma-asiakirjoja kuten pohjakuvaa ja kytkentäkaaviota verrataan toteutukseen. Mikäli toteutus poikkeaa suunnitelmista esimerkiksi rakennusteknisistä syistä tai tilaajan pyynnöstä merkataan muutos puhtaaseen pohjakuvaan. Tämän kuvan pohjalta tullaan piirtämään arkistoitavat loppukuvat asennetusta järjestelmästä. Oman työn tarkastuspöytäkirjaan kirjataan lisäksi tarkastuksen tekijät, päivämäärä, tarkastetut tilat ja kohteet.

seen liittyvät tarpeelliset tiedot. Pöytäkirjan merkintöjen perusteella asennusporukka korjaa mahdolliset puutteet. Työnjohto tarkastaa korjatut puutteet ja tämän jälkeen järjestelmä on valmis testattavaksi siinä käytettävillä sairaalakaasuilla.

Sairaalakaasut ovat reseptin alaisia ja niiden tilaamiseen tarvitaan yhteistyötä sairaalan henkilökunnan kanssa. Riittävän määrän lääkkeellistä happea, lääkkeellistä hiilidioksidia ja lääkkeellistä dityppioksidia ollessa käytettävissä kaasukeskuksella voidaan mittaukset oikeilla kaasuilla jokaisesta kaasupisteestä toteuttaa. Mittaus tulee tilata ajoissa sairaalakaasujen toimittajalta esimerkiksi Oy Linde Gas Ab:lta (entinen Oy AGA Ab).

Sairaalakaasujärjestelmän jokainen kaasunottopiste testataan oikealla kaasulla kaasukeskuksen ja kompressorihuoneen kautta järjestelmään syötettynä. Järjestelmän tulee olla testattavalta osin täysin suunnitelmien mukaisesti valmiina. Mittauksessa mitataan kaasunottopisteen riittävä virtaus, paineen alenema, kaasun oikeellisuus ja hiukkaskontaminaatio eli puhtaus. Mittausvälineinä käytetään happipitoisuusmittaria, virtausmittaria, painemittaria sekä hiukkassuodatinta. Mittauksen hyväksytyyn tulokseen kaasunottopisteestä vaaditaan virtaama 40 l/min enintään 10 %:n paineen muutoksella sekä hiukkassuodattimen puhtaana pysyminen visuaalisesti tarkastettuna. Mittauksen yhteydessä testataan kaasunottopisteen mekaaninen toiminta, kaasunottopisteen oikea asento, merkintä ja turvaetäisyyden täytyminen sähkölaitteisiin. Näiden pohjalta laaditaan testauslomake, joka liitetään luovutusdokumentteihin sähköisesti. Mikäli puutteita tarkastuksessa ilmenee, toteutetaan tarvittavat korjaustoimenpiteet ja suoritetaan uusinta tarkastus. Liitteenä 1 on mittauksen pohjalta laadittu testauslomake synnytysosaston kahdesta tilasta.

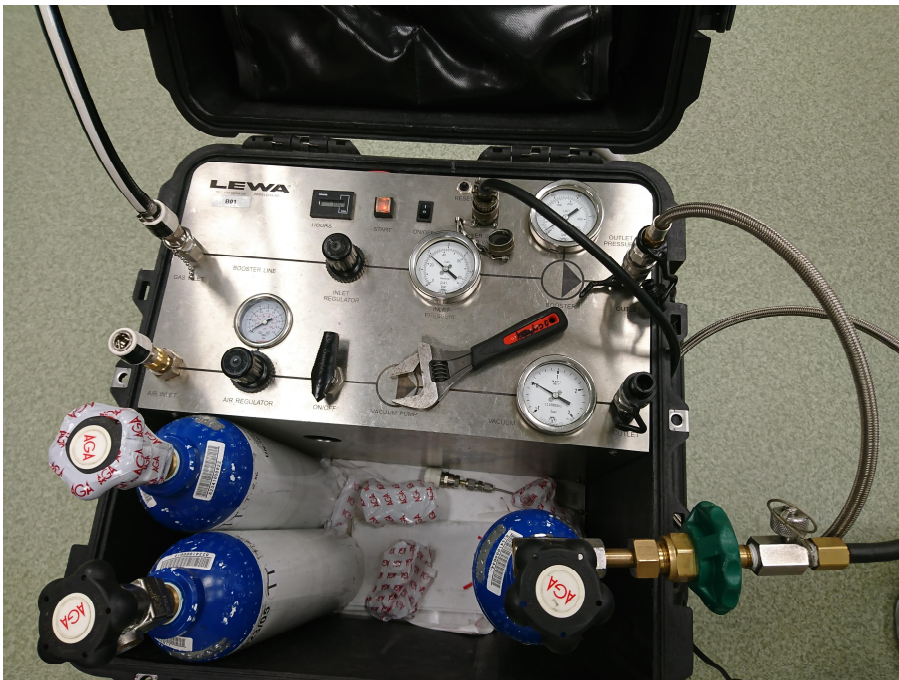
Sairaalakaasuista otetaan mittauksien päätteeksi näytteet tarkempaa laboratorioanalyysiä varten. Näytteitä otetaan lääkkeellisestä hapesta, lääkkeellisestä ilmasta ja instrumentti-ilmasta. Näytteenottopisteet jaotellaan sairaalakaasuverkostossa useaan eri kohtaan. Ensimmäinen otetaan kaasunsyöttöjärjestelmän läheisyydestä esimerkiksi kompressorihuoneesta ja kaasukeskuksesta. Seuraavat otetaan tasavälein verkostosta päättyen lähelle verkoston päätepistettä esimerkiksi kiinteistön ylintä kerrosta.

Näytteet otetaan sairaalakaasujen toimittajan esimerkiksi Oy Linde Gas Ab:n asentajan toteuttamana. Otetut näytteet toimitetaan eteenpäin yrityksen omaan laboratorioon analysoitavaksi. Laboratoriossa ne tutkitaan ja jokaisesta otoksesta kirjataan analyysiraportti. Raportti toimitetaan mittauksen tilaajalle sähköisessä muodossa ja se sisältää näytteenoton kohteen tiedot, analysoi-

van laboratorion nimen, näytteen ottajan ja päivämäärän sekä tutkittavat pitoisuudet taulukoituna. Kuvassa 33 ja 34 on meneillään kaasujen näytteenotto sairaalan leikkaussalissa.



KUVA 33 Näytteenotto leikkaussalista



KUVA 34 Näytteenottopullon kaasulla täyttö käynnissä

Analyysissä ilmoitetaan näytteen hapen, hiilimonoksidin, hiilidioksidin, typen oksidin, rikkidioksidin, öljyn ja kosteuden pitoisuudet. Taulukossa on 9 instrumentti-ilman analyysin ilmoittamat raja-arvot sekä näytteessä olevat pitoisuudet.

TAULUKKO 9 Instrumentti-ilman analyysin pitoisuudet

	Analyysitulos	Yksikkö	Ph.Eur Spesifikaatio	Tulos Ph Eur mukainen K/E	Kommentit
Happi O ₂	20,9	Vol %	20,4-21,4	K	
Hiilimonoksidi CO	0,0	ppm	< 5	K	
Hiilidioksidi CO ₂	372	ppm	< 500	K	
Typen oksidit Nox	0,0	ppm	< 2	K	
Rikkidioksidi SO ₂	0,0	ppm	< 1	K	
Öljy	<0,1	mg/m ³	< 0,1	K	
Kosteus H ₂ O	109	vpm	< 870	K	
Yleiset ominaisuudet: Hajuton ja väritön					

6 AKP-JÄRJESTELMÄ

Anestesiakaasunpoisto-järjestelmällä on tarkoitus poistaa sairaalan toimenpiteissä käytettyä kaasua ulos huoneilmasta. Vertauskuvallisesti järjestelmä muistuttaa suurta keskuspölynimurijärjestelmää. Jokaiselle poistopisteelle on erikseen imuvirtauksen säätömahdollisuus. Riippuen käyttötarkoituksesta poistopisteessä on vakioksi säädetty imuilmavirta manuaaliventtiilillä tai paikallisella säädöllä olevalla moottoriventtiilillä. Yleisesti kaasunpoistopisteet sijaitsevat lääkkeellisen diyyppioksidin kaasunottopisteen yhteydessä esimerkiksi leikkaus- ja synnytysosastoilla sekä näiden yhteydessä olevalta heräämöltä.

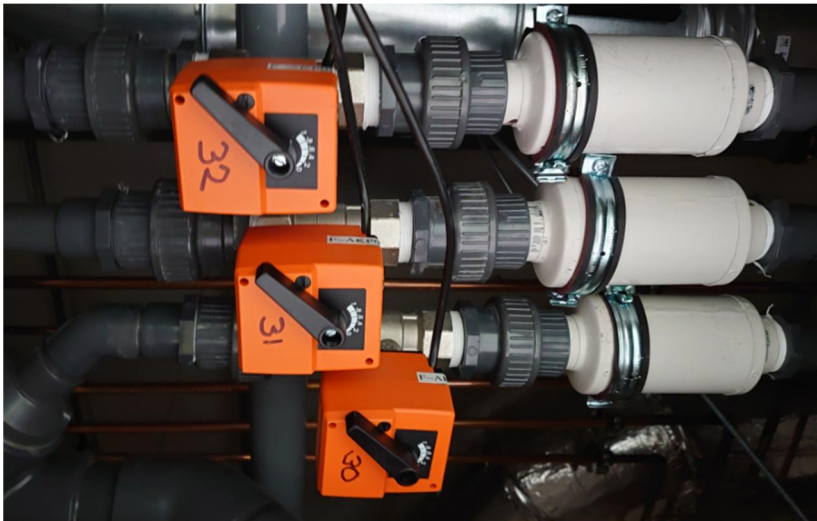
6.1 Materiaalit, komponentit ja sijoittelu

Putkiston materiaalina käytetään PE-, PP-, PVC-U- tai ABS-muoviputkea 32 – 160 mm dimensioissa liima- tai hitsausliitoksin toteutettuna. Virtauksen säätö poistopisteessä toteutetaan yksinkertaisimmillaan manuaaliventtiilillä, joka säädetään kuristamaan virtaus 275 l/min. Kuvassa 35 on manuaaliventtiileitä asennettuna kevytrakenteisen alakaton yläpuolelle.



KUVA 35 Manuaaliventtiilit asennettuna alakattoon

Käytettäessä moottoriventtiiliä säätölaitteena voidaan poistopisteeseen toteuttaa säädettävä imuilmavirta, jonka ohjearvona on 0...585 l/min. Moottoriventtiili asennetaan manuaaliventtiin tavoin poistopistettä palvelevaan ”jakojohtoon”. Moottoriventtiin liitos toteutetaan yhdistäjillä, jolloin huoltaminen helpottuu oleellisesti. Poistopistettä palveleva jakojohto varustetaan äänenvaimentimella. Kuvassa 36 on kolmen moottoriventtiin ja äänenvaimentimen yhdistelmä.



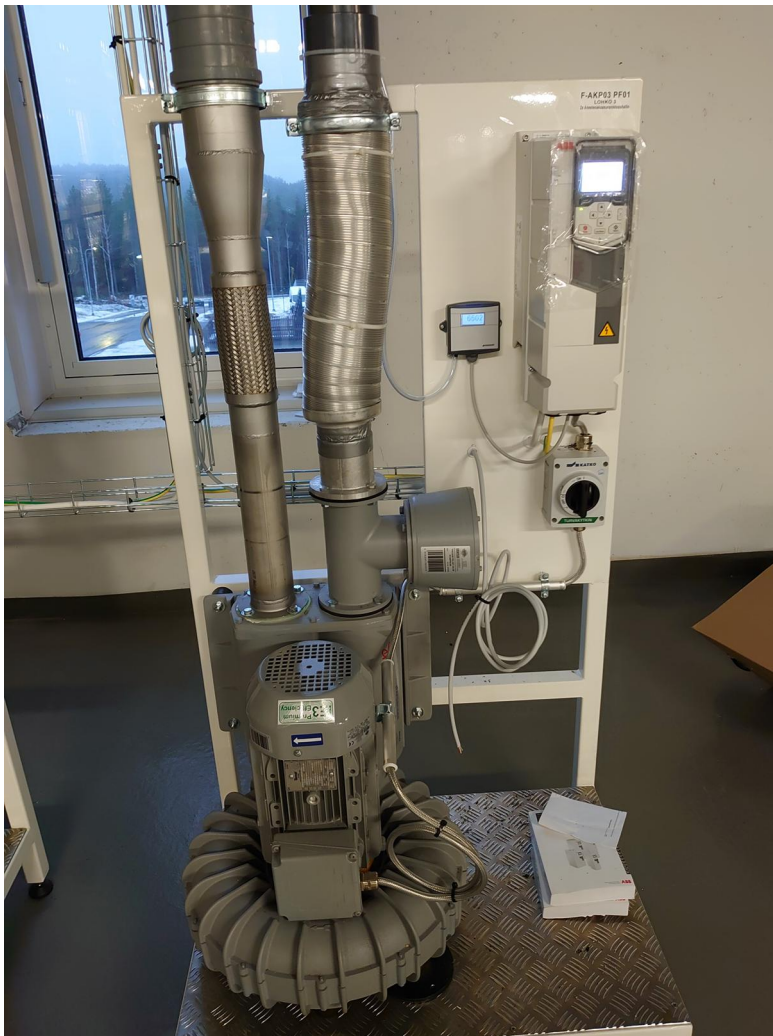
KUVA 36 Kolmen moottoriventtiin ja äänenvaimentimen yhdistelmä

Moottoriventtiileitä ohjataan ohjainpaneelista poistopisteen välittömästä läheisyydestä. Poistopisteet asennetaan sairaalakaasujen tavoin kouruasenteisesti, jolla mahdollistetaan hyvä muuntojoustavuus sekä huollettavuus. Kuvassa 37 on kouruasenteinen poistopiste ja tätä ohjaava ohjainpaneeli.



KUVA 37 kouruasenteinen poistopiste ja ohjainpaneeli

Anestesiakaasunpoistojärjestelmän puhallinyksiköt sijoitetaan yleisesti IV-konehuoneeseen tai vastaavaan laitetilaan ääniteknisistä syistä. Puhallinyksikön ympärille jätetään laitevalmistajan ilmoittama huoltotila. Puhaltimen tuottama lämpökuorma on aiheellista ottaa huomioon, koska yleisesti puhallinyksikkö käy ympärivuorokauden. Puhallinyksiköt voivat olla jatkuvasti käyviä taajuusmuuttajalla paine-eron mukaan säätyviä tehdasvalmiita paketteja. Puhallin käy säädetyllä paine-erolla koko ajan ja nostaa kierroksia paine-eron laskiessa, kun poistopisteitä otetaan käyttöön. Imupuolelle asennetaan taipuisa metallinen äänenvaimennin ja paine-eromittaukselle tarvittava nippa. Ulospuhallus varustetaan värinän vaimentimella, jolloin mahdollinen resonanssiääni puhaltimesta ei kantaudu putkiston kautta ympäristöön. Puhallinyksikön ulospuhallusilma johdetaan rakennuksen ulkopuolelle riittävän etäälle ilmanvaihdon raitisilmaotosta. Lääkkeellinen di-typpioksidi on yleisimmin puhallinyksiköllä poistettava sairaalakaasu, jonka palamista kiihdyttävä ominaisuus on lisäksi huomioitava ulospuhalluksen sijainnissa. Kuvassa 38 on taajuusmuuttajalla varustettu puhallinyksikkö asennettuna konehuoneeseen.



KUVA 38 Taajuusmuuttajalla varustettu puhallinyksikkö

6.2 Asennus

Putkisto asennetaan suunnitelmien mukaisille paikoille esimerkiksi alakattorakenteiden yläpuolelle. Manuaali- sekä moottoriventtiileille tulee järjestää riittävät huolto- ja säätötilat merkintöineen. Putkisto tulee asentaa riittävällä putken valmistajan määrittelemällä kannakointitiheydellä. PVC-U-putkistoa käytettäessä liitokset puhdistetaan ja liimataan esimerkiksi Tangit-liimalla ja puhdistusaineella. Liitoksen työvaiheet toteutetaan valmistajan työohjeiden mukaisesti esimerkiksi:

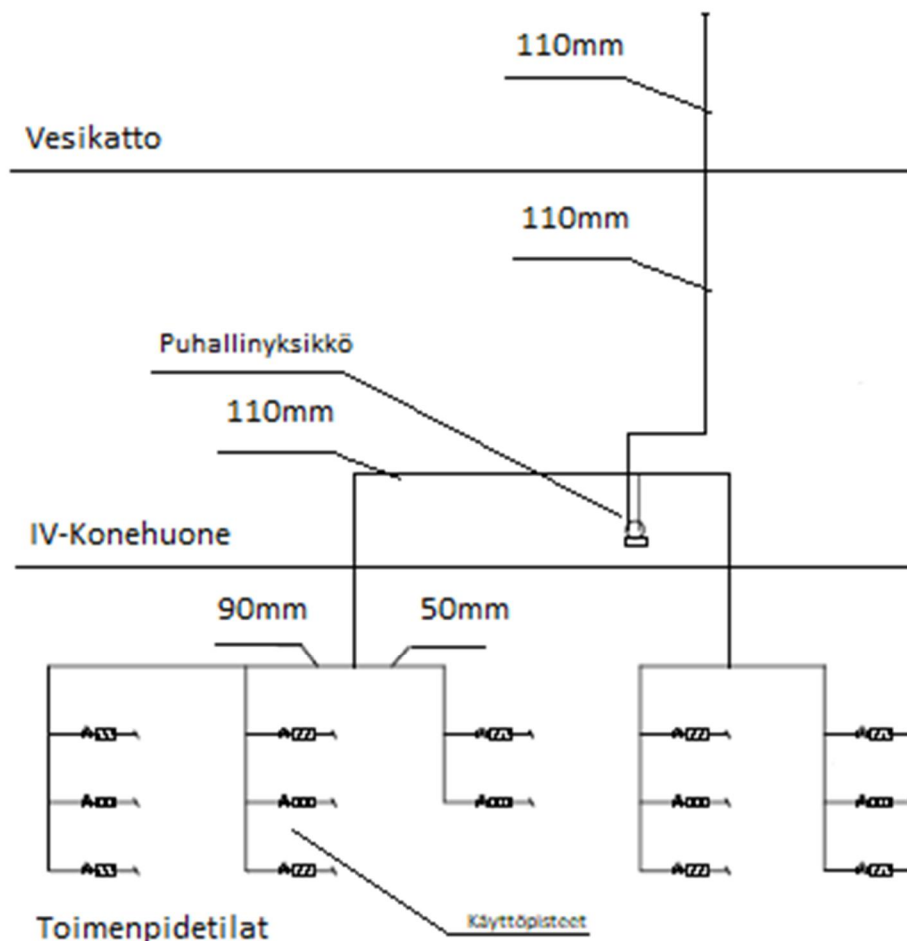
- Putki katkaistaan suoraan ja mahdolliset purseet poistetaan leikkauksesta.
- Putken pää viistetään ja puhdistetaan esimerkiksi tangit-puhdistusaineelle.
- Koe sovitetaan liimattava osa ja merkataan putkeen asennussyvyys esimerkiksi tussilla.
- Sivellään pensselillä tangit-liimaa liitettävän putken pinnalle ja liimattavan osan sisäpinnalle.
- Työnnetään osa kiertämättä paikalleen ja poistetaan ylimääräinen liima.
- Odotetaan valmistajan mukainen odotusaika vähintään 5 minuuttia. Odotusaikaan vaikuttaa työskenneltävän tilan lämpötila. Odotusajan kuluttua voidaan siirtää kovettumaan lopulliseen lujuteen, joka kestää noin 24 tuntia > 10 °C:ssa. (14.)
- Odotusaika on määrävä tekijä putkiston asennuksessa -> putkiston asennusjärjestys kannattaa suunnitella hyvin ja esivalmistella mahdollisimman valmiiksi.

Työturvallisuuteen on kiinnitettävä erityistä huomiota, koska liima ja puhdistusaineet sekä niistä vapautuvat höyryt ovat helposti syttyviä ja jopa räjähtäviä sopivina seoksina huoneilmassa. Tilan riittävästä tuuletus tulee järjestää ja käyttää asianmukaisia suojarusteita kuten suojakäsineitä, työvaatteita, silmä- ja hengityssuojaimia. Käytettävien aineiden käyttöturvatiedotteet ja työohjeet ohjeistetaan työtä suorittaville asentajille ja ne tulee löytyä työkohteen läheisyydestä. (14.)

Putkistossa suunnan muutokset ja haaroitusten haarat toteutetaan enintään 45°:n kulmilla. Tämän tarkoituksena on minimoida putkiston painehäviötä. Pystynousut varustetaan puhdistusluukulla yleensä konehuoneen puoleisesta päästä linjaa.

6.3 Verkoston rakenne

Verkosto muistuttaa rakenteeltaan suoraa sairaalakaasuverkostoa. Runkoputket sekä pystynousut ovat yleisesti 90 mm:n tai 110 mm:n dimensioilla virtausvastuksen minimoimiseksi. Kuvassa 39 on yksinkertaistettu linjakaavio anestesikaasupoistojärjestelmästä.



KUVA 39 Anestesiakaasupoiston linjakaavio

Poistopisteen ja säätölaitteen välinen putkisto suunnitellaan yleisesti 40 mm:n putkella. Poistopisteessä on liitos 32 mm:n putkelle ja jakojohto voidaan supistaa tähän dimensioon jo ennen kouruun asennusta. Riippuen käytetystä kourumallista tilaa 40 mm:n putkelle on todella niukasti, joten 32 mm:n putken käyttäminen on välttämätöntä. Kokemusperäisesti virtausala 32 mm:n putkessa riittää täyttämään imuvirtausvaatimuksen virtausmittauksessa uljaasti. Yleisesti suunnitelmissa käytetyt putkidimensiot ovat 32, 40, 50, 90, 110 ja 160 mm.

Mikäli ulospuhallusilma johdetaan kuvan 39 mukaisesti vesikatolle, täytyy se varustaa jäätymissuojalla. Jäätymissuoja estää lisäksi veden, hyönteisten yms. sinne kuulumattoman pääsyn putkistoon. Ulospuhalluksen sijaintia määritettäessä on varmistettava, ettei sitä kautta poistuvat kaasut päädy esimerkiksi raitisilmaottoon.

6.4 Mittaukset ja säätö

Anestesiankaasunpoistojärjestelmä säädetään ja mitataan ennen kohteen luovuttamista. Puhallinyksiköiden taajuusmuuttajat asetellaan arvoihin, joilla saadaan riittävä imuvirtaama suurimmalla painehäviöllä olevaan linjaan. Puhallinyksiköt pyörivät tällä asetellulla taajuudella ympäri vuoden. Avattaessa useita poistopisteitä käyttöön samanaikaisesti nostaa puhallinyksikkö pyörimisnopeutta pitäen linjassa olevan paine-eron halutussa asetusarvossa. Kiinteällä asetteluarvolla olevien poistopisteiden virtaama säädetään suunnitelmia vastaaviksi manuaaliventtiilien avulla. Kuvassa 40 on heräämön poistopisteen mittaustyö käynnissä.



KUVA 40 Poistopisteen mittaustyö heräämössä

7 DOKUMENTOINTI

Tärkeänä osana uuden kiinteistön luovutusprosessia on kaikkien järjestelmään liittyvien dokumenttien tallentaminen ja muuttaminen sähköiseen muotoon. Tallennettavia dokumentteja ovat esimerkiksi pöytäkirjat, analyysiraportit, huolto- ja asennusohjeet. Yleisesti käytössä on sähköisiä kiinteistönhallintajärjestelmiä, jonne kiinteistöön liittyviä dokumentteja voivat käyttää ja tallentaa henkilöt, joilla on järjestelmän käyttöoikeus. BEM eli Buildercom-palvelu on yksi yleisesti käytetyistä kiinteistönhallintajärjestelmistä.

7.1 Loppukuvien päivitys

Toimivimmin loppukuvien päivitys onnistuu, kun oman työn tarkastuksen yhteydessä tila kerrallaan tehdään ns. punakynäversiot toteutuksesta, mikäli tämä poikkeaa suunnitelmista. Toteutusvaiheen yhteydessä tulevat muutokset on luonnollisesti hyväksytty suunnittelijalla ja piirretty karkeana versiona työmaakuvasarjaan. Paperiset punakynäversiot pohjakuvista, kytkentäkaavioista ja laite- tai kojeluettelosta toimitetaan suunnittelijalle, jonka tehtävänä on piirtää muutokset loppukuviin ja tallentaa ne kiinteistönhallintajärjestelmään.

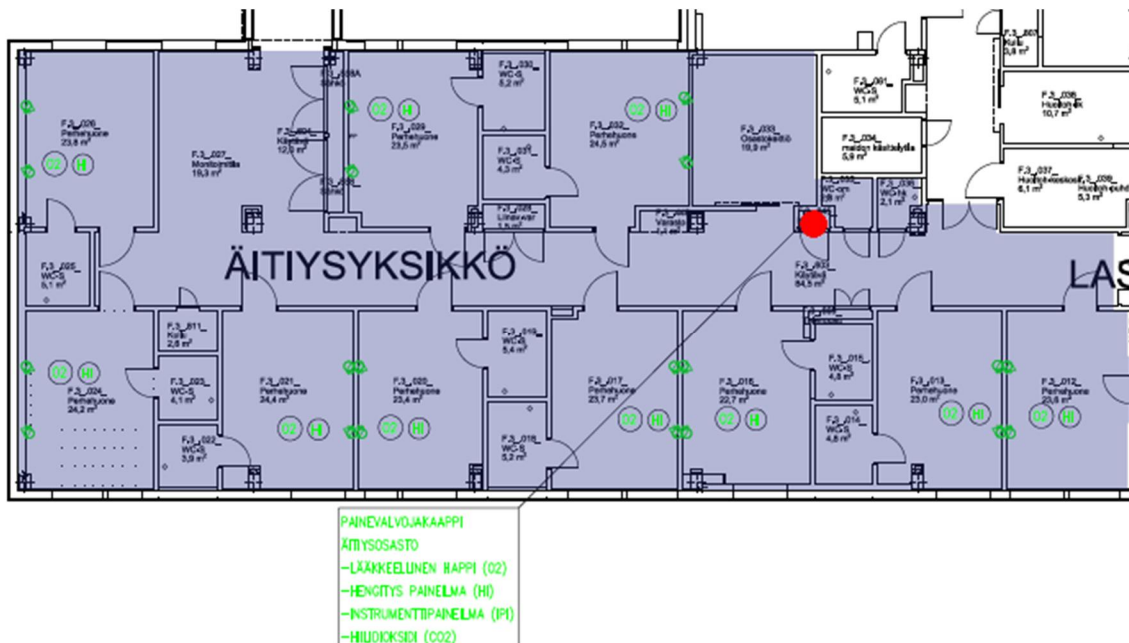
7.2 Pöytäkirjat ja analyysiraportit

Kootusti kerrottuna sairaalakaasujärjestelmästä laaditaan sekä tallennetaan sähköiseen muotoon seuraavat dokumentit:

- koepainepöytäkirjat koko järjestelmän kattavasti
- testauslomakkeet kaikista kaasunottopisteistä
- kaasunpoistojärjestelmän testauspöytäkirjat jokaisesta poistopisteestä
- kaasuanalyysit neljästä eripuolilta verkostoa otetuista näytteenotoista kaasusta lääkkeellinen happi, lääkkeellinen ilma ja Instrumentti-ilma.

7.3 Aluevaikutuskartat

Aluevaikutuskartta on pohjakuviin painevahdin tai pikasulkukotelon palveleman tilan tai vaikutusalueen värikoodauksella tehty merkintä. Tämän tulee löytyä kaikkien painevahtien ja pikasulkukoteloiden välittömästä läheisyydestä esimerkiksi laminoituna muoviin sekä kiinnitettynä seinään kojeen alapuolelle. Kuvassa tulee selkeästi näkyä painevahdin tai pikasulkukotelon vaikutusalue, kyseisen kojeen sijainti ja sen kautta virtaavan kaasujen nimet. Tämän tarkoituksena on helpottaa sairaalan henkilökuntaa, mikäli kojeen avulla joudutaan sulkemaan kaasunsyöttö tai syöttämään aluetta varasyöttölähteellä. Varasyöttölähteen kytkemiseen tulee lisäksi löytyä pikaohje painevahtien yhteydestä. Kuvassa 41 on esitettyä painevalvojakaaopin yhteyteen asennettu aluevaikutuskartta.



KUVA 41 Painevalvojakaaopin aluevaikutuskartta

7.4 Käyttäjäkoulutus

Sairaalakaasujärjestelmään kuuluvien kojeiden ja komponenttien käyttäjäkoulutukset järjestetään niitä tarvitsevalle sairaalan henkilökunnalle. Tällaisen laajan järjestelmän koulutukset järjestetään useassa eri kojeen tai laitteen toimintaa ohjeistavassa koulutuksessa. Käyttäjäkoulutukset jaotellaan kokonaisuuksiin esimerkiksi:

- kaasukeskustilan vakauttamissäätimet ja kaasukeskukset
- nestesäilöasemat
- kompressorit, puhdistusyksiköt
- jakeluputkistot, painevahdit, pikasulkukaapit ja kaasunottopisteet
- AKP-järjestelmä.

Koulutukseen käytettävää materiaalia voidaan tarpeellisilta osin tallentaa sähköisessä muodossa kiinteistönhallintajärjestelmään. Tämä helpottaa esimerkiksi uuden henkilöstön kouluttamista erilaisten kiinteistössä olevien järjestelmien käyttöön sekä huoltotehtäviin.

8 KÄYTÄNNÖN HAASTEET JA KOKEMUKSET

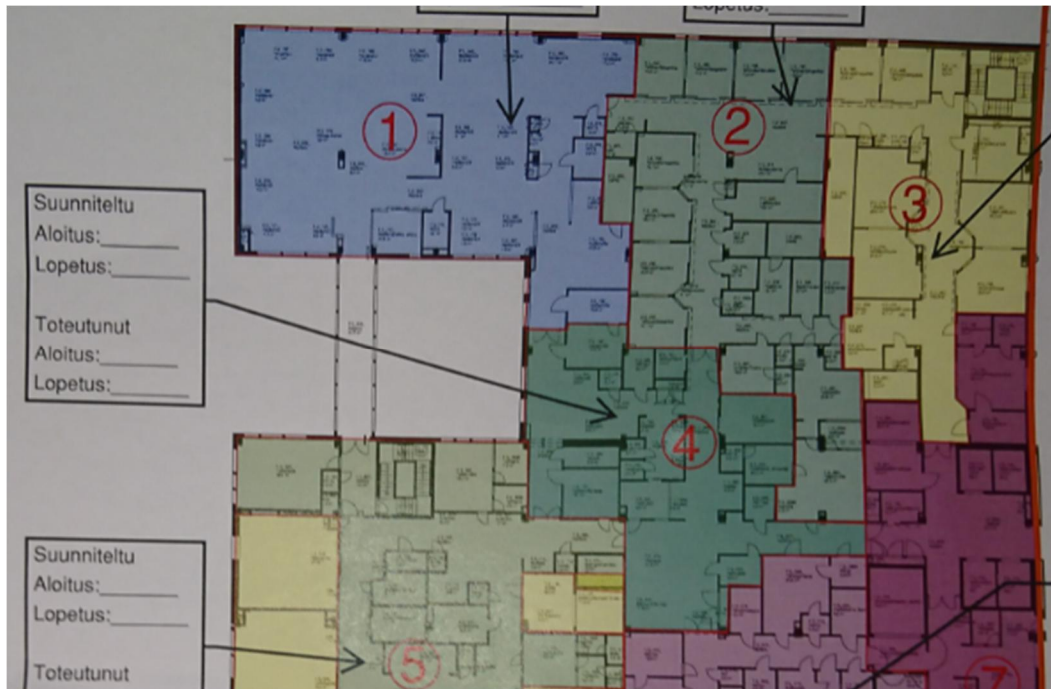
Tässä luvussa kerrotaan vapaamuotoisesti työmaan vaiheista, haasteista ja kokemuksista työnjohdossa uudissairaalan sairaalakaasujärjestelmän asennuksen alkumetreistä aina ensimmäisen vaiheen luovutukseen tilaajalle. Kohde on yksi suurimmista kohteista, joissa olen työskennellyt ja ensimmäinen työmaani toimihenkilönä työnjohdossa. Pidän kohteen anonyyminä tilaajan pyynnöstä. Rakennushanke toteutettiin allianssimallilla, jossa kaikki pyritään tekemään avoimuuden ja yhteisen tavoitteen periaatteella. Tässä urakkamallissa voitot tai tappiot jaetaan etukäteen sovittulla tavalla.

Työmaatoimistolla sairaalakaasujen asennuksen valmistelu alkaa tutustumalla työmaakuviin, kytkentäkaavioihin ja järjestelmään kuuluviin kojeisiin. Tähän pohjatyöhön saisi käyttää aikaa mielestäni enemmän, mutta resurssit työnjohtopuolella ovat aina rajalliset ja tekemistä riittää suuren kohteen LVI-puolen muillakin osa-alueilla. Urakoitsija asennustyön aloitukseen on valittuna, mutta kokonaisvastuu LVI-asennuksista on koko rakennuksen talotekniikkaa hoitavalla yrityksellä.

Sairaalakaasujen asennustyöt alkavat työmaan käytävien ollessa rakennusteknisesti riittävän valmiita ja puhtaudeltaan P1-tasoisia. Sairaalakaasurungot kulkevat käytävien suuntaisesti syöttäen sen varrella olevia painevahtikaappeja ja pikasulkukoteloita. P1-puhtaustaso tarkoittaa lyhyesti selitettynä seuraavaa:

- Hienojakoista pölyä ei saa olla pinnoilla.
- Tilojen ylläpitosiivous toteutetaan HEPA-suodattimella varustetulla imurilla.
- Aluetta ei käytetä varastointiin.
- Kaikki pölyävät työt ovat kiellettyjä.
- Kohdepoistolla varustettuja työkaluja voi käyttää.
- Tilat merkitään P1-merkinnöillä.
- Alue rajataan omaksi osastokseen esimerkiksi väliaikaisilla ovilla.

Tuotantopalaverissa yhdessä rakennusteknisistä töistä vastuussa olevan urakoitsijan kanssa sovitaan aikataulu, jolloin sairaalakaasuasennuksia voidaan toteuttaa. Aikataulun avulla eri osalohkoilla toteutettavat työvaiheet on mahdollista jaksottaa jokaiselle urakoitsijalle oikeassa järjestyksessä. Tällä tavalla työmaa saadaan toimimaan tehokkaasti ja jokaiselle urakoitsijalle saadaan varattua oikea työskentelyalue oikeaan vaiheeseen toteutusta. Kuvassa 42 on lohkojaoteltu pohjapiirros.



KUVA 42 lohkojaettu pohjapiirros

Suurena haasteena tälle jaottelulle on sairaalakaasun runkolinjojen sekä haarojen ulottuminen lohkolta toiselle, jolloin asennukset joudutaan toteuttamaan useassa eri osassa. Tämä hidastaa ja rajoittaa etenkin pitkien runkojen asennustyötä. Lisäksi pidettyjen painekokeiden määrä kasvaa luonnollisesti, kun painevahdin tai pikasulkukotelon palvelemaa aluetta ei voi toteuttaa kerralla runkojen osalta.

Yhtenä haastavimmista kohteista P1:n toteuttamisessa ovat pystynousut. Yli 20 metriä pitkät pystynousut ovat asennusteknisesti oikein suojakaasutettuna sekä tulityöturvallisuudessa kauniisti muotoiltuna haasteellisia toteutettavia. Näiden asennusteknisesti vaativien pystynousujen asennukseen tulisi suunnitelmissa varata täysin oma vain tähän tarkoitukseen oleva kuilu.

Materiaalien varastoiminen suurella työmaalla asettaa haasteita monellakin tapaa. Kaikki sairaalakaasujen asennukseen käytettävät materiaalit tarvitsevat kuivaa varastotilaa. Sairaalakaasukupariputki toimitetaan viiden metrin salkoina 10 kpl:n pakkauksena pahviin suojattuna. Pahvi hygroskooppisena materiaalina sitoo kosteutta itseensä saaden putken tummumaan asennuskelvottomaksi. Runkojen yhteydessä asennettavat painevahti ja pikasulkukotelot ovat erikoistilautavaa ja toimitusaika voi venyä helposti yli 8 viikon mittaiseksi. Näiden yksittäin tilaaminen tulee suuressa kohteessa työlääksi ja kalliiksi toteuttaa, joten varastotilaa tulee varata sairaalakaasuasennuksien materiaaleille riittävästi. Sairaalakaasuputkiston asennukseen käytettävät hitsaus- ja suojakaasut varastointihäkkeineen tarvitsevat oman katetun alueen ulkoa työmaa-alueelta.

Resurssit asennustyöhön tulisi mitoittaa oikein, jotteivät sairaalakaasuasennukset ”jarruta” työmaan muuta etenemistä, mutta toisaalta turhan miehityksen pitäminen työmaalla on taloudellisesti kannattamatonta. Mikäli rakennustekniset asennukset eivät etene suunnitellulla aikataululla heijastuu tämä taloteknisiin asennuksiin viivästyksenä. Rakennushankkeeseen vaikuttavat monet tekijät ja kaiken mahdollisen ennakoiminen on mahdotonta. Työmaakokoukset ja aikataulupalaverit ovat tärkeitä ”työkaluja”, joissa yhteistyössä voidaan sopia tulevia työvaiheita sekä aikatauluttaa rakennustekniset sekä talotekniset asennukset palvelemaan toisiaan. Näihin osallistuminen sekä niihin valmisteleva työn merkitys korostuu erityisesti suuressa hankkeessa.

Sairaalakaasun aikataulutusta suunnitellaan useassa osassa, joista ensimmäinen on sairaalakaasurunkojen, painevahtien ja pikasulkukoteloiden asennus ja näiden painekokeet aina lohkon valmistuttua. Näiden ohella omana aikataulunaan kaasukeskuksen ja kompressorihuoneen asennus sekä nestesäiliöasemilta tulevat maanalle asennettavat linjat ajoitetaan ulkopuolisten rakennusteknisten töiden yhteydessä. Runkovaiheen valmistuttua seuraavana vuorossa on kalustusvaihe, jossa asennetaan kaasunottopisteet jokaiseen tilaan suunnitelmien mukaisille paikoille. Kalustusvaiheessa tilojen tulee olla rakennusteknisiltä töiltä lähes valmiina. P1-puhtaustaso vaaditaan läpi jokaisen sairaalakaasujen asennukseen liittyvän työvaiheen lukuun ottamatta kannakointia, jonka voi toteuttaa pölyävienkin töiden yhteydessä. Runkovaihe ja kalustusvaihe voivat olla eri kerroksissa käynnissä samanaikaisesti rakennusteknisten töiden määrittelemän aikataulutuksen mukaisesti.

Sairaalakaasuasennuksessa on paljon tulitöitä sisältäviä työvaihteita. Asennukset toteutetaan lähes poikkeuksetta pareittain, jolloin toinen asentaja toimii samalla tulityövärtijana. Jokaiselle asennusparille järjestetään asianmukainen alkusammutuskalusto, joka yleisesti on vähintään

kaksi kappaletta 12kg 43A 183BC -teholuokan käsisammuttimia. Kummallakin asentajalla tulee olla voimassa oleva tulityökortti sekä myönnetty tulityölupa työskenneltävälle alueelle. Yleisesti työnjohto tai tilaaja myöntää luvan ja sen voimassaolo voi vaihdella työmaakohtaisesti. Jokaisella työparilla tulee olla riittävät työkalut asennusten tekemiseen. Taulukossa 10 on eriteltyä esimerkki asentajaparin työvälineistä.

TAULUKKO 10 Sairaalakaasuasentajan parin työvälineet

Kaasuhiatusletkutarja ja paineensäätimet	Akkutyökalut ja laturit/akut esim. porakone, iskevärüvinväännin, iskuporakone, vannesaha jne.
Pilli- ja puhdistussarja +tiivisteet	
Kikkapilli, sytytin ja varakivet	
Kaasuhiatuskärret + asetyleeni- ja happipullo	Sammutinkärret ja sammutuspeite
Suojakaasun pullokärret + typpipullo	Käsiammutin 12kg 43A 183BC *2
Suojakaasunpaineensäädin ja letkua	Käsityökalut sis. rullamitan, meisselit, puukon, kärkisarjan jne.
Putkentaivutustyökalut	
Fosforikuparia 5% AG	Pihdit ja jokoavaimen *2
Hopeajuote 30% AG	Hylsysarjan iskevään vääntimeen
Työpöytä ja ruuvipenkki	Kierretankoleikkuri + terät M8 M10
Telineet tai ajettavat nostimet	Työkaluille renkaallisen rullakko
Työmaavalaisin ja jatkojohto	Ristilaserin + jalusta
Merkitsemisvälineet tussi / lyijykynä	Vuodonilmaisain spray
Kypärä leukaremmillä ja kuulosuojaimilla	Pieni räikkähylsysarja
Palosuojatut työvaatteet / viiltosuojat hansikkaat	Rasia- ja keskiterät
Turvajalkineet ja suoja- ja hitsauslasit	Kuvallinen henkilötunniste
Kuparin leikkurit 8-22mm, 8-35mm ja -63mm	Iskuporakoneenterät 6, 8, 10 ja 12mm

Sairaalakaasuasennuksille tehtävä oman työn tarkastus vaatii paljon aikaa työnjohdolta. Tarkastuksessa käydään jokainen sairaalakaasutekniikkaa sisältävä tila läpi verraten sitä suunnitelmiin. Kaikki puutteet sekä mahdolliset muutokset kirjataan omantöytä tarkastuspöytäkirjaan, jonka pohjalta osataan ohjeistaa korjaavat toimenpiteet. Työnjohdon on tärkeä valvoa havaittujen puutteiden korjaaminen ennen virallista loppumittausta.

Loppumittaukset ja näytteenotot kaasuista tilataan ajoissa kaasujen toimittajalta esimerkiksi Oy Linde Gas Ab:ltä. Kaasutoimittajan asentajat mittaavat ja ottavat näytteet koko sairaalakaasujärjestelmästä. Työnjohdon tehtäväksi jää tehdä tarpeelliset järjestelyt, jotta heillä on kaikki tarpeelliset dokumentit saatavilla mittauksia varten. Suuressa kohteessa on mittauksen aloitukseen hyvä järjestää asennusporukan kärkimies mukaan, jolla on järjestelmän rakenne sekä mahdolliset muutokset selvillä. Mittauksista kirjatut pöytäkirjat toimitetaan työnjohdolle, joka käy läpi sekä kuittaa pöytäkirjat tarkastetuksi. Pöytäkirjoihin kirjatut puutteet korjataan ja tarkastetaan uudel-

leen. Kaasutoimittajan laatimat pöytäkirjat tallennetaan sähköisessä muodossa kiinteistönhallinta-järjestelmään.

Käyttäjäkoulutukset sairaalakaasujärjestelmän kojeisiin ja laitteisiin tilataan laitetoimittajalta. Koulutukset pidetään tilaajan edustajille yhdessä sovitulla aikataululla. Käyttäjäkoulutuksen järjestäminen sairaalakaasujärjestelmästä kokonaisuutena kuuluu työjohtoon tehtäviin. Järjestin asian yhteistyössä Oy Linde Gas Ab:n edustajan kanssa. Yhteistyössä viimeistelimme käyttäjäkoulutukseen tekemäni Powerpoint-esityksen. Koulutuksessa kerroin kiinteistöön asennetun putkiston rakenteen, huoltosulkujen ja nousujen sijainnit, anestesiakaasupoistoputkiston rakenteen, kaasujen säilytyksestä sekä kojeiden sijainneista. Linde Gasin edustaja kertoi heidän toimittamistaan painevahdeista, pikasulkukoteloista, kaasunotto pisteitä, kaasukeskuksista ja vakauttamissäätimistä sekä anestesiakaasunpoisto puhallinyksiköistä. Käyttäjäkoulutuksessa järjestettiin kierros kiinteistössä, jossa kojeet ja laitteet esiteltiin fyysisesti paikan päällä. Tilaajan edustukselta koulutuksesta saamamme palaute oli positiivinen ja mielestäni onnistuimme siinä erinomaisesti.

9 POHDINTA

Opinnäytetyössä tarkoituksena oli kertoa sairaalakaasujen asennustekniikasta, järjestelmään kuuluvista kojeista ja perustasolla sairaalakaasuista. Työssä avataan lukijalle sairaalakaasujärjestelmän rakenne, kerrotaan asennuksen eri työvaiheista ja järjestelmälle tehtävistä mittauksista sekä tarkastuksista. Opinnäytetyö on LVI-järjestelmänä harvinaisemman aiheen teorian ja ohjeistuksen soveltaminen käytännön toteutukseen sekä sen haasteisiin.

Opinnäytetyön perustana oleva uudiskohde luovutettiin tilaajalle alkuperäisen aikataulun mukaisesti. Sairaalakaasujärjestelmän osalta kiinteistön luovutus tehtiin ilman puutosmerkintöjä. Tilaa-ajan pyynnöstä pieniä lisäyksiä toteutettiin luovutuksen jälkeen instrumentti-ilmaan liitettävien laitteiden osalla yksittäisissä tiloissa. Tätä mielestäni voidaan pitää yhtenä tärkeänä mittarina työn toteutusvaiheen onnistumisesta.

Kirjallisen osuuden tuottamisen toteutin työmaan ensimmäisen vaiheen luovutuksen jälkeen. Samalla tutustuin muihin opinnäytetyössäni käyttämiini lähteisiin. Aikataulullisesti samanaikainen toteuttaminen töiden ohella osoittautui mahdottomaksi. Vuorokaudessa käytettävät tunnit ovat rajallisia ja työpäivät työmaatoimistolla venyivät poikkeuksetta yli 10-tuntisiksi.

Aiheena sairaalakaasujärjestelmä on todella laaja käsitellä ja pelkästään siihen liittyvistä määräyksistä ja ohjeista olisi mahdollista kertoa useita kymmeniä sivuja. Näissä olisi potentiaalia seuraavan aiheesta kiinnostuneen jatkaa enemmän teoriapainotteista tutkimistyötä.

10 LÄHTEET

1. Sairaalakaasujärjestelmien suunnittelu-, asennus- ja huolto-ohje. 2014.
Suomen Sairaalatekniikan yhdistys ry. Saataavissa:
http://ssty.fi/lvi-jaos/files/2014/04/Sairaalakaasu_WEB.pdf. Hakupäivä 1.3.2020
2. Kaasunjakelujärjestelmät / Tuotetiedotekokoelma. 2016.
Oy Linde Gas Ab Saataavissa:
https://www.linde-healthcare.fi/fi/images/Kaasunjakelu%C3%A4rjestelm%C3%A4%20-%20tulostettava%20versio%20-ver3_tcm633-245257.pdf. Hakupäivä 3.3.2020
3. Hapen turvallinen varastointi ja säilytys. 2003.
Turvatekniikan keskus. Saataavissa:
<https://tukes.fi/documents/5470659/6410029/Hapen+turvallinen+k%C3%A4sittely+ja+varastointi/6112a5b2-42b3-4a75-8017-1052e10d86bd/Hapen+turvallinen+k%C3%A4sittely+ja+varastointi.pdf?version=1.2>.
Hakupäivä 4.3.2020
4. Adsorptiokuivaus. 2016. Wikipedia Saataavissa:
<https://fi.wikipedia.org/wiki/Adsorptiokuivaus>. Hakupäivä 6.3.2020
5. Sanasto biokaasuista. 2014.
Pro Agria Pohjois-Karjala Saataavissa:
https://www.proagria.fi/sites/default/files/attachment/lbk_tietokortti_6.pdf.
Hakupäivä 9.3.2020
6. Kauppa- ja teollisuusministeriön päätös painelaitteista. 1999.
Finlex Saataavissa
<https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/1999/19990938>. Hakupäivä 10.3.2020

7. Putken kannakointi
Cupori Oy
<http://www.faktaomkoppar.se/kupariputkien-asennus/asennus-asennusopas/kupariputken-kannakointi>
Saatavissa:
Hakupäivä 10.3.2020
8. OVA-ohje: TYPPI. 2017.
Työterveyslaitos
<https://www.ttl.fi/ova/typpi.pdf>
Saatavissa:
Hakupäivä 18.3.2020
9. Tärkeää tietoa kaasun käytöstä sairaalassa. 2015.
Oy AGA Ab
https://www.lindehealthcare.fi/fi/images/Important%20information%20about%20use%20of%20gases%20in%20hospitals.%20Finnish%20version_tcm633-177744.pdf
Saatavissa:
Hakupäivä 27.3.2020
10. OVA-ohje: HIILIDIOKSIDI. 2017.
Työterveyslaitos
<https://www.ttl.fi/ova/hiilidioksidi.html>
Saatavissa:
Hakupäivä 28.3.2020
11. Donaldson ultrafilter suodatinyksikkö. 2011. Käyttöohje
12. Antero Aittomäki, Kylmäteknikka. 4. painos. Kustannuspaikka: Suomen kylmäyhdistys ry.
13. Medicop smartlet. 2013. Installation manual.
14. Tangit-tuotteet. 2003. Tekninen tiedote.

Testauslomakkeet

Sairaaln _____ SAIRAALA Alueen tunnus SYÄNYTYSOHASTO

Seuraavat sairaalakaasuputkiston kaasunotto pisteet on testattu.

Määritelty virtaus 40 l/min. Määritelty paineen muutos 10 %

Huoneen tai tilan tunnistustiedot	Kaasunotto-pisteen tunnistetiedot	Virtaus		Paineen muutos		Mekaaninen toiminta		Tunnistus ja kaasukohtaisuus		Hiukkaskontaminaatio	
		Hyväksytyt/ Hylätyt	Hyväksytyt/ Hylätyt	Hyväksytyt/ Hylätyt	Hyväksytyt/ Hylätyt	Hyväksytyt/ Hylätyt	Hyväksytyt/ Hylätyt	Hyväksytyt/ Hylätyt	Hyväksytyt/ Hylätyt	Hyväksytyt/ Hylätyt	
FJ.084	02	<	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	10	>	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	11	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
FJ.036	02	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	10	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	11	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x

Käytetty mittausinstrumentti

Happipitoisuusmittari Maxo2, virtausmittari kytola E4K-KF02
 Hiukkasmuodasta intersurgical, painemittari Digison 2026P

Valmistajan edustaja

 Asema _____ asentaja
 Pvm _____

 Allekirjoitus _____
 Nimi _____

Valtuutettu henkilö

 Asema _____ LVI-Työnjohtaja
 Pvm _____

 Allekirjoitus _____
 Nimi _____ Mauri Holman