

Ammattikorkeakoulututkinnon opinnäytetyö

Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka

2019

Matias Sirén

YLEISKATSAUS PUHDASTILARAKENTAMISEEN

– Case Radiometer Turku Oy

OPINNÄYTETYÖ AMK | TIIVISTELMÄ

TURUN AMMATTIKORKEAKOULU

Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka

2019 | 32 sivua, 4 liitesivua

Matias Sirén

YLEISKATSAUS PUHDASTILARAKENTAMISEEN

– Case Radiometer Turku Oy

Opinnäytetyön tarkoituksena on luoda yleiskatsaus puhdastilojen rakentamiseen, työvaiheisiin ja materiaalitekniikkaan. Työssä myös pohjustetaan tarvetta puhdastilojen rakentamiselle. Opinnäytetyön päätavoitteena on lisätä yleistä tietoa puhdastilojen rakentamisesta toimeksiantajan käyttöön.

Puhdastiloissa pyritään minimoimaan ilmassa olevien hiukkasten määrä ja tätä tekniikkaa käytetään hyödyksi elintarvike-, lääke- ja elektroniikkateollisuudessa. Puhdastilojen rakentamisen tarve ja vaatimukset muuttuvat jatkuvasti teknologian kehittyessä. Tässä opinnäytetyössä tarkastellaan puhdastilojen suunnittelua, rakennusvaihetta, yleisiä luokittelutapoja ja tarvetta.

Opinnäytetyössä tarkastellaan myös saneerauskohtetta Radiometer Turku Oy:ssä, jossa rakennettiin 500 m² uutta tuotantotilaa. Radiometer Turku Oy on osa Radiometer konsernia, joka kehittää, tuottaa ja markkinoi monia eri ratkaisuja verinäytteiden ja verikaasujen analysointiin ja tutkimiseen. Kohtetta tarkastellaan rakennusurakoitsijan näkökulmasta.

Opinnäytetyön tuloksia tullaan hyödyntämään toimeksiantajan tulevissa puhdastilahankkeissa. Opinnäytetyöllä voi tehokkaasti lisätä työntekijän perustietämystä puhdastiloista. Tätä voidaan myös käyttää pohjana puhdastilatyoimaiden uusien työntekijöiden perehdytyksessä.

ASIASANAT:

puhdastilarakentaminen, korjausrakentaminen, standardiluokitus, puhdastilatyyppit

BACHELOR'S THESIS | ABSTRACT

TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Degree programme Construction and Civil Engineering

2019 | 32 pages, 4 pages in appendices

Matias Sirén

AN OVERVIEW OF CLEANROOM CONSTRUCTION

– Case Radiometer Turku Oy

The purpose of this thesis was to provide an overview of cleanroom construction, the working phases and the materials used in cleanrooms. The thesis also underlays the need for the construction of cleanrooms. The main objective of the thesis was to provide general information of cleanrooms for the use of the commissioner.

The information regarding cleanroom construction is important to maintain updated, because the need and requirements for cleanrooms alter continuously as technology improves. In the theoretical framework, the planning and construction phase, commonly used cleanroom standards and the need for cleanrooms are described.

In the thesis, case Radiometer Turku Oy where 500 m² of new cleanroom area was built, is examined. Radiometer Turku Oy is a part of Radiometer corporation, which develops, manufactures and markets many different solutions for the analyzing and studying of blood samples and blood gases. The case was examined from the point of view of the contractor.

KEYWORDS:

cleanroom construction, renovation, classification standards, types of cleanrooms

SISÄLTÖ

1 JOHDANTO	6
2 YLEISTÄ PUHDASTILOISTA	7
2.1 Standardit	7
2.2 Puhdastilatyyppit	8
2.2.1 Turbulenttinen puhdastila	9
2.2.2 Laminaariset puhdastilat	10
2.3 Puhdastilojen käyttötarkoitus	10
2.3.1 Elektroniikkateollisuus	11
2.3.2 Elintarviketeollisuus	11
2.3.3 Lääketeollisuus	12
3 PUHDASTILAN SUUNNITTELU JA RAKENTAMINEN	13
3.1 Puhdastilojen suunnittelu	13
3.1.1 Arkkitehti- ja rakennesuunnittelu	13
3.1.2 Talotekniikan suunnittelu	15
3.2 Puhdastilojen materiaalitekniikka ja rakentaminen	15
3.2.1 Lattian pintamateriaalit	15
3.2.2 Seinien pintamateriaalit	16
3.2.3 Kattomateriaalit	19
3.2.4 Tilavarusteet	21
3.2.5 Puhtausluokitus	22
4 TUOTANTOTILA RAKENNUSKOHTENA	23
4.1 Kohteen rakenteet, materiaalit ja suunnittelu	24
4.1.1 Rakennetyypit	25
4.1.2 Lattia ja kattomateriaalit	26
4.1.3 Tilavarusteet	27
4.2 Rakennusvaiheen toteutus	29
5 POHDINTAA	31
LÄHTEET	32

LIITTEET

Liite 1. Rakennetyypit.

KUVAT

Kuva 1. Vasemmalla puolella esimerkki laminaarisesta virtauksesta. Oikealla puolella esimerkki turbulenttisesta virtauksesta.	9
Kuva 2. Esimerkki pohjakuva puhdastilan paine-eroista.	14
Kuva 3. Puhdastilaelementtijärjestelmä.	18
Kuva 4. Puhdastilaelementin kattoripustusmalli.	20
Kuva 5. Ecophon Hygiene Protec A havainnekuva.	20
Kuva 6. Läpianтокаaappi.	21
Kuva 7. Pohjakuva kohteesta, johon merkattu vaiheet.	24
Kuva 8. Puhdastiloja palvelevaa ilmastointikanavaa.	25
Kuva 9. Alakattojärjestelmä	27
Kuva 10. Puhdastilan tilavarusteita.	28
Kuva 11. Välivarastointiin tarkoitettu kylmiö.	28
Kuva 12. Tuotantotilojen ja työmaan väliset suojaseinät.	30
Kuva 13. Valmista puhdastilaa.	30

TAULUKOT

Taulukko 1. Standardiluokitus ilman partikkelien konsentraation mukaan.	7
Taulukko 2. Puhdastilojen käyttöesimerkkejä tuotannossa.	11

1 JOHDANTO

Opinnäytetyön tarkoitus on luoda yleiskatsaus puhdastilojen rakentamiseen ja työvaiheisiin sekä materiaalitekniikkaan. Lisäksi pohjustetaan syitä puhdastilojen rakentamisen tarpeelle. Opinnäytetyön tilaajana toimii Aspro Oy ja opinnäytetyön tavoitteena on lisätä tietoa puhdastiloista yrityksen käyttöön.

Puhdastilojen rakentaminen on kasvussa. Uutta teknologiaa kehittyy koko ajan, jonka tuotantoprosessissa joko ilman hiukkaset tai mikrobit saattavat aiheuttaa tuotteille suurta haittaa. Puhdastilat toimivat tuotantolaitoksissa tiloina, joissa voidaan valmistaa kontaminaatiolle eli saastumiselle hyvin herkkiä tuotteita, esimerkiksi pienelektroniikkaa tai lääkkeitä. Suurimmat teollisuuden alueet, jotka käyttävät puhdastiloja, ovat elektroniikkateollisuus, lääketeollisuus ja elintarviketeollisuus. (Whyte 2010, 2–6.)

Opinnäytetyössä tutkitaan rakentamisen haasteita, jotka johtuvat usein rakennusympäristöistä ja viimeistelyn korkeasta vaatimustasosta. Puhdastiloja voidaan rakentaa uudistai korjausrakentamisen kohteisiin. Opinnäytetyössä tarkastellaan case-kohdetta, jossa nykyisen tuotantolaitoksen sisälle rakennetaan uusi puhdastila. Tällaisissa kohteissa rakentaminen ja pölynhallinta muuttuvat haasteelliseksi.

Työn tilaajana toimii Rakennustoimisto Aspro Oy. Aspro Oy on 1999 perustettu rakennusliike, joka toimii Turussa ja sen ympäryskunnissa. Aspro tuottaa uudis- ja saneerausrakentamisen palveluita. Pääpalvelut Asprolla ovat putkistosaneeraukset, toimistosaneeraukset, teollisuuden uudisrakentaminen, teollisuuden saneerausrakentaminen, liiketilasaneeraukset ja muutostyöt. (Aspro 2019.)

2 YLEISTÄ PUHDASTILOISTA

”Puhdastila on huone, jonka ilman hiukkaspitoisuus on luokiteltu, jonka hiukkaspitoisuutta valvotaan ja joka on suunniteltu ja rakennettu siten ja jota käytetään sellaisella tavalla, että hiukkasten pääsy, kerääntyminen ja säilyminen huoneen sisällä on valvottua.” (ISO 14644-1:2015.)

2.1 Standardit

Puhdastiloilla on yleisesti käytössä kolme eri luokitustapaa. Kansainväliset ISO-standardit (ISO 14644-1:2015), Yhdysvaltojen Federal Standard 209 ja lääketeollisuuden puhdastilastandardit. Standardien mittaustavat poikkeavat toisistaan vain lievästi. (Whyte 2010, 28–33.)

Puhdastiloille määritetään suunnitteluvaiheessa tarvittava standardiluokitus. Standardiluokituksen määrittää tilassa valmistettavan tuotteen vaatimukset. Yleisesti elektronikkateollisuuden luokitukset ovat korkeimmat. (Whyte 2010, 3–5.)

Luokitus perustuu taulukkoon 1. Taulukosta voidaan lukea ISO-luokitus partikkelien koon määräästä kuutiota ilmaa kohden. Esimerkiksi ISO-luokan 4 vaatimuksen mukaisesti ilmakeuutiossa ei saa olla yli 10 000 alle 0,1µm:n kokoista partikkelia.

Taulukko 1. Standardiluokitus ilman partikkelien konsentraation mukaan (ISO 14644-1, muokattu).

ISO Luokitus numero	≥0,1µm	≥0,2µm	≥0,3µm	≥0,5µm	≥1µm	≥5µm
ISO Luokka 1	10	2				
ISO Luokka 2	100	24	10	4		
ISO Luokka 3	1000	237	102	35	8	
ISO Luokka 4	10000	2370	1020	352	83	
ISO Luokka 5	100000	23700	10200	3520	832	29
ISO Luokka 6	1000000	237000	102000	35200	8320	293
ISO Luokka 7				352000	83200	2930
ISO Luokka 8				3520000	832000	29300
ISO Luokka 9				35200000	8320000	293000

Puhdastilaluokituksen arvo voidaan määrittää rakentamisen ja käyttöönoton aikana kolmessa eri vaiheessa (Whyte 2010, 32):

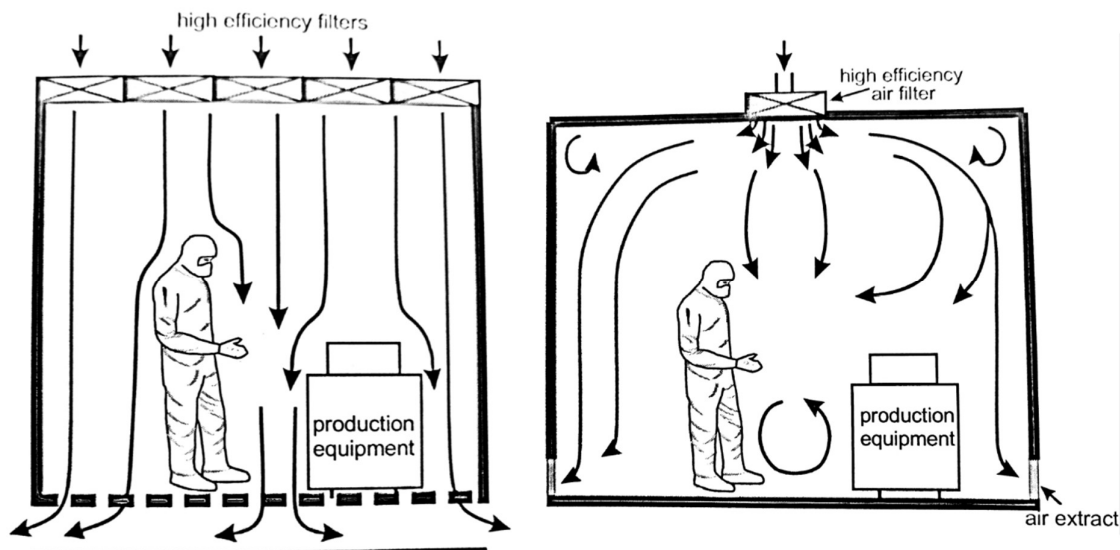
- ennen tuotannon aloittamista, jolloin tilan luokitus mitataan ennen laitteiston tai työntekijöiden saapumista tilaan
- lepotilassa, jolloin kaikki laitteisto on asennettu ja käynnistetty ilman työntekijöitä tilassa
- käyttötilassa, jolloin tila on täysin käytössä tarkoitettusti.

ISO 14644-1:2015 -standardi selvittää tarkemmin puhdastilaluokituksen määrittämisen. Standardit määrittävät, kuinka paljon testauskertoja tulee tehdä, paljonko ilmaa kierrätetään testauslaitteiston läpi ja miten tuloksia analysoidaan ja raportoidaan. (Whyte 2010, 32.)

2.2 Puhdastilatyytit

Puhdastilatyyppinä on kahta erilaista. Ilmanvaihdolla luodaan joko turbulenttisia tai laminaarisia virtauksia. Ero näillä on se, että laminaarisessa virtauksessa ilmavirta luodaan suoraan ylhäältä alas, kun taas turbulenttisessa puhdastilassa ilmavirta luo pyörteitä ilmaan (kuva 1). Ilman suunta on kuitenkin aina ylhäältä alas ja ilmanvaihdon poistoventtiilit ovat lattian rajassa. (Whyte 2010 6–8.)

Puhdastilojen toimivuudelle kriittisintä on riittävän tehokkaat ilmansuodattimet. Tiloihin tuotavan ilman täytyy olla täysin puhdasta. Siksi ilma puhalletaan joko HEPA (High Efficiency Particulate Air) suodattimien tai ULPA (Ultra Low Penetration Air) suodattimien läpi. HEPA-suodatin suodattaa ilman partikkeleista 99,97%, kun taas ULPA-suodattimet pystyvät suodattamaan jopa 99,999% ilman partikkeleista. Puhdastilojen suodattimien valinta riippuu täysin taulukon 1 mukaisesta puhdastilaluokituksesta. Paremmat puhtausluokat vaativat tehokkaampia suodattimia. (Whyte 2010, 117–118.)



Kuva 1. Vasemmalla puolella esimerkki laminaarisesta virtauksesta. Oikealla puolella esimerkki turbulenttisesta virtauksesta. (Whyte 2010, 6–7.)

2.2.1 Turbulenttinen puhdistila

Turbulenttiset puhdistilat ovat suoraan verrattavissa tavallisiin ilmastoituihin tiloihin muutamilla muutoksilla (Whyte 2010, 59):

- ilman vaihtuvuuden määrä on paljon suurempi
- HEPA/ULPA-suodattimet poistavat tuloilmasta lähes kaikki partikkelit, jolloin tuloilma on hyvin puhdasta
- ilman liikkuvuus on suunniteltua siten, että kriittisimmillä prosessin alueilla ilma vaihtuu tehokkaasti esim. tuloilman hajottajien sijoittelulla
- puhdistila on paineistettu suhteessa ympäröiviin tiloihin, jotta mahdollisten ilmavuo-
tojen suunta on ulospäin puhtaasta tilasta (jos tilassa on myrkyllisiä tuotteita, paine on negatiivinen, jotta myrkyt eivät pääse leviämään huoneesta pois).

Suodattimien läpi tuleva ilma kulkee katossa olevien hajottajien läpi tilaan ja sekoittuu ympäröivään tilaan. Turbulenttisessa puhdistilassa ilman liikkuminen voidaan arvioida hajottajien sijoittelulla, mutta ilman liikkuminen on silti sattumanvaraista. (Whyte 2010, 66.) Turbulenttisessa puhdistilassa ilman vaihtuvuuden määrä riippuu täysin puhdistilaluokituksista, mutta tyypillisesti ilma vaihtuu huoneessa 10–100 kertaa tunnissa (vrt. tavallisessa huoneessa 2–10 kertaa tunnissa). Korkean ilmanvaihtuvuuden määrän vuoksi ilmassa olevat partikkelit sekoittuvat täysin puhtaan ilman kanssa, jolloin

partikkelien konsentraatio ilmassa pienenee. (Whyte 2010, 57–60.) Turbulenttisen puhdastilan standardiluokitus on enintään ISO-6 (Whyte 2010, 75).

2.2.2 Laminaariset puhdastilat

Laminaarisia puhdastiloja käytetään silloin, kun vaaditaan ilman erittäin vähäistä partikkelikonsentraatiota tai silloin, kun mikrobien määrän tulee olla hyvin pieni. Laminaarinen ilmanvirtaus tarkoittaa ilman kulkua yhteen suuntaan. Ilma voi kulkea joko katosta lattiaan tai seinältä toiselle. Esimerkiksi kuvan 1 tapauksessa, koko katto on täynnä HEPA-suodattimia, joiden läpi ilma puhalletaan tilaan yhdensuuntaisesti. Tämä luo tilaan yhdensuuntaisen ilmavirtauksen, joka poistaa ilman epäpuhtaudet tilan alapinnassa olevien poistoilmaventtiilien kautta. Kuvan 1 tapauksessa lattia on teräsritilästä valmistettu, ja ilma poistetaan takaisin ilmanvaihtokoneelle vasta valelattian alapuolella. (Whyte 2010, 75–77.)

Laminaarisissa puhdastiloissa ilmavirtaus on usein 0,3–0,5 m/s. Ilmanvirtauksen määrä on suuri, sillä tilassa liikkuvat ihmiset luovat hetkellisiä virtauksia tilaan, jotka saattavat häiritä ilmanvirtauksen yhdensuuntaisuutta. Suuri ilmanvirtauksen nopeus palauttaa tilan yhdensuuntaiseksi lähes välittömästi. Laminaarisia puhdastiloja käytetään, kun tilan vaatimustaso on suurempi kuin ISO-6. (Whyte 2010, 75–77.)

2.3 Puhdastilojen käyttötarkoitus

Puhdastilojen käyttötarkoitus vaihtelee tilassa tapahtuvan tuotannon mukaan. Taulukossa 2 nähdään esimerkkejä tuotteista, joiden tuotannossa puhdastiloja käytetään. Taulukko on jaettu kahteen osaan, joista ylempien haittana on pääasiassa mikroskooppiset pölyhiukkaset ja alempien haittana mikrobit sekä tuotteiden kontaminoituminen. (Whyte 2010, 2–5.)

Taulukko 2. Puhdastilojen käyttöesimerkkejä tuotannossa (Whyte 2010, 3, muokattu).

Teollisuus	Tuotteita
Elektroniikka	Tietokoneet, näytöt, yms.
Mikromekaniikka	Pienet mekaaniset osat, esim. kelloissa
Optiset laitteet	Linssit, kamerat yms.
Nanoteknologia	Tietokoneen osat yms.
Bioteknologia	Antibiootit yms.
Lääketeollisuus	Steriilit lääketuotteet
Lääketiede	Katetrit, elinten keinotekoiset osat yms.
Elintarviketeollisuus	Kylmiöt, erilaisten tuotteiden käsittely

2.3.1 Elektroniikkateollisuus

Elektroniikkateollisuudelle pienhiukkaset ovat suuri riski. Pienet pölyhiukkaset voivat valmistusvaiheessa suuresti vahingoittaa herkkiä virtapiirejä, näyttöjen paneeleja, optisia sensoreita yms. ja pienentää niiden käyttöikä. (Whyte 2010, 4–5)

Elektroniikkateollisuuden puhdastiloissa myös materiaalien sähkönjohtavuus on suunniteltava. Staattisen hankaussähkön luomat pienet jännitepurkaukset voivat aiheuttaa uusissa virtapiireissä oikosulun ja tehdä niistä käyttökelvottomia. Tästä syystä kaikkien rakenteiden maadoitus on suuressa osassa puhdastilas suunnittelua ja toteutusta. (Whyte 2010, 104–105.)

2.3.2 Elintarviketeollisuus

Elintarviketeollisuudessa käytetään puhdastiloja elintarvikkeille, jotka nautitaan ilman kuumennusta. Puhdastiloja tarvitaan myös prosesseissa, joissa ei tapahdu kuumennuskäsittelyä tuotteen rakenteen muutosten takia. Elintarviketeollisuutta haittaavia kontaminaatioita ovat bakteerit, hiiva- ja homeitiöt. Elintarviketeollisuudelle ei ole voimassa olevia ohjeistuksia prosessitilojen puhtausluokitukselle, minkä takia elintarviketuotannossa voidaan noudattaa alempia puhtausluokituksia kuin mitä esimerkiksi lääketieteessä. (Salo 2008.)

2.3.3 Lääketeollisuus

Lääketeollisuus ja sairaalat tarvitsevat puhdastiloja, joissa ilmassa olevien mikrobien määrä on mahdollisimman pieni. Leikkaussaleissa tai lääketuotannossa olevat mikrobit pääsisivät valmistettavien tuotteiden kautta ihmiskehoon. Tämä voisi aiheuttaa hoidettavalle ihmiselle erilaisia infektioita. (Whyte 2010, 5). Lääketeollisuudessa tuotteiden kontaminaatio voi johtaa suurten lääke-erien poistamiseen markkinoilta, mikä aiheuttaa suuria tappioita lääkkeiden tuottajalle sekä vaaraa lääke-erien käyttäjille.

3 PUHDASTILAN SUUNNITTELU JA RAKENTAMINEN

Puhdastilan rakentamisessa tärkeintä on korkeat laatustandardit. Puhdastilojen pintamateriaalien sekä valmistusmenetelmien tulee olla tarkasti valittuja. Seuraavaksi on lisätty syitä erilaisille vaadituille ominaisuuksille (Whyte 2010, 103.):

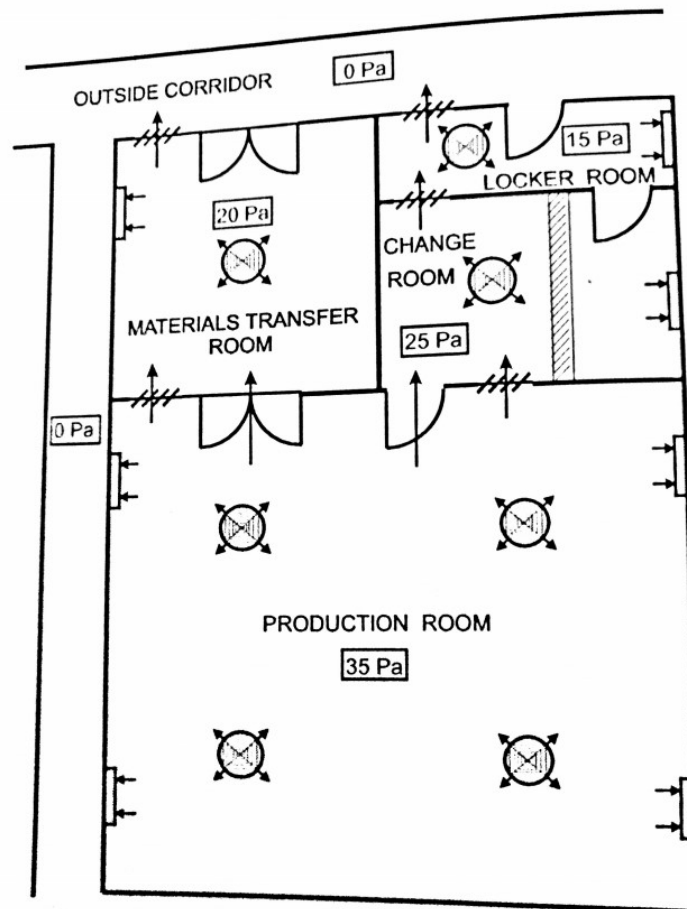
- kaikkien rakenteiden täytyy olla täysin ilmatiiviit, jotta ne kestävät paine-eroja
- tilojen sisäpuolisten materiaalien sekä kiinnikkeiden tulee olla sileitä ja tasaisia siivouksen helpottamiseksi
- tilojen sisäpuolisten materiaalien tulee olla kestäviä, jotta ne eivät halkeile, lohkeile tai murre iskujen seurauksena
- tilojen sisäpuolisten materiaalien täytyy kestää tuotannossa käytettäviä kemikaaleja, voimakkaita siivoustuotteita, desinfioivia aineita sekä vettä
- puhdastiloissa voidaan käyttää antistaattisia materiaaleja käytettäväksi, jos tilan käyttö sitä vaatii
- puhdastiloissa käytettävien tuotteiden, kuten liimojen, tiivisteiden yms. täytyy olla päästöluokituksestaan tiloihin sopivia.

3.1 Puhdastilojen suunnittelu

Puhdastilojen suunnittelu etenee tilaajan tarpeiden mukaan. Tilat täytyy suunnitella prosesseille sopiviksi ja tuotettavien tuotteiden vaatimusten mukaisiksi. (Cole 1998, 72–73.)

3.1.1 Arkkitehti- ja rakennesuunnittelu

Arkkitehti- ja rakennesuunnittelulle tilojen toiminta, oikeat rakennusmateriaalit ja tilavarusteet ovat tärkeitä (Whyte 2010, 70–71). Puhdastilojen suunnittelussa kriittistä on se, ettei kontaminoitunut ilma pääse vähemmän puhtaasta tilasta puhtaaseen tilaan. Tästä syystä tilat ovat aina paineistetut viereisiin tiloihin verrattuna. Yleinen paine-ero kahden puhdastilan välillä on 10–15 pascalia. Puhdastilan ja tavallisen huonetilan välillä paine-ero usein jopa 35 pascalia. Tästä syystä materiaalien viimeistely, ja elementtien saumojen tiivistys on erityisen tärkeää. Puhdastilojen tiiveys testataankin aina valmistumisen yhteydessä. Kuvassa 2 on esimerkki tilasta, jossa on suunniteltu tilojen väliset paineerot. (Whyte 2010, 68–71.)



Kuva 2. Esimerkki pohjakuva puhdistilan paine-eroista (Whyte 2010, 70).

Lisäksi arkkitehdin on suunniteltava tilojen oikeaoppinen käyttö. Kuten kuvasta 2 näkyy, tuotantotilaan ei päästä suoraan käytävän kautta kulkemaan, vaan ihmisten kulku tapahtuu pukuhuoneiden kautta ja materiaalin kulkeminen tapahtuu erillisen materiaalisulun kautta. Pukuhuoneissa pukeudutaan tilan mukaisiin suojavarusteisiin, joilla minimoidaan ihmisten aiheuttama kontaminaatio. (Whyte 2010, 69–70.)

Rakennesuunnittelulle kohdistuu tehtäväksi puhdistilaelementtien teräsrungon suunnitteleminen sekä mahdollisten konehuoneiden suunnittelu ja erityislaitteiden tuentaratkaisut.

3.1.2 Talotekniikan suunnittelu

Talotekniikan vaatimukset ovat tilaajan tarpeista riippuvaisia. Tässä luvussa on listattuna tavallisen puhdastilan talotekniset tarpeet (Cole 1998, 47):

- lämmitys, tehokas ilmanvaihto, tuuletus
- lämmin- ja kylmävesi
- sähköasennukset
- paineilma
- puhdasvesilinja.

3.2 Puhdastilojen materiaalitekniikka ja rakentaminen

Puhdastilojen rakentaminen on pitkälti vastaavaa kuin tavallisten tilojen rakentaminen. Lattiapinnat, väliseinät ja kattorakenteet voidaan tehdä täysin tavallisista rakennusmateriaaleista. Tilojen viimeistely, pintamateriaalit ja puhtauden ylläpitäminen luovat puhdastilojen rakentamiselle haasteita. Tiloissa käytettävillä pintamateriaaleilla ja viimeistelymateriaaleilla on useita vaatimuksia. (Cole 1998, 87.)

Sisäpuolisia materiaaleja valitessa tulee ottaa huomioon tilan tarpeet. Puhdastilojen pintamateriaalien tulee olla mahdollisimman tasaisia ja helposti siivottavia. Tässä kappaleessa tarkastellaan eri pintojen vaatimuksia ja listataan muutama vaihtoehto käytettävistä tuotteista sekä tuotteiden ominaisuuksista. (Cole 1998, 87.)

3.2.1 Lattian pintamateriaalit

Suurin osa kontaminaatioista päätyy lattiapinnoille. Lattiamateriaali, joka sallii partikkelien täydellisen poistamisen, on ensiarvoisen tärkeä asia puhdastiloissa. (Flooring & Vinyl Flooring 2019.)

Lattioiden pintamateriaalien tulee olla hyvin kestäviä. Erityishuomiota tulee kiinnittää tuotannossa käytettäviin kemikaaleihin. Lattiarakenteen täytyy kestää hyvin syövyttäviä aineita, joita voi olla käytössä eri tuotantoprosesseissa. Vahvat siivousaineet ja siivottaessa tehtävä hankaus kuluttaa myös lattiamateriaalien pintaa. Lattiamateriaalin pinnan

tulee kuitenkin kestää kaikkea tätä, sillä pinnan rikkoutuessa lattiasta saattaa tulla oiva elintila mikrobeille. (Whyte 2010, 104–105.)

Puhdastilojen lattiamateriaaleja valmistetaan myös hankaussähköä vastustavista materiaaleista. Hankaussähkö aiheuttaa ongelmia puhdastiloissa, koska se saa pinnan vetämään ilman partikkeleita puoleensa. Tämä saattaa luoda alueita, joissa puhdastilaluokitusta ei hetkellisesti täytetä. Tärkeimpinä ominaisuuksina lattiamateriaaleilla on kuitenkin lujuus ja tasaisuus. (Whyte 2010, 105.)

Alla muutama esimerkki puhdastilan lattiamateriaaleista (Cole 1998, 87):

- Epoksihartsit. Epoksihartsit on lattiapinnalle levitettävä materiaali. Epoksihartsin pinta on kova ja kestävä ja se vastustaa kemiallisia reaktioita. Tämä tuote on ominaisuuksiltaan soveltuva puhdastiloihin, jotka eivät vaadi sähkönjohtavia lattioita. Epoksihartsit on myös suurissa tiloissa nopeasti levitettävissä ja edullinen vaihtoehto.
- PVC-matto. PVC-maton etuja ovat helppo puhdistus, kemikaalien kestävyys ja nopea asennus. Mattojen saumat tulee hitsata kiinni, jotta lattiapinnasta tulee täysin yhtenäinen. Maton huonona puoleena on kuitenkin juuri saumakohdat. Jos puhdastilassa kulkee tavaraliikennettä, mattoa ei suositella tilaan.
- Teräsritilät (laminaariset tilat).

Tavallista muovimattoa, jossa saumat on hitsattu, voidaan myös käyttää puhdastilojen lattiamateriaalina vähemmän vaativissa ISO-luokituksissa. Tätä käytetään case-koh-teessa.

3.2.2 Seinien pintamateriaalit

Puhdastiloissa käytettävät seinärakenteet ovat usein vastaavia kuin tavallisten tilojen väliseinärakenteet. Väliseinät voidaan tehdä puu- tai teräsrunkoisina pinnoitetuilla levypinnoilla. Vaativimmat puhdastilaluokitukset vaativat kuitenkin jo hieman erityisempiä rakenteita. (Whyte 2010, 105–106.)

Suosittuja seinämateriaaleja puhdastiloissa ovat puhdastilaelementit. Elementit soveltuvat myös korkeampiin puhtausluokkiin. Puhdastilaelementeissä on sandwich-rakenne, jossa elementtien pinnoissa on 0,5–0,7 millimetrin paksuinen kuumasinkitty tai ruostumattomasta teräksestä tehty teräslevy. Pintalevyt ovat pulverimaalattuja asiakkaan toiveiden mukaisesti. Levyjen välissä on painevaahdotettua polyuretaania. Elementtejä

tehdään 52, 65, 80 ja 100 millimetrin paksuisina. Elementtirakentamisen hyötynä on rakentamisen nopeus. (RT-38692, 2.)

Puhdastilaelementtejä käyttämällä voidaan valmistaa tilat hyvinkin nopeasti, sillä tehtaalta tulevat elementit ovat jo valmiiksi mitoitettuja ja kaikki mahdolliset aukkoaukot on näihin jo sahattu valmiiksi. Lisäksi elementteihin kuuluvat lisävarusteet, kuten ikkunat, ovet ja muut talotekniset ratkaisut ovat erityisesti puhdastiloihin suunniteltuja. Näin valmiista kokonaisuudesta saadaan helposti luotua tasainen ja helposti puhtaana pidettävä pinta. (RT-38692, 1–2.) Elementtien huonona puoleena on se, että samoja elementtejä voi olla haastavaa käyttää uudelleen hyödyksi, jos tilaan halutaan tehdä muutoksia. Kuva 3 esittää mahdollista elementtiratkaisua.



Kuva 3. Puhdastilaelementtijärjestelmä (Hermetel 2015).

Perinteiset rakennusmateriaalit puhdastilojen väliseinärakenteissa ovat myös käyttökelpoisia. Peltirankainen kipsilevyseinä tai muurattu tiiliseinä yms. soveltuvat heikommin luokiteltuihin tiloihin. Kipsilevyn ja tiilen pinta täytyy kuitenkin saada kestäväksi, eikä tavallinen pintakäsittely riitä tähän. Pinta voidaan pinnoittaa erityisillä epoksipohjaisilla maaleilla. Pinnat voidaan myös päällystää pulverimaalatuilla peltilevyillä, mutta tämä on huomattavasti kalliimpi ratkaisu. (Whyte 2010, 104-107.) Hyvänä vaihtoehtona seinät voidaan myös pinnoittaa Telon-muovipinnoitteella. Yksiväristä Telon-pinnoitetta käytetään seinäpinnoitteena laboratorioissa ja puhdastiloissa. Suojapinnoitteena se toimii mm. ovissa, ikkunalaudoissa, kalusteissa ja seinissä. (Märkätilojen päällysteet 2019.)

3.2.3 Kattomateriaalit

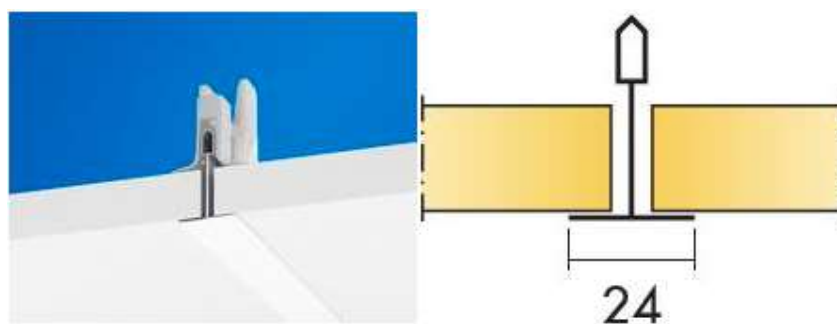
Kattorakenteet ovat puhdastiloissa lähes poikkeuksetta alas laskettuja kevyitä kattorakenteita. Tämä johtuu siitä, että alakaton yläpuolelle on jätettävä tilaa talotekniikan asennuksia varten. Puhdastilojen suuren ilmanvaihtomäärän vuoksi alakaton yläpuolella kulkee paikoittain suuriakin ilmanvaihtokanavia. (Whyte 2010, 110.)

Kattomateriaalit voidaan tehdä vastaavista vaihtoehdoista kuin seinärakenteetkin. Puhdastilaelementtivalmistajilla on olemassa kattoelementtejä, jotka ovat täysin samanlaisia rakenteeltaan kuin seinäelementit. Elementit kannatetaan kattoripustimilla teräsrungosta (kuva 4). Elementtien suunniteltu kantokyky on 150 kg/m². Elementit suunnitellaan tarpeeksi kantaviksi, jotta talotekniikka-asennukset ja huolto voidaan toteuttaa elementtien päällä. (Hermetel 2015.)



Kuva 4. Puhdastilaelementin kattoripustusmalli (Hermetel 2015).

Puhdastiloihin suunniteltuja alaslaskettuja sisäkattojärjestelmiä löytyy myös markkinoilta. Esimerkkinä Ecophon Hygiene Protec A on suunniteltu erityisesti terveydenhuollon tiloihin sekä lääke- ja elektroniikkateollisuuden tiloihin. Järjestelmä on perinteinen T-listakattojärjestelmä ja alakattolevyt ovat pinnoitettua lasivillaa (kuva 5). Levyissä on Akutex HP-pinnoite, joka vastustaa partikkeleita. Kattolevyt kestävät pyyhintää ja desinfiointia. (Ecophon Hygiene Protec A 2019.)



Kuva 5. Ecophon Hygiene Protec A havainnekuva (Ecophon Hygiene Protec A 2019).

3.2.4 Tilavarusteet

Puhdastilojen tilavarusteet, kuten ovet ja ikkunat sekä muut erityistarvikkeet ovat aina puhdastiloihin erityisesti suunniteltuja. Ovien ja ikkunoiden tulee olla hyvin tiiviitä, lähes saumattomia. Ovien avautumissuunta suunnitellaan usein avautumaan puhtaamman tilan suuntaan, jotta tilassa oleva paine tiivistää ovea tämän ollessa kiinni. (Whyte 2010, 109.)

Läpiantokaapit ovat pienen tavaran siirtoon tarkoitettuja ilmastoituja kaappeja. Läpiantokaapin avulla voidaan helposti siirtää tavaraa puhdastilasta toiseen ilman kontaminaatiota. (Hermetel 2015.)



Kuva 6. Läpiantokaappi (Hermetel 2015).

Puhdastilojen varusteina voi olla myös useita erillisiä eristäytyneitä laitteita, joiden sisällä voidaan tehdä prosesseja puhtaammassa luokituksessa kuin ympäröivässä tilassa (Whyte 2010, 87–102). Tässä opinnäytetyössä ei kuitenkaan keskityä eri tuotantoteknisiin vaihtoehtoihin.

3.2.5 Puhtausluokitus

Puhdastilan rakentamisvaiheen aikana vaatimustasona on aina puhtausluokka P1. Puhdastausluokitusta noudattamalla varmistetaan se, että tilat ja rakennusmateriaalit ovat tarpeeksi puhtaat luovutusvaiheessa sekä se, ettei ympäröiviin tiloihin pääse epäpuhtauksia rakentamisesta. (Rakennuskone 2019.)

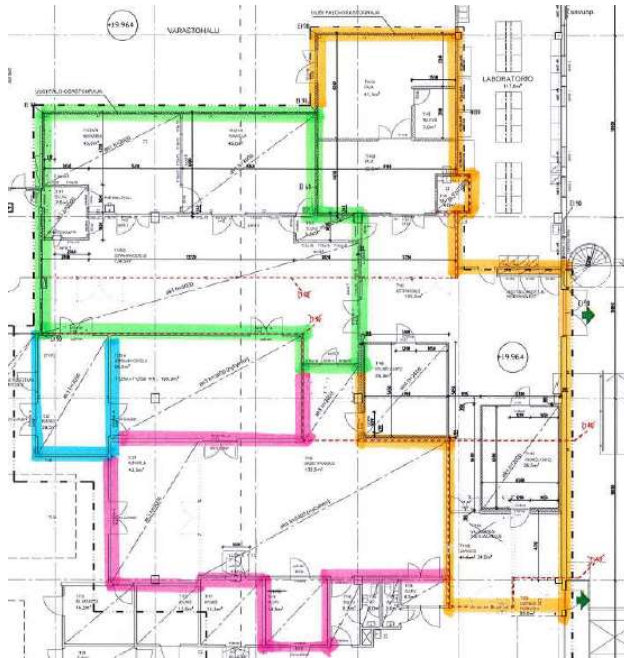
Rakennustöille on yleisesti kaksi puhtausluokkaa P1 ja P2. Puhtausluokassa P1 rakentamiselle asetetaan tiettyjä vaatimuksia materiaalien varastoinnille, pölynhallintamenetelmille, työn aikaiselle siivoukselle ja valmiiden tilojen puhtaudelle. (Rakennuskone 2019.)

4 TUOTANTOTILA RAKENNUSKOHTENA

Opinnäytetyön käytännön kohteena toimii Radiometer Turku Oy:n (jäljempänä RTKU) tuotantotilojen laajennuksen ja muutostöiden rakennus- ja talotekniset työt. RTKU on osa Radiometer-konsernia, joka kehittää, tuottaa ja markkinoi monia eri ratkaisuja verinäytteiden ja verikaasujen analysointiin ja tutkimiseen. Radiometer Medical ApS on aloittanut toimintansa vuonna 1935 Kööpenhaminassa ja toiminut pioneerina verikaasunäytteiden tulkintaan tarkoitettujen ratkaisujen valmistamisessa. Radiometerin tuotteita käytetään yli 130 maassa ja Radiometer konsernilla on tuotanto-, tutkimus- ja kehityslaitoksia Suomen lisäksi Tanskassa, USA:ssa, Sveitsissä, Puolassa ja Intiassa. RTKU kehittää ja valmistaa immunomääritystestikittejä sydän- ja infektiodiagnostiikkaan. (Radiometer Oy 2019.)

Kohteessa tapahtuvan saneeraus ja laajennusurakan oli tarkoitus luoda lisää tuotantotilaa tuotannolle. Työn aikana saneerattiin 500 m² uutta tuotantotilaa. Uutta tuotantotilaa palvelemaan rakennettiin uusi liittolaattaväli pohja ja teräsrakenteinen runko IV-konehuonetta varten.

Urakkakohteen uudisosa tehtiin toimivien tuotantokäytössä olevien tilojen viereen (kuvassa vihreä ja oranssi alue) ja lisäksi tehtiin muutostöitä olemassa olevien tuotantotilojen sisällä (kuvassa sininen ja punainen alue), joten urakka tehdään neljässä vaiheessa:



Kuva 7. Pohjakuva kohteesta, johon on merkitty rakennusvaiheet.

Pohjakuvan värikoodit sekä vaiheistuksen päävaiheet:

- vihreällä on merkitty vaihe 1, jossa rakennetaan uudet puhdastilat, uusi IV-konehuone ja puhdastilojen vaatimat LVIAS-asennukset
- sinisellä on merkitty vaihe 2, jossa laajennetaan nykyistä kuivatilaa
- oranssilla on merkitty vaihe 3, jossa rakennetaan uudet varastointitilat, tekniset tilat ja kylmiöt
- pinkillä on merkitty vaihe 4, jossa tehdään muutoksia nykyisen tuotannon tiloissa.

Rakennusurakka joudutaan jakamaan vaiheisiin, sillä viereisissä tiloissa tuotanto jatkuu mahdollisimman pitkään keskeytyksettä.

Opinnäytetyössä keskitytään kohteen rakennustekniikkaan.

4.1 Kohteen rakenteet, materiaalit ja suunnittelu

Kohteen arkkitehtitoimistona toimii Sigge Arkkitehdit Oy, rakennesuunnittelun on tehnyt Sweco Rakennetekniikka Oy ja LVIAS-suunnittelun on toteuttanut Sweco Talotekniikka

Oy. Kohteen rakennuttajakonsulttina ja rakennusteknisten töiden valvojana toimii Sweco PM Oy.

Rakennuskohteen puhdastilojen vaatimusluokka on ISO-8, koska tilassa tuotettavat tuotteet eivät vaadi korkeampaa luokitusta. Pintarakenteet on valittu vastaamaan tilan vaatimuksia. Vaatimustasonsa ja kustannustehokkuutensa vuoksi puhdastilat on toteutettu turbulentsisella ilmanvaihdolla.



Kuva 8. Puhdastiloja palvelevaa ilmastointikanavaa.

4.1.1 Rakennetyypit

Urakkakohteessa rakennetaan pääasiassa kantamattomia rakenteita. IV-konehuoneen teräsrakenteet ovat kuitenkin kantavia. Kantava teräsrunko tuetaan vanhan pohjalaatan päälle, jonka sallittu hyötykuorma on 15 kN/m^2 . Tämä riittää tukemaan ylle rakennettavan IV-konehuoneen pistekuormat ja jättää alle rakennettavalle tuotantotilalle sallitun pintakuorman 4 kN/m^2 .

IV-konehuoneen välipohja rakennetaan liittolaattana. Liittolaatan paksuus on 100 mm ja liittopeltinä CS48-36-780/1.1. (CS=Composite Sheet, korkeusluokka on 48 mm, laipan

leveys on 36 mm, hyötyleveys on 780 mm ja levyn paksuus on 1,1 mm.) Laatan perusterästyksen on #T8 k150 koko laatan läpi. Lisäterästyksen läpivientien kohdalla laatta tuetaan #T10mm:n harjateräksin. IV-Konehuoneen liittolaatan pintakäsittely tehdään epoksinnoitteella (Liite 1. VP1).

Ensimmäinen rakennettava väliseinätyyppi on 150 mm sandwich-paneeli. Pelti-villa-pelti-elementeistä valmistetaan varastohallin ja tuotantotilojen välinen EI90-väliseinä. PVP-elementtien palo-osastointivaatimukset tehdään elementtivalmistajien ohjeiden mukaisesti (Ruukki Oy). Väliseinän tuenta tapahtuu uuden välipohjan kantavista teräspilareista (Liite 1. VS1).

Muutostöiden yhteydessä rakennetaan myös paja ja tulityötila, jotka eivät ole puhdastiloja. Näiden tilojen väliseinärakenteet tehdään 130 mm:n ohutsaumamuuratusta Kahirunkoponttihakosta. Näiden pintoihin kiinnitetään kipsilevyt, tasoitetaan ja maalataan (Liite 1. VS2).

Puhdastilojen uudet kevyet väliseinät rakennetaan teräsrunkarunkoisina ja erikoiskovalla kipsilevyllä. Rungon yläpäihin tehdään painuman salliva liitos, jotteivät seinät ala kantamaan rakenteita. Tarvittaessa kipsilevyjen alle asennetaan vanerilevyt kiinnitysalustaksi. Pintoihin liimataan Upofloorin Telon-pinnoite, jonka saumat hitsataan muovisella hitsauslangalla (Liite 1. VS3).

4.1.2 Lattia ja kattomateriaalit

Kohteen puhdastilojen lattiamateriaalina käytetään muovimattoa, jonka saumat hitsataan muovisella hitsauslangalla. Muissa kuin puhdastiloissa lattiamateriaalina on kaksikomponenttinen Sikafloor 263 -epoksinnoite. Puhdastiloissa käytetään alakattojärjestelmänä jo aiemmin esiteltyjä Ecophon Hygiene -alakattolevyjä.



Kuva 9. Ecophon Hygiene -alakattojärjestelmä.

4.1.3 Tilavarusteet

Kohteen puhdastilojen uudet ovet ovat alumiiniprofiiliovia, joiden peitelistat ovat poltto-maalattua alumiinia. Väliseinissä olevat ikkunat ovat laminoitua lasia, jotka kiinnitetään alumiinikulmalistoin väliseiniin kiinni. Tiloihin on myös asennettu yksi Hermetel Oy:n valmistama läpiantokaappi, joka vastaa kuvan 6 läpiantokaappia. Puhdastilan varusteita näkyy kuvassa 10.



Kuva 10. Puhdastilan tilavarusteita.

Urakkaan kuuluvana kohteelle on myös asennettu kaksi kylmiötä, jotka toimivat tuotannon välivarastoina. Kylmiöt ovat 20-26 m²:n kokoisia. (Kuva 11.)



Kuva 11. Välivarastointiin tarkoitettu kylmiö.

4.2 Rakennusvaiheen toteutus

Rakentamisen toteutus alkoi 1.10.2018, jolloin työt alkoivat pikaisesti teräsrakenteiden asennuksella. Teräsrakenteiden nopea pystyttäminen oli kriittistä, sillä aikataulun puolesta liittolaatan päälle tulevien ilmanvaihtokoneiden asennusaikataulu oli tiukka. Erikoisuutena liittolaatan valamisessa käytettiin betonimassana Swerockin IK -betonia eli ”itsestään kuivuvaa” betonia. Tätä betonilaatua voidaan käyttää suurta kuivumisnopeutta vaativiin kohteisiin ja se olikin 100 mm:n laatan kanssa jo seitsemässä päivässä riittävän kuiva pinnoitusta varten.

Samaan aikaan alkoi PVP-elementtiseinän (VS1) pystytys. Elementtiseinä oli tärkeää saada pystytettyä nopeasti, jotta työmaa saataisiin jaettua ympäröivästä varastotilasta. Muiden kevyiden väliseinien rakentaminen alkoi myös heti, kun liittolaatan valutuet voitiin poistaa. Tiloja jakavien väliseinien valmistuessa aloitettiin huoneiden pintamateriaalien ja tilavarusteiden asennukset. Talotekniikan asennukset etenivät rakentamisen ohella.

Puhdastilojen rakentamisen ohella tärkeää oli pitää tilat jatkuvasti siisteinä työmaan aikana. Työmaan oli myös oltava jatkuvasti alipaineistettu ja kaikkien tuotantotiloja vasten olevien rakenteiden tarkasti tiivistettyjä. Puhdastiloja rakennettaessa työmaalla oli jatkuva siivous käynnissä.

Suurena haasteena työmaalla oli tarve toimia osittain tuotantotilojen sisäpuolella. Koska tuotantoa haluttiin ylläpitää, työmaa tuli saada eroteltua tuotantotiloista. Tätä varten tehtiin tiiviit suojaseinät, jotta uusien ovien asennukset ja talotekniset asennukset voitiin suorittaa. Näitä toteutettaessa työmaapuolella oli jatkuva alipaineistus. Tällä tavoin saatiin työmaan pölynhallinta myös pidettyä halutulla tasolla. Suojaseinät rakennettiin teräsrunkarungolla, jonka molemmille puolille kiinnitettiin rakennusmuovit tiivistyslistoilla, joiden kiinnitysväli runkoon oli k100. Teräsrunkaan myös liimattiin tiivistenauhaa, jotta seinä- ja lattialiittymät olisivat tiiviit. (Kuva 12.)



Kuva 12. Tuotantotilojen ja työmaan väliset suojaseinät.

Rakennuskohde saatiin valmiiksi 15.4.2019, jolloin tilat luovutettiin tilaajan käyttöön. Tilloissa aloitettiin heti tuotantokoneiston asennustyöt. (Kuva 13.)



Kuva 13. Valmista puhdistilaa.

5 POHDINTAA

Työn toimeksiantajan kanssa käsiteltiin yhdessä opinnäytetyön tarkoitus ja päätavoitteet. Tarkoituksena oli luoda yleiskatsaus puhdastilojen rakentamiseen, työvaiheisiin ja materiaalitekniikkaan sekä pohjustaa puhdastilarakentamisen syitä. Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää kattavasti alan ja aiheen kirjallisuudesta asioita, joita voitaisiin käyttää tiivistetyksi hyödyksi tulevissa yrityksen hankkeissa. Nämä opinnäytetyön tavoitteet saavutettiin.

Opinnäytetyön tekemisen aikana pidin työmaakäyntejä tasaisin väliajoin, jolloin kävimme työmaasta vastaavan insinöörin kanssa työmaakierroksilla ja keskustelimme töiden etenemisestä. Tällöin myös dokumentoin rakentamisvaiheita. Opinnäytetyön työmaaosuus on kirjoitettu käytössä olleiden suunnitelmien sekä työmaalla havainnoitujen asioiden perusteella.

Alan yritysten puhdastilarakentamiseen liittyvä tietämys on hyvä pitää ajan tasalla, koska puhdastilojen rakentaminen on hyvin tarkkaa ja se eroaa vaatimuksiltaan monilta osin normaalitilojen rakentamisesta. Lisäksi puhdastilarakentamisen vaatimukset muuttuvat jatkuvasti teknologian kehittyessä.

LÄHTEET

Aspro 2019. Yritystiedot. Viitattu 28.4.2019 www.aspro.fi/yritys.

Cole, G. 1998. Pharmaceutical Production Facilities, Design and Applications. Toinen painos. Padstow, U.K.: T. J. International Ltd.

Ecophon Hygiene Protec A 2019. Viitattu 28.4.2019 www.ecophon.com/fi/tuotteet/Moduulikat/Hygiene/Hygiene-Protec--A/

Flooring & Vinyl Flooring 2019. Viitattu 15.4.2019 <https://www.innotechprod.com/cleanroom-flooring.html>

Hermetel 2015. Clean Room. Puhdastilojen elementtjärjestelmät. Saatavissa 11.4.2019 https://www.hermetel.fi/wp-content/uploads/2015/12/Hermetel_puhdastilat.pdf

Märkätilojen päällysteet 2019. Viitattu 30.4.2019 <https://www.upofloor.com/fi-FI/markatilojen-paallysteet>

Radiometer Oy, Key facts 2019. Viitattu 30.4.2019 <https://www.radiometer.com/en/about-radiometer/key-facts>

Rakennuskone. Rakennustöiden puhtausluokkaa P1 koskevat ohjeet 2019. Viitattu 18.4.2019 www.rakennuskone.fi/p1-koskevat-ohjeet/


RT-38692, Puhdastilaelementtjärjestelmä Hermetel Oy. Saatavissa 11.4.2019 https://www.hermetel.fi/wp-content/uploads/2015/12/Hermetel_Puhdastilat_RT.pdf

Salo, T. 2008. Kehittyvä elintarvike. Puhdastilat kiinnostavat elintarviketeollisuutta. Viitattu 12.4.2019 <http://kehittyvaelintarvike.fi/teemajutut/26-puhdastilat-kiinnostavat-elintarviketeollisuutta>

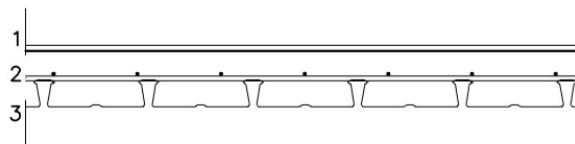
SFS-EN ISO 14644-1:2015, Puhdastilat ja puhtaat alueet. Osa 1: Hiukkaspitoisuuden perusteella tehtävä puhtausluokitus.

Whyte, W. 2010. Cleanroom Technology, Fundamentals of Design, Testing and Operation. Toinen painos. West Sussex: John Wiley & Sons, Ltd.

Liite 1. Rakennetyypit


Rakennuskohde KOY FOCU/ RTKU E2	Sisältö Välipohjarakenne iv-konehuone	
Suunnittelija SWECO 	Työ nro 5182	VP1
	Päiväys	

Mittakaava 1:10

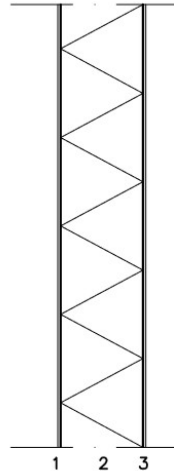


- 1 pintakäsittely huoneselostuksen mukaan
- 2 100 mm liittolaatta tasopiirusten mukaan,
terästys #T8 k150
- 3 pintakäsittely huoneselostuksen mukaan

Palonluokka: REI90

Rakennuskohde KOY FOCU/ RTKU E2	Sisältö Väliseinärakenne varastohallin uusi osastoiva seinä	
Suunnittelija SWECO 	Työ nro 5182	VS1
	Päiväys	

Mittakaava 1:10




- 1 pintakäsittely tai verhous huoneselostuksen mukaan
- 2 150 mm sandwich-paneeli SPA F (Ruukki Oy)
- 3 pintakäsittely tai verhous huoneselostuksen mukaan

Paloluokka: EI90

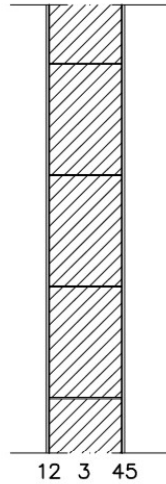
Elementin kiinnitys teräsrunkoon:
SFS intec SDT14-S19-5.5x280 2 kpl/ tuki

Elementin kiinnitys betonirunkoon tai tiiliseinään:
SFS intec DT-S19-6.3x292 2 kpl/ tuki

Elementin kiinnitysdetajit, liitokset, pellitykset ja tiivistys valmistajan detaljien mukaan (Ruukki oy)


Rakennuskohde KOY FOCU/ RTKU E2	Sisältö Väliseinärakenne uusi osastoiva seinä	
Suunnittelija SWECO 	Työ nro 5182	VS2
	Päiväys	

Mittakaava 1:10

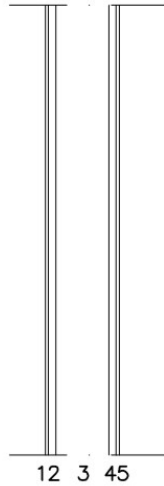


- 1 pintakäsittely huoneselostuksen mukaan
- 2 tasoite
- 3 130 mm ohutsaumamuurattu Kahi runkoponttiharkko, asennus/muuraus valmistajan ohjeen mukaan
- 4 tasoite
- 5 pintakäsittely huoneselostuksen mukaan

Palonluokka: EI90

Rakennuskohde KOY FOCU/ RTKU E2	Sisältö Väliseinärakenne uusi kevytväliseinä	
Suunnittelija SWECO 	Työ nro 5182	VS3
	Päiväys	

Mittakaava 1:10



- 1 pintakäsittely huoneselostuksen mukaan
- 2 13 mm EK kipsilevy
- 3 Teräsranka GS 95 k600, laatoitetuilla alueilla rangat k400
- 4 13 mm EK kipsilevy
- 5 pintakäsittely huoneselostuksen mukaan

Seinän maksimikorkeus 4000 mm
Laatoitetuilla alueilla sertifioitu vedeneristys työselityksen mukaan
Rungon yläpään painuman salliva liitos

Kipsilevyn alle asennetaan tarvittaessa 12 mm vanerilevyt kiinnitysalustaksi