

Pölynpoistojärjestelmä

Ruskon Betoni Oy, Hollolan
tehdas

Lahden ammattikorkeakoulu
Kone- ja tuotantotekniikka

SYVÄLAHTI, ESKO:

Pölynpoistojärjestelmä
Ruskon Betoni Oy

Mekatroniikan opinnäytetyö,

39 sivua 3 liitesivua

Kevät 2017

TIIVISTELMÄ

Tässä opinnäytetyössä tutkittiin parasta mahdollista ratkaisua Ruskon Betoni Oy:llä olevan hiontakoneen synnyttämän haitallisen hiontapölyn poistamiseksi tehtaalla. Pöly on syntynyt tuotantoprosessissa, jossa työntekijä hioo betoniputken reunoja kulmahiomakonetta käyttäen. Järjestelmälle syntyi tarve, kun huomattiin suuren määrän hienoa pölyä tehtaalla ja raportoitiin, että työntekijöiden työskentelyolosuhteiden huonontumisen lisäksi pöly hukkaa aikaa ja rahaa jokapäiväisen siivouksen takia.

Ainoa tehtävänanto tehtaalta oli se, että järjestelmän olisi oltava tarpeeksi kompakti sekä edullinen, jotta sen rakentaminen olisi realistista. Aluksi käytettiin Solid Works -suunnitteluohjelmaa oikeankokoisen järjestelmän piirtämiseksi tehtaalla annettujen mittojen perusteella. Tämän jälkeen tehtävänä oli tutkia, kuinka paljon rakentaminen maksaisi ja kuka sen tekisi.

Työn tuloksena kuitenkin selvisi, että järjestelmä tulisi liian kalliiksi ja tilaavieväksi ratkaisuksi tällä hetkellä.

Avainsanat: Ruskon Betoni Oy, pölynpoisto, pöly

Lahti University of Applied Sciences
Degree Programme in Mechanical and Production Engineering

SYVÄLAHTI, ESKO

Dust removal system
Ruskon Betoni Oy

Bachelor's Thesis in Mechatronics 39 pages 3 pages of appendices

Spring 2017

ABSTRACT

The purpose of this Bachelor's thesis was to research the best possible solution at Ruskon Betoni Oy for disposing harmful sanding dust around the factory floor. The dust is caused by the sanding machine during the cutting process where worker grinds the edges of the concrete pipe. The system was needed when an engineer noticed a large amount of fine dust lying on the factory floor. After that it was reported that not only does the dust make the working environment more unpleasant for the workers, it also wastes time and money due to the cleaning of it every day.

The only instruction for the system was that it had to be compact and affordable enough in order to be realistic to build. The first thing to do was designing the correct sized closet using given measurements from the factory with a program called Solid Works. The next step was to examine how expensive it would be to build the system and who would do it.

In the end, the closer the end of this project came the more clear it was that the dust removal system would be too expensive and space consuming to build for the time being.

Key words: Ruskon Betoni Oy, dispose, dust

Sisällysluettelo

1	Johdanto	1
2	RUSKON BETONI OY	2
3	TEOLLISUUSPÖLY	4
3.1	Pölyarvot kaupunkiolosuhteissa	5
3.2	Kvartsipöly	6
3.3	Kvartsipölyn terveysvaikutukset	7
3.4	HTP- arvot	8
3.5	Tehtaan nykytilanne	9
4	PÖLYNKERÄYS TEOLLISUUDESSA	11
4.1	Kulmahiomakone pölynpoistolla	11
4.2	Zehnder Clean air solutions -järjestelmä	12
4.3	PushPull -suodatusyksikkö	13
4.4	Puhalluskaappi	14
4.5	IOM –keräin	15
5	RISKIANALYYSIT	16
5.1	Riskianalyysin periaate	16
5.2	Kulmahiomakoneen riskianalyysi	17
5.3	Zehnder Clean air solutions -riskianalyysi	18
5.4	PushPull -suodatusyksikön riskianalyysi	19
5.5	Oman järjestelmän riskianalyysi	20
5.6	Puhalluskaapin riskianalyysi	21
5.7	Järjestelmän valinta	22
6	PÖLYNPOISTOJÄRJESTELMÄN SUUNNITTELU	23
6.1	Pölynpoistokoppi	24
6.2	Putkisto	26
6.2.1	Putkiston materiaalin valinta	27
6.2.2	Putkiston mitoitus	28
6.3	Kattoimuri	30
6.3.1	Kattoimurin mitoitus	31
6.4	Säiliö	32
6.4.1	Säiliön tilavuuden mitoitus	33
7	YHTEENVETO	35
	Lähteet	36
	LIITTEET	40

1 JOHDANTO

Opinnäytetyön tilaajana toimi Hollolassa sijaitseva Ruskon Betoni Oy, ja työn avaus tapahtui myöhään syksyllä 2015. Tavoiteajankohta opinnäytetyön valmistumiselle oli kevään 2017 aikana.

Tavoitteena tässä opinnäytetyössä oli suunnitella mahdollisimman realistinen vaihtoehto haitallisen betonin hiomisesta syntyvän pölyn poistamiseksi tuotantoprosessista. Tähän asti tuotantoprosessissa on jouduttu siivoamaan joka päivä hionnasta syntynyttä pölyä suurelta alueelta tehtaan lattiaa, mikä haittaa tuotantotehokkuutta sekä vaarantaa työntekijöiden terveyttä pitkällä aikavälillä.

Pölynpoistojärjestelmä on mitoitettu niin, että se mahtuu tiukasti betoniputken ympärille. Tämän ansiosta kattoimurin ei tarvitse olla mahdottoman tehokas eikä trukkien tarvitse varoa rakenteita.

Betoniputken ympärille asetettavan kopin jatkeeksi mitoitetaan kattoimuri, joka imee haitalliset pölyt pois kopista, sekä tehtaan seinien ulkopuolelle asetettava säiliö, johon pöly lopulta siirretään.

Suunnittelussa käytettiin SolidWorks -ohjelmistoa, jolla piirrettiin oikeanlainen koppi tehtaalta itse otettujen mittojen perusteella, sekä myös muut tarvittavat osat.

2 RUSKON BETONI OY

Ruskon Betoni Oy on valmisbetonin ja siihen liittyviin palveluihin keskittynyt kotimainen perheyrittäjä, joka on perustettu Oulussa syksyllä vuonna 1983. Yritys on vuosiensa aikana laajentunut ympäri Suomea 25 paikkakunnalle. Samalla se on synnyttänyt tytäryhtiöitä, kuten Napapiirin Betonin, JA-KO Betoni Oy:n sekä sisaryhtiö Kibe Oy:n. Nopeasta laajentumisesta huolimatta yrityksen pääkonttori sekä samalla yksi tärkeimmistä betoniasemista sijaitsee yhä Oulun Ruskossa. (2016a)

Hollolassa sijaitseva kaivonrenkaita, isoja kaivoja sekä EK-betoniputkia valmistava betonituotetehdas (KUVA 1) on perustettu vuonna 2012, ja se työllistää noin kolmekymmentä työntekijää. Suomen ainoana betonin valmistajana tehdas tarjoaa asiakkailleen L-max-putken, joka on jopa kolme metriä pitkä. Tehtaalta lähtiessään putket ovat varustettu kaikilla tarpeellisilla varusteilla kuten tiivisteillä sekä sovitepaloilla ja ovat täten heti valmiita asennettavaksi.

Ruskon Betonille arvoista tärkeimpiä on asiakaslähtöinen tapa toimia. Sen minkä lupamme, pyrimme myös pitämään. Tavoitteemme on tarjota asiakkaalle luotettavaa ja asiantuntevaa palvelua, johon pääsemme ammattitaitoisen henkilökuntamme, ensiluokkaisen kaluston sekä saumattomasti toimivan alihankkija verkostomme kanssa. Yhteistyössä asiakkaan kanssa saamme aikaan laadukkaan ja kustannustehokkaan lopputuloksen. (Ruskon Betoni Oy 2015 c)

Ruskon Betoni Oy:n viimeisimpiin uraa uuraviin saavutuksiin kuuluu RB Perfect -teknologia, jonka ansiosta E-betonikaivot ovat entistä tiiviimpiä ja toimivampia yhdestä valusta tehdyn pohjarenkaan ansiosta. Kaivot tehdään alusta loppuun asti muotit mukaan lukien tehtaalla, täten luoden lisää

mahdollisuuksia muokata tuotetta juuri asiakkaan toivomusten mukaan. (2016a)

Maaliskuun loppupuoliskolla vuonna 2011 Ruskon Betoni Oy palkittiin kolmella arvostetuilla sertifikaatilla, jotka ovat ympäristösertifikaatti (ISO 14001), laatusertifikaatti (ISO 9001), sekä työterveys- ja turvallisuusjärjestelmän (OHSAS 18001) sertifikaatit. (Ruskon Betoni Oy 2015d)

Valmistettavat tuotteet, jotka saivat 1.7.2013 virallisen CE –merkinnän, soveltuvat muassa hyvin muun viemärijärjestelmien komponenteiksi. Tuotteet ovat luonnonperäisten raaka-aineiden ansiosta erittäin ympäristöystävällisiä sekä omaavat kymmenien vuosien käyttöiän. (2016b)

Ruskon Betoni Oy:n henkilöstön määrä vuonna 2014 oli vähentynyt edellisestä vuodesta 62 henkilöllä 165:st 103 henkilöön. Yrityksen liikevaihto, 48 000 233€, pysyi lähes samana verrattuna edelliseen vuoteen, kun taas liiketulos jäi vuonna 2014 tappiolle -241 824€. (Ruskon Betoni Oy 2015e)



KUVA 1. Hollolan betonituotetehdas (Ruskon Betoni Oy 2014)

3 TEOLLISUUSPÖLY

Ruskon Betonin Hollolan betonituotetehtaalla suoritettiin 12 -15.12.2014 – välisenä aikana Ramboll Finland Oy:n tarjoamia työhygienisiä mittauksia, joissa mitattiin betonista irtoavia kvartsi- sekä alveolijakeisen pölyn pitoisuuksia tehtaan seitsemässä työpisteessä.

Tehtaan jokaiselle työntekijöille annettiin työpäivän alkaessa henkilökohtaiset IOM- vaahtokeräimet, jotka mittaavat ilman kvartsipitoisuuksia. Tehtaan keskiosassa sijaitsevan raudituskoneen käyttäjältä otettiin kvartsipitoisuuden sijasta näytteet hengitetyn pölyn pitoisuuksista.

Työntekijät pitivät keräimiä 6,9 – 7,8 tunnin ajan, mikä tarkoittaa sitä, että mittaukset pätevät hyvin kahdeksan tunnin HTP –arvoihin standardin SFS-EN 689 kanssa.

TAULUKKO 1. Raportissa mitattujen yhdisteiden pitoisuudet (Ramboll Oy 2014, 6 – 7.)

Yhdiste	Mylläri		Porari		Sahuri	
	Mitattu pitoisuus (mg/m ³)	% 8 h HTP-arvosta	Mitattu pitoisuus (mg/m ³)	% 8 h HTP-arvosta	Mitattu pitoisuus (mg/m ³)	% 8 h HTP-arvosta
Alveolipöly *	0,26	(9)*	0,46	(15)*	0,80	(27)*
Kvartsi (kiteinen piidioksidi)	<0,008	<16	0,009	18	0,046	92

Testien jälkeen oli kävi ilmi, että työpisteellä, missä sahataan betoniputkia, altistuminen haitalliselle kvartsille oli selkeästi korkeampaa kuin muissa työpisteissä, joissa keskiarvo altistumiselle oli noin 40%. Sahaus pisteellä mitatut arvot ovat nähtävissä taulukossa 1 olevan punaisen kehikon sisällä. Muiden työpisteiden arvot ovat löydettävissä liitteistä 1 ja 2.

TAULUKKO 2. Altistumistason luokittelu (Ramboll Oy 2014, 6 – 7.)

altistuminen HTP:stä	altistumisen suuruus
alle 10%	vähäinen
10-50 %	kohtalainen
50-100 %	merkittävää
yli 100 %	liiallinen

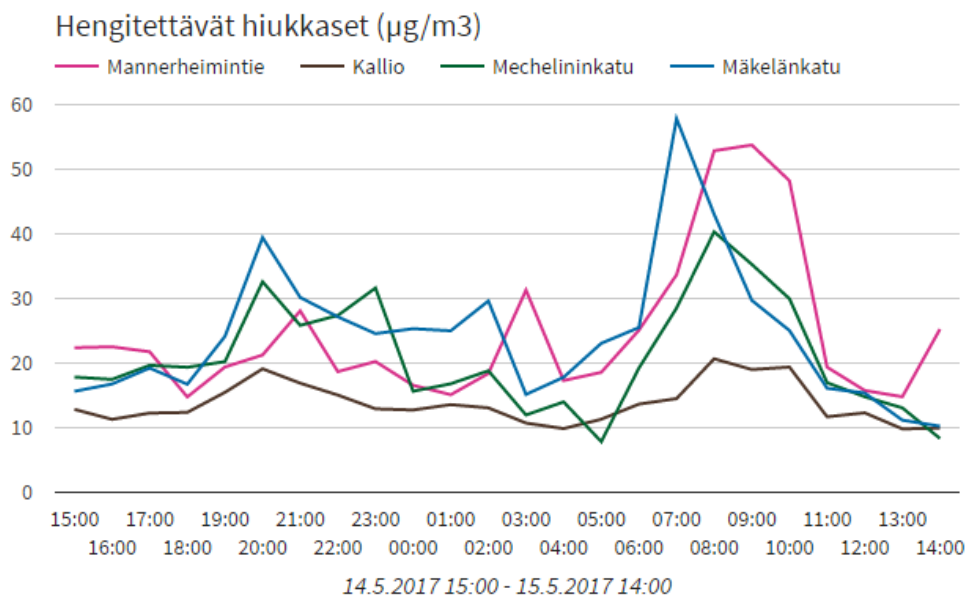
Sahaus pisteellä saadut yli 90%:n arvoiset tulokset kahdeksan tunnin HTP- arvosta tarkoittavat taulukon 2 mukaan sitä, että työntekijän riski altistua sairastumiselle oli merkittävä. Tämä arvo on huomattavan korkealla verrattuna muihin mitattuihin työpisteisiin, joiden altistumisprosentti oli kaikkiaan keskimäärin 18,6%. Saatujen tulosten jälkeen oli selvää, että toimiva pölynpoistojärjestelmä sahurin työpisteellä oli tarpeen.

3.1 Pölyarvot kaupunkiolosuhteissa

Helsingin seudun ympäristöpalvelun sivuilla on saatavissa kuluneen vuorokauden aikana mitatut PM10, eli katupölyn raja-arvot useassa eri mittauspaikassa. Mitatut paikat ovat Mannerheimintie, Kallio, Mechelininkatu sekä Mäkelänkatu. Arvot ovat tuntikeskiarvoja.

Jos vuorokauden aikana mitattu keskiarvo ylittää 50 mikrogrammaa kuutiometriä kohden, on pitoisuus korkea. Vuodessa tämä arvo ylittyy vilkkailla alueilla keskimäärin 30 kertaa vuoden aikana. (HSY 2017a)

KUVIO 1. Hengitettävät hiukkaset (HSY 2017b)



Taulukosta 3 on havaittavissa, että kaikilla kaduilla keskimääräiset PM10 – arvot pysyvät aamun ruuhkat lukuun ottamatta sallitun viidenkymmenen mikrogramman per kuution rajoissa.

3.2 Kvartsipöly

Kvartsipöly, eli kiteinen piioksidi koostuu piistä ja hapestä, eli kahdesta yleisimmästä alkuaineesta mitä maankuoresta on löydettävissä. Luonnossa sitä esiintyy kivissä, hiekoissa sekä maaperässä. Kvartsipölyn muodot ovat koostumukseltaan veteen liukenematonta, hajutonta, väritöntä sekä palamatonta materiaalia, joka vapautuu ilmaan ja leikkauspinnalle joko suurissa tai pienissä muodostumissa kun putken pintaa hiotaan, jauhetaan tai leikataan.

Kvartsi on tärkeä raaka- aine muun muassa betoni,- kaivos,-rakennus,- lääke- sekä kosmetiikkateollisuudessa. Suurin määrä kvartsia kuluu rakennusteollisuudessa, jossa hyödynnetään vuosittain yhteensä kymmeniä miljoonia tonneja kvartsista valmistettua soraa, betonia, hiekkaa, kalliomursketta, rakennuskiveä ja graniittia.

Betoniteollisuudessa kvartsipölyä esiintyy poikkeuksellisen paljon, koska betonia, jonka sisältämä kiviaines koostuu 4 - 10-prosenttisesti kvartsista usein hiotaan ja leikataan tuotteen halutun lopputuloksen saamiseksi.
(Karjalainen)

3.3 Kvartsipölyn terveysvaikutukset

Kvartsipölyn aiheuttamat terveysvaikutukset ovat usein havaittavissa vasta vuosia altistumisen jälkeen. Lisäksi altistumisesta syntynyt tauti etenee huolimatta siitä, että työntekijä olisi vaihtanut ajan mittaan työntehtäviään, tai työolot olisivat myöhemmin parantuneet. Tämä vaikeuttaa oireiden alkuperän kartoittamista sekä selittää todellisten syiden ali –arvioimisen.
(Pace)

Kvartsipölyä syntyy, kun kvartsia sisältävää materiaalia hiotaan, leikataan tai jauhetaan. Työstössä vapautuva kvartsi leviää joko suurina tai pieninä pölyhiukkasina. Suuret pölyhiukkaset jäävät elimistössä joko ylähengitysteihin tai keuhkoputkiin, vaikeuttaen hengitystä. Pienet hiukkaset tunkeutuvat syvälle keuhkoihin aiheuttaen silikoosia, toiselta nimeltään kivipölykeuhkosairautta, joka on maailman vanhin tunnettu ammattitauti. Lisäksi on huomattu, että kvartsipöly voi lisätä riskiä sairastua keuhkosyöpään, munuaissairauksiin sekä reumaattisiin sairauksiin. (Työterveyslaitos)

Kvartsipölylle altistuminen voi korkean emäksisyytensä (pH 10-12) takia aiheuttaa allergiaa, ihottumaa, kobolttiallergiaa sekä ärsyntyneitä hengitysteitä jo pelkästä ihokontaktista märän betonin ja sementin kanssa.
(Työterveyslaitos)

3.4 HTP- arvot

HTP- arvot ovat sosiaali- ja terveysministeriön mukaan hengitysilmassa haitalliseksi luokitellut aineet, jotka saattavat vahingoittaa työntekijän terveyttä, turvallisuutta tai lisääntymisterveyttä. Listat, jossa näkyvät kaikki haitalliset aineet, päivitetään joka toinen vuosi, ja viimeisin päivitys tällä hetkellä on vuodelta 2014. (TTK 2016a)

Listoista löytyvät arvot ovat arvioita pienimmistä pitoisuuksista, joiden seurauksena voi olla työntekijän sairastuminen. Työnantajan on otettava listalta löytyvät arvot huomioon ja niiden ylittyessä tehtävä toimenpiteitä asian korjaamiseksi. (TTK 2016b)

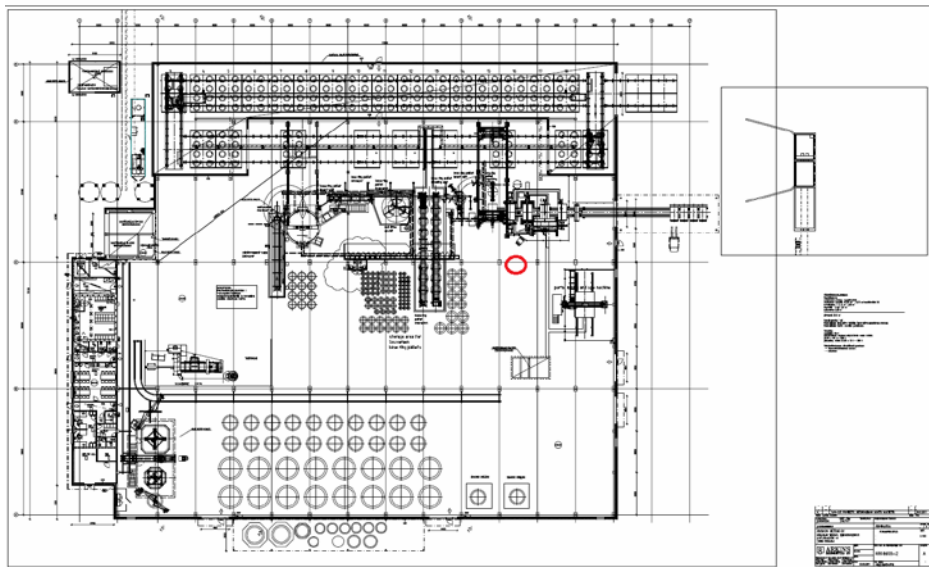
TAULUKKO 4. Maksimiarvot (Ramboll Oy 2014, 5 – 6.)

Yhdiste	HTP 8 h	HTP 15 min	Huomautus
	mg/m ³	mg/m ³	
Alveolipöly*	- (3)	-	inertti, ei myrkyllinen pöly
Kvartsi (kiteinen pii-dioksidi)	0,05	-	alveolijae
Epäorgaaninen kokonaispöly	10	-	

Taulukosta 4 on nähtävissä alveolipölyn, kvartsin sekä epäorgaanisen kokonaispölyn sallitut maksimiarvot. Ne ovat alveolipölylle 3 milligrammaa kuutiometriä kohden, kvartsille 0,05 milligrammaa kuutiometriä kohden sekä epäorgaaniselle kokonaispölylle, jota mitattiin raudoittajalla, 10 milligrammaa kuutiometriä kohden. Kaikkien kolmen yhdisteen arvot perustuvat kahdeksan tuntia kestävän pitoisuuden keräämiseen. (TTK 2016c)

3.5 Tehtaan nykytilanne

Tehtaan perustamisesta lähtien on betoniputkien manuaalinen hionta ollut osana tuotantoprosessia. Työntekijä siirtää leikkurilta tulleen betoniputken trukilla tehtaan lattialle, minkä jälkeen hän aloittaa kulmahiomakonetta käyttäen putken kummankin pään muokkaamisen seuraavaa työvaihetta varten. Tämä hiontaprosessi on aikaavievä, sotkuinen ja ergonomisesti hankala.



KUVIO 2. Tehtaan pohjapiirustus

Kuviosta 2 on havaittavissa punainen ympyrä, joka havainnollistaa tehtaalla sijaitsevan kohdan, jossa ongelma esiintyy. Ympyrän oikealla puolella muutaman metrin päässä on saha, jossa betoniputki ensin halkaistaan keskeltä poikki ennen kuin siirretään trukilla työstettäväksi tehtaan lattialle. Sahaus itsessään on erittäin meluisaa ja siitä roiskuu paljon vettä, jonka takia sillä alueella liikkuminen on jo valmiiksi haastavaa.

Itse betoniputkien hiontapaiikka on keskellä trukkien kulkureittiä, mikä tarkoittaa että hionnasta tehtaan lattialle pudonnut pöly leviää kaikkialle sen yli ajavien trukkien takia.



KUVA 2. Putken hiontaprosessi (ALOK 2017)

Yläpuolella oleva kuva 2 havainnollistaa Ruskon Betoni Oy:llä tapahtuvaa betoniputken hiontaprosessia, jossa työntekijä käsikäyttöisellä kulmahiomakoneella työstää putken reunat seuraavaa prosessia varten. Tehtaalla käytössä olevat kulmahiomakoneet eivät ole varustettu pölynpoistolla, mikä johtaa siihen että tehtaan lattiat täyttyvät ajan mittaan haitallisesta betonipölystä.

4 PÖLYNKERÄYS TEOLLISUUDESSA

Betonipölyltä suojautumisella tarkoitetaan sitä, että pyritään ehkäisemään altistumista sekä betonipölylle että keuhkojen metallikertymää. Tähän tehtävään tarkoitettut erilaiset suodattimet ovat hyvä valinta, kunhan säännölliset tarkistukset ja suodattimien vaihdot on tehty kunnolla. (Kaskinen 2006)

Kehon hengityselimiin kulkeutumisen estäminen ja itse hiontapölyn tutkiminen on tärkeää kromi- ja nikkeliyhdisteiden aiheuttamien työperäisten keuhkosityöpien sekä allergisten hengitysesinsairauksien takia. (Kaskinen 2006)

4.1 Kulmahiomakone pölynpoistolla

Kulmahiomakoneet ovat nykyisin mahdollista varustaa siihen kiinnitettävällä imusuojalla, jonka tehtävänä on sekä suojata käyttäjää hionnasta lentävältä pölyltä että estää pölyn kulkeutuminen kulmahiomakoneen koneistoon.



KUVA 3. Kulmahiomakone pölynpoistolla (Hitachi-powertools 2017)

Kulmahiomakone soveltuu betonin, kiven, marmodin sekä klinkkerin hiontaan. Se on varustettu tärinää vaimentavalla kaarikahvalla, pölyltä suojaavalla epoksinnoituksella sekä laikan vaihtoa helpottavalla

karalukolla. Laitteen perään kiinnitetty putki ohjaa hiontapölyn pois työalueelta. (Hitachi 2017)

4.2 Zehnder Clean air solutions -järjestelmä

Zehnder Clean air solutions -tuotteet ovat tehtaiden kattoon asennettavia ilmansuodatukseen erikoistuneita laitteita. Laite on varustettu EC-puhaltimella, joka yhdistettynä ajastimeen, mahdollistaa muun muassa portaattoman nopeudensäädön (0-12 000m³/h), automaattisen moottorisuojan sekä täysin ohjelmoitavissa olevan ajastinratkaisun. Tämän lisäksi laitetta on mahdollista käyttää jo valmiiksi puhdistetun ilman ohjaamiseen, jolloin hyödyt saadaan toteutettua parhaalla mahdollisella tavalla. (Zehnder Group Nordic AB 2016)



KUVA 4 Zehnder CleanAir 6 (Zehnder Group Nordic AB 2016)

4.3 PushPull -suodatusyksikkö

Kun tehtaassa ilmenee tilanne, jossa työkohteen paikallinen imu ei riitä täyttämään ammatillisia päästöarvoja, on vaihtoehtona PushPull -järjestelmä.

PushPull –järjestelmän toimintaperiaatteena on se, että ensin tilan toiseen päähän asennetaan ilmanvaihtorilät, joiden tehtävänä on suodattaa epäpuhtaudet pois. Tilan vastakkaiseen päähän asennetaan puhdistetun ilman vapauttava suuttimisto, tai ilmanvaihtorilä. Ilmansuodatus on täysin automaattista, minkä ansiosta suodatinpuhdistus on mahdollista minä hetkenä hyvänsä. (Kohdepoisto Oy 2016)



KUVA 5. (Kohdepoisto 2016)

4.4 Puhalluskaappi

Zeron Kit-Cab –puhalluskaapit soveltuvat pienikokoisiin puhallustöihin. Laite on varustettu muun muassa ulkoisella valaistuksella, kestäväällä teräsrakenteella, paineenrajoitusventtiilillä, sekä sähköisellä kytkimellä käynnistystä ja sammutusta varten.

Laite soveltuu hyvin kohteisiin, missä on käytetään lasikuulia, hioma – aineilla tai alumiinioksidilla hionnassa. (Nestori –Tuote Oy 2017)



KUVA 6. Raepuhalluskaappi (Nestori –Tuote Oy 2017)

4.5 IOM –keräin

Teollisuuspölyn analysointiin erikoistunut IOM –keräin asetetaan työntekijän hengitysvyöhykkeelle pystyasentoon, noin 150cm:n korkeudelle. Näytteenoton ajaksi suojakantta avataan hieman, jotta sisäänrakennettu pumppu alkaa kerätä ympärillä olevaa ilmaa lävitseen noin 2,0l/min nopeudella. Keräin mittaa koko työvuoron ajan hengitysilman laatua, jonka jälkeen suojakansi suljetaan, ja kerätty data vietään laboratorioon analysoitavaksi. (TTL 2017)



KUVA 7. IOM-keräin (TTL 2017)

5 RISKIANALYYSIT

Riskianalyysien tarkoituksena on kartoittaa tiettyyn tarkoitukseen luokitettujen vaihtoehtojen mahdolliset riskit ja laittaa ne paremmuusjärjestykseen. Eri vaihtoehtoja arvioivassa riskianalyysissä on kolme kohtaa: todennäköisyys, seuraus ja riskitaso. Kaksi vaakaa –akselilla olevaa kohtaa kerrotaan ensin jokaisessa segmentissä keskenään, jonka jälkeen pisteet lasketaan yhteen ja siitä saadaan tulokseksi kyseisen kohteen riskitaso asteikolla 0-10. Esimerkiksi hinnassa korkea numero tarkoittaa, että on suuri riski, että vaihtoehdon hintalappu on liian suuri.

5.1 Riskianalyysin periaate

Ruskon Betoni Oy:lle valittiin kaikista mahdollisista vaihtoehdoista neljä realistisinta tuotantotilan vaatimuksiin sopivaa ratkaisua, joista riskianalyysitaulukkojen avulla valittiin paras vaihtoehto. Riskeinä ovat tässä tapauksessa hinta, liian suuri tilanvienti, työnteon liiallinen hidastaminen, laitteen hajoaminen, laitteen teho ei riitä sekä säilytystilan puuttuminen.

Seuraavissa riskianalyysi -taulukoissa toteutetaan neljän pölynpoistoon liittyvän vaihtoehdon riskianalyysi. Neljäntenä vaihtoehtona toimii oma järjestelmä, mikä koostuu kohteeseen mitoitettusta kopista, imurista, putkistosta sekä säiliöstä.

Kukin tapaus arvioidaan asteikolla 1-10 kaikkien kuuden kategorian kohdalla ja niistä saadut pisteet lasketaan yhteen. Pienimmän pistemäärän saanut ratkaisu valitaan parhaaksi vaihtoehdoksi.

5.2 Kulmahiomakoneen riskianalyysi

Taulukosta 5 on havaittavissa kulmahiomakoneen riskianalyysi

TAULUKKO 5. Kulmahiomakoneen riskianalyysi

VAARA/RISKI	Tod.Näk /10	Seuraus /10	Riskitaso /10
Hinta	3	3	9
Trukeille jää liian vähän liikkumavaraa	1	1	1
Hidastaa liikaa työntekoa	2	3	6
Laite hajoaa helposti	4	3	12
Laiteen teho ei riitä	7	7	49
Laitteelle ei ole säilytystilaa	3	3	9
YHTEENSÄ			86

5.3 Zehnder Clean air solutions -riskianalyysi

Taulukosta 6 on havaittavissa Zehnder Clean air solutions -riskianalyysi

TAULUKKO 6. Zehnder Clean air solutions -riskianalyysi

VAARA/RISKI	Tod.Näk /10	Seuraus /10	Riskitaso /10
Hinta	6	5	30
Trukeille jää liian vähän liikkumavaraa	1	1	1
Hidastaa liikaa työntekoa	1	1	1
Laite hajoaa helposti	7	7	49
Laiteen teho ei riitä	4	4	16
Laitteelle ei ole säilytystilaa	1	1	1
YHTEENSÄ			95

5.4 PushPull -suodatusyksikön riskianalyysi

Taulukosta 7 on havaittavissa PushPull -suodatusyksikön riskianalyysi

TAULUKKO 7. PushPull -riskianalyysi

VAARA/RISKI	Tod.Näk	Seuraus	Riskitaso
Hinta	7	8	56
Trukeille jää liian vähän liikkumavaraa	1	1	1
Hidastaa liikaa työntekoa	1	1	1
Laite hajoaa helposti	3	2	6
Laiteen teho ei riitä	4	4	16
Laitteelle ei ole säilytystilaa	1	2	2
YHTEENSÄ			76

5.5 Oman järjestelmän riskianalyysi

Taulukosta 8 on havaittavissa oman järjestelmän riskianalyysi

TAULUKKO 8. Oma järjestelmä -riskianalyysi

VAARA/RISKI	Tod.Näk /10	Seuraus /10	Riskitaso /10
Hinta	6	5	30
Trukeille jää liian vähän liikkumavaraa	6	4	24
Hidastaa liikaa työntekoa	2	1	2
Laite hajoaa helposti	4	4	16
Laiteen teho ei riitä	1	1	1
Laitteelle ei ole säilytystilaa	1	1	1
YHTEENSÄ			72

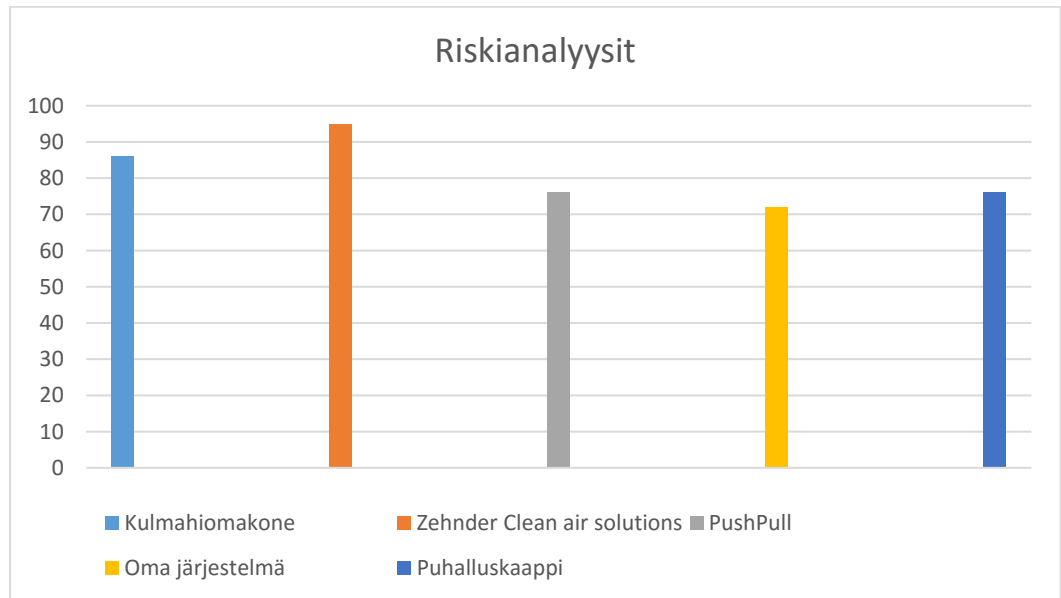
5.6 Puhalluskaapin riskianalyysi

TAULUKKO 9. Puhalluskaappi -riskianalyysi

VAARA/RISKI	Tod.Näk /10	Seuraus /10	Riskitaso /10
Hinta	3	2	6
Trukeille jää liian vähän liikkumavaraa	8	3	24
Hidastaa liikaa työntekoa	3	2	6
Laite hajoaa helposti	1	1	1
Laiteen teho ei riitä	6	5	30
Laitteelle ei ole säilytystilaa	3	3	9
YHTEENSÄ			76

5.7 Järjestelmän valinta

TAULUKKO 10. Riskianalyysit



Taulukko 10:stä on havaittavissa että vaihtoehto 4, eli oman järjestelmän suunnittelu, omaa pienimmän riskin verrattuna muihin vaihtoehtoihin.

6 PÖLYNPOISTOJÄRJESTELMÄN SUUNNITTELU

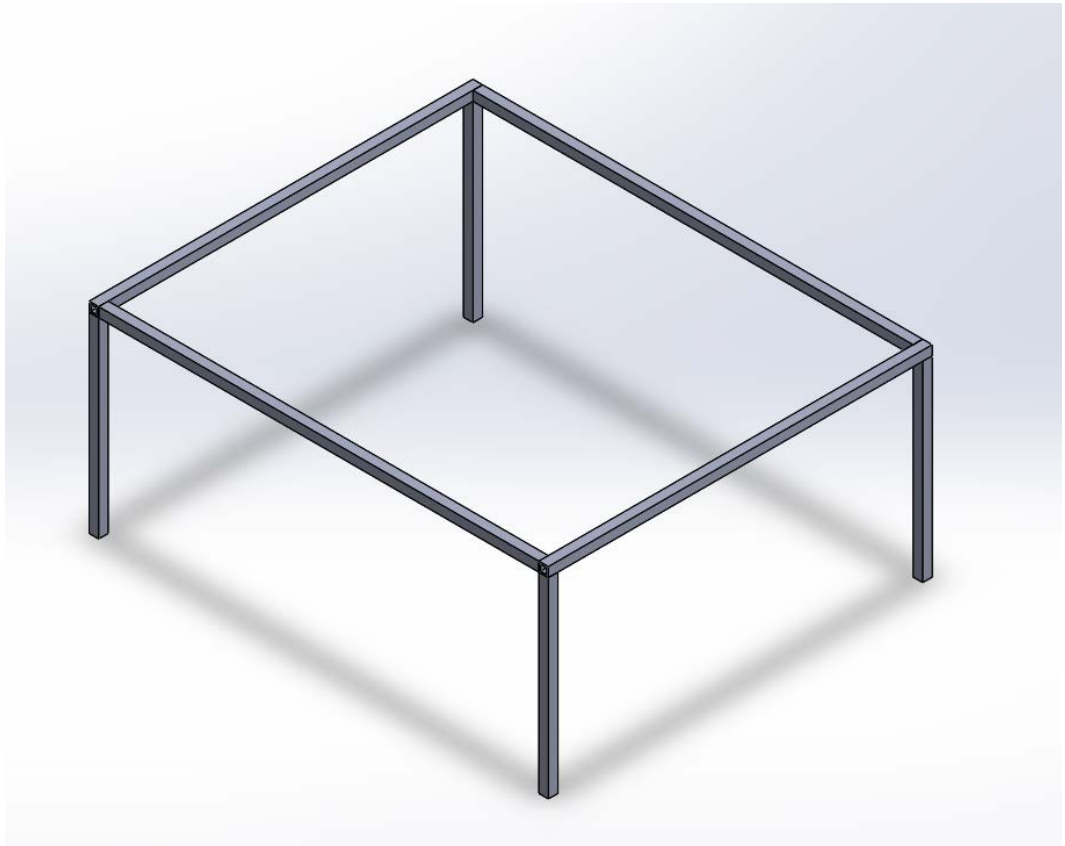
Pölynpoistojärjestelmän suunnittelussa tavoitteena oli integroida mahdollisimman kompakti ja luotettava ratkaisu jo valmiina olevan toimintaprosessin ympärille. Järjestelmälle asetettiin useita kriteerejä, niistä tärkeimpiä olivat muun muassa se, että järjestelmän oli mahdollista sille tiukasti mitoitetulle alueelle, sen pitää olla helppokäyttöinen sekä kestävä mahdollisia osumia ohiajailta trukeilta.

Pölynpoistojärjestelmä koostuu kaikkiaan neljästä pääosasta: pölynpoistokopista, kattoimurista, putkistosta sekä säiliöstä. Koko järjestelmän toimintaperiaatteena on se, että ensin koppi nousee ylös siihen kiinnitetyjen sähkömoottorien avulla. Tämän jälkeen muokattava betoniputki siirretään trukilla pölynpoistokopin sisälle. Kopin nostaminen mahdollistaa betoniputken siirtämisen kopin sisälle ilman, että trukki kolhaisee sitä. Seuraavaksi koppi laskeutuu tiukasti kappaleen ympärille jonka jälkeen kattoimuri voidaan käynnistää. Kattoimurin kytkeydyttyä päälle se imee putkistoa pitkin betoniputkesta irtoavan haitallisen pölyn ja siirtää sen ulkona sijaitsevaan säiliöön. Työstön jälkeen kattoimuri sammutetaan ja pölynpoistokoppi nostetaan ylös kappaleen poistoa varten.

Pölynpoistojärjestelmän koppi tulisi sijoitamaan sahurin ja loppulinjaston välisessä tilassa, noin 12- metrin päässä tehtaan takaseinästä. Täten se ei sijaitse minkään koneen tai työntekijän tiellä. Sen perästä nousee putkisto suoraan ylöspäin kohti kattoa, missä kattoimuri sijaitsee. Imurin jälkeen putki kulkee tehtaan takaseinän lävitse ja kulkeutuu ulkona sijaitsevaan säiliöön.

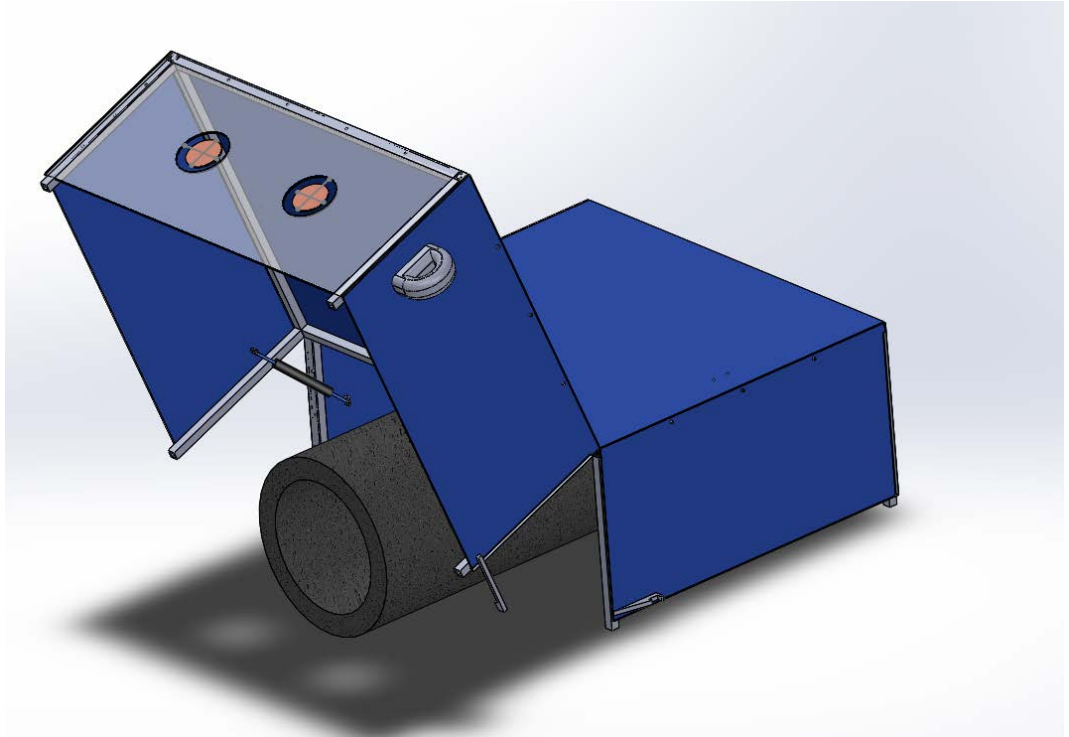
6.1 Pölynpoistokoppi

Pölynpoistokopin suunnittelu aloitetaan tukikehikosta, jonka tehtävänä on estää haitallisen betonipölyn karkaamisen sekä suojata koppia mahdollisilta iskuilta. Kehikon osat rakennetaan käyttäen suorakaideputkipalkkeja, jotka ovat kooltaan S355J2H 2000*80*6,3 sekä S355J2H 1000*80*6,3 (KUVIO 3).



KUVIO 3. Pölynpoistokopin kehikko

Kehikon osat hitsataan kiinni toisiinsa, jonka jälkeen niihin porataan reiät paneelien asennusta varten.



KUVIO 4. Pölynpoistokoppi

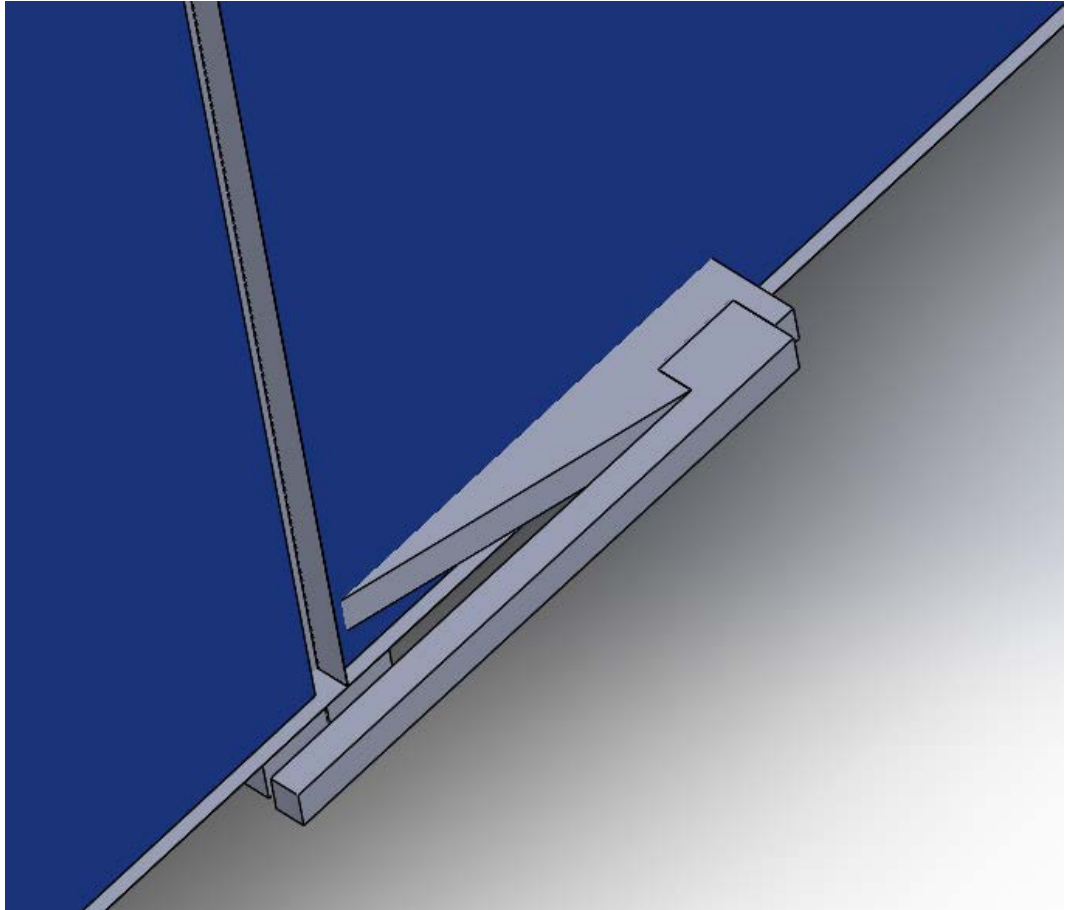
Kehikon ympärille mallinnettiin itse pölynpoistokoppi, jonka ideana on suojata työntekijää haitalliselta betonipölyltä ilman, että työnteko muuttuisi hankalammaksi. Kopin etuosa on saranoitu takaosaan ja varustettu kaasujousella sekä kahvalla, joiden ansiosta etuosan nostaminen ylös betoniputken siirtoa varten on helppoa.

Kun uusi betoniputki on tuotu tilalle, lasketaan kahvaa käyttäen etuosa alas, ja lukitaan se Piirros 3:ssa näkyvällä lukitusmekanismilla.

Mekanismin osat kohtaavat toisensa kun etuosan laskee alas. Ilman tätä etuosa nousisi itsestään ylös kaasujousen ansiosta.

Etupaneeli on valmistettu läpinäkyvästä muovista, jonka ansiosta työntekijä näkee työstettävän kappaleen etuosan ollessa alhaalla.

Muovissa olevat kaksi reikää ovat työntekijän käsiä varten. Rei'issä olevat kumiläpät pitävät huolen, ettei työstäessä betonipölyä pääse karkaamaan tehdastiloihin.



KUVIO 5. Lukitusmekanismi

6.2 Putkisto

Putkiston tehtävänä on ohjata epäpuhtaudet pois pölynpoistokopista ja kohti ulkona sijaitsevaa säiliötä. Sen suunnittelussa on tärkeää ottaa huomioon etteivät epäpuhtaudet pääse liikumaan putkistossa liian hitaasti, jolloin on mahdollista että ne pääsevät laskeutumaan putkiston sisäpintaan. Tämä heikentää ilmavirtauksen voimaa, vähentää kohdepoiston tehokkuutta sekä aiheuttaa palovaaran. Tämän mahdollisuuden estämiseksi on putkiston muodoksi valittava pyöreät kanavat, koska toisin kuin suorakaidekanavat, niissä on tasaiset nopeusjakaumat sekä ne kestävät hyvin alipaineita.

Lisäksi on myös vältettävä liian suuria virtausnopeuksia, koska suuret virtausnopeudet aiheuttavat tarpeetonta kulumista putkistossa sekä

kasvattavat painehäviöitä. Putkiston on myös hyvä olla mahdollisimman suora, koska suunnanmuutokset vähentävät järjestelmän tehokkuutta. (Kohdeilmanvaihdon mitoitus 2016)

6.2.1 Putkiston materiaalin valinta

Putkiston mitoituksessa on ensin otettava huomioon, mikä materiaali sopii kohteeseen parhaiten. Yleisimmät vaihtoehdot ovat seuraavat:

- teräsputki
- galvanoitu teräsputki
- ruostumaton putki
- kupariputki
- muoviputki.

Materiaalin valinnassa on otettava materiaalien ominaisuuksien lisäksi huomioon mahdollisten vuotojen korjaaminen, paineen, korroosion -ja lämmön kestävyys, osien saatavuus sekä kustannukset.

Putkiston materiaaliksi valitaan usein galvanoitu teräs sen kestävyytensä takia. Sitä käytetään esimerkiksi elintarvikkeiden käsittelyssä ja lääketieteellisuuden sovelluksissa. Galvanoitua terästä voidaan käyttää putkiston paksuutta lisäämällä myös raskaasti putkistoa kuluttavien materiaalien, kuten betonipölyn kuljettamiseen. (Kohdeilmanvaihdon mitoitus 2016)

Kanavan halkaisija (mm)	Paksuus (mm)		
	Kevyt	Keskiraskas	Raskas
< 200	0,8	0,8	1,2
200 - 450	0,8	1,0	1,2
450 - 800	1,0	1,2	1,6
800 - 1200	1,2	1,6	2,0
1200 - 1500	1,6	2,0	2,5

TAULUKKO 11. Putkiston paksuudet (Kohdeilmanvaihdon mitoitus 2016)

Taulukko 11:n mukaan seinien paksuus oltava vähintään 1,2mm, jos kanavan halkaisija on vähemmän kuin 200mm. Tähän projektiin valitaan 100mm halkaisijan omaavaa putkea, joten 1,2mm on valitun seinämän paksuus.

6.2.2 Putkiston mitoitus

Tehtaan korkeus on kokonaisuudessaan 12 metriä, ja kopilta ulkona sijaitsevalle säiliölle on noin 30 metriä, joten kokonaisuudessaan putkiston pituus on noin 55 metriä. Jotta voidaan laskea putkistossa kuljetettavan ilman oikea kuljetusnopeus, on ensin laskettava putken sisäpinnan pinta -ala. 100 mm:n sisähalkaisijan omaavan putkiston pinta -ala saadaan käyttämällä seuraavaa kaavaa:

$$A = \pi r^2$$

$$A = \text{virtausnopeus}$$

$$\pi = 3,14$$

$$r = 100\text{mm}=0,1\text{m}$$

$$\rightarrow \pi * (0,1)^2 = 0,0314 \text{ m}^2$$

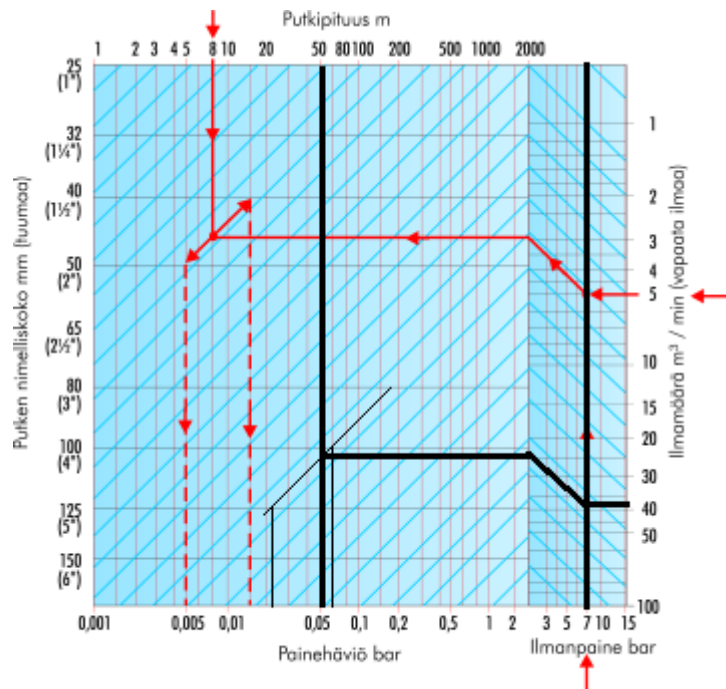
Pölytyyppi	Kuljetusnopeus (m/s)
Kevyehköt pölyt (esim. kuiva puupöly, muovipöly)	15
Tavallinen teollisuuspöly (hiontapöly, karkea kumipöly)	20
Raskas pöly (lyijypöly, kostea pöly)	25

TAULUKKO 12. Suositeltavat kuljetusnopeudet (Kohdeilmanvaihdon mitoitus 2016)

Taulukko 12:ssä punaisella kehikolla ympäröidyn kentän mukaan putkistossa tarvittava virtausnopeus (m/s) betonia työstettäessä syntyvälle hiontapölylle on oltava noin 20 m/s, tai 72km/h.

Lasketaan halkaisijaltaan 100mm:n putkiston virtaava ilmamäärä m³/min, kun järjestelmässä kuljetusnopeus on 20 m/s.

$$\rightarrow 20 \text{ m/s} * 0,0314 \text{ m}^2 = 0,628 \text{ m}^3/\text{s} = 37,68 \text{ m}^3/\text{min}$$



KUVA 8. Putkiston mitoitusmonogrammi (Tamrotor 2016)

KUVA 9:ssä olevasta monogrammista on huomattavissa, että putkiston pituuden ollessa 50 –metriä, ilmanpaineen 7 –baaria sekä putkistossa liikkuvan ilmamäärän minuuttia kohden ollessa 37,68 m³/min, on putkistossa olevan painehäviön määrä noin 0,04 bar.

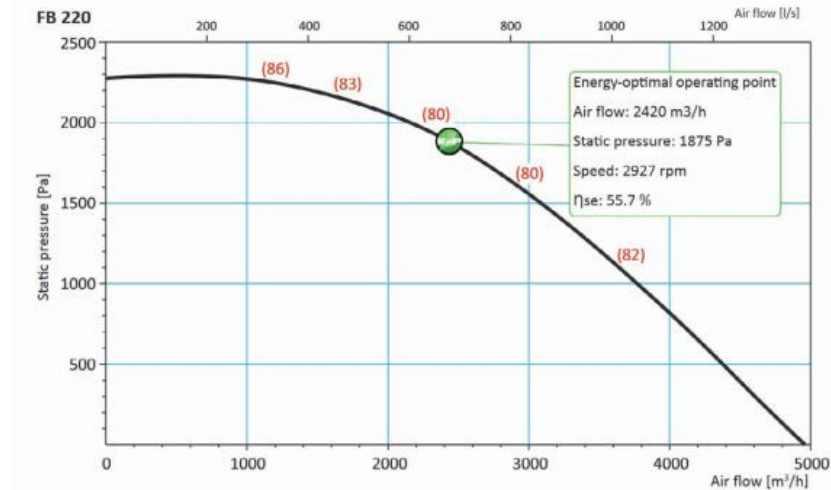
6.3 Kattoimuri

Kattoimurin tehtävänä on luoda paine, jonka avulla betonipöly saadaan siirrettyä putkiston kautta ulkona sijaitsevaan säiliöön. Kattoimuri käynnistyy automaattisesti heti hiomakoneen käynnistyksen jälkeen, ja sammuu asetetun viiveen jälkeen, kun hiomakonetta ei enää käytetä.

6.3.1 Kattoimurin mitoitus

Lasketaan kattoimurin tehonmäärä muuttamalla virtausnopeus minuuttia kohden virtausnopeudeksi tuntia kohden.

$$A = 37,68 \text{ m}^3/\text{min} * 60 = 2260,8 \text{ m}^3/\text{h}$$



KUVA 9. Kattoimurin mitoitustaulukko (Ourex 2016)

Ourexin virtausnopeus –taulukoista on havaittavissa, että FB 220-3 puhallin omaa tarvittavan virtausnopeuden tälle kohteelle.

Malli	Kierrosnopeus (rpm)	Teho kW	Nimellisvirta A 230V	Nimellisvirta A 400V	Jännite
FB 037-3	2800	0,37	1,68	0,97	230/400
FB 055-3	2800	0,55	2,3	1,33	230/400
FB 075-3	2800	0,75	3,11	1,8	230/400
FB 110-3	2800	1,1	4,1	2,37	230/400
FB 220-3	2800	2,2	7,9	4,6	230/400
FB 400-3	2800	4,0	13,5	7,8	400/690
FB 750-3	2800	7,5	23,9	13,8	400/690

Malli	Kierrosnopeus (rpm)	Teho kW	Nimellisvirta A 230V	Jännite
FB 037-1	2800	0,37	2,75	230
FB 055-1	2800	0,55	3,6	230
FB 075-1	2800	0,75	5,1	230
FB 110-1	2800	1,1	7,3	230

TAULUKKO 13. Valittu puhallinyksikkö

Valittu puhallinyksikkö on malliltaan FB 220-3, jonka kokonaisteho on 2,2kW.

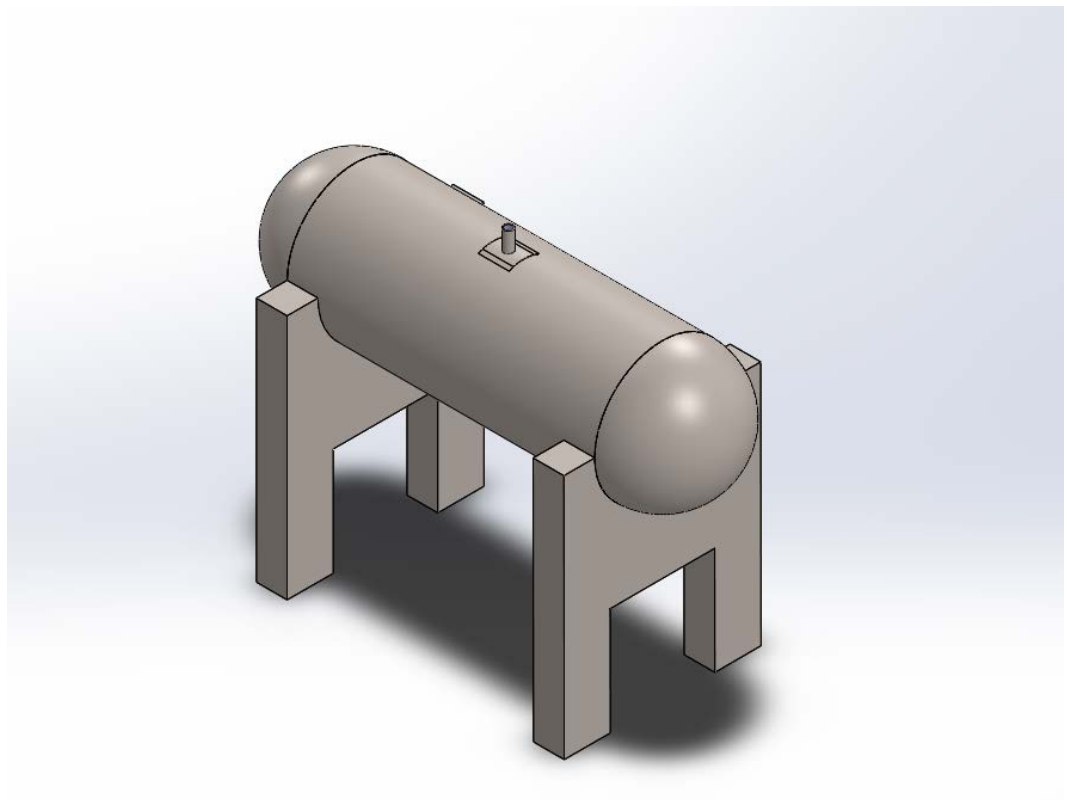
6.4 Säiliö

Säiliön tarkoituksena on varastoida turvallisesti putkistolta saapunutta betonipölyä. Sen sijoituspaikka tulisi olemaan ulkona, koska tehtaan sisällä sille ei ole tilaa.

Säiliön pituus on 2,5-, ja leveys 1,2 -metriä. Sen mitoitus on tehty tehtaan ilmoittaman kymmenen vuoden säilöntäkapasiteetin mukaan.

Säiliö lepää kahden tukipalkin varassa, jotka ovat muodoltaan säiliön kehän mukaisia. Säiliön maasta korotettu asento mahdollistaa helpomman tyhjennyksen sekä mahdollisen siirtämisen toiseen paikkaan.

Säiliön päällä sijaitseva venttiili varmistaa sen, että kattoimurin ollessa pois päältä säiliön sisällä oleva betonipöly ei pääse karkaamaan takaisin putkistoon.



KUVIO 6. Säiliö ja sen tuenta

6.4.1 Säiliön tilavuuden mitoitus

Betoniputkia hiotaan 4-16kpl per päivä, ja jokaisesta putkesta irtoaa hiottaessa keskimäärin noin 100 -grammaa betonipölyä. Vuodessa sitä kertyisi kaikkiaan 405kg, kun oletetaan että yhdessä vuodessa on 253 -työpäivää, eikä betoniputkia käsittelevä laitteisto hajoa.

Säiliön tilavuus mitoitetaan kymmenen vuoden pituiselle jaksolle, joten vuosittainen pölyn kertymä määrä kerrottuna kymmenellä saadaan säiliön tilavuudeksi noin 4005kg.

Säiliö on muodoltaan suoran ympyrälieriön muotoinen, jonka kummassakin päässä on puolipallon muotoiset palat. Tilavuuden määrittämisen jälkeen on laskettava säiliön korkeus sekä säde.

Säiliön optimaaliseksi halkaisijaksi on ilmoitettu 1,2 -metriä, joten säde on tuolloin 0,6- metriä. Säteen määrittämisen jälkeen lasketaan säiliön päädyissä sijaitsevien osien tilavuudet, jotka lasketaan seuraavalla kaavalla:

$$\frac{4}{3} * \pi * r^3$$

$$\pi = 3,14$$

$$r = 0,6\text{m}$$

$$\frac{4}{3} * \pi * 0,6^3 = 0,90\text{m}^3$$

Yhteensä 1,80m³, koska kummassakin päädyssä on päätypalat.

Päätypalojen tilavuuden vähentäminen säiliön kokonaistilavuudesta antaa säiliön tilavuudeksi arvon 2,205m³. Säiliön korkeus ratkaistaan seuraavalla kaavalla:

$$h = \frac{V}{\pi * r^2}$$

$$V = \text{tilavuus, } 2,205\text{m}^3$$

$$\pi = 3,14$$

$$r = 0,6\text{m}$$

h = korkeus

$$2,205\text{m}^3/\pi * 0,6^2 = 1,9496 \rightarrow 1,95\text{- metriä.}$$

Säiliön säde olisi siis 0,6 -metriä, korkeus 1,95 -metriä, sekä kokonaistilavuus päätyalojen kanssa $4,005\text{m}^3$.

Reilun neljän kuution tilavuudella säiliö tarvitsisi tyhjentää nykyisellä työtahdilla noin kymmenen vuoden välein.

7 YHTEENVETO

Suunnitteluprosessi osoittautui kaikkiaan hyvin onnistuneeksi huolimatta siitä, että järjestelmää ei vielä toistaiseksi olla päästy toteuttamaan. Suunnitteluprosessi antoi lisää kokemusta erilaisten koulussa opittujen osa-alueiden käyttämisestä työelämässä.

Tavoitteissa tuli onnistuttua kaikissa neljässä osa- alueessa, eli pölynpoistokopissa, putkistossa, kattoimurissa sekä ulkosäiliössä, varsin hyvin. Itse pölynpoistokopissa onnistuttiin hyvin pitämään asiat tarpeeksi yksinkertaisena. Runko on toteutettu vain kahdenlaista palkkityyppiä hyödyntäen ilman, että kestävyys tulisi koskaan olemaan ongelma.

Osien mallintamisessa hyödynnettiin Solidworks –ohjelmistoa, jonka parissa tuli käytettyä paljon aikaa. Osien ja kokoonpanokuvien piirtämisestä sai paljon arvokasta kokemusta, jonka on seuraavia työtehtäviä ajatellen hyvä asia.

Opinnäytetyössä valmistettuja Solidworks –kokoonpanokuvia sekä osavalmistuskuvia on löydettävissä LIITTEET –osiossa.

Osien mallintamisessa toimin tiivissä yhteistyössä Ruskon Betonin työnohtajien sekä yksikönjohtajan kanssa, joiden ansiosta suunnittelutyö oli sujuvaa. Matkan varrella tulleisiin ongelmiin tuli saatua apua nopeasti, eikä ongelmia kommunikoinnissa ilmennyt.

LÄHTEET

Hitachi-powertools 2017. Kulmahiomakone [viitattu 8.3.2017].

Saatavissa: <http://www.hitachi-powertools.fi/maste-fi/hitachi-elverkytg/elektriske-maskiner-1/betongsliper/betongsliper-g13sb3-be-1300w-1>

HSY 2017. Hengitettävät hiukkaset [viitattu 15.5.2017].

Saatavissa: <https://www.hsy.fi/fi/asiantuntijalle/ilmansuojelu/mittaustulokset/Sivut/Hengitett%C3%A4v%C3%A4t-hiukkaset.aspx>

Kaskinen, H. 2006. Metallipölyn kertyminen työntekijöiden keuhkoihin teräksen hionnassa [viitattu 5.5.2017]. Saatavissa:

<https://www.tsr.fi/tutkimustietoa/tata-on-tutkittu/hanke/?h=101321&n=tiedote>

Karjalainen, H. 2015. Pölyntorjunta betoniteollisuudessa [viitattu 15.2.2016]. Saatavissa:

http://www.ttl.fi/fi/verkkokirjat/Documents/Polyntorjunta_betoniteollisuusasa.pdf

Kohdeilmanvaihdon mitoitus 2016. [viitattu 3.4.2016]. Saatavissa:

http://virtual.vtt.fi/virtual/proj3/polyverkko/kpl_6_3.htm

Kohdepoisto Oy. 2016. PushPull Keskusimu- ja suodatusyksikkö [viitattu 3.4.2016]. Saatavissa: <http://www.kohdepoisto.com/wp-content/uploads/2015/01/Push-Pull-esite.pdf>

Nestori –Tuote Oy 2017. Puhalluskaappi [viitattu 12.4.2017]. Saatavissa:

http://www.nestori-tuote.fi/index.php/downloads/dl/file/id/153/kit_cap_esite.pdf

Pace. 2004. Pölyntorjunta [viitattu 15.2.2016]. Saatavissa:

<http://virtual.vtt.fi/virtual/proj3/polyverkko/pace.pdf>

Ruskon Betoni Oy. 2016a. Yritys [viitattu 27.1.2016]. Saatavissa:

http://www.ruskonbetoni.fi/rb/?page_id=2

Ramboll Oy. 2014. Työhygieeninen mittaus [viitattu 16.5.2016].

Ruskon Betoni Oy. 2016b Yritys[viitattu 30.1.2016]. Saatavissa:

<http://www.ek-putket.fi/arkisto/>

Ruskon Betoni Oy 2015c. Arvot [viitattu 11.2.2016].

Saatavissa: http://www.ruskonbetoni.fi/rb/?page_id=57

Ruskon Betoni Oy 2015d. Ruskon Betoni Oy:lle myönnettiin ISO 9001, ISO 14001 ja OHSAS 18001 –sertifikaatit [viitattu 11.2.2016]. Saatavissa:

http://www.bureauveritas.fi/home/news/latest-news/news+++cer++ruskon+betoni?presentationtemplate=bv_master_v2/news_full_story_presentation_v2

Ruskon Betoni Oy 2015e. Taloustiedot [viitattu 11.2.2016]. Saatavissa:

<https://www.asiakastieto.fi/yritykset/ruskon-betoni-oy/05226607/taloustiedot>

Työterveyslaitos. 2010. Terveys- ja turvallisuusvaikutukset [viitattu 15.2.2016]. Saatavissa:

http://www.ttl.fi/fi/toimialat/rakennus/turvapakki/vaaralliset_aineet/polyt_mikrobit/betonipoly/sivut/default.aspx

TTK 2014. Pitoisuudet [viitattu 8.6.2016].

Saatavissa: http://www.ttk.fi/ttk_uutiset/uutisarkisto/htarvot_2014_haitallisiksi_tunnetut_pitoisuudet.4167.blog

KUALÄHTEET

[Kuva 1]

Ruskon Betoni Oy, 2014. [viitattu 16.6.2016].

Saatavissa: http://betonikaivo.fi/wp-content/uploads/2015/05/rb_panoraama.jpg

[Kuva 2]

ALOK 2017. Photo gallery. [viitattu 9.3.2017]. Saatavissa: http://www.alok.com/Main%20PG/xfs_500x400_s100_bevelingconcrete.jpg

[Kuva 3]

Hitachi-powertools 2017. Kulmahiomakone [viitattu 8.3.2017].

Saatavissa: <http://www.hitachi-powertools.fi/maste-fi/hitachi-elverkytg/elektriske-maskiner-1/betongsliper/betongsliper-g13sb3-be-1300w-1>

[Kuva 4]

Zehnder Group Nordic AB 2016. Suodatinyksikkö [viitattu 15.2.2016].

Saatavissa: <http://www.international.zehnder-systems.com/products-and-systems/clean-air-solutions/zehnder-cleanair-6>

[Kuva 5]

Kohdepoisto 2016. [viitattu 10.2.2016].

Saatavissa: <http://www.kohdepoisto.com/wp-content/uploads/2015/01/Push-Pull-esite.pdf>

[Kuva 6]

Nestori –Tuote Oy 2017. Raepuhalluskaappi [viitattu 15.2.2016].

Saatavissa: http://www.nestori-tuote.fi/index.php/downloads/dl/file/id/153/kit_cap_esite.pdf

[Kuva 7]

TTL 2017. Hengittyvän pölyn talteenotto [viitattu 12.5.2017].

Saatavissa:https://www.ttl.fi/wp-content/uploads/2016/12/Polyn_punnitus_ilmanaytteista_naytteenotto-ohje.pdf

[Kuva 8]

Tamrotor 2016. Kompessorit [viitattu 23.2.2016].

Saatavissa:http://www.compressor.fi/media/EsittePDF/Paineilmajarjestelmien_suunnittelu.pdf

[Kuva 9]

Ourex 2016. Puhaltimet [viitattu 5.7.2016].

Saatavissa:<http://www.ourex.fi/images/esitteet/esitteet/puhaltimet/FB-puhaltimet.pdf>

LIITTEET

LIITE 1. Putkikoneen, jumbon sekä kaivon mittausarvot

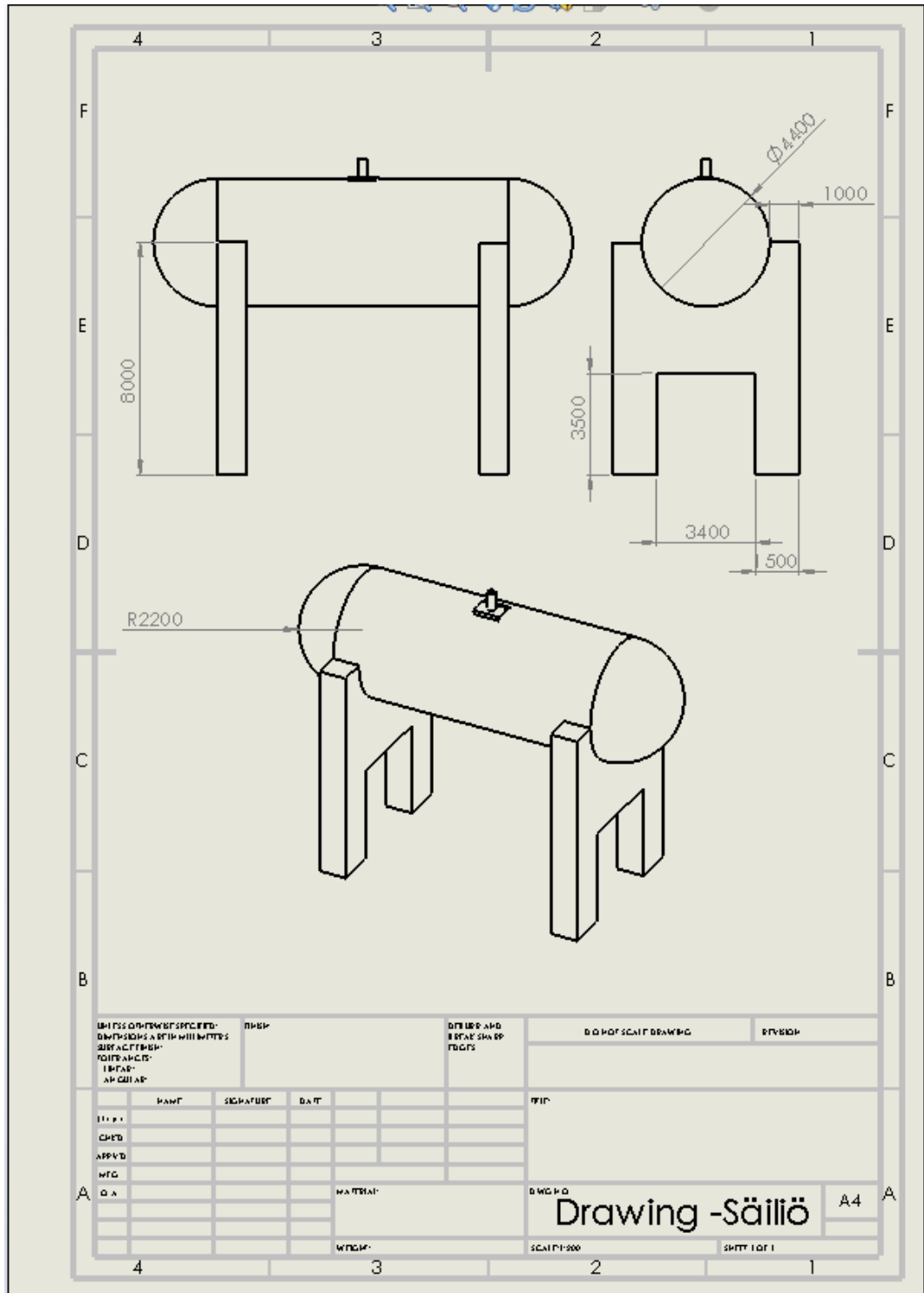
Yhdiste	Putkikone		Jumbon valu		Kaivon valu	
	Mitattu pitoisuus (mg/m ³)	% 8 h HTP-arvosta	Mitattu pitoisuus (mg/m ³)	% 8 h HTP-arvosta	Mitattu pitoisuus (mg/m ³)	% 8 h HTP-arvosta
Alveolipöly *	0,56	(19)*	0,56	(19)*	1,2	(40)*
Kvartsi (kiteinen piidioksidi)	<0,008	<16	<0,007	<14	0,024	48

LIITE 2. Raudoittajan pölymittauksen mittausarvot

Yhdiste	Raudoittaja	
	Mitattu pitoisuus (mg/m ³)	% 8 h HTP-arvosta
Hengittävä pöly	2,26	23*

*=Epäorgaanisen pölyn HTP-arvosta

LIITE 3. Säiliö sekä telineet



LIITE 4. Säiliön liitin

