

Dmitri Kutkin

**TOOTMISHALLIS TÖÖKESKKONNA JA
ÕHUKVALITEEDI PARANDAMINE
ÕHUPUHAUSTUSSÜSTEEMI TÄIUSTAMISE
ABIL ESTANC AS NÄITEL.**

LÕPUTÖÖ

Tehnoloogia ja ringmajanduse instituut
Tootmine ja tootmiskorraldus
Juhendaja: Priit Siitan

Tallinn 2023

Mina, Dmitri Kutkin , tõendan, et lõputöö on minu kirjutatud. Töö koostamisel kasutatud teiste autorite, sh juhendaja teostele on viidatud õiguspäraselt.

Kõik isiklikud ja varalised autoriõigused käesoleva lõputöö osas kuuluvad autori/te/le ainuisikuliselt ning need on kaitstud autoriõiguse seadusega.

Juhendaja Priit Siitan (allkirjastatud digitaalselt)

Lõputöö on kaitsmisele lubatud tehnoloogia ja ringmajanduse instituudi direktori korraldusega.

Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks

Mina, Dmitri Kutkin sünnikuupäev: 27.03.1980 a. annan Tallinna Tehnikakõrgkoolile (edaspidi kõrgkool) tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose

TOOTMISHALLIS TÖÖKESKKONNA JA ÕHUKVALITEEDI PARANDAMINE
ÕHUPUHAUSTUSSÜSTEEMI TÄIUSTAMISE ABIL ESTANC AS NÄITEL.

1. reprodutseerimiseks paberkandjal kõrgkooli raamatukogus avaldamise ja säilitamise eesmärgil;
2. elektroonseks avaldamiseks kõrgkooli repositooriumi kaudu;
3. kui lõputöö avaldamisele on instituudi direktori korraldusega kehtestatud tähtajaline piirang, lõputöö avaldada pärast piirangu lõppemist.

Olen teadlik, et nimetatud õigused jäävad alles ka autorile ja kinnitan, et:

1. lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest tulenevaid ega muid õigusi;
2. PDF-failina esitatud töö vastab täielikult kirjalikult esitatud tööle.

Tallinnas (allkirjastatud digitaalselt, kuupäev digiallkirjas) [27].

SISUKORD

LÜHENDID	5
SISSEJUHATUS.....	6
1 ETTEVÕTTE TUTVUSTUS.....	8
1.1 Ettevõtte keskkonnajuhtimise, töötervishoiu ja tööohutuse alase tegevuse korraldus	9
1.2 Riskianalüüs.....	9
2 TEOREETILISED LÄHTEKOHAD	11
2.1.1 Õhuvoolu simulatsioon ja õhukaardistamine	15
3 SEISUKORD ÕHUKVALITEEDIGA ESTANC AS-IS	17
3.1 Õhukvaliteedimõõtmised.....	17
3.2 Töötajate küsitluse läbiviimine.....	18
3.3 Olemasoleva õhupuhastamise süsteem Estanc AS tootmis hallides.	20
4 LAHENDUSE OTSIMINE.....	22
4.1 Tehaste külastused	22
4.2 Lahenduste ja turu analüüs	25
4.2.1 Push-Pull süsteem	25
4.2.2 Üldine filtrisüsteem.	26
4.2.3 Turuanalüüs	27
4.2.4 Õhupuhastustorn Nederman MCP-16RC.....	27
4.2.5 Õhupuhastuse süsteem Esta Filtower 200	28
4.2.6 Õhupuhastamise süsteemid Plymovent SCS-Diluter ja MDB-Diluter	28
4.2.7 Õhupuhastamise süsteem TEKA Airtech P24	29
4.3 Hinnapakumised	30
4.4 Õhuvoolu simulatsioon Estanc AS tootmisel	31
4.5 TEKA Airtech P10 ümberehituse võimalused	32
5 ETTEPANEKUD	34
6 ARVUTUSTÖÖ.....	36
KOKKUVÕTE.....	38
SUMMARY	40
VIIDATUD ALLIKAD.....	42
LISAD	45

Lisa 1. ESTANC AS TOOTMINE TÖÖKESKKONNA RISKIANALÜÜS.....	45
Lisa 2. Peentolmu kontsentratsiooni mõõtmiste tulemused ja kokkuvõtte.	47
Lisa 3. Seadmete võrdlemistabel.....	50
Lisa 4. Hinnapakkumine Esta Filtower 200 (Tarnija A).....	51
Lisa 5. Hinnapakkumine PLYMOVENT Diluter 1,0 mg/m ³ (Tarnija B).....	52
Lisa 6. Hinnapakkumine PLYMOVENT Diluter 2,5 mg/m ³ (Tarnija B).....	53
Lisa 7. Hinnapakkumine TEKA Airtech P24 (Tarnija C).....	54

LÜHENDID

ISO 9001:2015 - rahvusvaheline standard, mis määrab kindlaks kvaliteedijuhtimissüsteemi baasnõuded.

ISO 14001:2015 - keskkonnajuhtimissüsteemi sertifikaat.

ISO 45001:2018 - töötervishoiu ja tööohutuse juhtimissüsteemi sertifikaat.

ISO 50001:2018 - energiajuhtimissüsteemi arendamise sertifikaat.

CS - Estanc AS tootmise halli nimetus, kus teostatakse süsinikterasest toodete keevitamist.

RST1 - Estanc AS tootmise halli nimetus, kus teostatakse roostevabaterasest toodete keevitamist.

RST2 – Estanc AS tootmise halli nimetus, kus teostatakse roostevabaterasest toodete keevitamist.

FFP2 – respiraatorite klass ning filtreerib vähemalt 94% õhus leiduvatest osakestest.

AQI - Air Quality Index – Õhukvaliteedi indeks.

MIG – poolautomaatne keevitus protsess pideva etteandega elektroodtraati kaitsegaasis.

TIG – keevitus protsess inertgaasis volframelektroodiga.

PM_{2,5} - õhus olevat pisikesed osakesed või tilgad, mille laius on kaks ja pool mikronit või vähem.

PM₁₀ – õhus olevat pisikesed osakesed või tilgad, mille laius on kümme mikromeetrit või vähem.

tolmus ja suitsus leiduvad väga väikesed osakesed. Nende läbimõõt on 10 mikromeetrit (0,01 mm) või väiksem. PM₁₀ osakesed on tavaline õhusaasteaine.

HVAC - Heating, Ventilation, and Air Conditioning - küte, ventilatsioon ja kliimaseade.

SISSEJUHATUS

Lõputöö eesmärk on analüüsida vajadust õhupuhastussüsteemi täiustamise järele, välja selgitada õhukvaliteedi tase Estanc AS tootmishallides, leida ja pakkuda sobivaid lahendusi ning uurida, kuidas tootmishallis õhupuhastussüsteemi täiustamine võib aidata parandada töökeskkonda ja õhukvaliteeti.

Selle teema oma lõputöö valimiseks ajendas mind mõistmine, et tootmishallides õhupuhastussüsteemide oluliste muudatuste tegemine on hädavajalik. Õhusaaste teema tootmise töötajate jaoks on muutnud viimasel ajal juba esmatähtsaks. Igal tootmisüksuse üldkoosolekul tõstatavad töötajad alati õhukvaliteedi parandamise osas küsimused. Töökeskkonna nõukogu on juba aastaid õhukvaliteedi parandamise teema tegevuskavas esitatud ja kaalutakse vajalikke meetmeid tootmishallide rakenduseks, kuid seni pole see andnud tulemusi. Lisaks sellele sooviksin märkida, et audiitorid ja klientide esindajad teevad sageli märkusi töökeskkonna õhukvaliteedi osas. Enamus Estanc AS-i tellimustest tulevad Skandinaavia klientidelt ning nendele töökeskkonna ohutuse teema on üks olulisemaid tegureid, kui valitakse tootmise teenusepakkuja nende toodetele. Mõned kliendid on isegi valmis maksuma preemiat mõne protsendi võrra tellitud toodete maksumusest, kui tootmisettevõtte vastab määratud töökeskkonna ohutuse kriteeriumidele.

Estanc AS on metallitööstusvaldkonnas tegutsenud juba üle 30 aastat. Metallitööstusele on iseloomulik suur hulk väiksemaid tolmuosakesi tootmisprotsessis. Sellistes tingimustes on vajalik tagada maksimaalne õhuvool, tolmufiltratsiooni efektiivsus ja tolmu kogumisevõimekus. Töötajate ohutuse, tervise ja produktiivsuse tagamiseks on vajalik eemaldada õhufiltrisüsteemide abil tolmu ja muud saasteained tootmisruumidest. Estanc AS-is aastast aastani pööratakse üha rohkem tähelepanu töökeskkonna parandamisega seotud probleemidele. Turvalise ja mugava töökeskkonna loomine kõikidele töötajatele on ettevõtte peamiste eesmärkide hulgas. See eesmärk on väljendatud ka Estanc AS-i visioonis ja selle sõnastus on – „luua paremat elukvaliteeti olles sealjuures osaks kestliku maailma ehitamisel [9].“ Õhupuhastussüsteemi parandamine tootmishoonetes vastab täielikult Estanc AS visioonile nii inimeste elukvaliteedi kui ka keskkonna jätkusuutlikkuse parandamise osas.

Filtrisüsteemid eemaldavad õhust inimestele ja keskkonnale ohtlikud osakesed. Selle abil Estanc AS-i töötajad saavad töökeskkonna, mis ei kahjusta nende tervist. Filtrite kaudu kogutud osakesed saadetakse hiljem ohtlike jäätmetena töötlemiseks, mitte ei visata välja väliskeskkonda tootmishoonete ventileerimise käigus ja ei saasta välisõhku ja keskkonda.

Estanc ASi tootmishoonetes on juba olemas õhupuhastussüsteem, mis omakorda raskendab antud ülesande täitmist. Oluliselt lihtsam on valida sobiv õhupuhastussüsteem turul pakutavate hulgast, kui ümber ehitada ja kohendada juba olemasolevaid, kuid mitte piisavalt efektiivseid lahendusi.

Probleemi tuvastamiseks ja lahendamise põhjendamiseks viin läbi küsitluse Estanc ASi töötajate seas. Küsitluses palun töötajatel hinnata õhu kvaliteeti tootmises ja vajadust õhupuhastussüsteemi parandamiseks. Samuti palun töötajatel loetleda olemasoleva õhupuhastussüsteemi puudused. Olemasoleva õhupuhastussüsteemi puuduste hulgas on loetletud kõrge müra tase, tolmu hallisse tagasipuhke süsteemi enesepuhastamise ajal, ebapiisav õhuvahetus ja hallide ruumi katvus. Küsitluse läbiviimise eesmärk kinnitada probleemi ning õhupuhastussüsteemi puuduste olemasolu.

Probleemsete piirkondade tuvastamiseks ja probleemi ulatuse mõistmiseks mõõdan õhu kvaliteeti erinevates tootmise osades tööajal. Mõõtmiste läbiviimise eesmärk tuvastada piirkonnad, kus õhk on tugevalt saastunud ning õhupuhastus puudub või on ebaefektiivne. Õhupuhastamise süsteemide tõhususe ja nendega kaasneva õhu tsirkulatsiooni mõistmiseks teostan simulatsiooni abil uurimist. Need meetodid aitavad tuvastada õhufiltrisüsteemide perspektiivse paigutuse kohad.

Lõputöö käigus külastan mitut metallitööstusettevõtet Estanc ASi jaoks sobiva lahenduse leidmiseks. Vestlen nende ettevõtete tootmisjuhtidega, et saada tagasisidet nende tootmisel kasutatavate õhupuhastussüsteemide kohta. Teen turuanalüüsi ja küsin pakkumisi turul olemasolevatele lahendustele. Samuti analüüsin võimalikke lahendusi, nagu näiteks olemasolevate õhupuhastussüsteemide täielik asendamine või ümberehitus. Võrdlen ning analüüsin turul saadaolevaid lahendusi, nende tõhusust ja majanduslikku otstarbekust. Analüüsi põhjal valin sobiva lahenduse Estanc AS tootmishallidesse rakendamiseks. Vajadusel töötan välja olemasolevate õhupuhastussüsteemide ümberkorraldamise ja kohandamise lahenduse, lähtudes saadud kogemusest ja kogutud teabest nende süsteemide puuduste kohta.

Lõputöös analüüsin õhupuhastussüsteemi täiustamise mõju tootmishalli energiatarbimisele ja selle majanduslikule tasuvusele. Investeeringute majandusliku tasuvuse arvutamisel kasutan teoreetilised lähtekohad ning võtan lisaks arvesse tootmishoonete õhutamise ja ventilatsiooni energiatarbimise kokkuhoid, respiraatorite tarbimise ning tootmistöötajate haiguspäevade teoreetilist vähenemist.

Lisaks uurin olemasolevaid seadusandlikke ja regulatiivseid nõudeid õhupuhastussüsteemidele tootmishallides. Lõputöös esitan soovitusel ja praktilised juhised õhupuhastussüsteemi täiustamiseks tootmishallis, et parandada töökeskkonda ja õhukvaliteeti, tagada töötajate tervis ja vähendada õnnetuste riski.

1 ETTEVÕTTE TUTVUSTUS

Estanc AS on projektipõhiseid protsessiseadmeid valmistav 30-aastase kogemusega Eesti kapitalil põhinev tootmisettevõte. Estanc AS põhitegevusala: Terasvaatide jms mahutite tootmine. Ettevõtte tootmisüksused asuvad enam kui 12 000 ruutmeetrisel spetsiaalsetel ja erakordsetel tootmisaladel Jüris Harjumaal. Aadressil Põrguvälja tee 5a, Pildiküla, Rae vald. Estanc on pereettevõtte, mis rajati aastal 1992. Tänapäeval on Estanc suurim omataoline ettevõtte nii Baltikumi kui ka Põhjamaade regioonis. 2018. aastal valminud keskkonnasõbralikus ja modernses 10 500m² ning 3 tootmishalliga tehases on eraldatud süsinik- ning roostevaba terasest tootmine. Ettevõtte 2022. aasta käive oli rohkem kui 24 miljonit eurot, sealjuures 97% ärist moodustab eksport. Estanc Asi kliendid on peamiselt maailmas juhtpositsioonidel asuvad ettevõtted, kes opereerivad globaalselt sellistes baasmajandusharudes nagu energia, petrokeemia, tselluloos ja paber, merendus, kaevandus, puidu töötlemine, vee käsitlemine, aga ka teistel aladel. Estanc on valmistanud tooteid eri paikadesse üle kogu Maailma. Estanc AS tooteid leiad Lõunast- põhja teljel näiteks Uruguaist, Mehhikost, Brasiiliast kuni meie põhiliste turgudeni Soomes, Rootsis ja Norras. Idast- läände teljel Venemaast ja Hiinast kuni Kanada, Ameerika ühendriikideni ja igal pool nende äärmuste vahel. Ettevõttes töötab 170 inimest ja lisandväärtus töötaja kohta on 50 615 €. Ettevõtte äri südameks on 120 pidevalt arenevat ja kõrgete oskustega tootmistöölist, peamiselt keevitajad [9].



Joonis 1. Estanc AS [9].

1.1 Ettevõtte keskkonnanjuhtimise, töötervishoiu ja tööohutuse alase tegevuse korraldus

Estanc AS kvaliteedi-, keskkonna-, töötervishoiu ja ohutuse juhtimissüsteemi ja energiate juhtimissüsteemi korralise auditi käigus hinnati ettevõtte juhtimissüsteemi (IJS) toimivust vastavalt standarditele - ISO9001:2015, ISO14001:2015, ISO45001:2018 ja ISO50001:2018. Ettevõtte põhiprotsessid toimivad kooskõlas juhtpõhimõtete ja -eesmärkidega ning on suunatud pidevale parendamisele. Riskid on hinnatud, juhtkonnapoolne ülevaatus ja siseauditid on läbiviidud, tulemused on dokumenteeritud. Tootmine on hästi korraldatud. Töötajatega infovahetus on toimiv ja tõhus (Lisa 1.)

1.2 Riskianalüüs

Estanc AS viis riskianalüüsi läbi 2019. aastal (Lisa 1.)

Riskianalüüsi üldisel kokkuvõttel ettevõtte osas oli mainitud, et ettevõtte tootmisel tööd tehakse erinevates ruumides ja ruumi osades, kus müra, valgustuse ja mikrokliima tingimused on muutuvad. Tööruumides on õhupuhasd ja töötajatele on väljastatud isikukaitsevahendid ning tagatud töökohad tööülesannete täitmiseks.

Õhukvaliteedi olek mainitakse riskianalüüsi füüsikaliste tegurite osas, kus on kajastatud tootmisruumides viibides ja tööülesandeid täites esinevaid ohutegureid ühiselt ning töökohtade riskianalüüsides on kajastatud ohutegureid, mida ei saanud või ei olnud mõistlik üldosas kirjeldada. Õhukvaliteedi osas riskianalüüsis mainitakse töötajate kaebuseid õhuvahetuse kohta ja metallitolmu suure sisalduse osas CS halli õhus. Samas on kirjutatud, et töötajatele on tagatud hingamiskaitseks FFP2 tolumumaskid, kuid töötajad eiravad enamasti tolumumaskide kandmist. Samuti mainitakse, et keevitajad kasutavad individuaalseid hingamiskaitse keevitusmaske filtrivöö süsteemide mootoriga, kuid tööruumis töötavad lisaks keevitajatele ka lukksepad, kes ei kanna keevitusmaske hingamiskaitse süsteemiga ning hingavad keevitusaua ja metallitolmu sisse. Töötajad kannavad tolumumaski ainult suure tolmu tekkega protsessidega töötamisel. Tootmisosakonna töötajate sõnul on pidev respiraatori kandmine töökojas ebamugav ja vähendab oluliselt nende töö efektiivsust, kuna respiraatoris on palav töötada ja tekib hapnikupuuduse tunne. Nende sõnul jääb osa väljahingatavast õhust respiraatorisse ja järgmine hingetõmme ei ole enam hapnikurikas.

Tabel 1. Estanc AS tootmise töökeskonna Riskianalüüsi lõik (lk. 13). (Lisa 1.)

Oht	Ohustatud isik (vajadusel), ohu iseloomustus	Hetkel rakendatavad ohutusmeetmed	Tervisemõju	Ennetusmeetmed/tegevused	Riskitase
Õhuvahetus siseruumides ja värske õhu juurdevool, ventilatsioon Õhuvahetus siseruumides ja värske õhu juurdevool, ventilatsioon	Ohustatud isikud: kõik töötajad Allikas: tootmisruumides (CS hall, RST 1 ja RST 2) on õhupuhastajad.	Olemas on koostööpartner, kes hooldab ja parandab õhupuhasteid.	Peavalu, silmade ärritus, motivatsiooni langus, väsimus, pearinglus.	Regulaarne õhupuhastite hooldus.	III
	Allikas: CS hallis on palju metallitolmu. Õhuvahetus ei ole töötajate sõnul CS ruumis piisav. Tööruumis töötavad lisaks keevitajatele ka lukksepad, kes ei kannu keevitusmaske ning hingavad keevitusaure ja metallitolmu sisse.	Töötajatele on tagatud tolumumaskid FFP2.		Kanda tolumumaski. Võimalusel ventilatsioonisüsteemi tõhustamine.	III

2 TEOREETILISED LÄHTEKOHAD

Alustan õhukvaliteedi mõistega, ehk õhukvaliteedi tase viitab sellele, kui puhas ja tervislik on õhk, mida me hingame. See mõiste hõlmab õhus leiduvate saasteainete, nagu näiteks tolmu, suitsu, keemiliste ühendite, õietolmu ja muude ainetega seotud riske inimeste tervisele. Õhukvaliteeti mõõdetakse erinevate näitajate abil, nagu näiteks õhukvaliteedi indeks (AQI), mida kasutatakse hinnangu andmiseks, kui ohtlik on õhk inimeste tervisele. AQI näitab õhus leiduvate saasteainete, nagu näiteks osakeste või osooni, kontsentratsiooni ning annab hinnangu, kas õhk on tervisele ohtlik või mitte. [11]

AQI skoor arvutatakse vastavalt teatud väärtuste piirangutele ja see võib ulatuda alates nullist kuni üle 500. Kõrgem AQI skoor tähendab tavaliselt halvemat õhukvaliteeti, mis võib põhjustada terviseprobleeme inimestele, eriti kui nad viibivad pikka aega halva õhukvaliteediga piirkondades. AQI-d kasutatakse laialdaselt õhukvaliteedi jälgimiseks ja hoiatuste esitamiseks, et aidata inimestel kaitsta oma tervist ja vähendada õhusaaste negatiivset mõju. [11]

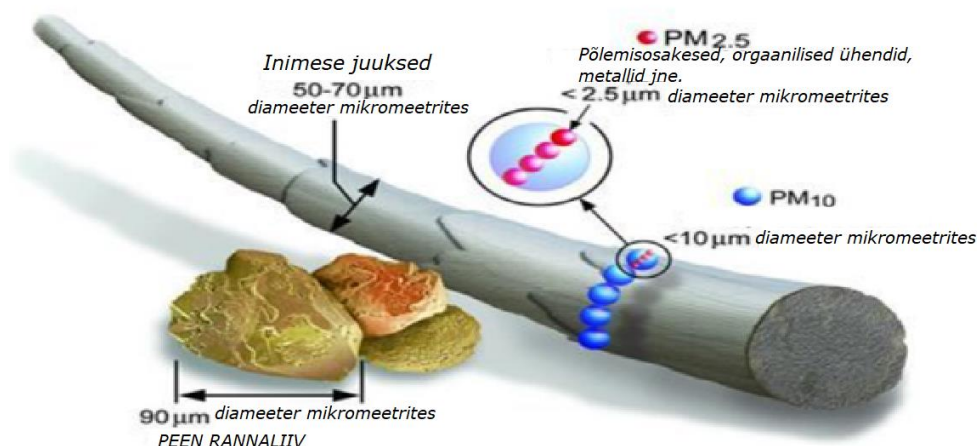
	US AQI Tase	PM _{2.5} (µg/m ³)	Tervise soovitus (24-tunniseks särituseks)
	Hea 0-50	0-12.0	Õhukvaliteet on rahuldav ja kujutab endast vähest ohtu või üldse mitte.
	Keskmine 51-100	12.1-35.4	Tundlikud inimesed peaksid vältima välitegevust, kuna neil võivad tekkida hingamisteede sümptomid.
	Ebatervislik Tundlikele Rühmadele 101-150	35.5-55.4	Ärrituse ja hingamisprobleemide oht on tavainimestel ja tundlikel isikutel.
	Ebatervislik 151-200	55.5-150.4	Suurenenud ebasoodsate mõjude ja süvenemise tõenäosus südamele ja kopsudele tavainimestel.
	Väga Ebatervislik 201-300	150.5-250.4	Üldsus on märgatavalt mõjutatud. Tundlikud rühmad peaksid piirama välitegevust.
	Ohlik 301+	250.5+	Inimestel on suur oht kogeda tugevat ärritust ja kahjulikke tervisemõjusid. Välitegevust tuleks vältida.

Joonis 2. USA AQI õhukvaliteedi indeks PM_{2.5} osakeste kontsentratsioon [11].

Indeks koosneb inimtervist ja keskkonda kahjustava viie peamise saasteaine järgi: tahked osakesed (PM_{2.5} ja PM₁₀), troposfääriosoon (O₃), lämmastikdioksiid (NO₂) ja vääveldioksiid (SO₂). [2]

Kuid tootmishalli õhu kvaliteedi hindamiseks selle lõputööl kasutan vaid tahkete osakesete (PM_{2,5} ja PM₁₀) parameetri [11].

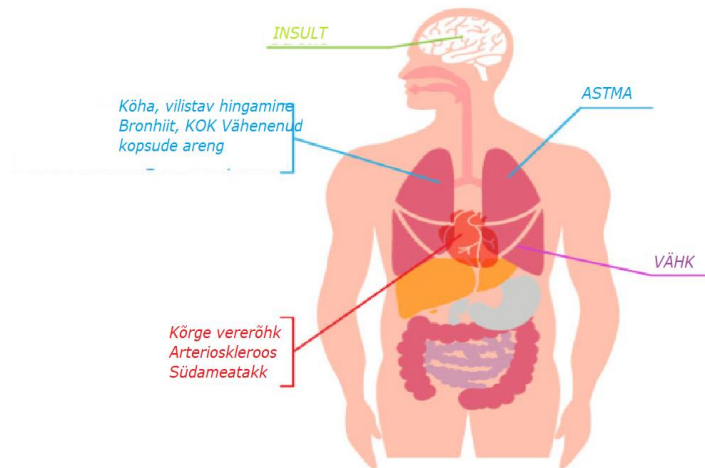
PM_{2.5} ja PM₁₀ on osakeste mõõtühikud, mis viitavad õhus leiduvate tahkete osakeste suurusele. PM_{2.5} viitab osakestele, mille diameeter on väiksem kui 2,5 mikromeetrit, samas kui PM₁₀ viitab osakestele, mille diameeter on väiksem kui 10 mikromeetrit. Need tahked osakesed võivad sisaldada saasteaineid, nagu näiteks tolmu, suitsu, tahma ja lenduvaid orgaanilisi ühendeid. Kuna need osakesed võivad tungida sügavamale inimese hingamisteedesse ja põhjustada terviseprobleeme, peetakse nende mõõtühikute jälgimist oluliseks õhukvaliteedi hindamisel. [3]



Joonis 3. Millised on PM_{2,5} ja PM₁₀ osakesed. [3]

PM_{2.5} ja PM₁₀ on peenosakesed, mis võivad tungida sügavale kopsudesse ja isegi vereringesse ning seetõttu võivad need olla tervisele ohtlikud. Need võivad põhjustada hingamisteede ärritust, astmat, kopsuvähki, südame-veresoonkonna haigusi ning teisi terviseprobleeme. PM_{2.5} on eriti ohtlik, sest see on väga väike ja võib jääda õhus hõljuma kauemaks ajaks, kogunedes seeläbi organismis. PM₁₀ on suurem kui PM_{2.5}, kuid võib siiski olla ohtlik, eriti kui neid osakesi sisse hingatakse pikema aja jooksul. [3]

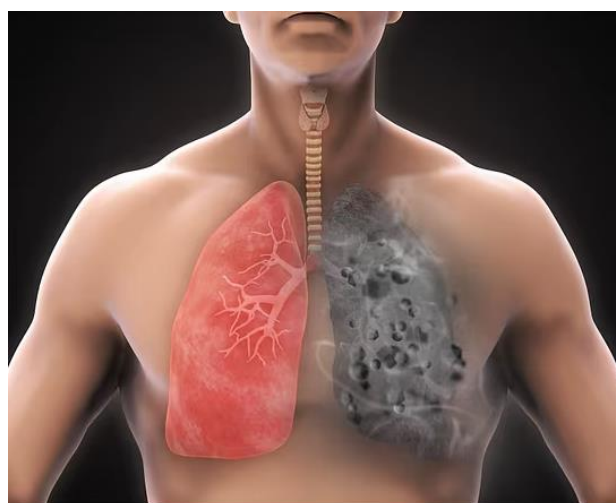
PM_{2.5} ja PM₁₀ osakesed on seotud hingamisteede ärrituse, köha, õhupuuduse, astma ja kroonilise obstruktiivse kopsuhaiguse (KOK) suurenenud riskiga. Pikemaajaline kokkupuude nende osakestega võib suurendada ka südame- ja veresoonkonnahaiguste riski, sealhulgas südameatakkide, insuldi ja südame rütmihäirete riski. Seetõttu on oluline jälgida õhusaaste taset ja vältida pikaajalist kokkupuudet kõrge saastetasemega piirkondades. [3]



Joonis 4. PM10 mõju tervisele [4].

Ettevõtte Estanc AS tootmisel kasutatakse erinevaid metalli keevituse ja lõikuse protsesse, mis nõuavad tõhustatud ventilatsiooni ja õhupuhastust. Need protsessid on: plasma ja gaasi lõikus, metalli lõikamine ja lihvimine abrasiivmaterjalidega, MIG, TIG ja räbu all keevitus. Peamine tootmises kasutatav keevitusprotsess on MIG.

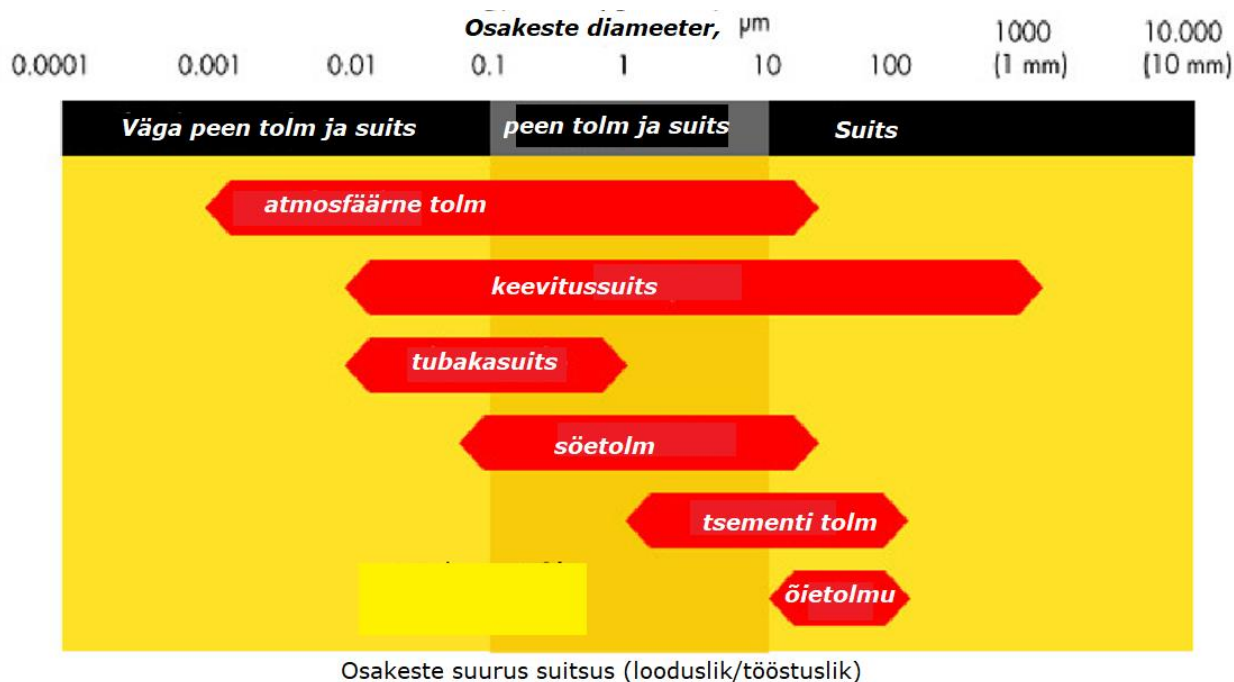
MIG keevitus protsess võib kahjustada tervist mitmel erineval viisil. Üks peamisi ohte on kokkupuude keevitusuitsuga, mis sisaldab mitmeid kahjulikke aineid nagu osakesed, suitsugaaside ja metalldioksiidid. Need ained võivad kahjustada hingamisteid ja põhjustada mitmeid terviseprobleeme, nagu bronhiit, astma ja kopsuhaigused. Lisaks võivad keevitustööd tekitada müra ja vibratsiooni, mis võivad põhjustada kuulmiskahjustusi ja liigeste probleeme [12].



Joonis 5. Kevitusauru ähvardav mõju [12].

Keevitussuitsud on metallide osakeste ja gaaside segu, mis tekib keevitusprotsesside ajal. Nende koostis võib erineda sõltuvalt keevitatavate metallide tüübist, seega sisaldavad need mitmeid saasteaineid. Koostis varieerub vastavalt keevitusprotsessile ja sisaldab tavaliselt metalli oksiide ning teisi metallireaktsiooni tooteid, elektrootodide osakesi ning UV-kiirgusega tekitatud gaase nagu osoon ja kaitsegaase [12].

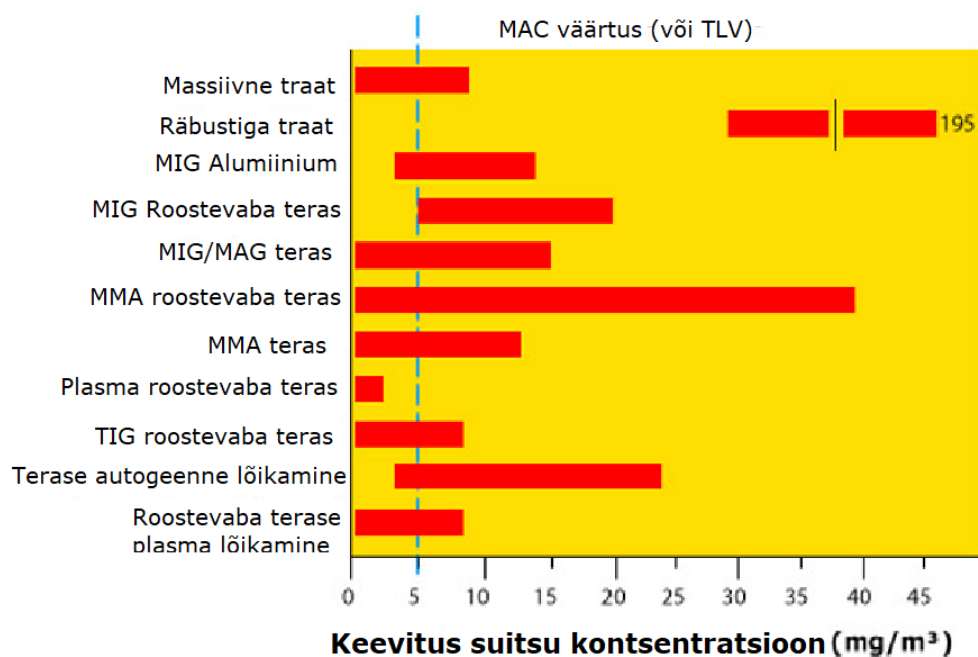
Allpool olev pilt näitab keevituspuru osakeste suurust võrreldes teiste osakestega.



Joonis 6. Osakeste suurust võrreldes teiste osakestega [13].

MAC (Maximum Allowable Concentration) on seadusliku kokkupuutestandardi tavaline lühend. See on defineeritud kui lubatud ajaliselt kaalutud keskmine kontsentratsioon 8-tunnise tööpäeva ja 40-tunnise tööädala kohta, mille jooksul töötaja võib korduvalt kokku puutuda ilma kahjulike tervisemõjudeta. Seotud väärtus USA-s on TLV (Threshold Limit Value), see ei ole juriidiline standard, vaid juhised, mille on avaldanud Ameerika Valitsuse Tööstushügieenistide Konverents (ACGIH). Mõlemat väärtust mõõdetakse keevitaja hingamistsoonis [12].

Allpool olev pilt näitab kontsentratsioonid on antud ühikutes mg/m³ mitmesuguste keevitusprotsesside jaoks ilma keevitussuitsu eemaldamise süsteemi kasutamata.



Joonis 7. kontsentratsioonid mitmesuguste keevitusprotsesside jaoks [12].

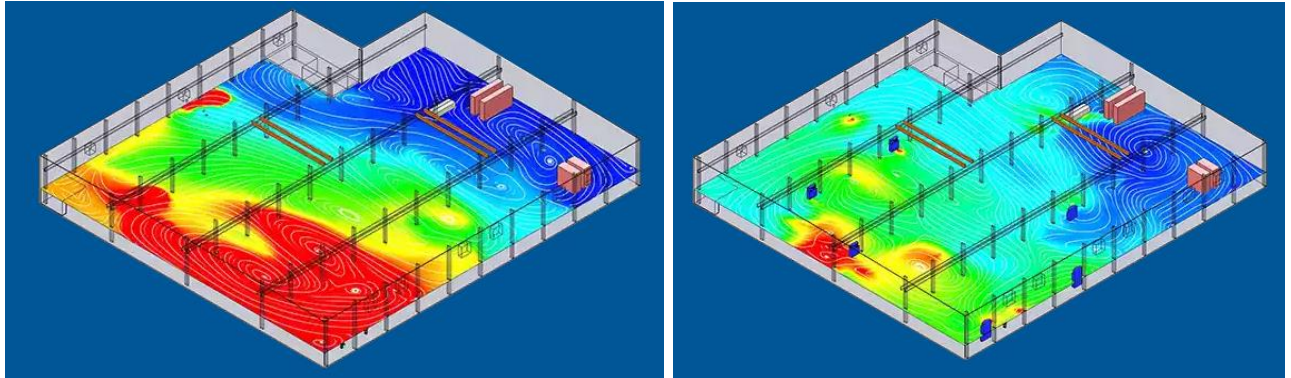
2.1.1 Õhuvoolu simulatsioon ja õhukaardistamine

Õhuvoolu simulatsioon ja õhukaardistamine on tehnikad, mida kasutatakse õhu liikumise visualiseerimiseks ja analüüsimiseks konkreetses ruumis. Need meetodid aitavad tuvastada õhuvoolu mustrid, halva ventilatsiooni piirkonnad ning võimalikud õhujagamisega seotud probleemid.

Õhuvoolu simulatsioon hõlmab arvutimudelite ja simulatsioonitarkvara kasutamist õhuvoolu mustrite ennustamiseks ja visualiseerimiseks konkreetses keskkonnas. Tarkvarasse sisestatakse erinevad parameetrid, nagu ruumi mõõtmed, õhuvoolu sisse- ja väljalasketorude asukohad ning takistused, mis võimaldavad simuleerida õhu liikumist ja ringlust ruumis. Selline simulatsioon võib anda olulist teavet võimalike õhuvooluga seotud probleemide, näiteks seisvate piirkondade või ebapiisava ventilatsiooniga alade kohta.

Õhukaardistamine aga hõlmab õhuvoolu mustrite füüsilist mõõtmist ja visualiseerimist, kasutades näiteks suitsutesti, termopildistamist või jälitavate gaaside meetodeid. Suitsutestimine hõlmab nähtava suitsu või udu vabastamist ruumi ning selle liikumise ja hajumise jälgimist. Termopildistamine kasutab infrapunakaameraid temperatuurierinevuste ja õhuvoolu mustrite tuvastamiseks. Jälitavad gaasid, mis on ohutud ja tuvastatavad ained, lastakse õhku ning nende hajumist jälgitakse õhuvoolu suundade ja kiiruste määramiseks.

Mõlemat õhuvoolu simulatsiooni ja õhukaardistamise tehnikat kasutatakse erinevates tööstusharudes ja rakendustes. Need on eriti kasulikud HVAC-süsteemide kujundamisel, siseruumide õhukvaliteedi hindamisel, puhaste ruumide kujundamisel ning töökoha ohutuse hindamisel. Õhuvoolu mustrite mõistmine ja optimeerimine aitab tagada korraliku ventilatsiooni, temperatuuri kontrolli ning saasteainete eemaldamist siseruumides.



Joonis 21. Õhuvoolu simulatsioon näide enne ja pärast õhupuhastus süsteemi rakendamist [18].

3 SEISUKORD ÕHUKVALITEEDIGA ESTANC AS-IS

3.1 Õhukvaliteedimõõtmised

Estanc AS toomisel 03.-20.06.2019 mõõdeti peentolmu kontsentratsiooni õhus m³ kohta (Lisa 2). Sisekliima mõõdistusi riskianalüüsi teostamisel läbi ei viidud. Mul on põhjust arvata, et tehtud mõõtmised on ajakohased, sest töökeskkonnas ja protsessides ei ole sellest ajast alates muudatusi toimunud.

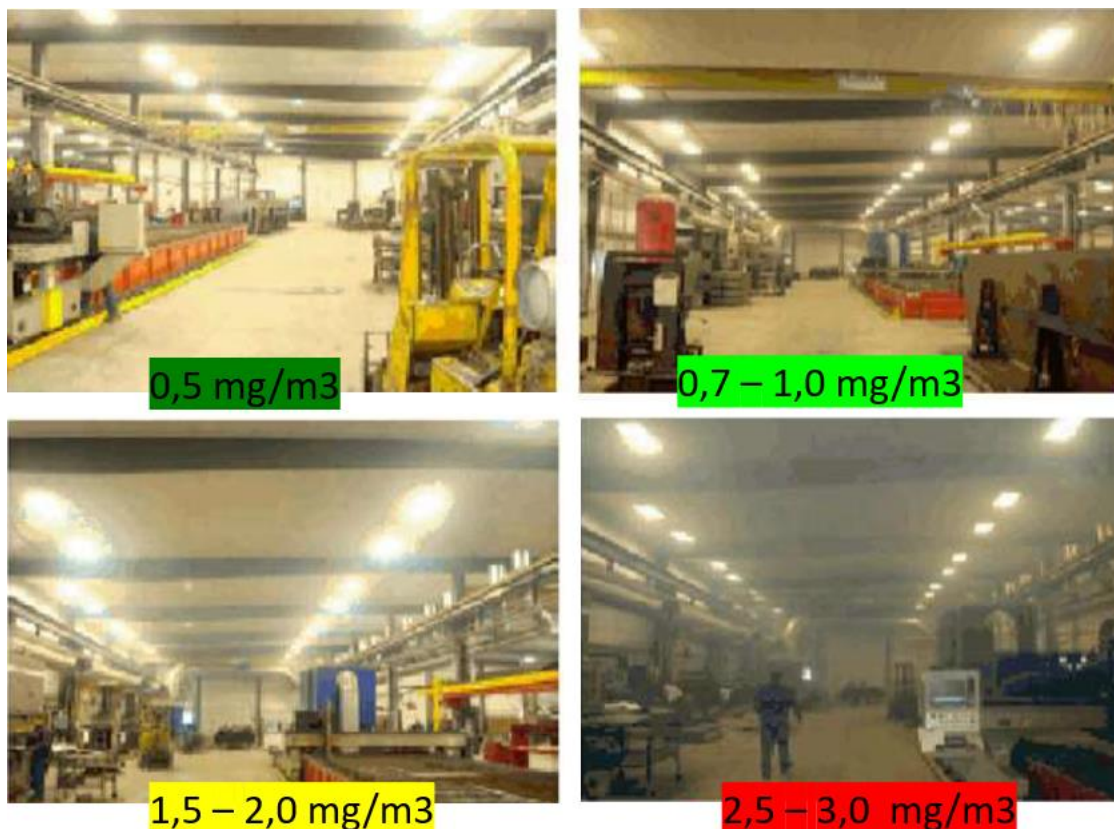
Kõik mõõtmised teostati 4 tunni jooksul (~11:30-15:30). TEKA seadmed olid sisse lülitatud. Kuna kõik mõõtmised teostati töötsooni äärtes (mitte otseselt keevitusallas), siis reaalse osakeste kontsentratsioon keevitusallas võib olla kõrgem (Lisa 2). Mõõtmistulemused näitavad, et osakeste kontsentratsioon tsehkhides RST1 ja RST2, mõõtmiste ajal, oli üsna madal. Samuti, on näha, et olemasolevate TEKA agregaadite kõrval, keskmine osakeste kontsentratsioon oli umbes 3 korda madalam, kui sama tsehhi teises osas. Kõige kõrgem osakeste kontsentratsioon oli CS tsehhis.

Tabel 2. Estanc AS tootmis hallide peentolmu kontsentratsiooni mõõtmiste tulemused (Lisa 2).

Tootmis hall nimetus	Keskmine osakeste kontsentratsioon (mg/m ³)	Maksimaalne osakeste kontsentratsioon (mg/m ³)
CS	1,34	4,51
RST2	0,61	0,90
RST2	0,26	1,38
RST1	0,65	1,80
RST1	0,22	1,75

Mõõtmiste tulemused vastavad töökeskkonna keemiliste ohutegurite piirnormidele, mis kajastatud Eesti Vabariigi Valitsuse poolt kinnitatud 18. septembri 2001. a määrusele nr 293 „Töökeskkonna keemiliste ohutegurite piirnormid“. Orgaanilise ja anorgaanilise tolmu segu sisaldus ei tohi olla üle 5 mg/m³ [17].

Keevitusettevõtetes on õhu puhastamine oluline ja vajalik meede töötajate ohutuse tagamiseks ja töökeskkonna õhu kvaliteedi säilitamiseks. Keevitustöödel eralduvad mitmesugused kahjulikud ained ja aerosoolid, mis võivad meetmete võtmata jätmise korral avaldada negatiivset mõju töötajate tervisele. Estanc ASi juhtkonnal on kindel soov tagada oma töötajatele parem töökeskkond ja eesmärgiks pandud näidik tolmu segu sisalduse ei tohi olla üle 1 mg/m³.

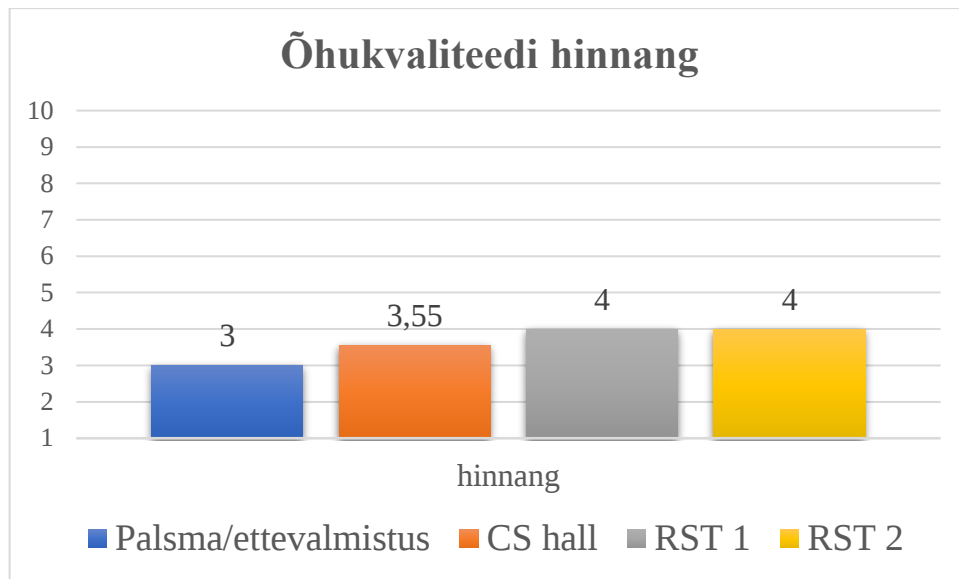


Joonis 8. Fotodel on illustratiivne väärtus [15], [18].

3.2 Töötajate küsitluse läbiviimine

Selle probleemi olemasolu tegelikuks kinnitamiseks ja töötajate mure suuruse mõõtmiseks töökoha õhukvaliteedi probleemiga viisin läbi töötajate küsitlus, kasutasin selleks Google Forms platvormi ja Estanc AS sisekommunikatsiooni rakendust MS TEAMS.

Küsitlusel palusin hinnata skaalal nullist kümneni õhu puhtust tootmises hallide ja osakondade kaupa. Samuti palusin töötajatel kirjeldada olemasoleva TEKA õhutussüsteemi puudusi. Uuringus osales 44 inimest. Tootmistöötajad hindasid oma töökodade õhukvaliteeti väga mitterahuldavaks.



Joonis 9. Õhukvaliteedi hindamine töötajate poolt.

Töötajate sõnul on õhukvaliteedi peamised puudused töökohal järgmised:

1. õhupuhasti ei tee oma tööd, CS hall on liiga suur ja seal on palju tolmu.
2. Ebapiisav võimsus, puudub õhuringlus;
3. nõrk puhastusaste;
4. ebapiisav, kui arvestada töökodade hulka. Kehv paiknemine. Tornid on ühel pool halli;
5. õhupuhastusseadme kõrge müratase;
6. peentolmu paiskumine tagasi töökotta seadmete filtrite isepuhastumisel.

Küsitluse tulemuste põhjal võib järeldada, et töötajatele on tõsine probleem seoses töökoha õhukvaliteediga. Mõõtmised kinnitavad töötajate muret õhu saastatuse mõju kohta nende tervisele, kuigi õhus leiduvate tolmuosakeste piirnormid ei ole ületatud. Töötajate tagasiside põhjal koostatakse õhupuhastussüsteemi puuduste kõrvaldamise plaan.

3.3 Olemasoleva õhupuhastamise süsteem Estanc AS tootmis hallides.

Ettevõtte tootmishallid on varustatud TEKA Airtech P10 õhufiltreerimis seadmetega. Kokku paigaldatud 7 seadet. Nendest 3 seadet asuvad CS hallis, 2 seadet RST1 hallis ja 2 seadet RST2 hallis.

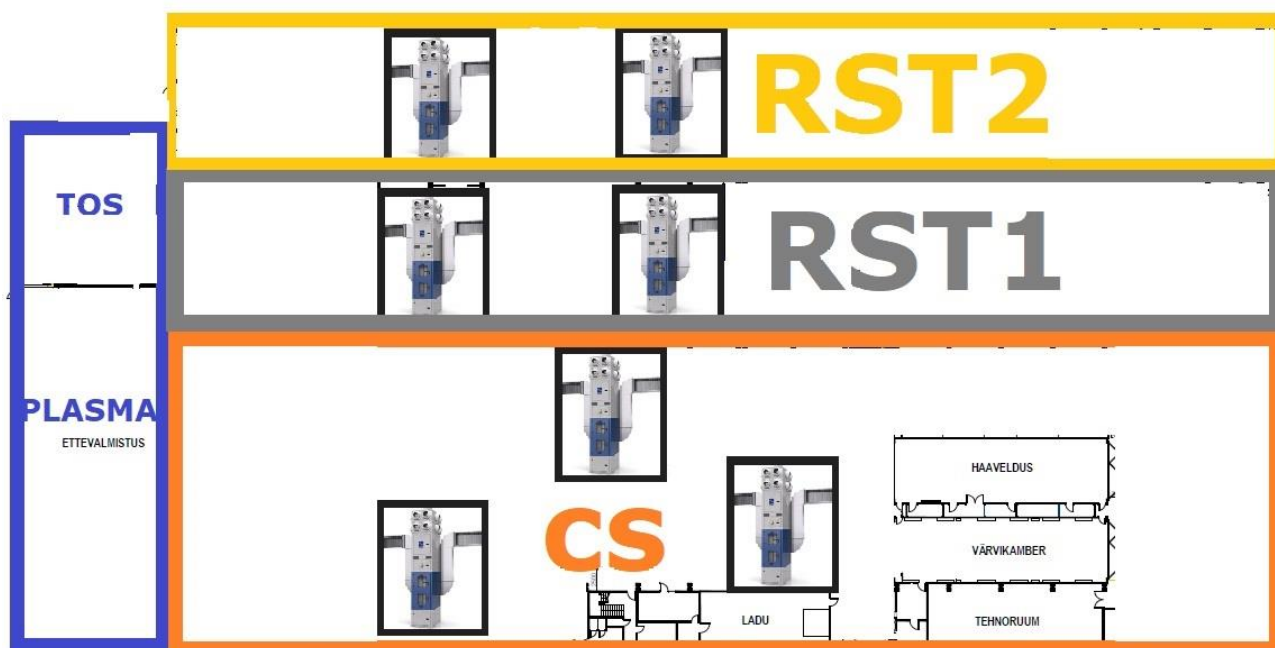
TEKA Airtech P10 on kesksüsteemne imemis- ja filtriseade ruumi õhuvahetuseks. Sobib tööstusettevõtetele/keevitustöökodadele, kus kohalikku väljatõmbe süsteemi ei ole võimalik realiseerida või süsteemi kasutatakse täiendavalt õhusaaste vältimiseks tootmishallis. Saastunud õhk siseneb süsteemi külgmiste imemisjuhtmete kaudu, mille imemispunktid asuvad 3 meetri kõrgusel, ja suunatakse filtriosakonda. Saastunud osakesed sadestuvad filtrikassetide pinnale. Filtrikassetid puhastatakse automaatselt nõutud intervallide järel suruõhu abil. Suruõhu puhanguga vabanevad filtritele kinnitunud osakesed ja kogutakse tolmu mahutisse. Puhastatud õhk naaseb tööruumi individuaalselt reguleeritava pikaulatusliku puhurdušitsiku kaudu. Seeläbi juhitakse saastunud õhk ka imemisjuhtmetesse. [19]



Joonis 10. Filterseade TEKA Airtech P10. Autori foto.

Allpool toodud Estanc AS-i tootmisosakondade plaanist on näha, et RST1 ja RST2 osakondades on paigaldatud kaks õhupuhastusseadet, mis tagab vastuvõetava õhu puhastustaseme seadmete katvuspiirkonnas. Seadmed on paigutatud selliselt, et osa osakonnast jääb õhufiltrisüsteemi poolt katmata. Samuti tuleb märkida, et õhu puhtuse probleem nendes osakondades on suuresti seotud töötajate õhupuhastussüsteemide väljalülitamisega kõrge müra taseme tõttu.

CS osakonnas toimuvad keevitusprotsessid intensiivsema keevitusuitsu eraldamisega, ja olukord erineb teistest osakondadest ka sellega, et õhupuhastussüsteemide võimsus ja arv on selgelt ebapiisavad õhu puhastamiseks vastuvõetavale töötajate heaolu tagavale tasemele. Samuti on nagu teistes osakondades probleemiks õhufiltrisüsteemi katvuse piirkonna ebapiisavus ja seadmete väljalülitamise probleem. Seetõttu on õhusaastatus CS osakonnas oluliselt halvem kui RST1 ja RST2 osakondadel.



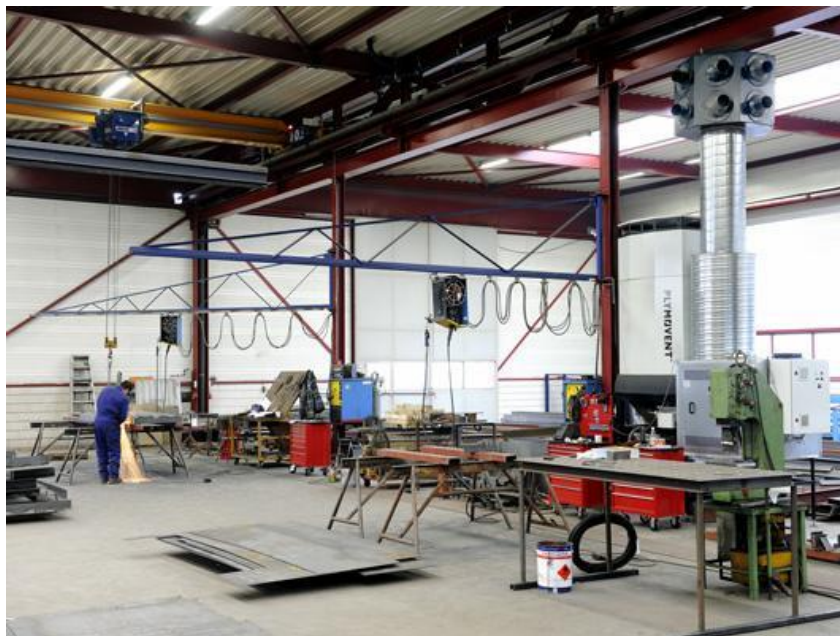
Joonis 11. Õhupuhastamise seadmete asukohad Estanc AS tootmisel[19].

4 LAHENDUSE OTSIMINE

4.1 Tehaste külastused

Leidmaks sobivat lahendust Estanc AS-i tootmise õhupuhastuse probleemile, külastasin mõningaid ettevõtteid eesmärgiga mõista nende valitud lahendusi ja nende kogemust sarnaste probleemide lahendamisel.

Esimene oli ettevõtte MariComp Eesti OÜ, mida külastasin SCS-Diluter Plymovent õhufiltrisüsteemiga tutvumiseks. See on väike, kuid väga innovatiivne ettevõtte. Asub Tallinnas aadress on Paljassaare tee 43e. Nendele SCS-Diluter Plymovent süsteemi paigaldas „Tarnija B“. Tootmisjuhi tagasiside selle süsteemi kohta oli ainult positiivne. Peamised erinevused võrreldes Estanc AS-il kasutatava süsteemiga on kindlasti madal müra tase, madal energiatarbimine ja kasutusmugavus. MariComp Eesti OÜ tootmisruumides oli õhk piisavalt puhas ning see jättis mulle hea mulje kasutatava õhupuhastamise süsteemi tõhususest. On väga oluline näha pakutavaid lahendusi praktiliselt ja kuulda kasutajate tagasisidet, et kujundada õige arvamus pakutava toote kohta. See külastus kinnitas „Tarnija B“ esindajate argumente, et just nende lahenduse paigaldamine on Estanc AS-i tootmisel hädavajalik [21].



Joonis 12. Õhupuhastamise süsteem SCS-Diluter Plymovent [20].

Teine keevitusettevõtte, mida ma külastasin, oli FORS MW AS. Ettevõttes töötab 120 töötajat ja see asub aadressil Tule 30, Saue, Harjumaa. FORS MW AS töökodades on paigaldatud 5 õhupuhastussüsteemi Nederman MCP-16RC. Üldiselt oli õhk ettevõttes üsna puhas. Õhupuhastussüsteemid täidavad oma ülesandeid hästi ning tootmisjuht ja haldusjuht olid nende süsteemidega väga rahul. Selle süsteemi plussid on madal müra tase ja hea hinna-kvaliteedi suhe.



Joonis 13. Õhupuhastuse süsteem Nederman MCP-16RC, autori foto

Kolmas ettevõtte, mida ma külastasin, oli SAMI AS, kus töötab 160 töötajat. Ettevõtte asub aadressil Tule 20, Saue, Harjumaa. Sellel ettevõttel kasutatakse ESTA Filtower 200 ja Maestral õhupuhastussüsteemid. Mõlemad süsteemid on väga sarnased ja omavad sarnaseid parameetreid. Minu arvates sobivad need süsteemid rohkem madalate lagedega töökodadele. Toomis hallide külastamise ajal mul tekkis tunne, et õhk hallides ei olnud piisavalt puhas. Pärast SAMI AS külastust mul jäi üldiselt hea mulje, kuid samas arvan, et nende õhupuhastuse süsteemid ei sobi Estanc AS-i tootmisel kasutamiseks, sest neid tasub paigaldada keset tootmishalli ja seadme puhastatud õhu voolu ei ole võimalik suunata.



Joonis 14. Õhupuhastuse süsteem Esta Filtower 200, autori foto

Viimane ettevõtte, mida ma külastasin, oli Tammer OÜ. See on dünaamiliselt arenev ettevõtte, kus töötab üle 210 töötaja. Tammer OÜ asub Tallinnas aadressil Väike-Paala 4. Tammer OÜ keevitushallis kasutatakse samasugused õhupuhastamise süsteemid TEKA Airtech P10 nagu Estanc AS-i tootmisel, kuid hübriidkujunduses. Olin väga üllatunud nähes sama tüüpi õhupuhastamise süsteemi, nagu meie tootmisel, kuid täielikult ümber ehitatud ja loomulikult töökeskkonda integreeritud viisil, mis võtab praktiliselt keevitustöökojas väga vähe ruumi. Tänu paigaldatud summutile ventilatsioonitorustikus pärast väljumist mootoriplokist töötab see süsteem väga vaikselt. Keevitustöökoja meister kiitis väga seda süsteemi ja õhu puhtust keevitustöökojades. Tundsin suurt rõõmu, nähes praktiliselt seda lahendust, mida pidasin sobivaks meie TEKA õhupuhastussüsteemi puuduste kõrvaldamiseks. Ma pean seda lahendust kindlasti vajalikuks Estanc AS-i tootmises kasutusele võtmiseks.



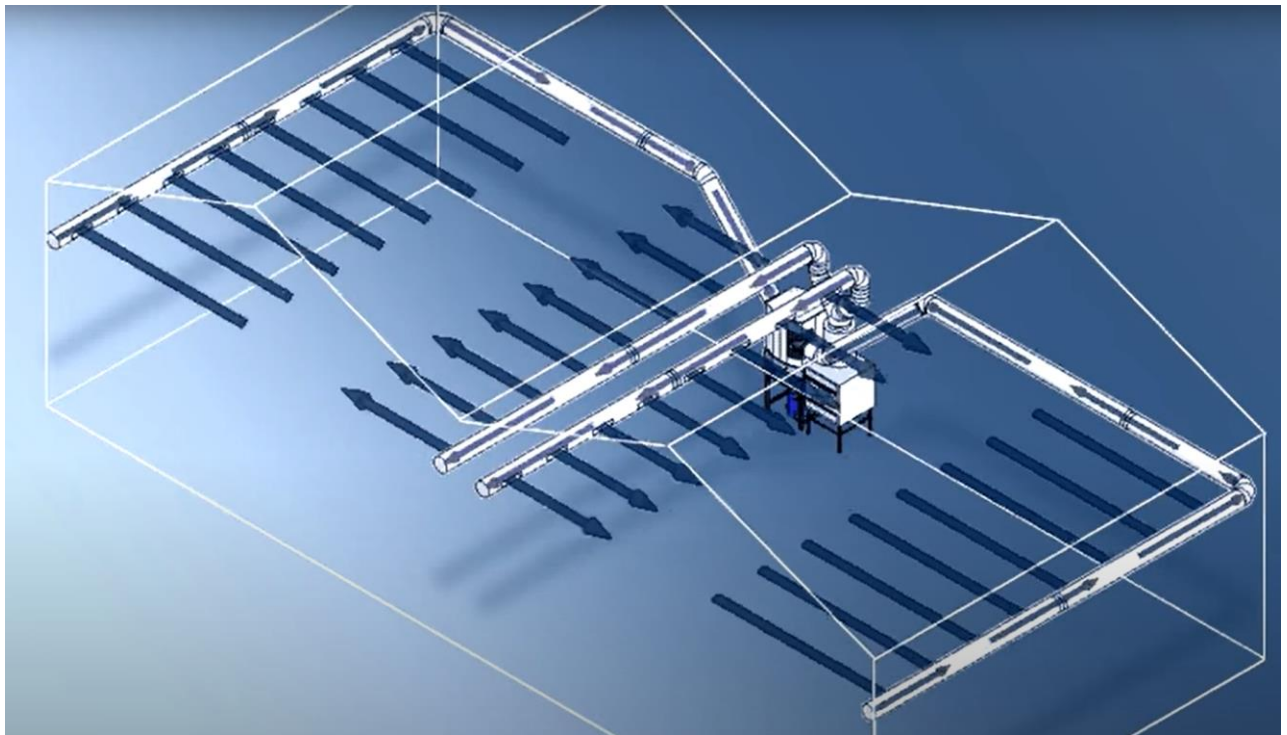
Joonis 15. Õhupuhastuse süsteem Teka, BlowTec lahendus, autori foto

4.2 Lahenduste ja turu analüüs

Pärast minu valitud ettevõtete ülevaatamist kujunes mul ettekujutus võimalikest Estanc AS-i rakendamiseks sobivatest lahendustest tootmises. Esiteks oli vaja valida õhupuhastuse süsteemi tüüpi ja läbi viia arvutimudeli simulatsiooni, muidugi võttes arvesse keevitusprotsesside intensiivsust erinevates tootmisosakondades. Õhufiltrisüsteemid jagunevad kolmeks lahenduseks: nn Push-Pull süsteem, filtrikeskus (Diluter) või hübriidlahendus.

4.2.1 Push-Pull süsteem

Push-Pull süsteemi paigaldamine loob mitte ainult puhtama ja turvalisema töökeskkonna, vaid tagab ka kulude kokkuhoiu. Kuna tegemist on modulaarse süsteemiga, uue ventilatsiooni jaoks saab määrata konkreetseid tööpiirkondi. Efektive PushPull süsteemi kujundamiseks tuleb teha põhjalik inventuur paigutusest ja tegevusest ning seda hinnata. Selle hulka kuuluvad parameetrid nagu tootmisprotsessid, operaatorite protseduurid, olemasolev ventilatsioon ja õhuliikumised, üldine maht ja töökoja üldine ehitus ning takistused.[14]



Joonis 16. Push-Pull süsteem [14].

4.2.2 Üldine filtrisüsteem.

Mõnel juhul tootmisealad on liiga suured, et neid kataks, et neid kataks kohtaratõmme, või kui keevitajad liiguvad pidevalt erinevate asukohtade vahel. Seetõttu on välja töötanud üldise filtrisüsteemi (Diluter), mis suudab suurtes hallides kontrollida keevitussuitsu [20].

See lahendus sobib suurtes töökodades erinevate keevitusprotsesside, muutuvate tegevuste, kraanade transportimise ja kohtade jaoks, kus ventilatsioonikanalite paigaldamine on keeruline. Tulemus: suitsu kontsentratsiooni vähendamine madalamatele tasemetele ja puhtama töökeskkonna loomine [20].

Diluter-süsteemi paigaldamine on lihtne, kuna ei ole vaja ventilatsioonikanaleid. See mitte ainult ei säästa kanalite tegemise kulusid, vaid on ka väga paindlik lahendus rajatistele, kus on palju keevitusprotsesse ja pidevalt muutuvad tööde teostamise asukohad [20].

Diluter-süsteem koosneb kolmest põhikomponendist: SCS-filtriseadmest, ventilaatorist ja Diluterist endast. Diluter on õhuringlusseade, millel on kuus mitme suunalist väljalaskeava. Seade suunab puhastatud õhu väljalaskeavadega tagasi töökotta. Avade suunda saab pöörata õhuringluse optimeerimiseks. Väljalaskeavade õhuvoolud saab juhtida individuaalselt, mis muudab süsteemi ainulaadseks. Avaasendamine otse keevitussuitsu kihi suunas annab parima tulemuse (tavaliselt nelja kuni kuue meetri vahel). Peamine eelis on suhteliselt väike investeering keevitussuitsu kontrollimiseks konkreetses tehases [20].



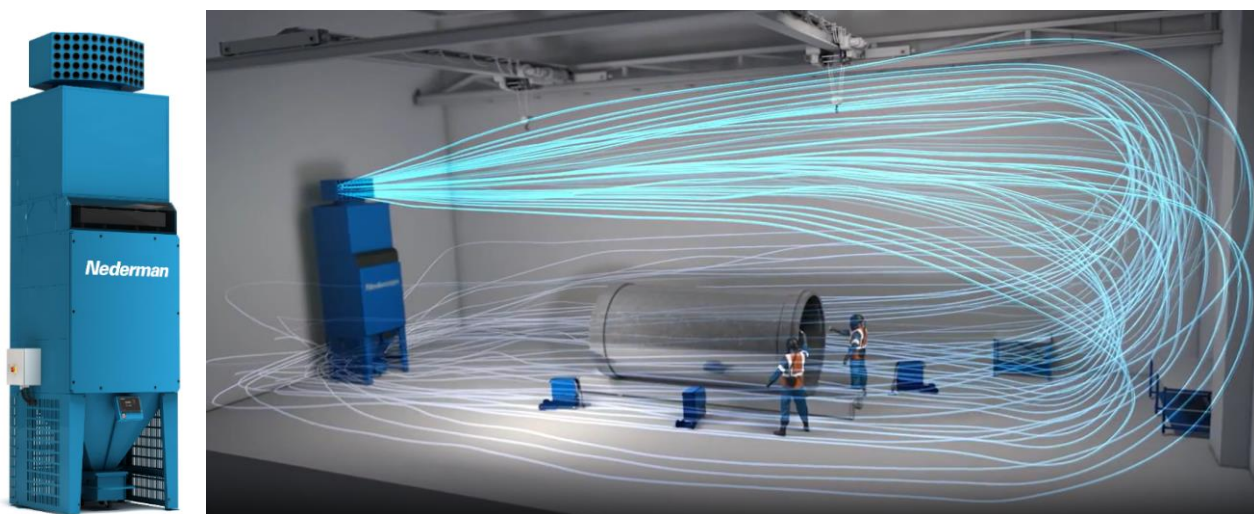
Joonis 17. Õhupuhastustorn [20].

4.2.3 Turuanalüüs

Turul on saadaval mitmesuguseid õhu puhastamise süsteemide lahendusi. Saab leida palju pakkumisi modulaarsete süsteemide, riputatavate filtrite, filtrilaudade, ekstraktsioonivarrukate jms kohta. Paljusid turul pakutavaid lahendusi ei saa Estanc AS-i tootmises rakendada või need lahendused ei pruugi olla efektiivsed. Estanc AS-i tootmisosakondades liiguvad konsoolkraanad üle kogu ala ning suured tooted liiguvad samuti üle tootmise kogu pinna, ning keevitajatel pole praktiliselt kindlaid töökohti. Oma lõputöö kontekstis kaalun ainult neid lahendusi, mis minu arvates sobivad Estanc AS-i tootmisruumide tingimustes rakendamiseks. Olen valinud mitu lahendust.

4.2.4 Õhupuhastustorn Nederman MCP-16RC.

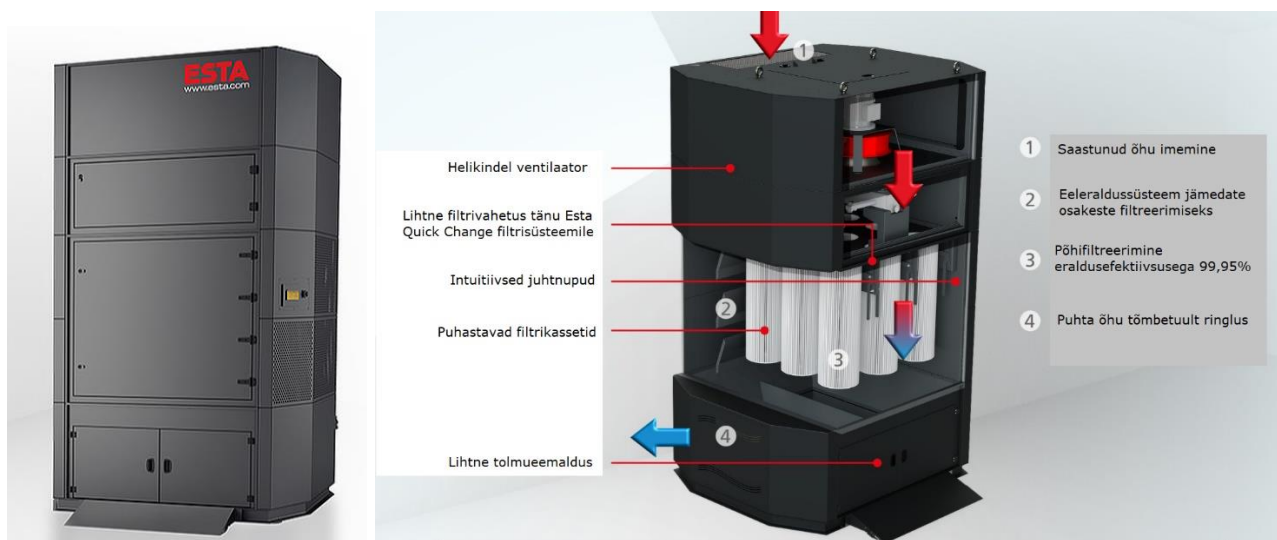
MCP-16RC õhupuhastustorn on kompaktne kassettfiltriga seade hajutatud siseruumide õhupuhastuse jaoks. Must õhk siseneb seadmesse põrandatasandil asuvasse efektiivsesse filtrikambrisse, puhas õhk puhutakse tagasi töökohta läbi ülemisel osal olevate 60 individuaalselt reguleeritava düüsi kõrge kiirusega. Seade tarnitakse kahe eelinstallitud komponendina, mis nõuavad minimaalset mehaanilist paigaldust. Sisseehitatud ventilaatoriga vajab see vaid voolu- ja suruõhutoite ühendamist, et paigaldus lõpule viia. Seadmes on 16 patenteeritud Uni-Clean filtrikassetti. Filtrikassetid puhastatakse automaatselt energiasäästliku suruõhuga puhastamise süsteemiga. Puhastamine käivitub integreeritud elektroonilise juhtimisseadme abil. Filter on valmistatud 14-gaasilisest (2 mm) galvaniseeritud ja värvitud lehtmestallist. Ventilaator on täielikult paigaldatud spetsiaalsesse topelt summutisse, mis vähendab ventilaatorimootori ja õhuvoolu müra taset [23].



Joonis 17. Nederman MCP-16RC Õhupuhastustorn [23].

4.2.5 Õhupuhastuse süsteem Esta Filtower 200

FILTOWER seeria plug & play paigaldused on mõeldud kasutamiseks juhul, kui suitsu, tolmu ja õlipihusti lokaalne kogumine pole piisav või otsest kogumist ei ole praktiline rakendada suurte või keerukate töödetaile puhul. Saksa tööandjate vastutuskindlustuse soovitatud kihtventilatsioonisüsteem võimaldab FILTOWER filtritorniga aastas küttekuludelt kokku hoida kuni 70%. Filtritornidel on sagedusmuundurid, mis võimaldavad kontrollitavat ja seeläbi energiasäästlikku tehase käitamist [24].



Joonis 18. Esta Filtower 200 õhupuhastustorn [24].

4.2.6 Õhupuhastamise süsteemid Plymovent SCS-Diluter ja MDB-Diluter

SCS-Diluter on spetsiaalselt kavandatud kerge kuni keskmise keevitusprotsesside jaoks [20].

MDB-Diluter süsteemid on mõeldud intensiivseks keevitustegevuseks suure tolmu saastetasemega. See seade takistab keevitusuitsu kogunemist õiguslike piirväärtuste ületamisel, pidevalt filtreerides ja lahjendades saastunud õhku. Keemiliste suitsude sinine udu, mis tekib keevitusuitsu kontsentreerumisel põrandast nelja kuni kuue meetri kõrgusele, segatakse pidevalt puhta õhuga, mis süstitakse düüside abil [22].

MDB-Diluter süstib filtreeritud puhta õhu töökotta. Õhuvool on täielikult kohandatav mahtu ja suunda vastavalt olukorrale ning ulatub kuni 50 meetri kaugusele. Düüsid on individuaalselt reguleeritavad ega tekita tõmbetuult [22].

Rahvusvaheliste standardite kohaselt eelistatakse alati allikast väljatõmmet, kuid mõnedes töökodades ei ole allikast väljatõmme (täielikult) võimalik. MDB-Diluter on ideaalne lahendus juhul, kui allikast väljatõmme ja keevituskatted ei ole võimalikud [22].

MDB-Diluterit saab kasutada järgmistel juhtudel: töödeldakse suuri töödetaile, keevituskohti vahetatakse sageli, töökojas on riputuskraanid, kuhu on raske paigaldada õhukanaleid [22].



Joonis 19. Õhupuhastamise süsteem Plymovent SCS-Diluter ja MDB-Diluter [20], [22] .

4.2.7 Õhupuhastamise süsteem TEKA Airtech P24

Filtriseade on IFA-sertifitseeritud vastavalt DIN EN ISO 15012-1 või DIN EN ISO 21904-1/-2 standarditele. Saasteained kogutakse välja võrgustikus umbes 3-4 meetri kõrguselt ning seejärel filtreeritakse. Lae kõrgusel tagastatakse puhastatud õhk ruumi läbi pihustite. AirTechi ruumi väljatõmbe süsteemi eelised on optimaalne filtreerimise jõudlus (pikad filtrikassettide kasutusajad, hea filtreerimise tulemus), kasutajasõbralikkus ja väike hooldusvajadus. Kuna torustikku pole vaja, saab seadme asukoha valida paindlikult. Kui õhk tagastatakse tööpiirkonda, saab küttekulusid märkimisväärselt vähendada. Filterseadmed on varustatud BIA M kategooria filtrikassettidega

(eraldamise tõhusus $\geq 99\%$) ja neil on spetsiaalselt välja töötatud tolmu eemaldamise süsteem, mis koosneb ekraaniga juhtimisüksusest ja POWER SPRAY-SÜSTEEM-ist. Selle kombinatsiooni abil tagatakse filtrikassettide suurepärase tolmu eemaldamine, tagades optimaalse filtreerimise tulemuse igal tööperioodi ajal. [25]



Joonis 20. Õhupuhastamise süsteem TEKA Airtech P24 [25] .

4.3 Hinnapakkumised

Nederman MCP-16RC ühe seadme hind - 24.500,00 EUR (FORS MW AS ostuhinna info)

Esta Filtower 200 hinnapakkumises ühe seadme hind - 27.650,00 EUR (Lisa 4.)

Plymovent SCS-Diluter hinnapakkumises ühe seadme hind - 19 120,00 EUR (Lisa 5.)

Plymovent MDB-Diluter hinnapakkumises ühe seadme hind - 23 425,00 EUR (Lisa 6.)

TEKA Airtech P24 hinnapakkumises ühe seadme hind - 37 230,00 EUR (Lisa 7.)

Antud õhupuhastite peamiste parameetrite võrdlus on esitatud võrdlemistabelis (Lisa 3.)

4.4 Õhuvoolu simulatsioon Estanc AS tootmisel

Tarnija B oma pakkumise koostamise jaoks modelleeris simulatsioon kasutades Plymovent FumeSimulator simuleerimise tarkvara. Simulatsiooni koostamiseks „Tarnija B“ oli vajalik saada lisaks tootmishallide ventilatsioonivõimsuse info ja aastane tootmise keevituslisaaainete kulu.

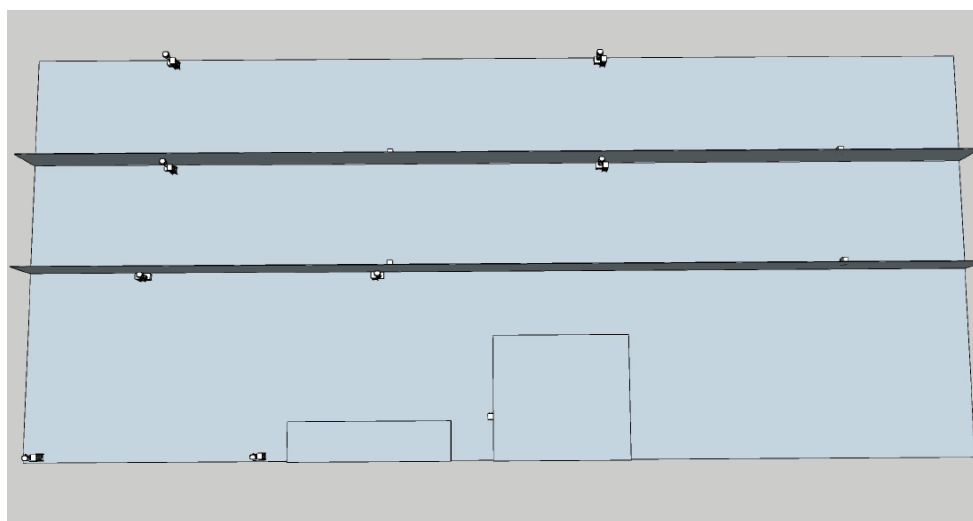
Keevituslisaaainete kulu:

- CS hall (kõige suurem): 16 200 kg/a. Keevitusprotsessid 141, 121/721, 135, 136
- RST1/RST2 (kaks kitsamat halli kokku, 7250 kg/a kumbki): 14 500 kg/a. Keevitusprotsessid 141, 121/721, 135, 136

Ventilatsioonivõimsus:

- CS hall (kõige suurem) sissepuhe 1958 l/s, väljatõmme kiirelt ei leidnud
- RST1 sissepuhe 1440 l/s, väljatõmme 1528 l/s
- RST2 suurusjärg sama nagu RST1 - sissepuhe 1440 l/s, väljatõmme 1528 l/s

Saadud teabe alusel koostas tarnija kaks hinnapakkumist eesmärgiparameetritega õhukvaliteedile 1,0 mg/m³ (Lisa 5) ja 2,5 mg/m³ (Lisa 6). Hinnapakkumised koostati lähtudes asjaolust, et tootmishallides puuduvad muud õhupuhastussüsteemid peale Plymovent Diluteri. See tähendab, et olemasolevad filtrisüsteemid TEKA tuleb täielikult välja vahetada.



Joonis 21. Diluter õhupuhastamise süsteemide eeldatavad paigaldus kohad (Lisa 6.)

4.5 TEKA Airtech P10 ümberehituse võimalused

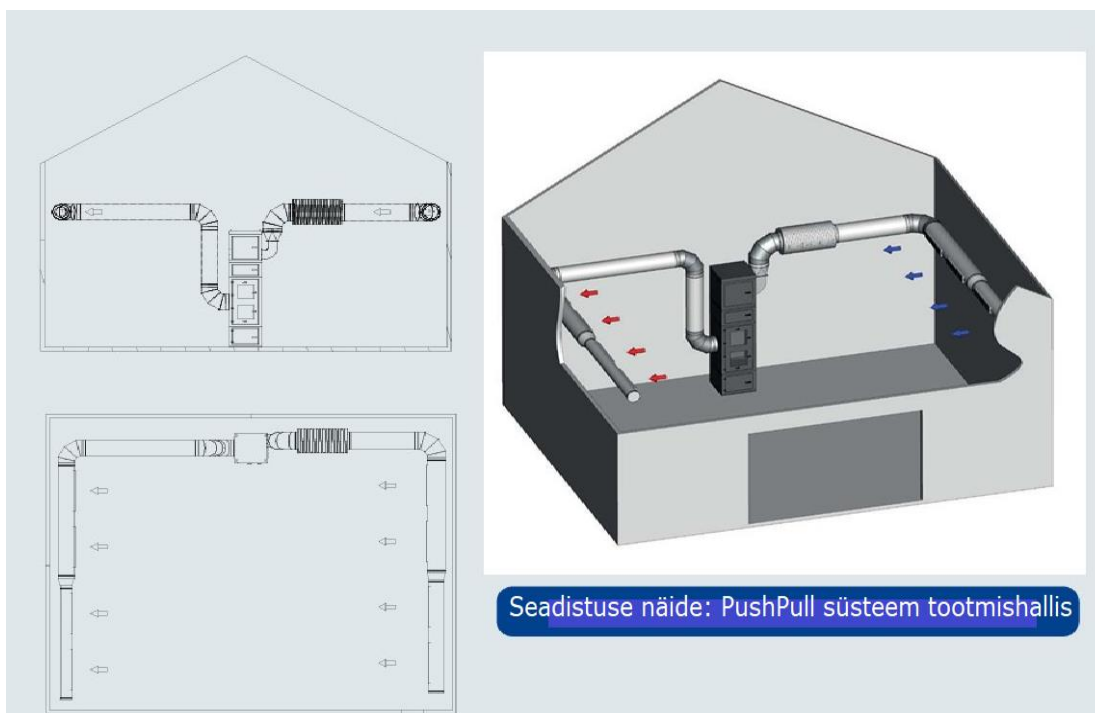
Minu arvates on majanduslikult otstarbekas säilitada olemasolevad õhufiltrisüsteemid TEKA, kuid muuta nende konfiguratsiooni Tammer OÜ näite järgi, et kõrvaldada olulised puudused. Nendel süsteemidel on kolm peamist puudust:

1. kõrge müratase. Seda puudust saab konfiguratsiooni muutmise käigus kõrvaldada paigaldades mürasummuti puhastatud õhu väljatõmbetorule;
2. peene tolmu tagasivool tootmishalli pärast filtrite isepuhastussüsteemi käivitamist. Selle probleemi lahendamiseks tuleb konfiguratsiooni muutmise käigus paigaldada tagasilöögiklapid õhu imemistorule;
3. tuleohutuse probleemi lahendab või risk väheneb oluliselt pärast süsteemi konfiguratsiooni muutmist õhu imemistoru pikendamisega.



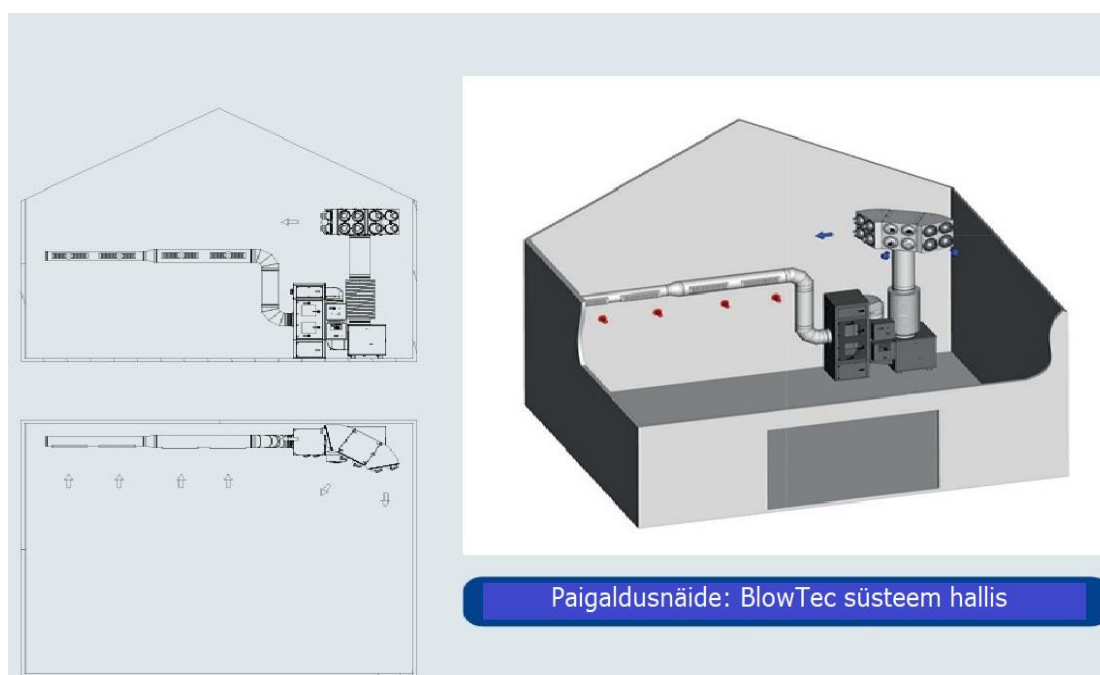
Joonis 22. Teka õhufiltrisüsteemi konfiguratsioon Tammer OÜ näitel. Autori foto.

TEKA õhupuhastussüsteemi konfiguratsiooni saab muuta kahe erineva viisi abil. Kui paigaldada TEKA süsteemid CS hallisse, siis oleks mõistlik kasutada PushPull konfiguratsiooni, kuna CS saalides saab TEKA süsteemid paigaldada mõlemale seina nii, et nad töötaksid üksteisele vastu.



Joonis 23. Teka Airtech P10 õhutihastussüsteem PushPull konfiguratsioonis [25].

Ümberehitatud TEKA süsteemide paigaldamisel RST1 ja RST2 tootmishallidesse tuleks valida BlowTec konfiguratsioon, kuna nendes hallides paigaldatakse õhupuhastussüsteemid ühe seina äärde ja nende paigaldamine vastastikku pole võimalik. Seetõttu ei sobi antud juhul PushPull konfiguratsioon.



Joonis 23. Teka Airtech P10 õhutihastussüsteem BlowTec konfiguratsioonis [25].

5 ETTEPANEKUD

Enamik seadmetarnijaid soovitab oma hinnapakumistes tungivalt müüa olemasolevad kasutatud õhupuhastussüsteemid TEKA Airtech P10 ja paigaldada uued õhufiltrisüsteemid, mille on pakkunud sama tarnija. Mõnel juhul tunduvad sellised pakkumised energiatõhususe seisukohalt loogilised, kuid arvestades ka alternatiivsete kapitalikulutuste aspekti, ei pruugi need enam olla nii loogilised ega atraktiivsed.

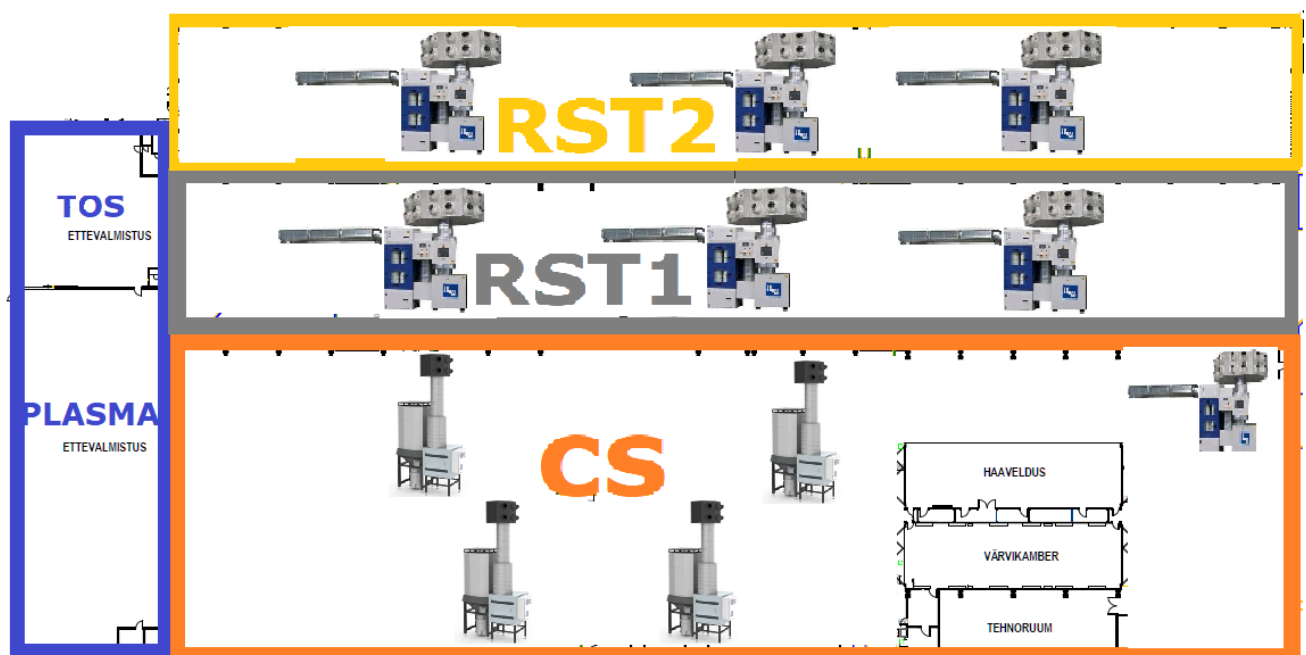
Pärast kõikide pakkumiste kaalumist, olukorra aspektide analüüsimist ja vajadust Estanc AS tootmishoones õhukvaliteedi parandamiseks, olen välja töötanud selle lahenduse, mis minu arvates on kõige otstarbekam ja majanduslikult põhjendatud.

Ma pean vajalikuks läbi viia olemasolevate TEKA Airtech õhupuhastussüsteemide ümberkonfigureerimise, kasutades näiteks BlowTec'i lahendust, mida on rakendatud Tammer OÜ-s. Selliselt saab saavutada 7 piisavalt efektiivset ja vastupidavat õhupuhastussüsteemi, mis on vabad eespool mainitud puudustest ning nõuavad suhteliselt vähe finantsinvesteeringuid. (Tabel 3.)



Joonis 24. Teka Airtech P10 õhupuhastussüsteem BlowTec konfiguratsioonis [25].

Õhukvaliteedi mõõtmistest tulemuste põhjal ja simulatsiooni loogika põhjal, pean mõistlikuks lahenduseks paigutada ümberkonfigureeritud Teka Airtech P10 süsteemid vastavalt allpool toodud plaanile. See tähendab paigaldada kuus õhupuhastussüsteemi RST1 ja RST2 tootmishallidesse, nii et need katab kogu hallide ala ja tagavad õhukvaliteedi tase alla 1 mg/m³. Üks õhupuhastussüsteem paigaldatakse järjetöötuse osakonda, et samuti taga õhukvaliteedi seal alal alla 1 mg/m³. CS halli keevitus-koostamis alale on vaja Teka süsteemide asemel paigaldada 4 õhupuhastussüsteemi PLYMOVENT SCS-Diluter PRO, kuna need süsteemid on kõige sobivamad CS halli tingimustele, pakuvad energiatõhusat lahendust ning omavad parimat hinna-kvaliteedi suhet.



Joonis 24. Õhupuhastussüsteemide asukohad Estanc AS tootmisel [20], [25].

6 ARVUTUSTÖÖ

Tabel 3. Teka Airtech P10 konfiguratsioon ümberehituse maksumuse kalkulatsioon

Nimetus	Kogus, tk	Tükki hind, €	Summa, €
Ääriku krae D500	2	40,00	80,00
Mürasummuti d500x1200mm	1	1390,00	1390,00
Mootori ja väljalaskeotsiku pea katted	2	120,00	240,00
Ventilatsiooni toru d500, 1m	1	120,00	120,00
Töö	40	25,00	1000,00
Muud piasjad	1	120,00	120,00
Ühe seadme ümberehitus, kokku	1	-	2950,00

Tabel 4. Estanc AS tootmise õhukvaliteeti parandusprojekti maksumuse kalkulatsioon

Nimetus	Kogus, tk	Tükki hind, €	Summa, €
Seitsme seadet ümberehitus	7	2950	20 650,00
PLYMOVENT SCS-Diluter PRO	4	19 120	76 480,00
Parandusprojekti maksumus kokku			97 130,00

Tabel 5. Iga aastane lisa kasutuskulu seotud nelja õhupuhastuse seadmete ostmisega

Nimetus	Kogus	Tükki hind, €	Summa, €
Elektrikulu	62 400 kW	0,25	15 600,00
Filtrite vahetus	2,66	1 500	4 000,00
Kokku			19 600,00

Elektrikulu arvutus käik: 4 seadet x 7,5 kW x 8 tundi x 260 päeva.

Ühe seadme filtrite vahetuse maksumus on ligikaudu 1500 eurot. Kasutajate kogemuse põhjal soovitatakse ühe seadme filtrid välja vahetada umbes 1,5 aasta tagant, ehk 4 seadet / 1,5 aastat = 2,66.

Ülaltoodud hinnad on suhtelised ja võivad olenevalt majanduslikust olukorrast erineda.

Teoreetiline kokkuvõide seadud tootmise õhukvaliteeti parandusega :

1. kindlasti respiraatorite ja kaasaskantavate filtrite tarbimine väheneb;
2. ventilatsiooni energiakaod vähenevad;
3. kutsehaiguste tekkimise risk ja võimalike haiguspäevade arv väheneb.

Neid kolme aspekti ei saa praktiliselt arvutada, kuna töötajad ei hoolitse oma tervise ohutuse eest piisavalt ja ei kasuta piisavalt hingamiskaitsevahendeid ja filtreid. Samuti ei ole võimalik arvutada tootmishallide tuulutuste arvu saastunud õhu tõttu ning töötajate kutsehaiguste tekkimise tõenäosust ja haiguspäevade vähenemist ei saa arvutada olemasolevate andmete alusel.

KOKKUVÕTE

Minu lõputöö teema keskendub konkreetse töökeskkonna õhusaasteprobleemi lahendamisele metallitööstusettevõtte Estanc AS tootmishallides. Tehase tootmisosakonnas töötavad üle 100 töötaja, enamasti keevitajad ja metallitöötlemise lukksepad. Õhk tootmishallides on tugevalt saastunud ning olemasolevad õhupuhastuslahendused ei ole piisavalt tõhusad. Töötajad väljendavad sageli rahulolematust töökeskkonna õhukvaliteediga ning tunnevad muret oma tervise pärast. Alguses viisin läbi töötajate seas küsitluse eesmärgiga kinnitada probleemi tõsidust. Küsitluse tulemused näitasid selgelt tootmistöötajate rahulolematust õhu kvaliteediga tootmishallides, olemasolevate filtreerimissüsteemide ebaefektiivsust ning tõid välja õhupuhastuseseadmete puudused, mis vajavad parandamist.

Minu uurimistöö hõlmas erinevate õhusaasteainete uurimist, nende mõju inimeste tervisele ja õhukvaliteedi nõudeid. Mõõtsin ka õhukvaliteedi taset Estanc AS-i tootmishallides. Kogutud andmete põhjal viisin läbi analüüs praeguse õhukvaliteedi olukorra kohta, mis kinnitas vajadust oluliste muudatuste järele õhufiltrisüsteemis. Lisaks sellele viisin läbi õhupuhastussüsteemide turuanalüüsi ning uurisin erinevaid tüüpe ja lahendusi selles valdkonnas. Uuringu käigus külastasin mitmeid metallitööstusettevõtteid, et uurida nende kogemusi õhukvaliteedi probleemide lahendamisel keevitustööde valdkonnas. Selle põhjal valisin mitu sobivat lahendust, sain mitu hinnapakumist erinevate tarnijate käest valitud süsteemide kohta ning viisin läbi õhupuhastuse simulatsioonid. Lisaks teostasın valitud õhupuhastussüsteemide hindade ja omaduste võrdleva analüüsi. Kasutades kogutud andmeid ja kogemusi sarnaste süsteemide kasutamisest teistes ettevõtetes, töötasin välja ettepanekud Estanc AS-i tootmises vastuvõetava õhukvaliteedi saavutamiseks. Töötasin välja olemasolevate filtreerimissüsteemide ümberkonfigureerimise lahendust nende puuduste kõrvaldamiseks. Simulatsiooni kasutusel töötasin välja õhupuhastussüsteemide jaotamiseplaani tootmise keevitushallide alade täielikuks katmiseks ning põhjendasin täiendavate õhupuhastussüsteemide ostmise vajadust. Ma viisin läbi majandusliku otstarbekuse arvutused oma ettepanekute jaoks, arvutasin vajaliku investeeringute mahtu ning esitasin täiendava püsikulu ülevaade, mis on seotud minu pakutud lahenduste kasutuselevõttuga. Samuti tõin välja tootmise õhukvaliteedi parandusprojekti positiivsed aspektid.

Ma arvan, et minu läbiviidud uurimistöö on kindel praktiline rakendus Estanc AS tootmishallide töökeskkonna parendamisel. Minu ettepanekud on ettevõtte juhtkonna poolt heaks kiidetud ja lähitulevikus alustatakse minu pakutud lahenduste rakendamisega.

Õhukvaliteedi parandamine töökohal toob kahtlemata kaasa töötajate tervise parandamise ja elukvaliteedi tõstmise, mis on Estanc AS-i visiooni ja missiooni seisukohalt kindlasti oluline.

Keevitusettevõttes on õhu puhastamine oluline ja vajalik meede töötajate ohutuse tagamiseks ja töökeskkonna õhu kvaliteedi säilitamiseks. Keevitustöödel eralduvad mitmesugused kahjulikud ained ja aerosoolid, mis võivad meetmete võtmata jätmise korral avaldada negatiivset mõju töötajate tervisele.

Siseruumide õhu filtreerimine ja lahjendamine tagab tervislikuma keskkonna kõigile töötajatele, mitte ainult keevitajatele, kes kannavad keevitamise käigus keevitusmaske vööventilatsioonisüsteemidega. See kehtib ka hooldustehnikute, koostajate, masinaoperaatorite ja meeskonnajuhatajate kohta. Õhupuhastussüsteem filtreerib sinise suitsu kohe ja see kaob filtrikangasse. Puhtama siseruumi eeliseks on ka vähem tolmuhoiuseid masinatel, mis tähendab vähem seiskamisaega ja madalamaid hoolduskulusid. [22]

SUMMARY

My graduation thesis focuses on solving a specific air pollution problem in the production halls of Estanc AS, an industrial company. The production department of the factory employs over 100 workers, mostly welders and locksmiths in metal processing. The air in the production halls is heavily polluted, and the existing air purification solutions are not sufficiently effective. Workers often express dissatisfaction with the air quality in the workplace and have concerns about their health. To confirm the seriousness of the problem, I conducted a survey among the employees. The survey results clearly indicated the dissatisfaction of the production workers with the air quality in the production halls, the inefficiency of the existing filtration systems, and highlighted the shortcomings of the air purification equipment that need improvement.

My research included studying various air pollutants, their impact on human health, and air quality requirements. I also measured the level of air quality in the production halls of Estanc AS. Based on the collected data, an analysis of the current air quality situation was conducted, confirming the need for significant changes in the air filtration system. Additionally, I conducted a market analysis of air purification systems and explored various types and solutions in this field. During the study, I visited several metal processing companies to examine their experiences in solving air quality issues in welding operations. Based on this, I selected several suitable solutions, obtained price quotations from different suppliers for the selected systems, and conducted simulations of air purification.

I also conducted a comparative analysis of the characteristics and costs of the selected air purification systems. Using the gathered data and the experience of using similar systems in other enterprises, I developed proposals for reconfiguring the existing filtration systems to eliminate shortcomings. Through simulations, I devised a plan for the distribution of air purification systems to fully cover the welding areas of the production halls and justified the need for procuring additional air purification systems. I conducted economic feasibility calculations for my proposals, determined the required investment volume, and provided an overview of additional operating costs associated with the implementation of my proposed solutions. I also listed the positive aspects of the production air quality improvement project.

I believe that the research I conducted has a practical application in improving the working environment in Estanc AS production halls. My proposals have been accepted by the company's management, and the implementation of my suggested solutions will begin soon.

Improving the air quality in the workplace will undoubtedly lead to the improvement of employees' health and the enhancement of their quality of life, which is certainly in line with the vision and mission of Estanc AS.

Air purification is an important and necessary measure in welding companies to ensure the safety of workers and maintain the air quality in the working environment. Various harmful substances and aerosols are released during welding, which can have a negative impact on workers' health if appropriate measures are not taken.

Filtering and diluting indoor air provide a healthier environment for all employees, not just welders who wear welding masks with waist ventilation systems. This also applies to maintenance technicians, assemblers, machine operators, and team leaders. The air purification system immediately filters out the blue smoke, causing it to disappear in the filter fabric. Another advantage of a cleaner indoor environment is less dust accumulation on machines, which means less downtime and lower maintenance costs. [22]

VIIDATUD ALLIKAD

- [1] Industrial Air Filtration Market Size [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/industrial-air-filtration-market> [Kasutatud 16. aprill 2023].
- [2] Europe's air quality status 2023 [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.eea.europa.eu/publications/europes-air-quality-status-2023> [Kasutatud 16. aprilli 2023].
- [3] What is PM 2.5 and PM10 and how they affect health? [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.jagranjosh.com/general-knowledge/what-is-pm-25-and-pm10-and-how-they-affect-health-1528711006-1> [Kasutatud 16. aprill 2023].
- [4] Health effects of PM10 [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.marlborough.govt.nz/environment/air-quality/smoke-and-smog/health-effects-of-pm10> [Kasutatud 16. aprill 2023].
- [5] AQI Calculator - US EPA Scale convertor [Võrgumaterjal]. Available: <https://aqicn.org/calculator> [Kasutatud 16. aprill 2023].
- [6] [What is the difference between the US AQI and WHO air quality guidelines?](https://www.iqair.com/us/newsroom/what-is-the-difference-between-the-us-aqi-and-who-air-quality-guidelines) [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.iqair.com/us/newsroom/what-is-the-difference-between-the-us-aqi-and-who-air-quality-guidelines> [Kasutatud 16. aprill 2023].
- [7] Dust limit values during welding: These values differ greatly around the world [Võrgumaterjal]. Available: <https://safe-welding.com/dust-limit-values-during-welding-these-values-differ-greatly-around-the-world/#:~:text=Here%2C%20the%20limit%20value%20is,generated%20by%20this%20welding%20work>. [Kasutatud 16. aprill 2023].
- [8] Dust limit values, the difference between “E” and “A” dust fractions [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.gesi.de/en/blog/2016/10/10/dust-limit-values-the-difference-between-e-and-a-dust-fractions/> [Kasutatud 16. aprill 2023].
- [9] Estanc AS [Võrgumaterjal]. Available: <https://estanc.ee/et/meist/> [Kasutatud 16. aprill 2023].

- [10] Air quality in Tallinn [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.iqair.com/estonia/harjumaa/tallinn> [Kasutatud 26. aprill 2023].
- [11] ABOUT IQAIR [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.iqair.com/newsroom/what-is-aqi> [Kasutatud 26. aprill 2023].
- [12] Kas keevitusaur muudab teie töökoha surmalõksuks? [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.zehnder-cleanairsolutions.com/us-en/cleanair-hub/articles/is-welding-fume-turning-your-workplace-into-a-death-trap/> [Kasutatud 29. aprill 2023].
- [13] About welding and cutting fumes [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.plymovent.com/en/welding-cutting-fume-removal/knowledge/about-welding-and-cutting-fumes> [Kasutatud 29. aprill 2023].
- [14] Taking control of welding and cutting fumes [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.plymovent.com/en/welding-cutting-fume-removal/push-pull-system/push-pull-system> [Kasutatud 29. aprill 2023].
- [15] How clean is the air in your manufacturing facility? [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.thefabricator.com/thefabricator/article/safety/how-clean-is-the-air-in-your-manufacturing-facility-> [Kasutatud 29. aprill 2023].
- [16] TEKA BLOWTEC P7,5 i P10 [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.shop.proficut.rs/teka-blowtec-p75-p10> [Kasutatud 29. aprill 2023].
- [17] määruse nr 293 „Töökeskonna keemiliste ohutegurite piirnormid“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.riigiteataja.ee/akt/12874145> [Kasutatud 29. aprill 2023].
- [18] VENTMAPPING IS A PROCESS TAILORED TO THE CLIENT [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.robovent.com/services/ventmapping/> [Kasutatud 29. aprill 2023].
- [19] Airtech P10 [Võrgumaterjal]. Available: <https://tj-icec.com/product/airtech-p10/> [Kasutatud 29. aprill 2023].
- [20] The smart solution without ductwork [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.plymovent.com/en/welding-cutting-fume-removal/diluter-system/scs-diluter> [Kasutatud 30. aprill 2023].

[21] MariComp Eesti OÜ [Võrgumaterjal]. Available: <https://maricomp.com/> [Kasutatud 30. aprill 2023].

[22] A standalone general welding fume filtration system [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.plymovent.com/en/welding-cutting-fume-removal/diluter-system/mdb-diluter> [Kasutatud 30. aprill 2023].

[23] MCP-16RC, Air Purification Tower [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.nederman.com/en/pws-catalog/p/air-purification-tower/mcp-16rc-air-purification-tower#> [Kasutatud 2. mai 2023].

[24] Room- and hall ventilation system without pipelines for high flexibility in the work space. [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.esta.com/en/products/filter-towers-filtower> [Kasutatud 2. mai 2023].

[25] TEKA FILTER SYSTEMS [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.teka.eu/media/22/16/3a/1675951302/20230209-Hauptkatalog-EN-Anthrazit-screen.pdf> [Kasutatud 8. mai 2023].

[26] Esta Filtower L-200 [Võrgumaterjal]. Available: https://www.esta.com/fileadmin/mount/ESTA_EN/Data_Sheets/660200-51-VV_FILTOWER_L-200.pdf [Kasutatud 8. mai 2023].

[27] Lõputöö autori deklaratsioon/lihtlitsentsi ja tiitellehe näidis fail (doc) [Võrgumaterjal]. Available: <https://moodle.tktk.ee/mod/resource/view.php?id=134499> [Kasutatud 12. mai 2023].

LISAD

Lisa 1. ESTANC AS TOOTMINE TÖÖKESKKONNA RISKIANALÜÜS.

Lisa 2. Peentolmu kontsentratsiooni mõõtmiste tulemused ja kokkuvõtte.

Lisa 3. Seadmete võrdlemistabel

Lisa 4. Hinnapakkumine Esta Filtower 200 (Tarnija A)

Lisa 5. Hinnapakkumine PLYMOVENT Diluter 1,0 mg/m³ (Tarnija B)

Lisa 6. Hinnapakkumine PLYMOVENT Diluter 2,5 mg/m³ (Tarnija B)

Lisa 7. Hinnapakkumine TEKA Airtech P24 (Tarnija C)

Lisa 1. ESTANC AS TOOTMINE TÖÖKESKKONNA RISKIANALÜÜS.



Estanc AS tootmise
RA_26.11.2019.pdf

Lisa 2. Peentolmu kontsentratsiooni mõõtmiste tulemused ja kokkuvõtte.

Siit leiad on mõõtmiste tulemused ja lisast leiad mõõtmiskohtade plaanid:

Mõõtmine	Tsehh	Kpv	Keskmine osakeste kontsentratsioon (mg/m ³)	Maksimaalne osakeste kontsentratsioon (mg/m ³)
034	C2	03.06.2019	1,34	4,51
035	RST2	13.06.2019	0,61	0,90
036	RST2	14.06.2019	0,26	1,38
037	RST1	19.06.2019	0,65	1,80
038	RST1	20.06.2019	0,22	1,75

Kõik mõõtmised teostati 4 tunni jooksul (~11:30-15:30).

TEKA seadmed olid sisse lülitatud.

Kuna kõik mõõtmised teostati töotsooni äärtes (mitte otseselt keevitusallas), siis reaalne osakeste kontsentratsioon keevitusallas võib olla kõrgem.

Mõõtmistulemused näitavad, et osakeste kontsentratsioon tsehhides RST1 ja RST2, mõõtmiste ajal, oli üsna madal.

Samuti, on näha, et olemasolevate TEKA agregaadide kõrval, keskmine osakeste kontsentratsioon oli umbes 3 korda madalam, kui sama tsehhi teises osas.

Kõige kõrgem osakeste kontsentratsioon oli C2 tsehhis.

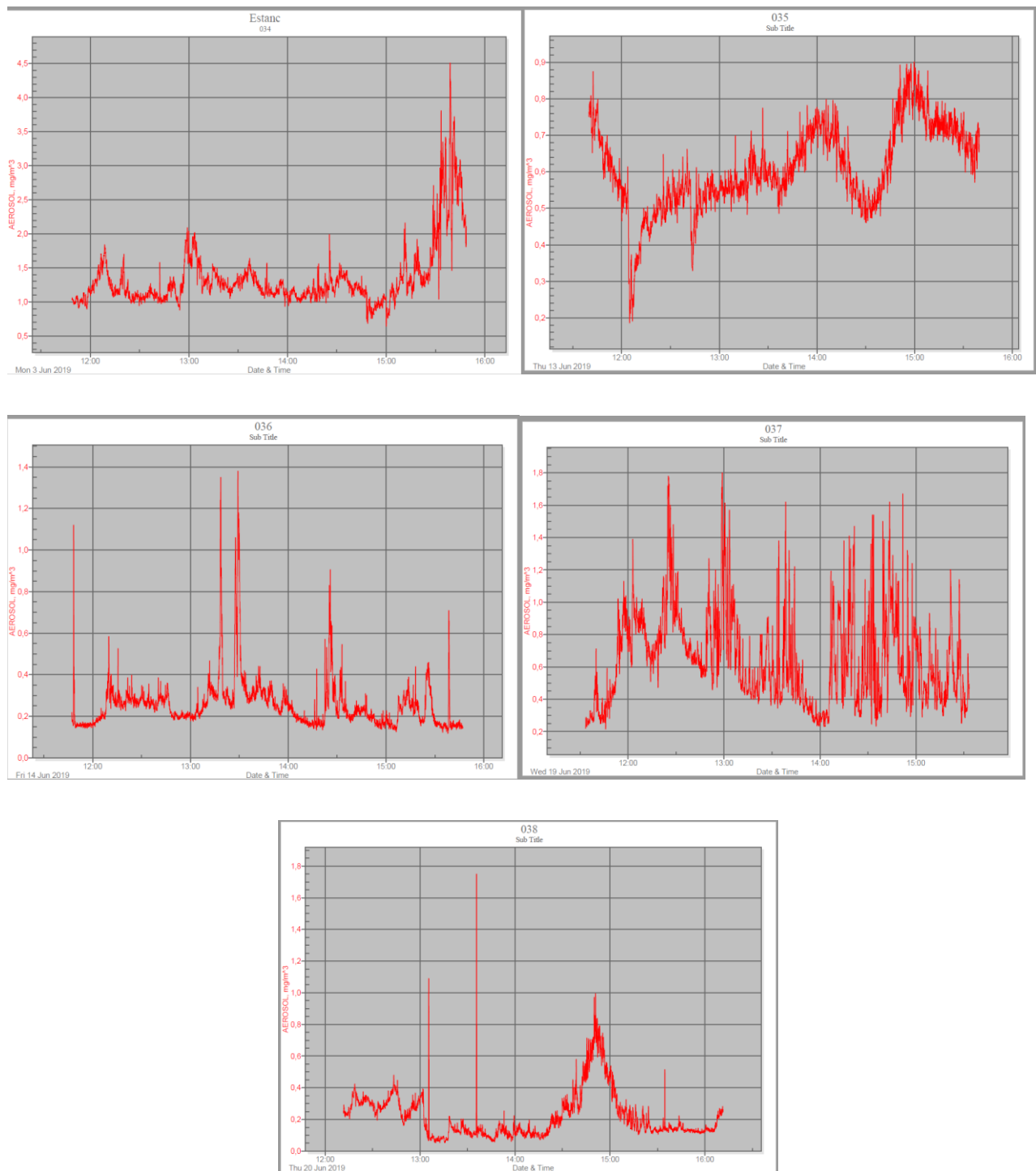


2019.06.20

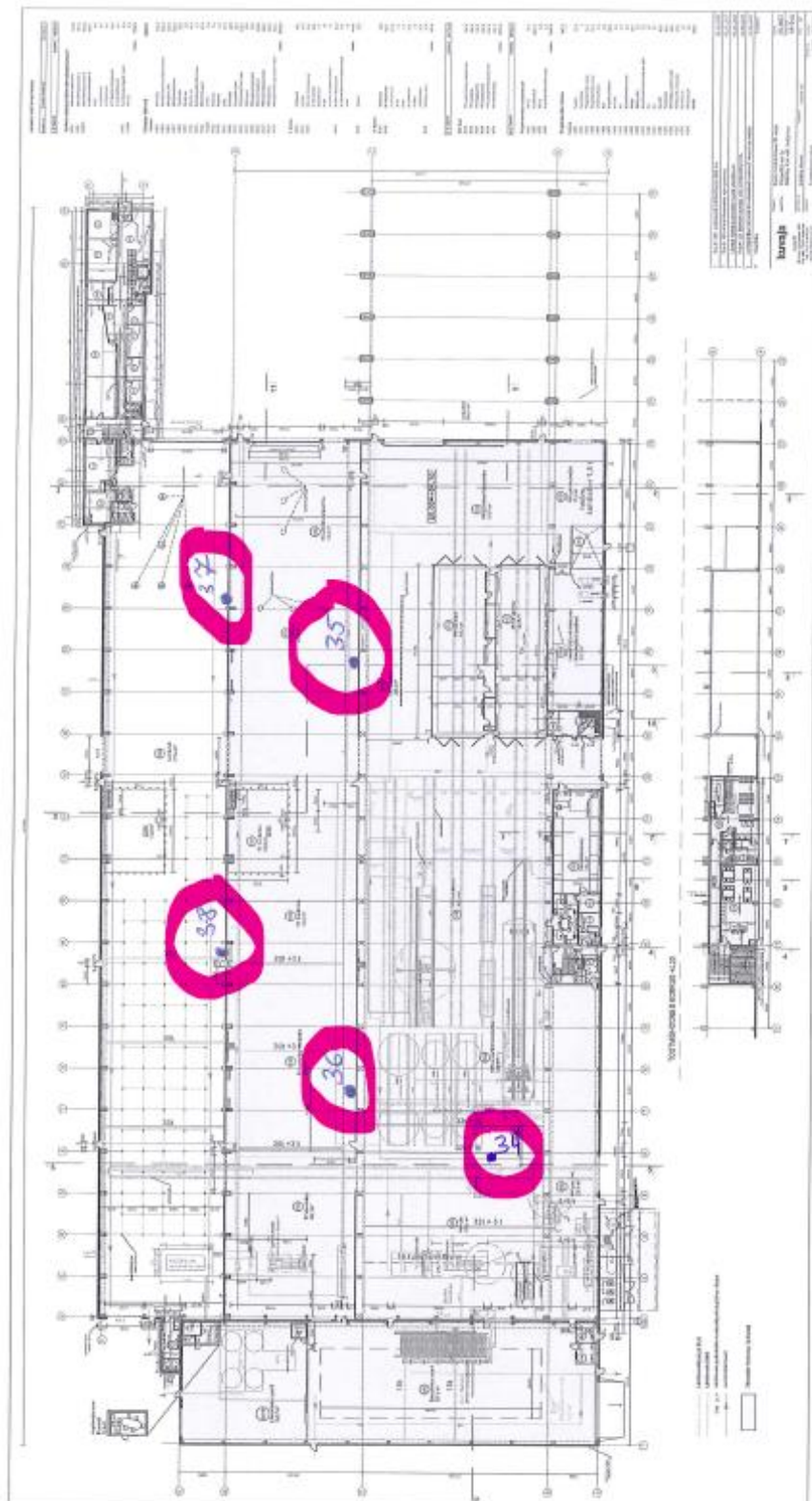


2019.06.11

mõõtmiskohtade plüüleandmise - vastu



Joonis 20. Mõõteseadme raportid punktide 034, 035, 036, 037 ja 038 kohta.



Joonis 21. Mõõtepunktide 034, 035, 036, 037 ja 038 Estanc AS tootmise plaanil.

Lisa 3. Seadmete võrdlemistabel

Tabel 6. Õhupuhamise süsteemide võrdlemistabel

Tootja	ESTA	PLYMOVENT		NEDER MAN	TEKA	TEKA
Tüüp	Filtower 200	SCS- Diluter	MDB- Diluter	MCP- 16RC	Airtech P24	Airtech P10
Ettevõtte nimi, seadme kasutaja	SAMI AS	MariComp Eesti OÜ		FORS MW AS	N/A	Tammer OÜ + Estanc AS
Maksimaalne õhuvool (m³/h)	20 000	12 000	12 000	10 000	24 000	10 000
Operatiivne maht (m³/h)	6 600	8 500	9 000	7 200	8 760	7 500
Ventilaatori võimsus (kW)	15	7,5	7,5	10	15	11
Rõhuandur	Ei	Jah	Jah	Ei	Ei	Jah
Muutuva pöörete arvuga ventilaatori mootor	Jah	Jah	Jah	Ei	Ei	Ei
Müra Tase (dB)	77	69	70	72	78	78
Tolmu hoidmisvõime (L)	150	100	80	50	30	30
Kaal (neto) (kg)	1500	800	825	1200	700	700
Filtrikandja pind (m²)	200	150	120	232	324	100
Sädemepüüdja	Jah	Jah	Jah	Ei	Ei	EI
Hind, €	27 650	19 120	23 425	24 000	37 230	N/A

Lisa 4. Hinnapakumine Esta Filtower 200 (Tarnija A)

I miss one information – how many welders and automatic welding machines there are. Because if i only calculate the air volume of the hall which is marked we would need something about 10 pcs. which is not very realistic.

But these informations are already very good.

If i am right the measurements of the blue zone are like approx. 60 x 55 x 11 m?

$60 \times 55 \times 11 \text{ m} = 36.300 \text{ m}^3$

Air exchange at this big hall 2,5-3 times/hour

$36.300 \text{ m}^3 \times 3 \times \text{hour} = 108.900 \text{ m}^3/\text{h}$ has to be turned around

FILTOWER F-200 ecolight has a operation point of approx. 18.000 m³/h so we would need min. 6 pcs. of FILTOWER F-200 ecolight.

Very important for you and the customers to know:

FILTOWER are used as the main extraction system only, if it is not possible to extract the dust particles or welding fumes by extraction arm.

Then the customer has to ensure that every employee has his or her own safety equipment like welding masks etc.

If the customer has already units with extraction arms, the FILTOWER unit is an additional equipment to clean the air in the complete hall, which

Can be very important for the quality of end-products, machines (because of less dust) and of course for a cleaner air at the working place at the employee.

FILTOWER F-200 ecolight has a operation point of approx. 18.000 m³/h so we would need min. 6 pcs. of FILTOWER F-200 ecolight.

6 x 680200006 FILTOWER F-200 ecolight
27.650,00 EUR (6 x 27 650 = 165 900 €)

List price/pc.:

Filter tower for extraction and filtration of welding fumes used as a ventilation system.
Modular designed extraction and filter unit with cleanable filter cartridges and two integrated, sound insulated fans, regulated at frequency converter, for installation in the working area.
Application range: welding fume extraction, dry, oil-free

Technical data:

Two motors: à 7.5 kW, 400 V, 50 Hz

Max. airflow: 20,000 m³/h

Max. negative pressure: 2,800 Pa

averaged sound level: approx. 77 dB(A)

Filter area: 200 m²

Number of filters: 4 pieces, mounted vertically

Filter material: Cellulose-polyester-nanofibre
according BIA- application "M"
(no. 201123149/6210)

Filtration efficiency: > 99,9 % (according to DIN
EN 60335-2-69 AA)

Filter cleaning: Pulse-jet filter cleaning system by
compressed air

Compressed air connection for filter cleaning:
3 - 5 bar, oil and water-free

Lisa 5. Hinnapakumine PLYMOVENT Diluter 1,0 mg/m3 (Tarnija B)

Kliendiviide
Lehekülg

1 mg/m3
1 / 1

Teeme teile alljärgneva pakkumuse:

nr	Kogus	Ühik	Kaubakood/Triipkood	Kirjeldus/Kaal	Tähtaeg	Ühiku hind	Summa	
1	8,00	tk	00000001471_DilPro&P	Keevitussuitsu filtreerimissüsteem MDB-Diluter Pro (W3)	21.06.19	23 425,00	187 400,00	
2	5,00	tk	00000113132&PLY	6 400,000 kg Keevitussuitsu filtreerimissüsteem Diluter Pro 4 000,000 kg	21.06.19	19 120,00	95 600,00	
Netokaal ka : 10 400.000 ka						Kokku	283 000,00	EUR
						Km 20%	56 600,00	EUR
						Ümardus	0,00	EUR
						Lõppsumma	339 600,00	EUR

Lisa 6. Hinnapakumine PLYMOVENT Diluter 2,5 mg/m3 (Tarnija B)

Kliendiviide
Lehekülg

2,5 mg/m3
1 / 1

Teeme teile alljärgneva pakkumuse:

nr	Kogus	Ühik	Kaubakood/Triipkood	Kirjeldus/Kaal	Tame	Ühiku hind	Summa	
1	4,00	tk	00000001471_DilPro&P	Keevitussuitsu filtreerimissüsteem MDB-Diluter Pro (W3)	21.06.19	23 425,00	93 700,00	
2	5,00	tk	00000001471_BIBox&PL	3 200,000 kg Puhuri kast	21.06.19	4 550,00	22 750,00	
3	4,00	tk	00000113132&PLY	250,000 kg Keevitussuitsu filtreerimissüsteem Diluter Pro	21.06.19	19 120,00	76 480,00	
				3 200,000 kg				
Netokaal ka : 6 650.000 ka						Kokku	192 930,00	EUR
						Km 20%	38 586,00	EUR
						Ümardus	0,00	EUR
						Lõppsumma	231 516,00	EUR

Lisa 7. Hinnapakumine TEKA Airtech P24 (Tarnija C)

Klient: Estanc AS
Põrguvälja tee 5a, Pildiküla, Rae vald
75308 Harjumaa
EE
KMKR: EE100365001
Reg. kood: 10416492

Valuuta: EUR

	Kood	Teenus / Kaup	Hind	Kogus	Ühik	Summa
1.	T-040141624	Teka Airtech P24	37 230,0000	4	tk	148 920,00
2.	T-2017014001	Airtracker Industry 4.0	748,0000	4	tk	2 992,00
3.	LISA1	Transport	2 840,0000	1	tk	2 840,00
4.	SER-10002	Seadmete paigaldus	0,0000	40	h	0,00

Netosumma: 154 752,00

Märkused:

Käibemaks (20%): 30 950,40

Kokku €: 185 702,40