

Esa Korkiakoski

SAVONLINNAN AIKUISOPISTON
POLTTO- JA
PLASMALEIKKAUSLAITTEISTON
KEHITTÄMINEN


Opinnäytetyö
Kone- ja tuotantotekniikka


Marraskuu 2009



MIKKELIN AMMATTIKORKEAKOULU

Mikkeli University of Applied Sciences

 MIKKELIN AMMATTIKORKEAKOULU Mikkeli University of Applied Sciences		Opinnäytetyön päivämäärä 31.12.2009
Tekijä(t) Esa Korkiakoski		Koulutusohjelma ja suuntautuminen Kone- ja tuotantotekniikka
Nimeke Savonlinnan aikuisopiston plasma- ja polttoleikkauslaitteiston kehittäminen		
Tiivistelmä <p>Savonlinnan aikuisopiston tiloissa toimii opetus- ja pk-yritysten palvelutoimintaa harrastava polttoleikkaus- ja hienosädeplasmayksikkö. Opinnäytetyön tavoitteena on suunnitella koneen toimintaa parantavia muutoksia, jotka lisäävät polton tehokkuutta ja toimintavarmuutta. Lisäksi koneen ympäristöystävällisyyttä pitäisi parantaa.</p> <p>Käytössä oleva Esabin toimittama CNC -ohjausjärjestelmä on osoittautunut epävarmaksi oppilaitoskäytössä. Se toimii vain ammattimiehen otteessa vaatien kuitenkin kalliita korjauskäyntejä Esabin huoltoyksiköstä Helsingistä. Pölyjä ja huuruja leviää halliin koneen käydessä. Melu ylittää työhygieeniset raja-arvot. Työterveystarkastajan suorittamat melumittaukset osoittivat, että melua olisi pienennettävä.</p> <p>Oppilaitokseen hankittiin PROMOTION iCNC -ohjausjärjestelmä, jolla saadaan ohjaus yksinkertaisemmaksi ja oppilaiden ohjaukseen paremmin soveltuvaksi. Samassa yhteydessä todettiin myös, että toimitusvarmuutta pystyttiin parantamaan ja myös polttotehoa saatiin laitteistoon lisää. Savujen ja huurujen syntymiseen tämä uudistus ei vaikuttanut. Päätettiin hankkia kevytrakenteinen elementeistä koottava ja avattavilla luukuilla varustettu polttohuone, jolloin melu huoneen ulkopuolella alenee työsuojelumeludirektiivin alapuolelle. Lisäksi huoneen sisällä toimiva alaimupöytä hoitaa savut ja huurut suodattimen kautta pihalle. Näin halliin ei tule melua eikä käryjä.</p> <p>Suunniteltu kehitystyö Telakkatiellä jäi haaveeksi, koska jouduimme muuttamaan kaikkine tavaroinemme Pohjolankadulle Savonlinnan ammatti- ja aikuisopiston eli SAMI:n tiloihin. Ongelmat olivat samat, mutta toteutusta jouduttiin suunnittelemaan uudelleen. Tehostettiin alaimupöydän toimintaa tehokkaammalla imurilla, joka sijoitettiin ulos taustamelun pienentämiseksi. Suodatustehoa lisättiin sijoittamalla rinnan kaksi suodatinyksikköä. Korvausilma tuodaan putkilla suoraan polttopöydälle. UV -säteilyhaitan poistamiseksi asennettiin suojaverhot. Polttopöydän ympäristön rauhoittamiseksi rakennettiin koulutus- ja ohjelmointihuone toiseen kerrokseen, josta on suora näköyhteys plasman työskentelyalueelle.</p>		
Asiasanat (avainsanat) Polttoleikkaus, hienosädeplasma, työympäristö, pienhiukkaset, melu		
Sivumäärä 65 s + liitteet 30	Kieli Suomi	URN URN:NBN:fi:mamk-opinn 201012285
Ohjaavan opettajan nimi Markku Kemppi		Opinnäytetyön toimeksiantaja

 MIKKELIN AMMATTIKORKEAKOULU Mikkeli University of Applied Sciences		Date of the bachelor's thesis 31.12.2009
Author(s) Esa Korhikoski	Degree programme and option Mechanical engineering	
Name of the bachelor's thesis Developing the flame cutting and plasma cutting system at the former Savonlinna Adult Education Centre		
Abstract <p>Savonlinna Adult Education Centre has a flame cutting and plasma cutting unit that serves both the needs of education and small and medium-size enterprises. The purpose of this thesis is to plan changes that improve the action of the cutting machine with the goal to increase the effectiveness and working reliability. In addition to this the environmental friendliness of the machine should be improved.</p> <p>The CNC operating system has turned out unreliable when used at educational institutes, so I invited bids for better systems. I also examined advertisements of the machine suppliers. While working the machine spreads dust and fumes, to these problems I found answers from the literature and publications about working environment.</p> <p>A new ProMotion iCNC operating system was obtained, which makes the operating of the machine simpler and more suitable for student guidance. It was also stated that the working reliability and the burning effectiveness were improved. It was decided to develop a flame cutting room with precast walls. That way the noise outside the room falls under the noise directives. The working of the vacuum table was intensified with a more effective exhauster, which was placed outside in order to decrease the background noise. The filtering effectiveness was raised by placing two filter units side by side. The replacement air is brought directly to the cutting table through pipes. Protective screens were installed in order to protect from UV radiation. A training and programming room was built on the second floor in order to quiet down the area near the flame cutting table.</p>		
Subject headings, (keywords) Flame cutting, plasma, working environment, fine particles, noise		
Pages 64s + appendix 30	Language Finnish	URN URN:NBN:fi:mamk-opinn 201012285
Tutor Markku Kemppe	Bachelor's thesis assigned by	

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	1
2	AIKUISOPISTON PLASMA- JA POLTTOLEIKKAUSLAITTEISTO.....	2
2.1	HD-3070 Hienosäde plasmaleikkauslaite.....	3
2.1.1	Virtalähde.....	3
2.1.2	Automaattinen kaasukonsoli.....	4
2.1.3	RHF –konsoli.....	4
2.1.4	PAC 186 –konepoltinyksikkö.....	5
2.1.5	Suorapoltinadapteri.....	5
2.1.6	OFF –venttiilistö.....	5
2.2	Happi –asetyleeni polttovarustus.....	5
2.2.1	Koneportaali.....	5
2.2.2	Poltinvaunu.....	6
2.2.3	Poikittaisvaunu.....	6
2.2.4	Poikittaisvetovaunu.....	6
2.2.5	Korkeudensäätölaitteisto.....	6
2.2.6	Polttimenpidin.....	6
2.2.7	Polttimet ja suuttimet.....	7
2.2.8	Sytytysvarustus.....	7
2.2.9	Kaasuvarustus.....	7
2.3	CNC –ohjaus.....	8
2.4	Polttopöytä	8
2.5	Savukaasujen poisto.....	9
3	PLASMALEIKKAUKSEN TOIMINTAPERIAATE	10
4	ASETYLEENI –HAPPILEIKKAUS	15
4.1	Toimintaperiaate.....	15
4.1.1	Polttoleikkauksen soveltuvuus.....	16
4.1.2	Polttoleikkauksen edut ja rajoitukset.....	16
4.1.3	Polttoleikkauksen tehokkuustekijät.....	17
4.1.4	Liekin lämpötila.....	17
4.1.5	Polttokaasujen ominaisuudet.....	17
4.1.6	Polttokaasut.....	19
4.1.7	Kaasupullojen tarve.....	20
4.1.8	Leikkaussuuttimen valinta.....	20
4.2	Maalattujen kappaleiden leikkaaminen.....	21
4.2.1	Konepajapohjamaalit.....	21
4.2.2	Maalityypit.....	22
4.2.3	Polttoleikkaus.....	22
5	TYÖSKENTELYSSÄ SYNTYVÄT PÄÄSTÖT	23
5.1	Konepajan pienhiukkasten tutkimus.....	23
5.1.1	Hiukkasten muodostuminen	25

	5.1.2	Pienhiukkasten mittalaitteet	27
	5.1.3	Näytteenotto	29
6	MELU.....		30
	6.1	Melun haitallisuus.....	30
	6.2	Melun työhygieeniset raja-arvot.....	30
	6.3	Melun esiintyminen hitsaajan työympäristössä.....	31
	6.4	Hitsaus- ja leikkausprosessien melu työympäristössä.....	32
7	TYÖMELUDIREKTIIVI.....		34
8	MELUHAITTOJEN TORJUNTA.....		35
9	MELUNMITTAAMINEN.....		36
	9.1	Melumittari	36
	9.2	Äänitaso ja melutaso.....	38
	9.3	Äänenpaineen tehollisarvo	38
	9.4	Aikapainotukset liukuva äänitaso	39
	9.5	Keskiäänitaso	39
	9.6	Enimmäistaso ja pysyvyystaso	40
	9.7	Äänialtistustaso	40
10	MELUNMITTAAMINEN JA ARVIOINTI		41
11	MITTAUSTULOSTEN KÄSITTELY		43
	11.1	Ohjearvot	43
	11.2	Spektri	44
	11.3	Poikkeukset	44
	11.4	Impulssimaisuus.....	44
	11.5	Kapeakaistaisuus	45
	11.6	Hienosädeplasman melumittaus TELAKKATIELLÄ	45
	11.6.1	Mittaustulokset	46
	11.6.2	Vertaaminen ohjearvoon ja johtopäätökset	47
	11.7	Hienosädeplasman melumittaus POHJOLANKADULLA	48
	11.7.1	Mittaustulokset	49
	11.7.2	Tulosten luotettavuus	50
12	TYÖPAIKAN MELUNTORJUNTAOHJELMAN LAATIMINEN		51
	12.1	Melun aiheuttamat vaivat ja haitat	52
	12.2	Meluntorjunnan pääsääntö	52
	12.3	Melualtistuksen mittaaminen	52
	12.4	Milloin meluntorjuntaohjelma tehdään ?	53
	12.5	Mikä meluntorjuntaohjelma on ?	53
	12.6	Kuka laatii meluntorjunta ohjelman?	55
	12.7	Yhteistoiminta ja meluntorjuntaohjelman dokumentointi	56
13	UUSI CNC PC – POHJAINEN LEIKKAUKSEN OHJAUS.....		56
	13.1	Rakennusprojektin toteuttaminen	57
14	SAVUNPOISTOLAITTEISTON SUUNNITTELU.....		58
	14.1	Laitteet	58

14.2	Savun/ kärynpoisto	59
14.3	Kanaviston mitoittaminen	59
14.4	Painehäviöt	59
14.5	Toteutus ja mittaustulokset	61
15	TYÖN YHTEENVETO	64
LÄHTEET.....		65
LIITTEET		66

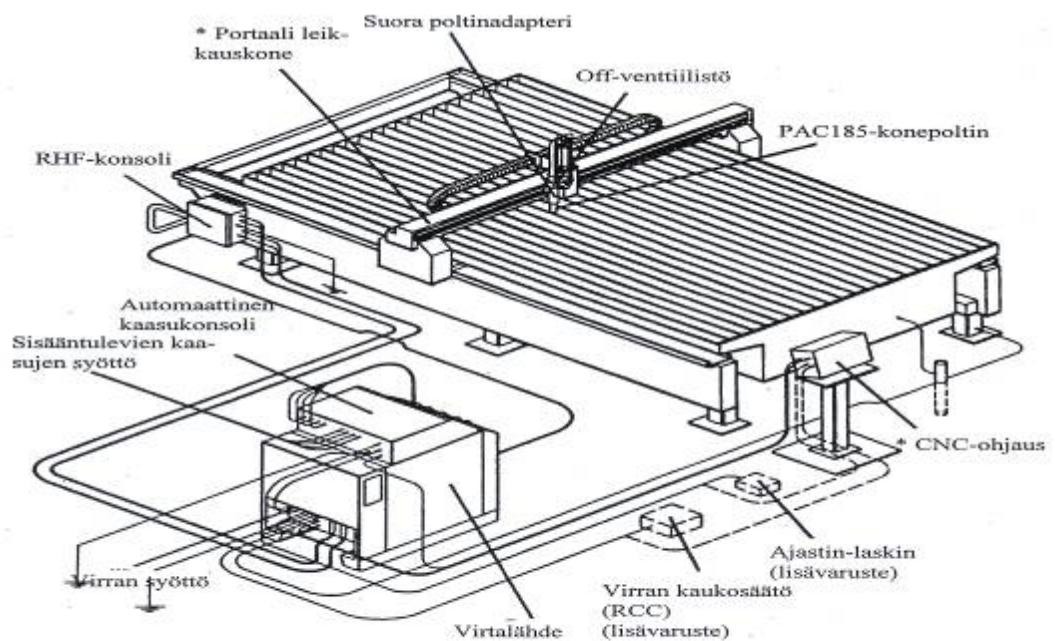
1. JOHDANTO

Plasmaleikkaus on monipuolinen, helposti automatisoitavissa, nopea ja riittävän tarkka leikkausmenetelmä monimuotoisille kappaleille, jopa yksittäistuotantoon. Plasmalla voidaan leikata periaatteessa kaikkia metalleja. Haittapuolena menetelmässä on erilaiset jätteet ja niiden käsittely. Se asettaa suuret vaatimukset alaimupöydälle ja muille oheislaitteille. Monenlaiset päästöt aiheuttavat ongelmia ihmisten terveydelle. Kun tämä laitteisto sijaitsee vielä oppimisympäristössä, on päästöihin kiinnitettävä sitäkin suurempi huomio. Koska kysymyksessä on yhdistelmä, jossa on mukana happiasetyyleeni –leikkauspää, on alaimupöydän modernisoinnissa otettava huomioon molempien leikkaustapahtumien erityisvaatimukset. Vastaavasti alaimupöydän kärynpoistolaitteiston sydän on keskipakoimuri, jonka aiheuttama melu ylittää puhekynnyksen. Silloin keskusteltaessa täytyy huutaa. Tämä ei ole opetustilanteessa välttämättä hyvä käytäntö. Imuri myöskin kierrättää runsaasti ilmaa, jolloin työskentelyalueella on vedon tunne.

Insinööriyön tavoitteena on löytää ratkaisumalleja Savonlinnan ammatti- ja aikuisopiston plasmaleikkauslaitteiston alaimupöydän kehittämiseksi. Alaimupöydän tulisi estää huurujen karkaaminen hallin hengitysilmaan nykyistä paremmin. Markkinoilla on olemassa hiukan toisistaan poikkeavia ratkaisumalleja. Niitä vertailemalla pitäisi löytää tilanteeseen parhaiten sopiva ratkaisu, jolla pienennetään päästöjä toimivuuden kuitenkaan kärsimättä. Huurujen poistoon viritetään matalapainejärjestelmä, jossa on kaksi rinnan kytkettyä suodatinta. Päästöihin kuuluu olennaisena osana melu. Melu vaatii meluntorjuntaohjelman laatimisen, jonka tavoitteena on päästä alle 80 dB:n plasman työskentelyalueella. Erikoisesti on huomioitava melun torjunnassa, että on kysymys hetkellisestä melusta, joka ei saa ylittää puheäänäen voimakkuutta. Kysymyksessä on yleensä opetustilanne, jolloin viestintä tapahtuu puhumalla ilman kuulosuojaimia.

2. AIKUISOPISTON PLASMA- JA POLTTOLEIKKAUSLAITTEISTO

Levypaja kuuluu aikuisopiston konetekniikan metalliosastoon, jonka tehtävänä on kouluttaa osaavia ammattilaisia työmarkkinoille. Tehtävänä on myös palvella asiakkaita erilaisten tuotteiden muodossa, joko osavalmisteina tai valmiina tuotteina. Suurimman osan osavalmisteista hoitaa HIENOSÄDEPLASMA.



* Ei Hypertherm-osa

Kuva 2-1 HD-3070-järjestelmän osat portaalissa leikkauskoneessa

2.1. HD-3070 Hienosädeplasmaleikkauslaite

HD-3070 on tarkkuusleikkauslaite, jossa on kaksoiskaasu kone-poltinjärjestelmä. Tähän mikroprosessoriohjattuun järjestelmään kuuluu virtalähde, RHF –konsoli, kaasukonsoli, poltinadapteri, off-venttiilistö ja leikkauspoltin.

HD- 3070 laitteisto voidaan sovittaa eri leikkaussovellutuksille, joissa virta-arvot voidaan valita 15, 30, 50, 70 ja 100 ampeerin väliltä. Optimaalinen leikkaustulos saavutetaan suurimmalla osalla metalleista levynpaksuuteen 12,7 mm asti. Näin käyttäjällä on laaja valikoima leikkausnopeuksia samalla levynpaksuudella. kaasukonsolissa on neljä sisääntuloliitäntää erilaisille plasma- ja suojakaasuille, joita tarvitaan eri leikkaussovellutuksissa. HD-3070 on suunniteltu leikkaamaan tavallista hiiliterästä, ruostumatonta terästä, kuparia ja alumiinia käyttäen niille soveltuvia kaasuja ja lisäaineita. Plasmaleikkauksessa käytettävät kaasut ovat joko happi tai ilma sovelluksesta riippuen. Suojakaasu auttaa saavuttamaan hyvän pinnanlaadun muodostamalla plasmakaaren ja työkappaleen ympärille kaasutilan. Lisäksi suojakaasu jäähdyttää polttimen etusuojaa.

HD-3070:ssa on mikroprosessoriohjaus, joka lisää suuttimien ja puikkojen käyttöikä. Pitkän iän saavuttamiseksi kaikkien leikkausten tulee alkaa ja päättyä levyn pintaan. Tämä mahdollistaa kaasun ja vakiotasavirran oikeanlaisen käynnistyksen ja sammutushidastuksen./1/

2.1.1.Virtalähde

Virtalähde on 100A, 15 kW chopper-virtalähde, joka antaa ulos vakiotasavirtaa (DC) alueella 15- 100 A. Siinä on mikroprosessoriohjattu piirikortti, joka ohjaa kaikkia plasmalaitteiston toimintoja: käynnistyssekvenssiä, koneen liitäntätoimintoja, kaasun ja leikkauksen parametrejä ja lopetussekvenssiä. Virtalähteen on/off -virtaa ohjataan CNC – koneen kautta. CNC – koneesta käsin ohjataan myös leikkausvirtaa ja lävistyksen viivettä. Lisäksi virtalähteeseen kuulu yksikkö, jolla hoidetaan polttimen jäähdytys. Virtalähde on liitetty RHF – konsoliin,koneen liitäntöihin, kaasukonsoliin ja työkappaleeseen.

2.1.2. Automaattinen kaasukonsoli

Kaasukonsoli on tietokoneohjattu yksikkö, joka on kiinnitetty virtalähteen päälle. Tämä yksikkö sisältää kaikki putki- ja venttiilijärjestelmät, kauko-ohjausta varten tarvittavan tietokoneohjauksen ja koneesta käsin tapahtuvaa ohjausta varten manuaaliohjauksen. Kaasuventtiilien sekvenssejä ohjataan virtalähteen mikrotietokoneen kautta. Kaukosäädön avulla on mahdollista asettaa kaasun virtausaste automaattisesti CNC – koneen kautta ilman, että koneen käyttäjä on paikalla. Liitäntä robottiohjaukseen mahdollistaa plasma- ja suojakaasun virtauksen annostuksen ohjauksen tarkasti.

Koneesta käsin tapahtuvassa ohjauksessa käyttäjä voi säätää kaasun annosteluventtiilien asetusarvoja, valita kaasun testaustavan ja käytetyn kaasutyypin sekä valita kalibrointitavan.

Sekä koneesta että kaukosäädöstä käsin tapahtuvassa ohjauksessa LCD – näytöltä nähdään seuraavat tiedot: onko käytössä koneesta vai kaukosäädöstä käsin tapahtuva käyttö, plasma- ja suojakaasujen valinnat, järjestelmävirheet, kaasun testaus- ja kalibrointitavat, sisään tulevien plasma- ja suojakaasujen paineet, ulosmenevien plasma-, suoja- ja esivirtauskaasujen paineet ja annostusventtiilien asetusarvot.

Kaasukonsoli on liitetty virtalähteeseen kahdella ohjauskaapelilla: robottiohjaimen liitäntään kaapeliliitännän kautta ja polttimen off- venttiilistöön kaasujohdon kautta sekä plasma- ja suojakaasun syöttöihin.

2.1.3. RHF – konsoli

Tähän yksikköön kuuluu korkeataajuuksinen käynnistyspiiri, jota tarvitaan polttimen sytyttämisessä ja joka sallii tehokkaamman RF – suojan. RHF – konsolissa on vesisalpa erottamaan vesi- ja sähköosat toisistaan. Konsolissa on myös oven lukituskytkin ja katodiputkisto, jota käytetään liittämään virtalähteen ja polttimen väliset jännite- /jäähdytysainejohdot ja pilottikaaren johto muodostavat suojatun polttimen letkupaketin, jolla poltin on kytketty laitteistoon.

2.1.4. PAC186 – konepoltinyksikkö

PAC186 on kaksoiskaasupoltin (plasma- ja suojakaasut) hienosäde plasmalaitteisiin, joka on suunniteltu X-Y – pöydän leikkaussovellutuksiin. Poltinyksikköön kuuluu poltinarunko ja 15 ampeerin kulutusosat. Poltin on vesijäähdytteinen. Vesi kiertää suljetussa piirissä polttimeen ja polttimesta pois poltinadapterin, RHF – konsolin ja virtalähteessä olevan jäähdytysyksikön avulla. Polttimet toimitetaan joko ilman päätyruhvin IHS – laippaa tai varustettuna IHS – laipalla.

2.1.5. Suora poltinadapteri

Poltinadapteri mahdollistaa leikkauskoneen polttimien mekaanisen vaihtamisen. Poltinjohtoa käyttävät RHF – konsolin syöttöliitännät ovat elektrodin jäähdytysveden syöttöä ja poistoa, virtaa ja pilottikaarta varten. Off-venttiilistön syöttöliitännät ovat polttimen takaiskua sekä plasma- ja suojakaasuja varten.

2.1.6. Off –venttiilistö

Off-venttiilistössä on on/off-säätö, jolla valitaan polttimen esivirtauksen ja käyttökaasun virtausmäärät. Tässä venttiilistössä on kolme magneettiventtiiliä sisältäen kaasuliitännöiden syötöt ja ulostulot. Syöttöliitännät (plasmakaasu, suojakaasu ja esivirtauskaasu) tulevat kaasukonsolista kaasujohtojen avulla. ulostuloliitännät (takaisku, plasma- ja suojakaasu) menevät polttimeen käyttäen poltinadapteria.

2.2. Happi- asetyleeni polttovarustus

2.2.1. Koneportaali

Koneportaalia vetää ohjauspuolella pitkin koneistettua profiilikiskoa dynaamisilta ominaisuuksiltaan korkeatasoinen servokäyttö. Erittäin stabiili ja vähän värinää

aikaansaava hitsauskonstruktio takaa leikattavaan työkappaleeseen parhaan mahdollisen pinnanlaadun.

2.2.2. Poltinvaunu

Poltinvaununa kuvataan yksikköä, joka muodostuu poikittaisvaunusta, korkeudensäätölaitteistosta, leikkauspolttimen pitimestä ja leikkauspolttimesta. Korkeudensäätölaitteisto on kiinnitetty poikittaisvaunun etuosaan.

2.2.3. Poikittaisvaunu

Poikittaisvaunu on asennettu portaaliin ilman kuljetinta. Poikittaisvaunujen lineaarisilla ohjausvivoilla ei synny paljon hukkaliikettä, ja niitä ohjataan kulku- ja ohjausrullilla. Vaunut liikkuvat ohjaimella tasaisesti. Poikittaisvaunu on kiinnitetty teräsnauhalla. Liukuvaunut on kiinnitetty teräsnauhaan kiinnityslaitteistolla.

2.2.4. Poikittaisvetovaunu

Poikittaisvetovaunussa oleva sähkömoottori käyttää hammaspyörää. Koneportaalissa on vastaava hammastanko. Tällä tavoin aikaansaadaan poikittaisliike (Y – akseli). Vapaa liikkuminen saavutetaan käyttämällä sähkömekaanista kytkentää. Tässä mallissa liukuvaunut on kiinnitetty teräsnauhaan kuljetintangolla.

2.2.5. Korkeudensäätölaitteisto

Korkeudensäätölaitteistoa (Z – akseli) liikutetaan pystysuunnassa moottorikäyttöisellä kierteitettyllä trapetsoidikaralla.

2.2.6. Polttimen pidin

Korkeudensäätölaitteisto varustetaan polttimen pitimellä. Polttimen säätömahdollisuudet: Poltin liikkuu polttimen pitimessä ylös ja alas polttimen pituudesta riippuen. Polttimen pidin X – akselin suunnassa +/-25. Kääntö x – akselin ympäri +/-45 astetta. Kääntö y – akselin ympäri +/- 10 astetta.

2.2.7. Polttimet ja suuttimet

(Liitteessä 7 taulukot polttimista ja suuttimista)

2.2.8. Sytytysvarustus

Sytytysvarustus mahdollistaa kuumennusliekin automaattisen sytytyksen. Sytytysvarustus käsittää polttimesta riippuen sytytyslaitteen, sytytyspolttimen, T – kappaleen polttokaasun haaroitukseen sekä kiinnityslaitteet. Sytytystoiminto käynnistetään CNC – ohjauksen käyttöpaneelista.

Sytytyskaasun magneettiventtiili avautuu. Sytytyskaasu sytytetään sähköisesti. Kaasu virtaa sytytyspolttimesta leikkauspolttimen suuntaan. Sytytys liekki sammuu noin kolmen sekunnin kuluttua.

2.2.9. Kaasuvarustus

Kaasunsyöttölaitteistossa on haaroituspiste, jossa paineenvähennysventtiilit ja takaiskusuojat.

Sähköiset paineensäätimet ja suhdeventtiilit ovat järjestetty yhteen kaasunjakolaitteiston sisäänmenokohtaan. Näillä säädetään ja valvotaan hapen ja polttokaasun käyttöpaineita. Paineiden säädöt annetaan CNC – ohjauksen avulla. Yhdysletkut yhdistävät koneessa olevan kaasuvarustuksen kaasunjakokeskukseen. Yksittäiset poltinaggregaatit on yhdistetty letkupaketein kaasunjakajaan.

2.3. CNC – ohjaus

Kaikkia koneen toimintoja sekä liikeakseleita ohjataan ja valvotaan ESAB CNC – ohjauksen avulla. Manuaalisesti tapahtuva yksinkertainen tietojen syöttö sekä valmiiden ohjelmien muutamassa sekunnissa tapahtuva ohjelmasiirto DNC – linkin kautta ovat vain muutamia tämän uusimmalla puolijohdetekniikalla varustetun ohjauksen eduista. Tällä varustuksella kone tarjoaa suurimman mahdollisen joustavuuden ja monilukuisen määrän toimintoja.

2.4. Polttopöytä

Pöytä on imuleikkauspöytä tyyppiä 700*2570*6100, jossa on paineilmalla toimivat imukanavien sulkupellit. Pneumaattinen säätöjärjestelmä sulkee ja avaa pellit koneen liikkeen mukaan. Tämä järjestely, jotta saadaan mahdollisimman tehokas imu aikaan polttoalueella.



KUVA 3. Polttopöytä

2.5. Savukaasujen poisto

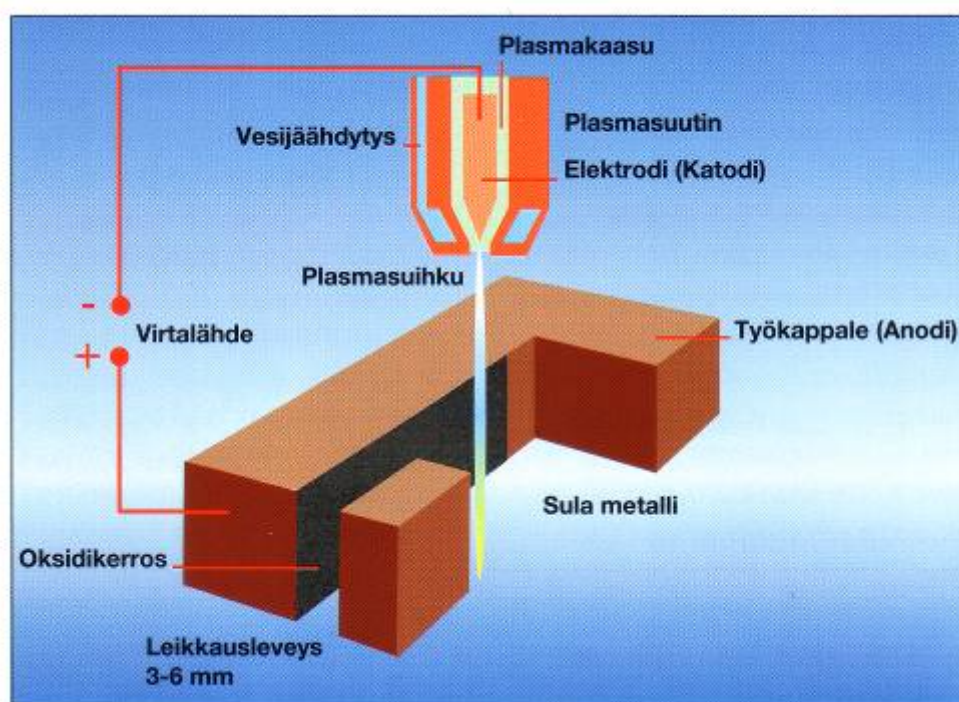
Keskipakoimuri NCF 50/25 hoitaa savukaasujen siirron kapasiteetti noin 3200-5500m³/h. Imuri imee poistettavan kaasun FilterMec suodattimen läpi, jolloin pääosa hiukkasista jää suodattimeen. Puhdistettu ilma puhalletaan ulos.



KUVA 4. Poistopuhallin

3 PLASMALEIKKAUKSEN TOIMINTAPERIAATE

Plasmaleikkaus on ruostumattomien terästen tärkein terminen leikkausmenetelmä. Se on sulatusleikkausmenetelmä, jossa kuuman plasman lämpöenergialla sulatetaan leikattavaan levyyn railo ja sulanut aine puhalletaan pois käyttäen hyväksi plasmasuihkun suurta kineettistä energiaa (liike-energiaa). Nykyään plasmaleikkausta käytetään yhä enemmän myös seostamattomien terästen leikkaukseen. Suurimmat leikattavat levynpaksuudet ovat ruostumattomalla teräksellä noin 30 mm. Plasmaleikkauksen periaate on esitetty kuvassa 5.



KUVA 5. Plasman toimintaperiaate/4/

Plasmalla tarkoitetaan korkeassa lämpötilassa olevaa dissosioituneessa ja ionisoituneessa tilassa olevaa kaasuseosta, joka koostuu erittäin suurella nopeudella liikkuvista elektroneista, ioneista, atomeista ja molekyyleistä. Kaasun saamiseksi plasmatilaan tarvitaan paljon lämpöä, jota saadaan valokaaresta. Kaksiatomisissa kaasuissa tapahtuu kaasumolekyylin dissosioituminen eli ionisoituminen. Kaasuatomien ja ionien kohdatessa kylmän metallipinnan tapahtuu rekombinaatio eli ioneista tulee atomeja ja atomeista puolestaan molekyylejä. Rekombinaatiossa vapautuu myös huomattava määrä lämpöä./4/

Plasma saavuttaa kuumimmassa kohdassa jopa 30000-50000 asteen lämpötiloja. Leikkauskohdassa lämpötila on noin 10000 astetta. Plasman voidaan katsoa olevan aineen neljäs olomuoto, joita muita ovat kiinteä, nestemäinen ja kaasumainen tila.

Plasmaleikkaus eroaa polttoleikkauksesta, jossa leikattava aine palaa leikkauskohtaan tuodussa hapessa. Sulan aineen poistumisessa käytetään hyväksi suihkun suurta kineettistä energiaa. Plasmaleikkauksessa tarvitaan plasmakaasua ja lisäksi myös suojakaasua, jota käytetään nykyään lähes poikkeuksetta myös plasmaleikkauksessa.

Kaasun sopivuuden plasmakaaren käynnistäjänä määrittelee sen ominaisuus luoda vakaa kaari riippumatta kaaren pituuden vaihtelusta. Parhaiten tähän tarkoitukseen soveltuu argon ja epäedullisin on vety.

Kaasun lämpösisältö on merkittävä lämmön siirtämiseksi kaasun avulla leikattavaan kohteeseen. Kaksiatomisten kaasujen vedyn, typen ja hapen lämpösisältö kasvaa voimakkaasti dissosioitumisasteen myötä. Kaasumolekyylien dissosioitumisessa sitoutuu tähän huomattavasti kaaren lämpöenergiaa, jonka plasmakaari luovuttaa kohdatessaan kaarta kylmemmän levyn pinnan. Tässä tapahtuu voimakkaasti lämpöä luovuttava reaktio, ns. rekombinaatio.

Kaasun lämmönjohtokyvyllä kuvataan kaasun kykyä tuoda lämpöä työkappaleeseen. se kasvaa voimakkaasti lämpötilan myötä ja sillä on suora yhteys saavutettavaan leikkausnopeuteen.

Kaasun tiheydellä (ominaispainolla) on oleellinen merkitys puhallettaessa sulanut metalli pois leikkausrailosta. Mitä suurempi tiheys on, sitä paremmin kaasu puhalttaa liike-energiansa avulla pois sulan metallin. Argonilla on suuri tiheys.

Plasmakaaren synnyttämiseen käytetään typpeä, argonia, happea tai paineilmaa joko yksinään tai erilaisina kaasuseoksina. Typellä on suhteellisen suuri energiasisältö ja tiheys. Se on myös sellaisenaan tehokas plasmakaasu. Argonilla on matala energiasisältö ja lämmönjohtokyky eikä se sovellu yksinään kovin hyvin

käytettäväksi plasmakaasuna. Se on hyvä kaasu kaaren sytyttämiseen ja se poistaa suuren tiheydensä ansiosta (suuri liike-energia) sulan metallin hyvin pois railosta.

Vedyllä on suuri energiasisältö ja lämmönjohtokyky, mutta pieni tiheys. Sitä suositellaan ensisijaisesti argon- ja tyypiseoksiin. Vety korottaa seosten lämpösisältöä ja lämmönjohtokykyä. Hapen ja ilman energiasisältö ja tiheys ovat suuria. Ruostumattoman teräksen leikkauksessa ei suositella yleensä käytettäväksi happea tai ilmaa (paineilmaa), koska niiden tuottama hapettunut leikkausjälki ei ole erityisen hyvä käytettäväksi sellaisenaan hitsaukseen ilman jälkikäsitelyä. Hapettunut leikkauspinta on ruskea, rosoinen ja karhea.

Yleisin plasmakaasu ruostumattoman leikkaukseen on argonin ja vedyn muodostama kaasuseos, jossa vedyn määrä vaihtelee 5-35 % välillä, esim. 65%Ar + 35%H₂. Tämä kaasuseos on tehokkaampi plasmakaasu kuin pelkkä argon, typpi tai vety. Sillä saadaan myös hyvä leikkausjälki. Typpiä käytetään myös sellaisenaan plasmakaasuna.

Suojakaasu ympäröi suuttimen ja syrjäyttää pois ympäröivän ilman, jotta leikkauspinoille ei pääsisi happea, sekä samalla kuristaa plasmakaarta. Suojakaasua käyttävää plasmaleikkausta kutsutaan joskus myös nimellä Dual-Flow-plasmaleikkaus. Se otettiin käyttöön jo 1960-luvulla ja on nykyään eniten käytetty plasmaleikkausmenetelmä. Suojakaasu jäädyttää myös suutinta ja pidentää sen käyttöikä.

Plasmaleikkausta voidaan tehdä myös veden alla. Sen etuina ovat pölyn ja höyrystyneen metallin sitoutuminen veteen, vähäinen säteily ja hiljaisuus. Plasmakaasuna käytetään aina typpiä. Leikkausjälki on hyvä. Plasmaleikkaus tuottaa pöly- ja kaasupäästöjä. Kaasuista haitallisia ovat erityisesti typpioksidit. Pölyssä on puolestaan kromi- ja nikkelihiukkasia, jotka voivat olla terveydelle haitallisia. Plasmaleikkauksen yhteydessä käytetään suodattimilla varustettuja poistolaitteita. Vedenalaisessa leikkauksessa pöly sitoutuu lähes täydellisesti veteen.

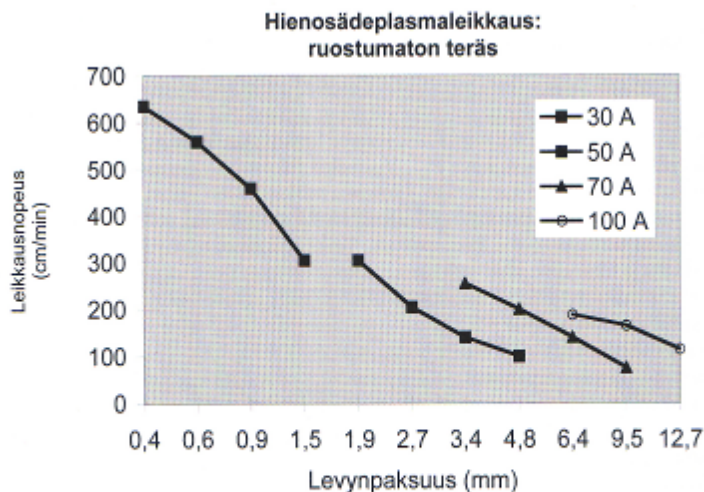
Vedestä nousevat kaasumaiset aineet imetään pois suuttimen ympärillä olevalla imusuulakkeella.

Plasmaleikkauksesta on kehitetty 1990-luvun alussa ns. hienosädeplasmaleikkaus, jota kutsutaan myös hienoplasmaleikkaukseksi tai tarkkuusplasmaleikkaukseksi (engl. High Tolerance Plasma Arc Cutting, HTPAC ja HyDefinition Plasma Arc Cutting). Plasmakaarta kuristetaan lisäkaasuvirtauksella tai magneettikentällä. Kuristuksen ansiosta saadaan erittäin kapea ja tarkasti sylinterimäinen plasmakaari, jonka halkaisija on alle 1mm. Kaaren virtatiheys leikkauskohdassa on lähes 100A/mm². kun se perinteisessä plasmaleikkauksessa jää noin kolmasosaan tästä arvosta.

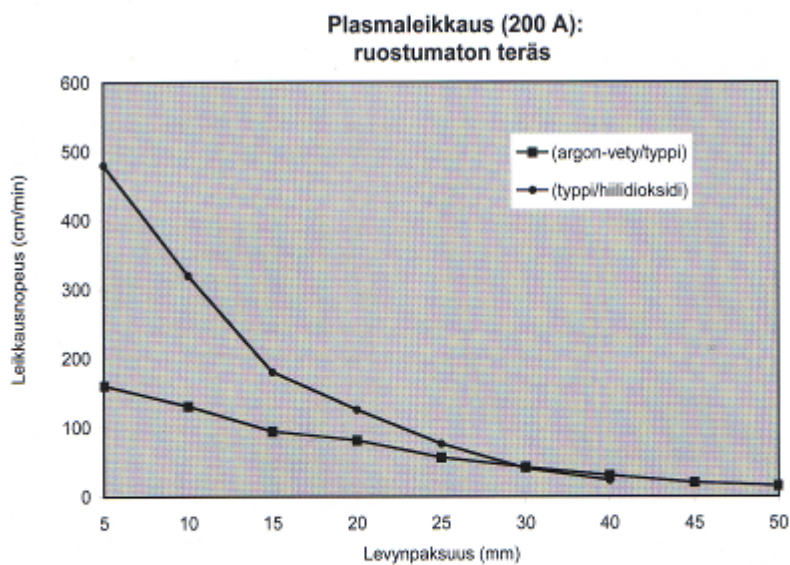
Hienosädeplasmaleikkauksella saadaan hyvin kapea, purseeton ja lähes suorakulmainen leikkausrailo. Leikkausnopeus ei ole samaa luokkaa kuin tavanomaisessa plasmaleikkauksessa. Koska leikkauslaitteiden leikkausvirta on enintään 150 A. Leikkaus soveltuu ruostumattoman teräksen leikkaukseen toistaiseksi vielä levynpaksuudella 0,5-15mm. Markkinoille on tulossa kuitenkin hienosädeplasmalaitteita, joiden leikkausvirta on jo useita satoja ampeereja.

Tarkkuudeltaan hienosädeplasmaleikkaus on selvästi tavanomaista plasmaleikkausta parempi. Monessa kohteessa voidaan käyttää hienosädeplasmaleikkausta laserleikkauksen sijasta, vaikka tarkkuus ei ole laserin luokkaa. Hinnaltaan tällainen laitteisto on vastaavasti huomattavasti halvempi kuin laserlaitteisto.

Kuvassa 152 on annettu tyypillisiä leikkausnopeuksia hienosädeplasmalla ja tavanomaisella plasmalla käyttäen erilaisia leikkausvirtoja ja plasmakaasuja. Ne perustuvat erään laitetoimittajan ohjearvoihin./4/



Kuva 152 Leikkausnopeuksia austenittisen ruostumattoman teräksen hienosädeplasma- ja plasmaleikkauksessa: a) hienosäde plasmaleikkaus



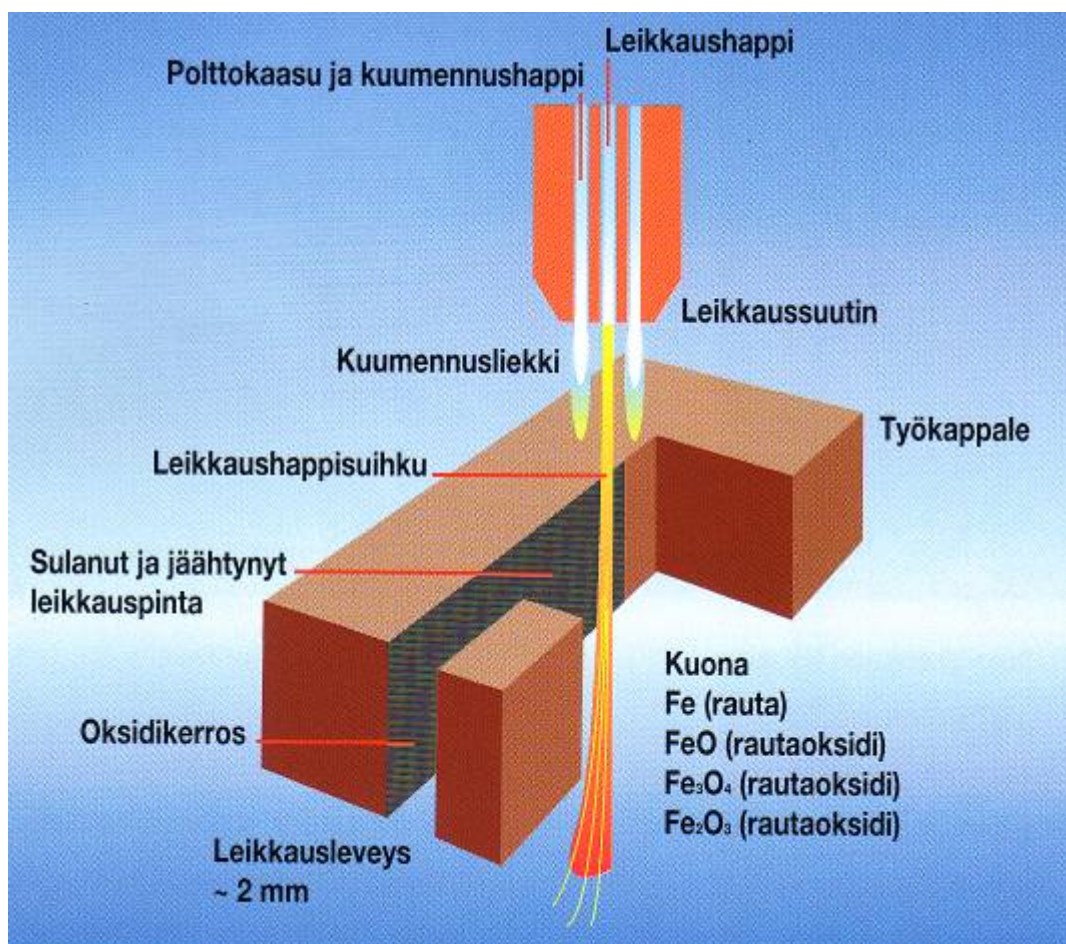
Kuva 152 Leikkausnopeuksia austenittisen ruostumattoman teräksen hienosädeplasma- ja plasmaleikkauksessa: b) normaali plasmaleikkaus

KUVA 6. Leikkausnopeuksien eroja

4 ASETYLEENI – HAPPILEIKKAUS

4.1 Toimintaperiaate

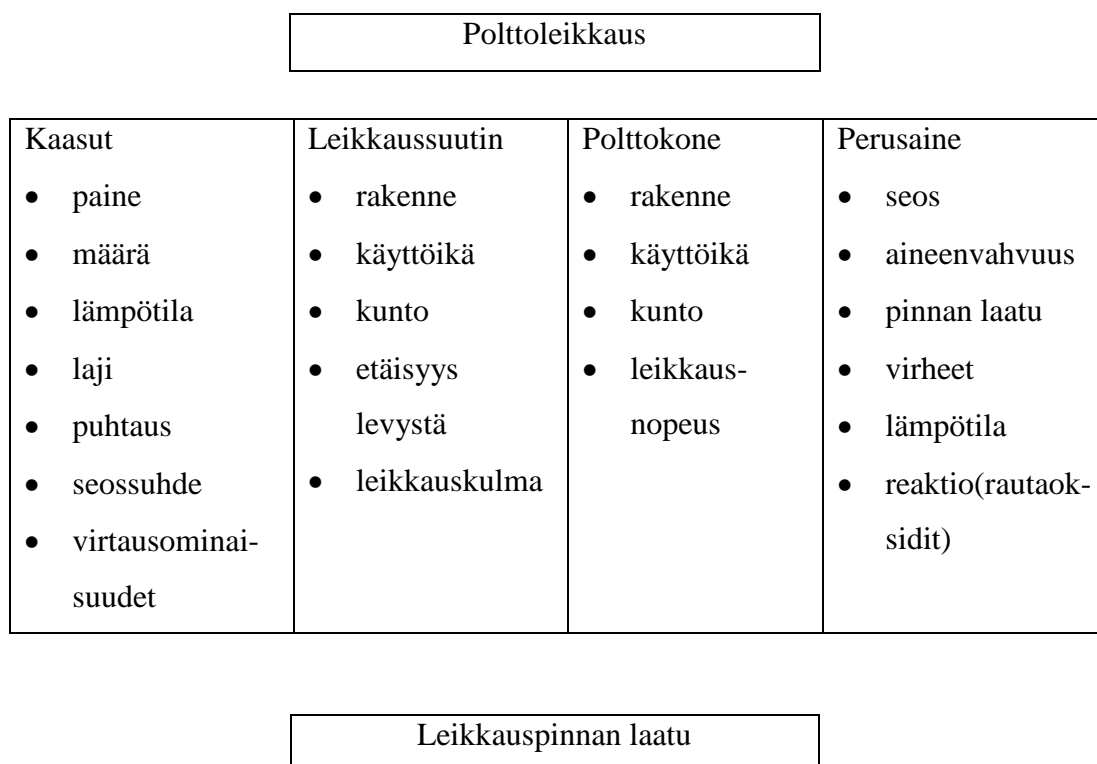
Leikattava aine, yleensä teräs, palaa polttoleikkauksessa oksideiksi. Aine kuumennetaan kuumennusliekillä syttymislämpötilaansa ja poltetaan leikkaushappisuihkussa. Kuumennusliekistä ja materiaalin palamisesta syntyy lämpöenergia, jonka avulla jatkuva polttoleikkaaminen on mahdollista. Polttamisen aikana syntyvät oksidit eli kuona ja sulaa metalli puhalletaan leikkaushappisuihkulla pois leikkausurasta.



KUVA 7. Asetyleeni – happileikkauksen toiminta

4.1.1 Polttoleikkauksen soveltuvuus

Polttoleikkaus soveltuu erinomaisesti seostamattomien ja niukasti seostettujen terästen leikkaamiseen. Kun työstettävänä on erityisen paksuja aineenvahvuuksia, polttoleikkaus on ainoa mahdollinen terminen leikkausmenetelmä. Se on myös helpoimmin opittava menetelmä ja edullinen kustannuksiltaan. Alla olevassa kaaviossa 1 on esitetty ne tekijät, jotka ratkaisevat leikkauspinnan laadun.



KAAVIO 1. Leikkauspinnan laatuun vaikuttavat tekijät

4.1.2 Polttoleikkauksen edut ja rajoitukset

- ei välttämättä vaadi suuria laiteinvestointeja
- käytössä suhteellisen edullinen
- menetelmän oppii nopeasti
- nykytekniikan ansiosta monimuotoisimmatkin kuvioleikkaukset mahdollisia

- leikkaus useammalla polttimella samanaikaisesti, jolloin kone- ja työkustannukset laskevat
- käsin tapahtuva polttoleikkaus soveltuu mm. kaasutaltaukseseen
- leikattavan aineen syttymislämpötilan hapessa täytyy olla sulamislämpötilaa alhaisempi
- palamisen on oltava jatkuvaa, siksi sen tulee tuottaa riittävästi lämpöä
- leikattavan aineen lämmönjohtokyvyn pitää olla riittävän alhainen
- palamistuotteet eivät saa olla pääosin kaasumaisia
- syntyvien oksidien tulee olla hyvin juoksevia

4.1.3 Polttoleikkauksen tehokkuustekijät

Mitä tehokkaampaa polttoleikkaus on, sitä varmempaa on kustannusten leikkautuminen ja tuottavuuden kasvu. Oikea polttokaasun ja leikkaussuuttimen valinta vaikuttaa ratkaisevasti leikkaamisen laatuun ja tehokkuuteen.

Polttokaasujen ominaisuuserot ovat selvät ja vaikuttavat monin tavoin polttoleikkauksen tehokkuuteen ja taloudellisuuteen.

4.1.4 Liekin lämpötila

Kuumennus liekki koostuu primääri- ja sekundääriliekistä, joista varsinaisen työn tekee primääril liekki. Liekin lämpötila on eräs tärkeimmistä polttokaasun ominaisuuksista. Primääriliekin lämpötilan tulee olla mahdollisimman korkea, sillä leikattavan aineen kuumennuksen teho riippuu primääriliekin kyvystä siirtää lämpöenergiaa leikattavaan kohtaan. Lämpö siirtyy tehokkaimmin, jos primääriliekillä on korkea lämpötila, suuri ominaislämpö ja palamisnopeus. Näihin kolmeen tekijään kannattaa kiinnittää huomiota. Kaasun valinnassa on tietysti erilaisia nimittäjiä, mutta aina kun työssä tavoitellaan suurta nopeutta, liekin lämpötila on ratkaiseva tekijä.

4.1.5 Polttokaasujen ominaisuudet

Ominaisuus	Asetyleeni	Propani
Kemiallinen kaava	C_2H_2	C_3H_8
Normaaliliekin seossuhde		
polttokaasu: happi	1:1,1	1:3,75
Primääriliekin lämpötila (normaaliliekki)	3106	2810
Liekin palamisnopeus mm/s (normaaliliekki)	7600	3310
Tehollinen lämpömäärä MJ/Nm ³	55	96
Primääriliekin lämpömäärä MJ/Nm ³	19	10
Sekundääriliekin lämpömäärä MJ/Nm ³	36	86
Kuumimman liekin seossuhde	1:1,5	1:4,4
Primääriliekin lämpötila (kuumin liekki)	3160	2828
Liekin palamisnopeus mm/s	11700	3700
Primääriliekin teho kJ/cm ² s	17,2	5,2
Tiheys kg/Nm ³ /15 astetta	1,09	1,88
Suhteellinen tiheys (ilma=1)	0,907	1,55

Asetyleenin liekki on selvästi kuumin. Asetyleeniliekin lämpötila on 3160 astetta, kun taas propaniliekin on noin 330 astetta alhaisempi. Osaksi tämän vuoksi asetyleenillä saavutetaan lyhyempi esikuumennusaika ja suurempi leikkausnopeus.

Polttokaasun ja hapen seossuhde. Seossuhteella on myös olennainen merkitys taloudellisessa ja tehokkaassa polttoleikkauksessa. Asetyleeni kuluttaa vähiten happea. Normaaliliekillä yksi asetyleenikuutio vaatii kuumennushappea vain 1,1m³. Propanin hapenkulutus on vastaavasti jo 3,75m³.

Asetyleeni- happiliekin lämpötila nousee jyrkästi erittäin vähäisellä hapen lisäyksellä. Nostettaessa liekin lämpö normaalitasosta kuumilleen eli 3160 asteeseen primääriliekin teho kasvaa enemmän kuin kaksinkertaisesti. Happea kuluu silti vain 1,5m³. Propanin kuumin liekki vie yhtä propanikuutiota kohti peräti 4,4m³ happea. Silti primääriliekin teho on hapenkulutuksen kasvusta huolimatta kohonnut vain noin 60 %.Lävistyksessä liekin tehoa voidaan nostaa lisäämällä happea nopeutetussa esikuumennuksessa ns. HI-LO – venttiilin avulla. Tällöin asetyleenin kanssa polttoleikkaaminen nopeutuu entisestään.

4.1.6 Polttokaasut

Polttokaasuina käytetään yleisemmin asetyleenia ja propaania. Niiden käytössä on tiettyjä etuja ja rajoituksia.

Asetyleenin edut

- hitsaavan teollisuuden eräs peruskaasu
- monipuolisin polttokaasu: sopii leikkaamiseen, hitsaamiseen, juottamiseen, liekkioikaisuun ja -harjaukseen, kaasutalittaukseen, kuumennukseen, liekkikarkaisuun ja termiseen ruiskutukseen polttokaasuksi
- oikean happi- polttokaasuseossuhteen säätäminen helppointa
- taloudellinen ja ensiluokkainen leikkaustulos, kun otetaan huomioon leikkausnopeus, -pinnan laatu ja jälkikäsittelyn tarve
- käsileikkaukseen ja useita aloituksia sisältävään koneleikkaukseen ylivoimaisesti tehokkain ratkaisu
- käyttö joustavaa ja soveltuu hyvin nykyaikaisiin, automatisoituihin leikkausprosesseihin
- hyvät ominaisuudet myös ruosteisten ja pohjamaalattujen levyjen leikkauksessa
- tarvittava kaasupullojen kokonaismäärä pienempi kuin muilla polttokaasuilla
- ilmaa kevyempänä turvallinen käyttää

Asetyleenin rajoitukset

- suuresta palamisnopeudesta johtuen takatuliherkkä

Propaanin edut

- edullinen kg-hinta
- helppo saatavuus, toimitus pullojen lisäksi myös säiliöihin
- suuri energiasisältö, kun tarvitaan suuria lämpömääriä

Propanin rajoitukset

- yleensä hitaampi leikkausnopeus, esilämmitys- ja lävistysaika kuin asetyleenilla
- viisteleikkaus onnistuu vain pienillä kulmilla
- ilmaa painavampana turvallisuusriski
- ohuilla aineenvahvuuksilla sekundääriliekkin suuri lämpömäärä aiheuttaa vetelyä
- kuluttaa enemmän happea polttokaasukiloa kohti kuin muut polttokaasut

4.1.7 Kaasupullojen tarve

Polttokaasujen erilainen hapenkulutus on hyvä ottaa muutenkin huomioon kuin itse leikkausprosessissa. Tällöin puhutaan mm. käsiteltävien pullojen määrästä ja varastotilan tarpeesta. Kaikki tämä sitoo myös ajallisia ja taloudellisia voimavaroja. Seuraavasta taulukosta 2 selviää, kuinka kaasupullojen tarve vaihtelee eri polttokaasujen kohdalla.

TAULUKKO 2. Kaasupullojen tarve

Polttokaasu	Hapen kulutus (m ³)per m ³ polttokaasua	Happipullojen lukumäärä(50l) polttokaasupulloa kohti	Pulloverve/100 leikkaustuntia		
			Polttokaasu	Lämmityshappi	Yhteensä
Asetyleeni(40l)	1,1	0,8	7	6	13
Propani(33kg)	4,0	6,7	3	20	23

4.1.8 Leikkaussuuttimen valinta (ESAB taulukko liitteenä 7)

Oikein valittu leikkaussuutin leikkaa myös leikkaukustannuksia ja lisää prosessin tehokkuutta. Se on tärkein osatekijä, sillä paraskaan polttoleikkaukone ei pysty enempään kuin mihin leikkaussuutin pystyy. Oikean suuttimen valitsemiseen vaikuttaa mm. leikattavan aineen paksuus, polttokaasu ja leikkauspoltin.

Leikkaussuutin ohjaa kuumennusliekkiä ja leikkaushappisuihkua:

Kuumennusliekin muoto, suunta ja teho määräytyvät leikkaussuuttimen mukaan. Yhdessä leikkaussuihkun ja polttokaasun kanssa ne vaikuttavat polttoleikkauksen tulokseen.

Kuumennus liekki

- kuumentaa työkappaleen pinnan syttymislämpötilaan
- ylläpitää tämän lämpötilan
- puhdistaa leikattavan pinnan
- suojaa ja tukee leikkaushappisuihkua

Leikkaushappisuihku

Leikkaushappisuihku on varsinainen polttoleikkaaja, joka polttaa teräksen oksideiksi. Suihkun vakaus, virtausnopeus, suihkun muoto ym. riippuvat leikkaushappikanavan muodosta ja vaikuttavat ratkaisevasti suuttimen leikkauskykyyn.

- tuo raudan palamiseen tarvittavan puhtaan hapen
- puhalttaa pois kuonan ja sulan metallin

4.2 MAALATTUJEN KAPPALEIDEN LEIKKAAMINEN

Korroosionestokäsiteltyjen kappaleiden leikkaaminen asettaa erityisvaatimukset leikkausmenetelmälle ja suojakerrokselle./9/

4.2.1 Konepajapohjamaalit

Useista eri syistä lähes kaikki levyt ja profiilit tuodaan levyhalliin pohjamaalattuna. Tälle erikoismaalille, jota kutsutaan konepajapohjaksi, asetetaan yleisesti seuraavia vaatimuksia:

- lyhyt kuivumisaika, käsittelykuiva alle 10 minuutin kuluttua
- hyvä korroosionestokyky
- päälle maalattavissa monilla maalityypeillä
- ei haittaa hitsausta eikä polttoleikkausta
- ei kehitä haitallisessa määrin myrkyllisiä kaasuja

Näistä monista vaatimuksista johtuen saattaa syntyä ristiriitaisuuksia. Mikäli halutaan parantaa korroosionestokykyä (paksu maalikerros tai sinkkipölymaali)

saattaa hitsauksessa tulla lisää vaikeuksia. Kaasuhuokosten ja reikien syntyminen hitsauksessa heikentää puolestaan rakenteen lujuutta ja korroosionestokykyä valmiissa tuotteessa.

4.2.2 Maalityypit

Suomessa käytetään yleisimmin rautaoksidipigmentoitua konepajapohjaa, jossa sideaineena on epoksihartsi. Rautaoksidi-polyvinylibutyraali tyyppisiä konepajapohjia käytetään myös yleisesti. Tämä maalityyppi voi olla myös yksikomponenttimaali. Polyvinylibutyraalin käyttöä sideaineena rajoittaa lähinnä päälle maalattavuus. Sinkkipölymaalien käyttöä pyritään yleensä välttämään hitsauksessa syntyvien hankaluuksien vuoksi, mutta niitä käytetään jonkin verran hyvien korroosionesto-ominaisuuksien vuoksi. Sideaineena sinkkipölymaaleissa käytetään epoksihartsia tai etyyliisilikaattia. Näistä etyyliisilikaatti on hitsauksen kannalta todettu harmillisemmaksi. Sinkkipölymaalit ovat väriltään aina harmaita. Sen sijaan rautaoksidimaaleja on useita eri värejä. Yleisin väri on punainen.

Maaleista syntyvä kaasu tulee pääosin sideaineista. Jos maali ei ole täysin kuiva saattavat liuotinaineet tuoda oman lisänsä syntyviin kaasumääriin. Pigmenteistä syntyy kaasua vain vähän. Erityisen vähän kaasua syntyy sinkkipölystä, joka muutoin on todettu pigmenteistä hankalimmaksi hitsauksen kannalta (Otto). Syntyvän kaasun määrällä on merkittävä vaikutus hitsin huokosten syntymiseen, mutta samalla vaikuttavat myös monet muut tekijät. Keltaisessa maalissa käytettävän titaanioksidin (rutiili) on kuitenkin todettu aiheuttavan hitsiin enemmän huokosia kuin rautaoksidin. Pigmentin lisäaineista bariumsulfaatti on todettu kalsiumkarbonaattia paremmin hitsaukseen sopivaksi. Rautaoksidimaalien sideaineista alkydihartsit ovat aiheuttaneet eniten hitsausvirheitä (Angelmayer ja Kissel) teoreettisesti.

4.2.3 Polttoleikkaus

Konepajapohjat vaikuttavat polttoleikkaukseen kahdella tavalla. Ne toimivat levyn pinnalla lämpöä eristävänä kerroksena ja hidastavat teräksen kuumenemistä. Toisaalta maaleista sekoittuu leikkaussulaan epäpuhtauksia, jolloin sulan

viskositeetti saattaa nousta ja hidastaa oksidien poistumista, mikä merkitsee leikkausnopeuden pienenemistä. Asentamalla leikkauspolttimen eteen ylimääräinen leikkaukseen osallistumaton kuumennuspolttin konepajapohjien vaikutus on voitu eliminoida lähes kokonaan (Gregory). Suomessa tehdyssä tutkimuksessa (Tenkula ja Liimatainen) todettiin, että rautaoksidimaalien yhteydessä polttoleikkausnopeus on noin 100-150 mm/min alempi kuin raepuhalletun levyn. Sinkkipölymaalatun levyn leikkauksessa suuttimet tukkeutuivat helposti, mutta polttoleikkaus onnistui tyydyttävästi, kun leikkausnopeus oli 150-250 mm/min pienempi kuin raepuhalletulla levyllä.

Sinkkipölymaaleilla on kuitenkin todettu maalikalvon paksuuden vaikuttavan voimakkaasti leikkausnopeuteen. Pieni lisäys maalikalvon paksuudessa on aiheuttanut leikkausnopeuden alenemisen neljänneksellä. Mikrometrin muutos maalikalvon paksuudessa aiheuttaa prosentin muutoksen leikkausnopeudessa (Goldberg).

Konepajapohjamaalatulle levyllä tulisi käyttää numeroa suurempaa suutinta kuin puhtaalle levyllä, jolloin suutinta voidaan pitää kauempana levystä ja vähentää suuttimen tukkeutumisherkkyyttä. Suorassa leikkauksessa polttinta voidaan kääntää 10-15 astetta leikkaussuuntaan, jolloin kuumennusliekki puhaltaa maalista levyn pintaan muodostuvat pisarat pois. Keinot ovat hyödyllisiä erityisesti sinkkipölymaaleille. Näillä esiintyy ns. ”pop corn”-ilmiö, missä sinkkisula äkillisesti räiskähtää ylöspäin juuri suuttimen alla (Blom).

5 TYÖSKENTELYSSÄ SYNTYVÄT PÄÄSTÖT

Hitsaamoissa ja hitsausta suorittavissa konepajoissa ympäröivään ilmaan leviää prosessista riippumatta aina pienhiukkasia, jotka jäävät ilmaan leijailemaan. Ilmasta ne kulkeutuvat ihmisten elimistöön aiheuttaen runsaasti sairaus poissaoloja.

5.1 Konepajan pienhiukkasten tutkimus

Vasta viime vuosina on alettu kansainvälisesti tutkia näitä pienhiukkasia, joiden määrä ja koko riippuu hyvin paljon siitä, mikä menetelmä on käytössä ja mitä

parametreja on käytetty. Hitsauksessa ja vastaavissa prosesseissa uusien vaaratekijöiden tiedostaminen ja niiden ehkäiseminen on tärkeää.

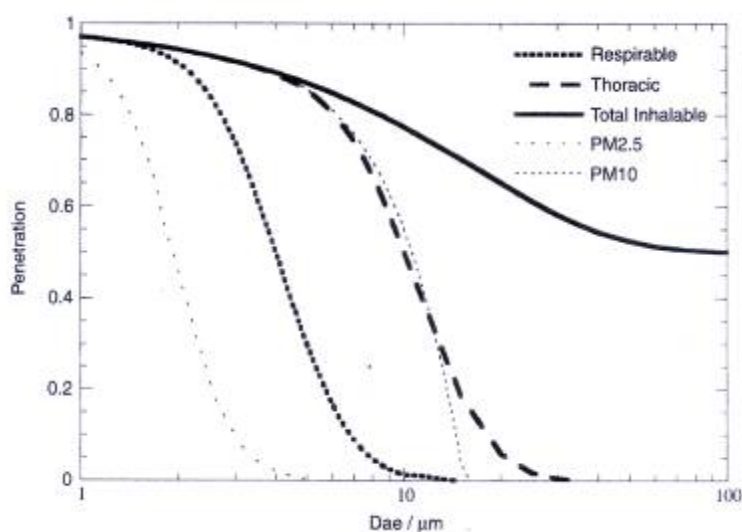
Pienhiukkaset voidaan jaotella monella tavalla, joista Whitbyn mukaan jaottelu tapahtuu hiukkasen aerodynaamisen halkaisijan mukaan kolmeen luokkaan /8/.

- suurhiukkaset, 2,5 μ m- 100 μ m
- pienhiukkaset, 0,1 μ m – 2,5 μ m
- ultrapienet hiukkaset, < 0,1 μ m.

Työpaikalla tehtävien työhygieenisten mittausten pohjana pidetään ISO 1995 mukaista kuvaajaa (kuva 7), joka on kansainvälisesti hyväksytty. Kuvaajassa esitetään erikokoisten (aerodynaaminen halkaisija) pienhiukkasten pääsy eri hengityselimiin. Nenään ja suun limakalvoille pääsee 80 % halkaisijaltaan yli 10 μ m olevista hiukkasista. sen sijaan tämän kokoluokan hiukkasista vain noin 50 % pääsee keuhkoputkeen (thoracic) ja ei juuri ollenkaan keuhkorakkuloille asti.

Kuten kuvasta 7 nähdään, on lähes 100 % alle 1 μ m:n hiukkasista alveolijakeita (respirable). Tällä hetkellä työhygieenisissä mittauksissa mitataan tyypillisesti ilmassa esiintyvää massapitoisuutta. massapitoisuus keskittyy kuitenkin suuriin hiukkasiin, jotka eivät kulkeudu ihmisen keuhkoihin asti. Esimerkiksi puikkohitsauksessa, jossa muodostuu hitsausprosesseista suurimmat hiukkaset, lukumääräisesti suurimmat hiukkaspitoisuudet esiintyvät noin 0,5 μ m:n kohdalla.

Massaltaan nämä hiukkaspitoisuudet eivät ole kuitenkaan kovin merkittäviä. Tämän tiedon pohjalta on herännyt mielenkiintoa tutkia pienhiukkasia ja niiden käyttäytymistä.



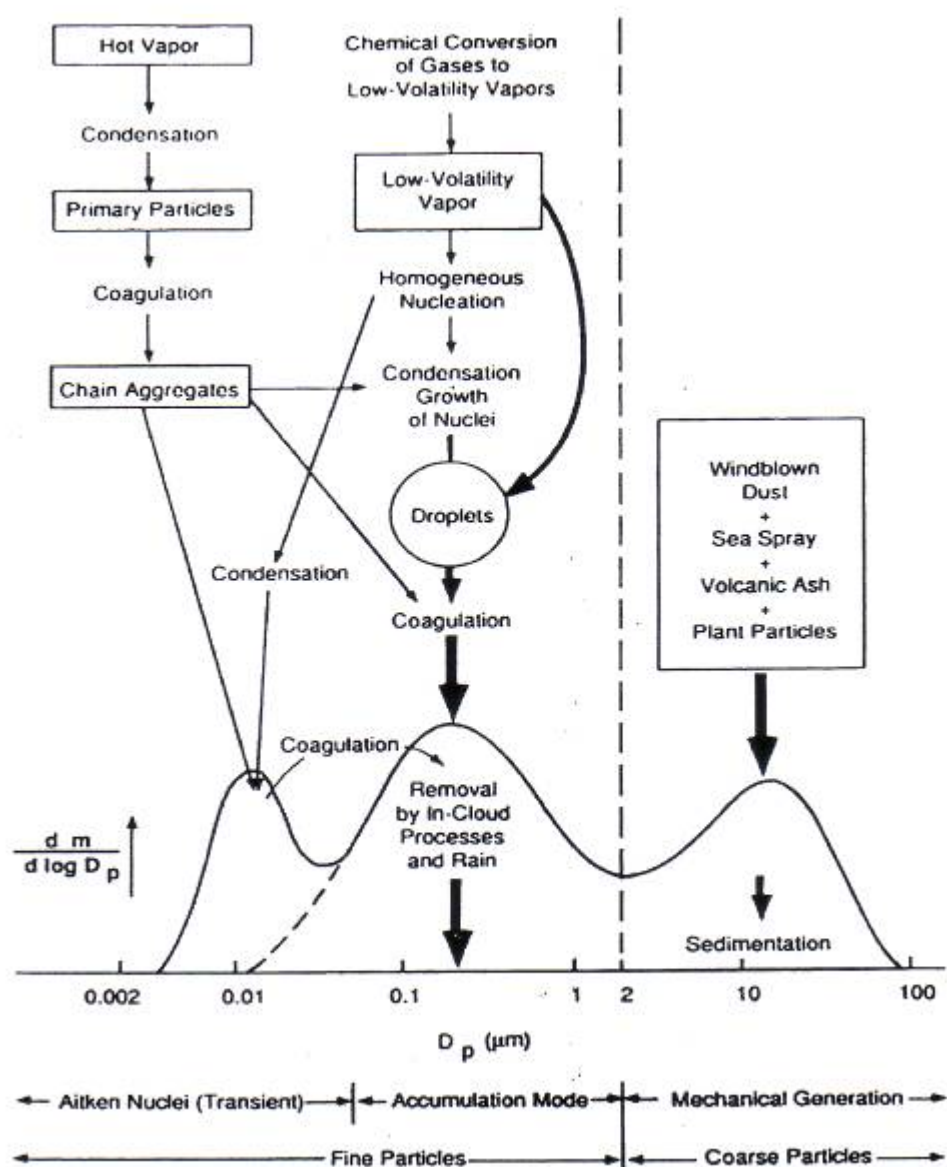
KUVA 8. Erikoisten hiukkasten kulkeutuminen hengityselimiin

Käytän terveystvaikutusten selvityksessä apuna HIPHI – projektin tuloksia./14/
 HIPHI – projekti: Tekesillä on käynnissä teknologiaohjelma FINE pienhiukkaset, johon HIPHI – projekti kuuluu. HIPHI – projektissa tutkitaan hitsauksessa sekä poltto- ja plasmaleikkauksessa muodostuvia pienhiukkasia ja niiden muuntumista ja kulkeutumista sisäilmassa. Tutkimuksessa etsitään myös keinoja pienhiukkasten vähentämiseksi.

Mittalaitteina kokeissa käytetään pääasiallisesti ELPI, DLPI ja SMPS – laitteita sekä IOM ja Millipore – keräimiä. Eri kokoluokissa olevien hiukkasten määrä, muoto, koostumus, reaktiivisuus sekä muut ominaisuudet selvitetään.

5.1.1 Hiukkasten muodostuminen

Kuvassa 8 on kolme erilaista aluetta hiukkasten muodostumisen kannalta. Ensimmäisenä vasemmalla on nukleaatiomoodi, jossa kuuma höyry kondensoituu aluksi primäärihiukkasiksi, joista koaguloitumisen kautta muodostuu ketjumaisia aggregaatteja. Höyryt, joilla on pieni höyrynpaine ydintyvät homogeenisesti ja ytimet kasvavat hiukkasiksi.

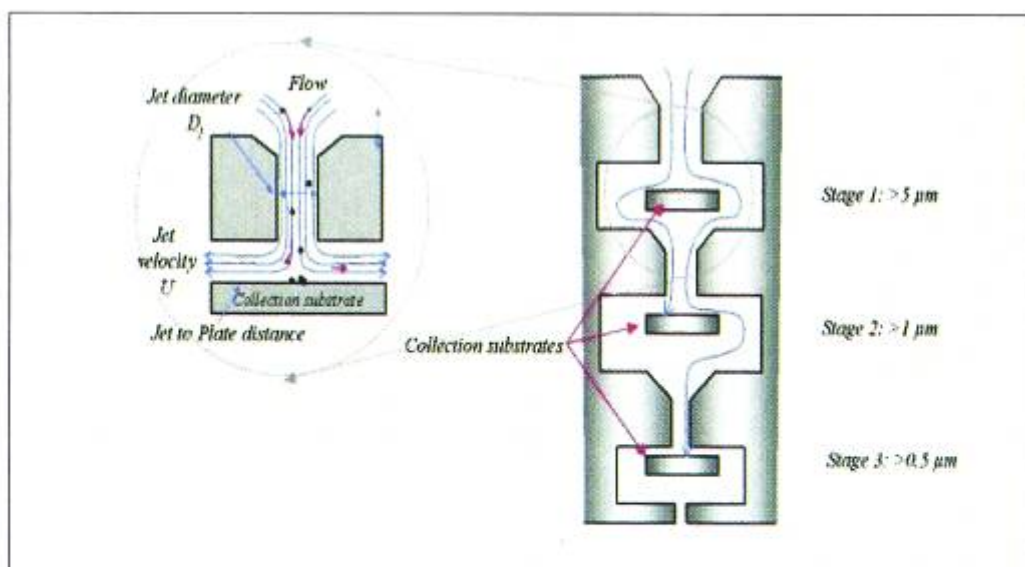


KUVA 9. Hitsauksessa muodostuvien hiukkasten muodostumistapoja/14/

Hitsaussavu sisältää kaasuja ja huuruja. Kaasut ovat mm. typen oksideja ja otsonia. Metallit ovat hapettuneita ja ovat useiden metallien ja halogeenien (esim. fluori) yhdistelmiä. Koaguloitumalla syntyneet hiukkaset voivat muodostua myös akkumulaatiomoodiin eli kertymämoodiin. Kertymämoodissa hiukkasten muodostuminen tapahtuu pääasiallisesti homogeenisen ydintymisen ja kondensoitumisen avulla pieniksi pisaroiksi ja sitä kautta hiukkasiksi. Kolmas ryhmä on kuvan oikeassa laidassa mekaanisesti syntyneet hiukkaset, joihin kuuluvat tyypillisesti suurhiukkaset.

5.1.2 Pienhiukkasten mittalaitteet

Hiukkashuurua mitataan kahdella reaaliaikaisella laitteella sekä impaktori- ja suodatinkeräimillä. Keräävien mittalaitteiden eli DLPI:n (Dekati Low Pressure Impactor), IOM:n (Institute of Occupational Medicine Sampler) sekä Milliporen tarkoituksena on kerätä näyte haurasta joko Suodatimelle (IOM, Millipore) tai keräysalustoille (DLPI).



Kuva 3. Kaskadi-impaktorin (DLPI) toiminta. Ilmavirta imetään alipaineen avulla impaktorin läpi. Ilmavirran kuljettamat hiukkaset törmäävät keräystasoihin, kun yksittäisen hiukkasen liike-energia kasvaa niin suureksi, että hiukkanen ei enää kulkeudu ilmavirran mukana keräystason ohi. Ilman virtausnopeus kasvaa, kun keräystasojen väliset ilmareitit pienenevät. Samalla keräystason ja ilmareitin välinen etäisyys pienenee. /3/

KUVA 10. Impaktorin toiminta /8/

Milliporen ja IOM:n avulla saadaan mitattua kokonaishuurun massapitoisuuksia ja DLPI:n avulla kokonaishuuru saadaan jaoteltua 13 kokoluokkaan. DLPI perustuu kaskadi-impaktoriin (kuva 10) ja sillä voidaan mitata hiukkasia, joiden keskimääräinen aerodynaaminen halkaisija vaihtelee välillä 30 nm...10 μm.

DLPI:n avulla nähdään hiukkasten kokojakauma ja pystytään analysoimaan eri kokoluokkiin kerääntyneet massapitoisuudet sekä niiden kemialliset koostumukset. Reaaliaikaisia mittalaitteita ovat ELPI (Electrical Low Pressure Impactor) ja SMPS (Scanning Mobility Particle Sizer), joista SMPS ei ole kuitenkaan varsinaisesti reaaliaikainen, vaan se on skannaava mittaussuunnitelma. SMPS on silti hyvin lähellä

reaaliaikaista mittalaitetta, koska sen aikaresoluutio on hyvä. ELPI toimii impaktorin osalta täysin vastaavalla tavalla kuin DLPI. Erona näillä menetelmillä on kuitenkin se, että DLPI:ssa ei varata hiukkasia, eikä siten kerätä virtatietoja eri tasoille osuvista hiukkasista. Myös imumäärissä on eroja. ELPI:n pumppu imee tyypillisesti suuria pitoisuuksia mitattaessa 10 l/min ja DLPI:n pumppu imee vastaavasti 30 l/min. Pumpuna molemmissa laitteissa käytetään normaalia alipainepumppua.

ELPI mittaa aerodynaamista halkaisijaa ja käyttää hyödykseen kaskadi-impaktoria, jonka avulla saadaan jokaiselle erilliselle keräystasolle kerättyä tietyn kokoisia hiukkasia. ELPI:ssa hiukkaset imetään alipainepumpun avulla ensin korona-varaajaan, jossa ne varataan 5 kV:n jännitteen avulla. Tämän jälkeen hiukkaset imetään varautuneena impaktori-osaan. Impaktorissa jokainen keräystasoon törmäävä varattu hiukkanen antaa yksittäisten tasojen erittäin herkille elektrometreille virtatiedon, joka voidaan muuttaa laskennallisesti erilaisiksi kuvaajiksi. ELPI:ssa jokainen taso on eristetty muista tasoista teflonisen eristerenkaan avulla. Tällä varmistetaan se, ettei eri tasojen signaalit sekoitu keskenään. Alimpana tasona voidaan käyttää erillistä suodatinastetta. Tällä suodatinasteella saadaan kerättyä hiukkasia aina 7 nm:iin asti. ELPI:ssa on erillinen paine-eromittauspiste. Tämän avulla saadaan impaktorin paine-ero mitattua ja säädettyä venttiilin avulla oikeaksi. ELPI:n reaaliaikaisuus tarkoittaa elektrometrien keräämän tiedon muuttamista välittömästi erilaisten konsentraatio- ja lukumääräpitoisuuksien kuvaajiksi, joita voidaan tarkastella prosessin aikana.

SMPS toimii hieman eri periaatteella. Itse laite koostuu useammasta erillisestä osasta, joita ovat: varaaja, differentiaalinen liikkuvuusanalysointilaite (DMA) sekä

detektori, joka on tyypillisesti kondensaatioydinlaskuri (CPC). DMA koostuu sylinteristä ja sen sisälle asetetusta keskuselektrodista. Sylinterikuoren ja elektrodin välistä johdetaan laminaarinen suojavirtaus, josta hiukkaset on suodatettu pois. Suojavirtaus poistetaan DMA:n loppupäästä imemällä pumpulla. Aerosolivirtaus tuodaan DMA:n sylinterin ulkoreunalle. Sähkökentän vaikutuksesta hiukkaset joko törmäävät elektrodiin, kulkeutuvat poistoilmavirtaukseen tai ohjautuvat elektrodissa olevaan aukkoon ja joutuvat sieltä detektoriin..

SMPS:ssa varattu hiukkanen saatetaan tunnettuun sähkökenttään, jolloin sen liikkumisnopeus riippuu ainoastaan hiukkasen koosta ja muodosta. Tämän avulla, kun tiedetään hiukkasten varausjakauma koon funktiona, saadaan mitattua hiukkasten kokojakauma ns. Stokesin määritelmän mukaisesti. SMPS perustuu sähköiseen luokitteluun ja tällaiset menetelmät sopivat 3 nm...1 µm kokoisille hiukkasille.

5.1.3 Näytteenotto

Näytteenotossa on erityisen tärkeää, että saadaan tutkittavasta huurusta sen koostumusta ja kokojakaamaa vastaava näyte. Ilman virtausnopeutta poistoilmakanavassa voidaan säätää, kun tiedetään putken halkaisija ja mitataan paine-ero. Huurun näytteenottosondi valitaan ilmavirtauksen nopeuden mukaan siten, että ilman virtausnopeus on sama kanavassa ja sondin suulla. Ilmastointiputkessa kulkevan huurun on myös edettävä näytteenottokohdassa laminaarisesti. Tämä varmistetaan tekemällä tarvittavan pitkä suora (3-4 kertaa putken halkaisija) osuus ilmastointiputkeen ennen näytteenottoa. Myös näytteenoton jälkeen tulee olla 1-2 kertaa putken halkaisijan pituinen suora osuus, jotta virtauksen laminaarisuus varmistetaan.

Kun edellä mainitut asiat ovat kunnossa, voidaan puhua isokineettisestä näytteenotosta. Isokineettisyydellä tarkoitetaan sitä, että huurussa olevat hiukkaset jakautuvat näytteenoton kohdalla samoin kuin kaikkialla muuallakin putkistossa. Tällöin hiukkasjakaumissa pienet tai suuret hiukkaset eivät pääse korostumaan. Kuvan 6 kohdassa a) on esitetty isokineettinen näytteenotto, jolloin $U_0=U$, b) kohdassa $U_0>U$, jolloin on kyseessä ali-isokineettinen näytteenotto ja c) kohdassa $U_0<U$, jolloin on kyseessä yli-isokineettinen näytteenotto.

Näytteenottosondista huuru imetään näytteenottoputkea pitkin mittalaitteeseen. Yleisimmin mittalaite on ELPI. Näytteenottoputki on pidettävä mahdollisimman lyhyenä ja materiaalin tulee olla sellaista, ettei hiukkasten diffuusiosta aiheutuvat häviöt ole merkittäviä.

Kuva 4 ELPI ja kuva 6 näytteenotto (liite 6)/8/

6 MELU

Melu on ei-toivottua, häiritsevää tai haitallista ääntä. Melun kaksi keskeistä ominaisuutta ovat voimakkuus ja taajuus. Voimakkuus eli intensiteetti (äänekkyys) mitataan desibeleinä (dB). Desibeliasteikko on logaritminen, joten kolmen desibelin lisäys äänitasossa merkitsee äänen intensiteetin kaksinkertaistumista. Esimerkiksi normaalin keskustelun äänitaso on noin 65 dB ja huutamisen taso puolestaan noin 80 dB. Ero on vain 15 dB, mutta huutaminen on 30 kertaa intensiivisempää. Taajuus mitataan hertseinä (Hz). Pienin taajuus, johon ihmiskorva reagoi, on noin 20 Hz ja suurin noin 20000 Hz. Matala taajuus tuottaa bassoäänen ja korkea diskanttiaänen./10/

6.1 Melun haitallisuus

Melu vaikuttaa ensisijaisesti kuuloelimiin. Melutason ollessa liian korkea alkaa aistinsolujen toiminta korvassa häiriintyä ja syntyy tilapäinen kuulovajaus. Mikäli melualtistus jatkuu riittävän pitkään, sisäkorvan aistinsolut alkavat vaurioitua. Tällöin syntyy pysyvä kuulovaurio./11/

Melun haitallisuuteen vaikuttavat mm. sen voimakkuus, kesto, taajuusjakauma ja impulssimaisuus. Tutkimusten mukaan toistuva impulssimelu eli iskumelu voi aiheuttaa kuulovaurion suhteellisen nopeasti, yli 140 desibelin huipputasot jopa välittömästi. Lisäksi iskumaisia äänenpainehuippuja ei yleensä aistita niin voimakkaina kuin ne todellisuudessa ovat. Näin ollen impulssimelu on haitallisempaa kuin samanarvoinen jatkuva tasainen melu.

Melun tiedetään vaikuttavan kuulon lisäksi välillisesti koko elimistöön, mm. verenkiertoon, ruoansulatukseen, lihastoimintaan sekä yleiseen vireystilaan. Melu vaikeuttaa työntekijöiden välistä puheviestintää. Tämä saattaa lisätä tapaturmariskiä ja heikentää työn tuottavuutta.

6.2 Melun työhygieeniset raja-arvot

Valtioneuvoston päätöksen työntekijän suojelusta työssä esiintyvän melun aiheuttamilta vaaroilta ja haitoilta (1403/93) mukaan melualtistuksesta aiheutuvat

vaarat ja haitat on vähennettävä mahdollisimman alhaiselle tasolle, ottaen huomioon tekninen kehitys ja melun lähteeseen kohdistuvien torjuntatoimenpiteiden saatavuus. Hitsaus ja erityisesti sen oheistoiminnot aiheuttavat voimakasta melua, joka ylittää usein 85 dB tai jopa 100 dB. Suurin osa hitsaajilla todetuista ammattitaudeista on melun aiheuttamia, mm. kuulonalenema ("huonokuuloisuus"). Useilla työpaikoilla melu ei aiheuta kuulovaurioita, mutta häiritsee ja haittaa työntekoa, varsinkin keskittymistä vaativissa töissä. melu voi haitata myös varoitusäänen kuulemista, josta voi seurata tapaturma.

Työhygieeniset toiminta- ja raja-arvot melulle on annettu aivan uudessa valtioneuvoston asetuksessa (85/2006), joka perustuu Euroopan Unionin ns. työmeludirektiiviin. Päivittäisen melualtistuksen alempi toiminta-arvo on 80 dB ja ylempi toiminta-arvo 85 dB, joissa kuulonsuojaimia ei ole otettu huomioon. Ehdoton päivittäisen altistuksen raja-arvo on 87 dB, jossa on huomioitu kuulonsuojaimet. Jos tämä raja ylitetään, työnantajan on ryhdyttävä viipymättä toimenpiteisiin.

Meluntorjuntaohjelmassa selvitetään raja-arvojen ylittymisen syyt, esitetään keinot melualtistuksen vähentämiseen ja esitetään torjuntatoimenpiteiden järjestys ja aikataulu. Kuulonsuojainten käyttö on vasta toissijainen torjuntakeino. Ensin melua tulee vaimentaa muilla teknisillä keinoilla niin, ettei melua pääse syntymään tai ettei melu pääse etenemään työskentelyalueella. (Hitsaus uutiset).

6.3 Melun esiintyminen hitsaajan työympäristössä

Melulähteitä hitsaajan työympäristössä ovat hitsauksen lisäksi oikaisu, hionta, kuonanpoisto ja asennukseen liittyvä vasarointi. Nämä hitsaukseen läheisesti liittyvät työvaiheet aiheuttavat yleensä voimakkaamman melun kuin hitsaus (taulukko 7). MIG/MAG -lyhytkaarhitsaus aiheuttaa sille tyypillistä rätisevää ääntä. Hiilikaaritaltaus ja plasmaleikkaus (ei kuitenkaan vesiplasmaleikkaus) aiheuttavat voimakasta korkeataajuisia melua.

TAULUKKO 3. Hitsaukseen ja leikkaukseen liittyvien työmenetelmien A-äänitasoja noin 1 metrin etäisyydeltä mitattuna./10/

Työmenetelmä	A-äänitaso (dB)
Kaasuleikkaus	75 -120
Plasmaleikkaus	70 -120
Leikkaus	89 -115
Oikaisu kuumentamalla	85 -108
Oikaisu lekalla	105 -140
Hionta	94 -115
Kuonanpoisto kuonahakulla	90 -115
Kuonanpoisto vasaralla	92 -96
Hiilikaaritalttaus	94 -125
Mekaaninen talttaus	110 -116
Kaasutalttaus	90 -92
Plasmatalttaus	100 -105
Hiekkapuhallus	100 -122

6.4 Hitsaus- ja leikkausprosessien melu työympäristössä

Puikko- ja TIG -hitsauksen aiheuttama A-äänitaso on yleensä alle 85 dB. MAG/MIG -hitsauksen aiheuttama A-äänitaso puolestaan on yleensä yli 85 dB. Melu on erittäin impulssimaista, mikä lisää kuulovaurion vaaraa. Puikkohitsauksen virranvoimakkuuden kasvu lisää melua. Jauhekaarihitsauksen melu vastaa voimakkuudeltaan MIG/MAG -hitsausta. Kokonaisuudessaan hitsaustyöpaikan melun ekvivalenttitaso ylittää usein raja-arvon 85 dB A.

Plasmaleikkauksessa syntyvä melu aiheutuu suuttimesta ulos virtaavan kaasun suuresta nopeudesta ja palamisen aiheuttamista pyörteistä. Melutason määrääviä tekijöitä ovat leikkauskaasun määrä, leikattava aineenpaksuus sekä leikkausteho. Huomattava melun aiheuttaja leikkaustyöpaikalla on huurun poistoon käytetty imuri sähkömoottoreineen. Melutaso on yleensä 80- 120 dB.

Yhteenvetona melun vaarallisuuteen vaikuttavat seuraavat tekijät:/9/

- äänen voimakkuus eli kovuus (desibeleinä)
- taajuus eli korkeus (hertseinä)
- impulsiivisuus, jolla tarkoitetaan äkillisiä ja lyhytaikaisia meluhuippuja
- kesto – miten kauan melu kestää.

Melulle altistuminen voi aiheuttaa työntekijälle kuulonaleneman lisäksi useita terveystarpeita:

- Kuulonalenema: Liiallinen melu vahingoittaa sisäkorvassa sijaitsevan simpukan karvasoluja, mikä johtaa kuulonalenemaan. Useissa maissa melun aiheuttama kuulonalenema on yleisin parantumaton ammattitauti.
- Tinnitus: Melu voi aiheuttaa jatkuvaa korvien soimista, jota kutsutaan tinnitukseksi. Se voi pahimmillaan estää kunnollista nukkumista ja aiheuttaa työkyvyttömyyttä. Sen syntyä ei tunneta tarkoin, mutta sen oletetaan nykytiedon mukaan johtuvan melun aiheuttamista kuulohäiriöistä. Tinnitus on tavallisempaa impulssimelulle altistuneilla.
- Äänilyherkkyys: Voimakkaat melupiikit aiheuttavat kipua korvissa.
- Fysiologiset vaikutukset: On todisteita, että melulle altistuminen voi vaikuttaa sydämeen ja verisuoniin ja aiheuttaa katekoliamiinien vapautumista ja nostaa verenpainetta. Stressi ja katekoliamiinien taso veressä, mukaan lukien adrenaliini, ovat yhteydessä toisiinsa.
- Työperäinen stressi: Työperäisen stressin yksi tekijä voi olla melu, vaikka melun taso olisikin alhainen.

Melu herpaannuttaa huomiokykyä ja peittää muita ääniä, mm. varoitusääniä, mikä lisää tapaturmien mahdollisuutta. Erityisesti huonokuuloisilla on suuri riski. Hollantilaisessa tutkimuksessa havaittiin, että voimakas taustamelu ja huonokuuloisuus oli mukana lähes puolessa eräällä telakalla tapahtuneista onnettomuuksista.

Meluvamman kehittyminen ammattitautiasteelle vie usein monia vuosia, usein jopa 20 vuotta. Suurin osa todetuista meluvammoista on kuitenkin onneksi suhteellisen lieviä. Vanhan ja kumotun valtioneuvoston päätöksen (VNp 1404/93) vuodelta 1993 mukaan pysyvän kuulovaurion vaaran aiheuttavana meluna (raja-arvona) pidetään

meluallistusta, joka standardin SFS 4578 mukaisesti A-ekvivalenttitasona mitattuna 8 tunnin ajan ylittää 85 dB.

Hitsaaja on työssään melun, myrkyllisten metallipölyjen ja tärinän yhteisvaikutuksille alttiina, mikä täytyy ottaa huomioon riskinarvioinnissa. Lisäksi on varmistettava, että voimakkaan melun takia varomerkit tai muut varoitukset jää kuulematta.

7 TYÖMELUDIREKTIIVI

Euroopan unioni antoi vuonna 2003 direktiivin työntekijöiden suojelemiseksi melulta. Se tulee voimaan kaikissa jäsenvaltioissa vuoden 2006 alussa, Suomessa valtioneuvoston asetuksena työntekijöiden suojelemiseksi melun aiheuttamilta vaaroilta. Se käsittelee terveyttä ja turvallisuutta koskevia vähimmäisvaatimuksia työntekijöiden suojelemiseksi altistumiselta fyysikaalisten tekijöiden (melun) aiheuttamille riskeille. Direktiivin ehkä keskeisin säännös on 5 artiklan kohta 1, jonka mukaan ”melulle altistumisesta aiheutuvat riskit on poistettava niiden syntyvaiheessa tai saatettava mahdollisimman vähäisiksi ottaen huomioon tekninen kehitys ja toimenpiteet, jotka ovat käytettävissä riskin hallitsemiseksi sen syntyvaiheessa”.

Asetuksen keskeisin säännös on myös pykälän 11 momentti 1, jonka mukaan työnantajan on poistettava melulle altistumisesta työntekijän terveydelle tai turvallisuudelle aiheutuvat vaarat ja haitat tai jos tämä ei ole mahdollista, työnantajan on vähennettävä ne mahdollisimman alhaiselle tasolle ottaen huomioon tekninen kehitys ja vaaran tai haitan ehkäisemiseksi tai vähentämiseksi käytettävissä olevat toimenpiteet.

Direktiivi (asetus) muuttaa aikaisempia käsityksiä ja asettaa uusia vaatimuksia työnantajalle ja työntekijöille. Uutta aikaisempaan verrattuna on altistuksen alempi toiminta-arvo 80 dB ja raja-arvo 87 dB. Uusi meluasetus on tiukempi kuin edellinen ja antaa paremmat mahdollisuudet tehostaa kuulonsuojelua.

Direktiivin mukaan kuulovaurion vaara alkaa, kun melu on työpäivän ajan 80 desibeliä, taulukko 4. Työntekijän on saatava käyttöönsä kuulosuojaimet, ja

työnantajan on tarjottava mahdollisuus kuulontutkimukseen. Aikaisemmin tämä raja oli yllä mainittu 85 desibeliä. Jatkuva altistuminen 85 dB:n melulle aiheuttaa noin 5 %:lle väestöstä meluvamman.

Uusissa määräyksissä on lähdetty siitä, että 85 desibeliä on liian iso riski. Jos melua on 85 desibeliä tai sitä enemmän, työpaikalla on laadittava meluntorjuntaohjelma.

TAULUKKO 4 . Työmeludirektiivin desibelirajat

<p>Alempi toimenpideraja 80 desibeliä, impulssimelussa 135 desibeliä:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Työn tekijöitä on informoitava. • Työnantajan on annettava henkilökohtaiset kuulonsuojaimet ja mahdollisuus kuulontutkimukseen.
<p>Ylempi toimenpideraja 85 desibeliä, impulssimelussa 137 desibeliä:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Työnantajan on laadittava meluntorjuntaohjelma. • Työnantajan on annettava suojaimet, ja työntekijän on velvollisuus käyttää niitä.
<p>Altistuksen raja-arvo 87 desibeliä, impulssimelussa 140 desibeliä:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Sietämätön riski. Korvakäytävästä mitattu melu ei saa missään olosuhteissa ylittää tätä. • Työnantajan on ryhdyttävä viipymättä toimenpiteisiin altistuksen pienentämiseksi, selvitettävä altistuksen syyt ja tehtävä korjaustoimenpiteet.

8 MELUHAITTOJEN TORJUNTA

Työntekijöiden suojeleminen melun haittavaikutuksilta voi olla joskus mutkikasta, koska on otettava huomioon melun erityispiirteet ja lisäksi muitakin työpaikoilla esiintyviä vaaroja. Työntekijöiden terveys ja turvallisuus voidaan taata noudattamalla torjunta toimenpiteissä seuraavaa ensisijaisuusjärjestystä:

- melulähteen poistaminen
- melun torjunta sen lähteellä
- työn organisointia sekä työpisteen ja koneen sijoittelua koskevat torjuntatoimenpiteet
- vasta viimeisenä henkilökohtaiset suojaimet

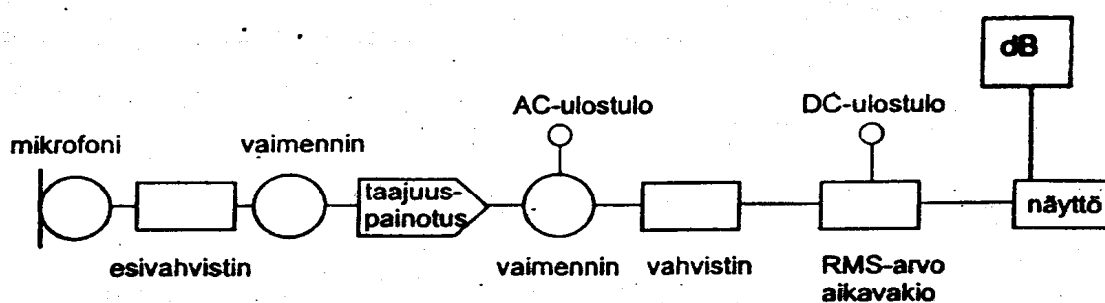
9 MELUN MITTAAMINEN

Ympäristömelulla tarkoitetaan kaikkea ihmisen asuin- ja elinympäristössä esiintyvää melua. Nykyisessä yhteiskunnassa ympäristömelun haittavaikutukset lisääntyvät jatkuvasti. Ympäristömelun haittojen määrittäminen ja mahdollinen pienentäminen vaatii akustiikan perustietojen lisäksi tietoa mm. melulähteistä, melun leviämisestä ja melun arvioinnissa käytettävistä apuvälineistä. Ympäristömelua voidaan arvioida mittaamalla tai laskemalla. Laskentamalleihin syötettävät äänitehotasot on selvitettävä mittaamalla./13/

9.1 Melumittari

Ympäristömelumittauksissa mitataan äänenpainetasoa (äänenpaineen vaihtelua). Jos mittaustulokseksi riittää A –painotettu äänenpainetaso, mitataan joko tarkastettavan aikavälin ekvivalenttitaso (LAeq) tai / ja enimmäistaso (LAm_{ax}, LAI). Haluttaessa tarkempaa tietoa melun taajuusjakautumasta tehdään taajuusanalyysi, joko oktaaveittain tai tersseittäin. Mikäli melu vaihtelee paljon eri aikoina, voidaan tehdä analyysi ajan suhteen.

Äänitasomittari on yleisin melun mittauslaite. Seuraavassa kuvassa esitetään äänitasomittarin perusrakenne.



aikavakio

KUVA 11. Äänitasomittarin rakenne/13/

Äänitasomittarissa mikrofoni muuttaa paineenvaihtelun sähköiseksi signaaliksi. Äänitasomittareissa käytetään yleisimmin kondensaattorimikrofoneja. Mikrofoni vaikuttaa eniten mittarin tarkkuuteen. Sähköisen signaalin sovittamiseksi laitteistoon

tarvitaan vahvistimia ja vaimentimia. AC – ulostulosta (vaihtojännite) saadaan tallennettuna mitattava ääni esimerkiksi nauhurille tai CD – levyille. Taajuuspainotussuodatin muuttaa signaalin valitun painotuksen mukaiseksi. A – taajuuspainotus on yleisin. Eri aikapainotusten tehollisarvot (RMS) muodostetaan omassa ilmaisimessaan, josta myös DC – ulostulo (tasajännite) saadaan.

Tavallisen äänitasomittauksen käytännön epätarkkuus on parhaimmillaankin 1-2 dB. Ensimmäinen desimaali ei ole merkittävä numero, mittaustulokset on siis syytä pyöristää kokonaisiksi desibeleiksi. Äänitasomittarit ovat standardisoituja tarkkuudeltaan (standardi SFS 2877 / IEC 651 ja IEC 804). Äänitasomittarit jaetaan neljään tarkkuusluokkaan, joista kenttäkäytössä yleisimmät ovat luokan 1 ja 2 mittarit. Ympäristömelumittauksissa tulee käyttää vähintään tarkkuusluokan 2 mittaria.

TAULUKKO 5. Äänitasomittareiden tarkkuusluokat

tarkkuusluokka	nimi	tarkkuus
0	laboratorioreferenssi	± 1 dB
1	tarkkuusäänitasomittari	± 2 dB
2	äänitasomittari	± 3 dB
3	kartoitusluokan äänitasomittari	± 4 dB

TAULUKKO 6. Äänitason muutos ja kuulohavainto

muutos äänitasossa	havainto
1-2 dB	tuskin havaittava
3-4 dB	havaittava, melko pieni
5-6 dB	selkeästi havaittava oleellinen muutos
7-8 dB	suuri muutos
yli 10 dB	hyvin suuri muutos

9.2 Äänitaso ja melutaso

Melun tärkein ominaisuus on sen voimakkuus. Jos melu on tasaista ja jatkuvaa sen voimakkuuden mittaaminen on hyvin yksinkertaista. Ympäristömelua käsitellään käytännössä lähes aina A – taajuuspainotettuna. Kun äänenpaine painotetaan melumittarissa A – painotussuotimella, saadaan A - painotettu äänenpainetaso eli lyhyesti A – painotettu äänitaso.

$$L_{pA} = 20 \lg (p_A/p_0) \text{ (dB)}, \text{ kaava 1}$$

Tämä määritelmä käy tasaiselle melulle.

9.3 Äänenpaineen tehollisarvo

Kun tarkastellaan kolmiulotteisen äänikentän painetta vain yhdessä pisteessä ja pelkästään ajan funktiona, kyseessä on signaali. Se on mittausmikrofonin tuottama, vain ajan funktiona vaihteleva sähköinen ilmiö, joka edustaa alkuperäistä akustista suuretta. Yleensä vaihtelevaa suuretta mitataan erilaisia keskiarvoja käyttäen. Äänenpaineen tavallinen keskiarvo ei ole kiinnostava, sillä se on nolla. Tärkein äänenpainetta yhdellä luvulla kuvaava mitta on tehollisarvo.

$$p = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T p^2(t) dt} \text{ (Pa)}, \text{ kaava 2}$$

Missä $p(t)$ on painesignaali, t on aika ja T on tarkastelu-aika. Tehollisarvo lasketaan neliökeskiarvosta: ensin signaali korotetaan toiseen potenssiin, sitten paineen neliöstä lasketaan tavallinen keskiarvo ja lopuksi otetaan neliöjuuri. Kun ajan funktiona vaihtelevan melun voimakkuutta kuvataan yhdellä luvulla, tarkoitetaan aina äänenpaineen tehollisarvoa, ellei toisin erikseen mainita.

9.4 Aikapainotukset, liukuva äänitaso

Jos tehollisarvon integrointi tehdään lyhyellä ajalla liukuen, kyseessä on tavallinen äänitasomittari eli vanhanaikainen, yleensä osoitinnäyttöinen melumittari. Jos melu on tasaista ja jatkuvaa, osoitin ei liiku ja mittari näyttää suoraan melun äänitason. Jos melu vaihtelee, liukuva äänitasokin vaihtelee. Vaihtelun nopeus ja laajuus riippuvat siitä, mikä on keskiarvon laskemisajan T pituus. Akustiikassa käytetään kahta standardisoitua aikaa:

- S (slow) $T = 2$ sekuntia
- F (fast) $T = 250$ millisekuntia

Näitä nimitetään aikapainotuksiksi. F – painotus vastaa erittäin hyvin ihmisen kuuloaistissa tapahtuvaa lyhytaikaisen äänen äänekkyyden arviointia. Kolmas aikapainotuksen nimellä kulkeva laskentatapa I (impulse) ei ole aito tehollisarvon laskentamenetelmä. Impulssi – aikapainotus ei vastaa kuulon toimintaa ja sen käyttö on tästä syystä vähentymässä

9.5 Keskiäänitaso L_{Aeq}

Kun vaihtelevan melun äänitaso halutaan yhdellä luvulla, ei liukuvalle äänitasolle lasketa enää keskiarvoa, vaan tehollisarvo integroidaan suoraan koko mittausajalta. Näin saadaan keskiäänitaso. Keskiäänitaso on vakiintunut kaikkialla maailmassa vaihtelevan melun voimakkuuden arviointitavaksi. Keskiäänitaso on täsmällisesti A – painotetun äänenpaineen pitkän ajan tehollisarvon taso ja se tunnetaan myös nimellä ekvivalenttitaso. Käsite keskiäänitaso sisältää tiedot, että äänenpaine on A-painotettu ja että se muodostetaan äänenpaineen neliökeskiarvosta. Neliöön korotus merkitsee, että suurimmat hetkelliset äänenpaineen arvot saavat eniten painoa lopputuloksessa.

9.6 Enimmäistaso ja pysyvyystaso L_{Amax} , L_{An}

Liukuvan äänitason käyrällä on keskiäänitason ohella esimerkiksi pienin ja suurin arvo, vaihteluväli, jakautuma ja hajonta. Usein kiinnostavin on suurin arvo eli enimmäisäänitaso. Sen arvo, samoin kuin kaikkien muidenkin parametrien arvot riippuvat aikapainotuksesta. Lyhyen huipun kohdalla F – painotettu äänitaso ehtii nousta suuremmaksi kuin S – painotettu äänitaso. Siksi pätee aina: $L_{AFmax} > L_{ASmax}$. Tästä syystä enimmäistasoa ilmoitettaessa tulee aina mainita aikapainotus.

Enimmäistason mittaaminen ja ilmoittaminen on ongelmallista. Enimmäistaso on mittausteknisesti kovin heikko mittaluku, koska se ei sisällä minkäänlaista keskiarvon, jakautuman tms. luonteista tilastollista tietoa. Sen voi aiheuttaa yksi ainoa sattumanvarainen tapahtuma. Enimmäistasoa ei voi yleistää muihin ajankohtiin eikä muihin olosuhteisiin. Enimmäistason mittaustulos edustaa aina pelkästään itseään eli mittausajankohtaa.

Enimmäistason mittausteknisen ongelman ratkaisu on pysyvyystaso. Se ilmoittaa, kuinka suuren osuuden kokonaisajasta liukuva äänitaso on ylittänyt eri äänitasot. Esimerkiksi 50 % F – pysyvyystaso L_{AF50} kertoo, minkä äänitason yläpuolella liukuva F – painotettu äänitaso on ollut

50 % mittausajasta. Enimmäistasoa luotettavampi kuva meluhiippujen tasosta on esimerkiksi 5 %

pysyvyystaso L_{AF5} .

9.7 Äänialtistustaso L_{AE} tai SEL

Enimmäistasoa tarjotaan aika ajoin keskiäänitason täydennykseksi häiritsevyyden arviointiin. Joillekin yksittäisiä melutapahtumia kuvaavalle mittaluvulle voidaan kuvitella olevan lisätarvetta, erityisesti yöllä. Enimmäistaso on kuitenkin myös tässä suhteessa epätyydyttävä. Onhan selvää, että kaksi yksittäistä melutapahtumaa, joilla on sama enimmäistaso mutta eri kesto, eivät ole yhtä häiritseviä. Tämän häiritsevyyden arvioinnin ongelman ratkaisu voi olla äänialtistustaso. Se yhdistää yhdeksi luvuksi meluhiipun enimmäistason ja keston.

Yksinkertaisimmat äänitasomittarit osoittavat vain hetkellistä melutasoa. Melumittaus tällaisella mittarilla edellyttää mittaajalta tulosten ja havaintojen

rekisteröintiä käsin tai piirturilla. Usein ei voida suorittaa edes muutamien tuntien kestoisia mittauksia.

Kehittyneemmillä mittareilla (ns. integroiva äänitasomittari) voidaan mitata automaattisesti pitempien jaksojen keskiäänitasoja. Nykyiset mittarit pystyvät tallentamaan tietoa melutasojen ajallisesta vaihtelusta esimerkiksi vuorokauden eriaikoina. Tiedot voidaan myös tallentaa data - loggereille tai lähettää suoraan tietokoneelle myöhemmää analysointia varten. Tietokoneavusteisten melunmittauslaitteistojen käyttö helpottaa melulähteiden tunnistamista sekä melutasojen ajallisen vaihtelun määrittelyssä.

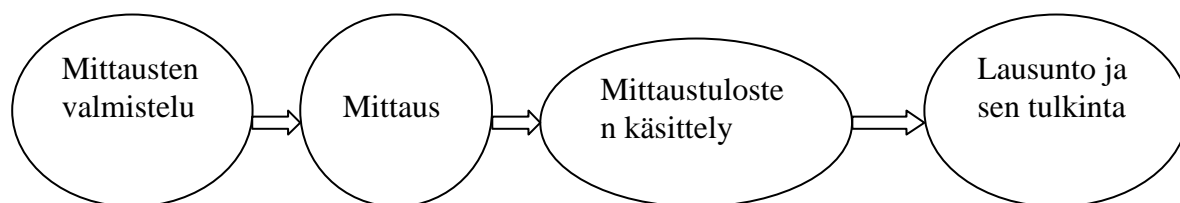
Erilaisia mittarityyppejä:

- A-äänitasomittari
- Äänenpainetasomittari + oktaavi/terssisuodatin
- Ohjelmoitava äänenpainetasomittari & erilaiset moduulit
- Reaaliaika – analysaattori
- Nauhuri & äänenpainetasomittari
- Intensiteettianalysaattori
- Meluannosmittarit
- Tilastolliset analysaattorit

10. MELUNMITTAAMINEN JA ARVIOINTI

Mittausten tarkoituksena on mm. melutilanteen toteaminen, äänitehotietojen hankkiminen laskentamallille, eri melulähteiden osuuksien selvittäminen, melun luonteen selvittäminen, melusuureiden (L_{Aeq} , L_{A1} , L_{AE} , L_{Amax} , L_{A50}) mittaaminen lausunnon pohjaksi.

Mitä laajemmasta mittauksesta on kysymys, sitä tärkeämpää on valmistelutyö. On tarkasti selvitettävä mitä mitausten tilaaja haluaa, mitä melun ominaisuutta pitää mitata, mitausten kesto (minuutteja, tunteja, päiviä), haluttu mittauksen tarkkuus, käytetyt mittausmenetelmät. Mittaukseen valmistauduttaessa kannattaa hankkia mahdollisimman paljon esitietoa.



KUVA 12. Mittaustapahtuman eteneminen

Melumittausten tarkoituksena on saada kattava ja luotettava kuva tutkittavasta melusta. Ympäristömelumittaukset ovat yleensä i-missiomittauksia, joilla tarkoitetaan melutilanteen selvittämistä jollakin tietyllä paikalla tai alueella. Emissionmittauksia, joilla mitataan melulähteen päästö, tarvitaan esimerkiksi määrittäessä laskentaa varten äänilähteen tehotaso. Melumittauksia tehtäessä on tulosten luotettavuuden parantamiseksi oltava huolellinen mm. mittausmenetelmän, mittauslaitteiston, mittauspaikan ja mittausjakson valinnassa. Mittausten hyvä dokumentointi lisää tulosten käyttökelpoisuutta, esimerkiksi vertailtaessa eri aikoina tehtyjen mittausten tuloksia. Ympäristömelun mittausta monimutkaistaa melutasojen laaja ajallinen vaihtelu. Jotta melutilanne voitaisiin selvittää, olisi ajallisesta vaihtelusta saatava riittävän hyvä kuva.

Mittausta aloitettaessa on varmistuttava mittarin oikeista asetuksista, mittauspaikan sopivuudesta ja edustavuudesta sekä valitun mittausajan riittävydestä. Melumittausten aikana ei voi koskaan olla liian tarkka mittaustapahtumien kirjaamisessa. On myös seurattava taustamelun tasoa, säätilaa sekä kaikkia tapahtumia ja ääniä, jotka voivat vaikuttaa mittaustulokseen. Mittari on muistettava kalibroida ennen ja jälkeen mittausten sekä pitkissä mittauksissa myös mittausten välillä. Valokuvaus ja videointi on hyvä keino dokumentoida mittauspaikkoja ja -tilanteita.

Ympäristömelun häiritsevyys riippuu melun akustisista ominaisuuksista mm. spektrin eli äänienergian taajuusjakautuman muodosta, sen vaihtelunopeudesta ja kestosta. Toisaalta melun häiritsevyys riippuu myös muista tekijöistä, esimerkiksi kuulijan meluherkkyydestä. Melun häiritsevyyden arviointi koostuu periaatteessa kahdesta osasta:

- suure, jota käyttäen melua mitataan
- ohjeet, joilla mittaustulosta verrataan hyväksyttävyyssnormiin

11. MITTAUTULOSTEN KÄSITTELY

Äänitasojen mittaaminen on teknisesti yksikertaista. Käytännön ongelmat liittyvät yleensä mittausten edustavuuteen, eivätkä niinkään mittausteknisiin valintoihin. Jos mittaustilanne on yksikertainen, voidaan saatua mittaustulosta useinkin suoraan

verrata annettuun ohjearvoon. Monimutkaisemmissa tapauksissa on mittaustuloksia käsiteltävä ennen ohjearvoon vertaamista./13/

11.1 Ohjearvot

Sosiaali- ja terveysministeriö on antanut asumisterveysohjeen, jossa käsitellään melua lähinnä asunnoissa ja yleisötilaisuuksissa. Ympäristömelun ohjearvot on annettu päivällä (klo 7-22) ja yöllä (klo 22-7) sekä ulkona ja sisällä esiintyvälle melulle. Jos arvioitava melu on impulssimaista tai kapeakaistaista, mittaus- tai laskentatulokseen lisätään 5 dB korjaus ennen sen vertaamista ohjearvoon.

TAULUKKO 7. Melun ohjearvot, melun keskiäänitaso (L_{Aeq}) (dB)

Alue Ulkona	Päivä	Yö
Asuminen, virkistysalue taajamassa, hoito- ja oppilaitokset	55 45	50 * 40
Loma-asuminen, leirintä, virkistys- ja luonnonsuojelualue		
Huone tai tila Sisällä		
Asuin-, potilas- ja majoitus-	35	30
Opetus- ja kokoontumis-	35	
Liike- ja toimisto-	45	
* uudella alueella 45 dB		

Korva ja kuuloaisti muodostavat äänen voimakkuudesta ja taajuudesta hyvin mutkikkaasti riippuvan järjestelmän. Melun käytännön arvioinnissa tarvitaankin

välttämättä kompromisseja. Näistä tärkein on taajuuspainotus, jonka tarkoituksena on jäljitellä kuulon herkkyyttä erikorkuisille äänille. Vasteen riippuvuus äänen voimakkuudesta on nykyisin jäänyt pois käytöstä, vaikka melumittarin perinteinen taajuuspainotuksen muodostama joukko (A, B ja C) juontaa juurensa tästä ilmiöstä. Nykyisin käytetään miltei yksinomaan A –painotusta, joka on sopivin kompromissi korvan taajuusvasteelle hiljaisilla, noin 35 – 45 dB äänillä. Sinänsä tämä voimakkuusalue sopii varsin hyvin juuri ympäristömelulle, koska ollaan yön ulkomelun ja sisämelun häiritsevyyksien rajojen tienoilla.

11.2 Spektri

Edellä on käsitelty melun mittausta vain ns. kokonaistasona, joka kattaa koko taajuusalueen, jossa erikorkuisia ääniä on vain painotettu A – painotussuotimella. Jos kuitenkin halutaan tarkastella melun eri taajuuksia, on tarpeen tehdä taajuus- eli spektrianalyysi. Taajuusanalyysi voidaan tehdä kahdella tavalla:

- Jaetaan äänenpainesignaali rivissä oleville, eri taajuuskaistoille viritetyille kaistanpäästösuotimille ja määritellään jokaisen suotimen lähtösignaalin tehollisarvon taso erikseen.
- Määritellään äänenpaineelle varsinainen ns. kapeakaistainen spektri Fourier – muunnoksen avulla.

11.3 Poikkeukset

Taajuuspainotukset toimivat spektrin vaihteluiden suhteen hyvin, jos spektrissä ei ole selvästi erottuvia, kapeakaistaisia tai äänemäisiä melukomponentteja (joilla on soiva sävelkorkeus). Niiden tiedetään olevan millä tahansa taajuuspainotuksella arvioituna häiritsevempiä kuin rauhallisemmin vaihteleva spektri. Edustava esimerkki kapeakaistaisuudesta on hyttysen ääni.

11.4 Impulssimaisuus

Äkillisesti vaihtelevan melun erityisen häiritsevyyden arviointiin käytetään impulssimaisuuskorjausta. Se on iskumaisen melun ”rangaistus”, joka lisää

keskiäänitasoon ennen vertaamista ohjearvoon. Suomessa impulssimelukorjaus on perinteisesti ollut +5 desibeliä, mutta sosiaali- ja terveysministeriön asumisterveysohjeissa korjausta laajennetaan siten, että mm. Ampumaradalle se voi olla +10 dB. Jotta melu olisi impulssimaista, on aikavaihtelun mitan oltava enintään noin yksi sekunti.

11.5 Kapeakaistaisuus

Kapeakaistaisen melun häiritsevyyden arviointiin käytetään kapeakaistaisuuskorjausta. Jos melussa on äkillisiä spektrivaihteluita eli muusta spektristä erottuvia huippuja, keskiäänitasoon lisätään kapeakaistaisen melu ”rangaistus” ennen vertaamista ohjearvoon. Kapeakaistakorjauksen arvo on Suomessa + 5 dB.

Kapeakaistaisuuden määrittämiseen tarvitaan spektrianalyysiä ainakin terssikaistoittain. Jos yhden terssikaistan taso on vähintään 5 dB viereisten kaistojen tasoa korkeampi, se yleensä sisältää kapeakaistaisen komponentin. Sääntö ei kuitenkaan toimi aina: jos vierekkäisille kaistoille osuu useita komponentteja, terssikaita ei paljasta kapeakaistaisuutta, vaan tarvitaan tarkempaa spektrianalyysiä.

11.6 Hienosädeplasman melumittaus TELAKKATIELLÄ

(LIITE 4 Mittausraportti 19.6.2007)

Pyydettyä Itä –Savon sairaanhoitopiiristä terveystarkastaja Sampsu Kinnunen kävi suorittamassa plasman melumittauksen. Mittaus suoritettiin integroivalla tarkkuusäänitasomittarilla Wärtsilä 71783 (suosituksen SFS 2881 ja IEC 179 mukainen laite). Mittarissa oli mikrofoniina 1”-metallikalvokondensaattorimikrofoni, herkkyys 50mV/Pa, vapaa-kenttäväste ja suuntaavuusominaisuudet IEC 179 edellyttämät. Mittari kalibroitiin ennen mittauksen alkua Wärtsilä 5274 kalibraattorilla, sarjanumero 5265 (94 dB, 1KHz) ja mittarin toiminta tarkastettiin mittauksen jälkeen. Mittariin oli liitetty piirturi tulosten myöhempää tarkastelua varten.

Hienosädeplasman toiminnasta aiheutuvan melun mittauksissa käytettiin ympäristömelumittauksissa yleisesti käytettyä ja standardoitua A-taajuuspainotusta sekä fast-aikapainotusta.

11.6.1 Mittaustulokset

Mittauksissa kirjattiin keskiäänitaso (L_{eq}) ja enimmäisäänitaso (L_{max}). Keskiäänitaso tarkoittaa pitkäaikaisen ja /tai vaihtelevan melun samanarvoista jatkuvaa äänitasoa. Enimmäistaso tarkoittaa mittausaikana vallinnutta suurinta äänenpainetasoa. Mittaustulokset on esitetty taulukossa 8.

TAULUKKO 8. Tehdyn melumittauksen tulokset Savonlinnan

Aikuiskoulutuskeskuksella plasmaleikkauspisteestä 27.4.2007.

Nro	Paikka	Keskiäänitaso L_{Aeq}	Enimmäisäänitaso L_{AFmax}
	taustamelu	50,1 dB	57,1 dB
	taustamelu, hiekkapuhaltimen kierrätysimuri päällä	67,3 dB	76,7 dB
1	n. 1,5 m leikkuupöydästä	98,6 dB	101,9 dB
2	n. 3 m leikkuupöydästä	90,2 dB	93,2 dB
3	n. 4 m leikkuupöydästä	83,1 dB	91,6 dB
4	n. 3,3 m leikkuupöydästä, teräs- levy välissä	79,8 dB	83,2 dB
5	n. 5,5 m leikkuupöydästä, teräs- levy välissä	76,4 dB	80,9 dB

Tulosten luotettavuus

Hienosädeplasman aiheuttaman melun mittaustulosten tarkkuuteen vaikutti yleisesti kaksi päätekijää:

- 1) melulähteisiin liittyvien tekijöiden (esimerkiksi leikattavan materiaalin vaihtelut ja muu häiriömelu, kuten taustamelu muusta levypajatoiminnasta) aiheuttama epävarmuus
- 2) mittauslaitteiden mittaustavan tarkkuudesta aiheutuva epävarmuus (yleensä selvästi pienempi kuin muista hetkellisistä tekijöistä aiheutuva epävarmuus)

11.6.2 Vertaaminen ohjearvoon ja johtopäätökset

Hallitus antoi asetuksen työntekijöiden suojelemisesta melusta aiheutuvilta vaaroilta torstaina 26. tammikuuta 2006 (2006/85). Asetus tuli voimaan 15. helmikuuta 2006. Samalla kumottiin valtioneuvoston päätös työntekijäin suojelusta työssä esiintyvän melun aiheuttamilta vaaroilta ja haitoilta (ns. melupäätös).

Asetus määrittelee meluallistuksen toiminta- ja raja-arvot, jotka ovat päivittäisiä meluallistustasoja (8h). Allistuksen alempi toiminta-arvo on 80 dB, ylempi toiminta-arvo 85 dB ja raja-arvo on 87. Uutta aikaisempaan verrattuna on allistuksen alempi toiminta-arvo 80 dB, jonka ylittyessä työnantajan on huolehdittava siitä, että työntekijän saatavilla on henkilökohtaiset kuulosuojaimet ja mahdollisuus lääkärintarkastukseen. Allistuksen raja-arvo 87 dB on luonteeltaan myös uusi. Kuulosuojainten vaikutus huomioon ottaen sen ylittyminen edellyttää työnantajalta välitöntä reagointia allistuksen vähentämiseksi alle raja-arvon. Meluntorjuntaohjelma on laadittava entiseen tapaan, kun melutaso ylittää 85 desibeliä.

Tulosten perusteella mittauspisteissä 1 ja 2 ylitetään ylempi raja-arvo 87 dB ja mittauspisteessä 3 ylitetään alempi toiminta-arvo 80 dB. Mittauspisteistä 4 ja 5 saatiin alle 80dB:n tulokset. Osin synä lienevät teräslevyt, mitkä olivat plasmaleikkauspisteen ja mittauspisteen välissä. Tuloksista ilmenee kuitenkin selvästi, että työpisteessä on laadittava meluntorjuntaohjelma ja pyrittävä aktiivisesti etsimään ratkaisuja meluallistuksen pienentämiseksi. Äänen kulkuteille asetettavia esteitä suunniteltaessa on huomioitava, että esteiden aiheuttamaan vaimennukseen vaikuttavat esteen mitat, sijoittelu ja äänen taajuus. Korkeat äänet Vaimenevat paremmin kuin matalat äänet, koska matalat äänet ”taipuvat” helpommin esteiden

taakse. Suunniteltaessa melusteita perussääntönä on, että tehokkaimmillaan este on lähellä melulähdettä tai kuulijaa.

11.7 Hienosädeplasman melumittaus POHJOLANKADULLA (liite 5)

Lukuisista yrityksistä huolimatta samanlaista melumittausta Pohjolankadulla ei onnistuttu järjestämään kuin Telakkatiellä. Jonkinlainen mittaus suoritettiin 17.11.2009 Savonlinnan katsastusasemalta lainatulla mittarilla. Mittari ES sound level meter TES-1351. (mittarin tekniset tiedot liitteenä).

Mittauksissa käytettiin ympäristömelumittauksissa yleisesti käytettyä ja standardoitua A-taajuuspainotusta sekä fast-aikapainotusta.

Mittauspisteitä oli neljä kappaletta (tarkemmat sijainnit liitteenä).

piste 1. n. 1.7 m leikkuupaikasta, työntekijän välittömässä läheisyydessä (ks. kuva)

piste 2. n. 2 m leikkaimesta

piste 3. n. 4.5 m polttimesta kulkuaukon suunnassa suojaverho välissä

piste 4. n. 5.5 m polttimesta, suojaverho välissä



KUVA 12. Mittausjärjestelyt mittauspisteessä 1.

11.7.1 Mittaustulokset

Mittauksissa kirjattiin keskiäänitaso (L_{eq}) ja enimmäistaso (L_{max}). Keskiäänitaso on pitkäaikainen jatkuva. Enimmäistaso tarkoittaa mittausaikana vallinnutta suurinta äänenpainetasoa.

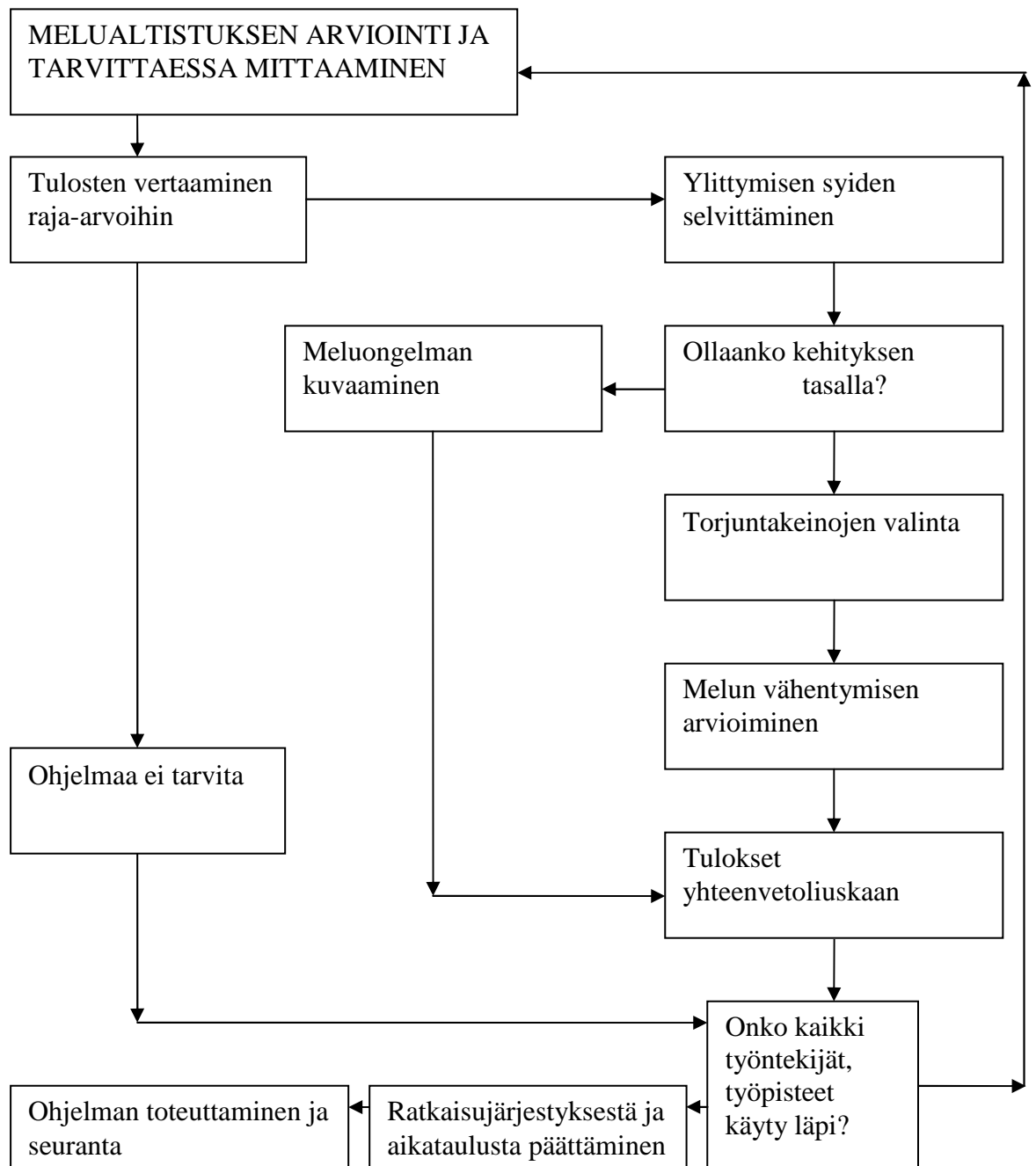
**TAULUKKO 9. Melumittauksen tulokset Savonlinnan Ammattiopistolla
plasmaleikkauspisteessä 17.11.2009**

Nro	Paikka	Keskiaänitaso LAeq	Enimmäisäänitaso LAFmax
	taustamelu imuri päällä	72 dB	78 dB
1	n. 1,7 m leikkuupaikasta	96 dB	102 dB
2	n. 2 m leikkuupaikasta	94 dB	99 dB
3	n. 4.5 m leikkuupaikasta suojaverho välissä	87 dB	92 dB
4	n. 5.5 m leikkuupaikasta, suojaverho välissä	73 dB	87dB

11.7.2 Tulosten luotettavuus

Tarkoitukseen, jossa pyrittiin vertaamaan mittaustuloksia aikaisempiin mittauksiin samalla koneella eri osoitteessa, ei saatu luotettavia mittaustuloksia. Piirturilla varustettu mittari on ehdoton vaatimus vertailukelpoisten tulosten saamiseksi. Ympäristössä oli paljon erityyppisiä iskumaisia ääniä, jotka näkyivät mittarissa häiritsevinä piikkeinä. Jokatapauksessa mittaus osoitti sen, että imurin siirtäminen ulos ei sanottavasti pienentänyt taustamelua, koska ääni kulkeutuu kanaviston kautta osittain takaisin. Suojaverhojen vaikutus äänieristeenä on marginaalinen. Plasman aiheuttama melu ylittää raja-arvon 85 dB, jolloin meluntorjunta ohjelma on laadittava.

Työpaikan melu on arvioitava ja tarvittaessa mitattava. Arvioinnin tai mittauksen tulosta verrataan raja-arvoihin. Jos raja-arvo ylitetään, työnantajan on selvitettävä syyt rajan ylittämiseen ja tehtävä toteuttava suunnitelma melualtistuksen vähentämiseksi (= meluntorjuntaohjelma).



12.1 Melun aiheuttamat vaarat ja haitat

Melu voi heikentää kuuloa väliaikaisesti tai pysyvästi. Se peittää tai vääristää ääniviestit, mikä vaikeuttaa keskustelua ja muuta tiedon saamista ympäristöstä. Näin melu on ollut osasyynä useissa kuolemaankin johtaneissa työtapaturmissa.

Melu voi vaikuttaa haitallisesti myös keskushermostoon ja sen kautta esimerkiksi sydämeen ja verisuoniin. Melusta saattaa seurata täten psyykkisiä häiriöitä.

Työpaikkamelun arvioidaan aiheuttavan vuosittain noin miljardin euron menetykset. Ne koostuvat pääosin virheistä ja epätarkkuuksista sekä poissaolojen lisääntymisestä.

12.2 Meluntorjunnan pääsääntö

Työnantajan on toimittava niin, että melun aiheuttamat vaarat ja haitat jäävät mahdollisimman vähäisiksi. Tässä tarkoituksessa tulee hyödyntää tekniikan kehityksen suomat mahdollisuudet, ja käyttää erityisesti melun lähteeseen kohdistuvia torjuntatoimia.

12.3 Melualtistuksen mittaaminen

Ilman melumittaria melualtistuksen mittaamistarpeen voidaan arvioida olevan tarpeen siellä, missä ainakin hetkittäin on huudettava, jotta kahden metrin päässä oleva henkilö kuulisi sanat selvästi, tai missä kahden henkilön keskustelu melun vuoksi on vaikeaa.

Altistusmittauksen päätarkoitus on selvittää, miten suuri kunkin työntekijän päivittäinen henkilökohtainen melualtistus on.

Kiinteiden kappaleiden iskeytyessä, valokaarissa, kaasupurkauksissa ja laukauksissa syntyy lyhyitä, voimakkaita meluhiippuja, joiden uskotaan olevan kuulolle erittäin tuhoisia. Siksi isku-, purkaus- tai laukausmelusta mitataan myös äänenpaineen painottoman huipputaso tai -arvo.

Äänenpainetta mitattaessa ei oteta huomioon minkään henkilökohtaisen kuulonsuojaimen vaikutusta.

Mittaja esittää mittaustulosten perusteella, mitä työnantajan on tehtävä, jotta valtioneuvoston päätöksen (1404/93) vaatimukset toteutuvat.

12.4 Milloin meluntorjuntaohjelma tehdään?

Meluntorjuntaohjelma on tehtävä silloin, kun altistusmittauksessa todetaan, että

- Melualtistus on suurempi kuin yksi päiväannos.
Huom! Päiväannos vastaa 8 tunnin altistumista 85 desibelin melutasolle.
tai
- Äänenpaineen painottomaton huippuarvo ylittää 200 pascalia tai huipputaso (L_{Cpeak}) 140 Db

12.5 Mikä meluntorjuntaohjelma on?

Meluntorjuntaohjelma kattaa kaikki ne työt tai työpisteet, joissa raja-arvo ylitetään. Se on ongelmakohtainen suunnitelma, jossa:

1) Selvitetään raja-arvon ylittämisen syyt

Aluksi etsitään se melulähde, joka kussakin tapauksessa aiheuttaa raja-arvon ylittämisen. Tavallisesti melun syy on jokin työvaihe. Sen jälkeen vastataan kysymyksiin: Miksi työvaihe tehdään? Millä valmistus- tai työmenetelmällä ja mitä koneita tai laitteita käyttäen se tehdään? Joskus jo näiden seikkojen pohdinta avaa tien melun vähentämiseen.

Kun meluongelma on karkeasti määritelty, selvitetään melun syntymekanismi: Ilmaääntä säteilevä pinta paikallistetaan; heräte tunnistetaan ja paikannetaan; herätteen ja säteilypinnan sekä säteilypinnan ja työntekijän väliset äänen siirtotiet määritetään.

Usein äänilähteen ja herätteen tunnistamiseksi riittää työvaiheen teknisten ominaisuuksien, ja koneen tai laitteen rakenteen ja toiminnan tunteminen. mutkikkaissa tapauksissa äänilähteiden erittelyyn tarvitaan asiantuntija-apua.

2) Esitetään keinot melualtistuksen vähentämiseksi ja/tai huipputason pienentämiseksi

Tavoitteena on, että kukin työntekijä altistuu melulle mahdollisimman vähän. Vaatimustaso määräytyy tekniikan kehitystason ja käytettävissä olevien –

erityisesti melun lähteeseen kohdistuvien – meluntorjunnan keinojen perusteella.

Melun lähteeseen kohdistuvia toimia ovat:

- Mitattavat organisatoriset ja rakenteelliset toimet
- Uuden tekniikan kehittäminen tai käyttöön ottaminen
- Melun syntymisen estäminen tai vähentäminen koneen tai laitteen rakennetta tai toimintaa muuttamalla.
- Koneen tai laitteen koteloiminen siten, että kotelon läpi virtaa ainetta ja/tai energiaa.
- Melulähteen eristäminen.
- Melun syntymisen vähentäminen yksinkertaisin keinoin.
- Huolellinen ja ammattitaitoinen työskentely.

Äänikenttää muokkaamalla

- Vastääni eli aktiivivaimennus
- Äänieristettytaukotilat
- Seinäkkeet ja väliseinät työntekijän ja äänilähteen välissä
- Ääntä imevät aineet katossa ja seinissä
- Äänilähteen siirtäminen

Altistuvien lukumäärän tai altistusajan vähentäminen työn järjestelyin ovat meluallistuksen vähentämisen keinoja silloin, kun melua ei voida vähentää teknisin keinoin.

Altistusajan vähentämisen vaikutus meluallistukseen on melko pieni verrattuna melun vähentämisen vaikutukseen. Esimerkiksi altistusajan lyheneminen 8 tunnista 6 tuntiin 20 minuuttiin vastaa vaikutukseltaan melutason alenemista 1 desibelillä. Altistusajan puolittaminen vastaa melutason alenemista 3 desibelillä.

3) Esitetään kullekin meluongelmalle ratkaisuehdotus, ja arvioidaan sen toteutumisen vaikutusta meluallistukseen ja /tai huipputasoon.

Mahdollisia ratkaisuehdotuksia arvioidaan sen perusteella, miten helppo ne on toteuttaa, ja miten paljon kuulon heikkenemisen vaara ratkaisun ansiosta vähenee. Ratkaisun kustannukset ovat tärkeä valintaperuste, mutta taloudellisessa tarkastelussa tulisi ottaa huomioon myös ratkaisun mukanaan tuomat hyödyt. Ratkaisun vaikutus työntekijään ja työturvallisuuteen muutoin kuin melun osalta vaikuttavat osaltaan ratkaisukeinojen valinnassa.

4) Esitetään torjuntatoimien toteuttamisen järjestys ja aikataulu

Meluongelmien ratkaisujärjestys määräytyy etupäässä sen mukaan, kuinka suuri vaara kuulolle ne ovat (melun voimakkuus, melutaso, kesto ja toistuvuus) ja kuinka moni tuohon vaaraan joutuu (altistuneiden lukumäärä).

Meluntorjuntaohjelma asettaa meluongelmat ratkaisujärjestykseen ja antaa aikataulun, jonka mukaan ratkaisut toteutetaan.

5) Päätetään ohjelman toteuttamisvastuut, seuranta ja uusiminen

Meluntorjuntaohjelmassa esitetään myös se, kenen vastuulla ohjelman toteuttaminen on. Lisäksi ilmoitetaan tarvittaessa, millä tavoin ja miten usein kukin ongelman ratkaisun etenemistä seurataan. On myös syytä etukäteen määrittellä se tapa, miten toimenpiteiden tuloksia arvioidaan.

On tärkeää, ettei melutaso jälkeinpäin pääse nousemaan, kun esimerkiksi koteloita puretaan ja kootaan uudelleen tai äänieristeitä väliaikaisesti irrotetaan. siksi meluntorjuntaohjelmassa esitetään myös se, miten käyttöön otettua meluntorjuntatekniikkaa huolletaan ja sen kuntoa seurataan.

Työpaikalla saattaa olla meluongelmia, joiden ratkaiseminen ei tarkasteluhetken tekniikan ja tietämyksen avulla ole mahdollista. Meluntorjuntaohjelmassa sovitaan siitä, milloin tilanne uudelleen tarkistetaan.

12.6 Kuka laatii meluntorjuntaohjelman?

Meluntorjuntaohjelman laatiminen on työntäjän velvollisuutena. Työnantajan on useimmiten käytettävä asiantuntija-apua ohjelman laatimisessa. Altistusmittaukset ja melualtistuksen vähentäminen edellyttävät melun ja sen mittaamisen perusasioiden tuntemusta. Meluongelmat on pystyttävä asettamaan tärkeysjärjestykseen. Ongelman määrittelyssä ja ratkaisuvaihtoehtojen

käsittelyssä tarvitaan kyseessä olevan teknisen prosessin tuntemusta. Myös meluntorjuntatekniikan suomien mahdollisuuksien tunteminen on ehdoton edellytys.

12.7 Yhteistoiminta ja meluntorjuntaohjelman dokumentointi

Meluntorjuntaohjelma ja sitä edeltävät altistusmittaukset ja – arvioinnit on tehtävä yhteistoiminnassa henkilöstöä edustavien työsuojeluvaltuutettujen kanssa. Meluntorjuntaohjelmasta voidaan tehdä yhteenveto esimerkiksi oheisen yhteenvetoliuskan tapaan.

Niiden työntekijöiden, joita meluntorjuntaohjelma koskee, tulee saada omalta osaltaan tiedot ohjelmasta.

Työsuojeluvaltuutetuilla ja työsuojelutarkastajilla on oikeus saada ohjelma sekä nähtäväkseen että oikeus saada siitä jäljennös. /12/

13 UUSI CNC PC – POHJAINEN LEIKKAUKSEN OHJAUS (LIITE 1)

Hankittiin ESABIN ohjauksen tilalle PROMOTION iCNC – ohjaus, jossa on erittäin nopea tiedonsiirto Ethernet- verkon kautta toimistosta leikkauskoneelle. Verkkoyhteys voidaan toteuttaa myös langattomana. Lukee kaikkia yleisimpiä CNC – koodeja. Lukee myös CAD -tiedostoja suoraan DXF – muodossa.

Lisää automaattisesti leikkauksen aloitus- ja lopetusliikkeet, joiden pituudet tulevat parametreistä. Muotoihin voidaan helposti lisätä myös koneistusvarat. Luettujen kuvioiden ja sijoittelujen muokkaaminen on mahdollista, täysin turvallisesti jopa koneen vielä leikatessa edellistä leikkaustehtävää. Voidaan siirtää lävistyspaikkoja, muokata leikkausjärjestystä ja jopa yksittäisten kappaleiden muotoa, lisätä sijoitteluun ”täyteosia” yms. Kaikki tämä visuaalisesti. Leikkausparametrit valittavissa suoraan menetelmän (kaasu/plasma), materiaalin, paksuuden ja työkalun (esim. 100A) mukaan talletettavasta tietokannasta. Täysi tuki Laserpointterin käyttöön helpottaa merkittävästi levyn suuntausta ja koneen asemointia. Todellinen Windows XP ohjaus, jossa vapaa pääsy kaikkiin Windowsin ominaisuuksiin ja jota voidaan käyttää myös leikkauksen aikana aivan normaalin verkkotietokoneen tapaan.

Ohjaukseen voidaan vapaasti asentaa asiakkaan tarvitsemat esim. tuotannonohjaukseen, sähköpostiin ja internetiin liitetyt lisäohjelmat.

13.1 Rakennusprojektin toteuttaminen

Vuoden 2008 syksyllä selvisi, että työskentely plasmalla telakkatiellä päättyy, jolloin ne kehittämisajatukset, jotka liittyivät polttokoneeseen ja ympäristöön päättyivät. Uudessa osoitteessa Pohjolankadulla on periaatteessa samat ongelmat koneella. Ympäristössä, käytössä ja käyttäjissä on eroja. Laitteisto pyritään siirtämään ja kokoamaan samantyyppiseksi ts. ei osteta uusia laitteita.

Melua pyritään pienentämään imurin paikkaa vaihtamalla. Rakennetaan teline ulos seinälle ja sijoitetaan imuri sinne, jolloin taustamelu pienenee. Suojaseinän rakentamisesta pyydettiin tarjous OC-System Oy:ltä Joroisista (**LIITE 3**). Hinta oli kuitenkin liian kova, päätettiin rakentaa oppilastyönä kevyempi versio polttopöydän ympärille, jolloin polttokoneelta lähtevät äänet ja ultraviolettisäteily jäävät osittain seinän sisäpuolelle. Rakennetaan myös erillinen ohjaushuone, josta koneenkäyttäjä/ohjelmoija voi ajaa konetta langattoman tietoverkon kautta. Käytännössä kone vaatii jatkuvaa tarkkailua, joka täytyy tehdä polttopöydän äärellä.

Savujen ja huurujen poistoon päätettiin rakentaa olemassa olevista laitteista erilainen konstruktio. Alaimupöytään liitettiin rinnan Ø 250 putkella Filtermec ja Filtermax suodattimet. Imetään 7,5 kW:n keskipakoimurilla suodattimien läpi 3000 kuutiometriä tunnissa ilmaa. Putkistoon lisättiin Iris-säätöpellit, joilla voidaan säätää suodattimille menevä ilmavirtaus sopivaksi. Suodattimet erottelevat kaikki kiinteät yli 0,5µm:n partikkelit poistoilmasta. Imurin jälkeen asennettiin äänenvaimennin puhallusäänen pienentämiseksi. Sulkupellit asennettiin poistoputkiin, joilla voidaan ohjata palautusilmaa. Seostamattomien terästen poltosta palautetaan ilma takaisin polttopöydälle korvausilmaksi. Tällä toimenpiteellä saadaan työpisteen lämpötila säilymään tasaisena, eikä polttotyö sekoita hallin yleisilmanvaihtoa. Ruostumattomienterästen ja alumiinin poltosta syntyvät huurut puhalletaan puhdistettuna ulos. Korvausilmaksi palautetaan ulkoilmaa. Tämä järjestely tässävaiheessa näin, koska työterveyslaki kieltää

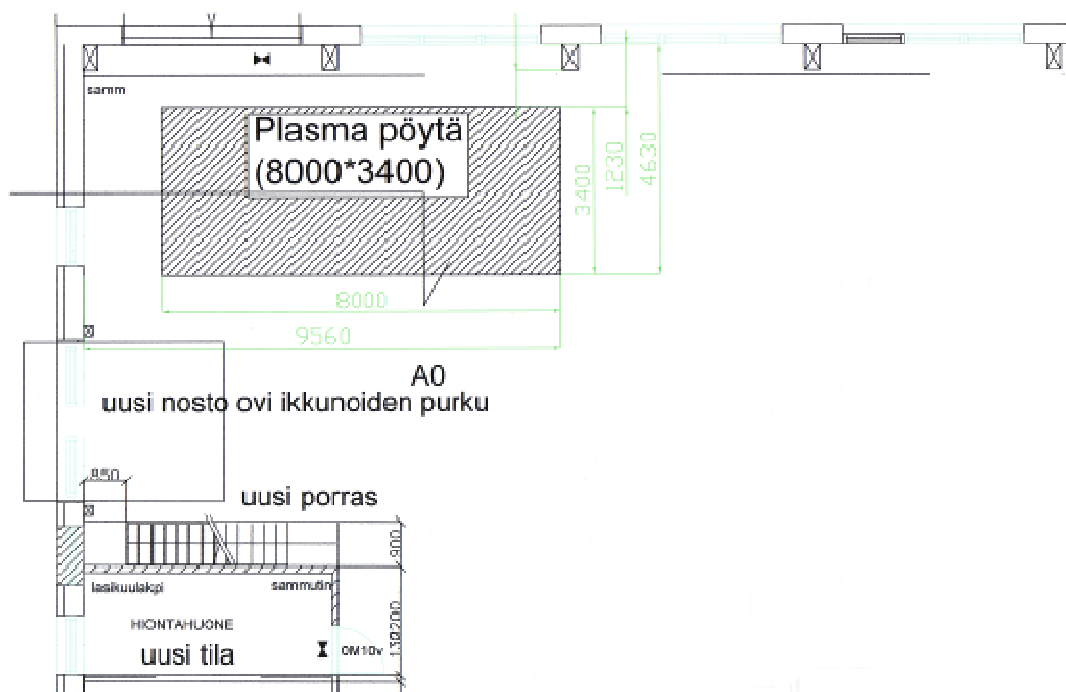
polttokaasujen sekoittamisen huoneilmaan syöpää aiheuttavien yhdisteiden takia ja riittävän tehokkaiden suodattimien hankkiminen maksaa liikaa.

14 Savunpoistolaitteiston suunnittelu

Valittiin kohteeseen suunnittelun pohjaksi matalapainejärjestelmä. Matalapainejärjestelmällä tarkoitetaan yleisesti ottaen järjestelmiä, joissa ilman seassa on pieniä, kevyitä ja hitaasti liikkuvia epäpuhtauksia. Hitsaus- ja polttokäryt ovat tällaisia terveydelle vaarallisia aineita, jotka on tehokkainta poistaa kohteessa, jossa ne syntyvät. Poistossa käytetään suurta ilmamäärää.

14.1. Laitteet

- Hienosädeplasma ESAB UXD –P2500
- Virtalähde Hypertherm HyDefinition 100A puoliautomaattisella kaasukonsolilla
- Alaimupöytä 4 x 2500 x 1500
- Imukanava 12 x Ø 200 sulkulaitteisto
- 1. Suodatin Filtermax 667
- 2. Suodatin Filtermec 666
- Keskipakopuhallin 7,5 kW NCF 50/25



KUVA 14.

Plasman työskentelyalueen sijoittuminen levyhallin nurkkaan. Uuteen tilaan on ajateltu sijoitettavaksi myös plasman etäohjauskeskus.

14.2 Savun/ kärynpoisto

Tecalemit piiripäällikkö Keijo Leinon antamien ohjeiden mukaiset ilmamäärät. (Liite 2 Leinon ohjeet) Keskipakoimurin tuotto $5500 \text{ m}^3/\text{h} = 1527 \text{ l/s}$, Suodattimien yhteenlaskettu ilmamäärä saa olla maksimissaan $3000 \text{ m}^3/\text{h} = 833 \text{ l/s}$. Kuristetaan ilmavirtaa säätöventtiilillä ja asennetaan putkistoon vielä kaksi venttiiliä, joilla säädetään suodattimille menevä ilmavirta sopivaksi. Pyritään mahdollisimman suureen kanavakokoon, jolloin ilman nopeus saadaan pieneksi alle 25 m/s , tällöin painehäviöt jäävät myöskin pieniksi $1-3 \text{ kPa}$.

14.3 Kanaviston mitoittaminen

- kanaviston pituus 13,5 m
- käyrät $\text{Ø } 250 * 90^\circ$ 8 kpl
- käyrät $\text{Ø } 250 * 45^\circ$ 9 kpl
- suunniteltu ilmamäärä $3000 \text{ m}^3/\text{h}$

14.4 Painehäviöt

- kanavistossa on keräyskotelot ja sulkupellit 12 kpl,
joista kaksi on vuorollaan auki 300 Pa
- putkisto 5 Pa/m $5 * 13,5 = 67,5 \text{ Pa}$
- käyrät 15 Pa/ käyrä $8 * 15 = 120 \text{ Pa}$
- käyrät $45^\circ 7,5 \text{ Pa/ käyrä}$ $9 * 7,5 = 67,5 \text{ Pa}$
- suodattimien painehäviö 2400 Pa
- säätöpellit IRIS 250 virtausmäärällä 850 l/s , jaetaan puoliksi, jolloin tulee 425 l/s/pelti .

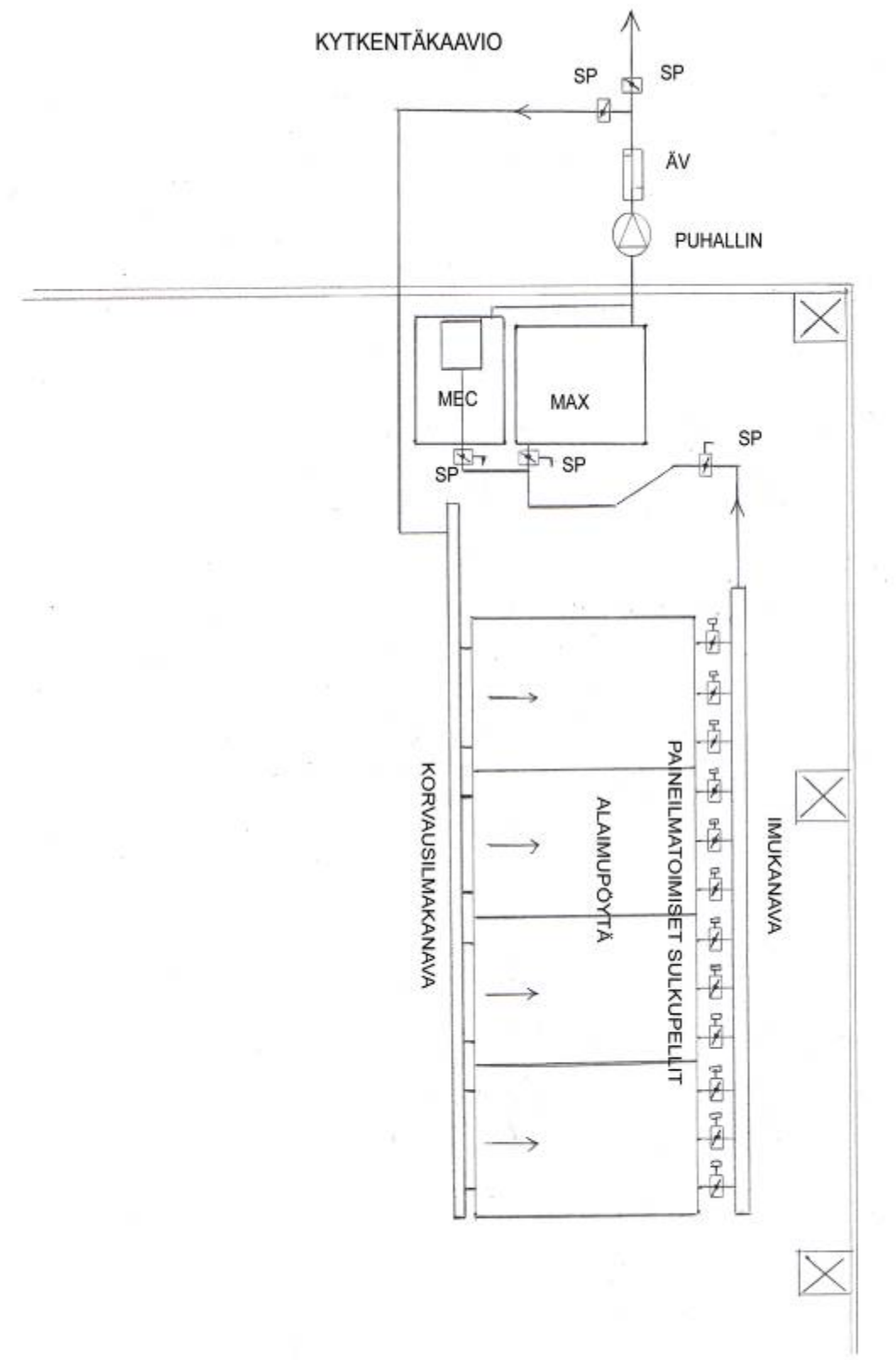
Käyrästä katsottuna paineenkorotustarve 100 Pa/pelti $3 * 100 = 300 \text{ Pa}$
lasketaan painehäviöt yhteen $300 + 85 + 120 + 1500 + 300 = 2305 \text{ Pa}$

Puhallin olemassa NCF 50/25 paineen korotustarve käyrästä mukaan voisi ollajopa 4000 Pa
virtausmäärällä $3000 \text{ m}^3/\text{h}$. Puhaltimen on tuotettava vähintään 2305 Pa
 $3000 \text{ m}^3/\text{h}$ ilmamäärällä.

Käytössä oleva puhallin NCF 50/25 on sopiva.

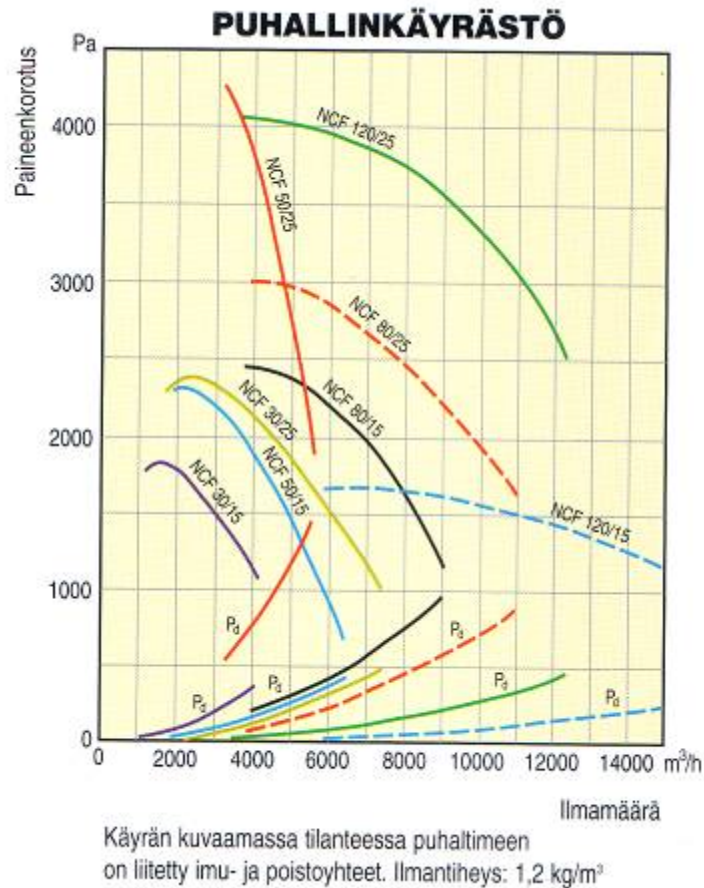
Sopiva ilmamäärä säädetään kolmella IRIS $\text{Ø } 250$ säätöventtiilillä.

Venttiilissä olevaan pitot- putkeen kytketään painemittari, joka ilmoittaa paine-eron mikä syntyy sulkijan paine- ja imupuolten välille. Tästä pystytään laskemaan virtaus sulkijan läpi



KUVA 15.

Kaaviona plasman keuhkot. Alaimupöytä ja suodatin yksiköt säätöpelteineen.

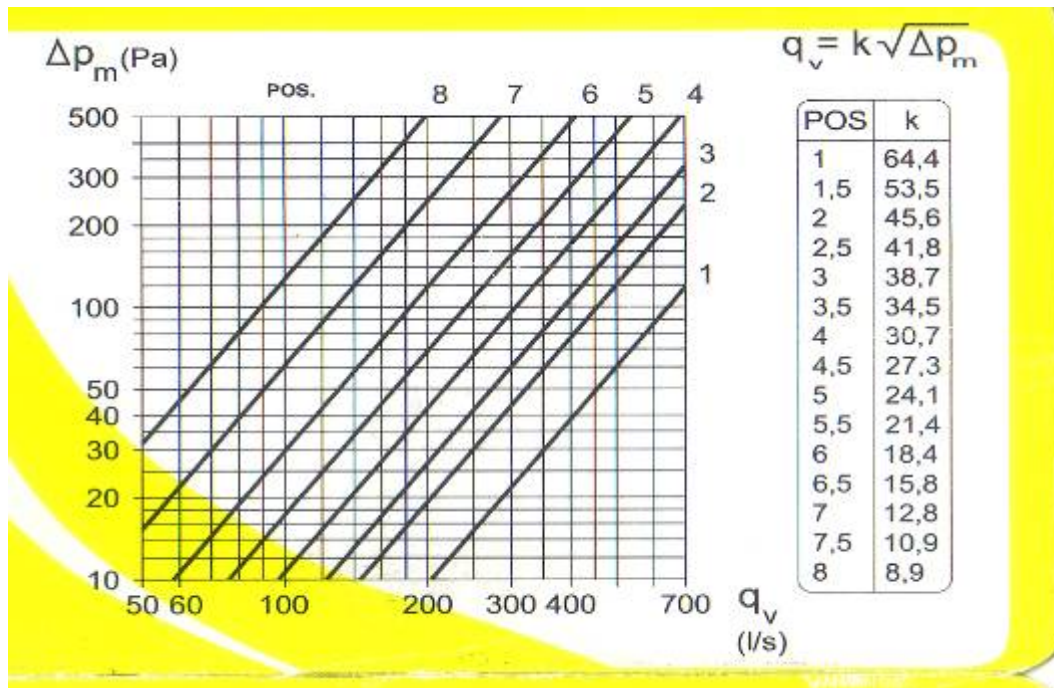


KUVA 16. Puhaltimen/imurin valintaa varten käyrästä

14.5 Toteutus ja mittaustulokset (pöytäkirja liitteenä)

Mittauspaikka	Venttiilityyppi	Asetus	Mitattuarvo (Pa)	Todettu virtaus
Pääkanava	IRIS 250	1	170	840
Filtermax	IRIS 250	4,5	352	512
Filtermec	IRIS 250	1	17	265

TAULUKKO 10. Säätöpeltilien asetteluarvot



KUVA 17. Sulkijan aseman vaikutus virtausmäärään

Virtauksen laskenta pääkanava $q_v = 64,4\sqrt{170}$
 $= 839,6 = 840$ l/s

filtermax $= 27,3\sqrt{352}$
 $= 512$ l/s

filtermec $= 64,4\sqrt{17}$
 $= 265$ l/s

Virtausnopeus suodattimilla on halutuissa rajoissa, jolloin hiukkasten nopeus on mahdollisimman alhainen.



KUVA 18. Suodatin laitteisto imupöydän päässä



KUVA 19. Imurin ja äänenvaimentimen sijoittuminen päätyseinälle

14 TYÖN YHTEENVETO

Savonlinnan aikuisopiston hienosädeplasmaleikkauslaitteiston käyttö aiheuttaa ympäristölleen rasitteita. Melua syntyy imurista ja leikkausäänestä. Savua ja huuруja leviää hengitysilmaan. Ultraviolettisäteily rasittaa ympäristössä työskentelevien silmiä. Lisäksi Esabin ohjausjärjestelmä on kömpelö käyttöä.

Tavoitteena on kehittää erilaisten ratkaisujen muodossa parannuksia, jotka pienentävät melu-, savu- ym. päästöjä ja hankitaan joustavampi ohjausjärjestelmä.

Oppilaitosympäristössä opiskelijoiden töinä tehdyt rakennushankkeet toteutuivat vaihtelevasti. Vaikeuksia aiheuttivat enimmäkseen aikataulut, jotka eivät soveltuneet lukujärjestyksiin. Ja vielä aktiivisimmat opiskelijat keksivät omia sovellutuksia, joita jouduttiin sitten korjailemaan tai jopa tekemään uudelleen.

Laitteistoa on kuitenkin kokeiltu leikkaamalla seostamattomia teräksiä 4-10 mm kaasulla. Lävistyksissä oli hiukan vaikeuksia johtuen käyttäjien ammattitaidosta, muuten toiminta oli odotusten mukaista.

Plasmaa kokeiltiin leikkaamalla HARDOX 600 levyä seulaverkoksi. Levyn paksuus oli 15mm, joka on hienosädeplasman 100 A:n polttopäälle yli taulukkoarvon, joka on 12mm. Melua mitattiin ja todettiin, että oli vähentynyt Telakkatien arvoista. Lähinnä taustamelu oli vähäisempi. Työskentelyalueen käryjen ja savujen määrä ja laatu ei kiinnostanut ketään. Jätettiin raskastykistö eli yliopistomiehet kutsumatta paikalle. Todettiin vain, että on se varmasti muuttunut, koska suodatusteho on kaksinkertaistettu siirron jälkeen ja samalla työskentelyalueen ilman vaihtuvuus on noussut 3000 m³:n tunnissa polton aikana.

Laitteistoa tullaan käyttämään pääasiassa koulutuskäytössä, jolloin käyttötuntimäärä investointeihin nähden on aika vähäinen. Kokemus on osoittanut, että kyseinen laitteisto satunnaisilla käyttäjillä ei ole koskaan kunnossa. Plasmapoltto yleensä on suuttimille ja laitteistolle rankkaa. Kulutusosat kuluvat äärettömän nopeasti, jos leikkausparametrit eivät ole optimaalisia. Kunnossa ollessaan hienosädeplasman leikkausjälki on parempilaatuista kuin tavallisen plasman. Yleensä hiontatyötä ei tarvitse tehdä lainkaan.

Oppilaitoksen koulutuspäälliköiden ja myyntitykkien pitäisi osata markkinoida tätä ominaisuutta, jolloin saataisiin riittävästi töitä koneelle. Koulu voisi palkata erikoisammattimiehen hoitamaan polttoja ja konetta. Hän voisi osallistua opiskelijoiden koulutukseen ja pitäisi koneen kunnossa. Plasma on herkkä instrumentti, jonka oikea käyttö edellyttää hyvää nuottikorvaa.

LÄHTEET

1. Polttoleikkauskone ULTRAREX UXD- P Käyttöohje ESAB CUTTING SYSTEMS
2. Käyttöohje IM-218 (P/N 802180). HD-3070 Hienosädeplasmaleikkauslaite 1996 Suomenos OY ESAB.
3. Antero Kyröläinen – Juha Lukkari Ruostumattomat teräkset ja niiden hitsaus. Metalliteollisuuden Keskusliitto. MET –julkaisuja nro2/1999. ISBN 951-817-695-7.
4. OY AGA AB esite. Termiset leikkausmenetelmät 1999.
5. Whitby K. T., Cantrel B. Atmospheric aerosols – characteristics and measurement. ICESA conference. Las Vegas. 1975.
6. Juha Lukkari. Hitsaustekniikka perusteet ja kaarihitsaus. Opetushallinto. Helsinki. 1997.
7. Baron P.A, Willeke K. Aerosol Measurement. Principles, Techniques and Applications. 2nd Edition. A John Wiley & Sons. Inc..USA. 2001.
8. Hitsaamon pienhiukkaset. Hitsaustekniikka 2/2004.s.47...54.
9. Tekninen Tiedotus 14/82. Konepajapohjamaalit hitsauksessa ja polttoleikkauksessa. ISBN 951-817-101-7.
10. Juha Lukkari. Terveys ja turvallisuus hitsauksessa. 2006. ISBN 951-797-232-6.
11. Terveys ja turvallisuus hitsauksessa ja termisessä leikkauksessa. 7/96. Metalliteollisuuden keskusliitto. Työsuojeluhallinto. ISBN 951-817-655-8 s. 19...20
12. Valtioneuvoston asetus työntekijöiden suojelemiseksi melun aiheuttamilta vaaroilta (85/2006).
13. Juhani Kuronen. Ympäristömelun mittaaminen. Luentomoniste Lappeenrannan teknillinen yliopisto. En 2130900 Ympäristömittaukset.
14. A. Koskinen, H. Kasurinen, H. Hänninen. Hitsaamon pienhiukkaset HIPHI- projektin loppuraportti. Teknillinen korkeakoulu Espoo 2006.

LIITTEET

1. Robotronic Oy tarjous	2/6
2. Tecalemit Environment Oy Leinon asennusohjeet	1/1
3. OC-System Oy suojaseinä tarjous	3/3
4. SOSTERI melumittausraportti	4/6
5. TES- mittalaitteen käyttöohjeet	5/1
6. Hiukkasten mittaaminen	6/1
7. Polttimet ja suuttimet	7/3

Korkiakoski Esa

Lähtettäjä: Loikkanen Osmo
Lähetetty: 2. huhtikuuta 2009 9:06
Vastaanottaja: Korkiakoski Esa
Aihe: VL: Vaihtosuodatintarjous hienosädeplasman suodatinyksiköihin
Liitteet: Samiedu.doc

Lähtettäjä: Keijo Leino [mailto:keijo.leino@tecalemi.fi]
Lähetetty: 31. maaliskuuta 2009 16:08
Vastaanottaja: Suomalainen Hannu
Kopio: Loikkanen Osmo
Aihe: Vaihtosuodatintarjous hienosädeplasman suodatinyksiköihin

Asennusopastus sekä neuvottelumme 27.3 / Korkiakoski ja Kurki.

Suosittellemme näille suodattimille vaihtoväliksi n. 4000 käyttötuntia. Yleensä 6000 käyttötunnin jälkeen suodattimet saattaa revetä.
Erotusaste on 0,5 mikronia 99% testipölyllä, DOP

Ystävällisin terveisin

 **Tecalemit Työympäristö**

Tecalemit Environment Oy

Keijo Leino
piiripäällikkö
puh. +358400 409 542
keijo.leino@tecalemi.fi
www.tecalemi.fi

YLEISET EHDOT:

Aennus

Sähköinen asennus laskutetaan erikseen. Mekaanisesta asennuksesta huolehtii asiakas. Asiakas tekee uudelle ohjaukselle tarvittavan kiinnitysalustan toimittajan ohjeiden mukaan.

Asiakas huolehtii myös sähkösyöttöjen tuonnista koneelle.

Toimittaja valvoo ja opastaa työn ja siten vastaa asennuksen koneen toiminnan kannalta oikeasta toteuttamisesta.

Asennukseen hinnoittelu koostuu seuraavasti:

- Asennustunti 62,-€/h
- Matkatunnit 45,-€/h
- Matkakilometrit 0,60 €/km

Ohjeet

Kaupan mukana toimitetaan tarvittavat käyttöohjekirjat.

Koulutus

Asennuksen yhteydessä annetaan käytön opastus (n. 2-4 tuntia).

Lisäkoulutuspäivät ovat mahdollisia hintaan € 600,- +alv/päivä+matkakustannukset.

Takuu

Ohjauksen osilla ja työllä takuu kaksitoista kuukautta (12 kk) toimituspäivästä lukien, matkakulut laskutetaan.

Huolto

Robotronic Oy pystyy vastaamaan tarvittavista huolloista.

Toimitusaika

Tilattaessa 25.6.2007 mennessä saamme toimituksen järjestettyä viikolle 29.

Myöhemmin tullut tilaus vahvistetaan tilauksen yhteydessä erikseen. Normaali toimitusaika tällä hetkellä on noin 8 viikkoa tilauksesta.

Toimitusehto

NOL Tampere FIN91.

Maksuehto

30% tilattaessa, heti.

70% toimitettaessa, 14 pv netto.

Viivästyskorko korkolain mukaan

Tarjouksen voimassaoloaika

Tarjous on voimassa 21.07.2007 saakka.

Ystävällisin terveisin

ROBOTRONIC OY

Petri Nurmivuori

Liitteet

Petri Nurmivuori

Savonlinnan ammatti- ja aikuisopisto
Kone- ja metalliala
Telakkatie 9
57230 SAVONLINNA

KAASU- JA PLASMANOSTIN

Tarjoamme kaasu- ja plasmanostimet Esabin leikkauskoneeseen.

POS.1. KAASULEIKKAUSNOSTIN

Moottoroitu nostin **IHT MSX 750 CAP** nostin varustettuna kapasitiivisella automaattisella korkeussäädöllä kaasupoltinta varten.

POS.2. PLASMALEIKKAUSNOSTIN

Moottoroitu nostin **IHT MSX 750 ARC** varustettuna kapasitiivisella automaattisella sytytyskorkeussäädöllä sekä kaarijännitteeseen perustuvalla leikkauskorkeuden säädöllä plasmapoltinta varten

HINTA YHTEENSÄ POS.1 JA POS.2. € 8 000,-+alv

PROMOTION iCNC

Kehittyneen teknologian ei tarvitse olla vaikeasti käytettävää. ProMotion® iCNC:ssa® yhdistyvät yksinkertaisuus ja älykäs PC-pohjainen leikkauksen koneen ohjaus. TechnoSimplicity™ ohjelmistossa ja käyttöliittymässä takaavat koneenkäyttäjän tehokkaamman työskentelyn lisäten koneen tuottavuutta:

- Kaksoisprosessoritekniologia mahdollistaa aidon moniajon
- Suora DXF-tiedostojen lataus
- Helppo kuvioiden luonti ja sijoittelu
- Optiona tuottavuustyökalut ja automaattinen sijoittelu
- Optiona käyttöliittymä erityisesti ohutlevytyöskentelyyn (HVAC)



ProMotion® iCNC® muotoleikkausohjaus

Promotion iCNC on kehittynyt PC-pohjainen kaasua ja plasmaleikkaukseen soveltuva ohjaus.

Aidon moniajon mahdollistaa kaksoisprosessoritekniologia. Lisäksi ProMotion iCNC sisältää 15 tuumaisen korkearesoluutioisen TFT-kosketusnäytön, joka parantaa käyttäjän mahdollisuutta seurata reaaliaikaista leikkausprosessia.

Sen lisäksi, että ProMotion iCNC kykenee lataamaan suoraan DXF-tiedostoja ja prosessoimaan ne leikkausohjelmiksi ilman ylimääräisiä ohjelmia, sisältyy ProMotion iCNC:n sisäänrakennettu Micro CAD-ohjelma. Ohjelma mahdollistaa leikkausohjelmien muokkaamisen ja ohjelmien tekemisen.

ProMotion iCNC voidaan toimittaa erilaisilla optioilla, kuten tuottavuustyökalut, automaattinen sijoittelu ja nopeusprofiilit erilaisille materiaaleille. Lisäksi siihen voidaan valita erittäin yksinkertainen HVAC-käyttöliittymä nopeasykliseen ohutlevytyöskentelyyn.

ProMotion iCNC:n USB-liitännät mahdollistavat oheislaitteiden, kuten muistitikojen, liittämisen. Ohjauksessa on sisäänrakennettu Ethernet lähiverkkoliittymä.

PROMOTION
iCNC

ROBOTRONIC OY

www.robotronic.fi

PROMOTION iCNC

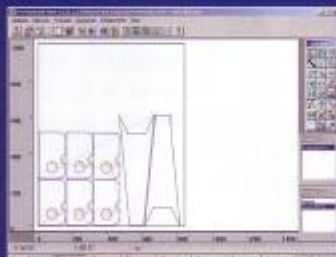
Älykästä
yksinkertaisuutta



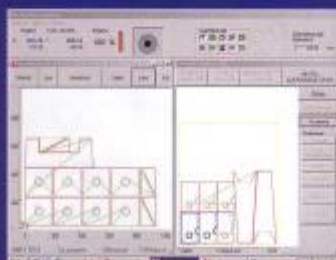
Lue DXF-tiedostot iCNC:llä. Tämän jälkeen valitse lävistyskohta ja aloita leikkaus.



Valitse yli 42 makrosta ja muokkaa sitä Micro CAD:n avulla ja luo näin tarvitsemiasi kappaleet.



iCNC:llä käyttäjä valitsee monipuolisesti alku- ja loppuliikkeet, vaihtaa lävistyskohtia ja tekee sijoitteluita.



iCNC:llä aito moniajo. Esikatsele ja valmistele seuraavaa työtäsi vasemmalla, samalla kun tarkkailet reaaliaikaista leikkausta oikealla.

PC-pohjaiset ProMotion iCNC -ohjaukset sisältävät seuraavaa

- Microsoft Windows® XP Pro käyttöjärjestelmä
- Kaksi mikroprosessoria - yksi Windowsia varten ja toinen liikkeen ohjaukseen
- 15" TFT SVGA korkearesoluutioinen kosketusnäyttö
- 40 Gt 2,5" kiintolevy tai isompi
- 256 Mt RAM
- Verkkokortti RJ-45 liittimellä
- RS-232 9-nap D-subliitin
- 3 USB porttia
- **Integroitu kontrollipaneeli**
 - Nopeudensäätöpotentiometri joka kytkee korkeudensäädön pois
 - Käsiajomahdollisuus (kahdeksan suuntaa, 45 astetta)
 - Leikkausohjelman käynnistys / Peruutus / Leikkaus päälle-pois / Liike eteenpäin/ Käsiajo / Lisää Nopeutta / Vähennä nopeutta / Nollaa
- Hätäseis-nappi
- Kaikki tarvittavat kytkimet kahden plasmapolttimen, neljän kaasupolttimen ja merkkaimen ohjaamiseen.

iCNC ohjelmisto sisältää

- Reaaliaikainen liikkeen näyttö
- Manuaalinen sijoittelu
- Leikkausohjelman monistus, rivit / sarakkeet
- Micro CAD – Työkalu, jolla voidaan muokata ja luoda yksittäisiä kappaleita
- Parametrien pikanäyttö - Tarkastele tai muuta yleisimmin käytettyjä parametreja
- Tietokanta leikkausparametreista - Käyttäjän voi luoda tietokannan leikkausparametreista, jotka perustuvat materiaaliin, paksuuteen ja käytettävään poltinpäähän
- Levyn kierron huomiointi
- Kylmäajo ja laserosoittimen hyödyntäminen ohjelman nollan kohdistuksessa
- Leikaten radalle paluu
- Leikkausohjelman keskeytys, tallenna leikkausohjelma, palaa ohjelmaan myöhemmin, valitse uusi aloituskohta
- Muuta leikkausasetuksia - vaihda leikkausparametreja kesken leikkauksen
- DXF tiedostojen luku - lukee CAD piirustukset (DXF tiedostot) ja muuntaa leikkausohjelmiksi
- Makrokirjasto - ruudulla mitoitettavat vakiokuviot
- EIA/ESSI luku.
- Lävistystyökalu - Vaihda lävistyskohtaa helposti "osoita ja klikkaa" -menetelmällä
- Erikseen määriteltävät aloitus ja lopetusliikkeet DFX-tiedostoille ja makroille
- Leikkausjärjestys valittavissa
- Pyöritä, peilaa, kopioi
- Vaihda railon puoli ja/tai leikkaussuunta
- Päivitettävissä mm. seuraavilla lisäoptioilla: tuottavuustyökalut, automaattinen sijoittelu, nopeusprofiilit sekä kustannuslaskin

ROBOTRONIC OY

Sammonkatu 66 B • 33540 Tampere
puh. 03-276 0500 • faksi 03-222 5967
office@robotronic.fi • www.robotronic.fi

CNC-poltto/plasmaleikkausohjelmisto

Tarjoamme teille luokka-opetusta varten ProMotion Office/Opetus -ohjelmistopakettia. Ohjelmisto mahdollistaa myös polttoleikkaustapahtuman simuloinnin PC:ssä. Ohjelmistopakettin lisenssit ovat konekohtaisia.

POS.5. PROMOTION OFFICE / Opetus

Ohjelmistopaketti voidaan asentaa esim. ATK-luokan tietokoneisiin ja näin antaa oppilaille yksilöllinen mahdollisuus opetella samoja toimintoja kuin itse polttokoneella, jossa on iCNC-ohjauksemme. Ohjelmistopaketti sisältää seuraavat ohjelmat:

PROMOTION AutoNest

CAD-tiedostojen tulkkausohjelma, jonka avulla tehdään CAD-kuvista leikkausohjelmia Windows 95/98/NT/2000/XP käyttöympäristössä. ProMotion AutoNest sisältää monipuolisen työkaluvalikoiman, joka mahdollistaa mm. työvarojen lisäämisen, sijoittelun joko manuaalisesti törmäytyksineen tai automaattinestausta käyttäen sekä silloitus- ja ketjutusominaisuuden.

ProMotioncut/ Pro 3 Nest

Mahdollistaa ohjelmoinnin (samalla tavalla kuin itse ohjauksessa) konttorin, työnsuunnittelun tai esim. ATK-luokan tietokoneissa. Näin tehdyt ohjelmat voidaan helposti siirtää samassa PC:ssä olevaan ProMotion Nest -sijoitteluohjelmaan.

RoboInfo

Näyttää simulointiajan aikana koneen tilanteen ja mahdollistaa ”koneen käyttönappien” painamisen hiirellä.

HINTA ensimmäinen lisenssi € 3 000,-+ alv
(€ 5 000,- - 40%= € 3 000,- + alv.)

HINTA seuraavat lisenssit a' € 500,-+ alv

Esimerkiksi 6 kpl:tta luokkalisenssejä:

3 000,- + (5x500,-) = € 5 500,- + alv.

POS.5.1. Micro CAD (optio PC:lle, ohjauksella vakiona)

Yksittäisten kappaleiden muotojen editointiohjelma.

HINTA € 400,-+ alv

POS.5.2. Nopeusprofiilit (optio)

Tällä työkalulla pystytään kohdistamaan halutut leikkausnopeuden muutokset tarpeen mukaan.

HINTA € 600,-+ alv

POS.5.3. Kustannuslaskin (optio)

Kustannuslaskuri, jolla voidaan laskea ja vertailla leikkauskustannuksia.

HINTA € 700,-+ alv

POS. 2. PROMOTION iCNC- OHJAUS 15" (STANDARDIVERSIO)

Ohjauksen täydennetty varusohjelmisto antaa mahdollisuuden tehostaa leikkausta merkittävästi. Näillä lisätyökaluilla pystytään helposti vähentämään lävistysten määrää ja **säästämään sekä materiaalia, aikaa että kulutusosakustannuksia.**

Se mahdollistaa myös käytännössä useiden leikkausohjelmien tekoon liittyvien työvaiheiden siirtämisen tapahtuvaksi toimiston asemesta leikkauskoneella, leikkauksen aikana ja leikkaamisen häiriintymättä.

Standardiversio sisältää Perusversion ominaisuuksien lisäksi:

- Alku- ja loppuliikkeiden lisäys ja niiden tyyppin määrittäminen
- Leikkauksen ketjutukset
- Kappaleiden silloitukset
- Jäännöslevyn katkaisulinjat
- Jäännöspalan muodon näyttö
- Leikkauksen kustannuslaskin
- Muotoihin voidaan helposti lisätä myös koneistusvarat.

Tämä Standardiversio siis sisältää esitteessä mainitut perusominaisuudet lukuunottamatta Tehopakettin (POS. 3.) lisäominaisuuksia.

HINTA € 12 900,-+ alv

POS. 3. PROMOTION iCNC- OHJAUS (TEHOPAKETTIVERSIO)

Tehopakettiversio sisältää Perus- ja Standardiversioiden ominaisuuksien lisäksi:

- Automaattinen sijoittelu (myös jäännöspaloille)

Erityisesti vapaamuotoisille jäännöspaloille leikkauskoneella tehtävä automaattinen sijoittelu tehostaa koneen toimintaa radikaalisti.

HINTA € 14 500,-+ alv

Huomioitavaa!

Ohjaukseen on mahdollisuus asentaa erillinen näppäimistö ja hiirikotelo optiona hintaan € 700,- +alv.

POS. 4. OHJELMISTON HUOLTOSOPIMUS

Ohjauksen ohjelmistojen huoltosopimus sisältää 1 vuoden puhelintuen ja päivitykset Promotion iCNC -ohjauksen ja Promotion Nestin ohjelmistoihin.

HINTA/ 1 vuosi € 415,- + alv



OC-System Oy
Työkuja 4
79800 Joroinen
Puh 017-66 44 400
Fax 017-66 44 401

TARJOUS

1

12.03.2009

TIMO SEPPÄNEN
SAVONLINNAN AMMATTI- JA AIKUISOPISTO
PL 12
57201 SAVONLINNA

OC-SUOJASEINÄ

Kiitämme tarjouspyynnöstänne ja tarjoamme Teille seuraavasti:

Piirustuksemme 3276 mukainen suojaseinä.

Seinä OC 10 elementtejä. Paksuus 60 mm.
Ulkopinta pulverimaalattua teräslevyä. Sisäpinta
pulverimaalattua reikälevyä. Levyjen välissä äänieristeet
U-profiilit etureunassa ja yläreunassa.
Liukuovet ilman yläjohdetta.
Pintakäsittelynä pulverimaalaus värisävyyttä?
Ovien edessä oleva suojakaide ei sisälly tarjoukseen.

Hinta 4 750 €, alv 0 %

Vastaava toimitus, mutta päätyseinässä käyntiovi.

Hinta 4 980 €, alv 0 %

Maksuehto Toimitettaessa, 14 pv netto
Viivästyskorko 13 %

Toimitusaika 2 – 4 työviikkoa tilauksesta

Toimitusehto FCA Joroinen Finnterms 1991

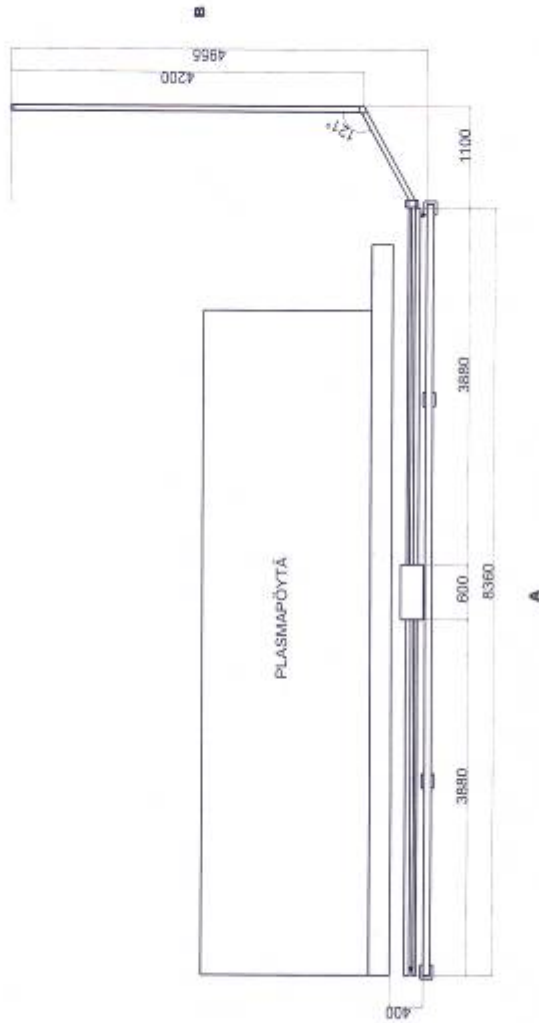
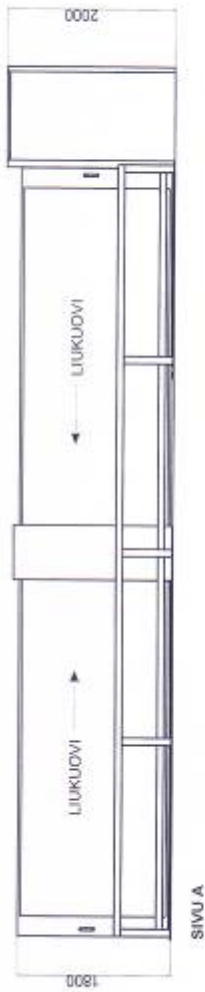
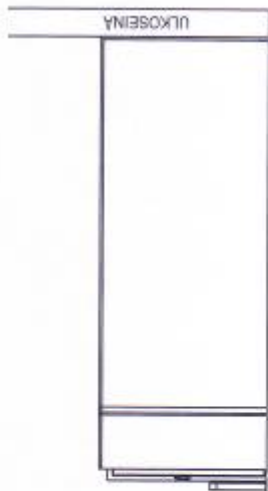
Voimassaoloaika 3 kk tarjouksen päivämäärästä

Toivomme tarjouksen miellyttävän Teitä ja johtavan tilaukseen sekä
laajempaan yhteistyöhön kanssanne.

Parhain terveisin
OC-SYSTEM OY

Pauli Räisänen

www.oc-system.fi



-SEINÄN PAKSUUS 60 mm

OSAN O	KPL	KOODI	NIMI				
R-ARNE		ARAT					
 OC-SYSTEM OY <small>www.oc-system.fi</small>				SUHDE	KOODI	NO	3276
				TARK	KOODI	NO	3276
<small>MMI PLASMAN SUOJASEINÄT, SAVONLINNAN AMMATTI- JA KÄLJESÄSÄSTÖ</small>				PVM	11.3.2009	PIIRT	PL
				TARK			HYV

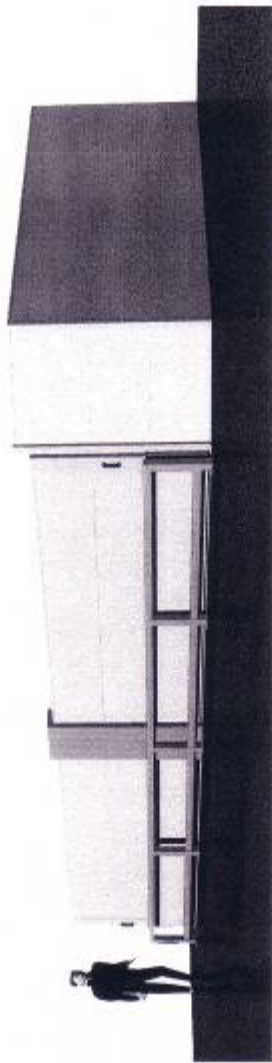
luonnokkeessa käytetyt värit:
RAL 7035 light grey



ovi 2 avettuna



ovi 1 avettuna



Luonnokista plasmatilteen suojaseinistä Savonlinnan ammatti- ja aikuisopistolle

no: **3276**

This document is the property of OC-System Oy and shall not be copied or used as basis for manufacture without written permission
VALMISTAJA OC-SYSTEM OY

SIUNNITTELU PEOVALAINEN 11.3.2008

www.oc-system.fi

Korkeakoski Esa
Eräpolku 18
57230 SAVONLINNA

HIENOSÄDEPLASMAN MELUMITTAUS

1. JOHDANTO

Savonlinnan Aikuiskoulutuskeskuksesta Esa Korkeakoski on esittänyt pyynnön Itä-Savon sairaanhoitopiirin ky:n terveystarkastajalle mitata hienosädeplasman käytöstä aiheutuvaa melua. Plasmalla tarkoitetaan yleisesti korkeaan lämpötilaan kuumennettua, osaksi dissosioitunutta, osaksi ionisoitunutta, sähköä johtavaa kaasua. Plasman tehtävänä plasmaleikkauksessa on perusaineen sulatus ja sulan perusaineen kuljettaminen pois leikkausrailosta. Plasmaleikkauksesta aiheutuva melu on pääasiassa peräisin virtalähteestä, savunpoistomurista, itse leikkaustoiminnasta ja suodattimen puhdistamiseen käytetyistä paineiskuista. Leikkuuraaka-aineen tai leikkattujen kappaleiden siirtelystä aiheutuvaa melua ei huomioitu tässä mittauksessa. Kuvassa 1 on hienosädeplasma toiminnassa.



Kuva 1. Hienosädeplasma toiminnassa.

Osoite:
Itä-Savon sairaanhoitopiirin ky.
Ympäristöterveydenhuolto
Ristisolan tie 5
58200 KERIMÄKI

Y-tunnus 0215925-0

Yhteystiedot:
Terveystarkastaja Sampsa Kinnunen
Puhelin (015) 581 8752
Matkap. 044 775 4752
Faksi (015) 581 8755
E-mail sampsa.kinnunen@isshp.fi
www.isshp.fi

Terveystarkastaja Sampsa Kinnunen on 27.4.2007 klo 9.00-10.15 käynyt mittaamassa hienosädeplasman käytöstä aiheutuvaa melua osoitteessa Savonlinnan Aikuiskoulutuskeskus, Telakkatie 9, 57230 Savonlinna. Mukana mittauksissa oli mittauksen tilaaja Esa Korkeakoski.

2. MITTAUSTEN TOTEUTUS

2.1 Melumittari ja sen asetukset

Melumittaukset suoritettiin integroivalla tarkkuusäänitasomittarilla Wärtsilä 7178, sarjanumero 71783 (suosituksen SFS 2881 ja IEC 179 mukainen mittalaite). Mittarissa oli mikrofonina 1"-metallikalvo-kondensaattorimikrofoni, herkkyys 50 mV/Pa, vapaa-kenttäväste ja suuntaavuusominaisuudet IEC 179 edellyttämät. Mittari kalibroitiin ennen mittauksen alkua Wärtsilä 5274 kalibraattorilla, sarjanumero 5265 (94 dB, 1 KHz) ja mittarin toiminta tarkistettiin mittauksen jälkeen. Mittariin oli liitetty piirturi tulosten myöhempää tarkastelua varten.

Hienosädeplasman toiminnasta aiheutuvan melun mittauksissa käytettiin ympäristömelumittauksissa yleisesti käytettyä ja standardoitua A-taajuuspainotusta sekä fast-aikapainotusta.

2.2 Hienosädeplasman merkki ja tyyppi

Käytössä ollut hienosädeplasma oli merkiltään ESAB Type UXD-P 2500 ja virtalähteenä oli Hypertherm HyDefinition Plasma -merkkinen virtalähde.

2.3 Mittauspisteet, toimet mittauspaikalla

Melun mittauspisteitä oli viisi kappaletta ja ne on merkitty tarkemmin liitteeseen 1:

- 1) n. 1,5 m leikkuupöydästä, työntekijän välittömässä läheisyydessä (ks. kuva 2)
- 2) n. 3 m leikkuupöydästä
- 3) n. 4 m leikkuupöydästä
- 4) n. 3,3 m leikkuupöydästä, teräslevy välissä
- 5) n. 5,5 m leikkuupöydästä, teräslevy välissä

Huom! Hienosädeplasman ollessa toiminnassa levyn tosiasiallinen leikkauskohta liikkui itse laitteiston ja leikkuupöydän sallimissa rajoissa. Edellä esitetyt etäisyydet ovat lyhyimpiä mahdollisia etäisyyksiä mittauspisteen ja leikkuukohtaan välillä.

Mittauksen aikana mikrofoni oli n. 1,5 m korkeudella tasaisesta lattiapinnasta. Mittauspistettä 1 lukuun ottamatta (kuva 2) mittauspisteen välittömässä läheisyydessä ei ollut heijastavia pystysuoria pintoja.



Kuva 2. Mittausjärjestelyt mittauspisteessä 1. Mikrofoni sijoitettu työntekijän välittömään läheisyyteen.

3. TULOKSET

3.1 Mittaustulokset

Mittauksissa kirjattiin keskiäänentaso (L_{eq}) ja enimmäistaso (L_{max}). Keskiäänentaso tarkoittaa pitkäaikaisen ja/tai vaihtelevan melun samanarvoista jatkuvaa äänitasa enimmäistaso tarkoittaa mitta-
usaikana vallinnutta suurinta äänenpainetasoa. Mittaustulokset on esitetty taulukossa 1.

Taulukko 1. Melumittauksen tulokset Savonlinnan Aikuiskoulutuskeskuksella plasmaleikkauspisteestä 27.4.2007.

Nro	Paikka	Keskiäänentaso L_{Aeq}	Enimmäisäänentaso L_{AFmax}
	taustamelu	50,1 dB	57,1 dB
	taustamelu, hiekkapuhaltimen kierrätysimuri päällä	67,3 dB	76,7 dB
1	n. 1,5 m leikkuupöydästä	98,6 dB	101,9 dB
2	n. 3 m leikkuupöydästä	90,2 dB	93,2 dB
3	n. 4 m leikkuupöydästä	83,1 dB	91,6 dB
4	n. 3,3 m leikkuupöydästä, teräs- levy välissä	79,8 dB	83,2 dB
5	n. 5,5 m leikkuupöydästä, teräs- levy välissä	76,4 dB	80,9 dB

3.2 Tulosten luotettavuus

Hienosädeplasman toiminnasta aiheutuvaa melua mitattaessa mittaustulosten tarkkuuteen vaikutti yleisesti kaksi päätekijää:

- 1) melulähteisiin liittyvien tekijöiden (esimerkiksi vaihtelut leikattavassa materiaalissa ja muu häiriömelu, kuten taustamelu muusta levypajatoiminnasta) aiheuttama epävarmuus
- 2) mittauslaitteiden mittaustavan tarkkuudesta aiheutuva epävarmuus (yleensä selvästi pienempi kuin muista hetkellisistä tekijöistä aiheutuva epävarmuus)

Tässä raportissa mitatut tulokset perustuvat yhteen mittaukseen. Tällöin myös tuloksia tulee tulkita yksittäiselle mittaukselle kuuluvalla painoarvolla.

4. VERTAAMINEN OHJEARVOON JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Hallitus antoi asetuksen työntekijöiden suojelemisesta melusta aiheutuvilta vaaroilta torstaina 26. tammikuuta 2006 (2006/85). Asetus tuli voimaan 15. helmikuuta 2006. Samalla kumottiin valtioneuvoston päätös työntekijäin suojelusta työssä esiintyvän melun aiheuttamilta vaaroilta ja haitoilta (ns. melupäätös).

Asetus määrittelee meluallistuksen toiminta- ja raja-arvot, jotka ovat päivittäisiä meluallistustasoja (8 h). Allistuksen alempi toiminta-arvo on 80 dB, ylempi toiminta-arvo 85 dB ja raja-arvo on 87. Uutta aikaisempaan verrattuna on allistuksen alempi toiminta-arvo 80 dB, jonka ylityessä työnantajan on huolehdittava siitä, että työntekijän saatavilla on henkilökohtaiset kuulonsuojaimet ja mahdollisuus lääkärintarkastukseen. Allistuksen raja-arvo 87 dB on luonteeltaan myös uusi. Kuulonsuojainten vaikutus huomioon ottaen sen ylittyminen edellyttää työnantajalta välitöntä reagointia allistuksen vähentämiseksi alle raja-arvon. Meluntorjuntaohjelma on laadittava entiseen tapaan, kun melutaso ylittää 85 desibeliä.

On kuitenkin huomioitava, että yksilöllinen herkkyys melulle vaihtelee ja joillekin henkilöille voi kuulon heikkenemistä aiheuttaa jo noin 75 dB(A):n melu. Allistuminen voimakkaalle melulle saattaa aiheuttaa tilapäistä kuulon heikkenemistä, joka levon jälkeen palautuu normaalitasolle. Toistuvat, tilapäiset kuulon heikkenemiset voivat kuitenkin johtaa vaurioihin, jotka aiheuttavat pysyvän meluvamman.

Tulosten perusteella mittauspisteissä 1 ja 2 ylitetään ylempi raja-arvo 87 dB ja mittauspisteessä 3 ylitetään alempi toiminta-arvo 80 dB. Mittauspisteistä 4 ja 5 saatiin alle 80 dB:n tulokset. Osin syynä lienee teräslevyt, mitkä olivat plasmaleikkauspisteen ja mittauspisteen välissä. Tuloksista ilmenee kuitenkin selvästi, että työpisteessä on laadittava meluntorjuntaohjelma ja pyrittävä aktiivisesti etsimään ratkaisuja meluallistuksen pienentämiseksi. Äänen kulku-teille asetettavia esteitä suunniteltaessa on huomioitava, että esteiden aiheuttaman vaimennukseen vaikuttavat esteen mitat, sijoittelu

ja äänen taajuus. Korkeat äänet vaimenevat paremmin kuin matalat äänet, koska matalat äänet "taipuvat" helpommin esteiden taakse. Suunniteltaessa melusteita perussääntönä on, että tehokkaimmillaan este on lähellä melulähdettä tai kuulijaa.

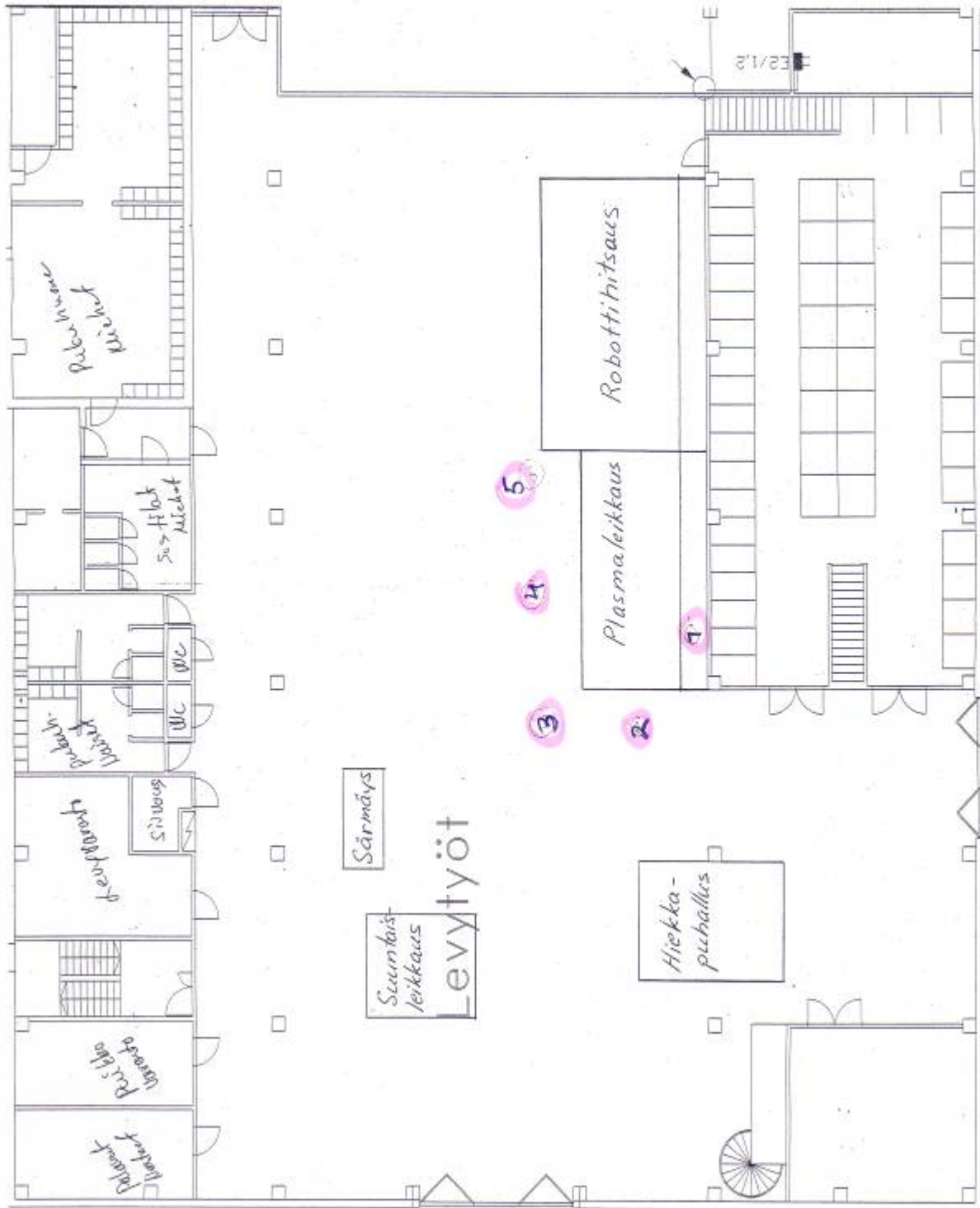
YMPÄRISTÖTERVEYDENHUOLTO



Sampsa Kinnunen
terveystarkastaja

LIIITE 1

Meluumittauspisteet
27.4.2007





Schneid- und Verbrauchstabelle für Hochleistungs-Düsen Typ IAC 300 L (Acetylen)

Cutting and consumption table for high speed nozzles type IAC 300 L (acetylene)

Table de coupe et de consommation pour buses de coupe à grande vitesse type IAC 300 L (acétylène)

0.300.047

[mm]	[mm]	[mm]	[mm/min]	[mm]	Druck./Pressure/Compression			Verbrauch/Consumption/Consommation		
					[bar]*	[bar]*	[bar]*	[m³/h]	[m³/h]	[m³/h]
3	4.450.220	4.450.526	800	3	3,0	2,0	0,50	0,35	0,32	0,9
5			750		4,0		0,60			
6	4.450.221	4.450.526	800	4	8,0	2,0	1,60	0,35	0,32	
8			780	4	8,0	2,5	1,60	0,42	0,38	1,3
10			760	5	8,0	2,5	1,60	0,42	0,38	
10	4.450.222	4.450.526	720	5	9,0	3,0	3,50	0,50	0,40	
15			660	5	10,0	3,0	4,00	0,50	0,40	1,6
20			600	5	10,0	3,0	4,00	0,50	0,40	
25			530	5	11,0	3,0	4,20	0,50	0,40	
25	4.450.223	4.450.526	500	7	9,0	3,0	4,30	0,50	0,40	
30			480	7	9,5	3,0	4,50	0,50	0,40	2,2
40			430	7	10,0	3,0	4,80	0,50	0,40	
50			390	7	11,0	3,0	5,20	0,50	0,40	
50	4.450.224	4.450.526	400	7	10,0	3,5	7,40	0,57	0,51	
60			370	7	10,0	3,5	7,40	0,57	0,51	2,4
75			330	7	11,0	3,5	8,10	0,57	0,51	
75	4.450.225	4.450.526	330	10	10,0	3,5	9,30	0,57	0,51	
90			300	10	10,0	3,5	9,30	0,57	0,51	2,7
100			280	10	11,0	3,5	10,20	0,57	0,51	
100	4.450.226	4.450.526	280	10	8,0	4,0	9,50	0,64	0,58	
130			230	10	9,0	4,0	10,35	0,64	0,58	3,5
150			210	10	10,0	4,0	11,50	0,64	0,58	
150	4.450.297	4.450.591	210	12	6,5	6,5	19,00	0,95	0,79	
200			180	12	7,0	7,0	20,80	1,00	0,83	5,0
240			130	12	7,5	7,0	22,00	1,00	0,83	
240	4.450.298	4.450.591	130	14	6,5	6,5	28,00	1,05	0,88	
260			120	14	7,0	7,0	30,00	1,13	0,94	6,0
300			110	14	7,5	7,0	32,00	1,13	0,94	

*) Überdruck / Over-pressure / Sur compression 1 bar = 10⁵ Pa = 10³ N/m² = 14,22 psi

Siehe Rückseite / See reverse side / Voir au verso

ESAB CUTTING-SYSTEM GmbH - Robert-Bosch-Str. 20 - 61184 Karben Germany

Tel. +49 (0) 60 39 / 40 0 - Fax +49 (0) 60 39 / 4 03 01 - www.esab-cutting.de - email info@esab-cutting.de

Hypertherm®

HyDefinition HD3070®

Consumables



HyDefinition HD3070



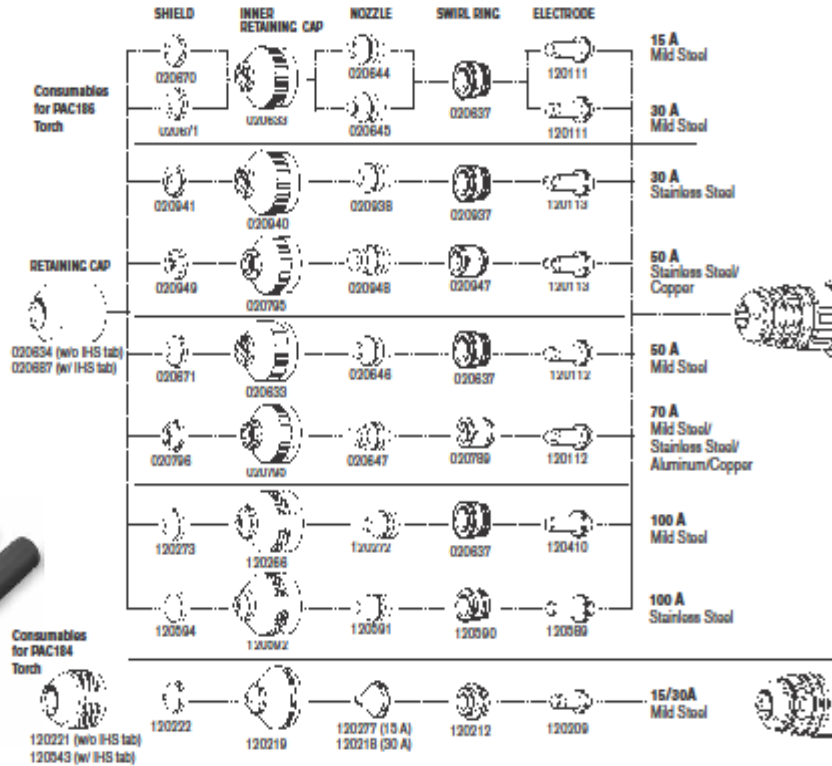
PAC184 Torch - left
PAC186 Torch - right



PAC186 Consumables



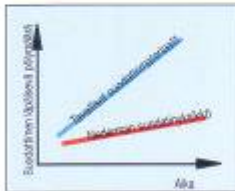
PAC184 Consumables



PART DESCRIPTION	PAC186 TORCH					PAC184 TORCH		
	15-AMP	30-AMP	50-AMP	70-AMP	100-AMP	15-AMP	30-AMP	
Retaining Caps <i>(to be used with all applications listed below)</i>	With IHS Tab	020687	020687	020687	020687	020687	120543	120543
	Without IHS Tab	020634	020634	020634	020634	020634	120221	120221
Mild Steel Cutting	Electrode	120111	120111	120112	120112	120410	120209	120209
	Swirl Ring	020637	020637	020637	020789	020637	120212	120212
	Nozzle	020644	020645	020646	020647	120272	120277	120219
	Inner Retaining Cap	020633	020633	020633	020795	120266	120219	120219
	Shield/Shield Adapter	020670	120671	020671	020796	120273	120222	120222
Stainless Steel Cutting	Electrode	---	120119	120119	120112	120589	---	---
	Swirl Ring	---	020937	020947	020789	120590	---	---
	Nozzle	---	020938	020949	020647	120591	---	---
	Inner Retaining Cap	---	020940	020795	020795	120592	---	---
	Shield/Shield Adapter	---	120941	020949	020796	120594	---	---
Aluminum Cutting	Electrode	---	---	---	120112	---	---	---
	Swirl Ring	---	---	---	020789	---	---	---
	Nozzle	---	---	---	020647	---	---	---
	Inner Retaining Cap	---	---	---	020795	---	---	---
	Shield/Shield Adapter	---	---	---	020796	---	---	---

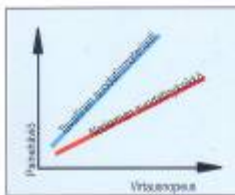
RATKAISU HUURU JA PÖLYONGELMAAN

ITSEPUHDISTUVA SUODATINYKSIKÖ KORKEALLA EROTUSASTEELLA



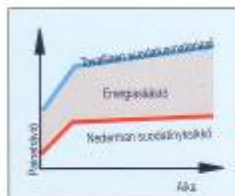
Erutusaste 99,97%, 0,3 µm

Suodatinmateriaalin läpäisevää pölymäärää voidaan vähentää jopa kaksi kolmannesta.



Taloudellinen ratkaisu

Ainutlaatuisen suodatinpatruunan ansiosta ilmamäärää voidaan lisätä 30-50%.



Pieni painehäviö

Käyttökustannukset vaihtelevat painehäviön ja ilmamäärän mukaan. Suodatinpatruunan ansiosta energiakustannuksia voidaan vähentää jopa 25%.

Huomattava säästö energiakustannuksissa

Huurujen, pölyn ja vaarallisten aineosien suodatus on jopa niin tehokasta että suodatettu ilma voidaan palauttaa sisätiloihin. Tämän ansiosta lämmitys- ja ilmastointikustannuksissa voidaan saavuttaa huomattava säästö.

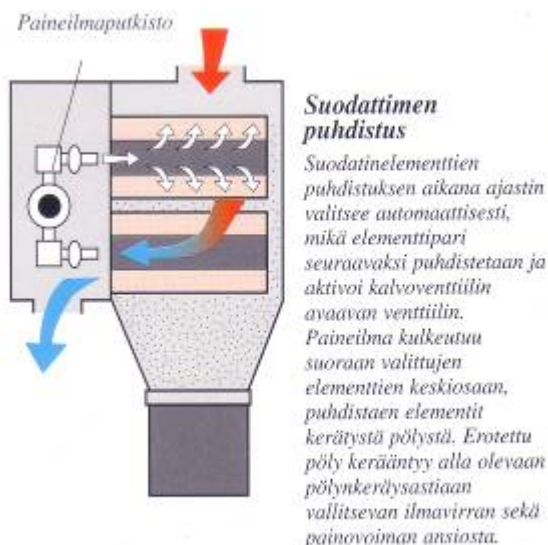
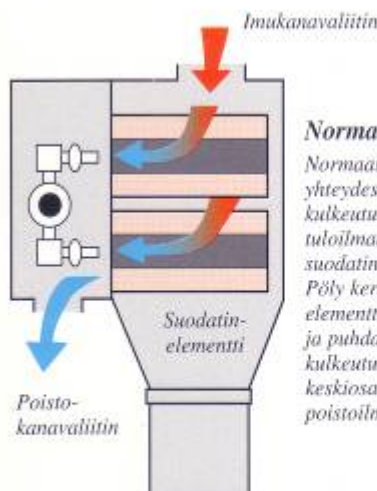
Ainutlaatuinen, palonestokäsitalty Ultra-Web® suodatinpatruuna



Pintakerros takaa jatkuvan, korkean erotusasteen

Ultra-Web® registered trademark. Donaldson Comp. Inc. USA

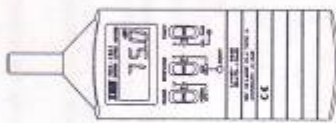
ITSESTÄÄNPUHDISTUVA SUODATIN



TES SOUND LEVEL METER

TES-1351

INSTRUCTION MANUAL



TES ELECTRICAL ELECTRONIC CORP.

- Microphone : 1/2 inch Electric Condenser microphone
- Display : LCD
- Digital display : 4 digits
- Resolution : ± 0.1 dB
- Display period : ≈ 0.5 sec.
- FAST (125ms), SLOW (1 sec.)
- Level ranges : Lo: 35~90dB and Hi: 75~130dB
- Accuracy : ± 1.5 dB (under reference conditions)
- Dynamic range : 55dB
- Alarm function : * OVER * is show when input is out of range.
- Maximum hold : Hold readings, with decay < 1dB / 3minutes.
- Calibration : Electrical calibration with the internal oscillator (1KHz sine wave)
- AC output : 0.65 Vrms at FS (full scale), output impedance approx. 600 Ω
- DC output : 10mV / dB, output impedance approx. 100 Ω
- Power supply : One 9V battery 006P or IEC #F22 or NEDA 1604
- Power life : About 50hrs (alkaline cell)
- Operating temperature : 0 to 40°C (32 to 104°F)
- Operating humidity : 10 to 90%RH
- Storage temperature : -10 to 60°C (14 to 140°F)
- Storage humidity : 10 to 75%RH

3

1. SAFETY INFORMATION

- ☐ Read the following safety information carefully before attempting to operate or service the meter.
- ☐ Use the meter only as specified in this manual; otherwise, the protection provided by the meter may be impaired.


Environment conditions

- ☐ Altitude up to 2000 meters
- ☐ Relatively humidity 90% max.
- ☐ Operation Ambient 0 ~ 40°C

Maintenance & Clearing

- ☐ Repairs or servicing not covered in this manual should only be performed by qualified personnel.
- ☐ Periodically wipe the case with a dry cloth. Do not use abrasives or solvents on this instruments.
- Do not use abrasives or solvents on this instruments.

Safety symbols

 Meter is protected throughout by double insulation or reinforced insulation.
When servicing, use only specified replacement parts.

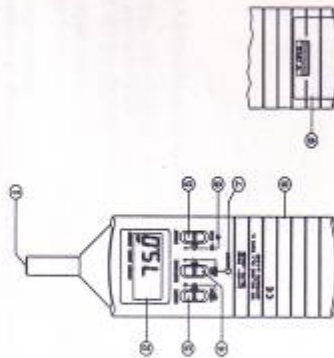


Comply with EMC

1

- Dimensions : 240 (L) x 68 (W) x 25 (H)mm
- Weight : 210g (including battery)
- Accessories : 9V battery, carrying case, Screwdriver, Instruction manual, 3.5 ϕ plug, windscreen.

4. NOMENCLATURE AND FUNCTIONS



4

2. GENERAL DESCRIPTION AND FEATURES

Thanks you for selecting our Sound Level Meter. To ensure that you can get the most from it, we recommend that you read and follow the manual carefully before use.

This unit conforms to the IEC851 Type2, ANSI S1.4 Type2 for Sound Level Meters.

The Sound Level Meter has been designed to meet the measurement requirements for industrial safety offices and sound quality control in various environments.

- ☐ Ranges from 35dB to 130dB at frequencies between 31.5Hz and 8KHz.
- ☐ Display with 0.1dB steps on a 4-digits LCD.
- ☐ With two weighting, A and C.
- ☐ Both AC and DC signals output is available from a single standard 3.5mm coaxial socket suitable for a frequency analyzer, level recorder, FFT analyzer, graphic recorder; etc.

3. SPECIFICATIONS

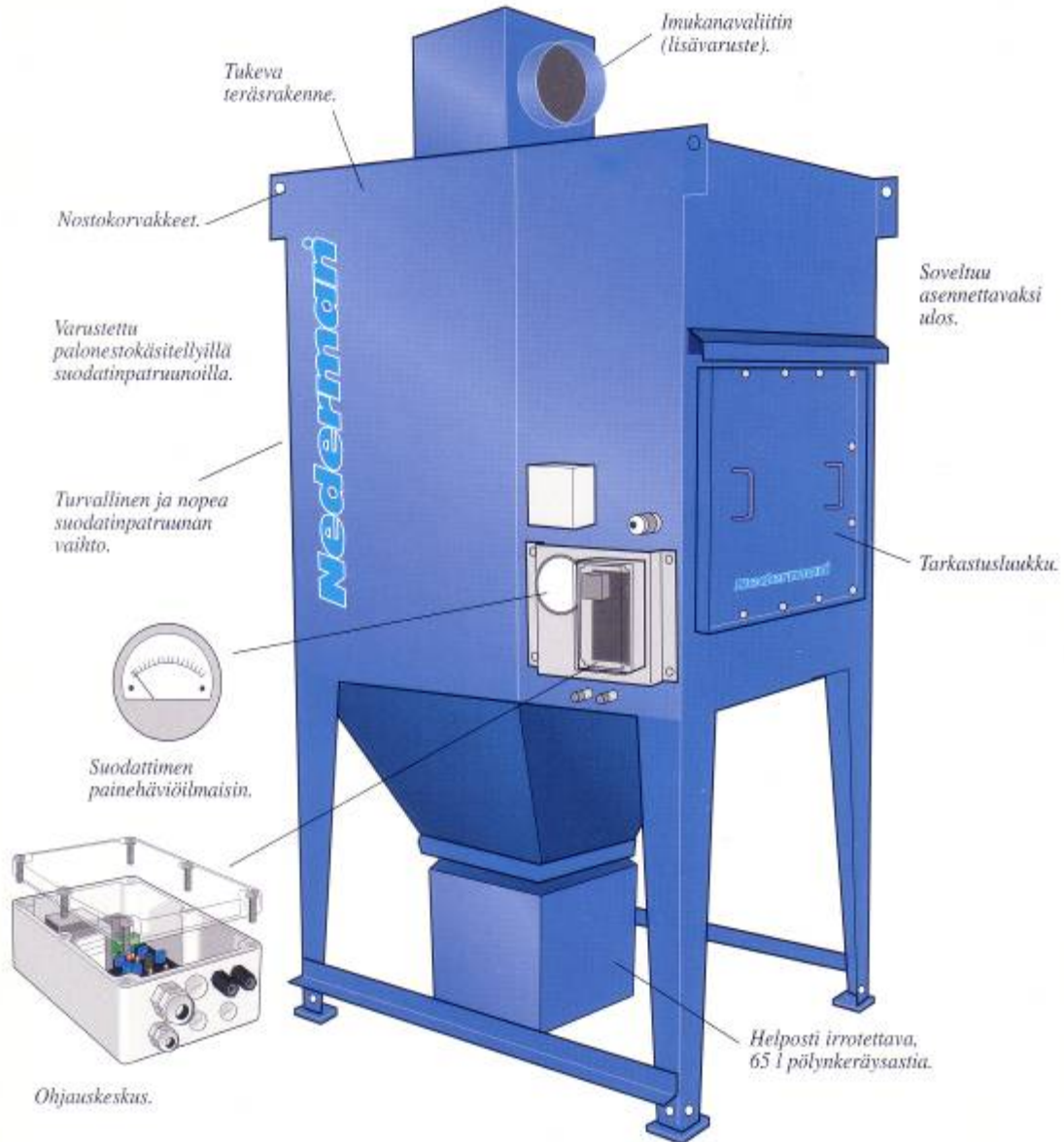
- Standard applied : IEC851 Type2, ANSI S1.4 Type2
- Frequency range : 31.5Hz ~ 8KHz
- Measuring level range : 35~130dB
- Frequency weighting : A/C

2

- ☐ Microphone : 1/2 inch Electric Condenser microphone
- ☐ Display : Serves to display the sound pressure level (dB), over or under range "OVER", maximum hold data "MAX HOLD" and Low battery indicator "BT".
- dB : Sound pressure level with 0.1dB resolution.
- OVER: Shown when the range setting is too high (or Low).
- ☐ Power and Range switch
 - Turn power ON and select measurement range. (Hi range = 75~130dB, Lo range = 35~90dB)
 - When "OVER" is indicated, Slide range switch to another range for measurement.
- ☐ Response and Max hold switch : Settling the meter dynamic characteristics (Fast/slow) and maximum value hold.
- S (slow response) : for comparatively stable noise measurement.
- F (fast response) : for fast varying noise.
- MAX HOLD : The max hold position is used to measure the maximum level of sounds. The maximum measured level is up dated continuously. To re-fresh please set switch to "F" or "S" position to cancel existing value, then, set switch to "MAX HOLD" position.
- ☐ Function switch (A/C weighting & calibration selector)
 - A : A-weighting
 - C : C-weighting

CAL 94dB : Calibration

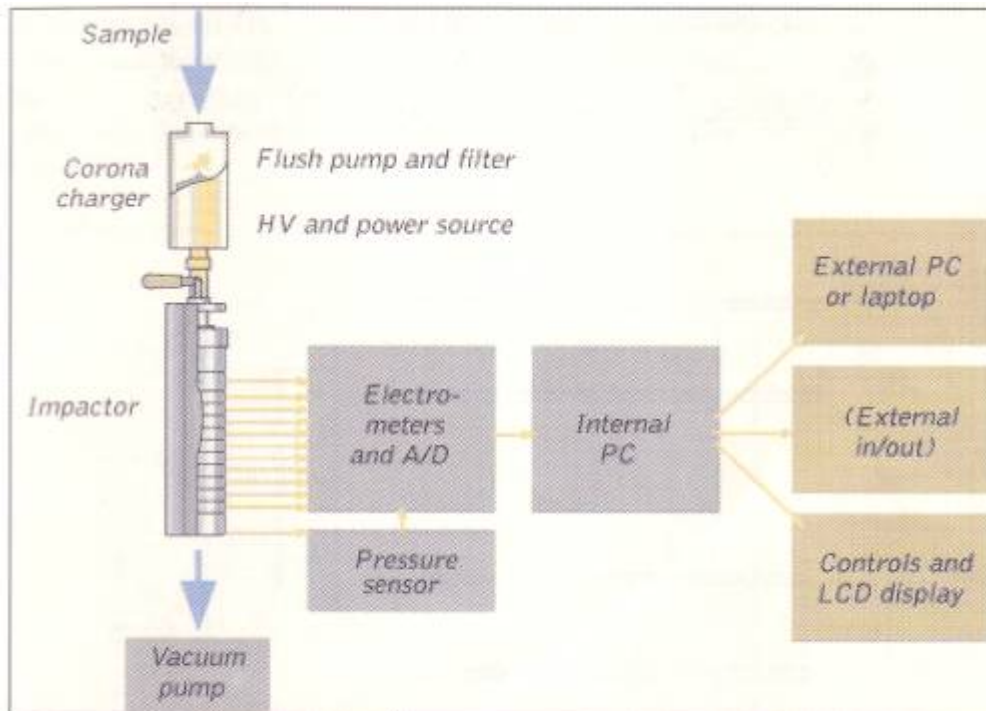
5



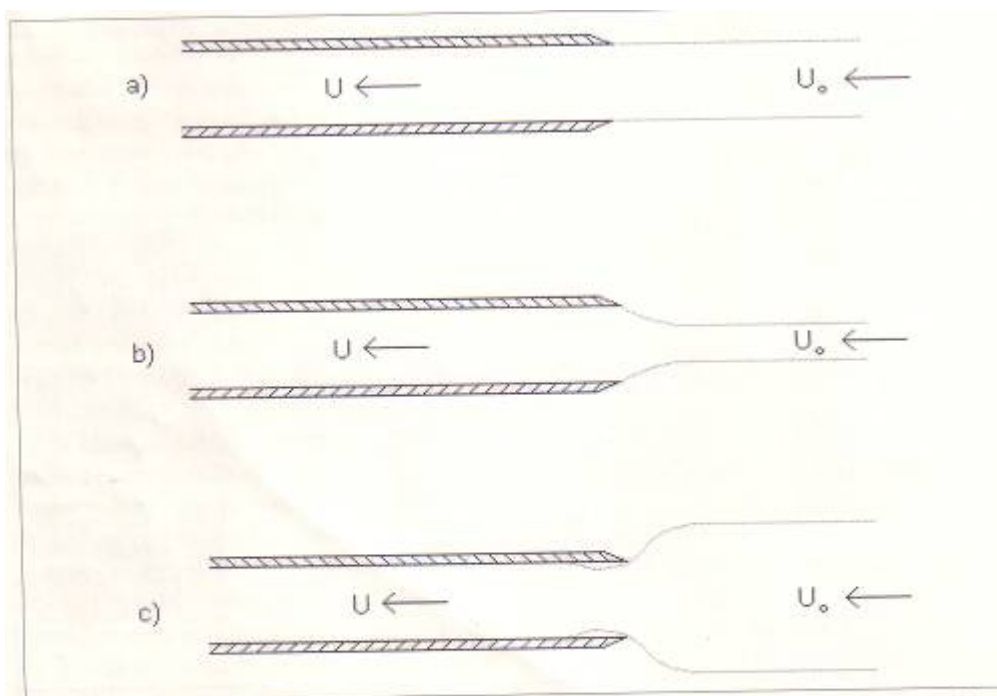
TEKNISET TIEDOT

Tilausno.	Suodatinyksikkö malli	Suodatinpatruuna lukumäärä	Kokonais-suodatin pinta-ala	Sähkö tiedot	Tuoliima	Paino
600166	Vakioyksikkö	4	84 m ²	110/230 V, 1~, 50 Hz	6-7 bar	420 kg
600266	Esierottimella varustettu yksikkö	4	84 m ²	110/230 V, 1~, 50 Hz	6-7 bar	570 kg
600366	Vakioyksikkö	6	126 m ²	110/230 V, 1~, 50 Hz	6-7 bar	550 kg
600466	Esierottimella varustettu yksikkö	6	156 m ²	110/230 V, 1~, 50 Hz	6-7 bar	730 kg
600566	Vakioyksikkö	9	189 m ²	110/230 V, 1~, 50 Hz	6-7 bar	770 kg
600666	Esierottimella varustettu yksikkö	9	189 m ²	110/230 V, 1~, 50 Hz	6-7 bar	1030 kg
600766	Vakioyksikkö	12	252 m ²	110/230 V, 1~, 50 Hz	6-7 bar	930 kg
600866	Esierottimella varustettu yksikkö	12	252 m ²	110/230 V, 1~, 50 Hz	6-7 bar	1250 kg

- Huom!**
- Esierottimella varustettuja yksiköitä tulisi käyttää raskaan hitsauksen huurujen tai hiontapölyn suodattamiseen.
 - Erikoistilauksesta on äänenvaimentimella varustettu suodatinyksikkö äänitason alentamiseksi.



Kuva 4. ELPI:n toimintaperiaate. Näyte tuodaan alipaineen avulla korona-varaajaan, jossa hiukkaset varataan. Varaajasta hiukkaset johdetaan impaktoriin, jossa jokaiselta tasolta mitataan elektrometreillä virta-arvo. Tämä tieto muutetaan tietokoneella ELPIVI -ohjelman avulla erilaisiksi kuvaajiksi. Paine-eromittauksen jälkeen ilmavirta imetään impaktorista alipainepumppuun.



Kuva 6. a) Näytteenotto on isokineettinen, jos ilmavirran nopeus näytteenottosondin ulko- ja sisäpuolella on sama. b) Näytteenotto on ali-isokineettinen, jos ilmavirran nopeus näytteenottosondin ulkopuolella on suurempi kuin sisäpuolella. c) Näytteenotto on yli-isokineettinen, jos ilmavirran nopeus näytteenottosondin ulkopuolella on pienempi kuin sisäpuolella.