

VOIMALAITOKSEN YMPÄRISTÖMELUN TEHOKAS JA LUOTETTAVA KUVAAUS

Ville Veijanen, Esa Nousiainen

Wärtsilä Finland Oy
PL 252 / Tarhaajantie 2, 65101 Vaasa
etunimi.sukunimi@wartsila.com

1 JOHDANTO

Myynti- ja rakennusvaiheessa voimalaitoksen aiheuttaman ympäristömelun arviointi perustuu melumallinnukseen standardin ISO 9613-2 mukaan. Usean yhtäaikaisen projektin ja monien kokeiltavien laitteistovaihtoehtojen vuoksi mallin tulee olla nopea luoda ja yksinkertainen muokata. Toisaalta mallin on oltava akustisesti riittävän tarkka kuvataksaan laitoksen todellisen meluimmission. Tämä artikkeli vertailee erilaisia lähdekuvauksia ja lähtötietoja voimalaitoksen melumallinnuksessa. Tavoitteena on kuvata standardinomainen, tehokas ja luotettava lähestymistapa voimalaitoksen melumallinnukseen.

2 MALLINNUS: MENETELMÄT JA TULOKSET

Käytännössä melumallinnus toteutettiin CadnaA (ver. 3.71.125) melumallinnusohjelmistolla. Tutkittavaksi valittiin 5 moottorinen Wärtsilä 20V34SG voimalaitos. Meluimmissio laskettiin 5 m × 5 m tiheällä vastaanotinvirkolla, 1,5 m korkeudella maan pinnasta. Laskennassa huomioitiin ensimmäinen heijastus pinnoista. Maavaimennuksen, G , oletettiin olevan 0. Meluimmissio piirrettiin ISO 1996-2 väreihin merkatuilla alueilla 5 dB resoluutiolla.

2.1 Aggregaatti

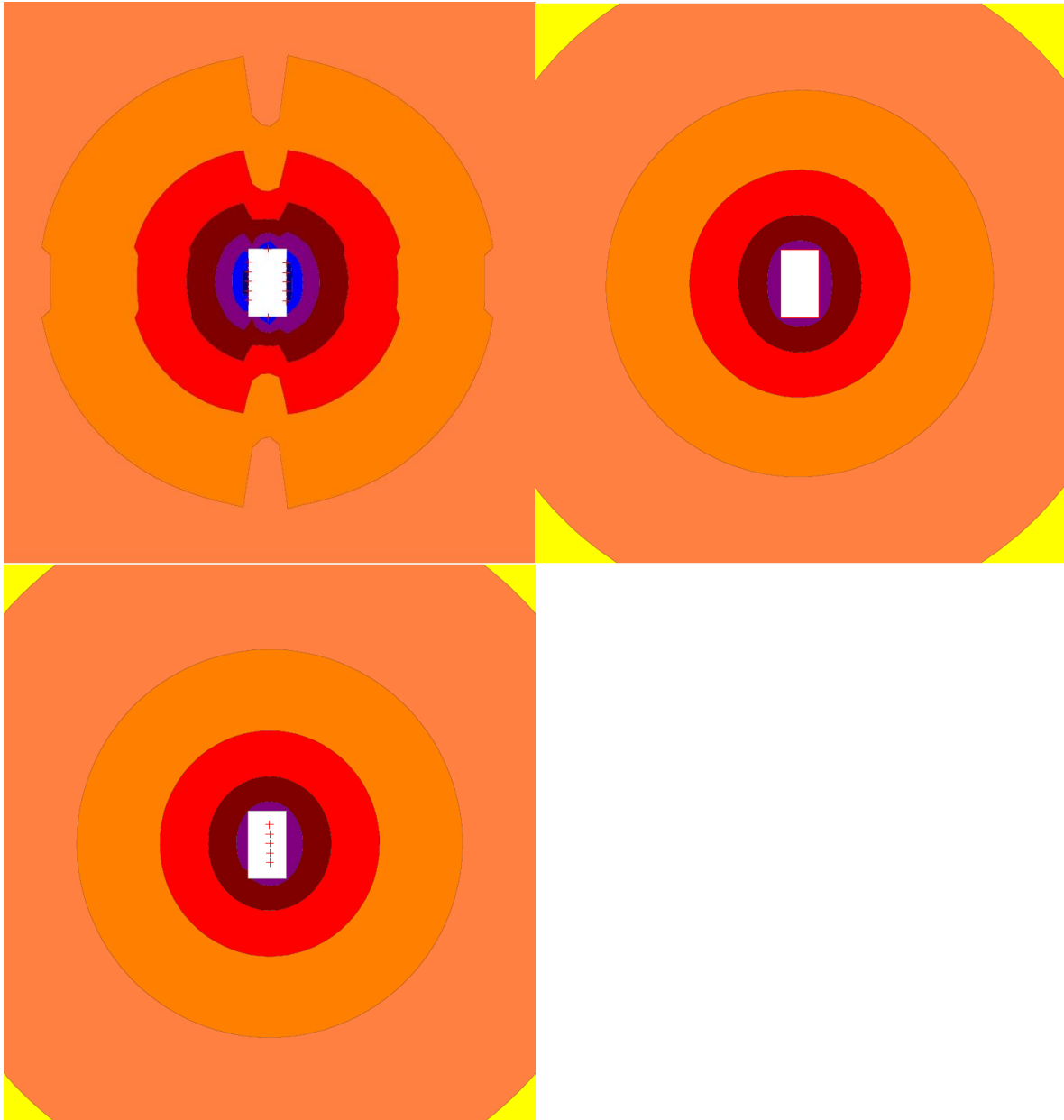
Aggregaatti on moottorista ja generaattorista koostuva voimalaitoksen sähköä tuottava yksikkö. Lähtöarvona aggregaatin meluemissiolle on ISO9614 mukaisella intensiteettimittauksella saatu äänitehotaso L_w . Voimalarakennuksen ulkokuoren ääneneristävyys otetaan huomioon äänilähteen vaimennuksena.

Aiemmin aggregaatin meluemissio mallinnettiin pisteäänilähteinä voimalaitosrakennuksen kullakin ulkoseinällä. Tutkitussa 5 moottorin tapauksessa pistelähteitä tuli siis molemmille sivuseinille 5 ja molempiin päätyseiniin 1; yhteensä 12. Tämä mallinnustapa yliarvioi aggregaattien melupäästön ja aiheuttaa mallinnusartefakteja pistelähteiden lähialueelle.

Rakennuksen ulkokuoren läpi säteilemä aggregaattien ääniemissio voidaan mallintaa myös rakennuksen peittäväillä pinta-alalähteillä. Tällöin kaikkien konosalin aggregaattien ääniteho tulee laskea yhteen lähdearvoja annettaessa, mikä hävittää suoran yhteyden intensiteettimitaustuloksiin ja altistaa sekaannuksille.

Tällä hetkellä realistisimmalta tavalta vaikuttaa jokaisen aggregaatin kuvaus rakennuksen sisällä sijaitsevana äänilähteenä. Pistelähde kunkin aggregaatin keskipisteessä tarjoaa yksinkertaisimman tavan kuvata ääniemissiota.

Yllämainittujen 3 tapauksen meluimmissiokartat on esitetty kuvassa 1.



Kuva 1. Moottori-generaattoreiden meluimmissio. Ylävas. pistelähteet ulkokuorella, yläoik. pinta-alalähde ulkokuorella, alavas. pistelähteet rakennuksen sisällä.

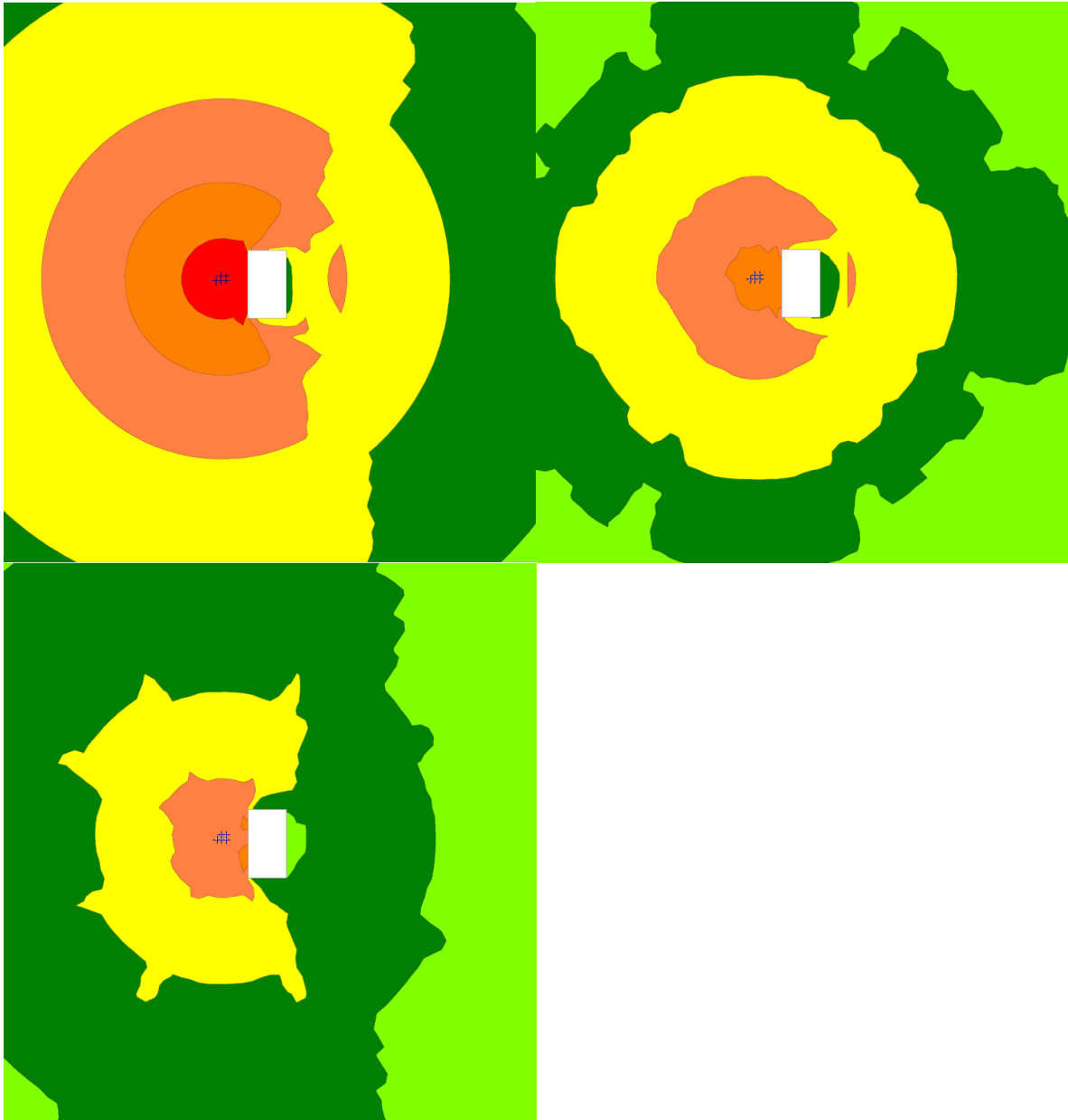
2.2 Pakokaasupiippu

Pakokaasupiipun ääniemissio mallinnetaan pisteäänilähteenä piipun päässä. Tutkittavana oli, tuleeko piippu mallintaa ääntä heijastavana esteenä ja onko piipun päälle syytä määrittää jokin suuntakuvi.

Aiemmin piipun ääniemissio yksinkertaistettiin pelkäksi pistelähteeksi ilmaan. Tapa kuitenkin yliarvioi meluimmission piipun juurella, vaikka pienet taajuudet, joita pakomelu pääasiassa sisältää, voidaankin ajatella ympärisäteileviksi. Osaltaan suuntaavuuden suurta merkitystä selittää A-painotuksen soveltaminen melulaskennassa: pienien taajuuksien merkittävyys vähenee.

Pakokaasupiipun juuren meluimmissiota voidaan korjata mallintamalla piippu sylinterimäisenä esteenä, jonka päässä pistelähde sijaitsee. Arviota voidaan edelleen parantaa määrittelemällä sopiva suuntaavuus kullekin oktaavikaistalle. CadnaA tarjoaa valmiin suuntakuvion piipun äänen säteilylle perustuen lähteeseen [1]. Suuntakuvion oikeellisuuden varmentaminen Wärtsilän voimalaitosten tapauksessa vaatii kuitenkin lisäselvityksiä.

Yllämainittujen 3 tapauksen meluimmissiokartat on esitetty kuvassa 2.



Kuva 2. Pakokaasupiippujen meluimmissio. Ylävas. pelkät pistelähteet, yläoik. piiput mallinnettu sylintereinä, alavas. CadnaA:n ehdottama suuntaavuus huomioitu.

2.3 Moottorin ahtoilma ja konesalin ilmanvaihto

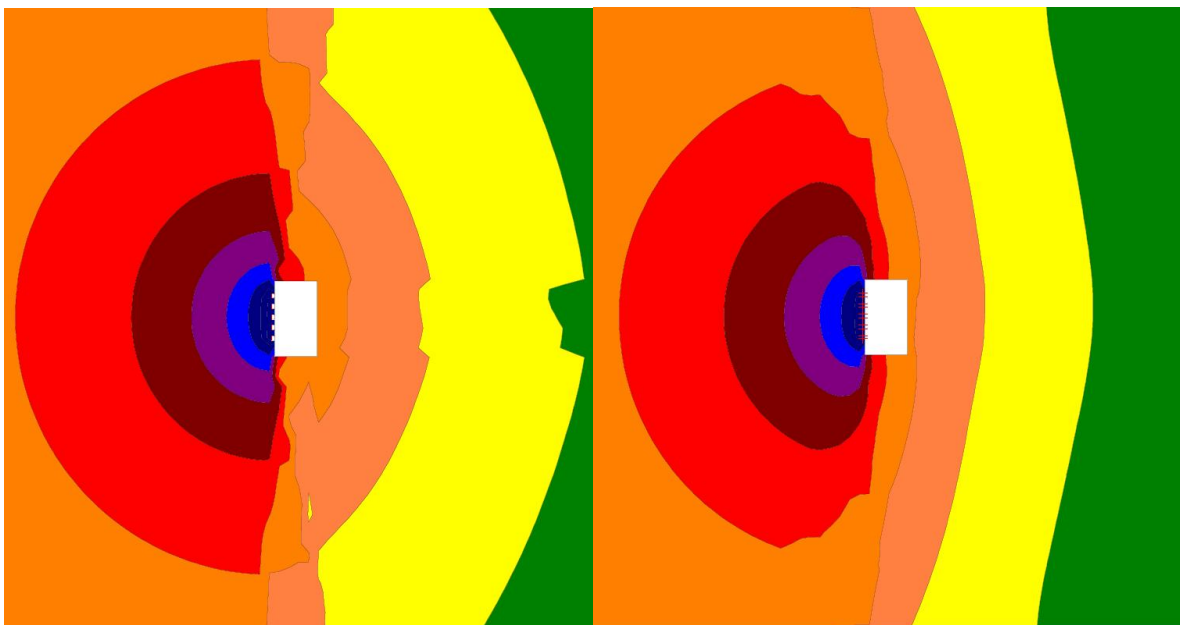
Moottorin turboahtimille imettävän ilman suodattimet ja konesalin jäähdytykseen käytettävät ilmanvaihtokontit ovat melumallinnuksen kannalta samanlaisia, vaikka lähteiden spektri-kaumat eroavatkin toisistaan huomattavasti. Turboahtimen meluemissio on keskittynyt 2...4

kHz piikkitaajuuksille, kun taas ilmanvaihtokontin meluspektri on painottunut 200 Hz taajuusalueelle. Molemmissa on kuitenkin laatikkomainen kuori, jossa on ääntäsäteilevä aukko yhdellä sivulla.

Rakenteellisesti tarkin malli on kuvata kuori ulkonemana voimalaitoksen seinässä ja asettaa pinta-alalähde ääntäsäteilevän aukon kohdalle.

Tutkitussa tapauksessa yksinkertaisempikin lähdekuvaus riittää. Pistelähde asetettuna 1 m päähän rakennuksen seinästä sopivalle korkeudelle tuottaa ± 3 dB tarkkuudella samanlaisen leviämiskuvion ja meluimmission kuin monimutkaisempi lähdemalli. Koska koko voimalaitoksen kokonaismeluimmissio koostuu useista lähteistä, ei merkittävää virhettä synny.

Yllämainittujen 2 tapauksen meluimmissiokartat on esitetty kuvassa 3.



Kuva 3. Ahtoilman meluimmissio. Vas.suodattimien kuoret, joissa pinta-alalähteet; oik. pistelähteet seinustalla.

2.4 Jäähdytysradiaattorit

Voimalaitoksen jäähdytysjärjestelmä koostuu 1...4 radiaattoriyksiköstä moottoria kohti. Kussakin radiaattorissa on 4...7 puhallinta. Tutkitussa tapauksessa 6 puhallintia radiaattoreita on 2 moottoria kohti, eli yhteensä 10. Radiaattorit sijaitsevat 5 m korkeudella maan pinnasta muodostaen laajan puhallinkentän.

Aiemmin radiaattori mallinnettiin yhdellä pistelähteellä yksikön keskipisteessä, jolloin radiaattorikenttä muodostui 10 pistelähteen rivistä kentän keskiakselilla.

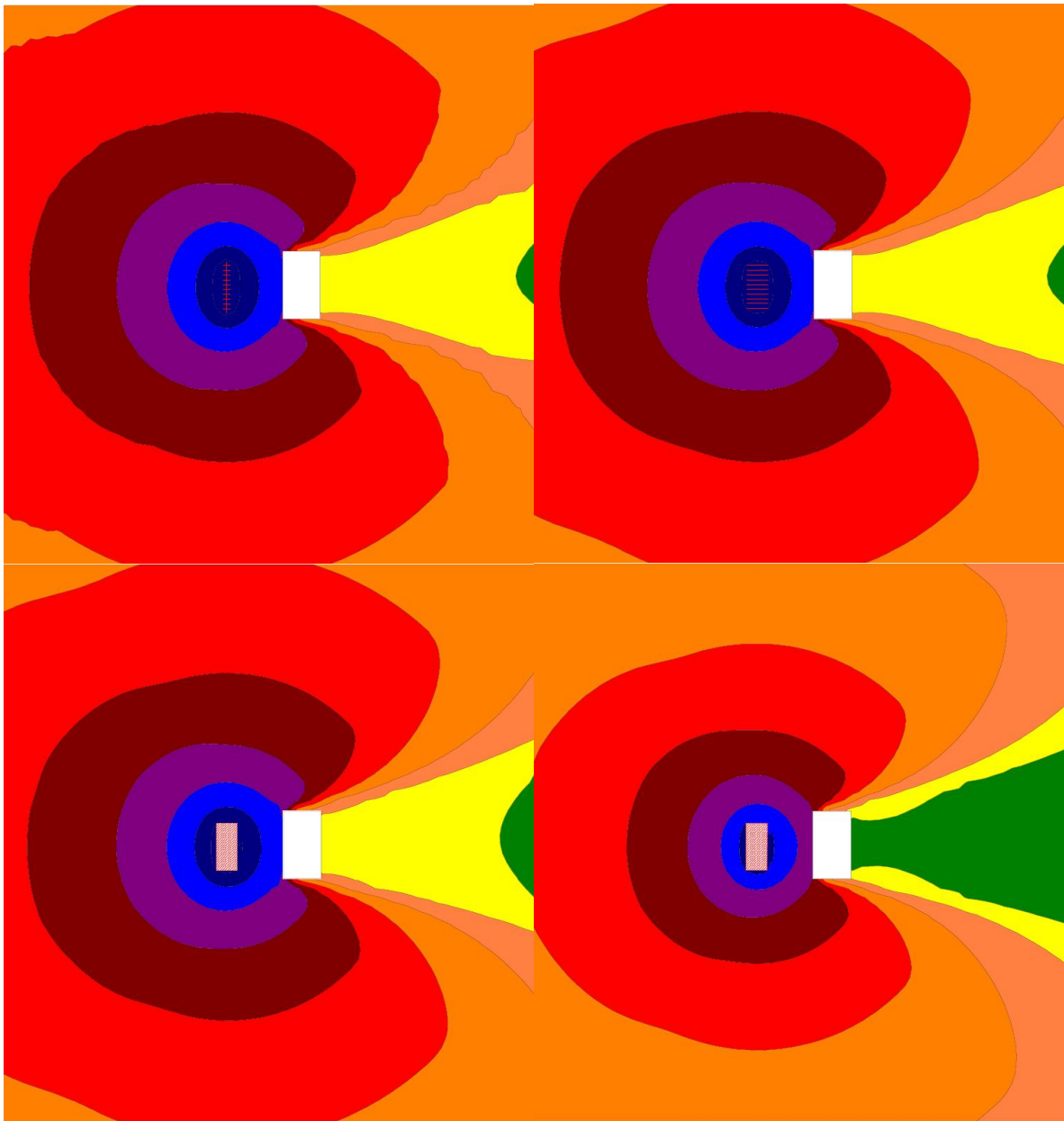
Lähempänä melua tuottavien puhallinten geometrista jakaumaa on viiväänilähde koko radiaattoriyksikön pituudella. Tällöin radiaattorikenttä muodostuu 10 rinnakkaisesta viivalähteestä.

Lähdekuvauksen yksinkertaistamiseksi voidaan radiaattorikenttä korvata koko kentän kattavalla pinta-alalähteellä. Mallia on tällöin helppo muokata, esim. muuttaa radiaattoreiden sijaintia, koska lähteitä on vain 1. Vaihtoehto tarjoaa myös tasaisimman ääniemission koko

kentän alueella. Lähdekuvauksessa tulee kuitenkin muistaa yhdistää kaikkien puhaltimien / radiaattoreiden ääniemissio.

Lähdekuvauksen tarkkuutta voidaan parantaa määrittelemällä sopiva suuntaavuus kullekin oktaavikaistalle. Alustava suuntaavuus on määritelty taulukossa 1. Tämä suuntakuvio on määritetty 4 mikrofonin mittauksella eri korkeuksilta 5 m etäisyydellä puhaltimesta. Suuntaavuuden huomioon ottaminen alentaa radiaattorikentän meluimmissiota 3...4 dB, mikä on merkittävää koko laitoksen kokonaismeluimmissiota ajatellen, sillä radiaattorit ovat merkittävimmät yksittäiset melulähteet. Tarkemman suuntakuvion määrittelemiseen vaatii kuitenkin lisäselvityksiä.

Yllämainittujen 4 tapauksen meluimmissiokartat on esitetty kuvassa 4.



Kuva 4. Radiaattorikentän meluimmissio. Ylävas. pistelähde per radiaattori, yläoik. viivalähde per radiaattori, alavas. pinta-alalähde kentän alueella, alaoik. pinta-alalähde, jolle määritetty alustava suuntaavuus.

Taulukko 1. Radiaattoreiden suuntaavuus. 0° on ylöspäin, 180° on maahan päin.

	31,5...125 Hz	250...1000 Hz	2000...8000 Hz
0°	0	0	0
45°	0...-1,2	-1,2	-1,8...-3,0
90°	0...-1,0	-4,0	-5,5...-6,5
135°	0	-6,0	-8,0
180°	0	-6,0	-8,0

3 JOHTOPÄÄTÖKSET

Voimalaitoksen ympäristömelun standardinomaisen, tehokkaan ja luotettavan mallinnustavan löytämiseksi tutkittiin erilaisia lähdekuvauksia voimalaitoksen päämelulähteille. Samaa lähtödataa käytettäessä lähdekuvausten erot olivat pääasiassa pieniä; lähdetyyppi ja pienet sijainnin muutokset eivät aiheuttaneet suuria eroja. Tällöin tehokkainta on valita yksinkertaisin lähdekuvaus. Lähteiden suuntaavuus puolestaan vaikuttaa meluimmissioon merkittävästi. Erityisesti pakokaasupiippujen ja radiaattorikentän suuntakuviota on syytä tutkia jatkossa lisää.

Mallin muokkaustehokkuuden ja akustisen luotettavuuden suhteen soveltuvat lähdekuvaukset on koottu taulukkoon 2.

Taulukko 2. Soveltuvat lähdekuvaukset.

Melulähde	Lähdetyyppi	Sijainti
aggregaatti	pistelähde	moottorin keskipisteessä
pakokaasupiippu	pistelähde	piippusylinterin päässä
ahtoilmasuodatin / ilmanvaihtokontti	pistelähde	1 m laitoksen seinästä
radiaattorikenttä	pinta-alalähde	kentän pinnalla

VIITTEET

1. REINICKE, W. & DANNER, J. Schallabstrahlung von Schornsteinen, Messung und technische Möglichkeiten zu ihrer Minderung. *Umweltsbundesamt-Texte 17/81, Forschungsbereich 105.03.301*. Berlin, November 1981