

Laskentaopas

Moottoriajoneuvosuojaan ilmanvaihdon mitoitusopas

28.2.2018

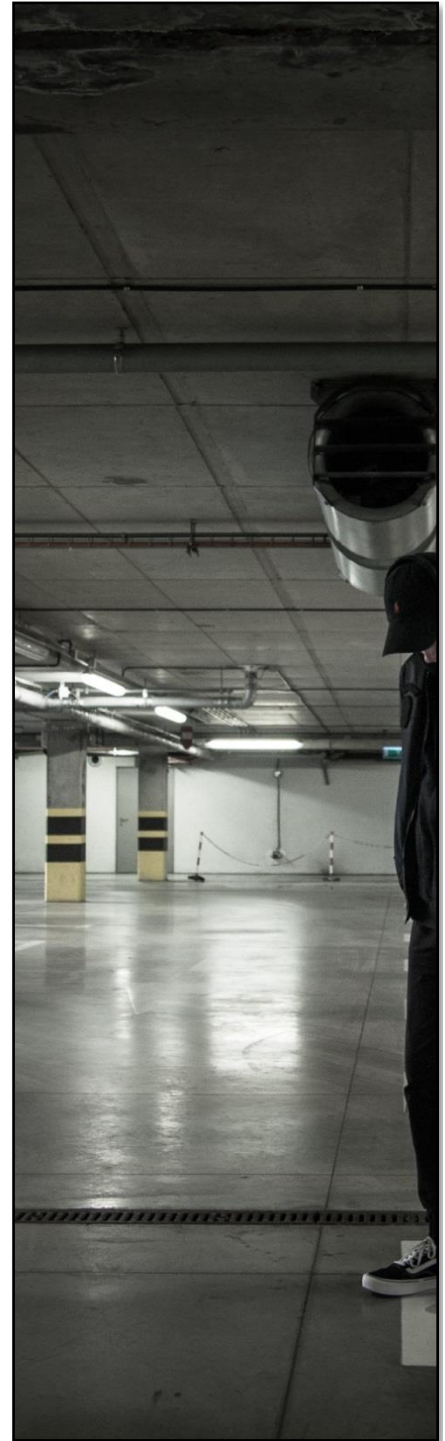
*Ympäristöministeriön uuden rakennuksen sisäilmastosta ja ilmanvaihdosta
annetun asetuksen (1009/2017) mukaan*

ESIPUHE

Tässä oppaassa selvennetään Ympäristöministeriön asetuksen (1009/2017) uuden rakennuksen sisäilmastosta ja ilmanvaihdesta annettuja vaatimuksia moottoriajoneuvosuojan ilmanvaihdon suunnittelusta, esitetään moottoriajoneuvosuojan epäpuhtauskuormitukseen perustuva ilmanvirran mitoitustapa sekä pyritään havainnollistamaan ilman laadun huomioimisen tärkeyttä moottoriajoneuvosuojan suunnittelussa.

Laskentaoppaan sovellusesimerkit, suositukset ja lisätiedot eivät sellaisenaan ole asetuksen taseisia kannanottoja, jotka sitoisivat suunnittelua ja rakentamista. Laskentaoppaan tarkoituksena on selventää määräysten ja ohjeiden tulkintaa sekä niiden kohdentumista. Lisäksi pyrkimyksenä on havainnollistaa määräystenmukaisuuden osoittamista myös käytännön esimerkein.

Laskentaoppaan on laatinut ympäristöministeriön toimeksiannosta DI Kimmo Liljeström, DI Oskari Loikkanen, Maria Raiko ja Miika Suominen Optiplan Oy:stä. Työtä on ympäristöministeriön puolesta valvonut ja ohjannut rakennusneuvos Pekka Kalliomäki, ympäristöneuvos Maarit Haakana, yli-insinööri Kaisa Kauko sekä yli-insinööri Jyrki Kauppinen. Ohjausryhmään on kuulunut lisäksi tekniikan lisensiaatti Mika Vuolle Equa Simulation Finland Oy:stä. Asiantuntijoina on kuultu Helsingin Kaupungin rakennusvalvontaviraston talotekniikkayksikön päällikköä Tomi Marjamäkeä sekä Helsingin Kaupungin rakennusviraston johtavaa asiantuntijaa Ulla Soitinahoa.



Kuva: David Zawila

SISÄLLYS

Esipuhe	2
1 Johdanto.....	4
2 Määritelmiä ja käsitteitä	5
3 Moottoriajoneuvosuojien ilmanvaihtoa käsittelevät asetukset ja ohjeet.....	6
3.1 Asetus uuden rakennuksen sisäilmastosta ja ilmanvaihdosta.....	6
3.2 Muut asetukset.....	6
3.3 Muita ohjeita ja standardeja.....	8
4 Moottoriajoneuvojen pakokaasujen epäpuhtaudet.....	10
5 Moottoriajoneuvosuojan ilmanvaihdon mitoittaminen.....	11
6 Esimerkkilaskelmia.....	17
6.1 Asuinkerrostalon moottoriajoneuvosuoja.....	18
6.2 Toimistorakennuksen moottoriajoneuvosuoja.....	21
6.3 Liikerakennuksen moottoriajoneuvosuoja.....	26
7 Liitteet.....	29
Liite 1 Moottoriajoneuvojen pakokaasujen epäpuhtausmääriä	29
Liite 2 Asuinkerrostalon esimerkkilaskelma	32
Liite 3 Toimistorakennuksen esimerkkilaskelma	33
Liite 4 Liikerakennuksen esimerkkilaskelma	34
Lähteet	35

1 JOHDANTO

Moottoriajoneuvosuojien ilmanvaihdon ilmavirrat tulisi mitoittaa epäpuhtauskuormituksen, tilassa liikennöivien ajoneuvojen pakokaasupäästöjen arvioidun kokonaismäärän, sekä käyttäjien läsnäolon ajallisen keston ja ohjeellisten sisäilman epäpuhtauspitoisuuksien mitoitusarvojen perusteella.

Uuden rakennuksen sisäilmastosta ja ilmanvaihdosta annetun ympäristöministeriön asetuksen (1009/2017) mukaan moottoriajoneuvosuojien ilmanvaihdon ilmavirrat tulee mitoittaa esitettyjen hiilimonoksidin pitoisuusarvojen mukaan.

Tässä oppaassa käsitellään asetuksen määräyksiä ja ohjeita moottoriajoneuvosuojien ilmanvaihdon suunnittelusta, esitetään moottoriajoneuvosuojan neliöpohjainen ja epäpuhtauskuormitukseen perustuva ilmanvaihdon ilmavirtojen mitoitus tapa sekä pyritään havainnollistamaan ilmanlaadun huomioimisen tärkeyttä moottoriajoneuvosuojan suunnittelussa.

Oppaan rakenne:

- luvussa 3 esitetään kooste moottoriajoneuvosuojan ilmanvaihtoon liittyvistä asetuksista sekä muista ohjeista ja standardeista
- luvussa 4 käydään läpi moottoriajoneuvosuojan sisäilman epäpuhtauksia
- luvussa 5 annetaan ohjeita moottoriajoneuvosuojan ilmanvaihdon mitoituslaskelman laatimiselle
- luvussa 6 sekä liitteissä 2, 3 ja 4 esitetään esimerkkejä moottoriajoneuvosuojien ilmanvaihdon mitoituslaskelmista
- liitteissä 1 esitetään ajoneuvojen pakokaasupäästöjen epäpuhtausmääriä eri käyttötilanteissa.

Moottoriajoneuvosuojien ilmanvaihtoa käsittelevät asetukset ja ohjeet	Moottoriajoneuvosuojan ilman epäpuhtaudet	Moottoriajoneuvosuojan ilmanvaihtojärjestelmän suunnittelu
• Asetus (1009/2017) uuden rakennuksen sisäilmastosta ja ilmanvaihdosta • Valtioneuvoston asetus 79/2017 • HTP-arvot 2016 • muut ohjeet ja standardit	• epäpuhtaustyyppit • epäpuhtausmäärät • sisäilman epäpuhtauksien mitoitusarvot	• mitoitusohjeet • esimerkkilaskelmat

Kuva 1. Oppaan sisältö

2 MÄÄRITELMIÄ JA KÄSITTEITÄ

Tässä oppaassa tarkoitetaan:

- 1) *altistusajalla* ajanjaksoa, jolloin ihminen on tarkasteltavan hättatekijän vaikutusten kohteena;
- 2) *epäpuhtaudella* moottoriajoneuvosuojan sisäilmassa olevaa ainetta, jolla tunnetaan olevan tai voi olla haitallisia terveysvaikutuksia;
- 3) *hengitettävillä hiukkasilla* (PM_{10}) hiukkasia, joiden aerodynaaminen halkaisija on alle 10 mikrometriä;
- 4) *ilmanvaih dolla* huoneilman laadun ylläpitämistä ja parantamista huoneen ilmaa vaihtamalla;
- 5) *ilmanvaihtokertoimella* tunnin kuluessa huonetilaan tai tilasta virrannutta ulkoilmavirtaa huonetilan ilmatilavuutta kohti, $(m^3/h)/m^3 = 1/h$;
- 6) *jäteilmalla* poistoilmaa, joka johdetaan rakennuksesta ulos;
- 7) *koneellisella poistoilmajärjestelmällä* järjestelmää, jolla ilma poistetaan rakennuksesta koneellisesti puhaltimen avulla ja tilalle tulee ulkoilmaa sekä ulkoilmalaitteiden kautta että rakenteiden ilmapuotoina;
- 8) *koneellisella tulo- ja poistoilmajärjestelmällä* järjestelmää, jolla ilma poistetaan rakennuksesta koneellisesti puhaltimen avulla ja tilalle tuodaan lämmitettyä/jäähdytettyä ja suodatettua ulkoilmaa puhaltimen avulla;
- 9) *korvausilmalla* ilmaa, joka ilmanvaihtojärjestelmän aikaansaaman alipaineen vaikutuksesta virtaa rakennuksen sisään ja poistetaan ilmanvaihtojärjestelmän kautta;
- 10) *käyttöajalla* aikaa, jolloin moottoriajoneuvosuojassa oleskellaan tai sitä käytetään sen käyttötarkoituksen mukaisesti;
- 11) *painovoimaisella ilmanvaihtojärjestelmällä* järjestelmää, jonka toiminta perustuu korkeuserojen, lämpötilaerojen ja/tai tuulen aiheuttamiin paine-eroihin, sisäilma virtaa poistoilma-aukoista ulos rakennuksesta ja tilalle tulee ulkoilmaa tuloilma-aukoista;
- 12) *pienhiukkasilla* ($PM_{2,5}$) hiukkasia, joiden aerodynaaminen halkaisija on alle 2,5 mikrometriä;
- 13) *poistoilmalla* ilmaa, joka johdetaan huonetilasta pois;
- 14) *siirtoilmalla* ilmaa, joka johdetaan tilasta toiseen tilaan;
- 15) *tuloilmalla* ilmaa, joka johdetaan huonetilaan;
- 16) *ulkoilmalla* tuloilmaa, joka johdetaan ulkoa rakennuksen sisään;

3 MOOTTORIAJONEUVOSUOJIENTÄ ILMANVAIHTOA KÄSITTELEVÄT ASETUKSET JA OHJEET

Tässä luvussa käydään läpi moottoriajoneuvosuojien ilmanvaihtoon sekä sisäilman epäpuhtauksien raja-arvoihin liittyviä asetuksia, ohjeita ja standardeja.

3.1 Asetus uuden rakennuksen sisäilmastosta ja ilmanvaihdosta

Uuden rakennuksen sisäilmastosta ja ilmanvaihdosta annetun ympäristöministeriön asetuksen (1009/2017) pykälässä 5 on käsitelty sisäilman laatua mutta esitetään raja-arvo ainoastaan hiilidioksidin hetkelliselle pitoisuudelle. Asetuksen pykälässä 11 esitetään vaatimus moottoriajoneuvosuojan ilmavirtojen mitoittamiseen.

Ympäristöministeriön asetus (1009/2017) uuden rakennuksen sisäilmastosta ja ilmanvaihdosta

11 § Moottoriajoneuvosuojan ilmavirrat

Erityissuunnittelijan on mitoitettava moottoriajoneuvosuojan ilmanvaihdon ilmavirrat siten, etteivät ilman epäpuhtaudet aiheuta terveydellistä haittaa käyttäjille. Ilmavirrat on mitoitettava niin, että moottoriajoneuvosuojassa hiilimonoksidin keskiarvopitoisuus kriittisimmäksi arvioituna käyttötuntina ei ylitä arvoa 35 mg/m³ (30 ppm). Moottoriajoneuvosuojan jatkuvan työskentelyalueen ilmavirrat on mitoitettava niin, että hiilimonoksidin hetkellinen pitoisuus ei ylitä 7 mg/m³ (6 ppm).

Lisäksi asetuksen pykälän 14 kolmannen momentin mukaan ulospuhallusilman johtaminen ulos rakennuksesta olisi suunniteltava siten, ettei rakennukselle tai muille rakennuksille, ympäristölle tai niiden käyttäjille aiheutuisi terveydellistä tai muuta haittaa.

3.2 Muut asetukset

Uuden rakennuksen energiatehokkuudesta annetun ympäristöministeriön asetuksessa (1009/2017) rakennukset on luokiteltu eri käyttötarkoituksiluokkiin. Moottoriajoneuvosuojat katsotaan kuuluvan käyttötarkoitukseluokkaan ”Muut rakennukset”, joille E-luku on laskettava mutta E-luvulle ei ole asetettu vaatimusta. Käyttötarkoitukseluokan ”Muut rakennukset” E-luvun laskentaan ei ole esitetty standardikäyttöä, joten E-luku lasketaan kohteen arvioidulla kuormituksella, käyttöajalla ja -asteella.

Valtioneuvoston asetuksessa 79/2017 on asetettu raja-arvot ulkoilman epäpuhtauksille, taulukko 1.

Taulukko 1. Raja-arvoja ulkoilman epäpuhtauspitoisuuksille (Valtioneuvoston asetus 79/2017).

Aine	Keskiarvon laskenta-aika	Raja-arvo µg/m ³
Rikkidioksidi (SO ₂)jeps	1 tunti	350
	24 tuntia	125
Typpidioksidi (NO ₂)	1 tunti	200
	kalenterivuosi	40
Hiilimonoksidi (CO)	8 tuntia	10 mg/m ³
Bentseeni (C ₆ H ₆)	kalenterivuosi	5
Lyijy (Pb)	kalenterivuosi	0,5
Hengitettävät hiukkaset (PM ₁₀)	24 tuntia	50
	kalenterivuosi	40
Pienhiukkaset (PM _{2,5})	kalenterivuosi	25

Sosiaali- ja terveysministeriö on asetuksellaan haitallisiksi tunnetuista pitoisuuksista (1214/2016) vahvistanut julkaisussa ”HTP-arvot 2016 - Haitallisiksi tunnetut pitoisuudet” esitetyt työpaikan ilman epäpuhtauksien haitallisiksi tunnetut pitoisuudet ja vastaavat biologisten altistusindikaattorien raja-arvot. Ne ovat tarkoitettu huomioon otettavaksi työpaikan ilman puhtautta, työntekijöiden altistumista ja mittaustulosten merkitystä arvioitaessa. Julkaisun liitteessä 1 on taulukoitu eri aineiden haitalliseksi tunnettuja pitoisuuksia eri altistusaikoina. Taulukkoon 2 on koottu erityisesti moottoriajoneuvosuojissa mahdollisesti esiintyvien haitallisten aineiden eri altistusaikojen haitallisiksi tunnettuja pitoisuuksia.

Taulukko 2. Haitalliseksi tunnettuja pitoisuuksia.

(Sosiaali- ja terveysministeriön julkaisu ”HTP-arvot 2016 - Haitallisiksi tunnetut pitoisuudet”)

Aine	CAS-numero	HTP-arvot			
		8 tunnin altistusaika		15 minuutin altistusaika	
		ppm	mg/m ³	ppm	mg/m ³
Typpidioksidi (NO ₂)	10102-44-0	1,0	1,9	2,0	3,8
Rikkidioksidi (SO ₂)	7446-09-5	0,5	1,3	1,0	2,7
Hiilimonoksidi (CO)	630-08-0	30	35	75	87
Orgaaninen pöly			5		10
Epäorgaaninen pöly			10		

Typpidioksidilla, rikkidioksidilla ja pölyillä on samoja vaikutustapoja. Ne aiheuttavat sekä silmä-ärsytystä että ylempien hengitysteiden ärsytystä. ”HTP-arvot 2016 - Haitallisiksi tunnetut pitoisuudet” – julkaisun liitteessä 7 on myös esitetty laskentakaava, jota voidaan käyttää monialtistumisen vaikutuksen arvioimiseen. Monialtistumisessa ilmassa esiintyy useampia epäpuhtauksia, joilla on sama vaikutustapa. Samalla vaikutustavalla tarkoitetaan, että aineet vaikuttavat samantyyppisellä mekanismilla samaan kohde-elimeen, ja vaikutusten katsotaan olevan summautuvia.

Muiden asetusten osalta ympäristöministeriön asetus (848/2017) rakennusten paloturvallisuudesta käsittelee myös autosuojien paloturvallisuutta. Autosuojan ilmanvaihto ei saa myötävaikuttaa palon tai savukaasujen leviämiseen vaaraa aiheuttavalla tavalla. Lisäksi useaa palo-osastoa tai osaa palvelevien ilmakehien seinämille on annettu luokitusvaatimukset.

3.3 Muita ohjeita ja standardeja

Air quality guidelines, Global update 2005 - Particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide¹ – oppaassa annetaan ohjearvoja hiukkasten, otsonin, typpidioksidin ja rikkidioksidin sallituille pitoisuuksille ilmassa. Lisäksi oppaassa kerrotaan sisäilman laadun merkityksestä terveydelle ja epäpuhtauksille altistumisen vaikutuksista. Taulukkoon 3 on koottu oppaassa annettuja ohjearvoja epäpuhtauksien pitoisuuksille ilmassa eri altistusaikoina.

WHO guidelines for indoor air quality: selected pollutants² – oppaassa annetaan ohjeita bentseenin, hiilimonoksidin, naftaleenin, polysyklisen aromaattisten hiilivetyjen, radonin, trikloorieteenin ja tetrakloorieteenin sisäilmassa esiintymisen haittojen ehkäisyyn. Taulukossa 3 on esitetty oppaassa annettu ohjearvo hiilimonoksidin pitoisuuksille sisäilmassa eri altistusaikoina.

Taulukko 3. Raja-arvoja ilman epäpuhtauspitoisuuksille.
(Maailman terveysjärjestö WHO)

Aine	Keskiarvon laskenta-aika	Raja-arvo
Rikkidioksidi (SO ₂)	10 minuuttia	500 µg/m ³
	24 tuntia	20 µg/m ³
Typpidioksidi (NO ₂)	1 tunti	200 µg/m ³
	kalenterivuosi	40 µg/m ³
Hiilimonoksidi (CO)	15 minuuttia	100 mg/m ³
	1 tunti	35 mg/m ³
	8 tuntia	10 mg/m ³
	24 tuntia	7 mg/m ³
Hengitettävät hiukkaset (PM ₁₀)	24 tuntia	50 µg/m ³
	kalenterivuosi	20 µg/m ³
Pienhiukkaset (PM _{2,5})	24 tuntia	25 µg/m ³
	kalenterivuosi	10 µg/m ³

SFS-EN 16798-3 Rakennusten ilmanvaihto. Muiden kuin asuinrakennusten ilmanvaihto- sekä huoneilmastointijärjestelmien tehokkuusvaatimukset³ – standardissa on käsitelty ilmanvaihto- ja huoneilmastointijärjestelmän suunnittelua ja toteutusta muissa kuin asuinrakennuksissa. Standardissa ohjeistetaan miten tilan ilmanvaihdon tarve tulee määrittää muille kuin ihmisperäisille epäpuhtauksille.

SFS-EN 15251 Sisäympäristön lähtötiedot rakennusten energiatehokkuuden suunnitteluun ja arviointiin ottaen huomioon ilman laatu, lämpöolot, valaistus ja äänitekniset ominaisuudet⁴ –

standardissa puolestaan annetaan lähtötietoja rakennuksen lämmitys-, jäähdytys-, ilmanvaihto- ja valaistusjärjestelmien suunnittelua varten.

ASHRAE Handbook – HVAC Applications⁵ - käsikirjassa on käsitelty moottoriajoneuvosuojien ilmanvaihdon vaatimuksia. Käsikirjassa on listattu moottoriajoneuvosuojassa esiintyvät tyypilliset päästöt ja näiden suurimmat sallitut määrät, moottoriajoneuvosuojassa syntyvän päästömäärän mallinnusohje, tarvittavan ilmanvaihtokertoimen mitoitusohje, eri ilmanvaihtomenetelmät, ilmanvaihdon kokoonpanon suunnittelu sekä ilmanvaihdon säätömenetelmät.

ASHRAE 62.1 Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality⁶ – standardissa on käsitelty ilmanvaihto- ja ilmastointijärjestelmien suunnittelua, asennusta, toimivuuden varmistamista, käyttöä sekä ylläpitoa.

LIPASTO⁷ on VTT:ssä toteutettu Suomen liikenteen pakokaasupäästöjen ja energiankulutuksen laskentajärjestelmä. LIPASTO laskentajärjestelmän mallien avulla voidaan laskea Suomen liikenteen aiheuttamat pakokaasupäästöt perusvuonna 2016 seuraavista yhdisteistä: hiilimonoksidi (CO), hiilivedyt (HC), typen oksidit (NO_x), hiukkaset (PM), metaani (CH₄), typpioksiduuli (N₂O), rikkidioksidi (SO₂) sekä hiilidioksidi (CO₂).

LIISA⁸ on LIPASTO laskentajärjestelmän tieliikenteen pakokaasupäästöjä koskeva alamalli. Järjestelmä soveltuu erityisesti aluekohtaisten päästölaskelmien ja skenaarioiden tekemiseen ympäristön päästökuormitusten ja liikennepoliittisten ratkaisujen arvioinnissa.

HSY:n ulkoilman laatua seuraavassa palvelussa esitetään pääkaupunkiseudulla sijaitsevien 11 mittauspisteen tunneittain päivittyviä epäpuhtauksien pitoisuuksia. Palvelusta löytyy mittausrvoja muun muassa seuraavista epäpuhtauksista: hengitettävät hiukkaset (PM₁₀), pienhiukkaset (PM_{2,5}), typpidioksidi (NO₂), otsoni (O₃), hiilimonoksidi (CO) ja rikkidioksidi (SO₂). Ilmanlaatu pääkaupunkiseudulla vuonna 2014⁹ - julkaisussa on yhteenveto vuoden 2014 mittaustuloksista. Hiilimonoksidin ulkoilman suurin mitattu tuntikeskiarvo oli 4 mg/m³.

4 MOOTTORIAJONEUVOJEN PAKOKAASUJEN EPÄPUHTAUDET

Moottoriajoneuvojen pakokaasupäästöt sisältävät ympäristölle ja ihmisen terveydelle haitallisia kaasumaisia ja kiinteitä yhdisteitä kuten hiilimonoksidia (häkää), typen oksideja, bentseeniä, hiukkasia, hiilidioksidia, hiilivetyjä, lyijyä, metaania, rikkidioksidia sekä typpioksiduulia.

Moottoriajoneuvosuojaan sisäilmassa esiintyviä epäpuhtauksia - epäpuhtauslähde ja päävaikutus

Hiilimonoksidia (CO) syntyy polttoaineen epätäydellisen palamisen tuloksena. Hiilimonoksidin määrä pakokaasussa riippuu ajotilanteesta. Sitä syntyy erityisesti kylmäkäytössä, ajettaessa hiljaa tai ajettaessa hyvin kovaa sekä ajettaessa nykivää ajoa. Hiilimonoksidipäästöt ovat erityisesti bensiinikäyttöisten henkilöautojen ongelma. Ajoneuvon oikein toimiva katalysaattori vähentää hiilimonoksidipäästöjä. Hiilimonoksidi toimii kehossa happea syrjäyttävänä aineena ja aiheuttaa hengitettynä hapenottokyvyn laskua ja suurina annoksina vakavaa hapenpuutetta ja sydänoireita.

Typen oksideja (NO_x) syntyy moottorissa korkeissa palamislämpötiloissa ilman sisältämästä tpeestä. Korkeita palamislämpötiloja esiintyy lähinnä ajettaessa lujaa ja kiihdytettäessä. Suurin osa pakokaasujen sisältämistä typen oksideista on typpimonoksidia, joka hapettuu ilman vaikutuksesta vähitellen typpidioksidiksi ja lopulta edelleen muiksi typpiyhdisteiksi. Katalysaattori vähentää typen oksidien määrää pakokaasussa. **Typpidioksidi (NO₂)** on typen oksideista haitallisin ja aiheuttaa hengitystieoireita.

Dityppioksidi (N₂O) tunnetaan paremmin vanhalla nimellä typpioksiduuli tai lääkekäytössä ilokaasuna. Dityppioksidia ei tavallisesti lasketa mukaan muihin typen oksideihin, koska sillä ei ole samanlaisia tyypillisiä haittavaikutuksia. Ajoneuvojen typpioksiduulipäästöt kasvavat liikennöintimäärän suhteessa. Dityppioksidi on luonnollisista kasvihuonekaasuista merkittävin.

Bentseeniä (C₆H₆) on fossiilisissa polttoaineissa ja vapautuu ilmaan pakokaasujen mukana sekä ajoneuvojen polttoainevuodoista. Bentseeni aiheuttaa syöpää ja vaurioriskin perimälle.

Hiukkasia syntyy polttoaineen epätäydellisen palamisen yhteydessä. Ajoneuvojen pakokaasun hiukkaspäästöt koostuvat pääasiassa noesta sekä monista orgaanisista yhdisteistä. Hiukkaspäästöjä syntyy erityisesti vanhoista dieselkäyttöisistä ajoneuvoista. Moottoriajoneuvosuojaan ilmaan tulee myös lattiapinnoille kulkeutunutta pölyä. Hiukkaset aiheuttavat hengitystieoireita sekä sisältävät syöpävaarallisia komponentteja.

Hiilidioksidia (CO₂) syntyy polttoaineen täydellisen palamisen lopputuotteena. Palamisessa syntyvän hiilidioksidin määrä riippuu moottorin käyttämästä polttoaineesta ja polttoainemäärästä. Ajoneuvojen hiilidioksidipäästöt kasvavat samassa suhteessa polttoaineen kulutuksen kanssa. Hiilidioksidi on ihmisen tuottamista kasvihuonekaasuista merkittävin kiihdyttäen maapallon ilmakehässä tapahtuvia muutoksia. Hiilidioksidi ei reagoi elimistön kanssa mutta korkea sisäilman hiilidioksidipitoisuus kuvaa liian pientä ilmanvaihtoa.

Hiilivedyt (HC) ovat epätäydellisesti palanutta polttoainetta. Hiilivetyjen määrään polttoaineessa vaikuttaa ajoneuvon moottorin ja erityisesti sytytysjärjestelmän kunto ja palamisen säätö. Lisäksi hiilivetyjä syntyy erityisesti kylmäkäynnistyksessä, ajettaessa hyvin hiljaa tai hyvin kovaa sekä ajettaessa nykivää ajoa. Oikein toimiva katalysaattori vähentää hiilivetyjä päästöjä voimakkaasti. Osa hiilivedyistä on myrkyllisiä sekä syöpää aiheuttavia.

Lyijyä (Pb) esiintyy ajoneuvojen pakokaasuissa, mikäli polttoaineena on käytetty lyijypitoista polttoainetta tai polttoaineen lisäainetta. Lyijypitoisen bensiinin myynti lopetettiin Suomessa vuoden 1994 alussa, joten ajoneuvojen yhteydessä polttoaineperäisiä lyijypäästöjä ei enää pitäisi esiintyä.

Metaania (CH₄) syntyy moottoreissa polttoaineen epätäydellisen palamisen seurauksena, kuten muitakin hiilivetyjä. Katalysaattori ei kuitenkaan tehoa metaanipäästöihin, sillä se on hiilivedyistä vaikeimmin hapettava. Metaani on kasvihuonekaasuista toiseksi merkittävin.

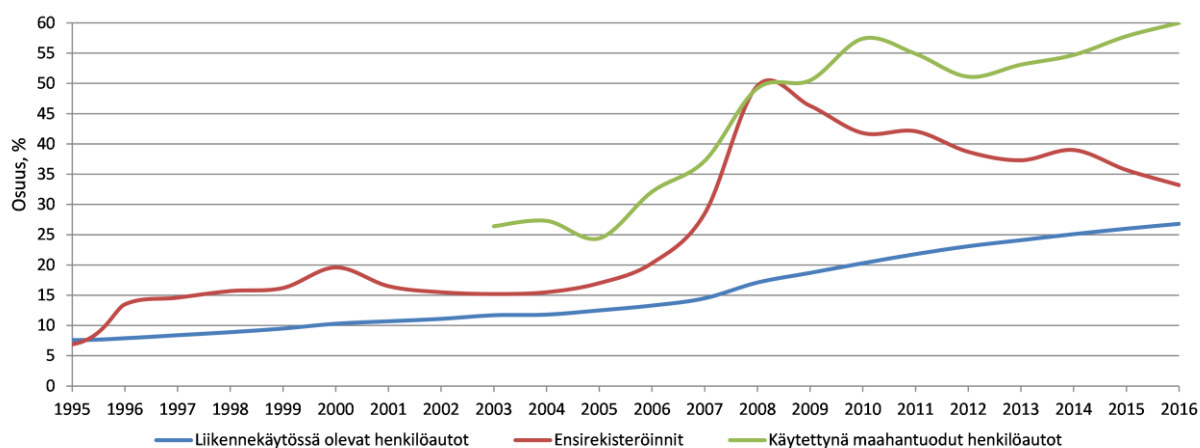
Rikkidioksidia (SO₂) syntyy palamisreaktiossa polttoaineen epäpuhtautena esiintyvän rikin reagoiessa hapen kanssa. Rikkidioksidit vaurioittavat ajoneuvojen katalysaattoreita, joten polttoaineissa esiintyvän rikin määrää on pyritty vähentämään. Rikkidioksidille altistuminen aiheuttaa hengitystieoireita.

5 MOOTTORIAJONEUVOSUOJAN ILMANVAIHDON MITOITTAMINEN

Moottoriajoneuvosuojan ilmanvaihdon määrittää ajoneuvojen pakokaasupäästöistä sisäilmaan tulevat epäpuhtaudet. Moottoriajoneuvosuojien ilmanvaihdon mitoittavana epäpuhtautena käytetään useimmiten hiilimonoksidia (CO), koska se on yleensä moottoriajoneuvosuojissa esiintyvistä epäpuhtauksista merkittävin määränsä vuoksi. Hiilimonoksidipitoisuuden on voitu olettaa korreloivan riittävällä tarkkuudella myös muiden moottoriajoneuvosuojassa esiintyvien epäpuhtauksien määrää. Esimerkiksi hiilidioksidimäärän tarkastelu katsotaan epäluotettavammaksi keinoksi moottoriajoneuvosuojan ilmanvaihdon mitoittamiseen, koska hiilimonoksidi on jo pienissä pitoisuuksissa merkittävästi haitallisempaa. Ajoneuvojen käyttövoima vaikuttaa niiden epäpuhtauspäästöihin, kuvassa 2 on esitetty dieselautojen osuus henkilöautojen määrästä Suomessa vuosina 1990–2016.

Kuva 2. Dieselautojen osuus liikennekäytössä olevista, ensirekisteröidyistä ja käytettynä maahantuoduista henkilöautoista vuosina 1990–2016. (Trafí, Tilastokeskus)

Ajoneuvojen erilaisilla käyttövoimilla ja niiden suhteellisilla osuuksilla voi olla vaikutusta mitoittavaan epäpuhtauteen. Dieselaajoneuvojen tyyden oksidipäästöt voivat olla merkittäviä ja siten ilmanvaihtoa mitoittava epäpuhtaus esimerkiksi moottoriajoneuvosuojan yhteydessä olevassa lastausterminalissa, jossa asioivien ajoneuvojen (mm. paketti- ja kuorma-autojen) käyttövoimana on pääosin diesel. Myös henkilöautokannan dieselautojen suhteellinen osuus on ollut kasvussa ja oli vuonna 2016 jo 26,8 %.



Moottoriajoneuvosuojan koneellisen ilmanvaihdon poistoilmavirta tulee mitoittaa Uuden rakennuksen sisäilmastosta ja ilmanvaihdosta annetun ympäristöministeriön asetuksen (1009/2017) pykälän 11 mukaan tässä esitetyin tarkennuksin.

Kun moottoriajoneuvosuojan epäpuhtauskuormitusta ei tunneta, tulisi moottoriajoneuvosuojan koneellinen poistoilmavirta mitoittaa neliöpohjaisilla vähimmäisarvoilla taulukon 4 mukaisesti. Taulukon poistoilmavirtojen vähimmäisarvot on tarkoitettu moottoriajoneuvosuojaiin, joissa oleskelu on tilapäistä ja lyhytkestoista (alle 15 minuuttia).

Taulukko 4. Pääasiassa paikoitukseen tarkoitettujen moottoriajoneuvosuojan koneellisen ilmanvaihdon poistoilmavirran neliöpohjaiset vähimmäisarvot.

Ajojen lukumäärä*	Ilmamäärä	Esimerkkikohde
1	0,9 (dm ³ /s)/m ²	asuintalojen paikoitustilat
2-4	2,7 (dm ³ /s)/m ²	toimisto- ja virastotilojen henkilökunnan paikoitustilat
n ≥ 4	n x 0,9 (dm ³ /s)/m ²	varsinaiset paikoitustalot sekä toimisto-, virasto- ja liikerakennusten asiakaspaikoitustilat

* tässä ajojen lukumäärällä tarkoitetaan ajojen määrää autopaikkaa kohden vuorokauden vilkkaimman 8 tunnin jakson aikana

Kun moottoriajoneuvosuojan epäpuhtauskuormitus tunnetaan tai se voidaan arvioida, tulisi moottoriajoneuvosuojan koneellinen poistoilmavirta mitoittaa moottoriajoneuvosuojan epäpuhtauskuormituksen perusteella, käyttäen seuraavaa kaavaa:

$$q_{tulo} * C_{tulo} + q_{korvaus} * C_{korvaus} + G = q_{poisto} * C_{poisto} \quad (1)$$

jossa,

q_{tulo} on tuloilmavirta (dm³/s)/m²

$q_{korvaus}$ on korvausilmavirta (dm³/s)/m²

q_{poisto} on poistoilmavirta (dm³/s)/m²

C_{tulo} on tuloilman epäpuhtauspitoisuus (mg/m³)

$C_{korvaus}$ on korvausilman epäpuhtauspitoisuus (mg/m³)

C_{poisto} on poistoilma epäpuhtauspitoisuus (mg/m³)

G on epäpuhtauskuormitus moottoriajoneuvosuojaan (mg/s)

Moottoriajoneuvosuojan epäpuhtauskuormitukseen perustuvassa ilmanvaihdon mitoituksessa ilmavirrat on mitoittettava siten, että moottoriajoneuvosuoja hiilimonoksidin (CO) keskiarvopitoisuus kriittisimmäksi arvioituna käyttötuntina ei ylitä arvoa 35 mg/m³ (30 ppm). Moottoriajoneuvosuojan jatkuvan työskentelyalueen ilmavirrat on mitoittettava niin, että hiilimonoksidin (CO) hetkellinen pitoisuus ei ylitä 7 mg/m³ (6 ppm).

Hiilimonoksidin tilavuusosuudet [ppm] voidaan normaali-ilmanpaineessa ja -lämpötilassa (101,3 kPa, 20 °C) laskea tunnetusta massapitoisuudesta [mg/m³] seuraavalla muunnoskaavalla:

CO tilavuusosuus [ppm] = (CO massapitoisuus [mg/m³] * kaasun moolitilavuus (NTP) V_m 24,1 [dm³/mol]) / CO moolimassa 28,01 [g/mol]

Typen oksidipäästöjen (NO_x) ollessa merkittäviä esimerkiksi diesel-autojen suuren osuuden johdosta, tulisi moottoriajoneuvosuojan epäpuhtauskuormitukseen perustuvassa ilmanvaihdon mitoituksessa ilmavirrat mitoittaa siten, että typpidioksidin (NO₂) keskiarvopitoisuus kriittisimmäksi arvioituna käyttötuntina ei ylitä arvoa 380 µg/m³ (0,1 * HTP-arvo (15 min)). Moottoriajoneuvosuojan jatkuvan työskentelyalueen ilmavirrat tulisi tällöin mitoittaa niin, että typpidioksidin hetkellinen pitoisuus ei ylitä 190 µg/m³ (0,1 * HTP-arvo (8 h)).

Typpidioksidin tilavuusosuudet [ppm] voidaan normaali-ilmanpaineessa ja -lämpötilassa (101,3 kPa, 20 °C) laskea tunnetusta massapitoisuudesta [mg/m³] seuraavalla muunnoskaavalla:

$$\text{NO}_2 \text{ tilavuusosuus [ppm]} = (\text{NO}_2 \text{ massapitoisuus [mg/m}^3\text{]} * \text{kaasun moolitilavuus (NTP) } V_m 24,1 [\text{dm}^3/\text{mol}]) / \text{NO}_2 \text{ moolimassa } 46,01 [\text{g/mol}]$$

Moottoriajoneuvojen käytön seurauksena moottoriajoneuvosuojaan tulevien pakokaasujen epäpuhtausmäärä riippuu monesta tekijästä kuten:

- ajoneuvojen tyyppistä (moottoripyörä, henkilöauto, pakettiauto, kuorma-auto, linja-auto, erikoisauto);
- ajoneuvojen mallista ja iästä;
- ajoneuvojen käyttövoimasta (benssiini, diesel, maakaasu, sähkö);
- ajoneuvojen käynnistyslämpötilasta moottoriajoneuvosuojassa, käynnistyslämpötilaan vaikuttaa moottoriajoneuvosuojaan sisälämpötila, ajoneuvon pysäköintiaika sekä moottorilämmittimien käyttö;
- ajoneuvojen tyhjäkäyntiajasta;
- ajoneuvojen ajomatkasta (sisään-, läpi- ja ulosajo) moottoriajoneuvosuojassa;
- ajonopeudesta;
- kuljettajien ajotavoista;
- liikennöintimäärästä;
- korkeusvaihteluista (ylämäki/alamäki);
- moottoriajoneuvosuojaan suunnitteluratkaisun vaikutuksesta ruuhkautumiseen, tyhjän pysäköintipaikan etsintäaikaan ja jonotusaikaan mm. ulko-ovella;
- liikenneohjausjärjestelmästä, jonka avulla ylimääräinen liikennöinti saadaan vähenemään.

HYVÄ TIETÄÄ

Moottoriajoneuvosuojaan liikenneohjausjärjestelmällä sekä käyttäjien opastuksella voidaan vaikuttaa siihen kuinka paljon moottoriajoneuvosuojaan tulee pakokaasuja. Liikenneohjausjärjestelmällä voidaan helpottaa tyhjän parkkipaikan löytymistä tai estää moottoriajoneuvosuojaan ajo ruuhkatilanteissa.

Käyttäjän tulisi mm. välttää tarpeetonta joutokäyntiä, ajaa tasaista nopeutta ja vaihtaa ajoissa suuremmalle vaihteelle. Lisäksi lämmittämättömissä ajoneuvosuojissa olisi hyvä käyttää moottorin-lämmitintä ulkoilman lämpötilan ollessa alle +5 °C, jolloin kylmäkäynnistyksen yhteydessä syntyvät päästöt vähenevät merkittävästi.

Kaikkia vaikuttavia tekijöitä on lähes mahdotonta arvioida oikein suunnitteluvaiheessa, joka aiheuttaa epävarmuutta mitoituksessa. Tästä syystä **lähtökohtana mitoituslaskelmissa tulee käyttää kriittisintä ennakoitavissa olevaa käyttötilannetta ja riittävää varmuusmarginaalia**. Liitteen 1 taulukoihin on koottu eri ajoneuvotyyppien pakokaasujen epäpuhtausmääriä erilaisissa käyttötilanteissa, joita voidaan käyttää arvioitaessa moottoriajoneuvosuojaan sisäilmaan tulevaa epäpuhtausmäärää. Typpidioksidin määrään ilmassa vaikuttavat kemialliset muutuntareaktiot, joissa typpimonoksidi hapettuu typpidioksidiksi. Liitteessä esitetyistä pakokaasujen tyyppien oksidimääristä 30 % voidaan olettaa olevan typpidioksidia, jos typpidioksidin osuudesta ei ole tarkempaa tietoa.

Moottoriajoneuvosuojaan sisäilman epäpuhtauspitoisuutta arvioitaessa tulisi huomioida ajoneuvojen pakokaasupäästöjen epäpuhtauksien lisäksi myös mm.:

- Korvausilman epäpuhtauspitoisuus
 - o HSY:n ”Ilmanlaatu pääkaupunkiseudulla 2014” julkaisun mukaan korkein mitattu ulkoilman hiilimonoksidin tuntikeskiarvo oli 4,0 mg/m³.
 - o HSY:n ”Ilmanlaatu pääkaupunkiseudulla 2016” julkaisun mukaan korkein mitattu ulkoilman tyyppidioksidin tuntikeskiarvo oli 160 µg/m³ (eri mittauspisteiden korkein arvo vaihteli välillä 65-160 µg/m³).
- Tuloilmaan sekoittuu epäpuhdasta poistoilmaa esim. lämmön talteenottolaitteen ohivuodoista. Kun laitteen tiiveyttä ei tunneta, voidaan ohivirtauksen ilmamäärän oletusarvona käyttää enimmäisarvoa 6 % ilmanvaihdon kokonaisilmamäärästä. Käytettäessä alemmaa vuotoilman osuutta, tulisi laitteen tiiveys osoittaa esim. laitetoimittajan tiiveystodistuksella.

Moottoriajoneuvosuojaan epäpuhtauskuormitukseen perustuvalla ilmavirtojen mitoitusmenetelmällä voidaan päätyä neliöpohjaisia vähimmäisarvoja pienempiin ilmavirtoihin. Näitä ilmavirtoja voidaan esittää paikalliselle rakennusvalvontaviranomaiselle käytettäväksi ilmanvaihdon suunnittelun perusteena, jos:

- Moottoriajoneuvosuojaan ilmanvaihdon mitoitus on laadittu ja raportoitu perusteellisesti ja siinä on esitetty miten on varauduttu poikkeustilanteisiin.
- Moottoriajoneuvosuojaan kullakin tasolla asennetaan vähintään 3 kpl sisäilman hiilimonoksidin pitoisuutta mittaavaa anturia, kuitenkin vähintään 1 anturi / 500 m². Anturit asennetaan paikkoihin, joissa on odotettavissa korkeimmat hiilimonoksidin pitoisuudet, yleensä ajoluiskien ja ajoreittien läheisyyteen. Anturien ja ilmanvaihtojärjestelmän toimivuus varmistetaan toimintakokeilla, säätö- ja viritystoimenpiteillä (ml. kalibrointi) sekä koekäytöllä eri käyttötilanteissa, käyttötilanteessa anturien mittaustarkkuus tulisi olla ±2 % hiilimonoksidin pitoisuudella 35 mg/m³ (30 ppm). Anturien toiminta tarkastetaan säännöllisesti ja kalibroidaan vähintään kerran vuodessa, kalibrointitodistus liitetään rakennuksen käyttö- ja huolto-ohjeeseen.
- Moottoriajoneuvosuojaan ilmanvaihto on suunniteltu niin, että ilmanvaihto toimii hallitusti kaikissa käyttötilanteissa ja ilmanvaihtoa voidaan ohjata kunkin ilmanvaihtokoneen palvelualueen korkeimman mittausarvon perusteella esimerkiksi seuraavasti:
 - o Ilmanvaihto voidaan ohjata pois päältä kun sisäilman hiilimonoksidin pitoisuus on moottoriajoneuvosuojaan käyttöajan ulkopuolella alle 7 mg/m³ (6 ppm). Käyttöajan ollessa jatkuva, kuten esimerkiksi asuinkerrostalojen moottoriajoneuvosuojoissa, voidaan ilmanvaihto ohjata pois päältä kuitenkin vasta kun sisäilman hiilimonoksidin pitoisuus vastaa ulkoilman hiilimonoksidin pitoisuutta. Ilmanvaihto tulee käynnistää uudelleen kun sisäilman hiilimonoksidin pitoisuus ylittää 7 mg/m³ (6 ppm). Ulkoilman hiilimonoksidin pitoisuus tulee mitata tuloilmakanavasta ennen mahdollista lämmön talteenottolaitetta.
 - o Ilmanvaihto voidaan ohjata minimiin (esim. 30 % kokonaisilmamäärästä) kun sisäilman hiilimonoksidin pitoisuus on käyttöaikana alle 10 mg/m³ (9 ppm).

- Ilmanvaihto voidaan ohjata tarpeenmukaisesti (esim. 30 % - 100 % kokonaisilmamäärästä) kun sisäilman hiilimonoksidin pitoisuus on välillä 10 - 58 mg/m³ (9 - 50 ppm).
- Ilmanvaihto täydellä teholla kun sisäilman hiilimonoksidin pitoisuus ylittää 58 mg/m³ (50 ppm).
- Hälytys kun sisäilman hiilimonoksidin pitoisuus ylittää 81 mg/m³ (70 ppm).
- Moottoriajoneuvosuojaan tulisi olla käytössä nykyaikainen liikenneohjausjärjestelmä, jos moottoriajoneuvosuojaan ei ole nimettyjä paikkoja.
- Sisäänajo moottoriajoneuvosuojaan tulisi voida estää kun moottoriajoneuvosuojaan sisäilman hiilimonoksidin pitoisuus ylittää hälytysrajan, mahdollinen sisäänajon ruuhkautuminen tulisi olla huomioitu liikennöintisuunnitelmassa.
- Oleskelu moottoriajoneuvosuojaan tulisi voida estää kun moottoriajoneuvosuojaan sisäilman hiilimonoksidin pitoisuus ylittää HTP_{15 min}-arvon 87 mg/m³ (75 ppm).

Moottoriajoneuvosuojaan ilmanvaihdon mitoituslaskelmissa tulisi käyttää seuraavia oletuksia:

- ajoneuvojen pakokaasujen epäpuhtausmäärät erilaisissa käyttötilanteissa, liite 1;
- ylämäkeen ajolle päästökerroin 2,5;
- alamäkeen ajolle päästökerroin 0,2;
- sisään- ja ulosajojen määrä, taulukko sivu 16;
- ajoneuvon käynnistyksen tyhjäkäyntiaika 30 s/ajoneuvo;
- ajomatka sisäänajossa 20 m ja ulosajossa 10 m pidempi kuin laskennallinen lyhin reitti, tällä huomioidaan auton kääntämisestä syntyvä lisäpäästö;
- kun kylmässä (sisälämpötila <+5 °C) moottoriajoneuvosuojaan on autolämmityspistorasiat, voidaan olettaa ko. autopaikkojen moottorilämmittimien käyttöasteeksi 50 % ja käynnistyksen ja ulosajon epäpuhtausmäärän olevan liitteen 1 lämpimän (> +17 °C) moottoriajoneuvosuojaan mukainen.

Moottoriajoneuvosuojaan tulo- ja poistoilmavirrat mitoitetaan tasapainoon kuitenkin niin, että moottoriajoneuvosuoja on alipaineinen muihin tiloihin nähden. Moottoriajoneuvosuojaan tuloilmavirta voi olla siirtoilmaa.

Ilmanvaihdon mitoituksessa ja tarpeenmukaisessa ohjauksessa tulisi huomioida myös moottoriajoneuvosuojaan sisäilman kosteuden hallinta. Liian korkea sisäilman kosteus voi aiheuttaa sisään ajavien ajoneuvojen kylmien tuulilasien lyhytaikaista huurtumista. Pitkien katettujen ajorampien ja ajotunneleiden ilmanvaihto tulisi mitoittaa tietunnelien mitoitusohjeiden mukaisiksi.

Tulo- ja poistoilma-aukot sijoitetaan siten, että moottoriajoneuvosuojaan eri osien riittävä ilmanvaihto varmistuu. Aukot sijoitetaan siten, ettei ilma pääse tarpeettomasti leviämään alueilta, joissa epäpuhtauspitoisuus on suuri. Moottoriajoneuvosuojaan ei myöskään saa jäädä kohtia, joissa ilman epäpuhtauspitoisuudet voivat paikallisesti ylittää sallitut arvot. Tämän estämisessä voidaan käyttää esim. paikallispoistoja tai siirtoilmapuhaltimia.

Riviautosuojissa ja enintään 60 m²:n moottoriajoneuvosuojissa voidaan käyttää painovoimaista ilmanvaihtoa. Riviautosuoja on moottoriajoneuvosuoja, jossa ei sisällä ajeta ja jonka syvyys on enintään 7 m tai 14 m silloin, kun suoja on tarkoitettu linja-autoille tai muille pitkille ajoneuvoille.

Suojan tulee olla kokonaan maanpäällä tai ilmanvaihdon kannalta tätä vastaavasti, esimerkiksi rinteessä. Tulo- ja poistoilma-aukot sijoitetaan siten, että riittävä ilmanvaihto ja ilman kierto saavutetaan. Tuloilma-aukko voidaan sijoittaa ulkoseinän tai oven alaosaan. Poistoilma-aukko sijoitetaan yleensä seinän yläosaan tai kattoon tuloilma-aukon vastakkaiselle puolelle. Sekä tulo- että poistoilma-aukon vapaa poikkipinta-ala on vähintään 0,1 % lattiapinta-alasta, kuitenkin vähintään 150 cm².

Jos lämmittämättömän moottoriajoneuvosuojan, esim. pysäköintitalon ulkoseinästä vähintään 30 % on avointa ja aukkojen pinta-ala on vähintään 10 % kunkin tason lattiapinta-alasta, ei suojassa vaadita erillistä ilmanvaihtoa. Tilassa ei kuitenkaan saa olla ilmankulkua huomattavasti haittaavia esteitä kuten väliseiniä tai palkkeja.

6 ESIMERKKILASKELMIA

Tässä esitetyt moottoriajoneuvosuojan koneellisen ilmanvaihdon mitoituksen esimerkkilaskelmat on laadittu kolmen erilaisen rakennustyyppin (asuinkerrostalon, toimistorakennuksen ja liikerakennuksen) moottoriajoneuvosuojalle. Laskentaesimerkkien avulla esitetään miten ilmanvaihdon poistoilmavirta voidaan mitoittaa neliöpohjaisesta mitoitusavasta poiketen moottoriajoneuvosuojan epäpuhtauskuormituksen perusteella.

Moottoriajoneuvosuojan epäpuhtauskuormitukseen perustuva ilmanvaihdon mitoitus etenee seuraavasti:

1. Moottoriajoneuvosuojan sisäilman epäpuhtauskuormituksen määrittäminen
2. Poistoilmamäärän laskeminen epäpuhtauksien tasapainotilanteessa (kaava 1)

Moottoriajoneuvosuojan ilmanvaihdon mitoittavaksi käyttötilanteeksi valitaan moottoriajoneuvosuojan käyttöajan ajanjakso (esim. tunti), jolloin tilassa arvioidaan olevan suurin epäpuhtauskuormitus. Suurin epäpuhtauskuormitus on yleensä ajankohtana, jolloin tilassa tapahtuu eniten ajoneuvojen käynnistyksiä ja ulosajoja, koska ajoneuvon käynnistyksen ja ulosajon synnyttämä epäpuhtausmäärä on suurempi kuin sisäänajotilanteen. Huomioitavaa on, että mitoittava tilanne voi siis olla eri kuin varsinainen ruuhkahuipputilanne.

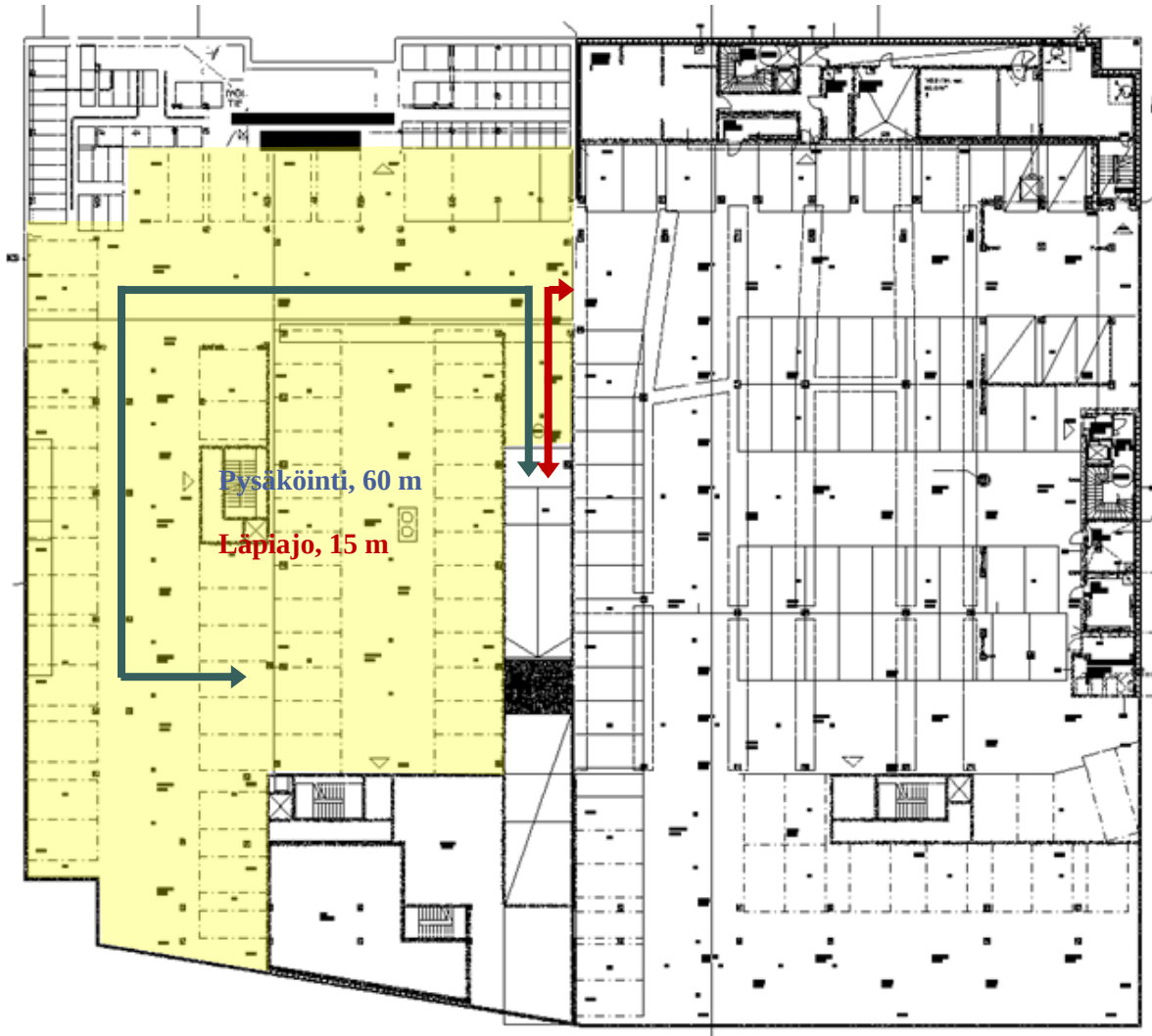
Moottoriajoneuvosuojan ilmanvaihdon mitoittava käyttötilanne arvioidaan moottoriajoneuvosuojan liikennöintisuunnitelman perusteella. Taulukossa 5 on esitetty eri käyttötarkoituksen moottoriajoneuvosuojien ajoneuvojen sisään- ja ulosajojen oletusmääriä mitoittavan käyttötilanteen aikana. Taulukon arvoja voidaan käyttää, jos liikennöintisuunnitelmaa ei ole laadittu tai siinä ei ole esitetty ruuhkatunnin liikennöintimääriä.

Taulukko 5. Eri käyttötarkoituksen moottoriajoneuvosuojien ajoneuvojen sisään- ja ulosajojen oletusmääriä mitoittavan käyttötilanteen aikana, prosentteina moottoriajoneuvosuojan pysäköintipaikkojen lukumäärästä.

Rakennustyyppi	Mitoittava käyttötilanne	Sisäänajo	Ulosajo
Asuinrakennus	Arkiaamun tunti	0 %	30 %
Toimistorakennus	Arki-iltapäivän tunti	0 %	50 %
Muu rakennus (pysäköintiaika <1h)	Ruuhkatunti	75 %	75 %
Muu rakennus (pysäköintiaika 1-2h)	Ruuhkatunti	50 %	50 %
Muu rakennus (pysäköintiaika >2h)	Ruuhkatunti	25 %	25 %

6.1 Asuinkerrostalon moottoriajoneuvosuoja

Asuinkerrostalon moottoriajoneuvosuojan esimerkkilaskelma laadittiin lämmittämättömän maanalaisen pysäköintihallin yhdelle osalle (kuva 3), jonka laajuus on 1870 m² (59 autopaikkaa).



Kuva 3. Asuinkerrostalon pysäköintihallin pohjakuva, johon on merkitty keltaisella mitoitettava alue, sinisellä viivalla keskimääräinen sisään- ja ulosajoreitti (60 m) ja punaisella viivalla läpiajoreitti (15 m) pysäköintihallin toiselle kerrostasolle.

Asuinkerrostalon pysäköintihallin ilmanvaihdon mitoittavaksi käyttötilanteeksi arvioidaan talven arki-aamun tunti, jolloin 30 % pysäköintikapasiteetista (59 pysäköintipaikkaa * 0,30 = 18 henkilöautoa) käynnistetään ja ajetaan ulosajoa keskimäärin 60 metriä kerrostasolla pysäköintipaikalta ulosajorampille. Pysäköintihallin toiselta kerrostasolta on vastaavasti ulosajoa läpiajoreittiä pitkin (15 metriä, 78 pysäköintipaikkaa * 0,30 = 24 henkilöautoa). Ulosajorampin osuus kerrostasolla on 10 m (ylämäki). Tyhjäkäyntiajaksi oletetaan 30 s/ajoneuvo.

Pysäköintihallissa ei ole sähköpistorasioita moottorilämmittimille, jolloin käynnistettävät ajoneuvot ovat yli 2 tunnin pysäköinnin jäljiltä sisäilman lämpötilassa. Lämmittämättömän maanalaisen pysäköintihallin sisäilman lämpötilan arvioitiin olevan talvella puolilämmin yli +5 °C. Mitoittavaksi

epäpuhtaudeksi arvioitiin hiilimonoksidi. Asuinkerrostalon pysäköintihallissa oleskellaan vain lyhytaikaisesti (esim. renkaiden vaihto pysäköintihallissa kielletään käyttöohjeissa), alle 15 minuuttia yhtäjaksoisesti.

Moottoriajoneuvosuoja sisäilman epäpuhtauskuormituksen määrittäminen

Lasketaan pysäköintihallin kerrostason sisäilman epäpuhtauskuormitus arki-aamun tuntina yllä olevien lähtötietojen ja liitteen 1 henkilöautojen eri käyttötilanteiden pakokaasujen epäpuhtausmäärien perusteella. Laskelma on esitetty liitteessä 2. Epäpuhtauskuormitus kerrostason sisäilmaan on tässä yhteensä **276 g/tunti** eli **76,8 mg/s**.

Poistoilmamäärän laskeminen epäpuhtauksien tasapainotilanteessa (kaava 1)

Moottoriajoneuvosuoja suunnitellaan alipaineiseksi $q_{tulo} = 0,9 * q_{poisto}$ ja korvausilma on ulkoilmaa $q_{korvaus} = 0,1 * q_{poisto}$ ja $C_{korvaus} = C_{tulo}$, jolloin kaavasta 1 saadaan:

$$0,9 * q_{poisto} * C_{tulo} + 0,1 * q_{poisto} * C_{tulo} + G = q_{poisto} * C_{poisto}$$

$$q_{poisto} * C_{poisto} - q_{poisto} * C_{tulo} = G$$

$$q_{poisto} = \frac{G}{(C_{poisto} - C_{tulo})}$$

jossa,

q_{poisto} on poistoilmavirta (dm^3/s)/ m^2

C_{tulo} = tuloilman epäpuhtauspitoisuus (mg/m^3)

C_{poisto} = poistoilman epäpuhtauspitoisuus (mg/m^3)

G = epäpuhtauskuormitus moottoriajoneuvosuojaan (mg/s)

Tuloilman epäpuhtauspitoisuutena käytetään pääkaupunkiseudulla vuonna 2014 korkeinta mitattua ulkoilman ($C_{tulo} = C_{ulko}$) hiilimonoksidin tuntikeskiarvoa $4,0 \text{ mg}/\text{m}^3$. Poistoilman epäpuhtauspitoisuutena C_{poisto} käytetään hiilimonoksidin yhden tunnin keskiarvopitoisuutta $35 \text{ mg}/\text{m}^3$. Ilmanvaihdossa ei ole pyörivää lämmön talteenottolaitetta, joten ohivirtausta ei huomioida.

$$q_{poisto} = \frac{G}{(C_{poisto} - C_{ulko})} = \frac{76,8 \text{ mg/s}}{(35 - 4) \text{ mg}/\text{m}^3} = 2,48 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} = \frac{2480 \frac{\text{dm}^3}{\text{s}}}{1870 \text{ m}^2} = 1,32 \text{ dm}^3/\text{s}, \text{m}^2$$

Lyhyen ajorampin mahdollinen koneellinen ilmanvaihto mitoitetaan samalla periaatteella.

Laskelman lopputulos

Laskelman lopputulos $1,32 \text{ dm}^3/\text{s}, \text{m}^2$ on tällöin suurempi kuin taulukossa 4 esitetty neliöpohjainen vähimmäisarvo $0,9 \text{ dm}^3/\text{s}, \text{m}^2$.

Vastaava mitoituslaskelma laadittiin myös vaihtoehtoisille ratkaisuille, jotta nähdään miten mitoitusilmavirta muuttuu.

Vaihtoehtoisten ratkaisujen mitoitusilmavirroiksi saatiin:

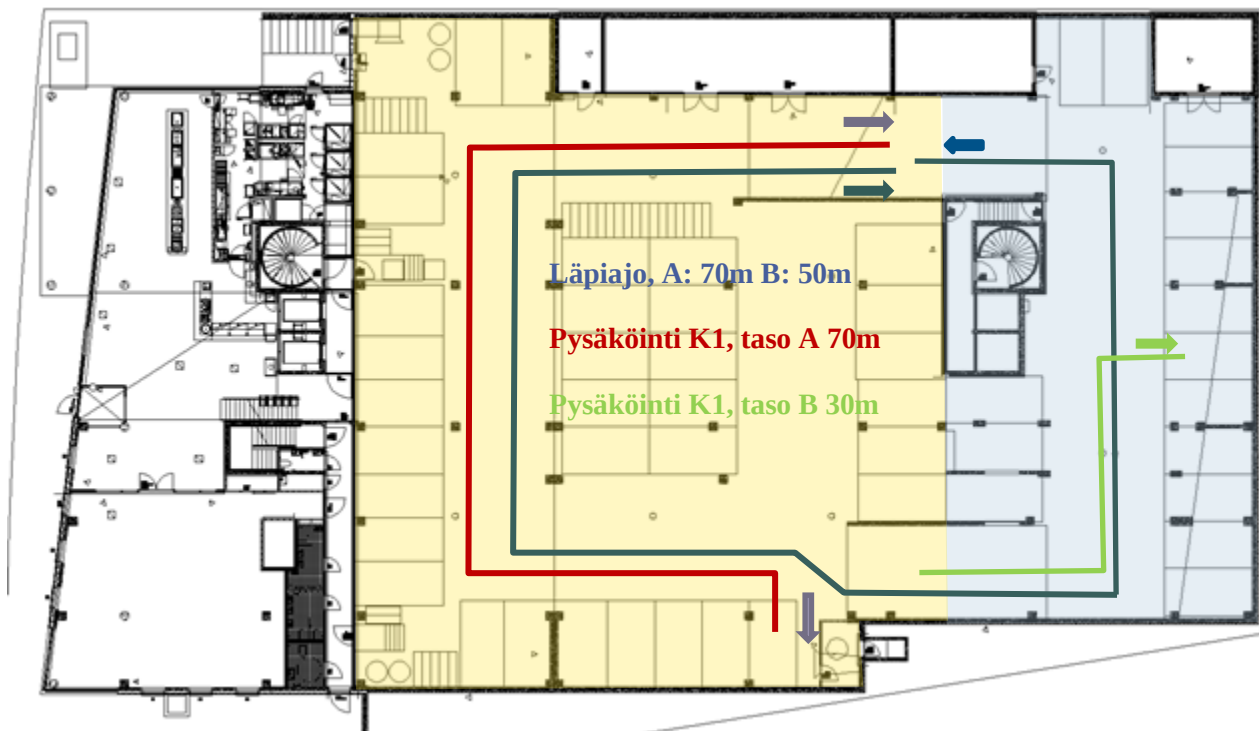
- lämmittämätön ($<+5\text{ }^{\circ}\text{C}$) moottoriajoneuvosuoja, autopaikoilla ei ole sähköpistorasioita, poistoilmavirta $2,19\text{ dm}^3/\text{s}, \text{m}^2$
- lämmittämätön ($<+5\text{ }^{\circ}\text{C}$) moottoriajoneuvosuoja, sähköpistorasiat moottorilämmittimille, poistoilmavirta $1,24\text{ dm}^3/\text{s}, \text{m}^2$
- puolilämmin ($+5\dots+17\text{ }^{\circ}\text{C}$) moottoriajoneuvosuoja, poistoilmavirta $0,51\text{ dm}^3/\text{s}, \text{m}^2$
- lämmin ($>+17\text{ }^{\circ}\text{C}$) moottoriajoneuvosuoja, poistoilmavirta $0,29\text{ dm}^3/\text{s}, \text{m}^2$
 - huomioitavaa on, että kun mitoitusarvo (tässä $0,29\text{ dm}^3/\text{s}, \text{m}^2$) alittaa ympäristöministeriön uuden rakennuksen sisäilmastosta ja ilmanvaihdesta annetussa asetuksessa (1009/2017) 9 §:ssä esitetyn ulkoilmavirran vähimmäisarvon $0,35\text{ dm}^3/\text{s}, \text{m}^2$ tulisi moottoriajoneuvosuojan ilmavirran suunnitteluarvona käyttää vähimmäisarvoa

6.2 Toimistorakennuksen moottoriajoneuvosuoja

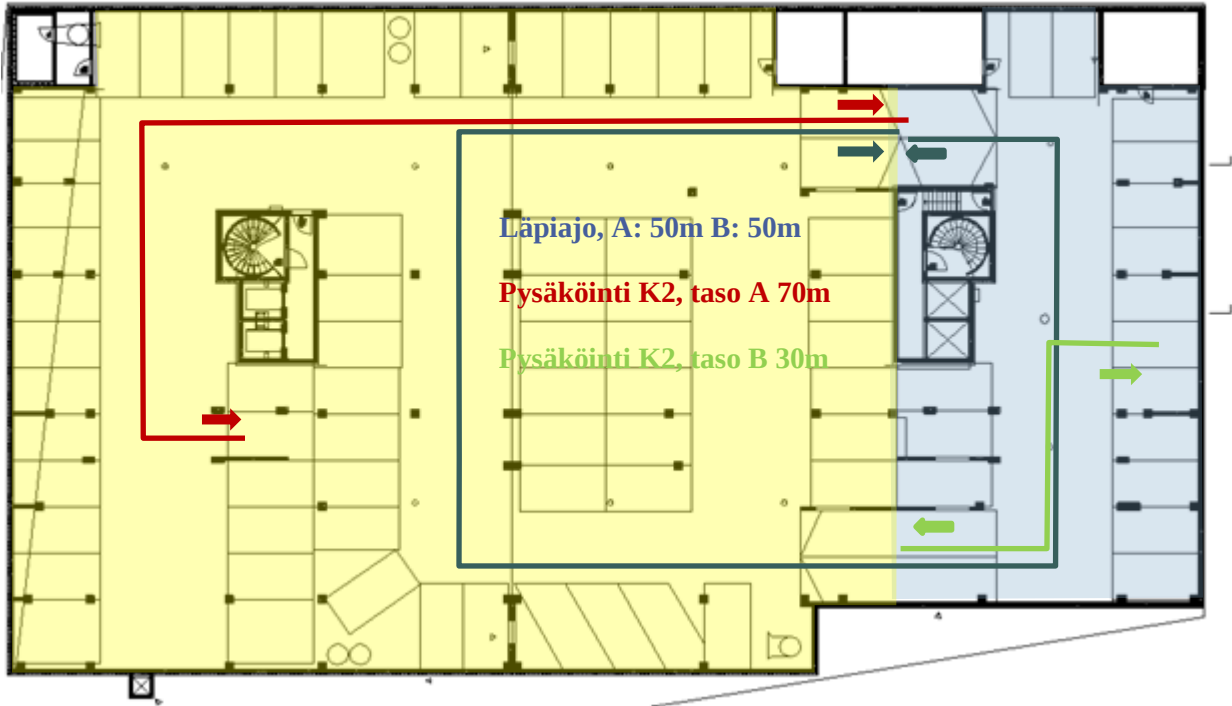
Toimistorakennuksen moottoriajoneuvosuojan esimerkkilaskelma laadittiin puolilämpimälle maanalaisen pysäköintihallin kerrostasolle (kuva 4-6), jonka laajuus on 5 959 m² (199 autopaikkaa).

Toimistorakennuksen pysäköintihallin ilmanvaihdon mitoittavaksi käyttötilanteeksi arvioidaan arki-iltapäivän tunti, jolloin 50 % pysäköintikapasiteettia vastaava määrä henkilöautoja käynnistetään ja ajetaan ulosajoa pysäköintipaikalta ulosajorampille. Tyhjäkäyntiajaksi oletetaan 30 s/ajoneuvo.

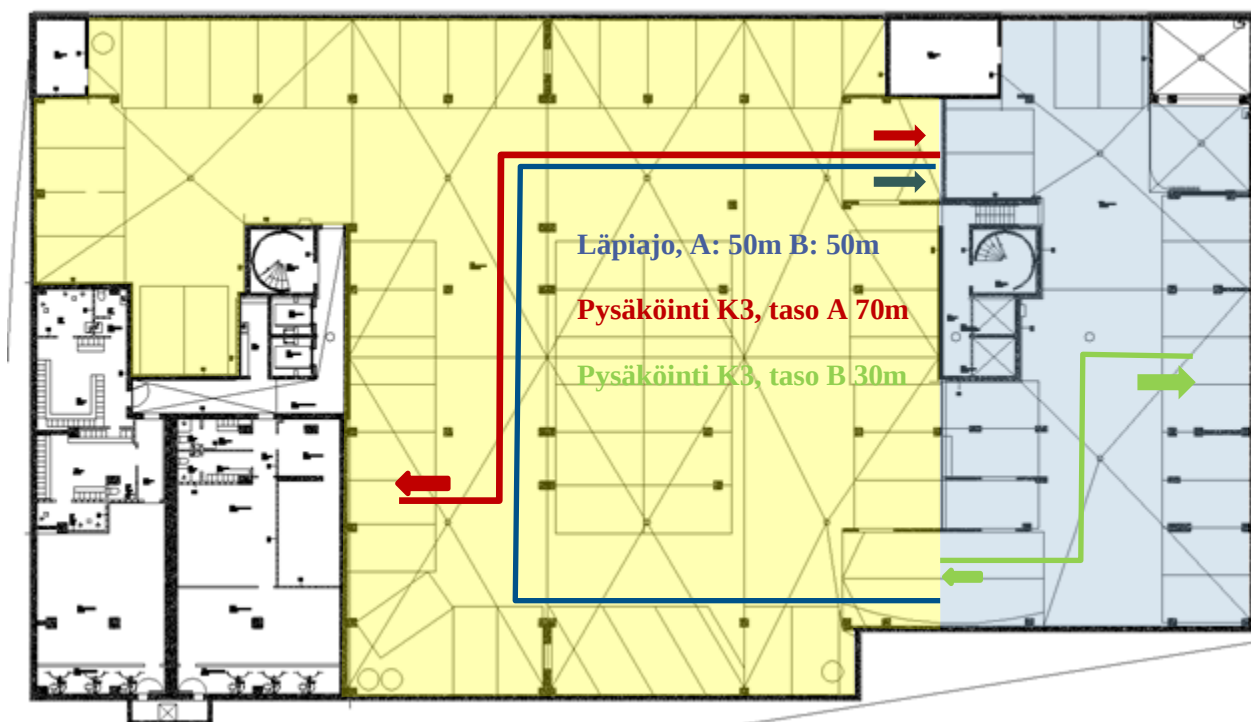
Pysäköintihallissa ei ole sähköpistorasioita moottorilämmittimille, jolloin käynnistettävät ajoneuvot ovat yli 2 tunnin pysäköinnin jäljiltä sisäilman lämpötilassa. Puolilämpimän maanalaisen pysäköintihallin sisäilman lämpötilan arvioitiin olevan yli +5 °C. Mitoittavaksi epäpuhtaudeksi arvioitiin hiilimonoksidi. Toimistorakennuksen pysäköintihallissa oleskellaan vain lyhytaikaisesti, alle 15 minuuttia yhtäjaksoisesti.



Kuva 4. Toimistorakennuksen pysäköintihallin kerroksen K1 A- (34 pysäköintipaikkaa) ja B-tason (16 pysäköintipaikka) pohjakuva, johon on merkitty keltaisella ja sinisellä mitoitettavat kerrostasot, punaisella viivalla A-tason keskimääräinen sisään- ja ulosajoreitti (70 m), vihreällä viivalla B-tason keskimääräinen sisään- ja ulosajoreitti (30 m) ja sinisellä viivalla läpiajoreitti (A-tasolla 70 m ja B-tasolla 50 m, joista 10 m ylös/alasajoa) pysäköintihallin toisiin kerroksiin.



Kuva 5. Toimistorakennuksen pysäköintihallin kerroksen K2 A- (63 pysäköintipaikkaa) ja B-tason (16 pysäköintipaikka) pohjakuva, johon on merkitty keltaisella ja sinisellä mitoitettavat kerrostasot, punaisella viivalla A-tason keskimääräinen sisään- ja ulosajoreitti (70 m), vihreällä viivalla B-tason keskimääräinen sisään- ja ulosajoreitti (30 m) ja sinisellä viivalla läpiajoreitti (A-tasolla 70 m ja B-tasolla 50 m, joista 10 m ylös/alasajoa) pysäköintihallin toisiin kerroksiin.



Kuva 6. Toimistorakennuksen pysäköintihallin kerroksen K3 A- (54 pysäköintipaikkaa) ja B-tason (16 pysäköintipaikka) pohjakuva, johon on merkitty keltaisella ja sinisellä mitoitettavat kerrostasot, punaisella viivalla A-tason keskimääräinen sisään- ja ulosajoreitti (50 m), vihreällä viivalla B-tason keskimääräinen sisään- ja ulosajoreitti (30 m) ja sinisellä viivalla läpiajoreitti (A-tasolla 70 m, josta 10 m ylös/alasajoa) pysäköintihallin toisiin kerroksiin.

Moottoriajoneuvosuojaan sisäilman epäpuhtauskuormituksen määrittäminen

Lasketaan pysäköintihallin kerrostason sisäilman epäpuhtauskuormitus arki-iltapäivän tuntina yllä olevien lähtötietojen ja liitteen 1 taulukon 7 henkilöautojen eri käyttötilanteiden pakokaasujen epäpuhtausmäärien perusteella (liite 3):

K1 A-taso

- puolilämpimät käynnistykset 17 henkilöautoa * 15 g/käynnistys = 255,0 g
- ulosajo tasaisella 17 henkilöautoa * 80 m * 0,0008 g/m = 1,1 g
(ulosajossa oletetaan kuljettajan ajavan 10 m pidempään kuin laskennallinen reitti auton kääntämisen takia)
- läpiajo ulos tasaisella toiselta kerrostasolta 83 henkilöautoa * 60 m * 0,0008 g/m = 4,0 g
- ulos-/läpiajo ylämäkeen (17+83) henkilöautoa * 10 m * 0,0008 g/m * 2,5 = 2,0 g
(2,5 on päästökerroin ylämäkeä ajettaessa)
- tyhjäkäynti 17 henkilöautoa * 0,2 g/min * 0,5 min = 1,7 g
- epäpuhtauskuormitus kerrostason sisäilmaan on yhteensä **263 g/tunti** eli noin **73,3 mg/s**

Poistoilmamäärän laskeminen epäpuhtauksien tasapainotilanteessa (kaava 1)

Moottoriajoneuvosuoja suunnitellaan alipaineiseksi $q_{tulo} = 0,9 * q_{poisto}$ ja korvausilma tulee ulkoa $q_{korvaus} = 0,1 * q_{poisto}$ ja $C_{korvaus} = C_{tulo}$, jolloin kaavasta 1 saadaan:

$$q_{poisto} = \frac{G}{(C_{poisto} - C_{tulo})}$$

jossa,

q_{poisto} on poistoilmavirta (dm^3/s)/ m^2

C_{tulo} = tuloilman epäpuhtauspitoisuus (mg/m^3)

C_{poisto} = poistoilman epäpuhtauspitoisuus (mg/m^3)

G = epäpuhtauskuormitus moottoriajoneuvosuojaan (mg/s)

Tuloilman epäpuhtauspitoisuuteen C_{tulo} huomioidaan ilmanvaihdon pyörivä lämmön talteenottolaite, joten tuloilmasta on 6 % poistoilman ohivirtausta eli $C_{tulo} = 0,94 * C_{ulko} + 0,06 * C_{poisto}$. Ulkoilman epäpuhtauspitoisuutena käytetään pääkaupunkiseudulla vuonna 2014 mitattua korkeita ulkoilman hiilimonoksidin tuntikeskiarvoa $4,0 mg/m^3$. Poistoilman epäpuhtauspitoisuutena C_{poisto} käytetään hiilimonoksidin yhden tunnin keskiarvopitoisuutta $35 mg/m^3$.

$$\begin{aligned} q_{poisto} &= \frac{G}{(C_{poisto} - (0,94 * C_{ulko} + 0,06 * C_{poisto}))} = \frac{73,3 mg/s}{(35 - (0,94 * 4 + 0,06 * 35))mg/m^3} \\ &= 2,51 \frac{m^3}{s} = \frac{2510 \frac{dm^3}{s}}{1140 m^2} = 2,21 dm^3/s, m^2 \end{aligned}$$

Moottoriajoneuvosuojan kaikkiin muihin kerrostasoihin virtaa ilmanvaihtojärjestelmän aikaansaaman alipaineen vaikutuksesta korvausilmaa toisen kerrostason läpi. Tällöin korvausilman CO-pitoisuus oletetaan olevan sama kuin hiilimonoksidin yhden tunnin keskiarvopitoisuus, eli $C_{korvaus} = C_{poisto} = 35 \frac{mg}{m^3}$. Kun huomioidaan korvausilman virtaaminen toisen kerrostason läpi sekä pyörivä lämmön talteenottolaite saadaan kaavasta 1:

$$0,9 * q_{poisto} * C_{tulo} + 0,1 * q_{poisto} * C_{poisto} + G = q_{poisto} * C_{poisto}$$

$$0,9 * q_{poisto} * C_{poisto} - 0,9 * q_{poisto} * C_{tulo} = G$$

$$q_{poisto} = \frac{G}{(0,9 * C_{poisto} - 0,9 * C_{tulo})} = \frac{G}{(0,9 * C_{poisto} - 0,9 * (0,94 * C_{ulko} + 0,06 * C_{poisto}))}$$

Taulukossa 6 on esitetty kaikkien kerrostasojen vastaavasti lasketut tulokset.

Taulukko 6. Monikerroksisen moottoriajoneuvosuojaan esimerkkilaskelman tulokset.

Kerrostaso	Pinta-ala m ²	Epäpuhtauskuormitus mg/s	Ilmamäärä m ³ /s	Ilmamäärä dm ³ /s,m ²
K1 A-taso	1140	73,3	2,51	2,21
K1 B-taso	497	36,6	1,38	2,78
K2 A-taso	1815	137,7	5,25	2,89
K2 B-taso	497	35,9	1,37	2,75
K3 A-taso	1510	116,3	4,43	2,94
K3 B-taso	500	33,6	1,28	2,56
Yhteensä	5959	432,9	16,23	2,72

Ajorampin mahdollinen koneellinen ilmanvaihto mitoitetaan samalla periaatteella.

Laskelman lopputulos

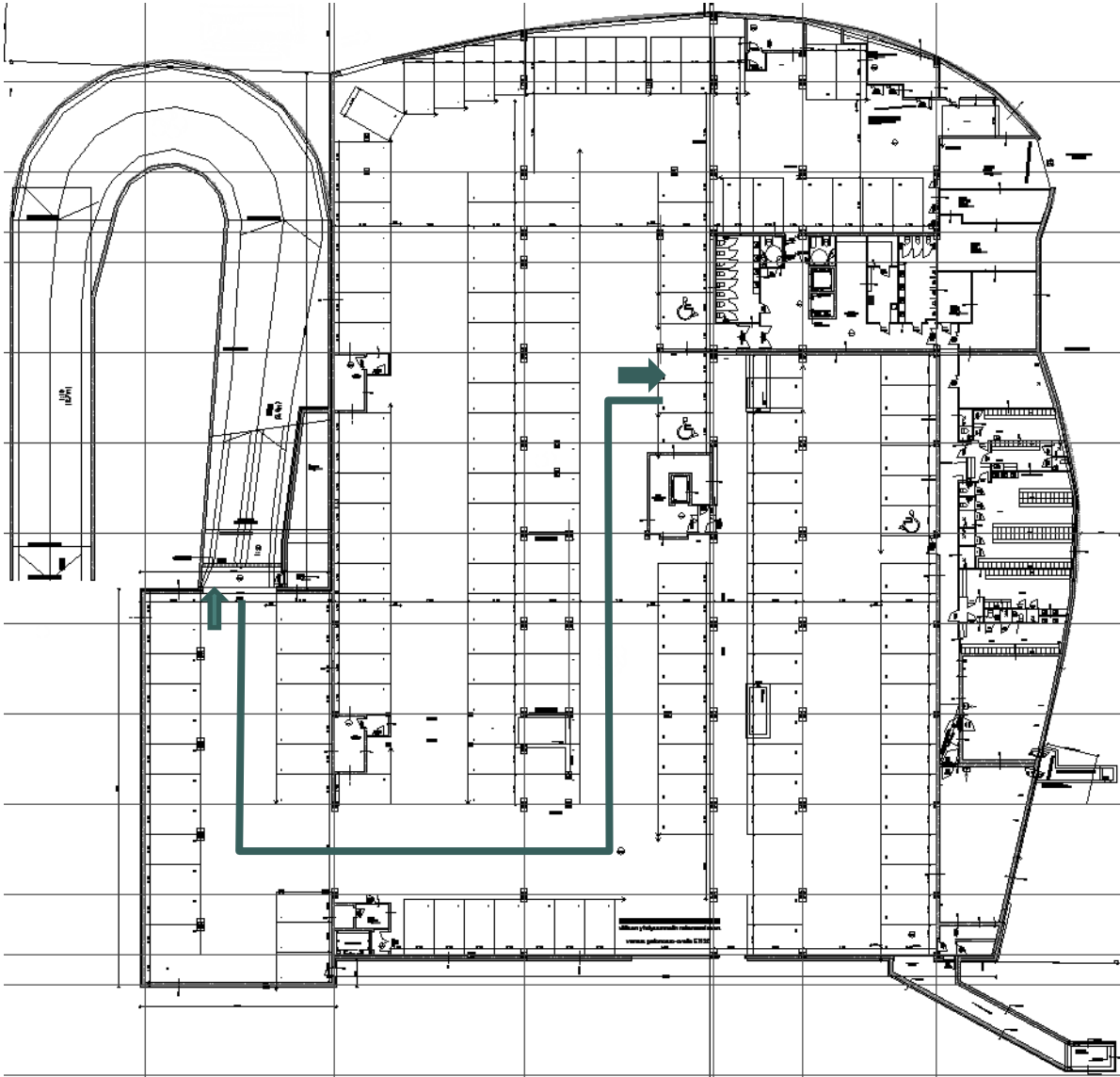
Laskelman keskiarvotulos $2,72 \text{ dm}^3/\text{s}, \text{m}^2$ on taulukossa 4 esitettyä neliöpohjaista vähimmäisarvoa $2,7 \text{ dm}^3/\text{s}, \text{m}^2$ noin 1 % suurempi. Alimmalla kerrostasolla, jossa liikennöinti on vähäistä, on mitoitussarvo noin 19 % taulukossa 4 esitettyä neliöpohjaista vähimmäisarvoa pienempi.

Vastaava mitoitustaulukko laadittiin myös vaihtoehtoisille ratkaisuille, jotta nähdään miten mitoitustilavuus muuttuu. Vaihtoehtoisten ratkaisujen mitoitustilavuuksiin saatiin:

- lämmittämätön (<+5 °C) moottoriajoneuvosuoja, poistoilmavirta $4,51 \text{ dm}^3/\text{s}, \text{m}^2$
- puolilämmin (+5...+17 °C) moottoriajoneuvosuoja, poistoilmavirta $2,72 \text{ dm}^3/\text{s}, \text{m}^2$
- lämmin (>+17 °C) moottoriajoneuvosuoja, poistoilmavirta $0,57 \text{ dm}^3/\text{s}, \text{m}^2$

6.3 Liikerakennuksen moottoriajoneuvosuoja

Liikerakennuksen moottoriajoneuvosuojan esimerkkilaskelma laadittiin puolilämpimälle maanalaiselle pysäköintihallin kerrokselle (kuva 7), jonka laajuus on 4677 m² (162 autopaikkaa).



Kuva 7. Liikerakennuksen pysäköintihallin pohjakuva, johon on sinisellä viivalla keskimääräinen sisään- ja ulosajoreitti (80 m).

Liikerakennuksen pysäköintihallin ilmanvaihdon mitoittavaksi käyttötilanteeksi arvioidaan ruuhkatunti, jolloin 50 % pysäköintikapasiteettia vastaava määrä paikoista vaihtuu ajoneuvo (taulukko 5 Muu rakennus pysäköintiaika 1-2h, 81 henkilöauton sisään- ja ulosajoa). Pysäköintihallissa ei ole läpiajtoa toiselta kerrokselta. Ulosajoramppi kerroksella on 15 m (sisään alamäkiajtoa ja ulos ylämäkiajtoa). Tyhjäkäyntiajaksi oletetaan 30 s/ajoneuvo. Oletetaan, että liikenneohjausjärjestelmä vähentää ylimääräistä ajoa tyhjää paikkaa etsittäessä.

Käynnistettävät ajoneuvot ovat alle 2 tunnin pysäköinnin jäljiltä hieman sisäilmaa lämpimämpiä. Puolilämpimän maanalaisen pysäköintihallin sisäilman lämpötilan arvioitiin olevan talvella yli +5

°C. Mitoittavaksi epäpuhtaudeksi arvioitiin hiilimonoksidi. Liikerakennuksen pysäköintihallissa oleskellaan vain lyhytaikaisesti, alle 15 minuuttia yhtäjaksoisesti.

Moottoriajoneuvosuojaan sisäilman epäpuhtauskuormituksen määrittäminen

Lasketaan pysäköintihallin kerrostason sisäilman epäpuhtauskuormitus yllä olevien lähtötietojen ja liitteen 1 taulukon 7 henkilöautojen eri käyttötilanteiden pakokaasujen epäpuhtausmäärien perusteella (liite 4):

- sisäänajo tasaisella 81 henkilöautoa * 100 m * 0,001 g/m = 8,1 g
(sisäänajossa oletetaan kuljettajan ajavan 20 m pidempään kuin laskennallinen reitti auton kääntämisen takia)
- puolilämpimät käynnistykset 81 henkilöautoa * 10,0 g/käynnistys = 810,0 g
(pysäköinnin keskimääräinen pituus alle 2 tuntia)
- ulosajo tasaisella 81 henkilöautoa * 90 m * 0,0008 g/m = 5,8 g
(ulosajossa oletetaan kuljettajan ajavan 10m pidempään kuin laskennallinen reitti auton kääntämisen takia)
- sisäänajo alamäkeen rampissa 81 henkilöautoa * 15 m * 0,001 g/m * 0,2 = 0,2 g
(0,2 on päästökerroin alamäkeä ajettaessa)
- ulosajo ylämäkeen rampissa 81 henkilöautoa * 15 m * 0,0008 g/m * 2,5 = 2,4 g
(2,5 on päästökerroin ylämäkeä ajettaessa)
- tyhjäkäynti 81 henkilöautoa * 0,2 g/min * 0,5 min = 8,1 g
- epäpuhtauskuormitus kerrostason sisäilmaan on yhteensä **834,7 g/tunti** eli noin **231,9 mg/s**

Poistoilmamäärän laskeminen epäpuhtauksien tasapainotilanteessa (kaava 1)

Moottoriajoneuvosuoja suunnitellaan alipaineiseksi $q_{tulo} = 0,9 * q_{poisto}$ ja korvausilma on ulkoilmaa $q_{korvaus} = 0,1 * q_{poisto}$ ja $C_{korvaus} = C_{tulo}$, jolloin kaavasta 1 saadaan:

$$q_{poisto} = \frac{G}{(C_{poisto} - C_{tulo})}$$

jossa,

q_{poisto} on poistoilmavirta (dm^3/s)/ m^2

C_{tulo} = tuloilman epäpuhtauspitoisuus (mg/m^3)

C_{poisto} = poistoilman epäpuhtauspitoisuus (mg/m^3)

G = epäpuhtauskuormitus moottoriajoneuvosuojaan (mg/s)

Tuloilman epäpuhtauspitoisuuteen C_{tulo} huomioidaan ilmanvaihdon pyörivä lämmön talteenottolaite, joten tuloilmasta on 6 % poistoilman ohivirtausta eli $C_{tulo} = 0,94 * C_{ulko} + 0,06 * C_{poisto}$. Ulkoilman epäpuhtauspitoisuutena käytetään pääkaupunkiseudulla vuonna 2014 mitattua korkeinta ulkoilman hiilimonoksidin tuntikeskiarvoa $4,0 \text{ mg}/\text{m}^3$. Poistoilman epäpuhtauspitoisuutena C_{poisto} käytetään hiilimonoksidin yhden tunnin keskiarvopitoisuutta $35 \text{ mg}/\text{m}^3$.

$$q_{poisto} = \frac{G}{(C_{poisto} - (0,94 * C_{ulko} + 0,06 * C_{poisto}))} = \frac{231,9 \text{ mg/s}}{(35 - (0,94 * 4 + 0,06 * 35)) \text{ mg/m}^3}$$

$$= 7,96 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} = \frac{7960 \frac{\text{dm}^3}{\text{s}}}{4677 \text{ m}^2} = 1,70 \text{ dm}^3/\text{s}, \text{m}^2$$

Ajorampin mahdollinen koneellinen ilmanvaihto mitoitetaan samalla periaatteella.

Laskelman lopputulos

Laskelman lopputulos $1,70 \text{ dm}^3/\text{s}, \text{m}^2$ on taulukossa 4 esitettyä neliöpohjaista vähimmäisarvoa $3,6 \text{ dm}^3/\text{s}, \text{m}^2$ noin 53 % pienempi.

Vastaava mitoituslaskelma laadittiin myös vaihtoehtoisille ratkaisuille, jotta nähdään miten mitoitusilmavirta muuttuu. Vaihtoehtoisten ratkaisujen mitoitusilmavirroiksi saatiin:

- lämmittämätön (<+5 °C) moottoriajoneuvosuoja, pysäköintiaika >2 tuntia, poistoilmavirta $2,12 \frac{\text{dm}^3}{\text{s}}, \text{m}^2$
- lämmittämätön (<+5 °C) moottoriajoneuvosuoja, pysäköintiaika 1-2 tuntia, poistoilmavirta $2,04 \frac{\text{dm}^3}{\text{s}}, \text{m}^2$
- lämmittämätön (<+5 °C) moottoriajoneuvosuoja, pysäköintiaika <1 tunti, poistoilmavirta $3,07 \frac{\text{dm}^3}{\text{s}}, \text{m}^2$

- puolilämmin (+5...+17 °C) moottoriajoneuvosuoja, pysäköintiaika >2 tuntia, poistoilmavirta $1,28 \frac{\text{dm}^3}{\text{s}}, \text{m}^2$
- puolilämmin (+5...+17 °C) moottoriajoneuvosuoja, pysäköintiaika 1-2 tuntia, poistoilmavirta $1,70 \frac{\text{dm}^3}{\text{s}}, \text{m}^2$
- puolilämmin (+5...+17 °C) moottoriajoneuvosuoja, pysäköintiaika <1 tunti, poistoilmavirta $2,56 \frac{\text{dm}^3}{\text{s}}, \text{m}^2$

- lämmin (>+17 °C) moottoriajoneuvosuoja, pysäköintiaika >2 tuntia, poistoilmavirta $0,27 \frac{\text{dm}^3}{\text{s}}, \text{m}^2$
 - o huomioitavaa on, että kun mitoitusarvo (tässä $0,27 \text{ dm}^3/\text{s}, \text{m}^2$) alittaa ympäristöministeriön uuden rakennuksen sisäilmastosta ja ilmanvaihdosta annetussa asetuksessa (1009/2017) 9 §:ssä esitetyn ulkoilmavirran vähimmäisarvon $0,35 \text{ dm}^3/\text{s}, \text{m}^2$ tulisi moottoriajoneuvosuojan ilmavirran suunnitteluarvona käyttää vähimmäisarvoa

- lämmin (>+17 °C) moottoriajoneuvosuoja, pysäköintiaika 1-2 tuntia, poistoilmavirta $0,54 \frac{\text{dm}^3}{\text{s}}, \text{m}^2$
- lämmin (>+17 °C) moottoriajoneuvosuoja, pysäköintiaika <1 tunti, poistoilmavirta $0,81 \frac{\text{dm}^3}{\text{s}}, \text{m}^2$

7 LIITTEET

Liite 1 Moottoriajoneuvojen pakokaasujen epäpuhtausmääriä

Taulukoihin 7-11 on koottu eri ajoneuvotyyppien pakokaasujen epäpuhtausmääriä erilaisissa käyttötilanteissa. Taulukoiden arvoja voidaan käyttää arvioitaessa moottoriajoneuvosuojan sisäilmaan tulevia epäpuhtausmääriä.

Ajoneuvojen käynnistyksestä, ajamisesta (kylmä ja lämmin) ja tyhjäkäynnistä aiheutuvat pakokaasupäästöt on laskettu VTT:n LIISA 2012 raportin sekä LIPASTO 2016 yksikköpäästötietokannan päästöarvojen avulla. Ajoneuvojen ajossa tuottamien päästöjen laskennan lähtötietona on käytetty LIPASTO yksikköpäästötietokannan arvoja ylöspäin pyöristäen. Kylmänä ajon päästöt on saatu kylmäpäästökertoimen avulla. Käynnistyksestä eri lämpötiloissa ja tyhjäkäynnistä aiheutuva päästö on laskettu LIISA 2012 raportin Liitteen E taulukosta: ”Päästöt käynnistyksistä ja kylmänä ajon lisäpäästö”. Kylmän moottoriajoneuvosuojan päästölaskennan pohjana on käytetty -10 °C lämpötilassa mitattuja päästöarvoja. Puolilämpimän moottoriajoneuvosuojan laskennan pohjana on käytetty talvikäynnistys esilämmitettynä (0 °C) päästöjä ja lämpimälle hallille kesäkäynnistys (+20 °C) päästöarvoja. Ajolle ylä- ja alamäkeen käytetään IEQp1 Minimum Indoor Air Quality Performance oppaan tietojen pohjalta laskettua päästökerrointa.

Taulukko 7. Henkilöautojen pakokaasujen epäpuhtausmäärät erilaisissa käyttötilanteissa.

Käyttötilanne	Moottoriajoneuvosuojan talven lämpötila	Epäpuhtaus			
		Hiilimonoksidi CO		Tyypen oksidit NO _x	
		Pysäköinnin keskimääräinen pituus ¹⁾			
		<2h	>2h	<2h	>2h
Käynnistys, g	Lämmittämätön (< +5 °C)	12,0	25,0	0,72	0,75
	Puolilämmin (+5...+17 °C)	10,0	15,0	0,20	0,21
	Lämmin (> +17 °C)	3,0	3,0	0,23	0,23
Ulosajo ²⁾ , g/m	Lämmittämätön (< +5 °C)				
	Puolilämmin (+5...+17 °C)	0,0012	0,0012	0,0005	0,0005
	Lämmin (> +17 °C)	0,0008	0,0008	0,0006	0,0006
Sisäänajo ²⁾ , g/m		0,001		0,001	
Tyhjäkäynti g/min		0,20		0,10	

¹⁾ Moottorilämmitintä käytettäessä käytetään arvoa pysäköinnin pituus < 2 h

²⁾ Henkilöauton ylämäkeen ajolle käytetään päästökerrointa 2,5. Alamäkeen ajolle käytetään päästökerrointa 0,2.

Taulukko 8. Pakettiautojen keskimääräiset pakokaasujen epäpuhtausmäärät erilaisissa käyttötilanteissa.

Käyttötilanne	Moottoriajoneuvosuojan talven lämpötila	Epäpuhtaus			
		Hiilimonoksidi CO		Typen oksidit NO _x	
		Pysäköinnin keskimääräinen pituus			
		<2h	>2h	<2h	>2h
Käynnistys, g	Lämmittämätön (< +5 °C)	2,0	3,0	2,0	2,0
	Puolilämmin (+5...+17 °C)	1,0	2,0	1,0	1,0
	Lämmin (> +17 °C)	2,0	2,0	2,0	2,0
Ulosajo ¹⁾ , g/m	Lämmittämätön (< +5 °C)				
	Puolilämmin (+5...+17 °C)	0,0005	0,0005	0,0011	0,0011
	Lämmin (> +17 °C)	0,0005	0,0005	0,0011	0,0011
Sisäänajo ¹⁾ , g/m		0,001		0,001	
Tyhjäkäynti g/min		0,10		0,10	

¹⁾ Pakettiauton ylämäkeen ajolle käytetään päästökerrointa 2,5. Alamäkeen ajolle käytetään päästökerrointa 0,2.

Taulukko 9. Linja-autojen keskimääräiset pakokaasujen epäpuhtausmäärät erilaisissa käyttötilanteissa.

Käyttötilanne	Moottoriajoneuvosuojan talven lämpötila	Epäpuhtaus			
		Hiilimonoksidi CO		Typen oksidit NO _x	
		Pysäköinnin keskimääräinen pituus			
		<2h	>2h	<2h	>2h
Käynnistys, g	Lämmittämätön (< +5 °C)	13,0	31,0	3,0	3,0
	Puolilämmin (+5...+17 °C)	7,0	18,0	3,0	3,0
	Lämmin (> +17 °C)	9,0	9,0	5,0	5,0
Ulosajo ¹⁾ , g/m	Lämmittämätön (< +5 °C)				
	Puolilämmin (+5...+17 °C)	0,0017	0,0017	0,0034	0,0034
	Lämmin (> +17 °C)	0,0018	0,0018	0,0036	0,0036
Sisäänajo ¹⁾ , g/m		0,001		0,004	
Tyhjäkäynti g/min		0,70		1,00	

¹⁾ Linja-auton ylämäkeen ajolle käytetään päästökerrointa 2,5. Alamäkeen ajolle käytetään päästökerrointa 0,2.

Taulukko 10. Kuorma-autojen (ilman peräkärryä) keskimääräiset pakokaasujen epäpuhtausmäärät erilaisissa käyttötilanteissa.

Käyttötilanne	Moottoriajoneuvosuojaan talven lämpötila	Epäpuhtaus			
		Hiilimonoksidi		Typen oksidit	
		CO		NO _x	
		Pysäköinnin keskimääräinen pituus			
		<2h	>2h	<2h	>2h
Käynnistys, g	Lämmittämätön (< +5 °C)	8,0	19,0	2,0	2,0
	Puolilämmin (+5...+17 °C)	4,0	9,0	2,0	2,0
	Lämmin (> +17 °C)	6,0	6,0	3,0	3,0
Ulosajo ¹⁾ , g/m	Lämmittämätön (< +5 °C)				
	Puolilämmin (+5...+17 °C)	0,0022	0,0022	0,0035	0,0035
	Lämmin (> +17 °C)	0,0023	0,0023	0,0037	0,0037
Sisäänajo ¹⁾ , g/m		0,001		0,004	
Tyhjäkäynti g/min		0,50		0,70	

¹⁾ Kuorma-auton ylämäkeen ajolle käytetään päästökerrointa 2,5. Alamäkeen ajolle käytetään päästökerrointa 0,2.

Taulukko 11. Kuorma-autojen (peräkärryllä) keskimääräiset pakokaasujen epäpuhtausmäärät erilaisissa käyttötilanteissa.

Käyttötilanne	Moottoriajoneuvosuojaan talven lämpötila	Epäpuhtaus			
		Hiilimonoksidi CO		Typen oksidit NO _x	
		Pysäköinnin keskimääräinen pituus			
		<2h	>2h	<2h	>2h
Käynnistys, g	Lämmittämätön (< +5 °C)	9,0	22,0	2,0	2,0
	Puolilämmin (+5...+17 °C)	3,0	8,0	1,0	1,0
	Lämmin (> +17 °C)	7,0	7,0	4,0	4,0
Ulosajo ¹⁾ , g/m	Lämmittämätön (< +5 °C)				
	Puolilämmin (+5...+17 °C)	0,0052	0,0052	0,0087	0,0087
	Lämmin (> +17 °C)	0,0055	0,0055	0,0092	0,0092
Sisäänajo ¹⁾ , g/m		0,002		0,009	
Tyhjäkäynti g/min		0,60		0,80	

¹⁾ Kuorma-auton ylämäkeen ajolle käytetään päästökerrointa 2,5. Alamäkeen ajolle käytetään päästökerrointa 0,2.

Liite 2 Asuinkerrostalon esimerkkilaskelma

Moottoriajoneuvosuojaan ilmanvaihdon mitoitustaulukko

Kohde	Malli Asuinkerrostalo
Laatija	Oskari Loikkanen / Optiplan Oy
Päivämäärä	16.2.2018

Moottoriajoneuvosuojaan sisäilman epäpuhtauskuormituksen määrittäminen

Alue	Vasen osa
Alueen laajuus	1 870,0 m ²
Autopaikkoja alueella	59 kpl
Käyttötarkoitus	asuinkerrostalo
Ulosajojen oletusmäärä	30 %
Ajoneuvotyyppi	100% henkilöautoja
Sisälämpötila talvella	+5...+17 °C
Sähköpistorasiat	ei ole
Mitoitettava käyttötilanne	arkiaamun tunti, talvi
Mitoitettava epäpuhtaus	hiilimonoksidi, CO
Oleskeluaika	lyhytaikainen
Mitoituskriteeri	35 mg/m ³
Ulkoilman epäpuhtauspitoisuus	4 mg/m ³

Puoliilämmin

Sisäänajo, yhteensä	0,0 g/tunti	
Sisäänajojen määrä	0 kpl	taulukko 5, asuinrakennus 0% autopaikoista
Sisäänajon pituus	80 m	mitattu pohjakuvista keskimääräinen sisäänajon pituus + 20 m
Sisäänajon epäpuhtausmäärä	0,001 g/m	taulukko 7, sisäänajo, CO

Käynnistys, yhteensä	270,0 g/tunti	
Käynnistysten määrä	18 kpl	taulukko 5, asuinrakennus 30% autopaikoista (pyörästys ylöspäin)
Käynnistysen epäpuhtausmäärä	15,0 g	taulukko 7, käynnistys, CO, pysäköinnin kesto > 2h

Ulosajo tasaisella yhteensä	1,0 g/tunti	
Ulosajojen tasaisella määrä	18 kpl	taulukko 5, asuinrakennus 30% autopaikoista (pyörästys ylöspäin)
Ulosajon tasaisella pituus	70 m	mitattu pohjakuvista keskimääräinen ulosajon pituus + 10 m
Ulosajon tasaisella epäpuhtausmäärä	0,0008 g/m	taulukko 7, ulosajo, CO, pysäköinnin kesto > 2h

Läpialajo sisään yhteensä	0,0 g/tunti	
Läpialajojen sisään tasaisella määrä	0 kpl	taulukko 5, asuinrakennus 0% autopaikoista (pyörästys ylöspäin)
Läpialajon sisään tasaisella pituus	15 m	mitattu pohjakuvista keskimääräinen läpialajon pituus
Läpialajon sisään tasaisella epäpuhtausmäärä	0,001 g/m	taulukko 7, sisäänajo, CO

Läpialajo ulos tasaisella yhteensä	0,3 g/tunti	
Läpialajojen ulos tasaisella määrä	24 kpl	taulukko 5, asuinrakennus 30% autopaikoista (pyörästys ylöspäin)
Läpialajon ulos tasaisella pituus	15 m	mitattu pohjakuvista keskimääräinen läpialajon pituus
Läpialajon ulos tasaisella epäpuhtausmäärä	0,0008 g/m	taulukko 7, ulosajo, CO, pysäköinnin kesto > 2h

Sisään-/läpialajo ylä-/alamäkeen yhteensä	0,0 g/tunti	
Sisään-/läpialajojen ylä-/alamäkeen määrä	0 kpl	taulukko 5, asuinrakennus 0% autopaikoista (pyörästys ylöspäin)
Sisään-/läpialajon ylä-/alamäkeen pituus	10 m	mitattu pohjakuvista keskimääräinen alamäkeen ajon pituus
Sisään-/läpialajon ylä-/alamäkeen epäpuhtausmäärä	0,0002 g/m	taulukko 7, sisäänajo, CO, alamäkeen päästökerroin 0,2

Ulos-/läpialajo ylä-/alamäkeen yhteensä	0,8 g/tunti	
Ulos-/läpialajojen ylä-/alamäkeen määrä	42 kpl	taulukko 5, asuinrakennus 30% autopaikoista (pyörästys ylöspäin)
Ulos-/läpialajon ylä-/alamäkeen pituus	10 m	mitattu pohjakuvista keskimääräinen ylämäkeen ajon pituus
Ulos-/läpialajon ylä-/alamäkeen epäpuhtausmäärä	0,002 g/m	taulukko 7, ulosajo, CO, pysäköinnin kesto > 2h, ylämäen päästökerroin 2,5

Tyhjäkäynti yhteensä	4,2 g/tunti	
Tyhjäkäyntiaika	0,5 min	keskimääräinen tyhjäkäyntiaika
Tyhjäkäyntien määrä	42 kpl	taulukko 5, asuinrakennus 30% autopaikoista (pyörästys ylöspäin)
Tyhjäkäynnin epäpuhtausmäärä	0,20 g/min	taulukko 7, tyhjäkäynti, CO

Epäpuhtauskuormitus yhteensä	276,3 g/tunti
	76,8 mg/s

Moottoriajoneuvosuojaan poistoilmamäärän laskeminen epäpuhtauksien tasapainotilanteessa

Poistoilmavirta	2,48 m³/s	kaava 1
	1,32 dm³/s, m²	

Neliöpohjaisella	1,68 m³/s
Neliöpohjaisella	0,90 dm³/s, m² taulukko 4, asuintalojen paikoitustilat

Liite 3 Toimistorakennuksen esimerkkilaskelma

Moottorijoneuvosuojan ilmanvaihdon mitoitusaulukko

Kohde **Malli Asuinkerrostalo**
 Laajitus **Oskari Loikkanen / Optiplan Oy**
 Päivämäärä **16.2.2018**

Moottorijoneuvosuojan sisäilman epäpuhtauskuormituksen määrittäminen

Alue	Kaikki	K1A	K1B	K2A	K2B	K3A	K3B	
Alueen laajuus	5 959,0 m ²	1 140	497	1 815	497	1 510	500	
Autopaikkoja alueella	199 kpl	34	16	63	16	54	16	
Käyttötarkoitus	toimistorakennus							
	100%							
Ajoneuvotyyppi	henkilöautoja							
Sisälämpötila talvella	+5...+17 °C							
Sähköpistorasiat	ei ole							
	arki-iltapäivän							
Mitoitettava käyttötilanne	tunti, talvi							taulukko 5, toimistorakennus
Mitoitettava epäpuhtaus	hiilimonoksidi, CO							
Oleskeluaika	lyhytaikainen							alle 15 minuuttia yhtäjaksoisesti
Mitoituskriteeri	35 mg/m ³							sisäilman hiilimonoksidin korkein sallittu tunnin keskiarvopitoisuus
Ulkoilman epäpuhtauspitoisuus	4 mg/m ³							ulkoilman (PKS 2014) hiilimonoksidin korkein tunnin keskiarvopitoisuus

Sisäänajo, yhteensä	g/tunti	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
Sisäänajojen määrä	kpl	0	0	0	0	0	0	taulukko 5, toimistorakennus 0% autopaikoista
Sisäänajon pituus	m	90	50	90	50	70	50	mitattu pohjakuvista keskimääräinen sisäänajon pituus + 20 m
Sisäänajon epäpuhtausmäärä	g/m	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	taulukko 7, sisäänajo, CO
Käynnistys, yhteensä	g/tunti	255,0	120,0	480,0	120,0	405,0	120,0	
Käynnistysten määrä	kpl	17	8	32	8	27	8	taulukko 5, toimistorakennus 50% autopaikoista (pyöritys ylöspäin)
Käynnistysten epäpuhtausmäärä	g	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	taulukko 7, käynnistys, puoliämmin, CO, pysäköinnin kesto > 2h
Ulosajo tasaisella yhteensä	g/tunti	1,1	0,3	2,0	0,3	1,3	0,3	
Ulosajojen tasaisella määrä	kpl	17	8	32	8	27	8	taulukko 5, toimistorakennus 50% autopaikoista (pyöritys ylöspäin)
Ulosajon tasaisella pituus	m	80	40	80	40	60	40	mitattu pohjakuvista keskimääräinen ulosajon pituus + 10 m
Ulosajon tasaisella epäpuhtausmäärä	g/m	0,0008	0,0008	0,0008	0,0008	0,0008	0,0008	taulukko 7, ulosajo, puoliämmin, CO, pysäköinnin kesto > 2h
Läpiajo sisään yhteensä	g/tunti	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
Läpiajojen sisään tasaisella määrä	kpl	0	0	0	0	0	0	taulukko 5, toimistorakennus 0% autopaikoista
Läpiajojen sisään tasaisella pituus	m	60	40	60	40	60	0	mitattu pohjakuvista keskimääräinen läpiajojen pituus
Läpiajojen sisään tasaisella epäpuhtausmäärä	g/m	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	taulukko 7, sisäänajo, CO
Läpiajo ulos tasaisella yhteensä	g/tunti	4,0	5,6	6,9	4,9	6,4	0,0	
Läpiajojen ulos tasaisella määrä	kpl	83	174	143	152	133	156	taulukko 5, toimistorakennus 50% autopaikoista (pyöritys ylöspäin)
Läpiajojen ulos tasaisella pituus	m	60	40	60	40	60	0	mitattu pohjakuvista keskimääräinen läpiajojen pituus
Läpiajojen ulos tasaisella epäpuhtausmäärä	g/m	8E-04	0,0008	0,0008	0,0008	0,0008	0,0008	taulukko 7, ulosajo, puoliämmin, CO, pysäköinnin kesto > 2h
Sisään-/läpiajo ylä-/alamäkeen yhteensä	g/tunti	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
Sisään-/läpiajojen ylä-/alamäkeen määrä	kpl	0	0	0	0	0	0	taulukko 5, toimistorakennus 0% autopaikoista
Sisään-/läpiajojen ylä-/alamäkeen pituus	m	10	10	10	10	10	5	mitattu pohjakuvista keskimääräinen alamäkeen ajon pituus
Sisään-/läpiajojen ylä-/alamäkeen epäpuhtausmäärä	g/m	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	taulukko 7, sisäänajo, CO, alamäkeen päästökerroin 0,2
Ulos-/läpiajo ylä-/alamäkeen yhteensä	g/tunti	2,0	3,6	3,5	3,2	3,2	0,0	
Ulos-/läpiajojen ylä-/alamäkeen määrä	kpl	100	182	175	160	160	0	taulukko 5, toimistorakennus 50% autopaikoista (pyöritys ylöspäin)
Ulos-/läpiajojen ylä-/alamäkeen pituus	m	10	10	10	10	10	5	mitattu pohjakuvista keskimääräinen ylämäkeen ajon pituus
Ulos-/läpiajojen ylä-/alamäkeen epäp	1 g/m	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	taulukko 7, ulosajo, puoliämmin, CO, pysäköinnin kesto > 2h, ylämäen päästökerroin 2,5
Tyhjäkäynti yhteensä	g/tunti	1,7	0,8	3,2	0,8	2,7	0,8	
Tyhjäkäyntiaika	min	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	keskimääräinen tyhjäkäyntiaika
Tyhjäkäyntien määrä	kpl	17	8	32	8	27	8	taulukko 5, toimistorakennus 50% autopaikoista (pyöritys ylöspäin)
Tyhjäkäynnin epäpuhtausmäärä	g/min	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	taulukko 7, tyhjäkäynti, CO
Epäpuhtauskuormitus yhteensä	g/tunti	263,8	130,3	495,6	129,1	418,6	121,1	
	mg/s	73,3	36,2	137,7	35,9	116,3	33,6	

Moottorijoneuvosuojan poistoilmamäärän laskeminen epäpuhtauksien tasapainotilanteessa

Poistoilmavirta	16,23 m³/s	2,51	1,38	5,25	1,37	4,43	1,28	kaava 1
	2,72 dm³/s, m³	2,21	2,78	2,89	2,75	2,94	2,56	

Neliöpohjaisella

Poistoilmavirta	16,09 m³/s							
	2,70 dm³/s, m²							taulukko 4, toimisto- ja virastotilojen henkilökunnan paikoitustilat

Liite 4 Liikerakennuksen esimerkkilaskelma

Moottorijoneuvosuojan ilmanvaihdon mitoistaulukko

Kohde	Malli Liikerakennus
Laatija	Oskari Loikkanen / Optiplan Oy
Päivämäärä	16.2.2018

Moottorijoneuvosuojan sisäilman epäpuhtauskuormituksen määrittäminen

Alue	Kaikki	Kaikki	Kaikki	Kaikki	
Alueen laajuus	4 677,0 m ²	4 677,0	4 677,0	4 677,0	
Autopaikkoja alueella	162 kpl	162	162	162	
Käyttötarkoitus	liikerakennus	>2h	1-2h	<1h	pysäköintiaika
Sisäänajojen oletusmäärä autopaikoista		25 %	50 %	75 %	
Ulosajojen oletusmäärä autopaikoista		25 %	50 %	75 %	
Ajoneuvotyyppi	100% henkilöautoja				
Sisälämpötila talvella	+5...+17 °C				
Sähköpistorasiat	ei ole				
Mitoitettava käyttötilanne	ruuhkatunti, talvi				taulukko 5, muu rakennus
Mitoitettava epäpuhtaus	hiilimonoksidi, CO				
Oleskeluaika	lyhytaikainen				alle 15 minuuttia yhtäjaksoisesti
Mitoituskriteeri	35 mg/m ³				sisäilman hiilimonoksidin korkein sallittu tunnin keskiarvopitoisuus
Ulkoilman epäpuhtauspitoisuus	4 mg/m ³				ulkoilman (PKS 2014) hiilimonoksidin korkein tunnin keskiarvopitoisuus
Sisäänajo, yhteensä	8,1 g/tunti	4,1	8,1	12,2	
Sisäänajojen määrä	81 kpl	41	81	122	taulukko 5, muu rakennus
Sisäänajon pituus	100 m	100	100	100	mitattu pohjakuvista keskimääräinen sisäänajon pituus + 20 m
Sisäänajon epäpuhtausmäärä	0,001 g/m	0,001	0,001	0,001	taulukko 7, sisäänajo, CO
Käynnistyksen yhteensä	810,0 g/tunti	615,0	810,0	1220,0	
Käynnistysten määrä	81 kpl	41	81	122	taulukko 5, muu rakennus
Käynnistysajan epäpuhtausmäärä	10 g	15,0	10,0	10,0	taulukko 7, käynnistyksen, CO, pysäköinnin kesto <2h
Ulosajo tasaisella yhteensä	5,8 g/tunti	3,0	5,8	8,8	
Ulosajojen tasaisella määrä	81 kpl	41	81	122	taulukko 5, muu rakennus
Ulosajon tasaisella pituus	90 m	90	90	90	mitattu pohjakuvista keskimääräinen ulosajon pituus + 10 m
Ulosajon tasaisella epäpuhtausmäärä	0,0008 g/m	0,0008	0,0008	0,0008	taulukko 7, ulosajo, CO, pysäköinnin kesto <2h
Läpiajo sisään yhteensä	0,0 g/tunti	0,0	0,0	0,0	
Läpiajojen sisään tasaisella määrä	0 kpl	0	0	0	ei läpiajoa
Läpiajojen sisään tasaisella pituus	0 m	0	0	0	ei läpiajoa
Läpiajojen sisään tasaisella epäpuhtausmäärä	0 g/m	0	0	0	ei läpiajoa
Läpiajo ulos tasaisella yhteensä	0,0 g/tunti	0,0	0,0	0,0	
Läpiajojen ulos tasaisella määrä	0 kpl	0	0	0	ei läpiajoa
Läpiajojen ulos tasaisella pituus	0 m	0	0	0	ei läpiajoa
Läpiajojen ulos tasaisella epäpuhtausmäärä	0 g/m	0	0	0	ei läpiajoa
Sisään-/läpiajo ylä-/alamäkeen yhteensä	0,2 g/tunti	0,1	0,2	0,4	
Sisään-/läpiajojen ylä-/alamäkeen määrä	81 kpl	41	81	122	taulukko 5, muu rakennus
Sisään-/läpiajojen ylä-/alamäkeen pituus	15 m	15	15	15	mitattu pohjakuvista keskimääräinen alamäkeen ajon pituus
Sisään-/läpiajojen ylä-/alamäkeen epäpuhtausmäärä	0,0002 g/m	0,0002	0,0002	0,0002	taulukko 7, sisäänajo, CO, alamäkeen päästökerroin 0,2
Ulos-/läpiajo ylä-/alamäkeen yhteensä	2,4 g/tunti	1,2	2,4	3,7	
Ulos-/läpiajojen ylä-/alamäkeen määrä	81 kpl	41	81	122	taulukko 5, muu rakennus
Ulos-/läpiajojen ylä-/alamäkeen pituus	15 m	15	15	15	mitattu pohjakuvista keskimääräinen ylämäkeen ajon pituus
Ulos-/läpiajojen ylä-/alamäkeen epäpuhtausmäärä	0,002 g/m	0,002	0,002	0,002	taulukko 7, ulosajo, CO, pysäköinnin kesto <2h, ylämäkeen päästökerroin 2,5
Tyhjäkäynti yhteensä	8,1 g/tunti	4,1	8,1	12,2	
Tyhjäkäyntiaika	0,5 min	0,5	0,5	0,5	keskimääräinen tyhjäkäyntiaika
Tyhjäkäyntien määrä	81 kpl	41	81	122	taulukko 5, muu rakennus
Tyhjäkäynnin epäpuhtausmäärä	0,2 g/min	0,2	0,2	0,2	taulukko 7, tyhjäkäynti, CO
Epäpuhtauskuormitus yhteensä	834,7 g/tunti	627,5	834,7	1257,2	
	231,9 mg/s	174,3	231,9	349,2	

Moottorijoneuvosuojan poistoilmamäärän laskeminen epäpuhtauksien tasapainotilanteessa

Poistoilmavirta	7,96 m ³ /s	5,98	7,96	11,98	kaava 1
	1,70 dm ³ /s	1,28	1,70	2,56	

Neliöpohjaisella

Poistoilmavirta	16,84 m ³ /s				
	3,60 dm ³ /s, m ²				taulukko 4, liikerakennusten asiakaspaikoitustilat

LÄHTEET

- 1) ¹Air Quality Guidelines, Global Update 2005. Particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide. World Health Organization. 2006
- 2) ²WHO guidelines for indoor air quality: selected pollutant. World Health Organization. 2010
- 3) ³SFS-EN 16798-3 Rakennusten ilmanvaihto. Muiden kuin asuinrakennusten ilmanvaihto- sekä huoneilmastointijärjestelmien tehokkuusvaatimukset Suomen Standardisoimisliitto SFS. 2017
- 4) ⁴EN 15251 Sisäympäristön lähtötiedot rakennusten energiatehokkuuden suunnitteluun ja arviointiin ottaen huomioon ilman laatu, lämpöolot, valaistus ja äänitekniset ominaisuudet Suomen Standardisoimisliitto SFS. 2007
- 5) ⁵ASHRAE Handbook - HVAC Applications. ASHRAE, 2007
- 6) ⁶ASHRAE 62.1.Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality. ASHRAE, 2007
- 7) ⁷LIPASTO. Liikenteen päästöt. VTT, 2017.
- 8) ⁸LIISA 2012 laskentajärjestelmä. Suomen tieliikenteen pakokaasupäästöt. Kari Mäkelä, Heidi Auvinen. VTT, 2013.
- 9) ⁹Ilmanlaatu pääkaupunkiseudulla vuonna 2014. HSY, 2015
- 10) ¹⁰Ilmanlaatu pääkaupunkiseudulla vuonna 2016. HSY, 2017
- 11) Suomen virallinen tilasto (SVT): Moottoriajoneuvokanta. Tilastokeskus, 2017.