

Polttolaboratorion savukaasujen leviäminen REV A

Kivikaira

Päiväys 15.5.2025

Laatijat Kalle Kettunen ja Tuomo Liesaho

Projektinumero 12020950

Contents

1	Johdanto	3
2	Lähtötiedot	3
2.1	Malli 3	
2.1.1	Mallinnus periaate.....	3
2.1.2	Savukaasun lähtötiedot	5
2.1.3	Ilmatilavuuden sääolosuhteet.....	5
2.2	Päästöjen tarkastelu ja mitoitus periaate	6
2.2.1	Valtioneuvoston asetus ilmanlaadusta 79/2017	6
2.2.2	Mitoitus	6
3	Tulokset	6
4	Johtopäätökset.....	8

Revisio	Päivämäärä	Kuvaus
A	13.05.2025	Kuvien tarkempi selitys, sääolosuhteiden tarkempi selitys, raja-arvojen muuttaminen Valtioneuvoston asetukseen ilmanlaadusta 79/2017 päästöarvoihin, korkojen lisäys tulokuvaan ja lisäys tulosten suhteesta raja-arvoihin.



1 Johdanto

Tässä raportissa tarkastellaan Aalto yliopiston palolaboratorion savukaasujen leviämistä Kivikairan asuinkorttelin alueelle. Raportissa esitellään virtaussimulointien lähtötiedot ja tulokset. Tarkasteltava malli on mallinnettu Rhino -ohjelmistoa käyttäen. Geometriamallien laskentapisteiden verkotus ja virtaussimuloinnit on suoritettu OpenFOAM ohjelmistoa hyödyntävällä simulointiohjelmistolla.

Tavoitteena on tarkastella, että ajautuvatko palolaboratorion savupiipusta tulevat savukaasut Kivikairan asuinrakennusten raitisilmakanaviin kriittisellä tuulen suunnalla.

Geometrian mallinnuksessa on hyödynnetty kohteesta laadittuja DWG-pohjia sekä 3D-malleja.

Tarkastelu rajataan savukaasun aineisiin, joiden ilmassa olevalle pitoisuudelle on asetettu raja-arvo Valtioneuvoston asetus ilmanlaadusta 79/2017.

2 Lähtötiedot

Mallinnukseen käytettiin lähtötietoja, jotka olivat saatavissa työn aloituksessa 24.4.2025. Työssä on siis käytetty sen hetkistä arkkitehtuurista ratkaisua. Mikäli suunnitelmat muuttuvat kyseisistä, täytyy virtaussimulointi päivittää.

2.1 Malli

2.1.1 Mallinnus periaate

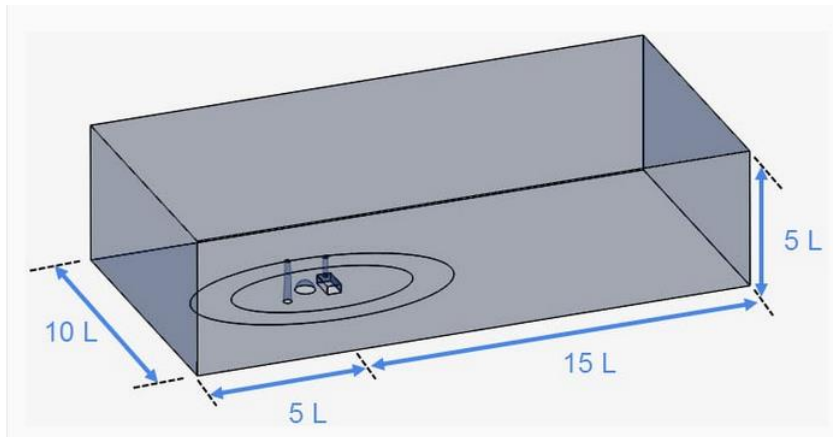
Savukaasujen leviäminen selvitettiin tuulitunnelimallilla. Mallissa savu leviää kohtisuoraan kohti Kivikairan lähintä asuinrakennusta, jonka katolla tai julkisivussa ilmanvaihdon raitisilmaotot sijaitsevat. Alla olevassa Kuvassa 1 esitellään tarkasteltu suunta savun leviämiselle savupiipusta (vaalean sininen ympyrä) lähimpään asuinrakennukseen (tumman sininen nuoli).



Kuva 1 Reitit savupiipun ja asuinrakennuksen välillä

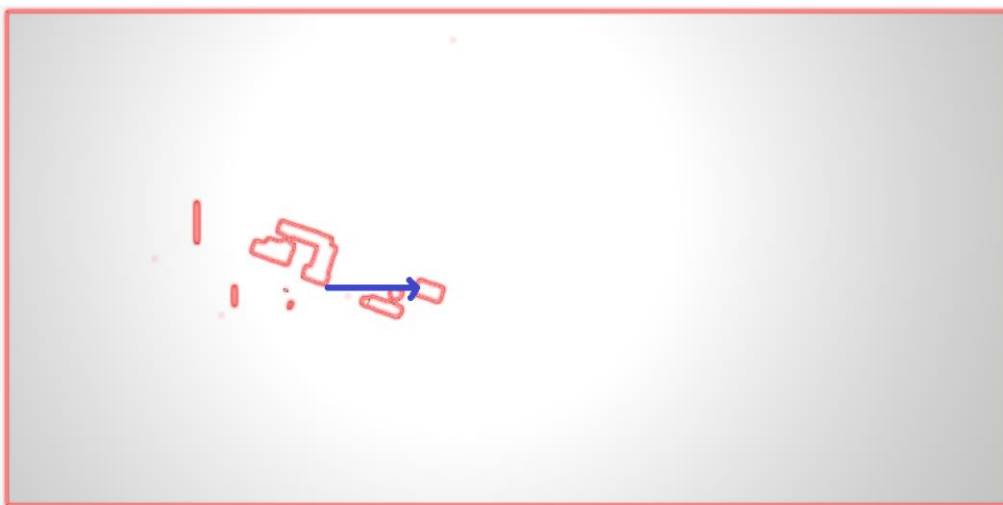


3D-malli luotiin asemapiirustuksen ja asemakaavasta tehdyn 3D-mallin pohjalta. Koska tarkastelualueella maaston muotojen korkeuserot ovat alle 5 metriä, jätettiin maaston muodot huomioimatta mallissa. Pinnan muotojen lisäys malliin ei tuo simulointiin lisää tarkkuutta, mutta lisää laskenta-aikaa huomattavasti.



Kuva 2 Esimerkkikuva mallin mitoitus periaatteesta.

Malli mitoitettiin Kuvan 2 periaatteen mukaan, jossa L:äksi valitaan alueen pisin kanten pituus, joka on tässä tapauksessa savupiipun pituus 40 metriä. Mallin sivuille ja tuulen etupuolelle jätettiin 5 L:n (200 m) verran ilmatilavuutta, jossa ei ole rakennuksia, jotta tuulitunnelin tuuliprofiili ehtii kehittyä realistiseksi eikä reunojen seinät vääristele tuloksia. Etummaisten rakennusten, johon tuuli osuu, geometriaa on yksinkertaistettu mallinnusteknisistä syistä eikä rakennusten erimuotoinen geometria vaikuta tuloksiin. Alavirtaan jätettiin 15 L (600 m) ilmatilavuutta, jotta ilmavirran poistuminen mallista ei vaikuta tarkasteltuun alueeseen. Ilmatilavuuden korkeus on 5 L (200 m). Kuvassa 3 näkyy mallinnettu alue sekä sen ympärille jätetty avoin tila. Ilma virtaa mallissa vasemmalta oikealle sinisen nuolen suuntaan. Sininen nuoli kuvaa lyhyintä matkaa savupiipusta



Kuva 3 Mallinnettu alue tuulitunnelissa. Ilman virtaussuunta on vasemmalta oikealle sinisen nuolen mukaan.



2.1.2 Savukaasun lähtötiedot

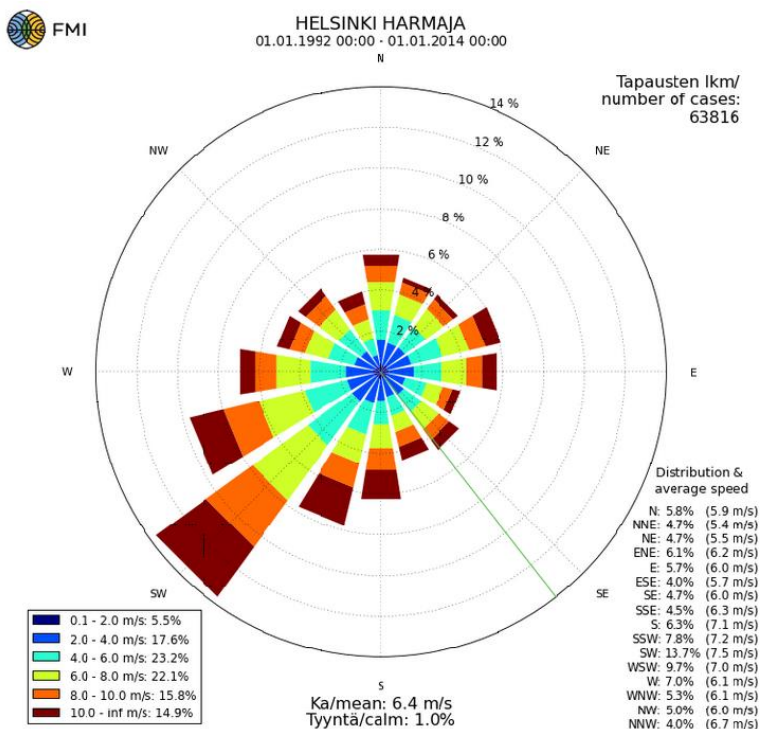
Tiedot vuonna 2023 tehdystä päästömittaus raportista. Mittauksen perusteella savukaasu virtaa 6.5 m/s nopeudella ulos savupiipusta ja savukaasun lämpötila on 35 °C. Polttokokeet kestää noin 1-4 tuntia. Savukaasun päästöpitoisuudet on esitetty alla olevassa Taulukossa 1.

Taulukko 1 Savukaasun päästöpitoisuudet

Aine	määrä mg/m ³
Hiukkaset	0.5
Hiilimonoksidi	370
Typen oksidit	15
Rikkidioksidi	10
TOC	250
Syaanivety	5

2.1.3 Ilmatilavuuden sääolosuhteet

Sääolosuhteiksi valittiin päästömittausraportin tekopäivän ilman lämpötila, joka oli 0,7 °C. Vallitsevaksi tuulennopeudeksi valittiin vuoden keskinopeus uusien asuinrakennusten suuntaan, joka on 3.7 m/s. Kuvasta 4 nähdään, että alueen tuuliruusuun perusteella asuinrakennusten suuntaan (vihreä viiva) tuulee todella harvoin, vain noin 900 tuntia vuodessa (~10 %).



Kuva 4 Alueen tuuliruusu jossa vihreä viiva kuvaa asuinrakennusten suuntaa.



2.2 Päästöjen tarkastelu ja mitoitus periaate

2.2.1 Valtioneuvoston asetus ilmanlaadusta 79/2017

Valtioneuvoksen asetus ilmanlaadusta asetuksessa 79/2017 nimitetään useille tunnetuille ilman epäpuhtauksille raja-arvot haitallisiksi tunnetuille pitoisuuksille. Pitoisuus on aina suhteessa altistumisen aikaväliin, joten samalle aineelle voidaan esitellä useita eri pitoisuuksia suhteessa eri altistumispituuksiin. Taulukossa 2 esitetään Valtioneuvoston asetuksen

Taulukko 2 Savukaasun päästöjen raja-arvot asetuksessa 79/2017 polttolaboratorion savukaasun sisältämille aineille.

Yhdiste	Aika	Raja-arvo mg/m ³	Sallitut ylitykset vuodessa
Rikkidioksidi SO ₂	Tunti	0.35	24
	Vuorokausi	0.125	3
Typpidioksidi NO ₂	Tunti	0.2	18
	Vuosi	0.04	-
Hengitettävät hiukkaset PM ₁₀	Vuorokausi	0.05	35
	Vuosi	0.04	-
Pienhiukkaset PM _{2.5}	Vuosi	0.025	
Hiilimonoksidi CO	8 tuntia	10	-

Tarkastelusta jätettiin huomioimatta vuoden, vuorokauden ja 8 tunnin pituiset altistukset, koska polttolaboratorion palotapahtuman on oletettu kestävän aina enintään 4 tuntia. Täten tarkastelusta jää liian pitkän altistumisajan takia pois rikkidioksidin vuorokauden altistuminen, typpidioksidin vuotuinen altistuminen, kaikki hiukkasten altistumiset sekä hiilimonoksidin 8 tunnin altistuminen. Savukaasuraportissa ilmoitettiin myös vain typen oksidien pitoisuus, mutta asetuksessa ilmoitetaan raja-arvo vain typpidioksidille. Koska polttoprosesseista vapautuvista typen oksideista suurin osa on typpimonoksidia, joka myöhemmin muuttuu typpidioksidiksi, ei voida tarkkaan tietää, miten suuri osa typen oksideista on typpidioksidia asuinrakennuksen kohdalla. Typpidioksidin raja-arvoon ei siis myöskään voida ottaa kantaa, typen oksidien koostumuksen ollessa epäselvä.

Saatujen lähtötietojen puitteissa tarkastelu voidaan siis suorittaa vain rikkidioksidin tunnin altistukselle.

2.2.2 Mitoitus

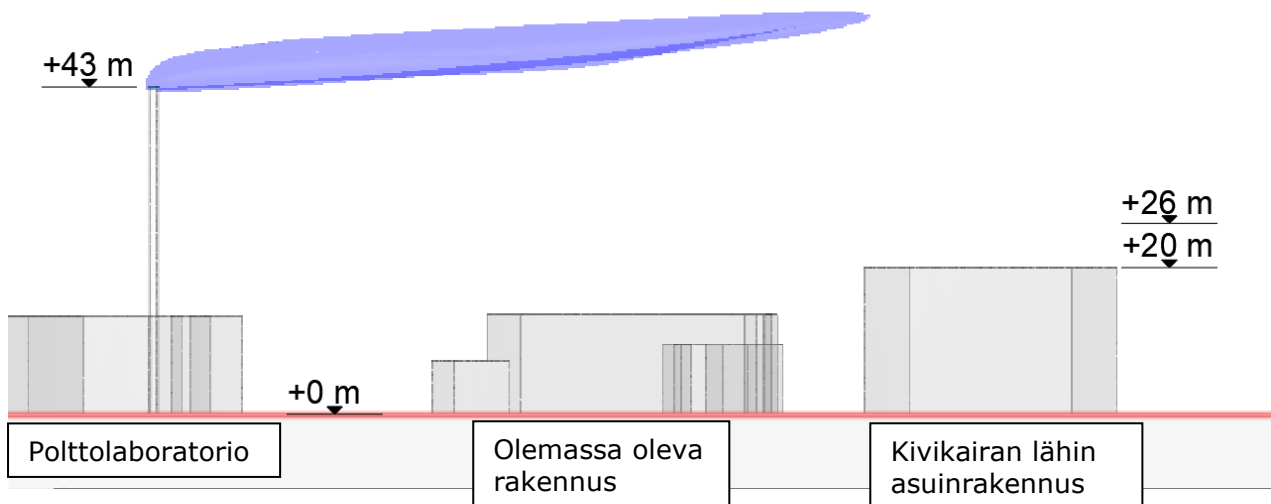
Savukaasun haitallisuus arvioidaan simuloimalla malli ja katsomalla miten suuri pitoisuus yltää ensimmäiselle asuinrakennukselle asti. Kun pitoisuus, joka yltää asuinrakennukselle asti tunnetaan, voidaan arvioida eri aineiden haitallisuus suhteessa niiden raja-arvoihin.



15.5.2025

3 Tulokset

Kuvassa 5 esitetään tummansinisellä savukaasun tilavuus, joka yltää Kivikairan uusille asuinkerrostaloille. Savukaasun pitoisuus on **3.2 %** yltäessään lähimmälle Kivikairan rakennukselle asti, mutta Kuvasta 5 nähdään, että simulaatiotilanteessa savukaasu ei laskeudu asuinkerrostalojen korkeudelle. Kivikairan lähin asuinkerrostalo savupiipusta on 6 kerroksinen ja mallin mukaan 20 m korkea, mutta sen takana on vielä korkeampi 8 kerroksinen asuinkerrostalo. Mallinnus tulosten mukaan voidaan kuitenkin sanoa, ettei savukaasun terveydelle haitallinen pitoisuus osu kummankaan rakennuksen julkisivuihin mallinnetuilla sääolosuhteilla.



Kuva 5 Tummansinisellä savukaasu, jonka pitoisuus on enemmän kuin 3.2 %.

Taulukko 3:ssa esitetään millä osuudella savukaasun raja-arvo täyttyy ja miten 3.2 % pitoisuus suhteutuu asetuksen 79/2017 raja-arvoihin.

Taulukko 3 Savukaasun aineiden pitoisuudet suhteessa asetuksen 79/2017 sitoviin raja-arvoihin

Aine	Määrä mg/m ³	Raja-arvo mg/m ³	Raja-arvon aikaväli	Osuus jolla raja-arvo täyttyy (%)	Savukaasun pitoisuus (3.2 %) sallitusta rajasta (%)
Rikkidioksidi	10	0.35	1 h	3.5	-9

Taulukosta 3 huomataan että raja-arvo ei ylity rikkidioksidin tunnin altistuksella vaan jää 9 % raja-arvon alapuolelle.



4 Johtopäätökset

Valtioneuvoston asetus ilmanlaadusta 79/2017 oleva ilmanlaadun raja-arvo ei ylity rikkidioksidin osalta simulaatiotilanteessa ja Kuvasta 5 huomataan, että savukaasu ei simulaatiotilanteessa laskeudu rakennuksen julkisivun tai katon korkeudelle. Lisäksi tuuliruususta huomataan, että on epätodennäköistä, että polttokokeita tehtäisiin juuri silloin kuin asuinalueen suuntaan tuulee.

