



Tampereen kaupunki
Konsernihallinto
Kaupunkiympäristön kehittäminen
Maankäytön suunnittelu
PL 487
33101 Tampere

ID 1 304 077

**KUNKUN PARKIN ASEMAKAAVAMUUTOKSEN NRO 8437 ja
KUNKUN PARKIN YMPÄRISTÖVAIKUTUSTEN ARVIOINNIN
ILMANLAATUSELVITYKSEN TÄYDENNYS**

Pohjoisen rampit:

**Hämeenpuisto pohjoinen (VE SUPPEA +Hpohj)
Paasikivenkatu (VE SUPPEA +P)**

6.5.2015

Enwin Oy
Tarja Tamminen
Ari Tamminen

ENWIN OY
Kivipöytälänkuja 2
33920 Pirkkala
Puh/Fax: 03-2664 396
ari.tamminen@enwin.fi
tarja.tamminen@enwin.fi

www.enwin.fi

ALV -rek
Y- tunnus
1721084-8

Sisältö

1.	Johdanto	3
2.	Lähtötiedot mallinnukseen.....	4
2.2.	Päästötiedot mallissa - (VE SUPPEA +Hpohj tai +P).....	4
2.2.1	Louheenkuljetusliikenne ja -päästöt	4
2.2.2	Tunnelien työkoneiden päästöt.....	6
2.2.3	Räjäytyskaasupäästöt	6
3.	Mallinnustulokset	7
3.1	Louheenkuljetuksen ja tunnelin työkoneiden ilmanlaatuvaikutukset	7
3.2	Räjäytysten ilmanlaatuvaikutukset	10
4.	Yhteenveto ja johtopäätökset	11
5.	Suositukset	13
6.	Mallinnuksen kokonaisepävarmuuteen vaikuttavat tekijät	14
Liite1.	Ilmanlaadun vertailuarvot - NO ₂ , PM ₁₀ , PM _{2.5}	15
Liite 2.	Typpidioksidin vuorokausipitoisuudet.....	16
Liite 3.	PM ₁₀ -hiukkasten vuorokausipitoisuudet	18
Liite 4.	PM _{2.5} -hiukkasten vuorokausipitoisuudet.....	20
Liite 5.	Räjäytysten aiheuttamat NO ₂ -tuntipitoisuudet.....	22
Liite 6.:	Räjäytysten aiheuttamat hiukkasten tuntipitoisuudet (PM ₁₀ ja PM _{2.5})	24

1. Johdanto

Kunkun Parkin asema-kaavamuutoksen nro 8437 ja Kunkun Parkin ympäristövaikutusten arvioinnin ilmanlaatuselvityksessä (ID 887 807) mallinnettiin Kunkun Parkin ilmanlaatuvaikutukset (NO₂, PM₁₀, PM_{2.5}) parkkihallin rakennusvaiheessa (vaihe I ja vaihe II). Tähän kuului

- ns. Suppea Kunkun Parkki (1277 autopaikkaa) kahden työnaikaisen suuaukon kautta: pohjoisessa Näsinkallion työtunneli ja etelässä Kirkkokadun työtunneli. Arvioitu rakennusaika on aikaisintaan vuosina 2018-2023, n. 4.5 vuotta.
- ns. Laaja Kunkun Parkki -suunnitelman mukaisesti Hämeenkadun länsipään alle 163 autopaikkaa lisää sekä uusi ajotunneli, jolle on kaksi eri vaihtoehtoista linjausta: Satamakatu tai Hämeenpuisto. Työssä mallinnettiin Satamakadun vaihtoehto.
- Lisäksi mallinnettiin valmiin hallin ilmanvaihdon vaikutukset parkkihallin poistoilmakanavan (Sokos) lähialueen ilmanlaatuun.

Nämä mallinnukset on raportoitu 10.9.2014 :

Tamminen T., Tamminen A.: Kunkun Parkin asemakaavamuutoksen nro 8437 ja Kunkun Parkin ympäristövaikutusten arvioinnin ilmanlaatuselvitys, ID 887 807, 10.9.2014, p. 38

Tässä työssä tehdään **lisäselvitys edelliseen** siten, että mallinnetaan ns. Suppean Kunkun (autopaikkoja n. 1280) Parkin **työnaikaiset ilmanlaatuvaikutukset (ID 1 304 077) uusien vaihtoehtoisten pohjoisten ramppien osalta: VE SUPPEA +Hämeenpuisto pohjoinen (Hpohj.) tai VE SUPPEA + Paasikivenkatu (+P)** (Kuva 1). Tällöin pohjoisosan louhe kuljetetaan näiden uusien ramppien kautta ulos ja louheenkuljetus suuntautuu Lielähteen. Molemmissa vaihtoehtoissa Kirkkokadun työtunnelista louhe kuljetetaan Eteläpuistoon.

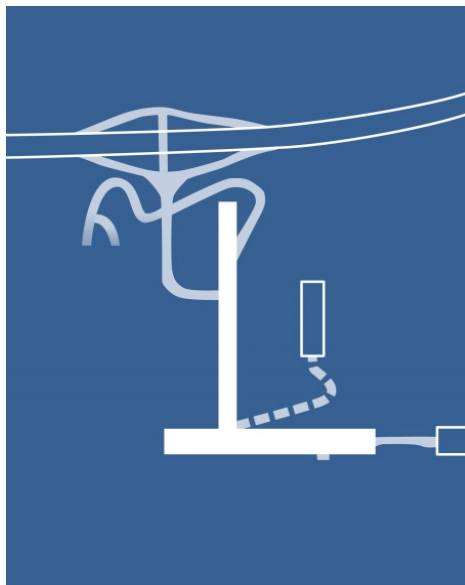
Työssä arvioidaan rakennusaikaisten työtunneleiden työkoneiden ja louheenajon aiheuttamia vaikutuksia typpidioksidin (NO₂) ja hiukkasten (PM₁₀, PM_{2.5}) ulkoilmapitoisuuksiin. Myös räjäytysten ja siitä seuraavan tunnelin tuuletuksen aiheuttamat typpidioksidin ja hiukkasten lyhytaikaiset tuntipitoisuudet suuaukkojen ympäristössä mallinnetaan.

Parkkihallin rakennusaikana räjäytykset tehdään klo 21-22. Tuuletusaika on 30-60 minuuttia. Louheen ajo suoritetaan yöaikana klo 22-06. Päiväsaikaan tehdään panostuksia seuraavan illan räjäytyksiä varten.

Työssä annetaan suosituksia ilmanlaadun huomioimiseksi ja haittojen vähentämiseksi parkkihallin rakennusaikana.

Kunkun Parkin rakennusaikaisen ilmanlaadun mallinnustuloksia voidaan arvioida alueellisena rakennusaikaisena lisäyksenä vuonna 2013 valmistuneeseen Tampereen kaupunkialueen ilmanlaatuselvityksen ¹ tuloksiin Kirkkokadun ja Hämeenpuiston pohjoisen rampin tai Paasikivenkadun rampin tunnelinsuun ympäristössä sekä louheenkuljetusreiteillä.

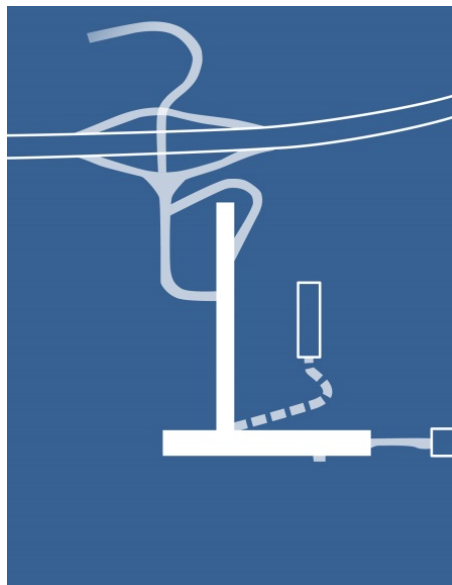
¹ Tamminen T., Tamminen A., Tampereen Ilmanlaatuselvitys 2013, Tampereen kaupunki, Ympäristönsuojelun julkaisuja 5/2013



VE Suppea + Hpohj

Ajoramppi Hämeenpuistossa Puuvillatehtaankadun ja Satakunnankadun välissä

Yhteys Frenckellin pysäköintilaitokseen on alustava ja voi toteutua eri aikaan kuin Kunkun parkki.



VE Suppea + P

Ajoramppi Paasikivenkadulla Näsinkallion pohjoispuolella

Yhteys Frenckellin pysäköintilaitokseen on alustava ja voi toteutua eri aikaan kuin Kunkun parkki.

Kuva 1. Kunkun Parkin (VE Suppea) pohjoisen rampit: Hämeenpuisto pohjoinen (Hpohj.) ja Paasikivenkatu (P). (Kuvat Sito Oy)

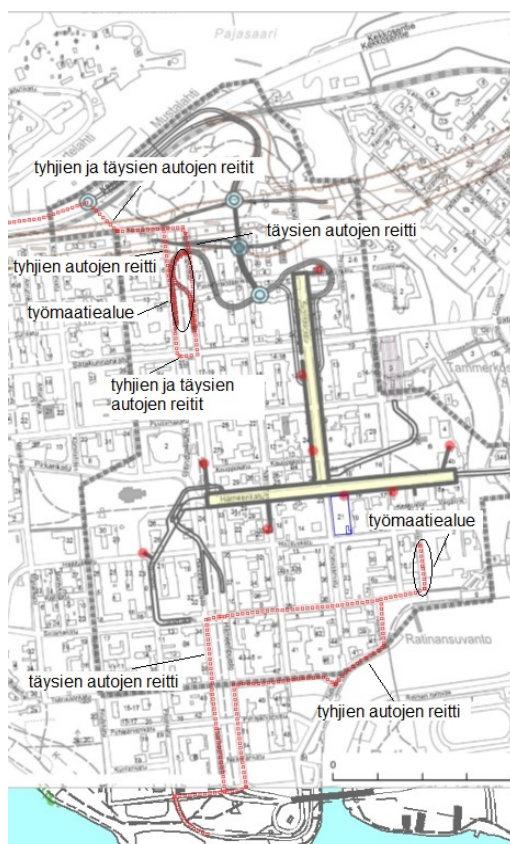
2. Lähtötiedot mallinnukseen

AERMOD-mallinnusohjelman ja siihen liittyvien lähtötietojen osalta viitataan edellä mainittuun aiempaan Kunkun Parkin ilmanlaatuselvitykseen (ID 887 807, 10.9.2014).

2.2. Päästötiedot mallissa - (VE SUPPEA +Hpohj tai +P)

2.2.1 Louheenkuljetusliikenne ja -päästöt

Pohjoisten ramppien kautta louheenkuljetus suuntautuu Lielahteen ja Kirkkokadun työtunnelista Eteläpuistoon. Louhetta ajetaan klo 22–06 välisenä aikana, jotta muulle liikenteelle aiheutuisi mahdollisimman vähän haittaa. Kuvassa 3 on louheen kuljetusreitit mallissa.



VE SUPPEA +Hpohj.
Hämeenpuisto pohjoinen



VE SUPPEA +P
Paasikivenkatu

Kuva 3. Louheenkuljetukset klo 22-06: VE SUPPEA+Hpohj. ja VE SUPPEA +P.
(Pohjakartta Maanmittauslaitos ja Kunkun Parkki suunnitelma Sito Oy).

Arvioidut louheenkuljetuksen liikennemäärät ja lasketut päästöt mallissa ovat taulukon 1 mukaiset. Mallinnus tehtiin P-hallien louhinnan aikaisilla liikennemäärillä. Ajotunneleiden louhinnan aikana liikennemäärä on n. puolet P-hallien louhinnan liikenteestä.

Taulukko 1. Louheenkuljetuksen liikennemäärät ja päästöt.						
Kuljetukset klo 22-06	P-hallien louhinnan aikana	NOx	PM _{2.5}	PM ₁₀	PM _{2.5} työmaatie	PM ₁₀ työmaatie
	ajon/vrk	g/m/vrk	g/m/vrk	g/m/vrk	g/m/vrk	g/m/vrk
Tyhjät autot- linjat	50	0.2	0.01	0.1	0.5	4.7
Täydet autot -linjat	50	0.3	0.01	0.1	0.5	4.7
Linjat täysi+tyhjä yhteensä	100	0.6	0.02	0.2	0.9	9.4

Huom. Ajotunneleiden louhinnan aikana liikennemäärät ovat n. puolet pienempiä

Päästöt on laskettu VTT:n Lipasto LIISA-laskentajärjestelmän maansiirtoautojen päästökertoimiin perustuen vuoden 2020 tilanteessa. Katupölykertoimet on huomioitu THL:n Piltti-projektin ja pääkaupunkiseudun Redust-hankkeen tuloksista sekä ajotunneleiden lähialueilla n. 100 metrin etäisyydellä tunneliaukosta ns. louheenkuljetuksen työmaateiden kertoimista.² Oletuksena oli, että ajotunneleista kulkeutuu hienojakoista pölyä enemmän ajotunneleiden lähialueille, vaikkakin

² Environment Canada, Pits and Quarries Guidance.
2015©ENWIN OY

ajoluiskat aiotaan asfaltoida mahdollisimman nopeasti töiden aloituksesta. Kertoimissa on huomioitu pölyntorjuntatoimia, kuten kastelua. Muualla kaupungin asfaltoiduilla teillä louheenkuljetuksen oletetaan aiheuttavan vastaavanlaisia hiukkaspäästöjä kuin muukin raskasliikenne. Louhe itsessään on kosteaa eikä erityisesti pölyä. Osan vuotta hiukkaspäästöjä vähentää lumisen aika ja sadepäivien lukumäärä Tampereen seudulla. Tehty liikennemallinnus on sellaisen vuorokauden tilanne, jossa työmaiden liikenne on maksimissaan ja maa on sulana ja säätyyppi on kuiva (worst case-tilanne).

NO_x-päästöjen laskennassa on huomioitu täydet ja tyhjat kuorma-autot sekä yksisuuntaiset ajoreitit. NO₂/NO_x-osuus päästöissä on mallissa 30 %. Otsonipitoisuudet on huomioitu tuntitietoina.

2.2.2 Tunnelien työkoneiden päästöt

Tunnelien ilmanvaihdosta ja työkoneista aiheutuvat päästöt arvioitiin työkoneiden päästöjen mukaisesti. Jokaisessa ajotunnelinpäässä/hallitunnelissa työskentelee

- kaivuri (teho 100 hv, n. 74.5 kW)
- lastauskone (325 hv, n. 240 kW)
- sekä yksi lastattava kuorma-auto (400 hv, n. 298 kW) kerrallaan.

Päästöt laskettiin työkoneiden päästöarvioiden mukaan siten, että työkoneet täyttäsivät vähintään 3b. vaiheen päästöraja-arvot (NO_x, PM_{2.5}) liikkuville työkoneille (VnA 398/2005). PM₁₀-päästöt arvioitiin työmaateiden päästökertoimien mukaisesti (AP-42/Environment Canada) Päästöjen laskennassa huomioitiin nimellisteho, kuormitusaste, käyttötunnit ja päästökertoimet. Tunnelinsuuaukkojen päästöt on esitetty taulukossa 2.

Taulukko 2. Tunnelissa työskentelevien työkoneiden päästöt klo 22-06.			
	NO_x (kg/vrk)	PM_{2.5} (kg/vrk)	PM₁₀ (kg/vrk)
Päästöt/tunnelinpää klo 22-06 (Hämeenpuisto pohj / Paasikivenkatu, Kirkkokatu)	4.2	0.3	1.4

Tunnelinpäiden asemoimisessa malliin on noudatettu suunnitelmien mukaista korkeusasemointia, joka poikkeaa nykyisistä katutasoista. Esimerkiksi Hämeenpuisto pohjoinen vaihtoehdossa tunnelin sisään ja ulostuloaukot kalliotunnelin avoleikkauspisteessä ovat + 81.5, kun Hämeenpuiston maanpinta pohjoisessa on yli +99. Työvaiheessa avoleikkauskohta jatkuu puiston läpi pohjoiseen menevän kaistan kohdalle. Hämeenpuistossa ramppien alkuosaan tehdään tunnelin valmistuttua betonikatto-osuus. Myös Kirkkokadun tunnelin suu on nykyistä katutasoa alempana, mutta Kirkkokadun tunneli jää valmiissa Kunkun Parkissa ainoastaan huoltotieksi.

2.2.3 Räjätyskaasupäästöt

Kunkun parkin työmaalla räjäytykset tehdään klo 21-22 välisenä aikana. Räjäytyksiä on 2-3 kpl/ajotunneliperä, pinta-ala 50 m². Hallivaiheessa räjäytyksiä voi olla 4-5 kpl/vrk. Poraus tehdään päiväsaikaan ja sähköhydraulisessa porassa on vesihuuhtelu. Räjäytysten jälkeen tunnelin tuuletus kestää puolesta tunnista tuntiin, ilmanvaihto 15-30 m³/s. Räjäytyksissä käytetään räjähdysaineena Kemiittiä tai Anfoa. Ajotunnelin perän räjähdysainemäärä on n. 450 kg, hallivaiheessa 1200 kg/hallin tunnelinpää.

Taulukossa 3 on arvioidut räjäytysten NO_x- ja hiukkaspäästöt (PM₁₀ ja PM_{2.5}), kun räjäytyksiä tehdään 4-5 kpl/vrk iltaisin klo 21-22 eli hallien louhintavaiheessa (=maksimipäästöt). Räjäytykset kestävät muutamia sekunteja, mutta tuuletuskaasuissa päästö ulos on jaettu tunnin ajalle.

Taulukko 3. Räjäytysten päästöt hallien louhintavaiheessa /tunnelinpää.	
Räjäytykset /vrk/tunnelinpää hallien louhintavaiheessa klo 21-22	kg/h (klo 21-22)
NO _x - päästö	0.684
PM ₁₀ -päästö	0.202
PM _{2.5} -päästö	0.012

NO_x-päästöt on arvioitu ANFOn NO_x-ominaispäästöarvoista (Forcit). Suurin osa räjäytyksen NO_x-päästöstä on typpimonoksidia (NO 98%), josta osa voi hapettua haitallisemmaksi typpidioksidiksi ilmakemian seurauksena jo heti ilmaan sekoittuessaan. Räjäytysten NO_x-päästöt mallinnettiin typpidioksidin (NO₂) tuntipitoisuuksina tunnelinsuun ympäristössä. Pitoisuuksia verrattiin mm. NO₂-tuntipitoisuuden raja-arvon lukuarvoon 200 µgNO₂/m³ ja tiedotus- ja varoituskynnyksen lukuarvoon 400 mgNO₂/m³. Tiedotus- ja varoituskynnys ylittyy vain, jos mitattu pitoisuus ylittää lukuarvon kolmena peräkkäisenä tuntina (VnA 38/20118 § Tiedotus- ja varoituskynnykset).

Räjäytysten hiukkaspäästöjä arvioitaessa on sovellettu kanadalaisia kallionräjäytyspäästökertoimia³, jotka on johdettu US EPA:n AP-42 päästökertoimista. Ne ovat samoja kuin Minera-raportissa⁴ suositeltavat räjäytysten PM₁₀- ja PM_{2.5}-kertoimet.

Suurin osa räjäytyksissä syntyvästä pölystä on suurikokoista karkeaa pölyä, joka laskeutuu räjäytyksen jälkeen kostean kallioulouheen päälle ja tunneleihin. Pienempi osa on ns. hengitettävää alle 10 µm:n PM₁₀-hiukkasia ja siitä vielä pienempi osa on pienhiukkasia PM_{2.5}. Räjäytyspölyn leviämistä ja vaikutusaluetta on arvioitu mallintamalla pölypäästöistä ulkoilman hiukkasten PM₁₀ ja PM_{2.5} -tuntipitoisuudet ympäristössä, kun räjäytyksessä syntyvä pöly tuuletetaan tunnin aikana klo 21-22 tunnelien suaukkojen kautta ulos.

3. Mallinnustulokset

Mallinnustuloksia on verrattu ilmanlaadun ohje- ja raja-arvoihin. Suomessa voimassa olevat ilmanlaadun vertailuarvot on esitetty **liitteessä 1**.

3.1 Louheenkuljetuksen ja tunnelin työkoneiden ilmanlaatuvaikutukset

Liitteissä 2-4 on esitetty vuorokausiohjarvoon verrannolliset pitoisuudet (Liite 2 NO₂, Liite 3 PM₁₀ ja Liite 4 PM_{2.5}) aluejakaumakuvina vaihtoehdoissa SUPPEA +Hpohj. ja VE SUPPEA +P (yhteensä louheenkuljetus + tunnelin työkoneet). Louheenkuljetus suuntautuu Hämeenpuistosta tai Paasikivenkadulta Lielähteen ja Kirkkokadulta eteläpuistoon.

³ Environment Canada, Pits and Quarries Guidance.

⁴ MINERA-hankkeen loppuraportti, GTK, Tutkimusraportti 199, 2013
2015©ENWIN OY

Taulukoissa 5-7 on esitetty tunnelissa työskentelevien työkoneiden ja louheenkuljetuksen vaikutukset vuorokausipitoisuuksiin eri tunnelityömaiden lähialueilla n. 100 metriä tunnelin aukosta, joka on työmaan työskentelyaluetta (Hämeenpuisto pohjoinen tai Paasikivenkatu ja Kirkkokatu (vrt Liitteet 2-4). Sitä kauempana työmaista pitoisuudet ovat taulukoituja arvoja pienempiä (vrt aluejakaumakuvat liitteet 2-4).

Taulukoissa on vertailuna muun liikenteen aiheuttamat vuorokausipitoisuudet ko. alueilla vuonna 2011 ja vuoden 2030 ennustetilanteessa. Nämä pitoisuudet edustavat ns. kaupunkipitoisuuksia ko. kohteissa ilman tunnelityömaata. Muun liikenteen aiheuttamat pitoisuudet ovat todennäköisesti P-hallin rakennusvaiheessa likimain samaa luokkaa kuin 2030 tilanteessa, koska työmaat rajoittavat jonkin verran muuta kaupunkiliikennettä ko. kohteiden läheisyydessä.

Taulukko 5. Tunneleiden työkoneiden ja louheenkuljetuksen vaikutukset ilmanlaatuun (vrk-pitoisuus) Hämeenpuisto pohjoinen työmaatunnelin läheisyydessä. VE SUPPEA + Hpohj				
VE SUPPEA + Hpohj	Hämeenpuisto pohjoinen työmaatunnelin läheisyydessä, n. 100 metrin päähän aukosta	Kaupungin muun liikenteen vaikutukset Hämeenpuiston pohjoisosassa (v. 2011 ja v. 2030)		Työmaa+kaupunkitausta --- -->100 m
Vrk-pitoisuus	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	v. 2011 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	v. 2030 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Yhteensä
NO ₂ 2.vrk	20-50	50	40	50-100
PM ₁₀ 2.vrk	20-50	50-60	50-60	60-100
PM _{2.5} 1.vrk	3-5	12-14	10-12	12-16

Taulukko 6. Tunneleiden työkoneiden ja louheenkuljetuksen vaikutukset ilmanlaatuun (vrk-pitoisuus) Paasikivenkadun työmaatunnelin läheisyydessä. VE SUPPEA + P				
VE SUPPEA + P	Paasikivenkadun työmaatunnelin läheisyydessä, n. 100 metrin päähän aukosta	Kaupungin muun liikenteen vaikutukset Paasikivenkadun ympäristössä (v. 2011 ja v. 2030)		Työmaa+kaupunkitausta --- -->100 m
Vrk-pitoisuus	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	v. 2011* ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	v. 2030 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Yhteensä
NO ₂ 2.vrk	30-70	60-70	30	50-100
PM ₁₀ 2.vrk	50-70	70-	40-50	70-110
PM _{2.5} 1.vrk	10 -15	14	10	18-23

*v. 2011 ei vielä tunnelia(Paasikiven-Kekkosen tie)

Taulukko 7. Louhinnan työkoneiden ja louheenkuljetuksen vaikutukset ilmanlaatuun (vrk-pitoisuus) Kirkkokadun työmaatunnelin läheisyydessä VE SUPPEA+ Hpohj tai VE SUPPEA + P				
VE SUPPEA + Hpohj tai + P	Kirkkokadun työmaatunnelin läheisyydessä, n. 100 metrin päähän aukosta	Kaupungin muun liikenteen vaikutukset Kirkkokadun/ Laukontorin ympäristössä (v. 2011 ja v. 2030)		Työmaa+kaupunkitausta --- -->100 m
Vrk-pitoisuus	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	v. 2011 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	v. 2030 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Yhteensä
NO ₂ 2.vrk	20-30	50-60	40-50	60-90
PM ₁₀ 2.vrk	20-50	40-50	50	60-100
PM _{2.5} 1.vrk	3-5	10	8	11-15

Työmaa-aikana tunnelin suuaukkojen välittömässä läheisyydessä ns. "itse työmaamontussa" Hämeenpuistossa ja Kirkkokadulla typpidioksidin ja PM₁₀-hiukkasten vuorokausipitoisuudet voivat nousta vuorokausiohjearvotasoon muu kaupunkitaustapitoisuus huomioituna. Paasikivenkadulla maanpintapitoisuudet nousevat lähimaaston muodon ja tunneliaukon korkeuden (+88.8) takia lähialueella korkeammiksi kuin kahden muun suuaukon ympäristössä. Paasikivenkadulla Näsinkallio aiheuttaa tietyissä tuuliolosuhteissa huonompaa sekoittumista ja pitoisuuksien kohoamista yli ohjearvotason tunnelin suuaukon läheisyydessä. Siellä ei kuitenkaan ole asutusta lähietäisyydellä.

PM₁₀-hiukkasten korkeimmat vuorokausipitoisuudet voivat esiintyä pääasiassa kevätpölyaikaan, jolloin kaupungissa hiukkaspitoisuudet nousevat muutenkin korkeammiksi. Työmaiden vaikutuksia PM₁₀-pitoisuuksiin tulee pienentää tehostamalla katujen puhdistusta ja pölynsidontaa työmaa-alueiden läheisyydessä. Pienhiukkasten (PM_{2.5}) vuorokausipitoisuudet jäävät alle WHO:n vuorokausiohjearvon 25 µg/m³ työmaa-alueiden läheisyydessä myös muun liikenteen aiheuttama kaupunkitausta huomioituna.

Korkeimmat mallinnetut NO₂-pitoisuudet voivat esiintyä pääasiassa talviaikana inversiotilanteiden aikana, jolloin epäpuhtauksien sekoittuminen muuhun ilmaan ja laimeneminen on tavanomaista huonompaa. Sääolosuhteet vaikuttavat myös hiukkaspitoisuuksiin ja mm. sateisina päivinä hiukkaspitoisuudet ovat matalampia. Kirkkokadun ja Hämeenpuiston työmaan lähialueen puhdistus tulee tehdä huolellisesti joka aamu louheenkuljetuksen päätyttyä, koska lähellä on asutusta. Erityisesti on huomioitava Näsipuiston päiväkodin lähialue. Pölyntorjuntakeinoina tulee työmaa-alueilla käyttää säännöllisesti kostutusta, pölynsidontaa ja puhdistusta.

Kunkun Parkin pohjoisten ramppien (Hpohj. tai P) työmaiden vaikutus kokonaisuutena Tampereen kaupunki-ilman vuosipitoisuuksiin on suhteellisen pieni. Vuosipitoisuudet nousevat joitakin mikrogrammoja (3-5 µg/m³) aivan työmaa-alueiden välittömässä läheisyydessä, korkein vuosipitoisuuden nousu esiintyy Paasikivenkadun ramppityömaalla (5-15 µg/m³ NO₂, PM₁₀). Muualla kauempana työmaiden ja louheenkuljetusten vaikutukset mahtuvat normaalin vuosittaisen liikenteen ja pitoisuusvaihtelun piiriin. Rakennusvaiheen aikana epäpuhtauksien vuosipitoisuudet eivät ylitä ilmanlaadun vuosiraja-arvoja.

Taulukoissa 8-10 on esitetty epäpuhtauksien vuosipitoisuudet tunnelityömaiden lähiympäristössä 100 metrin matkalla huomioiden vastaavasti myös muun liikenteen aiheuttama kaupunkiliikenteen ja taustan vuosipitoisuus.

Taulukko 8. Louhinnan työkonoiden ja louheenkuljetuksen vaikutukset ilmanlaatuun (vuosipitoisuudet) Hämeenpuiston pohjoisen työmaatunnelin läheisyydessä. VE SUPPEA + Hpohj				
VE SUPPEA + Hpohj	Hämeenpuisto pohjoinen työmaatunnelin läheisyydessä, n. 100 metrin päähän aukosta	Kaupungin muun liikenteen vaikutukset Hämeenpuiston pohjoisosassa (v. 2011 ja v. 2030)		Työmaa+kaupunkitausta --->100 m
vuosipitoisuudet	(µg/m ³)	v. 2011 (µg/m ³)	v. 2030 (µg/m ³)	Yhteensä
NO ₂ vuosi	2-5	20-25	10-15	15-20
PM ₁₀ vuosi	3-5	18-20	18	20-23
PM _{2.5} vuosi	0.3-1	7.5	7	7.5-8

Taulukko 9. Louhinnan työkoneiden ja louheenkuljetuksen vaikutukset ilmanlaatuun (vuosipitoisuudet) Paasikivenkadun työmaatunnelin läheisyydessä. VE SUPPEA + P				
VE SUPPEA + P	Paasikivenkadun työmaatunnelin läheisyydessä, n. 100 metrin päähän aukosta	Kaupungin muun liikenteen vaikutukset Paasikivenkadun ympäristössä (v. 2011 ja v. 2030)		Työmaa+kau-punkitausta --->100 m
vuosi-pitoisuudet	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	v. 2011* ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	v. 2030 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Yhteensä
NO ₂ vuosi	5-15	25	10-12	15-27
PM ₁₀ vuosi	5-15	20-25	15	20-30
PM _{2.5} vuosi	0.5-2	7.5-8	7	7.5-9

*v. 2011 ei vielä tunnelia(Paasikiven-Kekkonen tie)

Taulukko 10. Louhinnan työkoneiden ja louheenkuljetuksen vaikutukset ilmanlaatuun (vuosipitoisuudet) Kirkkokadun työmaatunnelin läheisyydessä. VE SUPPEA+ Hpohj tai VE SUPPEA + P				
VE SUPPEA + Hpohj tai + P	Kirkkokadun työmaatunnelin läheisyydessä, n. 100 metrin päähän aukosta	Kaupungin muun liikenteen vaikutukset Kirkkokadun/ Laukontorin ympäristössä (v. 2011 ja v. 2030)		Työmaa+kau-punkitausta --->100 m
vuosi-pitoisuudet	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	v. 2011 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	v. 2030 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Yhteensä
NO ₂ vuosi	3-5	20	15	20-25
PM ₁₀ vuosi	3-5	15	15	18-20
PM _{2.5} vuosi	0.3-0.5	7.5	7	7.5-8

3.2 Räjäytysten ilmanlaatuvaikutukset

Räjäytykset suoritetaan tunnelityömailla iltaisin klo 21 jälkeen. Itse räjäytykset kestävät muutamia sekunteja, mutta räjäytysten jälkeen tunnelia tuuletetaan räjätyskaasuista n. 30-60 minuuttia, jonka jälkeen aloitetaan louheenkuljetus pois tunnelista.

Liitteissä 5-6 on hallin louhintavaiheen räjäytysten (1200 kg räjähdysainetta/hallin pää) ja sitä seuraavan tuuletuksen aiheuttamat ilmanlaatuvaikutukset tunnelisuuaukkojen ympäristössä epäpuhtauksien lyhytaikaisina tuntipitoisuuksina. Ajotunnelivaiheessa räjähdysainemäärät ovat pienemmät (450 kg/tunnelinperä), jolloin myös räjätyspäästöt ja ilmanlaatuvaikutukset ovat pienemmät.

Liite 5. VE Suppea + Hpohj tai +P: Räjäytysten aiheuttamat korkeimmat NO₂-tuntipitoisuudet

Liite 6. VE Suppea + Hpohj tai +P: Räjäytysten aiheuttamat korkeimmat hiukkasten tuntipitoisuudet

Kallion räjäytyksissä muodostuu mm. hiilimonoksidia (CO) ja typen oksideja (NO_x), joista suurin osa on päästöhetkellä typpimonoksidia (NO). Osa typpimonoksidista hapettuu typpidioksidiksi välittömästi ilmaan sekoittuessaan hiilivetyradikaalien ja otsonin ilmakemian vaikutuksesta. Räjäytysten ja tunnelin tuuletuksen aiheuttamia typpidioksidin tuntipitoisuuksia voidaan verrata ilmanlaadun NO₂-pitoisuuden tuntiraja-arvoon 200 $\mu\text{g NO}_2/\text{m}^3$, jossa sallitaan 18 tuntia lukuarvoylityksiä vuodessa tai esimerkiksi typpidioksidipitoisuuden tiedotus- ja varoituskynnyksen lukuarvoon 400 $\mu\text{gNO}_2/\text{m}^3$. Tiedotus ja varoituskynnys ylittyy vain, jos kynnyspitoisuuden ylitys on mitattu kolmen perättäisen tunnin aikana. (VNA 38/2011).

Liitteen 5 aluejakaumakuvista nähdään, että NO₂-tuntipitoisuudet voivat olla räjäytyskaasujen tuuletuksen aikana 100-150 µgNO₂/m³ Hämeenpuisto pohjoinen työmaalla ja 100-200 µg NO₂/m³ Paasikivenkadun suuaukon kohdalla. Kirkkokadulla typpidioksidin tuntipitoisuus on räjäytyskaasujen vaikutuksesta n. 100 µgNO₂/m³ tunnelinsuuaukon läheisyydessä.

Typpidioksidin tuntipitoisuuden tiedotus- ja varoituskynnyksen lukuarvo (400 µg NO₂/m³) ei mallinnuksessa ylittynyt. Paasikivenkadun työmaan korkeampaan pitoisuuteen vaikuttaa mm. Näsinkallio, jolloin joissain sääolosuhteissa tuuletuskaasujen sekoittuminen voi olla huonompaa suuaukon läheisyydessä. Paasikivenkadun työmaan suuaukon välittömässä läheisyydessä ei ole asutusta.

Räjäytyksissä muodostuvista hiukkasista suurin osa on karkeampia hiukkasia, jotka laskeutuvat tunnelissa räjäytyksen jälkeen. Räjäytyksen ja tunnelin tuuletuksen aiheuttamat PM₁₀-hiukkasten tuntipitoisuudet olivat korkeimmillaan 50-100 µg/m³ 100 metrin etäisyydellä suuaukoista ja pienhiukkasten PM_{2.5}-tuntipitoisuudet 4-5 µg/m³. Hiukkasten tuntipitoisuudet on liitteessä 6 aluejakaumakuvina.

4. Yhteenveto ja johtopäätökset

Tässä työssä (ID 1 304 077) tehtiin lisäselvitys Kunkun Parkin rakennusaikaisista ilmanlaatuvaikutuksista pohjoispään vaihtoehtoisten ramppien osalta, VE SUPPEA +Hpohj. (=Hämeenpuisto pohjoinen) tai VE SUPPEA +P (=Paasikivenkatu).

Työssä mallinnettiin rakennusaikaiset ilmanlaatuvaikutukset: louheenkuljetusliikenne ja työkoneiden päästöt sekä räjäytysten lyhytaikaiset tuuletuspäästöt.

Räjäytykset suoritetaan tunnelityömailla iltaisin klo 21 jälkeen. Räjäytykset kestävät muutamia sekunteja, mutta räjäytysten jälkeen tunnelia tuuletetaan räjäytyskaasuista n. 30-60 minuuttia, jonka jälkeen aloitetaan louheenkuljetus pois tunnelista. Louheenkuljetukset tehdään yöaikaan klo 22-06 välisenä aikana. Suunnitelmassa pohjoisten ramppien kautta louhe kuljetetaan Lielahden ja Kirkkokadun työtunnelista Eteläpuistoon. Päivisin työmaalla tehdään räjäytysten panostustöitä.

Johtopäätökset VE SUPPEA +Hpohj ja VE SUPPEA +P työmaan ilmanlaadun mallinnoista:

- Tunnelin suuaukkojen välittömässä läheisyydessä n. 100 metriä tunnelinlaukoista louheenkuljetuksen työmaan ja hallin työkoneiden päästöjen yhteisvaikutuksesta typpidioksidin ja PM₁₀-hiukkasten vuorokausipitoisuudet voivat nousta vuorokausiohjearvotasoon (70 µg/m³) tai sen yli, kun huomioidaan rakennusvaiheen päästöjen lisäksi myös kaupungin muun liikenteen aiheuttamat pitoisuudet. Tämä alue on työmaan lähintä työskentelyaluetta. Työmaan ja louheenajon päästöt muodostuvat yöaikaan.
- Pienhiukkasten vuorokausipitoisuudet eivät ylitä WHO:n vuorokausiohjearvoa 25 µg/m³.
- Rakennusvaiheen aikana työmaa-alueiden läheisyydessä epäpuhtauksien vuosipitoisuudet eivät ylitä ilmanlaadun vuosiraja-arvoja.

- Korkeimmat epäpuhtauspitoisuudet esiintyivät *Paasikivenkadun* työmaan suulla, mikä johtuu tunnelin suun korkeusasemasta (+88.8) suhteessa maan pintaan, maaston muodosta ja tuulen suunnista. Paasikivenkadun työmaan läheisyydessä korkeampi Näsinkallio aiheuttaa joissain tuuliolosuhteissa huonompaa sekoittumista ja pitoisuuksien kohoamista tunnelin suuaukon läheisyydessä.
- *Hämeenpuisto pohjoinen* rakennusaikainen avotunneliosuus sukeltaa melko syvälle (+81.5) suhteessa ympäröivään maanpintaan (n. +99). Näin maanpintapitoisuudet jäävät alhaisemmiksi kuin Paasikivenkadulla päästön laimentuessa puiston maanpintatason saavuttaessaan. P-hallin valmistuttua Hämeenpuiston ajoramppeihin rakennetaan katettu betonitunneliosuus.
- Lähelle asuinkerrostaloja sijaitsevat tunnelityömaat (*Hämeenpuisto pohjoinen* ja *Kirkkokatu*) aiheuttavat asukkaiden kannalta ilmanlaadun heikkenemistä työmaan lähitalojen kohdalla. Korkeimmat pitoisuudet esiintyvät maanpintatasolla, jossa taloissa on toimitiloja. Pitoisuudet laimenevat mitä ylemmäs asuinkerrostalon kerroksissa mennään. Koska louheenajo tapahtuu yöaikaan ovat asukkaat kuitenkin kotona.
- Hämeenpuistossa (Hämeenpuisto 2) toimii Näsinpuiston päiväkotikoti (auki klo 22.30 asti), joka on ns. herkkä kohde, sillä lapset ovat alttiimpia ilman epäpuhtauksille. Päiväkodin kohdalla ilman epäpuhtauksien (NO_2 ja PM_{10}) vrk-pitoisuudet voivat kohota työmaan vaikutuksesta n. $10\text{--}15\ \mu\text{g}/\text{m}^3$. PM_{10} -vrk-pitoisuus voi nousta ohjearvotasoon ($70\ \mu\text{g}/\text{m}^3$) päiväkodin kohdalla, kun huomioidaan muu liikenne ja kaupunkitausta ($50\text{--}60\ \mu\text{g}/\text{m}^3$). Molemmat pohjoisen rampinvaihtoehdot (Hämeenpuisto pohjoinen ja Paasikivenkatu) vaikuttavat tämän kohteen ilmanlaatuun.
- Mallinnus on ns. worst case -vuorokausitilanne, jossa on huomioitu 3 vuoden tuntisääaineisto Tampereella. Sääolosuhteet vaikuttavat pitoisuuksiin. Korkeimmat mallinnetut NO_2 -pitoisuudet voivat esiintyä talviaikana inversiotilanteiden aikana, jolloin epäpuhtauksien sekoittuminen muuhun ilmaan ja laimeneminen on tavanomaista huonompaa. Vastaavasti PM_{10} -hiukkasten korkeimmat vuorokausipitoisuudet esiintyvät pääasiassa kevätpölyaikaan, jolloin kaupungissa hiukkaspitoisuudet nousevat muutenkin korkeammiksi mm. lumen sulaessa. Sateisina päivinä hiukkaspitoisuudet ovat mallinnettuja arvoja matalampia.
- Räjähdyksien ilmanlaatuvaikutukset mallinnettiin tuuletuskaasujen tuntipitoisuuksina. NO_2 -tuntipitoisuudet voivat olla räjähtyskaasujen tuuletuksen aikana tunnelin suuaukkojen läheisyydessä n. $100\text{--}150\ \mu\text{gNO}_2/\text{m}^3$ Hämeenpuiston ja Kirkkokadun työmailla. Paasikivenkadun suuaukon läheisyydessä NO_2 -tuntipitoisuus voi worst case -sääolosuhteissa olla $100\text{--}200\ \mu\text{g NO}_2/\text{m}^3$, ylärajan ollessa ilmanlaadun tuntiraja-arvon lukuarvo. Typpidioksidipitoisuuden varoituskynnyksen lukuarvo $400\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ ei ylittynyt. Paasikivenkadun työmaan suuaukon välittömässä läheisyydessä ei ole asutusta. Räjähdyksikaasumallinnus tehtiin hallilouhintavaiheen mukaisilla räjäytysainemäärillä ($1200\ \text{kg}/\text{hallinpää}$), ajotunnelin louhintavaiheessa räjäytysainemäärät ovat pienemmät.
- Räjähdyksissä muodostuu hiukkasia, joista suurin osa on karkeampaa hiukkasta, joka laskeutuu tunnelissa räjähtyksen jälkeen. Räjähdyksen ja tunnelin tuuletuksen aiheuttamat PM_{10} -hiukkasten tuntipitoisuudet olivat korkeimmillaan $50\text{--}150\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ 100 metrin etäisyydellä suuaukoista ja pienhiukkasten $\text{PM}_{2.5}$ tuntipitoisuudet $4\text{--}15\ \mu\text{g}/\text{m}^3$. Hiukkasten

lyhytaikaisille tuntipitoisuuksille ei ole olemassa terveystieteellisiä ilmanlaadun ohje- tai raja-arvoja.

5. Suositukset

Kunkun Parkin pohjoisten ramppien työmaan ilmanlaatuselvityksen suositukset:

- *Paasikivenkadun* ajoramppien ja -tunnelien rakennusaikaisten päästöjen ilmanlaatuvaikutukset työmaan lähialueella ovat *Hämeenkatu pohjoinen* työmaata korkeammat, mutta niiden vaikutukset ihmisille ovat kuitenkin Hämeenpuisto pohjoinen vaihtoehtoa vähäisemmät, koska Paasikivenkadun alue sijaitsee Näsijärven rannassa Näsinkallion takana eikä alueella ole lähiasutusta.
- Kunkun Parkin rakennusvaiheen aiheuttamia PM₁₀-hiukkaspitoisuuksia voidaan pienentää tehostamalla katujen puhdistusta työmaa-alueiden läheisyydessä. Säännöllinen puhdistaminen estää tunnelista kulkeutuvan hienoaineksen kertymistä työmaa-alueelle ja siten leviämistä eteenpäin ajoneuvojen mukana liikenneverkossa.
- Hämeenpuiston pohjoisosan ramppien ja tunnelityömaan lähialueen teiden puhdistaminen tulee louheenajovaiheessa tehdä päivittäin, koska lähellä on asutusta ja mm. Näsipuiston päiväkotia.
- Myös *Kirkkokadun* työmaan lähialueen puhdistus tulee tehdä huolellisesti aamuisin louheenkuljetuksen päätyttyä, koska lähiympäristössä on asutusta ja Laukontori.
- Hämeenpuiston pohjoispään ajotunnelien louhinnan jälkeen työn edetessä hallivaiheeseen tulisi tunnelien suuaukot väliaikaisesti kattaa ja ajoluiskat asfaltoida puhtaanapidon helpottamiseksi. Tällä voidaan vähentää hienoaineksen kulkeutumista ja leviämistä tunnelista maanpäälle louheenajon aikana. Louheenajo keskittyy suunnitelman mukaan yöaikaan, jolloin muuta liikennettä on vähän.
- Sulan maan aikana tunnelinsuun työmaa-alueita ja lähiteitä tulee kastella pölyämisen vähentämiseksi. Myös pölynsitomiseen tarkoitettuja kemikaaleja voidaan käyttää.
- Kuorma-autojen tyhjäkäyntiä työmaa-alueilla tulee välttää. Typpidioksidi- ja pienhiukkaspäästöjä voidaan pienentää vaatimalla uusimpien päästönormien täyttävien maansiirtoautojen käyttöä näissä työmaakohteissa.
- Lähellä sijaitseva **herkkä kohde on Hämeenpuiston pohjoispäässä sijaitseva Näsipuiston päiväkotia**. Päiväkotia on aivan Hämeenpuisto pohjoinen työmaan vieressä. Päiväkotia on auki myös iltaisin ja viikonloppuisin. Tässä kohteessa ilmanlaatuvaikutuksia tulee arvioida myös yhteisvaikutuksina muiden ympäristövaikutusten (mm. melu ja värinä) kanssa. Päiväkotia on käytössä tarvittaessa klo 22.30 asti, jolloin räjäytykset (klo 21) ja louheenkuljetus on jo alkanut (klo 22-).
- Jos Näsipuiston päiväkotia jää työmaavaiheessa paikalleen, on ilmanlaadun kannalta teiden päivittäinen puhdistus tällöin erityisen tärkeää, jotta louhintapölyä ei leviäisi tiealueilta päiväkodin pihalle. Molemmilla pohjoisen ramppivaihtoehdoilla (Hämeenpuisto pohjoinen ja Paasikivenkatu) on vaikutusta tämän kohteen ilmanlaatuun.
- Näsishallin päällä lähellä sijaitsevaa Näsipuiston leikkikenttää voidaan ilmanlaadun puolesta käyttää. Hämeenpuiston pohjoinen leikkikenttä jää työmaa-alueelle.

6. Mallinnuksen kokonaispävarmuuteen vaikuttavat tekijät

Kunkun Parkin ilmanlaatumallinnuksen kokonaispävarmuuteen vaikuttaa mm. arvioitujen kuorma-autojen määrä, ajoneuvoikohtaiset päästökertoimet, työmaakoneiden käyttöasteet, käytetyt räjäytysaineet ja räjäytysten ominaispäästötiedot, louhittava materiaali ja sen vaihtelu sekä mm. säätilan vaihtelut. Mallinnuksessa eri tekijät on pyritty huomioimaan nykyisen parhaimman käyttökelpoisen lähdetiedon perusteella.

Mallissa on huomioitu myös maaston muoto Maanmittauslaitoksen korkeusmallin mukaan laskentapisteissä. Lisäksi työmaa-aukkojen ja työmaateiden asemointi maanpintaan nähden on tehty Aihio Arkkitehteiltä saatujen korkeustietojen perusteella. Näin ollen mallilla on pyritty simuloimaan työmaatie ja -tunnelijärjestelyjä mahdollisimman realistisesti. Syvemmällä olevien aukkojen päästö ehtii laimeta maanpinnan tason saavuttaessaan eli se kulkee ns. pitemmän matkan, kuin jos päästö tulisi maanpintatasosta. Työmaatiet on laitettu sukeltamaan nykymaapinnasta tunneliaukon tasoon. Työmaatiellä on mm. hiukkaspäästöt korkeammat kuin muualla tieverkossa, koska tunnelista on oletettu kulkeutuvan pölyä liikenteen mukana, vaikkakin tie pyritään suunnitelmassa asfaltoimaan mahdollisimman nopeasti. Eri tunneliaukot on ympäröivään maanpintaan nähden eri korkeuksilla, mikä näkyy pitoisuustuloksissa lähialueilla. Lisäksi tuulen suunnat ja muu meteorologia suhteessa aukkoihin ja maaston muotoon vaikuttavat eri aukkojen lähellä korkeimpiin mallinnettuihin pitoisuuksiin.

Kun päästölähteet on mallissa suunnittelukorkeudessaan, saadaan mallissa todellisuuden kaltainen tilanne mahdollisimman hyvin arvioitua.

Tulevaisuudessa mm. sääolosuhteet (tuulisuus, sateisuus, pakkaskaudet) voivat muuttua nykytilanteesta, mikä voi vaikuttaa myös päästöjen sekoittumiseen ja leviämiseen. Lisäksi katualueiden työnaikainen puhtaanapitosykli voi vaikuttaa hiukkaspitoisuuksiin.

Liite1. Ilmanlaadun vertailuarvot - NO₂, PM₁₀, PM_{2.5}

Taulukko 1/L1. Ilmanlaadun ohjearvot hengitettävälle hiukkasille (PM ₁₀) ja typpidioksidille (NO ₂). Lähde: VNP 480/1996		
Aine	Ohjearvo, (20 °C, 1atm)	Tilastollinen määrittely
Hengitettävät hiukkaset (PM ₁₀)	70 µg/m ³	kuukauden toiseksi suurin vuorokausiarvo
Typpidioksidi (NO ₂)	150 µg/m ³	kuukauden tuntiarvojen 99. prosenttipiste
	70 µg/m ³	kuukauden toiseksi suurin vuorokausiarvo

Taulukko 2/L1. Hengittävien hiukkasten, pienhiukkasten ja typpidioksidin (PM ₁₀ , PM _{2.5} , NO ₂) ilmanlaadun raja-arvot terveyshaittojen ehkäisemiseksi. NO _x :n kriittinen taso on annettu kasvillisuuden suojelemiseksi. Lähde: VNA 38/2011				
Aine	Keskiarvon laskenta-aika	Raja-arvo, µg/m ³ *	Sallittujen ylitysten määrä kalenterivuodessa	Ajankohta, josta lähtien raja-arvot ovat olleet voimassa
Hengitettävät hiukkaset (PM ₁₀)	24 tuntia kalenterivuosi	50 µg/m ³ * 40 µg/m ³	35 -	1.1.2005 1.1.2005
Pienhiukkaset (PM _{2.5})	kalenterivuosi	25 µg/m ³	-	1.1.2010
Typpidioksidi (NO ₂)	1 tunti kalenterivuosi	200 µg/m ³ 40 µg/m ³	18 -	1.1.2010 1.1.2010
Typen oksidit (NO _x =NO+NO ₂) kasvillisuus	kalenterivuosi	30 µg/m ³	-	15.8.2001
*Kaasumaisilla yhdisteillä tulokset ilmaistaan 293 K lämpötilassa ja 101,3 kPa paineessa. Hiukkasten tulokset ilmaistaan ulkoilman lämpötilassa ja paineessa				

Taulukko 3/L1. Pienhiukkasten (PM _{2.5}) WHO:n ohjearvot. Lähde: Maailman terveysjärjestö, WHO	
	Pitoisuus
WHO / PM _{2.5} vuorokausiohjearvo	25 µg/m ³
WHO PM _{2.5} vuosiohjearvo	10 µg/m ³

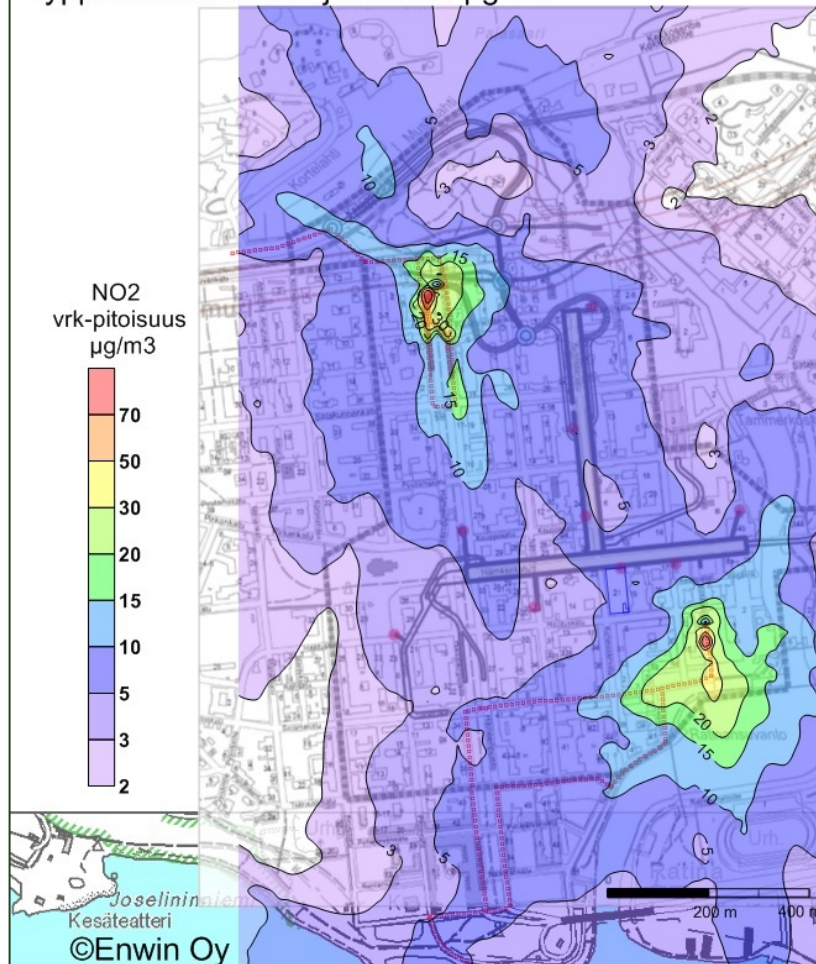
Valtioneuvoston asetuksessa (VNA 38/2011) on esitetty myös typpidioksidipitoisuuden tiedotus- ja varoituskynnys 400 µgNO₂/m³ (293 K, 101,3 kPa, mitattuna kolmen perättäisen tunnin aikana).

Liite 2. Typpidioksidin vuorokausipitoisuudet

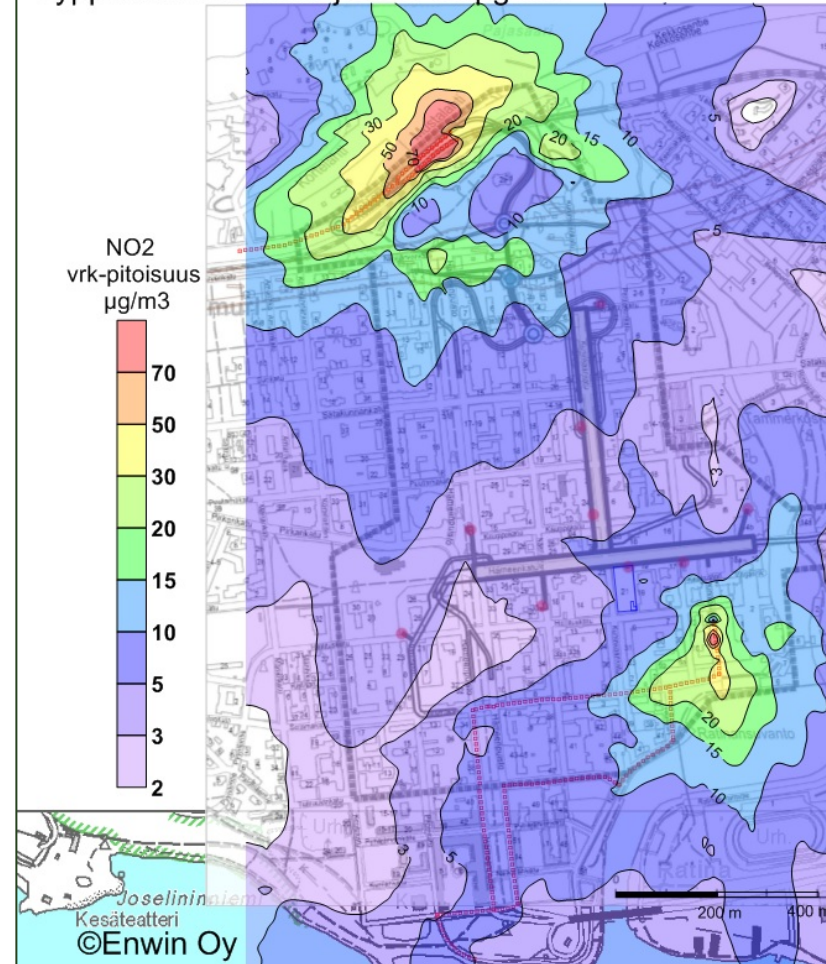
Kunkun Parkki VE Suppea+Hpohj tai VE Suppea+P

Tunnelien työskentelyaukot ja louheenkuljetusliikenne yhteensä NO₂

Kunkun Parkki, VE SUPPEA+ Hpohj.
Vaikutukset typpidioksidin NO₂-vrk-pitoisuuksiin (µg/m³)
Tunnelien työskentelyaukot ja louheenkuljetusliikenne
Typpidioksidin vrk-ohjearvo 70 µg/m³



Kunkun Parkki, VE SUPPEA+ P
Vaikutukset typpidioksidin NO₂-vrk-pitoisuuksiin (µg/m³)
Tunnelien työskentelyaukot ja louheenkuljetusliikenne
Typpidioksidin vrk-ohjearvo 70 µg/m³

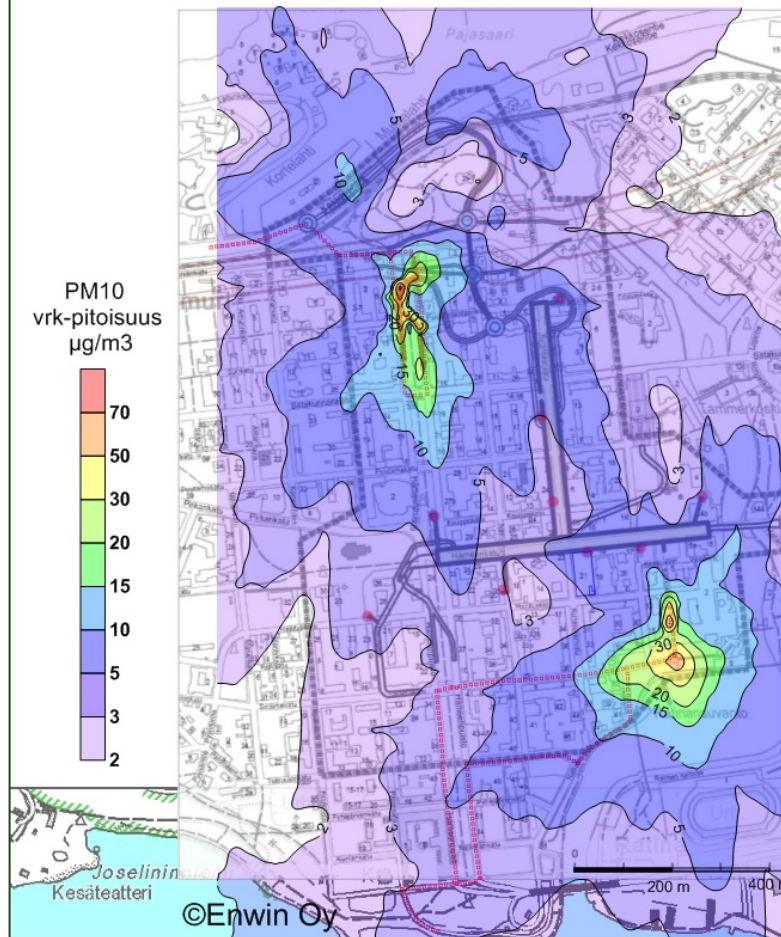


Liite 3. PM₁₀-hiukkasten vuorokausipitoisuudet

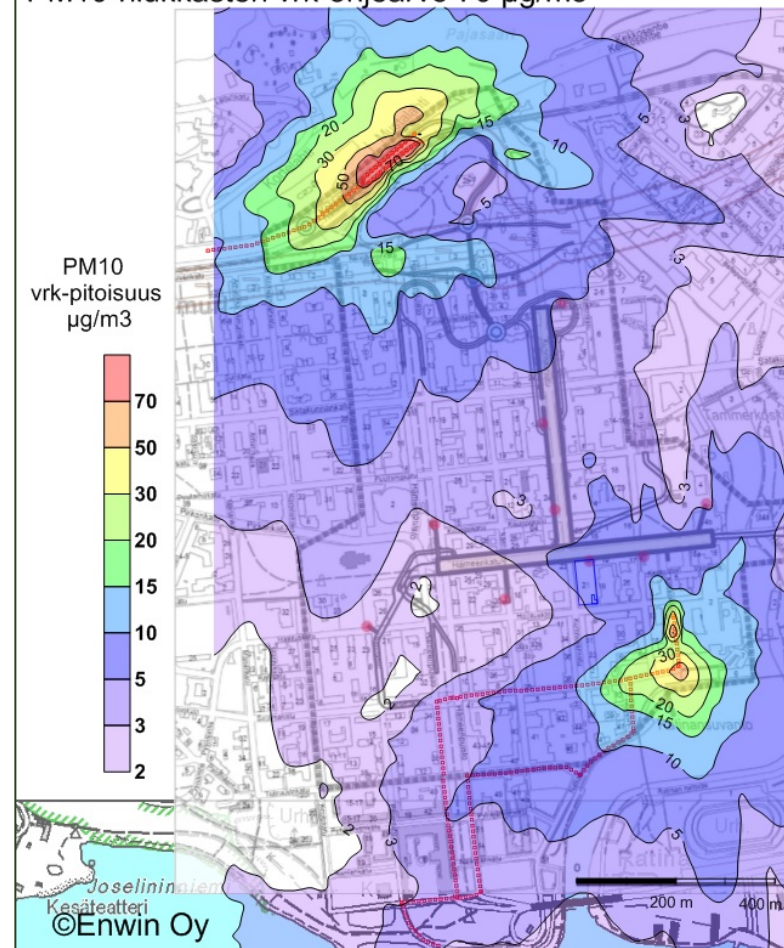
Kunkun Parkki VE Suppea+Hpohj tai VE Suppea+P

Tunnelien työskentelyaukot ja louheenkuljetusliikenne yhteensä PM₁₀

Kunkun Parkki, VE SUPPEA + Hpohj.
Vaikutukset PM10-hiukkasten vrk-pitoisuuksiin ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Tunnelien työskentelyaukot ja louheenkuljetusliikenne.
PM10-hiukkasten vrk-ohjearvo $70 \mu\text{g}/\text{m}^3$



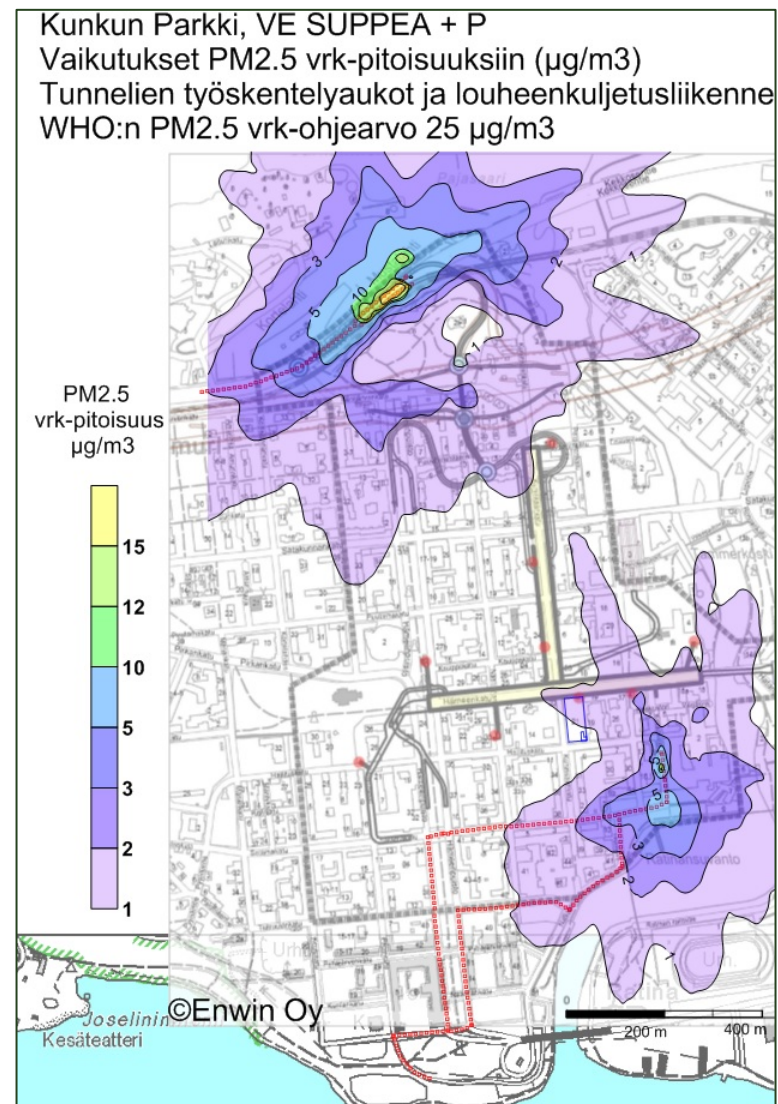
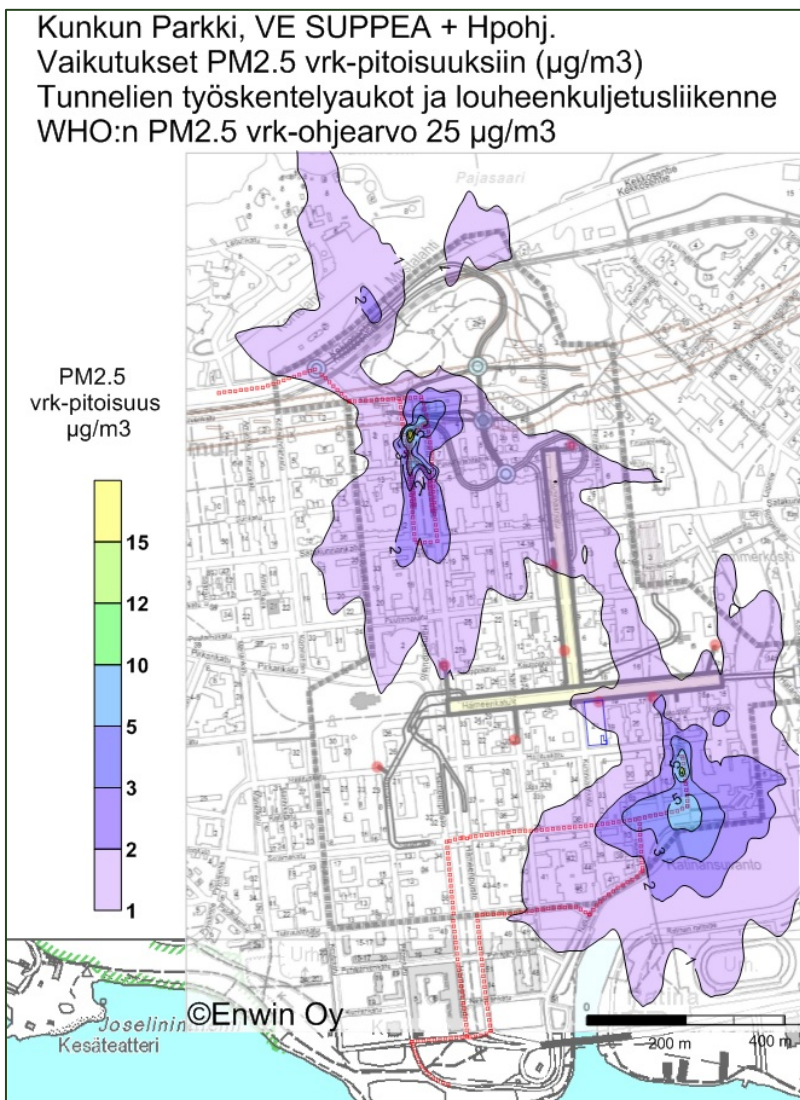
Kunkun Parkki, VE SUPPEA + P
Vaikutukset PM10-hiukkasten vrk-pitoisuuksiin ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Tunnelien työskentelyaukot ja louheenkuljetusliikenne.
PM10-hiukkasten vrk-ohjearvo $70 \mu\text{g}/\text{m}^3$



Liite 4. PM_{2.5}-hiukkasten vuorokausipitoisuudet

Kunkun Parkki VE Suppea+Hpohj tai VE Suppea+P

Tunnelien työskentelyaukot ja louheenkuljetusliikenne yhteensä PM_{2.5}

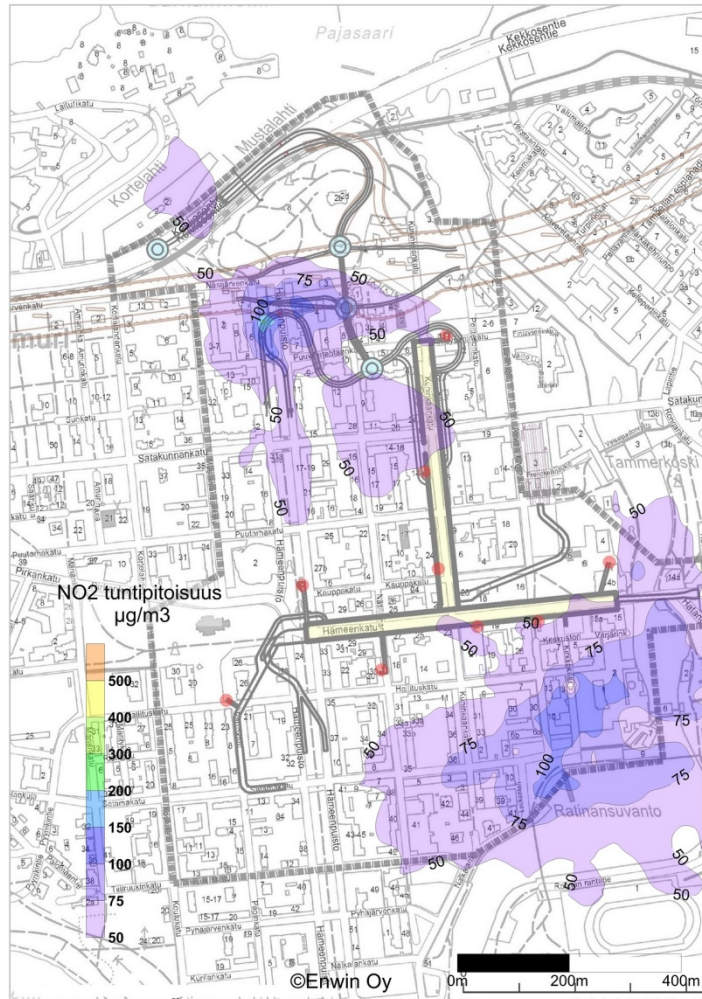


Liite 5. Räjätysten aiheuttamat NO₂-tuntipitoisuudet

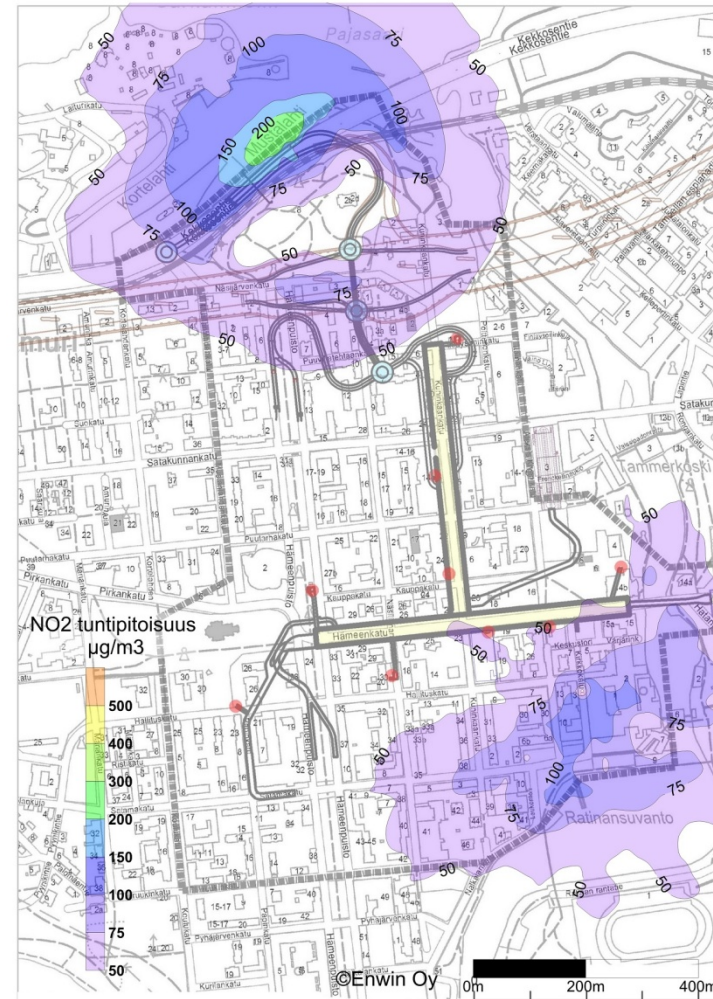
Kunkun Parkki VE Suppea+Hpohj tai VE Suppea+P

Räjätysten klo 21-22: Tuuletuskaasujen aiheuttamat NO₂-tuntipitoisuudet

Kunkun Parkki, VE Suppea + Hpohj klo 21-22
Räjäytysten aiheuttamat korkeimmat
NO₂- tuntipitoisuudet (µgNO₂/m³)



Kunkun Parkki, VE Suppea +P klo 21-22
Räjäytysten aiheuttamat korkeimmat
NO₂- tuntipitoisuudet (µgNO₂/m³)



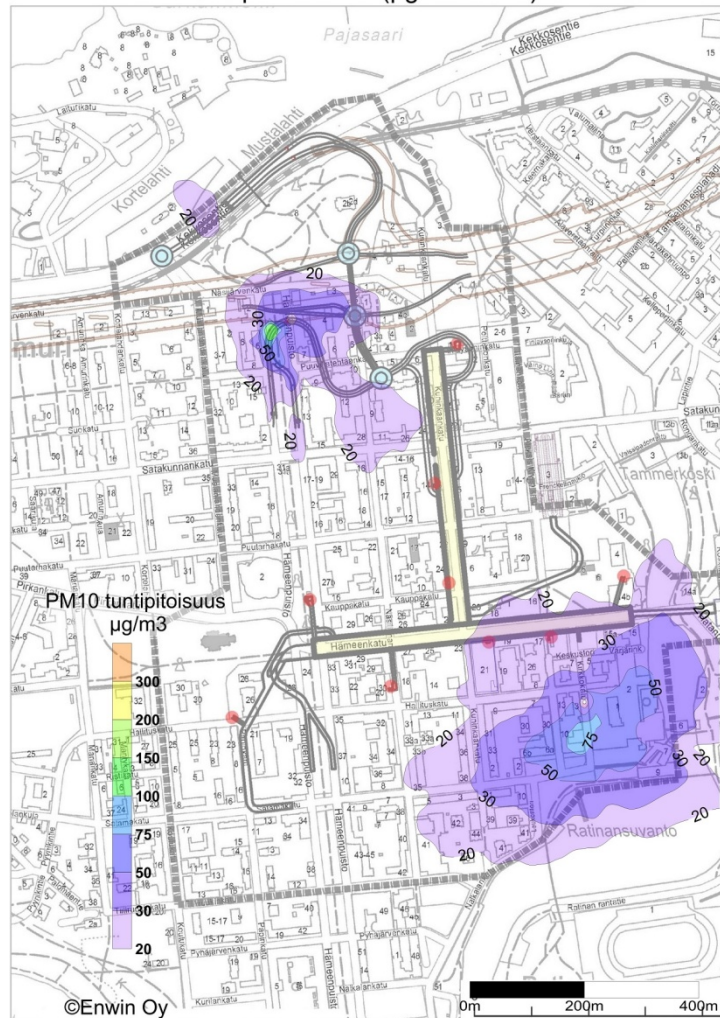
Liite 6.: Räjätysten aiheuttamat hiukkasten tuntipitoisuudet (PM₁₀ ja PM_{2.5})

Kunkun Parkki VE Suppea+Hpohj tai VE Suppea+P

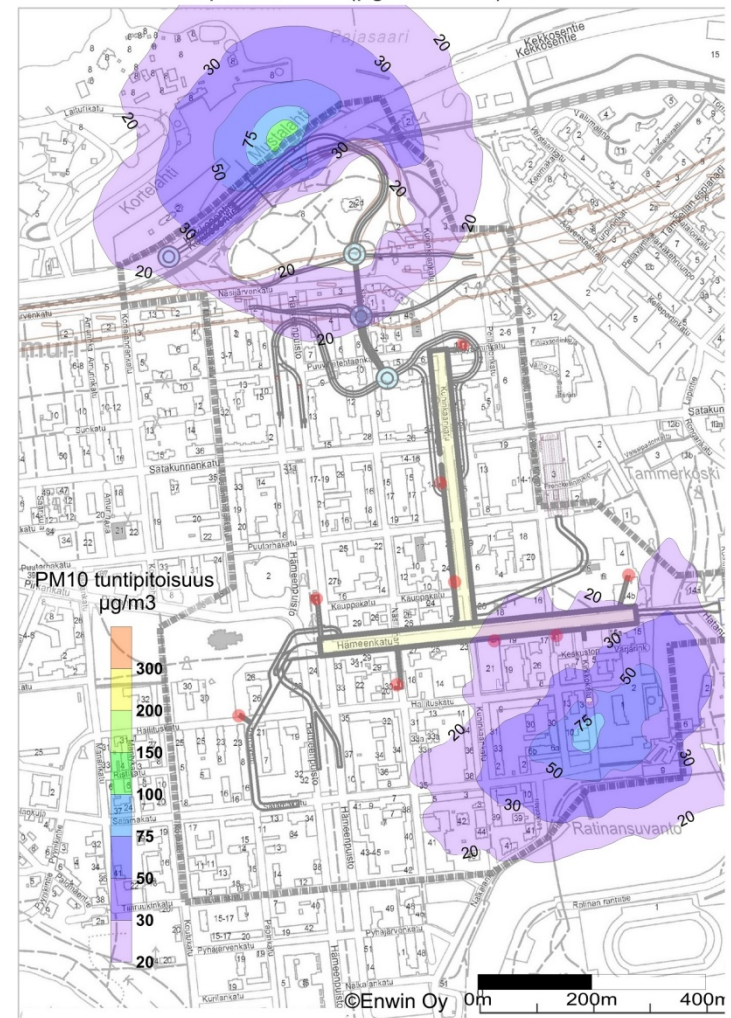
Räjättykset klo 21-22: Tuuletuskaasujen aiheuttamat PM₁₀-hiukkasten tuntipitoisuudet

Räjättykset klo 21-22: Tuuletuskaasujen aiheuttamat PM_{2.5}-hiukkasten tuntipitoisuudet

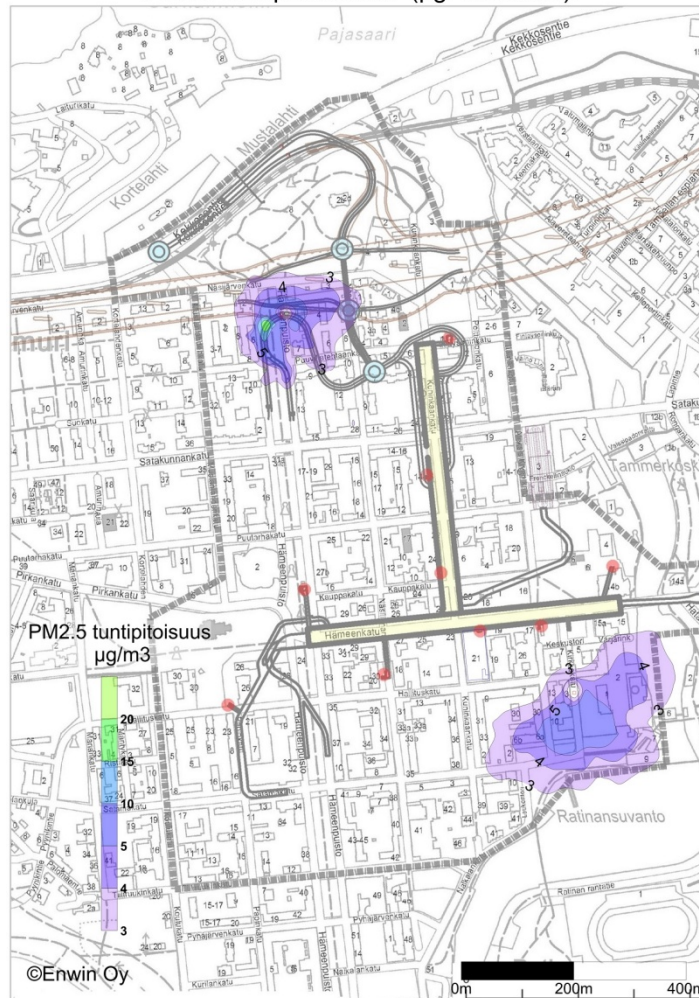
Kunkun Parkki, VE Suppea + Hpojh. klo 21-22
Räjätysten aiheuttamat korkeimmat
PM10-tuntipitoisuudet ($\mu\text{gPM10}/\text{m}^3$).



Kunkun Parkki, VE Suppea + P, klo 21-22
Räjätysten aiheuttamat korkeimmat PM10-
tuntipitoisuudet ($\mu\text{gPM10}/\text{m}^3$).



Kunkun Parkki, Suppea+Hpohj. klo 21-22
Räjäytysten aiheuttamat korkeimmat
PM2.5-tuntipitoisuudet ($\mu\text{gPM}_{2.5}/\text{m}^3$).



Kunkun Parkki, Suppea+P klo 21-22
Räjäytysten aiheuttamat korkeimmat
PM2.5-tuntipitoisuudet ($\mu\text{gPM}_{2.5}/\text{m}^3$).

