

Vastaanottaja
Terrafame Oy

Asiakirjatyyppi
Raportti

Päivämäärä
6.5.2021

TERRAFAME OY KOLMISOPEN YVA, PÖ- LYN LEVIÄMISMALLI- SELVITYS

TERRAFAME OY

KOLMISOPEN YVA, PÖLYN LEVIÄMISMALLISELVITYS

Projekti Kolmisopen YVA, ilmanlaatu, ilmasto
Projekti nro 1510052817-018
Vastaanottaja Terrafame Oy
Asiakirjatyyppi Raportti
Versio 1.5
Päivämäärä 6.5.2021
Laatija Toni Keskitalo
Tarkastaja Mikko Happo

Ramboll
Ylistönmäentie 26
40500 JYVÄSKYLÄ

P +358 20 755 611
F +358 20 755 6201
<https://fi.ramboll.com>

SISÄLTÖ

1.	JOHDANTO	2
2.	AINEISTO JA MENETELMÄT	2
2.1	Mallinnustilanteet ja tutkimusalue	2
2.2	Päästöjen leviämismalli	3
2.3	Hiukkasten poistuminen ilmasta	4
2.4	Mallinnuksen säätiedot	4
2.5	Ilmanlaadun raja- ja ohjearvot	5
2.6	Leviämismallinnuksen päästölähteet ja päästöt	5
2.6.1	Päästömäärien tarkastelu	10
2.7	Terrafame Oy:n laskeumamittaukset	11
2.8	Epävarmuustarkastelu	11
3.	LEVIÄMISMALLINNUKSEN TULOSKARTAT	12
3.1	VE0 (nykytilanne)	12
3.2	VE0+ (vuoden 2027 tilanne)	15
3.3	VE1 (vuoden 2028 tilanne)	18
3.4	VE2 (vuoden 2060 tilanne)	21
4.	TULOSTEN TARKASTELU	24
4.1	Vuoden 2017 leviämismalliselvityksen vertailu	24
4.2	VE0 (nykytilanne)	24
4.3	VE0+ (vuoden 2027 tilanne)	24
4.4	VE1 (vuoden 2028 tilanne)	24
4.5	VE2 (vuoden 2060 tilanne)	24
5.	KIRJALLISUUSLUETTELO	26

1. JOHDANTO

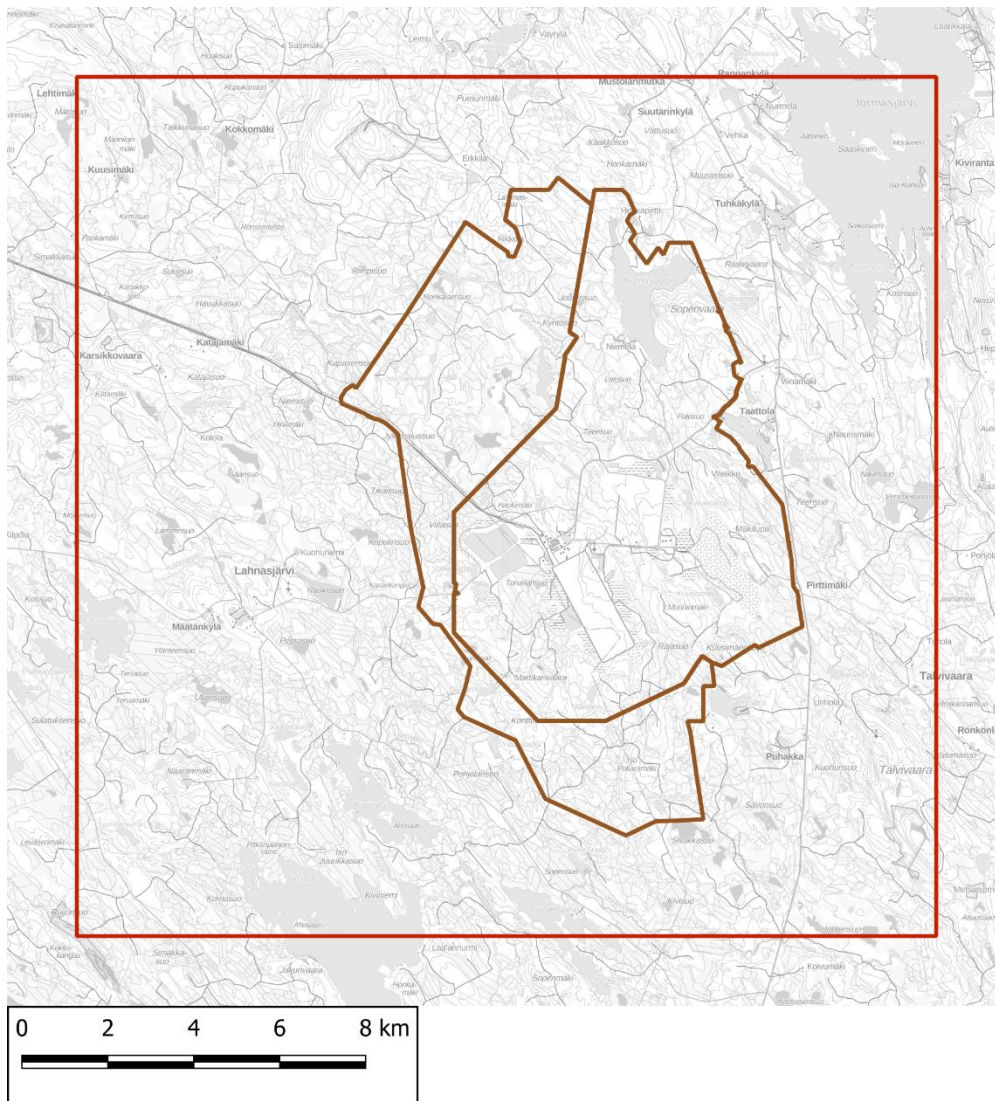
Osana Terrafame Oy:n Kolmisopen alueen YVA-selvitystä tehtiin pölyjen leviämismallinnus. Tämä työ on erillisraportti tästä mallinnustyöstä.

2. AINEISTO JA MENETELMÄT

2.1 Mallinnustilanteet ja tutkimusalue

Tässä selvityksessä mallinnettiin Terrafame Oy:n pölypäästöjen leviäminen neljässä eri skenaarioriossa Kolmisopen YVA-hankkeeseen liittyen: VE0 (nykytilanne), VE0+ (vuosi 2027), VE1 (vuosi 2028) ja VE2 (vuosi 2060). Tavoitteena oli saada selville Terrafame Oy:n toimintojen vaikutuksia lähiseudun ilmanlaatuun toiminnan vaiheiden eri ajankohtina.

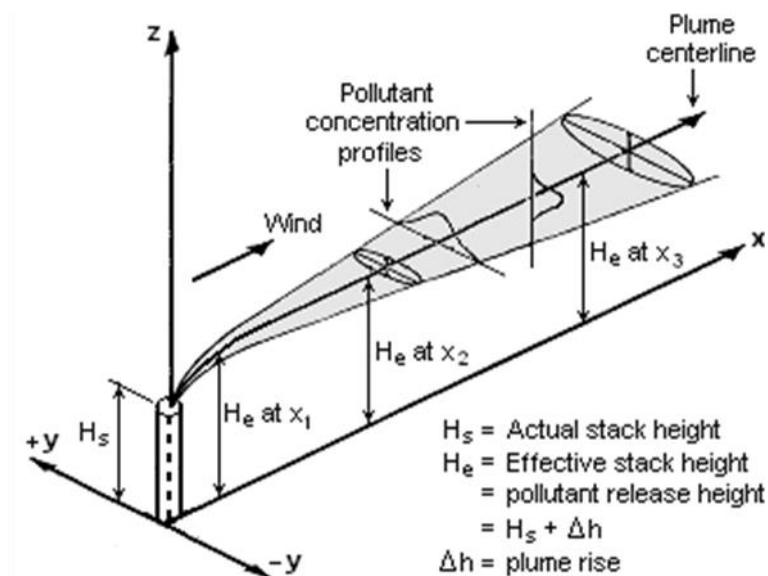
Leviämismallinnuksella arvioitiin PM₁₀-päästöjen leviäminen tarkastelualueelle, jonka koko oli kaikkiaan 20 km × 20 km (Kuva 1).



Kuva 1. Leviämismalliselvityksen laskenta-alue (punainen rajaus) sekä kaivospiirin ja sen laajenuksen rajat (sininen).

2.2 Päästöjen leviämismalli

Päästöjen leviämismallinnuksessa käytettiin 3-ulotteista mallia, joka huomioi maastonmuodot, rakennusten aiheuttaman kaasupainuman, kaasujen lämpötilasta johtuvan nosteen ja sääolosuhteet. Mallinnukseen käytettiin U.S. EPA:n AERMOD-mallinnusohjelman versiolla 18081 käyttäen apuna graafista käyttöliittymää AERMOD View 9.6.0 (Lakes Environmental). Malli on laajalti käytössä Yhdysvalloissa ja Euroopassa. Mallinnettavan alueen koko (neliökilometreistä satoihin neliökilometreihin) ja reseptoripisteiden tiheys suhteutetaan päästöihin ja niiden leviämiseen. Lähialueella sekä lähimmissä häiriintyvissä kohteissa voidaan käyttää tiheämpää reseptoriverkkoa, minimissään 20 m. Leviämismallin perustana on gaussilainen leviämisytälö, joka olettaa päästön laimenevan Gaussein jakauman mukaisesti pysty- ja vaakasuunnassa (Kuva 2)



Kuva 2. Päästövanan leviäminen ja hajaantuminen gaussilaisen leviämisytälön mukaan.

Mallissa käytetyt hajontaparametrit ovat tilastollisia ja ne on saatu empiirisesti. Vaaka- ja pystysuunnan standardipoikkeamat luonnollisesti kasvavat, kun etäisyys lähteestä kasvaa. Malli huomioi päästövanan korkeutta laskiessaan päästökorkeuden (H_s), päästön virtausnopeuden ja lämpösisälön. Tuulennopeuden oletetaan edustavan savuviuhkan kulkeutumisenopeutta ja se määritetään savuviuhkan keskiakselin korkeudelle (H_e). Gaussin vanamallin lisäksi malli sisältää osamalleja esim. päästöjen vaihteluiden ja rakennusten virtaushäiriöiden käsittelemiseksi.

Sää tietoina mallinnuksissa käytettiin Sotkamon Kuolaniemen sääaseman (Ilmatieteen laitos, avoin data) sää tietoja vuosilta 2017–2019 (ks. kappale 2.4). Laskentamalli käyttää epäpuhtauspitoisuuksien leviämisen ja laimennemisen laskennassa meteorologisen tilanteen tuntikeskiarvoja (ulkoilman lämpötila, tuulen nopeus, tuulen suunta, pilvisuus, pilvien korkeus). Laskenta etenee tunnin aika-askeleella, kunnes koko vuoden pituinen sää tietojen aikasarja on käyty läpi. Malli lasketaan kolmen vuoden sääaineistolla, ja lopuksi eri vuosien tulokset yhdistetään. Tuloksena saatavat pitoisuudet ilmoitetaan ulkoilman lämpötilassa ja paineessa. Pitoisuudet kuvaavat pitoisuuksia ilmassa lähellä maan pintaa hengitysilman korkeudella (1,5 m).

Yhteensä mallin laskentapisteitä oli 988 kpl.

2.3 Hiukkasten poistuminen ilmasta

Ilman hiukkasmaiset epäpuhtaudet poistuvat ilmasta laskeuman muodossa. Suurikokoiset hiukkaset putoavat maahan kaikkein nopeimmin, ja pienet hiukkaset leijuvat ilmassa pitkään ja voivat kulkeutua tuhansien kilometrien matkoja. Tässä selvityksessä tarkasteltiin hengitettäviä hiukkasia eli PM₁₀-kokoluokkaa, jonka arvioidaan muodostavan pienehkön osan esim. kiviautojen ilmaan nostamasta kokonaispölymäärästä. Myös PM₁₀-hiukkaset poistuvat ilmasta painovoiman sekä sateen vaikutuksesta.

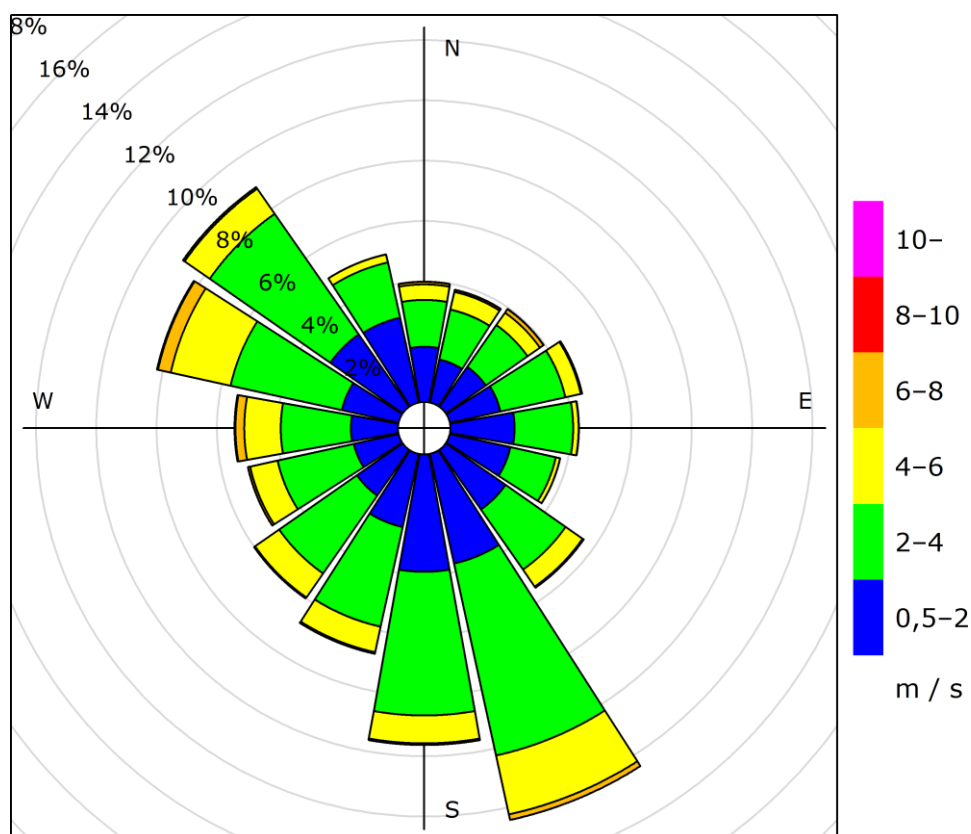
Hiukkasten poistuminen ilmasta arvioitiin AERMODissa lisäämällä päästölähteille hiukkasten kokojakauma halkaisijaltaan 10 mikrometrin kokoon saakka (Taulukko 1).

Taulukko 1. Käytetyt hiukkasten kokojakaumat kuljetusreiteille ja muille toiminnoille (ENVIRON 2012, NIOSH 2005).

Kuljetukset		
Luokan yläraja [μm]	Luokan alaraja [μm]	Osuus
0,0	1,55	10 %
1,55	3,5	14 %
3,5	6,0	33 %
6,0	9,8	43 %
Muut lähteet		
Luokan yläraja [μm]	Luokan alaraja [μm]	Osuus
0,0	2,5	30 %
2,5	5,0	27 %
5,0	7,5	23 %
7,5	10	20 %

2.4 Mallinnuksen säätiedot

Mallinnuksessa säätietoina käytettiin Sotkamon Kuolaniemen säähavaintoaseman havaintoaineistoja vuosilta 2017–2019. AERMODia varten säädäta käsiteltiin tarkastelualueen olosuhteisiin meteorologisella prosessorilla (AERMET). Yleisimmät tuulen suunnat tällä kolmen vuoden jaksolla olivat eteläkaakko (12,4 % ajasta), etelä (9,6 %), luode (8,9 %) ja länsiluode (8,2 %) (Kuva 3).



Kuva 3. Tuulen suuntien ja nopeuksien jakauma Sotkamon Kuolaniemen sääasemalla 2017–2019. Kaavio osoittaa, mistä suunnasta on tuullut. Tyynien havaintojen (tuulen nopeus pienempi kuin 0,5 m/s) osuus oli 1,4 % ajasta.

2.5 Ilmanlaadun raja- ja ohjearvot

Leviämislaskelmien tuloksia verrattiin ilmanlaadulle annettuihin raja- ja ohjearvoihin. Raja-arvot on annettu valtioneuvoston asetuksessa VNa 79/2017 ja ohjearvot päätöksessä VNp 480/1996. Alla (Taulukko 2) on esitetty Suomessa käytössä olevat terveysperusteiset ilmanlaadun ohje- ja raja-arvot hengitettävälle hiukkasille.

Taulukko 2. Ilmanlaadun raja- ja ohjearvoja (VNa 79/2017, VNp 480/1996).

Aine	Raja/Ohje	Määrittely	Arvo [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
Hengitettävät hiukkaset (PM ₁₀)	raja-arvo	vuorokausikeskiarvo (saa ylittyä 35 kertaa kalenterivuoden aikana)	50
Hengitettävät hiukkaset (PM ₁₀)	raja-arvo	vuosikeskiarvo	40
Hengitettävät hiukkaset (PM ₁₀)	ohjearvo	kuukauden 2. suurin vuorokausiarvo	70

2.6 Leviämismallinnuksen päästölähteet ja päästöt

Leviämismalleissa käytetyt hajapäästöt perustuvat soveltuvin osin YVAan vuonna 2017 tehtyyn pölymallinnukseen (Pöyry 2017). Kyseisen selvityksen päästökertoimet ovat enimmäkseen peräisin MINERA-hankkeen loppuraportista (GTK 2013), jonka kertoimet puolestaan perustuvat käytännössä kaikki Yhdysvaltain ympäristövirasto EPA:n AP-42-päästökerroinkokoelmaan.

Kuljetusreitit ja kastellaan lähtötietojen mukaan tarvittaessa. Hiukkaspäästö arvioitiin siten, että 25 % ajasta päästömäärän arvioitiin kuvastavan kuivaa hiukkaspäästöä ja olevan 75 % ajasta kastellun päästön mukainen eli 75 % pienempi kuin kuiva päästö.

Tehdasalueen kanavoitujen hiukkaspäästöjen määrät saatiin päästötarkkailun tuloksista vuodelta 2017, jotka olivat uusimmat mallinnuksen tekoaikaan käytettävissä olevat mittaustulokset. (Ramboll 2018a). Akkukemikaalitehtaan (hönkäputki ja lämpölaitos) hiukkaspäästö on sama kuin sen YVAan tehdyssä leviämismallissa (Ramboll 2018b).

Nykyiset kuljettimet ovat katettuja, eikä Pöyry (2017) arvioinut niistä muodostuvan päästöjä; tässä selvityksessä on käytetty samaa periaatetta nykytilanteessa. Myöhempien vuosien skenaarioiden aikaan kuljettimien on tarkoitus olla 2/3-katettuja. Niiden päästöt arvioitiin AP-42:n kerrointen perusteella siten, että päästön oletettiin olevan neljäsosa kertoimen perusteella lasketusta.

Malliin lisättiin myös sivukivialueitten pölyäminen päästölähteeksi. Niiden PM₁₀-päästö vaihteli tuulen nopeuden mukaan. Joka skenaariossa suurimmat osuudet kokonaispäästöistä muodostivat malmin ja sivukiven lastaus, niiden kuljetus ja sivukiven kippaus sivukivialueilla.

Taulukko 3. Vaihtoehdon VE0 (nykytilanne) mallinnuksen hiukkaspäästölähteet, päästöt sekunnissa ja vuorokaudessa sekä osuudet kokonaispäästöstä.

Ryhmittely	Päästölähde	PM ₁₀ -päästö g/s	PM ₁₀ -päästö kg/d	Osuus kokonaispäästöstä
Louhos	poraus, Kuusilampi	0,21	18	0,5 %
	räjätys, Kuusilampi (kerran päivässä)	19	69	1,8 %
	malmin lastaus kiviautoon louhoksessa	6,8	590	15,4 %
	sivukiven lastaus kiviautoon louhoksessa	5,4	470	12,3 %
Kuljetukset	malmin kuljetus louhoksesta (kiviauto)	9,7	840	21,9 %
	sivukiven kuljetus louhoksesta (kiviauto)	4,5	390	10,3 %
Kippaukset	malmin kippaus esimurskaimeen	2,1	180	4,6 %
	sivukiven kippaus sivukivialueelle	5,4	470	12,3 %
Liuotusalueet	primääriliuotus PH 1–4	1,9	160	4,2 %
	sekundääriliuotus SH 1–4	1,9	160	4,2 %
Tehdasalue	agglomerointi (piippu)	0,019	1,7	< 0,1 %
	hienomurska 1 (piippu)	0,0028	0,24	< 0,1 %
	hienomurska 2 (piippu)	0,067	5,8	0,2 %
	seulomo (piippu)	0,19	17	0,4 %
	karkeamurska (piippu)	0,0056	0,48	< 0,1 %
	murskauksen hajapöly	0,86	74	1,9 %
	Vapor kuumavesikattila 10 MW	0,075	6,5	0,2 %
	10 MW höyrykattila	0,069	6,0	0,2 %
	Adven 5 MW höyrykontti	0,18	15	0,4 %
	tehdasalueen pölyäminen	6,8	210	5,5 %
Kuljetin	kuljetin (katettu, ei päästöä Pöyryn mukaan)			
Sivukivialueet	sivukivialue KL2 (keskimäärin, vaihtelee tuulen mukaan)	1,6	140	3,6 %
YHTEENSÄ			3 800	100 %

**Taulukko 4. Vaihtoehdon VE0+ (vuosi 2027) mallinnuksen hiukkaspäästölähteet, päästöt sekun-
nissa ja vuorokaudessa sekä osuudet kokonaispäästöstä.**

Ryhmittely	Päästölähde	PM ₁₀ - päästö g/s	PM ₁₀ - päästö kg/d	Osuus ko- konais- päästöstä
Louhos	poraus, Kuusilampi	0,21	18	0,3 %
	räjätys, Kuusilampi (kerran päivässä)	19	69	1,3 %
	malmin lastaus kiviautoon louhoksessa	6,8	590	11,0 %
	sivukiven lastaus kiviautoon louhoksessa	5,4	470	8,7 %
Kippaukset	sivukivikuljetus (kiviauto) KL2	4,5	390	7,3 %
	malmin kuljetus louhoksesta (kiviauto)	9,7	840	15,6 %
	sivukivikuljetus (kiviauto) KL1	9,6	830	15,4 %
	sivukiven kippaus KL2	5,4	470	8,7 %
	sivukiven kippaus KL1	4,0	350	6,4 %
	malmin kippaus esimurskaimeen	2,1	180	3,3 %
Liutusalueet	primääriliuotus PH 1 - 4	1,9	160	3,0 %
	primääriliuotus PH 5	0,72	62	1,2 %
	sekundääriliuotus SH 1 - 4	1,9	160	3,0 %
	sekundääriliuotus SH 5 - 8	2,9	250	4,7 %
Tehdasalue	agglomerointi (piippu)	0,019	1,7	< 0,1 %
	hienomurska 1 (piippu)	0,0028	0,24	< 0,1 %
	hienomurska 2 (piippu)	0,067	5,8	0,1 %
	seulomo (piippu)	0,19	17	0,3 %
	karkeamurska (piippu)	0,0056	0,48	< 0,1 %
	murskauksen hajapöly	0,86	74	1,4 %
	Vapor kuumavesikattila 10 MW	0,075	6,5	0,1 %
	10 MW höyrykattila	0,069	6,0	0,1 %
	Adven 5 MW höyrykontti	0,18	15	0,3 %
	tehdasalueen pölyäminen	6,8	210	3,9 %
Akkukem.tehdas	akkukemikaalitehdas, hönkäpiippu	0,068	5,9	0,1 %
	akkukemikaalitehdas, hakekattila	0,54	47	0,9 %
Sivukivialueet	sivukivialue KL2 (keskimäärin, vaihtelee tuu- len mukaan)	1,6	140	2,5 %
	sivukivialue KL1 (keskimäärin, vaihtelee tuu- len mukaan)	1,6	140	2,5 %
YHTEENSÄ			5 400	100 %

Taulukko 5. Vaihtoehdon VE1 (vuosi 2028) mallinnuksen hiukkaspäästölähteet, päästöt sekunnissa ja vuorokaudessa sekä osuudet kokonaispäästöstä.

Ryhmittely	Päästölähde	PM ₁₀ -päästö g/s	PM ₁₀ -päästö kg/d	Osuus kokonaispäästöstä
Louhokset	poraus, Kuusilampi	0,21	18	0,3 %
	räjäytys, Kuusilampi (kerran päivässä)	19	69	1,1 %
	poraus, Kolmisoppi	0,21	18	0,3 %
	räjäytys, Kolmisoppi (kerran päivässä)	19	69	1,1 %
	KL sivukiven lastaus kiviautoon louhoksessa	4,0	350	5,5 %
	KL malmin lastaus kiviautoon louhoksessa	3,4	300	4,7 %
	KS sivukiven lastaus kiviautoon louhoksessa	4,0	350	5,5 %
	KS malmin lastaus kiviautoon louhoksessa	1,0	300	4,7 %
Kuljetukset	malmikuljetus KL (kiviauto)	11	950	15,0 %
	malmikuljetus KS (kiviauto)	6,6	570	9,0 %
	sivukivikuljetus KL (kiviauto)	9,6	830	13,0 %
	sivukivikuljetus KS (kiviauto)	5,4	470	7,4 %
Liutusalueet	primääriliuotus PH 1–4	1,9	160	2,6 %
	primääriliuotus PH 5	0,72	62	1,0 %
	sekundääriliuotus SH 5–8	2,9	250	4,0 %
Tehdasalue	malmin kippaus KL esimurskaimeen	1,0	180	2,8 %
	sivukiven kippaus KL1	4,0	350	5,5 %
	malmin kippaus KS esimurskaimeen	1,0	180	2,8 %
	sivukiven kippaus KS1	4,0	350	5,5 %
	agglomerointi (piippu)	0,019	1,7	< 0,1 %
	hienomurska 1 (piippu)	0,0028	0,24	< 0,1 %
	hienomurska 2 (piippu)	0,067	5,8	0,1 %
	seulomo (piippu)	0,19	17	0,3 %
	karkeamurska (piippu)	0,0056	0,48	< 0,1 %
	murskauksen hajapöly	0,86	74	1,2 %
	Vapor kuumavesikattila 10 MW	0,075	6,5	0,1 %
	10 MW höyrykattila	0,069	6,0	0,1 %
	Adven 5 MW höyrykontti	0,18	15	0,2 %
tehdasalueen pölyäminen	6,8	210	3,3 %	
Kuljettimet	kuljetin KS (1/4 päästöstä)	0,043	3,7	0,1 %
	kuljetin KS esimurska - välivarasto (1/4) päästöstä	0,043	3,7	0,1 %
Akkukemikaali-tehdas	akkukemikaalitehdas, hönkäpiippu	0,068	5,9	0,1 %
	akkukemikaalitehdas, hakekattila	0,54	47	0,7 %
Sivukivialueet	sivukivialue KL2 (keskimäärin, vaihtelee tuulen mukaan, 1/10 päästöstä)	0,20	18	0,3 %
	sivukivialue KL1 (keskimäärin, vaihtelee tuulen mukaan)	0,79	68	1,1 %
	sivukivialue KS1 (keskimäärin, vaihtelee tuulen mukaan)	0,79	68	1,1 %
YHTEENSÄ			6 400	100 %

Taulukko 6. Vaihtoehdon VE2 (vuosi 2060) mallinnuksen hiukkaspäästölähteet, päästöt sekunnissa ja vuorokaudessa sekä osuudet kokonaispäästöstä.

Ryhmittely	Päästölähde	PM ₁₀ -päästö g/s	PM ₁₀ -päästö kg/d	Osuus kokonaispäästöstä
Louhokset	poraus, Kolmisoppi	0,21	18	0,3 %
	räjäytys, Kolmisoppi (kerran päivässä)	19	69	1,1 %
	KS sivukiven lastaus kiviautoon louhoksessa	13	1 100	17,9 %
	KS malmin lastaus kiviautoon louhoksessa	6,8	590	9,8 %
Kuljetukset	malmikuljetus KS (kiviauto)	7,2	620	10,3 %
	sivukivikuljetus KS (kiviauto)	14	1 200	20,6 %
Liutusalueet	primääriliuotus PH 1-4	1,9	160	2,7 %
	primääriliuotus PH 5-6	0,72	62	1,0 %
	sekundääriliuotus SH 17-20	2,9	140	2,3 %
	sekundääriliuotus SH 13-16	2,9	250	4,2 %
Kippaukset	malmin kippaus KS esimurskaimeen	2,1	180	2,9 %
	sivukiven kippaus KS2	13	1 100	17,9 %
Tehdasalue	agglomerointi	0,019	1,7	< 0,1 %
	hienomurska 1	0,0028	0,24	< 0,1 %
	hienomurska 2	0,067	5,8	0,1 %
	seulomo	0,19	17	0,3 %
	karkeamurska	0,0056	0,48	< 0,1 %
	murskauksen hajapöly	0,86	74	1,2 %
	Vapor kuumavesikattila 10 MW	0,075	6,5	0,1 %
	10 MW höyrykattila	0,069	6,0	0,1 %
	Adven 5 MW höyrykontti	0,18	15	0,3 %
tehdasalueen pölyäminen	6,8	210	3,5 %	
Kuljettimet	kuljetin KS esimurska - välivarasto (1/4) päästöstä	0,043	3,7	0,1 %
	kuljetin alku SL 09 - 12 => SL 13 - 16	0,043	3,7	0,1 %
Akkukemikaali-tehdas	akkukemikaalitehdas, hönkäpiippu	0,068	5,9	0,1 %
	akkukemikaalitehdas, lämpölaite	0,54	47	0,8 %
Sivukivialueet	sivukivialue KS2 (keskimäärin, vaihtelee tuulen mukaan)	1,6	140	2,3 %
YHTEENSÄ			6 000	100 %

2.6.1 Päästömäärien tarkastelu

Mallinnuksen päästöistä suurimmat PM₁₀-päästöt aiheutuivat kuljetuksista. Lisäksi merkityksellisiä olivat myös arvioitu tehdasalueen pölyäminen, kippausten ja lastausten pölypäästöt sekä liutusalueiden arvioidut päästöt. Tehdasalueen pistemäisten lähteiden päästöt olivat pieni osa kokonaispäästöstä samoin kuin louhoksilla tapahtuvan porauksen ja räjäytyksen päästöt.

Nykytilanteen kokonais-PM₁₀-päästö vuorokaudessa oli mallinnustilanteiden pienin. Vuosien 2028 ja 2060 kokonaispäästömäärä oli likimain sama. Ero nykytilanteeseen johtui erityisesti kuljetusmatkojen pitenemisestä, kippausten ja vastaavien toimintojen määrän kasvusta sekä uusista liutusalueista.

2.7 Terrafame Oy:n laskeumamittaukset

Terrafame Oy:n kaivospiirin alueella ja ympäristössä tehdään seurantatutkimuksena hiukkasten laskeumamittauksia (Ramboll 2020). Niiden tuloksia ja leviämismallinnuksen tuloksia ei voi suoraan vertailla keskenään, koska kyseessä ovat eri suureet: hiukkasten kokonaislaskeuma neliometriä kohti ja PM₁₀-kokoluokan pitoisuus ilmassa. Tässä mallinnuksessa tosin otettiin huomioon hiukkasten poistuminen ilmasta, mutta poistumasta johdettavat laskeumat eivät kuvaisi kokonaislaskeumaa.

2.8 Epävarmuustarkastelu

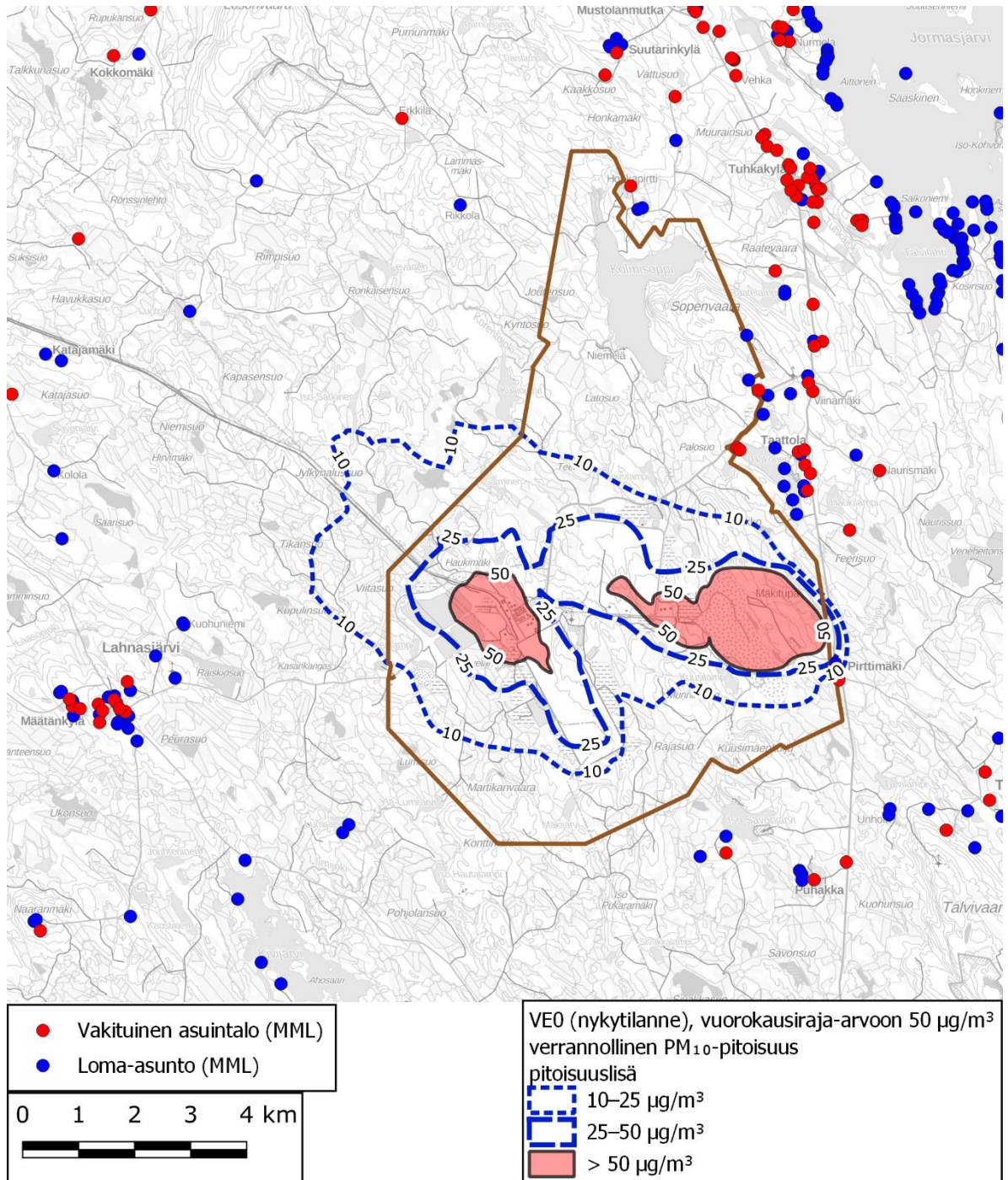
Yleisesti leviämislaskelmien kokonaisepävarmuus koostuu pääosin päästötietojen epävarmuuksista (10–40 %), sääaineiston ja sen edustavuuden epävarmuuksista (10–30 %) ja laskennan epävarmuuksista (10–20 %). Lopputuloksen luotettavuus yksittäisessä pisteessä on heikoimmillaan tuntipitoisuuksia laskettaessa ja sen edustavuus paranee laskettaessa pitemmän aikavälin pitoisuuksia.

Päästömäärät perustuvat esityksiin käytettävistä päästöistä ja arvioihin. Tarkasteltujen toimintojen tuottama hiukkasten kokojakauma ei ole tiedossa. Käytetyt jakaumat perustuvat muualla tehtyihin selvityksiin. Päästöjen muutosten arviointi pitkälle tulevaisuuteen on haastavaa.

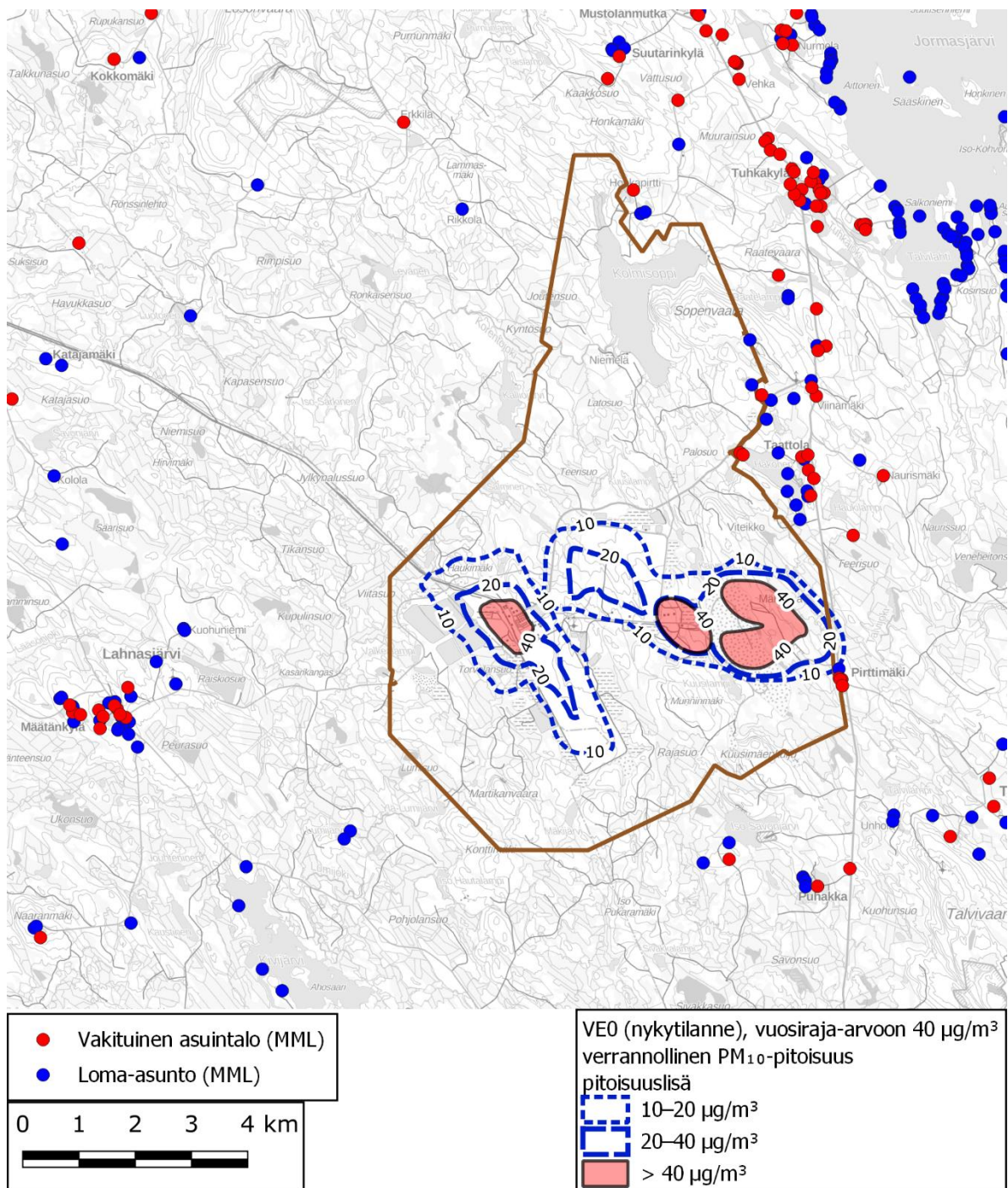
Epävarmuutta laskentatuloksiin aiheuttaa myös mallin stationaarisuus. Mallilla lasketaan päästölähteestä etenevän epäpuhtauspilven keskimääräistä jakautumista ympäristöön tunnin aika-askelin, olettaen sääolosuhteen ja päästön pysyvän vakiona koko ajan. Tyynissä olosuhteissa pöly voi leijaila ilmassa pitempään, seuraavienkin tuntien aikana. Ääriolosuhteissa päästö voi vaihdella paljonkin esim. tuulen nopeuden ja puuskittaisuuden mukaan.

3. LEVIÄMISMALLINNUKSEN TULOSKARTAT

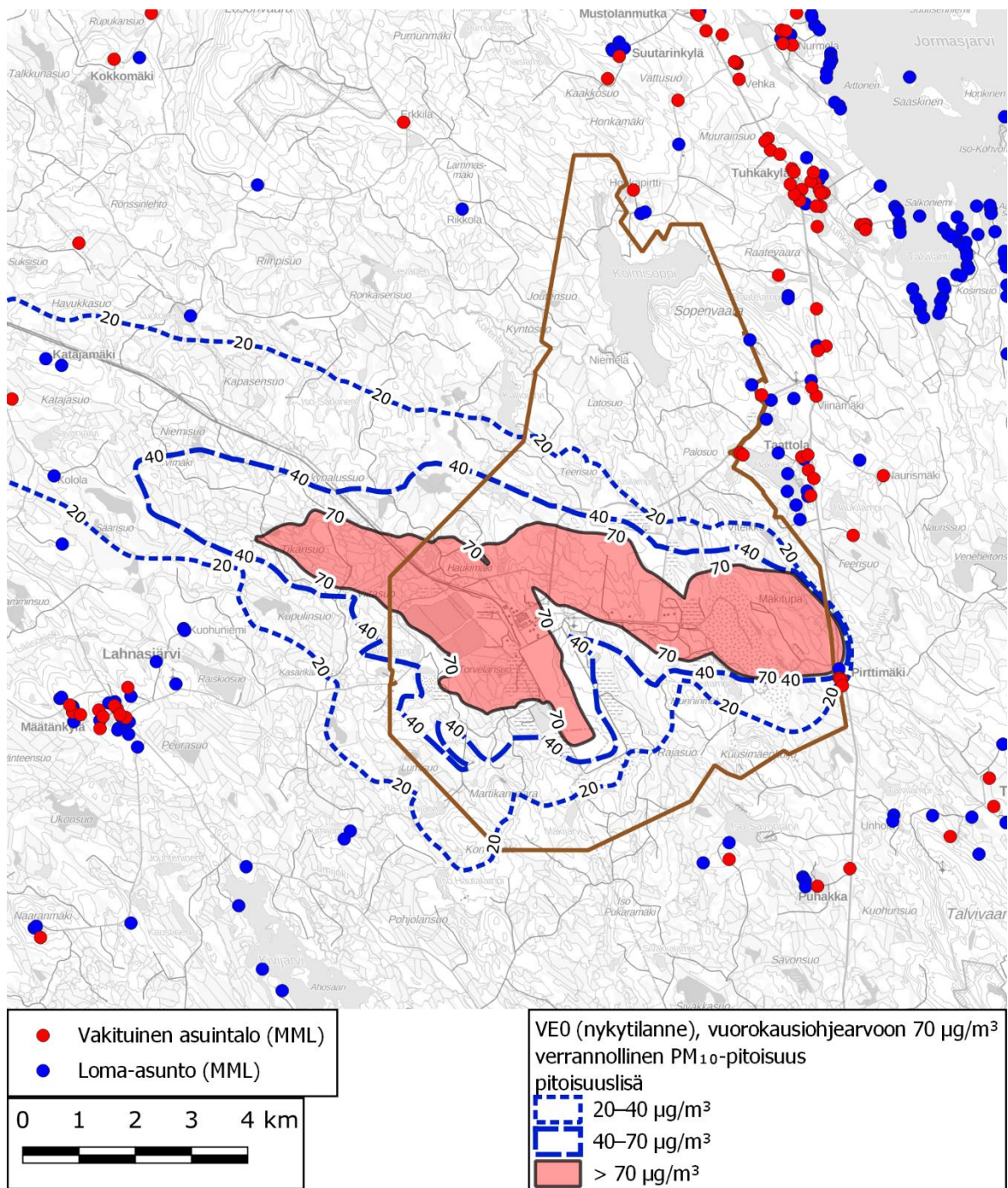
3.1 VE0 (nykytilanne)



Kuva 4. Vuorokausiraja-arvoon $50 \text{ mg}/\text{m}^3$ verrannollinen PM_{10} -pitoisuus mallinnuksen mukaan Terrafame Oy:n YVAN vaihtoehdossa VE0 (nykyinen toimintatilanne) (pitoisuuslisä). Kaivospiirin rajat on merkitty ruskealla viivalla.

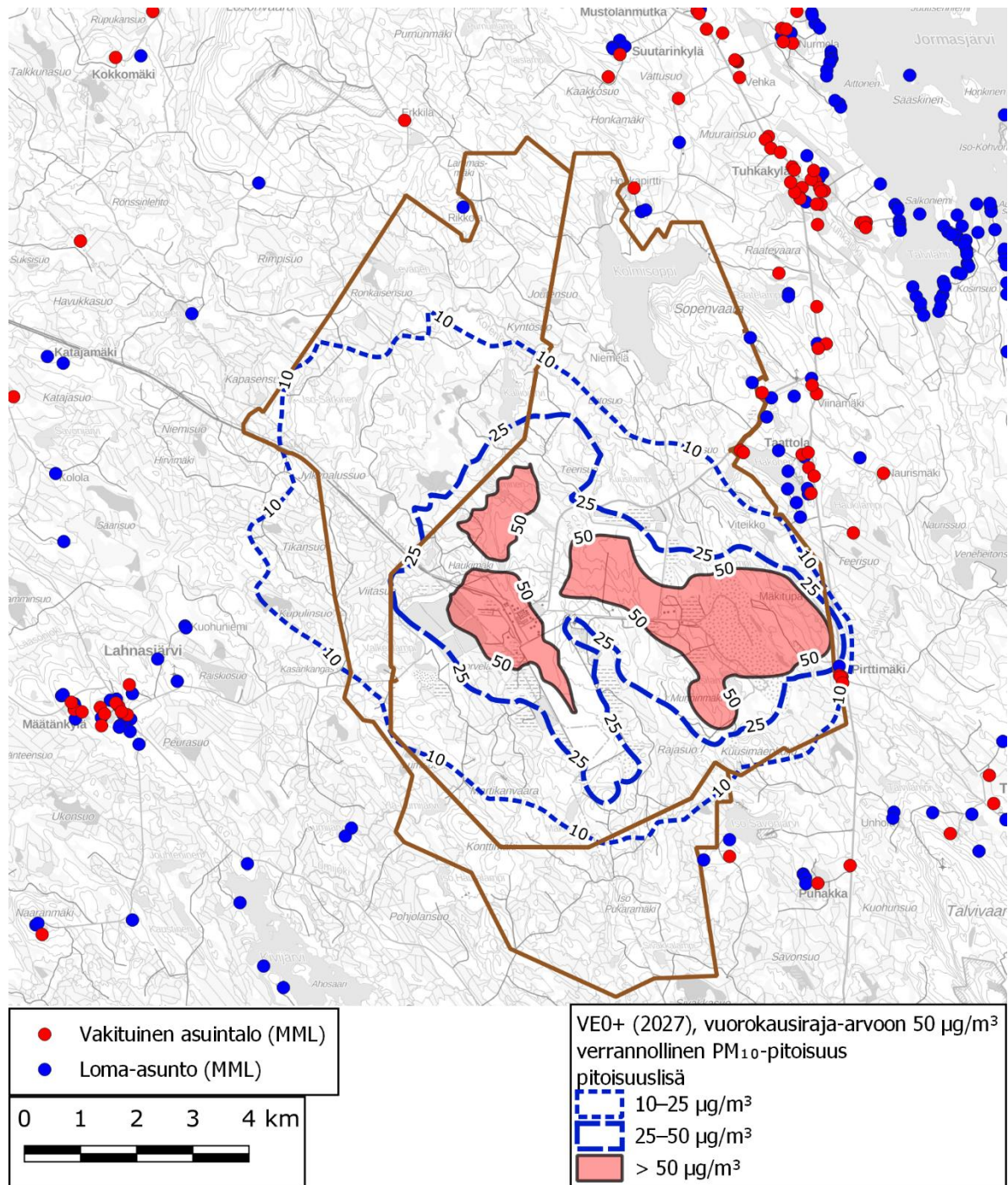


Kuva 5. Vuosiraja-arvoon $40 \text{ mg}/\text{m}^3$ verrannollinen PM_{10} -pitoisuus mallinnuksen mukaan Terra-fame Oy:n YVAN vaihtoehdossa VE0 (nykyinen toimintatilanne) (pitoisuuslisä). Kaivospiirin rajat on merkitty ruskealla viivalla.

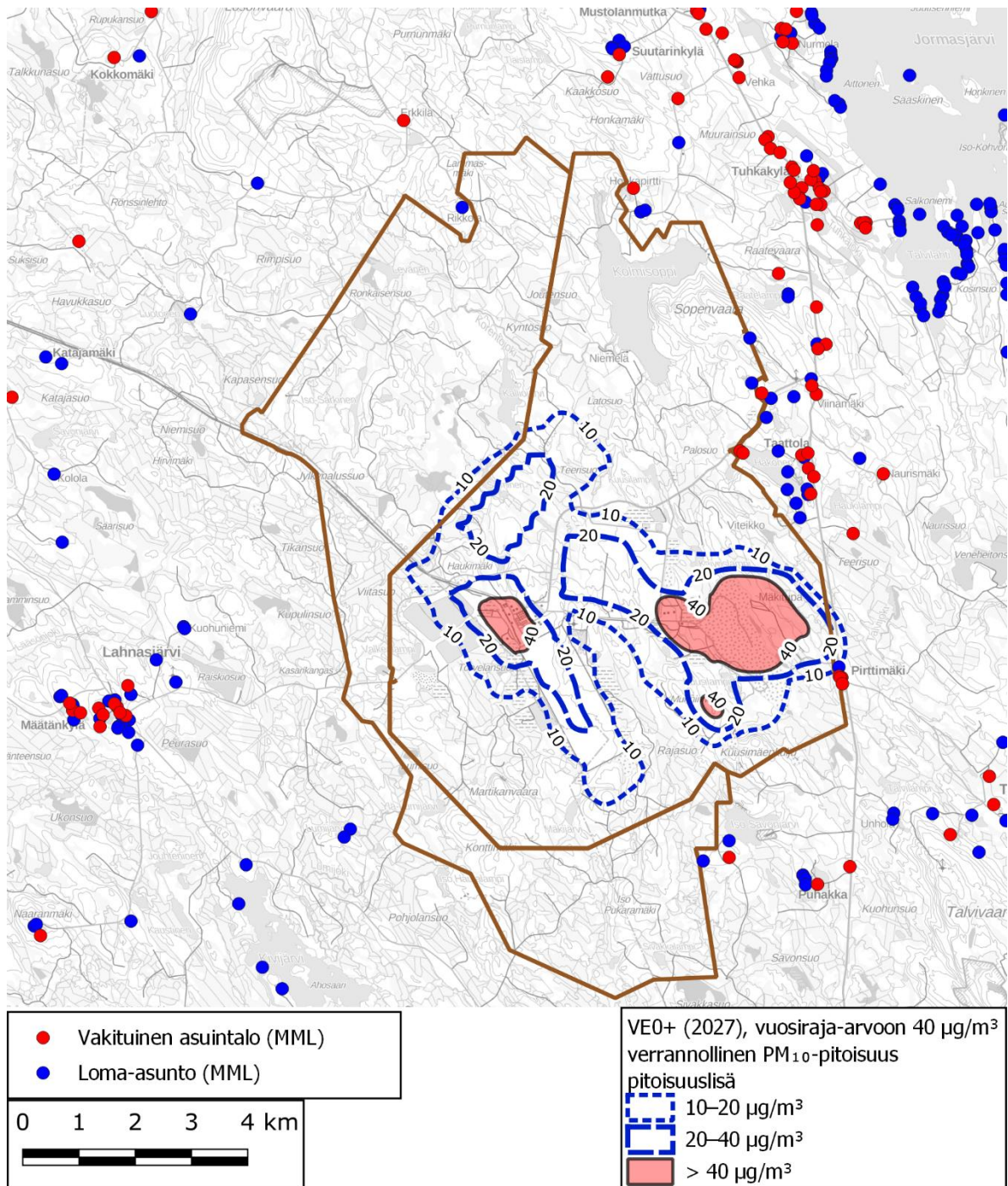


Kuva 6. Vuorokausi-ohjearvoon $70 \text{ mg}/\text{m}^3$ verrannollinen PM_{10} -pitoisuus mallinnuksen mukaan Terrafame Oy:n YVA:n vaihtoehdossa VE0 (nykyinen toimintatilanne) (pitoisuuslisä). Kaivospiirin rajat on merkitty ruskealla viivalla.

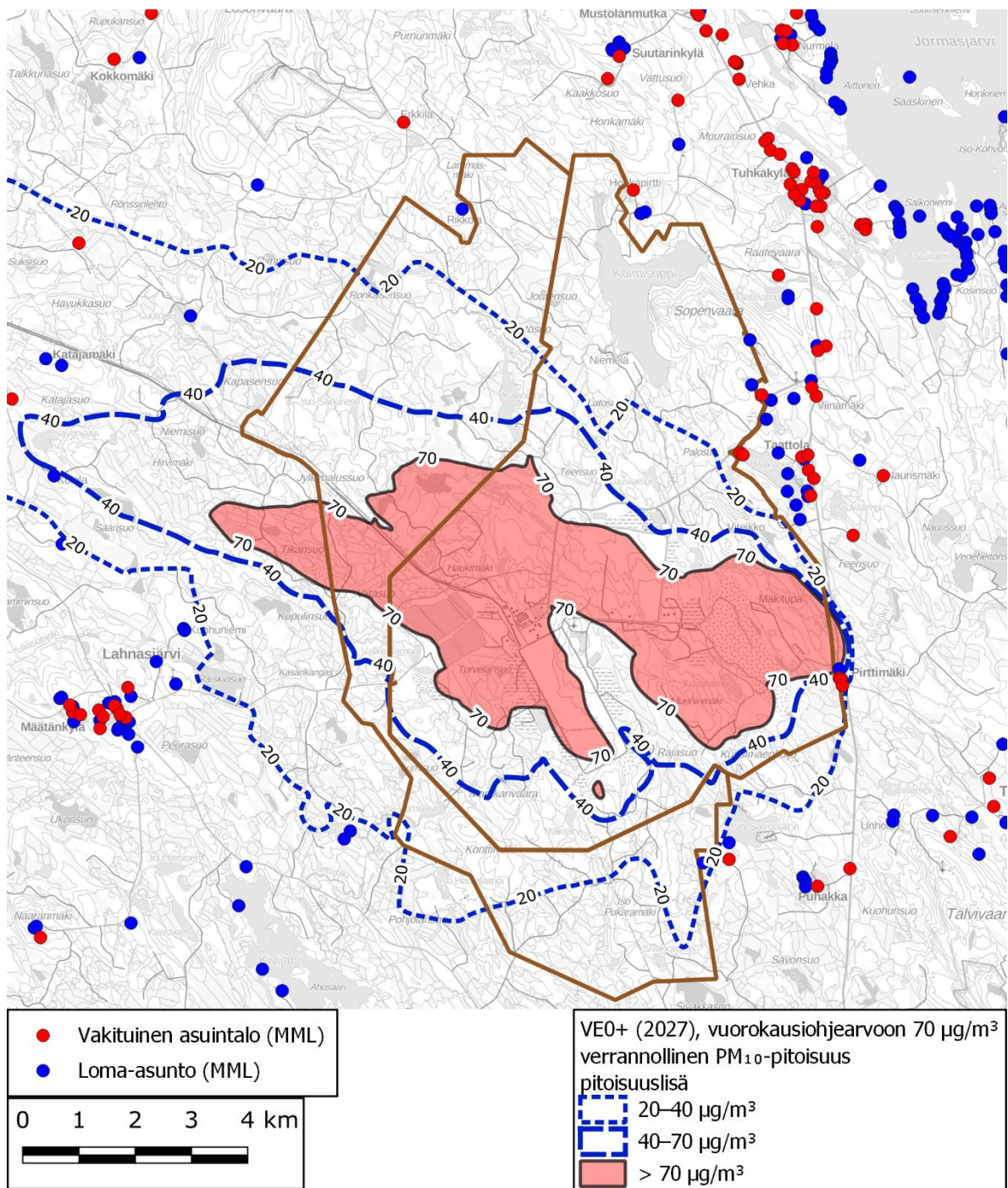
3.2 VE0+ (vuoden 2027 tilanne)



Kuva 7. Vuorokausiraja-arvoon 50 mg/m³ verrannollinen PM₁₀-pitoisuus mallinnuksen mukaan Terrafame Oy:n Kolmisopen YVAn vaihtoehdossa VE0+ (vuoden 2027 toimintatilanne) (pitoisuuslisä). Kaivospiirin ja sen laajennuksen rajat on merkitty ruskealla viivalla.

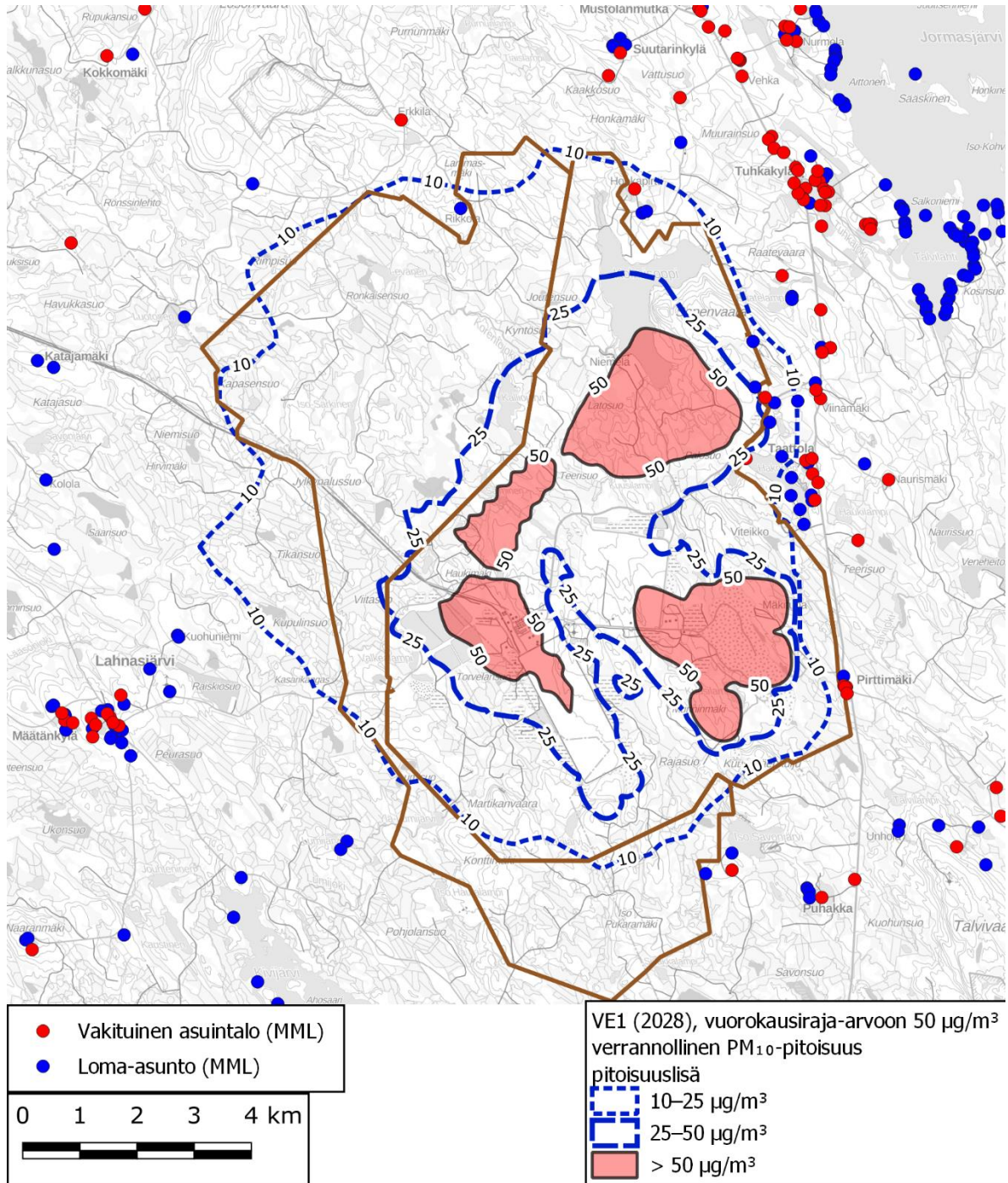


Kuva 8. Vuosiraja-arvoon 40 mg/m³ verrannollinen PM₁₀-pitoisuus mallinnuksen mukaan Terra-fame Oy:n Kolmisopen YVAN vaihtoehdossa VE0+ (vuoden 2027 toimintatilanne) (pitoisuuslisä). Kaivospiirin ja sen laajennuksen rajat on merkitty ruskealla viivalla.

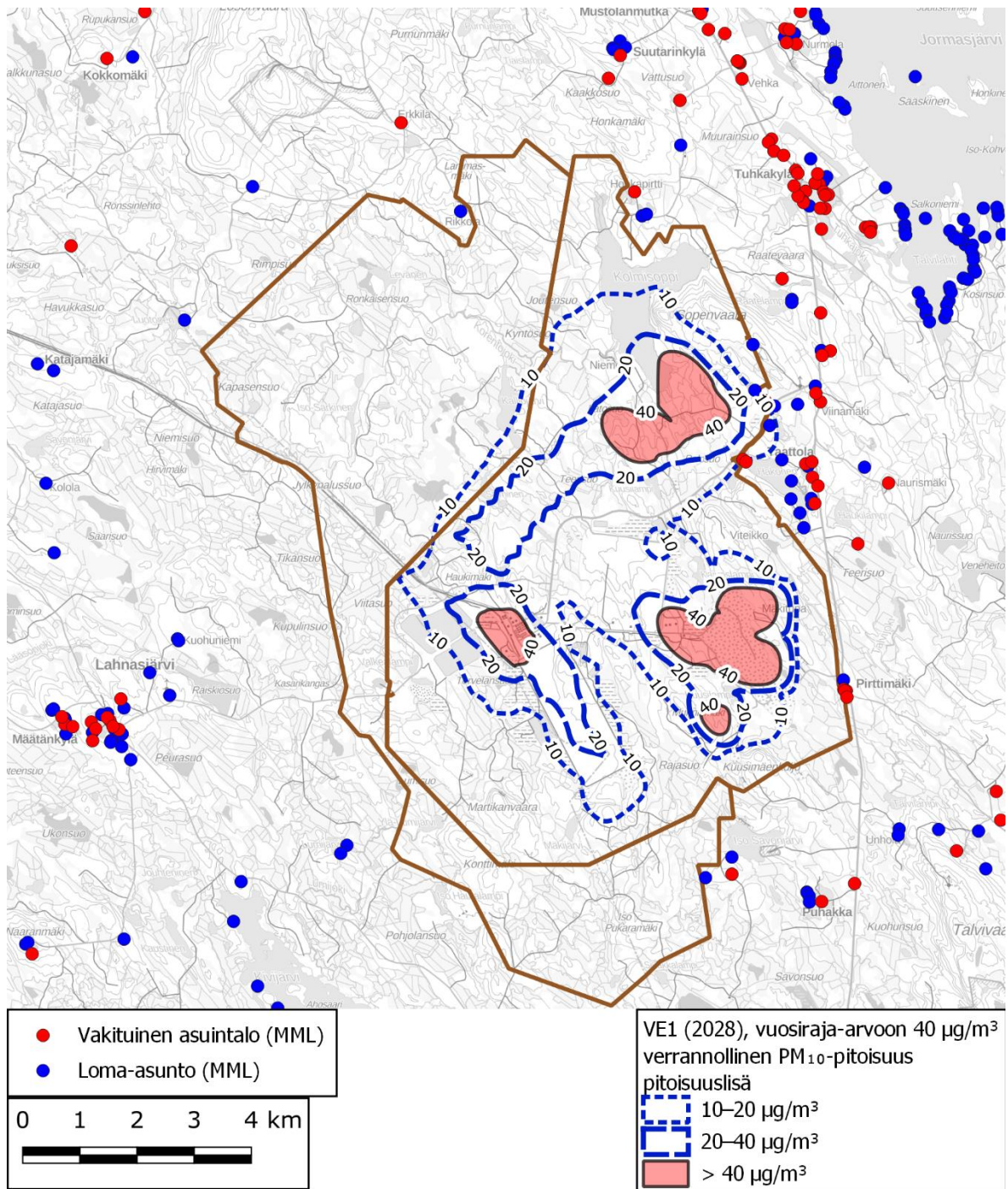


Kuva 9. Vuorokausiuhje-arvoon $70 \text{ mg}/\text{m}^3$ verrannollinen PM_{10} -pitoisuus mallinnuksen mukaan Terrafame Oy:n Kolmisopien YVAN vaihtoehdossa VE0+ (vuoden 2027 toimintatilanne) (pitoisuuslisä). Kaivospiirin ja sen laajennuksen rajat on merkitty ruskealla viivalla.

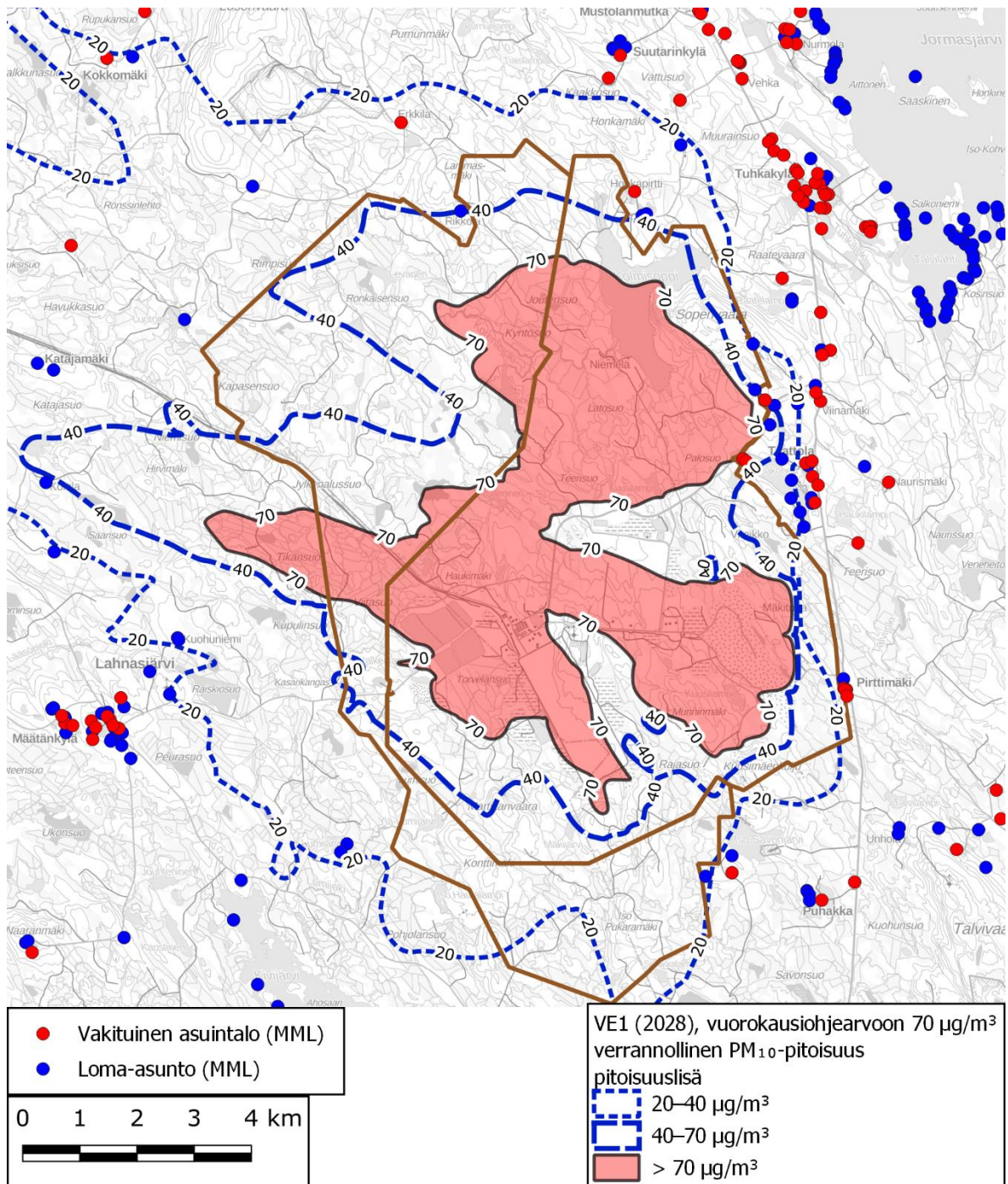
3.3 VE1 (vuoden 2028 tilanne)



Kuva 10. Vuorokausiraja-arvoon 50 mg/m³ verrannollinen PM₁₀-pitoisuus mallinnuksen mukaan Terrafame Oy:n Kolmisopen YVAN vaihtoehdossa VE1 (vuoden 2028 toimintatilanne) (pitoisuuslisä). Kaivospiirin ja kaivospiirin laajennuksen rajat on merkitty ruskealla viivalla.

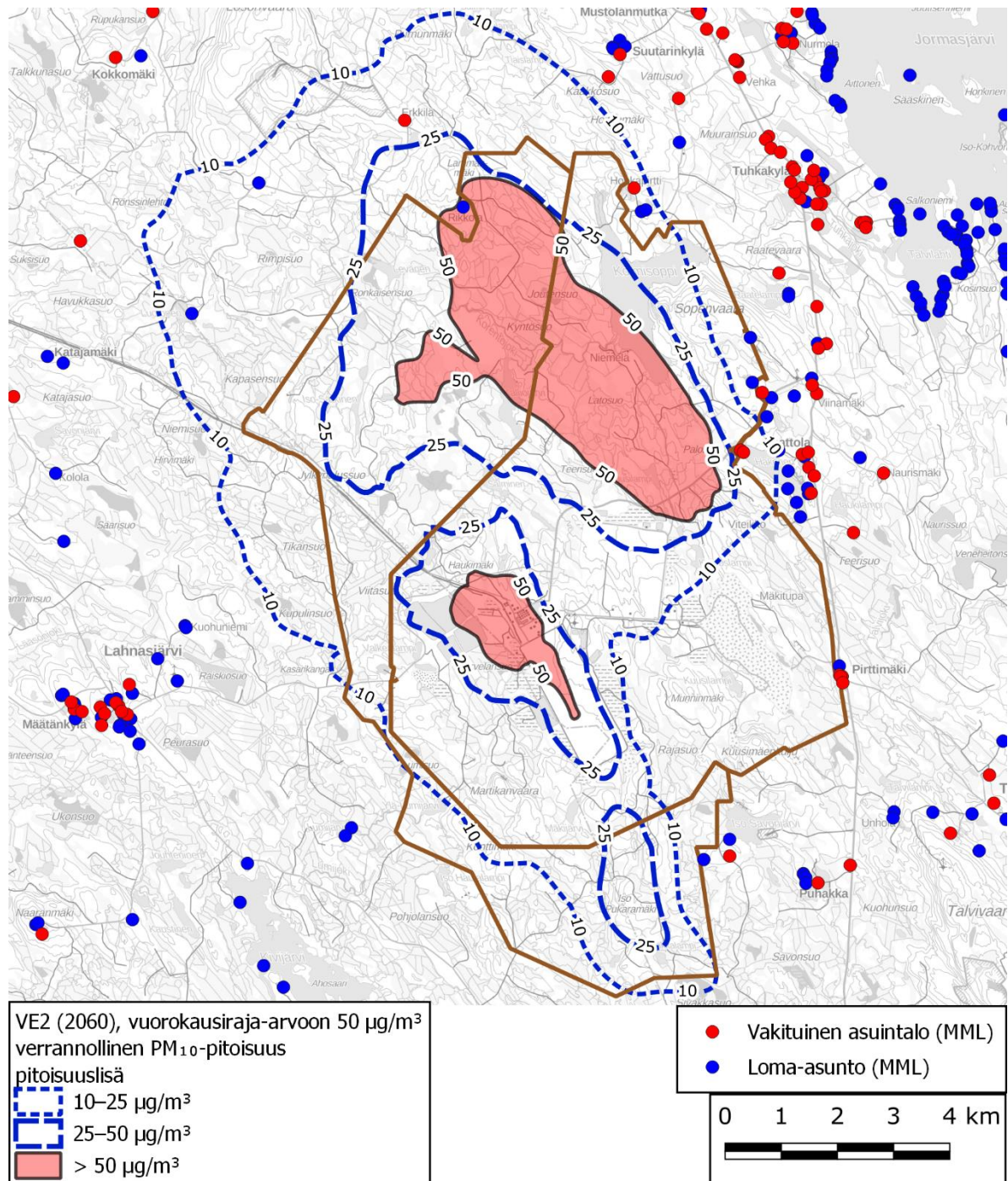


Kuva 11. Vuosiraja-arvoon 40 mg/m³ verrannollinen PM₁₀-pitoisuus mallinnuksen mukaan Terrafame Oy:n Kolmisopen YVAN vaihtoehdossa VE1 (vuoden toimintatilanne) (pitoisuuslisä). Kaivospiirin ja kaivospiirin laajennuksen rajat on merkitty ruskealla viivalla.

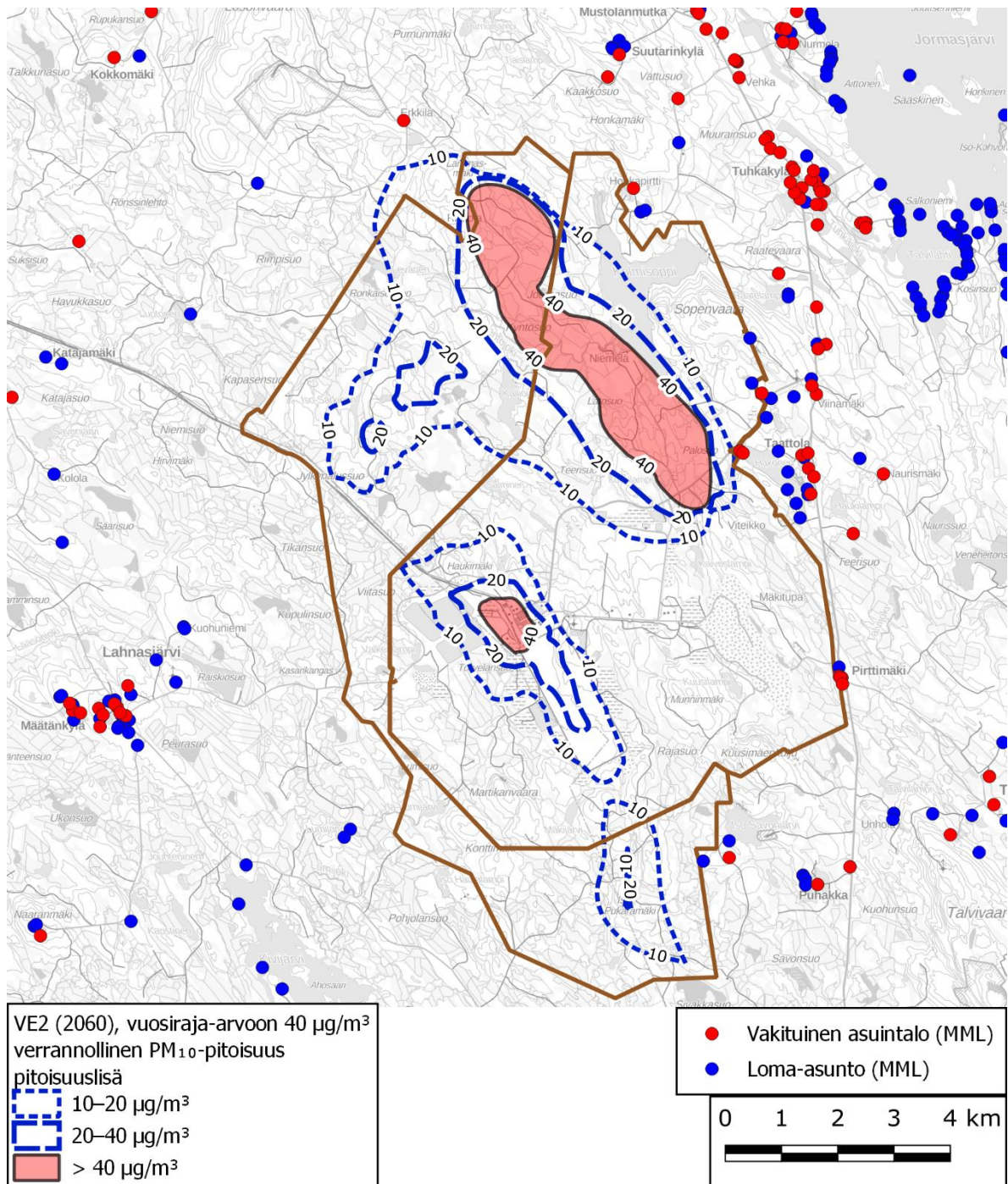


Kuva 12. Vuorokausi-ohjearvoon 70 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ verrannollinen PM_{10} -pitoisuus mallinnuksen mukaan Terrafame Oy:n Kolmisopen YVAN vaihtoehdossa VE1 (vuoden 2028 toimintatilanne) (pitoisuuslisä). Kaivospiirin ja kaivospiirin laajennuksen rajat on merkitty ruskealla viivalla.

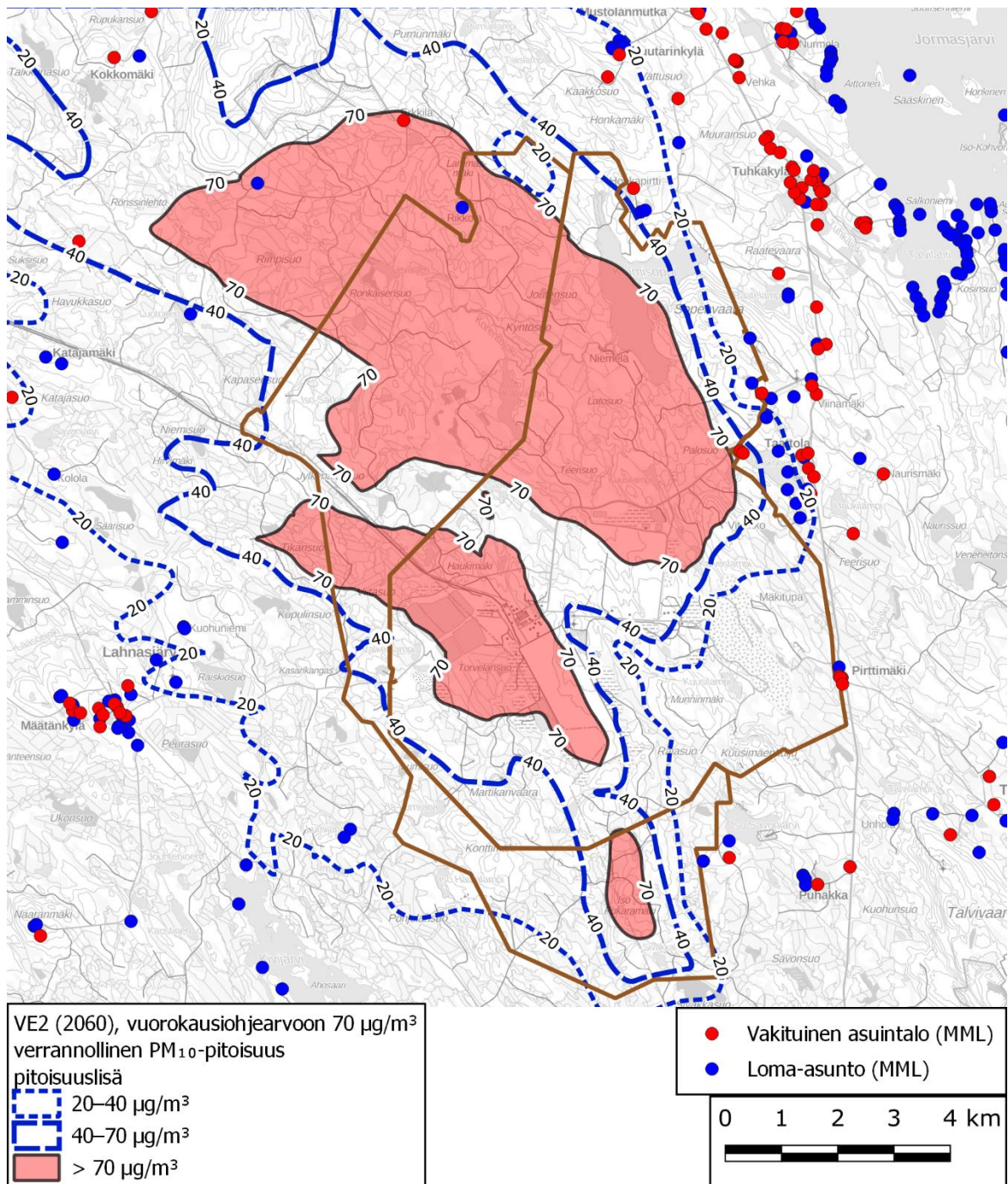
3.4 VE2 (vuoden 2060 tilanne)



Kuva 13. Vuorokausiraja-arvoon $50 \text{ mg}/\text{m}^3$ verrannollinen PM_{10} -pitoisuus mallinnuksen mukaan Terrafame Oy:n Kolmisopen YVAN vaihtoehdossa VE2 (vuoden 2060 toimintatilanne) (pitoisuuslisä). Kaivospiirin ja kaivospiirin laajennuksen rajat on merkitty ruskealla viivalla.



Kuva 14. Vuosiraja-arvoon 40 mg/m^3 verrannollinen PM_{10} -pitoisuus mallinnuksen mukaan Terrafame Oy:n Kolmisopen YVA:n vaihtoehdossa VE2 (vuoden 2060 toimintatilanne) (pitoisuuslisä). Kaivospiirin ja kaivospiirin laajennuksen rajat on merkitty ruskealla viivalla.



Kuva 15. Vuorokausi-ohjearvoon 70 mg/m³ verrannollinen PM₁₀-pitoisuus mallinnuksen mukaan Terrafame Oy:n Kolmisopen YVA:n vaihtoehdossa VE2 (vuoden 2060 toimintatilanne) (pitoisuuslisä). Kaivospiirin ja kaivospiirin laajennuksen rajat on merkitty ruskealla viivalla.

4. TULOSTEN TARKASTELU

4.1 Vuoden 2017 leviämismalliselvityksen vertailu

Vuonna 2017 tehdyssä leviämismalliselvityksessä (Pöyry 2017) arvioituja hiukkaspäästöjä vähennettiin siten, että saatiin vastaavia tuloksia kuin vuosina 2015–2016 tehtyjen ilmanlaatumittausten mittauspisteessä. Tässä selvityksessä mallissa puolestaan otettiin huomioon hiukkasten poistuminen ilmasta. Tämän mallinnuksen päästömäärät olivat enimmäkseen samankaltaisia kuin vuoden 2017 selvityksessä ennen päästömäärien vähennystä.

Vuoden 2017 selvityksen ja tämän työn tuloksia voidaan vertailla nykytilanteen vuorokausiraja-arvon ja vuosiraja-arvon osalta. PM₁₀-vuorokausiraja-arvo ylittyi tässä selvityksessä jonkin verran lähempänä kaivospiirin rajaa kuin vuoden 2017 raportissa, mutta se ei ylittynyt kaivospiirin ulkopuolella. Vuosiraja-arvo ylittyi tässä raportissa kooltaan vastaavalla alueella kuin vuoden 2017 selvityksessä, mutta kummassakin tapauksessa ylitysalue oli kaivospiirin sisällä.

4.2 VE0 (nykytilanne)

Vuorokausiraja-arvo ja vuosiraja-arvo eivät ylittyneet kaivospiirin ulkopuolella nykytilanteen mallissa.

Nykytilanteessa vuorokausiohjearvo 70 µg/m³ ylittyi jonkin matkaa kaivospiirin nykyisen rajan ulkopuolella idässä Pirttimäen lähistöllä sekä lännessä noin kaksi kilometriä. Ylitysalueella ei ole asuintaloja tai lomarakennuksia (itäpuolen kiinteistöt ovat Terrafame Oy:n omistuksessa). Vuorokausiohjearvon ylitys johtui ensisijaisesti sivukiven kuljetuksesta ja kippauksesta sivukivialueella KL2 sekä lännessä tehdasalueen pölyämisestä. Sivukivialue KL2 sijaitsee lähellä kaivospiirin itärajaa, ja pitoisuudet kohoavat selvästi sen ulkopuolella.

4.3 VE0+ (vuoden 2027 tilanne)

Vaihtoehdossa VE0+ (vuosi 2027) PM₁₀-pitoisuudet eivät muuttuneet kaivospiirin ulkopuolella merkittävästi verrattuna VE0:aan (nykytilanne). Vuorokausiraja-arvo ylittyi Pirttimäessä talon lähellä. Kyseinen kiinteistö on Terrafame Oy:n omistuksessa. Ylitys johtui mallissa sivukivialue KL2:lla tapahtuvasta sivukiven kippauksesta ja sivukiven kuljetuksesta. Ohjearvo ylittyi nykyisen kaivospiirin länsipuolella, mutta tällä alueella ei ollut asuntoja tai loma-asuntoja. Suuremmat pölypäästöt eivät siis sijoittuneet malleissa siten, että ne olisivat vaikuttaneet etäämmälle.

4.4 VE1 (vuoden 2028 tilanne)

Vuorokausiraja-arvo ja vuosiraja-arvo eivät ylittyneet kaivospiirin tai sen laajennuksen ulkopuolella vuoden 2028 tilanteessa..

Vuoden 2028 toimintatilanteessa vuorokausiohjearvoon verrannollinen pitoisuus 70 µg/m³ ylittyi kaivospiirin länsipuolella sekä sivusi kaivospiirin rajaa seututien 8714 läheisyydessä lähellä Myllyniemen taloa. Ylitykseen Myllyniemen suunnalla vaikuttavat eniten sivukiven kuljetukset ja kippaus sivukivialueella KS1.

4.5 VE2 (vuoden 2060 tilanne)

Vuoden 2060 ennustetussa toimintatilanteessa vuorokausi- ja vuosiraja-arvoihin verrannolliset pitoisuudet ylittyivät kaivospiirin laajennuksen ulkopuolella. PM₁₀-vuorokausiraja-arvo ylittyi kaivospiirin pohjoispuolella Rikkolan talolla, ja vuosiraja-arvo ylittyi sen lähellä. Kyseinen talo on merkitty Maanmittauslaitoksen kartoissa loma-asunnoksi.

PM₁₀-vuorokausiohjeearvo ylittyi vuoden 2028 tilanteen tapaan kaivospiirin laajennuksen pohjoispuolella Rikkolan talolla ja laajemmalla alueella, joka ylsi myös kahdelle muulle asuin- tai lomarakennukselle. Kaivospiirin laajennuksen länsipuolella ohjeearvo ylittyi pienehköllä alueella, jolla ei sijainnut asuin- tai lomarakennuksia.

RAMBOLL FINLAND OY

Ilmanlaatu ja melu

Jyväskylässä 5.5.2021

Toni Keskitalo
Tutkimuspäällikkö, FM

Mikko Happonen
Ryhmäpäällikkö, FT, Dosentti

5. KIRJALLISUUSLUETTELO

EPA 2011: AP-42, Fifth Edition Compilation of Air Pollutant Emissions Factors, Volume 1: Stationary Point and Area Sources. Viimeinen päivitys 2011. <https://www.epa.gov/air-emissions-factors-and-quantification/ap-42-Compilation-air-emissions-factors>

ENVIRON 2012: Environ Australia Pty Ltd 2012. Lazarus, A., Particulate Modelling Assessment for Proposed Mining Operations. 15 Mtpa Scenario.

GTK 2013: Metallikaivosalueiden ympäristöriskinarviointiosaamisen kehittäminen: MINERA-hankkeen loppuraportti. Geologian tutkimuskeskus, Tutkimusraportti 199, Espoo 2013.

NIOSH 2005: Reed, W. R., Organiscak, J. A., Evaluation of dust exposure to truckdrivers following the lead haul truck. National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH), Pittsburgh Research Laboratory, Pittsburgh, Pennsylvania, USA.

Pöyry 2017: Lauri, H., Anttila, T., TERRAFAME, kaivoksen laajennuksen pölypäästöjen mallinnus, 2017. Pöyry Finland 2017.

Ramboll 2018a: Tammisto, S., Terrafame Oy. Terrafamen kaivoksen tarkkailu vuonna 2017. Osa IV. Ilmapäästötarkkailujen yhteenveto 2017.

Ramboll 2018b: Keskitalo, T., Akkukemikaalitehtaan ja lämpölaitoksen päästöjen leviäminen. Terrafame Oy.

Ramboll 2020: Kiljunen, A., Terrafame Oy. Osa IX: Pölylaskeumatarkkailu vuonna 2019.

VNa 79/2017: Valtioneuvoston asetus ilmanlaadusta. 26.1.2017.

VNp 480/1996: Valtioneuvoston päätös ilmanlaadun ohjearvoista ja rikkilaskeuman tavoitearvosta. Annettu Helsingissä 19. päivänä kesäkuuta 1996.