

ALFA OIL OY, KRISTIINANKAUPUNKI KALLIOVARASTO

SEURAUSSLASKELMARAPORTTI

VOC- PÄÄSTÖJEN MALLINTAMINEN

Erkki Korjuslommi

ALFA OIL OY, KRISTIINANKAUPUNKI KALLIOVARASTO, VOC-PÄÄSTÖJEN MALLINTAMINEN

SISÄLLYS:

1. JOHDANTO	4
1.1 Yleistä	4
1.2 Varaston toiminta	4
1.3. Varastoitavat kemikaalit ja päästöt ympäristöön	5
2. LÄHTÖKOHDAT JA OLETTAMUKSET	5
2.1 Varaston toimintaa kuvaavat luvut.....	5
2.2 Varastoitavat kemikaalit	5
2.2.1 Bensiinit [1..3]	5
2.2.1.1 Moottoribensiinit.....	6
2.2.1.2 Teollisuusbensiini (Nafta).....	7
2.2.2 Raakaöljy.....	8
2.2.3 Dieselöljyt	8
2.3 Tuuliolosuhteet alueella	8
2.4 Laskelmien perusteina ja tulosten tulkinassa käytettävät vertailuarvot.....	9
2.5 Laskelmien toteutusohjelma (ALOHA)	9
3 VARASTON TOIMINNASTA AIHEUTUVAT PÄÄSTÖT.....	10
3.1 Päästölähteet.....	10
3.1.1 Kalliovaraston täyttö	10
3.1.2 Säiliöalusten lastaus	10
3.2 Kalliovaraston normaalitoiminnasta aiheutuvat päästöt	10
3.2.1 Kemikaalihöyryjen leviäminen ympäristöön.....	10
3.2.2 Bentseenipäästö moottoribensiinin siirrossa kalliovarastoon	11
3.2.3 Bentseenipäästö säiliöaluksen moottoribensiinilastauksen yhteydessä	12
3.2.4 Bentseenipäästö teollisuusbensiinin siirrossa kalliovarastoon	12
3.2.5 Bentseenipäästöt teollisuusbensiinin säiliöalustauksessa	13
3.2.6 Rikkivetypäästöt raakaöljyn siirroissa	13
3.2.5.1 Siirto kalliovarastoon	13
3.2.5.2 Raakaöljyn säiliöalustaus	14
4. HAJUHAITAT KALLIOVARASTON TOIMINNASTA.....	14
4.1 Hajuhaitta kalliovaraston bensiinitäytön yhteydessä	14
4.2 Hajuhaitta säiliöalustauksen yhteydessä	15
4.3 Rikkivetypitoisten raakaöljyjen aiheuttama hajuhaitta	15
5 PALON VAARA HIILIVETYKEMIKAALIEN SIIRROISSA	15

5.1	Syrjäytymishöyryjen palonvaara	15
5.2	Palonvaara säiliöalusten lastauksen yhteydessä	15
6	HÄIRIÖTILANTEET	16
6.1	Päästöjä aiheuttavat häiriötilanteet varaston toiminnassa	16
6.2	Bentseenipäästö kalliovaraston täytössä, kun VTU ei toimi	16
6.3	Rikkivetytöisyys raakaöljytäytössä varaston ympäristössä, kun VTU ei toimi	16
6.4	Palon vaara kalliovaraston täytössä, kun VTU ei toimi	17
7.	JOHTOPÄÄTÖKSET LASKELMIEN TULOKSISTA	17
7.1	Toiminnan aiheuttamat muutokset ilman laatuun lähimmissä häiriintymiselle alttiissa kohteissa ...	17
7.2	Merkittävät haitta-alueet kalliovaraston normaalin operoinnin aikana	18
7.3	Laskelmien tulosten luotettavuus /6/	19
8	YHTEENVETO	20
8.1.	Merkittävimmät päästöt kalliovarastotoiminnassa	20
8.2.	Hajuhaitat varaston lähialueilla	20
8.3.	Ilman laatu lähimmällä vakituisella asuinalueella	20
8.4	VOC - päästöjen aiheuttama syttymisvaara satamassa	20
9.	KIRJALLISUUSVIITTEET:	20
10.	LIITTEET : ALOHA-OHJELMA / KAAVIOT)	21

1. Johdanto

1.1 Yleistä

Tässä mallinnusraportissa esitetään arvio VOC-päästöjen levinneisyydestä ja haitallisuudesta kalliovaraston ympäristössä. Kyseessä on nestemäisten polttoaineiden ja petrokemian tuotteiden varastointikäyttö kalliovarastossa Kristiinankaupungin Karhusaaren satama-alueella. Alfa Oil Oy on tilannut ATOR-Consultants Oy:ltä kalliovaraston käyttöönottoon liittyvät projektisuunnitelmat.

1.2 Varaston toiminta

Varasto sijaitsee osittain Alfa Oil Oy:n omistamalla kiinteistöllä, jonka aiempi omistaja oli PVO Lämpövoima Oy (PVL), ja PVL:n yhtiölle vuokraamalla alueella. Alueella on harjoitettu PVL:n toimesta aiemmin öljytuotteiden varastointitoimintaa.

Kalliovarasto käsittää varsinaisen kalliosäiliön, niiden yhdystunneleita ja maanpäällisiä rakenteita kuilujen yhteydessä. Kalliovarasto koostuu kahdesta varastoluolasta ja niiden yhdystunneleista ja sen yhteistilavuus on noin 360 000 m³. Varastoitavat kemikaalit tuodaan ja viedään säiliölaivoilla ja lastaus ja purku tapahtuvat PVL:n sataman entisellä hiililaiturilla. Vuotuinen vaihtuvuus (läpimeno) arvioidaan olevan maksimissaan 720.000 m³ eli kemikaalien määrä varastossa vaihtuu kaksi kertaa vuodessa.

Kemikaalien käsittely jakaantuu karkeasti kolmeen vaiheeseen: Kemikaalien purkaus säiliöaluksesta, kemikaalien varastointi maanalaisessa kalliovarastossa ja kemikaalien lastaus säiliöalukseen.

Kalliovaraston toiminta perustuu siihen, että pohjaveden hydrostaattinen paine on korkeampi kuin luolassa vallitseva paine. Tällöin pohjavesi virtaa luolaan päin ja luolaan varastoitu öljy pysyy luolassa eikä leviä kalliossa luolan ulkopuolelle. Tämä kalliovarasto toimii kiinteän vesipatjan periaatteella, missä öljy kelluu vesipatjan päällä. Vuotovesi on kalliovaraston pohjalle kertyvää vettä. Vuotoveden pinta pidetään vakiona ja luonnollista pohjavesipintaa alempana, jolloin virtaussuunta on kalliovarastoon päin ja varastoitua kemikaalia ei vuoda pohjaveteen. Kalliosäiliön vuotovesi pumpataan öljynerottimen kautta edelleen mereen. Kalliovarastossa ei varastoida kemikaleja, jotka sisältävät veteen liukenevia komponentteja, esimerkiksi alkoholeja tai eettereitä.

Varastoitavat kemikaalit kuljetetaan Alfa Oil Oy:n Kristiinankaupungin varastolle ja sieltä pois säiliölaivoilla. Varastoitavat kemikaalit puretaan ja lastataan PVL:n entisellä hiililaiturilla. Kemikaalit siirretään varastoon tähän tarkoitukseen rakennettua siirtolinjaa pitkin. Linja laiturilta varastolle on suurimmaksi osaksi PVL:n satama-alueella, mutta Alfa Oil Oy huolehtii linjojen kunnossapidosta. Uutta putkilinjaa rakennetaan varastolta laiturille, noin 850 metriä.

Alfa Oil Oy rakentaa entiselle hiililaiturille tarvittavat purkauslaitteet lastin käsittelyä varten. Kalliovaraston täyttövaiheessa satamassa käy n. 5 - 10 alusta. Kun kemikaalien varastointiaika arvioidaan olevan minimissään puoli vuotta (varasto vaihtuu kaksi kertaa vuodessa) hakemuksen mukaan liikenne on 20 – 40 alusta

vuodessa. Laivojen käyntimäärä tulee näin ollen lisääntymään merkittävästi, Karhusaaren satamassa on normaalivuosina käyntejä noin 12 – 24.

1.3. Varastoitavat kemikaalit ja päästöt ympäristöön

Kalliovarastossa tullaan varastoimaan bensiinejä, keskitisleitä ja raakaöljyjä. Varastoon tulevien aineiden koostumus saattaa vaihdella merkittävästi riippuen aineen alkuperästä, valmistusasteesta ja käyttötarkoituksesta.

Bensiinin varastoinnissa, pääasiassa putkisiirroissa, varaston täytössä ja lastauksessa, syntyy haihtuvien orgaanisten yhdisteiden eli VOC-yhdisteiden päästöjä ilmaan. Kalliovaraston täytössä syntyvät höyryt käsitellään kaasujen käsittely-yksikössä (VTU), mikä oleellisesti vähentää toiminnan ilmapäästöjä. Keskitisleiden varastoinnissa ilmapäästöt ovat huomattavasti pienemmät. Raakaöljyt ovat koostumukseltaan hyvin erilaisia. Tärkeimpiä ilman laatuun vaikuttavia komponentteja ovat haihtuvat rikkiyhdisteet sekä kevyet hiilivety-yhdisteet (C₄ .. C₈).

2. Lähtökohdat ja olettamukset

2.1 Varaston toimintaa kuvaavat luvut

Kalliovarastossa voi kerrallaan olla enintään n 360000 m³ varastoitavia nesteitä. Suunnittelun lähtökohtana on, että varaston kierto on 2/v. Tämä tarkoittaa, että kemikaaleja tulee 720000 m³/v varastoon ja sama määrä lastataan säiliöalukseen edelleen kuljetettavaksi. Ilmapäästöjen arviolaskelmassa /1/ on saatu vuosittaisiksi VOC-päästöiksi

1. Bensiinien siirroissa varastoon VOC-päästöjen yhteismäärä on 878,7 t/v.
2. Bensiinien lastauksessa VOC-päästöjen yhteismäärä on 176,9 t/v
3. Raakaöljyjen siirroissa varastoon VOC-päästöjen yhteismäärä on 215,7 t/v.
4. Raakaöljyjen lastauksessa VOC-päästöjen yhteismäärä on 57,9 t/v
5. Dieselöljyjen siirroissa varastoon VOC-päästöjen yhteismäärä on 2,4 t/v.
6. Dieselöljyjen lastauksessa VOC-päästöjen yhteismäärä on 0,5 t/v

Dieselöljyjen lastauksen aikana ympäristöön purkautuvaa VOC päästöä ei käsitellä.. Varaston täytössä ulospurkautuva VOC-määrä ajetaan normaalitoiminnassa kaasujen käsittelylaitoksen kautta.

Käytettävä kaasujen käsittelylaitos on todennäköisesti polttolaitos, jonka polttohyötysuhde on vähintään 95,0 %. Kokonaishiilivety määrä polttolaitoksen ulostulokaasuissa ei saa kuitenkaan ylittää 10 g/m³.

2.2 Varastoitavat kemikaalit

2.2.1 Bensiinit [1..3/

2.2.1.1 Moottoribensiinit

Bensiini on palava neste, joka koostuu useista hiilivety-yhdisteistä.. Bensiinilaadut eroavat koostumusensa suhteen toisistaan. Tässä mallinnuksessa otetaan vertauskohdaksi EU228-normin määrittelemä bensiini, jossa on ≤ 1 % bentseenia. Bensiineissä on myös muita aromaattisia yhdisteitä, kuten tolueenia, ksyleeniä jne, joiden työhygieniset ja terveyden kannalta tärkeät raja-arvot kuitenkin korkeampia kuin bentseenin.

Bensiinikomponenttien osalta EU228 suosittelee maksimiraja-arvot. Taulukosta 1 on jätetty pois EN 228 :n suositukset eettereille ja etanolille, koska tässä varastossa ei käsitellä vesiliukoisia yhdisteitä.

Bensiinissä on bentseenin liwäksi myös muita aromaattisia komponentteja kuten tolueenia, ksyleeniä trimetyylibentseeniä jne, joiden terveydelliset raja-arvot ovat merkittävästi korkeampia kuin bentseenin. Lisäksi bensiini sisältää vuodenaajasta riippuen höyrynpaineen lisäämiseksi nestekaasuja vaihtelevia määriä (5 - 15 %).

Taulukko 1 Esim. OVA-ohjeista saatavia tietoja bensiinin ominaisuuksista

Tiheys	0,72 - 0,77 (vesi = 1) 15
°C:ssa	
Hajukynnys	0.5 - 1.1 ppm
pH	Not applicable
Sulamis- / jäätymispiste	n. -101°C (-150°F)
Kiehumisalue	49 – 177°C
Höyrynpaine, @20 °C	35 kPa
Höyrynpaine, @37,8 °C	83 kPa
Ylempi räjähdysraja	7.6 % (Vol)
Alempi räjähdysraja	1.3 % (Vol)
Höyryn tiheys (ilma = 1)	n. 3 to 4
Bensiinihöyryn molekyylipaino, g/mol	66
Bensiininesteen molekyylipaino, g/mol	105

Taulukko 1c Bentseenin (C₆H₆) fysikaalisia ja kemiallisia ominaisuuksia (OVA-ohjeet)

Molekyyli massa	78,1
Tiheys	0,88 (vesi = 1) 20 °C:ssa
Sulamispiste	6 °C
Kiehumispiste	80 °C
Höyrynpaine	9,95 kPa (74,6 mmHg) 20 °C:ssa
Höyryn tiheys	2,7 (ilma = 1)
Muuntokertoimet	1 ppm = 3,25 mg/m ³
(höyry) 20 °C:ssa	1 mg/m ³ = 0,31 ppm
Hajukynnys	10 - 14 ppm (33 - 46 mg/m ³); haju ei varoita terveysvaarasta
Höyrynpaine @ 13 °C	7,02 kPa

2.2.1.2 Teollisuusbenssiini (Nafta)

Teollisuusbenssiini tai nafta on yleistermi ja se koskee jalostettuja, osittain jalostettuja ja jalostamattomia öljytuotteita, joiden tislausalue on alle 240 °C (vähintään 95 % pitää tislautua alle 240°C lämpötilassa). Ne saattavat sisältää normaaliin benssiiniin verrattuna suurempia pitoisuuksia benseeniä ja muita aromaatteja.

Seuraavassa on verrokiksi internetistä saatavissa olevia tietoja U. S. Oil & Refining Co:n tuote (Naphtha, Light Straight Run Naphtha, Heavy Straight Run Naphtha, Isomate, Reformate, Gasoline Blend Stock, Pretreated Naphtha):

Taulukko 2: Naftan koostumus:

Nimi	Cas numero	Pitoisuus %
Petroleum distillates(naphtha)		100%
Toluene	108-88-3	0-16%
Benzene	71-43-2	0-4.9%
Cyclohexane	110-82-7	0-7%
Ethylbenzene	100-41-4	0-4.5%
Naphthalene	91-20-3	0-1%
N-hexane	110-54-3	0-16%
1,2,4- trimethylbenzene	95-63-6	0-5%
Xylenes	1330-20-7	0-21%
Cumene	98-82-8	0-0.5%

Nafta on lähellä moottoribenssiiniä fysikaalisten ja kemiallisten ominaisuuksiensa puolesta,.

Tästä syystä voidaan naftaa yleisellä tasolla käsiteltäessä soveltaa benssiiniä koskevia tietoja. Kuitenkin tärkeänä eroavaisuutena on aromaattipitoisuus, bentseenipitoisuus voi olla jopa 5 %.

Taulukko 3. Naftan fysikaalisia ja kemiallisia ominaisuuksia

Ominaisuus	Kuvaus	Ref.
Olomuoto	Neste.	
Väri	Läpinäkyvä, kirkas -> meripihka	
Haju	benssiinin haju,	
Kiehumispiste (alue)	30-38 °C	
Ominaispaino	0.64-0.83 (Vesi = 1)	
Viskositeetti	: 0.1 cSt @ 25 °C	
Höyrynpaine	Noin 34-103 kPa (@ 38 oC)	
Höyryn tiheys	Likimain 3.5 (Air = 1)	
Hiililuku	C ₄ - C ₁₂	
Molekyyliaino, vaihtelualue, g/mol	≈ 60 - 150	
Hiili/vety suhde, paino-%	≈ 86,5/13,5	
Leimahduspiste, °C	≈ 40	
Itsesyttymispiste, °C	300	
Höyrystymislämpö, kJ/kg	275 – 365	
Leimahdusrajat, til-%	1,4 – 7,6	

2.2.2 Raakaöljy

Tavallisimmat raakaöljyt ovat seoksia joko Venäjältä (Ural's Bend) tai Pohjanmeren öljykentiltä (Brent Blend). Nämä kaksi edustavat pääasiassa keskiraskaita (Ural's Blend, API Gravity 31°) ja kevyitä raakaöljyseoksia (Brent Blend, API Gravity 38°).

Näitä raakaöljyjä kuvaavat seuraavat luvut:

Raakaöljylajike	API tiheysluku *	Rikkipitoisuus, w-%
Medium (keskiraskas)	31 °	1,40
Light (kevyt)	38 - 40,1	0,35

Huom*: API tiheys (Gravity) määritellään seuraavalla kaavalla:

$$\gamma_{API} = \frac{141.5}{\gamma_o} - 131.5. \quad (1)$$

Raakaöljy sisältää alkuperästä riippuen vaihtelevan määrän eri hiilivetyjä ja orgaanisia yhdisteitä, mm rikkivetyä. Raakaöljyn rikkivetypitoisuus on kriittinen tekijä, joka pitää ottaa huomioon sekä myrkyllisyyden että hajuhaitan vuoksi. Raakaöljyn rikkivetypitoisuudesta käytettävissä olevat tiedot vaihtelevat välillä 500 ppm ...9000 ppm. Raakaöljyn varastosäiliöissä kaasutilan rikkivetypitoisuudet ovat alueella 100...1000 ppm. Seuraavissa tarkasteluissa oletetaan, että rikkivedyn pitoisuus kalliovaraston kaasutilassa on n. 1000 ppm.

2.2.3 Dieselöljyt

Dieselöljyt ovat keskitiskeitä, joiden kiehumisalue on yleensä välillä 150..370 °C. Tästä syystä dieselöljyn varastoinnista aiheutuvat VOC-päästöt ovat niin alhaisia, että tässä selvityksessä ei niiden levinneisyyttä tarkastella. Muiden varastokemikaalien päästöt ovat varaston ympäristövaikutusten kannalta merkittävämpiä.

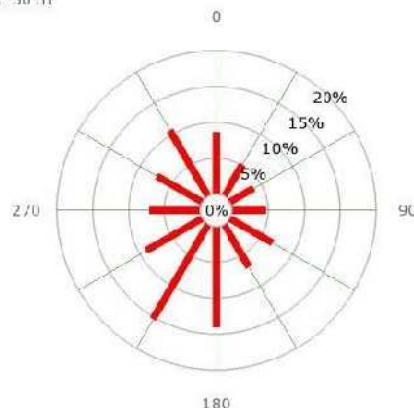
2.3 Tuuliolosuhteet alueella

Varastotoiminnan päästöjen vaikutusten arvioinnin kannalta tärkeimmät tuulet tulevat lounaasta. Alueella vallitsevia tuulioloja on esitelty Suomen tuuliatlaksessa, josta peräisin on oheinen kuva 1. Lounas edustaa noin 20 % kaikista tuulensuunnista kuvan mukaan. Luode edustaa noin 10 % tuulensuunnista. Keskimääräinen tuulen nopeus vaihtelee rannikon läheisyydessä Porin sataman alueella välillä 5 – 10 m/s mitattuna n 50 m korkeudella. Tässä arviolaskelmassa käytetään tuulen nopeutta 5 m/s, koska kaasujen etenemiseen vaikuttavat tuulet mitattaisiin n 10 m korkeudella.

Kuvassa on esitetty tuuliruusu, joka esittää tuulen suuntien jakaumaa Porin satama-alueilla (mitattuna Mäntyluodossa). Sitä voi pitää edustavana myös

Kristiinankaupungin sataman osalta (etäisyys Mäntyluodosta on n. 75 km), sillä molemmat alueet ovat Pohjanlahden merialueella.

Paikka (WGS84): 61.59953 p, 21.49920 l
Korkeus: 50 m



Kuva 1. Tuuliruusu Mäntyluodon alueelta 50 metrin korkeudella maanpinnasta (Tuuliatlas 2015).

Vallitseva tuulensuunta on koilliseen ja pohjoiseen).

2.4 Laskelmien perusteina ja tulosten tulkinassa käytettävät vertailuarvot

Syrjäytymishöyryjen leviämistä ympäristöön laskettaessa ja tulosten tulkinassa käytetään oheisessa taulukossa 4 esitettyjä vertailuarvoja ja haitallisiksi tunnettujen pitoisuuksien raja-arvoja.

Taulukko 4 Eräiden hiilivetyjen työhygienisiä raja-arvoja

Yhdiste	HTP –arvo / 8h (STM julkaisu 9/2018)		Ulkoilman raja-arvo (vna 79/20179)	Hajukynnys
Bentseeni	1 ppm	3,25 mg/m ³	5 µg/m ³	10 ppm
Pentaani	500 ppm	1500 mg/m ³		10 ppm
Ksyleeni	50 ppm	220 mg/m ³		0,5 . .1 ppm
Bensiini	300 ppm			TLV / ACGIH
Rikkivety	5 ppm		7 µg/m ³ (WHO)	11 µg/m ³ (OVA)

2.5 Laskelmien toteutusohjelma (ALOHA)

ALOHA® on Yhdysvaltojen ympäristöviraston (U.S. Environmental Protection Agency) tuottama vaarojen mallinnusohjelma, jota käytetään kemiallisten aineiden aiheuttamien poikkeamatilanteiden ehkäisyn ja toirjunta toimenpiteiden suunnitteluun. ALOHA: an voidaan sijoittaa data todellisista tai potentiaalisista kemikaalien päästöistä, joiden perusteella ohjelma tuottaa erilaisten uhkien uhka-aluearvioita.

ALOHA:n avulla voidaan mallintaa myrkyllisten tai syttyvien kaasupilvien leviämistä, BLEVE-ilmiöitä (Boiling Liquid Expanding Vapour Explosion), suihkupaloja, lammikkopaloja ja kaasupilviräjähdyksiä. Vaara-aluearviot ALOHA näyttää graafisesti koordinaatistossa, joka voidaan myös siirtää karttoihin ([MARPLLOT®](#), Esri's ArcMap, Google Earth, and Google Maps).

3 Varaston toiminnasta aiheutuvat päästöt

3.1 Päästölähteet

3.1.1 Kalliovaraston täyttö

Kalliovarastolla säiliötäytön yhteydessä syntyvät syrjäytymishöyryt purkautuvat pääsääntöisesti hönkäputkesta, 400 mmØ, joka nousee n 10 m korkeuteen. Hiilivety päästön vähentämiseksi rakennetaan kaasujen käsittelylaitos. Sen hyötysuhde hiilivetyjen suhteen on noin 95 % (ilmoitettu).

Säiliön täyttö vaatii n 10 - 20 säiliöaluksen lastit, joiden purkaukseen kaikkine lisätöineen voidaan arvioida kuluvan n. 2 vrk per käynti.

Säiliöiden täyttö vaatii kerrallaan n 150 h, kun pumppujen kapasiteetti on 5000 m³/h. Täyttöön menee n 75 h täyttöjaksoa kohti. Päästöt ovat yhden täyttöjakson osalta puolet vuosittaisesta kokonaispäästöstä eli

Bensiinien osalta = 439,3 t.

Raakaöljyn osalta = 107,8 t

Oletetaan / VOC – laskentaraportti/, että päästöjä ei ole varastoinnin aikana. Kalliovaraston VOC- päästöjen tarkastelussa erotetaan kaksi tapausta.

Tapaus A) Päästöt kalliovarastosta, kun kaasujen käsittelylaitos (VTU) on toiminnassa.

VOC-päästöt ovat eri kemikaalien osalta:

$VOC_{Be} \approx (0,05 \cdot 439,3) / 75 \text{ t/h} = 0,292 \text{ t/h} = 292 \text{ kg/h}$

$VOC_{Cr} \approx (0,05 \cdot 107,8) / 75 \text{ t/h} = 0,072 \text{ t/h} = 72 \text{ kg/h}$

Tapaus B) Poikkeamatilanne, jolloin VTU on ajettuna alas ja a joudutaan purkamaan kalliovarastoon:

VOC- päästöt kalliovarastosta, kun VTU ei toimi:

$VOC_{Be} \approx 439,3 / 75 \text{ t/h} = 5857 \text{ kg/h} \approx 5860 \text{ kg/h}$

$VOC_{Cr} \approx 107,8 / 75 \text{ t/h} = 1437 \text{ kg/h} \approx 1440 \text{ kg/h}$

3.1.2 Säiliöalusten lastaus

Säiliöalusten lastauksessa syntyvät VOC-päästöt ovat:

$VOC_{BeS} \approx 88,45 / 75 \text{ t/h} = 1179 \text{ kg/h}$

$VOC_{CrS} \approx 28,9 / 75 \text{ t/h} = 385 \text{ kg/h}$

3.2 Kalliovaraston normaalitoiminnasta aiheutuvat päästöt

3.2.1 Kemikaalihöyryjen leviäminen ympäristöön

Leviämismallinnukset tulisi yleensä tehdä kahdella tuulen nopeudella, 2 m/s ja 5 m/s. Tuulitilastojen mukaan Pohjanlahden länsirannan merituulet ovat yleisesti > 5 m/s ja tämä pätee myös Kristiinankaupungin satama-alueen osalta. Seuraavassa pyritään tästä syystä tekemään merkittävät johtopäätökset viitaten vähintään 5 m/s puhaltaviin merituuliin.

3.2.2 Bentseenipäästö moottoribensiinin siirrossa kalliovarastoon

VTU:n oletetaan toimivan siten, että normaalioperoinnin aikana hiilivetypäästöt ovat 5 %, käsittelemättömistä höyryistä, mikä kohdan 2.1.1 mukaan merkitsee, että

VOC-päästöt ovat:

$$\text{VOC}_{kv} \approx (0,05 \cdot 439) / 75 \text{ t/h} = 0,275 \text{ t/h} = 275 \text{ kg/h}$$

Bentseenipäästö voidaan laskea käyttäen Raoult'in lakia /7/:

$$P_i = x_i \cdot P_{oi}, \quad (xyz)$$

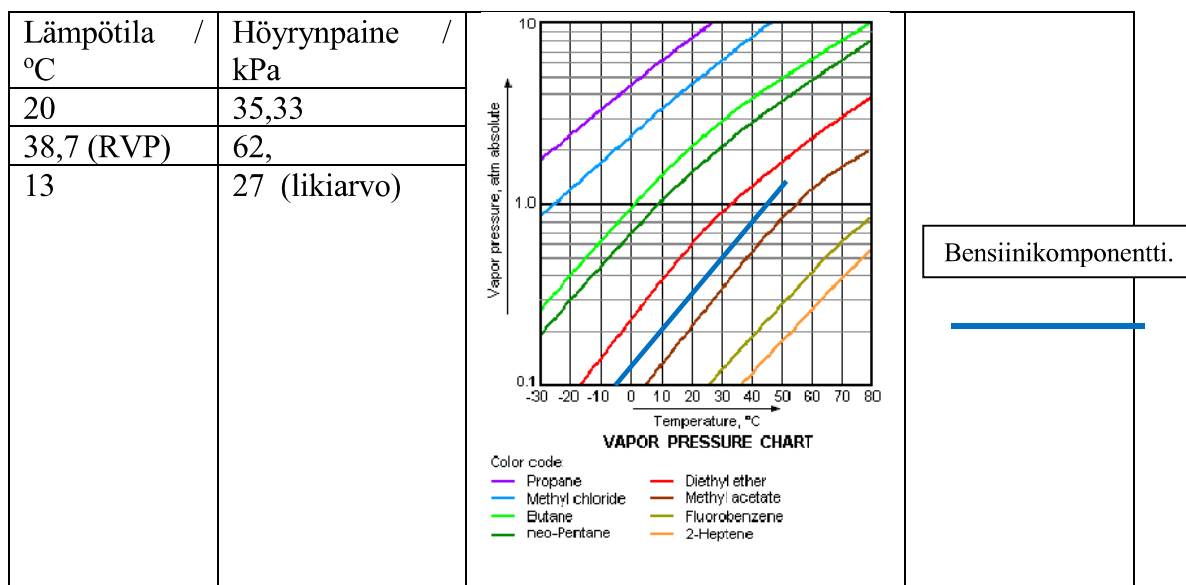
jossa

P_i = komponentin höyryn osapaine seoksen kaasutilassa seoksen lämpötilassa

x_i = komponentin mooliosuus nesteessä

P_{oi} = komponentin höyrynpaine itsenäisenä nesteinä seoksen lämpötilassa

Taulukko 5. Bensiinikomponentin höyrynpaine / kPa lämpötilan funktiona /5/



Lasketaan bentseenipitoisuudella 1 %, kun lämpötila on 12-15 °C.:

Bentseenipitoisuus 1 %

- 1.0 %-p. Bentseeniä bensiinissä. ; $N_{C_6H_6} = 0,01$
- Bentseenin molekyylipaino / g/mol = $M_{C_6H_6}$ 78
- Bensiinin molekyylipaino (neste) / g/mol = M_{Be} = 100
- Bentseenin höyrynpaine @ 12,84 °C = $p_{C_6H_6}$ 7,02 kPa.
- Bensiinihöyryn molekyylipaino / g/mol = M_{Bev} = 70 (*)
- Bensiinin höyrynpaine @ 13 °C (kts kaavio) = p_{Be} = 27 kPa (extrapoloitu arvo)

(*) Bensiinihöyryssä on pääasiassa kevyitä hiilivetyjä, butaania, pentaania, heksaania ja bentseeniä. Tästä johtuen bensiinihöyryn molekyylipaino on alempi kuin bensiininesteen. Käytetty arvo on oletusarvo.

Tehdään laskutoimitukset em. arvoilla:

$$\text{Bentseenin mooli-\% nestebensiinissä } M_{C6\%} = (n_{C6H6} \cdot p) / M_{C6H6} = (1 \cdot 100) / 78 = 1,28$$

$$\text{Bentseenin osapaine bensiinihöyryssä } p_x = p_{C6H6} \cdot M_{C6\%} = 7,02 \cdot 0,0128 = 0,09 \text{ kPa}$$

$$\text{Bentseenin mooliosuus höyryssä, } n_{C6H6} = p_x / p_{Be} = 0,09 / 27 = 0,0033.$$

$$\text{Bentseenin massaosuus päästöhöyryssä } = g_{C6H6} = (n_{C6H6} \cdot M_{C6H6}) / p_{Be} = (0,0033 \cdot 78) / 70 = 0,0037$$

Kalliovaraston täytön yhteydessä ulos purkautuva bentseenimäärä on:

$$G_{C6H6(1\%)} = 0,0037 \cdot 275 \text{ kg/h} = 1,02 \text{ kg/h}$$

Bentseenin leviämistä tutkitaan ALOHA – mallinnusohjelman avulla käyttäen kohdassa 2.4 kuvattuja raja-arvoja.

ALOHA-ohjelman lasketut tulokset tuulen nopeudella 5 m/s sekä yhteenvedot tekstinä on esitetty liitteessä 1. Ohjelma ei tuota lukuarvoja bentseenin levinneisyydestä, koska lähialueella ei ylitetä ko raja-arvoa.

3.2.3 Bentseenipäästö säiliöaluksen moottoribensiinilastauksen yhteydessä

Lasketaan bentseenipäästö samoin kuin edellä olettaen säiliöiden lämpötila samaksi kuin edellä.

Säiliöaluksen hönkäputkesta ulos purkautuva hiilivetymäärä on

$$V_{hesh} \approx 88,45 / 75 \text{ t/h} = 1179 \text{ kg/h} \approx 1180 \text{ kg/h}$$

$$\text{Bentseenin massaosuus päästöhöyryssä } = g_{C6H6} = 0,0037$$

Ulos purkautuva bentseenimäärä on:

$$G_{C6H6(1\%)} = 0,0037 \cdot 1228 \text{ kg/h} = 4,36 \text{ kg/h}$$

ALOHA-ohjelman avulla määritetyt leviämiskaaviot ja laskelman perustiedot on esitetty liitteessä 2. HTP-arvo ei ylity. Ulkoilman pitoisuudelle annettu raja-arvo ylittyy 2500 m asti.

3.2.4 Bentseenipäästöt teollisuusbensiinien siirrossa kalliovarastoon.

Tämän selvityksen osalta teollisuusbensiinit (nafta) eroavat normaalibensiineistä aromaattipitoisuutensa suhteen. Bentseenipitoisuus voi olla jopa 5 w-%.

Niitä on siis tarkasteltava bentseenipäästön suhteen erikseen. Tässäkin tapauksessa katsotaan VTU:n toimivan normaalisti.

Jos edellä kohdassa 3.1 käytettyihin kaavoihin sijoitetaan bentseenipitoisuus 5 w-%, Saadaan bentseenin massaosuus bensiinihöyryssä kalliovaraston kaasutilassa

$$g_{C6H65\%} \approx 0,0037 \cdot 5 = 0,0185$$

ja siis ulos purkautuva bentseenimäärä

$$G_{C6H6(5\%)} = 0,0185 \cdot 275 \text{ kg/h} = 5,1 \text{ kg/h}$$

ALOHA-ohjelman avulla määritetyt leviämiskaaviot ja laskelman perustiedot on esitetty liitteessä 3. Bentseenin HTP-arvo (1 ppm) ei ylity. Ulkoilman pitoisuudelle annettu raja-arvo ylittyy 2700 m etäisyyteen asti.

3.2.5 Bentseenipäästöt teollisuusbensiinien säiliöalustauksessa

Säiliöalusta lastattaessa teollisuusbensiinillä aluksen hönkäputkesta purkautuva bentseenimäärä on (kts. Kohta 3.1.2)

$$\text{GC6H6(5\%)} = 0,0185 \cdot 1179 \text{ kg/h} = 21,8 \text{ kg/h}$$

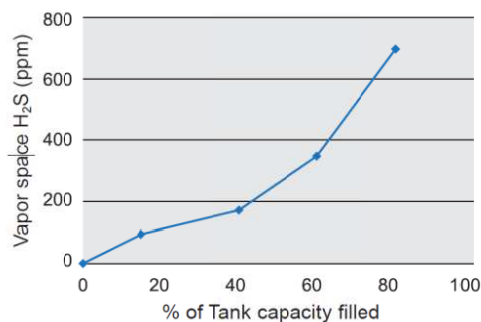
ALOHA-ohjelman avulla määritetyt leviämiskaaviot ja laskelman perustiedot on esitetty liitteessä 4. HTP-arvo ylittyy 256 m etäisyyteen asti, Ulkoilman pitoisuudelle annettu raja-arvo ylittyy 7700 m etäisyyteen asti.

3.2.6 Rikkivety päästöt raakaöljyn siirroissa

3.2.5.1 Siirto kalliovarastoon

Raakaöljyn varastoinnissa kriittisiksi oletetaan rikkivety päästöt. Rikkivety (H_2S) on myrkyllinen kaasu, jolla on alhainen hajukynnys..

Oheisessa kuvassa 2. on esitetty erään mittauksen tuloksena säiliössä todetut rikkivety pitoisuudet



Kuva 2. säiliön H_2S -pitoisuus säiliön täytön funktiona

<https://www.worldoil.com/.../Media/SULFIX-H2S-White-Paper/>.

Näissä laskelmissa käytetään 1000 ppm pitoisuutta kalliosäiliön kaasutilassa.

Kun kaasujen käsittelylaitos toimii normaalisti, on kaasupäästö

$$\text{VOC}_{\text{cr}} = (0,05 \cdot 107,8) / 75 \text{ t/h} = 0,065 \text{ t/h} = 65 \text{ kg/h (kohta 2.3.1).}$$

Jos tässä kaasussa on 1000 ppm rikkivetyä, H_2S -kaasun virtaama on

$$\text{VOC}_{\text{H}_2\text{S}} = 65 \text{ g/h}$$

ALOHA-ohjelman avulla määritetyt leviämiskaaviot ja laskelman perustiedot on esitetty liitteessä 5. HTP-arvoa ei ylitetä kalliosäiliön välittömässäkään läheisyydessä.

WHO:N suositus ulkoilman pitoisuuden raja-arvoksi ylitetään n. 300 m asti.

3.2.5.2 Raakaöljyn säiliöaluslastaus

Raakaöljyn säiliöaluslastauksessa päästöt ovat laskelmien mukaan 400 kg/h (kts. Kohta 3.1.2). Jos oletetaan säiliöaluksen säiliöiden rikkivetytitoisuus lastauksen aikana kuvan 1 mukaan keskiarvona

$$C_{H_2S} \approx 500 \text{ ppm},$$

Saadaan syrjäytymishöyryn rikkivetytitoisuudeksi $VO_{CH_2S/sh} = 200 \text{ g/h}$.

ALOHA-ohjelman avulla määritetyt leviämiskaaviot ja laskelman perustiedot on esitetty liitteessä 6. Todetaan, että rikkivedyn haju on havaittavissa n 280 m etäisyydellä purkauskohdasta.

4. Hajuhaitat kalliovaraston toiminnasta

4.1 Hajuhaitta kalliovaraston bensiinitäytön yhteydessä

Bensiinin hajukynnys on melko alhainen, Kirjallisuudesta löytyvät tiedot vaihtelevat välillä 0,25 ppm – 0,5 ppm. Bensiinin hajun aiheuttavat aromaattiset komponentit, joista ksyleenin hajukynnys on erittäin alhainen. Nykyaikaisten moottoribensiinien hajukynnykseen vaikuttavat eetterit (MTBE, ETBE jne. Näiden komponenttien hajukynnys on erittäin alhainen. Koska tässä kalliovarastossa ei kuitenkaan varastoida vesiliukoisia komponentteja, hajukynnyksen ulottuvuutta tutkitaan ksyleenin avulla.

Ksyleenin hajukynnys Työterveyslaitoksen /3/ mukaan on välillä 0,05 – 1,0 ppm riippuen siitä, onko kyseessä puhdas kemikaali vai isomeerinen seos. Hajun leviämisalue arvioidaan tässä olettamalla koko aromaattien osuus ksyleeniksi = 35 %.

- | | | |
|---|--------------|------------------------------|
| 1. Ksyleeniä bensiinissä 35 % ; | n_{xyl} | = 0,35 |
| 2. Ksyleenin molekyylimassa / g/mol = | $M_{C_6H_6}$ | = 106 |
| 3. Bensiinin molekyylimassa (neste) / g/mol = | M_{Be} | = 100 |
| 4. Ksyleenin höyrynpaine @ 13 °C = | p_{xyl} | = 0,48 kPa |
| 5. Bensiinihöyryn molekyylimassa / g/mol = | M_{Bev} | = 70 |
| 6. Bensiinin höyrynpaine @ 13 °C (kts kaavio) = | p_{Be} | = 27 kPa (extrapoloitu arvo) |

Lasketaan ksyleenin osuus kokonaispäästöstä em. arvoilla:

$$\text{Ksyleenin mooli-\% nestebensiinissä } M\% = (n_{xyl} \cdot p) / M_{xyl} = (35 \cdot 100) / 106 = 33,0$$

$$\text{Ksyleenin osapaine bensiinihöyryssä } p_x = p_{xyl} \cdot M\% = 0,48 \cdot 0,33 = 0,16 \text{ kPa}$$

$$\text{Ksyleenin mooliosuus höyryssä, } n_{xyl} = p_x / p_{Be} = 0,16 / 27 = 0,006.$$

$$\text{Ksyleenin massaosuus päästöhöyryssä } g_{xyl} = (n_{xyl} \cdot M_{xyl}) / p_{Be} = (0,006 \cdot 106) / 70 = 0,0091$$

Kun VTU toimii normaalisti, ulospurkautuvassa kaasussa on ksyleeniä

$$G_{xyl} = 0,0091 \cdot 292 \text{ kg/h} \approx 2660 \text{ g/h}$$

ALOHA-ohjelman avulla määritetyt leviämiskaaviot ja laskelman perustiedot on esitetty liitteessä 7. Merialueella alle 5 m/s tuulet ovat harvinaisia, joten hajuhaitan levinneisyys on laskettu arvolla 5 m/s.

Todetaan, että hajukynnys ,1,1 ppm ei ylity, kun kaasujen käsittelylaitos toimii.

4.2 Hajuhaitta säiliöalustauksen yhteydessä

Koska säiliöalusten lastausjärjestelyihin ei kuulu kaasujen talteenottoa, syntyy lastauksen yhteydessä aina hajuhaittoja lähiympäristöön. Niiden suuruus lasketaan kohdassa 3.1.1 esitetyllä tavalla ksyleenin suhteen. Saadaan seuraava tulos:

Ulospurkautuvassa kaasussa on ksyleeniä

$$G_{\text{xyl ship}} = 0,0091 \cdot 1179 \text{ kg/h} = 10,7 \text{ kg/h}$$

ALOHA-ohjelman avulla määritetyt leviämiskaaviot ja laskelman perustiedot on esitetty liitteessä 8. Hajun voi havaita n. 150 m etäisyydellä päästökohdasta.

4.3 Rikkivetypitoisten raakaöljyjen aiheuttama hajuhaitta

Rikkivetypitoisuuksia varaston ympäristössä on laskettu jo kohdissa 3.2.5 ja 3.2.6. Kalliosäiliön täytössä ei havaita hajua tuulen normaaleilla nopeuksilla. Tyynellä säällä (2 m/s) hajua esiintyy n 300 m etäisyydellä. Säiliöalusten lastauksessa hajua esiintyy myös 5 m/s tuulilla n 300 m etäisyydellä.

5 Palon vaara hiilivetykemikaalien siirroissa

5.1 Syrjäytymishöyryjen palonvaara

Varastoitavista kemikaaleista bensiinit ja raakaöljyt ovat helposti syttyviä. Normaalityönnä vain säiliöalusten lastauksen yhteydessä syntyvät päästöt sisältävät niin paljon helposti syttyviä jakeita, että palon vaara on otettava huomioon. Tarkastelu tehdään seuraavassa pentaanin suhteen.

5.2 Palonvaara säiliöalusten lastauksen yhteydessä

Määritetään riski, että VOC päästö aiheuttaisi syttymisvaaraa sataman alueella. ALOHA-ohjelma laskee vain puhtaille kemikaaleille päästöleviämisalueet. Tästä syystä valitaan edustavin komponentti, jonka leviämisalue voidaan laskea. Komponentiksi valitaan pentaani, joita (isopentaani ja n-pentaani) oletetaan sisältyvän bensiiniin n. 20 %

1. 20 %-p. pentaaneja bensiinissä. ; $N_{C_6H_6}$ =	0,20
2. Pentaanin molekyylipaino / g/mol = $M_{C_6H_6}$	72
3. Bensiinin molekyylipaino (neste) / g/mol = M_{Be} =	100
4. Pentaanin höyrynpaine @ 13 °C $p_{C_6H_6} \approx$	39,5 kPa.
5. Bensiinihöyryn molekyylipaino / g/mol = M_{Bev} =	70 .
6. Bensiinin höyrynpaine @ 13 °C (kts kaavio) = p_{Be} =	27 kPa (extrapoloitu arvo)

Tehdään laskutoimitukset em. arvoilla:

$$\text{Pentaanin mooli-} \% \text{ nestebensiinissä } M\% = (N_{C_5} \cdot p) / M_{C_5} = (20 \cdot 100) / 72 = 27,8 \text{ .}$$

$$\text{Pentaanin osapaine bensiinihöyryssä } p_x = p_{C_5} \cdot M\% = 39,5 \cdot 0,278 \approx 11 \text{ kPa}$$

$$\text{Pentaanin mooliosuus höyryssä, } n_{C_5} = p_x / p_{Be} = 11 / 27 = 0,41.$$

Pentaanin massaosuus päästöhöyryssä = $g_{C5} = (n_{C5} \cdot M_{C5}) / p_{Be} = (0,41 \cdot 72) / 70 = 0,42$

Ulospurkautuvassa kaasussa on siis pentaania n.

$$G_{C5} = 1179 \text{ kg/h} \cdot 0,42 = 495 \text{ kg/h}$$

Päästökaaviot lasketaan pentaanin suhteen tuulen nopeudella 5 m/s.

ALOHA-ohjelman avulla määritetyt leviämiskaaviot ja laskelman perustiedot on esitetty liitteessä liitteessä 9. Ohjelman tuottamassa käyrästössä ei näy syttymisvaarallisten pitoisuuksien arvoja. Kuvaan on piirretty vertailun vuoksi 500 ppm (HTP-arvo) kuvaava graafi.

Hälytysrajana pidetään kaasuilmallisimaa kalibroitaessa 10 % LEL. Tämä toteutuu ohjelman mukaan vielä n 80 m etäisyydellä.

Satama-alue öljylaiturilla on luokiteltua aluetta ja korkeat hiilivetypitoisuudet jäävät luokitellun alueen sisäpuolelle. Tästä syystä ei lisätoimenpiteisiin ole tarvetta.

6 Häiriötilanteet

6.1 Päästöjä aiheuttavat häiriötilanteet varaston toiminnassa

Varaston toimintaan liittyviä poikkeamtilanteita voidaan kartoittaa riskin tunnistumenetelmin.

Tässä rajoitetaan niihin poikkeamtilanteisiin, jotka sattuvat kalliovaraston täytön tai säiliöäuslastauksen yhteydessä ja voivat aiheuttaa poikkeuksellisia kemikaalipäästöjä ympäristöön. Nämä kriteerit täyttäviä tilanteita ovat mm:

1. VTU:n toimintakatkot ja virheellinen toiminta
2. Vedenkäsittelylaitteiden häiriöt

6.2 Bentseenipäästö kalliovaraston täytössä, kun VTU ei toimi

Kun VTU ei ole toiminnassa, olisivat VOC- päästöt Kalliovarastosta sen täytön yhteydessä vähentämättömät eli kohdan 2.1.1 mukaan

$$VOC_{Be} \approx 439,3 / 75 \text{ t/h} = 5860 \text{ kg/h}$$

$$G_{C6H6(1\%)} = 0,0037 \cdot 5860 \text{ kg/h} = 21,68 \text{ kg/h}$$

Tämä tilanne on epätodennäköinen, koska VTU voidaan huoltaa ja kunnossapitää aikoina, jolloin öljysiirtoja ei tehdä. Lasketaan tilanteen aiheuttama bentseenipäästö kalliovaraston hengityspotkesta:

ALOHA-ohjelman avulla määritetyt leviämiskaaviot ja laskelman perustiedot on esitetty liitteessä liitteessä 10. Piirretään leviämiskaavio ALOHA-ohjelman avulla olettaen tuulen nopeus 5 m/s (**kts liite 2**). Todetaan, että työhygieninen 8 h raja-arvo ylittyy n 126 m asti.

6.3 Rikkivetypitoisuus raakaöljytäytössä varaston ympäristössä, kun VTU ei toimi

Näitä olosuhteita ei arvioida. Lähtökohtaisesti voidaan todeta, että varaston toiminta *pysäytetään VTU:n häiriötilanteen sattuessa (ESD-ohjeisto)*.

6.4 Palon vaara kalliovaraston täytössä, kun VTU ei toimi

VOC - päästö olisi 5860 kg/h, josta pentaania höyrynä

$$\text{VOC}_{\text{pe}} = 0,42 \cdot 5860 \text{ kg/h} = 2461 \text{ kg/h}$$

Pentaanipitoisuudet lasketaan ALOHA:n avulla olosuhteissa, joissa tuulen nopeus on 5 m/s ja suunta SW. ALOHA-ohjelman avulla määritetyt leviämiskaaviot ja laskelman perustiedot on esitetty liitteessä 11. Varaston lähimmässä ympäristössä explosimetri osoittaisi pitoisuutta prosentteina alemmasta räjähdysrajasta. 10 % L.E.L. n. 40 m etäisyyteen asti.

7. Johtopäätökset laskelmien tuloksista

7.1 Toiminnan aiheuttamat muutokset ilman laatuun lähimmissä häiriintymiselle alttiissa kohteissa

Ilmanlaatuun Kristiinankaupungin satama-alueella vaikuttava teollisuustoiminta on tällä hetkellä vähäistä

Lähimmät yksityisomistuksessa olevat vapaa-ajan kiinteistöt sijaitsevat n. 1000 m:n etäisyydellä varastosta ja lähin vakituinen asuinalue n. 2500 m etäisyydellä varastosta.

Suunnitellun varastointitoiminnan vaikutusta ilman laatuun aiheuttaa bensiinien ja raakaöljyn tuotesiirot, eli kalliovaraston täyttö ja lastaus laivaan. Tuotesiiroista aiheutuu sekä hajuhaittaa että VOC- ja bentseenipitoisuuden kohoamista lähialueella. Tuotesiiroja tapahtuu 300 tuntia vuodessa, kalliovaraston täyttöä 150 tuntia ja säiliöalusten lastausta 150 tuntia. Keskitisleiden varastoinnin vaikutus ilmanlaatuun lähialueella on vähäistä.

Kalliovaraston täyttö aiheuttaa vain vähäisiä muutoksia ilmanlaatuun lähialueilla, koska syrjäytymishöyryt käsitellään kaasujen käsittely-yksikössä (VTU). Merkittävimpiä muutoksia ilmanlaatuun aiheuttavat bensiinien ja raakaöljyn aluslastaukset. Aluslastaus aiheuttaa sekä hajuhaittaa että bentseenipitoisuuden kohoamista lähialueella. Raakaöljyn aluslastauksesta syntyy rikkiyhdisteiden (rikkivety, H₂S) vuoksi hajuhaittaa n. 300 metrin etäisyydelle päästölähteestä (kohta 4.3.).

Teollisuusbensiinin aluslastauksessa bentseenipitoisuus on, liitteen 4 mukaan, 1000 m etäisyydellä 0,249 mg/m³ ja etäisyydellä 2500 m 0,043 mg/m³. Vuosikeskiarvon laskemiseksi ko. etäisyyksillä arvioidaan tuuliruususta lounaistuulen todennäköisyydeksi 20 % (kohta 2.3). Kun aluslastausta tapahtuu n. 150 h/v, on altistumismahdollisuus kohdealueella n. 30 h/v. Vuosikeskiarvona tämä merkitsee laskennallisesti n. 0,85 µg/m³ 1000 m:n etäisyydellä ja n. 0,15 µg/m³ 2500 m:n etäisyydellä.

Moottoribensiinin aluslastauksessa pitoisuudet 1000 m ja 2500 m etäisyyksillä ovat vastaavasti 0,021 mg/m³ ja 0,005 mg/m³. Vastaavat laskennalliset vuosikeskiarvot

moottoribensiinille ovat 0,07 µg/m³ 1000 m:n etäisyydellä ja 0,017 µg/m³ 2500 m:n etäisyydellä varastosta.

Bentseenin sulamispiste on +5,5 °C, joten talvi-, syys- ja kevätolosuhteissa sen leviämistä rajoittaa härmistyminen ja kiinteytyminen.

Kalliovaraston täytössä teollisuusbensiinillä bentseenipitoisuus on, liitteen 3 mukaan, 1000 m etäisyydellä 0,0239 mg/m³ ja etäisyydellä 2500 m 0,0058 mg/m³. Vuosikeskiarvona tämä merkitsee laskennallisesti n. 0,08 µg/m³ 1000 m:n etäisyydellä ja n. 0,02 µg/m³ 2500 m:n etäisyydellä. Moottoribensiinin kohdalla varaston täytössä pitoisuudet 1000 m ja 2500 m etäisyyksillä ovat, liitteen 1 mukaan, vastaavasti 0,0048 mg/m³ ja 0,0012 mg/m³. Vastaavat laskennalliset vuosikeskiarvot moottoribensiinille ovat 0,016 µg/m³ 1000 m:n etäisyydellä ja 0,004 µg/m³ 2500 m:n etäisyydellä varastosta. Taulukkoon 6 on koottu eri aineiden ja toimintojen aiheuttamat bentseenin laskennalliset tuntikeskiarvot sekä niiden perusteella lasketut vuosikeskiarvot eri etäisyyksillä päästölähteestä sekä vuoden koko varastointitoiminnan aiheuttama ulkoilman bentseenipitoisuuden vuosikeskiarvo.

Taulukko 6.

Varastoitava aine ja toiminto	n. 1000 m päästölähteestä		n. 2500 m päästölähteestä	
	Tuntikeskiarvo, mg/m ³	Vuosikeskiarvo, µg/m ³	Tuntikeskiarvo, mg/m ³	Vuosikeskiarvo, µg/m ³
Teollisuusbensiini				
Kalliovaraston täyttö	0,0239	0,08	0,0058	0,02
Säiliöaluksen lastaus	0,249	0,85	0,043	0,15
Yhteensä		0,93		0,17
Moottoribensiini				
Kalliovaraston täyttö	0,0048	0,016	0,0012	0,004
Säiliöaluksen lastaus	0,021	0,07	0,005	0,017
Yhteensä		0,09		0,02

7.2 Merkittävät haitta-alueet kalliovaraston normaalin operoinnin aikana

Kalliovaraston normaaliin operointiin liittyvä varaston täyttö ei aiheuta lähiympäristöön merkittäviä päästöjä. Poikkeamatilanne, jolloin VTU olisi epäkunnossa, ei toteudu öljysiirron aikana, sillä laitos tulee huoltaa ja pitää toimintakuntoisena ennen kuin kalliovaraston täyttö aloitetaan. **Kalliovaraston alueella ei siis ole poikkeavaa terveysvaaraa bensiinin käsittelystä**

Merkittäviä päästötilanteita ovat säiliöalusten lastaukset, koska kaasun palautusjärjestelmää ei ole. Laskelma osoittaa, että nämä päästöt eivät kuitenkaan merkittävästi heikennä ilmanlaatua ympäristön vakituisilla asuinalueilla. Työterveyden kannalta merkittävät raja-arvojen ylitykset satamassa esiintyvät vain laivojen lastauksen ajan ja haittoja voidaan ehkäistä tavanomaisilla suojatoimilla. Mikäli raakaöljyä joudutaan varastoimaan, ongelmia aiheuttavat rikkiyhdisteiden ja erityisesti rikkivedyn pitoisuudet raakaöljyssä ja varaston kaasutilassa. Koska rikkivedyn hajukynnys on erittäin alhainen, saattaa hajuhaitta ulottua myös tiheään asutuille alueille.

Rikkivedyn aiheuttama ongelma saattaa tulla esiin myös erityisiä rikkipitoisia keskittisleitä varastoitaessa. Tulevaisuudessa tilanne saattaa muuttua, sillä säiliöalusten osalta on vireillä globaali suuntaus kieltää runsaasti rikkivetyä sisältävät öljykuljetukset.

7.3 Laskelmien tulosten luotettavuus /6/

ALOHA-ohjelman tuloksia tulkittaessa on otettava huomioon epävarmuustekijät, jotka johtuvat ohjelman laatimiskriteeristä. ALOHA edellyttää, että tarkasteltava kaasupilvi sekoittu hyvin ympäröivään ilmaan muodostaen homogeenisen kellomaisen pilven. Ohjelman tulosten laatu riippuu tietysti myös siihen syötettyjen muuttujien oikeellisuudesta. Vaikka nämä olisivat täysin todellisuutta vastaavia, vaikuttavat tulosten luotettavuuteen seuraavat ohjelman rakennetekijät:

1. Erittäin alhainen tuulen nopeus (≈ 2 m/s)

Tyynellä ilmalla ulospurkautuva kaasupilvi ei sekoitu ympäröivään ilmaan riittävästi, joten lähialueen pitoisuudet ovat korkeampia kuin ohjelmasta saadaan. Ohjelma ei piirrä leviämiskaavioita tapauksissa, joissa tarkasteltava pitoisuus ulottuu lähemmäs kuin 50 m päästöpisteestä. Syynä on, että kaasu ei jakaudu tasaisesti vaan muodostaa kasaumia ja pitoisuuksissa on vaihtelua. Ko arvoja on siis tulkittava varovaisuudella. Koska tuulen nopeudet alueella ovat normaalisti > 5 m/s, voidaan näillä arvoilla saatavia laskutuloksia pitää luotettavampina.

2. Erittäin stabiilit sääolosuhteet

Erittäin stabiilit olosuhteet vallitsevat esim. yöllä ja aamulla (tästä merkinä lähellä maanpintaa makaava sumu). Tällöin pitoisuus voi nousta kauempana päästöpisteessä laskelmatulosta korkeammaksi.

3. ALOHA ottaa huomioon vain puhtaat kemikaalit. Bensiini on useiden hiilivetyjen seos, jossa tietty kemikaali on aineosana. On siis puhdas arvaus, että bentseenin tai ksyleenin leviäminen voidaan laskea olettamalla se erillisenä kaasuna päästössä.

4. Kaasun kulku-uran valinta:

Kaasun kulku-uraksi voidaan valita a) avoin maasto, b) rakennettu alue / metsä tai c) avovesi. Avovedellä kaasun leviäminen on helpompaa kuin avoimessa maasto maalla. Tästä syystä hajuhaitat tai terveydelle haitalliset kaasut leviävät meren yli helpommin ja kauemmas kuin avomaalla.

Johtopäätöksenä on todettava, että ohjelmalla saadut tulokset ovat ainakin lähialueella suuntaa antavia. Ne sopivat kuitenkin suunnittelun pohjaksi. Tarkempaa tietoa varaston operointien päästöistä voidaan saada vasta käytännön mittauksilla laitoksen ollessa toiminnassa.

8 Yhteenveto

8.1. Merkittävimmät päästöt kalliovarastotoiminnassa

VOC-päästöt ilmaan nestemäisten kemikaalien ja raakaöljyn varastotoiminnassa syntyvät putkisiirtojen yhteydessä eli kalliovaraston täytössä ja säiliöaluslastauksissa. Varsinaisessa varastoinnissa ei synny merkittäviä päästöjä. Keskitisleiden varastointitoiminnan vaikutukset ilmanlaatuun lähialueella ovat vähäiset. Merkittävimmät päästöt syntyvät bensiinien ja raakaöljyjen siirroissa. Koska varaston täytössä syrjäytymishöyryt käsitellään polttoyksikössä, suurimmat päästöt syntyvät säiliöaluslastauksessa. Merkittävimmät vaikutukset ilmanlaatuun lähialueella aiheuttavat teollisuusbensiinin sisältämä bentseeni ja raakaöljyn sisältämät hajuhaittaa aiheuttavat rikkiyhdisteet.

8.2. Hajuhaitat varaston lähialueilla

Raakaöljyn aluslastauksessa rikkivedystä johtuvat hajuhaitat ulottuvat noin 300 m päästölähteestä. Näin ollen hajuhaitat eivät ulotu sataman koillispuolella oleville lähimmille loma-asunnoille.

8.3. Ilman laatu lähimmällä vakituisella asuntoalueella

Öljytuotteiden kalliovarastointitoiminnassa laivalastauksessa ilmaan joutuvan bentseenin pitoisuus alittaa lähimmillä vakituisilla asuinalueilla terveyshaittojen ehkäisemiseksi säädetyn vuosittaisen raja-arvon. Näin ollen toiminnan ei arvioida aiheuttavan terveyshaittaa lähiasukkailla.

8.4 VOC - päästöjen aiheuttama syttymisvaara satamassa

Satama-alue öljylaiturilla on ATEX- luokiteltua aluetta ja korkeat hiilivetytosituisuudet jäävät luokitellun alueen sisäpuolelle. Tästä syystä ei lisätoimenpiteisiin ole tarvetta.

9. Kirjallisuusviitteet:

1. Kunnari Kari. (2018) AO-01-COMM-69-02 Bensiinin VOC-päästölaskelma. EPA-42 arvio. ATOR-Consultants Oy
2. BS EN 228:2008
3. OVA-ohjeet, Bentseeni
4. OVA-ohjeet, Moottoribensiini
5. Työterveyslaitos: Ksyleeni (perustelumuistio ksyleenin altistumisindikaattorin metyylhippuurihapon ohjeraja-arvoille).
6. **NOAA Office of Response and Restoration:** ALOHA's Limitations (<http://response.restoration.noaa.gov/oil-and-chemical-spills/chemical-spills/response-tools/alohas-limitations.html>)
7. **Texas Commission on Environmental Quality Air Permits Division** (www.tceq.state.tx.us/assets/.../emiss_calc_bulkgas.pdf)

8. Linkki:
http://chemwiki.ucdavis.edu/Core/Physical_Chemistry/Physical_Properties_of_Matter/States_of_Matter/Liquids/Vapor_Pressure1
9. <https://www.worldoil.com/.../Media/SULFIX-H2S-White-Paper>

10. Liitteet : ALOHA-ohjelma / kaaviot)

- Liite 1. Bentseenipäästö moottoribensiinin siirrossa kalliovarastoon kaasun käsittelylaitos toimii.
- Liite 2. Bentseenipäästö säiliöaluksen lastauksessa moottoribensiinillä
- Liite 3: Bentseenipäästö teollisuusbensiniin siirrossa kalliosäiliöön
- Liite 4: Bentseenipitoisuus teollisuusbensiniin säiliöaluslastauksessa.
- Liite 5. Rikkivetypäästö raakaöljyn siirrossa kalliosäiliöön , kun VTU toimii normaalisti.
- Liite 6. Rikkivetypitoisuus sataman ympäristössä raakaöljyn säiliöaluslastauksessa
- Liite 7:. Bensiinin kalliosäiliötäytöstä aiheutuva hajuhaitta ksyleenin
- Liite 8: Bensiinin säiliöaluslastauksesta aiheutuva hajuhaitta ksyleenin suhteen
- Liite 9. Palon vaara säiliöaluksen moottoribensiinilastauksessa
- Liite 10. Bentseenipäästö kalliovaraston täytössä, VTU ei toimi
- Liite 11: Palon vaara kalliosäiliön moottoribensiinitäytössä, kun VTU ei toimi

Bentseenipäästö moottoribensiinin siirrossa kalliovarastoon kaasunkäsittelyn toimiessa, raportin kohta 3.2.1

SITE DATA:

Location: KRISTIINANKAUPUNKI, FINLAND
 Building Air Exchanges Per Hour: 1.09 (unsheltered single storied)
 Time: June 5, 2016 2137 hours ST (user specified)

CHEMICAL DATA:

Chemical Name: BENZENE
 CAS Number: 71-43-2 Molecular Weight: 78.11 g/mol
 ERPG-1: 50 ppm ERPG-2: 150 ppm ERPG-3: 1000 ppm
 IDLH: 500 ppm
 Carcinogenic risk - see CAMEO Chemicals
 Ambient Boiling Point: 80.1° C
 Vapor Pressure at Ambient Temperature: 0.060 atm
 Ambient Saturation Concentration: 59,741 ppm or 5.97%

ATMOSPHERIC DATA: (MANUAL INPUT OF DATA)

Wind: 5 meters/second from SW at 3 meters
 Ground Roughness: open country Cloud Cover: 5 tenths
 Air Temperature: 10° C Stability Class: D
 No Inversion Height Relative Humidity: 50%

SOURCE STRENGTH:

Direct Source: 1.02 kilograms/hr Source Height: 10 meters
 Release Duration: 60 minutes
 Release Rate: 17 grams/min
 Total Amount Released: 1.02 kilograms

THREAT ZONE:

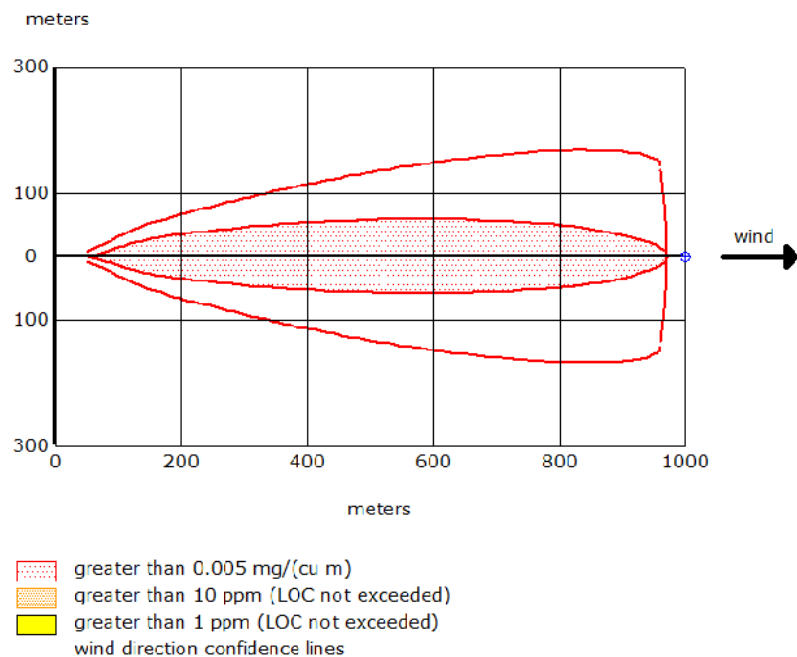
Model Run: Gaussian
 Red : 972 meters --- (0.005 mg/(cu m))
 Orange: LOC is not exceeded --- (10 ppm)
 Note: Threat zone was not drawn because
 the ground level concentrations never exceed the LOC.
 Yellow: LOC is not exceeded --- (1 ppm)
 Note: Threat zone was not drawn because
 the ground level concentrations never exceed the LOC.

THREAT AT POINT:

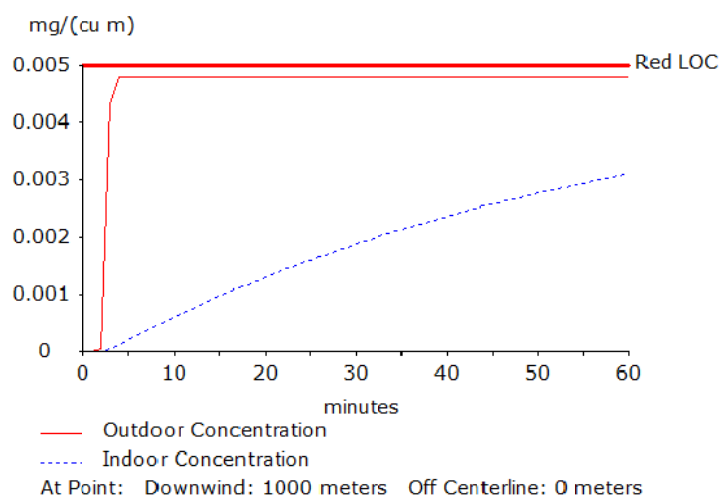
Concentration Estimates at the point:
 Downwind: 1000 meters Off Centerline: 0 meters
 Max Concentration:
 Outdoor: 0.00478 mg/(cu m)
 Indoor: 0.00309 mg/(cu m)

Laskentatiedot: Bentseenipäästö kalliovarastosta, kun VTU toimii.

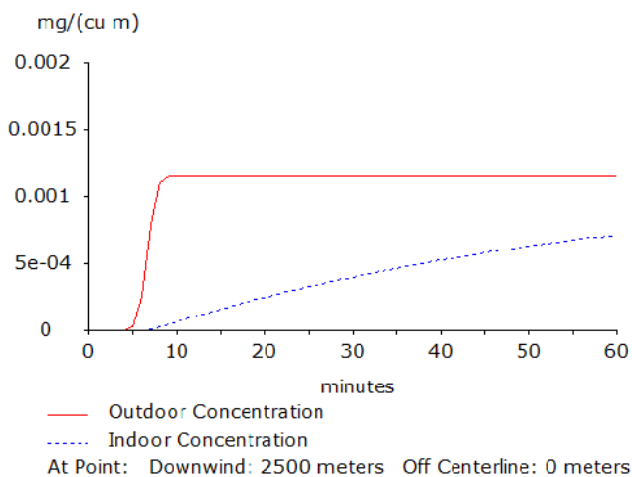
Liite 1



Kuva 1. Bentseenihöyryjen leviäminen kalliovaraston täytössä. Tuulen suunta SW, nopeus 5 m/s.



Kuva 2. Bentseenipitoisuus 1000 m etäisyydellä purkauskohdasta. Tuulen suunta SW, nopeus 5 m/s.



Kuva 3. Bentseenipitoisuus 2500 m etäisyydellä purkauskohdasta. Tuulen suunta SW, nopeus 5 m/s.

Liite 2

Bentseenipäästö säiliöaluksen lastauksessa moottoribensiinillä.

SITE DATA:

Location: KRISTIINANKAUPUNKI, FINLAND
Building Air Exchanges Per Hour: 1.09 (unsheltered single storied)
Time: June 5, 2016 2137 hours ST (user specified)

CHEMICAL DATA:

Chemical Name: BENZENE
CAS Number: 71-43-2 Molecular Weight: 78.11 g/mol
ERPG-1: 50 ppm ERPG-2: 150 ppm ERPG-3: 1000 ppm
IDLH: 500 ppm
Carcinogenic risk - see CAMEO Chemicals
Ambient Boiling Point: 80.1° C
Vapor Pressure at Ambient Temperature: 0.060 atm
Ambient Saturation Concentration: 59,741 ppm or 5.97%

ATMOSPHERIC DATA: (MANUAL INPUT OF DATA)

Wind: 5 meters/second from SW at 3 meters
Ground Roughness: open country Cloud Cover: 5 tenths
Air Temperature: 10° C Stability Class: D
No Inversion Height Relative Humidity: 50%

SOURCE STRENGTH:

Direct Source: 4.36 kilograms/hr Source Height: 10 meters
Release Duration: 60 minutes
Release Rate: 72.7 grams/min
Total Amount Released: 4.36 kilograms

THREAT ZONE:

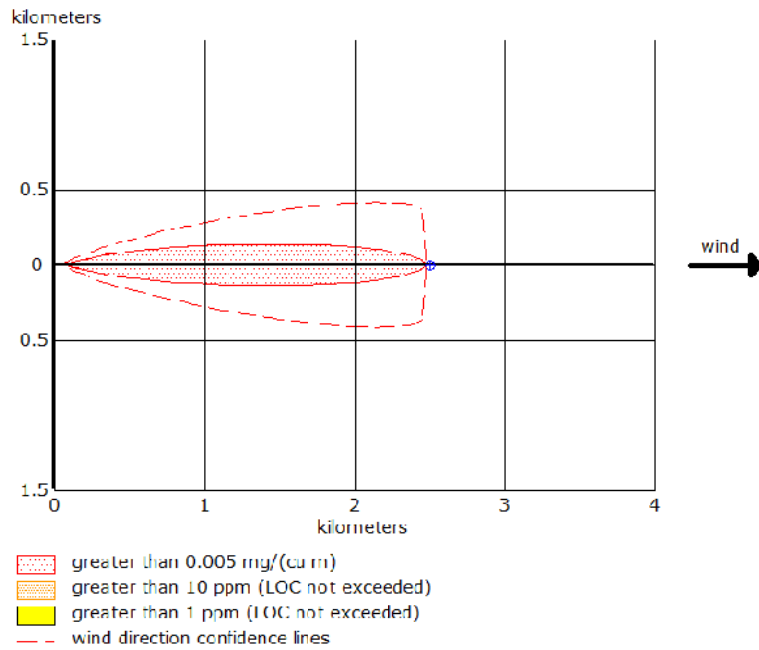
Model Run: Gaussian
Red : 2.5 kilometers --- (0.005 mg/(cu m))
Orange: LOC is not exceeded --- (10 ppm)
Note: Threat zone was not drawn because
the ground level concentrations never exceed the LOC.
Yellow: LOC is not exceeded --- (1 ppm)
Note: Threat zone was not drawn because
the ground level concentrations never exceed the LOC.

THREAT AT POINT:

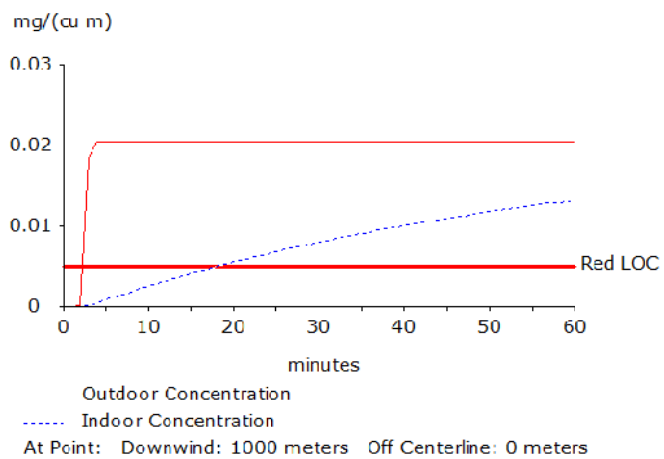
Concentration Estimates at the point:
Downwind: 2500 meters Off Centerline: 0 meters
Max Concentration:
Outdoor: 0.00492 mg/(cu m)
Indoor: 0.00305 mg/(cu m)

Laskentatiedot: Bentseenipäästö säiliöaluksen lastauksessa. Tuulen suunta SW ja nopeus 5 m/s.,

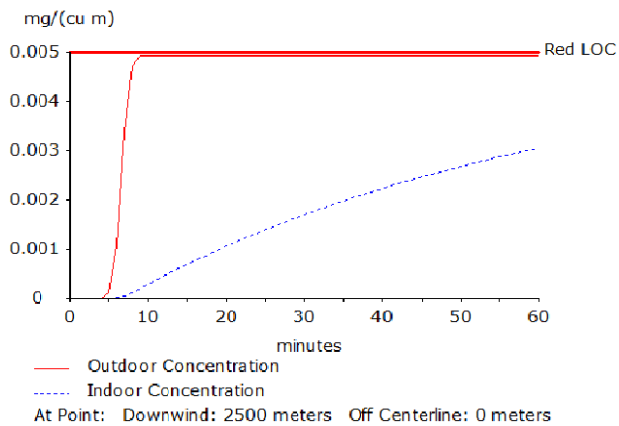
Liite 2



Kuva 1. Bentseenihöyryn leviämiskaavio: Säiliöaluksen lastausmoottoribensiinillä



Kuva 2: Bentseenipitoisuus 1000 m etäisyydellä säiliöaluksen lastauspaikasta



Kuva 3: Bentseenipitoisuus 2500 m etäisyydellä säiliöaluksen lastauspaikasta

Liite 3

Bentseenipäästö teollisuusbenssiinin siirrossa kalliosäiliöön.

| SITE DATA:

Location: KRISTIINANKAUPUNKI, FINLAND
Building Air Exchanges Per Hour: 1.09 (unsheltered single storied)
Time: June 5, 2016 2137 hours ST (user specified)

CHEMICAL DATA:

Chemical Name: BENZENE
CAS Number: 71-43-2 Molecular Weight: 78.11 g/mol
ERPG-1: 50 ppm ERPG-2: 150 ppm ERPG-3: 1000 ppm
IDLH: 500 ppm
Carcinogenic risk - see CAMEO Chemicals
Ambient Boiling Point: 80.1° C
Vapor Pressure at Ambient Temperature: 0.060 atm
Ambient Saturation Concentration: 59,741 ppm or 5.97%

ATMOSPHERIC DATA: (MANUAL INPUT OF DATA)

Wind: 5 meters/second from SW at 3 meters
Ground Roughness: open country Cloud Cover: 5 tenths
Air Temperature: 10° C Stability Class: D
No Inversion Height Relative Humidity: 50%

SOURCE STRENGTH:

Direct Source: 5.1 kilograms/hr Source Height: 10 meters
Release Duration: 60 minutes
Release Rate: 85 grams/min
Total Amount Released: 5.10 kilograms

THREAT ZONE:

Model Run: Gaussian
Red : 2.7 kilometers --- (0.005 mg/(cu m))
Orange: LOC is not exceeded --- (10 ppm)
Note: Threat zone was not drawn because
the ground level concentrations never exceed the LOC.
Yellow: LOC is not exceeded --- (1 ppm)
Note: Threat zone was not drawn because
the ground level concentrations never exceed the LOC.

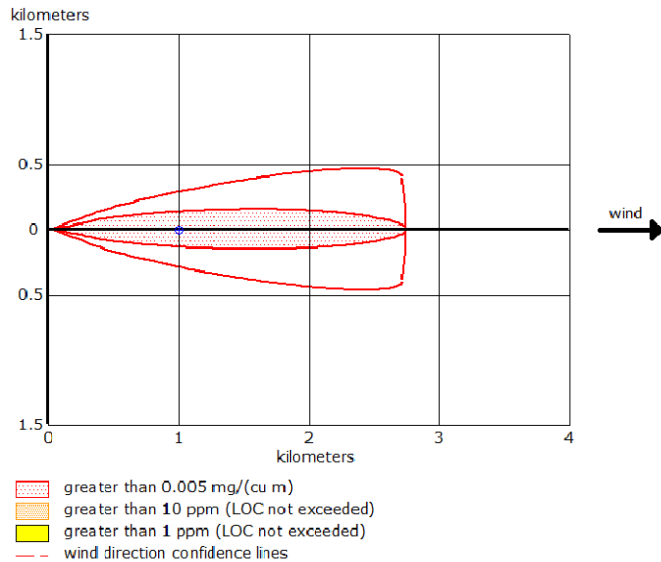
THREAT AT POINT:

Concentration Estimates at the point:
Downwind: 1000 meters Off Centerline: 0 meters
Max Concentration:
Outdoor: 0.0239 mg/(cu m)
Indoor: 0.0154 mg/(cu m)

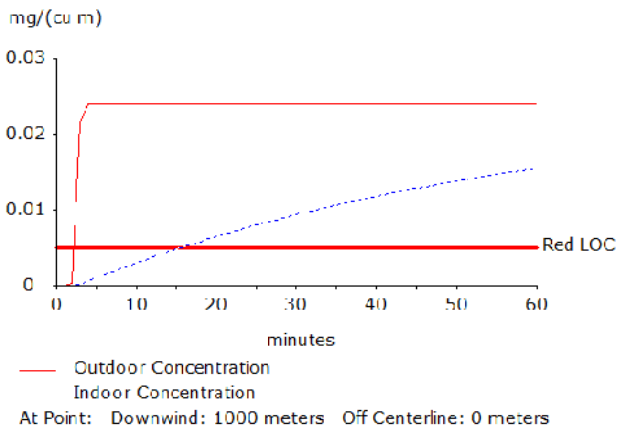
Laskelman lähtötiedot: Bentseenipitoisuus teollisuusbenssiinin kalliosäiliötäytössä.

Tuulen nopeus on 5 m/s, tuulen suunta SW

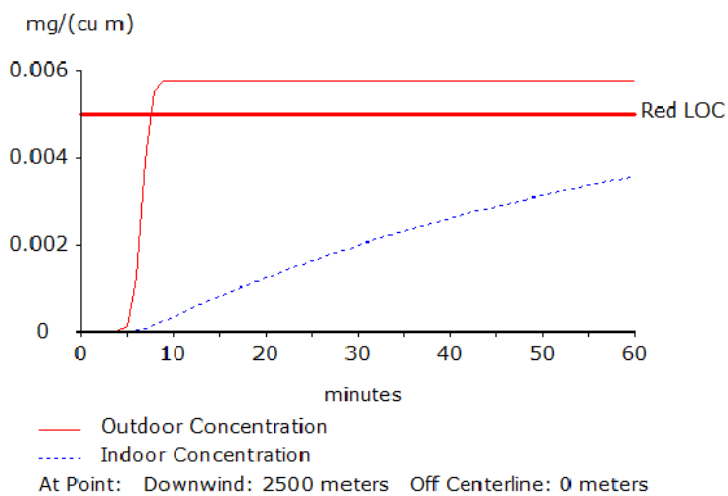
Liite 3



Kuva 1. Bentseenihöyryn leviämiskaavio: kalliovaraston täyttö teollisuusbensiinillä. tuulen nopeus 5 m/s, suunta SW.



Bentseenipitoisuus 1000 m etäisyydellä purkaukohdasta: kalliosäiliön täyttö teollisuusbensiinillä. Tuulen nopeudella 5 m/s. Tuulen suunta SW.



Bentseenipitoisuus 2500 m etäisyydellä päästölähteestä: kalliosäiliön täyttö teollisuusbensiinillä tuulen nopeudella 5 m/s. Tuulen suunta SW.



6.912 051

Liite 4

Bentseenipitoisuus teollisuusbensiinin säiliöalustauksessa.

SITE DATA:

Location: KRISTIINANKAUPUNKI, FINLAND
Building Air Exchanges Per Hour: 1.09 (unsheltered single storied)
Time: June 5, 2016 2137 hours ST (user specified)

CHEMICAL DATA:

Chemical Name: BENZENE
CAS Number: 71-43-2 Molecular Weight: 78.11 g/mol
ERPG-1: 50 ppm ERPG-2: 150 ppm ERPG-3: 1000 ppm
IDLH: 500 ppm
Carcinogenic risk - see CAMEO Chemicals
Ambient Boiling Point: 80.1° C
Vapor Pressure at Ambient Temperature: 0.060 atm
Ambient Saturation Concentration: 59,741 ppm or 5.97%

ATMOSPHERIC DATA: (MANUAL INPUT OF DATA)

Wind: 5 meters/second from SW at 3 meters
Ground Roughness: open country Cloud Cover: 5 tenths
Air Temperature: 10° C Stability Class: D
No Inversion Height Relative Humidity: 50%

SOURCE STRENGTH:

Direct Source: 21.8 kilograms/hr Source Height: 10 meters
Release Duration: 60 minutes
Release Rate: 363 grams/min
Total Amount Released: 21.8 kilograms

THREAT ZONE:

Model Run: Heavy Gas
Red : 7.7 kilometers --- (0.005 mg/ (cu m))
Orange: 77 meters --- (10 ppm)
Yellow: 256 meters --- (1 ppm)

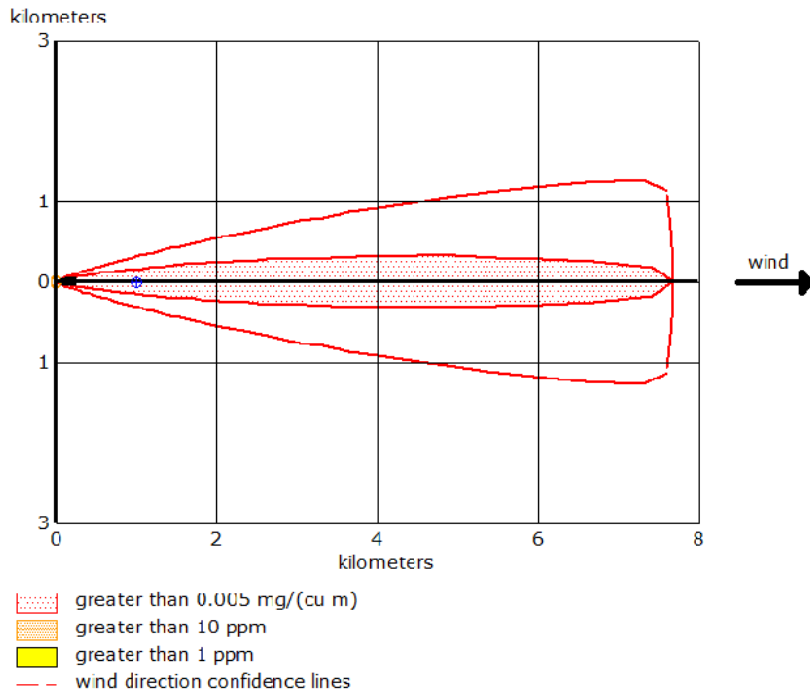
THREAT AT POINT:

Concentration Estimates at the point:
Downwind: 1000 meters Off Centerline: 0 meters
Max Concentration:
Outdoor: 0.249 mg/ (cu m)
Indoor: 0.161 mg/ (cu m)

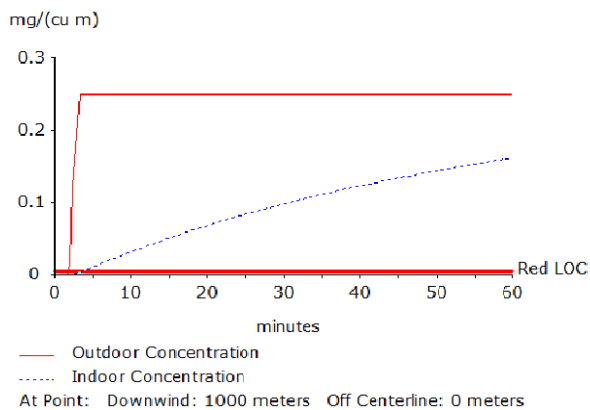
Laskelman lähtötiedot: Bentseenipitoisuus teollisuusbensiinin alustauksessa.

Tuulen nopeus on 5 m/s, tuulen suunta SW

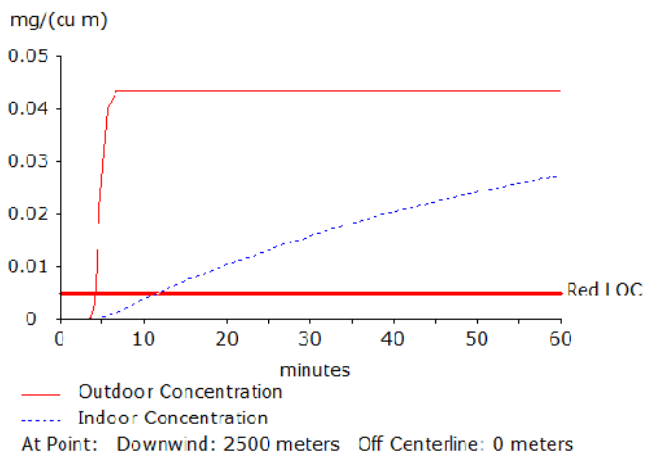
Liite 4



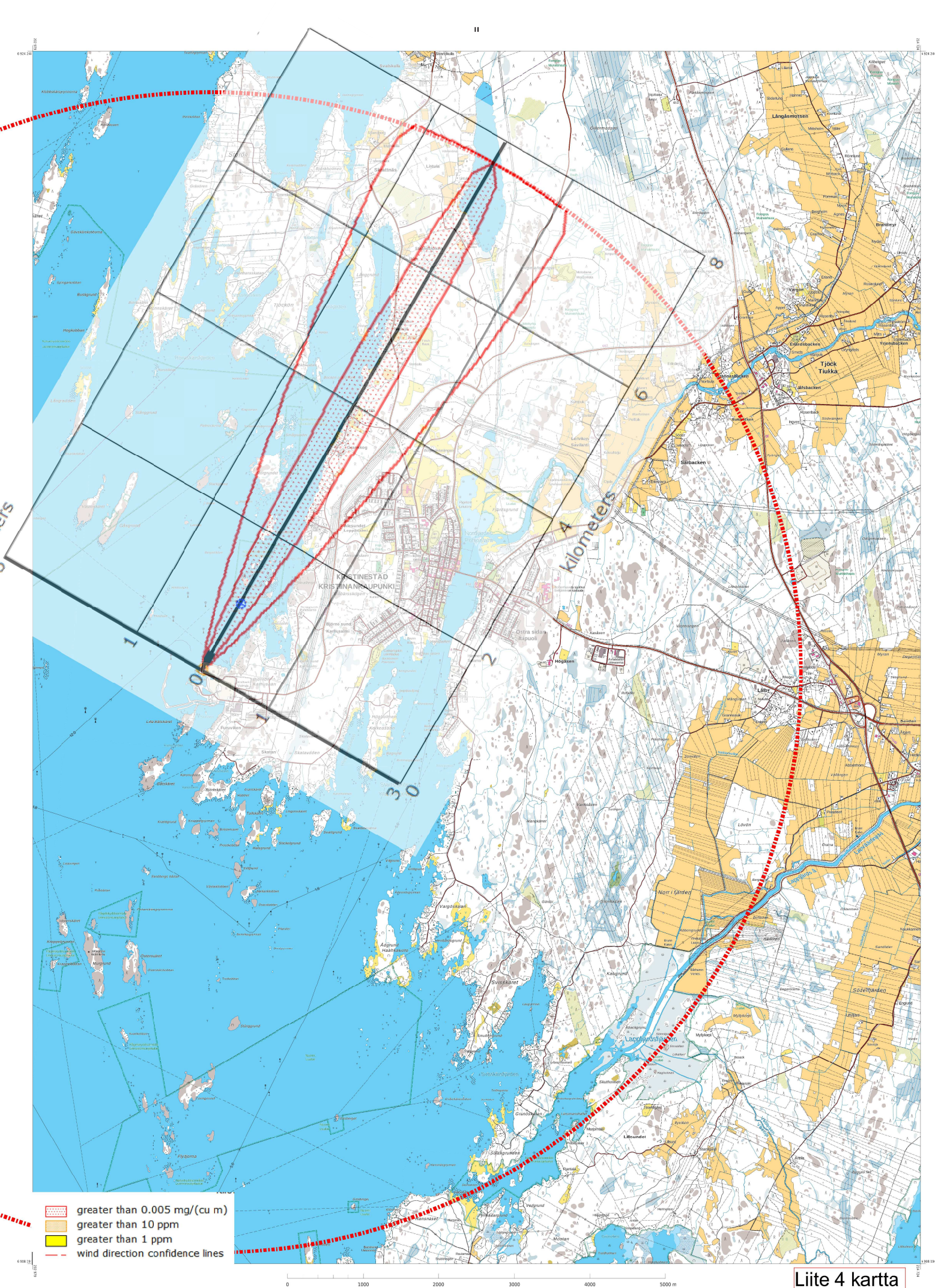
Kuva 1. Bentseenihöyryn leviämiskaavio: Säiliöaluksen lastaus teollisuusbensiinillä. tuulen nopeus 5 m/s, suunta SW.



Kuva 2. Bentseenipitoisuus 1000 m etäisyydellä purkaukohdasta: säiliöaluksen lastaus teollisuusbensiinillä. Tuulen nopeudella 5 m/s. Tuulen suunta SW.



Kuva 3. Bentseenipitoisuus 2500 m etäisyydellä purkaukohdasta: säiliöaluksen lastaus teollisuusbensiinillä tuulen nopeudella 5 m/s. Tuulen suunta SW.



Rikkivetypäästö siirrettäessä raakaöljyä kalliosäiliöön , kun VTU toimii normaalisti

1. Laskentatiedot: Rikkivetypitoisuus varaston ympäristössä raakaöljyn siirrossa kalliovarastoon.

Tuulen suunta SW ja nopeus 5 m/s

SITE DATA:

Location: KRISTIINANKAUPUNKI, FINLAND
 Building Air Exchanges Per Hour: 1.06 (unsheltered single storied)
 Time: June 5, 2016 2137 hours ST (user specified)

CHEMICAL DATA:

Chemical Name: HYDROGEN SULFIDE
 CAS Number: 7783-6-4 Molecular Weight: 34.08 g/mol
 AEGL-1 (60 min): 0.51 ppm AEGL-2 (60 min): 27 ppm AEGL-3 (60 min): 50 ppm
 IDLH: 100 ppm LEL: 40000 ppm UEL: 440000 ppm
 Ambient Boiling Point: -60.3° C
 Vapor Pressure at Ambient Temperature: greater than 1 atm
 Ambient Saturation Concentration: 1,000,000 ppm or 100.0%

ATMOSPHERIC DATA: (MANUAL INPUT OF DATA)

Wind: 5 meters/second from SW at 3 meters
 Ground Roughness: open country Cloud Cover: 5 tenths
 Air Temperature: 15° C Stability Class: D
 No Inversion Height Relative Humidity: 70%

SOURCE STRENGTH:

Direct Source: 67 grams/hr Source Height: 10 meters
 Release Duration: 60 minutes
 Release Rate: 1.12 grams/min
 Total Amount Released: 67.0 grams
 Note: This chemical may flash boil and/or result in two phase flow.

THREAT ZONE:

Model Run: Gaussian
 Red : LOC is not exceeded --- (0.007 mg/(cu m))
 Note: Threat zone was not drawn because
 the ground level concentrations never exceed the LOC.
 Orange: LOC is not exceeded --- (15 ppm)
 Note: Threat zone was not drawn because

2. Laskentatiedot: Rikkivetypitoisuus varaston ympäristyössä raakaöljyn siirrossa kalliosäiliöön.

Tuulen suunta SW ja nopeus 2 m/s

SITE DATA:

Location: KRISTIINANKAUPUNKI, FINLAND
 Building Air Exchanges Per Hour: 0.47 (unsheltered single storied)
 Time: June 5, 2016 2137 hours ST (user specified)

CHEMICAL DATA:

Chemical Name: HYDROGEN SULFIDE
 CAS Number: 7783-6-4 Molecular Weight: 34.08 g/mol
 AEGL-1 (60 min): 0.51 ppm AEGL-2 (60 min): 27 ppm AEGL-3 (60 min): 50 ppm
 IDLH: 100 ppm LEL: 40000 ppm UEL: 440000 ppm
 Ambient Boiling Point: -60.3° C
 Vapor Pressure at Ambient Temperature: greater than 1 atm
 Ambient Saturation Concentration: 1,000,000 ppm or 100.0%

ATMOSPHERIC DATA: (MANUAL INPUT OF DATA)

Wind: 2 meters/second from SW at 3 meters
 Ground Roughness: open country Cloud Cover: 5 tenths
 Air Temperature: 15° C Stability Class: E
 No Inversion Height Relative Humidity: 70%

SOURCE STRENGTH:

Direct Source: 67 grams/hr Source Height: 10 meters
 Release Duration: 60 minutes
 Release Rate: 1.12 grams/min
 Total Amount Released: 67.0 grams
 Note: This chemical may flash boil and/or result in two phase flow.

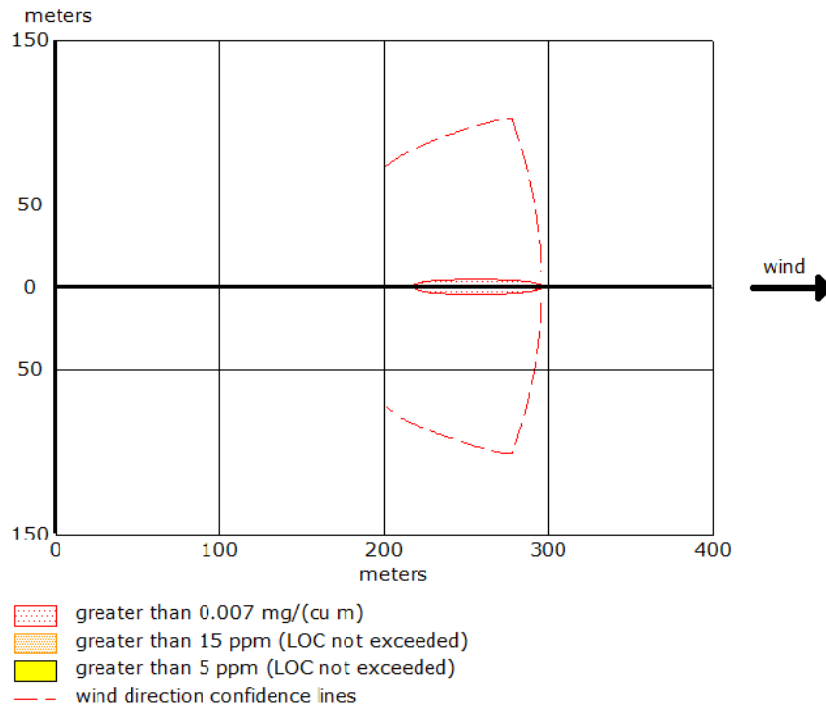
THREAT ZONE:

Model Run: Gaussian
 Red : 296 meters --- (0.007 mg/(cu m))
 Orange: LOC is not exceeded --- (15 ppm)
 Note: Threat zone was not drawn because
 the ground level concentrations never exceed the LOC.
 Yellow: LOC is not exceeded --- (5 ppm)
 Note: Threat zone was not drawn because
 the ground level concentrations never exceed the LOC.

THREAT AT POINT:

Concentration Estimates at the point:
 Downwind: 10 meters Off Centerline: 0 meters
 Note: Concentration not drawn because
 there is no significant concentration at the point selected.

Liite 5



Kuva 1. Graafinen esitys: H_2S :n pitoisuus kalliovaraston ympäristössä säiliön täytön aikana. Tuulen suunta SW ja nopeus 2 m/s.

Liite 6

Säiliöalusten lastaus raakaöljyllä: Rikkivetytitoisuus sataman ympäristössä.

Laskentatiedot: Rikkivety lastauksen syrjäytmishöyryissä, tuulen suunta SW, tuulen nopeus 5 m/s

SITE DATA:

Location: KRISTIINANKAUPUNKI, FINLAND
Building Air Exchanges Per Hour: 1.09 (unsheltered single storied)
Time: June 5, 2016 2137 hours ST (user specified)

CHEMICAL DATA:

Chemical Name: HYDROGEN SULFIDE
CAS Number: 7783-6-4 Molecular Weight: 34.08 g/mol
AEGL-1 (60 min): 0.51 ppm AEGL-2 (60 min): 27 ppm AEGL-3 (60 min): 50 ppm
IDLH: 100 ppm LEL: 40000 ppm UEL: 440000 ppm
Ambient Boiling Point: -60.3° C
Vapor Pressure at Ambient Temperature: greater than 1 atm
Ambient Saturation Concentration: 1,000,000 ppm or 100.0%

ATMOSPHERIC DATA: (MANUAL INPUT OF DATA)

Wind: 5 meters/second from SW at 3 meters
Ground Roughness: open country Cloud Cover: 5 tenths
Air Temperature: 10° C Stability Class: D
No Inversion Height| Relative Humidity: 70%

SOURCE STRENGTH:

Direct Source: 200 grams/hr Source Height: 10 meters
Release Duration: 60 minutes
Release Rate: 3.33 grams/min
Total Amount Released: 200 grams
Note: This chemical may flash boil and/or result in two phase flow.

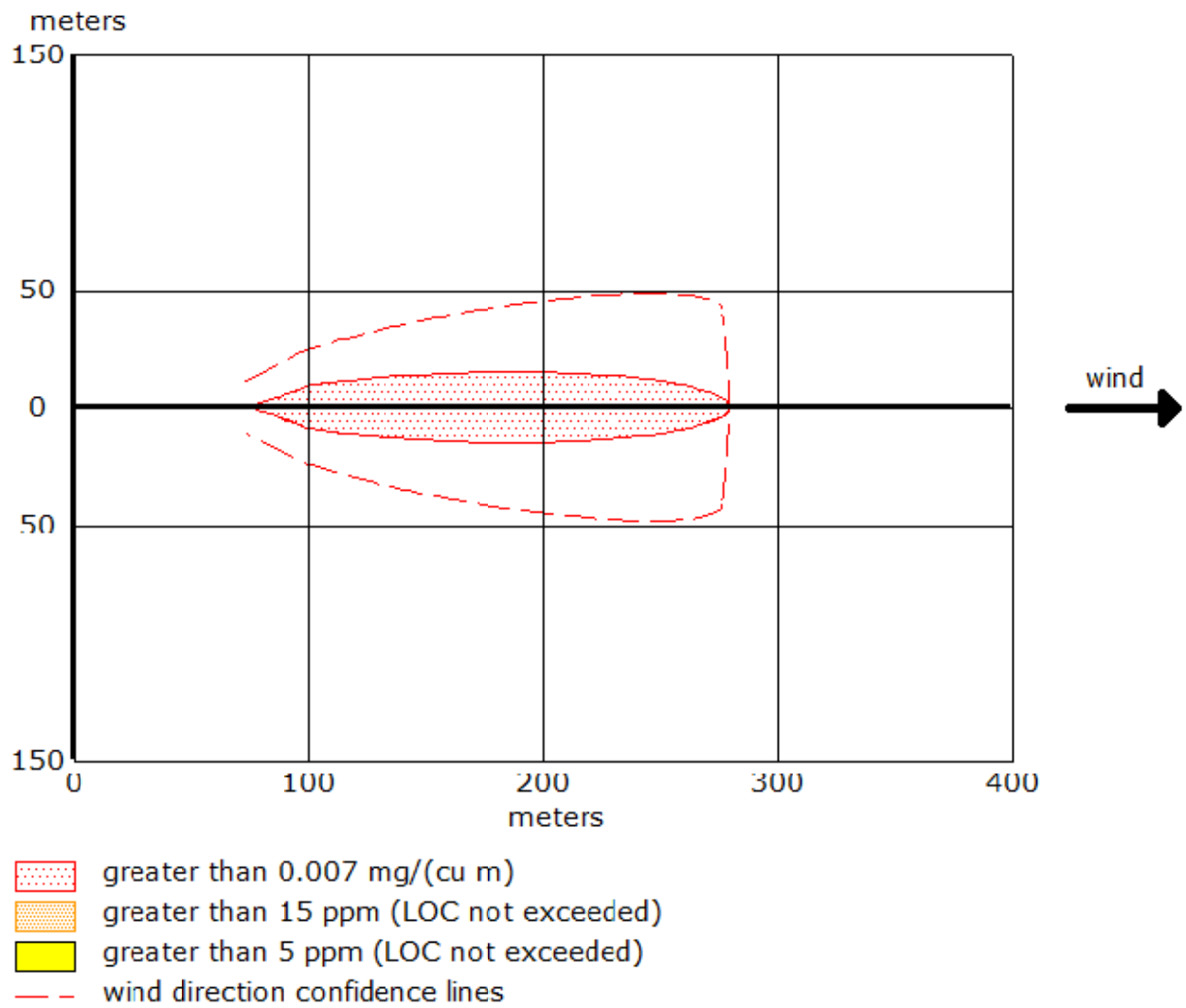
THREAT ZONE:

Model Run: Gaussian
Red : 280 meters --- (0.007 mg/(cu m))
Orange: LOC is not exceeded --- (15 ppm)
Note: Threat zone was not drawn because
the ground level concentrations never exceed the LOC.
Yellow: LOC is not exceeded --- (5 ppm)
Note: Threat zone was not drawn because
the ground level concentrations never exceed the LOC.

THREAT AT POINT:

Concentration Estimates at the point:
Downwind: 300 meters Off Centerline: 0 meters
Max Concentration:
Outdoor: 0.00635 mg/(cu m)
Indoor: 0.00419 mg/(cu m)

Liite 6



Kuva 1 Raakaöljyn säiliöaluslastaus: rikkivetytöiden syrjäytymiskaasujen leviäminen ympäristöön.

Liite 7

Moottoribensiinin siirrosta kalliovarastoon aiheutuva hajuhaitta laskettuna ksyleenin $[C_8H_4(CH_3)_2]$ suhteen.

1. Laskentatiedot: Tuulen nopeus 5 m/s ja suunta SW. Kaasun käsittelylaitos toimii

SITE DATA:

Location: KRISTIINANKAUPUNKI, FINLAND
Building Air Exchanges Per Hour: 1.09 (unsheltered single storied)
Time: June 5, 2016 2137 hours ST (user specified)

CHEMICAL DATA:

Chemical Name: O-XYLENE
CAS Number: 95-47-6 Molecular Weight: 106.17 g/mol
IDLH: 900 ppm LEL: 11000 ppm UEL: 64000 ppm
Ambient Boiling Point: 144.4° C
Vapor Pressure at Ambient Temperature: 0.0034 atm
Ambient Saturation Concentration: 3,404 ppm or 0.34%

ATMOSPHERIC DATA: (MANUAL INPUT OF DATA) |

Wind: 5 meters/second from SW at 3 meters
Ground Roughness: open country Cloud Cover: 5 tenths
Air Temperature: 10° C Stability Class: D
No Inversion Height Relative Humidity: 50%

SOURCE STRENGTH:

Direct Source: 2.66 kilograms/hr Source Height: 10 meters
Release Duration: 60 minutes
Release Rate: 44.3 grams/min
Total Amount Released: 2.66 kilograms

THREAT ZONE:

Model Run: Gaussian
Orange: LOC is not exceeded --- (50 ppm)
Note: Threat zone was not drawn because
the ground level concentrations never exceed the LOC.
Yellow: LOC is not exceeded --- (1.1 ppm)
Note: Threat zone was not drawn because
the ground level concentrations never exceed the LOC.

THREAT AT POINT:

Concentration Estimates at the point:
Downwind: 15 meters Off Centerline: 0 meters
Note: Concentration not drawn because
there is no significant concentration at the point selected.

Liite 8

Säiliöalusten lastauksesta aiheutuva hajuhaitta laskettuna ksyleenin suhteen.

1. Laskentatiedot: Ksyleenin aiheuttama haju sataman ympäristössä, Laivan bensiinilastaus, tuulen nopeus 5 m/s, tuulen suunta SW

SITE DATA:

Location: KRISTIINANKAUPUNKI, FINLAND
Building Air Exchanges Per Hour: 1.09 (unsheltered single storied)
Time: June 5, 2016 2137 hours ST (user specified)

CHEMICAL DATA:

Chemical Name: O-XYLENE
CAS Number: 95-47-6 Molecular Weight: 106.17 g/mol
IDLH: 900 ppm LEL: 11000 ppm UEL: 64000 ppm
Ambient Boiling Point: 144.4° C
Vapor Pressure at Ambient Temperature: 0.0034 atm
Ambient Saturation Concentration: 3,404 ppm or 0.34%

ATMOSPHERIC DATA: (MANUAL INPUT OF DATA)

Wind: 5 meters/second from SW at 3 meters
Ground Roughness: open country Cloud Cover: 5 tenths
Air Temperature: 10° C Stability Class: D
No Inversion Height Relative Humidity: 50%

SOURCE STRENGTH:

Direct Source: 10.7 kilograms/hr Source Height: 10 meters
Release Duration: 60 minutes
Release Rate: 178 grams/min
Total Amount Released: 10.7 kilograms

THREAT ZONE:

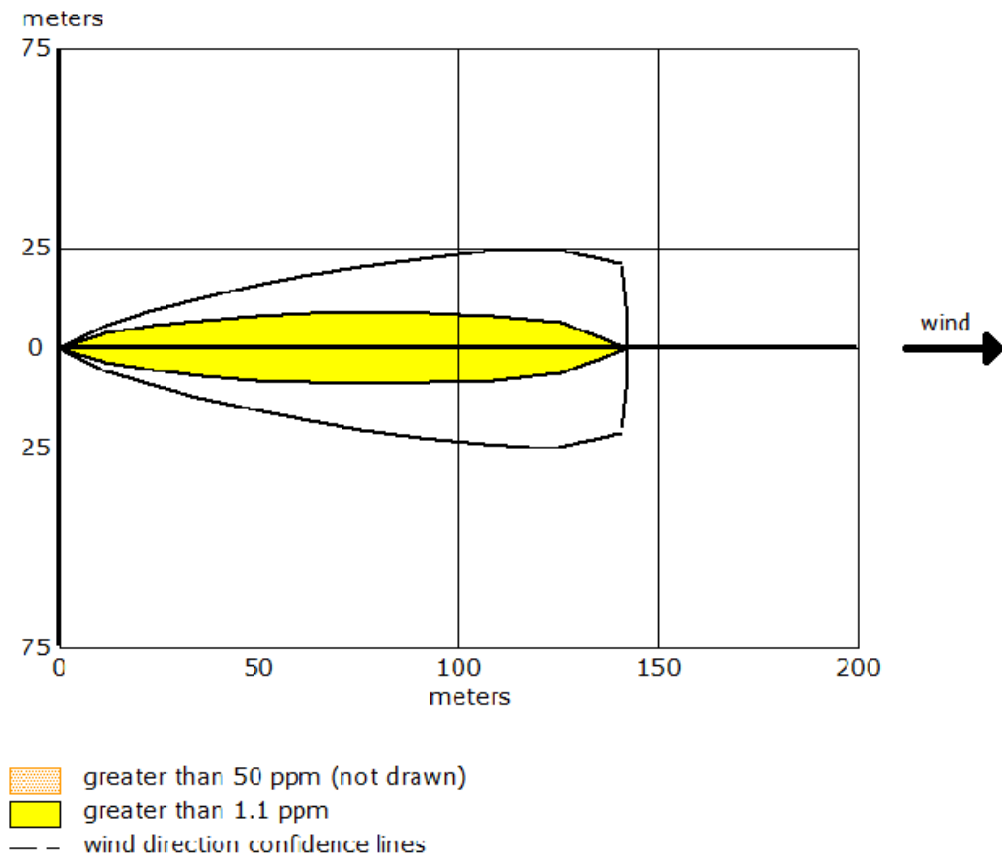
Model Run: Heavy Gas
Orange: 21 meters --- (50 ppm)
Note: Threat zone was not drawn because effects of near-field patchiness
make dispersion predictions less reliable for short distances.
Yellow: 143 meters --- (1.1 ppm)

THREAT AT POINT:

Concentration Estimates at the point:
Downwind: 1000 meters Off Centerline: 0 meters
Max Concentration:
Outdoor: 0.0267 ppm
Indoor: 0.0172 ppm

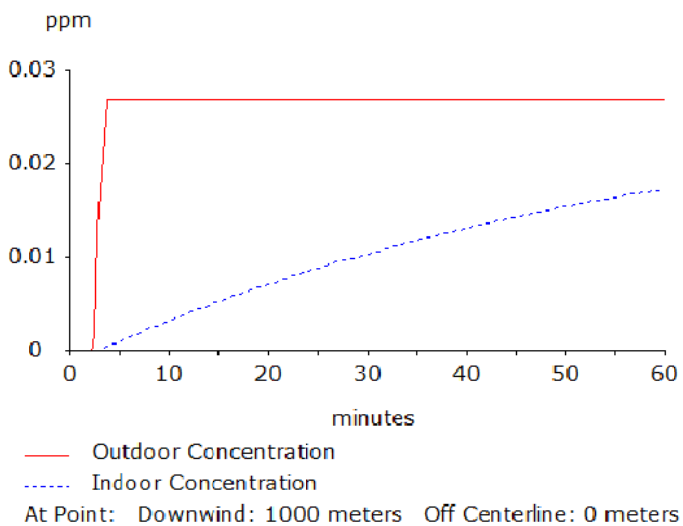
Liite 8

Säiliöalusten lastauksesta aiheutuva hajuhaitta laskettuna ksyleenin suhteen.



Kuva 1 Ksyleenin aiheuttama hajuhaitta bensiinin aluslastauksessa.

Tuulen nopeus 5 m/s ja suunta SW.

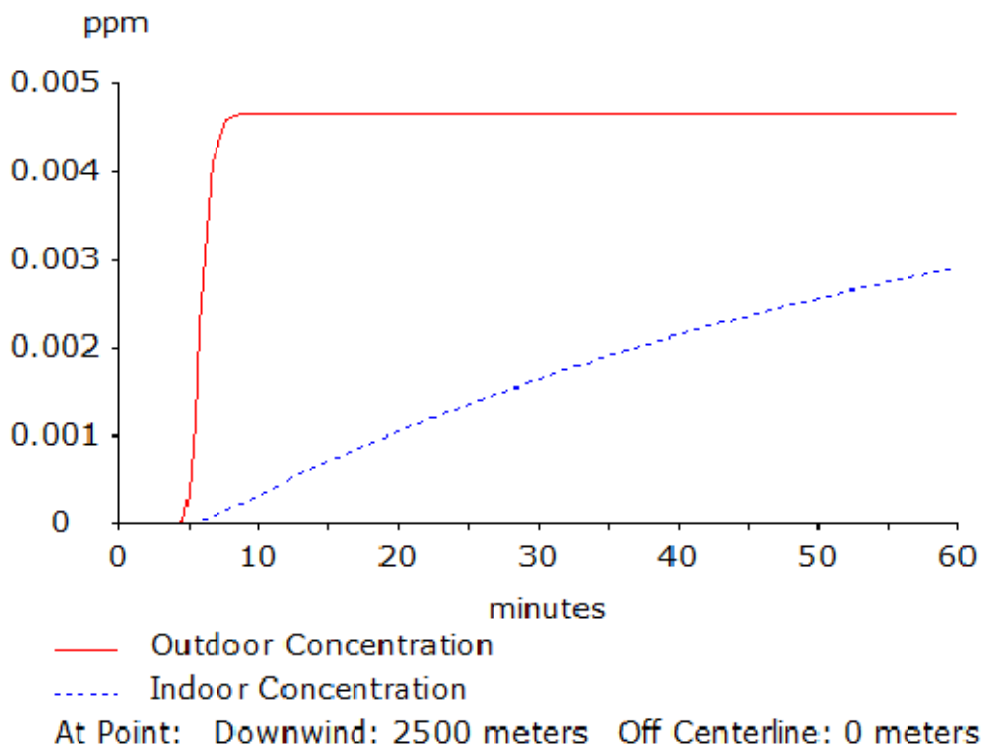


Kuva 2. Ksyleenipitoisuus 1000 m etäisyydellä päästökohdasta

Tuulen nopeus 5 m/s ja suunta SW.

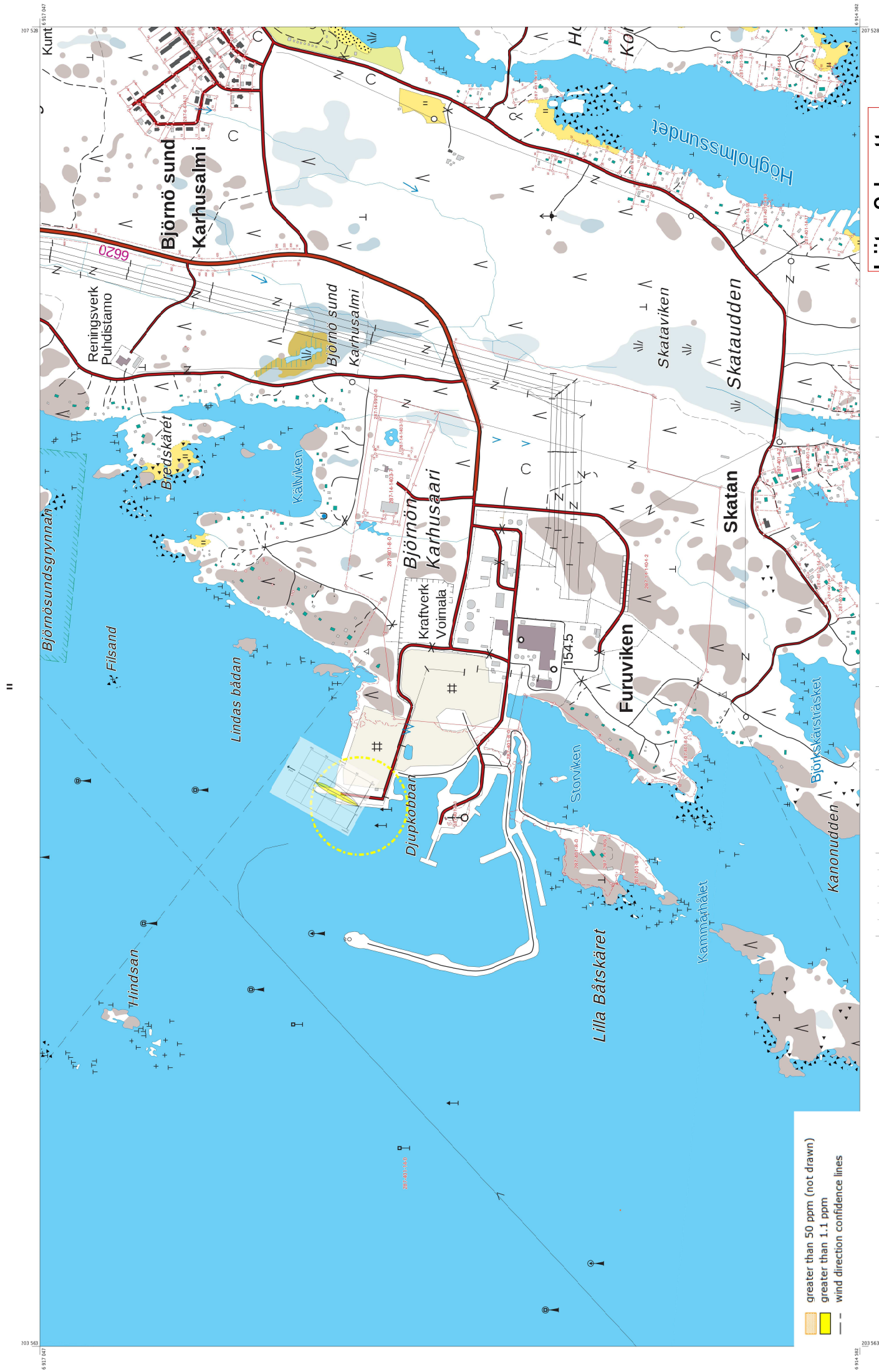
Liite 8

Säiliöalusten lastauksesta aiheutuva hajuhaitta laskettuna ksyleenin suhteen.



Kuva 3. Ksyleenipitoisuus 2500 m etäisyydellä päästökohdasta.

Tuulen nopeus 5 m/s ja suunta SW



Liite 8 kartta

VAROITUS: Ei navigointikäyttöön.
Liikennevirasto ei ole tarkistanut tämän tuotteen tietoja, eikä se ota vastuuta tietojen oikeellisuudesta tai valmistuksen jälkeisistä muutoksista.

Kiinteistörekisterin tiedoissa voi olla puutteita ja epätarkkuuksia. Rekisteriyksikön tarkka alueellinen ulottuvuus selviää toimitusasiakirjoista ja maastosta.

KARTTATULOSTE
1:5 000
Tulostettu 17.7.2018

Korkeuskäyräväli: 5 m
Korkeusjärjestelmä: N60
Tasokoordinaatisto: ETRS-TM35FIN

Maastotiedot © Maanmittauslaitos
Kiinteistötiedot © Maanmittauslaitos ja kunnat
Merikartta-aineistot © Liikennevirasto 1.1.2015
Syvyystiedot © Suomen ympäristökeskus



Palon vaara säiliöaluksen lastauksessa laskettuna pentaanipitoisuuden mukaan.

1. Laskentatiedot: Säiliöaluksen lastaus bensiinillä, tuulen suunta SW ja nopeus 2 m/s

SITE DATA:

Location: KRISTIINANKAUPUNKI, FINLAND
 Building Air Exchanges Per Hour: 0.52 (unsheltered single storied)
 Time: June 5, 2016 2137 hours ST (user specified)

CHEMICAL DATA:

Chemical Name: N-PENTANE
 CAS Number: 109-66-0 Molecular Weight: 72.15 g/mol
 PAC-1: 3000 ppm PAC-2: 33000 ppm PAC-3: 200000 ppm
 IDLH: 1500 ppm LEL: 14000 ppm UEL: 78000 ppm
 Ambient Boiling Point: 36.1° C
 Vapor Pressure at Ambient Temperature: 0.37 atm
 Ambient Saturation Concentration: 374,129 ppm or 37.4%

ATMOSPHERIC DATA: (MANUAL INPUT OF DATA)

Wind: 2 meters/second from SW at 3 meters
 Ground Roughness: open country Cloud Cover: 5 tenths
 Air Temperature: 10° C Stability Class: E
 No Inversion Height Relative Humidity: 50%

SOURCE STRENGTH:

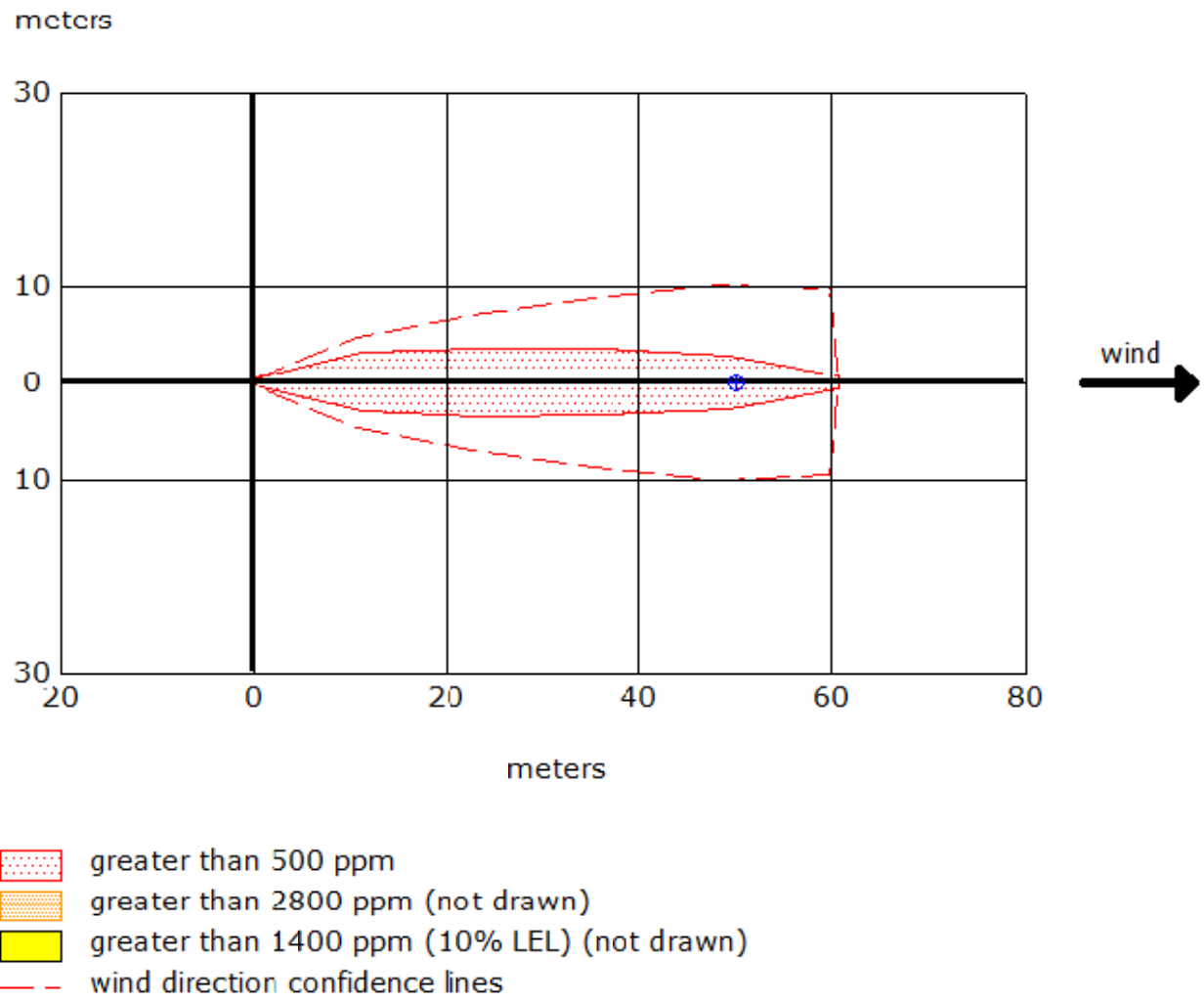
Direct Source: 2461 kilograms/hr Source Height: 10 meters
 Release Duration: 60 minutes
 Release Rate: 41 kilograms/min
 Total Amount Released: 2,461 kilograms

THREAT ZONE:

Threat Modeled: Flammable Area of Vapor Cloud
 Model Run: Heavy Gas
 Red : 29 meters --- (8400 ppm = 60% LEL = Flame Pockets)
 Note: Threat zone was not drawn because effects of near-field patchiness
 make dispersion predictions less reliable for short distances.
 Orange: 53 meters --- (2800 ppm)
 Yellow: 78 meters --- (1400 ppm = 10% LEL)

THREAT AT POINT:

Concentration Estimates at the point:
 Downwind: 50 meters Off Centerline: 0 meters
 Max Concentration:
 Outdoor: 3,180 ppm
 Indoor: 1,280 ppm



Kuva 1. Säiliöaluksen lastaus bensiinillä, 500 ppm on pentaanin HTP-arvo.

Tuulen suunta SW ja nopeus 2 m/s

Bentseenipäästö kalliovaraston täytössä, kun VTU ei toimi

1. Laskenta tiedot: Bentseenipäästö, tuulen nopeus on 5 ms ja suunta SW

SITE DATA:

Location: KRISTIINANKAUPUNKI, FINLAND
 Building Air Exchanges Per Hour: 1.09 (unsheltered single storied)
 Time: June 5, 2016 2137 hours ST (user specified)

CHEMICAL DATA:

Chemical Name: BENZENE
 CAS Number: 71-43-2 Molecular Weight: 78.11 g/mol
 ERPG-1: 50 ppm ERPG-2: 150 ppm ERPG-3: 1000 ppm
 IDLH: 500 ppm
 Carcinogenic risk - see CAMEO Chemicals
 Ambient Boiling Point: 80.1° C
 Vapor Pressure at Ambient Temperature: 0.060 atm
 Ambient Saturation Concentration: 59,741 ppm or 5.97%

ATMOSPHERIC DATA: (MANUAL INPUT OF DATA)

Wind: 5 meters/second from SW at 3 meters
 Ground Roughness: open country Cloud Cover: 5 tenths
 Air Temperature: 10° C Stability Class: D
 No Inversion Height Relative Humidity: 70%

SOURCE STRENGTH:

Direct Source: 21.68 kilograms/hr Source Height: 10 meters
 Release Duration: 60 minutes
 Release Rate: 361 grams/min
 Total Amount Released: 21.7 kilograms

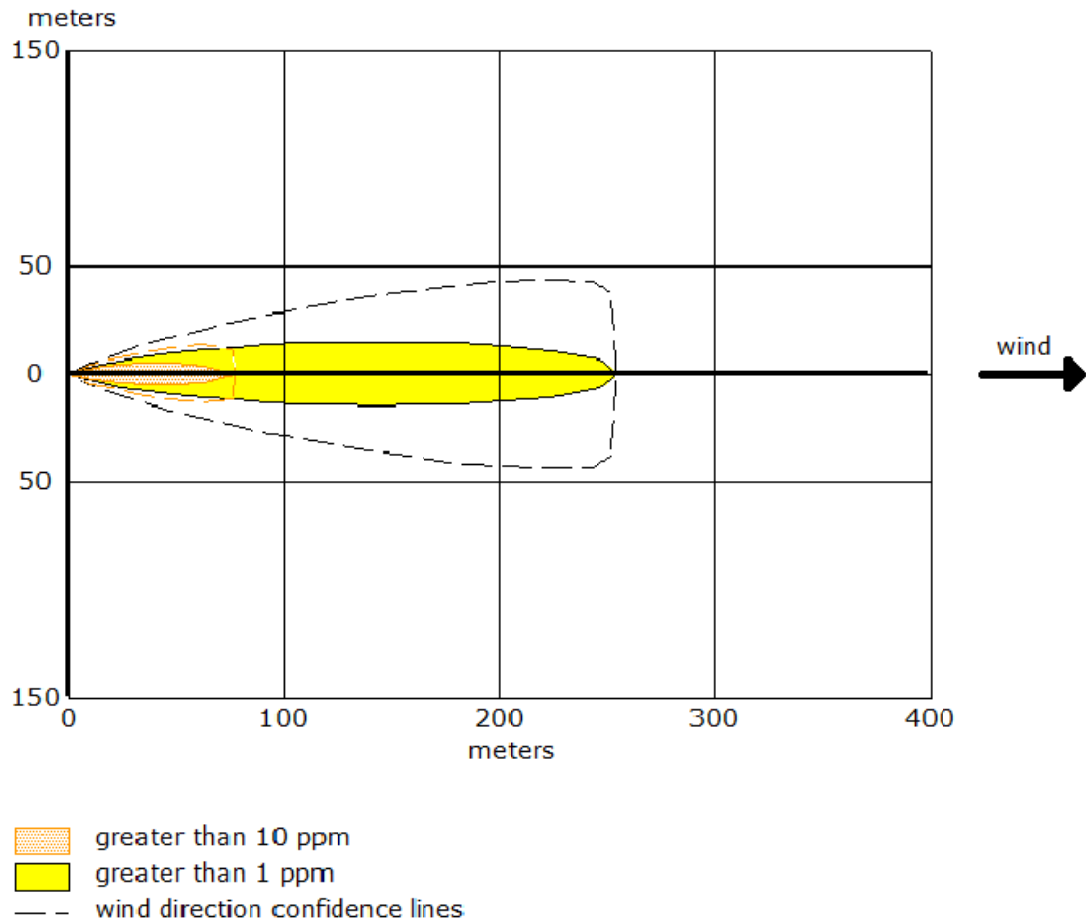
THREAT ZONE:

Model Run: Heavy Gas
 Orange: 77 meters --- (10 ppm)
 Yellow: 255 meters --- (1 ppm)

THREAT AT POINT:

Concentration Estimates at the point:
 Downwind: 1000 meters Off Centerline: 0 meters
 Max Concentration:
 Outdoor: 0.0737 ppm
 Indoor: 0.0477 ppm

Liite 10



Kuva 1. Bentseenipitoisuus kalliosäiliön ympäristössä, kun VTU ei toimi

Tuulen suunta SW, nopeus 5m/s . Bentseenin hajukynnys on ≥ 10 ppm

Palon vaara kalliosäiliön moottoribensiinitäytössä, kun VTU ei toimi

Laskentatiedot: Tuulen suunta SW ja nopeus 5 m/s.

SITE DATA:

Location: KRISTIINANKAUPUNKI, FINLAND
 Building Air Exchanges Per Hour: 1.09 (unsheltered single storied)
 Time: June 5, 2016 2137 hours ST (user specified)

CHEMICAL DATA:

Chemical Name: N-PENTANE
 CAS Number: 109-66-0 Molecular Weight: 72.15 g/mol
 PAC-1: 3000 ppm PAC-2: 33000 ppm PAC-3: 200000 ppm
 IDLH: 1500 ppm LEL: 14000 ppm UEL: 78000 ppm
 Ambient Boiling Point: 36.1° C
 Vapor Pressure at Ambient Temperature: 0.37 atm
 Ambient Saturation Concentration: 374,129 ppm or 37.4%

ATMOSPHERIC DATA: (MANUAL INPUT OF DATA)

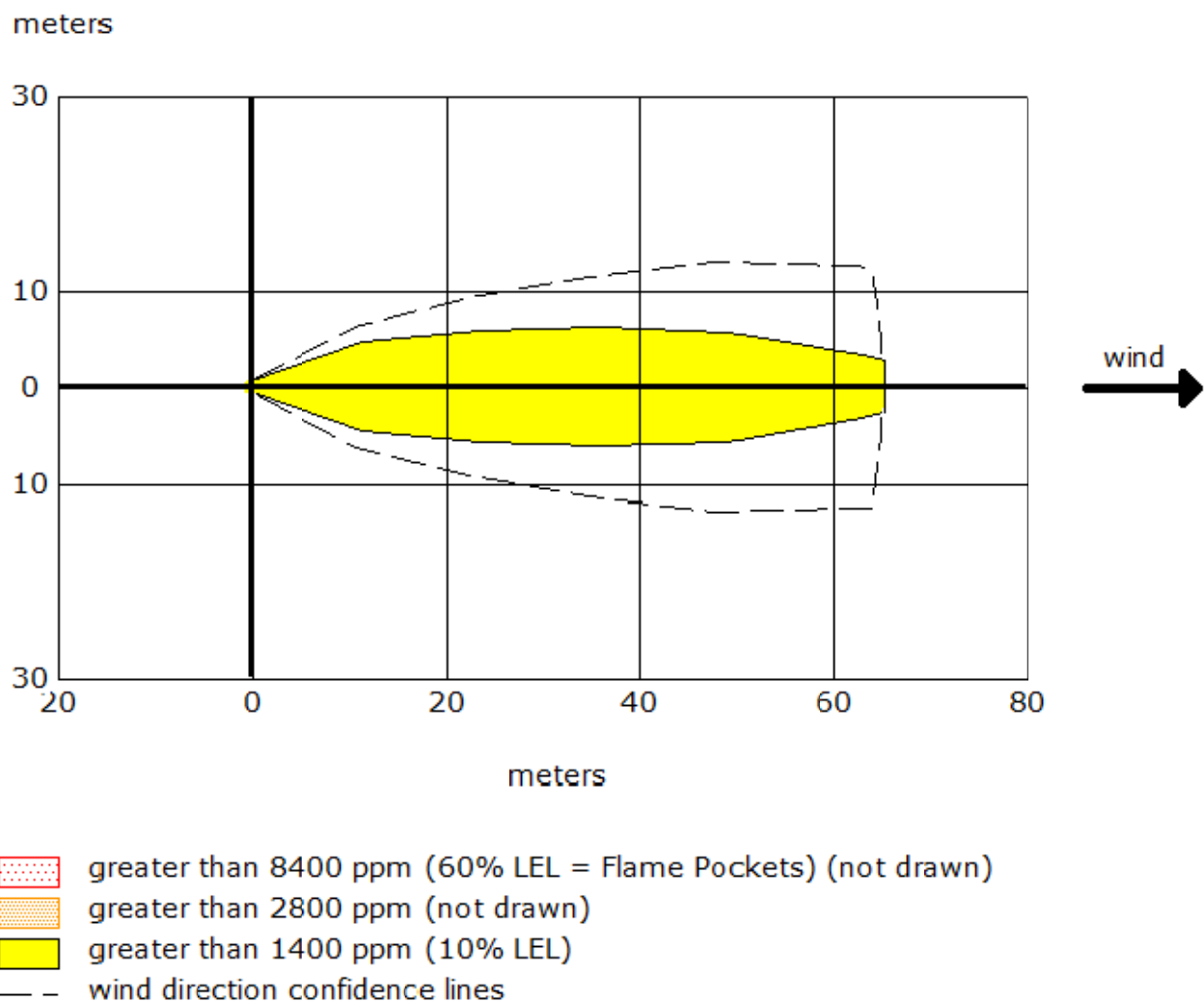
Wind: 5 meters/second from SW at 3 meters
 Ground Roughness: open country Cloud Cover: 5 tenths
 Air Temperature: 10° C Stability Class: D
 No Inversion Height Relative Humidity: 50%

SOURCE STRENGTH:

Direct Source: 2461 kilograms/hr Source Height: 10 meters
 Release Duration: 60 minutes
 Release Rate: 41 kilograms/min
 Total Amount Released: 2,461 kilograms

THREAT ZONE:

Threat Modeled: Flammable Area of Vapor Cloud
 Model Run: Heavy Gas
 Red : 21 meters --- (8400 ppm = 60% LEL = Flame Pockets)
 Note: Threat zone was not drawn because effects of near-field patchiness
 make dispersion predictions less reliable for short distances.
 Orange: 42 meters --- (2800 ppm)
 Note: Threat zone was not drawn because effects of near-field patchiness



Kuva 1. Pentaanipitoisuus varaston ympäristössä: moottoribensiinitäyttö, VTU ei toimi, tuulen suunta SW ja nopeus 5 m/s