Vastaanottaja
Piia Tuokko
Janakkalan Kunta

Asiakirjatyyppi
Raportti

Päivämäärä
11.11.2025

Janakkalan kunta

Turengin onnettomuusmallinnusten päivitys



RAMBØLL Bright ideas. Sustainable change.

Onnettomuusmallinnusten päivitys

Turengin onnettomuusmallinnusten päivitys

Turengin onnettomuusmallinnusten päivitys

Vastaanottaja	**Piia Tuokko**
Asiakirjatyyppi	**Raportti**
Versio	**1.0**
Päivämäärä	**11.11.2025**
Laatija	**Heikki Lamberg**
Tarkastaja	**Mikko Happo**

Ramboll
Puutarhakatu 9
70300 Kuopio

P +358 20 755 611
F +358 20 755 6201
https://www.ramboll.com/fi-fi/

Sisältö

1.	Johdanto	2
2.	Työn taustaa	2
2.1	Vuoden 2013 selvitys	2
2.2	Tilanne nyt	3
2.2.1	Valio Oy	3
2.2.2	Froneri Oy	3
3.	Tarkasteltavat kemikaalit	4
3.1	Ammoniakki	4
3.2	Typpihappo	4
3.3.	Haitalliset pitoisuudet	5
3.2.1	Työhygieeniset raja-arvot: HTP (2025)	5
3.2.2	Välittömästi terveydelle haitallinen pitoisuus: IDLH (1994)	5
3.2.3	Akuutin altistumisen pitoisuudet: EPRG (2016)	5
3.2.4	AEGL (2008 ja 2013)	6
3.3	Terveyshaittatarkastelu	7
3.3.1	Ammoniakki	7
3.3.2	Typpihappo	7
3.4	Ammoniakki ympäristössä	7
3.5	Typpihappo ympäristössä	7
4.	Skenaariot	8
4.1	Ammoniakki (Froneri)	8
4.2	Typpihappo (Valio)	8
5.	Menetelmät	8
5.1	Onnettomuusmalli ALOHA	8
5.2	Sääolosuhteet	9
6.	Tulokset	11
6.1	Ammoniakkivuoto Fronerin tuotantolaitoksessa	11
6.2	Typpihappovuoto Valion tuotantolaitoksessa	12
7.	Vertailu aikaisempaan tilanteeseen	12
7.1	Fronerin tuotantolaitos	12
7.2	Valion tuotantolaitos	12
8.	Yhteenveto	13
9.	Viitteet	14

1. Johdanto

Tässä työssä päivitettiin raportin ”Janakkalan kunta – Ammoniakin leviämismallinnus ja maankäytöllinen tarkastelu” (20.6.2013) ammoniakin käyttöä ja niihin liittyviä onnettomuusmallinnuksia koskevat tilanteet vastaamaan Tukes ohjeen ”Tuotantolaitosten sijoittaminen” (24.6.2025) mukaisia vaatimuksia. Työssä käytiin läpi toiminnanharjoittajien, Valio Oy:n sekä Froneri Finland Oy:n nykyisien vaaraa aiheuttavien kemikaalien käyttöön liittyvät onnettomuusskenaariot ja laadittiin niihin ohjeen mukaiset leviämismallinnukset. Työn tilaajana toimi Janakkalan kunta. Työssä ei päivitetty maankäytölliseen suunnitteluun liittyviä tarkasteluja.

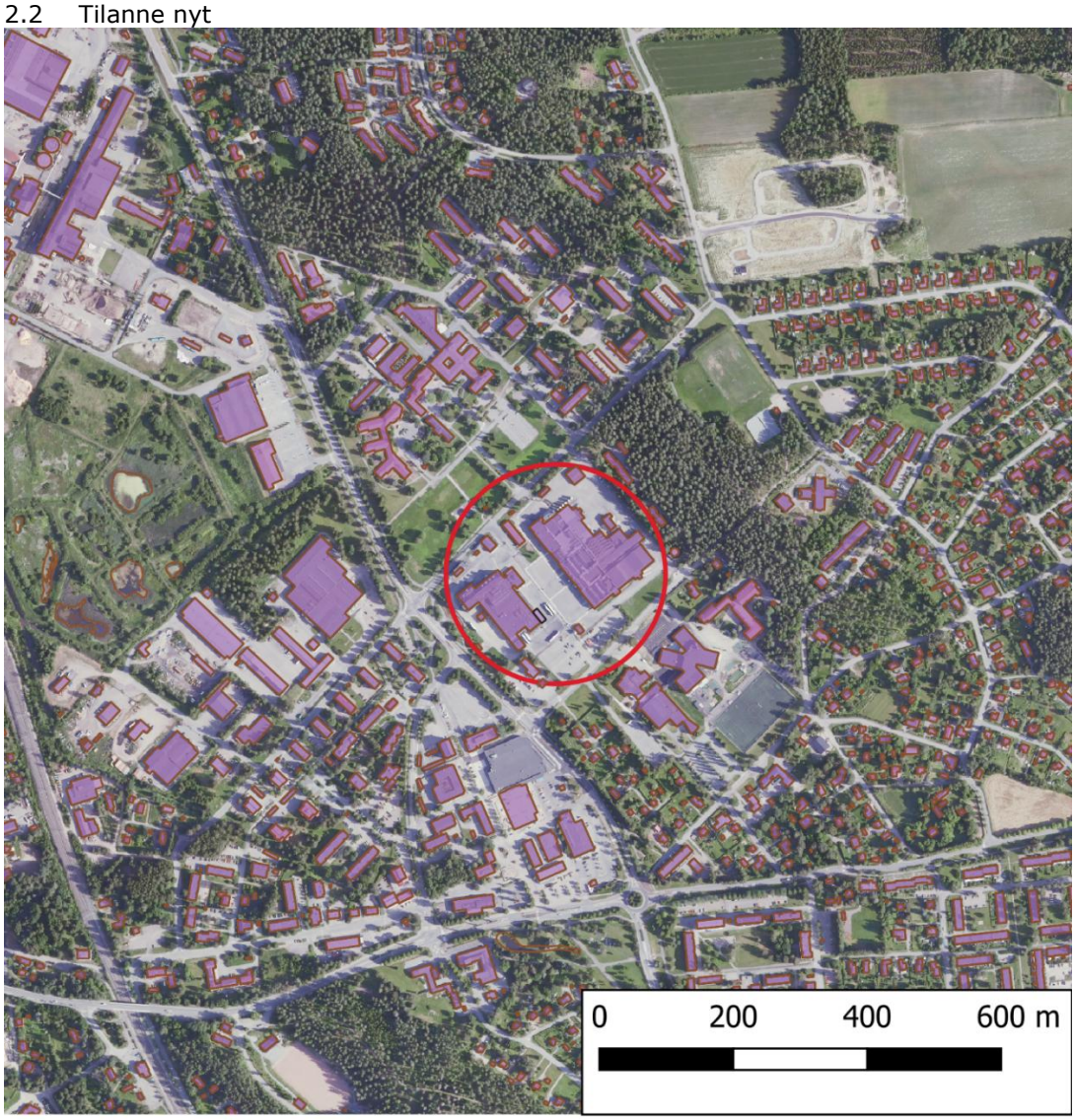
Yksityiskohtaiset tiedot käytettävistä kemikaalien määristä on esitetty erillisraportissa (Ramboll Finland Oy, Janakkalan kunta – Valion ja Fronerin onnettomuusmallinnusten päivitys, 11.11.2025) Turvallisuus- ja kemikaalivirasto Tukesin ohjeiden mukaisesti.

2. Työn taustaa

2.1 Vuoden 2013 selvitys

Ramboll Finland laati vuonna 2013 ammoniakin leviämismallinnuksen samassa kohteessa, koskien Suomen Nestlé Oy:n, eli nykyisen Froneri Finland Oy:n, jäätelötehdasta. Selvitys tehtiin maankäyttö- ja rakennuslain mukaisten yleis- ja asemakaavojen vaikutusten arviointia silmällä pitäen. Vuonna 2013 ammoniakkia oli käytössä myös Valion tehtaalla. Sen määrä oli merkittävästi Nestlén tehdasta vähäisempää ja vain Nestlén ammoniakin leviämismallinnus oli tehty, koska siinä leviävän ammoniakkipäästön katsottiin olevan huomattavasti Valion tehdasta suurempi.

2.2 Tilanne nyt



Kuva 1. Ilmakuva Janakkalan Turengista, jossa tarkasteltavat tuotantorakennukset näkyvät ympyröitynä kuvan keskellä. Rakennukset on korostettu kuvassa violetilla.

2.2.1 Valio Oy

Valio Oy:n Janakkalan Turengin tehtaalla valmistetaan UHT-tuotteita ja lastenruokia. Tehdas on luopunut ammoniakin käytöstä ja nykyisin siellä käytetään typpihappoa.

2.2.2 Froneri Oy

Froneri Finland Oy on Turengissa jäätelöä valmistava yritys, joka käyttää nestemäistä vedetöntä (98–99 %) ammoniakkia kylmäaineena.

3. Tarkasteltavat kemikaalit

3.1 Ammoniakki

Ammoniakki (NH_3) on normaaliolosuhteissa väritön, voimakkaasti pistävän hajuinen ja erittäin ärsyttävä, ilmaa kevyempi kaasu. Paineistetun nesteen vapautuessa suurina määrinä, se voi kuitenkin jäähtyessään muodostaa ilmaa raskaamman pilven, joka seuraa maanpinnan muotoja.

Ammoniakkia voidaan varastoida ja kuljettaa paineenalaisena nesteytettynä. Ammoniakin termodynaamisten ominaisuuksien vuoksi sitä käytetään kylmä- ja pakastevarastoissa, koska niissä lämpötiloissa se on taloudellinen kylmäaine. Se on kuitenkin huomattavan myrkyllistä ihmisille ja vesieliöille.

Ammoniakki reagoi kiivaasti ja lämpöä kehittäen happojen ja hapettimien kanssa. Ammoniakin liuetessa veteen vapautuu lämpöä. Ammoniakki syövyttää eräitä metalleja, mm. kuparia ja alumiinia.

Ammoniakki ei ole helposti syttyvää, mutta suljetussa tilassa on mahdollista tapahtua ilma-ammoniakkiseoksen räjähdys. Näitä tapauksia e ole sattunut Suomessa. Yleensä tapauksiin on liittynyt konehuoneen tai muun tilan puutteellinen ilmanvaihto, mikä on mahdollistanut syttyvän seoksen syntymisen. Ammoniakki muodostaa syttyvän kaasuseoksen, kun kaasua on 16–25 tilavuusprosenttia ilmassa. Esimerkiksi kompressorista vuotava öljysumu voi laskea räjähdyspitoisuutta huomattavastikin. Eräiden tutkimusten mukaan seoksen syttymisraja on vain 4 %.

Ammoniakin ilmoitettu hajukynnys vaihtelee melko paljon eri kirjallisuuslähteiden välillä. TTL:n OVA-ohjeessa ilmoitettu ammoniakin hajukynnys on 5–50 ppm (3,6–36 mg/m^3). EPRG arvojen yhteydessä ammoniakin hajukynnykseksi ilmoitetaan 1 ppm, kun taas kirjallisuudessa olfaktometrisesti mitattu pitoisuus on 2,6 ppm (Smeets et al. 2007). Ammoniakin hajukynnyksen on todettu vaihtelevan voimakkaasti, riippuen vallitsevista olosuhteista. Tästä johtuen jo hajuttomiin ammoniakin pitoisuuksiin ilmassa tulee suhtautua varauksella, eikä ammoniakin hajua ei pidetä hyvänä varoitusmerkkinä vuodosta.

3.2 Typpihappo

Typpihappo on vahva happo ja väkevänä liuoksena voimakas hapetin. Aine on väritön tai kellertävä neste, jolla on tukahduttava haju. Typpihappo, jonka väkevyys on 68 %, tislautuu normaalipaineessa väkevöitymättä. Typpidioksidi värjää savuavan typpihapon punaruskeaksi. Typpihapon höyryt ovat ilmaa raskaampia (Työterveyslaitos, OVA-ohje). Typpihapon hajukynnys on 0,3–1 ppm (0,75–2,5 mg/m^3) ja sen haju varoittaa terveysvaarasta.

Typpihappo ei ole syttyvä, mutta väkevä typpihappo voi voimakkaana hapettimena sytyttää muita syttyviä materiaaleja. Palotilanteessa lämmennyt typpihappo hajoaa, jolloin vapautuu typen oksideja.

Typpihappoa käytetään Suomessa lannoite- ja räjähdysaineteollisuudessa. Lannoitteiden valmistukseen käytetään 52–65-prosenttista typpihappoa. Vettä sitovaa apuainetta (väkevä rikkihappo) on käytettävä 60–65 % typpihapon väkevöinnissä tislaamalla. Nitraushappo sekoitetaan oleumista tai rikkihaposta ja väkevästä typpihaposta (Työterveyslaitos, OVA-ohje).

3.3. Haitalliset pitoisuudet

Terveyshaittojen arvioinnissa käytetään tunnettuja raja-arvoja (AEGL, HTP, EPRG, IDLH). Raja-arvot on useissa tapauksissa määritetty huomioiden altistumisen keston, sekä herkimmän altistuvan kohderyhmän (lapset, sairaat) tai pitkäkestoisen työperäisen altistumisen mukaan.

3.2.1 Työhygieeniset raja-arvot: HTP (2025)

Haitalliseksi tunnettu pitoisuus (HTP) on pienin ilman kemikaalipitoisuus, jonka sosiaali- ja terveysministeriö arvioi voivan aiheuttaa haittaa tai vaaraa työntekijän terveydelle tai lisääntymisterveydelle. HTP-arvot on vahvistettu työturvallisuuslaissa (Työterveyslaitos, OVA-ohjeet). HTP-arvoja käytetään vertailuarvoina arvioitaessa työpaikalla mitattujen epäpuhtauspitoisuuksien terveydellistä merkitystä.

Ammoniakki:	14 mg/m³ (20 ppm) /8 h 36 mg/m³ (50 ppm) /15 min
Typpihappo:	1,3 mg/m³ (0,5 ppm) /8 h 2,6 mg/m³ (1 ppm) / 15 min

3.2.2 Välittömästi terveydelle haitallinen pitoisuus: IDLH (1994)

Välittömästi terveydelle haitallinen pitoisuus (Immediately Dangerous To Life or Health IDLH Values) on NIOSH:n (The National Institute for Occupational Safety and Health) ylläpitämä tietokanta haitallisista pitoisuuksista. Arviot perustuvat historiallisiin arvioihin ja niiden korjauksiin tiedon päivittymisen yhteydessä. IDLH -pitoisuus ammoniakille on 300 ppm ja typpihapolle 25 ppm.

3.2.3 Akuutin altistumisen pitoisuudet: EPRG (2016)

EPRG-arvot (Emergency Response Planning Guideline) arvioivat pitoisuuksia, joissa suurin osa ihmisistä alkaa saada oireita, jos he altistuvat haitallisille ilmaperäisille kemikaaleille yhden tunnin ajan. EPRG-arvot perustuvat ”American Industrial Hygiene Association” erillisen komitean tekemään arvioihin, jotka perustuvat niin kokemukseen kuin kokeelliseen tutkimukseen. EPRG ei ota huomioon herkkiä tapauksia, kuten vanhukset, sairaat tai lapset, vaan näiden yksilölliset arvot voivat olla ERPG-arvoja alhaisemmat.

EPRG-luokitusten kuvaukset:

- **EPRG-1** pitoisuutta pidetään ylärajana pitoisuudelle, jolle kaikki yksilöt voivat altistua tunnin ajan ilman merkittäviä ja ohimeneviä oireita.
- **EPRG-2** pitoisuutta pidetään ylärajana pitoisuudelle, jolle yksilö voi altistua tunnin ilman että sille kehittyy palautumattomia tai muita vakavia terveyshaittoja tai oireita, jotka voivat estää suojautumisen altisteelle.
- **EPRG-3** pitoisuutta pidetään ylärajana sille, jolle yksilö voi altistua tunnin ajan ilman että syntyy välitöntä hengenvaaraa.

Ammoniakki:	EPRG 1	25 ppm mg/m³
	EPRG 2	200 ppm mg/m³
	EPRG 3	1000 ppm mg/m³

Typpihappo:	EPRG 1	1 ppm (2,6 mg/m³)
	EPRG 2	10 ppm (26 mg/m³)
	EPRG 3	78 ppm (203 mg/m³)

3.2.4 AEGL (2008 ja 2013)

AEGL (Acute Exposure Guideline Levels for Selected Airborne Chemicals) on Yhdysvaltain National Research Councilin erillisen komitean ylläpitämä tietokanta. Tietokanta rakentuu arvioihin yksilön harvinaisista altistumistilanteista kemikaaleille. AEGL tietokannassa ilmoitetut pitoisuudet on suunniteltu niin, että ne suojelevat myös vanhuksia, lapsia tai muuten herkkiä yksilöitä.

Seuraavassa on lueteltu eri vyöhykkeiden määritelmät:

- **AEGL-1**: Epämukavuutta, ärsytystä, oireettomia vaikutuksia ilman aistinkokemusta. Vaikutukset eivät tee toimintakyvyttömäksi, vaan ohimeneviä ja toimintakyky palautuu ennalleen altistumisen päätyttyä.
- **AEGL-2**: Palautumattomia tai muita vakavia, pitkäkestoisia vaikutuksia, tai alentunutta toimintakykyä paeta paikalta.
- **AEGL-3**: Hengenvaarallisia haittavaikutuksia tai kuolema.

Ammoniakki:

AEGL 1	30 ppm (21 mg/m³) /10 min
	30 ppm (21 mg/m³) /30 min
	30 ppm (21 mg/m³) /60min
AEGL 2	220 ppm (160 mg/m³) /10 min
	220 ppm (160 mg/m³) /30 min
	160 ppm (112 mg/m³) /60 min
AEGL 3	2 700 ppm (1 900 mg/m³) /10 min
	1 600 ppm (1 100 mg/m³) /30 min
	1 100 ppm (769 mg/m³) /60 min

Typpihappo:

AEGL 1	0,16 ppm (0,41 mg/m³) /10 min
	0,16 ppm (0,41 mg/m³) /30 min
	0,16 ppm (0,41 mg/m³) /60 min
	0,16 ppm (0,41 mg/m³) /4 h
	0,16 ppm (0,41 mg/m³) /8 h
AEGL 2	43 ppm (110 mg/m³) /10 min
	30 ppm (77 mg/m³) /30 min
	24 ppm (62 mg/m³) /60 min
	6 ppm (15 mg/m³) /4 h
	3 ppm (7,7 mg/m³) /8 h
AEGL 3	170 ppm (440 mg/m³) /10 min
	120 ppm (310 mg/m³) /30min
	92 ppm (240 mg/m³) /60 min
	23 ppm (59 mg/m³) /4 h
	11 ppm (28 mg/m³) /8 h

Tässä selvityksessä turvaetäisyyksien arviointiin käytettiin 30 minuutin AEGL-pitoisuuksia Tukesin ohjeen 22/2021 ”Turvallisuusselvitys” mukaisesti.

3.3 Terveyshaittatarkastelu

3.3.1 Ammoniakki

Ammoniakki on suurissa pitoisuuksissa myrkyllinen yhdiste. Ammoniakin aiheuttama hengitysteiden ärsytys on suoraan verrannollinen ammoniakkipitoisuuteen ilmassa. Nestemäinen ammoniakki aiheuttaa iholla palovamman ja paleltuman. Roiskeet silmään aiheuttavat vakavan silmävaurion, ellei hoitoa anneta välittömästi.

Toistuva altistuminen ammoniakkihöyryille voi aiheuttaa sopeutumista ärsytysvaikutuksille muutaman viikon jälkeen. Toisaalta ero ärsytystä aiheuttavaan pitoisuustasoon on jatkuvassakin altistumisessa pieni. Ammoniakki ei kerry elimistöön.

3.3.2 Typpihappo

Höyrystynyt typpihappo sisältää typen oksideja riippuen typpihapon väkevyydestä. Väkevä typpihappo hajoaa valon vaikutuksesta muodostaen typen oksideja (Työterveyslaitos, OVA-ohje).

Happohöyrylle ja typpidioksidille altistumisen ensioireina ilmenee lievää tai kohtalaista silmien ja hengitysteiden ärsytystä. Pitoisuuden noustessa yli 50–100 ppm (100–200 mg/m^3), voi aiheutua keuhkopöhö, jonka ilmaantuminen voi tulla viiveellä, vasta usean tunnin kuluttua altistuksesta. Korkeampi 100–500 ppm (200–1 000 mg/m^3) pitoisuus voi aiheuttaa keuhkoputkien supistelua ja äkillisen kuoleman. Typpihapon hajoamistuotteen, typpidioksidin, aiheuttaman myrkytyksen jälkeen voi 2–3 viikon kuluessa kehittyä uusi keuhkopöhö tai vakava pieniä keuhkoputkia ahtauttava tulehdus. Pitkäaikainen altistuminen typpihappohöyryille voi vaurioittaa hammaskiillettä ja aiheuttaa kroonista silmien ja nenänielun ärsytystä ja tulehdusta.

Typpihapolle määritetty AEGL-1 pitoisuus (0,16 ppm) on alhaisempi kuin HTP-arvo (0,5 ppm). AEGL-1 pitoisuus perustuu tutkimukseen, jossa viisi vapaaehtoista hengittivät levossa 1.6 ppm pitoisuutta typpihappohöyryä 10 min ajan, eikä muutoksia hengitystoiminnoissa havaittu (Sackner ja Ford 1981, Acute Exposure Guideline Levels for Selected Airborne Chemicals: Volume 14). AEGL-1 pitoisuuden määrittämiseen on käytetty epävarmuuskerrointa 10.

Leviämismallitarkastelussa haitallisena pitoisuutena voidaan kirjallisuuden perusteella pitää 0,16 ppm (0,41 mg/m³) pitoisuutta, joka on ilmoitettu AEGL-arvojen yhteydessä. Ilmoitettu haitallinen pitoisuus on matalammilla tasolla sama kaikille eri altistumisen kestoille 10 minuutista 8 tuntiin asti.

3.4 Ammoniakki ympäristössä

Ammoniakki on erittäin myrkyllistä vesieliöille. Se luokitellaan ympäristölle vaaralliseksi aineeksi. Ammoniakki ja sen hajoamistuotteet ovat vesistöjä rehevöittäviä ravinteita.

Tuotantoyksikön työntekijöiden ja alueen ympäristön ihmisten kannalta ammoniakkikaasun merkittävin ominaisuus on sen myrkyllisyys suurina pitoisuuksina.

3.5 Typpihappo ympäristössä

Typpihappo voi esiintyä ilmassa kaasuna, höyrynä, sumuna, savuna tai aerosolina. Altistuttaessa typpihapolle, altistutaan samanaikaisesti eri typenoksideille. Yhdysvalloissa ja Kanadassa 24 eri yhteisössä typpihapon pitoisuudet ovat vaihdelleet 0,3–2,1 ppb ja typpihapokkeella 0,1–1,4 ppb välillä (Acute Exposure Guideline Levels for Selected Airborne Chemicals: Volume 14).

Kirjallisuudesta löytyvät tutkimukset ja tapauskertomukset typpihapon savuille ja reaktiotuotteille altistumisesta eivät ole suoraan verrannollisia sumujen ja höyryjen kanssa. Typpihapon savuille altistuminen voi aiheuttaa välitöntä ärsytysoiretta hengitysteissä, kivun ja hengenahdistuksen jatkuessa useita viikkoa altistumisen päättymisen jälkeen. Allergiset ja astmaa sairastavat henkilöt ovat herkempiä typpihapon vaikutuksille kuin terveet yksilöt.

Maahan valunut typpihappo ei juurikaan haihdu ilmaan. Maaperän kosteus edistää sen tunkeutumista maahan. Typpihappo on maaperässä kulkeutuvaa. Se liuottaa maaperästä aineksia, erityisesti karbonaatteja. Typpihappo neutraloituu jonkin verran kulkeutuessaan maaperässä, mutta sitä voi kulkeutua pohjaveteen asti. Typpihapon ei ole todettu kertyvän ravintoverkkoon. Voimassa olevien kriteerien perusteella typpihappoa ei luokitella ympäristölle vaaralliseksi (Työterveyslaitos, OVA-ohje).

4. Skenaariot

Työssä tarkastellut skenaariot määriteltiin toiminnanharjoittajien kanssa yhdessä suunnittelupalaverissa. Työn lähtökohtana oli tehdä onnettomuusmallinnus tilanteissa, joita kuvastaa suurin tunnistettu onnettomuustilanne, sekä tyypillinen mahdollinen pienempi onnettomuusskenaario.

4.1 Ammoniakki (Froneri)

Työssä tunnistettiin kaksi todennäköistä onnettomuustilannetta, joita tarkasteltiin mallinnuksen avulla.

1) Ammoniakin varoventtiilivuoto, jossa ammoniakki vapautuu varoventtiilin ulospuhalluksen kautta ulkoilmaan.
2) Ammoniakkivuoto konehuoneessa sijaitsevaan suoja-altaaseen, josta ammoniakki leviää konehuoneen poiston kautta ulkoilmaan.

4.2 Typpihappo (Valio)

Työssä tunnistettiin kaksi todennäköistä onnettomuustilannetta.

1) Typpihapposäiliön täyttötilanteessa tapahtuu vuoto ja typpihappoa vuotaa täyttöpaikalla olevaan kaivantoon.
2) Typpihappoa vuotaa kemikaalirakennuksessa olevaan suoja-altaaseen, josta typpihapon höyryt pääsevät ulkoilmaan avoinna olevan oven kautta.

5. Menetelmät

5.1 Onnettomuusmalli ALOHA

Onnettomuusmallinnukset tehtiin käyttäen ALOHA-ohjelmaa (*Areal Locations of Hazardous Atmospheres*), joka on NOAA:n (*National Oceanic and Atmospheric Administration) ja EPAn (U.S. Environmental Protection Agency*) kehittämä sovellus. Se on suunniteltu pelastustoimen käytettäväksi terveydelle uhaksi olevien olosuhteiden paikallistamiseen kemikaalionnettomuuden aikana.

ALOHAlla mallinnetaan kemikaalivuodon höyrystymisessä syntyneen kemikaalipilven leviämistä; mallin avulla voidaan tunnistaa alueet, joilla altistutaan terveyden kannalta haitallisille pitoisuuksille. Sen lisäksi ohjelmalla voidaan mallintaa tulipalon lämpövaikutuksia, mutta myös höyryn leimahduksen ja palavan kemikaalin aiheuttamia lämpövaikutuksia.

Mallilla voidaan arvioida riskialueita kemikaalionnettomuuden aikana. Malliin syötetään lähtötietoina tarkasteltava aine ja sääolosuhteet, mm. tuulen nopeus ja suunta, pinnan karkeus (avoin, kaupunki/metsä, vesistö), pilvisyys, lämpötila, stabiilisuusluokka, inversio ja ilman kosteus. Valittavia päästötyyppejä ovat lammikko, säiliö, kaasuputki ja suora päästö. Kun laskennassa käytetään suorassa päästöä, lähtötiedoiksi syötetään kemikaalin päästönopeus, päästökorkeus ja päästön kesto. Muita päästötyyppejä käytettäessä ALOHA laskee itse päästönopeuden ja päästön keston.

ALOHA-mallissa on rajoituksia. ALOHA-malli rajoittaa onnettomuuden keston maksimissaan yhden tunnin pituiseksi, sekä se olettaa maaston olevan tasaista. Se ei myöskään ota huomioon rakennusten tai muiden esteiden aiheuttamia muutoksia virtauksiin. Malli ei myöskään sovellu tyynissä olosuhteissa tapahtuvien onnettomuuksien mallintamiseen.

Lyhin etäisyys, jolle ALOHA laskee turvaetäisyyksiä, on 10 metriä. Suurin laskettava etäisyys on puolestaan 10 km, jonka jälkeen tulos ilmoitetaan muodossa ”> 10 km”.

5.2 Sääolosuhteet

Laskennassa käytetyt sääolot perustuvat TUKES-ohjeen 22/2021 ”Turvallisuusselvitys” määrittelemiin tilanteisiin. ALOHAan syötetään myös tuulen suunta, mutta kartoissa vyöhykkeet on piirretty joka suuntaan, koska tuulen suunta voi olla mikä tahansa. Eri tuulennopeuksiin perustuvat vaaravyöhykkeet eivät myöskään huomioi lähellä sijaitsevien rakennusten tai muiden esteiden vaikutusta. Mallinnuksessa käytetyt sääolosuhteet on esitetty alla (Taulukko 2.).

Neutraalit olosuhteet (Pasquillin–Giffordin stabiilisuusluokka D) ovat yleisiä Suomessa. Ne vallitsevat etenkin pilvisellä ja tuulisella säällä. Kirkkaalla auringonpaisteella olosuhteet voivat olla epästabiileja (luokat A ja B), jolloin päästöt kohoavat nopeasti ja sekoittuminen on voimakasta. Stabiilit olosuhteet (luokat E ja F) ovat suhteellisen harvinaisia. Niiden vallitessa sekoittuminen on vähäistä. Laskennassa säätilan ollessa stabiili (Pasquill F) käytetty tuulennopeus on 2 m/s ja säätilan ollessa neutraali (Pasquill D) tuulennopeus on 5 m/s.

Stabiilisuusluokkien yleisyyttä tarkasteltiin aikavälillä 2015–2024 käyttämällä Jokioisten Ilmalan säähavaintoasemalta saatua mittausdataa (Ilmatieteen laitos, avoin data) käyttäen datan käsittelyyn R-ohjelmointikieltä ja sen ”insol”-lisäosaa. Jokioisten havaintoasema oli tarkasteltua kohdetta lähin asema, josta oli saatavilla stabiilisuustarkasteluun vaadittavat lähtötiedot. Tuloksena saatiin, että luokkaa D esiintyi kuuden vuoden aikana 57,4 % ajasta ja luokkaa F puolestaan 9,0 % ajasta.

Taulukko 1. Arvioidut ilmakehän stabiilisuusluokkien osuudet Jokioisten Ilmalan sääaseman havaintojen perusteella vuosina 2015–2024.

Stabiilisuus-luokka	Osuus 2015–2024
A	0,8
A/B	2,7
B	6,8
B/C	2,8
C	11,6
C/D	0,7
D	57,4
E	8,1
F	9,0

Taulukko 2. Mallissa käytetyt sääolot.

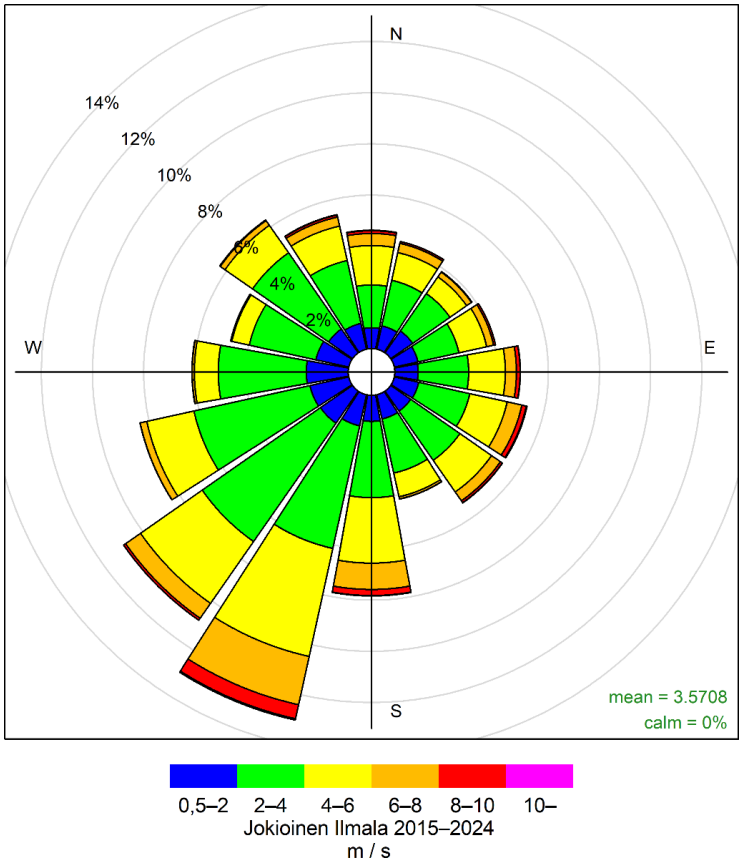
Olosuhde	Käytetty lähtötieto
Tuulen nopeus	2 m/s tai 5 m/s
Mittauskorkeus	3 m
Ympäristötyyppi	helppokulkuinen
Pilvisyys	puolipilvistä
Lämpötila	+15 °C
Stabiilisuusluokka	D (neutraalit olosuhteet) ja F (stabiilit olosuhteet)
Ilmankosteus	50 %
Ilmanvaihtokerroin	2

Turvaetäisyyksien vyöhykkeet on piirretty ympyröinä, koska tuulen suunta voi olla mikä tahansa. Onnettomuustilanteessa ammoniakki tai typpihappo lähtee etenemään tuulen suuntaisena viuhkana, joka on kapea verrattuna vaaraetäisyyksiin.

Ympäristön maastoesteet vaikuttavat päästön leviämiseen. ALOHA ei ota huomioon maastonmuotoja, mutta maaston epätasaisuus (ns. rosoisuus) voidaan ottaa huomioon yleisellä tasolla. Nämä mallit laskettiin käyttäen ALOHAn asetusta ”avoin maasto” (open country) toisen vaihtoehdon ollessa ”kaupunki tai metsä” (urban or forest).

”Avoin maasto” kuvaa esimerkiksi pysäköintialueita, puuttomia kenttiä ja tehdasalueita yleensä. Korkeat rakennukset eivät sinänsä tee ympäristöstä sulkeutunutta, koska kaasuviuhka voi kiertää rakennukset ja jatkaa leviämistä. Etäämpänä oletetusta altaan paikasta kasvaa puita, jotka estävät tai hidastavat kaasun vapaata leviämistä.

Asiantuntija-arviona päädyttiin käyttämään avoimen maaston epätasaisuutta, koska tehdasrakennusten ympäristössä on laajoja pysäköintialueita. Tehdasalueen ulkopuolella on useita Turengin alueen rakennuksia ja alueen koillispuolella metsäsaareke, joissa leviämistilanne vaihtelee todennäköisesti avoimen maaston ja rakennetun ympäristön väliltä.



Kuva 2. Tuuliruusu Jokioisten Ilmalan havaintoasemalta vuosilta 2015–2024. Kuva kertoo, mistä suunnasta on tuullut.

6. Tulokset

6.1 Ammoniakkivuoto Fronerin tuotantolaitoksessa

Onnettomuuden vaaraa aiheuttaville aineille on luotu ns. OVA-ohjeet. OVA-ohjeet on tehty Työterveyslaitoksella yhteistyössä eri tutkimuslaitosten, kemikaaliviranomaisten ja kemianteollisuuden asiantuntijoiden kanssa. OVA-ohjeessa todetaan suuresta (kiloja sekunnissa) ammoniakkivuodosta seuraavasti:

- *Välitön eristys 300 metriä kaikkiin suuntiin. Ammoniakkikaasu saattaa aiheuttaa ärsytysoireita jopa 1 500 metrin etäisyydellä tuulen alapuolella. Tuulen alapuolella alueella, joka ulottuu 500 metrin etäisyydelle, väestöä kehotetaan suojautumaan sisätiloihin, sulkemaan ikkunat ja ovet sekä pysäyttämään ilmanvaihtolaitteet.*

Mallinnuksen tarkemmat tulokset taulukoina ja havainnekuvina on esitetty erillisselvityksessä (Ramboll Finland Oy, Janakkalan kunta – Valion ja Fronerin onnettomuusmallinnusten päivitys, 11.11.2025).

6.2 Typpihappovuoto Valion tuotantolaitoksessa

OVA-ohjeessa vaaraetäisyyksistä 60–65 % typpihappovuodossa todetaan seuraavasti (suuri vuoto, noin 10 m^3):

- *Välitön eristys 50 metriä kaikkiin suuntiin. Eristä näkyvän (punaruskean) kaasupilven alue. Pilven muodostuminen riippuu maaperästä.*

Mallinnuksen tarkemmat tulokset taulukoina ja havainnekuvina on esitetty erillisselvityksessä (Ramboll Finland Oy, Janakkalan kunta – Valion ja Fronerin onnettomuusmallinnusten päivitys, 11.11.2025).

7. Vertailu aikaisempaan tilanteeseen

7.1 Fronerin tuotantolaitos

Vuoden 2013 raportissa tarkasteltiin varoventtiilin kautta ulkoilmaan vapautuvat ammoniakin seurausvaikutuksia. Varoventtiili ja sen ulospuhallus ovat nykyisin samat kuin vuonna 2013. Vuonna 2013 mallinnuksessa käytetyt ympäristöolosuhteet ovat jossain määrin poikenneet nykyisin käytettävistä. Vuoden 2013 mallinnus tehtiin samalla ohjelmalla kuin tässä työssä, mutta nyt käytössä oli ohjelman uudempi versio.

Varoventtiilivuodon aiheuttamat AEGL-arvoihin verrattavat pitoisuudet tuotantolaitoksen ympäristössä ovat hyvin samankaltaiset tässä työssä ja vuoden 2013 työssä. Vaikka lähtötiedot ovat sääolosuhteiden osalta hieman erilaiset, on AEGL-2 vyöhyke neutraaleissa olosuhteissa molemmissa töissä sama. Stabiileissa olosuhteissa AEGL-2 vyöhyke ylsi uuden mallinnuksen mukaan vuoden 2013 kauemmaksi vuotopaikasta. Kummassakaan työssä ammoniakin AEGL-3-pitoisuus ei ylity.

Sisätiloissa 250 m etäisyydellä havaittava korkein pitoisuus poikkeaa hieman tämän työn ja vuoden 2013 työn välillä. Molemmissa johtopäätös on kuitenkin sama; AEGL-1 taso voi ylittyä 250 m etäisyydellä sisätiloissa, jos tuuli puhaltaa suoraan päästölähteestä tarkasteltavan kohteen suuntaan. AEGL-2 taso sen sijaan ei kummassakaan tapauksessa ylittynyt.

7.2 Valion tuotantolaitos

Vuoden 2013 raportin kirjotushetkellä Valion Turengin tuotantolaitoksella ei käytetty typpihappoa, mutta tehtaalla oli sen sijaan käytössä ammoniakkia. Vuoden 2013 raportissa Valion tuotantolaitoksen ammoniakkionnettomuuden seurausvaikutuksia ei tarkasteltu, koska silloista Nestlén, eli nykyistä Fronerin, tehdasta pidettiin merkittävämpänä mahdollisena ammoniakin päästölähteenä.

8. Yhteenveto

Froneri Finland Oy:n ja Valio Oy:n tuotantolaitokset sijaitsevat Turengin keskusta-alueella Janakkalassa. Tehtaita lähellä on mm. asutusta, terveydenhuollon yksiköitä, liikuntapaikkoja ja koulu. Raportin kirjoitushetkellä lähistöllä sijaitsi myös palveluasumisen yksikkö, jota kuitenkin suunnitellaan siirrettäväksi toisaalle.

Työssä tunnistettiin yhdessä alueen toimijoiden kanssa yhteensä neljä onnettomuustilannetta, joiden aiheuttamia vaaraetäisyyksiä tarkasteltiin mallinnuksen avulla.

Alueella on avointa aluetta, kuten paikoitusalueita, jossa päästö voi levitä esteettä lähialueen ympäristöön. Alueen läheisyydessä on varsin paljon rakennuksia, jotka estävät tai vähintäänkin hidastavat ilmaa raskaampien kaasujen leviämistä. Käytetyllä mallinnuksella ei voitu ottaa huomioon maastonmuotoja tai rakennuksia, joten rakennusten suuntaan vyöhykkeet eivät todennäköisesti leviä tuloskuvissa esitettyjen tavoin. Alueen koillispuolella on (ilmakuvan perusteella) metsää, jonne päin leviäminen on hitaampaa.

Ammoniakkia käytetään Fronerin tehtaalla ja ammoniakkiin liittyen tunnistettiin kaksi todennäköisintä onnettomuustilannetta. Ammoniakki on voimakkaan pistävän hajuinen, ärsyttävä kaasu. Varoventtiilivuoto mallinnettiin vastaavilla päästötiedoilla kuin vuonna 2013. Tuloksina saadut vaaravyöhykkeet ovat monelta osin aikaisempaa työstä vastaavia. AEGL-2 vyöhyke, eli pitoisuus, jossa voi aiheutua palautumattomia tai muita vakavia, pitkäkestoisia vaikutuksia, tai alentunutta toimintakykyä paeta paikalta, voi suurimmillaan yltää usean sadan metrin etäisyydelle päästölähteestä. Sen sijaan AEGL-3 vyöhyke, jossa voi aiheutua hengenvaarallisia haittavaikutuksia tai kuolema, ei mallinnuksen mukaan ylity.

Noin 250 m etäisyydellä sisätiloissa voisi vakavan ammoniakkivuodon aikana esiintyä AEGL-1-tason ylittävä pitoisuus, joka voi aiheuttaa ohimeneviä oireita, mutta ei tämän korkeampia pitoisuuksia.

Valion tehtaalla käytettävä typpihappo lisättiin vuoden 2025 tarkasteluun. Vuonna 2013 typpihappoa ei vielä ollut käytössä. Typpihappo on vahva happo ja väkevänä liuoksena voimakas hapetin. Aine on väritön tai kellertävä neste, jolla on tukahduttava haju. Typpihapon vuototilanteessa vaikutukset rajoittuvat terveydelle haitallisiin vaikutuksiin. Mallinnuksessa käytetyillä oletuksilla vyöhykkeet rajoittuvat tehdasalueelle, AEGL-1 vyöhykettä lukuun ottamatta.

9. Viitteet

Corripio 2021: Javier G. Corripio. insol: Solar Radiation. R package version 1.2.2. 10.2.2021. http://www.meteoexploration.com/R/insol

EPRG-arvo 2014, Emergency response planning guideline. https://www.aiha.org/get-involved/aiha-guideline-foundation/erpgs

HTP-arvot 2025, Haitallisiksi tunnetut pitoisuudet, Sosiaali- ja terveysministeriö, Julkaisuja 2025:4. https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstreams/ebb107f9-9d2c-4e11-b1ca-d33afd3ce71b/download

IDLH-arvot 1994, Immediately Dangerous to Life or Health Concentrations (IDLH), The National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH). https://www.cdc.gov/niosh/idlh/intridl4.html

OVA HNO_3 2025: Typpihappo. Onnettomuuden vaaraa aiheuttavat (OVA) aineet. Työterveyslaitos, viimeksi päivitetty 15.5.2025.

OVA NH_3 2025: Ammoniakki. Onnettomuuden vaaraa aiheuttavat (OVA) aineet. Työterveyslaitos, viimeksi päivitetty 19.3.2025.

Ramboll Finland Oy, Janakkalan kunta – Ammoniakin leviämismallinnus ja maankäytöllinen tarkastelu, 20.6.2013.

Ramboll Finland Oy, Janakkalan kunta – Valion ja Fronerin onnettomuusmallinnusten päivitys, 11.11.2025

Smeets, M.A., Bulsing, P.J., van Rooden, S., Steinmann R, de Ru, J.A., Ogink, N.W., van Thriel, C., Dalton, P.H. 2007. Odor and irritation thresholds for ammonia: a comparison between static and dynamic olfactometry. Chem Senses. 32(1):11-20.

Tukes 2021: Turvallisuusselvitys. Tukes-ohje 22/2021. Turvallisuus- ja kemikaalivirasto. 20.8.2021.

Tukes 2025: Tuotantolaitosten sijoittaminen. Tukes-ohje 24.6.2025. Turvallisuus- ja kemikaalivirasto.