

Vastaanottaja
Janakkalan kunta

Asiakirjatyyppi
Raportti

Päivämäärä
20.6.2013

Viite
1510004042

JANAKKALAN KUNTA AMMONIAKIN LEVIÄMISMALLINNUS JA MAANKÄYTÖLLINEN TARKASTELU

JANAKKALAN KUNTA
LEVIÄMISMALLINNUS JA MAANKÄYTÖLLINEN
TARKASTELU

Päivämäärä **20.6.2013**
Laatija **Sanna Lepistö, Antti Lepola**
Kuvaus **Ammoniakin leviämismallinnus ja maankäytöllinen tarkastelu**

Viite 1510004042

SISÄLTÖ

1.	JOHDANTO JA TAVOITTEET	1
2.	SÄÄDÖSPERUSTA	1
2.1	Maankäytön suunnittelu	1
2.1.1	Valtakunnalliset alueidenkäyttötavoitteet	1
2.1.2	Maakuntakaavoitus	2
2.1.3	Yleiskaavoitus	2
2.1.4	Asemakaavoitus	2
2.1.5	Rakennuslupa	3
2.2	Kemikaaliturvallisuus	3
2.2.1	Määritelmiä	5
3.	YMPÄRISTÖN NYKYTILA	6
4.	KAAVOITUSTILANNE	7
4.1	Maakuntakaava	7
4.2	Yleiskaavoitus	8
4.2.1	Yleiskaava 1981	8
4.2.2	Turengin itäosa I osayleiskaava	8
4.3	Asemakaavoitus	10
4.3.1	Ajantasa-asemakaava ja kortteli 7	10
4.3.2	Korttelin 113 asemakaavan muutos (Terveyskeskus ja Tapailakoti)	11
4.3.3	Aavalinnan asemakaavamuutos	11
4.3.4	Turengin keskustan kehittäminen	12
5.	AMMONIAKKI JA SEN KÄYTTÖ	13
5.1	Ammoniakki	13
5.1.1	Yleiset ominaisuudet	13
5.1.2	Reaktiivisuus	13
5.1.3	Palo- ja räjähdysvaara	13
5.1.4	Toksisuus	13
5.1.5	Ympäristövaikutukset	13
5.1.6	Terveyshaittaa aiheuttavat pitoisuustasot	13
5.2	Ammoniakin käyttö Nestlén tehtaalla	14
5.3	Ammoniakin käyttö Valion tehtaalla	14
6.	TARKASTELUUN VALITUT SKENAARIOT	15
6.1	Palotilanne ja lämpösäteilyvaikutukset	15
6.2	Räjähdystilanne ja painevaikutukset	15
6.3	Putkistovuoto katolla ja kaasun leviäminen	15
7.	LASKENTAMENETELMÄT JA OLETTAMUKSET	16
8.	TULOKSET	16
8.1	Putkistovuoto katolla, kaasun leviäminen ja muodostuvat pitoisuudet	16
8.2	Varoventtiilipäästö katolla, 30 minuutin päästöjakso	18
9.	RISKINHALLINTAKEINOT	18
9.1	Riskien arvioinnit Turengin tehtaalla	18
9.2	Teknisiä riskien ehkäisytöimenpiteitä	19
9.3	Ympäröivän maankäytön riskienhallintakeinoja	20
10.	YHTEENVETO	20
10.1	Tavoitteet, lähtötiedot ja arvioinnin kulku	20
10.2	Riskienhallintakeinot	20
10.3	Arvio riskeistä	21
11.	JOHTOPÄÄTÖKSET	21
LÄHTEET		23

LIITTEET

Liite 1

Leviämismallinnuskuvat

1. JOHDANTO JA TAVOITTEET

Työssä on laadittu ammoniakkin leviämismallinnus koskien Suomen Nestlé Oy:n jäätelötehdasta Turengissa. Tarkastelun kohteena on ollut tehdasta ympäröivä Janakkalan kunnan Turengin keskusta-alue – sen olemassa oleva ja suunniteltu maankäyttö. Selvitys on tehty maankäyttö- ja rakennuslain mukaisten yleis- ja asemakaavojen vaikutusten arviointia silmällä pitäen.

Työn tarve on noussut esille lausunnoissa, kirjeenvaihdossa ja neuvotteluissa Janakkalan kunnan ja Turvallisuus- ja kemikaaliviraston (Tukes) välillä vuonna 2012 koskien Aavalinnan asemakaavamuutosta ja Turengin itäosan yleiskaavan selvitystarpeita. Selvitystä ja vaikutusarviointia on tarkoitettu käyttäjä maankäyttö- ja rakennuslain tarkoittamana kaavoituksen tausta-aineistona.

Työtä varten on

- koottu tiedot jäätelötehtaan ammoniakkin käytöstä, määristä, säiliöistä, putkistoista ja onnettomuusriskikohteista
- koottu tiedot kaavoitustilanteesta sekä vireillä olevista kaavoitushankkeista
- valittu onnettomuusskenaariot
- laskettu skenaarioiden seurausvaikutukset sekä
- tarkasteltu seurausvaikutuksia suhteessa olemassa olevaan ja suunniteltuun maankäyttöön laitoksen ympäristössä.

Ammoniakille ei ole asetettu kiinteitä suojaetäisyyksiä lainsäädännössä. Tavoitteena on ollut tarkastella keskustan alueelle suunniteltuihin asemakaavamuutoksiin ja myös osayleiskaavoitukseen liittyviä turvallisuusriskejä kaava-alueilla ja ympäristössä sekä tehdä perusteltu esitys riskit huomioivista rakentamisen suojaetäisyyksistä.

Vaarallisten kemikaalien teolliseen käsittelyyn ja varastointiin liittyvät asetukset uudistuivat joulukuussa 2012 (valtioneuvoston asetukset 855, 856 ja 857). Tukes on muutoksiin liittyen laatinut oppaan *Tuotantolaitosten sijoittaminen*, joka sisältää suositukset laitosten sijoittamissuunnitelmaan sekä laitoksen ulkopuolella tapahtuvan kaavoitukseen tai rakentamisen riskinarviointiin. Esillä oleva selvityksen laadinnassa on hyödynnetty Tukesin opasta.

2. SÄÄDÖSPERUSTA

Maankäyttö- ja rakennuslainsäädäntö säätelee maankäytön suunnittelua ja rakentamisen ohjausta. Kemikaalilainsäädännön yhtenä tavoitteena on suuronnettomuuksien ja muiden onnettomuuksien ehkäiseminen ja mahdollisen onnettomuuden seurausten rajoittaminen vaarallisten kemikaalien teollisessa käsittelyssä ja varastoinnissa. Näiden molempien lainsäädäntöalueiden yhteisenä tavoitteena on, että onnettomuuksien vaara otetaan huomioon sekä uusia tuotantolaitoksia sijoitettaessa ja niitä laajennettaessa että suunniteltaessa alueidenkäyttöä ja rakentamista olemassa olevien tuotantolaitosten läheisyydessä.

2.1 Maankäytön suunnittelu

2.1.1 Valtakunnalliset alueidenkäyttötavoitteet

Valtioneuvosto hyväksyi vuonna 2000 maankäyttö- ja rakennuslain (MRL) nojalla valtakunnalliset alueidenkäyttötavoitteet. Näihin kuuluu yleistavoite, jonka mukaan alueidenkäytössä kiinnitetään erityistä huomiota ihmisten terveydelle aiheutuvien haittojen ja riskien ennalta ehkäisemiseen ja olemassa olevien haittojen poistamiseen. Erityistavoitteissa puolestaan on täsmällisempi tavoite, jonka mukaan alueidenkäytön suunnittelussa on haitallisia terveysvaikutuksia tai onnettomuusriskejä aiheuttavien toimintojen ja vaikutuksille herkkien toimintojen välille jätettävä riittävän suuri etäisyys.

Yleistavoitteita sovelletaan maakuntakaavoihin ja muuhun maakunnan suunnitteluun, yleiskaavoihin sekä valtion viranomaisten toimintaan. Erityistavoitteita sovelletaan kaikkeen kaavoitukseen, ellei tavoitetta ole kohdennettu koskemaan vain tiettyä kaavamuotoa.

2.1.2 Maakuntakaavoitus

Maakuntakaava on yleispiirteinen suunnitelma maakunnan alueiden käytöstä, jossa esitetään maakunnan yhdyskuntarakenteen ja alueiden käytön perusratkaisut keskipitkällä ja pitkällä aikavälillä. Maakuntakaavalla ratkotaan tyypillisesti useamman kunnan alueelle vaikuttavia alueidenkäyttökysymyksiä. Maakuntakaavassa ei käsitellä sellaisia alueidenkäyttökysymyksiä, jotka ovat yksinomaan kunnan sisäisiä. Maakuntakaava on ohjeena kunnan laatiessa ja muuttaessa yleiskaavaa ja asemakaavaa.

Maankäyttö- ja rakennuslaki (MRL) asettaa maakuntakaavan sisällölle laadullisia vaatimuksia; kaavassa on 28 §:n mukaan kiinnitettävä huomiota mm. alue- ja yhdyskuntarakenteen tarkoituksenmukaisuuteen, alueiden käytön ekologiseen kestävyys, maakunnan elinkeinoelämän toimintaedellytyksiin sekä alueiden käytön taloudellisuuteen.

2.1.3 Yleiskaavoitus

Yleiskaavan tarkoituksena on kunnan tai sen osan yhdyskuntarakenteen ja maankäytön yleispiirteinen ohjaaminen sekä toimintojen yhteen sovittaminen.

MRL 39 §:n mukaan yleiskaavaa laadittaessa on maakuntakaava otettava huomioon sekä lisäksi mm. yhdyskuntarakenteen toimivuus, taloudellisuus ja ekologinen kestävyys, asumisen tarpeet ja palveluiden saatavuus, mahdollisuudet turvalliseen, terveelliseen ja eri väestöryhmien kannalta tasapainoiseen elinympäristöön, kunnan elinkeinoelämän toimintaedellytykset sekä ympäristöhaittojen vähentäminen. Yleiskaava ei saa aiheuttaa maanomistajalle tai muulle oikeuden haltijalle kohtuutonta haittaa.

2.1.4 Asemakaavoitus

MRL 54 §:n mukaiset asemakaavan sisältövaatimukset ohjaavat asemakaavan laadintaa. Vaatimuksilla tähdätään siihen, että asemakaavaa laadittaessa mm. luodaan edellytykset terveelliselle, turvalliselle ja viihtyisälle elinympäristölle sekä palvelujen alueelliselle saatavuudelle ja liikenteen järjestämiselle. Asemakaavalla ei saa aiheuttaa kenenkään elinympäristön laadun sellaista merkityksellistä heikkenemistä, joka ei ole perusteltua asemakaavan tarkoitus huomioon ottaen. Asemakaavalla ei myöskään saa asettaa maanomistajalle tai muulle oikeuden haltijalle sellaista kohtuutonta rajoitusta tai aiheuttaa sellaista kohtuutonta haittaa, joka kaavalle asetettavia tavoitteita tai vaatimuksia syrjäyttämättä voidaan välttää.

MRL 9 §:n mukaan kaavan tulee perustua riittäviin tutkimuksiin ja selvityksiin. Kaavaa laadittaessa on tarpeellisessa määrin selvitettävä suunnitelman ja tarkasteltavien vaihtoehtojen toteuttamisen ympäristövaikutukset, mukaan lukien yhdyskuntataloudelliset, sosiaaliset, kulttuuriset ja muut vaikutukset. Selvitykset on tehtävä koko siltä alueelta, jolla kaavalla voidaan arvioida olevan olennaisia vaikutuksia.

Maankäyttö- ja rakennusasetuksen (MRA) 1 §:n mukaan kaavan vaikutuksia selvitettäessä otetaan huomioon kaavan tehtävä ja tarkoitus, aikaisemmin tehdyt selvitykset sekä muut selvitysten tarpeellisuuteen vaikuttavat seikat. Selvitysten on annettava riittävät tiedot, jotta voidaan arvioida suunnitelman toteuttamisen merkittävät välittömät ja välilliset vaikutukset:

- 1) ihmisten elinoloihin ja elinympäristöön;
- 2) maa- ja kallioperään, veteen, ilmaan ja ilmastoon;
- 3) kasvi- ja eläinlajeihin, luonnon monimuotoisuuteen ja luonnonvaroihin;
- 4) alue- ja yhdyskuntarakenteeseen, yhdyskunta- ja energiatalouteen sekä liikenteeseen;
- 5) kaupunkikuvaan, maisemaan, kulttuuriperintöön ja rakennettuun ympäristöön.

MRA 25 §:n mukaan:

- Asemakaavassa tulee esittää selvitys alueen oloista, rakennuskannasta ja muista ympäristöominaisuuksista ja niissä tapahtuneista muutoksista sekä muut kaavan vaikutusten selvittämisen ja arvioimisen kannalta keskeiset tiedot kaavoitettavasta alueesta ja sen lähiympäristöstä. Asemakaavassa on esitettävä yhteenveto kaavan vaikutusten arvioimiseksi suoritetuista selvityksistä.
- Asemakaavasta on selvitettävä kaavan vaikutukset yhdyskuntarakenteeseen, rakennettuun ympäristöön, luontoon, maisemaan, liikenteen ja teknisen huollon järjestämiseen,

talouteen, terveyteen ja turvallisuuteen, eri väestöryhmien toimintamahdollisuuksiin lähiympäristössä, sosiaalisiin oloihin ja kulttuuriin sekä muut kaavan merkittävät vaikutukset, sekä tehtävä selvitys niistä toimenpiteistä, joilla aiotaan ehkäistä kaavan toteuttamisesta mahdollisesti aiheutuvia haitallisia ympäristövaikutuksia.

Nämä asiat on esitettävä asemakaavaselostuksessa sillä tavalla ja siinä laajuudessa kuin kaavan tarkoitus edellyttää ja niin, että luodaan edellytykset vuorovaikutukseen kaavan valmistelussa. Vaikutusten arvioinnissa verrataan nykytilannetta tilanteeseen, jossa kaikki kaavan mahdollistama rakentaminen on toteutettu ja alue on kaavan osoittaman maankäytön mukaisessa käytössä.

2.1.5 Rakennuslupa

MRL 125 §:n mukaan rakennuksen rakentamiseen on oltava rakennuslupa. Rakennuslupa tarvitaan myös sellaiseen korjaus- ja muutostyöhön, joka on verrattavissa rakennuksen rakentamiseen, sekä rakennuksen laajentamiseen tai sen kerrosalaan laskettavan tilan lisäämiseen. Muuta kuin edellä esitettyä rakennuksen korjaus- ja muutostyötä varten tarvitaan rakennuslupa, jos työllä ilmeisesti voi olla vaikutusta rakennuksen käyttäjien turvallisuuteen tai terveydellisiin oloihin. Rakennusluvun ratkaisee kunnan rakennusvalvontaviranomainen (MRL 130 §).

Rakennuksen tulee sen käyttötarkoituksen edellyttämällä tavalla täyttää rakenteiden lujuuden ja vakauden, paloturvallisuuden, hygienian, terveyden ja ympäristön, käyttöturvallisuuden, melun- ja värähtelyn sekä energiatalouden ja lämmöneristysten perusvaatimukset (MRL 117 §).

Itse rakennusta koskevinä teknisinä vaatimuksina on mm., että rakennuksesta ei saa aiheutua hygienian tai terveyden vaarantumista syistä, jotka liittyvät erityisesti myrkyllisiä kaasuja sisältäviin päästöihin, ilmassa oleviin vaarallisiin hiukkasiin tai kaasuhiiniin, vaaralliseen säteilyyn, veden tai maapohjan saastumiseen tai myrkyttymiseen, jäteveden, savun taikka kiinteän tai nestemäisen jätteen puutteelliseen käsittelyyn taikka rakennuksen osien tai sisäpintojen kosteuteen (MRA 50 §).

Rakennuslupahakemukseen tulee liittää selvitys rakennuspaikan perustamis- ja pohjaolosuhteista ja tarvittaessa terveellisyydestä ja korkeusasemasta sekä näiden edellyttämästä perustamisesta ja tarvittavista muista toimenpiteistä. Rakennusluvassa, aloituskokouksessa tai erityisestä syystä rakennustyön aikana määrätään erityissuunnitelmien ja selvitysten toimeenpäättämisestä kunnan rakennusvalvontaviranomaiselle. (MRA 49 §)

Harkittaessa rakennushankkeen sijoittumista ja rakennuspaikan soveltuvuutta on huolehdittava vaarallisista aineista aiheutuvan suuronnettomuusvaaran torjumiseksi riittävästä suojaetäisyydestä (MRA 57 §).

Jos palo- tai henkilöturvallisuuden kannalta on tarpeen, kunnan rakennusvalvontaviranomainen voi kokoontumistilojen osalta päättää tarvittavista varotoimenpiteistä rakennus- tai toimenpideluvan yhteydessä tai muutoinkin (MRA 54 §).

2.2 Kemikaaliturvallisuus

Kemikaaliturvallisuutta säätelee laki vaarallisten kemikaalien ja räjähteiden käsittelyn turvallisuudesta (390/2005). Vaarallisia kemikaaleja tai räjähteitä varastoivan tai valmistavan laitoksen sijoituspaikkaa suunniteltaessa on lain 17 §:n mukaan otettava huomioon:

- että tuotantolaitos on sijoitettava sellaiselle etäisyydelle asuinalueista, yleisessä käytössä olevista rakennuksista ja alueista, kouluista, hoitolaitoksista, teollisuuslaitoksista, varastoista, liikenneväylistä sekä muusta ulkopuolisesta toiminnasta niin, että ennalta mahdollisiksi arvioitavat räjähdysriskit, tulipalot ja kemikaalipäästöt eivät aiheuta henkilö-, ympäristö- tai omaisuusvahinkojen vaaraa näissä kohteissa.

Kemikaaliturvallisuuslain 20 § säätelee kaavan huomioon ottamisesta:

- Vaarallisia kemikaaleja tai räjähteitä valmistavien, käsittelevien tai varastoivien tuotantolaitosten sijoituksessa tulee ottaa huomioon sijoituspaikan ja sen ympäristön nykyinen ja tuleva maankäyttö- ja rakennuslain (132/1999) mukaisessa oikeusvaikutteisessa kaavassa osoitettu käyttötarkoitus samoin kuin aluetta mahdollisesti koskevat kaavamääräykset.

Kemikaaliturvallisuuslain perusteella on valtioneuvosto antanut asetuksen vaarallisten kemikaalien käsittelyn ja varastoinnin valvonnasta (855/2012). Sen toisessa luvussa määritellään kemi-

kaalien laajamittainen ja vähäinen käsittely sekä niihin liittyvät velvollisuudet. Luokittelu ja velvollisuudet pääpiirteissään ovat seuraavanlaiset:

- I. Vähäinen käsittely/varastointi: ilmoitus pelastusviranomaiselle
- II. Laajamittainen käsittely/varastointi: lupa turvallisuus- ja kemikaalivirastolta (Tukes)
 - a. Tukesin luvan edellyttävä
 - b. Toimintaperiaateasiakirjan edellyttävä
 - c. Turvallisuusselvityksen edellyttävä

Luokittelu tehdään kemikaalien ominaisuuksien ja määrien mukaan menettelyllä, joka on esitetty asetuksessa ja sen liitteissä. Kemikaalien vähäistä valmistusta tai varastointia valvoo pelastuslaitos, laajamittaista toimintaa Tukes.

Nestlén Turengin tehtaan ammoniakkin käyttö ja varastointi on laajamittaista, ja tehtaalla onkin Tukesin lupa käsitellä/varastoida ammoniakkia 32,4 tonnia. Kylmälaitoksen uudistamisen (2007–2008) yhtenä tavoitteena oli vähentää ammoniakkin määrää, tarpeeksi arvioitiin noin 22 tonnia.

Tukesin on määriteltävä laajamittaisesta toiminnasta saamiensa tietojen perusteella alueet, joissa suuronnettomuuden todennäköisyys voi kasvaa laitoksen sijainnin ja toisten laitosten läheisyyden takia.

Kemikaaliturvallisuuslain perusteella on valtioneuvosto antanut asetuksen vaarallisten kemikaalien käsittelyn ja varastoinnin turvallisuusvaatimuksista (856/2012). Siinä esitetään periaatteet tällaisen laitoksen sijoittamiselle muuhun toimintaan nähden ml. onnettomuusvaaran huomioon ottaminen, sijoitukseen laitoksen alueella (varastot, rakennukset, putkistot, täyttö- ja tyhjennyspaikat), turvallisuusvaatimukset, räjähdysten estäminen ja onnettomuuksiin varautuminen.

Tuotantolaitoksen sijoitusta koskevia periaatteita voidaan soveltaa myös tarkasteltaessa olemassa olevan laitoksen ympäristön maankäyttöä ja siinä suunniteltuja muutoksia.

Laitoksen sijoituksessa on otettava huomioon sellaisten onnettomuuksien vaikutukset, joissa laitoksessa olevat tai onnettomuustilanteessa syntyvät kemikaalit voivat olla osallisina, kuten tulipalo, räjähdys ja kemikaalin pääsy laitoksen alueen ulkopuolelle. Vaikutuksia arvioitaessa on otettava huomioon kemikaalin kaikki vaaraominaisuudet ja niistä aiheutuvien onnettomuuksien seuraukset.

Jos toiminnanharjoittaja pystyy laitosta varten tehdyn riskien arvioinnin perusteella osoittamaan, että jokin onnettomuustyyppi tai tapahtumaketju on epätodennäköinen kyseisen laitoksen olosuhteissa, sitä ei tarvitse ottaa huomioon laitoksen sijoitusta koskevia suojaetäisyyksiä määrittäessä.

Tuotantolaitos on sijoitettava sitä ympäröiviin rakennus- ja muihin kohteisiin nähden siten, että laitoksessa tapahtuvan kemikaalionnettomuuden vaikutusalueella olevilla ihmisillä on mahdollisuus päästä suojaan tai poistua alueelta ilman, että heille aiheutuu siitä vakavia vammoja. Sijoituksessa on otettava erityisesti huomioon ihmisten ja väestön terveyden kannalta erityisen herkkä kohteet, kuten hoitolaitokset, terveyskeskukset, ostoskeskukset, koulut, päiväkodit, kokoon-tumistilat ja -alueet sekä asuinalueet ja muut kohteet, joissa voi samanaikaisesti olla suuri joukko ihmisiä ja joista poistuminen tai joissa suojautuminen voi olla onnettomuustilanteissa erityisen hankalaa.

Terveydelle ja ympäristölle vaarallisia kaasuja tai helposti haihtuvia nesteitä sisältävien säiliöiden ja vastaavien suojaetäisyydet ulkopuoliseen toimintaan nähden määritetään niissä mahdollisesti tapahtuvien kemikaalivuotojen aiheuttaman terveys- ja ympäristövaaran perusteella. Maanpäälliset putkistot on sijoitettava niin, että niiden mahdollisesta vuotamisesta aiheutuvat vaarat jäävät mahdollisimman pieniksi.

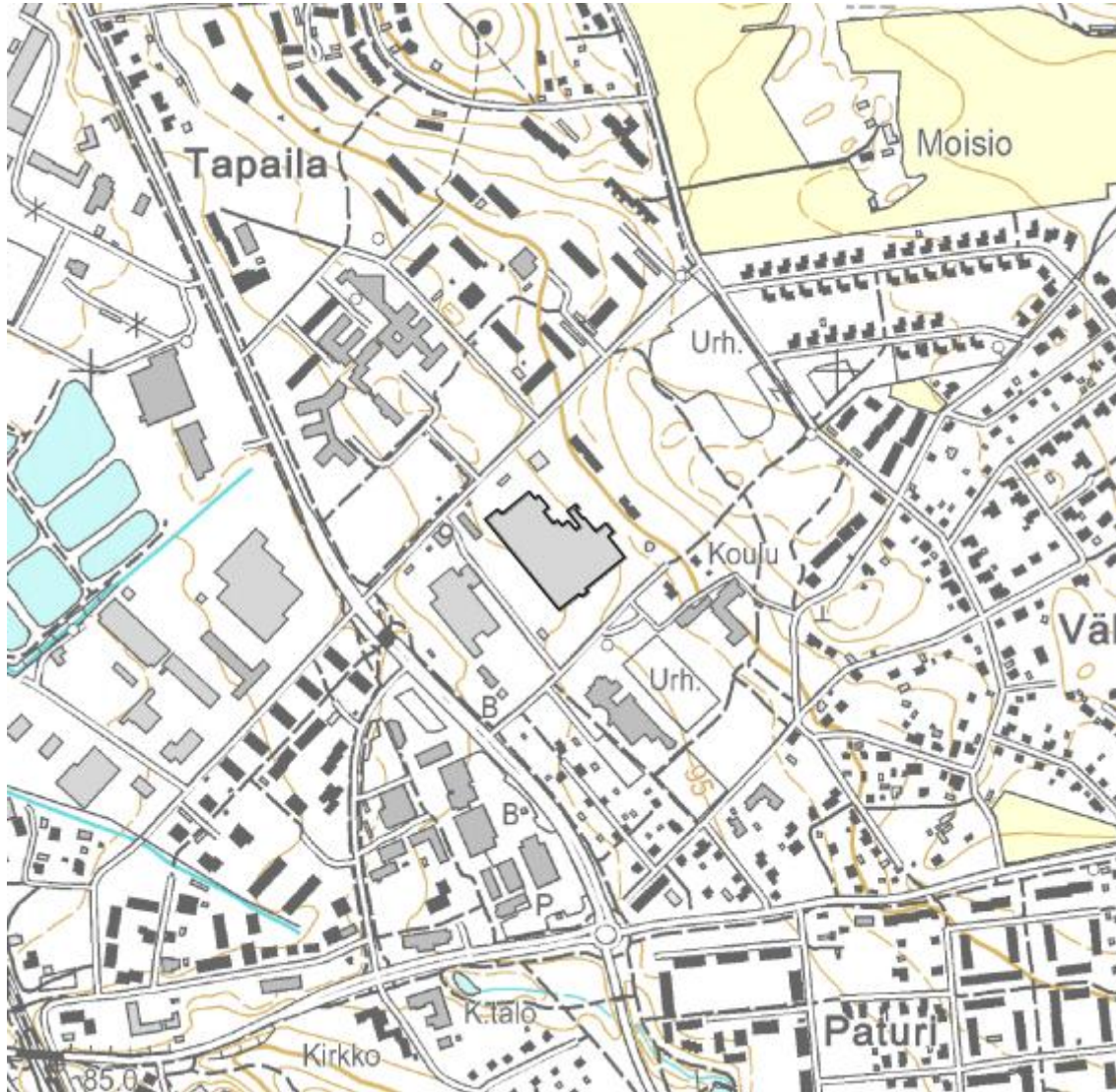
Kemikaaleja laajamittaisesti varastoivan tai valmistavan laitoksen turvallisuusnäkökohdat käsitellään Tukesin lupamenettelyssä. Tuotantolaitoskohtaiset riskit tulee ottaa huomioon ja arvioida lähiympäristön alueen kaavoituksessa, raportoida kaavaselostuksessa ja tarvittaessa antaa näistä johtuvia kaavamääräyksiä. Harkittaessa rakennushankkeen sijoittumista ja rakennuspaikan soveltuvuutta on huolehdittava vaarallisista aineista aiheutuvan suuronnettomuusvaaran torjumiseksi riittävästä suojaetäisyyksistä (MRA 57 §).

2.2.1 Määritelmiä

- *Vaarallinen aine:* Aine, joka räjähdys-, palo-, tartunta- tai säteilyvaarallisuutensa, myrkyllisyytensä, syövyttävyytensä taikka muun sellaisen ominaisuutensa vuoksi saattaa aiheuttaa vahinkoa ihmiselle, ympäristölle tai omaisuudelle (laki vaarallisten aineiden kuljetuksesta (719/1994)).
- *Suuronnettomuus:* Huomattava päästö, tulipalo, räjähdys tai muu ilmiö, joka seuraa vaarallisia kemikaaleja tai räjähteitä valmistavan, käsittelevän tai varastoivan tuotantolaitoksen toiminnassa esiintyneistä hallitsemattomista tapahtumista, jotka voivat aiheuttaa ihmisen terveyteen, ympäristöön tai omaisuuteen kohdistuvaa vakavaa välitöntä tai myöhemmin ilmenevää vaaraa laitoksen sisä- tai ulkopuolella ja jossa on mukana yksi tai useampi vaarallinen kemikaali tai räjähdde (laki vaarallisten kemikaalien tai räjähteiden käsittelyn turvallisuudesta, 390/2005)
- *Riski:* Turvallisuuden näkökulmasta onnettomuuden todennäköisyyden ja seurausten yhdistelmä, haitallisen tapahtuman todennäköisyyden ja seurausvaikutuksen tulo. Riskit voidaan jaotella esimerkiksi niiden luonteen mukaisesti, mm. henkilö-, omaisuus- ja ympäristövahinkoriskeihin.
- *Riskianalyysi:* Riskienhallinnan työkalu, jonka avulla tunnistetaan alueen onnettomuusriskit ja arvioidaan riskien merkitystä henkilöturvallisuuden, ympäristön suojaamisen sekä taloudellisten vaikutusten näkökulmasta.

3. YMPÄRISTÖN NYKYTILA

Jäätelötehdas sijaitsee Janakkalan kunnan Turengin keskustassa. Tehtaan lounaispuolella on Valio Oy:n UHT-tehdas, Fortum Power and Heat Oy:n lämpökeskus sekä Nesteen jakeluasema. Tehtaan koillispuolella on yksityisiä asuinrakennuksia, luoteispuolella terveyskeskus ja Tapailakoti sekä kaakkoispuolella koulu, liikuntahalli ja kirjasto.



Kuva 1. Tutkimuskohteen ympäristö

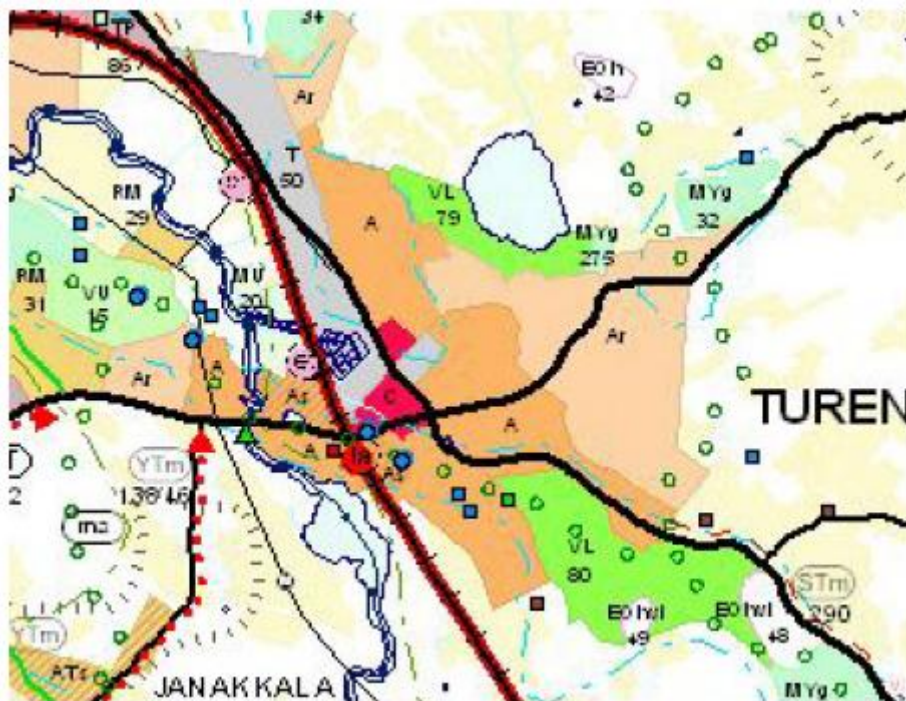
Tehdasalueen viereisillä tonteilla on Valion omistamia asuinrakennuksia (2 kpl). Korttelialueen koillispuolella on virkistysalue, jossa sijaitsee Moisioin kenttä. Korttelialueen kaakkoispuolella on kaksi yksityistä omakotitaloa ja koulu, pallokenttä ja kirjasto–liikuntahalli. Tehdasalueen lounaispuolella on Turengin liikekeskusta.

Tehdas ja ammoniakkilaitos sijoittuvat ensimmäisen luokan pohjavesialueelle (0416505/Turengin sokeritehdas). Pohjavesialue muodostuu luode–kaakko -suuntaisesta moreeniselänteestä. Sen pinta-ala on vajaat 2 km², josta pohjaveden muodostumisaluetta runsas neliökilometri. Alueen kokonaisantoisuudeksi on arvioitu noin 900 m³/d. Pohjavesi virtaa lounaaseen kohti Hiidenjokea ja koilliseen Lastujärveen. Pohjaveden ottoon alueelle on lupa (600 m³/d), mutta laatuongelmien vuoksi vettä ei käytetä, eikä todennäköisesti tulevaisuudessakaan tulla käyttämään yhdyskunnan vedenhankintaan (Janakkalan kunta).

4. KAAVOITUSTILANNE

4.1 Maakuntakaava

Kanta-Hämeen maakuntakaava on vahvistettu valtioneuvostossa 28.9.2006.



Kuva 2. Ote Kanta-Hämeen maakuntakaavasta (2006).

Maakuntakaavassa jäätelötehtaan tontti sijoittuu alueelle T, jolla osoitetaan seudullisesti merkittävät teollisuus- ja varastotoimintojen alueet.

Muita lähiympäristön maakuntakaavamerkintöjä ovat:

- C, keskustatoimintojen alue, jolla osoitetaan seudullisesti merkittävien keskusten keskustahakuisten palvelu-, hallinto-, asumis- ja muiden toimintojen alueita niihin liittyvine liikennealueineen ja puistoineen. C-alueelle voidaan sijoittaa vähittäiskaupan suuryksiköitä.
- A, asuntovaltainen taajamatoimintojen alue, jonka kerrosalasta pääosa on tarkoitettu asumiseen. Merkintä sisältää asumiseen, keskustatoimintoihin, palveluihin ja pienialaisia tuotantotoimintoihin liittyviä rakentamisalueita, liikenneväyliä, virkistys- ja puistoalueita sekä erityisalueita.
- Ar, rakennettava uusi tai rakennetta tiivistävä asuntovaltainen alue, jonka kerrosalasta pääosa on tarkoitettu asumiseen.

Uusiin maakuntakaavoihin merkitään maakunnallisesti tärkeiden kohteiden osalta ns. konsultointivähykkeet suuronnettomuusvaarallisille kohteille, joihin sovelletaan Seveso II direktiiviä¹. Tu- kes ylläpitää luetteloa direktiivin alaisista Suomen laitoksista. Kaikkia kohteita (luettelon 23.11.2012 mukaan 267 kpl) ei ole merkitty maakuntakaavoihin.

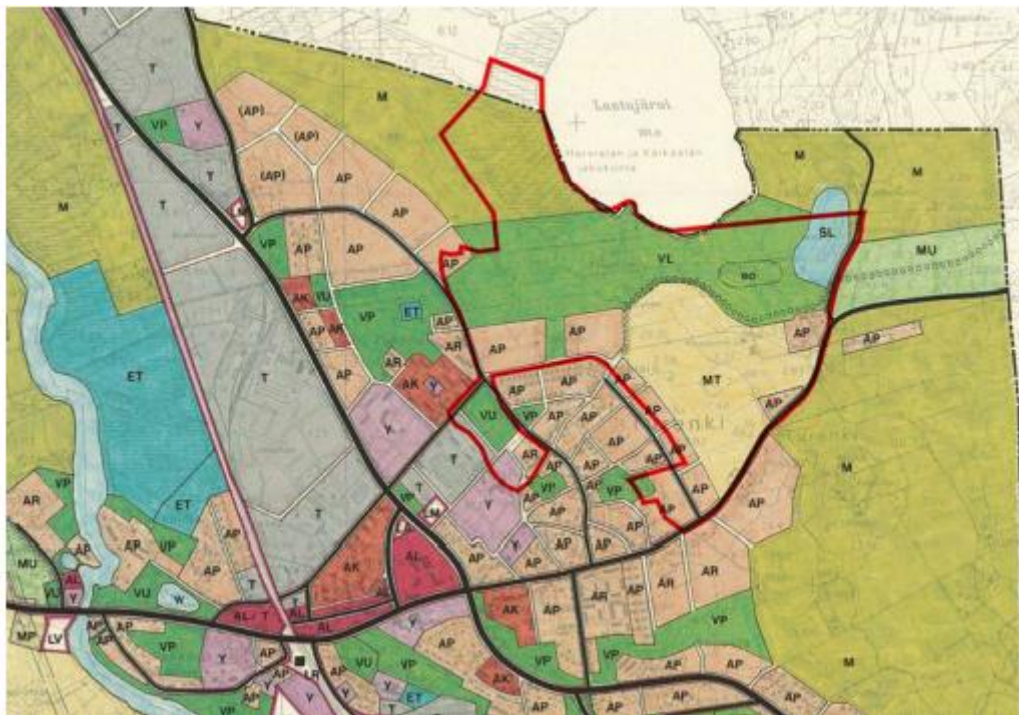
Nestlén Turengin tehdasta ei luokitella suuronnettomuusvaaralliseksi tuotantolaitokseksi. Se ei kuulu suuronnettomuusvaarallisten Seveso-kohteiden luetteloon. Janakkalasta luetteloon kuuluu yksi laitos, Moxom Oy:n ilotulitteiden varastointi- ja koeammuntatoiminta, jolle on osoitettu 1 km konsultointivähyke (mitataan laitosalueen tai tontin rajalta).

4.2 Yleiskaavoitus

Turengissa ei ole voimassa oikeusvaikutteista yleiskaavaa.

4.2.1 Yleiskaava 1981

Nykyinen yleiskaava on kunnanvaltuuston vuonna 1981 hyväksymä, ja sitä voidaan pitää monilta osin selvästi vanhentuneena.



Kuva 3. Ote Turengin oikeusvaikutuksettomasta yleiskaavasta (1981).

Jäätelötehtaan ja viereisen UHT-tehtaan tontit on kaavassa osoitettu teollisuus- ja varastoalueeksi (T). Eteläpuolelle on merkitty polttoaineen jakeluasema (LM) sekä Jannentien pientalovaltainen asuntoalue (AP). Edelleen tehtaasta keskustaa kohden sijaitsevat yleiskaavaan merkityt asuin- kerrostalojen alue (AK) ja liikekeskusalue (AL).

Tehtaan luoteispuolen (terveyskeskus) ja kaakkoispuolen (mm. koulu) alueet on merkitty kaa- vassa julkisten palvelujen ja hallinnon alueeksi (Y). Jänispölun ja Oravapolun kerrostalot on mer- kitty asuin-kerrostaloalueeksi (AK).

Tehtaan koillispuolelle on merkitty urheilun- ja virkistyspalvelujen alue (VU), jossa mm. Moision palloilukenttä.

4.2.2 Turengin itäosa I osayleiskaava

Osayleiskaavan pääasiallinen tarkoitus on osoittaa Turengin taajaman itäpuolisen alueen laa- jenemismahdollisuudet. Kaavassa osoitetaan rakennettavat eli korttelialueet, pääliikenneväylät, virkistysalueet ja muut rakentamisen ulkopuolelle jäävät aluevaraukset. Yleiskaava toteuttaa

¹ Vaarallisista aineista aiheutuvien suuronnettomuusvaarojen torjunnasta annettu direktiivi (96/82/EY)

osaltaan kunnan maankäytön strategiaa mm. asumiseen liittyen. Kaava laaditaan oikeusvaikutteisena. Suunnittelualueen pinta-ala on 160 ha, josta ns. rakennettava alue eli eteläinen osa on 77 ha. Osayleiskaavatyö käynnistyi 2010 ja osallistumis- ja arviointisuunnitelma valmistui loka-kuussa 2012.



Kuva 4. Ote Turengin itäosien osayleiskaavaluonnoksesta (2012).

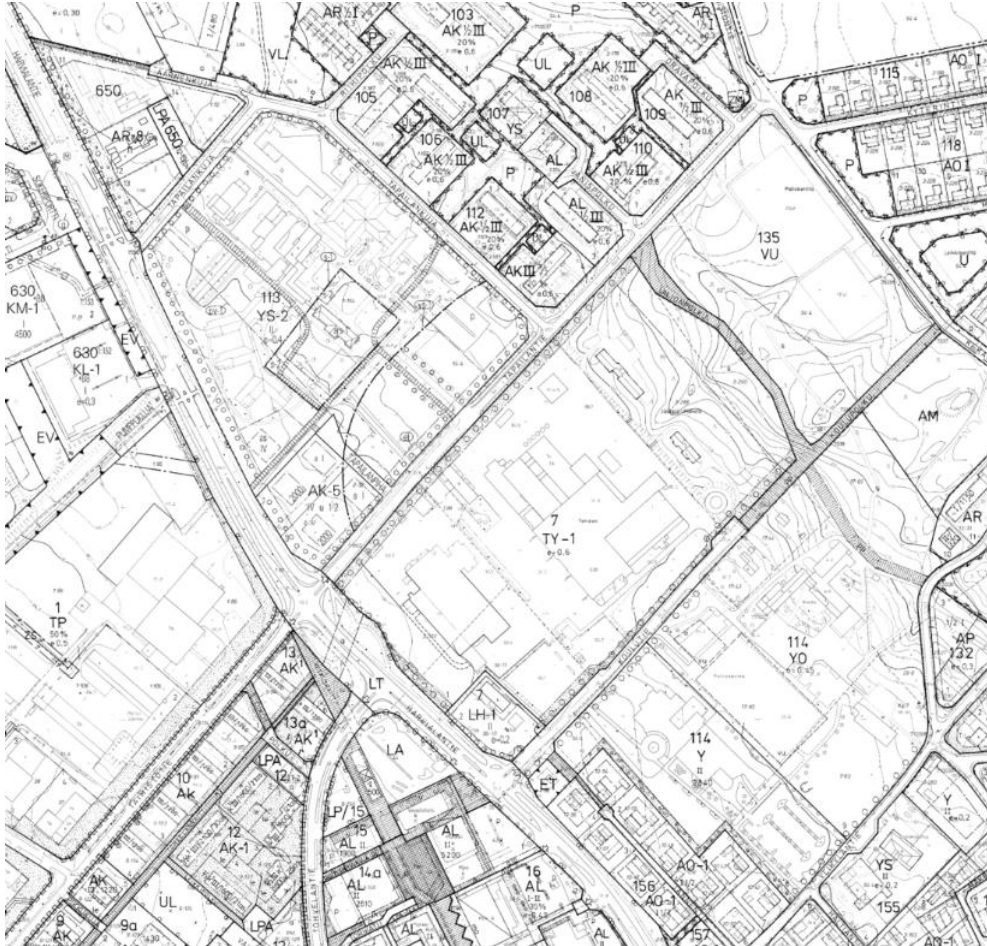
Osayleiskaava-alueella lähinnä tehdasta sijaitsevat koillisessa lähivirkistysalue (VL) ja asuntoalueeksi (A) suunnitellut alueet. Suurimmat maankäytön muutokset osayleiskaavaluonnos osoittaa pohjoiseen Moisio–Kyterin nykyisille peltoalueille, joille suunnitellaan pientalovaltaista asutusta (AP).

4.3 Asemakaavoitus

Seuraavassa esitellään Turengin asemakaavatilanne sekä asemakaavoitussuunnitelmia jäätelö-
tehtaan ympäristössä.

4.3.1 Ajantasa-asemakaava ja kortteli 7

Jäätelötehdas sijoittuu kortteliin 7, jonka asemakaava on vahvistettu 18.1.1989.



Kuva 5. Ote Turengin ajantasa-asemakaavasta.

Tehdas sijoittuu ympäristöhäiriötä aiheuttamattomien teollisuusrakennusten korttelialueelle (TY-1). Rakennusten tulee suuruudeltaan, muodoltaan ja materiaaleiltaan muodostaa yhtenäinen kokonaisuus ja sopeutua ympäristönsä maisemakuvaan. Alueelle ei saa sijoittaa laitosta, joka aiheuttaa ympäristöönsä haitallista ääntä, ilman pilaantumista tai muuta häiriötä. Lisäksi asemakaavamääräyksellä varustettu rakennusala voidaan käyttää asumistarkoituksiin.

4.3.2 Korttelin 113 asemakaavan muutos (Terveyskeskus ja Tapailakoti)

Kaavalla muutettiin Harvialantien ja Tapailantien kulma asuinkerrostalojen korttelialueeksi (AK-5). Samalla tarkasteltiin terveyskeskuksen korttelin lisärakentamismahdollisuudet. Kaava hyväksyttiin kunnanvaltuustossa 12.11.2007.



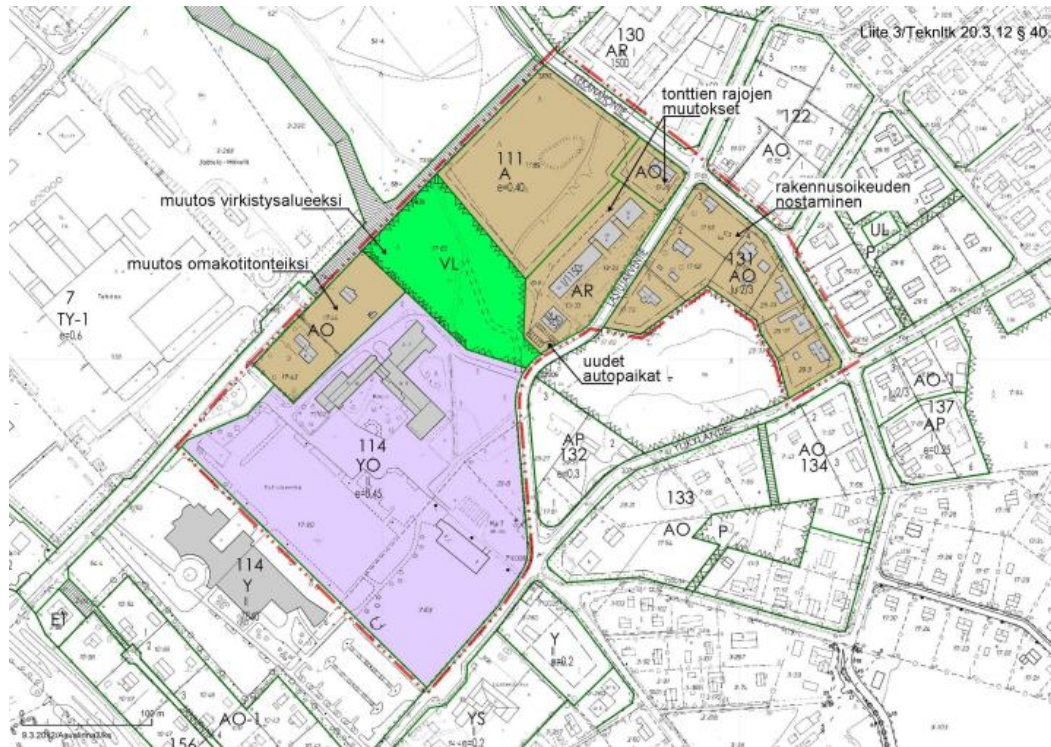
Kuva 6. Korttelin 113 asemakaavan muutos (2007).

Merkinnällä YS-2 on osoitettu sosiaalitointa ja terveydenhuoltoa palvelevien rakennusten korttelialue. Alueelle voidaan rakentaa sairaaloita, vanhainkoteja ja muita vastaavia rakennuksia sekä vanhustenhuoltoa ja sosiaalitointa palvelevia asuntoja.

Kaavaan on merkitty ys-1 alueen osa, jonne ei saa rakentaa pysyvää asumista tai siihen verrattavia hoitotiloja. Merkinnässä on otettu huomioon viereisen tehtaan kemikaalien käyttö.

4.3.3 Aavalinnan asemakaavamuutos

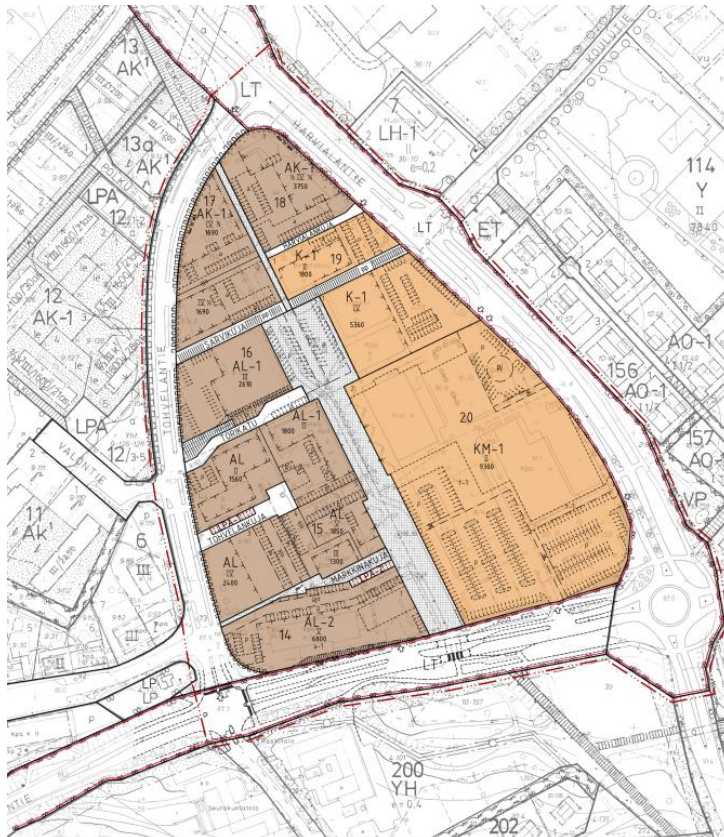
Kaavamuutoksella on tarkoitus luoda edellytykset vanhusten tehostetun palveluasumisen hanketta varten (asuinrakennusten korttelialue, A). Samassa yhteydessä ratkaistaan yksityinen aloite korttelissa 131 rakennusoikeuden nostamiseksi AO-tontilla (erillispientalojen korttelialue, joka sijaitsee lähinnä tehdasta). Lisäksi kaavassa on tarkoitus osoittaa opetustoimintaa palvelevien rakennusten korttelialue (YO), lähivirkistysalue (VL) sekä tehdä eräitä tonttien rajojen muutoksia ja rakennusoikeuden tarkasteluja. Kaavaluonnos on ollut nähtävänä 22.3.–13.4.2012. Kaavan jatkokeskustelu riippuu mm. tämän selvityksen tuloksista. Kaavaa käsitellään 24.5.2013 järjestettävässä viranomaisneuvottelussa.



Kuva 7. Luonnos Aavalinnan asemakaavamuutokseksi (2012).

4.3.4 Turengin keskustan kehittäminen

Asemakaava pohjautuu Turengin keskustan yleissuunnitelmaan, joka esiteltiin valtuustolle 26.5.2008. Keskustan asemakaavan muutos käynnistyi vuoden 2008 lopussa. Tavoitteena on kaavaluonnoksen nähtäville saattaminen vuonna 2013. Kaavan jatkokäsittely riippuu mm. tämän selvityksen tuloksista.



Kuva 8. Luonnos asemakaavamuutokseksi Turengin keskustan kehittämiseksi (2012).

Asemakaavaluonnos osoittaa liikennealueiden lisäksi lähinnä asuinkerrostalojen korttelialueita (AK) sekä asuin-, liike- ja toimistorakennusten korttelialue (AL). Harvialantien varteen on osoitettu liikerakennusten korttelialueita (K), joista keskeisenä KM-1, jolle saa sijoittaa vähittäiskaupan suuryksikön.

5. AMMONIAKKI JA SEN KÄYTTÖ

5.1 Ammoniakki

5.1.1 Yleiset ominaisuudet

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. Ammoniakilla on hyvät termodynaamiset ominaisuudet. Se soveltuu käytettäväksi sekä pakaste- että kylmävarastojen lämpötiloissa ja se on taloudellinen kylmäaine. Se on kuitenkin huomattavan myrkyllistä ihmisille ja vesieliöille.

5.1.2 Reaktiivisuus

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

5.1.3 Palo- ja räjähdysvaara

Suljetussa tilassa on tapahtunut ilma-ammoniakkiseoksen räjähdyksiä (ei Suomessa), vaikka ammoniakki ei ole helposti syttyvää. 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 tilavuus-% ilmassa. Esimerkiksi kompressorista vuotava öljysumu voi laskea räjähdyspitoisuutta huomattavastikin. Eräiden tutkimusten mukaan seoksen syttymisraja on vain 4 %.

5.1.4 Toksisuus

Tehtaan työntekijöiden ja tehdasalueen ympäristön ihmisten kannalta ammoniakkikaasun merkittävin ominaisuus on sen myrkyllisyys suurina pitoisuuksina.

Liitteessä 1 on esitetty ammoniakin aiheuttamia lyhytaikaisia terveysvaikutuksia ja raja-arvoja. 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.

5.1.5 Ympäristövaikutukset

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

5.1.6 Terveyshaittaa aiheuttavat pitoisuustasot

Ilmassa kaasumaisena esiintyvän aineen välitöntä terveyshaittaa voidaan arvioida neliportaisen asteikon avulla (Taulukko 1). Laskelmat on tehty eriaistaisen vaaran pitoisuustasojen esiintymisetaisyyskysymyksille.

Taulukko 1. Terveydelle haitalliset pitoisuustasot. AEGL-arvo kertoo asteikolla 1-3, minkälaisia haitta-vaikutuksia ihminen voi saada altistuttuaan tietyn ajan tietylle kemikaalipitoisuudelle.

Luokka	Määritelmä	Ammoniakki, NH ₃
AEGL-1	Huomattavaa epämukavuutta, ärsytysoireita tai tiettyjä oireettomia, ei aistinvaraisia vaikutuksia	30 ppm (10 min) 30 ppm (30 min)
AEGL-2	Palautumattomia tai muita vakavia, pitkäkestoisia haitallisia terveysvaikutuksia tai heikentynyt kyky pelastautua	220 ppm (10 min) 220 ppm (30 min)
AEGL-3	Hengenvaarallisia vaikutuksia tai kuolema	2 700 ppm (10 min) 1 600 ppm (30 min)

5.2 Ammoniakin käyttö Nestlén tehtaalla

Ammoniakki toimii Nestlén Turengin jäätelötehtaan jäähdytysjärjestelmän kylmäaineena. Ammoniakkia käytetään jäähdytykseen tuotantotiloissa vispauskoneissa ja karkaisutunneleissa sekä tehtaan pakkausvarastoissa.

Ammoniakkia on tehtaan jäähdytysjärjestelmässä noin 20 tonnia. Maksimitäyttömahdollisuus on 32,4 tonnia. Kylmälaitoksessa on neljä ammoniakkisäiliötä (2 x 15 m³, 18 m³ ja 10 m³), joiden kaikkien alla on vuotoallas. Lisäksi tehtaan kellaritilassa on 5,5 m³ säiliö, jonka kautta ammoniakki kiertää. Tämä säiliö toimii neste-erottimena jäävesisiilon ammoniakkikierrolle. Ammoniakki kiertää kolmessa eri piirissä (-48 °C, -38 °C ja -10 °C). Ammoniakkiventtiileissä ei ole vesipesureita.

Jäätelötehtaan ammoniakkikylmälaitoksen putkisto, säiliöt sekä osa laitteista on uudistettu vuosien 2007–2009 aikana. Lisäksi kylmälaitoksen ohjausjärjestelmä on uusittu ja automatisoitu optimoimaan kylmälaitoksen kompressoreiden käyttö jäähdytystarpeen mukaan. Uudistuksen yhtenä tavoitteena oli vähentää käytettävän ammoniakin määrää. Uudistamisen yhteydessä suurin osa ammoniakkiputkista sijoitettiin tehtaan katolle.

Tehtaalla on palo- ja ammoniakkihälytysjärjestelmä tilanteiden nopeaa havaitsemista varten. Tehtaalla on 43 ammoniakkianturia, joita on sijoitettu tuotantotiloihin, konehuoneeseen sekä katolle venttiiliryhmille. Hälytykset ja niiden käynnistämät toimenpiteet on luokiteltu 1-, 2- ja 3-tasolle havaitun pitoisuuden mukaan. Ammoniakkivuototilanteiden varalta tehtaalla on paineilma-laitteita ja kemikaalipukuja.

Nestlén oman näkemyksen mukaan ammoniakkionnettomuuden todennäköisyys Turengin tehtaalla on pieni. Tähän perusteena yhtiöllä ovat mm.

- Suurin osa kylmälaitoksen putkista on uusittu vuosina 2008–2009
- Samalla on uusittu laitoksen ohjausjärjestelmä ja automatisaatio
- Varolaitteet on päivitetty ja ammoniakkivuototunnistinjärjestelmä uusittu vuonna 2008
- Lähes kaikki venttiilit on uusittu ja asennettu ylivirtausventtiilejä jäähdytyspattereille ja venttiiliryhmille
- Vanhoja sulkuventtiilejä ja varoventtiilejä on uusittu vuosittain (lähde sähköposti Iso-Kuortti – Ojala 16.5.2013)

Tuotantoa tehtaalla on pääosin kahdessa vuorossa arkipäivisin, yöaikaan koneet pestään. Valmistus on sesonkiluonteista, painottuen eniten huhti–elokuun väliselle ajalle. Vakituista henkilökuntaa on noin 150, lisäksi sesongin aikana tehdas työllistää kausityöntekijöitä.

Ammoniakin lisäksi Nestlén tehtaalla on myös joitakin muita vaarallisia kemikaaleja pieniä määriä. Näistä merkittävin on nestemäinen typpi.

5.3 Ammoniakin käyttö Valion tehtaalla

Nestlén tehtaan vieressä sijaitsee Valion UHT-tehdas. Valion tehtaalla on tehty oma riskinarviointi ammoniakkionnettomuuksien varalta. Valion tehtaalla ammoniakkia on 2 tonnia. Tässä raportissa

ei tarkasteltu Valion tehtaan ammoniakkionnettomuuden seurausvaikutuksia, koska merkittävämpänä mahdollisena päästölähteenä pidetään suurempaa Nestlén tehdasta.

Valion ammoniakkikylmälaitoksen suojaetäisyytenä voidaan soveltaa Tukesin oppaan (2013) mukaisesti 100 metriä (tyyppi A laitos, alle 3 tonnia ammoniakkia).

6. TARKASTELUUN VALITUT SKENAARIOT

6.1 Palotilanne ja lämpösäteilyvaikutukset

Ammoniakki voi palaa, muttei syty helposti. Tästä syystä ja Tukesin kanssa käydyn keskustelun (27.3.2013 Ojala, Lepola – Penttinen, Heinimaa) perusteella ammoniakin palotilanteita ei mallinnettu. Kylmälaitoksissa syntyneissä tulipaloissa tulipalon aiheuttajana on yleensä ollut jokin muu kuin ammoniakki. Ammoniakkilaitteistot voivat kuitenkin vaurioitua tulipalon seurauksena ja tätä kautta aiheutua ammoniakkivuoto.

6.2 Räjähdystilanne ja painevaikutukset

Ammoniakki muodostuu syttyvän kaasuseoksen, kun kaasua on 16–25 tilavuus-% ilmassa.

Useimmissa ammoniakin räjähdystapauksissa yhteisenä nimittäjänä on ollut konehuoneen tai muun tilan puutteellinen ilmanvaihto, mikä on mahdollistanut syttyvän seoksen syntymisen. Kuitenkin monissa räjähdystapauksissa ei syttymislähdettä ole pystytty varmuudella määrittämään.

Ammoniakin räjähdysionnettomuudet ovat harvinaisia eikä sellaisen tapahtumista Nestlén tehtaalla pidetä todennäköisenä. Räjähdys edellyttäisi syttyvän kaasuseoksen muodostumista esim. konehuoneen ilmatilaan. Konehuoneessa on kuitenkin riittävä ilmanvaihto (2,7–4 m³/s) ja ammoniakkivuodon sattuessa konehuoneen ilmatilaan, käynnistyy myös hätätuuletus estäen syttyvän kaasuseoksen syntymistä.

6.3 Putkistovuoto katolla ja kaasun leviäminen

Nestlén Turengin jäätelötehtaan katolla kulkevien ammoniakkiputkistojen tai -venttiilien rikkoutumista ei pidetä todennäköisenä, sillä katolle ei ole vapaa pääsy. Mahdolliset huoltotoimenpiteet tehdään suunnitellusti ja hallitusti. Ilkivallan mahdollisuutta estetään lisäksi sillä, että tehdasalue on aidattu, tehtaan henkilö- ja rekkaporteilla on kameravalvonta, ja tehdasaluetta vartioidaan yöaikaan ja viikonloppuisin.

Tehtaalla on useampia varoventtiileitä katolla ammoniakkipäästön varalta. Varoventtiilit aukenevat tietyssä paineessa. Suurimmat paineet muodostuvat välipainesäiliöltä ja lauhduttimilta/varaajasäiliöltä. Niissä myös on mahdollisessa vikatilanteessa suurimmat varoventtiilit ja virtaukset.

Todennäköisimpänä varoventtiilivuotona on tarkasteltu lauhduttimien/varaajasäiliön varoventtiilin avautumista, koska korkeapainekoneet ajavat välipainesäiliöstä kuumakaasun lauhduttimille/varaajasäiliöön.

Esimerkiksi v. 1995 Hampurissa Saksassa kylmälaitoksen säätöventtiilin vika aiheutti lämpimän nesteen takaisinvirtauksen välipainesäiliöön ja sieltä edelleen lauhduttimen kiertoon. Paineen nousu lauhduttimen kierrossa avasi varoventtiilit, joiden kautta ammoniakkia purkautui.

Myös v. 2006 Vitressä Ranskassa jäätelötehtaan kylmälaitoksen korkeapainepiiriin varoventtiili avautui ja ammoniakkia purkautui sen kautta. Tuolloin ammoniakin pitoisuudeksi 200 metrin etäisyydellä mitattiin 39 ppm. Vuodon syyksi todettiin varoventtiilin liian pieneksi säädetty avautumispaine.

7. LASKENTAMENETELMÄT JA OLETTAMUKSET

Laskennallisia arvioita tehtiin käyttäen ALOHA 5.4.3-ohjelman malleja (EPA/CAMEO). Laskentoja tehtiin eri säätilanteissa, niin talvi- kuin kesäolosuhteissa. Päästöjä ja olosuhteita vaihdeltiin, mutta perusoletuksina laskennoissa oli seuraavat arvot:

- Ilman suhteellinen kosteus 50 %
- Pilvisyys 5/10
- Lämpötila +18/-10 °C
- Stabiilisuusluokka neutraali D, tuulennopeus 4 m/s
- Stabiilisuusluokka stabiili F, tuulennopeus 2 m/s
- Ei inversiota
- Tuulen suunta lounaasta
- Päästö tapahtuu 10,5 m korkeudella (Nestlén laitoksen katon korkeus)
- Virtausnopeus 2 790 kg/h (varoventtiilin maksimi virtausnopeus)
- Vuotoaika 10 minuuttia
- Sisätilojen ilmanvaihtokertoimeksi on oletettu 0,5

Olosuhteet valittiin Tukes-oppaan "Tuotantolaitosten sijoittaminen, 2013" perusteella sekä keskusteluissa Rambollin ja Tukesin edustajien kesken 27.3.2013.

Lisäksi laskennoissa tarkasteltiin 30 minuutin vuotoaikaa, jota pidettiin pahimpana mahdollisena onnettomuustilanteena Nestlén kannalta.

8. TULOKSET

8.1 Putkistovuoto katolla, kaasun leviäminen ja muodostuvat pitoisuudet

Putkistosta vuotava kaasu ja ammoniakkilammikosta haihtuva höyry ovat ilmaa kevyempiä. Lämpimän, paineen alaisen nesteen pisaroituva vuoto voi kuitenkin muodostaa ympäröivää ilmaa raskaampaa seosta, sillä pisaroiden haihtuminen jäädyttää ilman. Ilmaa raskaamman seoksen muodostuminen on mahdollista Nestlén Turengin tehtaalla ja siksi myös sen haitallisia vaikutuksia on tarkasteltu laskennoissa.

Tuloksia tarkasteltaessa on huomioitava, että päästö on oletettu tapahtuvan varoventtiilistä pumpun **maksimivirtausnopeudella**. Tällainen päästö tulkitaan suureksi ammoniakkivuodoksi ja sen tapahtuminen on epätodennäköistä.

Taulukossa 2 esitetään kesä- ja talviolosuhteissa tapahtuvan 10 minuutin pituisen päästön terveysvaaraa aiheuttavat rajaetäisyydet.

Taulukko 2. Suorana kertapäästönä varoventtiilin kautta ilmaan leviävän ammoniakkin pitoisuuden esiintyminen tuulen alapuolella. Päästö tapahtuu 10,5 metrin korkeudella maanpinnasta.

Olosuhteet	Vuoden-aika	Päästöaika	Etäisyys, jolla esiintyy terveysvaara, [m]		Max pitoisuus vanhainkodissa, 220 m etäisyydellä päästölähteestä, [ppm]	
			AEGL-3	AEGL-2	Sisällä	Ulkona
stabiili säätila F, tuulennopeus 2 m/s	Kesä	10 min	**	580 m	85 ppm	1 050 ppm
		10 min HG*	160 m	710 m	120 ppm	1 550 ppm
	Talvi	10 min	**	540 m	75 ppm	950 ppm
		10 min HG*	150 m	660 m	105 ppm	1350 ppm
neutraali säätila D, tuulennopeus 4 m/s	Kesä	10 min	**	190 m	15 ppm	160 ppm
		10 min HG*	100 m	460 m	60 ppm	730 ppm
	Talvi	10 min	**	180 m	15 ppm	150 ppm
		10 min HG*	90 m	440 m	50 ppm	650 ppm

* Heavy Gas, ilmaa raskaampi kaasu

**Maanpinnalla ei saavuteta kyseistä pitoisuutta

Tuloksista voidaan havaita säätilan vaikuttavan merkittävästi leviämisetäisyyksiin ja haitallisiin pitoisuuksiin. Tuulennopeuden kasvaessa ja säätilan neutralisoituessa terveysvaaraa aiheuttavien pitoisuuksien varoetäisyydet pienenevät.

Säätilasta riippuen kesäolosuhteissa AEGL-3 pitoisuus (2 700 ppm) ylittyi tämän skenaarion laskennassa 100–160 m etäisyydellä päästölähteestä. Tällä alueella kaasupilven keskelle joutuvalle henkilölle aiheutuu vakavia vaikutuksia ja hengenvaara. AEGL-2 pitoisuus (220 ppm) ylittyi laskennassa säätilanteesta riippuen 190–710 m etäisyydellä päästölähteestä. Kaasupilvelle altistuvalla henkilölle aiheutuu heikentynyt kyky pelastautua ja palautumattomia vaikutuksia. Laskentojen perusteella lähistöllä sijaitsevassa vanhainkodissa, 220 m etäisyydellä ammoniakkilaitoksesta, sisätilojen pitoisuus ylitti kaikissa laskentatilanteissa (paitsi neutraalin säätilan vuodoissa, mikäli ei muodostu ilmaa raskaampaa kaasupilveä) AEGL-1-arvon 30 ppm, joka voi aiheuttaa ärsytysoireita.

Talviolosuhteissa terveysvaaran rajaetäisyydet pienenevät joitakin kymmeniä metrejä verraten kesäolosuhteissa laskettuihin etäisyyksiin. Myös sisätiloissa havaittavat haitalliset pitoisuudet pienenevät. Talviolosuhteissa hengenvaaraa, AEGL-3 pitoisuuden ylittymistä, laskettiin skenaariossa voivan esiintyä kaasupilvessä 90–150 m etäisyydellä päästöstä. Heikentynyttä kykyä pelastautua ja palautumattomia terveysvaikutuksia voi esiintyä säätilanteesta riippuen 180–660 m etäisyydellä päästöstä.

Mahdollisen ilmaa raskaamman kaasupilven esiintyessä leviämisetäisyydet suurenevät verrattuna tilanteeseen, jossa ei muodostu ilmaa raskaampaa ammoniakikkaasupilveä. Tällöinkin säätila ja tuoliolosuhteet vaikuttavat merkittävästi leviämisetäisyyksiin.

Liitteenä 1 esitetään ilmaa raskaamman ammoniakikkaasupilven leviäminen 10 minuutin vuototilanteessa. Kuvissa ei ole huomioitu pinnanmuotoja.

Päästöstä muodostuva kaasupilvi on läpimitaltaan melko pieni (esimerkiksi kesällä tapahtuvassa D tilanteessa n. 70–80 m), jolloin altistumiskohteen määrää hyvin pitkälti tuulen suunta. Rakennukset ja maastoesteet rajoittavat päästön leviämistä. Nestlén laitoksen pohjois- ja koillispuolella on harju sekä korkeaa metsikköä, joka osaltaan rajoittaa päästön leviämistä merkittävästi. Laitoksen etelä- ja länsipuolella on rakennuksia, mutta myös avonaisempaa aluetta, johon päästö leviää esteettömämmin kuin laitoksen pohjois- ja koillispuolelle.

8.2 Varoventtiilipäästö katolla, 30 minuutin päästöjakso

Taulukossa 3 esitetään pitkäkestoisen, 30 minuutin, päästön laskentatulokset. Päästötilanne on käsitelty ns. *worst case* -skenaariona.

Taulukko 3. Suorana kertapäästönä varoventtiilin kautta ilmaan leviävän ammoniakkin pitoisuuden esiintyminen tuulen alapuolella. Päästö tapahtuu 10,5 metrin korkeudella maanpinnasta.

Olosuhteet	Vuoden-aika	Päästöaika	Etäisyys, jolla esiintyy terveysvaara, [m]		Max pitoisuus vanhainkodissa, 220 m etäisyydellä päästölähteestä, [ppm]	
			AEGL-3	AEGL-2	Sisällä	Ulkona
stabiili säätila F, tuulennopeus 2 m/s	kesä	30 min	160 m	580 m	230 ppm	1 050 ppm
		30 min HG*	220 m	710 m	335 ppm	1 550 ppm
	talvi	30 min	145 m	540 m	205 ppm	950 ppm
		30 min HG*	200 m	660 m	295 ppm	1350 ppm
neutraali säätila D, tuulennopeus 4 m/s	kesä	30 min	**	190 m	35 ppm	160 ppm
		30 min HG*	170 m	590 m	160 ppm	730 ppm
	talvi	30 min	**	180 m	35 ppm	150 ppm
		30 min HG*	125 m	440 m	140 ppm	650 ppm

Suurimmat leviämisetäisyydet aiheutuivat kesäolosuhteissa tilanteessa, jossa säätila on stabiili ja ammoniakki muodostaa ilmaa raskaamman seoksen. Tällöin AEGL-3 pitoisuudet voivat ulottua noin 220 metrin päähän päästölähteestä eli vanhainkodin luokse, jolloin kyseisellä alueella ulkona olevalle väestölle voi aiheutua hengenvaarallisia vaikutuksia. AEGL-2 pitoisuus ylittyy tuolloin noin 710 m etäisyydellä päästölähteestä aiheuttaen palautumattomia vaikutuksia sekä heikentynyttä kykyä pelastautua.

Tuloksista voidaan havaita, että pidemmissä, 30 minuutin, päästötilanteissa stabiilissa säätilassa lähistöllä sijaitsevan vanhainkodin sisäilman ammoniakkipitoisuus ylittää AEGL-2 arvon lähes kaikissa laskentatilanteissa. Näin pitkään jatkuvan suuren ammoniakkivuodon sattuessa stabiilissa säätilanteessa, aiheutuu vanhainkodissa palautumattomia terveysvaikutuksia sekä pelastautumiskyky heikkenee.

Neutraalissa säätilanteessa vanhainkodin sisäilman ammoniakkipitoisuus jää alle AEGL-2 arvon, ylittäen kuitenkin AEGL-1 arvon. Tällöin vanhainkodin sisätiloissa henkilöille voi aiheutua ärsytysoireita.

30 minuutin pituisen ammoniakkipäästön tapahtumista ei pidetä todennäköisenä tapahtumana Nestlén tehtaalla, mutta päästö on teoriassa mahdollinen. 30 minuutin päästö voisi tapahtua esimerkiksi yöaikaan viikonloppuna, jolloin päästöön reagoimiseen kuluu enemmän aikaa kuin arkipäivänä päiväsaikaan. Tällöin päivystysvuorossa oleva henkilö pääsisi hälytyksen saatuaan paikalle noin 20 minuutin kuluessa.

9. RISKINHALLINTAKEINOT

9.1 Riskien arvioinnit Turengin tehtaalla

Nestlé on toteuttanut vuosina 2007–2008 uudistetulle Turengin tehtaan kylmälaitokselle riskien arvioinnin, josta osia on päivitetty tuon jälkeen vuosittain ja viimeksi 2013. Riskinarvioinnin ajantasaisuus tarkistetaan merkittävien muutosten yhteydessä ja vähintään viiden vuoden välein, kun suoritetaan yhtiön turvallisuusauditointi (*Nestlé Ammonia Safety Audit*). Auditoinnissa käydään läpi laitoksen tekninen kunto, henkilöstön osaaminen, toimintatavat ja kehittämiskohteet. Edellinen *Ammonia Safety Audit* suoritettiin 2009 investoinnin jälkeen, joten seuraava on vuonna 2014.

Kylmälaitoksen riskien arviointi on tarkastelu erikseen osioita: yleiset, katolla tehtävät työt, höyry- ja lauhdejärjestelmä sekä varsinainen kylmälaitos.

Riskien arvioinnissa on tarkasteltu:

- tapaturmavaaraa
- fysikaalisia, kemiallisia ja biologisia tekijöitä
- ergonomisia vaaratekijöitä sekä
- henkisiä tekijöitä

Riskienarvioinnissa on tunnistettu vaaraa aiheuttavat toiminnot, arvioitu mahdollinen vaara tai haitta sekä esitetty olemassa olevat varotoimenpiteet. Toimenpide-ehdotukset/tehtävät toimenpiteet on kirjattu ylös, samoin niiden aikataulu ja vastuuhenkilö, toteutus ja jatkotoimenpiteiden tarve.

Ammoniakkikylmälaitoksen vaarojen arvioinnissa on arvioitu mm. seuraavia poikkeamia (potentiaalisia vaaratilanteita):

- vaarat toimilaitteiden vikaantuessa tai toimintahäiriön yhteydessä
- ulkopuoliset vaarat, korroosio tms.
- vaarat mitta- ja säätölaitteiden vikaantuessa tai toimintahäiriön yhteydessä
- kaasuvuototilanteet
- huolto- ja kunnossapitotyöt

Riskien arvioinnissa tunnistettuja ja toteutettuja toimenpiteitä ovat olleet mm.

- Painelaitteiden ja -putkistojen seurantasuunnitelma ja sen mukaiset tarkastukset
- Visparien sijoittaminen siten, että törmäysvaara minimoituu
- Trukin kuljettajien koulutus ja varovaisuus
- Putkien törmäyssuojaus
- Ilmoitusvelvollisuus kaikista vaurioista
- Ammoniakin lisäyksessä liitosten tarkastus, tilanteen valvonta, henkilökohtaiset suojaimet
- Putkien sijoitus katolla sadesuojan alle, venttiiliryhmien suojaus suojakopilla, venttiiliryhmille kulkutiet
- Valaistus, turvakaiteet, huomioteippaus, ensiapukoulutus, henkilökohtaiset suojaimet

9.2 Teknisiä riskien ehkäisytoimenpiteitä

Nestlé toteuttaa edellä esitetysti systemaattista riskien arviointia.

Yleisellä tasolla voidaan vielä mainita seuraavia tulevaisuuteen liittyviä mahdollisuuksia vähentää ja ehkäistä edelleen riskejä:

- Ammoniakkijärjestelmän kunnonvalvonta. Syöpymät, korroosiot, rikkoumat ja kulumat etenkin katolla sijaitsevilla ammoniakkiputkistoissa voivat aiheuttaa ammoniakkivuodon.
- Varoventtiilin ulospuhalluksen johtaminen esimerkiksi kaasupesuriin, jolloin estetään ammoniakin leviäminen ympäristöön.
- Vesisuihkuverhojen asentaminen jäätelölaitoksen ympärille. Vesiverhoilla on kyetty rajoittamaan onnettomuustilanteessa ammoniakin leviämistä mm. Iso-Britannian Tulloksessa (1987) ja Wiganissa (1994), Saksan Wilhelmsburgissa (1991) ja Fuldassa (1997) sekä Ranskan Cuiseauxissa (1997).
- Tulevaisuudessa kylmäaineen vaihto ammoniakista korvaavaan aineeseen. Esimerkiksi hiilidioksidi on myrkytön ja palamaton sekä luonnolle haitaton. Hiilidioksidi tarvitsee toisen kylmäaineen lauhduttamaan sen kriittisen pisteen alapuolelle. Tällöin voidaan käyttää

ammoniakkia kaskadilaitoksen toisen piirin kylmäaineena. Ratkaisulla voitaisiin ammoniakin määrää pienentää selkeästi Nestlén tehtaalla. Höyrystimet tulevaisuudessa glykoli-jäähdytteiksi.

- Nestelinjoissa pressostaatit, jotka pysäyttävät pumpput paineen äkillisen alenemisen seurauksena (esim. jos putki katkeaa)

9.3 Ympäröivän maankäytön riskienhallintakeinoja

Olemassa olevien rakennusten ja niissä asuvien, työskentelevien, hoidettavien, opiskelevien ja harrastavien ihmisten kannalta keskeisin riskienhallinta on, että tehdas jatkaa ja varmistaa turvallista toimintaansa ja toimintakulttuuriaan. Tehdaslaitteiden uudistusten yhteydessä voidaan riskejä teknisesti vähentää, esim. laitteistojen, järjestelmien ja käytettävien aineiden valinnan keinoin.

Ympäristössä sijaitsevien herkkien kohteiden kiinteistö- ja suojeleusasioista vastaavien henkilöiden tulisi olla tietoisia tehtaan toiminnan riskeistä ja miten mahdollisiin onnettomuustilanteisiin tulee ja voidaan kiinteistöllä reagoida. Kyseeseen tulevat mm. henkilökunnan opastus, hälytykset, menettelyt ilmanvaihdon ja ikkunoiden osalta, milloin vaara on ohi jne.

Samat periaatteet soveltuvat myös ympäristöön suunniteltuun uuteen maankäyttöön. Selvityksessä laskettuja terveysturvallisuusvaaroja voidaan soveltaa kaavaratkaisujen arvioinnissa. Tarvittaessa kaavoihin ja rakennuslupiin voidaan harkita määräyksiä, joilla lisätään rakennuksissa olevien ihmisten turvallisuutta. Yksittäisten kaavojen kohdalla arvioinnissa tulee ottaa lisäksi huomioon maaston, peitteisyyden ja rakennusten estevaikutusten merkitys vaara-alueen esiintymiseen onnettomuustilanteissa. Esim. suunniteltu Aavalinnan kaava-alue ja palvelukeskus sijaitsevat maastoharjanteen takana ja metsä edessä vaimentaa vaikutuksia. Metsä sekä laimentaa ilmaa raskaampaa kaasua ilmaa kevyemmäksi kaasuksi että ohjaa kaasuvanan kulkua.

10. YHTEENVETO

10.1 Tavoitteet, lähtötiedot ja arvioinnin kulku

Työssä arvioitiin mahdollisten onnettomuuksien keskeisiä vaikutuksia maankäytön suunnittelun pohjaksi. Tarkastelu perustui Nestlén Turengin jäätelötehtaan ammoniakin käyttö- ja varastointitietoihin. Olennaisia muutoksia tehtaan toimintaan ei ole tiedossa.

Jäätelötehtaalla käytetään ja varastoidaan laajamittaisesti vaarallisia kemikaaleja. Toiminnan turvallisuutta säädellään kemikaaliturvallisuuslailla. Nestlén kemikaalit ja määrät edellyttävät Turvallisuus- ja kemikaaliviraston (Tukes) lupaa ja valvontaa. Nestlén tehtaan viereisellä tontilla toimivan Valion tehtaan kemikaalien käyttö on selvästi vähäisempää kuin Nestlén eikä edellytä Tukesin lupaa.

Seurausvaikutusten laskennassa esimerkkitapaukset valittiin kuvaamaan tyypillisiä ja toisaalta suurimpia riskejä. Tarkasteltavaksi onnettomuusskenaarioksi valittiin ammoniakin päästö varoventtiilistä laitoksen katolta. Päästön ominaisuuksilla ja säätilanteella on olennainen merkitys onnettomuustilanteiden seurausvaikutusten kohdentumiseen.

10.2 Riskienhallintakeinot

Vaarallisten kemikaalien käsittely ja varastointi teollisuudessa on hyvin säädeltyä ja valvottua. Suunnittelunormien, standardien, teknisten rakenteiden ja automaattisten järjestelmien lisäksi toiminnassa ensiarvoisen tärkeää on kemikaalisäiliöiden ja -putkistojen huolellinen käyttö, käyttäjien tekemä valvonta, havainnot ja reagointi sekä säiliöiden kunto ja kunnossapito; vastuullinen ja turvallinen toiminta-asetus. Näillä torjutaan toiminnasta mahdollisesti aiheutuvia riskejä. Nestlélä on oma turvallisuusohjeensa sekä ylläpitoon ja muutoksiin liittyvä vaarojen arviointimenetelmä, joilla ehkäistään riskejä. Viranomaisena laitoksen kemikaaliturvallisuutta valvoo Tukes.

Nestlén tehtaan riskienhallinnasta voidaan lisäksi todeta, että

- Ammoniakin säiliöinti on keskitetty kylmälaitoksen konehuoneeseen, jossa säiliöt valuma-altaissa
- Ammoniakkiputkistot kulkevat pääosin katolla

- Painelaitteiden ja -putkistojen kuntoa seurataan suunnitelman mukaan
- Tehtaan tuotantotiloissa, konehuoneessa ja katolla venttiiliryhmillä on 43 ammoniakki-vuototunnistinta
- Tunnistimilta tulevat hälytykset ja niitä seuraavat toimenpiteet on luokiteltu pitoisuuden mukaan 1/2/3 -tasolle
- Räjähdysvaarallisissa tiloissa käytetään vain sinne soveltuvia suojattuja sähkölaitteita
- Ammoniakkivuototilanteiden varalta tehtaalla on paineilmalaitteita ja kemikaalipukuja
- Henkilökuntaa koulutetaan, urakoitsijoita opastetaan

10.3 Arvio riskeistä

Suurimman onnettomuusvaaran tehdasalueella aiheuttaa ammoniakki. Ammoniakkia on Nestlén laitoksella jäähdytysjärjestelmässä noin 20 tonnia. Kylmälaitoksessa on neljä ammoniakkisäiliötä ($2 \times 15 \text{ m}^3$, 18 m^3 ja 10 m^3). Lisäksi tehtaan kellaritilassa on $5,5 \text{ m}^3$ säiliö, jonka kautta ammoniakki kiertää. Tämä säiliö toimii neste-erottimena jäävesisiilon ammoniakkikierrolle.

Tarkasteltujen onnettomuusskenaarioiden seurausvaikutukset (terveydelle haitalliset pitoisuudet) rajoittuivat sääolosuhteista riippuen joko päästökohteen lähistöön tai saattoivat ulottua useiden satojen metrien päähän. Henkilövahinkojen vaaraa saattoi aiheutua lähimmissä häiriintymiselle alttiissa kohteissa.

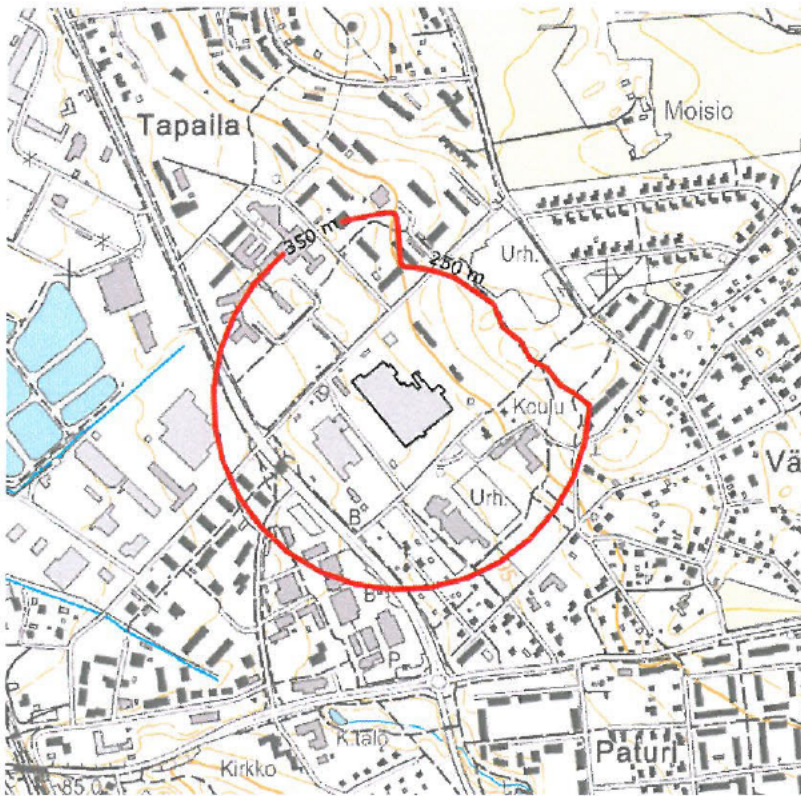
Nestlén tehdasalueen ympäristöä on rakennettu. Tehdasalueen ympäristö pohjois- ja koillispuolella toimii puustoitteen maastoesteenä mahdolliselle kemikaalivuodolle. Riski ammoniakin vuodosta on konkreettisin teollisuusalueen työntekijöille, jotka ovat riskeistä tietoisia ja koulutettuja. Tehdasalueen lähiympäristön (noin 300 m säteellä) kiinteistöjä, asukkaita ja toimijoita tulisi ohjeistaa mahdollisen ammoniakkipäästön varalta. Mahdollisen ammoniakkivuodon sattuessa terveysvaikutus on erilainen sisä- ja ulkotilassa. Sisätilassa oleville henkilöille vaara on vähäisempi.

11. JOHTOPÄÄTÖKSET

Selvitys on tuottanut laskennalliset tulokset terveysvaikutusten esiintymisestä eri tilanteissa ja eri etäisyyksillä. Laskelmien ja piirrosten sekä ympäröivän maankäytön, rakennusten, kohteiden ja maaston muotojen perustella voidaan tarkastella sekä nykyistä että suunniteltua maankäyttöä ympäristössä suhteessa tuotantolaitoksen turvallisuuteen ja riskeihin.

Laskentaan valittujen skenaarioiden ja niiden seurausvaikutusten leviämismallinnuksen perusteella esitetään seuraavassa ehdotukset terveysvaikutuksen suojaetäisyyksiksi. Etäisyydet perustuvat tässä selvityksessä matemaattisella leviämismallilla laskettuihin tuloksiin. Herkkiin kohteisiin (mm. vanhainkodit, sairaalat, koulut) ehdotamme suojaetäisyydeksi pohjoisen ja koillisen suuntaan 250 m, muihin ilmansuuntiin 350 m. Suojaetäisyyksien määrittämisessä on leviämismallitulosten lisäksi otettu huomioon ammoniakkikylmälaitoksen riskienhallintatoimenpiteet, arvioitu onnettomuuden todennäköisyys sekä ympäröivän maaston, metsän ja rakennusten estevaikutukset. Nämä pienentävät onnettomuuden seurausvaikutuksia. Muiden kuin herkkien kohteiden suojaetäisyydeksi esitetään pohjoisen ja koillisen suuntaan 150 metriä, muihin suuntiin 200 metriä.

Herkkien kohteiden ehdotetut suojaetäisyydet esitetään kuvassa 9.



Kuva 9. Ison ammoniakkivuodon perusteella herkkiin kohteisiin ehdotetut suojaetäisyydet kartalla.

Vakavimman vaaratilanteen aiheutti laskennassa ilmaa raskaamman kaasupilven muodostuminen varoventtiilipäästössä. Seurausvaikutusten kannalta vakavimmat seuraukset aiheutti lasketuista tilanteista stabiili säätila F, tuulennopeudella 2 m/s kesäolosuhteissa.

Lahdessa 20. päivänä kesäkuuta 2013

RAMBOLL FINLAND OY

LÄHTEET

Lautkaski, Lamberg, Virolainen. Ammoniakkitäyttöisten kylmälaitosten turvallisuusopas.

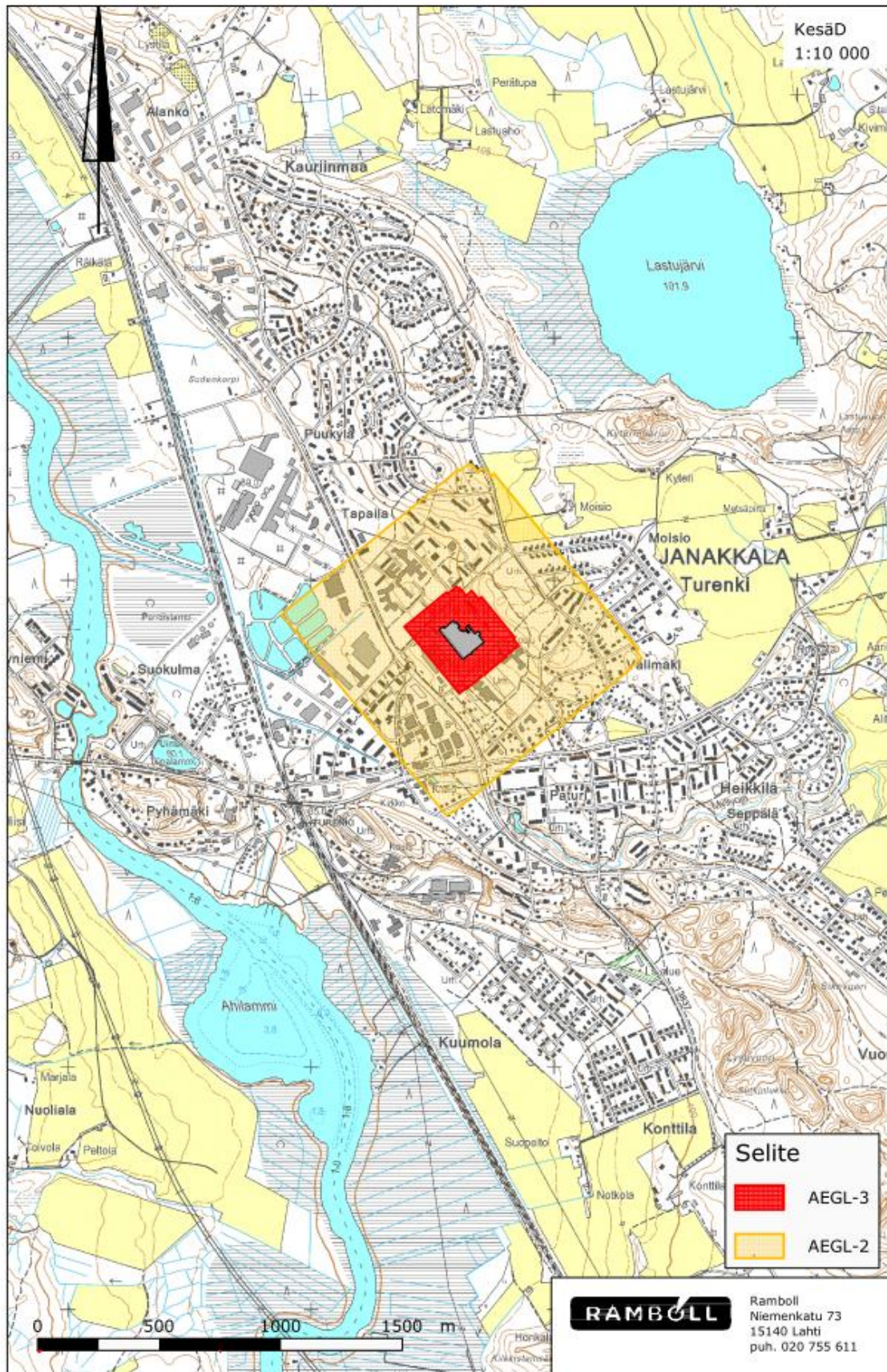
Lautkaski. 2010. Ammoniakin, hapen ja ammoniumnitraatin vaaraetäisyydet. VTT tutkimusraportti VTT-R-02830-10. 57 s.

Tukes. 2013. Tuotantolaitosten sijoittaminen. Opas. 47 s.

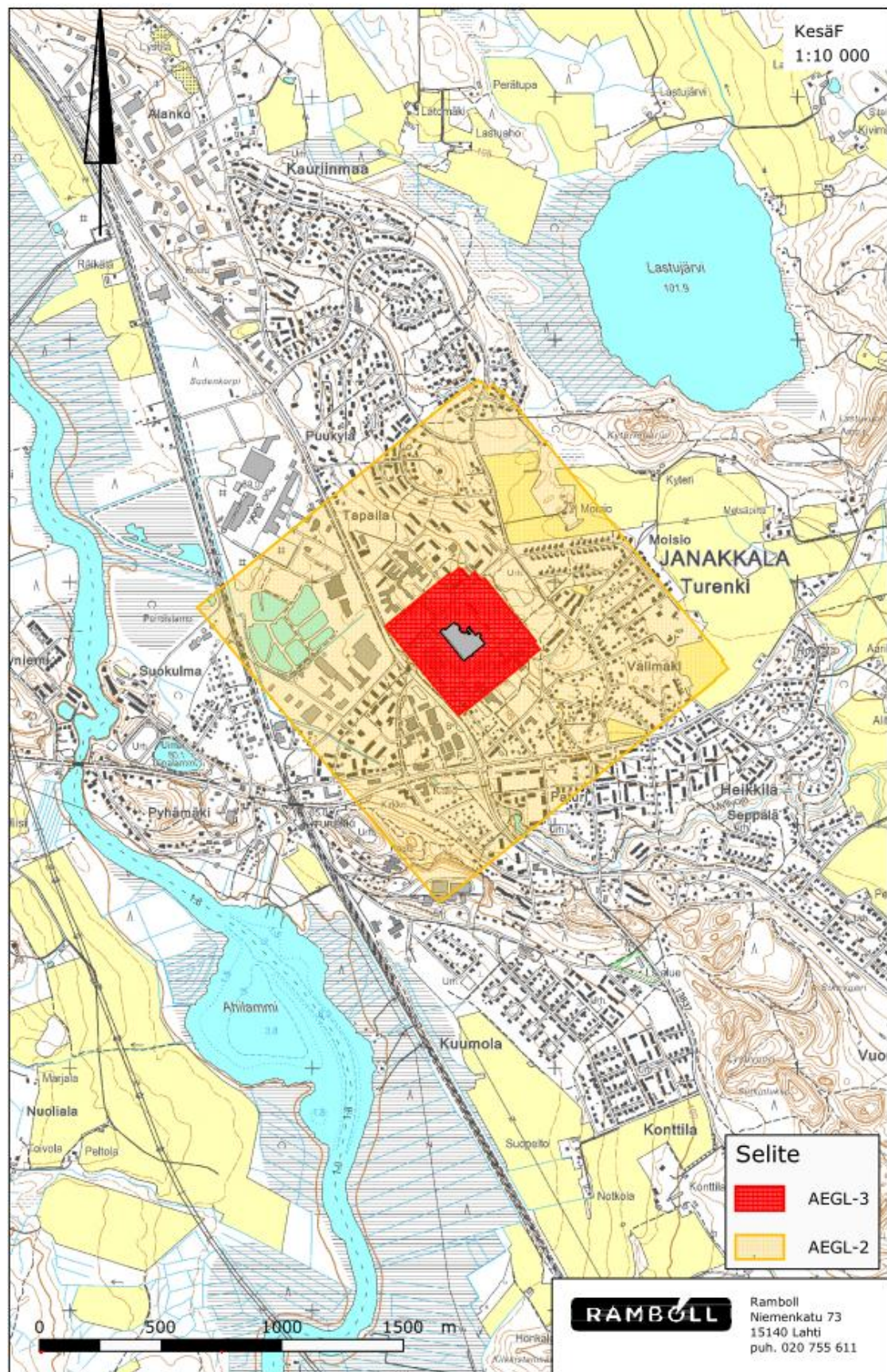
Tukes. 2009. Vaarallisten kemikaalien varastointi. Opas.

Ympäristöministeriö. 2001. Kemikaaleja käsittelevät ja varastoivat tuotantolaitokset – Onnettomuusvaaran huomioon ottaminen kaavoituksessa ja rakentamisessa. Kirje 26.9.2001, Dnro 3/501/2001.

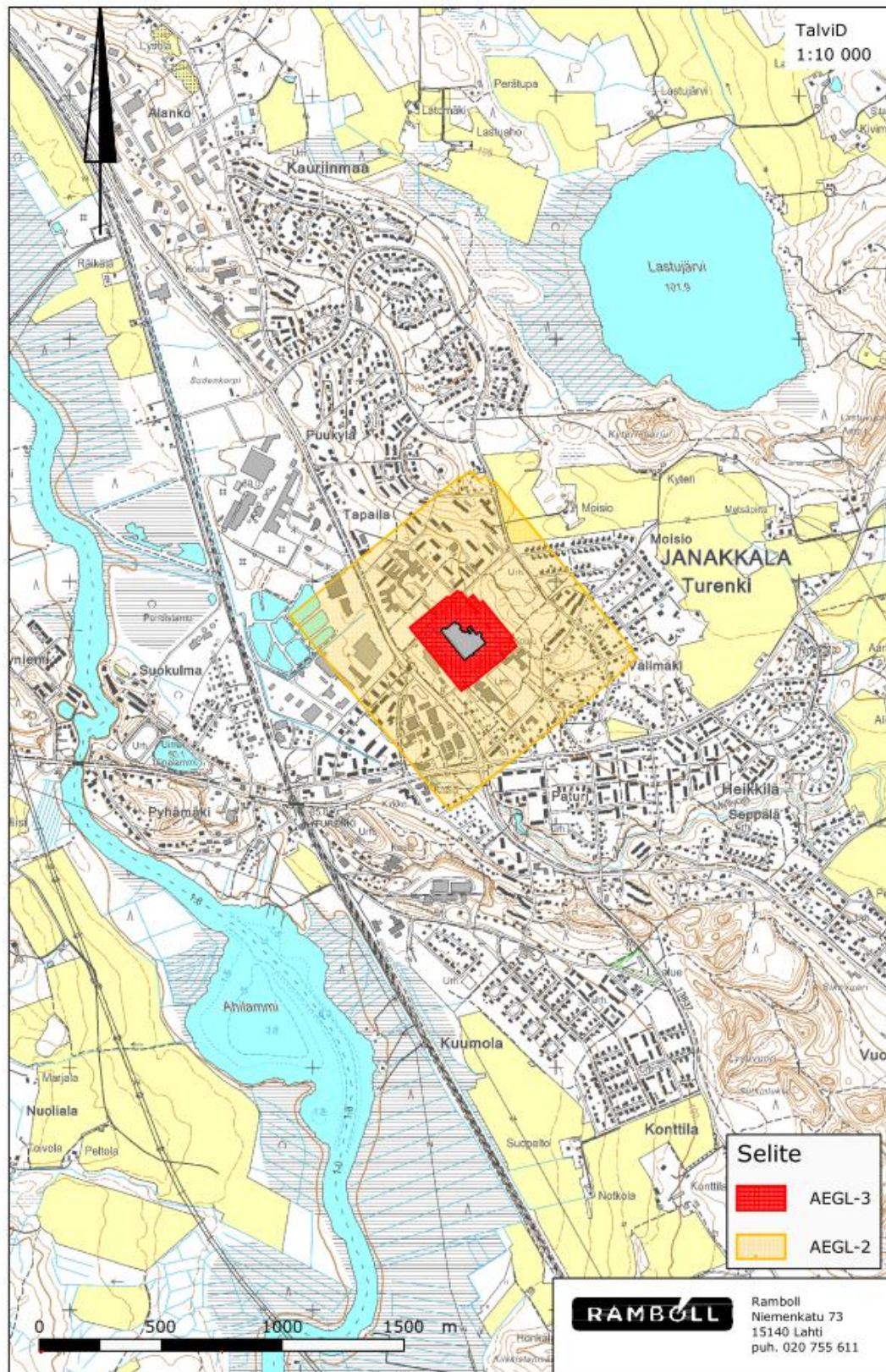
LIITE 1
LEVIÄMISMALLINNUSKUVAT



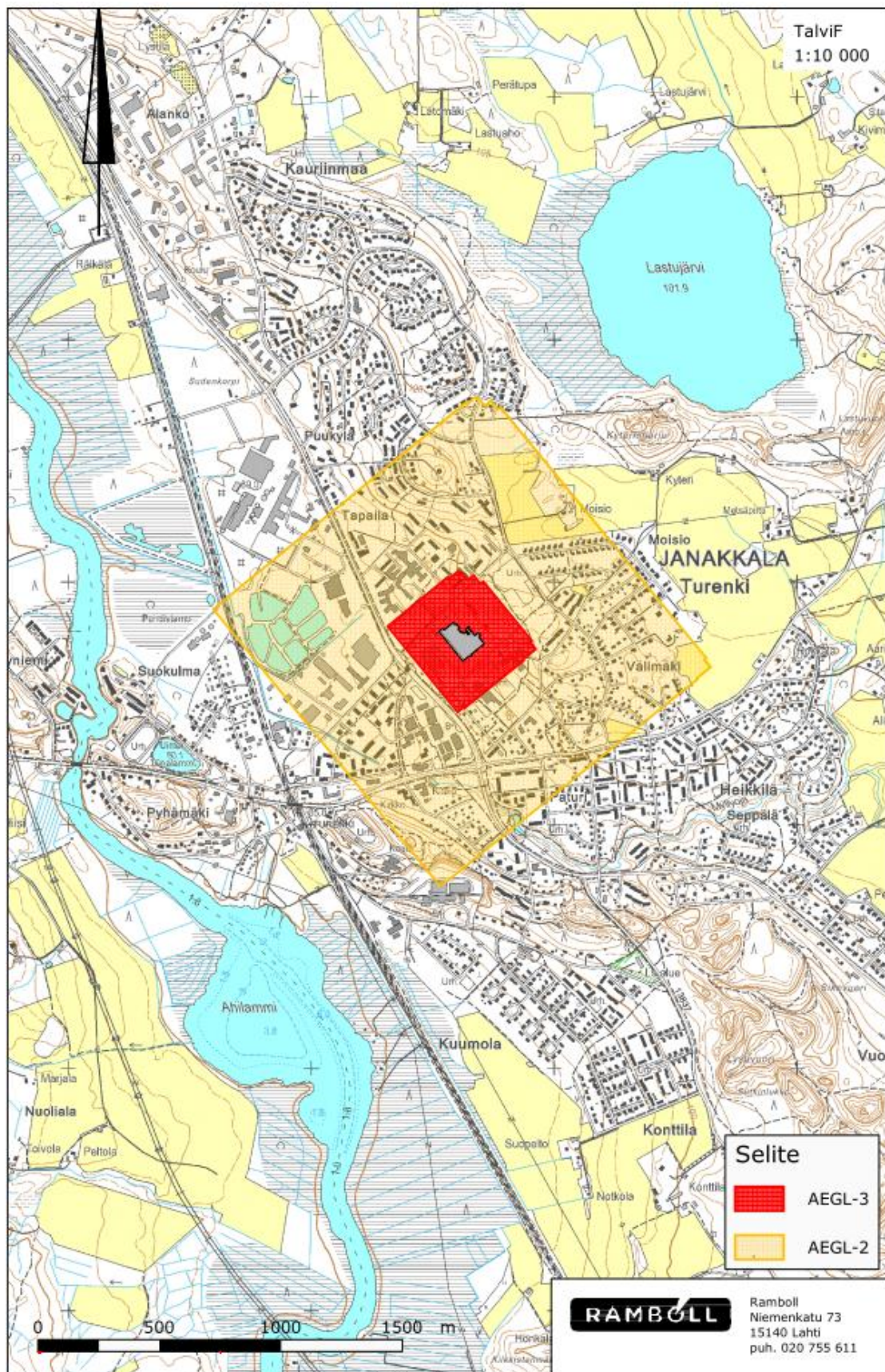
Kuva 10. Suuren ammoniakkivuodon terveysvaaraa aiheuttavien pitoisuuksien leviäminen, kun vuotoaika on ollut 10 minuuttia, säätila neutraali D ja kesäolosuhteet. Kuvassa on tarkasteltu ilmaa raskaamman kaasupitoisuuden leviämistä.



Kuva 11. Suuren ammoniakkivuodon terveysvaaraa aiheuttavien pitoisuuksien leviäminen, kun vuotoaika on ollut 10 minuuttia, säätila stabiili F ja kesäolosuhteet. Kuvassa on tarkasteltu ilmaa raskaamman kaasupitoisuuden leviämistä.



Kuva 12. Suuren ammoniakkivuodon terveysvaaraa aiheuttavien pitoisuuksien leviäminen, kun vuotoaika on ollut 10 minuuttia, säätila neutraali D ja talviolosuhteet. Kuvassa on tarkasteltu ilmaa raskaamman kaasupitoisuuden leviämistä.



Kuva 13. Suuren ammoniakkivuodon terveysvaaraa aiheuttavien pitoisuuksien leviäminen, kun vuotoaika on ollut 10 minuuttia, säätila stabiili F ja talviolosuhteet. Kuvassa on tarkasteltu ilmaa raskaamman kaasupitoisuuden leviämistä.