



TURVALLISUUSKARTOITUS

Sisällys

1	Johdanto.....	3
1.1	Rajaukset.....	3
2	Lait ja asetukset.....	3
2.1	Selvilläolovelvollisuus	3
2.2	Tiedonantovelvoite.....	3
2.3	Ympäristölupa	3
2.4	Kemikaaliturvallisuuslupa.....	3
2.5	Räjähdyksvaaralliset tilat.....	4
3	Tuotantolaitoksen sijoitus	4
3.1	Kemikaalivaraston sijoitus.....	4
3.2	Kemikaalivaraston sijoitus tuotantolaitoksen alueella	5
4	Onnettomuuksien vaikutusten huomioinen.....	6
4.1.1	Lämpösäteilyn vaikutukset	6
4.1.2	Painevaikutukset ja heitteet.....	6
4.1.3	Terveysvaikutukset	7
5	Onnettomuuksien vaikutusten mallinnus	7
5.1	Lämpösäteilyn vaikutukset	7
5.2	Räjähdykspaineen vaikutukset	8
6	Esimerkit.....	8
6.1	Effect zone -varoetäisyys.....	9
6.2	Putkivuotoskenaario	10
6.2.1	Putkivuodosta aiheutuva putkipalo	10
6.2.2	Putkivuodosta aiheutuva räjähdys.....	10
6.3	Säiliön räjähdyskenaario.....	11
6.3.1	Syntyvä lämpösäteily	11
6.3.2	Syntyvä painevaikutus.....	12



1 Johdanto

Elomatic Oy:n laatima turvallisuuskartoitus Green Industry Park Oy:lle Naantalin entisen jalostamoalueen liiketoiminnan kehittämiseen. Raportti toimii lähtötietopakettina ja yleisohjeena vaarallisia kemikaaleja käsitteleville ja varastoiville tuotantolaitoksille.

1.1 Rajaukset

Tässä raportissa vaarallisten kemikaalien onnettomuuksien vaikutuksia ympäristöön ja infrastruktuuriin tarkastellaan lähemmin lämpösäteily- ja painevaikutusten kautta, joiden onnettomuuksista johtuvia terveysvaikutuksia tai toiminnasta mahdollisesti aiheuttuvia muita häiriöitä, kuten jatkuvia päästöjä, melua tai hajuhaittoja ei käsitellä.

2 Lait ja asetukset

2.1 Selvilläölovelvollisuus

Kemikaaliturvallisuuslaki velvoittaa toiminnanharjoittajan hankkimaan valmistamiensa, käsittelemiensä ja varastoimiensa vaarallisten kemikaalien fysikaalisista ja kemiallisista, palo- ja räjähdysvaarallisista sekä terveydelle ja ympäristölle vaarallisista ominaisuuksista ja luokituksesta tiedot.

Lisäksi toiminnanharjoittajan on ryhdyttävä kaikkiin tarpeellisiin toimiin onnettomuuksien ehkäisemiseksi ja niistä ihmisten terveydelle ja ympäristölle sekä omaisuudelle aiheutuvien seurausten rajoittamiseksi.

2.2 Tiedonantovelvoite

Kemikaalilain mukaan toiminnanharjoittajan, joka vastaa sellaisen kemikaalin markkinoille saattamisesta tai asettamisesta saataville markkinoilla tai käyttöön Suomessa, josta on laadittava käyttöturvallisuustiedote REACH-asetuksen 31 artiklan tai CLP-asetuksen liitteen I mukaisesti, on toimitettava tiedot kemikaalista Turvallisuus- ja kemikaalivirastolle.

2.3 Ympäristölupa

Ympäristön pilaantumisen vaaraa aiheuttaville toiminnoille tarvitaan ympäristönsuojelulain mukainen lupa. Ympäristöluvassa voidaan antaa määräyksiä mm. toiminnan laajuudesta, päästöistä ja niiden vähentämisestä.

Ympäristövaikutusten arviointi eli YVA-menettelyä edellytetään hankkeisiin, joilla on todennäköisesti merkittäviä ympäristövaikutuksia.

2.4 Kemikaaliturvallisuuslupa

Vaarallisen kemikaalin laajamittaista teollista käsittelyä ja varastointia saa harjoittaa vain Turvallisuus- ja kemikaaliviraston luvalla. Toiminnan laajuudesta on kolme kategoriaa: Turvallisuusselvityslaitos, Toimintaperiaatelaitos ja Lupalaitos.

Toiminnanharjoittajan tulee tehdä toiminnan laajuudesta riippuen joko turvallisuus selvitys tai toimintaperiaateasiakirja.

Kemikaaliturvallisuuslaki edellyttää laajamittaista teollista käsittelyä ja varastointia harjoittavalta toiminnanharjoittajalta sisäisen pelastussuunnitelman laadintaa.

Vaarallisen kemikaalin vähäistä teollista käsittelyä ja varastointia saa harjoittaa vain tekemällä siitä ilmoituksen joko pelastusviranomaiselle tai Turvallisuus- ja kemikaalivirastolle.

2.5 Räjähdyksivaaralliset tilat

ATEX-olosuhdedirektiivi (99/92/EY) ja ATEX-laitedirektiivi (2014/34/EU) koskevat räjähdysvaarallisia tiloja, niissä työskentelyä ja käytettäviä laitteita.

ATEX-säädökset koskevat sellaisia tuotantolaitoksia, joissa syttyvät nesteet, kaasut tai pölyt voivat aiheuttaa räjähdysvaaran.

Toiminnanharjoittajan velvollisuutena on selvittää räjähdysvaaran olemassaolo, toimenpiteet räjähdysten estämiseksi ja niiltä suojautuminen, oikean laitteen valinta oikeaan tilaan, työntekijöiden perehdyttäminen ja räjähdysuojausasiakirjan laatiminen.

3 Tuotantolaitoksen sijoitus

Vaarallisia kemikaaleja käsittelevien ja varastoivien laitosten pitää huomioida kemikaaleista aiheutuva onnettomuusvaara tuotantolaitosten sijoituksessa. Onnettomuusvaaraa arvioitaessa on huomioitava onnettomuudesta aiheutuva lämpösäteily, paineaalto, terveys- ja ympäristövaikutukset.

Kemikaaliturvallisuuslain mukaan tuotantolaitos on sijoitettava sellaiselle etäisyydelle asuinalueista ja yleisessä käytössä olevista rakennuksista ja alueista, etteivät ennalta mahdollisesti arvioitavat räjähdykset, tulipalot ja kemikaalipäästöt aiheuta henkilö-, ympäristö- tai omaisuusvahinkojen vaaraa näissä kohteissa.

Maankäyttö- ja rakennusasetuksen mukaan palovaarallista rakennusta ei saa sijoittaa 15 metriä lähemmäksi toisen omistamaa tai hallitsemaa maata eikä 20 metriä lähemmäksi rakennusta, joka on toisen omistamalla tai hallitsemalla maalla.

Tuotantolaitosten, jotka harjoittavat laajamittaista toimintaa, on arvioitava kohteiden suojaetäisyydet onnettomuuksien vaikutusten perusteella.

3.1 Kemikaalivaraston sijoitus

Kemikaalivaraston tulee aina sijaita vähintään 5 metriä laitoksen tontin rajasta. Kemikaalivaraston sijoituksessa on otettava huomioon myös sen ulkopuolelta kohdistuvat onnettomuuden todennäköisyyttä lisäävät tekijät.

Palavaa nestettä sisältävän säiliön suojaetäisyys ulkopuoliseen toimintaan määritetään palamisessa syntyvän lämpösäteilyn vaikutusten perusteella, myös palavan nesteen ylikiehumisen mahdollisuus tulee huomioida.

Muut terveydelle ja ympäristölle vaarallista nestemäistä tai kiinteää kemikaalia sisältävät varastot tulee sijoittaa niin, ettei kemikaalia pääse vuototilanteessa leviämään tuotantolaitoksen alueen ulkopuolelle. Etäisyyksissä tulee ottaa huomioon myös kemikaalien hajoamisesta ja muusta reagoimisesta tulipalotilanteissa syntyvät savukaasut.

3.2 Kemikaalivaraston sijoitus tuotantolaitoksen alueella

Tuotantolaitoksen alueella olevien kohteiden ja toimintojen sijoituksessa tulee ottaa huomioon seuraavat periaatteet:

1. varastot ja prosessitilat ovat erillään toisistaan
2. toimintaan liittymättömät syttymislähteet ovat erillään palavista kemikaaleista
3. yhteen sopimattomat kemikaalit ovat erillään toisistaan
4. toiminnot, joihin liittyy erityinen räjähdysvaara, sijoitetaan erilleen muista toiminnoista
5. tuotantotiloissa on vaarallisia kemikaaleja ainoastaan sellaisia määriä, jotka ovat toiminnan ja turvallisuuden kannalta perusteltuja
6. tuotantotiloissa ja varastoissa ei ole muuta kuin toiminnan kannalta välttämätöntä palokuormaa
7. onnettomuustilanteissa kriittiset torjuntalaitteet sekä hälytysjärjestelmät ovat käytettävissä
8. onnettomuustilanteissa kemikaalien leviäminen maanpäällisiä tai maanalaisia reittejä pitkin voidaan rajoittaa mahdollisimman pienelle alueelle
9. säiliöt ja putkistot sijoitetaan maan päälle, elleivät tuoteominaisuudet taikka käyttötekniiset tai turvallisuuden kannalta perustellut syyt edellytä maan alle sijoittamista.

Palavia nesteitä sisältävät säiliöryhmät, konttivarastot ja kappaletavaravarastot on sijoitettava sellaiselle etäisyydelle toisesta varastosta ja kemikaaleja sisältävistä laitteistoista, ettei palo vahinkotapauksessa pääse leviämään niihin eikä palosta aiheudu niissä olevien kemikaalien vaarallista kuumenemista eikä vaarallista paineennousua säiliössä tai laitteistossa. Suojaetäisyydet määritetään säiliön ja kappaletavaravaraston palamisessa syntyvän lämpösäteilyn vaikutusten perusteella.

Räjähäviä kemikaaleja tai räjähdysvaarallisia pölyjä sisältävien säiliöiden ja kappaletavaravarastojen keskinäiset etäisyydet sekä etäisyydet tuotantolaitoksen alueen muihin kohteisiin määritetään räjähdyksessä syntyvien painevaikutusten perusteella.

Säiliöt sijoitetaan ottaen huomioon varastoitavien kemikaalien ominaisuudet ja määrät. Käyttöön liittyvät toimenpiteet, tarkastukset, huollot ja korjaukset on voitava tehdä helposti ja turvallisesti. Vaaratilanteissa alueelta on pystyttävä poistumaan ja pelastushenkilökunnan on päästävä alueelle ainakin kahdesta suunnasta. Säiliön keskinäisessä sijoittelussa otetaan huomioon mahdolliset ylivuodot ja niiden viereisille säiliöille aiheuttamat vaarat.

Ulkona olevat säiliöt sijoitetaan tiiviiseen, vähintään kolme vuorokautta säiliön sisällön vaikutusta kestäväan vallitilaan, jotta estetään kemikaalien ympäristöön leviäminen säiliövuodon tai ylitäytön sattuessa. Terveydelle ja ympäristölle vaaralliset kemikaalit sijoitetaan vallitilaan, jonka tilavuus on vähintään vallitilassa olevan suurimman säiliön tilavuus. Palavien nesteiden säiliöllä pitää olla omat vallitilat ja niihin pitää mahtua 110 % suurimman säiliön tilavuudesta. Vallitilan seinämien ja pohjien rakenteiden on kestettävä tulipalossa tiiviinä vähintään kahden tunnin ajan.

4 Onnettomuuksien vaikutusten huomioinen

Tuotantolaitosten sijoituksessa on otettava huomioon laitoksessa mahdollisesti tapahtuvien onnettomuuksien vaikutukset. Onnettomuuksien vaikutuksia arvioitaessa on otettava huomioon kemikaalin kaikki vaaraominaisuudet ja niistä aiheutuvien onnettomuuksien seuraukset sekä pölyjen räjähdyksistä aiheutuvat seuraukset.

Onnettomuuksien yhteydessä tarkasteltavia vaikutustapoja ovat lämpösäteily, painevaikutukset sekä kemikaalien aiheuttama terveys- ja ympäristövaara.

4.1.1 Lämpösäteilyn vaikutukset

Tuotantolaitoksen sijoituksessa tulee ottaa huomioon, ettei tulipalon tai räjähdysten sattuessa aiheudu sellaista lämpösäteilyä tuotantolaitoksen ulkopuolella oleviin kohteisiin, että:

1. sen vaikutuksesta rakennukset, laitteistot, rakenteet tai muut paloa levittävät kohteet voivat syttyä
2. se voi estää ihmisten suojautumisen tai poistumisen lämpösäteilyn vaikutusalueelta rakennus- tai muissa kohteissa, joissa ihmisiä voi oleskella
3. se voi aiheuttaa palovammoja ulkona oleville ihmisille kohteissa, joista poistuminen tai joiden tyhjentäminen voi onnettomuustilanteissa olla hädästä, kuten hoitolaitokset, majoitustilat, kokoontumis- ja liiketilat ja -alueet taikka tiheästi asutut asuinalueet.

4.1.2 Painevaikutukset ja heitteet

Tuotantolaitoksen sijoituksessa tulee ottaa huomioon, ettei räjähdysonnettomuuden sattuessa aiheudu sitä ympäröiviin rakennus- ja muihin kohteisiin sellaisia painevaikutuksia, että seurauksena voi olla

1. rakennusten tai rakenteiden sortuminen taikka vaurioita muiden tuotantolaitosten laitteistoihin, varastoihin tai muihin rakenteisiin siinä määrin, että onnettomuus voi laajeta
2. pysyviä vammoja ihmisille alueella, jolla sijaitsee rakennuksia tai muita kohteita, joissa normaalisti voi olla ihmisiä.

Vaaroja arvioitaessa on otettava huomioon myös heitteistä aiheutuva vaara sekä rakenteiden sortumisesta tai rikkoontumisesta aiheutuvat vaarat.

4.1.3 Terveysvaikutukset

Kemikaalien aiheuttamat vaikutukset terveyteen pitää huomioida tuotantolaitoksen sijoituksessa. Terveysvaaran arviointia varten selvitetään ympäristöön joutuvan kemikaalin terveysvaikutukset, kemikaalin määrä ja leviäminen.

Todennäköiseksi arvioidussa onnettomuudessa leviävän kemikaalin pitoisuuden ja altistusajan pitää pysyä niin alhaisina, ettei ihmisille aiheudu vakavia vammoja. Sijoituksessa on otettava erityisesti huomioon ihmisten ja väestön terveyden kannalta erityisen herkäät kohteet, asuinalueet ja muut kohteet, joissa voi samanaikaisesti olla suuri joukko ihmisiä ja joista poistuminen tai joissa suojautuminen voi olla onnettomuustilanteissa erityisen hankalaa.

5 Onnettomuuksien vaikutusten mallinnus

Onnettomuuksien vaikutusten arvioimiseksi tulee laatia onnettomuutta kuvaava malli tyypillisimmistä ja merkittävimmistä onnettomuuksista. Tätä mallinnusta käytetään laitoksen sijoitussuunnitteluun. Laitoksessa mahdollisesti tapahtuvien suuronnettomuustilanteiden kuvaamista edellytetään maksimi pelastusvalmiuksien hahmottamiseen ja pelastussuunnitelmien laatimiseen.

Tarkasteltaviksi valittavat onnettomuustilanteet riippuvat kunkin laitoksen tai kohteen paikallisista olosuhteista.

Kemikaalien varastointiin ja käyttöön liittyvien vaarojen paine-, lämpösäteily ja terveysvaikutukset arvioidaan laskennallisilla menetelmillä 2D- ja 3D-virtausmallinnuksia hyödyntäen. Suurvaarojen vaikutukset esitetään piirroksissa, joista selviää, onko tarvetta muuttaa suojaetäisyyksiä tai rajoittaa vaikutuksia teknisin keinoin.

5.1 Lämpösäteilyn vaikutukset

Laitoksen sijoituksen suunnittelussa käytettävät lämpösäteilyn raja-arvot vaikutuksiin on esitetty taulukossa 1.

Laskelmia voidaan hyödyntää myös arvioitaessa lämpösäteilyn vaikutusta tuotantolaitoksen alueella, kun halutaan arvioida toimintojen turvallisista sijoittamista ja evakuointietäisyyksiä.

Henkilöturvallisuutta arvioitaessa voidaan laskea myös lämpösäteilyannokset. Tällöin lämpösäteilyintensiteetti 3 kW/m^2 ja yli 2 minuutin vaikutusaika aiheuttaa palautumattomia vaikutuksia ja lämpösäteilyintensiteetti 5 kW/m^2 ja yli 2 minuutin vaikutusaika aiheuttaa kuolettavia vammoja.



Taulukko 1. Lämpösäteilyn intensiteetti ja vaikutukset.

Lämpösäteilyn Intensiteetti	Vaikutukset
8 kW/m ²	Rakennukset, laitteistot, rakenteet tai muut paloa levittävät kohteet voivat syttyä
3 kW/m ²	Voi aiheuttaa palovammoja ulkona oleville ihmisille kohteissa, joista poistuminen voi olla hidasta
1,5 kW/m ²	Ihmiset pitää evakuoida tämän alueen ulkopuolelle

5.2 Räjähdyspaineen vaikutukset

Laitoksen sijoituksen suunnittelussa käytettävät räjähdyspaineet vaikutuksineen on esitetty taulukossa 2.

Taulukko 2. Räjähdyspaineiden vaikutukset

Räjähdyspaine	Vaikutukset
0.05 bar	Ikkunoita särkyä
0.15 bar	Rakennuksia vahingoittuu
0.30 bar	Rakennuksia tuhoutuu

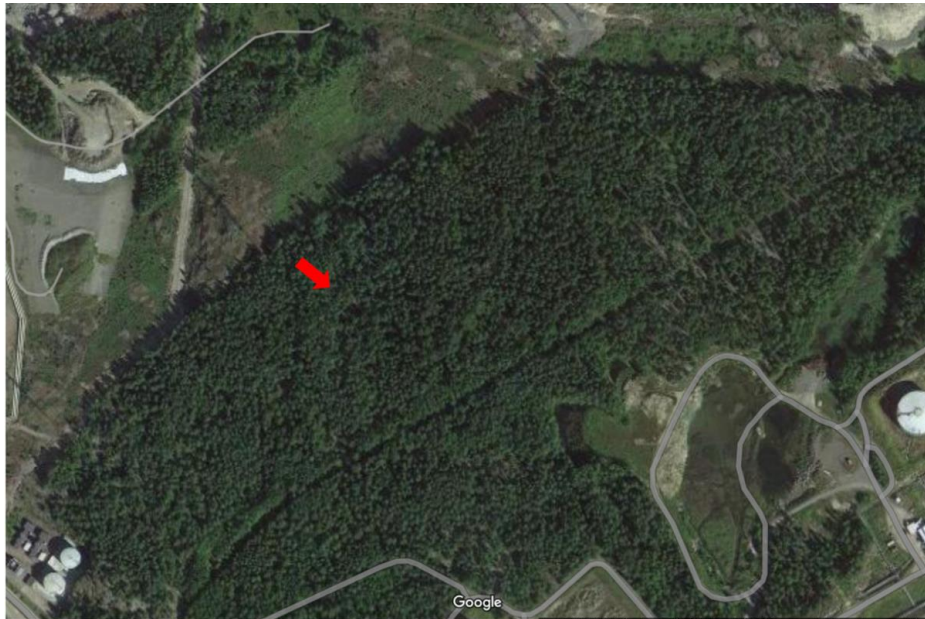
6 Esimerkit

Tässä laskennallisessa esimerkissä esitetään Phast-ohjelman avulla laskettuja suojaetäisyyksiä. Onnettomuusskenaarioiksi on valittu yhden 46 kg/350 bar vetysäiliön täyttöputken vuodon jälkeinen räjähdys ja palo sekä vetysäiliön räjähdys.

Tuulen nopeus on 3 m/s sekä 5 m/s, säätila on neutraali (Pasquill D) ja ympäristönlämpötila +10 °C.

Vetysäiliön sijainti kartalla on esitetty kuvassa 1 punaisella nuolella.

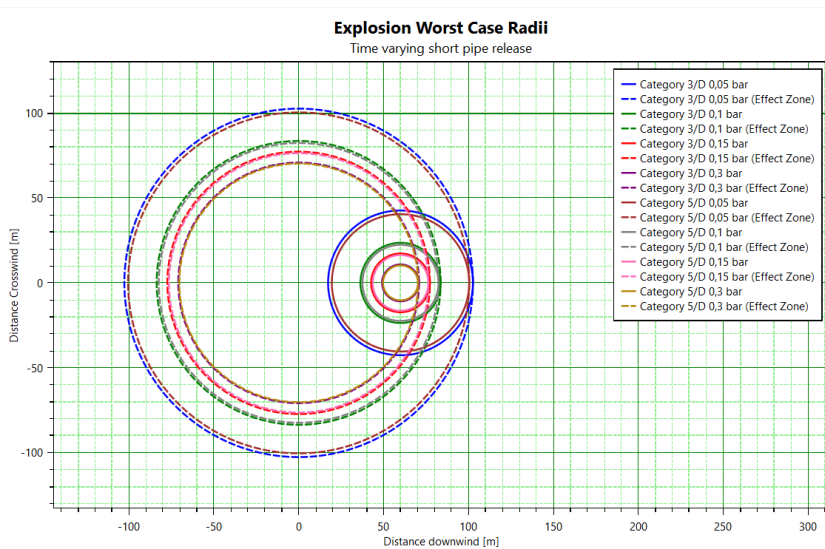




Kuva 1 Vetysäiliön sijainti

6.1 Effect zone -varoetäisyys

Tuulen suunnan vaikutus huomioidaan laskemissa "effect zone"-varoetäisyydellä. Tämä tarkoittaa palavan kaasun syttymistä kaasupilven uloimmalla reunalla, missä vielä on alemman syttymisrajan (LEL) ylittävä kaasupitoisuus. Tuulen suunnasta riippuen syttyminen voi tapahtua missä vain uloimman ympyrän sisällä kuvassa 2.



Kuva 2 Effect zone vs. paikallisen räjähdysen varoetäisyydet. Effect zone -etäisyydet ovat katkoviivoilla. Vuotokohta sijaitsee origossa.

6.2 Putkivuotoskenaario

Tässä esimerkissä vetysäiliön liitosputki katkeaa, jolloin säiliö tyhjenee putken kautta. Putken sisähalkaisija on 20 mm ja putken pituus 2 m. Vuoto on alussa 4.2 kg/s ja se loppuu kokonaan noin 80 sekunnin jälkeen.

Tapahtumasta voi seurata

- Putkipalo, jolloin kaasu syttyy heti vuotavan putken päässä aiheuttaen lämpösäteilyä
- Räjähdyks, jolloin kaasupilvi leviää ympäristöön ja syttyy räjähtäen

6.2.1 Putkivuodosta aiheutuva putkipalo

Jos putkivuoto syttyy palamaan, syntyy katkenneen putken päähän pitkä liekki. Liekin lämpösäteilyn effect zone -varoetäisyydet on esitetty taulukossa 3. Tuulen nopeudella ei ole juurikaan vaikutusta varoetäisyyksiin.

Taulukko 3 Putkipalon lämpösäteilyn varoetäisyydet

Putkipalon lämpösäteily	
3 kW/m ²	29 m
5 kW/m ²	26 m
8 kW/m ²	24 m

6.2.2 Putkivuodosta aiheutuva räjähdys

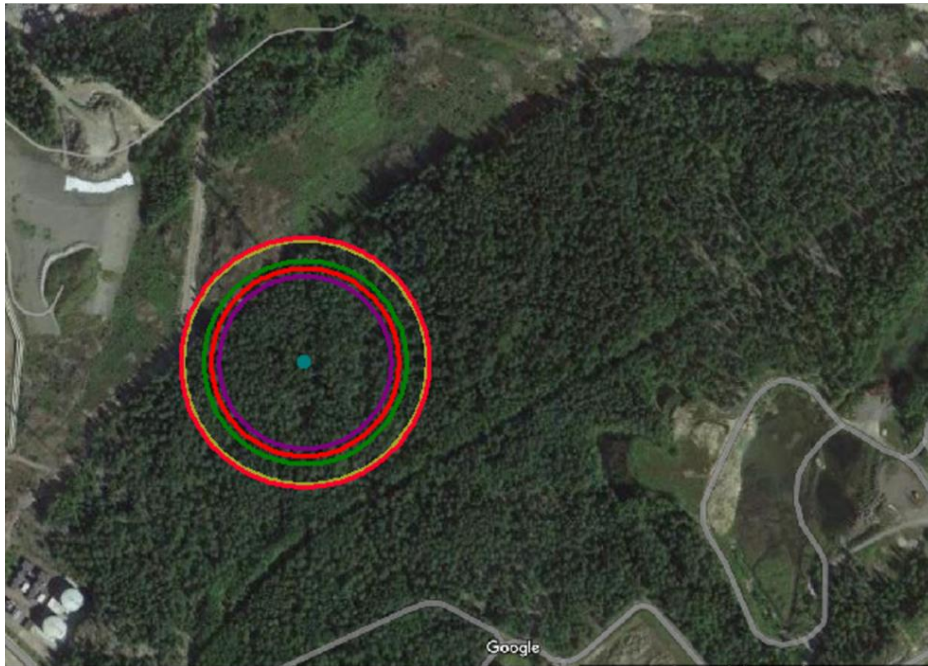
Jos vuoto ei syty heti, vaan kaasupilvi syttyy räjähtäen myöhemmin, saadaan taulukon 4 mukaiset effect zone -varoetäisyydet.

Taulukko 4 Putkivuodon räjähdyspaineiden varoetäisyydet

Putkivuodon räjähdyspaine	3 m/s	5 m/s
0,05 bar	103 m	100 m
0,10 bar	84 m	82 m
0,15 bar	77 m	76 m
0,30 bar	71 m	70 m

Putkivuodon jälkeisen räjähdyspaineen varoetäisyydet sijoitettuna kartalle, tuulen nopeuksilla 3 m/s ja 5 m/s, on esitetty kuvassa 3.





Kuva 3 Räjähdyksen varoetäisyydet tuulen nopeuksilla 3 m/s ja 5 m/s

6.3 Säiliön räjähdyskennario

Tässä esimerkissä vetysäiliö repeää ja paineistettu vetykaasu syttyy välittömästi muodostaen tulipallon, joka aiheuttaa voimakasta lämpösäteilyä. Tämän lisäksi räjähdys aikaansaa voimakkaan paineiskun ympäristöön.

Esitetyt varoetäisyydet ovat tässä tapauksessa paikallisia, eivät tyypillisiä effect zone.

6.3.1 Syntyvä lämpösäteily

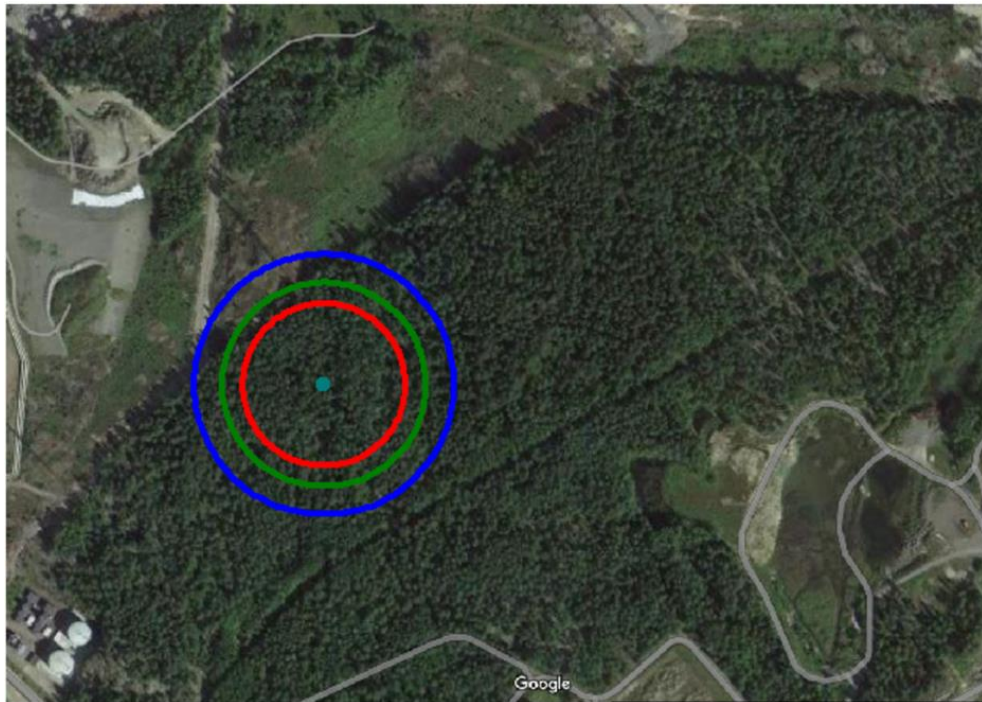
Säiliön repeämisestä ja syttymisestä muodostuvan lämpösäteilyn varoetäisyydet on kuvattu taulukossa 5. Tuulen nopeudella ei juurikaan ole vaikutusta etäisyyksiin.

Taulukko 5 Säiliön repeämisen lämpösäteilyn varoetäisyydet

Säiliön repeämisen lämpösäteily	
3 kW/m ²	102 m
5 kW/m ²	80 m
8 kW/m ²	64 m

Lämpösäteilyn varoetäisyydet on kuvattu kartalla kuvassa 4.





Kuva 4: Säiliön räjähdysen lämpösäteilyn varoetäisyydet kartalla

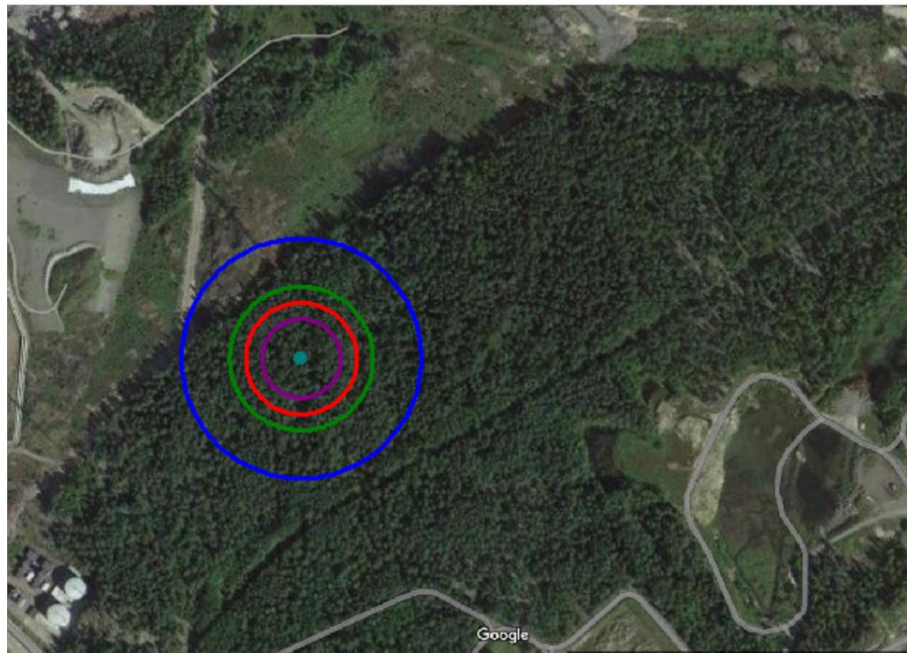
6.3.2 Syntyvä painevaikutus

Säiliön repeämisestä ja syttymisestä syntyvän räjähdyspaineen varoetäisyydet on kuvattu taulukossa 6. Tuulen nopeudella ei juurikaan ole vaikutusta näihin etäisyyksiin.

Taulukko 6 Säiliön repeämisen räjähdyspaineiden varoetäisyydet

Säiliön repeämisen räjähdyspaine	
0,05 bar	102 m
0,10 bar	61 m
0,15 bar	47 m
0,30 bar	36 m

Räjähdyspaineiden varoetäisyydet on kuvattu kartalla kuvassa 5.



Kuva 5: Säiliön räjähdysen räjähdyspaineiden varoetäisyydet kartalla



VIITTEET

Laki vaarallisten kemikaalien ja räjähteiden käsittelyn turvallisuudesta (ns. kemikaali-turvallisuuslaki) 390/2005

Kemikaalilaki 599/2013

Ympäristönsuojelulaki 527/2014

VNa vaarallisten kemikaalien teollisen käsittelyn ja varastoinnin turvallisuusvaatimuk-sista 856/2012

Maankäyttö- ja rakennusasetus 895/1999

ATEX-olosuhdedirektiivi 99/92/EY

ATEX-laitedirektiivi 2014/34/EU

SFS 3350:2016 Palavien nestemäisten kemikaalien varastopaikka ja siellä olevat kemi-kaalien käsittelypaikat

