

Tiivistelmä

Sisällysluettelo

1	Johdanto.....	2
1.1	Yleiskuvaus onnettomuudesta.....	2
1.2	TUKESin onnettomuustutkinta.....	2
1.2.1	Onnettomuustutkintaryhmän asettaminen.....	2
1.2.2	Tutkintamenetelmät.....	2
2	Laitoksen ja tapahtumapaikan kuvaus.....	2
2.1	Akryylinitriili.....	2
2.2	Latexia SB Oy.....	3
2.3	Varastosäiliö.....	3
2.4	Säiliön varusteet.....	3
2.5	Säiliön paineen, lämpötilan ja pinnankorkeuden mittaaminen.....	5
2.6	Aktiivihilisuodatin.....	5
2.7	Junavaunu ja purkurakenteet.....	6
3	Laitoksen turvallisuuteen liittyviä toimintaperiaatteita.....	6
3.1	Henkilöstön koulutus, opastus ja perehdyttäminen.....	6
3.2	Kunnossapitojärjestelmä.....	7
3.3	Työlupajärjestelmä.....	7
3.4	Ohjeistus.....	7
4	Onnettomuustapahtuma.....	7
4.1	Tapahtumat ennen onnettomuutta.....	7
4.2	Säätila.....	8
4.3	Tapahtumien kulku ja pelastustoimenpiteet.....	8
4.4	Aiheutuneet vahingot.....	9
4.5	Korjaustoimet.....	10
5	Tutkinnan tulokset.....	10
5.1	Muulla sattuneita akryylinitriilisäiliöiden räjähdyksiä.....	10
5.1.1	Parktank Nederland b.v:n säiliöräjähdys ja tulipalo.....	10
5.1.2	Melbourne, Australia 1991.....	10
5.2	Kaipiaisten onnettomuuden mahdollisia syitä.....	11
6	Johtopäätökset.....	14
6.1	Onnettomuuden todennäköinen syy.....	14
6.2	Puutteet organisaation toiminnassa.....	14
6.3	Puutteet teknisissä järjestelmissä.....	15
6.4	Lainsäädännön vaatimusten noudattaminen.....	15
7	Ehdotukset vastaavien onnettomuuksien tapahtumisen ehkäisemiseksi.....	16
8	Tietolähteet.....	17
9	Liitteet.....	17

1 Johdanto

1.1 Yleiskuvaus onnettomuudesta

Latexia SB:n Kaipiaisten tehtaalla tapahtui perjantaina 13.9.2002 junavaunupurkauksen yhteydessä akryylinitriilin varastosäiliön räjähdys, jonka jälkeen säiliö syttyi palamaan. Räjähdyksestä ei aiheutunut henkilövahinkoja, aiheutuneiden aineellisten vahinkojen suuruudeksi arvioidaan noin 500 000 euroa.

1.2 TUKESin onnettomuustutkinta

1.2.1 Onnettomuustutkintaryhmän asettaminen

TUKES nimesi 16.9.2002 ylitarkastaja Anne-Mari Lähteen ja turvallisuusinsinööri Iina-Maria Ojan tutkimaan onnettomuutta.

Tutkimuksessa tutkijaryhmän tehtäväksi annettiin selvittää:

- tapahtumien kulku ja olosuhteet räjähdysen sattuessa
- onnettomuuden syyt ja seuraukset
- vaarallisten kemikaalien (erityisesti akryylinitriilin) varastojen täyttöön liittyvät yhtiön menettelyt ja niiden noudattaminen
- yhtiön muissa menettelyissä mahdollisesti esille tulleet puutteet, joilla on ollut vaikutusta tapah-
tumaan
- lainsäädännön vaatimusten noudattaminen

Raportissa tulee lisäksi esittää ehdotukset toimenpiteistä toiminnanharjoittajan menettelyjen parantamiseksi ja vastaavanlaisten onnettomuuksien ehkäisemiseksi.

1.2.2 Tutkintamenetelmät

TUKESin tutkijaryhmä kävi tapahtumapaikalla 17.9. ja uudelleen määräaikaistarkastuksen yhteydessä 31.10. Molemmilla kerroilla haastateltiin yhtiön johtoa ja työntekijöitä. Onnettomuustutkintakeskuksen tutkinnan kautta saatiin tapahtumaan liittyviä valokuvia. Lisäksi tutkijaryhmä sai tulokset Onnettomuus-
tutkintakeskuksen teettämistä analyyseistä ja kävi Onnettomuustutkintakeskuksessa tutustumassa ta-
pahtumapaikalta talteen otettuihin säiliöön kuuluneisiin laitteisiin.

Kirjallisuudesta ja erilaisista onnettomuustietokannoista pyrittiin selvittämään akryylinitriilisäiliöille ta-
pahtuneita räjähdyksiä ja niiden syitä.

2 Laitoksen ja tapahtumapaikan kuvaus

2.1 Akryylinitriili

Akryylinitriilin kemiallinen kaava on $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CN}$ (nettokaava $\text{C}_3\text{H}_3\text{N}$). Aineen muita nimiä ovat ak-
rylonitriili, vinyylisyanidi, propeeninitriili ja syanoetylenei. Akryylinitriili on luokiteltu myrkylliseksi (T,
R23/24/25, R45) sekä helposti syttyväksi (F, R11), lisäksi aine polymeroituu kiivaasti kuumentuessaan
hapettomassa tilassa taikka näkyvän valon tai emästen vaikutuksesta. Akryylinitriilin leimahduspiste on

-5°C ja syttymisrajat 3-28¹⁾ %: palamistuotteita ovat typen oksidit, syaanivety, hiilimonoksidi ja hiilidioksidi. Akryylinitriilin tiheys on 0,806 (vesi = 1) 20°C:ssa, höyryn tiheys on 1,8 (ilma = 1). Akryylinitriilin johtavuus on 7×10^5 pS/m ja relaksaatioaika $4,8 \times 10^{-4}$ sekuntia.

Kemikaalitoimittajalta saadun analyysitodistuksen mukaan räjähdyksessä osallisena olleessa akryylinitriilierässä oli polymeraatioinhibiittoria (hydrokinonimonometyylietteri, MeHQ) 44 ppm, raja-arvot ovat valmistajan mukaan 35-50 ppm. MeHQ on kiinteä, hygroskooppinen aine, joka ei merkittävästi siirry akryylinitriilin kaasufaasiin.

2.2 Latexia SB Oy

Latexia SB sijaitsee Anjalankosken kaupungin Kaipiaisten kylässä Raisio Yhtymä Oy:n teollisuusalueella, jossa on rehutehtaan lisäksi kaikkiaan kolme kemiantehdasta: Latexia SB Oy, Latexia Suomi Oy ja Raisio Chemicals Oy:n Paperikemian tehdas. Latexia SB valmistaa styreeni-butadieenilateksia kolmessa linjassa keskeytymättömässä 5-vuorotyössä. Valmistus tapahtuu ns. puolipanosprosessilla, yhden erän valmistus reaktorissa kestää noin kahdeksan tuntia. Latexia SB:llä on yhteensä 25 vakituista työntekijää.

Tehdas sijaitsee tärkeällä pohjavesialueella Kaipiaisten kylän ja Kouvola-Lappeenranta -rautatieinjan välittömässä läheisyydessä. VR:n kiskohitsaamo (n.50-60 työntekijää) sijaitsee noin 500 metrin päässä tehdasalueesta. Tehdasalue on aidattu, mutta portilla ei ole päiväsaikaan kulunvalvontaa. Normaalin työajan ulkopuolella eli kello 17.00 – 6.00 portit pidetään suljettuina ja niitä hallitaan valvomoista.

Raaka-aineet tuodaan tehtaalle pääasiassa säiliöautoilla. Akryylinitriili tulee konteissa. Myös junavau-nukuljetusta käytetään ajoittain pääraaka-aineiden (styreeni, butadieeni, akryylinitriili) kuljetukseen.

2.3 Varastosäiliö

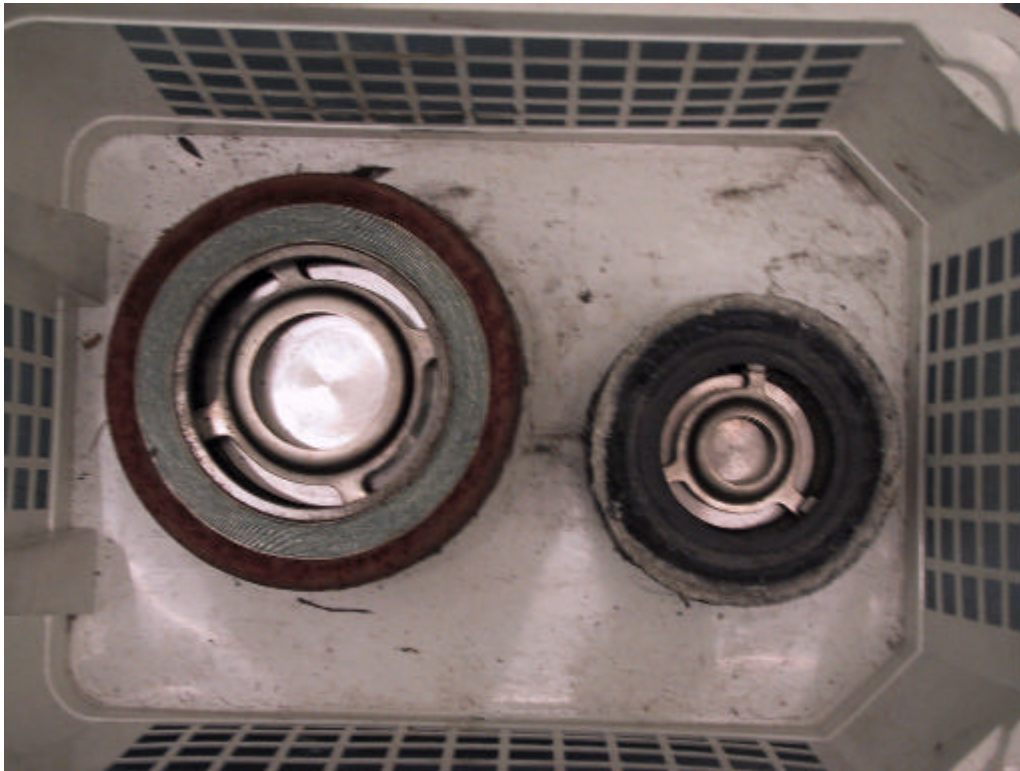
Alkuperäinen akryylinitriilisäiliö oli rakennettu vuonna 1987. Teknillinen tarkastuskeskus oli hyväksynyt säiliön rakenteen päätöksellä dnro 2237/320/87. Säiliön suurentaminen (60 m³:stä 96 m³:iin) korottamalla säiliön vaippaa 4000 mm oli hyväksytty Teknillisen tarkastuskeskuksen päätöksellä dnro 2924/320/89. Muutokset oli tehty vuonna 1990. Teknillisen tarkastuskeskuksen tarkastaja oli tehnyt säiliön rakennetarkastuksen 10.1.1990. Säiliön kokonaistilavuus vastasi noin 80 tonnia akryylinitriiliä.

Akryylinitriilin pumppaukset kyseisestä säiliöstä Latexia Suomi Oy:n tehtaalle oli aloitettu 1997, jolloin säiliö oli tyhjennetty ja imuputkistoa modifioitu. Tehtaan dokumentaation mukaan säiliölle ei ole tehty sisäpuolisia tarkastuksia.

2.4 Säiliön varusteet

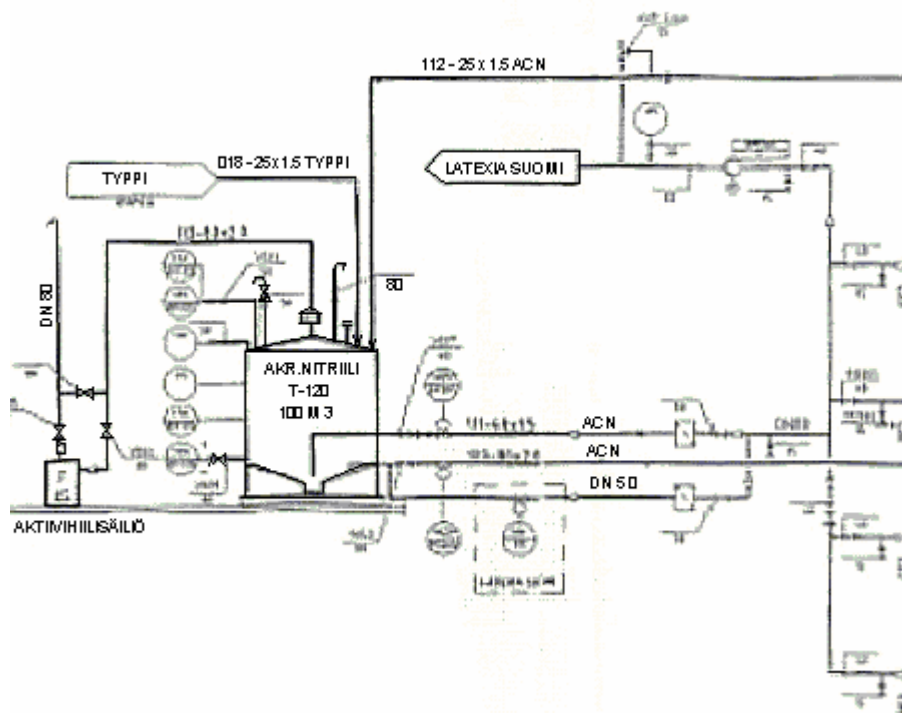
Säiliössä oli yli- ja alipaineventtiilit (DN 50 ja DN 80). Ylipaine-/alipaineventtiilien avautumispaineet olivat vastaavasti 35 mbar ja -5 mbar.

¹⁾ Latexia SB Oy:n ilmoittama lukema



Kuva 1. Yli- ja alipaineventtiilit (räjähdysen jälkeen). Alipaineventtiili vasemmalla, ylipaineventtiili oikealla.

Säiliöön oli kiinteä typpilinja, mutta se ei ollut käytössä. Vuonna 1994 akrylinitriilin junavautuhyjennykselle ja varastoinnille tehdyssä poikkeamatarkastelussa oli todettu, että akrylinitriilin varastoinnissa ei tarvita tyyppiä ja ehdotettu tarpeettoman typpilinjan poistamista.



Kuva 2. Akrylinitriilisäiliöön liittyvä PI-kaavio

Prosessista akryylinitriilisäiliöön on paluukierto. Toiminnanharjoittajan mukaan paluukierron tarkoituksena on ollut toimia osana akryylinitriilin reaktoriin annosteltavan paineensäätöpiirin paineentasausputkistona. Paluukierron paineensäätöventtiili ohjaa paineensäätöpiirin vaatiman akryylinitriilivirtaaman takaisin säiliöön. Paluukiertoputkisto ei vanhassa säiliössä ylettynyt säiliön pohjalle. Lisäksi säätöpiirin paluukierto toimii linjan "paineistustestinä" ennen kuin monomeerin annostelu reaktoriin aloitetaan. Räjähdyksen tapahtumahetkellä säiliöön ei ollut paluuvirtausta.

Säiliössä oli vesivalelujärjestelmä sekä vaahtosuuttimet suoja-altaaseen, valelujärjestelmän automaattiventtiilien avaus suoritettiin valvomosta. Säiliössä ei ollut ulkopuolista eristystä.

2.5 Säiliön paineen, lämpötilan ja pinnankorkeuden mittaus

Säiliön kaasufaasista ei ollut jatkuvaa painemittausta ohjausjärjestelmään, ainoastaan kaksi hälytysmittausta korkeasta paineesta (PA-90121 ja PA-90122). Räjähdyshetkellä paineen nousu on ollut niin nopeaa, että mikään olemassa oleva mittaus ei ole indikoinut sitä (liite 1, hälytyslistaukset). Säiliön pinnanmittaus (LIA-90120) perustui staattiseen paineeseen ja tämän perusteella on voitu päätellä, milloin itse räjähdys on tapahtunut (liite 2). Pinnanmittauksen anturi sijaitsi säiliön alaosassa.

Säiliössä oli anturit nestefaasin lämpötilan mittaukseen ja tähän liittyvään hälytykseen. Räjähdyshetkellä akryylinitriilin lämpötila oli valvontalaitteistojen mukaan ollut n. 17–18 °C.

2.6 Aktiivihiihisiuodatin

Säiliön katolta lähtevä verkkoliekinestimellä varustettu hönkälinja (DN80) johti aktiivihiihisiuodattimeen (kuva 3). Hönkien suodatusmahdollisuus oli ollut aina olemassa, yleensä suodatin oli käytännössä kuitenkin ohitettu.



Kuva 3. Aktiivihiihisiuodatin (harmaa tynnyri) ja siitä lähtevät liittännät: alaosaan tuleva metalliputki sekä yläosaan lähtevä kumiletku (kuvassa keltainen). Vasemmassa alalaidassa näkyy aktiivihiihien hehkumisesta aiheutunut mustuma.

Käytössä ollut aktiivihiihliisuodatin on sisäpinnaltaan pinnoitettu 200 litran terässäiliö, jonka sisällä on aktiivihiihiltä 80-100 kg. Suodatin on tarkoitettu toimittajan esitteen mukaan haihtuvien, myrkyllisten ja tulenarkojen yhdisteiden hönkäkaasuille. Akryylinitriilihöngät johdettiin suodattimeen alaosaan ja puhdistunut ilma poistui suodattimen kannen poistoyhteestä. Aktiivihiihliisuodattimen alkuperäiseen rakenteeseen kuului tuloliitäntä suodattimen alaosaan ja poistoliitäntä suodattimen päältä (molemmat liitännät metalliputkea). Viimeisimmän suodattimen vaihdon yhteydessä poistoliitäntä oli korvattu kumiletkulla, jonka yli ei ollut tehty maadoitusta. Suodattimesta tuleva kumiletku oli edelleen liitetty teräksiseen ilma-putkeen, joka johti akryylinitriilisäiliön katon korkeudelle.

2.7 Junavaunu ja purkurakenteet

Junavaunu, josta akryylinitriiliä oli purettu varastosäiliöön, oli tullut venäläiseltä kemikaalitoimittajalta ja se oli tapahtumahetkellä ainoa vaunu kemikaalipurkupaikalla. Junasäiliövaunuja on kahta kokoa, kyseisen vaunun sisältö oli 50,95 tonnia.

Purkupaikalta säiliöön johtavan akryylinitriilin purkulinjan (DN 80) pituus on noin 100 m. Purkulinja kulkee purkupaikalta putkisilta pitkin pumppukoppiin ja sieltä edelleen varastosäiliöön. Varastosäiliön pinnankorkeutta voidaan seurata valvomosta.

Akryylinitriili puretaan typpikaasun avulla noin 0,7-1,0 bar paineella. Purkutyyppi tulee linjaansa varastosäiliöstä höyrystimen kautta.

Akryylinitriilin purkua varten on työhjeistus. Akryylinitriilin tyhjentämiseksi junavaunusta varastosäiliöön on lisäksi tehty poikkeamatarkastelu vuonna 1994.

3 Laitoksen turvallisuuteen liittyviä toimintaperiaatteita

Latexia SB:llä on sertifioitu laatujohtamisjärjestelmä ISO 9001 sekä ympäristöjohtamisjärjestelmä ISO 14001; lisäksi tehdas on sitoutunut kemianteollisuuden Responsible Care -ohjelmaan. Lisäksi tuotantolaitos käyttää 3RHSE turvallisuusohjelmaa, joka on tarkoitettu johtamisen työkaluksi kemianteollisuuden tuotantolaitoksille, joilla työskentelee alle 50 henkilöä.

Tehtaan tuotantopäällikkö toimii asetuksen 59/1999 mukaisena toimintaperiaatteista vastaavana henkilönä. Tuotantopäällikkö toimii sekä Latexia SB Oy:n että Latexia Suomi Oy:n tehtaiden toiminnasta vastaavan Kaipiaisten tehtaanjohtajan alaisuudessa. Käytönvalvojina toimivat työnjohtajat.

3.1 Henkilöstön koulutus, opastus ja perehdyttäminen

Uusille henkilöille annetaan perehdyttämiskoulutusta (ns. lateksikoulu). Koulutusrekistereihin on kirjattu kunkin henkilön osalta koulutuksen suoritus. Jokaisesta koulutustilaisuudesta on osallistujaluettelo. Koulutusta järjestetään aina uudessa projektissa ja lisäksi tiettyjä koulutuskokonaisuuksia järjestetään säännöllisin väliajoin. Koulutustarvetta arvioidaan kehityskeskusteluissa, joita järjestetään lähes vuosittain. Kaikki työntekijät on koottu vakanssipätevyysluetteloon.

Alihankkijoiden ja kesätyöntekijöiden koulutuksesta on oma listansa. Kaikkien alueella töitä tekevien pitää ennen töiden aloittamista suorittaa asianmukainen turvallisuuskoulutus.

3.2 Kunnossapitojärjestelmä

Alueen kunnossapitoa hoitaa ulkopuolinen kunnossapitoyritys. Tuotantolaitoksella on atk-pohjainen ennakkohuolto-ohjelma (Maximo). Kunnossapitotyöstä tehdään työtilaus kunnossapitoyrityksen Maximo-järjestelmään. Tilaus käsitellään kunnossapitopalaverissa (yhdessä työnjohdon kanssa) ja päätehtään työn kiireellisyydestä, minkä jälkeen Latexia SB Oy:n edustaja hyväksyy työn ennen sen toteuttamista. Valmiit työt kirjataan Maximo-järjestelmään. Hätkorjauksissa ja muissa kiireellisissä tapauksissa korjaukset tekee kunnossapitoyrityksen työntekijä Latexia SB Oy:n työnjohtajan opastamana; tällaiset korjaukset kirjataan Maximoon jälkikäteen. Kunnossapitotöiden ennakkovalmistelut hoitaa Latexia SB Oy:n työnjohto. Tuotantolaitoksella on kirjallinen menettelyohje "Kunnossapito ja ennakkohuolto".

Kunnossapitotyöt toteutetaan pääosin kunnossapitoyrityksen voimin, tarvittaessa osa töistä voidaan teettää edelleen alihankkijoilla. Kunnossapitoyritys päättää alihankkijoiden käytöstä ja pitää luetteloa Latexia SB Oy:n hyväksymistä alihankkijoista. Latexia SB Oy:n tuotantopäällikkö ja kunnossapitoyrityksen edustaja tekevät yhteistyössä kunkin uuden alihankkijan arvioinnin. Alihankkijaluettelo päivitetään tarvittaessa, kuitenkin vähintään kahden vuoden välein.

Ennen kuin uusi alihankkija voi aloittaa työt tehtaalla, hänelle annetaan turvallisuusohje, tilityövalvontasuunnitelma ja tarvittaessa myös säiliötyöohje luettavaksi. Alihankkijan on myös kuitattava nämä ohjeet luetuiksi.

3.3 Työlupajärjestelmä

Tulitöihin ja säiliötöihin tarvitaan työnjohdon myöntämä työlupa. Laitoksella ei ole ollut muita työlupakäytäntöjä.

3.4 Ohjeistus

Tuotantolaitoksella on laatujärjestelmän mukaiset ohjeet prosessin ohjausta, kemikaalien lastausta ja purkua, henkilösuojainten käyttöä sekä normaalista poikkeavia tilanteita varten. Akryylinitriilin purku sisältyy tähän ohjeistukseen.

4 Onnettomuustapahtuma

4.1 Tapahtumat ennen onnettomuutta

Akryylinitriilisäiliön aktiivihiihliisuodatin vaihdettiin uuteen tiistaina 10.9. Latexia SB Oy:n työnjohtaja tilasi suullisesti suodattimen vaihdon kunnossapitoyritykseltä. Käytännössä suodattimen vaihdon suoritti kunnossapitoyrityksen tilauksesta alihankkijan asentaja.

Suodattimen tyyppiä ei ollut määritelty tai suodattimen vaihtoa ohjeistettu kirjallisesti. Edellinen kohteessa käytetty suodatin oli poistettu vuonna 1998 eikä suodatinta ollut syötetty ennakkohuolto-ohjelma Maximoon kunnossapidon ulkoistamisen yhteydessä. Aikaisemmin käytetty suodatintyyppi oli ollut käytössä säiliön asennuksesta lähtien, mutta suodattimen kautta kulkeva linja oli useimmiten ohi-
tettu. Suodattimen vaihdoista ei ollut kirjallista huoltohistoriaa.

Onnettomuudessa purettavana ollut akryylinitriilin säiliövaunu oli lastattu Venäjällä 28.8. ja se oli saapunut Kaipiaisiin kuljetusasiakirjan leiman mukaan 6.9. ACN-vaunun sisältämästä akryylinitriilistä oli

valmistajan analyysitodistus, tehtaalla ei ole omaa kemikaalianalysointia. ACN-purkua junavaunusta on tehtaalla melko harvoin, yleensä akryylinitriili toimitetaan konteissa maantiekuljetuksena. Kyseistä vaunua edeltävä akryylinitriilierä oli myös tullut junavaunulla Venäjältä, mutta eri kemikaalitoimittajalta kuin onnettomuuspäivän akryylinitriilierä. Onnettomuuspäivän akryylinitriilierä oli ensimmäinen tältä uudelta kemikaalitoimittajalta. Edellisen työvuoron työntekijät olivat laittaneet vaunun purkuletkut ja maadoituskaapelit paikoilleen 11.9. Huolitsija oli lisäksi 12.9. tarkistanut yhteet.

Akryylinitriiliä pumpattiin 12.9. - 13.9. välisenä yönä prosessiin 837 kg viiden ja puolen tunnin aikana. Purkua aloitettaessa 13.9. varastosäiliössä oli akryylinitriiliä noin 11 tonnia.

Kenttämies oli aloittanut 13.9. aamulla hieman ennen kello kahdeksaa (kello 7.50) akryylinitriilin purkauksen junavaunusta varastosäiliöön. Hänellä oli suojakäsineet ja kokomaski. Hän avasi käsiventtiilit (akryylinitriili ja purkuun käytetty tyyppi) vaunun päältä. Automaattiventtiilit avattiin valvomosta. Kenttämies avasi vielä pumppukopissa sijaitsevat venttiilit. Haastattelujen mukaan tässä vaiheessa avattiin suodattimelle menevä hönkälinja. Kenttämies ei havainnut vuotoa tai akryylinitriilin hajua. Purkua aloitettaessa akryylinitriilin lämpötila oli ollut 16 °C.

Purkausta aloitettaessa säiliövaunun putkirikkoventtiilin sulkeutuminen keskeytti purkauksen. Näin tapahtui kenttämiehen mukaan kolme kertaa. Kolmen keskeytyneen yrityksen jälkeen purkupainetta pienennettiin 0,9 barista 0,5 bariin, jonka jälkeen akryylinitriilin purku jatkui normaalisti räjähdykseen saakka. Purkauksessa akryylinitriilin virtausnopeudeksi on arvioitu keskimäärin noin 12-12,5 m³/h. Haastatteluista saatujen tietojen perusteella purku suoritettiin työohjeen mukaisesti. Purkua suorittanut kenttämies ei ollut valvomassa purkua koko sen keston ajan, vaan kävi välillä valvomossa. Keskustelujen perusteella tämä on ollut yleinen käytäntö tuotantolaitoksella. Räjähdysten sattuessa kenttämies ja operaattori olivat valvomon ulkopuolella sijaitsevalla tupakointipaikalla.

4.2 Säätila

Utin säähavaintoaseman tietojen mukaan onnettomuushetkellä tuulen suunta oli 300° eli luoteeseen vaihteluvälillä 250°-330°, tuulen nopeus 1,5 m/s, ilman lämpötila 15,3 °C, kastepiste 11,3 ja ilmanpaine kenttätasossa 1017,2 mbar sekä näkyvyys 80 km.

4.3 Tapahtumien kulku ja pelastustoimenpiteet

Kun akryylinitriilin purkua oli jatkunut noin 1 tunti 55 minuuttia ja säiliössä oli noin 33 tonnia akryylinitriiliä, säiliössä tapahtui räjähdys, jonka jälkeen varastosäiliön katto lensi lähes pystysuoraan ylöspäin ja putosi sitten tehdasalueen ympäröivän aidan toiselle puolelle metsikköön noin 100 metrin päähän säiliön sijaintipaikasta. Samoin säiliön katossa kiinni olleita rakenteita lensi viereisessä suoja-allastilassa olleiden styreeni- ja butadieenisäiliöiden yli muutaman kymmenen metrin päähän junavaunun purkupaikasta. Räjähdysten jälkeen akryylinitriilisäiliö syttyi palamaan, mistä aiheutui runsas savunmuodostus.

Valvomosta tehtiin paloilmoitus hälytyspainikkeella klo 9:47 ja ilmoituksen perille meno varmistettiin puhelimitse. Heti räjähdysten jälkeen kaikki akryylinitriilin purkuventtiilit suljettiin, akryylinitriilisäiliön vesivaleluventtiilit avattiin valvomosta klo 9:52 ja samaan aikaan akryylinitriilisäiliön vieressä olevien styreenisäiliöiden vesivalelu käynnistettiin. Käyttöinsinööri yritti suorittaa hälytyksen klo 9:55 rehutehtaan katolla olevalla suurtehohälyttimellä ja puheviestilaitteella, mutta kumpikaan järjestelmä ei toiminut. Käyttöinsinööri yritti hälytystä ja kuulutusta kolme kertaa siinä kuitenkaan onnistumatta. Palokunnan ensimmäinen sammutusyksikkö saapui kohteeseen klo 10:02 aloittaen sammutustyön ja suojavaahdo-

tuksen. Tehtaan palosuojelusta vastaava henkilö yritti vielä kerran suorittaa hälytyksen suurtehohälytyksellä, mutta koska se ei vieläkään toiminut, hän pyysi aluehälytyskeskusta antamaan yleisen vaaramerkin alueelle. Aluehälytyskeskus varmisti tilanteen palopäälliköltä ja suoritti hälytyksen. Hätäkeskus antoi varotoimenpiteenä ilmoituksen yleisvaarasta ja suojaväistöstä Kaipiaisen kylälle klo 10:18. Tehdasalueella oleva tarpeeton henkilökunta evakuoitiin klo 10:20 mennessä. Säiliöpalon sammuttua ja savunmuodostuksen loputtua kyläläisille annettiin lupa palata asuntoihinsa. Tehtaan henkilöstön ja alueen asukkaiden turvallisuutta sekä mahdollisen sairaankuljetuksen tarvetta varten paikalle hälytettiin yksi hoitoyksikkö, kaksi sairaankuljetusyksikköä ja pelastushelikopteri lääkäreineen.



Kuva 4. Säiliön katto lensi teollisuusalueen aidan toiselle puolelle metsään noin 100 metrin päähän säiliöstä

Palo saatiin sammumaan noin tunnin kuluttua sen alkamisesta ja säiliön jäädytystä jatkettiin kyseisen päivän iltaan kello 20 asti (kuva 4). Seuraavan kahden tunnin aikana varmennettiin, ettei akryyliniiriili jatka reagoimista. Varmuus tuotteen reagoimattomuudesta saatiin kello 22 mennessä. Sammutuksen ja vesivalelun lopettamisen jälkeen säiliöön jäi akryyliniiriiliä n. 29 t, sammutus- ja sadevettä n. 16 t sekä n. 3 m paksu sammutusvaahtopatsas. Sammutuksen ja jäädytyksen jälkeen säiliön sisällön lämpötilaksi todettiin 21,8 °C.

Maaperään ja ympäristöön ei päässyt nestemäistä akryyliniiriiliä, joten palosta aiheutuneet päästöt rajoittuivat savukaasuihin. Yksi VR:n kiskohitsaamon työntekijä kävi terveyskeskuksessa huonovointisuuden vuoksi.

Akryyliniiriilin purkulinja tyhjennettiin tyypellä takaisin junanvaunuun. Yhtiö lähetti lähialueen asukkaille tiedotteen tapahtumasta lauantaina 14.9. Kaipiaisten koululla pidettiin oma tiedotustilaisuus maanantaina 16.9.

4.4 Aiheutuneet vahingot

Henkilövahinkoja ei aiheutunut. Aineelliset vahingot olivat noin puoli miljoonaa euroa.

4.5 Korjaustoimet

Tapahtuman jälkeen säiliön kiinnikkeiden todettiin irronneen. Säiliö pysyi pystyasennossa sisältönsä massan avulla, joten säiliön pystyssä pysyminen varmistettiin paikalle hankitulla nosturilla. Säiliön sammutuksen jälkeinen sisältö kuljetettiin Ekokemille merikonteissa, koska Ekokemin säiliöauton riittävästä puhtaudesta ei voitu varmistua.

Onnettomuudessa rikkoutuneen säiliön tilalle samaan vallitilaan asennettiin merikuljetuskontti väliaikaiseksi varastosäiliöksi. Ennen väliaikaisen säiliön käyttöönottoa järjestelylle tehtiin poikkeamatarkastelu. Samalla aloitettiin uuden varastosäiliön suunnittelu. Tässä yhteydessä todettiin, että säiliön kaasutilan tyytety on välttämätön. Samoin todettiin, että aktiivihilisuodattimen käytöstä luopuminen voisi olla perusteltua aiheutuneiden ongelmien vuoksi.

5 Tutkinnan tulokset

5.1 Muualla sattuneita akryylinitriilisäiliöiden räjähdyksiä

Räjähdyksen syiden selville saamiseksi etsittiin onnettomuustietokannoista ja muistakin alan tietolähteistä kuvauksia vastaavista akryylinitriilisäiliöiden räjähdyksiä. Seuraavassa on lyhyt selvitys kahdesta akryylinitriilisäiliöräjähdyksestä.

5.1.1 Parktank Nederland b.v:n säiliöräjähdykset ja tulipalo

Hollannissa sattui 17.10.1989 Seveso I:n mukaisessa turvallisuusselvityslaitoksessa räjähdys poistettaessa eristeitä 200 m³ akryylinitriilisäiliöstä. Räjähdyksen seurauksena säiliö syttyi palamaan. Paikallinen palokunta keskittyi aluksi jäädyttämään vieressä olevia säiliötä. Palo saatiin sammumaan noin neljän tunnin kuluttua. Läheisten yhtiöiden henkilöt evakuoitiin (noin 250 henkilöä).

Säiliön eristeiden poisto liittyi määräaikaishuoltoon. Työn teki ulkopuolisen kunnossapitoyhtiön huoltohenkilöstö, joka oli saanut työhön kirjalliset työluvat. Työluvat sisälsivät yleisiä turvallisuusohjeita. Eristeitä poistettaessa säiliön katolla oleva näyteyhde avattiin, jotta estetäisiin kaasun kontrolloimaton karkuun pääsy. Puolentoista metrin päässä avatusta yhteestä käytettiin sähkösahaa leikattaessa alumiinista eristesuojaa. Kipinät aiheuttivat säiliön kaasutilan räjähdys. Onnettomuudessa kuoli kolme ihmistä ja kaksi loukkaantui.

Onnettomuuden syynä oli lupa tehdä tulitöitä säiliön katolla sekä säiliön yhteen avaaminen tulitöiden ollessa meneillään.[1]

5.1.2 Melbourne, Australia 1991

Coode Islandilla Melbournessa sattui 21.8.1991 ukonilman aikana sisäinen räjähdys 600 m³ säiliössä, jossa oli 278 m³ akryylinitriiliä. Räjähdyksen seurauksena säiliön pohjasauma repesi ja neste levisi vallitilaan. Itse säiliö lensi neljän muun säiliön yli terminaalin pihalle.

Palava lammikko ympäröi useita samassa vallitilassa olleita säiliöitä, joista yksi syttyi palamaan. Palokunta sai palon sammumaan kolmen ja puolen tunnin kuluttua. Seuraavana päivänä tulipalossa vuotamaan alkaneen metyyliketonisäiliön laippa petti, säiliö tyhjeni vallitilaan ja edellisen päivän tilanne toistui.

Teollisuuslaitoksista ja satamasta evakuoitiin 200 työntekijää. Vaikka alueella oli useita työntekijöitä, kukaan ei loukkaantunut.

Akryylnitriilisäiliön räjähdysen syystä esitettiin useita eri teorioita. Vuonna 1994 valmistuneessa virallisessa tutkintaraportissa katsottiin, että säiliön räjähdysen syynä oli huohotusventtiilin (yli- ja alipaineventtiilin) huollon yhteydessä ylipaineventtiilin lautasen asentamisen unohtuminen. Todennäköinen syttymislähde oli ilmakehän sähköisyydestä johtunut Elmon tuli (maanpinnan ja ukkospilven suuren potentiaalieron synnyttämä koronapurkaus). Tämän pääteltiin sytyttäneen vuotavasta huohotusventtiilistä purkautuneet akryylnitriilihöyryt.

Syttymistä aktiivihiihluodattimesta käsin ei pidetty mahdollisena, koska synteettisestä materiaalista valmistetut liekinestimet olivat vahingoittumattomat ja oletettiin, että mahdollinen liekki olisi sulattanut ne.

Vaikka kiistatonta syttymislähdettä ei voitu määrittää, joka tapauksessa liekki tuli akryylnitriilisäiliöön joko huohotusventtiilin tai hönkien keräilyputkiston kautta.[2]

5.2 Kaipiaisten onnettomuuden mahdollisia syitä

Latexia SB Oy:n akryylnitriilisäiliön räjähdysen syytä selvitetessä on tutkittu seuraavia mahdollisia syitä:

1) Akryylnitriili on polymeroitunut säiliössä, jolloin sen lämpötila ja paine ovat nousseet ja aiheuttaneet räjähdysen.

Akryylnitriilierästä tehdyn analyysin perusteella aine sisälsi riittävästi polymeroitumisen estävää inhibiittoria (MeHQ). Tulipalon jälkeenkin säiliössä ollut akryylnitriili oli polymeroitumatonta.

2) Säiliön katto irtosi ylipaineen vaikutuksesta ja irrotessaan sytytti säiliössä olevan syttyvän kaasuseoksen.

Akryylnitriilin purku varastosäiliöön aloitettiin typpipaineella 0,9 bar. Junavaunun putkirikkoventtiilin sulkeutuminen keskeytti purkauksen paineen noustessa, joten paine laskettiin arvoon 0,5 bar. Räjähdysen jälkeen todettiin, että säiliön ylipaineventtiili ei ollut tukkeutunut, vaan vaikutti täysin toimivalta, joten mahdollinen ylipaine olisi päässyt purkautumaan sitä kautta. Lisäksi säiliössä oli aktiivihiihluodattimen kautta kulkeva hönkälinja, joka olisi osaltaan purkanut mahdollista ylimääräistä painetta.

TUKESin painelaiteasiantuntija laski varastosäiliön katon irtoamispaineen. Katto oli ns. kevennetty eli se oli hitsattu vain sauman toiselta puolelta. Katon irtoamispaineeksi laskettiin oletettujen lähtötietojen perusteella n. 1,8 bar.

3) Akrylinitriili on alkanut polymeroitua aktiivihiiisuodattimessa, jolloin on saavutettu akrylinitriilin itsesyttymislämpötila ja syttyminen on edennyt hönkäputkessa säiliöön aiheuttaen syttymiskelpoisen kaasuseoksen räjähdysten.

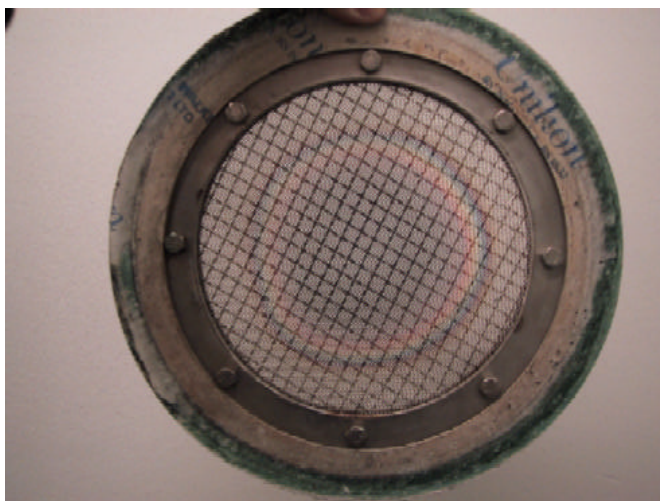
Akrylinitriili voi polymeroitua suodattimeen, jolloin hönkäjärjestelmä voi osittain tai kokonaan tukkeutua. Vaikka suodattimen lämpötila pysyi korkeana (suodatin oli hehkuva) monta päivää räjähdysten jälkeen, onnettomuuden aikana käytössä olleen suodattimen aktiivihiihi oli samanlaista kuin toimittajalta saatu näyte, ts. suodattimen sisäosissa ei ollut havaittavaa akrylinitriilin polymeroitumista. Myöskään onnettomuustutkintakeskuksen teettämässä kokeissa ei pystytty todistamaan akrylinitriilin polymeroitumista hiilessä.

4) Suodattimessa olevan akrylinitriilikaasun syttyminen staattisen sähkön vaikutuksesta.

Staattisen sähkön varautuminen aktiivihiiisuodattimeen on epätodennäköistä, koska suodattimen suodatusaineena käytetty aktiivihiihi on sähköä johtavaa. Palava kaasu ei asiantuntijan mukaan varaudu samalla tavalla kuin palava neste.

5) Akrylinitriilin itsesytyminen aktiivihiiisuodattimessa.

Aktiivihiiisuodatin voi lämmentä käytössä suuren adsorptiopintansa takia. Imeytyessään huokoiseen materiaaliin laskee palavien nesteiden itsesyttymislämpötila. Käytetty aktiivihiihimateriaali oli uutta.



Kuva 5. Akrylinitriilisäiliön hönkäputkessa ollut liekinest.

On todennäköistä, että suodattimessa oleva aktiivihiihi on alkanut hehkua eksotermisen reaktion aiheuttaman lämmön nousun vaikutuksesta. Lämmön nousu on saavuttanut akrylinitriilin itsesyttymislämpötilan, joka on aktiivihiihiessä normaalia itsesyttymislämpötilaa alempi. Onnettomuustutkintakeskuksen teettämien tutkimusten perusteella akrylinitriilillä ja käytetyllä aktiivihiihiseoksella on eksotermisen vuorovaikutus, mutta kasvavaa eksotermistä reaktiota ei ollut havaittavissa. Liekki on todennäköisesti edennyt hönkälinjaa pitkin säiliöön sytyttäen siellä olevan räjähdyskelpoisen seoksen. Hönkälinjassa oli liekinest, mutta se oli tavallinen metallilankaliekkinest, jolla ei ole jäähdyttävää vaikutusta. Liekinestimeen on jäänyt jälki liekistä (kuva 5).

6) *Syttymiskelpoisen akrylinitriilikaasuseoksen syttyminen säiliön sisällä olevan laitteen kipinästä*

Säiliön sisällä oli paineen, lämpötilan ja pinnankorkeuden mittaussanturit. Lämpötilan ja staattiseen paineeseen perustuvat pinnankorkeuden mittaussanturit olivat säiliön alaosassa nestefaasissa.

Säiliön katossa oli kaksi korkeasta paineesta hälyttävällä ominaisuudella varustettua painemittaussanturia (PA-90121 ja PA-90122). Mittarin sähköinen osa oli säiliön ulkopuolella. Toinen hälytysmittari hälytti koko ajan korkeasta paineesta todennäköisesti siksi, että sen säätö ei ollut enää kohdallaan. Molemmat painemittarit olivat EX-suojattuja (E EXd IIC T6). Tutkinnan yhteydessä laitteita purettaessa ne olivat ehjiä, eikä räjähdysuojauksessa näyttänyt olevan vikaa.

Ei ole todennäköistä, että syttymiskelpoinen kaasuseos olisi syttynyt säiliön sisällä olevien mittaussanturien kipinästä.

7) *Syttymiskelpoisen akrylinitriilikaasuseoksen syttyminen säiliössä staattisen sähköön vaikutuksesta*

Täytettäessä varastosäiliötä huonosti johtavalla nesteellä (johtavuus alle 50 pS/m), varausta kerääntyy säiliössä olevaan nesteeseen. Tämä aiheuttaa sähkökentän ja jännite-eron sekä nesteeseen että säiliön tyhjiin tilaan. Suurilla jännitteillä voi esiintyä huiskupurkauksia säiliön nestepinnan yläpuolisessa tilassa olevien metalliulokkeiden ja varautuneen nestepinnan välillä. Normaaleilla hiilivety-ilmaseoksilla voivat nämä purkaukset olla syttyviä, mikäli jännite varautuneen nesteen pinnalla ylittää 58 kV. Syttymisvaara voi esiintyä paljon pienemmillä jännitteillä, mikäli säiliössä on eristettyjä johdekappaleita.[3]

Tapahtumia edeltäneen yön aikana varastosäiliöstä pumpattiin akrylinitriiliä prosessiin. Koska pumpauksen yhteydessä säiliön tyhjetessä säiliöön on päässyt ilmaa alipaineventtiilin (DN 80) kautta, säiliössä on todennäköisesti ollut syttymiskelpoinen ilmaseos. Säiliön pitkän ja kapean muodon johdosta säiliön pohjalla olevasta nestepinnasta ei ole todennäköisesti ehtinyt haihtua riittävästi akrylinitriiliä, jotta säiliössä olisi ollut ylikylläinen ilmaseos, vaan säiliön yläosaan on jäänyt alhaisempi kaasupitoisuus.

Täytön alkuvaiheen aikana suositellaan yleensä käytettäväksi 1 m/s virtausnopeutta. Täytön alkuvaiheen jälkeen virtausnopeus voi yleensä nousta 7 metriin sekunnissa. Nopeusrajat riippuvat siitä, onko neste likaista vai puhdasta. Nestettä pidetään puhtaana, jos siinä on sekoittuneena vähemmän kuin 10 mg/l kiintoainetta tai 0,5 tilavuusprosenttia vapaata vettä tai muuta sekoittumatonta nestettä. Koska kaksifaasivirtauksessa syntyy voimakasta varautumista, tulisi likaisen nesteen virtausnopeutta rajoittaa koko täytön ajan.[3] Saatujen tietojen mukaan akrylinitriilierässä ei olisi ollut sallitut raja-arvot ylittäviä määriä kiintoainetta tai vettä.

Akrylinitriilin virtausnopeus täytön aikana oli n. 12,5 m³ tunnissa, eli n. 1,14 m/s. Täyttöputki johti säiliön pohjalle noin 30 sentin etäisyydelle pohjasta. Säiliössä oli nestettä noin metrin kerros täytön alkaessa. Täytön alkuvaiheessa virtausnopeus on ollut suurempi, koska täyttöä yritettiin aluksi suuremmalla paineella (0,9 bar). Täyttö keskeytyi kolme kertaa putkirikkoventtiilin sulkeutumisen takia, jolloin purkauspaine pienennettiin 0,5 bariin, jonka jälkeen säiliön täyttö jatkui normaalisti räjähdykseen asti. Täytön keskeytyminen ja uudelleen aloittaminen olisi saattanut lisätä akrylinitriilin varautumista täytön aikana, jos se olisi ollut helposti varautuvaa. Toiminnanharjoittajalta saatujen tietojen perusteella akrylinitriili on kuitenkin hyvin johtavaa ja varauksia poistavaa kemikaalia (johtavuus 7×10^5 pS/m).

Säiliön tyhjennyksen jälkeen sen sisältä löytyi lumilapio. Lapion terä oli alumiinia, siinä oli puuvarsi, joka oli kiinnitetty lapion terään teräksisellä välisosalla. Lapion kahva oli muovia. Lapio oli ollut säiliössä ilmeisesti edellisestä tyhjennyksestä eli vuodesta 1997. Lapion varsiosassa oli teksti 'Raision Lateksi Oy' (tehtaan nimi vv.1989 - 2001). Se on joko maannut säiliön pohjalla, jolloin se on purkauksen alusakin ollut täysin nesteen peitossa tai se on nojannut säiliön seinään, jolloin se aluksi saattanut olla hie-man nestepinnan yläpuolella, mutta räjähdyshetkellä se on todennäköisesti ollut jo nestepinnan alapuo-lella. Lapio olisi saattanut vaikuttaa jännitteiden syntymiseen, erityisesti jos se olisi kellunut akryylinitriilin pinnalla, mutta on erittäin epätodennäköistä, että lapio sen massan huomioon ottaen olisi kellunut säiliössä.

8) Syttymiskelpoisen akryylinitriilikaasuseoksen syttyminen säiliön ulkopuolelta tulevasta kipinästä

Säiliön ympäristössä ei ollut onnettomuushetkellä tekeillä mitään huolto- tai kunnossapitotoimintaa. Sää oli kirkas, eikä Utin säähavaintoasemalta saadussa sääolosuhteiden kuvauksessa mainittu salamointia.

6 Johtopäätökset

6.1 Onnettomuuden todennäköinen syy

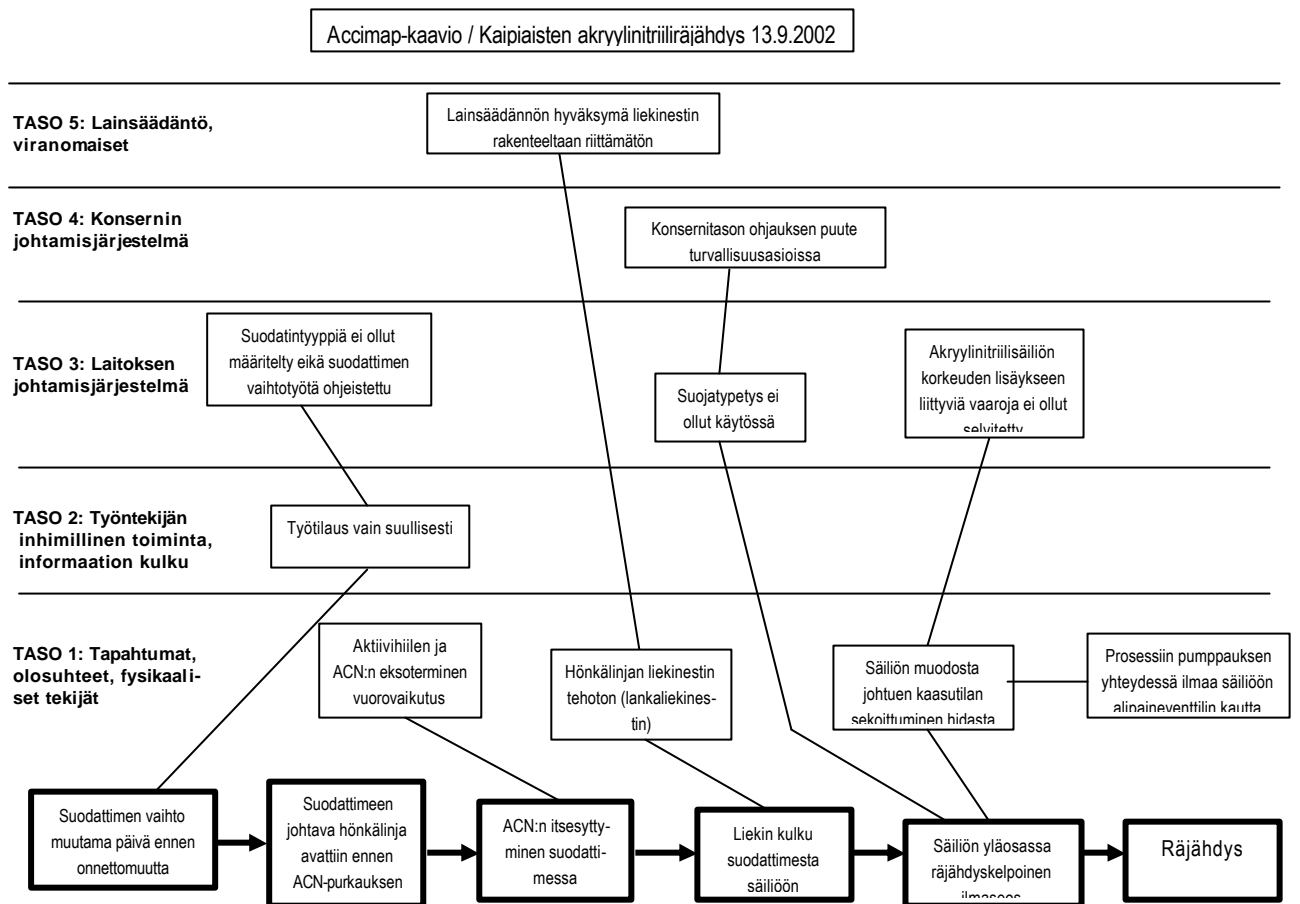
Tutkijaryhmä pitää käytössä olevien tietojen perusteella akryylinitriilisäiliön räjähdysksen todennäköisimpänä syynä hönkälinjan aktiivihilisuodattimen aktiivihilen ja akryylinitriilin eksotermisen reaktion aiheuttamaa lämmön nousua. Lämmön nousu on saavuttanut akryylinitriilin itsesyttymislämpötilan. Akryylinitriilin syttymisen jälkeen liekki on edennyt hönkälinjaa pitkin säiliöön sytyttäen siellä olevan räjähdyskelpoisen seoksen.

Tapahtumien kulku on esitetty sivulla 14 olevassa Accimap-kaaviossa (isompikokoisena liite 4).

6.2 Puutteet organisaation toiminnassa

Tutkijaryhmä totesi seuraavia puutteita tuotantolaitoksen organisaation toiminnassa:

- Akryylinitriilisäiliössä oli hönkien aktiivihilisuodatus, mutta käytännössä suodatin ei useimmiten ollut paikallaan tai se oli ohitettu.
- Suodattimen vaihtoa ei ollut ohjeistettu kirjallisesti. Aikaisemmin käytetty suodatin oli poistettu käytöstä vuonna 1998 ja kunnossapidon ulkoistamisen yhteydessä laitetta ei ollut syötetty ennakkohuolto-ohjelmaan (Maximo).
- Suodattimen tyyppiä ei ollut määritelty kirjallisesti. Aikaisemmin käytetty suodatintyyppi oli ollut käytössä säiliön asennuksesta lähtien, mutta suodatin oli useimmiten ohitettu. Suodattimen vaihdosta ei ollut kirjallista huoltohistoriaa.



- Akryliniitriilin purku tehtiin työohjeen mukaan. Purkua suorittanut kenttämies ei ollut valvomassa purkua purkausalueella koko sen keston ajan, vaan hän kävi välillä valvomossa. Keskustelujen perusteella tämä oli ollut yleinen käytäntö tuotantolaitoksella.
- Säiliön sisälle oli jäänyt lapio (ilmeisesti vuonna 1997, koska säiliö oli tällöin tyhjennetty edellisen kerran).
- Suurtehohälytintä ja puheviestijärjestelmää ei ollut testattu edeltävänä keväänä pidetyn pelastusharjoituksen jälkeen.

6.3 Puutteet teknisissä järjestelmissä

Tutkijaryhmä totesi seuraavia puutteita tuotantolaitoksen teknisissä järjestelmissä:

- Säiliöön oli tyypilinja, mutta typetystä ei ollut käytetty. Vuonna 1994 tehdyssä ulkopuolisen konsultin vetämässä poikkeamatarkastelussa typetystä oli pidetty tarpeettomana.
- Rehutehtaan katolla oleva suurtehohälytintä ja puheviestijärjestelmä eivät toimineet.

6.4 Lainsäädännön vaatimusten noudattaminen

Tuotantolaitos on aloittanut toimintansa 1988. Vaarallisten kemikaalien käyttöön ja varastointiin on teknillinen tarkastuskeskus myöntänyt perustamisluvan dnro 1622/320/87. Tuotantolaitosta on laajennettu kahdesti, luvat dnro 2444/365/92 ja 4928/360/96. Jälkimmäinen laajennus toteutettiin vuonna 1999 (Tukesin päätös dnro 5376/36/99). Lisäksi on tehty ilmoituksia pienemmistä muutoksista.

Tuotantolaitos on vaarallisten kemikaalien teollisesta käsittelystä ja varastoinnista annetun asetuksen (59/1999) mukaan niin sanottu toimintaperiaateasiakirjalaitos. Tuotantolaitokselle tehdään määräaikaistarkastus kolmen vuoden välein: laitos on tarkastettu aiemmin vuonna 1999 ja viimeksi lokakuussa 2002.

Onnettomuustutkinnassa ei havaittu laiminlyöntejä lainsäädännön noudattamisessa.

7 Ehdotukset vastaavien onnettomuuksien tapahtumisen ehkäisemiseksi

Räjähdyksen johdosta tuotantolaitos on päättänyt toteuttaa seuraavat parannustoimenpiteet:

- Uusi akryylinitriilisäiliö on suunniteltu ja rakennettu painelaitteeksi niin, että sen toinen pääty on nk. kevennetty. Koska säiliö ei hengitä vapaasti ulkoilmaan, hönkien suodatusta ei tarvita. Lisäksi säiliössä pidetään typpiatmosfääriä.
- Tehdasalueen portti pidetään lukittuna ja kulunvalvontaa tehostetaan.
- Riskianalyysit päivitetään viiden vuoden välein.
- Keskitetään suunnittelu muutamalle suunnittelutoimistolle, jotta tietämys suunnittelun kokonaiskuvas- ta säilyy.
- Tehostetaan turvallisuusyhteistyötä toimittajien kanssa.
- Tehostetaan tiedottamista, mm. kuulutusjärjestelmälle tullaan tekemään säännölliset testaukset viikoittain.

Tutkijaryhmä ehdottaa lisäksi seuraavia toimenpiteitä:

- Selvitetään kirjallisen työluvan laajempi käyttötarve kunnossapito- ja huoltotöissä ottaen huomioon, että kunnossapitoyritys teettää osan töistä omana alihankintanaan.
- Tarkistetaan, että kaikki säännöllisesti huolto- tai kunnossapitoa vaativat laitteet on kirjattu ennakkohuoltojärjestelmään. Latexia SB Oy:n tulee määrittää laitetyypit kirjallisesti. Erityistä huomiota tulee kiinnittää laitteisiin, jotka sijoitetaan räjähdysvaaralliseen tilaan.
- Latexia SB Oy:n tulee tehostaa kunnossapitotöiden valvontaa (jälkitarkastus).
- Työt tulee tehdä työohjeiden mukaisesti. Jos hyväksyttävä käytäntö poikkeaa ohjeesta, ohjetta tulee muuttaa siten, ettei ohjeen ja käytännön välillä ole ristiriitaa.
- Konsernitason ohjauksen merkitystä turvallisuusasioissa painotetaan lisää.
- Tietojen vaihtoa turvallisuusasioissa tehostetaan lateksitehtaiden välillä siten, että muilla tehtailla hyväksi ja turvalliseksi havaitut menettelyt ja käytännöt ovat johdonmukaisesti käytössä kaikilla tehtailla.

8 Tietolähteet

[1] EU:n onnettomuustietokanta MARS

[2] Risto Lautkaski: Hönkäkaasujen turvallinen käsittely. Tutkimusselostus ENE6/13/97. VTT Energia.

[3] SFS-Käsikirja 150. Koneturvallisuus. Ohjeita ja suosituksia staattisen sähkön aiheuttaman räjähdysvaaran välttämiseksi.

9 Liitteet

Liite 1. Tehtaan valvontajärjestelmän keräämää tietoa sisältäen mm. akryylinitriilisäiliön pinnankorkeusmittauksen.

Liite 2. Valvontajärjestelmän tiedot hälytyksistä tapahtuma-aikana.

Liite 3. PI-kaavio/purkaus ja akryylinitriilisäiliö (vastaa osittain kuvaa 2).

Liite 4. Accimap-kaavio onnettomuuden kulusta.