

Massatornin räjähdys kartonki- tehtaalla Kuopiossa 4.11.2024

Sari Tappura & Aatu Isotalo

Turvallisuus- ja kemikaalivirasto (Tukes)

Onnettomuustutkinta

- Tapahtumat ennen onnettomuutta
- Tapahtumat onnettomuuspäivänä
- Onnettomuuden syytekijät
- Toimenpidesuositukset
 - Yritystä koskevat toimenpidesuositukset
 - Yleiset toimenpidesuositukset toiminnanharjoittajille
 - Toimenpidesuositukset viranomaisille

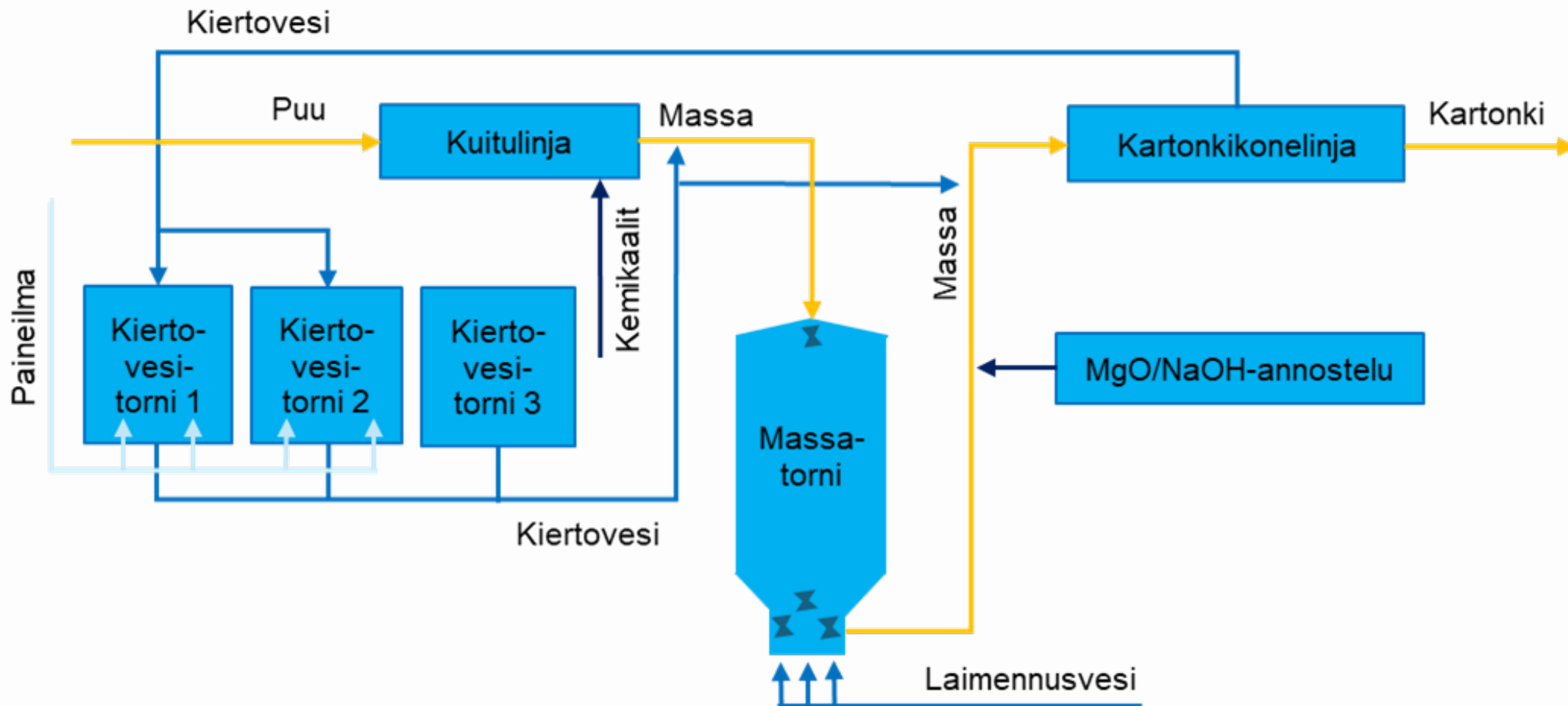


Kuva: Pohjois-Savon pelastuslaitos

Mondi Powerflute Oy

- Puolikemiallinen aallotuskartonkitehdas
 - Ammoniumsulfiittipohjainen tuotantoprosessi, muita ei tiettävästi Suomessa
- Savon Sellu Oy 1962, tuotanto aloitettu 1968 ja Mondi ostanut 2018
- Investointiprojekti 2021-2023, valmis 11/2023 (120 milj.€)
 - Uusittu puunkäsittely, kuitulinja (ml. pesuri), massatorni, haihduttamo ja kartonkikone
 - Tavoitteena nostaa tuotantomäärää 55 000 tonnia (330 000 tonniin) vuodessa sekä vähentää päästöjä ilmaan, jätevesikuormitusta ja melupäästöjä
- Henkilöstöä noin 230 + aliurakoitsijoita
- Tukesin valvoma lupalaitos, viimeisin määräaikaistarkastus tehty 13.6.2023

Yksinkertaistettu kaavio tuotantoprosessista



Tapahtumat ennen onnettomuutta

- Kartonkitehtaan laaja uudistus otettiin käyttöön marraskuussa 2023
 - Kemikaaliannostuksia ja pH-arvoa muutettu (nostettu) tuotelaadun optimoimiseksi
 - Kiertovesijärjestelmän kapasiteetti kasvoi n. 25 %, jolloin veden viipymä kierrossa on saattanut kasvaa
 - Uuden prosessin käyttöönotossa on ollut lukuisia seisokkeja ja alasajoja, viimeisin 30.10.2024
- Tehtaan vuosiseisokki oli 28.9.-11.10.2024
 - Kiertovesijärjestelmän osittainen tyhjentäminen ja pesut
 - Vesi varastoitiin kiertovesitorniin (kvt) 2, jota ei pesty ja jonka ilmastus oli pois päältä
 - Massasäiliön tyhjentäminen ja pesu
- Tavanomaista korkeampia pH-arvoja seisokin jälkeen
- Tavanomaista korkeampi ammoniakkipitoisuus kartonkikoneella edellisenä yönä

Tapahtumat onnettomuuspäivänä

- Kartonkikone pysähtyi laiterikon vuoksi kello 7:30
 - Kartonkikoneen vesikierto pysäytettiin
- Kuitumassan tuotanto päätettiin ajaa alas odotettavissa olevan seisokin ajaksi
 - Kuitulinjan alasajo alkoi kello 8:12, keitin tyhjennettiin, kuitulinjalinja pestiin ja huuhdeltiin
 - Huuhteluvesi otettiin kiertovesisäiliöistä, koska kartonkikoneelta tuleva vesikierto oli pois päältä
 - Alasajon aikana ei havaittu mitään normaalista poikkeavaa
- Kuitulinjan viimeinen huuhtelu massatorniin oli juuri käynnistynyt, kun räjähdys tapahtui kello 11:56
- Räjähdysten seurauksena massatornin katto irtosi ja lensi viereisen tehtaan katolle
 - Pelastustoimet käynnistettiin välittömästi, ei henkilövahinkoja
 - Massatorni ja sen rakenteet vaurioituivat, osia sinkoutui n. 200 metrin alueelle massatornista
 - Tehdasrakennuksen katto sortui osittain, ja alle jääneet laitteistot vaurioituivat

Tehdasrakennuksen katon sortuma

**Massatornin katto lensi viereisen
tehdasrakennuksen katolle**



Kuva: Pohjois-Savon pelastuslaitos

31.3.2025

**Tehdasrakennuksen katto sortui osittain, ja
alle jääneet laitteistot vaurioituivat**



Kuva: Tukes

Massatornin ja sen katon rakenteiden vauriot

Massatorni ylhäältä ja massatornin katto tehdasrakennuksen katolla



Kuva: Pohjois-Savon pelastuslaitos

Massatornin yläosan, massaputken, porrastornin ja kulkusiltojen vauriot



Kuva: Pohjois-Savon pelastuslaitos

Massatornin katon rakenne

Hönlkäputki

Miesluukku

Massanlevittäjä



Kuva: Tukes

Kuva: Tukes

Onnettomuuden syyt

- Onnettomuuden välitön syy oli kaasunpalaminen ja sen seurauksena syntynyt äkillinen paineen nousu massatornin sisällä.
- Massatornin yläosaan oli muodostunut prosessissa vetyä, joka yhdessä prosessissa vapautuvan ammoniakkikaasun kanssa muodosti herkästi syttyvän kaasuseoksen.
- Kaasuseos kerääntyi ilmaa kevyempänä kaasuna massatornin yläosaan.
- Kaasuseoksen syttymisen aiheutti todennäköisimmin staattisen sähkövarauksen aiheuttama kipinä, koska muita syttymislähteitä ei massatornissa tunnistettu.
- Onnettomuuden perussyinä olivat kiertovesijärjestelmän mikrobiologiset olosuhteet ja prosessin kemialliset ominaisuudet, jotka lisäsivät herkästi syttyvän kaasuseoksen (vety ja ammoniakki) muodostumista prosessissa. Lisäksi onnettomuuteen vaikuttivat kuitulinjan alasajo-olosuhteet sekä kiertovesi- ja massatornien rakenteet.

Onnettomuuteen vaikuttaneet tekniset ja kemialliset syyt

1. Vedyn muodostuminen massatorniin

- Kiertovesitorniin seinämiltä ja pohjalietteistä otetuissa näytteissä esiintyi runsaasti anaerobisia vedyntuottajabakteereita.
- Veden viipymän kasvu ja ilmastuksen puute vaikuttivat bakteeripitoisuuden kasvuun.
 - Kasvua erityisesti kv2:ssa, jota ei pesty vuosihuollossa ja jonka ilmastus oli pois päältä.
- Bakteerit kulkeutuivat huuhteluveden mukana kierto-vesitorneista massatorniin.
 - Massatornista otetuissa näytteissä esiintyi vedyntuottajabakteereita.
- Massatornissa bakteerien lisääntymiselle oli suotuisat olosuhteet (kosteus, hapettomuus, lämpötila, pH ja ravinto).
- Kevyt sekoitus saattoi lisätä vetykaasun vapautumista massasta.

Onnettomuuteen vaikuttaneet tekniset ja kemialliset syyt

2. Ammoniakkikaasun muodostuminen massatorniin

- Massa sisältää jäämiä keittokemikaaleista (ammoniumyhdisteitä ja rikkiä). Keittokemikaalien annostusta säädettiin (nostettiin) ensisijaisesti tuotelaadun perusteella. Myös kiertovedessä esiintyi jäännösammoniakkia ja rikkivetyä.
- Kiertoveden pH-arvo oli kohonnut, koska prosessin magnesiumoksidin (MgO) annostusta oli lisätty tuotelaadun säätämiseksi. Myös MgO:n annostelupisteen paikka muuttui uudistuksessa.
- Kun massatornissa olevaan massan joukkoon huuhdeltiin kiertovettä, massan pH nousi. Massan pH-arvon kohoaminen ja korkea lämpötila (60-65 °C) lisäsivät ammoniakkikaasun vapautumista massasta ja kiertovedestä.
- Huuhteluveden laskeminen torniin massanlevittäjän kautta synnytti pisaroimista, joka saattoi edelleen lisätä ammoniakkikaasun vapautumista massatornin yläosassa.

Onnettomuuteen vaikuttaneet tekniset ja kemialliset syyt

3. Räjähdyskelpoisen kaasuseoksen muodostuminen ja räjähtäminen

- Vetykaasun tuotannon arvioidaan riittävän räjähtävän kaasuseoksen syntymiseen massatornin olosuhteissa ja massan viipymällä.
- Huuhteluvaiheessa ammoniakkikaasun muodostuminen oli voimakkaampaa, koska huuhteluvesien pH on korkeampi kuin massan ja pisarointi lisää kaasuuntumista.
- Massatornin hönkäputki on katon lappeella, joten tornin yläosaan jää noin 18 m³ kokoinen kaasutasku.
- Staattisen sähkövarauksen aiheuttama kipinä oli todennäköisin syttymissy, koska muuta syttymissyä ei tunnistettu.

Onnettomuuteen vaikuttaneet tekniset ja kemialliset syyt

4. Massatornin katon irtoaminen räjähdysen seurauksena.
 - Massatornia ei ollut suunniteltu kemikaali- tai paineelliseksi säiliöksi.
 - Massatornin rakenteessa ei huomioitu mahdollista räjähdystä tai paineen nousua.
 - Massatornia ei ollut luokiteltu räjähdysvaaralliseksi (ATEX) tilaksi.
 - Massatornissa ei ollut kaasuilmaisimia ja painemittausta.
 - Massatornia ei ollut varustettu Ex-laittein.
 - Massatornin hönkäputki ei ollut riittävä pinta-alaltaan muodostuneiden kaasujen poistumiseen.

Onnettomuuteen vaikuttaneet organisatoriset syyt

1. Tuotantoprosessiin liittyvät kemialliset ja mikrobiologiset ominaisuudet.
 - Massankäsittely- ja kiertovesiprosessien kemiallisia ja mikrobiologisia ominaisuuksia ei tunnettu riittävästi eikä niiden aiheuttamia prosessiturvallisuusriskejä arvioitu.
 - Massatehtaan prosessiturvallisuusriskien arvioinnissa (HAZOP) ei tunnistettu mikrobiologisen kaasunmuodostuksen mahdollisuutta. Käytetty HAZOP-riskienarviointimenetelmä ei välttämättä tue prosessin kemiallisten ominaisuuksien tai mikrobiologisten olosuhdetekijöiden tunnistamista. Kaasunmuodostukseen tai sen aiheuttamaan räjähdysriskiin ei siten varauduttu.
 - Massatornin kattoa ja sen rakenteita ei ollut suunniteltu ylipaineeseen ja nopeaan paineen nousuun.

Onnettomuuteen vaikuttaneet organisatoriset syyt

2. Massatehtaan uudistuksen aiheuttamat muutokset.

- Massatehtaan uudistuksessa tehtyjen muutosten ja käyttöönotossa esiintyneiden tuotantohäiriöiden aiheuttamia vaikutuksia ei arvioitu riittävästi.
- Erityisesti vedyntuottajabakteerien esiintymisen ja runsastumisen vaaraa ei tunnistettu eikä siten varauduttu vetykaasun muodostumiseen massatornissa.
- Keittokemikaalien ja MgO-annostelun muutosten (lisäyksen) ja niiden aiheuttamien pH-arvojen muutosten vaikutuksia prosessiturvallisuuteen ei arvioitu.

Säädösten ja ohjeiden noudattaminen

- Uudistushankkeeseen liittyvässä muutosilmoituksessa esiteltiin vain vaarallisten kemikaalien käsittelyyn tehdyt muutokset, ei massaan tai kiertoveteen liittyviä muutoksia.
- Massasäiliötä ei tunnistettu räjähdysvaaralliseksi tilaksi, koska vedyn muodostumista massasäiliöön ei ollut tunnistettu riskiksi.
- Räjähdysvaaran arviointia ohjaavat standardit ja ohjeet ohjaavat huonosti arvioimaan mikrobiologisen kaasunmuodostuksen aiheuttamaa räjähdysvaaraa.

Mondia koskevat toimenpidesuosituks

- Vedyntuottajabakteerien lisääntyminen on estettävä tai niiden kasvuolosuhteita heikennettävä.
- Keittokemikaalien annosteluun liittyvät prosessiturvallisuusriskit on arvioitava.
- Kiertovesijärjestelmän mikrobiologista sekä keittokemikaaleista aiheutuvaa kaasunmuodostusta (erityisesti vety ja ammoniakki) tulee ehkäistä ja hallita.
- Räjähävän kaasuseoksen syntyminen ja kaasun kertyminen massatorniin tulee ehkäistä.
- Massatornin räjähdysvaara tulee arvioida muutosten jälkeen.
- Prosessin työohjeet (mukaan lukien alasajo-ohjeet) tulee päivittää.
- Merkittävien prosessimuutosten ja –häiriöiden vaikutukset tulee arvioida ja hallita.

Yleiset toimenpidesuositukset toiminnanharjoittajille

- Paperi- ja kartonkiteollisuudessa tulee tunnistaa ja arvioida mikrobitoimintaan liittyvät riskit sekä syttyviä kaasuja (kuten vety) tuottavien bakteerien esiintymisen mahdollisuus.
- Poikkeustilanteissa (kuten seisokit) voidaan tarvita tilannekohtaista riskienarviointia.
- Kemikaalilaitoksella tulee olla riittävä tieto prosessiturvallisuuden kannalta oleellisista kemikaalien aineominaisuuksista ja kemikaalien välisistä reaktioista.
- Kemiallisten ja biologisten vaaratekijöiden sekä mikrobiologisten olosuhdetekijöiden aiheuttamat prosessiturvallisuusriskit tulee arvioida osana riskienarviointia.
- Merkittävät muutokset on käsiteltävä systemaattisen muutoksenhallintamenettelyn kautta. Muutoksen käyttöönotossa ilmenevät häiriöt tulee selvittää järjestelmällisesti.
- Mahdollinen räjähdysvaara on arvioitava ja hallittava asianmukaisesti.

Toimenpidesuosituks^{et} viranomaisille

- SFS-käsikirja 59 (Räjähdysvaarallisten tilojen luokittelu. Palavat nesteet ja kaasut) ei ota kantaa mikrobiologiseen kaasunmuodostukseen räjähdysvaaran aiheuttajana. Asiaa tulee tarkastella käsikirjan seuraavan päivityksen yhteydessä.
- Tukesin valvonnassa tulee kiinnittää huomiota mikrobiologisten olosuhdetekijöiden aiheuttamien prosessiturvallisuu^sriskien arviointiin paperi- ja kartonkiteollisuudessa.
- Tukesin valvonnassa tulee kiinnittää huomiota merkittävien muutosten jälkeen toistuviin laitoksen häiriöihin sekä niiden syiden selvittämiseen. Toistuvat häiriöt voivat indikoida sitä, että muutoksen seurauksena vakavan onnettomuuden riski on kasvanut.

tukes