

# **ONNETTOMUUSTUTKINTARAPORTTI**

Dnro 2998/06/2002

**Kloorivuoto M-real Oyj:n Kirkniemen tehtaalla 7.5.2002**

**Tutkijaryhmä**

**Hanna Kuivalainen**

**Camilla Rapp**

1. Tiivistelmä.....	5
2. Johdanto.....	5
2.1 Yleiskuvaus toiminnasta.....	5
2.2 Kloorin varastointi ja käsittely .....	6
3. Onnettomuuden kuvaus.....	6
3.1 Tapahtumat ennen onnettomuutta .....	6
3.2 Kloorin kokoojaputken vaihtotyö.....	6
3.3 Kloorivuoto .....	7
3.4 Pelastusorganisaation toiminta.....	8
3.5 Onnettomuuden seuraukset .....	9
4.Säädösten ja määräysten noudattaminen.....	9
4.1 Laitosta koskevat luvat ja tarkastukset.....	9
4.2 Tehtaan toimintaperiaatteet .....	9
5.Onnettomuuden tutkinta .....	10
5.1 Käytetyt menetelmät.....	10
5.2 Onnettomuuden tekniset syyt.....	10
5.3 Organisaation ohjeet ja toimintatavat.....	11
6. Toimenpide-ehdotukset vastaavien onnettomuuksien ehkäisemiseksi .....	13
6.1 Suositukset onnettomuuksien ehkäisemiseksi.....	13
6.2 Yhtiön ilmoittamat toimenpiteet .....	13

## ONNETTOMUUSTUTKINNAN TIIVISTELMÄ

<b>Onnettomuustapaus</b>	Kloorivuoto
<b>Tapahtuma-aika</b>	6.-7.5.2002 klo 23:33 – 1:47
<b>Tapahtumapaikka</b>	M-real Oyj Kirkniemen tehdas Lohjalla
<b>Yhteenveto onnettomuudesta ja tutkinnan tuloksista (mitä tapahtui, syyt, seuraukset)</b>	<p>Raakavesiaseman kloorausjärjestelmään oli vaihdettu uusi PVC-muovista tehty kokoojaputki aamulla. Onnettomuus tapahtui kello 23:33, kun yksi kolmesta kokoojaputkeen liittyvistä putkista irtosi liimausliitoksestaan.</p> <p>Kaupungin ja tehtaan pelastusyksiköt sulkivat kloorisäiliökonttien venttiilit klo 01:47. Klooria pääsi ilmaan 1200 kg, mutta se jäi tehdasalueen sisäpuolelle.</p> <p>Onnettomuuden teknisiä syitä olivat:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- työvirhe putkiliitoksen liimauksessa;</li> <li>- kloorausjärjestelmän kaikista kolmesta säiliökontista pääsi klooria vuotamaan, vaikka vain yhden säiliökontin letku rikkoontui.</li> </ul> <p>Organisaation toimintaan liittyviä puutteita olivat:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- muutoksen vaaran arviointia ei ollut tehty;</li> <li>- ohjeiden mukaista kirjallista kemikaalityölupaa ei käytetty kloorin kokoojaputken vaihtotyössä;</li> <li>- raakaveden kloorauksen toimintakuvauksessa esitettyjä ohjeita kloorivuotohälytyksen aikana toimimiseksi ei noudatettu;</li> <li>- inhimillinen virhe tulkittaessa klooripitoisuus- ja kloorikaasulinjan painemittareita. Voimalaitoksen käyttöhenkilö erehtyi luulemaan kloorikaasulinjan painetta pitoisuudeksi.</li> </ul> <p>Vuoto ei aiheuttanut henkilö- tai omaisuusvahinkoja eikä keskeytystä tuotannossa. Kaksi yövuorossa ollutta työntekijää lähti sairaalaan päivystykseen päänsäryn ja huonovointisuuden takia, mutta kotiutettiin aamulla.</p>
<b>Tutkijaryhmän ehdottamat</b>	- Toiminnan ohjeistuksen pitää kattaa normaalit ja normaalista poikkeavat tilanteet. Toimintaohjeet laaditaan sellaisiksi, että

<p><b>toimenpiteet vastaavan onnettomuuden ehkäisemiseksi</b></p>	<p>niiden mukaan voidaan toimia. Toimintaohjeiden noudattaminen varmistetaan. Toimintaohjeet sisältävät myös työlupamenettelyt.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Koulutusta ja opastusta järjestetään henkilöstölle. Tiedotuksen, koulutuksen ja perehdyttämisen tavoitteena on, että henkilöstö tuntee laitoksen erityispiirteet, vaaralähteet ja osaa toimia hätä- ja onnettomuustilanteessa.</li> <li>- Muutostöiden yhteydessä käytetään vaarojen arviointimenettelyä.</li> <li>- Teknisillä toimenpiteillä varmistetaan, etteivät kaikki kontit pääse tyhjenemään letkujen tai venttiilien vuotaessa tai rikkoontuessa.</li> </ul> <p>Muita tutkimuksessa esille tulleita asioita:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Uusille vastaaville klooriputkistoille edellytetään standardin EN 13480, osan 5 mukaiset valmistus- ja tarkastusdokumentit.</li> <li>- Putkiston valmistajan pitää pätevoittää liitosten tekijät esim. omalla työohjeella ja näytetyöllä.</li> <li>- Varmistetaan käytettävän kokoojaputken materiaalin soveltuvuus kloorille.</li> <li>- Vaarojen arvioinnissa esitetyille toimenpide-ehdotuksille laaditaan toteutusaikataulu ja vastuuhenkilöt.</li> </ul>
<p><b>Tutkintaraportin päiväys</b></p>	<p>30.8.2002</p>
<p><b>Tutkijaryhmän allekirjoitukset ja nimenselvennykset</b></p>	<p>Hanna Kuivalainen Camilla Rapp</p>

## 1. Tiivistelmä

M-real Kirkniemen tehtailla tapahtui kloorivuoto 6.-7.5.2002 putkirikon seurauksena. Klooria pääsi ilmaan noin 1200 kg.

Tehtailla tuotetaan paperia kolmella paperikonelinjalla. Paperitehtaan käyttämä vesi otetaan tehdasalueen edustalta Lohjanjärvestä, puhdistetaan mekaanisesti sekä kloorataan raakavesiasemalla ennen raakavesisäiliöön ja edelleen käyttöön johtamista.

Mustasta teräksestä valmistettu kloorin kokoojaputki oli aiheuttanut ongelmia raakavesiasemalla. Tällöin oli päätetty vaihtaa kokoojaputki PVC-muoviputkeksi, joka oli tilattu kokonaistoimituksena. Kloorin kokoojaputken vaihtotyö oli tehty aamulla 6.5.2002. Onnettomuus tapahtui, kun yksi kloorausjärjestelmän kolmesta kokoojaputkeen liittyvistä putkista irtosi liimausliitoksestaan käyttöönoton jälkeen.

Hälytys kloorivuodoista on johdettu voimalaitoksen automaatiojärjestelmään. Kun hälytys klooripitoisuuden ylärajasta ja myöhemmin kloorin paineen alarajasta tuli kello 23:33, käyttökäyttäjä oli valinnut valvontamonitoriin väärän mittauksen seurattavakseen, kloorikaasun pitoisuuden sijasta hän seurasi kloorikaasulinjan painetta.

Myöhemmin päivystävä insinööri tunsu konttorilla kloorin hajua ja ilmoitti siitä vuoromestarille, joka lähti selvittämään tilannetta raakavesiasemalle. Hän totesi klooriletkun liitossauman olevan poikki, jonka jälkeen hän suoritti ilmoituksen portille.

Kaupungin ja tehtaan pelastusyksiköt saapuivat onnettomuuspaikalle kello 1:47 ja sulkivat kloorisäiliökonttien venttiilit. Vuoto ei aiheuttanut henkilö- tai omaisuusvahinkoja eikä keskeytystä tuotannossa. Kaksi yövuorossa ollutta työntekijää lähtivät sairaalaan päivystykseen päänsäryn ja huonovointisuuden takia, mutta heidät kotiutettiin aamulla.

VTT:n tutkimuksen (17.6.2002) mukaan irronneen liitoksen liimauksessa oli tapahtunut työvirhe, mikä aiheutti liimattujen osien välille heikon tartunnan. Liitosta tehtäessä liima ei ollut levinnyt tasaisesti koko pinnalle, vaan suurin osa liimasta oli työntynyt putkea sisään työnnettäessä putken suun edellä. Näin ollen liimaustulos oli heikko, ja liitos oli liimautunut vain osalta pintaa. Lisäksi putki oli vääntynyt vinoon ja litistynyt soikeaksi, jolloin laippaosan ja putken välinen välitys oli haitannut liimautumista.

## 2. Johdanto

### 2.1 Yleiskuvaus toiminnasta

M-real Kirkniemen tehdas sijaitsee Länsi-Uusimaalla Lohjanjärven rannalla Kukkumäen kylässä noin 10 km Lohjan kaupungista lounaaseen. Tehtailla tuotetaan paperia kolmella paperikonelinjalla, joista PK1-linja ja PK2-linja tuottaa aikakauslehtipaperia ja PK3-linja hienopaperia. Tehdasalueella toimivat lisäksi raakavesiasema, kuorimo, sellun liettämö, mekaanisia massoja valmistava osasto, paperivarasto, jätevedenpuhdistamo ja Fortum Oyj:n omistama maakaasulla toimiva kaasukombivoimalaitos.

Raakavesiasema sijaitsee hienopaperitehtaan ja rannan välissä erillään varsinaisesta tehdasalueesta. Kloorin käsittelyhuone sijaitsee vedenottamon raakavesisäiliön lähellä. Lähin asutus sijaitsee noin puolen kilometrin päässä ja lähimmät tehtaan työpaikat noin 300 metrin päässä. Neljä vuotta sitten ympäristön asukkaille on jaettu ohjeet, miten tulee käyttäytyä, kun yleinen hälytysmerkki annetaan.

## **2.2 Kloorin varastointi ja käsittely**

Raakavesiasemalla myrkylliseksi (T) luokiteltua nesteytettyä klooria käytetään tehtaan käyttöveden klooraukseen. Klooria varastoidaan enintään yhdeksän tonnia 1000 kg:n säiliökonteissa. Kloorin käsittelyhuoneessa varastoidaan kuusi säiliökonttia ja ulkona olevassa katoksessa kolme säiliökonttia.

Kolme säiliökonttia on yhtä aikaa käytössä, ja ne yhdistyvät kokooja-putkistoon ½ tuuman teflonletkulla (PTFE). Säiliökontin ja letkun välissä on tuplaventtiilit. Aikaisempi kokoojaputki (33,7 x 5,0) oli valmistettu ”mustasta” teräksestä (St 35,8 III) hitsausliitoksin. Ennen onnettomuutta kokoojaputki vaihdettiin PVC-muoviputkeksi, jonka paineluokka on 16 bar. Järjestelmän käyttöpaine on normaalisti alle 6 bar. Kokoojaputkesta kloori menee klorinaattoriin.

Kloorin käsittelyhuone ja suodatintila on varustettu vuodonilmaisimilla. Kloorivuodosta tulee hälytys voimalaitoksen automaatiojärjestelmään, ja mittaukset on myös luettavissa tilan ulkopuolella olevasta mittaritaulusta. Vuodon sattuessa käynnistyy hälytysvalo tilan ulkopuolella.

## **3. Onnettomuuden kuvaus**

### **3.1 Tapahtumat ennen onnettomuutta**

Mustasta teräksestä valmistettu kloorin kokoojaputki oli aiheuttanut ongelmia jonkin aikaa. Kokoojaputkesta irtosi hilsettä, joka tukki klorinaattorin aiheuttaen jatkuvia kloorinsyöttöongelmia. Tällöin päätettiin vaihtaa kokoojaputki PVC-muoviputkeksi, joka tilattiin kokonaistoimituksena putkiston toimittajalta. Tämä puolestaan tilasi kokoojaputken putkiston valmistajalta, jonka luona kokoojaputki koottiin valmiiksi. Ennen asennusta kokoojaputkelle tehtiin 3 vuorokauden 10 barin vesipainekoe M-real Kirkniemen toimesta ja järjestelmä todettiin tiiviiksi. Kokoojaputken paikalleen asennuksen suoritti Kirkniemen tehtaiden kunnossapito.

### **3.2 Kloorin kokoojaputken vaihtotyö**

Kloorin kokoojaputken vaihtotyö aloitettiin aamulla 6.5.2002. Kemikaalityö lupaa ei tehty, koska kemikaalien käytönvalvojan sijainen valvoi työtä paikanpäällä. Laitosmiehet sulki kloorisäiliökonttien kolme venttiiliä. Viiden minuutin odotuksen jälkeen kohdeimuri laitettiin kokoojaputken viimeisen letkuyhteen päälle ja liitosmutteri avattiin. Noin viiden minuutin ajan tarkkailtiin pitoisuusmittaria, jonka jälkeen aloitettiin vanhan kokoojaputken purkutyö. Tulitöitä ei tarvinnut tehdä, koska uusi kokoojaputki oli valmiiksi koottu putkiston valmistajan luona edellisellä viikolla. Uusi kokoojaputki liitettiin vanhaan klorinaattoriin kierreltiitoksella, jossa tiivisteinä oli teflonteippi. Kloorin yhdysletkut kokoojaputken ja kloorisäiliökonttien välillä uusittiin tiivisteinen. Vuoromestari ja käyttöhenkilö avasivat venttiilit

yksitellen, ja samalla tarkastivat ammoniakkikaasulla kaikki liitokset eikä vuotoja havaittu, ja kloorin kokoojaputki luovutettiin käyttöön.



Kuva 1. Kloorisäiliökontit

### 3.3 Kloorivuoto

Järjestelmä otettiin käyttöön 6.5.2002 noin kello 10:30 aamulla. Noin kello 18:00 alkoi tulla klooripitoisuuden ylärajahälytyksiä eli pitoisuus oli suurempi kuin 0,5 ppm. Kello 19:30 vuoromestari kävi raakavesiasemalla tarkastamassa tilanteen ja totesi että kohdeimuri oli päällä, mutta merkittävää kaasun hajua ei ollut. Seinällä olevat mittarit näyttivät nollaa. Vuoromestari pysäytti imurin ja jäi hetkeksi odottamaan. Hän tarkasti kokoojaputken ammoniakilla havaitsematta vuotoa. Hän odotti vielä noin puoli tuntia, jona aikana seinällä olevat pitoisuusmittarit eivät reagoineet. Koska pitoisuus automaatiojärjestelmässä vaihteli koko ajan 0,5 ppm:n molemmin puolin aiheuttaen hälytyksiä, pyysi vuoromestari muuttamaan hälytysrajan 1,0 ppm:ään. Samalla käyttöhenkilökunta otti pitoisuuden trendinäytön automaatiojärjestelmään seurantaan valvomossa.

Kello 20:30 pyysi vuoromestari käyttöhenkilöä käymään raakavesiasemalla tarkastamassa tilanteen ja samalla käynnistämään kohdeimurin uudelleen. Käyttöhenkilö tarkasti kokoojaputken ammoniakilla ja totesi eräässä putkiliitoksessa mahdollisen vuodon. Pitoisuudet tilassa eivät olleet nousseet. Tämän jälkeen käyttöhenkilö käynnisti kohdeimurin. Samaan aikaan voimalaitoksen valvomossa vuoromestari ja päivystävä insinööri keskustelivat tilanteesta päättäen jättää annostelun päälle ja seurata tilannetta. Kello 22:00 vuoronvaihdossa vuoromestarit neuvottelivat pitäisikö järjestelmä ottaa pois käytöstä. Johtopäätös oli, että jätetään järjestelmä päälle ja seurataan tilannetta.

Kello 23:33 tuli hälytys klooripitoisuuden ylärajasta ja 20 sekuntia myöhemmin kloorin paineen alarajasta. Tällöin klooriputken sauma repeytyi. Käyttöhenkilö oli valinnut valvontamonitoriin kloorikaasun pitoisuuden sijasta kloorikaasulinjan paineen seurattavakseen. Sauman liitoksen pettäessä kokoojaputken paine romahti noin 4 baarista 0,3 baariin, ja käyttöhenkilö luuli painetta pitoisuudeksi. Klooripitoisuuden hälytysraja on ohjeiden mukaan 0,5 ppm. Käyttöhenkilö luuli siten vuodon olevan vain vähäinen ja hallinnassa. Tämän tiedon hän välitti myös

voimalaitoksen vuoromestarille. Lisäksi käyttökäyttäjä luki kloorijärjestelmästä tulleet hälytystekstit huolimattomasti uskoen tilanteen olevan hallinnassa.

Kello 01:04 päivystävä insinööri tunsu konttorilla kloorin hajua ja ilmoitti siitä vuoromestarille, joka lähti yksinään selvittämään tilannetta raakavesiasemalle. Käyttökäyttäjä oli kertonut kaasun pitoisuuden olevan 0,3 ppm (mikä oli todellisuudessa ollut kokoojaputken paine), jolloin vuoromestari ei tiennyt tilanteen vakavuudesta. Kun vuoromestari oli jo lähtenyt, havaitsi käyttökäyttäjä tekemänsä virheen, ja yritti puhelimitse tavoittaa vuoromestaria varoittaakseen. Soittoa ei vuoromestari kuullut, koska ajoi paikalle mopolla kypärä päällä. Vuoromestarin perään lähti käyttökäyttäjä.

Vuuromestari meni raakavesiasemalle, otti kaasunaamarin käyttöön ja avasi kloorin käsittelyhuoneen oven. Hän totesi klooriletkun liittosauman olevan poikki (kts. kuva 2), jonka jälkeen hän suoritti ilmoituksen portille kello 01:21.

Alustavissa tutkimuksissa todettiin, että yksi järjestelmän kolmesta kokoojaputkeen liittyvistä putkista oli irronnut liimausliitoksestaan. Ilmaan pääsi 1200 kg klooria. Laskenta tehtiin kloorin annostelumäärän ja kloorisäiliökonttien käyttöajan perusteella.



Kuva 2. Letkun irronnut liitos

### ***3.4 Pelastusorganisaation toiminta***

Pelastuslaitoksen onnettomuusraporttiin on kirjattu hälytyksen vastaanottoajaksi kello 01:26. Ilmoitus tehtiin tehtaan portilta. Yleistä hälytysmerkkiä ei annettu. Tehtaalla varoitettiin henkilökuntaa kaasuvuodosta ja suljettiin ilmasto. Kaupungin ja tehtaan pelastusyksiköt saapuivat onnettomuuspaikalle kello 01:47 ja sulkiivat kloorisäiliökonttien venttiilit. Pelastustöihin osallistuivat Lohjan palolaitos, Virkkalan Vpk, tehtaan omat sammutusyksiköt, Lohjan sairaankuljetuksen yksikkö ja poliisi. Pelastuslaitoksella oli käytössään kaksi kemikaalipukua ja tehtaan omalla palokunnalla yksi kemikaalipuku.

Poliisi valvoi vuodon mahdollista leviämistä tehtaan ulkopuolelle ja oli varautunut katkaisemaan liikenteen Lohjansaarentiellä. Sää oli tapahtumahetkellä lähes tyyntä ja poutaa, 4-5 °C. Ilmaa raskaampi kloorivuoto jäi tehdasalueen sisäpuolelle.



### **3.5 Onnettomuuden seuraukset**

Vuoto ei aiheuttanut henkilö- tai omaisuusvahinkoja eikä keskeytystä tuotannossa. Kaksi yövuorossa ollutta työntekijää lähtivät sairaalaan päivystykseen päänsäryn ja huonovointisuuden takia. Heidät kotiutettiin aamulla.

Yhtiön arviossa (yhtiön ja kemikaalin toimittajan neuvottelu 6.6.2002) todettiin, että vuotamaan päässyt kloorin määrä, 1200 kg, oli suuri ja että vuoto olisi voinut aiheuttaa vakavan onnettomuuden, jos tuuliolosuhteet olisivat olleet erilaiset ja kloorin annosteluhuoneen huippuimuri ei olisi ollut päällä. Huippuimuri nosti suurimman osan kloorikaasusta raakavesiaseman katolla olevasta piipusta ylös taivaalle, josta klooripilvi lähti ilmeisesti heti nousemaan ylöspäin laimentuen nopeasti taivaalle.

## **4. Säädösten ja määräysten noudattaminen**

### **4.1 Laitosta koskevat luvat ja tarkastukset**

Kirkniemen tehtaalla on asetuksen (59/1999) edellyttämät luvat vaarallisten kemikaalien teolliseen käsittelyyn ja varastointiin. Kloorin varastoinnille ja käsittelylle on TUKESin päätös nro 1442/36/2000, jonka mukaisesti raakavesiasemalla saadaan varastoida enintään yhdeksän tonnia nesteytettyä klooria (T, N) yhden tonnin säiliökonteissa. Käytännössä raakavesiasemalla säilytetään enintään kuusi tonnia klooria, joista kolme säiliökonttia on kytkettyä annostelulaitteistoon ja kolme varalla.

Tehdas on tehnyt toimintaperiaateasiakirjan, jossa on esitetty toimintaperiaatteet kemikaaleista aiheutuvien suuronnettomuuksien ja muiden onnettomuuksien ehkäisemiseksi. Asetuksen edellyttämät määräaikaistarkastukset tehdään kolmen vuoden välein. Viimeksi tarkastus on tehty 16.2.2000 (tarkastuskertomus nro 16/36/2000).

### **4.2 Tehtaan toimintaperiaatteet**

Tehtaalle on määritelty toimintaperiaatteet, joista yhtenä päämääränä ja tavoitteena on pyrkiä ehkäisemään onnettomuudet ennakolta tai minimoida niiden vaikutukset siinä mittakaavassa kuin se on järkevää toiminnassa.

Organisaatiot ja vastuut on selvästi kuvattu ja henkilöt nimetty. Esim. osaston käytönvalvojan tehtäviin kuuluu muutostöissä työluvan antaminen.

Asiakirjan mukaan prosessimuutosten yhteydessä arvioidaan prosessin turvallisuusriskit ja ne pyritään poistamaan tai minimoimaan. Kloorin käsittelylle ja varastoinnille on tehty vaaranarviointi 12.5.2000.

Lisäksi asiakirjan mukaan sisäisiä arviointeja tehdään säännöllisesti. Kahden vuoden välein arvioidaan koko tehtaan toiminnot. Lisäksi tehdään laitosmieskierroksia, työsuojelukierroksia ja vaarariskikartoituksia. Kunnossapidon laitosmieskierrokset kattavat myös raakavesiaseman, ja kierros tehdään kunnossapidon toiminnanohjausjärjestelmästä (SAP) saatavan tarkastuslistan mukaisesti noin kahden viikon välein. Kierroksella suoritetaan koneiden rasvaukset sekä todetaan laitteiston yleiskunto.

Kussakin vuorossa voimalaitoksen käyttöhenkilöstö tekee oman tarkastuskierroksensa kattuen myös raakavesiaseman. Kierroksella tarkastetaan

kloorin syöttömäärä sekä –paine. Tarvittaessa suoritetaan vuototestaus ammoniakilla. Lisäksi tarkastetaan kloorausvesi- ja huuhteluvesipumppujen toiminta sekä vedenkäsittelylaitoksen yleistila. Vuoromestari suorittaa vuorojaksensa (4 työvuoroa) aikana 1 – 2 kertaa tarkastuskierroksen vedenkäsittely-laitoksella.

Työsuojelukierroksia tehdään säännöllisesti myös raakavesiasemalla, mutta niissä ei ole tullut esille erityisiä kemikaaliturvallisuuteen liittyviä asioita.

Raakaveden klooraukselle on toimintaohje kloorisäiliökonttien vaihtoa, kloorin annostelua sekä kloorivuotoa varten. Ohjeiden mukaan kloorivuodon hälytyksestä tulee vuoromestarin mennä yhdessä käyttömiehen kanssa sulkemaan kloorisäiliökonttien venttiilit.

## **5. Onnettomuuden tutkinta**

### **5.1 Käytetyt menetelmät**

M-real Oy ilmoitti onnettomuudesta TUKESille 7.5.2002 kello 8.00. TUKESin tutkijat kävivät kaksi neuvottelua (7.5.2002 ja 7.8.2002) M-real Oy:n edustajien kanssa, ja samalla tutustuttiin onnettomuuspaikkaan. Lisäksi yhtiöltä saatiin sähköpostilla lisäselvityksiä ja valokuvia onnettomuuskohteesta. Tutkimuksen aikana oltiin yhteydessä myös pelastuslaitokseen, josta saatiin onnettomuusseloste. VTT tutki irronneen muoviputken liimaliitoskohdan (tutkimusselostus nro RTE2103/02, 17.6.2002). Kloorin toimittajan asiantuntijat antoivat oman arvionsa tapahtuneesta 6.6.2002. M-real teki omien menettelyjensä analysoinnin ja suunnitelman vastaavien onnettomuuksien ehkäisemiseksi (Suunnitelma kemikaalionnettomuuksien ennaltaehkäisystä 30.7.2002).

### **5.2 Onnettomuuden tekniset syyt**

Onnettomuuden teknisiä syitä olivat:

- Kloorin kokoojaputken liimausliitos oli huono. VTT:n tutkimusten (17.6.2002) mukaan irronneen liitoksen liimauksessa oli tapahtunut työvirhe, mikä aiheutti liimattujen osien välille heikon tartunnan. Liitos muodostui kulmayhteestä ja laipasta, jotka oli lyhyen putken välityksellä liimaliitoksin liitetty toisiinsa. Liitosta tehdessä liima ei ollut levinnyt tasaisesti koko pinnalle, vaan suurin osa liimasta oli työntynyt putkea sisään työnnettäessä putken suun edellä. Näin ollen liimaustulos oli heikko, ja liitos oli liimautunut vain osalta pintaa. Lisäksi putki oli vääntynyt vinoon ja litistynyt soikeaksi, jolloin laippaosan ja putken välinen välitys oli haitannut liimautumista. VTT:n selostuksesta käy myös ilmi, että PVC-putkien liitosten liimaus vaatii teknisesti tarkkaa suoritusta, ja riski epäonnistumiseen on olemassa.
- Kaikki säiliökontit tyhjenivät yhtaikaa onnettomuustilanteessa. Säiliökontit olivat kytkettyinä toisiinsa siten, että yhden letkun rikkoontuessa kaikki tyhjenivät.

Tutkimuksissa havaittiin myös seuraavaa:

- Yhtiö on selvittänyt PVC-muovin soveltuvuutta klooriputkeksi ja todennut materiaalin voivan kovettua ja haurastua kloorin vaikutuksesta ja siten sen käyttöiän olevan rajallinen.

- Koska vertailuliitokset olivat onnistuneet hyvin, ei itse liima ole ollut virheellistä olettaen kaikkiin liitoksiin käytetyn samaa liimaa.

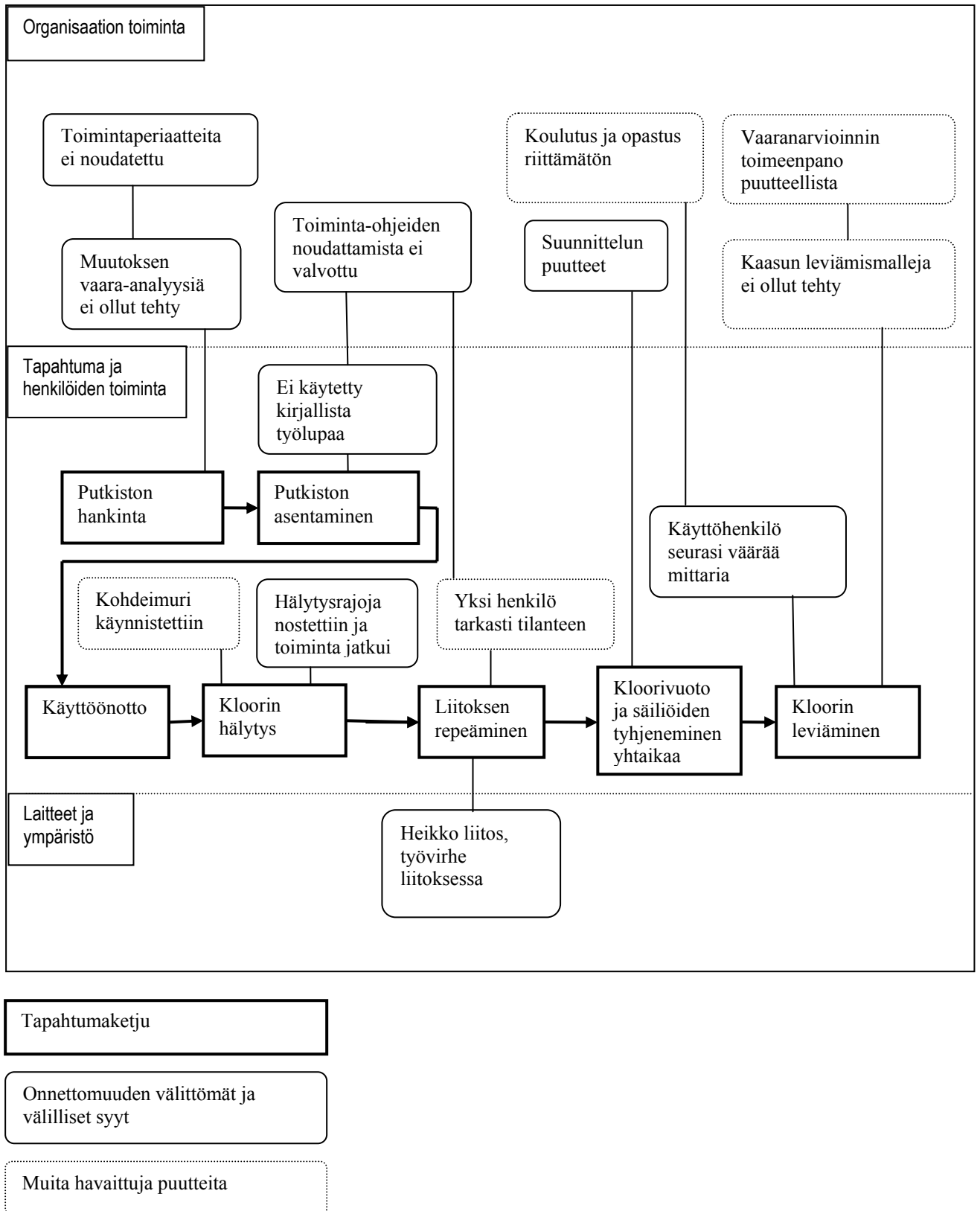
### 5.3 Organisaation ohjeet ja toimintatavat

Organisaation toiminnassa esiintyviä puutteita olivat:

- Toimintaperiaateasiakirjan mukaan prosessimuutosten yhteydessä arvioidaan prosessin turvallisuusriskit ja ne pyritään poistamaan tai minimoimaan. Muutoksen vaaranarviointia ei ollut tehty.
- Toiminnan ohjeistusta ei noudatettu kaikilta osin:
  - Osaston käytönvalvojan tehtäviin kuuluu muutostöissä työluvan antaminen. Kloorin kokoojaputken vaihtotyö suoritettiin varakäytönvalvojan valvonnassa, eikä kirjallista kemikaalityölupaa katsottu tarpeelliseksi käyttää.
  - Raakaveden kloorauksen toimintakuvauksessa esitettyä menettelytapaa toiminnasta kloorivuotohälytyksen tullessa ei noudatettu. Toimintakuvauksessa on kerrottu, että raakavesiasemalla on oltava aina vähintään kaksi henkilöä mahdollisessa epäilyssä vuototilanteessa.
- Kloorin käsittelylle ja varastoinnille on tehty vaaranarviointi 12.5.2000, jossa on huomioitu kokoojaputken tai venttiilin rikkoutuminen. Toimenpide-ehdotuksena on esitetty kloorin leviämismallien tekeminen. Tätä ei kuitenkaan ollut tehty.

Inhimillisiä virheitä olivat:

- Ensimmäisten hälytysten tullessa kloorinsyöttöä jatkettiin. Hälytyksen syytä yritettiin selvittää mm. ammoniakkikaasun avulla. Kun selvää vuotokohtaa ei löydetty, nostettiin hälytysrajaa ja päätettiin seurata tilannetta ja jatkaa kloorin annostelua.
- Kun hälytys klooripitoisuuden ylärajasta ja myöhemmin kloorin paineen alarajasta tuli, voimalaitoksen käyttöhenkilö oli valinnut valvontamonitoriin väärän mittauksen seurattavakseen; kloorikaasun pitoisuuden sijasta hän seurasi kloorikaasulinjan painetta. Käyttöhenkilö luuli siten vuodon olevan vain vähäinen ja hallinnassa. Tämän tiedon hän välitti myös voimalaitoksen vuoromestarille. Lisäksi käyttöhenkilö luki kloorijärjestelmästä tulleet hälytystekstit huolimattomasti uskoen tilanteen olevan hallinnassa.



Kuva 3. Onnettomuuden ja toiminnan analysointi

## 6. Toimenpide-ehdotukset vastaavien onnettomuuksien ehkäisemiseksi

### 6.1 Suositukset onnettomuuksien ehkäisemiseksi

Tutkijaryhmä esittää seuraavassa joukon suosituksia, jotka on tarkoitettu otettavaksi huomioon, kun vastaavia onnettomuuksia pyritään välttämään:

- Toiminnan ohjeistuksen pitää kattaa normaalit ja normaalista poikkeavat tilanteet. Toimintaohjeet laaditaan sellaisiksi, että niiden mukaan voidaan toimia. Toimintaohjeiden noudattaminen varmistetaan. Toimintaohjeet sisältävät myös työlupamenettelyt.
- Koulutusta ja opastusta järjestetään henkilöstölle. Tiedotuksen, koulutuksen ja perehdyttämisen tavoitteena on, että henkilöstö tuntee laitoksen erityispiirteet, vaaralähteet ja osaa toimia hätä- ja onnettomuustilanteessa.
- Muutosten yhteydessä käytetään vaarojen arviointimenettelyä.
- Vaaran arvioinnissa (12.5.2000) esitetyille toimenpide-ehdotuksille laaditaan toteutusaikataulu ja vastuuhenkilöt.
- Varmistetaan, etteivät kaikki kloorisäiliökontit pääse tyhjenemään letkujen tai venttiilien vuotaessa tai rikkoontuessa.

Putkistojen ja letkujen valmistuksessa on huomioitava jatkossa:

- Painelaitemääräysten mukaan klooriputki kuuluu luokkaan I, kun painelaitte-päätöksen mukaan (938/1999) sisällön vaarallisuus kuuluu ryhmään 1. Näille putkistoille edellytetään standardin EN 13480, osan 5 mukaiset asiakirjat (liitteessä).
- Putkiston valmistajan pitää pätevöittää liitosten tekijät esim. omalla työhohjeella ja näytetyöllä.

Lisäksi onnettomuustutkinnan aikana todettiin:

- PVC -muovin soveltuvuutta klooriputkeksi ei ole täysin varmistettu, joten sen käyttöä tulee rajoittaa.

### 6.2 Yhtiön ilmoittamat toimenpiteet

Tehtaalla on sisäisten arviointien johdosta sovittu seuraavia toimenpiteitä tehtäväksi:

- Muutostöistä on vastuussa tehdassuunnittelu, joka varmistaa että putkistojen ja säiliöiden materiaalivalinnat, suunnittelu, valmistus ja testaus tehdään standardien ja ohjeiden mukaisesti, ja että vaaran arviointi tehdään asianmukaisesti ennen käyttöönottoa. Toimitusvalvonnasta ja toimittajilta vaadittavasta dokumentaatiosta vastaa sovittu projektivastaava sovittujen menettelyjen (tehdassuunnittelun ohjeet ja standardit) mukaan.
- Kaikki vaarallisten kemikaalien käsittelyyn ja varastointiin liittyvät työt tehdään kirjallisen työlupamenettelyn kautta.
- Työntekijöille annetaan koulutusta ja huolehditaan siitä, että he toimivat laadittujen toimintaohjeiden mukaisesti sekä normaali-, huolto- ja kunnossapito- että häiriötilanteissa. Järjestelmällinen ja jatkuva opastus ja koulutus tapahtuvat tehtaalla menettelyohjeiden mukaisesti.

- Käyttöhenkilöstölle ja alihankkijoille annetaan koulutusta kemikaalien käsittelylle ja varastoinnille sekä toimimisesta muutostöissä sekä vaaratilanteissa.
- Ulkoisen ja sisäisen tiedotussuunnitelman laatiminen tehdään koko tehtaalle. Osaston sisäistä tiedonkulkua parannetaan erityisesti, kun kyseessä on poikkeustilanteet ja prosessiin liittyvät muutokset.
- Mahdollisen onnettomuuden sattuessa vahinko tulisi rajata mahdollisimman pieneksi, etteivät kaikki kolme kloorisäiliökonttia tyhjene.
- Kaasunsuojelusuunnitelma tarkastetaan ja päivitetään sekä kaasunnettomuutta harjoitellaan.
- Kloorin vaaran arviointia koskevaan selvitykseen päivitetään leviämislaskelmat ja analyysit.
- PVC-putkea ei jatkossa käytetä, vaan materiaalina on sovittu jatkossa olevan saostamaton hiiliteräs sen kosteutta kestävän ominaisuutensa vuoksi.

#### Liitteet

1. OVA-ohjeet, kloori
2. Kloorivuoto mäkisäiliöllä (vedenkäsittelylaitos) 6.5.2002 klo 23:33/muistio 7.5.2002;  
Toimenpiteet kloorivuoto-onnettomuudessa 7.5.2002
3. Toimintakuvaus, raakaveden klooraus 16.1.2001
4. Tehtaiden toimintaperiaatteet vaarallisten kemikaalien käsittelyssä ja varastoinnissa/28.6.2000
5. Suojelusuunnitelma kaasuvuodon varalta/19.11.1998
6. Kloorin käsittelyn ja varastoinnin vaaranarviointi/VTT Automaatio 12.5.2000
7. Liimausohjeet PVC-putkistojärjestelmille
8. Klooriputkiston vauriotutkinta, VTT:n tutkimusselostus nro RTE2103/02, 17.6.2002
9. Klooriputkiston tarkastuspöytäkirjat;  
Kemikaaliputkistot (TUKESin esite);  
Putkiston asiakirjat
10. M-realn sisäiset arvioinnit 17.8.2000 ja 19.6.2002
11. M-real Oyj:n suunnitelma kemikaalionnettomuuksien ennaltaehkäisystä 30.7.2002
12. Neuvottelu M-real ja TUKESin tutkijat muistiot 1/2002, 7.5.2002 ja 2/2002, 7.8.2002