



## **KEMIKAALIVALVONTA METSÄTEOLLISUUSLAITOKSILLA**

Lappeenrannan–Lahden teknillinen yliopisto LUT

Kemiantekniikan kandidaatintyö

2022

Vilma Landen

Tarkastaja: TkT Miia John

Ohjaajat: FT Pirjo Korhonen

DI Mika Toikka

DI Paula Vehmaanperä

## TIIVISTELMÄ

Lappeenrannan–Lahden teknillinen yliopisto LUT

LUT Teknis-luonnontieteellinen

Kemiantekniikka

Vilma Landen

### **Kemikaalivalvonta metsäteollisuuslaitoksilla**

Kemiantekniikan kandidaatintyö

2022

34 sivua, 5 kuvaa, 7 taulukkoa ja 2 liitettä

Tarkastaja: TkT Miia John

Avainsanat: kemikaalivalvonta, metsäteollisuus, päästöt ilmaan, päästöt vesistöön

Tämän kandidaatintyön tavoitteena on selvittää, miten kemikaalit näkyvät kemikaali- ja ympäristönsuojelulain mukaisessa valvonnassa metsäteollisuuslaitoksilla. Teoriaosassa tarkastellaan yleisesti kemiallisessa metsäteollisuudessa käytettyjä prosesseja ja kemikaaleja sekä niissä muodostuvia päästöjä ja niiden vähentämiseen käytettyjä menetelmiä. Metsäteollisuuden parissa toimivien ELY-keskuksen ympäristövalvojien kokemuksia kemikaalien huomiomisesta käytännön valvontatyössä kerättiin Webropol-kyselyllä.

Kemiallinen metsäteollisuus käyttää runsaasti erilaisia kemikaaleja, joista osa voi aiheuttaa pilaantumisen vaaraa ympäristöön joutuessaan. Kaikki käytetyt kemikaalit eivät jää lopputuotteeseen ja prosessien eri vaiheissa muodostuu päästöjä, joiden käsittelyyn käytetään erilaisia menetelmiä niin prosessin sisällä kuin ulkoisessa puhdistuksessa.

Aikaisemmin kemikaalit ovat olleet taka-alalla ympäristövalvonnassa. Suomalainen metsäteollisuus ja ympäristövalvonta ovat murroksessa. Uusia prosesseja ja kemikaaleja on otettu käyttöön. Kiristyneet vaatimukset lopputuotteelle pakottavat kehittämään uusia ratkaisuja, joiden myötä ympäristönäkökulmiin on kiinnitettävä aiempaa tarkempaa huomiota. Valvojien tehtäväkenttä on laaja ja viranomaisten yhteistyö sekä valvonnan kokonaisvaltaisuuden hahmottaminen nousee tulevaisuudessa entistä merkittävämpään rooliin.

## LYHENNELUETTELO

AOX	Orgaanisiin yhdisteisiin sitoutunut kokonaiskloori (Adsorbable Organic Halides)
BAT	Paras käyttökelpoinen tekniikka (Best Available Techniques)
BOD	Biologinen hapenkulutus
BREF	Parhaan käyttökelpoisen tekniikan vertailuasiakirja (BAT Reference Document)
COD	Kemiallinen hapenkulutus
EFC	Alkuaineklooriton sellun valkaisutapa (Elementally Chlorine Free)
ELY-keskus	Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus
E-PRTR	Euroopan päästörekisteri
KemL	Kemikaalilaki
SYKE	Suomen ympäristökeskus
TFC	Kloorikemikaaliton sellun valkaisutapa (Total Chlorine Free)
TRS	Pelkistyneet rikkiyhdisteet (Reduced Sulphur Compounds)
Tukes	Turvallisuus- ja Kemikaalivirasto
VOC	Haihtuvat orgaaniset yhdisteet (Volatile Organic Compound)
YLVA	Ympäristönsuojelun tietojärjestelmän valvontaosa
YSA	Valtioneuvoston asetus ympäristönsuojelusta
YSL	Ympäristönsuojelulaki

## Sisällysluettelo

Tiivistelmä

Lyhenneluettelo

1	Johdanto.....	5
2	Kemikaalit metsäteollisuuslaitoksilla.....	6
2.1	Ympäristölupa ja valvonta .....	7
2.2	Massateollisuus .....	8
2.2.1	Kuitulinja .....	8
2.2.2	Talteenottolinja .....	11
2.3	Paperi- ja kartonkiteollisuus.....	12
2.4	Apuaineet .....	14
3	Päästöjen lähteet ja puhdistusmenetelmät .....	16
3.1	Päästöt pintavesiin.....	17
3.2	Päästöt ilmaan .....	19
3.3	Vesistö päästöjen vähentäminen .....	21
3.4	Ilmapäästöjen vähentäminen .....	22
4	Kyselytutkimus kemikaalien valvonnasta .....	24
5	Tulokset ja tulosten tarkastelu .....	25
6	Johtopäätökset .....	31
	Lähteet .....	32

Liitteet

Liite 1. Tärkeimmät pilaantumista aiheuttavat aineet päästöjen raja-arvoja asetettaessa

Liite 2. Kyselylomake

# 1 Johdanto

Kemiallisessa metsäteollisuudessa käytetään suuret määrät erilaisia kemikaaleja. Vaikka suurin osa kemikaaleista ei aiheuta vaaraa oikein käsiteltynä, myös haitallisia kemikaaleja tarvitaan. Suomalainen metsäteollisuus ja ympäristövalvonta ovat murrosvaiheessa. Samalla kun ympäristövalvontaan kehitetään paremmin kemikaaleja huomioivia toimintatapoja, otetaan laitoksilla käyttöön entistä tehokkaampia prosesseja ja niiden myötä uusia kemikaaleja.

Ympäristönäkökulmien huomioimiselle on tarvetta. Metsäteollisuuslaitokset tarvitsevat toiminnalleen ympäristöluvan, joka määrittää esimerkiksi päästötasoja ja käytettävää tekniikkaa. Ympäristösuojeluviranomaiset valvovat ympäristöluvan ehdoin kemikaalien käyttöä ja varastointia ympäristönsuojelu- ja kemikaalilain mukaisesti. Ympäristön pilaantumisen ehkäisyssä toiminnanharjoittajalla on vastuu toiminnasta, josta voi aiheutua vaaraa.

Kemikaali- ja turvallisuusviraston ylläpitämän kemikaalitietoon keskittyvän KemiDigi-verkkopalvelun käyttöönotto ja parhaillaan menossa oleva lupamääräysten uudistamistyö tehostavat kemikaalien parempaa huomioimista valvonnassa. KemiDigin kautta yritykset voivat tehdä lakisääteisiä ilmoituksia viranomaisille. Järjestelmä tulee yhtenäistämään valvontaa, joka nykyisin kohdistuu merkitykselliseksi tunnistettuihin kemikaaleihin. Myös käytännön valvontatyössä on otettu käyttöön uusia toimintatapoja, joiden tarkoituksena on parantaa ympäristönsuojelun tasoa kemikaalien osalta.

Tämän kandidaatintyön tavoitteena on selvittää, miten kemikaalit näkyvät kemiallisen metsäteollisuuden ELY-keskusten suorittamassa kemikaali- ja ympäristönsuojelulain mukaisessa valvontatyössä. Muiden viranomaisten valvontatyötä ei käsitellä tarkemmin, vaikka tehtävät ovat osittain päällekkäisiä. Kirjallisuuskatsaukseen perustuvassa teoriaosassa esitetään sulfaattimenetelmällä valmistetun kemiallisen massan sekä paperin ja kartongin valmistusprosessit havainnoiden käytettyjä ja varastoituja kemikaaleja. Lisäksi kuvataan yleisesti käytössä olevia päästöjen vähentämiseen käytettyjä teknologioita.

Käytännön valvojakokemuksia selvitetään valvojille suunnatun kyselytutkimuksen avulla. Kyselyn tavoitteena on kartoittaa uusien toimintatapojen ja hyvien käytäntöjen vaikutusta valvontatyöhön. Kysely toteutettiin yhteistyössä Kaakkois-Suomen ELY-keskuksen kanssa.

## 2 Kemikaalit metsäteollisuuslaitoksilla

Kemiallinen metsäteollisuus koostuu massa-, paperi- ja kartonkiteollisuudesta. Massateollisuus tuottaa sellua, jota käytetään paperin ja kartongin raaka-aineena (Metsäteollisuus ry 2000, 52). Vuonna 2021 Suomessa oli yli 60 massaa, paperia, kartonkia tai paperijalosteita valmistavaa tehdasta (Metsäteollisuus ry 2021a).

Viimeisten vuosikymmenten aikana tapahtuneen rakennemuutoksen vaikutuksesta tuotannon painotus on muuttunut ja metsäteollisuuden tuotevalikoima on laajentunut. Perinteisten metsäteollisuustuotteiden lisäksi tuotteena voi olla esimerkiksi uuden sukupolven paperi- ja kartonkituotteet. (Ojanen 2011, 14.) Muuttuneiden vaatimusten myötä myös valmistusprosessit ja käytetyt kemikaalit joutuvat tarkasteltavaksi.

Suomen ympäristökeskuksen selvityksen mukaan vuonna 1992 massa- ja paperiteollisuudessa käytettiin yli 900 erilaista kemikaalituotetta. Kokonaiskäyttömääriä tarkasteltaessa eniten kemikaaleja käytettiin massan valmistuksen prosessikemikaaleina, massan valkaisuun tai paperin valmistuksessa täyteaineina ja pigmentteinä. (Pylkkö, 1996.) Nykyisin kemikaalitietojen hallinta on yksinkertaisempaa verkkopohjaisten palvelujen takia, vaikka käytettyjen kemikaalien valikoima on laajentunut.

Vaikka käyttömäärät ovat suuria, eivät kaikki käytetyistä kemikaaleista aiheuta vaaraa ympäristölle. Sellu- ja paperiteollisuudessa käytettävät peruskemikaalit, kuten lipeä ja kalkki, ovat luonnosta saatavia ja oikein käytettyinä turvallisia aineita, jotka käytön jälkeen palautuvat luonnon kiertokulkuun (Isotalo 2004, 18–19). On kuitenkin huomioitava, että myös muut kuin haitallisiksi määritellyt kemikaalit voivat aiheuttaa pilaantumisen vaaraa huolimattomasti käsiteltynä (Ympäristöministeriö 2021, 25).

Ympäristön pilaantumisen vaaraa aiheuttavat kemikaalit ovat merkityksellisiä kemikaaleja. Merkityksellisiksi luokitellut kemikaalit (Liite 1) ovat ympäristönsuojeluasetuksen (YSA 173/2014) liitteessä 1 mainittuihin aineryhmiin kuuluvia aineita. Näiden lisäksi merkityksellisiä kemikaaleja voivat olla vesiensuojelun puitedirektiivin ”watch list”- tarkkailulistalla olevat kemikaalit. Merkitykselliset kemikaalit on vähintään huomioitava ympäristölupamenettelyssä ja sen valvonnassa. (Ympäristöministeriö 2021, 25.)

## 2.1 Ympäristölupa ja valvonta

Massa-, paperi- ja kartonkitehtaat katsotaan ympäristön pilaantumisen vaaraa aiheuttavaksi toiminnaksi ja tarvitsevat siten ympäristönsuojelulain mukaisen ympäristöluvan. Ympäristöluvassa voidaan määrätä esimerkiksi toiminnan laajuudesta, päästöistä sekä niiden vähentämisestä. (Ympäristöhallinto 2021.) Suomen ympäristönsuojelulain mukaan päästöraja-arvoja sekä päästöjen ehkäisemistä ja rajoittamista koskevien lupamääräysten tulee perustua parhaaseen käyttökelpoiseen tekniikkaan (BAT).

Ympäristönsuojelulain mukaisesti valvovana viranomaisena toimivat elinkeino- liikenne- ja ympäristökeskukset (ELY-keskukset). Ympäristönsuojelulain 3. luvun mukaan Turvallisuus- ja kemikaalivirasto (Tukes) valvoo orgaanisia liuottimia sisältävien tuotteiden koskevan valtioneuvoston asetuksen noudattamista. Myös kemikaalilain 5. luvussa mainittu biosidivalmisteiden hyväksyminen kuuluu Tukes:in toimintaan.

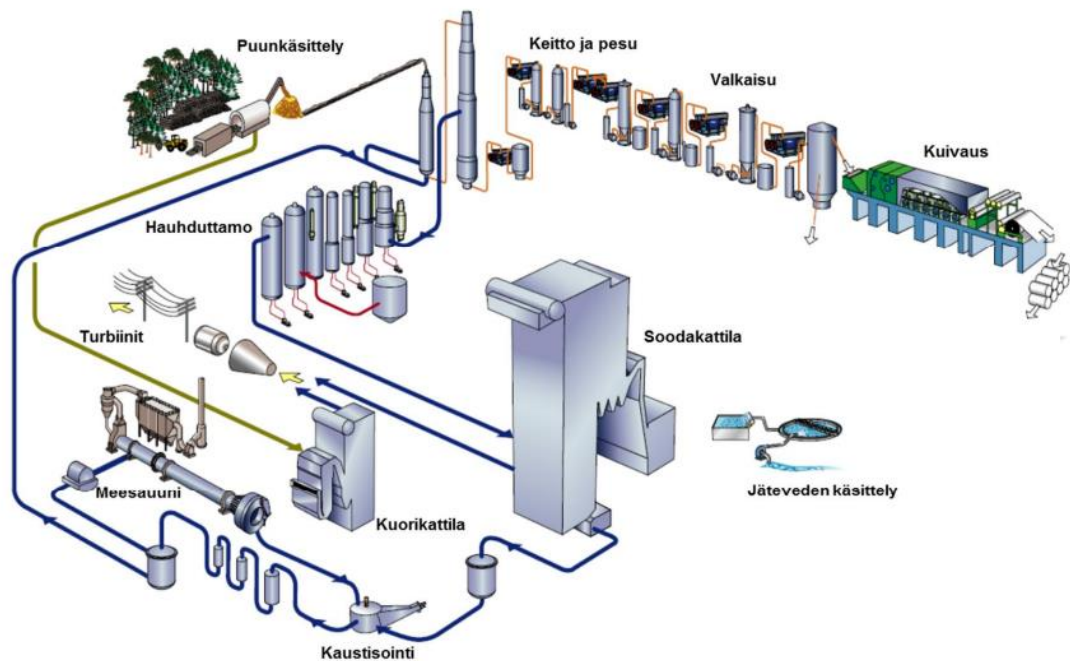
Suomen ympäristökeskus (SYKE) valvoo ympäristönsuojelulain mukaisesti muun muassa otsonikerrosta heikentävistä aineista sekä fluoratuista kasvihuonekaasuista annettujen asetusten noudattamista sekä ylläpitää ja kehittää parhaan käyttökelpoisen tekniikan tiedonvaihtoa ja seuraa BAT:in kehittymistä.

Ympäristönsuojeluviranomaiset valvovat laitosten kemikaalien varastointia ja käyttöä sekä ympäristönsuojelulain että kemikaalilain nojalla. Ympäristönsuojelulain nojalla tehtävä valvonta kohdistuu päästöjen ehkäisyyn ja kemikaalien käytön ympäristöturvallisuuden varmistamiseen. Valvontaan sisältyy laitosten määräaikaistarkastusten lisäksi esimerkiksi vuosiraporttien ja tarkkailutulosten tarkistamista. Määräaikaistarkastuksilla varmistetaan, että toiminnassa noudatetaan ympäristöluvassa annettuja määräyksiä. (Ympäristöministeriö 2021, 34.)

Kemikaalilain 11 §:n mukainen valvonta on yksittäisten kemikaalien käyttöolosuhteiden valvontaa ympäristönsuojelulain mukaisessa valvonnassa. Kemikaalilain mukainen valvonta voidaan suorittaa erillisellä tarkastuskäynnillä, työpöytävalvontana hyödyntäen kuva- ja videomateriaalia tai se voi sisältyä ympäristönsuojelulain mukaiseen tarkastukseen, jossa samalla valvotaan ympäristöluvan kemikaaleja koskevia ehtoja. (Ympäristöministeriö 2021, 35.)

## 2.2 Massateollisuus

Kemiallisen massan eli sellun valmistusprosessi jaetaan kuitulinjaan ja talteenottolinjaan. Kuitulinjalla laitokselle tuodusta puusta valmistetaan sellua ja talteenottolinjalla kierrätetään käytetyt kemikaalit uudelleen käyttökelpoiseen muotoon. Lisäksi laitoksella sijaitsee sivutuotteiden valmistusosastoja. (Seppälä ym. 2002, 145.) Kuvassa 1 on esitetty sulfaattisellua valmistavan laitoksen periaate.



Kuva 1. Sulfaattisellua valmistavan laitoksen prosessikaavio (Pöyry 2015, 39)

### 2.2.1 Kuitulinja

#### **Puunkäsittely**

Ennen keittovaihetta laitokselle saapuneet tukit esikäsitellään. Esikäsitelyssä jäiset tukit sulatetaan, puut katkaistaan haluttuun pituuteen sekä kuoritaan, pestään ja haketetaan. Hake varastoidaan sekä seulotaan ennen keittoprosessia. (Ek, Gellerstedt & Henriksson 2009, 13–31.)

Puun kuorinta parantaa lopputuotteen laatua sekä vähentää tarvittavien keitto- ja valkaisu- kemikaalien määrää (Ek ym. 2009, 15; Seppälä ym. 2002, 24). Kuorinnan yhteydessä vettä



käytetään puiden sulatuksessa ja kuorinnan jälkeisessä pesussa (Seppälä ym. 2002, 30). Parasta käyttökelpoista tekniikkaa kuvaavan BREF-asiakirjan esittämässä mekaanisessa kiviakuorinnassa käytettävää vettä kierrätetään, jolloin veden kulutus ja siten myös päästöt ovat vähäisempiä märkäkuorintaan verrattuna (Suhr, Klein, Sancho Delgado, Roudier, Giner Santonja, Rodrigo Gonzalo & Kourti 2015, 110).

Kuorintavaiheen vesikiertoja suljettaessa tapahtuu haitallisten aineiden konsentroitumista, joten täysin suljettu kierto ei ole mahdollinen. Käyttämällä puun sulatukseen höyryä voidaan vedenkäyttöä vähentää entisestään. (Seppälä ym. 2002, 30.)

### **Keittovaihe**

Kaikki Suomessa toimivat kemiallista massaa valmistavat sellutehtaat käyttävät sulfaattimenetelmää, joka on yleisin sellun valmistukseen käytetty menetelmä myös muualla maailmassa. Menetelmä on ympäristöystävällisempi kuin aikaisemmin käytössä ollut sulfiittimenetelmä kemikaalien tehokkaamman kierrätyksen ansiosta. (Alén 2007, 18; Isotalo 2004, 73–78.)

Sulfaattimenetelmässä käytetään aktiivisina aineina natriumhydroksidin (NaOH) ja natriumsulfidin ( $\text{Na}_2\text{S}$ ) seosta liuottamaan ligniiniä puuaineksesta. Tästä vahvasti emäksisestä keittoliuoksesta käytetään nimitystä valkolipeä. (Isotalo 2004, 65–66.)

Keiton aikana valkolipeään liukenee puusta ligniinin lisäksi myös hemiselluloosaa ja uuteaineita. Näiden lisäksi valkolipeä sisältää keiton jälkeen reagoimattomia aktiivisia aineita sekä valkolipeän sisältämät keitossa reagoimattomat suolat. Puun sisältämät rasva- ja hartsihiapot muuttuvat keiton aikana natriumsuoloiksi, jotka jäävät mustalipeään. Mustalipeäksi kutsutaan käytettyä keittokemikaalia, joka käsitellään talteenottolinjalla. Mustalipeän sisältämästä raakasuovasta saadaan mäntyöljyä rikkihappokäsittelyn avulla. (Isotalo 2004, 69; Seppälä ym. 2002, 75.)

### **Massan pesu**

Keittovaiheen jälkeen massa pestään ja käytetty keittoliuos otetaan talteen. Massan pesu tapahtuu vastavirtaperiaatteella toimivissa monivaihepesureissa. (Isotalo 2004, 64.) Pesun tarkoituksena on erottaa keittokemikaalit ja liennut puuaines kuiduista (Seppälä ym. 2002, 101).

## **Massan lajittelu**

Massan lajittelu tarkoittaa epäpuhtauksien erottamista. Lajittelu tapahtuu yleensä kahdessa prosessivaiheessa sekä ennen että jälkeen valkaisuun. Erotettavat epäpuhtaudet voivat olla peräisin raaka-aineesta, kuten oksat tai muita, kuten hiekkaa, metallia tai muovia. (Seppälä ym. 2002, 110–111.)

## **Massan valkaisu**

Valkaisuun tarkoituksena on lisätä massan vaaleutta ja puhtautta poistamalla värillisiä aineita (Seppälä ym. 2002, 122). Valkaisuun tarpeellisuus riippuu massan käyttötarkoituksesta, mutta yleensä epäpuhtauksien takia massaa valkaistaan enemmän kuin lopputuotteen laadun kannalta tarvitsisi (Isotalo 2004, 84). Valkaistu ja puhdistettu massa voidaan kuivata tai pumpata suoraan paperi- tai kartonkikoneelle (Isotalo 2004, 64).

Massan valkaisu tapahtuu useassa vaiheessa ja perustuu hapettavien kemikaalien reaktioon ligniinin kanssa. Näiden vaiheiden välissä on emäksinen uutosvaihe, jossa alkaliliukoiksi muuttuneet ligniinijakeet uutetaan ja pestään pois. Yhdellä valkaisukerralla ei yleensä säästetä tavoitevaaleutta, joten esimerkiksi täysvalkaistujen sulfaattimassojen valkaisu vaatii usein 4–6 vaiheisen valkaisuun. (Isotalo 2004, 85–87.)

Nykyisin eniten käytössä oleva valkaisu menetelmä on EFC-menetelmä (Elemental Chlorine Free), jossa alkuainekloorin sijaan käytetään klooridioksidia. Massaa voidaan valkaista myös ilman kloorikemikaaleja, jolloin käytetään lyhennettä TCF (Total Chlorine Free). Täysin happipohjainen valkaisu kuitenkin lisää puun ja veden kulutusta sekä ravinnepäästöjä. (Seppälä ym. 2002, 170.) Muita valkaisuun käytettäviä kemikaaleja ovat esimerkiksi happi, otsoni, vetyperoksidi ja natriumhydroksidi. Myös entsyymejä tai peroksihappoja voidaan käyttää massan valkaisussa. (Isotalo 2004, 83–85.)

Entsyymit on uudentyypinen valkaisussa käytetty kemikaaliryhmä, joista ksylanaaseja käytetään helpottamaan seuraavien valkaisuvaiheiden kemikaalien reagoitua. Massan esikäsitely entsyymeillä vähentää tarvittavien valkaisukemikaalien tarvetta. (Isotalo 2004, 85; 94.)

Happivaihe ennen valkaisua mahdollistaa paremman ligniinin poiston ja siten vähentää tarvittavien valkaisukemikaalien määrää (Isotalo 2004, 91). BAT:in mukaiseen happivalkaisuun käytetään hapettuneen valkolipeän lisäksi magnesiumsulfaattia (Suhr ym. 2015, 200).

Happivaiheen käyttöönotto on ollut keskeinen tekijä jätevesikuormituksen vähentäjänä. Valkaisuvaiheen jätevedet voidaan kierrättää talteenottolinjalla, mutta klooriyhdisteitä sisältävät suodokset vaativat esikäsitteilyä. (Seppälä ym. 2002, 132.)

Massan valkaisu pidetään ympäristöä eniten kuormittavana tuotantovaiheena siinä käytettävien kemikaalien ja veden määrän vuoksi. Merkittävin osa laitosten jätevesien päästöarvoista on peräisin valkaisu vaiheesta. (Isotalo 2004, 96.)

Valkaisun aiheuttamien ympäristövaikutusten pienentämiseksi kemikaalien käyttöä on optimoitu sekä vaihdettu vähemmän haitallisiin. Lisäksi jatkamalla keittomenetelmällä, tehostamalla pesulla ja happivaiheella voidaan lisätä massan vaaleutta ja vähentää tarvittavien valkaisu kemikaalien määrää. (Dahl 2008, 73; Metsäteollisuus ry 2000, 74.)

### 2.2.2 Talteenottolinja

Sulfaattikeitossa käytetään runsaasti kalliita kemikaaleja, eikä se olisi kannattavaa ilman tehokasta talteenottoa ja kierrätystä. Kemikaalikierron tarkoituksena on kemikaalien kierrättämisen lisäksi estää mustalipeän joutuminen jäteveeteen ja liuennan puuaineksen sisältämän energian talteenotto. (Isotalo 2004, 70–72; Seppälä ym. 2002, 145.)

Kierrätyshäviötä vastaava määrä kemikaaleja korvataan aineilla, jotka saadaan joko omasta prosessista sivutuotteina tai ostetaan. Natriumkemikaaleja korvataan usein natriumhydroksidilla tai natriumkarbonaatilla, kalkkihäviöt poltetulla kalkilla tai kalkkikivellä. (Isotalo 2004, 70–72.)

Pesuvaiheessa erotettu lihamustalipeää väkevöidään haihduttamalla, jolloin rasva- ja hartsihappojen natriumsuolojen muodostama suopa nousee mustalipeän pintaan. Suopa erotetaan ja johdetaan mäntyöljykeitämölle. Haihduttamalla väkevöidyn mustalipeän kemikaalien talteenotto tapahtuu polttamalla soodakattilassa. Soodakattilassa muodostunut natriumkarbonaatti muutetaan lopuksi kaustisoinnissa kalkin avulla uudelleen natriumhydroksidiksi. (Isotalo 2004, 70–71.) Mustalipeän haihduttaminen suurempaan kuiva-ainepitoisuuteen vähentää soodakattilassa muodostuvia rikkipäästöjä (Dahl 2008, 120).

Soodakattilassa muodostunutta soodasulaa voidaan liuottaa meesan pesusta saatavaan heikkovalkolipeään, jolloin muodostuu viherlipoa. Valkolipoa valmistetaan antamalla

sammutetun kalkin reagoida viherlipeän kanssa kaustisoimisreaktiossa, jonka jälkeen erotetaan meesaksi kutsuttu kalsiumkarbonaatti. Meesa poltetaan pesun ja suodatuksen jälkeen meesauunissa kalsiumoksidiksi, joka käytetään uudelleen hyväksi sammutettuna kalkkina kaustisointireaktiossa. (Isotalo 2004, 72.)

Kaustisoinnin tarkoituksena on myös poistaa suljettujen kiertojen takia kertyviä aineita, kuten alumiinia, kalsiumia, magnesiumia, mangaania ja silikaattia. Kalkki on kiertävä apukeemikaali: kaustisoinnissa kalsiumoksidi muuttuu karbonaattimuotoon, jonka meesauuni muuttaa takaisin oksidimuotoon. (Seppälä ym. 2002, 163.)

### 2.3 Paperi- ja kartonkiteollisuus

#### **Paperin ja kartongin valmistus**

Paperin jalostusprosessissa massa ja lisäaineet sekoitetaan veteen, jolloin muodostuu kuitusulppua. Kuitusulppu levitetään paperikoneen liikkuvalla, vettä läpäisevälle muovikan-kaalle eli viiralle, jossa muodostuu paperiraina veden poistuessa. Kuivausta jatketaan käyttämällä imua, puristusta ja haihdutusta. Paperin ominaisuuksia voidaan muuttaa kalanterilla kiillottaen sekä päällystämällä. Valmis tuote kuivatetaan ja kootaan paperirullaksi. (Metsäteollisuus ry 2000, 53–54.)

Kartonki valmistetaan pääpiirteittäin samoin kuin paperi. Kartongit ovat kuitenkin usein monikerroksisia, jolloin kartonkikoneen märkäosassa on yhtä monta rainanmodostusyksikköä kuin tuotteessa kerroksia. (Metsäteollisuus ry 2000, 54.)

#### **Paperin valmistuksessa käytetyt kemikaalit**

Paperin raaka-ainekoostumus vaihtelee valmistettavan paperi- tai kartonkilajin mukaan (Hägglom-Ahnger & Komulainen 2003, 14). Paperikoneella käytetyt kemikaalit voidaan jakaa kahteen ryhmään: toiset vaikuttavat paperin laatuun ja muihin ominaisuuksiin ja toiset parantavat valmistusprosessin toimivuutta. (Alén 2007, 77–78; Hägglom-Ahnger & Komulainen 2003, 42–43.) Kaikista käytetyistä kemikaaleista noin 90 % on paperin ominaisuuksiin vaikuttavia funktionaalisia lisäaineita (Alén 2007, 78). Vaikka paperin ja kartongin valmistuksessa käytetään useita kemikaaleja, vain noin 1 % valmistukseen käytetystä raaka-aineesta on synteettisiä lisäaineita (Suhr ym. 2015, 66).

Nykyisin päällystyspigmenttinä ja täyteaineena käytetään erityisesti mineraaleja, joista käytetyimpiä aineita ovat kaoliini, kalsiumkarbonaatti ja talkki. (Alén 2007, 56–59; Metsäteollisuus ry 2000, 63.)

Edellä mainittujen päällystys- ja täyteaineiden lisäksi voidaan käyttää erikoispigmenttejä, joita käytetään usein edullisemman pääpigmentin tehosteena (Hägglom-Ahnger & Komulainen 2003, 40–41). Näitä erikoispigmenttejä on esimerkiksi synteettiset silikaatit, titaani-dioksidi sekä orgaaniset pigmentit (Alén 2007, 61). Taulukossa 1 on esitetty muita paperin päällystyksessä käytettyjä lisäaineita.

Taulukko 1. Paperin päällystykseen käytettyjä lisäaineita ja niiden käyttötarkoituksia (Alén 2007, 104; Hägglom-Ahnger & Komulainen 2003, 189–190)

Käyttötarkoitus	Aine
Vaahdonpoisto	esterit, rasvahapposeokset, metallisaippuat
Vaahdonesto	alkoholit, eetterit, kasviöljyt
Säilöntäaine	booraksi
Voiteluaine	rasvahappojen suolat, kalsiumstearaatti, polyeteeni-glykolit, vahaemulsiot
pH:n säätö	natriumhydroksidi, ammoniakki
Viskositeetin säätö	urea, polyeteeniglykoli, alginaatti, CMC, polyakre-laatti, tärkkelys
Dispergointiaine	polyakrylaatit, polykarbonihapon natriumsuolat, al-kalit

Lopputuotteen ominaisuuksiin vaikuttavat funktionaaliset lisäaineet voivat joko parantaa paperin olemassa olevia ominaisuuksia tai luoda uusia (Alén 2007, 78). Esimerkkejä funktionaalisista lisäaineista on esitetty taulukossa 2.

Taulukko 2. Paperin ominaisuuksiin vaikuttavia funktionaalisia lisäaineita ja niiden käyttötarkoituksia (Alén 2007, 79–105; Häggblom-Ahnger & Komulainen 2003, 42–46; Suhr ym. 2015, 688)

Käyttötarkoitus	Aine
Kuivalujaliima	tärkkelys, CMC, synteettiset polymeerit
Märkälujaliima	ureaformaldehydi, melamiiniformaldehydi, polyamidi-epikoorihybridi
Hydrofobiliima	hartsiliimat, alkyyliketeneidimeeri (AKD), alkyleenimeripihkaanhydridi (ASA)
Värit ja optiset kirkasteet	kloridit, orgaanisten väriaineiden sinkkikaksoisuolat, happojohdannaiset
Syttyvyyttä vähentävät aineet	fosfaatti-, typpi- tai bromidiyhdisteet
Kitkaa pienentävät tai lisäävät aineet	silikaatti, talkki, rasvahappodispersiot
Rasvan ja veden hylkivyyttä parantavat aineet	perfluoratut yhdisteet, fluorihiihartsit

Taulukossa (2) esitettyjen aineiden lisäksi voidaan käyttää kemikaaleja, jotka vaikuttavat muihin paperin ominaisuuksiin, kuten:

- homeen ja sienien kasvua estävät aineet
- elintarvikkeiden säilyvyyttä parantavat aineet, tuoksua ja makua antavat aineet
- imukykyä parantavat aineet
- jälkiliimautumisen estoaineet

Tuotteen ominaisuuksiin vaikuttavia lisäaineita voidaan joko lisätä massan joukkoon tai liimapuristimella. Parempi retentio saavutetaan liimapuristimella. (Alén 2007, 79–105; Häggblom-Ahnger & Komulainen 2003, 42–46; Suhr ym. 2015, 688.)

## 2.4 Apuaineet

Metsäteollisuuden prosesseissa käytetään varsinaisten prosessikemikaalien lisäksi apuaineita parantamaan prosessin toimivuutta. Paperinvalmistuksessa apuaineena käytettyjä kemikaaleja ja niiden käyttötarkoituksia on esitetty taulukossa 3.

Taulukko 3. Esimerkkejä paperinvalmistuksen apuaineista (Alén 2007, 105–111)

Käyttötarkoitus	Aine
Kiinnitysaine	alumiini, alumiinisulfaatti, polyvinyylamiini
Absorboiva aine	bentoniitti, mikronisoitu talkki
Retentioaine	synteettiset tai luonnolliset polyelektrolyytit
Vaahdonestoaine	öljypohjaiset aineet, silikonit, pinta-aktiiviset aineet, emulsiot

Taulukossa (3) mainittujen lisäksi kemiallisessa metsäteollisuudessa käytetään vedenpoisto-, dispergointi- ja pihkantorjunta-aineita, limantorjunta-aineita eli biosideja, pesuaineita ja liikaantumisenestoaineita sekä rainan tarttumista sääteleviä aineita. (Hägglom-Ahnger & Komulainen 2003, 42–43.)

Biologisen liman muodostumista estetään biosideilla, jotka jaetaan hapettaviin ja ei-hapettaviin. Biosidin valintaan on kiinnitettävä huomiota, sillä yleisesti käytettävät aineet ovat myrkyllisiä. (Alén 2007, 192; Bajpai 2015, 117–118.) Ojasen (2005; 2008) raporttien mukaan Suomessa massa- ja paperiteollisuudessa limantorjuntaan käytetään vesiympäristölle haitallisia bronopolia ja TCMTB:tä.

Metsäteollisuudessa käytetään monia puhdistus- ja liikaantumisenestoaineita eri tarkoituksiin. Suurin osa puhdistukseen käytetyistä kemikaaleista on orgaanisia pinta-aktiivisia aineita, mutta myös epäorgaanisia happoja ja emäksiä käytetään. (Alén 2007, 114.) Suomen metsäteollisuudessa käytetään pesuaineena vesiympäristölle haitallista dikloorimetaania sekä pesulipeänä bentseeniä. (Ojanen 2005; Ojanen 2008)

Valkaisuvaiheessa varsinaisten valkaisu-kemikaalien jäännökset hävitetään rikkidioksidilla hapettavien vaiheiden jälkeen ja poistetaan vaaleuden pysyvyyttä huonontavia metallikaationeja valkaisu-jälkeen (Isotalo 2004, 85). Myös rikkihappoa voidaan käyttää valkaisu-kemikaalijäänteiden poistamiseen (Seppälä ym. 2002, 123).

Valkaisussa käytettävän vetyperoksidin hajoamiseen vaikuttavien raskasmetallien poistoon käytetään kompleksinmuodostajia kuten EDTA tai DTPA (Isotalo 2004, 85). Natriumhydroksidia käytetään apukemikaalina pH:n säätämiseen (Seppälä ym. 2002, 123). Valkaisua edeltävässä happivaiheessa käytetään magnesiumsulfaattia estämään hapen pelkistyessä muodostuvien peroksi- ja hydroksiradikaalien hiilihydraatteihin kohdistuvaa pilkkovaa vaikutusta (Isotalo 2004, 85).

### 3 Päästöjen lähteet ja puhdistusmenetelmät

Laitoksilla hyödynnetyt kemikaalit jakaantuvat käytön jälkeen paperituotteeseen, jäteveteen, kiinteisiin jätteisiin ja poistoilmaan erisuuruksissa osuuksissa. Osuudet riippuvat aineiden kemiallisista ja fysikaalisista ominaisuuksista, käytetystä raaka-aineesta sekä kemikaalin käyttöolosuhteista. Puhdistukseen päätyvän kemikaalin määrä riippuu aineen retentiosta eli pysymästä prosessin sisällä tai lopputuotteessa. (Ojanen 2005, 22.)

Ympäristönsuojelulain (YSL 86/2000) mukaan toiminnanharjoittajien velvollisuuksiin kuuluu olla riittävästi selvillä toiminnan ympäristövaikutuksista, ympäristöriskeistä ja mahdollisuuksista vähentää haitallisia vaikutuksia. Laissa määritetyn aiheuttamisperiaatteen mukaisesti ympäristön pilaantumisen vaaraa aiheuttavan toiminnan harjoittaja vastaa ympäristön pilaantumisen ennaltaehkäisystä tai rajoittamisesta mahdollisimman vähäisiksi.

Ympäristöluvassa voidaan velvoittaa tarkkailemaan vaarallisten ja haitallisten aineiden pääsyä ympäristöön sekä niiden vaikutuksia. Laitoskohtaisia päästötietoja rekisteröidään Euroopan ympäristökeskuksen ylläpitämään Euroopan päästörekiisteriin (E-PRTR). Päästömäärät selvitetään joko mittaamalla tai laskennallisesti. Vesiensuojelutoimenpiteiden toimivuuden varmistamiseksi viranomaiset suorittavat vesistöjen tilan seurantaa. (Ympäristöhallinto 2016; Ympäristöhallinto 2020.)

Päästöjen pääsemistä ympäristöön voidaan vähentää sisäisesti prosessiteknisin ratkaisuin tai ulkoisesti puhdistamalla sopivilla menetelmillä (Dahl 2008, 86). Päästöjen minimointi edellyttääkin tuotantoprosessin hyvää hallintaa (Metsäteollisuus ry 2000, 74). Päästöjen hallintaa prosessiteknisin keinoin on käsitelty tässä työssä myös prosessikuvausten yhteydessä. Sisäisiä keinoja päästöihin ja kemikaalien käyttöön liittyen on koottu taulukkoon 4.



Taulukko 4. Prosessiteknisten keinojen vaikutukset päästöihin ja kemikaalien käyttöön

Menetelmä	Vaikutus
vähemmän haitalliset kemikaalit, alkuaineklooriton valkaisu	muodostuu vähemmän haitallisia päästöjä
puun kuorinta	tarvitaan vähemmän keitto- ja valkaisukemikaaleja
veden kierrätys	pienentää jäteveden määrää
sulatus höyryllä	vähentää vedenkäyttöä
happivaihe, jatkettu keitto, tehostettu pesu	tarvitaan vähemmän valkaisukemikaaleja
mustalipeän haihdutus suurempaan kuiva-ainepitoi- suuteen	vähentää soodakattilan rikkipäästöjä

Metsäteollisuus ry:n tilastojen (2021b; 2021c) mukaan metsäteollisuuden päästöt sekä vesistöihin että ilmaan ovat laskeneet murto-osaan entisestä viimeisten vuosikymmenten aikana, vaikka tuotantomäärät ovat samanaikaisesti kasvaneet. Esimerkiksi tuotantoon suhteutettu jäteveden määrä on lähes puoliintunut vuosien 1992–2020 aikana. Päästöjen vähene-  
misen taustalla on prosessien kehittyminen ja entistä tehokkaammat puhdistusmenetelmät.

### 3.1 Päästöt pintavesiin

Massa- ja paperitehtaiden jätevesipäästöt tulevat useista eri päästölähteistä. Metsäteollisuuden jätevedet sisältävät tuotantomenetelmästä riippuen puusta liuenneiden yhdisteiden lisäksi jäännöksiä prosessikemikaaleista ja niiden reaktiotuotteita, päällyste- ja täyteainekemikaaleja ja apukemikaaleja. (Dahl 2008, 86–87.)

Vesiensuojelun kannalta merkittävimpiä seurattavia parametreja ovat: ravinteiden eli fosforin ja typen sekä kemiallisen hapenkulutuksen (COD) päästömäärät. Näiden lisäksi ympäristöluvassa esitetään vaatimuksia biologiselle hapenkulutukselle (BOD) ja orgaanisesti sitoutuneiden halogeeniyhdisteiden (AOX) päästöille. (Ojanen 2008, 10.) Jätevesiä seurataan myös jatkuvatoimisilla virtaus-, pH- ja johtokyky mittauksilla (Isotalo 2004, 140).

Yleisesti sellun valmistuksessa syntyvät jätevedet koostuvat pääosin happea kuluttavista yhdisteistä, joita mitataan BOD- ja COD-luvuilla (Ojanen 2005, 29). Määrällisesti ja

päästöarvollisesti merkittävin osa sellutehtaan jätevedestä aiheutuu massan valkaisuista. Mikäli valkaisu kemikaalina käytetään klooria, sisältävät valkaisuimon jätevedet lisäksi orgaanisesti sidottuja klooriyhdisteitä, jota mitataan AOX-luvulla. (Isotalo 2004, 96.)

Valkaisuista aiheutuvaa jätevesikuormitusta on pienennetty sisäisin keinoin, kuten käyttämällä happivalkaisua ja korvaamalla alkuainekloori klooridioksidilla (Isotalo 2004, 96–97). Muita kuormitusta vähentäviä prosessitekniisiä keinoja on massan tehokas pesu ja vesikiertojen sulkeminen tai prosessivesien kierrättäminen (Isotalo 2004, 96–97; Seppälä ym. 2002, 171).

Vaikka toimenpiteitä vedenkäytön pienentämiseksi on tehty, kuluttaa puumateriaalin esikäsittely runsaasti vettä. Puun käsittelyvaiheen ensisijainen päästöjen aiheuttaja on kuorimo. Kuorimon jätevesipäästöt sisältävät esimerkiksi happea kuluttavia orgaanisia yhdisteitä kuten hartsihappoja ja rasvahappoja, kuituja sekä puusta liuenneita ravinteita. (Ojanen 2005, 30; Ukkonen 2005, 17.) Veteen voi liueta myös muita, ilman käsittelyä ympäristölle haitallisia yhdisteitä ja metalleja (Ukkonen 2005, 17–18).

Keittimen ja haihduttamon prosessihöyryjen lauhteiden COD-kuormitus aiheutuu metanolista, etanolista, orgaanisista rikkiyhdisteistä, tärpätistä ja epäorgaanisista typpiyhdisteistä. Likaislauhde sisältää edellä mainittujen lisäksi ketoneja, fenoleja, terpeenejä, hartsi- ja rasvahappoja sekä liuenneita kaasuja. (Ojanen 2005, 30.)

Paperitehtaiden jätevedet ovat normaalin toiminnan aikana peräisin massan puhdistuksen rejekteistä, kieroiveden poistoista sekä jäähdytys- ja tiivistysvesistä. Erillisissä paperitehtaissa paperikonetta edeltävissä massanjalostusvaiheissa muodostuvat päästöt ovat merkittävimpiä, kun taas integroidussa laitoksessa orgaanisia aineita voi kulkeutua massan mukana. (Ojanen 2005, 30.) Jotkin paperitehtailla, esimerkiksi väriaineina, käytetyt kemikaalit voivat olla vaarallisia vesieliöstölle (Ukkonen 2005, 17).

Paperin valmistuksessa käytettyjen lisäaineiden osuutta orgaanisen aineen kuormitukseen ei Ojasen (2005) raportin mukaan yleisesti tunneta, mutta sen kerrotaan riippuvan erityisesti aineiden hajoavuudesta. Paperitehtaiden AOX-päästöt ovat peräisin tuotelisäaineista ja vähemmässä määrin prosessiveden puhdistusaineista (Ojanen 2005, 31).

Myös vesistöihin päätyvää kiintoainekuormaa seurataan. Metsäteollisuuden kiintoainekuormitus johtuu esimerkiksi kuidun palasten, paperitehtaiden käyttämien täyte- ja päällystysainesten sekä puun kuoren osien joutumisesta vesistöihin. (Metsäteollisuus ry 2000, 75–76.)

Valtioneuvoston asetus vesiympäristölle vaarallisista ja haitallisista aineista (1022/2006) asettaa aineille päästökieltoja, raja-arvoja ja ympäristölaatonormeja, joiden tarkoituksena on suojella pintavesiä ja parantaa niiden laatua ehkäisemällä näistä aineista aiheutuvaa pilaantumista ja sen vaaraa. Asetuksen yhtenä tavoitteena on lopettaa kerralla tai vaiheittain vesiympäristölle vaarallisten aineiden päästöt ja huuhtoumat pintavesiin.

Ympäristölaatonormilla tarkoitetaan vesiympäristölle vaarallisen tai haitallisen aineen pitoisuutta, jota ei saa ylittää. Vesiympäristölle vaarallisilla aineilla tarkoitetaan vesipuitediirektiivin 2000/60/EY ja ympäristölaatudirektiivin 2008/105/EY mukaisia vaarallisia prioriteettiaineita. Direktiivin mukaisia, muita kuin vaarallisia prioriteettiaineita, nimitetään haitallisiksi aineiksi.

### 3.2 Päästöt ilmaan

Sellu- ja paperiteollisuuden haitallisimpia ja määrällisesti suurimpia seurattavia päästöjä ilmaan ovat typen ja rikin oksidit, pelkistyneet rikkiyhdisteet (TRS), hiukkaset, haihtuvat orgaaniset yhdisteet (VOC) ja hiilidioksidi. Ilmapäästömäärät ovat typenoksidia lukuun ottamatta laskeneet tuotannon kasvusta huolimatta kehittyneiden puhdistusmenetelmien ja prosessin hallinnan takia. (Dahl 2008, 16.) Paperinvalmistusprosessin merkittävimmät ilmapäästöjen lähteet ovat keitto, soodakattila ja meesauuni. (Metsäteollisuus ry 2000, 76)

Ilmapäästöt sisältävät rikkiyhdisteitä, jotka ovat peräisin sellun valmistukseen käytetyistä rikkiä sisältävistä kemikaaleista. Sulfaattiprosessin rikkipäästöt ovat rikkidioksidia ja pelkistyneitä rikkiyhdisteitä, jotka ovat eri vaiheissa syntyviä kemikaalihäviöitä. (Metsäteollisuus ry 2000, 76–77).

Suurin osa rikkidioksidipäästöistä on peräisin soodakattilasta, mutta sitä muodostuu myös meesauunissa sekä hävitettäessä rikkiyhdisteitä polttamalla. Pelkistyneitä rikkiyhdisteitä muodostuu pääosin sellun keittovaiheessa, happivalkaisussa, mustalipeän haihdutuksessa, soodakattilassa ja meesauunissa. (Metsäteollisuus ry 2000, 76–77.) Pelkistyneiden rikkiyhdisteiden muodostuminen soodakattilassa vähenee, kun poltettavan mustalipeän kuiva-ainepitoisuus on korkea (Dahl 2008, 120).

Typenoksidipäästöt ovat pääosin peräisin energiantuotannosta, mutta osittain myös soodakattiloista ja meesauuneista. Typenoksidipäästöjä ei toistaiseksi ole pystytty vähentämään tehostetuin puhdistustoimin, mistä johtuu päästömäärien kasvaminen tuotannon kasvun myötä. (Metsäteollisuus 2000, 77.)

Metsäteollisuuden hiukkaspäästöt aiheutuvat kemikaalien talteenottovaiheesta ja energian tuotannosta (Seppälä ym. 2002, 182). Soodakattilassa mustalipeää poltettaessa muodostuu natriumsulfaattia. Meesauunissa muodostuu kalsiumoksidia ja kalsiumkarbonaattia ja kuorikattilassa tuhkaa. (Metsäteollisuus 2000, 77.) Kiintoainehiukkasiin voi polttoprosessien yhteydessä kiinnittyä haitallisia aineita, kuten PAH-yhdisteitä, dioksiineja ja furaaneja (Ojanen 2005, 31).

Valkaisun ja valkaisu kemikaalien valmistuksen yhteydessä voi vuotaa klooriyhdisteiden VOC-yhdisteiden kuten kloroformia tai metanolia sisältäviä päästöjä ilmaan. VOC-päästöjä, kuten terpeenejä, pääsee ilmaan myös prosessin ulkopuolelta hakkeen varastointivaiheessa. (Dahl 2008, 119–120.) Selluteollisuudesta aiheutuvat VOC-päästöt ovat kuitenkin erittäin pienet verrattuna muihin päästölähteisiin (Seppälä ym. 2002, 182). Taulukkoon 5 on koottu sellun valmistusprosessin eri vaiheissa muodostuvia päästöjä.

Taulukko 5. Ilmapäästöt sellunvalmistuksen eri vaiheissa (Dahl 2008, 125–128)

Prosessivaihe	Tyypilliset päästöt
energiantuotanto (kuorikattila)	hiukkaset, rikki, NO <sub>x</sub>
soodakattila	hiukkaset, SO <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> S, NO <sub>x</sub>
meesauuni	hiukkaset, SO <sub>2</sub> , NO <sub>x</sub> , TRS
hajukaasujen poltto	SO <sub>2</sub>
valkaisu ja klooridioksidin valmistus	Cl <sub>2</sub> , ClO <sub>2</sub> , VOC (metanoli, kloroformi)
muut	VOC

Paperitehtaiden ilmapäästöt aiheutuvat pääosin energiantuotannosta, jolloin ne riippuvat osittain käytetyistä polttoaineista (Ojanen 2005, 31).

### 3.3 Vesistö päästöjen vähentäminen

Vesipuitedirektiivin mukaan päästöjen hallinnan on perustuttava parhaaseen käyttökelpoiseen tekniikkaan tai asianmukaisiin päästöraja-arvoihin (Ojanen, 2008). BAT-referenssidokumentti (2015) jakaa vedenpuhdistuksen kolmeen vaiheeseen: primäärikäsittely fysikaalis-kemiallisilla menetelmillä parantaa varsinaisen biologisen puhdistuksen tehokkuuden ja tertiäri vaiheessa pyritään poistamaan edellisten vaiheiden läpi kulkeutuneet epäpuhtaudet.

Suomessa metsäteollisuuden jätevedet käsitellään pääsääntöisesti biologisin menetelmin aktiivilietelaitoksilla (Isotalo 2004, 97). Muita metsäteollisuudessa käytössä olevia ulkoisen puhdistuksen menetelmiä on ilmastettu lammikko sekä kiinteällä kantoaineella varustettu biosuodin. Biologisen käsittelyn tarkoituksena on poistaa vedestä pienimolekyylisiä orgaanisia ja happea kuluttavia yhdisteitä. (Dahl 2008, 98.)

Jätevesien sisältämän kiinteän aineen poistoon käytetään selkeytystä, flotaatiota ja suodattamista. Näistä mekaaninen selkeytys on metsäteollisuudessa käytetyin menetelmä. (Dahl 2008, 89–96.) Painovoimainen selkeytys onnistuu, mikäli kiintoainepartikkelien tiheys on suurempi kuin veden tiheys (Seppälä ym. 2002, 173).

Aktiivilieteprosessin päävaiheita ovat jäteveden esikäsittely, ilmastus ja jälkiselkeytys. Esikäsittelyssä jäteveden lämpötila, pH sekä happi- ja ravinnepitoisuus säädetään sopivaksi mikrobien kasvulle. Aktiivilietemenetelmässä mikrobit muodostavat rungon, johon jäteveden orgaaniset yhdisteet liittyvät, jolloin muodostuu biomassan ja lietteen seos. Tämä erotetaan vedestä selkeyttämällä. Ilmastuksessa orgaanisen aineen hajotessa tapahtuu happea kuluttava reaktio, jossa muodostuu hiilidioksidia, vettä ja lisää mikrobeja. Muodostunut bioliete erotetaan jälkiselkeyttimessä, josta biomassaa kierrätetään takaisin ilmastukseen ja osa selkeytetystä lietteestä poistetaan. (Dahl 2008, 99–100; Isotalo 2004, 97.)

Aktiivilietelaitos on parhaimmillaan tehokas puhdistusjärjestelmä, mutta myös erittäin herkkä olosuhteiden muutoksista aiheutuvilla häiriöillä (Ukkonen 2005, 15–16). Sellun valmistuksessa sulfaattimenetelmällä muodostuva rikkivety ja valkaisu vaiheen rikkidioksidi sekä jätevesien sisältämät rasva- ja hartsihapot ovat myrkyllisiä mikrobeille. Näistä ei kuitenkaan yleensä aiheudu häiriöitä, toisin kuin korkeista orgaanisen materiaalin pitoisuuksista. (Dahl 2008, 104–105.) Puhdistusprosessin jälkeen vesi voidaan palauttaa takaisin vesistöön.

Ilmastettu lammikko toimii samalla periaatteella kuin aktiivilietelaitos, mutta lietettä ei kierretä (Dahl 2008, 109). Suomessa on kuitenkin nykyisin luovuttu ilmastettujen lammikkojen käytöstä. Biosuodatinta voidaan käyttää esimerkiksi aktiivilietepuhdistamon esivaiheena. Biosuodatin hajottaa orgaanista ainetta muovikennoston pinnalle kiinnittyneen biomassan avulla jäteveden valuessa sen läpi. (Seppälä ym. 2002, 179.)

### 3.4 Ilmapäästöjen vähentäminen

Poistuvien kaasujen sisältämiä päästöjä tarkkaillaan piippuihin sijoitetuilla jatkuvatoimisilla mittareilla. Päästöt ovat: hiukkasmaisia aineita (pöly), rikkidioksidikaasua, hajukaasuja (pelkistyneet rikkiyhdisteet) tai muita kaasuja kuten typpioksiedeja ja hiilimonoksidia. (Isotalo 2004, 141.)

Sulfaattiprosessin eri vaiheissa kuitu- ja talteenottolinjalla muodostuvat haisevia rikkiyhdisteitä sisältävät jätekaasut kerätään yhteen, laimeat ja väkevät kaasut erillisiin systeemeihin. Kaasut poltetaan joko soodakattilassa, meesauunissa tai erillisessä hajukaasujen polttolaitteessa. Palaessa pelkistyneet rikkiyhdisteet hapettuvat rikkidioksidiksi, joka poistetaan ennen kaasujen laskemista ilmaan. (Dahl 2008, 120–123; Isotalo 2004, 141.)

Tuotannossa muodostuvien prosessi- ja savukaasujen puhdistamiseen käytetään sähkösuodattimia ja pesureita. Sähkösuodattimet puhdistavat hiukkaspäästöjä, joita muodostuu pääasiassa palamisprosesseissa soodakattilassa, meesauunissa ja energiantuotannossa. Hiukkaspäästöjä poistavat myös pesurit, mutta ne soveltuvat erityisesti rikki- ja klooriyhdisteiden puhdistamiseen. (Dahl 2008, 128; Isotalo 2004, 141; Metsäteollisuus ry 2000, 76.)

Sähkösuodattimien toiminta perustuu kaasumolekyyliden ionisoitumiseen, jolloin kiintoainehiukkaset erottuvat. Pesureissa erottuminen tapahtuu hiukkasten törmätessä nopeasti nesteseen. Näiden lisäksi hiukkasmaisten päästöjen käsittelyyn voidaan käyttää myös muita, esimerkiksi keskipakovoimaan perustuvia sykloneja. (Dahl 2008, 129–131.)

Palamisprosesseissa muodostuvan rikkidioksidin poistoon käytetään sulfaattiprosessia hyödyntävillä laitoksilla pesuliuoksena natriumhydroksidia tai hapetettua valkolipeää. Rikkidioksidin muodostumista prosesseissa voidaan pienentää käyttämällä vähärikkisiä polttoaineita. (Dahl 2008, 133–134; Suhr ym. 2015, 152.)

Nykyisin typpioksidipäästöt ovat optimoitujen prosessiolosuhteitten ansiosta hyvin pieniä. Typen oksideja voidaan tarvittaessa poistaa savukaasuista käyttäen pelkistimenä ammoniakkia tai ureaa sisältävää liuosta tai kaasua. Puhdistus voidaan tehdä käyttämällä katalyyttiä tai ilman. Ammoniakkia ei kuitenkaan voi käyttää ylimäärin, sillä reagoimaton ammoniakki poistuisi ilmaan. (Dahl 2008, 134–135.)

Typen ja rikin oksidien samanaikaiseen poistoon on kehitetty aktiivihiileen ja elektronien säteilytykseen perustuvia menetelmiä. Savukaasujen puhdistamiseen on lisäksi kehitetty esimerkiksi epäpuhtauksien hajottamista biologisin menetelmin sekä hapettavien kemikaalien käyttö kaasujen hapettamiseen. Myös polttoprosesseissa muodostuvan hiilidioksidin hyödyntämiseen kehitetään ratkaisuja. (Dahl 2008, 135.)

Paperin valmistuksen ilmapäästöt ovat pienemmät alhaisempien prosessilämpötilojen takia ja koostuvat lähinnä vesihöyrystä ja siihen irronneista kuiduista sekä helposti haihtuvista orgaanisista yhdisteistä. Paperin valmistus kuitenkin vaatii runsaasti energiaa, jolloin ilmapäästöt riippuvat prosessin integroitumisesta massan valmistukseen. (Dahl 2008, 119.)

## 4 Kyselytutkimus kemikaalien valvonnasta

Valvojien kokemuksien kartoittamiseksi laadittiin Webropol-kysely (Liite 2) liittyen ympäristövalvonnan kemikaalikysymyksiin. Metsäteollisuuden parissa toimiville kaikille Suomen ELY-keskusten ympäristövalvojille suunnattu kysely koostui 17 kysymyksestä, joihin vastattiin nimettömästi. Viidessätoista kysymyksessä pyydettiin valitsemaan tilannetta parhaiten kuvaava vaihtoehto ja kahdessa vastaamaan avoimesti. Lisäksi useat kysymykset sisälsivät vapaan kommentin kohdan mahdollisille lisätiedoille tai tarkennuksille.

Kyselyyn vastasi 24.2.-16.3.2022 välisenä aikana 47 % kohderyhmästä (N=14). Osa vastaajista ei kuitenkaan vastannut kaikkiin kysymyksiin. Aikaisemmin toteutettujen kyselyihin verrattaessa tässä kyselyssä saavutettu vastausaktiivisuus ylitti odotukset.

Kyselyn tarkoituksena oli selvittää, miten kemikaalit näkyvät kemikaali- ja ympäristönsuojelulain mukaisessa valvontatyössä ympäristön pilaantumisen ehkäisemiseksi. Metsäteollisuuden valvojille suunnattu kysely toimii pilottina, josta saatujen tulosten ja kokemusten perusteella kyselyä täydennetään sopimaan muille toimialoille. Kyselyyn vastanneiden palautteen perusteella kysely ei täysin yltänyt tavoitteeseen liittyä vain metsäteollisuuden toimialaan, vaan vastaajat kokivat kysymyksiä liittyvän yleisesti valvontaan.

Kyselyllä saatiin lisätietoa kemikaalivalvonnan toteutumisesta myös metsäteollisuuden ulkopuolelta. Kuitenkin vain muutama vastaaja antoi avointa palautetta, joten asioiden todellista tilaa ei voi luotettavasti arvioida. Osa vastaajista myös jätti vastaamatta osaan kysymyksistä, mikä voi johtua kysymysten epäselvästä asettelusta.



## 5 Tulokset ja tulosten tarkastelu

### Vastaajien taustatiedot

Vaikka kysely oli suunnattu metsäteollisuuden valvojille, ei osa vastaajista valinnut kohtaa kysymyksessä 1 (Liite 2). Vastausten perusteella valvojilla oli valvottavia kohteita 1–11 toimialalla, keskimäärin 3–4. Valvojen tehtäväkenttä on laaja ja eri toimialojen valvonnassa on kiinnitettävä huomiota erilaisiin asioihin (Taulukko 6).

Taulukko 6. Kyselyyn vastanneiden valvojen toimialat

Toimiala	Prosenttia vastaajista
Kaivosteollisuus	42,9 %
Metsäteollisuus	85,7 %
Kemianteollisuus	42,9 %
Metalliteollisuus	28,6 %
Pintakäsittelylaitokset	28,6 %
Nahka- ja tekstiiliteollisuus	14,3 %
Yhdyskuntajätteet	35,7 %
Jätevedenpuhdistamot	28,6 %

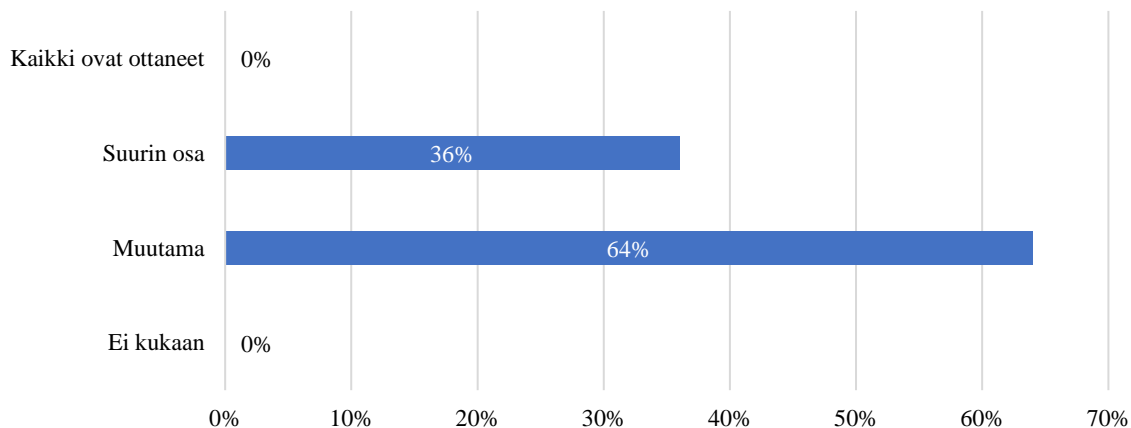
Muu mikä-kohtaan tulleita tarkennuksia ovat: elintarviketeollisuus, energiantuotanto, jätteenkäsittely jne., kyllästämöt, muu jätteenkäsittely ja jätteenpoltto, kalankasvatus, satamat, polttoaineiden varastointi. Energiantuotanto mainittiin neljässä vastauksessa ja elintarviketeollisuus kahdessa.

Kysymyksen 2 (Liite 2) vastausten perusteella suurin osa valvojista ovat hyvin kokeneita valvontatehtävissä, sillä lähes 80 % ilmoitti toimineensa valvojana yli 7 vuoden ajan. Vain yksittäiset vastaajat olivat toimineet valvojana vähemmän aikaa.

### KemiDigi

Kysymyksen 3 (Liite 2) vastauksista ilmenee, ettei kemikaalitietojen hallintaan kehitettyä KemiDigiä vielä hyödynnetä laajasti. Käyttöönotto on kuitenkin käynnissä, sillä vastaajista

64 %:n mukaan muutama toiminnanharjoittaja on ottanut järjestelmän käyttöön. Loppujen 34 %:n näkökulmasta suurin osa toiminnanharjoittajista käyttää KemiDigiä (Kuva 2).



Kuva 2. Toiminnanharjoittajien KemiDigi-järjestelmän käyttöönotto

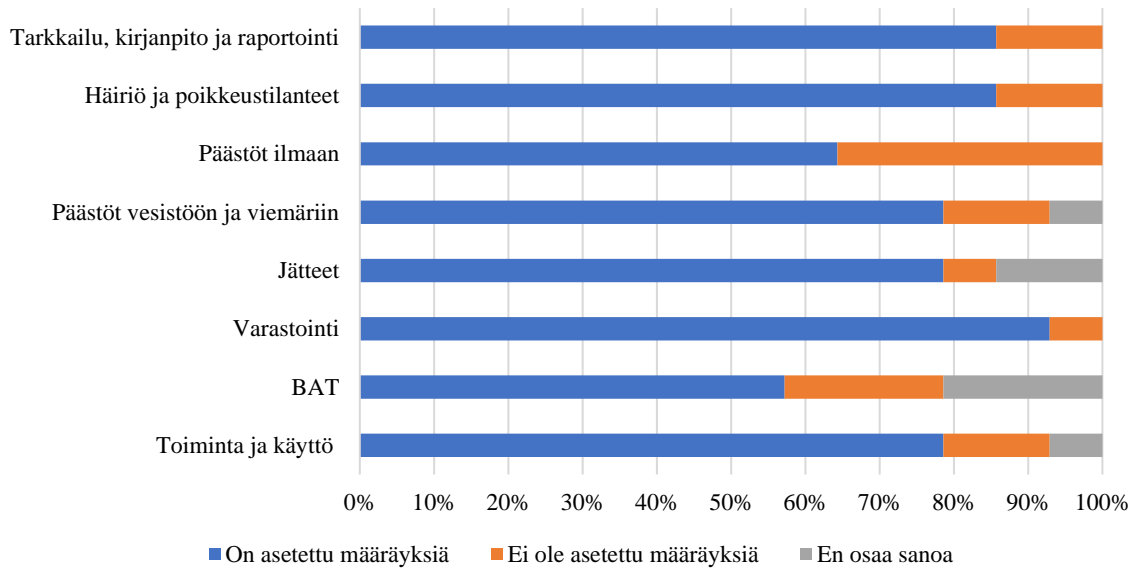
Jos toiminnanharjoittajalla ei ole käytössä KemiDigiä (Liite 2, kysymys 4), on kemikaalitiedot pyydetty vuosiraportoinnin yhteydessä (64 %) tai muilla tavoin. Avoimessa kommentissa annettujen lisätietojen perusteella kemikaalitietoja on saatu myös YLVA:n kautta, joka on mainittu useammassa vastauksessa.

Kemikaalien paremman huomioimisen takia on tavoitteena, että kemikaaleja käytävillä toiminnanharjoittajilla olisi KemiDigi käytössä. Vastausten perusteella suunta on oikea.

### **Merkitykselliset kemikaalit**

Kysymykseen 5 (Liite 2) vastanneista 79 % oli sitä mieltä, että merkityksellisiä kemikaaleja on ainakin osittain huomioitu ympäristölupamääräyksissä. Jos kemikaaleja halutaan huomioida määräyksissä paremmin, tulisi niiden mahdolliset vaaraa aiheuttavat ominaisuudet olla täysin tunnistettu. Koska kemikaaleja käytetään paljon, ei täydellinen tunnistus välttämättä ole realistinen tavoite.

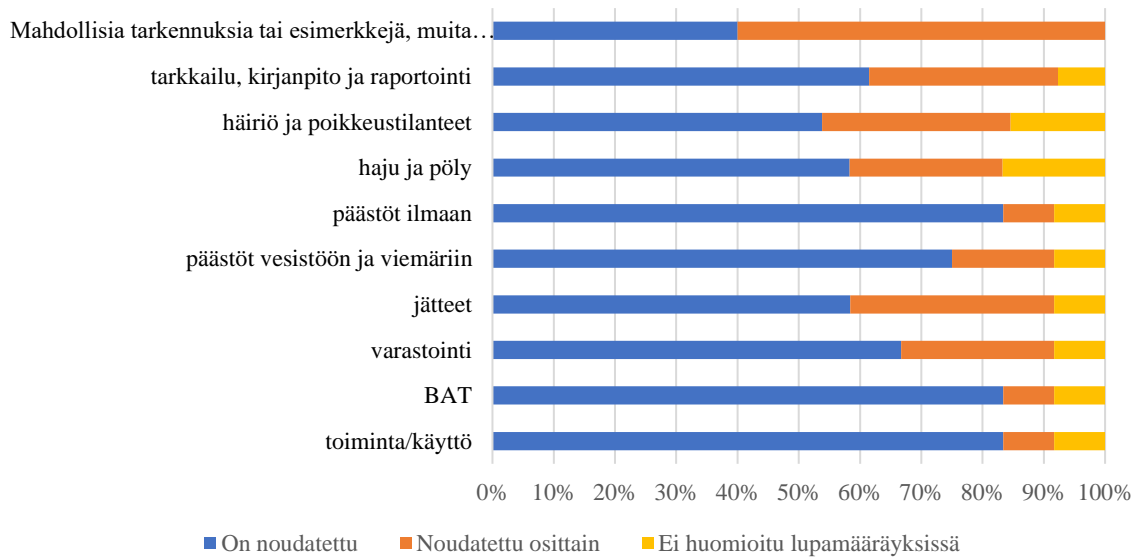
Riskienhallintamääräysten asettamisesta merkityksellisille aineille ympäristöturvallisuuden varmistamiseksi sekä kemikaalipäästöjen ehkäisemiseksi lupamääräyksissä on huomioitu kysymyksessä 6 (Liite 2) mainittuja asioita useimmissa tapauksissa (Kuva 3). Vastausten perusteella BAT:in ja päästöjen suhteen riskienhallintamääräyksiä lupamääräyksissä on huomioitu vähemmän, mikä voi johtua lainsäädännön mukaisista velvoitteista.



Kuva 3. Riskienhallintamääräysten asettaminen merkityksellisille kemikaaleille

Tilanteessa, jossa valvoja on huomannut, ettei merkityksellistä kemikaalia ole tunnistettu toiminnanharjoittajan lupamääräyksissä (Liite 2, kysymys 7), on suurin osa vastaajista (67 %) kirjannut puutteellisuuden tarkastuspöytäkirjaan ja antanut neuvoja kemikaalin aiheuttaman riskin hallitsemiseksi. Muutama vastanneista (25 %) on käynnistänyt selvityksen, edellyttääkö kemikaali muutostarpeita ympäristölupaan ja osa (25 %) ei ole nähnyt tarvetta toimenpiteille.

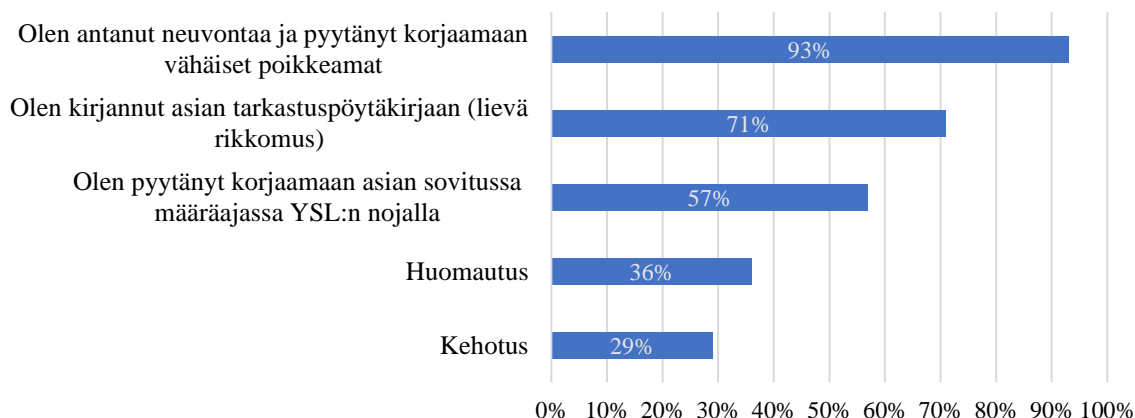
Kaikki vastanneet ilmoittivat toiminnanharjoittajien vaihtaneen oma-aloitteisesti vaarallisia kemikaaleja vähemmän vaarallisiin (Liite 2, kysymys 8). Kysymyksen 9 (Liite 2) vastausten perusteella lupamääräyksiä on merkityksellisten kemikaalien osalta pääosin noudatettu (Kuva 4).



Kuva 4. Lupamääräysten noudattaminen merkityksellisten kemikaalien osalta

Lisätietokenttään annettujen kommenttien perusteella satunnaisia poikkeamia on tapahtunut, mutta pääosin määräyksiä noudatetaan. Esimerkkeinä tilanteista on mainittu kemikaalin käyttö- ja annosteluohjeen tai valuma-aldaiden puuttuminen. Lisäksi on mainittu, että kemikaaleihin liittyvän valvonnan tekemisellä yhteistyössä Tukes:in kanssa pyritään täydentämään valvonnan kokonaisuutta.

Lähes jokainen vastaaja on antanut neuvontaa ja pyytänyt korjaamaan vähäiset poikkeamat havaitessaan puutteita kemikaalien käytössä tai kemikaaleja koskevien ympäristölupamääräyksien noudattamisessa (Liite 2, kysymys 10). Suurin osa vastaajaa on kirjannut lievän rikkomuksen tarkastuspöytäkirjaan ja yli puolet pyytäneet korjaamaan asian sovitussa määräajassa YSL:n nojalla. Muutamit ovat antaneet huomautuksen tai kehotuksen asian korjaamiseksi (Kuva 5).



Kuva 5. Valvojien toiminta havaitessa puutteita kemikaalien käytössä tai ympäristöluvan määräysten noudattamisessa

Kemikaalitiedon käyttö ympäristöluvassa- ohjeessa valvojille esitetyt keinot (Liite 2, kysymys 11) koetaan kuuden vastaajan mielestä selkeäksi, riittäviksi ja toimivaksi. Kolmella vastaajalla ohjeeseen tutustuminen on kesken, eivätkä siksi ole antaneet muuta kommenttia. Vapaakenttään jätetyissä kommentteissa pyydettiin huomioimaan resurssien suhteuttaminen kemikaalivalvonnan ollessa vain yksi osa kokonaisvalvontaa.

### **Kemikaalilain mukaisten velvoitteiden valvonta kemikaalipilotin 2019–2021 aikana**

Lähes 70 % vastaajista on laittanut kemikaalilomakkeet (Liite 2, kysymys 12) toiminnanharjoittajille määräaikaistarkastuskutsun yhteydessä saatekirjeellä ja ne on käyty läpi määräaikaistarkastuksen aikana. Loput vastanneista ovat käyttäneet muuta toimintatapaa kemikaalilomakkeiden täyttämiseen, esimerkiksi erillistä muistiota. Lisätiedoissa annettiin huomio, että lomakkeiden käyttö on vasta aluillaan sekä kerrottiin toimintatapojen vaihdelleen tapauksittain, jotkut eivät käyttäneet lomakkeita lainkaan. Myös koronatilanteen mainittiin lykänneen paikan päällä tehtäviä tarkastuksia.

Myös noin 70 % vastaajista on todentanut kemikaalilomakkeiden vastaukset (Liite 2, kysymys 13) määräaikaistarkastuksen asiatarastuksen yhteydessä, jolloin lomakkeet on käyty läpi ja lisäksi käyty kemikaalin käyttöpaikalla. Loput vastanneista ovat käyneet lomakkeiden tiedot läpi ainoastaan suullisesti asiatarastuksen yhteydessä.

Kysymyksen 14 (Liite 2) vastausten perusteella merkittäviä poikkeamia yritysten toiminnassa liittyen käyttöturvallisuustiedotteen ohjeisiin ei ole todettu. Yli puolet vastaajista on kuitenkin havainnut vähäisiä poikkeamia muutamilla laitoksilla (Taulukko 7).

Taulukko 7. Poikkeamat käyttöturvallisuustiedotteen ohjeiden noudattamisessa

	Merkittäviä poikkeamia	Vähäisiä poikkeamia
Suurimmalla osalla laitoksista	0 %	9,1 %
Vain muutamalla laitoksella	9,1 %	63,6 %
Ei yhdelläkään laitoksella	90,9 %	27,3 %

Havaitut poikkeamat (Liite 2, kysymys 15) ovat liittyneet muihin, kuin valvontaa koskeviin muuttujiin. Havaittuja poikkeamia muihin käyttöturvallisuustiedotteen kohtiin ilmoitettiin 1–3. Lisätekstikentässä tarkennettiin huomioiden kohdistuneen työturvallisuuteen tai suojaaltaan syöpmiseen ja täyttymiseen sekä putkien puuttuviin virtaussuuntamerkintöihin.

Havainnot puutteista (Liite 2, kysymys 16) eivät ole johtaneet uuteen tarkastukseen tai hallintomenettelyyn. Yleisimmin havainnoista on pyydetty lisäselvitystä, edellytetty toimenpiteitä tai annettu huomautus. Muutamassa tapauksessa jatkotoimenpiteille ei ole nähty tarvetta.

Kyselyn lopuksi viisi vastaajaa antoi avointa palautetta. Palautteessa mainittiin päällekkäisyyksistä TUKES:in suorittaman valvonnan kanssa ja muistutettiin kemikaalien huomioimisen olevan hyvällä mallilla kohteissa, joissa valvontaa suorittavat ELY-keskuksen lisäksi TUKES. Kemikaaliasioiden painotus koettiin turhan ylimitoitetuksi. Keskustelua on herättänyt kemikaalilomakkeiden käyttö sekä tehtävien rajausta ELY-keskuksen ja TUKES:in kesken. Kommentteissa mainittiin myös viranomaisten välisen yhteistyön kehittämisestä, joka palvelisi valvonnan lisäksi myös onnettomuus- ja ongelmatilanteissa. Haasteeksi koettiin kemikaalien käytön ulkoistaminen toimittajille, jolloin toiminnanharjoittajalla ei välttämättä ole saatavilla tarvittavia tietoja esimerkiksi käyttöön ja annosteluun liittyen.

Vastauksissa on paljon hajontaa, mikä kertoo valvojien tehtävien monipuolisuudessa. Erilaisilla toimialoilla täytyy valvonnassa kiinnittää huomiota erilaisiin asioihin. Kemikaalivalvonta on selvästi siirtymävaiheessa, jossa uusia toimintamalleja vielä kokeillaan ja opetellaan. Kyselyn perusteella erityisesti viranomaisten tehtävien rajaukseen sekä valvontaan kokonaisuutena tulisi kiinnittää huomiota tulevaisuudessa.

## 6 Johtopäätökset

Tässä työssä luotiin teoriakatsaus kemiallisessa metsäteollisuudessa käytettyihin prosesseihin painottaen käytössä olevia kemikaaleja. Kirjallisuuteen perustuvan osan lisäksi selvitettiin ELY-keskuksen suorittamaa kemikaalien käyttöön ja varastointiin kohdistuvan ympäristövalvonnan tilaa valvojille suunnatun kyselytutkimuksen avulla.

Perinteisen metsäteollisuuden muuttuessa monipuolisen biojalostuksen suuntaan tulevat myös käytetyt menetelmät muuttumaan tulevaisuudessa. Ympäristönäkökulmien merkitys kaikessa toiminnassa kasvaa. Päästöjä pyritään jatkuvasti vähentämään, jolloin vaatimukset puhdistusmenetelmille tiukentuvat. Laadukkaita tuotteita halutaan tuottaa aiheuttamatta haittaa ympäristölle, jolloin myös valmistuksessa käytettyjä kemikaaleja pyritään vaihtamaan vähemmän haitallisiin.

Tämä työ pohjautuu yleiseen teoriaan ja rajautuu sellun valmistukseen sulfaattimenetelmällä sekä paperin- ja kartongin valmistukseen yleisellä tasolla. Päästölähteistä käsiteltiin vain ilmaan ja veteen kohdistuvaa kuormitusta ja niiden pienentämiseen käytettyjä tekniikkoja. Tämä on osa suurempaa kokonaisuutta, johon liittyy myös esimerkiksi kiinteisiin jätteisiin päätyvät kemikaalit.

Työssä esitetyt prosessit ja niissä käytetyt kemikaalit on koottu kirjallisuudesta ja raporteista. Todellisuudessa Suomen metsäteollisuuslaitoksilla käytettyjä kemikaaleja ja niiden käyttömääriä voisi selvittää tarkemmin esimerkiksi ympäristölupapäätöksen ja kemikaaliluetteloiden avulla, jolloin tutkimusta voisi kohdentaa enemmän merkityksellisiksi luokiteltuihin kemikaaleihin.

Ympäristövalvonnassa myllertää ja kyselyn perusteella kemikaaleja paremmin huomioivia toimintatapoja vielä etsitään ja opetellaan. Jotta saataisiin tietoa, miten uudet käytännöt todellisuudessa toimivat pidemmällä aikavälillä, olisi vastaavanlainen kysely paikallaan myös myöhemmin.

Kyselylomaketta kehitetään metsäteollisuuden valvojilta saadun palautteen pohjalta. Lomake koettiin liian yleiseksi, jolloin vastaaminen pelkästään metsäteollisuuden toimialaa koskien oli haastavaa. Huolellisempi aiheen rajausta saadaan aikaan huolehtimalla, etteivät kysymykset olisi tulkittavissa monella tavalla.

## Lähteet

Alén, R. 2007. Papermaking Science and Technology. Book 4, Papermaking Chemistry. Helsinki: Finnish Paper Engineers' Association.

Bajpai, P. 2015. Pulp and Paper Industry: Chemicals. Amsterdam: Elsevier.

Dahl, O. 2008. Papermaking science and technology. Book 19, Environmental management and control. 2nd ed., totally updated version. Helsinki: Finnish Paper Engineers' Association.

Ek, M., Gellerstedt, G. & Henriksson, G. 2009. Pulp and Paper Chemistry and Technology. Volume 2: Pulping Chemistry and Technology. Walter de Gruyter GmbH Co.KG.

Hägglom-Ahnger, U. & Komulainen, P. 2003. Kemiallinen metsäteollisuus. 2, Paperin ja kartongin valmistus. 3. tark. p. - 5.p. 2006. Helsinki: Opetushallitus.

Isotalo, K. 2004. Puu- ja sellukemia. 3 ed. Kemi: Opetushallitus.

Kemikaalilaki 599/2013. Saatavissa: <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2013/20130599>

Metsäteollisuus ry 2000. Avain Suomen metsäteollisuuteen. Helsinki: Metsäteollisuus.

Metsäteollisuus ry 2021a. Metsäteollisuus ry:n jäsenyritysten tuotantolaitokset kartalla. [Verkkosivu]. [Viitattu 24.2.2022]. Saatavissa: <https://www.metsateollisuus.fi/uutishuone/tuotantolaitoskartta>

Metsäteollisuus ry 2021b. Massa- ja paperiteollisuuden päästöt ilmaan. [Verkkosivu]. [Viitattu 2.4.2022]. Saatavissa: <https://www.metsateollisuus.fi/uutishuone/massa-ja-paperiteollisuuden-paastot-ilmaan>

Metsäteollisuus ry 2021c. Massa- ja paperiteollisuuden päästöt veteen. [Verkkosivu]. [Viitattu 2.4.2022]. Saatavissa: <https://www.metsateollisuus.fi/uutishuone/massa-ja-paperiteollisuuden-paastot-vesistoihin>



- Ojanen, P. (toim.) 2011. Metsäteollisuuden ympäristölupa ja valvontakäytäntöjen kehittämismahdollisuudet. Kaakkois-Suomen elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus, Lappeenranta. Julkaisuja 8/2011.
- Ojanen, P. 2005. Kemiallisen metsäteollisuuden prioriteetti- ja haitallisten aineiden päästöjen kartoitus ja seuranta, Alueelliset ympäristöjulkaisut Nro 376.
- Ojanen, P. 2008. Vesistökuormituksen kehitys ja metsäteollisuudelta vaadittavat toimenpiteet Kaakkois-Suomessa, Kaakkois-Suomen ympäristökeskuksen raportteja 4/2008
- Pylkkö, T. 1996. Massa- ja Paperiteollisuuden Käyttämät Kemikaalit Vuonna 1992. Suomen Ympäristökeskus
- Pöyry. 2015. Finnulp Oy Kuopion biotuotetehdas. Ympäristövaikutusten arviointiselostus. [Verkkopublication]. 329s. [Viitattu 30.3.2022]. Saatavissa: <http://www.ymparisto.fi/download/noname/%7bB3DA0129-F42F-4395-8C87-BA03B0F80979%7d/113785>
- Seppälä, MJ., Klemetti, U., Kortelainen, V-A., Lyytikäinen, J., Siitonen, H. & Sironen, R. 2002. Paperimassan valmistus. Kemiallinen metsäteollisuus, Nro 1, Helsinki.
- Suhr M, Klein G, Sancho Delgado L, Roudier S, Giner Santonja G, Rodririgo Gonzalo M & Kourti I. 2015. Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Production of Pulp, Paper and Board. ISBN 978-92-79-48167-3.
- Ukkonen, M. 2005. Metsäteollisuuden jätevesien häiriöpäästöt ja niihin varautuminen, Alueelliset ympäristöjulkaisut Nro 388.
- Valtioneuvoston asetus ympäristönsuojelusta 713/2014. Saatavissa: <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2014/20140713>
- Ympäristöhallinnon yhteinen verkkopalvelu 2016. Pintavesien tilan seuranta. [Verkkosivu]. [Viitattu 29.4.2022]. Saatavissa: [https://www.ymparisto.fi/fi-FI/Vesi/Pintavesien\\_tila/Pintavesien\\_tilan\\_seuranta](https://www.ymparisto.fi/fi-FI/Vesi/Pintavesien_tila/Pintavesien_tilan_seuranta)

Ympäristöhallinnon yhteinen verkkopalvelu 2020. Päästötiedon tuottaminen ja ilmoittaminen päästörekestereihin (PRTR). [Verkkosivu]. [Viitattu 29.4.2022]. Saatavissa:

[https://www.ymparisto.fi/fi-fi/asiointi\\_luvat\\_ja\\_ymparistovaikutusten\\_arviointi/Raportoinnit\\_ja\\_tietojen\\_ilmoittaminen/Paastotiedon\\_ilmoittaminen\\_paastorekestereihin\\_PRTR](https://www.ymparisto.fi/fi-fi/asiointi_luvat_ja_ymparistovaikutusten_arviointi/Raportoinnit_ja_tietojen_ilmoittaminen/Paastotiedon_ilmoittaminen_paastorekestereihin_PRTR)

Ympäristöhallinnon yhteinen verkkopalvelu 2021. Ympäristölupa. [Verkkosivu]. [Viitattu 16.2.2022]. Saatavissa: [https://www.ymparisto.fi/fi-fi/asiointi\\_luvat\\_ja\\_ymparistovaikutusten\\_arviointi/Luvat\\_ilmoitukset\\_ja\\_rekisterointi/Ymparistolupa](https://www.ymparisto.fi/fi-fi/asiointi_luvat_ja_ymparistovaikutusten_arviointi/Luvat_ilmoitukset_ja_rekisterointi/Ymparistolupa)

Ympäristöministeriö 2021. Kemikaalitiedon käyttö ympäristöluvassa: Ohje lupa- ja valvontaviranomaisille, Ympäristöministeriön julkaisuja 2021:32

Ympäristönsuojelulaki 527/2014. Saatavissa: <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2014/20140527>

Liite 1. Tärkeimmät pilaantumista aiheuttavat aineet päästöjen raja-arvoja asetettaessa (YSA 173/2014, liite 1)

---

**Päästöt ilmaan**

---

rikin oksidit ja muut rikkiyhdisteet

typenoksidit ja muut typpiyhdisteet

hiilimonoksidi

haihtuvat orgaaniset yhdisteet

metallit ja niiden yhdisteet

hiukkaset

asbesti, suspendoituneet hiukkaset ja kuidut

kloori ja sen yhdisteet

fluori ja sen yhdisteet

arseeni ja sen yhdisteet

syanidit

aineet ja valmisteet, joilla osoitetaan olevan karsinogeenisia, mutageenisia tai lisääntymiseen vaikuttavia ominaisuuksia

polyklooratut dibentsodioksiinit ja polyklooratut dibentsofuraanit

---

**Päästöt vesiin**

---

orgaaniset halogeeniyhdisteet ja aineet, jotka vesiympäristössä voivat muodostaa sellaisia yhdisteitä

organofosforiyhdisteet

orgaaniset tinayhdisteet

aineet ja valmisteet, joilla osoitetaan olevan karsinogeenisia, mutageenisia tai lisääntymiseen vaikuttavia ominaisuuksia

pysyvät hiilivedyt ja pysyvät sekä biokeriyvät myrkylliset orgaaniset aineet

syanidit ja fluoridit

metallit ja niiden yhdisteet

arseeni ja sen yhdisteet

biosidit ja kasvinsuojeluaineet

suspendoituneet aineet

rehevöitymistä aiheuttavat aineet, erityisesti nitraatit ja fosfaatit

happitasapainoon epäedullisesti vaikuttavat aineet

## Liite 2. Kyselylomake

### 1.

#### Millä toimialoilla olet valvojana?

- Kaivosteollisuus
- Metsäteollisuus
- Kemianteollisuus
- Metalliteollisuus
- Pintakäsittelylaitokset
- Nahka- ja tekstiiliteollisuus
- Yhdyskuntajätteet
- Jätevedenpuhdistamot
- Muu, mikä?

### 2. Kuinka monta vuotta olet toiminut valvojana?

- alle 1 v
- 1-3 v
- 4-6 v
- yli 7 v

### 3. Ovatko toiminnanharjoittajat ottaneet käyttöön KemiDigin?

- Kaikki ovat ottaneet
- Suurin osa
- Muutama
- Ei kukaan

### 4. Jos toiminnanharjoittajalla ei ole käytössä KemiDigiä, miten toiminnanharjoittaja on raportoinut tiedot kemikaaleista tai miten olet saanut tietoa haitallisista kemikaaleista?

- Olen pyytänyt tiedot vuosiraportoinnin yhteydessä (Word/Excel-tiedostona tms.)
- Muilla tavoin? Miten?

## Merkitykselliset kemikaalit

Merkityksellisiä kemikaaleja ovat [ympäristönsuojeluasetuksen 173/2014](#) liitteessä 1 olevat aineet. Lisäksi merkityksellisiä voivat olla [vesiensuojelun puitedirektiivin "watch-list"](#) -tarkkailulistalla olevat kemikaalit. [Ympäristöministeriön julkaisussa 2021:32](#) taulukossa 2 mainittujen KemiDigin taustaluetteloiden aineet ovat esimerkkejä merkityksellisistä kemikaaleista. Edellä mainitut kemikaalit/aineet on vähintään huomioitava ympäristölupamenettelyssä ja sen valvonnassa.

Myös muut luokitellut tai luokittelemattomat kemikaalit voivat aiheuttaa pilaantumisen vaaraa, mikäli niiden käsittely ei ole asianmukaista. (Ympäristöministeriön julkaisu 2021:32 s.25)

### 5. Onko ympäristölupamääräyksissä huomioitu merkityksellisiä kemikaaleja?

- On tunnistettu ja huomioitu
- Ei ole tunnistettu eikä huomioitu
- Osa on tunnistettu ja huomioita
- En osaa sanoa

### 6. Riskienhallintamääräysten asettamisesta merkityksellisille kemikaaleille/aineille ympäristöturvallisuuden varmistamiseksi sekä kemikaalipäästöjen ehkäisemiseksi. Lupamääräyksissä on huomioitu alla olevia tekijöitä:

	On asetettu määräyksiä	Ei ole asetettu määräyksiä	En osaa sanoa
toiminta/käyttö (esim. kemikaalien käyttöön liittyvistä muutoksista ilmoittaminen, käyttömäärä/vuosi, käsittelyolosuhteet)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
BAT	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
varastointi (esim. määrä, sijainti, olosuhteet...)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
jätteet	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
päästöt vesistöön ja viemäriin (päästöraja-arvo, velvoitetarkkailu ja seuranta)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
päästöt ilmaan (päästöraja-arvo, velvoitetarkkailu ja seuranta)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
päästöt ilmaan (päästöraja-arvo, velvoitetarkkailu ja seuranta)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
häiriö ja poikkeustilanteet (varautuminen, ilmoittaminen)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
tarkkailu, kirjanpito ja raportointi	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

**7. Miten olet toiminut, kun olet havainnut, että merkityksellistä kemikaalia ei ole tunnistettu toiminnanharjoittajan lupamääräyksissä (ks. edellinen kohta: päästöt veteen ja ilmaan, haju ja pöly)**

- Olen kirjannut puutteellisuuden tarkastuspöytäkirjaan ja neuvonut kemikaalin/aineen aiheuttaman ympäristöriskin hallitsemiseksi
- Olen käynnistänyt selvityksen, edellyttääkö kemikaali muutostarpeita ympäristölupa
- Ei toimenpiteitä

**Toiminnanharjoittajat (TH) / Merkitykselliset kemikaalit**

**8. Ovatko toiminnanharjoittajat vaihtaneet oma-aloitteisesti vaarallisia kemikaaleja vähemmän vaarallisiin?**

- Kyllä
- Ei

**9. Miten lupamääräyksiä on noudatettu merkityksellisten kemikaalien osalta?**

	On noudatettu	Noudatettu osittain	Ei noudatettu	Ei huor lupamäärä
toiminta/käyttö	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
BAT	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
varastointi	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
jätteet	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
päästöt vesistöön ja viemäriin	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
päästöt ilmaan	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
haju ja pöly	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
häiriö ja poikkeustilanteet	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
tarkkailu, kirjanpito ja raportointi	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Mahdollisia tarkennuksia tai esimerkkejä, muita kysymyksen liittyviä kommentteja?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

**10. Miten olet toiminut, kun olet havainnut puutteita (rikkomuksia) kemikaalien käytössä ja/tai kemikaaleja koskevien ympäristölupamääräyksiä noudattamisessa?**

- Olen antanut neuvontaa ja pyytänyt korjaamaan vähäiset poikkeamat
- Olen kirjannut asian tarkastuspöytäkirjaan (lievä rikkomus)
- Olen pyytänyt korjaamaan asian sovitusmääräajassa YSL:n nojalla (ks. [Kemikaalitiedon käyttö ympäristöluvassa -ohje, Ympäristöministeriön julkaisuja 2021:32, s 38](#))
- Huomautus
- Kehotus

**11. Onko [Kemikaalitiedon käyttö ympäristöluvassa](#) -ohjeessa valvojalle esitetyt keinot selkeät, riittävät ja toimivat?**

**KEMIKAALILAIN 599/2013 11 §:n MUKAISTEN VELVOITTEIDEN VALVONTA  
KEMIKAALIPILOTIN 2019-2021 AIKANA**

**12. Miten olet käyttänyt kemikaalilomakkeita ympäristönsuojelulain mukaisella määräaikaistarkastuksella?**

- Olen laittanut määräaikaistarkastuskutsun yhteydessä toiminnanharjoittajalle kemikaalilomakkeet saatekirjeellä ja ne on käyty läpi määräaikaistarkastuksen aikana
- Kemikaalilomakkeet on käyty läpi erillisessä tarkastuksessa ja tiedot liitetty määräaikaistarkastuksen pöytäkirjaan
- Muu toimintatapa, mikä?

**13. Miten kemikaalilomakkeiden vastaukset on käytännössä todennettu?**

- Määräaikaistarkastuksen asiatarastuksessa on käyty lomakkeet läpi ja tämän jälkeen käyty kemikaalin käyttöpaikalla
- Lomakkeiden tiedot käyty läpi ainoastaan asiatarastuksen yhteydessä suullisesti
- Muu toimintatapa, mikä?

**14. Onko yrityksen toiminnassa havaittu poikkeamia käyttöturvallisuustiedotteessa annettuihin ohjeisiin riskienhallintatoimenpiteistä ympäristöhaittojen ehkäisemiseksi ja torjumiseksi?**

	Kaikilla laitoksilla	Suurimmalla osalla laitoksista	Vain muutamalla laitoksella	Ei yhdelläkään laitoksella
On vähäisiä poikkeamia	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
On merkittäviä poikkeamia	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

**15. Mihin käyttöturvallisuustiedotteen (KTT) kohtaan tarkastuksella tehdyt huomiot tai mahdolliset havainnot poikkeamista ovat kohdistuneet?**

- KTT 1.2. Aineen tai seoksen merkitykselliset tunnistetut käytöt ja käytöt, joita ei suositella
- KTT 6.2. Ympäristöön kohdistuvat varotoimenpiteet
- KTT 7.1. Turvallisen käsittelyn edellyttämät toimenpiteet (ympäristön pilaantumisen ehkäisy)
- KTT 7.2. Turvallisen varastoinnin edellyttämät olosuhteet, mukaan luettuina yhteensopimattomuudet (ympäristön pilaantumisen ehkäisy)
- KTT 8.1. Valvontaa koskevat muuttujat
- KTT 8.2.3. Ympäristöaltistumisen ehkäisy
- Vapaa palaute

**16. Minkälaisiin jatkotoimenpiteisiin havainnot ovat mahdollisesti johtaneet ja miten olet kirjannut ne kemikaalipilotin lomake B:hen?**

- Ei jatkotoimenpiteitä
- Pyydetään lisäselvitystä
- Edellytetään toimenpidettä
- Annetaan huomautus
- Tehdään uusi tarkastus
- Siirretään hallintomenettelyyn
- Muu, mikä?

**17. Sana on vapaa. Huolenaiheita tai parannusehdotuksia?**

**Esimerkiksi: Huolestuttaako jokin asia kemikaalien käytön ja varastoinnin osalta ympäristönsuojelun ja –kuormituksen näkökulmasta?**

**Aiheuttaako joku kemikaaleihin liittyvä kysymys keskustelua**

**ympäristölupaviranomaisen, -valvonnan, toiminnanharjoittajan, Tukesin ja**

**Pelastuslaitoksen tai jonkun muun sidosryhmään kuuluvan toimijan kanssa?**