

SELLU- JA PAPERITEHTAIDEN UUDET VESIENKÄSITTELYTARPEET JA YMPÄRISTÖLUVAT

Sirpa Peräniemi

KUVE-hanke

Itä-Suomen yliopisto/Farmasian laitos

2025



**UNIVERSITY OF
EASTERN FINLAND**



Pohjois-Savon liitto



**Euroopan unionin
osarahoittama**

Sellu- ja paperitehtaiden uudet vesienkäsittelytarpeet ja ympäristöluvut

Kirjallisuustutkielma 36 sivua

Sirpa Peräniemi

Itä-Suomen yliopisto/Farmasian laitos

KUVE-hanke

2025

TIIVISTELMÄ

Sellu- ja paperiteollisuus on kolmanneksi suurin vedenkuluttaja heti metalli- ja kemianteollisuuden jälkeen. Tehtaiden käyttämä raakavesi on pääosin pintavettä ja harvemmin pohjavettä riippuen saatavuudesta ja paikallisista olosuhteista. Koska vettä käytetään suuria määriä, niin myös jätevettä syntyy suuri määrä. Vesi on ihmisten, eläinten ja kasvien elämän edellytys ja talouden välttämätön resurssi, joten vesiä on suojeltava ja hoidettava yli kansallisten rajojen.

Huoli ilmastonmuutoksesta, metsistä, vesivarojen ja energian riittävyydestä ja veden saastumisesta on saanut päättäjät säättämään tiukempaa ympäristölainsäädäntöä. Metsäkadon ehkäisemiseksi on säädetty EU:n metsäkatoasetus ja LULUCF-maankäyttöasetus. Direktiivilaitoksina sellu-, paperi- ja kartonkitehtaat kuuluvat teollisuuspäästädirektiivin alaisuuteen. Teollisuuden jätevesipäästöjä koskevat mm. vesipuitedirektiivi ja meristrategiadirektiivi. Kiristyneellä ympäristölainsäädännöllä on ollut vaikutusta tehtaiden ympäristölupiin ja päästörajoihin.

Tehtaille tiukentuneiden ympäristömääräyksien noudattaminen on aiheuttanut monia haasteita. Vesikiertojen sulkeminen on ollut tehokas tapa vähentää raakaveden kulutusta ja pienentää syntyvän jäteveden määrää. Suljettuihin vesikiertoihin liittyy etujen lisäksi myös monia haasteita (mm. korroosio-ongelmat). Kaikkea puhdistettua jätevettä ei voi johtaa takaisin prosesseihin, joten jos tulevaisuuden tavoitteena on veden suhteen nollapäästöinen sellu- tai paperitehdas, osalle puhdistetusta jätevedestä pitäisi löytää uusia käyttökohteita.

Euroopan sellu- ja paperiteollisuus on ollut kriisissä painopaperin kysynnän laskun ja lisääntyneen kilpailun vuoksi. Tässä kirjallisuuskatsauksessa on kartoitettu Suomen sellu-, paperi- ja kartonkitehtaiden tuotannon ja viennin muutoksia. Katsauksessa on myös käsitelty ajankohtaista ympäristölainsäädäntöä, joka liittyy metsäkadon ehkäisyyn, jäteveden käsittelyyn ja jätevesipäästöjen raja-arvoihin sekä vaikutusta tehtaiden ympäristölupiin. Katsauksessa on esitelty raakaveden kulutusta ja käytön vähentämisen keinoja prosessien suljetuilla vesikiertoilla ja suljettujen vesikierrojen toteutusta, etuja ja haasteita.

LYHENTEET

AC	Aktiivihiihi (<i>Activated Carbon</i>)
ADt	Ilmakuivattonnia (massaa) ilmaistuna 90 % kuivuudelle (<i>Air Dry tonnes (of Pulp)</i>)
AIX	Anioninvaihtohartsit (AIX, <i>AnIon eXchange</i>)
AOX	Adsorboituvat orgaanisesti sitoutuneet halogeenit (<i>Adsorbable Organically bound Halogens</i>)
AVI	Aluehallintovirasto
BAT	Paras käytettävissä oleva tekniikka (<i>Best Available Techniques</i>)
BREF	BAT-vertailuasiakirja (<i>Best Available Techniques REFERENCE Document</i>)
BOD	Biologinen hapenkulutus (<i>Biological Oxygen Demand</i>)
COD	Kemiallinen hapenkulutus (<i>Chemical Oxygen Demand</i>)
DD	Asianmukaista huolellisuutta koskeva vakuutus eli DD-vakuutus (<i>Due Dilligence Statement</i>)
DPTA	Dietyleenitriamiinipentaetikkahappo (<i>DiethyleneTriaminePentaAcetic acid</i>)
EDTA	Etyleenidiamiinitetraetikkahappo (<i>EthyleneDiamineTetraAcetic acid</i>)
ELY	Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus
EU	Euroopan unioni
EUDR	EU:n metsäkatoasetus (<i>EU Deforestation Regulation</i>)
EUTR	EU:n puutavara-asetus (<i>EU Timber Regulation</i>)
EUVL	Euroopan unionin virallinen lehti
EY	Euroopan yhteisö
ICCP	ICCP-direktiivi (96/61/EY), ”Ympäristön pilaantumisen ehkäisemisen ja vähentämisen yhtenäistämiseksi”, kumottu 17.2.2008.
IED	Teollisuuspäästädirektiivi (<i>the Industrial Emissions Directive</i>)
IoT	Esineiden internet (<i>the Internet of Things</i>)
LSL	Luonnonsuojelulaki (9/2023)
LULUCF	EU:n maankäyttöä, maankäytön muutoksia ja metsätaloutta koskeva asetus (<i>Land Use, Land-Use Change and Forestry</i>)
NF	Nanosuodatus (<i>NanoFiltration</i>)
PFAS	Per- ja polyfluotatut alkylyliyhdisteet (<i>Per and polyFluoroAlkyl Substances</i>)
PP-BREF	Sellu- ja paperi- ja kartonkiteollisuuden BAT-vertailuasiakirja (<i>Best Available Techniques REFERENCE Document for the Production of Pulp, Paper and Board</i>)
t	Tonnia
TOC	Orgaaninen kokonaishiili (<i>Total Organic Carbon</i>)
Tot-N	Kokonaistyyppi
Tot-P	Kokonaisfosfori
TSS	Suspendoitunut kiintoaine (<i>Total Suspended Solids</i>)
VFA	Haihtuva rasvahappo (VFA, <i>Volatile Fatty Acid</i>)
VPD	Vesipuitedirektiivi (2000/60/EY)
YSL	YSL Ympäristönsuojelulaki (527/2014)
ZPAP	EU:n saasteettomuustoimintasuunnitelma ”Kohti ilman, veden ja maaperän saasteettomuutta” (<i>Zero Pollution Action Plan</i>)

Sisällys

LYHENTEET.....	2
1. JOHDANTO.....	4
2. TUOTANNON JA VIENNIN MUUTOKSET SUOMESSA	5
3. KIRISTYVÄ YMPÄRISTÖLAINSÄÄDÄNTÖ.....	8
3.1. EU:N METSÄKATOASETUS (EUDR) ja LULUCF-ASETUS	8
3.2. TEOLLISUUSPÄÄSTÖDIREKTIIVI (IED) JA PP-BREF-VERTAILUASIAKIRJA.....	10
3.3. VESIPUITEDIREKTIIVI JA MERISTRATEGIADIREKTIIVI	11
3.3.1 WESER-TUOMIO	13
4. YMPÄRISTÖLUPA.....	14
4.1. YMPÄRISTÖLUVAN HAKEMINEN, MYÖNTÄMINEN JA VALVONTA.....	14
4.2. YMPÄRISTÖLUVAN MUUTTAMINEN.....	15
4.3 YMPÄRISTÖLUVAN PERUUTTAMINEN JA RAUKEAMINEN	16
5. RAAKAVEDEN KÄYTTÖ JA KÄYTÖN VÄHENTÄMINEN	17
5.1. RAAKAVEDEN KULUTUS	17
5.2. RAAKAVEDEN KÄYTÖN VÄHENTÄMINEN.....	19
5.3. SULJETUT VESIKIERROT.....	20
5.3.1. SULJETTUIEN VESIKIERTOJEN TOTEUTUS.....	20
5.3.2. SULJETTUIEN VESIKIERTOJEN ONGELMAT	22
5.4. PUHDISTETUN JÄTEVEDEN KIERRÄTYS JA UUELLEENKÄYTTÖ	23
5.4.1 SULFAATTI JA MUUT IONIT	24
5.4.2. PFAS-YHDISTEET.....	25
6. YHTEENVETO	27
7. KIRJALLISUUSVIITTEET	29
LIITTEET	35
Liite 1. Lakkautetut paperi- ja sellutehtaat Suomessa	35
Liite 2. Suomen sellu-, kartonki- ja paperitehtaat kartalla	36

1. JOHDANTO

Metsäteollisuus on tärkeä tukijalka Suomen taloudelle, koska se on yksi suurimmista vientialoista ja merkittävä työllistäjä. Metsät ovatkin talouden kannalta Suomen tärkein luonnonvara. Metsien hakkuista on kritisoitu ja metsien käyttö on ollut poliittisen keskustelun kohteena, koska metsät toimivat tärkeinä hiilinieluinä, jotka sitovat ja varastoivat hiiltä ekosysteemiin, tarjoavat miljardeille lajeille elinympäristön ja toimivat kriittisinä eroosion estäjinä ja mikrotason sään tasapainottajina. Metsät ovat hyvin hoidettuina uusiutuva luonnonvara ja puupohjaisilla materiaaleilla on monia käyttökohteita, kun niillä korvataan uusiutumattomista materiaaleista valmistettuja sovelluksia. Tämä edistää kestävää kehitystä. (Kunttu *et al.* 2020)

Puuraaka-aineen ja energian lisäksi sellu- ja paperiteollisuus kuluttaa huomattavia määriä vettä ja tuottaa myös paljon jätevettä. On arvioitu, että ilmastonmuutoksen vuoksi EU:ssa esiintyy tulevaisuudessa yhä enemmän veteen liittyviä äärimmäisiä sääilmiöitä, kuten tulvia ja kuivuutta. Vesi on ihmisten, eläinten ja kasvien elämän edellytys ja talouden välttämätön resurssi, joten vesiä on suojeltava ja hoidettava yli kansallisten rajojen. Huoli ilmastonmuutoksesta, metsistä, vesivarojen ja energian riittävydestä ja veden saastumisesta on saanut päättäjät säätämään tiukempaa ympäristölainsäädäntöä. (Gonzales-Vogel *et al.* 2021a, Ocklind *et al.* 2024, Prasse *et al.* 2024, Kurrer 2025)

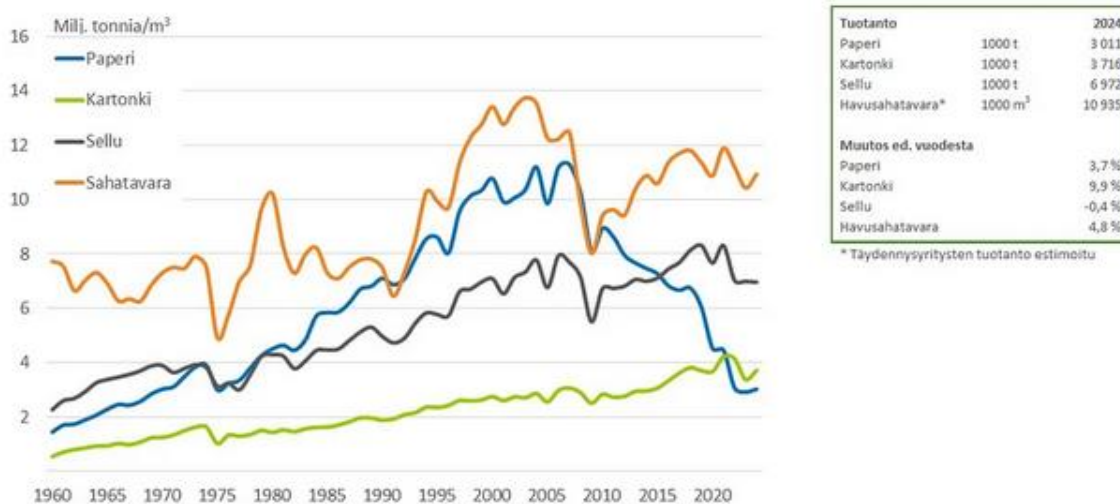
Kiristyneellä ympäristölainsäädännöllä on ollut vaikutusta tuotantolaitosten ympäristölupien ehtoihin, myöntämiseen ja päästörajoihin. Sellu- ja paperitehtaat ovatkin joutuneet tehostamaan toimintaansa, muutamaaan prosessejaan ja ottamaan käyttöön uusia teknologioita. (Esmaeeli *et al.* 2023, Syke ja YM 2025) Tuotantoprosessien muutoksilla on myös vaikutusta tuotantolaitoksen jäteveden määrään, koostumukseen ja yhdisteiden pitoisuuksiin (Ocklind *et al.* 2024).

Tiukentuvien ympäristömääräyksien noudattaminen on aiheuttanut sellu- ja paperitehtaille monia haasteita. Vesikiertojen sulkeminen on ollut tehokas tapa vähentää raakaveden kulutusta ja pienentää jäteveden määrää. Suljettuihin vesikiertoihin liittyy etujen lisäksi myös monia ongelmia. Edelleen osa prosessivesistä joudutaan johtamaan jäteveden puhdistamolle ja kaikkea puhdistettua jätevettä ei voida kierrättää takaisin prosesseihin. Mikäli tavoitteena on veden suhteen nollapäästöinen tehdas, osalle puhdistetusta jätevedestä pitäisi löytää uusia käyttökohteita. (Gonzales-Vogel *et al.* 2021a, Esmaeeli *et al.* 2023)

Euroopan sellu- ja paperiteollisuus on ollut kriisissä painopaperin kysynnän laskun ja lisääntyneen kilpailun (Kaakkois-Aasia, Etelä-Amerikka) vuoksi (Klitkou *et al.* 2023). Tässä kirjallisuuskatsauksessa on kartoitettu Suomen sellu-, paperi- ja kartonkitehtaiden tuotannon ja viennin muutoksia. Katsauksessa on myös käsitelty ajankohtaista ympäristölainsäädäntöä, joka liittyy metsäkadon ehkäisyyn, jäteveden käsittelyyn ja jätevesipäästöjen raja-arvoihin sekä vaikutusta tehtaiden ympäristölupiin. Katsauksessa on esitelty raakaveden kulutusta ja käytön vähentämisen keinoja prosessien suljetuilla vesikiertoilla ja suljettujen vesikiertojen toteutusta, etuja ja haasteita.

2. TUOTANNON JA VIENNIN MUUTOKSET SUOMESSA

Metsäteollisuus on ollut muutostilassa koko 2000-luvun ajan ja muutoksen nopeus on kiihtynyt vuoden 2005 jälkeen. Suomessa paperintuotanto ja -vienti (Kuvat 1 ja 2) ovat laskeneet voimakkaasti. Tähän on vaikuttanut erityisesti paino- ja kirjoituspaperin kysynnän pysähtyminen lännessä, medioiden digitalisoituminen, globaali talouskriisi ja kustannusten nousu, joka on heikentänyt kannattavuutta. (Luke 2024, Metsäteollisuus ry 2025a, Lindell 2025) Suomessa on vuoden 2005 jälkeen lakkautettu 15 paperitehdasta (Wikipedia 2025) ja UPM on ilmoittanut lakkauttavansa Kaukaan paperitehtaan vuoden 2025 loppuun mennessä. Suomalaisista yhtiöistä paperimarkkinoilla toimii käytännössä vain UPM, vaikka Stora Ensolla on vielä yksi paperitehdas Belgiassa. (Lindell 2025) Kehityksen seurauksena metsäteollisuuden tuotanto on siirtynyt matalamman jalostusasteen tuotteisiin, kuten selluun ja kartonkiin (Donner-Amnell 2022).



Kuva 1. Metsäteollisuuden tuotantomäärät Suomessa 1960-luvulta alkaen (Metsäteollisuus ry 2025a)



Kuva 2. Metsäteollisuuden vientimäärät Suomessa 1960-luvulta alkaen (Metsäteollisuus ry 2025b)

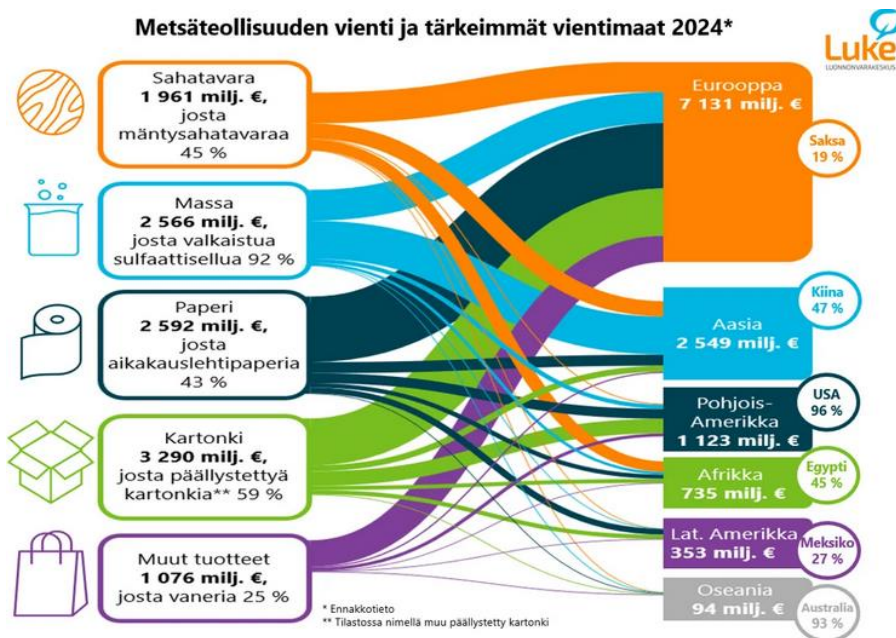
Sellun ja kartongin tuotantomäärät (Kuva 1) ovat kasvaneet melko tasaisesti vuoteen 2021 saakka, jonka jälkeen sellun tuotantomäärä on tasaantunut noin 7.0 miljoonaan tonniin ja kartongin noin 3.9

miljoonaan tonniin. Kartongin tuotantomäärä ylitti paperin tuotantomäärän vuonna 2022 (Kuva 1) (Metsäteollisuus ry 2025a). Tuotetusta sellusta vientiin menee 54 % ja kartongista 96 % (MMM 2025a). Taulukossa 1 on esitetty vuoden 2023 vientimäärien ja viennin arvon perusteella lasketut vientihinnat metsäteollisuuden tuotteille (Metsäteollisuus ry 2024). Sahatavaran tuotanto- ja vientimäärissä (Kuvat 1 ja 2) on ollut enemmän vaihtelua, mutta trendi on kuitenkin ollut kasvava.

Taulukko 1. Metsäteollisuuden tuotteiden vuoden 2023 vientihinnat (Metsäteollisuus ry 2024).

Tuote	Vientihinta	Yksikkö
Paperi	1.04	miljardia €/milj. t
Sellu	0.62	miljardia €/milj. t
Kartonki	0.97	miljardia €/miljoona t
Saha- ja höylätavara	0.07	miljardia €/milj. m ³
Vaneri	0.86	miljardia €/milj. m ³

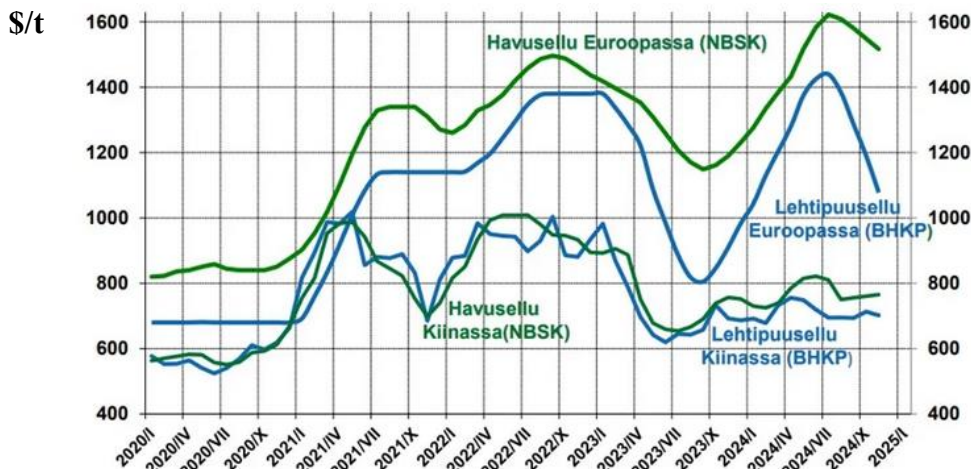
Vuonna 2024 metsäteollisuustuotteiden viennin arvo oli 12 miljardia euroa ja noin puolet siitä tuli paperista ja kartongista (Kuva 3). Sellun osuus viennin arvosta oli reilu viidennes. Puutuoteteollisuuden osuus viennistä oli reilu neljännes, josta sahateollisuus merkittävimpana 2 miljardin euron vientimäärällä. Metsäteollisuustuotteiden viennin arvo oli vuonna 2024 lähes 17 prosenttia koko Suomen tavaraviennin arvosta. (MMM 2025a, Luke 2025a) Näin ollen taloudellisesti metsillä ja niiden käytöllä on merkittävä vaikutus Suomen talouteen (Kunttu *et al.* 2020). Vientituloista 60 % tuli Euroopasta ja 21 % Aasiasta. Tärkeimmät vientimaat olivat Saksa (11 % viennistä), Kiina (10 %) ja Yhdysvallat (9 %). (MMM 2025a, Luke 2025a)



Kuva 3. Sahatavaran, massan, paperin, kartongin ja muiden tuotteiden vientiarvot ja niiden kulkuvirrat eri maanosiin (Luke 2025a).

Verkkokaupan yleistymisen ja vilkastumisen on lisännyt kartongin kysyntää. Kiinan viennistä suurin osa on ollut havupuusellua, jota Kiinan pakkausteollisuus on tarvinnut raaka-aineekseen (Metsäteollisuus 2025b). Havusellu sisältää pitkiä kuituja, jotka parantavat sen kestävyyttä ja vetolujuutta, minkä vuoksi se soveltuu hyvin pakkauskartonkeihin (Metsä Fibre 2025a). Kiina on

maailman suurin sellun ostaja. Sellun viennin kannattavuutta Kiinaan on laskenut vuoden 2021 jälkeen tapahtunut sellun Kiinan markkinahinnan eriytyminen Euroopan hintatasosta (Kuva 4) (Sinervä 2024). Sellun tuotantoa onkin Suomessa jouduttu sopeuttamaan kireän markkinatilanteen vuoksi (Viljakainen 2024, Jurvelin 2025).



Kuva 4. Havu- ja lehtipuusellun hintakehitys (\$/t) Euroopassa ja Kiinassa kuukausittain vuosina 2020–2024 (Sinervä 2024).

Markkinoiden kysynnän vaihtelut ja niiden ennakoimattomuus asettavat haasteita yrityksille. Geopolitiikka myllertää parhaillaan kansainvälistä kauppaa. Kiinan lisäksi myös Yhdysvallat haluaa tehostaa omaa metsäteollisuuttaan. Lisäksi Yhdysvaltojen asettamat 15 %:n yleistullit eurooppalaisille tuotteille (koskevat myös sellua, paperia ja kartonkia) vaikuttavat myös Suomen metsäteollisuuteen suoraan ja välillisesti. Kilpailutilannetta voi kiristää myös muille maille asetetut tullit, mikä pakottaa ne etsimään uusia markkina-alueita. Toistaiseksi Kanadalle asetettu 35 %:n tulli ei koske sellua, paperia ja kartonkia. Sen sijaan Brasilialle asetettu 50 %:n tulli koskee paperia ja kartonkia, mutta ei useita sellulaatuja. (Metsäteollisuus ry 2025c) Brasilialainen Suzano S.A. on maailman suurin sellun tuottaja. USA:n tullipolitiikka on ollut hyvin tempoilevaa, joten tilanne saattaa muuttua hyvinkin nopeasti.

Muutokset teollisuuslaitoksen toiminnassa (raaka-aineen muutokset, prosessien muutokset, kemikaalien muutokset, uudet kemikaalit, tuotannon määrän muutokset, seisokit jne.) vaikuttavat jäteveden koostumukseen ja pitoisuuksiin. Muutokset voivat vaikeuttaa jäteveden puhdistusta (esim. puhdistuskemikaalien annostus) ja kierrätystä. (Langberg *et al.* 2024, Lendewig *et al.* 2025) Esimerkiksi UPM:n Kaukaan sellu- ja paperitehtaalla puuraaka-aineen muutos lehtipuusta havupuuhun ja alhaisempi käyntiaste vaikuttivat vedenkulutukseen ja puhdistamon jätevedenkäsittelyn tehokkuuteen. Veden kulutus kasvoi ja jäteveden puhdistuskyky (varsinkin kemiallisen hapenkulutuksen (COD)) laski, koska havupuutuotannon jätevesi sisältää enemmän hitaasti hajoavia yhdisteitä ja puhdistuu koivuperäistä jätevettä heikommin. (UPM 2025) Kierrätyskuidun käyttäminen raaka-aineena saattaa tuoda mukanaan haitallisia aineita kuten esim. PFAS-yhdisteitä, joita pysyvyytensä vuoksi kutsutaan ”ikuisuuskemikaaleiksi”. (Langberg *et al.* 2024) Kun PFAS-yhdisteitä joutuu kuituun, niitä ei saada sieltä poistettua, mikä tekee materiaaleista kierrätyskelvottomia. (Lendewig *et al.* 2025)

3. KIRISTYVÄ YMPÄRISTÖLAINSÄÄDÄNTÖ

Sellu- ja paperiteollisuus on resurssi- ja pääomavaltainen toimiala ja sen ympäristövaikutukset ovat olleet merkittäviä koko 1900-luvun ja ovat edelleen vakavia. Se on osallisena moniin olemassa oleviin ympäristöongelmiin: mm. maailmanlaajuisen ilmaston lämpeneminen, happamoittaminen, ekotoksisuus ja myrkyllisyys ihmisille ja kiinteiden jätteiden syntyminen. Lisääntynyt huoli tällaisista ympäristökysymyksistä, eikä vähäisimpänä ilman ja veden saastuminen, ovat johtaneet uusiin ja tiukempiin ympäristövaatimuksiin, mm. päästöraja-arvojen sääntely ja teknologiset vaatimukset. Käyttöön on otettu myös erilaisia kannustinpohjaisia välineitä, kuten verot/maksut ja vaihdettavissa olevat päästöoikeudet. Näiden lisäksi yritysten kestävä kehityksen strategiat voivat sisältää vapaaehtoisia lähestymistapoja ja itsesääntelyä. (Söderholm *et al.* 2019)

3.1. EU:N METSÄKATOASETUS (EUDR) ja LULUCF-ASETUS

Metsät tuottavat puhdasta ilmaa ja ovat keskeisessä asemassa vesien ja maaperän puhdistamisessa sekä veden sitomisessa maaperään ja pohjaveden muodostumisessa sekä ehkäisevät kuivuutta. Metsäkatko ja metsien tilan heikkeneminen edistävät maailmanlaajuisia ilmastokriisiä, sillä metsät toimivat merkittävänä hiilinieluna sitomalla kasvihuonekaasupäästöjä. Metsien ja luonnon monimuotoisuuden köyhtyminen uhkaa vesivarojen jatkuvaa uusiutumista, kestävä veden kiertokulkua ja elintarvikejärjestelmiä. EU:n tavoitteena on estää maailman laajuisesti metsäkatkoa ja metsien tilan heikkenemistä sekä säilyttää metsien monimuotoisuutta. EU:n metsäkatkoasetuksella (EUDR, *EU Deforestation Regulation*) pyritään minimoimaan EU:n osuus metsäkadosta ja metsien tilan heikkenemisestä. Asetus astui voimaan v. 2023 ja se on määrä panna täytäntöön 30.12.2025 (suuret ja keskisuuret yritykset) ja 30.6. 2026 (mikro- ja pienyritykset) alkaen. Asetuksen tavoitteena on, että EU:ssa kulutettavat tuotteet eivät aiheuta metsäkatkoa tai metsien tilan heikkenemistä. (EUDR 2023, EU 2025a ja b) Metsäkatodirektiivin kansallisesta täytäntöönpanosta on annettu lakiesitys eduskunnalle 28.8.2025 ja Ruokavirasto on nimetty metsäkatkoasetuksen toimivaltaiseksi viranomaiseksi Suomessa. (MMM 2025b)

Metsäkadolla tarkoitetaan yleisesti metsän raivaamista pysyvästi muuhun käyttöön (MMM 2025b). EUDR-asetuksessa metsäkatko on määritelty suppeammin tarkoittamaan vain metsän muuttamista maatalouskäyttöön, koska maatalouden laajentuminen aiheuttaa lähes 90 % maailmanlaajuisesta metsäkadosta (EUDR 2023). Metsien tilan heikkeneminen on määritelty asetuksessa siten, että sillä tarkoitetaan tiettyntyyppistä metsän tilan rakenteellista muutosta, kuten ikimetsän hakkuita ja muuttamista viljellyksi metsäksi tai plantaasiksi. (MMM 2025b)

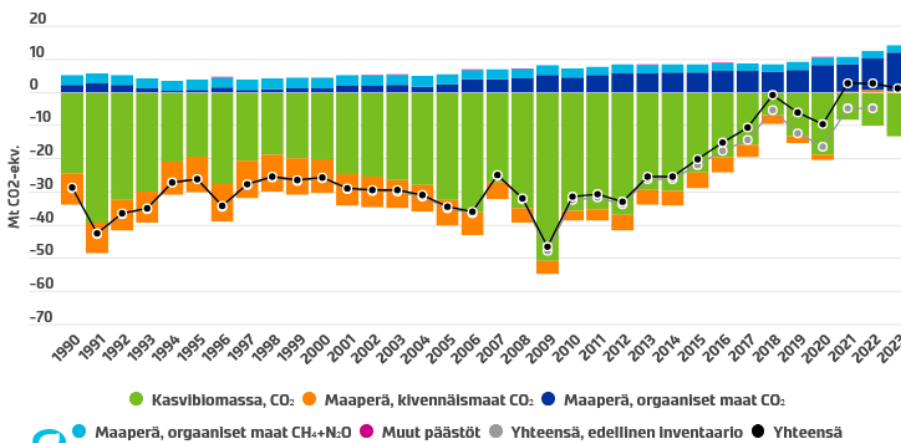
EUDR-asetus edellyttää, että sellu- ja paperiteollisuus kykenee osoittamaan sen tuotteiden täyttävän kolme kriteeriä (Kuva 5), jotta ne saa asettaa EU:n markkinoille tai viedä sieltä. Tuotteet eivät saa aiheuttaa metsäkatkoa tai metsän tilan heikkenemistä, ovat laillisesti tuotettuja ja niistä on annettu vakuutus asianmukaisesta huolellisuudesta eli nk. *due diligence* -vakuutus (DD-vakuutus) EUDR-tietojärjestelmään. Yrityksen huolellisuusvelvoitteeseen kuuluu toimitusketjun jäljitettävyyden varmistaminen, riskien arviointi ja niiden lieventäminen. (MMM 2025 b, Ruokavirasto 2025a)



Kuva 5. EUDR:n mukaiset kriteerit (Metsä Fibre 2025b)

Laittoman puun päätyminen EU-markkinoille estämiseksi EU on perustanut laittomien hakkuiden vastaisen ohjelman (*Forest Law Enforcement, Governance and Trade Action Plan, FLEGT 2003*). EU:n puutavara-asetus (EUTR, *EU Timber Regulation*) ja FLEGT-lupajärjestelmä ovat ohjelman keskeisimmät työkalut. Niiden valvonnasta Suomessa vastaa Ruokavirasto. EU:n puutavara-asetus (EU 995/2010) koskee sekä tuontipuuta että kotimaassa tuotettua puutavaraa. Puutuotteiden tuojan tai EU:n alueella puun tuottajan on osoitettava asianmukaisen huolellisuuden järjestelmällä, että markkinoille tuleva puu on laillista. EU ja tietyt puutuotteiden viejämaat ovat neuvotelleet vapaaehtoisen yhteistyösopimuksen, jonka perusteella ko. maat myöntävät puulle ja puutuotteille (esim. sellu, paperi, vaneri) FLEGT-luvan, jolla varmistetaan, että kyseiset tuotteet ovat laillisesti tuotettuja. (MMM 2025b, Ruokavirasto 2025b)

EU:n maankäyttöä, maankäytön muutoksia ja metsätaloutta koskee EU:n LULUCF-asetus (*Land Use, Land-Use Change and Forestry*). LULUCF-asetus (EU 1018/841) säätelee maankäytön hiilinieluja ja päästöjä, ja sen tavoitteena on kasvattaa hiilensidontaa ilmastotavoitteiden saavuttamiseksi. (MMM 2025c) Suomen metsät ovat muuttuneet hiilinieluista kasvihuonekaasujen päästölähteiksi vuodesta 2021 lähtien (Kuva 6), koska puuston nielu ei enää riitä kattamaan metsien maaperän päästöjä. Syinä metsien muuttumiseen päästölähteiksi ovat puuston kokonaisbiomassan pieneneminen, kasvaneet hakkuut, metsän maaperän kasvaneet hiilidioksidipäästöt ja kivennäismaiden hiilivaraston kasvun pysähtyminen (karikkeen määrän väheneminen ja ilmaston lämpeneminen). (Luke 2025b)



Muut päästöt = typpilannoituksen, typen mineralisaation sekä metsäpalojen, kulotuksen ja ennallistamispolttojen päästöt (yht. 0.01 Mt CO₂-ekv. v. 2023).

Kuva 6. Metsämaan kasvihuonepäästöjen ja -poistumien kehitys 1990–2023. Positiivinen luku on päästöä ja negatiivinen poistumaa (nielu). (Luke 2025b)

Tilanteen parantaminen vaatisi hakkuiden vähentämistä, sillä niiden vähentämisellä on suurempi vaikutus päästöihin kuin metsänhoidollisilla toimenpiteillä. Voimakkaat hakkuut vähentävät maahan tulevan karikkeen määrää. (Forsius et al. 2024) Nykyisellään puuston kasvusta 90 % kuluu hakkuisiin ja luonnonpoistumaan. (Luke 2025b) LULUCF-inventaariossa puutuotteiden pääluokat ovat sahatavara, puulevyt sekä paperi ja kartonki. Hiilivarastojen muutokset raportoidaan erikseen Suomessa valmistetuille ja kulutetuille puutuotteille sekä Suomessa valmistetuille ja ulkomaille vietäville puutuotteille. Suomessa inventaariosta vastaa Luonnonvarakeskus (Luke 2025c).

Varsinkin havusellun tuotantoon kohdistuu kasvavia ympäristö- ja sääntelypaineita. Euroopassa havusellun tarjontaan vaikuttaa tulevaisuudessa eniten metsien käyttöä rajoittava sääntely. Myös ilmastonmuutoksen kielteiset vaikutukset (mm. tuhohyönteisten aiheuttamat metsätuhot) uhkaavat heikentää jatkossa puun tarjontaa myös Euroopassa. (Remes 2025)

3.2. TEOLLISUUSPÄÄSTÖDIREKTIIVI (IED) JA PP-BREF-VERTAILUASIAKIRJA

Sellu- ja paperiteollisuuden päästöjä koskee EU:n teollisuuspäästädirektiivi eli IED-direktiivi (2010/75/EU), jolla pyritään ehkäisemään ja vähentämään ympäristön pilaantumista (Taulukko 2). Vuonna 2024 direktiiviä päivitettiin (EU 2024/1785), koska komission näkökanta oli, että teollisuuspäästädirektiivin tulisi kiinnittää enemmän huomiota kiertotalouden ja ilmastotoimien edistämiseen sekä kemikaalien käyttöön ja haitallisten kemikaalien korvaamiseen. Materiaalivirtojen ja energian lisäksi direktiivi kattaa myös teollisuuden veden käytön, jonka merkitys EU:ssa kasvaa ilmastonmuutoksen myötä. Direktiivissä kiinnitetään huomiota erityisesti ympäristöä pilaavien aineiden päästöjen (erityisesti vesistökuormitus) vähentämiseen ja myrkyttömän tuotannon edistäminen. Kansalliseen lainsäädäntöön päivitetty IED-direktiivi (nk. IED 2.0) tulee saattaa voimaan 1.7.2026 mennessä. Uudistuksen tavoitteena on edetä kohti EU:n saasteettomuustavoitteita (ZPAP, *Zero Pollution Action Plan*). (EU 2021, Kuisma 2024, EU 2025 c ja d, Syke 2025a)

Euroopan maat käyttävät teollisuuslaitosten ympäristölupien ja päästörajojen määrittämiseen lähtökohtana vertailuasiakirjoja (BREF, *Best Available Techniques Reference Document*). BREF:ien tarkoituksena on edistää ympäristönsuojelua ja yhtenäistää ympäristölupakäytäntöjä EU:ssa. Niiden tärkein osa on BAT-päätelmät, jossa esitetään päätelmät parhaista käytettävissä olevista (BAT) tekniikoista, tekniikoiden kuvaus ja tiedot sovellettavuuden arvioimiseksi, BAT-tekniikkaan liittyvät päästötasot ja niiden tarkkailu sekä tarvittaessa asiaankuuluvat laitoksen kunnostustoimet. (Syke 2025b) Sellu ja paperiteollisuutta koskeva PP-BREF-vertailuasiakirja ”*Best Available Techniques Reference Document for the Production of Pulp, Paper and Board*” julkaistiin v. 2015 ja se perustuu EU-komission toimeenpanopäätökseen (2014/687/EU). Vertailuasiakirja sisältää yleiset BAT-päätelmät ja BAT-päätelmät erityyppisille sellu- ja paperitehtaille, mm. emissioille veteen. PP-BREF:ssä on esitetty erilaisia prosessiratkaisuja ja puhdistusmenetelmiä jätevesikuormituksen vähentämiseksi. (PP-BREF 2015)

Taulukko 2. IED-direktiivi ja PP-BREF.

Lyhenne	Selite	Nettiviite
IED	Teollisuuspäästödirektiivi (2010/75/EU), ”Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi teollisuuden päästöistä”.	https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/PDF/?uri=CELEX:32010L0075
IED-päivitys	Teollisuuspäästödirektiivin päivitys (2024/1785), ”Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi teollisuuden päästöistä (yhtenäistetty pilaantumisen ehkäiseminen ja vähentäminen) annetun Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivin 2010/75/EU ja kaatopakoista annetun neuvoston direktiivin 1999/31/EY muuttamisesta”.	https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/PDF/?uri=OJ:L_202401785
IED 2.0	Päivitetty IED-direktiivi, ”Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2010/75/EU teollisuuden ja karjankasvatuksen päästöistä (yhtenäistetty ympäristön pilaantumisen ehkäiseminen ja vähentäminen”.	https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/PDF/?uri=CELEX:02010L0075-20240804
PP-BREF	Sellu-, paperi ja kartonkiteollisuuden BAT-vertailuasiakirja 2015	https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/fcaab1a5-d287-40af-b21c-115e529685fc/language-en

3.3. VESIPUITEDIREKTIIVI JA MERISTRATEGIADIREKTIIVI

Vesi on rajallinen resurssi, joten sen laadusta ja riittävydestä on pidettävä huolta ja sitä on käytettävä kestäväällä tavalla. Euroopan unionissa on laadittu makean veden ja merenresurssien suojelemiseksi kaksi laajaa direktiiviä: vesipuitedirektiivi (2000/60/EY) ja meristrategiadirektiivi (2008/56/EY) (Taulukko 3). Direktiivit yhtenäistävät vesiensuojelua EU:n jäsenvaltioissa. (Kangas 2018, Kurrer 2025, Syke 2025c, YM 2025a) Suomessa ympäristön pilaantumista aiheuttavaa toimintaa säännellään kansallisella ympäristönsuojelulailla (527/2014). (Kangas 2018, YM 2025b)

Vesipuitedirektiivillä luotiin puitteet sisämaan pintavesien, jokisuiden vaihettumisalueiden sekä rannikko- ja pohjavesien suojelulle. Pyrkimyksenä on ehkäistä ja vähentää saastumista, edistää kestäväää vedenkäyttöä, suojella vesiympäristöä ja parantaa sen tilaa sekä vähentää tulvien ja kuivuuden vaikutuksia. Vesipuitedirektiivin tueksi annettuja kohdennettuja direktiivejä (ns. tytärdirektiivejä) ovat pohjavesidirektiivi ja ympäristölaatuunormidirektiivi. Pohjavesidirektiivillä (2006/118/EY) suojellaan pohjavettä pilaantumiselta ja tilan huononemiselta (Taulukko 3). Siinä vahvistetaan perusteet pohjaveden hyvän kemiallisen tilan arvioimiseksi, seurattavissa aineissa tapahtuneiden lisäysten tunnistamiseksi ja niiden kohtien määrittämiseksi, joissa muutossuunnat käännetään laskeviksi. Pohjavesidirektiivin liitteet päivitettiin vuonna 2014 direktiivillä (2014/80/EY). (Kurrer 2025, Syke 2025c, YM 2025)

Ympäristölaatuunormidirektiivissä (2008/105/EY) vahvistettiin sallitut enimmäispitoisuudet pintavesissä EU:n tasolla 33 prioriteettiaineelle, jotka aiheuttavat merkittävän riskin vesiympäristölle tai vesiympäristön välityksellä, ja kahdeksalle muulle pilaavalle aineelle (Taulukko 3). Direktiiviä on päivitetty kahdesti: vuonna 2013 prioriteettiainedirektiivillä (2013/39/EU) luetteloon lisättiin 12 uutta ainetta ja vuonna 2022 täytäntöönpanopäätöksellä luetteloon lisättiin 23 kriittistä ainetta. (Kurrer

2025) Näiden EU:n laajuisten vaarallisten ja haitallisten aineiden lisäksi Suomessa on kansallisesti valittu valtioneuvoston asetuksella (1022/2006) 15 haitallisia aineita vesienhoitoaluekohtaisesti ja määriteltä niille ympäristölaatusuorit (Syke 2025c).

Taulukko 3. EU:n ja Suomen vesiä koskevaa lainsäädäntöä.

Lyhenne	Selite	Nettiviite
2000/60/EY	Vesipuitedirektiivi, ”Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi yhteisön vesipolitiikan puitteista”	https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:5c835afb-2ec6-4577-bdf8-756d3d694eeb.0010.02/DOC_1&format=PDF
2008/56/EY	Meristrategiadirektiivi, ”Euroopan Parlamentin ja Neuvoston direktiivi yhteisön meriympäristö politiikan puitteista”	https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/ALL/?uri=celex:32008L0056
2008/105/EY	Ympäristölaatusuorimidirektiivi, ”Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi ympäristölaatusuorimeista vesipolitiikan alalla, neuvoston direktiivien 82/176/ETY, 83/513/ETY, 84/156/ETY, 84/491/ETY ja 86/280/ETY muuttamisesta ja myöhemmästä kumoamisesta sekä Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivin 2000/60/EY muuttamisesta”	https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/PDF/?uri=CELEX:32008L0105
2013/39/EU	Prioriteettiainedirektiivi, ”Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi direktiivien 2000/60/EY ja 2008/105/EY muuttamisesta vesipolitiikan alan prioriteettiaineiden osalta”	https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/PDF/?uri=CELEX:32013L0039
(EU) 2022/1307	Komission täytäntöönpanopäätös, ”Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivin 2008/105/EY mukaisen unionin laajuisa seuranta varten laadittavan tarkkailtavien aineiden luettelon hyväksymisestä”	https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/PDF/?uri=CELEX:32022D1307
527/2014	Suomen kansallinen ympäristönsuojelulaki	https://finlex.fi/api/media/statute/72122/mainPdf/main.pdf?timestamp=2014-06-27T00%3A00%3A00.000Z
1022/2006	Valtioneuvoston asetus vesiympäristölle vaarallisista ja haitallisista aineista	https://www.edilex.fi/lainsaadanto/20061022
2006/118/EY	Pohjavesidirektiivi, ”Komission direktiivi pohjaveden suojelusta pilaantumiselta ja huononemiselta”	https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:5c835afb-2ec6-4577-bdf8-756d3d694eeb.0010.02/DOC_1&format=PDF
2014/80/EY	Pohjavesidirektiivin päivitys, ”Komission direktiivi pohjaveden suojelusta pilaantumiselta ja huononemiselta annetun Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivin 2006/118/EY liitteen II muuttamisesta”	https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/PDF/?uri=CELEX:32014L0080

Vesipuitedirektiivin yleisenä tavoitteena on saavuttaa kaikissa vesissä ympäristön hyvä tila. (Kurrer 2025) EU-maiden pintavesimuodostumista 37 % on vesipuitedirektiivin luokittelun perusteella **ekologiselta** tilaltaan vähintään hyviä (EEA 2024). Suomen sisäpintavesien ekologinen tila on suurimmassa tapauksissa vähintään hyvä (järvet 87 %, joet 65 %), mutta rannikkovesien huonompi

(vähintään hyvä 13 %).(Syke 2022). Pintavesimuodostumien **kemiallinen** tila sen sijaan on huonompi: EU-maiden pintavesistä vain 29 % oli kemialliselta tilaltaan hyviä (EEA 2024). Suomen kaikkien pintavesien kemiallinen tila on hyvää huonompi, sillä vaikka useimpien tarkkailtavien aineiden pitoisuudet alittavat niille asetetut pitoisuusrajat, muutaman aineen kohdalla pitoisuusrajat ylittyvät. (Syke 2022) Pohjavesien kemiallinen tila on suhteellisesti parempi kuin pintavesien tila, koska noin 98 % pohjavesimuodostumista on hyvässä kemiallisessa tilassa (Syke 2025c)

Meristrategiapuitedirektiivin (2008/56/EY) tavoitteena oli saavuttaa EU:n meriympäristön hyvä tila vuoteen 2020 mennessä, suojella ja säilyttää meriympäristöä sekä estää merien tilan huonontuminen (Taulukko 3). Direktiivissä määritetään eurooppalaiset merialueet (Itämeri, Koillis-Atlantti, Välimeri ja Mustameri) ja niiden osa-alueet meriä koskevissa alueellisissa yleissopimuksissa vahvistetuissa maantieteellisissä rajoissa. (Breuer 2025, Kurrer 2025) Komissio antoi kertomuksen meristrategiapuitedirektiivin täytäntöönpanon ensimmäisestä kaudesta vuonna 2020 (EU 2020a). Suomen meriympäristön tila on edelleen heikko, vaikka pieniä parannuksia sen tilassa on havaittu. (Syke 2025d). EU hyväksyi vuonna 2020 uuden vuoteen 2030 ulottuvan EU:n biodiversiteettistrategian, jolla pyritään vahvistamaan edelleen meriekosysteemien suojelua mm. laajentamalla suojeltuja alueita (suojelutavoite vähintään 30 % EU:n merialueista) ja perustamalla tiukasti suojeltuja alueita luontotyyppien ja kalakantojen elvyttämiseksi (EU 2020b, Kurrer 2025).

3.3.1 WESER-TUOMIO

Weser-tuomio on EU-tuomioistuimen vuonna 2015 antama tuomio (asiassa C-461/13), joka koski Saksassa sijainnutta vesiväylän rakennushanketta (EU-tuomioistuin 2015). Tuomioistuimen linjaus oli, että vesipuitedirektiivin mukaiset pintavesien (järvet, joet, rannikkovedet) ympäristötavoitteet ovat sitovia. Weser-tuomion perusteella pintaveden ekologista tilaa heikentävälle tai hyvän tilan tavoitteen saavuttamisen vaarantavalle hankkeelle ei voida myöntää lupaa ilman vesipuitedirektiivin mukaista poikkeusta. Jo yhden pintaveden laadullisen tekijän heikentäminen on kielletty, vaikka pintavesimuodostuman tila ei heikentyisi kokonaisuudessaan. (EU-tuomioistuin 2015, Puharinen *et al.* 2020, Kyrönviita *et al.* 2021). Suomessa korkein hallinto-oikeus on soveltanut viime vuosina kansallista lupalainsäädäntöä Weser-tuomion mukaisesti. Weser-tuomio nousi keskeiseen rooliin Kuopioon suunnitellun biotuotetehtaan tapauksessa (KHO 2019:166), jossa Kallaveden ekologisen tilan heikentymisen riski esti ympäristöluvan myöntämisen. (Puharinen *et al.* 2020, Lötjönen *et al.* 2021)

Pohjaveden heikentämiskielto on tiukempi kuin pintavesien Weser-linjaukset. EU-tuomioistuin otti tiukan kannan moottoritiehanketta koskevassa tuomiossaan (asia C-535/18) siihen, mitä kielletty 'pohjaveden tilan huononeminen' tarkoittaa. (EU-tuomioistuin 2020) Tulkinta noudattaa pitkälti Weser-tuomion linjauksia, mutta on kahdessa suhteessa tiukempi. Ensinnäkin pohjaveden tilan huonontumista on jo yhden pilaavan aineen pitoisuuden muutos, kun pintaveden tilan muutosta arvioidaan astetta karkeammin laadullisten tekijöiden tasolla. Toiseksi pohjaveden tila ei saa olla heikentynyt yhdessäkään seuranta paikassa, kun pintaveden tilan heikentymistä tarkastellaan koko vesimuodostuman kannalta. (Puharinen *et al.* 2020)

4. YMPÄRISTÖLUPA

Ympäristöluvan keskeinen merkitys on toiminnasta aiheutuvien haitallisten ympäristövaikutusten hallitseminen ja rajoittaminen mahdollisimman vähäisiksi. Suomessa ympäristölupa pitää hakea toiminnalle, joka voi aiheuttaa ympäristön pilaantumista tai sen vaaraa. (YM 2025c) Sellu- ja paperiteollisuus kuuluu tällaisiin toimijoihin ja on teollisuuspäästödirektiivin (IED, 2010/75/EU) soveltamisalaan kuuluva ns. direktiivilaitos. IED:n tavoitteena on suojella ympäristöä ja terveyttä ja säädellä teollisuuslaitosten ympäristövaikutuksia ympäristöluvituksen kautta ja sen keskeiset vaatimukset on saatettu Suomessa voimaan osana ympäristönsuojelulakia (YSL, 527/2014). (Syke ja 2025) Ympäristölupa on ympäristönsuojelulain keskeinen ohjauskeino. Siinä määritetään laitoksen sijoittuminen ja toiminnan sallittavuus sekä asetetaan reunaehdot, joiden puitteissa toimintaa voi harjoittaa. (Serenius 2023)

IED:n soveltamisalaan kuuluvien laitosten päästöraja-arvojen, tarkkailun ja muiden lupamääräysten on perustuttava BAT-päätelmiin. (Syke 2025e, YM 2025c) Parhaalla käyttökelpoisella tekniikalla (BAT) tarkoitetaan mahdollisimman tehokkaita ja kehittyneitä, teknisesti ja taloudellisesti toteuttamiskelpoisia tuotanto- ja puhdistusmenetelmiä ja toiminnan suunnittelu-, rakentamis-, ylläpito-, käyttö- sekä lopettamistapoja. Niillä voidaan ehkäistä toiminnan aiheuttama ympäristön pilaantuminen tai tehokkaimmin vähentää sitä. Ne myös soveltuvat ympäristölupamääräysten perustaksi. (Syke 2025e) Päästöille on ympäristöluvassa määrättävä päästöraja-arvot siten, että päätelmien päästötasoja ei ylitetä laitoksen normaaleissa toimintaolosuhteissa (YSL, 527/2014, 75§).

Sellu- ja paperi- ja kartonkitehtaissa tarkkailtavia suureita ovat kemiallinen ja biologinen hapenkulutus (COD (tai TOC) ja BOD), kiintoaineen (TSS) määrä, fosforin ja typen kokonaismäärät (tot-P ja tot-N) sekä asiaankuuluvien metallien pitoisuudet. Lisäksi valkaisua käyttävillä tehtailla tarkkailtavia suureita ovat orgaanisten halogeeniyhdisteiden (AOX) määrä ja kelaattoreita käyttävillä tehtailla EDTA- ja DPTA-pitoisuudet. BAT-raja-arvot näille suureille on esitetty PP-BREF:ssa erityyppisille tehtaille. Lisäksi seurataan jäteveden virtaamaa, pH:ta, lämpötilaa ja sähkönjohtavuutta. Veteen joutuvien päästöjen seuranta ja mittaus tulee suorittaa säännöllisesti (BAT 10) ja EN-standardien mukaisesti. Jos EN-standardeja ei ole saatavilla, paras käytettävissä oleva tekniikka (BAT) on käyttää ISO-standardeja, kansallisia tai muita kansainvälisiä standardeja, joilla varmistetaan toimitettavien tietojen tieteellinen laatu. Näytteenotto ympäristöluvassa määritellyille parametreille tehdään yleensä jätevedenpuhdistamon purkupisteen effluentista ennen sen johtamista vastaanottavaan vesistöön (suurin osa tehtaista) tai yhdistämistä muista lähteistä olevien jätevesivirtojen kanssa (PP-BREF 2015).

4.1. YMPÄRISTÖLUVAN HAKEMINEN, MYÖNTÄMINEN JA VALVONTA

Toiminnanharjoittajan on liitettävä ympäristölupahakemukseen päästötarkkailun tulokset ja muut tiedot, joiden nojalla toimintaa on mahdollista verrata BAT-päätelmissä kuvattuun parhaaseen käyttökelpoiseen tekniikkaan ja siihen liittyviin päästötasoihin. Hakemukseen on liitettävä tarvittaessa myös selvitys siitä, mitä tekniikoita hakija ottaa käyttöönsä tai millä muilla keinoilla hakija varmistaa, että toiminta vastaa päätelmiä ja lainsäädäntöä. Lisäksi hakijan on selvitettävä,

vaikuttaako muutos olemassa olevaan toimintaan ja arvioitava tällaisen muutoksen vaikutuksia ympäristöön (ympäristönsuojeluasetus 713/2014, 10 §).(Syke 2025e)

Ympäristölupaa haetaan aluehallintovirastolta (AVI), joka tiedottaa hakemuksesta. Viranomaiset antavat hakemuksesta lausunnon, asianosaiset saavat tehdä muistutuksia ja muut tahot esittää mielipiteensä. Nämä huomioon otettuaan AVI tekee asiasta päätöksen. Lupapäätöksestä voi valittaa Vaasan hallinto-oikeuteen ja tämän päätöksestä edelleen korkeimpaan hallinto-oikeuteen, jos se myöntää valitusluvan.(Syke 2025e, YM 2025)

Ympäristöluvan myöntämisen edellytyksenä on mm. se, että toiminnasta ei saa aiheutua terveyshaittaa tai **merkittävää** ympäristön pilaantumista tai sen vaaraa. Ympäristöluvassa voidaan antaa määräyksiä mm. toiminnan laajuudesta, päästöistä ja niiden vähentämisestä, jätteistä ja jätehuollosta sekä maaperän ja pohjavesien pilaantumisen ehkäisystä. (Syke ja YM 2025, YM2025c) Lupa myönnetään yleensä toistaiseksi voimassa olevana (Serenius 2023).

Ympäristöluvan tarvitsevaa toimintaa valvotaan koko elinkaaren ajan ja valvonnasta vastaavat ELY-keskukset ja kunnan ympäristösuojeluviranomaiset, jotka seuraavat lupamääräysten, kuten päästörajojen noudattamista. Valvontaa kohdennetaan ensisijaisesti niihin toimintoihin, joiden aiheuttama ympäristön pilaantumisen vaara on kaikkein suurin. Valvontaa tehdään suunnitelmallisoin määräaikaistarkastuksin seuraamalla ympäristöön kohdistuvaa kuormitusta ja ympäristön tilaa sekä reaktiivisesti tekemällä tarkastuksia onnettomuus-, haitta- ja rikkomustilanteissa, esimerkiksi jos maahan tai pohjaveteen on päässyt ainetta, joka saattaa aiheuttaa pilaantumista. Toiminnanharjoittajien on raportoitava määräajoin laitoksen päästöistä ja toiminnasta. Jos toiminnassa tapahtuu häiriö tai poikkeuksellinen tilanne ja päästöraja-arvot ylittyvät niin, että tilanteesta aiheutuu välitöntä ja ilmeistä ympäristön pilaantumisen vaaraa, toiminnanharjoittajalla on velvollisuus ilmoittaa valvontaviranomaiselle tilanteesta välittömästi. (ELY 2025, YM2025c)

Tarvittaessa viranomainen kieltää, kehottaa tai määrää toiminnasta vastaavan täyttämään velvollisuutensa. Viranomainen voi antaa myös muuta kuin luvan- tai ilmoituksenvaraista tai rekisteröintivelvollista toimintaa koskevan määräyksen. Epäillessään lakia rikotun valvontaviranomainen voi tehdä myös tutkintapyynnön poliisille. (YM 2025c)

4.2. YMPÄRISTÖLUVAN MUUTTAMINEN

Ympäristölupa on lähtökohtaisesti voimassa toistaiseksi. Ympäristölupa voidaan kuitenkin määrätä olemaan voimassa määräaikaaisesti toiminnanharjoittajan hakemuksesta tai jos siihen on muu, toiminnan ominaisuuksiin liittyvä painava syy. Toiminnassa ja ympäristössä tapahtuvat muutokset voivat kuitenkin edellyttää luvan muuttamista tai lupamääräyksiä täydentämistä (Serenius 2023). Ympäristönsuojelulain (YSL 89 §) mukaan lupaviranomaisen on muutettava ympäristölupaa, jos

- 1) toiminnasta aiheutuva pilaantuminen tai sen vaara poikkeaa olennaisesti ennalta arvioidusta,
- 2) toiminnasta aiheutuu tässä laissa kielletty seuraus,
- 3) parhaan käyttökelpoisen tekniikan kehittymisen vuoksi päästöjä voidaan olennaisesti vähentää ilman **kohtuuttomia** kustannuksia,
- 4) lupamääräyksen perusteiden havaitaan olevan virheelliset eikä määräyksen muuttamisesta aiheudu tarvetta harkita uudelleen luvan myöntämisen edellytyksiä,
- 5) toiminnan ulkopuoliset olosuhteet ovat luvan myöntämisen jälkeen olennaisesti muuttuneet ja luvan muuttaminen on tämän vuoksi tarpeen,

- 6) luvan muuttaminen on tarpeen luvan myöntämisen jälkeen laissa, valtioneuvoston asetuksessa tai Euroopan unionin säädöksessä annetun sitovan ympäristön pilaantumisen ehkäisemistä koskevan yksilöidyn vaatimuksen täyttämiseksi. (YSL 527/2014)

Aloitteentekijänä ympäristöluvan muuttamisessa voi olla toiminnanharjoittaja itse tai valvontaviranomainen, asianomainen yleistä etua vaativa viranomainen, haitankärsijä tai 186 §:ssä tarkoitettu rekisteröity yhdistys tai säätiö (YSL 89 §). Valvontaviranomainen voi säännöllisessä valvonnassa saatujen tietojen, parhaan käyttökelpoisen tekniikan kehittymisen sekä tehtyjen haittavalitusten tai raportoitujen häiriö- ja poikkeustilanteiden perusteella joutua arvioimaan luvan muuttamistarvetta. Tarkkailumääräyksien muuttaminen luvan voimassaoloaikana on melko tavallista: esim. saatetaan poistaa tai korvata toimimattomia tarkkailupisteitä, tai tarkkailua voidaan harventaa tai tihentää tarkkailutulosten tai olosuhteissa tapahtuneiden muutosten vuoksi. (Serenius 2023)

4.3 YMPÄRISTÖLUVAN PERUUTTAMINEN JA RAUKEAMINEN

Ympäristölupa voidaan myös peruuttaa valvontaviranomaisen aloitteesta. Tämä on mahdollista, jos hakija on antanut virheellisiä tietoja, jotka ovat vaikuttaneet luvan myöntämiseen, lupamääräyksiä on valvontaviranomaisen kirjallisesta huomautuksesta huolimatta toistuvasti rikottu niin, että luvan myöntämisen edellytykset eivät toteudu tai jos toiminnan jatkamisen edellytyksiä ei saada täytetyksi lupaa muuttamalla (YSL 93§). Esimerkiksi Pohjois-Suomen AVI peruutti Raahen Laivakankaan kultakaivoksen ympäristöluvat, koska ELY-keskuksen mukaan kaivosyhtiö on toistuvasti rikkonut ympäristölupamääräyksiä kirjallisista huomautuksista ja kehotuksista huolimatta. Toiminnasta on aiheutunut tai uhannut aiheutua luvan myöntämisen edellytysten vastainen seuraus. (Pohjois-Suomen AVI 2025) Toinen esimerkki on pohjaveden pilaantumisvaaran vuoksi tehdyt lukuisat huoltoasemien polttonesteiden ympäristölupien peruuttamiset (esim. ABC Tyrniharju, KHO 2018:41) tai jatkamatta jättämiset.

Määräaikainen ympäristölupa raukeaa määräajan päättyessä, ellei lupapäätöksessä ole määrätty toisin. Sen sijaan toistaiseksi voimassa oleva lupa on voimassa, kunnes se erikseen lakkautetaan. Ympäristölupa raukeaa lupaviranomaisen päätöksestä, jos toiminta on ollut keskeytyneenä yhtäjaksoisesti vähintään viisi vuotta, toimintaa ei ole aloitettu viiden vuoden (tai erikseen määrätyn pidemmän ajan) kuluessa luvan lainvoimaiseksi tulemisesta tai jos toiminnanharjoittaja ilmoittaa, ettei toimintaa aloiteta tai se on lopetettu. Lupa raukeaa myös, jos lupamääräysten tarkistamista ei ole tehty, vaikka se olisi tarpeen uusien, direktiivilaitosten toimintaa koskevien BAT-päätelmien vuoksi. Luvan raukeamisen voi laittaa vireille valvontaviranomainen, toiminnanharjoittaja, kunta, haitankärsijä tai lupaviranomainen itse omasta aloitteestaan. (Minilex 2025)

5. RAAKAVEDEN KÄYTTÖ JA KÄYTÖN VÄHENTÄMINEN

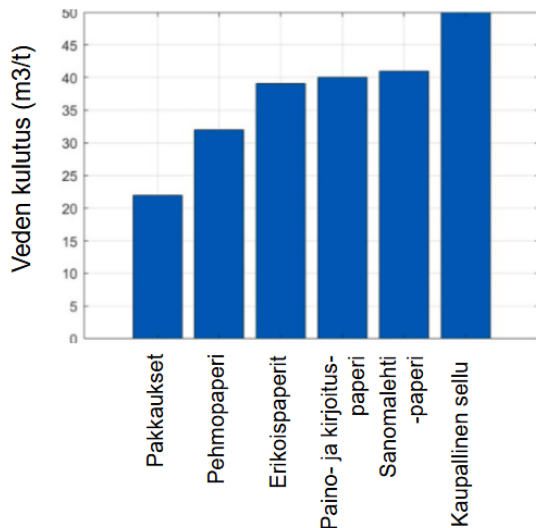
Tiukentuvien ympäristömääräyksien noudattaminen aiheuttaa sellu- ja paperiteollisuudelle monia haasteita, koska tehtaat kuluttavat huomattavia määriä vettä ja tuottavat myös paljon jätevettä. Tehtaiden käyttämä raakavesi on pääosin pintavettä ja harvemmin pohjavettä riippuen saatavuudesta ja paikallisista olosuhteista. Muodostuvan jäteveden määrää voidaan vähentää huomattavasti noudattamalla EU:n PP-BREF:ssa määriteltyjä BAT-tekniikoita, jopa noin 20 m³:iin tuotetonnia kohden. (Esmaeeli *et al.* 2023)

Yleensä sellun ja paperin tuotannossa on kolme vaihetta: 1) raaka-aineen jalostus selluksi, 2) sellun laadun jalostus ja 3) lopputuotteen valmistus, joissa kaikissa käytetään vettä. (Esmaeeli *et al.* 2023) Sellu- ja paperitehtaiden prosessit vaativat erilaatuisia raakavesijakeita: mekaanisesti puhdistettu (esim. hiekkasuodatus), kemiallisesti puhdistettu (esim. flokkulanttisaostus) ja ionivaihdettu vesi. Mekaanisesti puhdistettua vettä voidaan käyttää kuorimolla, jäähdytysvesinä ja massatehtaan pesuvesinä. Kemiallisesti puhdistettua vettä käytetään massan pesuissa, tiivistevesikierrossa ja paperikoneilla. Ionivaihdettua vettä käytetään syöttövetenä kuori- ja soodakattiloilla, joissa veden laatuvaatimukset ovat tiukimmat (suolat voivat aiheuttaa korroosiota). (Latokartano 2025)

5.1. RAAKAVEDEN KULUTUS

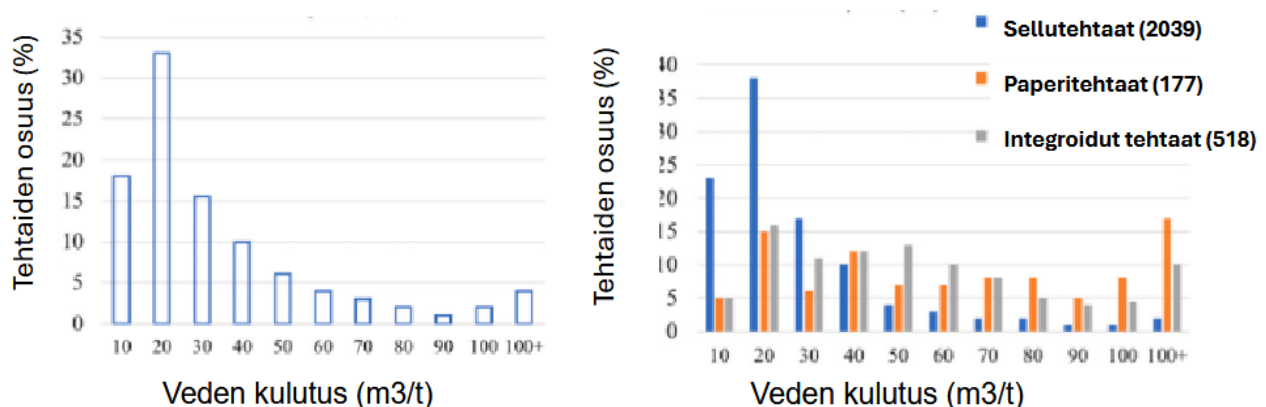
Raakavettä tarvitaan monissa eri sellun, paperin ja kartongin valmistusprosesseissa. Vettä käytetään kuorimolla puiden sulattamiseen, puhdistamiseen ja laitteiston huuhteluun. Sellu- ja paperitehtailla sitä tarvitaan massan pesuun, lajitteluun, valkaisuun sekä väliaineeksi helpottamaan massan, kemikaalien ja energian siirtämistä. Lisäksi monet prosessivaiheet tarvitsevat toimintaansa höyryä. Näiden lisäksi kaikissa tuotantovaiheissa tarvitaan jäähdytysvettä jäähdyttämään prosessissa syntyviä lämpökuormia. (Gavrilescu *et al.* 2007, Olejnik 2011, Latokartano 2025)

Useat tekijät vaikuttavat raakaveden kulutukseen ja jäteveden muodostumiseen, mm. raaka-aineen tyyppi (ensikuitu vai kierrätyskuitu), lopputuotteen tyyppi ja laatu (pakkaukset, pehmopaperi, erikoispaperi, paino- ja kirjoituspaperi, sanomalehtipaperi, markkinasellu) (Kuva 7), käytetty prosessi (mekaaninen, kemiallinen, mekaanis-kemiallinen jne.) ja tuotannon laajuus. Esimerkiksi ensikuidun käyttö kuluttaa paljon vettä puiden pesun, kuorimisen ja murskauksen yhteydessä verrattuna kierrätyskuidun käyttöön, jossa näitä vaiheita ei tarvita. Kierrätyskuidun siistaus, jossa siitä poistetaan painomustetta ja muita epäpuhtauksia, vaatii jonkin verran vettä. (Esmaeeli *et al.* 2023)



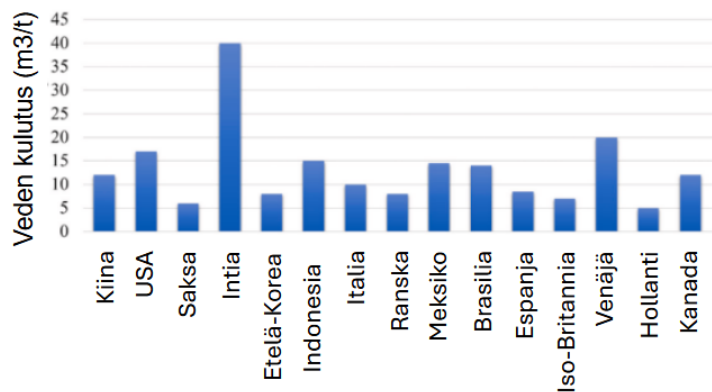
Kuva 7. Eri lopputuotteiden raakaveden kulutus (mukaillen Esmaeeli *et al.* 2023)

Aiemmin (1900-luvun alussa) yhden paperitonnin valmistukseen tarvittiin 500–1000 m³ vettä (Esmaeeli *et al.* 2023). Kilpailu ja ympäristövaikutusten vähentämisvaatimukset ovat johtaneet tehokkaampiin tuotantoprosesseihin (de Almeida *et al.* 2020). Nykyään suurin osa tehtaista kuluttaa noin 20 m³/tuotetonni vettä tuotantotarkoituksiin (Kuva 8a). Kierrätyskuitupohjaisia tuotteita valmistavien tehtaiden vedenkulutus on yleensä pienempi kuin ensikuitua käyttävien tehtaiden. Sellutehtaiden vedenkulutus on vähäisempää kuin paperitehtaiden ja integroitujen tehtaiden (Kuva 8b): paperitehtaista yli 15 % ja integroiduista tehtaista 10 % käyttää vettä enemmän kuin 100 m³/tuotetonni. (Esmaeeli *et al.* 2023)



Kuva 8. Kierrätyskuitua käyttävien sellu- ja paperitehtaiden raakaveden kulutus a) kokonaisjakauma, b) tehdastyypeittäin (mukaillen Esmaeeli *et al.* 2023)

Euroopan mantereen veden kokonaiskulutuksesta teollisuussektori vastaa noin 40 %, josta sellu- ja paperiteollisuuden vastaa huomattavasta osasta (Ocklind *et al.* 2024). Muihin maanosiin verrattuna Euroopan maiden (esim. Hollanti, Saksa, Iso-Britannia jne.) sellu- ja paperitehtaat kuluttavat vähemmän vettä (Kuva 9). Kehittyneiden teknologioiden käyttöönotto ja paikallinen raakaveden niukkuus ovat voineet osaltaan vaikuttaa raakaveden pienentyneeseen kulutukseen. Varsinkin Intia ja Venäjä erottuvat muiden maiden joukosta suuren veden kulutuksen seurauksena. (Esmaeeli *et al.* 2023)



Kuva 9. Sellu- ja paperitehtaiden raakaveden kulutus (v. 2014) maailman eri puolilla (mukaillen Esmaeli *et al.* 2023)

5.2. RAAKAVEDEN KÄYTÖN VÄHENTÄMINEN

Vesi on keskeinen luonnonvara elämälle ja ihmisen toiminnalle, joten tämän luonnonvaran elinkelpoisuuden varmistaminen ja teollisuuden ympäristövaikutusten rajoittaminen on välttämätöntä. Ilmastomuutoksen vaikutuksesta yleistyneet kuivat kaudet ovat johtaneet paikoin makean veden käytön sääntelyyn, mikä on lisännyt huolta veden saastumisesta ja niukkuudesta. Mitä suurempi teollisuuden sektori on kyseessä, sitä suurempi on sen vedenkulutus, ja sitä suurempi on tarve investoida vedenkäytön tehokkuuden parantamiseen. Kuten useimmat teollisuudenalat, myös metsäteollisuussektori tarvitsee suuria määriä vettä. Vaikka Pohjoismaita ei ehkä lähitulevaisuudessa vaivaakaan vesipula, niin maailmassa on monia maita, joissa sellu- ja paperitehtaiden on varauduttava vesipulaan tulevaisuudessa. Näiden seikkojen vuoksi on kiinnitetty ja kiinnitetään jatkossakin huomiota veden tehokkaaseen käyttöön sellun, kartongin ja paperin valmistusketjuissa. (Gonzales-Vogel *et al.* 2021a, Ocklind *et al.* 2024, Prasse *et al.* 2024)

Vesitehokkuuden parantamiseen on olemassa useita tapoja:

1. Prosessit, jotka eivät tarvitse vettä.
2. Raakaveden käytön minimoiminen.
3. Prosessien suljetut vesikierrot.
4. Prosessiveden kierrättäminen muihin prosesseihin.
5. Puhdistuslaitoksen jäteveden kierrättäminen.
6. Puhdistuslaitoksen jäteveden uusiokäyttö. (Esmaeli *et al.* 2023)

Raakapuun käsittelyn, sellun ja paperin valmistuksen prosesseja voidaan suunnitella siten, että niissä ei tarvita raakavettä ollenkaan tai sen tarve on merkittävästi vähäisempää. Tämä voidaan saavuttaa prosessien optimoinnilla, ottamalla käyttöön PP-BREF:n BAT-tekniikoita tai kehittämällä ja ottamalla käyttöön täysin uusia teknologioita. Raakaveden käyttöä voidaan vähentää käyttämällä suljettuja vesikiertoja, joissa prosessin jätevesi johdetaan takaisin prosessiin tai johonkin toiseen prosessiin joko sellaisenaan tai puhdistettuna. Osa prosessien jätevesistä on kuitenkin edelleen

johdettava puhdistamolle, mutta puhdistuksen jälkeen osa siitä voidaan kierrättää takaisin prosesseihin ja lopulle puhdistetulle jätevedelle toivotaan löytyvän käyttöä esim. maatalouden kasteluvetenä. (Esmaeeli *et al.* 2023)

Keskeisessä roolissa on tuotantolaitoksen tasainen käynti, kun sen vedenkäyttöä halutaan tehostaa. Hyvää käytettävyyttä tukevat suunnitelmalliset ennakko- ja huoltoseisokit. Vääristä laiteasetuksista tai mahdollisista laiterikoista aiheutuu veden hukkaa, joten sekä asetuksia että laitteiden kuntoa pitää tarkkailla säännöllisesti. Vedenkäytön vähentäminen edellyttää myös henkilöstön kouluttamista ja oikeiden ajotapojen määrittämistä. (Latokartano 2025) Raakaveden käytön vähentäminen tuo useita etuja: Yksi on tuotannon pienempi ympäristövaikutus, joka on seurausta luonnonvarojen tarpeen vähenemisestä, energiansäästöstä ja pienemmistä jätevesipäästöistä. Toinen on alhaisemmat syöttöveden ja jäteveden käsittelykustannukset ja kolmas on vakaammat toimintaolosuhteet. (Prasse *et al.* 2024)

5.3. SULJETUT VESIKIERROT

Puumassan tuotanto kuluttaa paljon vettä ja tuottaa jätevesiä, joissa on paljon orgaanista kuormitusta, mikä voi ylikuormittaa jätevedenpuhdistamaa, lisätä sellun tuotantokustannuksia ja aiheuttaa ympäristövaikutuksia. Suljetut vesikierrrot ovat tehokas tapa vähentää makean raakaveden kulutusta, jäteveden syntymistä ja ympäristön saastumista. (de Almeida *et al.* 2020, Esmaeeli *et al.* 2023) Sektorivirtojen käsittely sellu- ja paperitehtaiden sisällä on lisäksi kustannus- ja energiatehokkaampaa kuin prosessien yhdistettyjen jätevesien käsittely puhdistuslaitoksella. Suljetut vesikierrrot vähentävät puhdistamolle tulevaa jätevesikuormitusta, jolloin tarvitaan vähemmän puhdistuskemikaaleja ja syntyy vähemmän lietettä. Suljetut vesikierrrot voivat myös vaikuttaa jäteveden koostumukseen (esim. vähentämällä orgaanista kuormitusta) siten, että sen puhdistus on helpompaa, halvempaa ja vaatii vähemmän kemikaaleja. (de Almeida *et al.* 2020, Gonzales-Vogel *et al.* 2021b). Teoriassa sellu- ja paperitehtaat voisivat sulkea vesikiertonsa kokonaan ja välttää jätevesipäästöjä (Prasse *et al.* 2024, Latokartano 2025).

Suljetut vesikierrrot ja tehokkaampi vedenkäsittely voivat myös parantaa energiatehokkuutta vähentämällä veden käsittelyyn (esim. raakaveden lämmitys prosessiin soveltuvaksi) ja kuljetukseen tarvittavaa energiaa. Lisäksi esimerkiksi massan pesuveden kierrättäminen valmistaa massaa seuraavan pesuvaiheen olosuhteille ja vähentää kemikaalien käyttötarvetta. Resurssitehokkuuden näkökulmasta tasapaino veden ja energian kulutuksen sekä lopputuotteen laadun välillä on tärkeää. (Latokartano 2025)

5.3.1. SULJETTUJEN VESIKIERTOJEN TOTEUTUS

Vedenkäytön tehostaminen vaatii prosessien systemaattista läpikäyntiä ja niiden pisteiden tunnistamista, joissa vesi, jota vielä voitaisiin kierrättää, pääsee poistumaan (Latokartano 2025). Vesikierron sulkemista suunniteltaessa on pidettävä mielessä prosessiveden laatua koskevat tiukat vaatimukset, jotka on täytettävä. Prosessiveden laadulla on vaikutusta mm. sellun laatuun, kuten esimerkiksi vaaleuteen ja puhtauteen. (Ocklind *et al.* 2024, Latokartano 2025). Tämä tarkoittaa sitä,

että on tunnettava prosessit ja niissä muodostuvat jätevedet eli mitä yhdisteitä ne sisältävät ja kuinka paljon. Käytetty prosessivesi voi soveltua kierrätettäväksi joko sellaisenaan (suora uudelleenkäyttö) tai käsiteltynä (regenerointi). (Gonzales-Vogel *et al.* 2021a, Esmaeeli *et al.* 2023) Regenerointi-prosessin optimointi on välttämätöntä käyttökustannusten hillitsemiseksi (Ocklind *et al.* 2024).

Prosessivesien kierrätyksessä hyödynnetään vastavirtausperiaatetta (Prasse *et al.* 2024). Esimerkiksi Äänekosken biotuotetehtaan massatehtaan pesurit toimivat vastavirtaperiaatteella: ensimmäiseen pesuvaiheeseen johdetaan jo useamman pesuvaiheen läpikäynyt, likaisin vesi, kun taas pesun viimeiseen vaiheeseen johdetaan puhtain vesi. Joutsenon sellutehtaalla raakaveden käyttöä on vähennetty sulkemalla vesikiertoja esimerkiksi valkaisussa, lajittelussa ja kuorimolla. (Latokartano 2025)

Toisinaan vesijae syntyy eri puolella tehdasta kuin missä sitä voitaisiin käyttää hyväksi. Näissä tilanteissa on pyrittävä kokonaisuuden kannalta järkevään, kustannustehokkaaseen ratkaisuun. (Esmaeeli *et al.* 2023) Esimerkiksi Äänekosken massatehtaalla valtaosa käytetystä pesuvedestä on peräisin kuivaamolta tai haihduttamolta ja puunkäsittelyssä on raakaveden sijaan hyödynnetty sekundäärilauhteita. Kuitumassan pesussa syntyvät pesusuodokset ja haihduttamon sekundäärilauhe käytetään uudelleen lukuisia kertoja. Rauman sellutehtaalla hyödynnetään valkaisun omia suodoksia sakeussäädöissä tuoreen raakaveden sijaan, ja lisäksi valkaisun pesuvesiä on vähennetty ja raakavettä on kuorimolla korvattu kiertovedellä. (Latokartano 2025) Paperikoneen prosessivesi voidaan vastavirtausperiaatteen mukaisesti kierrättää esimerkiksi massankäsittelyprosessiin, jolloin tuoretta raakavettä käytetään pääasiassa paperikoneella ja massankäsittelypiirien jätevesi johdetaan jätevedenpuhdistamoon. Tämä vedenhallintastrategia vähentää prosessia häiritsevien yhdisteiden siirtymistä massankäsittelystä paperikoneen vesikiertoon. (Prasse *et al.* 2024) Edellisessä tapauksessa jätevettä on edelleen johdettava puhdistamolle ja tuoretta raakavettä on otettava paperikoneella, koska muutoin seurauksena olisi kohtuuttoman suuret kustannukset ja epävarma lopputuotteen laatu. (Gonzales-Vogel *et al.* 2021b)

Vedenkäyttöä voidaan tehostaa ottamalla käyttöön moderneja tekniikoita. Esimerkiksi Äänekosken sellutehtaalla modernien, tehokkaampien pesureiden ansioista valkaisuvaiheen vedenkäyttöä on voitu vähentää. Tiettyjen prosessivesijakeiden kierrättäminen voi vaatia kokonaan uudenlaisten tekniikoiden käyttöä, joilla voidaan tehostaa prosessiveden puhdistusta ja kierrätettävyyttä. Esimerkiksi Äänekosken sellutehtaalla valkaisulaitoksen talteenoton yhteyteen on rakennettu kloorikäsittelylaitos, joka on mahdollistanut valkaisussa syntyvien alkalisten suodosten kierrätyksen. Mitä suurempi osa prosessivedestä voidaan kierrättää, sitä suurempi vesikierron sulkemisaste voidaan saavuttaa. (Latokartano 2025)

Vesipiirin sulkemista suunniteltaessa tulee arvioida, miten vältetään laitevauriot ja sellun laadun heikkeneminen. Teknisen toteutettavuuden arviointiin voi käyttää myös laskennallisia ohjelmia, jotka simuloivat tehokkaasti teollisuusprosessien massatasapainoa kokeelliseen tietoon perustuvien syöttöparametrien perusteella. (de Almeida *et al.* 2020)

5.3.2. SULJETTUJEN VESIKIERTOJEN ONGELMAT

Sellu- ja paperiteollisuuden jäteveden talteenotto on kallis ja teknisesti haastava tehtävä. (Gonzales-Vogel et al. 2021a). Tehtaiden vesikierron sulkeminen johtaa aina epäpuhtauksien kerääntymiseen ja rikastumiseen (Baipaj 2012, de Almeida et al. 2020, Latokartano 2025). Epäpuhtauksien laatu ja määrä riippuvat siitä mistä prosessivaiheesta jätevesi on peräisin. Kierrätettävä jätevesi voi sisältää suspendoituneita kiinteitä aineita (esim. kuidut, ligniini, hienoaaines, täyteaineet), kolloidisia aineita ja liuenneita orgaanisia ja epäorgaanisia yhdisteitä (yli 700 eri yhdistettä tunnistettu). (Bajpai 2012, Esmaeli et al. 2023, Ocklind et al. 2024, Prasse et al. 2024) Sulfaattisellutehtaissa valkaisu prosessi kuluttaa eniten vettä ja tuottaa eniten jätevettä, joten sen vedenkäytön vähentämisellä on suuri merkitys (de Almeida et al. 2020).

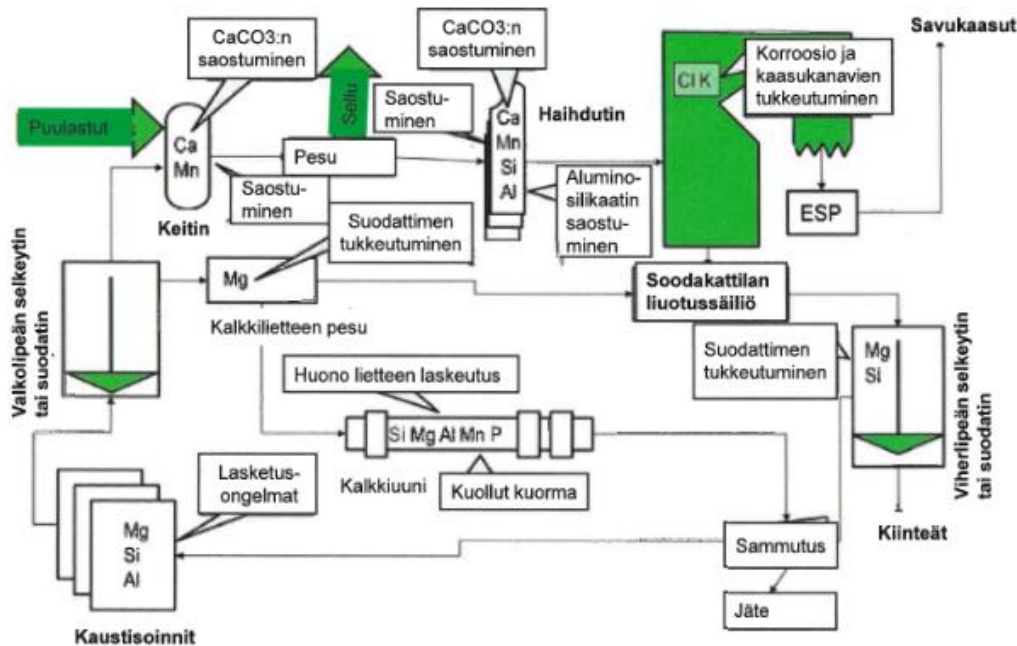
Prosessivesien kierrätys ja siihen liittyvä orgaanisten aineiden pitoisuuden nousu edistävät mikro-organismien kasvua, lisäävät valkaisu kemikaalien kulutusta ja heikentävät lopputuotteen laatua. (Baipaj 2012, Gonzales-Vogel et al. 2021a) Lisäksi liuenneen hapen väheneminen edistää anaerobisten bakteerien kasvua, mikä johtaa haihtuvien rasvahappojen (VFA, *Volatile Fatty Acids*) tuotantoon tärkkelyksestä. VFA-yhdisteiden kertyminen alentaa pH-arvoa, mikä tietyissä olosuhteissa voi aiheuttaa kalsiumkarbonaatin liukenemista ja lisää saostumista piireihin ja jätevesiin. Seurauksena tästä on lisääntyneet toimintavaikeudet, kun raakaveden kulutuksen pienentyessä orgaanisten ja epäorgaanisten aineiden määrä vesikiirroissa kasvaa. (Prasse et al. 2024)

Prosessien kierrätettävä jätevesi voi sisältää prosessiin kuuluvien yhdisteiden lisäksi myös prosessiin kuulumattomia alkuaineita (NPE, *Non-Process Elements*). Tällaisia NPE:ita ovat mm. Al, Ba, Ca, Cl, Cu, Fe, K, Mg, Mn, Si ja Zn. Kuitupuu on merkittävin NPE:n lähde ja puulaji vaikuttaa NPE-tasoon merkittävästi. Muita lähteitä ovat käytetyt kemikaalit ja biopolttoaineet. NPE:t voivat aiheuttaa monenlaisia ongelmia sellun ja paperin valmistusprosesseissa (Kuva 10). Epäorgaaniset suolat voivat muodostaa haitallisia saostumia, jotka muodostavat kerrostumia, tukkivat putkistoja, suodattimia ja pesureita tai aiheuttavat laskeutusongelmia ja laitteistojen korroosioita. (Bajpai 2012, de Almeida et al. 2020, Gonzales-Vogel et al. 2021a,b, Esmaeli et al. 2023, Kalermo et al. 2023, Ocklind et al. 2024, Prasse et al. 2024, Latokartano 2025)

Suolat ionisina yhdisteinä nostavat veden johtavuutta, mikä todennäköisesti vaikuttaa kaikkiin prosessien sähköSORPTioon liittyviin mekanismeihin. Kohonnut johtavuus esimerkiksi vähentää kaikkien varattujen polymeeristen lisäaineiden tehokkuutta. Se voi myös heikentää lisäaineiden adsorptiota: kalsium- ja natriumkloridin on havaittu häiritsevän kationisen polyakryyliamidin adsorptiota selluloosaan. Prasse et al. 2023) Prosessiveden kierrätyksen kannalta NPE:den vähentäminen ja välttäminen on tärkeää ja se halutaan tehdä kustannustehokkaasti vaikuttamatta selluntuotannon tuottavuuteen ja kannattavuuteen. (de Almeida et al. 2020, Kalermo et al. 2023).

NPE:t vaikuttavat prosessiveden laatuun ja voivat myös heikentää lopputuotteiden laatua. Sulfaattisellutehtaissa valkaisu prosessi kuluttaa eniten vettä ja tuottaa eniten jätevettä, joten sen vedenkäytön vähentämisellä on suuri merkitys. (Costa et al. 2006, Moreira et al. 2011, de Almeida et al. 2020, Gonzales-Vogel et al. 2021b, Ocklind et al. 2024, Prasse et al. 2024, Latokartano 2025) Valkaisulaitoksen jätevettä on kierrätetty mustalipeän talteenottoon tehdasmittakaavassa (1977–

1985), mutta NPE:iden kertyminen aiheutti prosessiin ongelmia saostumien ja korroosion kautta. Myös valkaisu-kemikaalien kulutus kasvoi. (de Almeida *et al.* 2020)



Kuvat 10. Prosessiin kuulumattomien alkuaineiden (NPE) prosesseihin aiheuttamia ongelmia (mukaillen Kalerma *et al.* 2023)

Costa *et al.* (2006) kierrättivät laboratoriomittakaavassa happovaiheen suodosta, jonka väri-, COD- ja AOX-kuormat olivat alhaisia, kaustisointisykliin ja hapetuksen jälkeisille pesureille. NPE:t eivät vaikuttaneet merkittävästi kalsiumsykliin, mutta kemikaalien käytön havaittiin lisääntyneen ja sellun vaaleuden vähentyneen 90 %:sta 88.5 %:iin (kappaluku ISO 302:2004). Moreira *et al.* (2011) vähensivät sulfaattisellun valkaisu-laitoksen raakavedenkulutusta, joka oli 22 m³/ADt, kierrättämällä valkaisu-laitoksen suodoksia. Kun raakaveden kulutusta vähennettiin 20.5 %:lla NPE:t eivät vaikuttaneet haitallisesti sellun vaaleuteen ja viskositeettiin tai jäteveden laatuun. Se kuitenkin lisäsi laskeutuvien pikikertymien (harts- ja rasvahapot, stilbeenit) määrää järjestelmässä, mikä johti siihen, että 1 % kuukausituotannosta luokiteltiin huonolaatuiseksi. Kun raakaveden kulutusta vähennettiin vain 11.4 %:ia, huonolaatuista sellua ei havaittu. Vesikierron sulkemisaste vaikutti siis lopputuotteen laatuun. (Moreira *et al.* 2011)

5.4. PUHDISTETUN JÄTEVEDEN KIERRÄTYS JA UDELLEENKÄYTTÖ

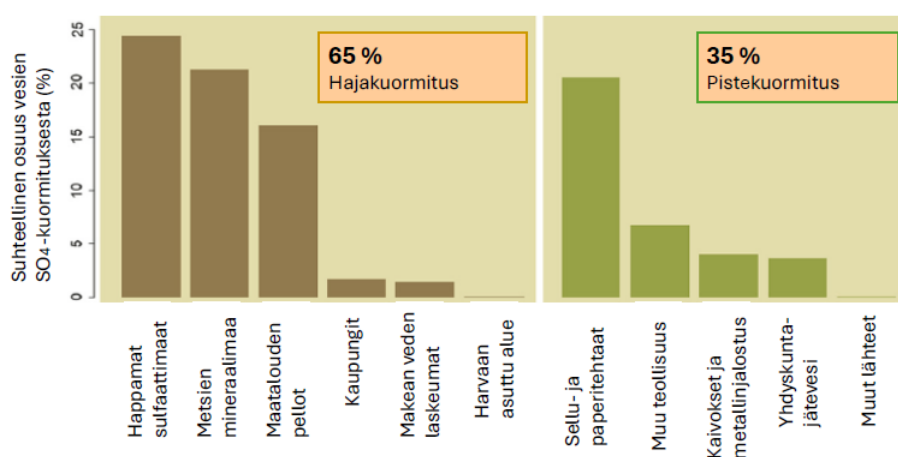
Raakaveden kulutuksen vähentäminen vaatii, että prosessivesien lisäksi myös osa jäteveden puhdistamon puhdistetusta jätevedestä kierrätetään takaisin prosesseihin (Prasse *et al.* 2024). Sellu- ja paperitehtaiden puhdistamolle tuleva jätevesi on useiden prosessivaiheiden effluenttien seos ja sen koostumus riippuu useista tekijöistä kuten raakamateriaalista, viimeistellyn lopputuotteen tyypistä ja veden kierrätyksen laajuudesta. Yleensä jätevesi sisältää rikkiä ja klooriyhdisteitä, hartsihappoja, ligniiniä ja suspendoitunutta kiintoainetta yhdessä korkean kemiallisen ja biologisen hapen kulutuksen kanssa, mikä tekee sen käsittelystä haastavaa. (Lendewig *et al.* 2025)

Sellu- ja paperitehtaiden jätevesien puhdistusprosessi käsittää yleensä ainakin primäärisen ja sekundäärisen vaiheen. Primäärisessä vaiheessa käytetään fysikaalisia ja kemiallisia menetelmiä jäteveden alkupuhdistukseen, jolloin saadaan poistettua jätevedestä kuidut ja hiukkaset ja jäteveden pH neutraloidaan. Sekundäärisenä vaiheena on biologinen puhdistus, joka vähentää liuenneiden orgaanisten yhdisteiden pitoisuutta. Tertiäärinen puhdistusvaihe saatetaan tarvita, jos epäpuhtauksien pitoisuuksia ei saada vaaditulle tasolle aiemmilla puhdistusvaiheilla, sekä vaikeasti hajoavien orgaanisten yhdisteiden ja värin poistamiseksi. (Gonzales-Vogel *et al.* 2021a)

Jäteveden puhdistamon puhdistetusta jätevedestä vain osa voidaan kierrättää takaisin sellun ja paperin valmistuksen prosesseihin. Lopulle pitäisi löytää uudelleenkäyttökohde ympäristöön johtamisen sijaan. Yksi tällainen käyttökohde voisi olla käyttäminen maatalouden kasteluvetenä, varsinkin seuduilla, jotka kärsivät kuivuudesta. Tämä kuitenkin vaatii sen, että puhdistetussa jätevedessä ei saa olla myrkyllisiä tai haitallisia yhdisteitä, kuten esim. suoloja ja PFAS-yhdistettä. (Gonzales-Vogel *et al.* 2021a,b, (Landberg *et al.* 2024)

5.4.1 SULFAATTI JA MUUT IONIT

Viime vuosina on kiinnitetty erityisesti huomiota sellu- ja paperitehtaiden jätevesien korkeisiin sulfaattipitoisuuksiin. Suurimmat sulfaattipäästöt jätevesiin syntyvät valkaisu- ja kemikaaleista ja toinen suuri sulfaatinlähde on soodakattilan lentotuhka, josta tyypillisesti 95 % on natriumsulfaattia (KnowPulp 2025). Suomen vesistöihin sulfaattia päätyy noin miljoona tonnia vuodessa, josta 65 % on peräisin hajakuormituksesta ja 35 % pistekuormituslähteistä (Kuva 11). Suurin sulfaattipäästöjen pistekuormituslähteiden lähde on kemiallinen metsäteollisuus (20 %). Sulfaatin on havaittu aiheuttavan vesistöissä rehevöitymistä, veden kerrostumista ja hapettomuutta. Sulfaatti vaikuttaa myös muiden alkuaineiden ja yhdisteiden kiertoon, koska rikki voi osallistua lukuisiin hapetus-pelkistysreaktioihin. Erityisen haitallista on, jos sulfaatista muodostuu vetysulfidia, joka on erittäin myrkyllistä. (Ekholm *et al.* 2020)



Kuva 11. Sulfaatin hajakuormituksen ja pistekuormituksen lähteet Suomessa (mukailen Ekholm *et al.* 2020)

Sekundäärisen vaiheen biologinen puhdistus poistaa sellu- ja paperitehtaiden jätevedestä tehokkaasti orgaanista ainesta, mutta liuenneiden epäorgaanisten suolojen (pääasiassa natrium-, kloridi-, sulfaatti, karbonaatti- ja kalsiumionien) poistotehokkuus on huono. Sen vuoksi puhdistamon jäteveden kierrätys lisää prosessiveden suolapitoisuutta ja voi vaikuttaa haitallisesti paperintuotantoon. (Prasse *et al.* 2024) Korkea suolapitoisuus on ongelma myös puhdistetun jäteveden johtamisessa ympäristöön, varsinkin jos, se johdetaan jokeen tai järveen. Tällöin vesistön suolapitoisuus voi kasvaa haitallisesti. Korkea suolapitoisuus myös estää puhdistetun jäteveden uudelleenkäytön esim. kasteluvetena maaviljelyksessä. Sellainen tertiäärinen puhdistusvaihe, joka pystyy poistamaan suoloja, on tällöin tarpeen. (Gonzales-Vogel *et al.* 2021a)

Sulfaattia ei mainita seurattavana parametrina sellu-, paperi- ja kartonkiteollisuuden PP-BREF-vertailuasiakirjassa (PP-BREF 2015). Sulfaattipäästöille ei yleensä ole esitetty ympäristöluvista raja-arvoja muutamia poikkeuksia lukuun ottamatta. Metsä Fibren Kemian biotuotetehtaan ympäristöluvassa on asetettu sulfaattipäästöille vuosiraja. Tehtaan puhdistetut jätevedet johdetaan mereen Kemian edustalle (Pohjois-Suomen AVI 164/2020). Jämsänkosken paperitehtaan ympäristöluvan tarkastamisessa esitettiin, että jäteveden sulfaattipitoisuus tulee analysoida kolmen vuoden välein (Länsi-Suomen AVI 187/2016/1). Maininta sulfaatista löytyy Lappeenrannan sellu- ja paperitehtaan ympäristöluvan lupamääräyksen tarkistamisesta (Etelä-Suomen AVI 96/2015/1). Sulfaattipäästöistä oltiin myös huolissaan Kuopioon suunnitellun Finnpulp Oy:n biotuotetehtaan tapauksessa, jolloin ympäristöluvan hakijalta pyydettiin selvitystä jäteveden natrium- ja sulfaattipäästöjen vaikutuksesta Kallaveteen. Tehdasta ei lopulta perustettu, koska KHO kumosi tehtaalle myönnetyn ympäristöluvan (KHO 2019:166). (Rantanen 2022)

Suljettujen vesikiertojen käyttäminen prosesseissa parantaa myös puhdistamolle tulevan jäteveden laatua, jos osana kierrätysvaihetta poistetaan haitallisia aineita. Lisäksi kemikaalien ja kiinteiden jätteiden talteenotto ja kierrätys vähentää jäteveden kuormitusta. (Prasse *et al.* 2024) Esimerkiksi soodakattilassa syntyy natriumsulfaattia sisältävää lentotuhkaa, joka perinteisesti on liuotettu veteen tai lauhteeseen ja muodostunut liuos on johdettu jätevedenpuhdistamolle. Lukuisia eri menetelmiä jäteveden suolakuorman vähentämiseksi on testattu laboratoriokokeilla ja pilottimittakaavan testeillä. (Latokartano 2025) Suolanpoistoon voidaan käyttää mm. haihdutustekniikoita, käänteisosomoosia ja elektrodialyysia, jotka ovat kaupallisesti saatavilla ja toimivat myös suuressa mittakaavassa. (Gonzales-Vogel *et al.* 2021a,b)

5.4.2. PFAS-YHDISTEET

Per- ja polyfluoratut alkyyliyhdisteet (PFAS, *Per and polyFluoroAlkyl Substances*) on yhdisteryhmä, joka koostuu tuhansista rakenteeltaan ja ominaisuuksiltaan vaihtelevista kemikaaleista (Perkola *et al.* 2023). PFAS-yhdisteitä on vuosikymmeniä käytetty sellu-, paperi- ja kartonkiteollisuudessa valmistusprosessien eri vaiheissa. Niitä on käytetty mm. kostutusaineina lisäämään massanvalmistuksen tehokkuutta (Thompson *et al.* 2023) ja pintakäsittelynä veden, öljyn ja rasvan kanssa kosketuksissa olevissa erikoistuotteissa, kuten elintarvikepakkauksissa ja muissa pakkausmateriaaleissa. (Langberg *et al.* 2024, Lendewig *et al.* 2025)

Tuotteiden valmistuksessa käytetään useita erilaisia fluorattuja lisäaineita, joten lopputuote sisältää usein kompleksisen seoksen PFAS-yhdisteitä (Lendewig *et al.* 2025). Vaikka PFAS-yhdisteiden käyttöä on rajoitettu (Stockholm Convention 2024) ja vähennetty, niin vuonna 2020 tehdyn tutkimuksen mukaan Euroopan maissa (mm. Tsekki, Tanska, Ranska, Saksa, Hollanti, UK) PFAS-yhdisteitä käytettiin edelleen kertakäyttöisissä elintarvikepakkauksissa ja astioissa. Käytetyt PFAS-yhdisteet ovat muuttuneet ajan kuluessa: Euroopassa klassisia pitkäketjuisia PFAS-yhdisteitä on korvattu muilla yhdisteillä. Aasiassa sijaitsevat yritykset ovat taas kasvattaneet pitkäketjuisten PFAS-yhdisteiden valmistusta ja käyttöä. Tämän tuloksena kartonki- ja paperituotteiden PFAS-yhdisteet ja niiden pitoisuudet voivat vaihdella riippuen siitä, missä päin maailmaa ne on tuotettu. (Langberg *et al.* 2024)

Sellu-, kartonki- ja paperiteollisuus ovat merkittäviä PFAS-yhdisteiden päästölähteitä sekä suoraan jätevesipäästöjen kautta että epäsuorasti PFAS-yhdisteitä sisältävien lopputuotteiden kautta (Thompson *et al.* 2023, Lendewig *et al.* 2025). Tyypillisen sellu- ja paperitehtaan PFAS-päästöjen määrän arvioitiin (v. 2018) vaihtelevan 4–100 kg PFAS/vrk (Langberg *et al.* 2024, Lendewig *et al.* 2025). Suurimmat PFAS-päästöarvot on havaittu valkaistua sulfaattisellua tuottavilla sellutehtailla ja korkealaatuista valkoista päällystettyä paperia tuottavilla paperitehtailla, joissa paperiin laitetaan pintakerros parantamaan tuotteen pehmeyttä ja printtattavuutta. (Lendewig *et al.* 2025)

PFAS-yhdisteet ovat erittäin kestäviä ja pysyviä yhdisteitä: ne eivät hajoa ympäristössä biologisesti, kemiallisesti tai fysikaalisesti, mikä on seurausta hiili-fluorisidoksen suuresta vahvuudesta. PFAS-yhdisteillä on sekä poolittomia että polaarisia ominaisuuksia, jonka vuoksi ne ovat erittäin liikkuvia ja leviäviä ympäristöön joutuessaan. Ne ovat biokertyviä, rikastuvat ravintoketjussa ja ovat eliöstölle ja ihmisen terveydelle haitallisia yhdisteitä. (Perkola *et al.* 2023, Langberg *et al.* 2024, Lendewig *et al.* 2025) Perfluorattujen yhdisteiden on havaittu olevan huomattavasti hajoavia kuin polyfluorattut yhdisteet tietyissä olosuhteissa. Lyhytketjuisiin PFAS-yhdisteisiin verrattuna pitkäketjuisten PFAS-yhdisteiden puoliintumisaika on huomattavasti suurempi, joten ne ovat potentiaalisesti biokertyvämpiä. Toisaalta lyhytketjuiset PFAS-yhdisteet ovat kuitenkin pysyviä ja niiden liikkuvuus on suurempi, joten ne leviävät nopeammin ympäristössä ja mahdollisesti koko ekosysteemissä. Lisäksi PFAS-yhdisteiden sivuketjut voivat hajota vielä myrkyllisemmiksi yhdisteiksi, koska ne ovat pysyviä ja haihtuvia. (Lendewig *et al.* 2025)

Sellu- ja paperiteollisuuden jätevedenkäsittelyssä käytössä olevat puhdistusmenetelmät poistavat vähemmän kuin 25 % useimmista PFAS-yhdisteistä, joten perinteiset menetelmät eivät ole kovinkaan tehokkaita PFAS:ien poistossa. Jotkin perinteiset menetelmät, kuten flokkulointi (FeCl_3) aktiivihiiliadsorptio (AC, *Activated Carbon*) ja ioninvaihtohartsit (AIX, *AnIon eXchange*) voivat siepata PFAS-yhdisteitä ja alentaa niiden mobiliteettia/liikkuvuutta, mutta niiden poistotehokkuus on rajallinen (AIX 30 %, AC 18 %, FeCl_3 9 %). Kehittyneempiä tekniikoita, kuten nanosuodatus (NF), käänteisosmoosi ja elektrokoagulaatio, on kokeiltu vaihtelevalla menestyksellä (NF poisti 48 % PFAS-yhdisteistä). Lisäksi biohiiltä ja muita adsorbenttimateriaaleja on tutkittu lisäpuhdistusmenetelminä. On kuitenkin havaittu, että menetelmien tehokkuus vaihtelee ja lyhytketjuisten PFAS on havaittu olevan erityisen hankalasti poistettavia. Lisäksi nykyisin käytössä olevat teknologiat tuottavat PFAS:lla konsentroitua jätettä, joka pitää käsitellä tavalla tai toisella. (Lendewig *et al.* 2025, Ahrens *et al.* 2025)

6. YHTEENVETO

Ympäristösäännökset vaikuttavat nykyisiin käytäntöihin ja tulevaisuuden mahdollisuuksiin sellu-, paperi- ja kartonkiteollisuudessa, koska ala on erittäin riippuvainen viennistä ja kilpailee globaaleilla markkinoilla. Vaikka säännöksiä tarvitaan nykyisen toiminnan ympäristövaikutusten vähentämiseen, pitkät lupamenettelyt ja joustamattomat standardit voivat lisätä tulevan liiketoiminnan epävarmuutta ja jopa haitata kannustimia ottaa käyttöön radikaalimpia, kestävämpiä teknologisia vaihtoehtoja. (Korhonen *et al.* 2015, Söderholm *et al.* 2019, Ou *et al.* 2023, Wang *et al.* 2023) Metsäteollisuudessa biopohjaiseen talouteen siirtyminen riippuu ns. biojalostamoista, jotka perustuvat joustavaan erilaisten biopohjaisten materiaalien käyttöön, ja mahdollistavat suuren mittakaavan bulkkituotteiden sekä erilaisten korkealaatuisten arvotuotteiden tuotannon, kuten erikoiskemikaalit ja -materiaalit. (Pätäri *et al.* 2011, Mossberg *et al.* 2018, Ding *et al.* 2022, Klitkou *et al.* 2023). Tiukemmat ympäristösäännökset voivat siis olla sekä mahdollisuus että uhka ympäristöparannusten saavuttamiselle (Korhonen *et al.* 2015, Ou *et al.* 2023, Wang *et al.* 2023).

Markkinoiden kysynnän kohdistuminen kestävästi tuotettuihin tuotteisiin, yhteisön paine ja uhka tiukkojen määräysten käyttöönotosta tulevaisuudessa, voivat olla yrityksille keskeisiä motivaattoreita kehittää yrityksen toimintaa ja ympäristönsuojelun tasoa. Kokemukset Pohjoismaiden sellu- ja paperiteollisuudessa osoittavat, että vähitellen tiukentuneet päästörajat ovat osaltaan vähentäneet radikaalisti päästöjä, kuten klooriyhdisteitä ja biologista happea kuluttavia yhdisteitä, ilman liiallista kustannusten nousua. Tämä voi johtua suurelta osin siitä, kuinka säännökset on suunniteltu, pantu täytäntöön käytännössä ja että niiden valvonta on ollut toimivaa. Pitkän aikavälin päästövähennystavoitteet, niiden vaihteellinen täytäntöönpano sekä yritysten ja sääntelyviranomaisten välinen luottamus ovat edistäneet uusien innovatiivisten teknologioiden käyttöönottoa ja kustannusten hillitsemistä tätä kautta. Tästä yksi hyvä esimerkki on vaihtoehtoisten valkaisutekniikoiden kehittäminen. (Söderholm *et al.* 2019, Celik 2025)

Ilmastonmuutos, tietyillä alueilla vallitseva veden niukkuus ja huoli veden saastumisesta on saanut päättäjät kiristämään ympäristölainsäädäntöä kaikkialla. Pitkän aikavälin tavoitteena on veden suhteen nollapäästöinen sellu- ja paperiteollisuus. Jo nyt nykyaikaiset sellu- ja paperitehtaat näkevät jäteveden resurssina eikä jätteenä. Veden kierrätyksellä paperinvalmistajat voivat säästää jopa 95 % käytetystä vedestä, mikä on vähentänyt makean raakaveden kulutuksen erittäin alhaiselle tasolle. Ajattelutavan muutokseen ovat vaikuttaneet tiukentuneet ympäristöstandardit, ja kuluttajien lisääntynyt tietoisuus ympäristöystävällisesti valmistetuista tuotteista. (Esmaeeli *et al.* 2023)

Suljetut vesikierrrot ovat tehokas tapa vähentää raakaveden kulutusta, mutta niiden käyttöön liittyy myös ongelmia (mm. korroosio-ongelmat), joiden ratkaisemiseen tarvitaan uusia teknologioita. (de Almeida *et al.* 2020, Esmaeeli *et al.* 2023) Suljettujen vesikiertojen lisäksi sellu- ja paperitehtaiden puhdistetulle jätevedelle pitäisi löytää uusia käyttökohteita ja se edellyttää, että vesi ei saa sisältää haitallisia tai myrkyllisiä yhdisteitä. (Gonzales-Vogel *et al.* 2021a,b, Esmaeeli *et al.* 2023, Landberg *et al.* 2024). Puhdistetun jäteveden suolapitoisuuden (Prasse *et al.* 2024) lisäksi yksi akuuteimmista jätevesipäästöjen komponenteista on PFAS-yhdisteet, joiden osalta lainsäädäntö todennäköisesti tulee kiristymään entisestään. PFAS-yhdisteiden päästöjen hallitsemisen ongelmia ovat mm. se, että osa maista (esim. EU) ovat ottaneet lähestymistavakseen luokkaperusteiset rajoitukset, kun taas osa

sääntelee yksittäisiä yhdisteitä, mikä johtaa epäyhtenäiseen käytäntöön ja on mahdollistanut säätelemättömien, mutta yhtä haitallisten PFAS-lisäaineiden käytön. Lisäksi standardoitujen testaus- ja raportointimenetelmien puute pahentaa täytöntöönpano-ongelmia, mahdollistaen sääntelyn väistelyn ja viivyttää siirtymää turvallisempiin vaihtoehtoihin. Harmonisoitujen kansainvälisten standardien vahvistaminen voisi virtaviivaistaa rajoitusten noudattamista, vähentää kaupan esteitä ja edistää johdonmukaista täytöntöönpanoa, luoden tasapuoliset toimintaedellytykset tuottajille. (Langberg *et al.* 2024, Lendewig *et al.* 2025)

Tulevaisuudessa seuraava kehitysaskel sellu- ja paperitehtaiden raakaveden käytössä ja jätevesien käsittelyssä on todennäköisesti tekoälyn, IoT:n, digitaalisten kaksosten ja koneoppimisen käyttöönotto. IoT eli esineiden internet (*the Internet of Things*), tarkoittaa fyysisten laitteiden verkostoa, jotka on varustettu antureilla, ohjelmistoilla ja muilla teknologioilla, jotka mahdollistavat tiedonvaihdon ja kommunikaation internetin kautta. Digitaaliset kaksoset ovat fyysisten kohteiden, kuten laitteiden tai prosessien, virtuaalisia malleja, jotka on luotu reaaliaikaista tiedonkeruuta, analyysiä ja simulointia varten. Koneoppiminen on tekoälyn osa-alue, jossa tietokoneet oppivat datasta ja kehittyvät itsenäisesti ilman suoraa ohjelmointia. Näiden innovatiiviset sovellukset voivat mahdollistaa sellun ja paperin valmistuksen prosessien, suljettujen vesikiertojen ja jäteveden puhdistuksen automaattisen ohjauksen ja optimoinnin. (Pulp and Paper Technology 2025a,b)

7. KIRJALLISUUSVIITTEET

- Ahrens, L., Lundgren, S., McClef, P., Köhler, S., “Removal of perfluoro substances from different water types by techniques based on anion exchange (AIX), powdered activated carbon (PAC), iron(III) chloride and nanofiltration (NF) membrane – a systematic comparison”, *Sci. Total Environ.*, 970 (2025) 179004. <https://doi.org/10.1016/j.hazl.2023.100096>
- Bajpai, P.K.,” Effects of increased closure water-loop systems in pulp and paper industry”, *IPPTA: Quarterly Journal of Indian Pulp and Paper Technical Association*, 24 (2012) 91-95.
- Breuer, M.E.G., “Euroopan unionin yhdenmety meripolitiikka” Faktatietoja Euroopan unionista, 2025. <https://www.europarl.europa.eu/factsheets/fi/sheet/121/euroopan-unionin-yhdennetty-meripolitiikka>
- Celik, H., “Environmental regulations in Sweden: lessons from the pulp and paper industry”, ISARC, Conference paper, Turkki, (2025) 96-104.
https://www.researchgate.net/publication/389515303_ENVIRONMENTAL_REGULATIONS_IN_SWEDEN_LESSONS_FROM_THE_PULP_AND_PAPER_INDUSTRY
- Costa, M.M., Colodette, J.L., Landim, A., Silva, C.M., Carvalho, M.M.L., “Nova tecnologia de branqueamento de cellulose adaptada ao fechamento do circuito de água”, *Rev. Árvore.*, 30 (2006)129–139. <https://doi.org/10.1590/S0100-67622006000100016>
- de Almeida Batista, L., Silva, C.M., Santos, E.N., Colodette, J.L., Rezende, A.A.P., Zanuncio, J.C.,” Partial circuit closure of filtrate in an ECF bleaching plant”, *NPPRJ*, 35 (2020) 471-478.
<https://doi.org/10.1515/npprj-2020-0028>
- Ding, Z., Grundmann, P.,” Development of biorefineries in the bioeconomy: a fuzzy-set qualitative comparative analysis among European countries”, *Sustainability*, 14 (2022) 90.
<https://doi.org/10.3390/su14010090>
- Donner-Amnell, J., “Miksi Suomen metsäsektorin transformaatio on ollut vaikeaa?”, *Vuosilusto*, 14 (2022) 66-87. <https://erepo.uef.fi/server/api/core/bitstreams/534d3dcd-a2c1-4aa5-a493-eb47fb3031bf/content>
- EEA 2024, Veden saastuminen ja liikakäyttö sekä ilmastonmuutos uhkaavat vesiresilienssiä Euroopassa”, European Environment Agency, 2024. <https://www.eea.europa.eu/fi/highlights/veden-saastuminen-ja-liikakaytto-seka>
- Ekholm, P., Lehtoranta, J., Taka, M., Sallantausta, T., Riihimäki, J.,” Diffuse sources dominate the sulfate load into Finnish surface waters”, *Sci. Total Environ.*, 748 (2020) 141297.
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.141297>
- ELY 2025, “Ympäristöluvan valvonta”, Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus, 2025.
<https://www.ymparisto.fi/fi/luvat-ja-velvoitteet/ymparistolupa/ymparistoluvan-valvonta>
- Esmaeeli, A., Sarrafzadeh, M-H.,” Reducing freshwater consumption in pulp and paper industries using pinch analysis and mathematical optimization”, *J. Water Process Engineer.*, 53 (2023) 103646. <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2023.103646>
- EU 2020a, ”Komission kertomus Euroopan parlamentille ja neuvostolle meristrategiapuitedirektiivin (direktiivi 2008/56/EY) täytäntöönpanosta” EU, 2020. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/fi/TXT/PDF/?uri=CELEX:52020DC0259&rid=3>
- EU 2020b, “Vuoteen 2030 ulottuva EU:n biodiversiteetti strategia: Luonto takaisin osaksi elämäämme”, EU, 2020. <https://eur-lex.europa.eu/FI/legal-content/summary/eu-biodiversity-strategy-for-2030.html>

EU 2021, ”Terve maapallo kaikille, EU:n toimintasuunnitelma: Kohti ilman, veden ja maaperän saasteettomuutta”, komission tiedonanto Euroopan parlamentille, neuvostolle, Euroopan talous- ja sosiaalikomitealle ja alueiden komitealle, 2021. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/HTML/?uri=CELEX:52021DC0400>

EU 2024, “Industrial and livestock rearing emissions directive (IED 2.0)”, 2024. https://environment.ec.europa.eu/topics/industrial-emissions-and-safety/industrial-and-livestock-rearing-emissions-directive-ied-20_en

EU 2025a, ”Regulation on deforestation-free products”, EU, 2025. https://environment.ec.europa.eu/topics/forests/deforestation/regulation-deforestation-free-products_en

EU 2025b, “Implements of the EU deforestation regulation”, EU 2025. https://green-forum.ec.europa.eu/nature-and-biodiversity/deforestation-regulation-implementation_en

EU 2025c, “Industrial and livestock rearing emissions directive (IED 2.0)”, EU 2025. https://environment.ec.europa.eu/topics/industrial-emissions-and-safety/industrial-and-livestock-rearing-emissions-directive-ied-20_en

EU 2025d, ”Zero pollution action plan”, EU 2025. https://environment.ec.europa.eu/strategy/zero-pollution-action-plan_en

EUDR 2023, “Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus (EU) 2023/1115, annettu 31.5.2023, tiettyjen metsäkatoa ja metsien tilan heikkenemiseen liittyvien hyödykkeiden ja tuotteiden asettamisesta saatavilla unionin markkinoilla ja viennistä sekä asetuksen (EU) N:o 995/2010 kumoamisesta”, EUVL, L 150/206. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/HTML/?uri=CELEX:32023R1115&qid=1692653134320#d1e1972-206-1>

EU-tuomioistuin 2015, ”Unionin tuomioistuimen tuomio 1.7.2015 asiassa C-461/13”, Oikeustapauskokoelma, ECLI:EU:C:2015:433. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/PDF/?uri=CELEX:62013CJ0461>

EU-tuomioistuin 2020, ”Unionin tuomioistuimen tuomio (ensimmäinen jaosto) 28.5.2020 asiassa C-C-535/18”, Edilex, 2020. <https://www.edilex.fi/euc/62018CJ0535>

Forsius, M., Heikkinen, R., Junttila, V., Kangas, J., Kosenius, A-K., Kivinen, S., Kujala, H., Kumpula, T., Mäkelä, A., Ollikainen, M., Pekkonen, M., Tanhuanpää, T., Virkkala, R., ”Luonto- ja ilmastotavoitteet metsissä – miten niihin päästään?”, Suomen ympäristökeskus Syke, 2024. <https://helda.helsinki.fi/bitstreams/3a1c2e35-db6d-49be-b880-19c1f798bc64/download>

Gavrilescu, D., Puitel, A., “Zero discharge: technological progress towards eliminating pulp mill liquid effluent”, *Environ. Eng. Manag. J.*, 6 (2007) 431-439. http://www.eemj.icpm.tuiasi.ro/pdfs/vol6/no5/20_Gavrilescu%20Dan.pdf

Gonzalez-Vogel, A., Molledo, J.J., Rojas, O.J., ”Desalination by pulsed electrodialysis reversal: approaching fully closed-loop water systems in wood pulp mills”, *J. Environ. Manage.*, 298 (2021a) 113518. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.113518>

Gonzalez-Vogel, A., Molledo, J.J., Reyes, R.Q., Schwarz, A., Rojas, O.J., ”High frequency pulsed electrodialysis of acidic filtrate in kraft pulping”, *J. Environ. Manage.*, 282 (2021b) 111891. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.111891>

Jurvelin, K., ”Sellumarkkinoilla ikävä käänne – Tästä suomalaistuottajat kärsivät”, *Talouselämä*, 2025. <https://www.talouselama.fi/uutiset/a/5c9a6369-e41d-4ad6-b459-1a7b45b3a7e6>

Kalermo, C., Engblom, M., Vakkilainen, E.K., ”Non-process elements in the recovery cycle of six Finnish kraft pulp mills”, *Tappi J.*, 22 (2023) 184. <https://doi.org/10.32964/TJ22.3.184>

- Kangas, A. ”Vesiympäristölle vaarallisia ja haitallisia aineita koskevan lainsäädännön soveltaminen: kuvaus hyvistä menettelytavoista”, Ympäristöministeriön raportteja 19/2018 (2018) 1-169. ISBN: 978-952-11-4807-1. <https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/handle/10024/160990>
- Klitkou, A., Jolly, S., Suvinen, N., ”Systemic intermediaries and the transition toward forest-based bioeconomy in the North”, *Rev. Evol. Poli. Econ.*, 4 (2023) 321-348. <https://doi.org/10.1007/s43253-020-00025-0>
- KnowPulp, ”Sellunvalmistuksen oppimisympäristö”, 2025. <https://www.knowpulp.com/>
- Korhonen, J., Pätäri, S., Toppinen, A., Tuppur, A., ”The role of environmental regulation in the future competitiveness of the pulp and paper industry: the case of the sulfur emissions directive in Northern Europe”, *J. Clean. Product.*, 108 (2015) 864-872. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.06.003>
- Kuisma, J., ”Teollisuuspäästödirektiivin (IED) päivitys: kiertotalouden näkökulma”, Ympäristöministeriö 2024. <https://kiertotaloussuomi.fi/wp-content/uploads/2024/11/1.-Teollisuuspäästödirektiivi-kiertotalouden-nakokulmasta-Jaakko-Kuisma-ymparistoministerio.pdf>
- Kunttu, J., Wallius, V., Kulvik, M., Leskinen, P., Lintunen, J., Orfanidou, T., Tuomasjukka, D., ”Exploring 2040: global trends and international policies setting frames for Finnish wood-based economy”, *Sustainability*, 14 (2022) 9999. <https://doi.org/10.3390/su14169999>
- Kurrer, C., ”Vesien suojelu ja hoito”, , Euroopan parlamentti, Faktatietoja Euroopan unionista 2025. <https://www.europarl.europa.eu/factsheets/fi/sheet/74/vesien-suojelu-ja-hoito>
- Kyrönviita, J., Langet, D., Soininen, N., Belinskij, A., Kymenvaara, S., Basse, E.M., ”Achieving blue growth post-Weser: a study of aquaculture regulation in the Nordic region”, *J. Eur. Environ. Plan. Law*, 18 (2021) 256-274. https://brill.com/view/journals/jeep/18/3/article-p256_256.xml?ebody=pdf-130820
- Landberg, H.A., Arp, H.P.H, Castro, G., Asimakopoulos, A.G., Knutsen, H., ”Recycling of paper, cardboard and its PFAS in Norway”, *J. Hazard. Mat. Lett.*, 5 (2024) 100096. <https://doi.org/10.1016/j.hazl.2023.100096>
- Latokartano, M., ”Jokainen pisara on tärkeä”, *Metsä Fibren asiakaslehti* (2025) 38-43. <https://fibremagazine.metsagroup.com/view/338218533/38-39/#zoom=true>
- Lendewig, M., Marquez, R., Franco, J., Vera, R.E., Vivas, K.A., Forfora, N., Venditti, R.A., Gonzalez, R., ”PFAS regulations and economic impact: a review of U.S.: pulp & paper and textiles industries”, *Chemosphere*, 377 (2025) 144301. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2025.144301>
- Lindell, T., ”Katsaus metsäteollisuuteen: yhtiöt eivät vielä näe valoa tunnelin päässä”, *SalkunRakentaja*, 2025. <https://www.salkunrakentaja.fi/2025/08/metsayhtiöt-tunneli/>
- Luke 2024, ”Metsäsektorin suhdannekatsaus 2024–2025”, Viitanen, J., Mutanen A., Karvinen, S., (eds.), *Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus* 73/2024, Helsinki, (2024) 1-73. ISBN: 978-952-380-955-0 <https://urn.fi/URN:ISBN:978-952-380-955-0>
- Luke 2025a, ”Metsäteollisuuden ulkomaankauppa maittain 2024 (ennakko)”, *Luonnonvarakeskus*, 2025. <https://www.luke.fi/fi/tilastot/metsateollisuuden-ulkomaankauppa/metsateollisuuden-ulkomaankauppa-maittain-2024-ennakko#:~:text=Mets%C3%A4teollisuuden%20viennin%20arvo%20vuonna%202024%20oli%2012%20C0,Saksa%20ja%20Kiina%2C%20tuonnissa%20Viro%20ja%20Ruotsi.>
- Luke 2025b, ”Kasvihuonekaasuinventaarion ennakkotiedot 2023: metsät ovat kääntyneet päästölähteiksi, koska puuston nielu ei enää riitä kattamaan metsien maaperän päästöjä”, *Luonnonvarakeskus*, 2025. <https://www.luke.fi/fi/uutiset/kasvihuonekaasuinventaarion-ennakkotiedot-2023-metsat-ovat-kaantyneet-paastolahteeksi-koska-puuston-nielu-ei-ena-riita-kattamaan-metsien-maaperan-paastoja>

Luke 2025c, ”LULUCF-sektori”, Luonnonvarakeskus, 2025.

<https://www.luke.fi/fi/luonnonvaratieto/tiedetta-ja-tietoa/kasvihuonekaasuinventaarior/yleista-kasvihuonekaasuinventaariorista/lulucfsektori>

LULUCF-asetus (EU 2018/841), ”Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus (EU) 2017/841, annettu 30.5.2018, maankäytöstä, maankäytön muutoksesta ja metsätaloudesta aiheutuvien kasvihuonekaasujen päästöjen ja poistumien sisällyttämisestä vuoteen 2030 ulottuviin ilmasto- ja energiapolitiikan puitteisiin sekä asetuksen (EU) N:o 525/2013 ja päätöksen N:o 529/2013/EU muuttamisesta”. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/PDF/?uri=CELEX:32018R0841>

Lötjönen, S., Ollikainen, M., Kotamäki, N., Huttunen, M., Huttunen, I., ”Nutrient load compensation as a means of maintaining the good ecological status of surface waters”, *Ecol. Econ.*, 188 (2021) 107108. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2021.107108>

Metsä Fibre 2025a, ”Vastuullisesti pohjoisesta puusta tuotettua laatua”, Metsä Group 2025.

<https://www.metsagroup.com/fi/metsafibre/tuotteet-ja-palvelut/sellu/>

Metsä Fibre 2025b, ”Metsä Fibre ja EU:n metsäkatotasetus EUDR”, Metsä Group 2025.

<https://www.metsagroup.com/fi/metsafibre/vastuullisuus/vastuullisuuden-periaatteet/metsa-fibre-ja-eun-metsakatoasetus-eudr/>

Metsäteollisuus ry, ”Suomen metsäteollisuuden vienti laski vuonna 2023”, 2024.

<https://metsateollisuus.fi/uutishuone/suomen-metsateollisuuden-vienti-laski-vuonna-2023/>

Metsäteollisuus ry, ”Metsäteollisuuden tuotantomäärät”, 2025a.

<https://metsateollisuus.fi/uutishuone/metsateollisuuden-tuotantomaaat/>

Metsäteollisuus ry, ”Metsäteollisuuden vientimäärät”, 2025b.

<https://metsateollisuus.fi/uutishuone/metsateollisuuden-vienti/>

Metsäteollisuus ry, ”Kansainvälisen kaupan ajankohtainen seuranta”, 2025c.

<https://metsateollisuus.fi/uutishuone/kansainvalisen-kaupan-ajankohtaisseuranta-tullien-vaikutuksista-metsateollisuudelle/>

Minilex, ”Ympäristöluvan voimassaolo ja määräysten tarkistaminen”, 2025.

<https://www.minilex.fi/a/ymp%C3%A4rist%C3%B6luvan-voimassaolo-ja-m%C3%A4%C3%A4r%C3%A4ysten-tarkistaminen>

MMM 2025a, ”Metsäteollisuus Suomessa”, Maa- ja metsätalousministeriö, 2025.

<https://mmm.fi/metsat/puun-kaytto/metsateollisuus-suomessa>

MMM 2025b, ”EU:n metsäkatotasetus sekä laittomien hakkuiden vastainen ohjelma”, Maa- ja metsätalousministeriö, 2025.

<https://mmm.fi/metsakato-ja-laittomat-hakkuut>

MMM 2025c, ”Maankäyttösektori osana EU:n ilmastotavoitteita”, Maa- ja metsätalousministeriö, 2025.

<https://mmm.fi/lulucf>

Moreira, L.J., Mounteer, A.H., Colodette, J.L., Silva, C.M., ”Effluent minimization in a Lo-solids® bleached eucalyptus kraft pulp mill”, 5th International Colloquium on Eucalyptus Pulp, 2011.

https://www.eucalyptus.com.br/artigos/outros/35_Minimizing_effluents.pdf

Mossberg, J., Söderholm, P., Hellsmark, H., Nordqvist, S., ”Crossing the biorefinery valley of death? Actor roles and networks in overcoming barriers to a sustainability transition”, *EIST*, 27 (2018) 83-101.

<https://doi.org/10.1016/j.eist.2017.10.008>

Ocklind, F., Liback, K., Lundqvist, L., Harge, W., Venkatesh, G., ”Optimisation of water-use in pulp and paper mills: a streamlined review of scientific journal publications”, *Stud. Ecol. Bioeth.*, 22 (2024) 95-105.

<http://doi.org/10.21697/seb.5813>

- Olejnik, K., “Water Consumption in Paper Industry – Reduction Capabilities and the Consequences”. in: Atimtay, A., Sikdar, S. (eds) *Security of Industrial Water Supply and Management*, NATO Science for Peace and Security Series C: Environmental Security, Springer, Dordrecht, 2011. https://doi.org/10.1007/978-94-007-1805-0_8
- Ou, X., Jiang, H., ”The impact of environmental regulation on firm performance: evidence from pulp and paper industry in China”, *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 20 (2023) 2982. <https://doi.org/10.3390/ijerph20042982>
- Paperiliitto 2023. <https://www.paperiliitto.fi/media/liiton-sivut/liitto/tehtaat-kartalla.pdf>
- Perkola, N., Mehtonen, J., Junttila, V., Reinikainen, J., Ahkola, H., Seppälä, T., Fjäder, P., Juvonen, J., ”PFAS-yhdisteet ympäristössä – tietopaketti”, Suomen ympäristökeskus, 2023. https://www.ymparisto.fi/sites/default/files/documents/PFAS_tietopaketti.pdf
- Pohjois-Suomen AVI, ”Aluehallinto peruutti Raahen kultakaivoksen ympäristöluvat, tiedote, 2025. <https://avi.fi/tiedote/-/tiedote/71087979>
- PP-BREF, ”Sellu-, paperi ja kartonkiteollisuuden BAT-vertailuasiakirja”, 2015. <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/fcaab1a5-d287-40af-b21c-115e529685fc/language-en>
- Prasse, S., Huber, P., Ottenio, P., Fourest, E., “Modelling effluent reuse in the pulp and paper industry to predict consequences on conductivity”, *Water Sci. Technol.*, 89 (2024) 2646. DOI: [10.2166/wst.2024.113](https://doi.org/10.2166/wst.2024.113)
- Puharinen, A-T., Belinskij, A., “EU-tuomiosituimen tuomio kiristää pohjavesien suojelua”, Oikeutta kohtuudella-blogi, UEF, 2020. <https://blogs.uef.fi/oikeuttakohtuudella/2020/07/09/eu-tuomioistuimen-tuomio-kiristaa-pohjavesien-suojelua/>
- Pulp and Paper Technology, “Next-Gen Wastewater & ZLD Solutions for the Sustainable Paper Industry”, articles, 2025a. <https://www.pulpandpaper-technology.com/articles/next-gen-wastewater-zld-solutions>
- Pulp and Paper Technology, “The Digitalization, AI, IoT, and Changing Pulp and Paper Mills”, articles, 2025b. <https://www.pulpandpaper-technology.com/articles/the-digitalization-ai-iot-and-changing-pulp-and-paper-mills>
- Pätäri, S., Kyläheiko K., Sandström, J., ”Opening up new strategic options in the pulp and paper industry: Case biorefineries”, *Forest Policy Econ.*, 13 (2011) 456-464. <https://doi.org/10.1016/j.forpol.2011.06.003>
- Rantanen, S., ”Kemiallisen metsäteollisuuden sulfaattipäästöjen hallinta ja vesistövaikutukset”, *Kemiantekniikan kadidatintutkielma*, LUT, 2022. <https://urn.fi/URN:NBN:fi-fe2022052538697>
- Remes, M., ”Havusellun globaali tarjonta niukkenee”, *Metsä Fibren asiakaslehti* (2025) 51–52. <https://fibremagazine.metsagroup.com/view/338218533/40-41/>
- Ruokavirasto 2025a, ”DD-vakuutus”, Ruokavirasto, 2025. <https://www.ruokavirasto.fi/teemat/metsakatoasetus-eudr/dd-vakuutus/>
- Ruokavirasto 2025b, ”FLEGT-lupajärjestelmä”, Ruokavirasto, 2025. <https://www.ruokavirasto.fi/teemat/tuonti-ja-vienti/tuonti-eun-ulkopuolelta/puutuotteet/EUTR-ja-FLEGT/flegt-lupajarjestelma/>
- Serenius, K., ”Ympäristöluvan muuttaminen”, pro gradu -tutkielma, Itä-Suomen yliopisto, 2023. <http://urn.fi/urn:nbn:fi:uef-20231454>
- Sinervä, I., ”Sellun hintaromahduksesta miljardiluokan riski UPM:lle”, *SalkunRakentaja*, 2024. <https://www.salkunrakentaja.fi/2024/12/sellu-hintaromahdus-upm/>

- Stockholm Convention, PFASs listed under Stockholm Convention”, 2024.
<https://www.pops.int/Implementation/IndustrialPOPs/PFAS/Overview/tabid/5221/Default.aspx>
- Syke 2022, ”Vesien ekologinen ja kemiallinen tila”, Suomen ympäristökeskus, 2022.
<https://www.vesi.fi/vesitieto/vesien-ekologinen-ja-kemiallinen-tila/>
- Syke 2025a, ”Teollisuuspäästödirektiiviä uudistetaan”, Suomen ympäristökeskus, 2025.
<https://www.ymparisto.fi/fi/teollisuuspaastodirektiivia-uudistetaan>
- Syke 2025b, ”Vertailuasiakirjat eli BREFit aikatauluineen”, Ympäristöhallinnon verkkopalvelu ymparisto.fi, 5.8.2025. <https://www.ymparisto.fi/fi/kestava-kierto-ja-biotalous/kestava-tuotanto/paras-kayttokelpoinen-tekniikka-bat/vertailuasiakirjat-eli-brefit-aikatauluineen>
- Syke 2025c, ”Vesipuitedirektiivi – vesiympäristölle vaaralliset ja haitalliset aineet”, Suomen ympäristökeskus, 24.9.2025.
https://www.ymparisto.fi/sites/default/files/documents/Vesipuitedirektiivi%20%E2%80%93%20vesiymp%C3%A4rist%C3%B6lle%20vaaralliset%20ja%20haitalliset%20aineet_0_0.pdf
- Syke 2025d, ”Suomen meriympäristön tila 2024”, Ympäristöhallinnon verkkopalvelu ymparisto.fi, 2.1.2025. <https://www.ymparisto.fi/fi/luonto-vesistot-ja-meri/meri/suomen-meriympariston-tila-2024>
- Syke 2025e, ”Paras käyttökelpoinen tekniikka BAT”, Suomen ympäristökeskus, 26.9.2025.
<https://www.ymparisto.fi/fi/kestava-kierto-ja-biotalous/kestava-tuotanto/paras-kayttokelpoinen-tekniikka-bat>
- Syke ja YM 2025, ”Ympäristölupa”, Suomen ympäristökeskus ja Ympäristöministeriö, 2025.
<https://www.ymparisto.fi/fi/luvat-ja-velvoitteet/ymparistolupa>
- Söderholm, P., Berquist, A.K., Söderholm, K., “Environmental Regulation in the Pulp and Paper Industry: Impacts and Challenges” *Curr. For. Rep.*, 5 (2019) 185–198.
<https://doi.org/10.1007/s40725-019-00097-0>
- UPM 2025, ”UPM Kaukas:Ympäristö- ja yhteiskuntavastuu 2023”, UPM:n sellu- ja paperitehtaiden EMAS-raportit (2023), UPM, 2025. <https://www.upm.com/fi/vastuullisuus/vastuullisuuden-johtaminen/raportointi-ja-data/emas-raportit/>
- Viljakainen, A., ”UPM: sellun tuotantoa rajoitetaan Kymin ja Kaukaan tehtailla”, 2024.
<https://www.inderes.fi/analyst-comments/upm-sellun-tuotantoa-rajoitetaan-kymin-ja-kaukaan-tehtailla>
- Wang, Y., Liu, K., ”The effect of environmental regulation on firm productivity: evidence from pulp and paper industry in China”, *Economic Research-Ekonomska Istrazivanja*, 36 (2023) 264-295.
 DOI: 10.1080/1331677X.2022.2076142
- Wikipedia, ”Luettelo lakkautetuista Suomen paperitehtaista”, 2025.
https://fi.wikipedia.org/wiki/Luettelo_lakkautetuista_Suomen_paperitehtaista
- YM 2025a, ”Vesien- ja merenhoito Suomessa”, Ympäristöministeriö, 24.9.2025.
<https://ym.fi/vesien-ja-merenhoito-suomessa>
- YM 2025b, ”Ympäristönsuojelun lainsäädäntö ja ohjeet”, Ympäristöministeriö, 24.9.2025.
<https://ym.fi/ymparistonsuojelun-lainsaadanto-ja-ohjeet>
- YM 2025c, ”Ympäristöluvat ja ympäristönsuojelun valvonta”, Ympäristöministeriö, 25.9.2025.
<https://ym.fi/ymparistoluvat-ja-ymparistonsuojelun-valvonta>
- YSL 527/2014, Ympäristönsuojelulaki 527/2014.
<https://www.finlex.fi/fi/lainsaadanto/saaduskokoelma/2014/527>

LIITTEET

Liite 1. Lakkaudetut paperi- ja sellutehtaat Suomessa

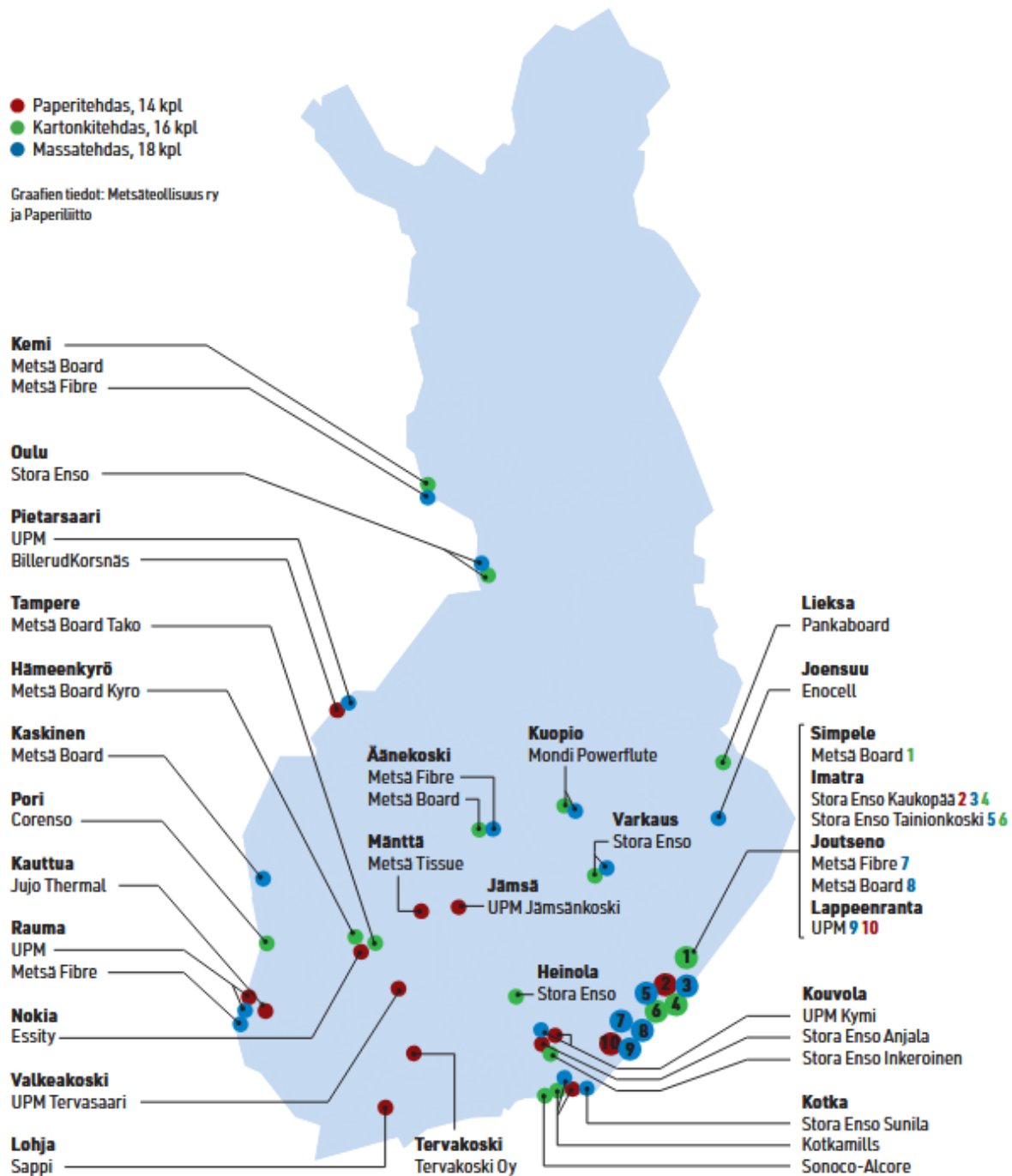
Lakkaudetut paperitehtaat (vuodesta 2005):

- Kaukaan paperitehdas, Lappeenranta (vuoden 2025 lopussa)
- Veitsiluodon paperitehdas, Kemi, 790 000 t/a (suljettu 9/2021)
- Kaipolan paperitehdas, Jämsä, 710 000 t/a (suljettu 12/2020)
- Kyrön paperitehdas, Kyröskoski, Hämeenkyrö, 105 000 t/a (suljettu 28.9.2016)
- BillerudKorsnäs, Tervasaaren paperitehdas, Valkeakoski, 100 000 t/a (suljettu 9/2016, koskien BillerudKorsnäs:n tehdasosuutta Tervasaaren paperitehdaskokonaisuudesta)
- Varkauden paperitehdas, Varkaus, (paperin tuotanto lopetettu 8/2015)
- Mondi Group, Lohjan paperitehdas, Lohja 70 000 t/a (suljettu 6/2015)
- Äänekosken paperitehdas, Äänekoski, 200 000 t/a (suljettu 12/2011)
- Myllykosken paperitehdas, Anjalankoski, Kouvola, 560 000 t/a (suljettu 12.12.2011)
- Simpeleen paperitehdas, Simpele, Rautjärvi, 55 000 t/a (suljettu 23.12.2010)
- Kankaan paperitehdas, Jyväskylä, 210 000 t/a (suljettu tammikuussa 2010)
- Kajaanin paperitehdas, Tihisenniemi, Kajaani, 640 000 t/a (suljettu 17.12.2008)
- Summan paperitehdas, Hamina, 415 000 t/a (lakkautettu tammikuussa 2008)
- Voikkaan paperitehdas, Kuusankoski, Kouvola (lakkautettu syksyllä 2006)
- Kuusaansaaren paperitehdas, Kuusankoski, Kouvola (lakkautettu vuonna 2005)

Lakkaudetut sellutehtaat (vuodesta 2005):

- Takon kartonkitehdas, Tampere (suljettu 30.6.2025)
- Sunilan tehdas, Kotka, 375 000 t havusellua ja 50 000 t ligniiniä (suljettu 2023)
- Porin kartonkitehdas, puolisellu (valmistus lopetettu 2012)
- Kaskisten sellutehdas, 450 000 t/a sulfaattisellu (suljettu 13.3.2009)
- Tervasaaren sellutehdas, Valkeakoski, 235 000 t/a sulfaattisellu (suljettu joulukuussa 2008)
- Kemijärven sellutehdas, 250 000 t/a sulfaattisellu (suljettu 27.4.2008)
- Tervasaaren sulfiittisellutehdas/sap-sellulinja (suljettu 2007)

Liite 2. Suomen sellu-, kartonki- ja paperitehtaat kartalla



Kuva 12. Suomen paperi-, kartonki- ja massatehtaat (Paperiliitto 2023)

Stora Enso on lopettanut paperintuotannon Anjalankosken ja Kaukopään tehtailla