



**Paperi-insinöörit ry**

**TUOTE- JA TEKNOLOGIAINNOVAATIOT MUUTTIVAT RAJUSTI  
SUOMALAISTA PAPERITEOLLISUUTTA 1900-LUVUN  
JÄLKIPUOLISKOLLA**

**Yhteenveto innovaatioista sellu-, paperi- ja kartonkiteollisuudessa**

**Laatineet:**

**Jouni Huuskonen, Jaakko Palsanen, Pentti Sierilä sekä Jan-Erik Levlin, Tuomo Niemi, Jorma Sundquist (†) ja Ilkka Wartiovaara.**

**2013**

© Paperi-insinöörit ry, 2013

Paperi-insinöörit ry  
Metsänneidonkuja 4  
02130 Espoo, FINLAND  
Puh: +358 40 132 6688

[www.papereng.fi](http://www.papereng.fi), [www.papermakerswiki.com](http://www.papermakerswiki.com)  
[info@papereng.fi](mailto:info@papereng.fi)

Painopaikka: Multiprint Oy, Helsinki 2014

## Sisältö

JOHDANTO .....	5
INNOVAATIOITOIMINTA .....	6
INNOVAATIOIDEN KARTOITUSTYÖ .....	8
VERKKOSIVUILLA KUVATUT INNOVAATIOT.....	9
1. Puunkäsittely.....	10
2. Sellun valmistus.....	11
3. Mekaanisen ja siistausmassan valmistus .....	15
4. Paperin ja kartongin valmistus .....	16
5. Paperin päällystys ja jälkikäsittely .....	19
6. Paperinjalostus.....	20
7. Kemikaalit ja muut raaka-aineet .....	20
8. Mittaus- ja säätötekniikka .....	21
9. Sivutuotteet ja selluloosan jatkojalosteet.....	23
10. Energia .....	24
11. Ympäristönsuojelu .....	25
12. Tutkimusosastot ja -keskukset .....	26
ESIMERKKEJÄ INNOVAATIOILLA SAAVUTETUISTA LÄPIMURROISTA .....	31
1. Parempaa sellua ympäristöä ajatellen.....	31
2. 2010-luvun yksilinjainen miljoonantonnin sellutehdas .....	33
3. Tehokas painopaperikone .....	39
4. Mullistus päällystämättömässä syväpainopaperissa .....	44
5. Nestepakkaus kevyemmäksi ja nesteen säilyvyys paremmaksi.....	47
6. Taivekartonkia vaativiin pakkauksiin .....	50
7. Automatisoitu prosessiohjaus.....	52
8. Monipuolinen ja kustannustehokas energijärjestelmä.....	55
9. Puhtaampaa ympäristöä .....	57
10. Terveyttä sellutehtaan sivutuotteista .....	60
KUINKA ETEENPÄIN MUUTTUVASSA TOIMINTAYMPÄRISTÖSSÄ? .....	62



## JOHDANTO

Tässä yhteenvedojulkaisussa esitetään tuloksia ja havaintoja suomalaisen paperi- ja kartonkiteollisuuden innovaatioista tehdystä selvityksestä. Yksityiskohtaisesti innovaatiot on kerätty ja selostettu Paperi-insinöörit ry:n ylläpitämällä Papermakers' Wiki -verkkosivuilla<sup>1</sup>, [www.papermakerswiki.com/innovations](http://www.papermakerswiki.com/innovations). Vuonna 2007 käynnistetyn selvitystyön ideana oli saada kuvaus kaikista suomalaisista paperiteollisuuden innovaatioista 1950-luvulta 2000-luvulle, löytää niiden aikaansaamiseen osallistuneet henkilöt ja pyytää heiltä tarina siitä mitä he tekivät. Todettiin, että tietojenkeruu on toteutettava niin kauan kun uudistustyössä mukana olleet tekijät ovat vielä keskuudessamme.

Kokonaisuutena sivut tarjoavat tiedonhaluisille historiallisen tietopaketin siitä, mitä kaikkea paperiteollisuutemme<sup>2</sup> uudistamiseksi saatiin aikaan menneinä vuosikymmeninä – koko metsäklusterin alueella, lukemattomien ihmisten uurastuksen tuloksena. Kartoitustyö osoittaa aikaansaattujen innovaatioiden valtaisan määrän toiminnan koko laajuudelta uusina tuotteina, uusina teknologioina sekä tehokkaampina tuotantomenetelminä ja toimintatapoina. Innovaatioiden vaikutus ulottui itse paperiyrityksistä ja niiden asiakkaita metsäklusterin kaikkiin osapuoliin. Kaiken kaikkiaan innovaatioilla on ollut ratkaiseva rooli suomalaisen paperiteollisuuden kehittyessä 1960-luvulta alkaen alallaan johtavaksi tekijäksi maailmassa.

Tietopaketti on hyödyllinen käytettäväksi erityisesti paperiteollisuuden tutkimus- ja kehitystyössä tietona siitä, mitä on jo aiemmin tehty, mitä on saatu valmiiksi ja – mikä myös on tärkeää – tietona siitä, mitä kaikkea on yritetty pääsemättä välttämättä aina tavoitteeseen. Näistä innovaatioista löytyy ainesosia ja ohjenuora myös tästä eteenpäin, rakennettaessa edelleen elinvoimaista teollisuutta.

Tallennetulla tietomateriaalilla on yleisempääkin informatiivista merkitystä. Aineisto auttaa korjaamaan monia väärinkäsityksiä, joita paperiteollisuudesta on julkisuudessa esitetty. Näissä kannanotoissa on muun muassa väitetty metsäteollisuuden unohtaneen täysin uudistumisensa 1900-luvun jälkipuolella. Todellisuudesta näyttää monilla ulkopuolisilla olevan hyvin vajavainen ja kielteinenkin käsitys. Tämä johtunee siitä, että paperiteollisuus on enimmältä osin business-to-business -liiketoimintaa eikä näin ollen helposti avaudu tavalliselle kuluttajalle. Osa uudistuksista on jopa vain tietyn kapean alan asiantuntijoiden tunnustettavissa.

Kiitokset tämän historian tallennusurakan onnistumisesta kuuluu kaikille niille, jotka aikaa ja vaivojaan säästämättä ovat kirjoittaneet innovaatiisivuille oman tarinansa. He kaikki ovat tehneet suuren palveluksen toimialallemme<sup>3</sup>. On myös toivottavaa, että tämä projekti koetaan jatkuvaksi niin että näille sivuille saadaan uusia kronikoita sitä mukaa, kun paperiteollisuudessamme syntyy uusia innovaatioita.

---

<sup>1</sup> [www.papermakerswiki.com/innovations](http://www.papermakerswiki.com/innovations), työryhmä DI Jouni Huuskonen, DI Jaakko Palsanen ja Tkt Pentti Sierilä.

<sup>2</sup> Ellei asiaa ole erikseen todettu, paperiteollisuus-nimike sisältää myös sellu- ja kartonkiteollisuuden.

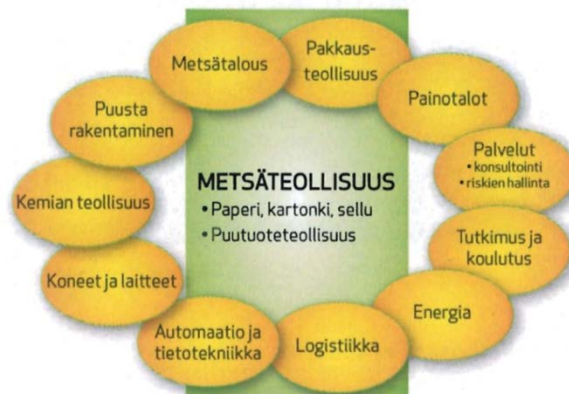
<sup>3</sup> Erikseen on syytä mainita FM Jan-Erik Levlin, DI Tuomo Niemi, Tkt Jorma Sundquist (†) ja FT Ilkka Wartiovaara, jotka parin viime vuoden aikana ovat osallistuneet työryhmän työistuntoihin.

## INNOVAATIOTOIMINTA

Paperiyritysten vuosikertomuksissa ja monissa muissa dokumenteissa on jo 1950-luvulta alkaen ilmaistu yritysten asettamia tavoitteita tuote- ja prosessikehitystyölle. Hyvin yleisellä tasolla nämä tavoitteet on kuvattu ilmaisulla "jalostusasteen nostaminen". Voi sanoa, että tämä tavoite on koko 1900-luvun jälkipuoliskon ollut pysyvä osa yritysten strategioita. Usein tavoitteet on määritelty varsin konkreettisesti esimerkiksi tuomalla esille uudistamistyön tarkat suunnat.

Omintakeisen teknologian synty suomalaisessa paperiteollisuudessa juontaa juurensa 1950-luvulla tapahtuneesta ajattelutavan muutoksesta. Yritykset lisäsivät koulutusta ja aloittivat laajemmassa mitassa tutkimus- ja kehityshenkilöstön rekrytoinnin. 1960-luvulta lähtien paperiteollisuuden kaikilla runsaalla kahdellakymmenellä yrityksellä oli oma tutkimuskeskuksensa. T&K -työ tapahtui yrityksittäin näiden keskusten ja tehtaiden yhteistyönä. Näin kokonaisuudessaan t&k -työtä tehtiin hyvin laajalla rintamalla.

Paperiteollisuuden toiminnalle yleensä ja myös kehitystyölle oli 1900-luvun jälkipuoliskolla leimaa-antavaa läheinen yhteistyö eri yritysten välillä. Yritykset olivat suhteellisen pieniä, eikä kilpailulainsäädäntö rajoittanut yhteistyötä. Keskeisiä yhteisiä organisaatioita olivat myyntiyhdistykset Finncell, Finnrap, Finnboard ja Converta teknikkokomiteoineen sekä tutkimuslaitos KCL (Oy Keskuslaboratorio - Centrallaboratorium Ab). Puun käytön sopeuttamiseksi metsävarojen sallimiin puitteisiin suurinvestointeja pyrittiin koordinoimaan Suomen Pankin ja Metsäteollisuuden Keskusliiton kesken sovitun menettelyn mukaisesti. Organisoidun yhteistyön ohella erityisen suuri merkitys oli epämuodollisella kanssakäymisellä metsäteollisuudessa työskentelevien kollegoitten kesken.



Kuva 1. Suomen metsäklusteri.

Yhteistyö paperiteollisuuden ja hyvin monien laitteita ja raaka-aineita toimittavien yritysten välillä oli ratkaiseva kehityksen edellytys. Tässä toteutui klusterivaikutus hedelmällisellä tavalla kaikkien osapuolten eduksi. On myös huomattava, että monet klusteriyrityksissä toteutetut innovaatiot eivät hyödyttäneet vain paperiteollisuutta, vaan laajemmin muitakin teollisuustoimialoja. Tyypillisesti tällaisia ovat olleet energiaan, logistiikkaan ja automaatiikkaan liittyvät innovaatiot. Ajallisesti kehitystä edisti kotimaisen metalliteollisuuden (nyk. teknologiateollisuuden) voimakas muuttuminen kotimarkkinateollisuudesta sotakorvausten kautta arvostetuksi vientiteollisuudeksi. Yhteistyö oli eräissä tapauksissa hyvinkin pitkälle organisoitua, esimerkkinä mainittakoon Enso-Gutzeitin ja Valmetin sekä Valmetin ja Nokian yhteiset kehitysyhtiöt (Enso-Valmet Oy ja Noval Oy).

Yrityksillä itselläänkin, kuten Ahlströmillä, Enso-Gutzeitilla (Lypsyniemen konepaja), Rauma-Repolalla, Serlachiuksella, Tampellalla ja Yhtyneillä Paperitehtailla (Jylhävaara), oli konepajatuotteiden ja prosessiautomaation valmistusta.

Esimerkkeinä paperiteollisuuden kotimaisista yhteistyöyrityksistä mainittakoon:

- Tehdassuunnittelu: Ekono, Pöyry, Rintekno
- Konepajat: Kone, Valmet, Wärtsilä
- Automaatio: Kajaani Elektroniikka, Puumalainen, Valmet (nykyisin Metso)
- Kudokset: Metallikutomo, Suomen Metallikutomo, Tampereen Verkatehdas (Tamfelt)
- Kemikaalit: Forciti (lateksi), Hämeen Peruna (täkkelys), Metsäliitto (CMC), Oulu (lateksi), Raisio (täkkelys, lateksi, ym.), Rikkihappo ja Typpi (nyk. Kemira)
- Valkaisukemikaalit: Finnish Chemicals (Kymi ja Nokia), Finnish Peroxides, Oulu
- Mineraalit: Kemira (kipsi, titaanidioksidi), Suomen Talkki, Karl Forström (karbonaatti)

Pioneerityöllä ja hyödyntämällä myös muualla tehtyjä innovaatioita Suomen metsäklusterista kehittyi maailmanlaajuinen teknologiajohtaja. Valmet nousi Voithin rinnalle maailman johtavaksi paperikonelinjojen toimittajaksi ja Pöyry tehtaiden suunnittelijaksi. Mekaanisten ja kemiallisten massojen valmistusteknologiassa nousiin myös kärkeen. Kotimaista mineraalien ja kemikaalien valmistusta syntyi ja tekninen johtajuus paperin valmistajana houkutteli ulkomaisia mineraali- ja kemikaalitoimittajia aktiiviseen kehitysyhteistyöhön suomalaisten kanssa. Suomessa koulutettiin merkittävä osa Euroopan sellu- ja paperi-insinööreistä. Puu-, kuitu- ja paperifysiikan ja -kemian perusosaaminen oli yliopistoissa ja tutkimuslaitoksissa huippuluokkaa. Tutkimus- ja kehitystyön käyttöön rakennettiin koetehtaita ja koepainokoneita. Jo 1950-luvulta peräisin oleva henkilökohtaisten yhteyksien vahva perinne sellun- ja paperintekijöiden, kemistien ja koneinsinöörien kesken muodosti hyvän pohjan tekniselle yhteistyölle yli yritysrajojen.



## INNOVAATIOIDEN KARTOITUSTYÖ

Käsite ´innovaatio´ on määritelty lukuisin eri tavoin. Verkkosivuille kirjoittaville annetussa ohjeistuksessa innovaatio-käsitettä ei kuitenkaan haluttu tarkoin rajata, vaan asia jätettiin kunkin kirjoittajan oman tulkinnan varaan. Luotettiin siihen, että kirjoittajilla on tuntemus siitä, mistä on kysymys, yleisesti sanottuna uutuuksista, joilla pyritään osaamislähtöisesti parantamaan tavalla tai toisella kilpailukykyä. Ottaen huomioon paperiteollisuuden erityispiirteet innovaatioilla on kahdenlaisia tekijöitä<sup>4</sup>:

1. Innovaattorit, jotka ovat idean, tuotteen, konseptin, teknologian, luojia/kehittäjiä
2. Pioneerit, jotka ovat tuotteen, konseptin, teknologian teollisia soveltajia

Erittäin vahvasti suomalaisia ovat ne innovaatiot, joissa sekä innovaattori että pioneeri ovat suomalaisia.

Sen mukaan taas, mihin innovaatiot kohdistuvat, ne voidaan ryhmitellä:

1. Puhtaat prosessi-innovaatiot, joissa loppukäyttäjän näkökulmasta tuote ei muutu ollenkaan.
2. Prosessi-innovaatioilla luodut tuote-innovaatiot, joissa uusi yksikköprosessi tai raaka-aine on keino tuote-innovaation synnyttämiseen. Tuloksena on loppukäyttäjän näkökulmasta uusi tuote tai tuotevariaatio.
3. Tuote-innovaatioilla luodut uudet sovellusalueet.

Verkkosivuille kirjattujen innovaatioiden kokonaislukumäärää on erittäin vaikea yksilöidä tarkalleen, koska suuressa osassa paperiteollisuuden innovaatioista on käytännössä kyse moniportaisesta kehitysprosessista sisältäen itse asiassa lukuisia pienempiä tai suurempia yksittäisiä innovaatioita. Näiden kehittäminen ei ole myöskään tapahtunut vain paperiyrityksissä, vaan – kuten edellä todettiin – laajasti koko metsäklusterin alueella.

Tämän yhteenvedon ajankohtana verkkosivuille on tallennettu kaikkiaan **132** otsikkonimikettä. Kuitenkin, eriyttämällä useimpiin nimikkeisiin sisältyvät yksittäiset innovaatiot voidaan tallennettujen innovaatioiden kokonaismäärän arvioida olevan suuruusluokkaa **300**. Tämän lisäksi on varmuudella vielä innovaatioita, jotka eivät ole tarttuneet haaviin. Nämä arviot innovaatioiden lukumäärästä eivät kuitenkaan ole olennaisia, vaan se, että niillä on ollut ratkaisevan merkittävä osuus paperiteollisuuden kehittämisessä globaalilla tasolla.

Kirjattujen kronikoiden yhteydessä on tuotu esille myös ao. prosesseihin osallistuneet henkilöt. Lukumäärä ei ole ollut suuri vain kokonaisuudessaan, vaan useissa yksittäisissäkin uudistustöissä on ollut useita tekijöitä. Kirjausten perusteella on arvioitavissa, että innovaatioiden parissa on työskennellyt kaikkiaan **tuhansia henkilöitä**.

---

<sup>4</sup> Ilkka Kartovaara

## VERKKOSIVUILLA KUVATUT INNOVAATIOT

Tähän kohtaan on kerätty lyhyet kuvaukset kaikista niistä innovaatioista, joista on olemassa kronikat verkkosivuilla [www.papermakerswiki.com/innovations](http://www.papermakerswiki.com/innovations). On huomattava, että näiden lisäksi Suomen paperiteollisuuden puitteissa on tehty lukuisia joukko muita innovaatioita, joista vielä puuttuvat kronikat. Lisäksi on joukko kehityskohteita, jotka aikanaan eivät johtaneet toteutukseen, mutta jotka nykyisissä olosuhteissa olisivat arvokkaita esimerkiksi biotalousinnovaatioina. On toivottavaa, että verkkosivut täydentyvät näiltä osin tulevina vuosina.

Arvostetuimmat innovaatiot ja niiden tekijät on huomioitu ”metsäteollisuuden Nobel palkinnolla” eli Marcus Wallenberg -palkinnolla. Huomionosoitus on jaettu vuodesta 1981 alkaen ja kahdeksan kertaa palkinto on tullut Suomeen. Seuraavassa on mainittu suomalaiset palkinnon saajat sekä englanninkieliset lyhyet perustelut palkintojen aiheesta:

- 1986 Johan Gullichsen for his widely accepted innovations in processing pulp fiber suspensions. His pathbreaking engineering designs provide significant benefits to quality, economy and the environment.<sup>5</sup>
- 1997 Erkki Tuompo for his pathbreaking achievement within the field of forest assessment.
- 1999 Pekka Eskelinen, Raimo Virta and Vesa Vuorinen for their path breaking development of a unique air blowing technology for stabilizing paper webs aerodynamically at high speeds.<sup>6</sup>
- 2003 Johanna Buchert, Maija Tenkanen, Tapani Vuorinen and Anita Teleman for their discovery of hexenuronic acid in unbleached kraft pulp and for their development of a practical means for removing it.<sup>7</sup>
- 2004 Paul Olof Meinander for developing a significant modification of the design of the paper machine that improves both the efficiency of the economics and the environmental performance.<sup>8</sup>
- 2008 Bjarne Holmbom and Christer Eckerman for their breakthrough research and innovation creating a platform for large-scale separation, isolation, purification and applications of chemical components in wood
- 2009 Jouni Ikäheimo, Vesa Kajander and Bengt Welin for their breakthrough development of the Direct Drive for paper machines.<sup>9</sup>
- 2012 Mika Viljanmaa for his ground breaking development of metal belt calendering technology resulting in better paper print surfaces with less fibre materials, and higher production efficiency.<sup>10</sup>

---

<sup>5</sup> [www.papermakerswiki.com/innovations](http://www.papermakerswiki.com/innovations) MC pumppu ja MC teknologia (2.3)

<sup>6</sup> [www.papermakerswiki.com/innovations](http://www.papermakerswiki.com/innovations) Paperiradan stabilointi puhalluslaatikoilla (4.23)

<sup>7</sup> [www.papermakerswiki.com/innovations](http://www.papermakerswiki.com/innovations) Hekseeniuonihappo ja sen poisto sellun valmistuksessa (2.11)

<sup>8</sup> [www.papermakerswiki.com/innovations](http://www.papermakerswiki.com/innovations) POMppu ja paperikoneen kompakti vesikierto (4.22)

<sup>9</sup> [www.papermakerswiki.com/innovations](http://www.papermakerswiki.com/innovations) Paperikoneiden sähkökäytöt (4.27)

<sup>10</sup> [www.papermakerswiki.com/innovations](http://www.papermakerswiki.com/innovations) Metal Belt kalanterointi (2.24)

## 1. Puunkäsittely

Suomessa on panostettu huomattavasti kehitystyötä koko käsittelyketjuun kannolta tehtaan prosessiin. Tällöin on keskitytty sekä kokonaiskustannusten minimointiin että puusta valmistetun lopputuotteen laadun parantamiseen. Lähtökohtana on ollut kokonaisprosessin optimointi. Tämä tietopaketti innovaatioista keskittyy kuitenkin vain toimintaan tehtaan porttien sisäpuolella, joten suuri osa puunkäsittelyn innovaatioista on jäänyt tämän tarkastelun ulkopuolelle.

Pohjois-Amerikassa pyrittiin aikanaan voimakkaasti tehtaan työvoimakustannusten minimointiin kehittämällä mm. tehokkaita hakkeen käsittelyn järjestelmiä. Suomessa tästä poiketen kehitettiin runkojen ja pöllien käsittelyä sekä toisaalta hakkeen käsittelyä kuidun laatua säilyttävään suuntaan. Keskeiset toimijat runkojen ja pöllien käsittelyssä olivat Kone Wood ja Rauma-Repola. Valitettavasti näiden yhtiöiden innovaatiotoiminnasta ei ole toistaiseksi saatu kronikkaa. Veitsiluodossa sellukuorimo suunniteltiin käyttämään suoraan **karsimatonta rankaa**<sup>11</sup>, millä pyrittiin säästämään metsässä tapahtuvan karsinnan kustannuksia ja samalla saamaan enemmän biomassaa polttoon. Menetelmä ei kuitenkaan osoittautunut kannattavaksi, lähinnä kohonneiden kuljetuskustannusten vuoksi.

Tehtaan vedenkäytön vähentämiseksi siirryttiin kuivakuorintaan ja kuori erotettiin rummun jälkipäässä tai erillisillä kuorenpoistokuljettimilla rummun jälkeen. Talviolosuhteita varten kehitettiin sulatuskuljetin, jossa rungot käsiteltiin kuumalla vedellä ja höyryllä kuorintatuloksen parantamiseksi. Tältäkin alueelta kronikka puuttuu toistaiseksi.

Selluhakkeen osalta Suomessa tutkittiin hakkeen palakoon ja muodon vaikutusta sellun laatuun. Tämä johti myös **hakkujen kehitykseen**<sup>12</sup> sekä Kone Woodissa että Rauma-Repolassa. Tuloksena syntyi vinoterähakku, jossa puu syötettiin vinossa asennossa hakun terään nähden ja näin päästiin parantamaan hakkeen ja sellun laatua. Seuraava kehitysvaihe oli vaakasyöttöinen hakku, jossa itse hakku oli kallistettu. Lisäksi siirryttiin alta ruuvilla purkavaan hakkuun ja päästiin välttämään pneumaattinen hakkeen puhallus kasalle.

Hiokkeen valmistuksen eräs heikkous oli hiomapuun käsittelyn työvaltaisuus. Tähän Kone Wood kehitti hiomapuun **syöttökuljettimen**<sup>13</sup>, jolloin tämä työvoimavaltainen ja raskas työvaihe voitiin eliminoida. Mekaanisten massojen valmistuksessa todettiin puun tuoreuden suuri merkitys massan laadulle. Kesäaikana tuoreusvaatimus oli vaikea toteuttaa. Ongelman välttämiseksi kehitettiin puun **kylmävarastointi**<sup>14</sup>, jossa puut varastoitiin lumen alle ja näin pakastetun puun hyvä säilyvyys eliminoi ongelmat.

Puun tehdaskuorinnassa syntyy suuri määrä kuorta, jolla on polttoarvoa. Kuoren käsittelyä varten Saalasti kehitti Bark Master -**kuoripuristimen**<sup>15</sup>, joka varmatoimisena ja tehokkaana pystyi ratkaisemaan kuoren käsittelyn ongelmia.

---

<sup>11</sup> [www.papermakerswiki.com/innovations](http://www.papermakerswiki.com/innovations) Karsimaton ranka (1.1)

<sup>12</sup> [www.papermakerswiki.com/innovations](http://www.papermakerswiki.com/innovations) Hakkujen kehitys (1.5)

<sup>13</sup> [www.papermakerswiki.com/innovations](http://www.papermakerswiki.com/innovations) Hiomon syöttökuljetin (1.3)

<sup>14</sup> [www.papermakerswiki.com/innovations](http://www.papermakerswiki.com/innovations) Puun kylmävarastointi (1.4)

<sup>15</sup> [www.papermakerswiki.com/innovations](http://www.papermakerswiki.com/innovations) Bark Master kuoripuristin (1.2)

## 2. Sellun valmistus

Sellutehdas kehittyi Suomessa voimakkaasti 1900-luvun loppupuolella. Vain osaa tähän kehitykseen liittyvistä innovaatioista voidaan pitää kokonaisuudessaan suomalaisina, mutta Suomen vahvuus on ollut tiivis yhteistyö innovaatioiden toteutuksessa ja kehittämisessä tehtaiden, laitevalmistajien, kemikaalitoimittajien ja tehdassuunnittelijoiden välillä. Merkittävää on myös Suomen sellutehtailla työtään tekevien henkilöiden välinen, yli yhtiörajojen mennyt yhteistyö. Tästä ovat hyviä esimerkkejä Finncellin teknikkokomiteat, jatkuvatoimisten keittimien tehtaiden Kokkikollockio, Super Batch-tehtaiden yhteistyö, Soodakattilayhdistys sekä vuosikymmeniä kestänyt tiivis yhteistyö yleensä kemikaalikierron alueella. Seuraavassa on katsaus verkkosivuilla laajemmin kuvatuista innovaatioista<sup>16,17</sup>.

Jatkuvatoiminen keitto saavutti Suomessa valta-aseman 1970-luvulla, jolloin kaikki uusitut keittämöt varustettiin vuokeittimillä. Massan laadun osalta tulokset eivät kuitenkaan kaikilta osin täyttäneet odotuksia. Eräkeittimiin jäi vielä tietty laadullinen etu sekä mahdollisuus energiatehokkuuden parantamiseen. Tästä syystä laitetoimittajat, prosessisuunnittelulautokset ja tehtaot tekivät Suomessa yhteistyönä huomattavia panostuksia vuokeittotekniikan kehittämiseksi. Tuloksena oli merkittävä määrä erilaisia prosessimuunnelmia kemikaalisyötön ja annostelun, lämpötilaprofiilin sekä keitinpesun suuntaan. Kun keittämöt toimivat vaihtoen puulajia koivu/havu sekä käyttivät painotetusti kevyttä havupuuta, kaksiaistia – höyry-neste-faasikeitto oli vallitseva menetelmä suomalaisissa olosuhteissa. Happivalkaisun yleistyttyä myös Suomessa osa keiton delignifiontityöstä siirtyi happivalkaisuun ja samalla ratkaisi osan vuokeittämön saanto- ja laatuongelmista.

Pohjois-Amerikassa kehitetyn eräkeiton muunnelmassa **syrjäytyseräkeitossa**<sup>18</sup> (SuperBatch, RDH) keittimien nestetäytettä ja -tyhjennystä kehitettiin säiliöjärjestelyillä. Suomessa tehty SuperBatch-prosessin kehitystyö toi merkittäviä parannuksia energiatehokkuuteen ja massan laatuun. Täällä saavutettujen tulosten ansiosta SuperBatch-prosessista tuli jatkuvalla keitolle maailmanlaajuisesti varteenotettava kilpailija.

Merkittäviä tekijöitä molempien edellä mainittujen keittomenetelmien kehittämisessä ovat olleet energian säästäminen sekä erityisesti ympäristövaikutusten vähentäminen. Vuokeiton kehitystä tehtiin mm. Pietarsaaren tehtailla ja Pöyryllä, SuperBatch-kehitys tapahtui Joutsenossa. Keittoprosessin vieminen pidemmälle merkitsi lisäkuormaa kemikaalien talteenottokiertoon, mutta samalla lisäsi energian tuotantoa ja vähensi valkaisusta tulevaa ympäristökuormitusta. Valkaisun osalta oli tavoitteena myös tehdä mahdolliseksi muiden kuin kloorikemikaalien käyttö.

Keskuslaboratoriossa käynnistyi vuoden 1985 alussa Tekesin tukema sellun valkaisuprojekti, jonka tavoitteena oli kehittää uusi menetelmä valmistaa havu- ja lehtipuusta sekä muista lignoselluloosamateriaaleista sellua kokonaan ilman rikki- ja kloorikemikaaleja. Uusiksi keitto- ja valkaisukemikaaleiksi valikoituivat varsin nopeasti muurahaishappo ja vetyperoksidi. Vuonna 1988 menetelmä nimettiin **MILOX-prosessiksi**<sup>19</sup>. Koska muurahaishapon valmistajaa Kemiraa kiinnosti uusien käyttökohteiden löytäminen hapolle, käynnistyi vuonna 1990 Kemiran ja Keskuslaboratorion yhteistyö. Tämä kuitenkin päättyi vuonna 1995 ja Milox-prosessin kehitystyö siirtyi oululaiselle Chempolis Oy:lle.

---

<sup>16</sup> [www.papermakerswiki.com/innovations](http://www.papermakerswiki.com/innovations) Johdanto selluteollisuuden kehitykseen (2.1)

<sup>17</sup> [www.papermakerswiki.com/innovations](http://www.papermakerswiki.com/innovations) Valkaisun kehitys (2.9)

<sup>18</sup> [www.papermakerswiki.com/innovations](http://www.papermakerswiki.com/innovations) Syrjäytyseräkeitto (2.2)

<sup>19</sup> [www.papermakerswiki.com/innovations](http://www.papermakerswiki.com/innovations) MILOX-keitto (2.8)

VTT:n Bioteknillinen laboratorio ja Keskuslaboratorio perustivat 1980-luvun puolivälissä työryhmän selvittämään kloorin käytön vähentämistä valkaisussa **sellun entsyymiaivusteisen valkaisun**<sup>20</sup> ja erityisesti hemisellulaasientsyymien avulla. Varsin pian havaittiin, että kun valkaisuamatonta sellua käsiteltiin teollisesti tuotetulla ksylanaasientsyymillä, voitiin kloorin ja klooridioksidin käyttöä vähentää huomattavasti.

TKK:n ja VTT:n tutkijat todensivat **hekseeniuronihappo(HexA)-ryhmien synnyn sulfaatti-keitossa ja niiden poiston merkityksen sellun valmistuksessa**<sup>21</sup>. He saivat löydöstään Wallenbergin palkinnon 2003. Ligniinin kappalukumäärityksessä HexA lisää permanganaatin kulutusta ja nostaa virheellisesti massan kappalukua erityisesti lehtipuumassojen kohdalla. Lehtipuumassan valkaisussa HexA kuluttaa vahvoja hapettimia ja lisää tällä tavalla valkaisu-kustannuksia. Hekseeniuronihapporyhmät poistetaan lehtipuumassasta happamalla ja kuumalla happokäsittelyllä (A-vaihe) ennen varsinaista valkaisua.

Peretikkahappo on selektiivinen hapetin, joka kemiallisten ominaisuuksiensa puolesta sopii joihinkin delignifiointi-prosesseihin ja valkaisu-sekvensseihin. **Peroksyetikkahapon käyttöä valkaisussa**<sup>22</sup> on kokeiltu eräissä non wood -kasveja raaka-aineina käyttävissä organosolvmenetelmissä. Valmistuksen, kuljetuksen ja varastoinnin kalleus on ollut este sen käytön leviämislle. Lisäksi peretikkahapon valkaisu-teho on pienempi ja sen hinta on korkeampi kuin klooridioksidin. Siksi sen käyttö soveltuu parhaiten puhtaiden TCF-sekvenssien loppuvalkaisuun, joissa massa sisältää enää vain pieniä määriä valkaisuainetta kuluttavaa värillistä ainesta. Suomen selluteollisuudessa peretikkahappoon alettiin kiinnittää huomiota 1980- ja 90-lukujen vaihteessa, kun usko TCF-valkaisuun oli voimakkaimmillaan. Kemira ryhtyi valmistamaan ja myymään Oulussa väkevöityä peretikkahappoa selluteollisuudelle.

Keskisakea massa saatiin fluidisoitua juoksevaksi **keskisakeus- eli MC (Medium Consistency)-tekniikalla**<sup>23</sup> ja siten sitä voitiin pumpata ja sekoittaa keskipakoperiaatteella. Keksintö oli läpimurto ja merkitsi suuria säästöjä sellutehtaille. Keskisakeustekniikan suomalainen kehittäjä Johan Gullichsen sai keksinnöstään Wallenberg-palkinnon vuonna 1986.

Hyvän **armeerausmassan**<sup>24</sup> kuidut ovat pitkiä, taipuisia sekä riittävän lujia ja sitoutumiskykyisiä. Kuitujen armeerauskyky perustuu lisäksi niiden massaseoksessa olevaan lukumäärään. Hyvä armeerausmassa tarvitsee sopivan raaka-aineen, jonka armeerauskykyä kehitetään optimaalisella keitolla, valkaisulla ja jauhatuksella. Suomessa tehdyllä kehitystyöllä armeerausmassan määrä pystyttiin minimoimaan etenkin puupitoisissa painopapereissa. Tämän ansiosta Suomesta tuli selvästi maailman johtava maa armeerausmassan valmistuksessa, käsittelyssä ja käytössä.

Vuonna 1981 Yhtyneiden Paperitehtaitten Tervasaaren tehtaalla ryhdyttiin valmistamaan uudenlaisen **SAP-sellun**<sup>25</sup> nimen saanutta kemiallista massaa. SAP eli ”Semi Alkaline Pulping” on lievästi alkalinen sulfiittiprosessi, jota vauhditetaan antrakinonilisäyksellä. Vastaavaa keit-toprosessia oli tutkittu muuallakin, mutta Tervasaari toteutti sen tehdasmitassa ensimmäisenä maailmassa. Oleellisia olivat ne innovatiiviset ratkaisut, joiden avulla SAP-tehtaan jäte-liemet voitiin käsitellä yhdessä sulfaattijätelienten kanssa.

---

<sup>20</sup> [www.papermakerswiki.com/innovations](http://www.papermakerswiki.com/innovations) Sellun entsyymiaivusteinen valkaisu (2.10)

<sup>21</sup> [www.papermakerswiki.com/innovations](http://www.papermakerswiki.com/innovations) Hekseeniuronihappo ja sen poisto sellun valmistuksessa (2.11)

<sup>22</sup> [www.papermakerswiki.com/innovations](http://www.papermakerswiki.com/innovations) Perokseyetikkahapon käyttö valkaisussa (2.12)

<sup>23</sup> [www.papermakerswiki.com/innovations](http://www.papermakerswiki.com/innovations) MC pumpput ja MC teknologia (2.3)

<sup>24</sup> [www.papermakerswiki.com/innovations](http://www.papermakerswiki.com/innovations) Armeerausmassan kehitys (2.5)

<sup>25</sup> [www.papermakerswiki.com/innovations](http://www.papermakerswiki.com/innovations) Tervasaaren SAP-tehdas (2.4)

Kemi Oy on ollut ainoa **sähköteknisten erityisselluloosien**<sup>26</sup> vaativimpien laatujen valmistaja Suomessa ja 1900-luvun loppuaikoina koko maailmassa. Sähkötalteenottojen valmistus perustui mahdollisimman puhtaan ja homogeenisen raakapuun käyttöön ja toisaalta siihen, että keitonjälkeinen prosessi poistaa tehokkaasti mekaanisia ja kemiallisia epäpuhtauksia. Kylmäkalointilinja käynnistettiin tehtaalla 1968 ja 1975 aloitettiin esihydrolyysikeitot. Tuotantoa jatkettiin vuoteen 2002 asti.

Valkaistun sellun valmistamisen lisääntyminen vaaransi sellutehtaan lämpö- ja sähköenergiomavaraisuutta, joten **soodakattila ja kemikaalien talteenotto**<sup>27</sup> tuli merkittäväksi tutkimus- ja kehitysalueeksi. Kattiloiden saneerausten ja suorien savukaasuhaihduttimien poiston yhteydessä oli luontevaa lisätä lämmön talteenottoa savukaasupesureilla. 1980-luvulle saakka kemikaalikierron sulfiditeetit olivat nykyistä huomattavasti korkeammat, mistä seurasi ympäristö- ja korroosio-ongelmia. Materiaalivalinnat ja pinnoitteiden kehittäminen oli erittäin laaja sekä aikaa ja rahaa vaatinut kehityskohde. Polttolipeän kuiva-ainepitoisuuden nostoon tähtäävä työ aloitettiin 1980-luvulla haihdutustekniikan kehittämisellä. Nykyiset suuret tuotantotavoitteet ovat lisäksi edellyttäneet höyryarvojen siirtymistä tasolta 460 °C – 64 bar tasolle 505 °C – 105 bar, jotta soodakattilan kapasiteettia voitiin nostaa. Parannus oli merkittävä energiahyötysuhteen kannalta.

Taulukko 1. Soodakattiloiden höyryarvojen kehitys (Lähde: Pöyry) (SE = Stora Enso)

	Vanhat	SE Enocell	Botnia Rauma	UPM Wisa
Paine, bar	64	82	93	105
Lämpötila, °C	460	480	492	505

Ympäristönsuojelua ja myös toiminnan jatkuvaa parantamista koskevat vaatimukset ovat paljolti ohjanneet **sellun pesulaitteistojen kehitystä**<sup>28</sup>. Sellunvalmistusprosessien ja tuotantomäärien noustessa on erilaisia pesumenetelmiä kehitetty sekä keiton jälkeisen massan pesuun että valkaisu vaiheiden väliseen pesuun. Ne perustuvat joko laimennus/saostukseen, syrjäytykseen, diffuusioon, puristukseen tai näiden yhdistelmään. Valkaisuun menevän massan puhtaus on ensiarvoisen tärkeää niin kemikaalien kulutuksen, ympäristövaikutusten kuin lopputuotteen laadun kannalta. Kehityksen tavoitteena on ollut myös suljettujen järjestelmien rakentaminen siten, että prosessista voidaan imeä höngät tehtaasta hajukaasujen keräilyjärjestelmään. Nykyisin hyödynnetään pääasiassa diffusööri-, DD (Drum Displacer)- tai puristintyyppisiä pesureita.

Yksilinjainen tehdas voi valmistaa sekä havu- että lehtipuumassaa samalla linjalla tuotanto-ohjelman vaatimissa jaksoissa. **Puulajia vaihtava kuitulinja**<sup>29</sup> säästää investointikustannuksia ja mahdollistaa puulajisuhteen vapaan oman käytön integroidussa tuotannossa sekä myös markkinatilanteen edellyttämän tuotantosuhteen. Tehtaan konseptissa oli otettava huomioon massan välivarastojen mitoitus ja vaihtojaksojen sekä sekamassojen määrän minimoiminen. Lisäksi puulajia vaihtava tuotantotapa edellytti kemikaalikierron osalta sekalipeiden käyttömahdollisuuksien ja käsittelyn määrittelyä.

<sup>26</sup> [www.papermakerswiki.com/innovations](http://www.papermakerswiki.com/innovations) Sähkötekniset erikoisselluloosit (2.6)

<sup>27</sup> [www.papermakerswiki.com/innovations](http://www.papermakerswiki.com/innovations) Soodakattilan ja kemikaalien talteenoton osuus selluteollisuuden kehittämisessä (2.14)

<sup>28</sup> [www.papermakerswiki.com/innovations](http://www.papermakerswiki.com/innovations) Sellun pesulaitteistojen kehitys (2.7)

<sup>29</sup> [www.papermakerswiki.com/innovations](http://www.papermakerswiki.com/innovations) Puulajia vaihtava kuitulinja (2.13)

Lujan ja vaalean massan valmistus kemikaaleja ja energiaa säästään oli pääasiallinen syy kehittää **sellutehtaan vesikiertojen sulkemista**<sup>30</sup>. Lisäksi ympäristönsuojelun vaatimukset erityisesti tehtaan jätevesikuormituksen osalta nousivat yhä tärkeämmiksi. Jätevettä puhdistettiin eri menetelmin kuten suodattamalla, biologisin menetelmin sekä kemiallisilla käsittelyillä. Prosessista lähtevän jäteveden laatu ja määrä vaikuttivat luonnollisesti puhdistuksen kustannuksiin ja saavutettuun tulokseen. Selluprosessin ja jäteveden erilaisten puhdistusmenetelmien optimointityön seurauksena sellutehtaan kierroltaan suljettua osuutta kasvatettiin jatkettun keiton menetelmillä ja happidelignifioinnilla, jolloin valkaistavan havusellun kappaluku voitiin viedä selvästi alle 20. Kloorikaasun käytöstä valkaisukemikaalina luovuttiin kokonaan ja se korvattiin klooridioksidilla, hapella, peroksidilla ja otsonilla. Sellutehtaan vesikierron tiukkaa sulkemista kokeiltiin mm. USA:ssa ja Kanadassa. Nämä tehdasasteellekin päätyneet kokeilut osoittivat, ettei ”suljettu sellutehdas” ole taloudellisesti kannattava mittavien korroosio-ongelmien takia.

**Kuivauskone**<sup>31</sup> sellutehtaan päätuotteen ylösottokoneena on luotettavuuden ja kapasiteetin osalta tehtaan tärkein osaprosessi. Se on myös investoinniltaan tehtaan toiseksi kallein osaprosessi. 1960-lvulla normaali koneleveys oli 4,2 m, 1980-luvulla 6,7 m. Kone muodostui perinteisestä Fourdrinier-tyyppisestä viiraosasta, puristinosasta, jossa puristinyksiköissä oli alapuoliset huopakierrot sekä mahdollisesti puristinosien välissä lämmitysrummut. Kuivatusosalle oli varsinaisesti vain puhallinkuivatin tyyppi ja vain yksi toimittaja. Tosin muitakin vaihtoehtoja kokeiltiin. Konenopeudet olivat noin 200 m/min ja tuotantoteho noin 180–200 ADt/d koneleveysmetriä kohti.

Veden ja energian kulutuksen vähentäminen oli kuivatuskoneella merkittävä kehitysvaihe johtuen totutusta varsin avoimesta systeemistä. Pöyryllä kehitettiin kokonaisjärjestely lämmön talteenoton sekä vesien kierrätyksen tehokkaaksi toteuttamiseksi. Tästä muodostui standardimalli myöhempisiin projekteihin ja koneuusintoihin.

Sellutehtaan tuotantokapasiteettien nousun seurauksena kuivatuskoneesta muodostui selvä pullonkaulatekijä, jota pyrittiin kiertämään investoimalla rinnakkaiset koneet muuten yksilinjaisen tehtaan perään. Tällä menettelyllä oli selviä etuja mm. tuotannon joustavuuden lisääntymisenä sekä kapasiteetin että koneen omien huoltopysäytysten suunnittelun osalta. Järjestely oli kuitenkin investoinniltaan kallis, joten oli suuri tarve lisätä koneyksikön tuotantokykyä. Aluksi koneleveyttä suurennettiin 8,8 metriin ja edelleen 10 metriin.

Enson Kaukopään tehtaalla aloitettiin yhdessä Valmetin kanssa kehitysprojekti, jossa kartonkikoneteknologian pohjalta pyrittiin lisäämään vedenpoistokykyä viiraosalla. Tästä kehitystyöstä syntyi vähitellen nykyinen Gapformer-tyyppinen kaksoisviirakone. Kartonki- ja paperikoneista tuttu kenkäpuristin teknologia otettiin käyttöön myös kuivatuskoneissa.

Metsä-Botnian Rauman projektiin Metso kehitti oman kuivatuskaappikonseptin, josta muodostui sittemmin hyvä kilpailija ainoalle aiemmalle toimittajalle. Rauman kuivatuskoneprojektin onnistumisen varmistamiseksi perustettiin erillinen tekninen valvontaryhmä tehtaan, toimittajan ja suunnittelijoiden asiantuntijoista, joiden havaintojen ja kokemusten pohjalta kuivatusosan teknisiä yksityiskohtia vielä voitiin varmistaa.

Konenopeuden ja -leveyden kasvaessa leikkurin toiminta tuli kriittiseksi. Ahlström kehitti leikkurin vastatelan lämpötilan säätöjärjestelyn, jolla koneen käynnistysvaiheen ja ratakatojen aiheuttamat ongelmatilanteet voitiin välttää.

---

<sup>30</sup> [www.papermakerswiki.com/innovations](http://www.papermakerswiki.com/innovations) Sellutehtaan sulkeminen (2.15)

<sup>31</sup> [www.papermakerswiki.com/innovations](http://www.papermakerswiki.com/innovations) Kuivauskone (2.18)

Nykyaikaisten koneiden nopeudet ovat tasolla 220 m/min, tuotantoteho yli 400 ADt/d koneleveysmetriä kohti. Koneen tuotantokapasiteetti on tyypillisesti 4 000 ADt/d.

Öljykriisi 1970-luvun alkupuolella käynnisti energia-asioiden voimakkaan tarkastelun ja kehityksen Suomen metsäklusterissa. Toimijoita olivat metsäteollisuusyritysten lisäksi konepajayritykset, kuten Ahlström, sekä konsulttiyritykset, erityisesti Energiataloudellinen yhdistys Ekono.

1970-luvun lopulle tultaessa oli Ahlströmin konepajateollisuus kehittännyt leijupetiteknikkaan perustuvan höyrykattilaperheen, jota voitiin käyttää kuoren, turpeen, kivihiihen ja jätteen polttamiseen. Samanaikaisesti oli Ruotsissa tehty sovellus meesauunin lämmittämiseksi puupölyllä. Ahlströmin tuotekehityksessä ryhdyttiin kokeilemaan pyroflow-tekniikkaa puujätteen kaasutuksessa. Taloudellisen nousukauden alettua ja kaatopaikalle kertyvän kuorimäärän lisääntyessä teki Ekono vuonna 1980 Schaumanin Pietarsaaren tehtaille laajan selvityksen kuoren käytön lisäämisestä energiantuotannossa. Selvityksen lopputuloksena syntyi ehdotus rakentaa uudenaikainen monipolttoainekattila pääasiassa kuoren polttoon sekä etsiä toimiva ratkaisu yli jäävän puujätteen käyttämiseksi meesauunin polttoaineena. **Kuoren poltto ja puun kaasutus**<sup>32</sup> on menetelmä, jossa murskattu puujäte, kuori ja sahanpuru kuivataan soodakattilan savukaasuilla ja syötetään leijupetikaasuttimeen, jossa se kaasutetaan hiekkapetin sisällä hiilimonoksidiksi, vedyksi ja metaaniksi, ja puhalletaan meesauunin polttimeen. Meesauunin puujätekaasuuttimia oli käytössä mm. Suomessa Pietarsaareissa, Ruotsissa, Portugalissa, Itävallassa ja Brasiliassa.

Sellun valmistuksen kehittyessä sekä erityisesti veden käytön vähentyessä ja kemikaalien väkevyyksien noustessa korroosio-ongelmat lisääntyivät. Tätä ongelmaa pystyttiin vähentämään Savcorin kehittämällä **katodisella suojauksella**<sup>33</sup>.

### 3. Mekaanisen ja siistausmassan valmistus

Kuusipölleistä hiottu kivihioke oli puupitoisten painopaperien tärkein raaka-aine 1900-luvulla, jolloin sanomalehtipaperi oli selvästi tärkein painopaperilaji. Hioke antoi paperille hyvät optiset ominaisuudet ja painatussileyden, mutta sen heikohko lujuus vaati sellun käyttämistä lujitteena. Vielä 1960-luvulla yleinen sulfiittisellu ei ollut kovinkaan hyvää lujitemasaa, jolloin varsinkin ohuimpien ja mineraalista täyteainetta sisältävien painopaperien valmistuksessa oli tarvetta lujemmalle mekaaniselle massalle.

Kun hionnassa kustannussyistä siirryttiin vapaaseen mittaan katkottuihin kuusipölleihin, jäi prosessissa tähteeksi lyhyitä ”nutikoita”. Niiden ja sahojen pintapuusta tehdyn hakkeen hyödyntämiseksi oli kehitetty hierrejauhimia, joiden esikuvana oli ollut Asplundin Ruotsissa kehittämä jauhin kuitulevyihin tarkoitetun ruskean defibraattorimassan valmistamiseksi. Hierrejauhimilla tehdystä kylmähierteestä saatiin lisämassaa sanomalehtipaperiin. USA:ssa hierrettä käytettiin yleisesti sanomalehtipaperin päämassanakin. Kylmähierteestä kehitettiin sekä USA:ssa että Ruotsissa tästä parannettu kuumahierreprosessi. Tampella kehitti lastuhiokeprosessin ”nutikoiden” hyödyntämiseen, mutta sitä ei kovin laajalti otettu käyttöön.

Yhtyneiden Jylhä **kuumahierreteknikka**<sup>34</sup> ja Tampellan **painehionta**<sup>35</sup> 1970-luvulla loivat uusia mahdollisuuksia etenkin aikakauslehtipaperien tuotekehitykselle. Uusilla prosesseilla

<sup>32</sup> [www.papermakerswiki.com/innovations](http://www.papermakerswiki.com/innovations) Puukaasun poltto meesauunissa (2.17)

<sup>33</sup> [www.papermakerswiki.com/innovations](http://www.papermakerswiki.com/innovations) Katodinen suojaus (2.16)

<sup>34</sup> [www.papermakerswiki.com/innovations](http://www.papermakerswiki.com/innovations) Jylhä-kuumahierreteknikan kehitys 1970–80-luvuilla (3.1)



kyettiin kuusipuusta valmistamaan entistä energiatehokkaammin pitempikuituista mekaanista paperimassaa. Puun tarve paperitonnia kohti väheni ja lujemmat massat mahdollistivat paperien keventämisen painatusominaisuuksista tinkimättä.

Tampellan ja Ahlströmin 1980-luvulla tekemä **lankarakosihti-innovaatio**<sup>36</sup> yksinkertaisti hierteen ja hiokkeen lajittelua, mahdollistaen samalla energian säästön ja/tai hienomman massan tuottamisen.

Metsäliitossa kehitettiin vuosituhannen vaihteessa ympäristöystävällisempi ja investoinneiltaan halvempi tekniikka valmistaa valkaistua **kemihierrettä (BCTMP) integroituna sellutehtaaseen**<sup>37</sup>. Tämä paransi mahdollisuuksia kehittää mekaanista massaa sisältäviä hienopaperilajeja.

Suomessa ryhdyttiin siistaamaan keräyspaperista sanomalehtipaperin raaka-ainetta, kun Keräyskuitu Oy käynnisti Sunilan siistaamonsa vuonna 1978. Laitoksen teknologia oli ulkomaista (Voith, Lamort). Koska Suomi vei 90 prosenttia painopapereistaan ulkomaille, siistausmassan raaka-ainetta riitti vain marginaalisesti. Paperin kulutuksen kasvaessakin sitä riitti vain 1980-luvun lopulla käynnistyneelle Kaipolan siistaamolle. Senkin teknologia tuli pääosin Voithilta. Merkittävä suomalainen innovaatio syntyi, kun Ahlström 1970-luvulla kehitti keräyspaperia perinteistä pulpperia hellävaraisemmin kuiduttavan **Fiberflow-rumpupulperin**<sup>38</sup>. Se mahdollisti keräyspaperin epäpuhtauksien tehokkaamman poiston siistausprosessissa ja samalla runsaamman siistausmassan käytön sanomalehtipaperissa.

#### 4. Paperin ja kartongin valmistus

Paperitehtaat käyttivät paperin ja paperikuitujen valmistustekniikoiden kehittymisen sekä mineraalisten raaka-aineiden valikoiman monipuolistumisen tuomat mahdollisuudet hyväkseen kehittäen useita uusia paperi- ja kartonkituotteita<sup>39</sup>.

Yhtyneiden Kaipolan tehtaalla kehitettiin 1970-luvulla pelkästä kuumahierremassasta valmistettu, parisenkymmentä prosenttia silloista sanomalehtipaperia kevyempi **kevytpainopaperi**<sup>40</sup>. 1980-luvun alussa Yhtyneiden Jämsänkosken tehtaille investoitiin uusi SC-paperikone PK 5. Tässä yhteydessä hyödynnettiin uusinta tekniikkaa ja tuotiin markkinoille uusi, painatusominaisuuksiltaan **molemmilta puoliltaan samanlainen päällystämätön SC-syväpainopaperi**<sup>41</sup>. Valmistuskonsepti oli ylivoimainen tuotanto- ja kustannustehokkuudessa. Laadun parannus saatiin aikaan Valmetin kaksoisviiriteknologialla, Jylhävaaran kuumahierteellä ja Suomen Talkin täyteaineella. Laadullisen mullistuksen yhteydessä toteutettiin tuotantotehokkuuden nosto uudelle tasolle. 1990-luvun alussa kilpailutilanne oli kiristynyt ja Jämsänkoskelle investoitiin uusi SC-paperikone PK 6. Tässä yhteydessä sovellettiin Valmetin uusinta formeriteknikkaa ja kuumahierteen uusinta lajittelutekniikkaa. Näin markkinoille saatiin pintaominaisuuksiltaan **olennaisesti parannettu SC-paperilaatu**<sup>42</sup>.

---

<sup>35</sup> [www.papermakerswiki.com/innovations](http://www.papermakerswiki.com/innovations) Painehionnan teollinen kehitys (3.2)

<sup>36</sup> [www.papermakerswiki.com/innovations](http://www.papermakerswiki.com/innovations) Lankarakosihti (3.4)

<sup>37</sup> [www.papermakerswiki.com/innovations](http://www.papermakerswiki.com/innovations) BCTMP integroituna sellutehtaaseen (3.3)

<sup>38</sup> [www.papermakerswiki.com/innovations](http://www.papermakerswiki.com/innovations) Fiberflow rumpupulperi keräyspaperin kuidutukseen (3.5)

<sup>39</sup> [www.papermakerswiki.com/innovations](http://www.papermakerswiki.com/innovations) Paino- ja kirjoituspaperien kehitys 1970–90 -luvuilla (4.1)

<sup>40</sup> [www.papermakerswiki.com/innovations](http://www.papermakerswiki.com/innovations) Kevytpainopaperi (Kaipola) (4.7)

<sup>41</sup> [www.papermakerswiki.com/innovations](http://www.papermakerswiki.com/innovations) Toisen sukupolven sc-konsepti (Jämsänkoski PK5) (4.2)

<sup>42</sup> [www.papermakerswiki.com/innovations](http://www.papermakerswiki.com/innovations) Kolmannen sukupolven sc-konsepti (Jämsänkoski PK6) (4.3)

Myllykoskella kehitettiin 1990-luvulla uusi, vaaleampi, päällystämätön **SC- syväpainopaperi My plus**<sup>43</sup>. Tämä edellytti samalla neutraalin pH-alueen valmistustekniikan käyttöönottoa mekaanista massaa sisältävissä paperilajeissa.

Metsäliiton Kirkniemen tehdas toi päällystetyn LWC-paperin siihen asti hallitsemille offsetpainopaperimarkkinoille aivan uuden **päällystämättömän WSOP-paperin**<sup>44</sup>. Tämän kehitys onnistui määrätietoisella prosessien optimoinnilla web-offset -painomenetelmää varten. Kirkniemi kehitti myös perinteisen LWC-offsetpaperin laatua lähentyvän **FCO-paperin Galerie Lite:n**<sup>45</sup> hyödyntämällä Valmetin uutta filmipäällystystekniikkaa. Edelleen Kirkniemi kehitti puuvapaiden painopaperien tuotevalikoimaa täydentävän **Galerie Fine -paperin**<sup>46</sup> perustuen uusiin massoihin ja päällystysraaka-aineisiin.

Kymin Voikkaan tehdas kehitti ja lanseerasi 1980-luvun puolivälissä **MFC-offsetpainopaperin Kym Tech**<sup>47</sup>. Tälle tuotteelle sovellettiin pitkälle vietyä on-machine -tekniikkaa, jossa paperin valmistus, päällystys ja pinnan viimeistely tehtiin paperikoneella. Enso ja Tampella rakensivat myöhemmin samaan konseptiin perustuvat tuotantolinjat. Tämä tekniikka avasi uusia mahdollisuuksia paperin laadun kehittämiseksi.

Yhtyneiden Tervasaaren tehtaalla ryhdyttiin kehittämään release-paperia olemassa olevan PK 5:n pohjalle. Edellytyksenä oli mm. tuotteeseen hyvin soveltuva SAP-sellu sekä konsernin Raflatac-yksikön tuki tuotevaatimusten selvittämisessä. Pienillä koneuusinoilla ja prosessikehityksellä päästiin hyviin tuloksiin. 1990-luvulla päätettiin rakentaa tätä tuotetta varten uusi, tehokas tuotantolinja PK 8. Näin oli saatu aikaan **uusi silikonia säästävä glassiinityypin release-paperi**<sup>48</sup>. Toinen Tervasaassa kehitetty tuote oli huokoisuutensa vuoksi erityisesti venttiilisäkkeihin sopiva **säkkipaperi WEX-LD**<sup>49</sup>.

Lohjan Paperi on pienenä yksikkönä suuntautunut teknisten erikoispapereiden valmistukseen. **Silikonoidut irrokepaperit**<sup>50</sup> osoittautuivat tehtaalle sopiviksi tuotteiksi. Tehtaasta muotoutui on-machine -tuotantotekniikan avulla markkina- ja laatujohtaja valikoiduissa tuotesegmenteissä.

Enson Kotkan tehtailla ryhdyttiin valmistamaan **absorbex-laminaattipaperia**<sup>51</sup>, aluksi lyhytkuituisesta koivusellusta ja sahanpurumassasta, mutta myöhemmin kehitettiin tuote yksinomaan sahanpurumassasta.

Äänekoskelle rakennettiin 1960-luvulla uusi kartonkikone. Tälle koneelle ei kuitenkaan löytynyt maailmalta sopivia markkinoita. Yhteydenotot saksalaiseen tapetinvalmistajaan toivat esille asiakastarpeen tapettipaperimarkkinoilla. Tästä alkoi kehitystyö **tapettikartongin**<sup>52</sup> valmistamiseksi ja tuloksena syntyi eräs Suomen paperiteollisuuden merkittävä tuoteinnovaatio.

Enso-Gutzeitilla Kaukopäässä **nestepakkauskartongin**<sup>53</sup> kehitystyöllä onnistuttiin keventämään kartonkia ja parantamaan sen tuoteominaisuuksia ottamalla käyttöön uutta tekniikkaa erityisesti massanvalmistuksessa, monikerrosrainauksessa sekä muovipäällystyksessä. Kaukopäässä kehitettiin myös aseptisia kartonkeja pakkauksiin, joissa

---

<sup>43</sup> [www.papermakerswiki.com/innovations](http://www.papermakerswiki.com/innovations) Vaalea sc-paperi (Myllykoski My plus) (4.9)

<sup>44</sup> [www.papermakerswiki.com/innovations](http://www.papermakerswiki.com/innovations) WSOP-paperi (4.4)

<sup>45</sup> [www.papermakerswiki.com/innovations](http://www.papermakerswiki.com/innovations) FCO (Kirkniemi Galerie Lite) (4.5)

<sup>46</sup> [www.papermakerswiki.com/innovations](http://www.papermakerswiki.com/innovations) Galerie Fine (Kirkniemi) (4.6)

<sup>47</sup> [www.papermakerswiki.com/innovations](http://www.papermakerswiki.com/innovations) Uusi MFC paperi Kymtech, Voikkaa PM11 (4.8)

<sup>48</sup> [www.papermakerswiki.com/innovations](http://www.papermakerswiki.com/innovations) Release-paperista Tervasaaren kantava voima (4.10)

<sup>49</sup> [www.papermakerswiki.com/innovations](http://www.papermakerswiki.com/innovations) Korkeahuokoinen säkkipaperi (Tervasaari) (4.11)

<sup>50</sup> [www.papermakerswiki.com/innovations](http://www.papermakerswiki.com/innovations) Silikonointi paperikoneella (4.15)

<sup>51</sup> [www.papermakerswiki.com/innovations](http://www.papermakerswiki.com/innovations) Absorbex laminaattipaperi (4.18)

<sup>52</sup> [www.papermakerswiki.com/innovations](http://www.papermakerswiki.com/innovations) Tapettikartonki (4.13)

<sup>53</sup> [www.papermakerswiki.com/innovations](http://www.papermakerswiki.com/innovations) Nestepakkauskartonki (4.12)

sisällön hyvä säilyvyys on tärkeää. Lisäksi kehitettiin prosessi nestepakkausten hyödyntämiseen kierrätyksessä.

Serlachiuksella Takon tehtailla keskityttiin **korkealuokkaisiin taivekartonkeihin**<sup>54</sup>. Soveltamalla uutta päällystystekniikkaa ja kiillotustekniikkaa pystyttiin parantamaan pinnan laatua ja nostamaan tuotantotehokkuutta. Myös eri massalajeja soveltaen sekä käyttäen hyväksi uutta tekniikkaa rainanmuodostuksessa ja puristinosalla, Tako paransi asemaansa laatujohtajana. Tätä tietotaitoa levitettiin Metsä-Serlan muille kartonkitehtaille.

Stromsdahlilla Juankoskella kehitettiin korkealuokkaisia **graafisia kartonkilaatuja**<sup>55</sup>.

Kemin linerkartonkikoneelle avautui mahdollisuus uuden tuotteen, **pilvilinerin**<sup>56</sup>, kehittämiseen, kun tehtaalle valmistui valkaisimo. Tällä tuotteella oli parempi painettavuus ja siten myös kysyntää markkinoilla.

Paperitehtaiden tuoteinnovaatiot toteutettiin usein yhteistyössä laitetoimittajien kanssa. Toisaalta myös laitetoimittajien innovaatiot syntyivät usein yhteistyöstä paperitehtaiden kanssa. Tähän perustui suomalaisen klusteriajattelun vahvuus.

**Valmetin työ paperikonekehityksessä**<sup>57</sup> oli erityisen merkittävää. Työ kohdistui sekä konepajan valmistustekniikkaan että paperikoneiden prosessitekniikkaan. Valmet kehitti kovassa kansainvälisessä kilpailussa omat paperikoneen määrän pään ratkaisunsa niin perälaatikoiden, formereiden kuin puristinosienkin alueelle. Täten paperitehtaissa pystyttiin tehokkaampaan tuotantoon sekä vaikuttamaan paperin toispuoleisuuden hallintaan, pohjanmuodostukseen, paperin laatuun ja sen tasaisuuteen. Suuremmat ajonopeudet ja vaativammat tuotanto-olosuhteet edellyttivät entistä parempia laitekomponentteja, erityisesti uusia telaratkaisuja. Valmetin ratkaisuja olivat mm. kanuunaporatut teräksiset imutelojen vaipat, puristinosan uratelojen valmistus nauhamenetelmällä sekä puristinosan graniittiteloja korvaavat ValRok-telat. Kuivatusosalle kehitettiin toimintavarmoja ratkaisuja radan viennissä suurilla nopeuksilla. Erityisen merkittäviä asioita olivat erilaiset ratkaisut **paperiradan stabilointiin puhalluslaatikoilla**<sup>58</sup>. Kuivatusosan ilmastoinnin taloudellisuutta edistettiin **AHR-lämmöntalteenotolla**<sup>59</sup>. Konekoon kasvaessa rullauksen vaatimukset kasvoivat. Valmetin vastaus tähän oli **OptiReel-rullain**<sup>60</sup>. Huomattava uusi ratkaisu oli **Metal Belt -kalanterointi**<sup>61</sup>.

Myös muut suuret konepajayhtiöt kehittivät omia ratkaisujaan, joista ehkä mullistavin oli Tampellan **Condebelt-kuivatus**<sup>62</sup>, joka ei perustu perinteisiin kuivatussyylintereihin, vaan teräsnauhaan. Tällä ratkaisulla voidaan kuivausosaa lyhentää merkittävästi, ja samalla menetelmä mahdollistaa aivan uusia pintaominaisuuksia tuotteelle.

Ahlströmin paperikonekomponenteista mainittakoon teräksinen **uiva uratela, A-tela**<sup>63</sup>.

Edellä olevaa konepajojen panosta täydentää **Strömbergin paperikoneiden sähkökäyttöihin**<sup>64</sup> kohdistunut kehitystyö. Strömberg kehittyi luotettavaksi tyristoriorhjattujen tasavirtakäyttöjen toimittajaksi, josta kehitys suuntautui

---

<sup>54</sup> [www.papermakerswiki.com/innovations](http://www.papermakerswiki.com/innovations) Tako ja taivekartongin valmistuksen kehitys 1950–2000 (4.16)

<sup>55</sup> [www.papermakerswiki.com/innovations](http://www.papermakerswiki.com/innovations) Juantehdas: Olutpahvista graafisen kartongin laatujohtajaksi (4.14)

<sup>56</sup> [www.papermakerswiki.com/innovations](http://www.papermakerswiki.com/innovations) Pilvilinerin valmistus Kemi Oy:ssä (4.17)

<sup>57</sup> [www.papermakerswiki.com/innovations](http://www.papermakerswiki.com/innovations) Valmetin paperikoneinnovaatiot (4.21)

<sup>58</sup> [www.papermakerswiki.com/innovations](http://www.papermakerswiki.com/innovations) Paperiradan stabilointi puhalluslaatikoilla (4.23)

<sup>59</sup> [www.papermakerswiki.com/innovations](http://www.papermakerswiki.com/innovations) AHR lämmöntalteenotto (4.28)

<sup>60</sup> [www.papermakerswiki.com/innovations](http://www.papermakerswiki.com/innovations) OptiReel rullaus (4.26)

<sup>61</sup> [www.papermakerswiki.com/innovations](http://www.papermakerswiki.com/innovations) Metal Belt kalanterointi (4.24)

<sup>62</sup> [www.papermakerswiki.com/innovations](http://www.papermakerswiki.com/innovations) Condebelt kuivatus (4.30)

<sup>63</sup> [www.papermakerswiki.com/innovations](http://www.papermakerswiki.com/innovations) Karhulan A-tela (4.31)

<sup>64</sup> [www.papermakerswiki.com/innovations](http://www.papermakerswiki.com/innovations) Paperkoneiden sähkökäytöt (4.27)

vaihtovirtakäyttöihin ja edelleen suorakäyttöjärjestelmiin. Yrityskaupan jälkeen ABB on jatkanut Strömbergin aloittamaa kehitystyötä Suomessa.

**Tamfelt** johtavana huopa- ja viiratoimittajana teki laajaa tuotekehitystä suomalaisen paperiteollisuuden kanssa ja tuloksena oli useita erilaisia uusia kudostyyppjejä<sup>65</sup>.

Suurten toimijoiden ohella pienet yritykset kehittivät innovatiivisia prosesseja yksinkertaistavia ja tehostavia ratkaisuja. **POM Technologies**<sup>66</sup> -konsepti mahdollisti merkittävästi kompaktimman lyhyen kierron. Poistamalla ilma kiertovedestä lyhyessä kierrossa, voitiin prosessi rakentaa hydraulisesti suljetuksi putkisysteemiksi. Wetend Technologies puolestaan kehitti **Trumpjet-kemikaalisekoittimen**<sup>67</sup>, jolla voitiin ratkaisevasti vähentää tuoreveden käyttöä paperikoneella. Samalla säästettiin lämpöenergiaa ja parannettiin kemikaalien toiminnan tehokkuutta.

Suomalainen erityispiirre oli **Pöyryn** vahva panostus tehdassuunnitteluun. Syntyi sekä uusia suunnittelumenetelmiä<sup>68</sup> että parempia prosessiratkaisuja<sup>69</sup>. Näitä käytettiin hyväksi sekä paperi- että selluteollisuuden tehdasprojektien toteutuksessa.

Myös korkeakouluissa tehtiin paperinvalmistuksen innovaatioita. Teknisessä korkeakoulussa kehitetyllä **adaptiivisella jauhatuksella**<sup>70</sup> pyrittiin eriyttämään jauhatustavan ja jauhatusmäärän hallinta.

## 5. Paperin päällystys ja jälkikäsittely

Teollisuus kiinnostui paperin ja kartongin päällystyksestä 1960-luvulla, kun jalostusasteen nosto yhä korkealaatuisempiin tuotteisiin tuli ajankohtaiseksi. Valmistustekniikka perustui aluksi muualta hankittuihin laitteisiin ja tietotaitoon, mutta pian suomalainen kehitystyö käynnistyi hyvin tuloksin. Samoin kävi superkalanteroinnin ja pituusleikkureiden osalta, joissa yhä kiristyneet laatuvaatimukset edellyttivät parempia teknillisiä ratkaisuja. **Wärtsilä aloitti päällystyslaitteiden**<sup>71</sup> valmistuksen lisenssipohjalta, mutta 1980-luvulta lähtien yhtiö kehitti omaan tekniikkaan perustuvia ratkaisuja, joista mainittakoon parannettu lyhytviipymäteräasema, Jet-päällystin sekä TwoStream -päällystin, jolla päällystetään paperin molemmat puolet yhtä aikaa. Kartonkipuolella siirryttiin ilmarharjapäällystyksestä tehokkaampaan verhopäällystystekniikkaan.

Valmetin Rautpohjan tehdas kehitti liimapuristinta korvaamaan oman **SymSizer-filmipäällystimensä**<sup>72</sup>. Filmipäällystyksestä tuli yksi päämenetelmistä valmistettaessa ohuita päällystettyjä painopapereita tehokkailla tuotantolinjoilla. Valmetin Pansion tehdas puolestaan kehitti päällystyskoneille ilmakuivaimia, joista mainittakoon ylipainesuuttimiin perustuva leijukuivain ja erityisesti **TurnDry radan kääntö- ja kuivauslaite**<sup>73</sup>.

**Wärtsilän Järvenpään tehdas aloitti superkalantereiden**<sup>74</sup> kehitystyön 70-luvulla. Ensiksi käynnistyi joustavien paperitelojen valmistus. Yhtiö kehitti sekä valmistusmenetelmiä että telojen laatua. Pian alkoi myös superkalantereiden valmistus, johon sovellettiin omia inno-

<sup>65</sup> [www.papermakerswiki.com/innovations](http://www.papermakerswiki.com/innovations) Kudosinnovaatiot (4.33)

<sup>66</sup> [www.papermakerswiki.com/innovations](http://www.papermakerswiki.com/innovations) POMppu ja paperikoneen kompakti vesikierto (4.22)

<sup>67</sup> [www.papermakerswiki.com/innovations](http://www.papermakerswiki.com/innovations) Trumpjet kemikaalisekoitin (4.25)

<sup>68</sup> [www.papermakerswiki.com/innovations](http://www.papermakerswiki.com/innovations) Kokonaisvaltainen sellu- ja papertehdassuunnittelu (4.19)

<sup>69</sup> [www.papermakerswiki.com/innovations](http://www.papermakerswiki.com/innovations) Paperitehtaan prosessit (4.20)

<sup>70</sup> [www.papermakerswiki.com/innovations](http://www.papermakerswiki.com/innovations) Adaptiivinen jauhatus (4.29)

<sup>71</sup> [www.papermakerswiki.com/innovations](http://www.papermakerswiki.com/innovations) Suomalaisten paperinpäällystyskoneiden historiaa (5.1)

<sup>72</sup> [www.papermakerswiki.com/innovations](http://www.papermakerswiki.com/innovations) Sym-Sizer (5.2)

<sup>73</sup> [www.papermakerswiki.com/innovations](http://www.papermakerswiki.com/innovations) Ylipainesuutinkuivain ja TurnDry kääntöleiju (5.3)

<sup>74</sup> [www.papermakerswiki.com/innovations](http://www.papermakerswiki.com/innovations) Järvenpään tehtaan kalanterit (5.4)

vaatioita mm. hitsattuihin runkorakenteisiin ja kokillitelojen lämmitysjärjestelmiin sekä tuotantotehokkuutta parantaviin kuormitusjärjestelmiin. OptiLoad kuormituksen säätöjärjestelmällä vaikutettiin samalla prosessin hallittavuuteen ja siten myös paperin laatuun. Paperin laatua parantava innovaatio on myös höyrylaatikoilla tehty taskuhöyrytys. Wärtsilä ja sittemmin Valmet tekivät paljon kehitystyötä on-machine superkalanteroinnin osalta, mutta siitä ei ole kuvausta kronikoissa.

**Wärtsilä aloitti jo varhain pituusleikkureiden**<sup>75</sup> kehitystyön. Kantotelaleikkureissa tutkittiin ja kehitettiin rullakovuuden ohjausmenetelmiä yhdessä Strömbergin kanssa. Uutena tuotteena kehitettiin WinBelt-leikkuri, jolla oli ratkaiseva vaikutus uusiomassapohjaisen sanomalehtipaperin valmistukseen. Vaativammille, suuren tiheyden omaaville paperilajeille nämä ratkaisut eivät riittäneet. Eri leikkurivalmistajat kehittivät omia ratkaisujaan ja Wärtsilän Twin-Winder -kehitystyö tuotti lopulta toimivan vaihtoehdon sekä seuraavan sukupolven JR-1000 -leikkurin sekä WinRoll-leikkurin.

Tuotantotehojen kasvaessa rullanpakkauksesta tuli runsaasti työvoimaa vaativa pullonkaura. Wärtsilän vastaus tähän olivat robotit ja ohjelmoitava logiikka. Näin syntyi uuden polven **automaattinen pakkauslinja KR 3000**<sup>76</sup>.

## 6. Paperinjalostus

Paperiteollisuuden tuotteet jalostetaan yleensä edelleen painotuotteiksi, pakkauksiksi tai muiksi jalosteiksi. Tätä aluetta ei ole varsinaisesti käsitelty tässä innovaatioeselvityksessä. Aihetta käsittelee kuitenkin hyvänä esimerkkinä kronikka **Yhtyneiden paperitehtaitten pakkaustoimialasta**<sup>77</sup>.

## 7. Kemikaalit ja muut raaka-aineet

Paino- ja kirjoituspaperien valmistus alkoi lisääntyä Suomessa 1960-luvulla. Samalla mineraalisten raaka-aineiden tarve alkoi kasvaa voimakkaasti. Pääosin Englannista tuodun kaoliinin korvaajaksi haettiin kotimaisia vaihtoehtoja. Paperimassoihin seostettavien täyteaineiden osalta vaihtoehto saatiin, kun Lohjan ja Yhtyneiden yhdessä omistama Suomen Talkki käynnisti erityisesti syväpainopaperin valmistukseen soveltuvan **täyteainetalkin**<sup>78</sup> tuotannon Sotkamossa vuonna 1969. Tämän jälkeen yhdessä Kaukaan kanssa kehitettiin ensimmäisenä maailmassa konsepti käyttää **talkkia LWC-paperin päällystyspigmenttinä**<sup>79</sup>. Talkin käyttö alkoi vuonna 1982. Etuna oli jälleen syväpainopaperin painojäljen laadun paraneminen.

Metsäliitto kehitti 1980-luvun alussa yhdessä Kemiran kanssa tekniset ratkaisut käyttää **kipsiä painopaperien päällystykseen**<sup>80</sup>. Kehitystyön lähtökohtana oli kipsin hyvä saatavuus Suomessa. Kipsin käytössä on kuitenkin ongelmia. Metsäliiton ja Kemiran yhteistyöllä kehitettiin toimiva menetelmä. Kipsin avulla saavutettiin paperiin hyvä vaaleus ja korkea opasiteetti.

---

<sup>75</sup> [www.papermakerswiki.com/innovations](http://www.papermakerswiki.com/innovations) Wärtsilän pituusleikkurit (5.5)

<sup>76</sup> [www.papermakerswiki.com/innovations](http://www.papermakerswiki.com/innovations) Automaattipakkauslinja (5.6)

<sup>77</sup> [www.papermakerswiki.com/innovations](http://www.papermakerswiki.com/innovations) Yhtyneiden paperitehtaitten pakkaustoimiala (6.1)

<sup>78</sup> [www.papermakerswiki.com/innovations](http://www.papermakerswiki.com/innovations) Talkki suomalaisen paperin täyteaineena (7.1)

<sup>79</sup> [www.papermakerswiki.com/innovations](http://www.papermakerswiki.com/innovations) Päällystystalkki (7.2)

<sup>80</sup> [www.papermakerswiki.com/innovations](http://www.papermakerswiki.com/innovations) Päällystyskipsi (7.3)

Massojen ja mineraalien käytön kehittyminen lisäsi varsinkin paperin valmistusprosessin häiriötä eliminoivien kemikaalien käyttöä. Suomalaiset kemian alan yritykset aktivoituivat ja lisäsivät tuotekehitystä. Raisio ja Kaukas kehittivät **Raifix-tuoteperheen**<sup>81</sup> eliminoimaan päällystyskarbonaatin käytöstä Kaukaan LWC-tehtaalla aiheutuvia häiriöitä.

Sulfaattiselluloosan valkaisussa klooridioksidin käyttö yleistyi voimakkaasti 1960-luvulta alkaen. Klooridioksidin valmistuksen raaka-aine on natriumkloraaatti. 1970-luvun lopussa Oulun sulfaattiselluloosatehtaan laajennuksen valmisteluvaiheessa syntyi ajatus omien klooraattikennojen kehittämistä ja uudemman teknologian hyödyntämisestä. Tavoitteena oli saavuttaa elektrolyysiprosessissa suuren sähkövirran kulutuksen suhteen parempi hyötysuhde ja konepajateknisesti helpompi toteutusratkaisu. Oulussa kehitettiin uudenlaiset **klooraattikennot**<sup>82</sup>, joista ensimmäinen vaihe otettiin käyttöön 1980. Laitosta laajennettiin edelleen 1990-luvulla.

## 8. Mittaus- ja säätötekniikka

Uusi kausi paperiteollisuudessa alkoi, kun IBM **prosessitietokone**<sup>83</sup> otettiin käyttöön Enso-Gutzeitin Kaukopään tehtailla vuonna 1963 kartonkikoneen on-line -ohjauksessa. Toteutukseen sisältyi instrumentoinnin digitalisointi ja käyttöjärjestelmän sekä feed back-, feed forward- ja itsemuokattavien (adaptive) säätösovellusten suunnittelu ja ohjelmointi. Ensimmäinen automaattinen neliömassa- ja kosteussäätö kytkettiin päälle vuonna 1965. Yhteistyössä Kaukaan tehtaiden kanssa rakennettiin Lauritsalan sellutehtaan säätömalli, jota kokeiltiin reaaliaikaisella säädöllä Kaukaan ja Kaukopään välille vedetyn väliaikaisen ”piuhan” kautta. Vähitellen alkoi Suomen paperiteollisuudessa laajemminkin insinöörikkunnan perehtyminen tietokonetekniikkaan ja sen mahdollisuuksiin prosessien analysoinnissa, mallintamisessa ja ohjauksessa<sup>84</sup>.

1970-luvun alussa selluteollisuus yhdessä Keskuslaboratorion ja Ekonon kanssa käynnisti selvitystyön sellun keiton tietokonetekniikkaan perustuvan ohjauksen ja säädön toteuttamiseksi. Nokia Elektroniikka tuli mukaan laitetoimittajaksi. Kehitystyö tapahtui Schaumanin sellutehtaalla Pietarsaareissa. Tuloksena syntyi **Autocook**<sup>85</sup>, jolla pystyttiin tasaamaan prosessia ja sellun laatua, pienentämään höyrynkulutusta sekä lisäämään tuotantoa viiveaikoja poistamalla. Tämän jälkeen seurasi Kaukaan ja Nokian yhteistyönä Kaukaalla kehitetty **Auto-bleach**<sup>86</sup>, jolla sellun valkaisussa pystyttiin tasaamaan laadunvaihteluja ja vähentämään kemikaalien kulutusta. Enson, Oulun Yliopiston ja Nokian yhteistyönä syntyivät soodakattilan ohjaukseen **Autorecovery**<sup>87</sup> ja Autosoot, joilla pystyttiin parantamaan lämpötaloutta, lisäämään tuotantoa ja vähentämään ympäristökuormitusta. Nokian puunjalostus ja elektroniikka kehittivät sulfiittisellutehtaille soveltuvan **Autosulphite**<sup>88</sup>-järjestelmän ja meesauunille puolestaan **Autolime**<sup>89</sup>-järjestelmän.

Sellunvalmistukseen liittyvä anturitekniikka alkoi 1970-luvulla kehittyä voimakkaasti. Suomessa valkaisun osalta merkittäviä olivat Kajaani Elektroniikan kehittämä Coram on-line -

---

<sup>81</sup> [www.papermakerswiki.com/innovations](http://www.papermakerswiki.com/innovations) Raifix-tuoteperhe häiriöaineiden sidontaan (7.4)

<sup>82</sup> [www.papermakerswiki.com/innovations](http://www.papermakerswiki.com/innovations) Klooraattikennot (7.5)

<sup>83</sup> [www.papermakerswiki.com/innovations](http://www.papermakerswiki.com/innovations) Prosessitietokone (8.2)

<sup>84</sup> [www.papermakerswiki.com/innovations](http://www.papermakerswiki.com/innovations) Prosessiohjauksen yleiskehitys (8.1)

<sup>85</sup> [www.papermakerswiki.com/innovations](http://www.papermakerswiki.com/innovations) Autocook (8.3)

<sup>86</sup> [www.papermakerswiki.com/innovations](http://www.papermakerswiki.com/innovations) Sellun valkaisun säätö / Auto-bleach (8.4)

<sup>87</sup> [www.papermakerswiki.com/innovations](http://www.papermakerswiki.com/innovations) Autorecovery (8.6)

<sup>88</sup> [www.papermakerswiki.com/innovations](http://www.papermakerswiki.com/innovations) Autosulphite (8.7)

<sup>89</sup> [www.papermakerswiki.com/innovations](http://www.papermakerswiki.com/innovations) Autolime (8.8)

vaaleusmittari sekä Rauma-Repolan kehittämä Polarox jäännöskemikaalin mittaussanturi. Kajaani Elektroniikka kehitti näitä edelleen ja näin syntyivät uudenlaiset **Cormec- ja Polarox-mittalaitteet sekä niihin perustuva valkaisun säätömalli**<sup>90</sup>.

Mekaanisen massan valmistuksessa hiomoiden ohjaus ei ollut 70-luvun alussa kovinkaan hyvin hallittua. Tähän ongelmaan tarttui Teknillisen korkeakoulun professori Niilo Ryti yhdessä Pöyryn insinöörien kanssa. Tuloksena oli tietokonepohjainen säätöjärjestelmä **AGMO**<sup>91</sup>, jossa kullekin hiomakoneelle määritettiin kiven ”terävyys”. Tämän parametrin puitteissa voitiin hiomakoneen toimintaa ohjata laadun ja tuotannon kannalta optimaalisesti.

Uusi tietojenkäsittelytekniikka mahdollisti myös erilaiset prosessianalyysit, joita voitiin käyttää apuna koneiden suunnittelussa tai tehtaiden häiriöanalyysissä. Tällaisia olivat Teknillisessä korkeakoulussa 70-luvun alussa kehitetyt **varianssikomponenttianalyysi**<sup>92</sup> ja **spektrianalyysi**<sup>93</sup>.

Keskuslaboratorion yhteydessä kehitettiin 80-luvulla tuotteistetut järjestelmät **Sensodec**<sup>94</sup> ja **WEDGE**<sup>95</sup> (Wet End Diagnostics Genius). Näillä pyrittiin etsimään erilaisia korrelaatioita on-line mittauksen välillä ja siten ymmärtämään prosessihäiriöiden aiheuttajia. Sensodec keskittyi itse paperikoneen toimintaan ja Wedge oli lähinnä märän pään kemiallisen käyttäytymisen asiantuntijajärjestelmä.

Paperikoneiden ajettavuushäiriöitä pystyttiin analysoimaan kehittyneen tekniikan mahdollistamalla uusilla laitteilla. Tällaisia olivat 70-luvulla kehitetty **Ulmaelektron Ulma vianilmais**<sup>96</sup> ja myöhemmin Puumalaisen tutkimuslaitoksen kehittämä **kamerapohjainen vianilmais**<sup>97</sup> sekä 80-luvulla kehitetty Hildecon **Hilcont kameravalvonta**<sup>98</sup>, jonka avulla pystyttiin kuvien tallennustekniikkaan perustuen analysoimaan ratakatkon aiheuttavia rainavikoja. Näistä on tullut maailmanlaajuisia myyntimenestyksiä.

Mittaus- ja säätötekniikan peruskomponentteja ovat yleensä kehittäneet suuret globaalit yhtiöt. Suomalaiset Ahlströmin Alcont ja Valmetin Damatic ohjausjärjestelmät kilpailivat menestyksellisesti näiden kanssa maailmanlaajuisesti. **Neleksen säätöventtiilit**<sup>99</sup> saavuttivat vahvan aseman maailmalla paperiteollisuudessa ja muussakin prosessiteollisuudessa. Erityisesti metallitiivisteiset pallo- ja läppäventtiilit sekä kehittyneet toimilaitteet ja asennoittimet kiinnostivat teollisuutta.

Uusi tekniikka mahdollisti myös uusien prosessimittauslaitteiden ja niihin integroitujen säätöjärjestelmien kehittämisen. Kehitystyö oli erittäin aktiivista. Aluksi Valmet kehitti tutkimusmenetelmän **nestepaksuuden mittaamiseksi viiralla**<sup>100</sup>. Pian Valmetin instrumenttitehtaalla oli markkinoilla uusia tuotteita. Myös Kajaani Elektroniikka kehitti Polaroxin ja Cormecin ohella useita mittauslaitteita kuten **optisen matalasakeusanturin**<sup>101</sup> ja siitä edelleen **RM-tuoteperheen**<sup>102</sup>, **kuidunpituusanalysointilaitteen**<sup>103</sup>, jne.

---

<sup>90</sup> [www.papermakerswiki.com/innovations](http://www.papermakerswiki.com/innovations) Cormec & Polarox (8.5)

<sup>91</sup> [www.papermakerswiki.com/innovations](http://www.papermakerswiki.com/innovations) Hiomon ohjaus AGMO (8.9)

<sup>92</sup> [www.papermakerswiki.com/innovations](http://www.papermakerswiki.com/innovations) Varianssikomponenttianalyysi (8.11)

<sup>93</sup> [www.papermakerswiki.com/innovations](http://www.papermakerswiki.com/innovations) Spektrianalyysi (8.13)

<sup>94</sup> [www.papermakerswiki.com/innovations](http://www.papermakerswiki.com/innovations) Sensodec (8.10)

<sup>95</sup> [www.papermakerswiki.com/innovations](http://www.papermakerswiki.com/innovations) Wedge (8.12)

<sup>96</sup> [www.papermakerswiki.com/innovations](http://www.papermakerswiki.com/innovations) Ulma vianilmais (8.23)

<sup>97</sup> [www.papermakerswiki.com/innovations](http://www.papermakerswiki.com/innovations) Kamerapohjainen vianilmais (8.25)

<sup>98</sup> [www.papermakerswiki.com/innovations](http://www.papermakerswiki.com/innovations) Hilcont kameravalvonta (8.26)

<sup>99</sup> [www.papermakerswiki.com/innovations](http://www.papermakerswiki.com/innovations) Neles-säätöventtiilit (8.27)

<sup>100</sup> [www.papermakerswiki.com/innovations](http://www.papermakerswiki.com/innovations) Nestepaksuuden mittaus viiralla (8.16)

<sup>101</sup> [www.papermakerswiki.com/innovations](http://www.papermakerswiki.com/innovations) Optinen matalasakeusanturi (8.17)

<sup>102</sup> [www.papermakerswiki.com/innovations](http://www.papermakerswiki.com/innovations) Kajaanin RM-tuoteperhe – Märkäosan matalasakeuksien mittalaittekehitystyö (8.19)

Paperitehtaan massankäsittelyn häiriöiden hallintaa varten kehitettiin menetelmiä painesihdin aiheuttaman **neliömassan vaihtelun analysoimiseksi**<sup>104</sup> sekä **hierrejauhimen terillemenon estämiseksi**<sup>105</sup>. Märän pään hallitsemiseksi kehitettiin **retention ja viiraveden sakeuden säätösystemi**<sup>106</sup> sekä **kalsiumkemian ja pH:n hallinnan järjestelmä**<sup>107</sup>.

Tutkittiin myös paperirainasta tapahtuvia mittausten menetelmiä. Puumalaisen tutkimuslaitos kehitti vianilmaisimien lisäksi **Roibox-antureita**<sup>108</sup> pintapainon ja kosteuden mittaukseen ja Ambertec puolestaan **pohjanmuodostusmittarin**<sup>109</sup>.

Myös laboratoriomittaustekniikkaa kehitettiin. Ehkä mielenkiintoisin innovaatio olivat Olavi Lehtikosken kehittämät **PaperLab ja PulpLab**<sup>110</sup>, joissa automatiikan ja robotiikan avulla pystyttiin siirtämään laboratoriomittaukset operaattoreille valvomoon.

## 9. Sivutuotteet ja selluloosan jatkojalosteet

Sellunvalmistuksessa hyödynnetään puun painosta noin puolet. Mahdollisuudet valmistaa siitä muutakin kuin paperia ovat siten kauan kiinnostaneet kemistejä ja teollisuutta. Puustahan voidaan valmistaa samat tuotteet kuin öljystä, mutta öljystä ei voi tehdä paperia! Koska kemiallisten tuotteiden valmistus puusta on kuitenkin paljon hankalampaa kuin öljystä, on puuperäisten kemikaalien taloudellinen kilpailukyky riippuvainen muiden markkinoilla olevien kilpailevien raaka-aineiden hintakehityksestä. Puun muiden osien kuin kuitujen hyötykäyttönä on aina ollut energiantuotanto eli poltto, mikä on sinänsä järkevää.

Keskuslaboratoriossa tutkittiin ja kehitettiin erilaisia prosesseja sulfiittisellun sivutuotteiksi. Tällainen oli muun muassa **Pekilo-proteiini**<sup>111</sup>, jonka teollinen valmistus alkoi 1975 Jämsänkoskella. Yhtyneillä Paperitehtailla kehitettiin myös uusi **menetelmä vanilliinin valmistamiseksi**<sup>112</sup> joko sulfiitti- tai sulfaattijäteliemestä. Tästä ei kuitenkaan syntynyt taloudellisesti kilpailukykyistä tuotetta.

Selluteollisuus suuntautui sulfaattiprosessin käyttöön, mikä johtui sen laajemmasta raaka-ainepohjasta, pienemmästä ympäristökuormituksesta sekä massan paremmista paperiteknisistä ominaisuuksista. Tämä lopetti sulfiittisellun ja sen sivutuotteiden valmistuksen Suomessa. Kun metsäteollisuutta uudelleen arvioidaan biojalostamona, nämä vanhat innovaatiot saattavat saada uuden elämän.

Keskuslaboratoriossa tutkittiin myös sulfaattiprosessin ligniinin hyväksikäyttöä. Kehitettiin **Karatex-liima** sekä **Lignobond-menetelmä**<sup>113</sup>. Näitä ei kuitenkaan saatu kaupallistettua menestyksellisesti.

Sulfaattisellun valmistuksessa on perinteisesti hyödynnetty mäntysuopaa jalostettavaksi erilaisiksi sivutuotteiksi. Kaukaan sulfaattisellutehtaalla käytettiin raaka-aineena sekä havu-

---

<sup>103</sup> [www.papermakerswiki.com/innovations](http://www.papermakerswiki.com/innovations) Kuidunpituusanalysaattori (8.18)

<sup>104</sup> [www.papermakerswiki.com/innovations](http://www.papermakerswiki.com/innovations) Painesihdin aiheuttama neliömassavaihtelu (8.14)

<sup>105</sup> [www.papermakerswiki.com/innovations](http://www.papermakerswiki.com/innovations) Hierrejauhimen terilleen menon esto (8.15)

<sup>106</sup> [www.papermakerswiki.com/innovations](http://www.papermakerswiki.com/innovations) Viiraveden sakeuden ja retention säätösystemi (8.20)

<sup>107</sup> [www.papermakerswiki.com/innovations](http://www.papermakerswiki.com/innovations) Paperin valmistusprosessin kalsiumkemian ja pH:n hallinta ja mallitus (8.21)

<sup>108</sup> [www.papermakerswiki.com/innovations](http://www.papermakerswiki.com/innovations) Roibox-anturit (8.24)

<sup>109</sup> [www.papermakerswiki.com/innovations](http://www.papermakerswiki.com/innovations) Ambertec pohjanmuodostusmittari (8.22)

<sup>110</sup> [www.papermakerswiki.com/innovations](http://www.papermakerswiki.com/innovations) PaperLab ja PulpLab (8.28)

<sup>111</sup> [www.papermakerswiki.com/innovations](http://www.papermakerswiki.com/innovations) Pekilo-proteiini (9.3)

<sup>112</sup> [www.papermakerswiki.com/innovations](http://www.papermakerswiki.com/innovations) Vanilliini (9.10)

<sup>113</sup> [www.papermakerswiki.com/innovations](http://www.papermakerswiki.com/innovations) Lignosulfonaatit, Karatex ja Lignobond menetelmä (9.4)



että koivukuitupuuta. Tästä johtuen eristetty sekasuopa ei kelvannut jatkojalostukseen. Ongelman ratkaisemiseksi kehitettiin **Crude Soap Refining-prosessi**<sup>114</sup>. Tästä saatava neutraaliaine oli lähtökohta erilaisille kemikaaleille, joista tunnetuin on **Benecol**-tuotteissa käytetty **sitostanoli**. **Oulu Oy:n Orgaanisen kemian teollisuus**<sup>115</sup> (nykyisin Arizona Chemical) jalosti valtaosan Suomen ja Ruotsin mäntyöljystä monipuolisesti erilaisiksi maali- ja kemianteollisuuden sekä elintarvike- ja kosmetiikkateollisuuden raaka-aineiksi.

Suomen Sokeri ryhtyi 60-luvun lopulla omiin tutkimuksiinsa perustuen valmistamaan koivusta **hedelmäsokeria** ja hieman myöhemmin myös **ksylitolia**<sup>116</sup>. Tässä ei ole siis kysymys selluteollisuuden sivutuotteeseen vaan suomalaisen puukemiaan perustuvasta innovaatiosta.

Selluloosaa voidaan käyttää myös muuhun kuin paperinvalmistukseen. Tunnetuin sovellutusala on tekstiiliteollisuus, jossa käytetään liukosellusta kehrättyä viskoosikuitua. KCL:ssä kehitettiin tähän prosessiin parannettu menetelmä, **SINI-liukoselluprosessi**<sup>117</sup>, mutta tästä ei tullut kaupallista menestystä. Nyt tällä alalla odotetaan uutta nousukautta puuvillan tuotannon ongelmien vuoksi. Tampereen teknillisessä yliopistossa on **selluloosan liuotukseen kehitetty uusi prosessi** viskoosimenetelmän tilalle<sup>118</sup>. Neste aloitti **selluloosakarbamaattien**<sup>119</sup> tutkimisen, jota on jatkettu VTT:llä. Näillä innovaatioilla saattaa olla käyttöä tekstiilikuitujen tai kalvojen valmistuksessa.

Liuotetusta selluloosasta voidaan myös tehdä erilaisia johdannaisia. Suomessa Metsäliitto on panostanut **CMC:n** (karboksimeetyliselluloosa)<sup>120</sup> valmistustekniikan ja tuotteen kehitykseen.

Viime vuosina on kiinnostus puun käyttöön muuhunkin kuin massan ja paperin valmistukseen taas voimakkaasti lisääntynyt. Biotalouteen pyrkivä metsäteollisuus keskittää merkittävästi voimavaroja uusien kemiallisten tuotteiden kehittämiseen puusta tai sellunvalmistuksen sivuvirroista. Ollaan palaamassa puun jalostamisessa samaan lähtöpisteeseen, josta tervanpolttajat aikoinaan aloittivat.

## 10. Energia

Energian säästävä käyttö on ollut useimmissa innovaatioiden kehitysprojekteissa enemmän tai vähemmän huomioon otettuna tekijänä, joka on kuitenkin vain harvoin tuotu näkyvästi esille innovaatiokronikoissa. Itsestään selvänä pyrkimyksenä on energiansäästö ymmärretty tuotteiden valmistuksen ja prosessien ominaiskulutuksen vähentämisenä.

Energian tuotantopuolella kehitettiin eräitä erittäin laajavaikutteisia innovaatioita, joiden ansiosta primäärienergian hyötysuhdetta saatiin ratkaisevasti parannettua ja polttoainevalikoimaa laajennettua. Aivan erikoisesti mainittakoon **sähkön ja lämmön yhteistuotanto**<sup>121</sup> ns. vastapainelaitoksissa sekä erilaisten polttoaineiden, kuten kuoren, hakkeen ja metsätähtien, käytön mahdollistaminen **leijukerrospolttolaitoksissa**<sup>122</sup>.

---

<sup>114</sup> [www.papermakerswiki.com/innovations](http://www.papermakerswiki.com/innovations) Sekasuovan jalostus- ja sitosteroliprosessit (9.1)

<sup>115</sup> [www.papermakerswiki.com/innovations](http://www.papermakerswiki.com/innovations) Oulun mäntyöljy- ja tärpättijalosteet (9.9)

<sup>116</sup> [www.papermakerswiki.com/innovations](http://www.papermakerswiki.com/innovations) Ksylitoli (9.2)

<sup>117</sup> [www.papermakerswiki.com/innovations](http://www.papermakerswiki.com/innovations) SINI liukoselluprosessi (9.6)

<sup>118</sup> [www.papermakerswiki.com/innovations](http://www.papermakerswiki.com/innovations) Selluloosan suoraliuotus (9.8)

<sup>119</sup> [www.papermakerswiki.com/innovations](http://www.papermakerswiki.com/innovations) Selluloosakarbamaatit (9.7)

<sup>120</sup> [www.papermakerswiki.com/innovations](http://www.papermakerswiki.com/innovations) CMC (9.5)

<sup>121</sup> [www.papermakerswiki.com/innovations](http://www.papermakerswiki.com/innovations) Sähkön ja lämmön yhteistuotanto (10.1)

<sup>122</sup> [www.papermakerswiki.com/innovations](http://www.papermakerswiki.com/innovations) Leijukerrospolttolaitos, Pyroflow kuorikattila (10.2)

**Taajuusmuuttuja sähkömoottoreissa**<sup>123</sup> on erinomainen esimerkki innovaatiosta energiakulutuksen pienentämiseksi.

**Savukaasupesurin**<sup>124</sup> kehitystyöllä saavutetut tulokset ovat olleet tärkeitä rikkipäästöjen vähentämiseksi.

Energian tuotantoon tai käyttöön liittyy paljon kehitystyötä, joka on tehty paperiteollisuuden ulkopuolella, mutta jota on sovellettu paperiteollisuudessa. Verkkosivut eivät kata tätä aluetta.

## 11. Ympäristönsuojelu

Ympäristönsuojelualueella tehty innovaatiotyö on pitkälle analoginen edellä käsitellyn energiasektorin kanssa. Ympäristön huomioonottaminen on ollut itsestäänselvyys kaikessa kehitystyössä.

Ympäristönsuojelun vaatimukset vaikuttivat voimakkaasti erityisesti sellutehtaan prosessikehitykseen, jota koskevia innovaatioita on verkkosivuilla kohdassa ”Sellun valmistus”. Sellutehtaan prosessin sisäisillä muutoksilla pyrittiin pienentämään prosessissa syntyviä haitallisia yhdisteitä ja myös rajoittamaan jäteveden määriä.

**Sellutehtaan vesikierron sulkeminen**<sup>125</sup> tuli välttämättömäksi, jotta tehtaan jätevesimäärä olisi saatu riittävän pieneksi aktiivilietelaitoksen mitoituksen kannalta. Sulkemisasteen kasvu edellytti myös kloorikaasun käytön radikaalia rajoittamista, jotta valkaistun massan laatu ja prosessilaitteiden korroosio olisivat hallittavissa. Tämä toi mukanaan useita prosessin sisäisiä muutoksia, kuten **keiton jatkaminen** esimerkiksi Super Batch (RDH) keitolla<sup>126</sup>, **happidelignifiointi**, elementaarikloorin korvaaminen **klooridioksidilla**, sekä erilaisten kloorittomien valkaisukemikaalien käytön, mm. otsonivalkaisu, **vetyperoksidi**<sup>127</sup>, **peroksyetikkahappo**<sup>128</sup>, ja **entsyymien käyttö**<sup>129</sup>.

Verkkosivuilla on ympäristönsuojelun yleiskatsaus<sup>130</sup>, jossa käsitellään seuraavia prosessin ulkopuolisia ympäristönsuojelutoimia:

1950- ja 1960-luvuilla kehitystyötä kohdistettiin vesistöissä olleiden kuitujen talteenottoon ja käyttöön tuotteissa. Toiminta jatkui 1970-luvun alkupuolelle, jolloin mekaaniset selkeyttämöt poistivat haitat jätevesien suurista kiintoainepäästöistä.

1970-luvun energiakriisit pakottivat teollisuuden käyttämään kuorta ja puujätteitä energialähteenä, millä oli merkittäviä vaikutuksia sekä ilmapäästöjen laatuun että määriin.

Ahlströmin Varkauden sellutehtaan uudistustyön yhteydessä 1970-luvun lopulla ja 1980-luvun alussa toteutettiin mittava tilapäisten ylijuuksujen esto-ohjelma vesistö-päästöjen pienentämiseksi. Toinen saman tehdasprojektin hanke liittyi sellutehtaan väkevien ja laimeiden hajukaasujen käsittelyjärjestelmään. Kehitettyä tekniikkaa on pääosiltaan pienin muutoksin sovellettu sen jälkeen kaikissa Suomessa toteutetuissa vastaavissa hankkeissa.

---

<sup>123</sup> [www.papermakerswiki.com/innovations](http://www.papermakerswiki.com/innovations) Taajuusmuuttajat (10.3)

<sup>124</sup> [www.papermakerswiki.com/innovations](http://www.papermakerswiki.com/innovations) Savukaasupesurit (10.5)

<sup>125</sup> [www.papermakerswiki.com/innovations](http://www.papermakerswiki.com/innovations) Sellutehtaan sulkeminen (2.15)

<sup>126</sup> [www.papermakerswiki.com/innovations](http://www.papermakerswiki.com/innovations) Syrjäytyseräkeitto (2.2)

<sup>127</sup> [www.papermakerswiki.com/innovations](http://www.papermakerswiki.com/innovations) Valkaisun kehitys (2.9)

<sup>128</sup> [www.papermakerswiki.com/innovations](http://www.papermakerswiki.com/innovations) Peroksyetikkahapon käyttö valkaisuissa (2.12)

<sup>129</sup> [www.papermakerswiki.com/innovations](http://www.papermakerswiki.com/innovations) Sellun entsyymiavusteinen valkaisu (2.10)

<sup>130</sup> [www.papermakerswiki.com/innovations](http://www.papermakerswiki.com/innovations) Ympäristönsuojelun innovaatioita (11.1)

Jätevesien biologinen käsittely oli alkanut jo 1960-luvulla ilmastetuilla lammikoilla. Myöhemmin haluttiin käyttää aktiivilieteprosessia lähinnä kiintoainepoiston tehostamiseksi. Tutkimushankkeista merkittävin oli TESI-projekti, jossa selviteltiin aktiivilietelaitosten jälkiselkeytystä sekä ravinteiden vapautumista. TESI-projektissa toteutettiin myös urauurtava tutkimus teollisuuden kloorinkäytön ympäristövaikutuksista.

1980-luvun lopulla käynnistettiin teollisuuden kustantama ja Tampereen teknillisen korkeakoulun koordinoima MEBITE-projekti. Sen tavoitteena oli selvittää aktiivilietelaitosten huonon toiminnan syyt ja esittää ehdotuksia hyvistä mitoitus- ja toimintatavoista. Lisäksi kehitettiin puhdistamon ohjausjärjestelmä, jonka ensimmäinen kokeiluversio asennettiin UPM:n Jämsänkosken tehtaalle. Projektin suositukset otettiin 1990-luvulla käyttöön varsinkin uusissa ja uudistetuissa laitoksissa.

Pöyryllä kehitettiin 1990-luvulla **Conox**<sup>131</sup>-laitteisto alhaisen polttoarvon sisältämien jäte-liemien käsittelemiseksi ja haittavaikutusten poistamiseksi hapettamalla. Ensimmäinen sovellutus koski valkaisu suodospäästöjen ulkoista käsittelyä. Samaan aikaan tehtiin voimakasta kehitystyötä prosessin sisäisten toimintojen uudistamiseksi. MC-tekniikan avulla voitiin muun muassa vähentää vesimääriä. Samalla voitiin tehokkaasti jäteveden käsittelyä avulla pienentää päästöjen haittavaikutuksia asetettujen raja-arvojen tasolle.

Toinen Conox-sovellus oli sellun keittojäteliemien kemikaalien talteenotto yksivuotisten kasvien (non-wood) soodaprosessissa. Aikaisemmat menetelmät eivät olleet sovellettavissa näihin kohteisiin huonon hyötysuhteen ja korkeiden investointikustannusten takia. Conox-menetelmässä alhaisen polttoarvon liemi hapetetaan hapella korkeassa (10 bar) paineessa. Yksivuotisten kasvien keiton jäteliemien käsittelyn lisäongelma on liemeen siirtyvä kasvien korkea silikaattipitoisuus, joka vaikeuttaa liemen konsentroimista haihduttamalla. Tätä varten Pöyryllä kehitettiin silikaatin poistomenetelmä Conox-reaktorista saatavan hiilidioksidin avulla.

## 12. Tutkimusosastot ja -keskukset

**Keskuslaboratorion**<sup>132</sup> (KCL) toiminta on omistajataustansa vuoksi kattanut laajasti koko massan- ja paperinvalmistuksen kentän. Koska KCL on toiminut nimenomaan omistajiensa tutkimuskeskuksena, se on myös osallistunut useimpien teollisuuden merkittävien kehitysuuntausten eteenpäin viemiseen. Näissä KCL:n merkitys on ollut suuri kehityshankkeiden edellyttämän perustiedon hankkimisessa sekä prosessien ja ilmiöiden ymmärryksen lisäämisessä. KCL on siten merkittävä tavalla osallistunut mekaanisen massan valmistuksen ja erityisesti hiertotekniikan kehittämiseen, sellun keiton ja valkaisuun kehittämiseen ja optimoimiseen niin tuotteen laadun kuin ympäristövaatimusten kannalta sekä paperin pinnan kehittämiseen painatukseen sopivaksi. Näitä tehtäviä varten KCL:oon rakennettiin maailmanlaajuisesti ainutlaatuisen monipuolinen koetehdas tutkimuksen kehittämien ideoiden soveltuvuuden testausta sekä yritysten tuotekehitystä varten.

1960-luvulta aina 1980-luvun loppuun saakka KCL:ssa tehtiin merkittävää työtä myös seluteollisuuden jäteliemien hyödyntämisessä. Silloin nämä ligniinin hyödyntämiseen tähtäävät hankkeet eivät vielä johtaneet pysyvään kaupallisten tuotteiden valmistukseen, mutta niiden tulokset muodostavat erinomaisen pohjan 2010-luvun biojalostamotekniikan kehittämiseksi. Silloinen tutkimus oli aikaansa edellä!

---

<sup>131</sup> [www.papermakerswiki.com/innovations](http://www.papermakerswiki.com/innovations) Conox (11.3)

<sup>132</sup> [www.papermakerswiki.com/innovations](http://www.papermakerswiki.com/innovations) Keskuslaboratorio

Erilaiset prosessimittaukset ovat olleet myös merkittävä KCL:n toiminta-alue. Näiden mittausten avulla prosessien häiriötiloja voidaan kartoittaa ja häiriöiden syitä selvittää ja siten lisätä prosessien toimintavarmuutta, tuotteiden laatua sekä koneiden tuottavuutta. Toimintansa alkuvaiheessa, 1920- ja 1930-luvuilla, eräs KCL:n hyvin merkittävä tehtävä oli massa- ja paperituotteiden silloin niin olemattoman perusanalytiikan kehittäminen. Tämä työ jatkui myöhemminkin ja nivoutui läheisesti yhteen tuotteiden yhteisen markkinoinnin kanssa. Tässä mielessä sen merkitys oli suuri aina 1990-luvulle saakka.

**Enso-Gutzeitin**<sup>133</sup> strategiassa korostui vuodesta 1962 tuotteiden jalostusasteen nosto ja siirtyminen valkaistujen laatujen tuotantoon. Imatran tutkimuskeskus aloitti toimintansa vuonna 1969. Vuonna 1973 siihen liitettiin myös ympäristönsuojelulaboratorio tehtävänä ottaa ympäristö huomioon uusia tuotteita kehitettäessä. Tutkimuskohteina olivat:

- elintarvikekartongit (nestepakkauskartonki, aseptiset kartongit tarkoituksiin, joissa aromien hyvä säilymiskyky on tärkeää kuten mehu- ja viinipakkaukset, muut valkoiset pakkauskartongit pakasteisiin ja juomakuppeihin),
- lämmönkestävä kartonki
- jatkolomake-, ja itsekopioitava paperi sekä kopio- ja tulostuspaperit,
- ohuehko, päällystetty puolikiiltävä aikakauslehtipaperi,
- laminaattipaperi.

Ennakkoluuloton toimenpide oli 1969 Kaukopäähän rakennettu Enso-Gutzeitin ja Valmetin yhteishankkeena toimiva tehdasmittainen koepaperikone (työleveys 3,2 metriä, max. nopeus 1200 m/min). Kone oli sekä tuotantokäytössä että koetoiminnassa.

**Kaukaan**<sup>134</sup> tutkimusosasto, jonka vastuulla oli koko yhtiön tutkimus, perustettiin vuonna 1961. Tällöin työ keskittyi sulfiittiselutehtaan ja tekosilkkitehtaan kohteisiin sekä ympäristökysymyksiin. Tämän lisäksi uusi sulfaattiselutehdas, joka valmisti täysvalkaistua koivusellua, tarvitsi tukea uuden ja tuntemattoman sellulaadun markkinointiin sekä klooridioksidivalkaisuun ja uuteaineiden hallintaan. Korroosio- ja ilmansuojelukysymykset tulivat myös tutkimusohjelmaan. Uusi sellutehdas johti raaka-aineselvityksiin ja sahanpurukeittimen toteuttamiseen. Kaukaalle rakennettiin myös kemiallinen tehdas, joka tarvitsi runsaasti tutkimusresursseja. Nordland Papier hienopaperitehtaan kuituselvitykset johtivat paperimassojen tutkimukseen, jota lisättiin Kaukaan LWC-paperiprojektia varten. Paperitehtaan mukana pohjapaperin lujuuskysymykset, paperinvalmistuksen kemia, päällystystekniikka sekä painotekniikka nousivat painopistealueiksi valmistettaessa korkealaatuisia kevyesti päällystettyjä papereita.

**Kemi Oy:n**<sup>135</sup> laaduntarkkailulaboratorioista kehittynyt tutkimusosasto toimi Kemissä vuodesta 1958 itsenäisenä osastona neljä vuosikymmentä. Pohjoisen Suomen raakapuun ominaisuuksia sulfaattiselun raaka-aineena ei ollut juurikaan tutkittu. Todettiin tarpeelliseksi selvittää mäntykuitupuun puunkulutukseen, sivutuotesaantoihin ja saatavan sellun jauhautumis- ja lujuusominaisuuksiin vaikuttavia tekijöitä, kuten puun tiheys, keittosaanto, jauhautumisnopeus ja lujuusominaisuudet. Ominaisuuserojen ymmärtäminen auttoi osaltaan yhtiötä suuntaamaan kehitystyötään tuotteisiin, joissa Pohjois-Suomen puun hyvät ominaisuudet olivat eduksi. Näitä tuotteita olivat sähkötekniset eristyscellut ja kraftliner-kartonki. Kaapeli- ja kondensaattoripaperien valmistuksessa käytettävien sellulaatujen toimittajana Kemi-

---

<sup>133</sup> [www.papermakerswiki.com/innovations](http://www.papermakerswiki.com/innovations) Enso-Gutzeit / Stora Enso, Imatra

<sup>134</sup> [www.papermakerswiki.com/innovations](http://www.papermakerswiki.com/innovations) Kaukas

<sup>135</sup> [www.papermakerswiki.com/innovations](http://www.papermakerswiki.com/innovations) Kemi

yhtiö saavutti vuosituhatvuotisen viime vuosikymmeninä kiistattoman johtoaseman maailmassa. Samantapainen kehitys tapahtui pienellä viiveellä päällystettyjen valkopintaisten lainerilautujen kohdalla. Muita Kemyhtiön erikoistuotteita ovat olleet normaalisäntöinen ja säursäntöinen natriumbisulfiittiselluloosa. Edellinen oli markkinasellöna ainoa laatuuaan Suomessa.

**Kymin Osakeyhtiö**<sup>136</sup> sai vuonna 1960 uudet ja ajanmukaiset tilat tutkimustoimintaa varten ja samalla tutkimuslaitoksesta kehittyi itsenäinen, tulostavastuullinen yksikkö. Tärkeimpiä tutkimusaktiviteettejä 1900-luvun jälkipuolella olivat:

- Suomessa tapahtuvaan sellun valmistukseen liittyvät aiheet kuten klooridioksidi ja peroksidi valkaisuaineena, koivu erilaisten massojen raaka-aineena, kuusimagnefitesulfiitti, sulfaattisellulle uusi viisivaihevalkaisu, happivalkaisu sekä koivusulfaatin uuteaineet eli ”pihka”.
- Uusi puunsuoja-aine Sinesto.
- Paperin raaka-aineiden kehitys, kuten kaoliinit, satiinivalkoinen pigmentti, talkki, jauhettu kalsiumkarbonaatti, liitu ja säostettu kalsiumkarbonaatti sekä vehnätkerkelykset.
- Paperiin ja sen jalostukseen liittyvät aktiviteetit, kuten päällystystekniikka, itsejäjentävät kopiopaperit, muovipaperi, kuitukangas sekä kartongin laminointi.
- Ulkomaiset puulajit, kuten Kanadan toimintaa koskien hemlock, balsam, spruce, pine ja cedar, USA:n toimintaa koskien southern pine sekä Brasilian toimintaa koskien *Gmelina Arborea* ja *Pinus caribbea*.

**Metsäliiton**<sup>137</sup> tutkimustoiminta oli laajaa ja se pyrki eri sektoreilla omiin ratkaisuihinsa. Tehävänsä mukaisesti Metsäliitto on jatkuvasti pyrkinyt kehittämään uusia puun käyttöön perustuvia tuotteita. Sulfaattisellun valmistukseen liittyvä teknologia on alusta alkaen muodostanut yhden osaamisen panostusalueen, koska prosessissa voidaan käyttää kaikkia Suomessa kasvavia puulajeja. Mekaanisilla massoilla kuitua voi räätälöidä tavoitteena olevan lopputuotteen tarpeiden mukaan. Tämä antaa pysyvää kilpailuetua sekä lisää puustamaksukykyä. Näistä syistä mekaaniset massat ovat myös olleet ydinosaamisaluetta. Paperiteollisuus on luonnollinen jatko selluteollisuudelle. Suuruuden ekonomin lisäksi painopaperisektorilla pyrittiin innovatiivisiin paperituotteisiin. Kemian teollisuus on tutkimustoiminnassaan toiminnut sekä omista lähtökohdistaan että linkittynyt paperiteollisuuden tarpeisiin. Ympäristöky-symyksissä on kiinnitetty huomiota sekä vesi- että ilmakysymyksiin ja tällöin ratkaisuihin on pyritty erityisesti prosessien sisäisen kehityksen avulla.

**Nokian puunjalostuksen**<sup>138</sup> T&K -osasto perustettiin 1970. Kehityshankkeista mainittakoon ratalevydeiltään 0,8 metriä leveä pehmopaperikoekone Noval, joka oli yhteishanke Nokian ja Valmetin kesken. Koneella kuivatuksessa sovellettiin Nokian kehittämää läpipuhallustekniikka (TAD = Through Air Drying). Pehmopaperituotantoon liittyi korkeavärisen lautasliinapaperin kehitys, Yankeesylinterin kovametallipinnoitus sekä kiertokuidun siistaus ja käyttö. Sulfiittisellutehtaalla kehitettiin keiton tietokoneperustainen ohjaus Autosulphite yhdessä Nokia Elektroniikan kanssa.

---

<sup>136</sup> [www.papermakerswiki.com/innovations](http://www.papermakerswiki.com/innovations) Kymin osakeyhtiö

<sup>137</sup> [www.papermakerswiki.com/innovations](http://www.papermakerswiki.com/innovations) Metsäliiton teollisuus

<sup>138</sup> [www.papermakerswiki.com/innovations](http://www.papermakerswiki.com/innovations) Nokia

**Oulu Oy:n**<sup>139</sup> tutkimustoiminta keskittyi selluloosatehtaan prosessitekni- sen kehitystyön lisäksi selluloosatehtaan orgaanisten sivutuotteiden jalostamiseen. Tämä Orgaanisen kemian- teollisuuden tutkimustyö on tuonut huomattavan määrän erilaisia tuotekehitysratkaisuja ja - patentteja sekä mäntyöljyn että tärpätin hyödyntämiseen kemianteollisuudessa sekä myös elintarviketeollisuuden alueella.

**G.A. Serlachiuksella**<sup>140</sup> perustettiin Mänttään vuonna 1954 koko yhtiön toimintaa palveleva tutkimuslaboratorio, josta tuli vuonna 1971 yhtiön T&K-osasto. Sulfiittiselutehtaalla kehitettiin hakevarastointia ja käytettiin tensidejä valkaisussa sellun hartsipitoisuuden alentamiseksi. Vuonna 1982 käynnistyi Pekilo-proteiinirehutehdas. Pergamiinipaperin laadulle tärkeää massojen vedenpoistoa kehitettiin sopivammaksi kehittämällä jauhatuksen luonnehtimista. Vuonna 1962 tuotiin markkinoille silikonilla pintakäsitelty leivinpaperi. Vuonna 1965 löydettiin sopivia muovilaatuja filmipäällistykseksi, jolloin syntyivät Gasella-pergamiini, rasvankääre sekä keksipakkaumateriaaleja. Kreppilajit valmistettiin omasta sulfiittimassasta, ostohiokkeesta ja lehtipuusellusta. Vuodesta 1965 alkaen otettiin käyttöön myös siistausmassa. Keräyspaperia siistattiin alussa vaahdottamalla ja vuodesta 1985 alkaen pesumenetelmällä. Kreppipapereille kehitettiin erikoiskoestusmenetelmiä. Tutkimusosasto osallistui myös jalosteiden pakkausmateriaalien kehitykseen.

**Tampellan metsäteollisuuden**<sup>141</sup> tutkimusosasto perustettiin 1962. Se muutettiin pian Met- säteollisuuden ja Konepajan yhteiseksi kehitys- ja tutkimusosastoksi. Toimintaympäristö oli monitahoinen, kun Konepajan laitekokeilut laajenivat kartongin formeryksikköjen ohella käsittämään mm. lastuhierteen koejauhimen, massan lajittimia ym. Keskeisiä tutkimus- ja kehityshankkeita mekaanisen massan osalta olivat lastuhierre (RMP), kemihierre, kuuma- hierre (TMP) ja painehioke (PGW) sekä hiokkeen valkaisu. Muita aiheita olivat mm. keräys- paperi aallotuskartongissa sekä märkämenetelmään perustuva kuitukankaan valmistus. Ko- nepaja rakensi Inkerisiin koekartonkikoneen.

**Yhtyneet Paperitehtaat Oy:n** keskushallinnon<sup>142</sup> tekniseen ryhmään perustettiin vuonna 1971 tutkimusosasto tukemaan tehtaille perustettujen TKS-osastojen toimintaa. Keskeisimpiä 70-luvun tutkimus- ja kehitystyön kohteista olivat Tervasaaren sulfiittiselutehtaan laatu-, ympäristö- ja kannattavuusongelmien selvittäminen, Jylhävaaran ja Kaipolan yhteisin ponnis- tuksin tekemän hierreprosessin kehittämistyön tukeminen sekä Jämsänkosken sulfiittiseluun pohjautuvan hienopaperitehtaan uudistamisen tukeminen. Vuodesta 1982 vuoteen 1996 tapahtuneeseen UPM-fuusioon saakka tutkimuskeskus teki päätyönsä Yhtyneiden puupitois- ten painopaperien isoihin kehitysprojekteihin. Uraa uurtavaa työtä tehtiin aikakauslehtipa- periin sopivan hierremassan ja -prosessin kehittämiseksi. Eväitä luotiin myös siistausmassan runsaaseen käyttöön sanomalehtipaperissa ja merkittävään käyttöön myös aikakauslehtipa- perissa. Hierteen ja siistausmassan käyttöön otosta, paperikoneiden nopeuden kasvusta sekä vedenkäytön vähentämisestä johtuviin, paperikoneen ajettavuutta heikentäviin tahmo- ja pihkaongelmiin etsittiin ja löydettiin ratkaisuja.

Painopaperin tuotantoon rakennettu ylikapasiteetti ja reaalihintojen lasku sekä nousevat energian ja raaka-aineiden hinnat suuntasivat tutkimus- ja kehitystyön painopisteen jo 90-

---

<sup>139</sup> [www.papermakerswiki.com/innovations](http://www.papermakerswiki.com/innovations) Oulu

<sup>140</sup> [www.papermakerswiki.com/innovations](http://www.papermakerswiki.com/innovations) Serlachius

<sup>141</sup> [www.papermakerswiki.com/innovations](http://www.papermakerswiki.com/innovations) Tampella

<sup>142</sup> [www.papermakerswiki.com/innovations](http://www.papermakerswiki.com/innovations) Yhtyneet Paperitehtaat

luvun alkupuolella kustannussäästöjen etsintään. Valkeakosken tutkimuskeskus<sup>143</sup> jatkoi tätä työtä vuoden 2004 loppuun saakka yhtenä UPM-Kymmeneen tutkimuskeskuksista keskittyen työnjaossa mekaanisten massojen ja päällystämättömien painopaperien tutkimukseen. Kehitettiin teknisiä ratkaisuja neliömassojen alentamiseen ja lujitesellun käytön minimointiin. Kehitetyille investointi- ja käyttökustannuksiltaan edullisimmille tuote- ja tuotantokonseptihahmotelmille ei muuttuneessa maailmassa enää kuitenkaan käyttöä löytynyt.

Edellä mainittujen yhtiöiden lisäksi metsäteollisuudella on ollut tutkimuslaitoksia seuraavissa yhtiöissä: Ahlström, Joutseno Pulp, Kajaani, Kyro, Myllykoski, Rauma-Repola, Schauman, Sunila, Tervakoski ja Veitsiluoto. Näistä yhtiöistä ei kuitenkaan ole saatu toistaiseksi kronikkaa verkkosivuille.

---

<sup>143</sup> [www.papermakerswiki.com/innovations](http://www.papermakerswiki.com/innovations) Yhtyneet Paperitehtaat, Valkeakosken tutkimuskeskus





timuksia prosessilaitteiden korroosiokestävyydelle. Lujitemuovin käyttö yleistyi valkaisu-  
torneissa, säiliöissä ja putkistoissa, samoin kuin korroosiota kestävien teräslaatujen käyttö  
katodisesti suojatuissa<sup>146</sup> pumpuissa, suodinrummuissa ja säiliöissä.

Keskisakeustekniikka massan pumppauksessa ja kemikaalisekoituksissa sekä diffusöörise-  
su ruskean massan pesussa ja valkaisuissa olivat tekniikoita, joiden avulla voitiin vähentää  
suodosten käyttöä sellun laimennukseen. Keskisakeustekniikan suomalainen kehittäjä Johan  
Gullichsen sai keksinnöstään Wallenberg-palkinnon vuonna 1986. Gullichsenin keskisakeus-  
tekniikan kehittämistä voitaneen pitää tärkeimpänä sellunkeiton yksittäisenä keksintönä sit-  
ten sulfaattisellun täysvalkaisu<sup>147</sup>.

Eräs tärkeimmistä sellutehtaan kehitykseen vaikuttaneista tekijöistä on ollut pyrkimys ra-  
joittaa prosessin aiheuttamaa vesistökuormitusta. Tämän merkitys on edelleen korostunut  
tehdaskoon voimakkaan kasvun vuoksi. Keskeiset keinot vesistökuormituksen pienentämi-  
seksi ovat olleet tehtaan kierroltaan suljetun prosessiosan vieminen yhä matalampaan lignii-  
nipitoisuuteen jatkettuna keittoprosessin ja happidelignifioinnin avulla, vedenkäytön vähen-  
täminen valkaisuodoksia kierrättämällä sekä sellutehtaan jäteveden ulkoinen puhdistus<sup>148</sup>.  
Kehitys- ja tehokkuusasteiltaan erilaisia ulkoisia puhdistusmenetelmiä olivat suodatus kuitu-  
jen talteen ottamiseksi sekä ilmastettu lammikko ja aktiivilietelaitos orgaanisen kuormituk-  
sen vähentämiseksi<sup>149</sup>. Erilaisia kemiallisia käsittelymenetelmiä on myös kokeiltu, mm. Fen-  
notriox<sup>150</sup>-innovaation avulla.

Huomionarvoisista suomalaisista valkaisuusekvenssiin kohdistuneista parannuskeksinnöistä  
mainittakoon valkaisu edeltävä massan käsittely ksylanaasientsyymeillä<sup>151</sup> sekä hek-  
seeniuronihapon löytö<sup>152</sup> keitetystä massasta ja sen poistaminen ennen valkaisu. Molem-  
mat vähentävät valkaisu- ja kemikaalien tarvetta, parantavat massan laatua sekä keventävät val-  
kaisujätevesien määrää ja puhdistustarvetta.

Tehdaskoon kasvu ja prosessin sisäisten kierrätysten käyttö olivat tekijöitä, jotka lisäsivät  
tarkan prosessin hallinnan tarvetta. Autocook<sup>153</sup> ja Autobleach<sup>154</sup> kehitettiin keiton ja valkai-  
sun hallintaan. Seuraavassa kehitysvaiheessa syntyivät digitaaliset ohjausjärjestelmät, jotka  
pystyivät käsittelemään suuria määriä ohjaus- ja mittautustietoja ja hyödynsivät lukuisia läm-  
pötilan, pH:n, massan sakeuden ja virtausnopeuden sekä erilaisten optisten ominaisuuksien  
ja kemikaalipitoisuuksien mittauksiin kehitettyjä antureita, joita olivat mm. Kajaani Elektro-  
niikan Cormec ja Polarox<sup>155</sup>.

---

<sup>146</sup> [www.papermakerswiki.com/innovations](http://www.papermakerswiki.com/innovations) Katodinen suojaus (2.16)

<sup>147</sup> [www.papermakerswiki.com/innovations](http://www.papermakerswiki.com/innovations) MC pumppu ja MC teknologia (2.3)

<sup>148</sup> [www.papermakerswiki.com/innovations](http://www.papermakerswiki.com/innovations) Valkaisuun kehitys (2.9)

<sup>149</sup> [www.papermakerswiki.com/innovations](http://www.papermakerswiki.com/innovations) Ympäristönsuojelun innovaatioita (11.1)

<sup>150</sup> [www.papermakerswiki.com/innovations](http://www.papermakerswiki.com/innovations) Fennotriox (11.2)

<sup>151</sup> [www.papermakerswiki.com/innovations](http://www.papermakerswiki.com/innovations) Sellun entsyymiavusteinen valkaisu (2.10)

<sup>152</sup> [www.papermakerswiki.com/innovations](http://www.papermakerswiki.com/innovations) Hekseeniuronihappo ja sen poisto sellun valmistuksessa (2.11)

<sup>153</sup> [www.papermakerswiki.com/innovations](http://www.papermakerswiki.com/innovations) Autocook (8.3)

<sup>154</sup> [www.papermakerswiki.com/innovations](http://www.papermakerswiki.com/innovations) Sellun valkaisuun säätö / Autobleach (8.4)

<sup>155</sup> [www.papermakerswiki.com/innovations](http://www.papermakerswiki.com/innovations) Cormec & Polarox (8.5)

## 2. 2010-luvun yksilinjainen miljoonan tonnin sellutehdas

### Yleistä

Edellä kuvatut innovaatiot sekä suomalaisten eri osapuolien välinen yhteistyö mahdollisti hyvien käytäntöjen kokeilemisen ja käyttöönoton suomalaisilla tehtailla. Ympäristönsuojelun tiukat vaatimukset edellyttivät myös järjestelmien kehittämistä. Näiden kokemusten siirtäminen kotimaisten investointien lisäksi kansainvälisiin projekteihin antoi suomalaisille suunnittelijoille ja laitetoimittajille huomattavasti laajemman kehittämiskentän. Tämä johti jatkuvaan kapasiteetin skaalaamiseen ylöspäin, koska nopeakasvuiset istutusmetsät antoivat mahdollisuuden suurempiin yksikkökokoihin. Lisäksi erityisesti aasialaisten toimijoiden kova keskinäinen kilpailu kasvavilla sellumarkkinoilla sai aikaan nopean kapasiteettien nousun.

Kansainvälisissä projekteissa oli vielä 1980-luvulla suuri määrä yksikköprosessilaitetoimittajia. Esimerkiksi puunkäsittelyn alueella saattoivat kaikki viisi potentiaalista laite-toimittajaa olla suomalaisia. Toimialajärjestelyt keskittivät vähitellen kilpailun nykyisiin kahden pääasialliseen laitetoimittajaan (Metso ja Andritz), joiden molempien laite- ja prosessikehitystausta on vahvasti Suomessa ja suomalaisessa osaamisessa. Molemmat toimittajat pystyvät toimittamaan koko tehdaskokonaisuuden täydentämällä omaa laitekantaansa joillakin ulkopuolisilla oheisprosesseilla.

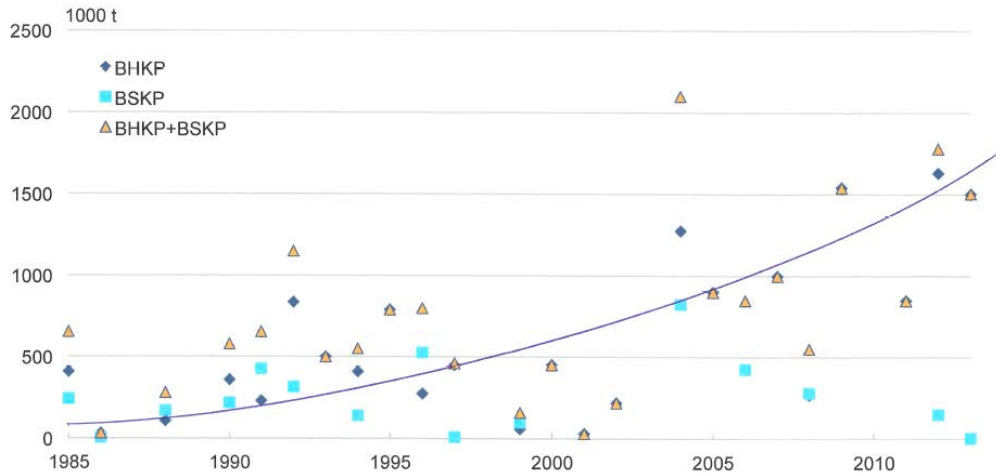
Uuden sellutehdaslinjan suunnittelun lähtökohtana ovat:

- käytettävissä olevan puun määrä, laatu ja puunhankintaan liittyvä logistiikka
- tuotettavan massan laatu ja sen markkinat
- saatavissa olevat resurssit (henkilöstö, palvelut, käyttöhyödykkeet, ...)
- käytettävissä oleva teknologia.

Sellutehtaan tyypillinen kapasiteetti oli 1960-luvulla 100 000 ADt. Yleisesti ottaen tehdaskoon määrävänä teknisenä tekijänä on ollut soodakattila, joka on kallein yksikköprosessi sellutehtaalla<sup>156</sup>. Soodakattilakapasiteetit ovat kehittyneet voimakkaasti ja viimeaikaiset toteutukset ovat olleet tasolla 7 000 t DS/d (DS = dry solids, mustalipeän kuiva-aine), kun 1960-luvulla kapasiteetti oli alle 1 000 tDS/d. Vastaavasti uusien tehtaiden sellutuotannon kapasiteetit ovat nousseet.

---

<sup>156</sup> [www.papermakerswiki.com/innovations](http://www.papermakerswiki.com/innovations) Soodakattilan ja kemikaalien talteenoton osuus selluteollisuuden kehittämisessä (2.14)



Kuva 2. Uusien BKP tehtaiden kapasiteettien kehitys 1985–2013. (Lähde: Pöyry)

Taulukko 2. Tyypillisten havu-, koivu- ja eukalyptusmassojen kuitutuotantokapasiteetit suhteessa soodakattilakapasiteettiin. (Lähde: Pöyry)

Puuraaka-aine	Havupuu	Koivu	Eukalyptus	
<b>Soodakattilan mitoitustuotanto</b>	<b>5700</b>	<b>5700</b>	<b>5700</b>	<b>tDS/d</b>
Käyntipäivät vuodessa	355	355	355	d/a
Kuitulinjan mitoitustuotanto	3132	3797	4286	Adt/d
Kuivatuskoneen mitoitustuotanto	3314	4020	4538	Adt/d
Haihduuttamon mitoitustuotanto	1368	1381	1300	t H <sub>2</sub> O/h
<b>Tehtaan vuosituotanto</b>	<b>1 000 000</b>	<b>1 215 000</b>	<b>1 370 000</b>	<b>Adt/d</b>

Yllä olevassa taulukossa olevat luvut ovat tyypillisiä havu- ja koivupuulle. Nykyisin on suunnittelupöydällä jo eukalyptus-tehdas, jonka sellukapasiteetti on kaksi miljoonaa tonnia vuodessa, vastaten soodakattilakapasiteettia noin 10 000 tDS/d.

Tehtaan yksikkökoon kasvaessa oheisprosessien (kemikaalit, voimakattila, sähkön tuotanto, ...) kapasiteetit vastaavat paremmin niiden normaalia yksikkökokoja, jolloin integraation lisääminen tuo hyötyjä tehtaan kokonaistaseeseen. Tällöin mm. puun mukana tulleen ja kuorimossa erotetun kuoren sekä hakkeen käsittelyssä saatujen lajittelujätejakeiden avulla voitiin tuottaa voimakattilan ja turbiinien kautta tehtaan tarvitsemien kemikaalien valmistuksen käyttämä sähkö.

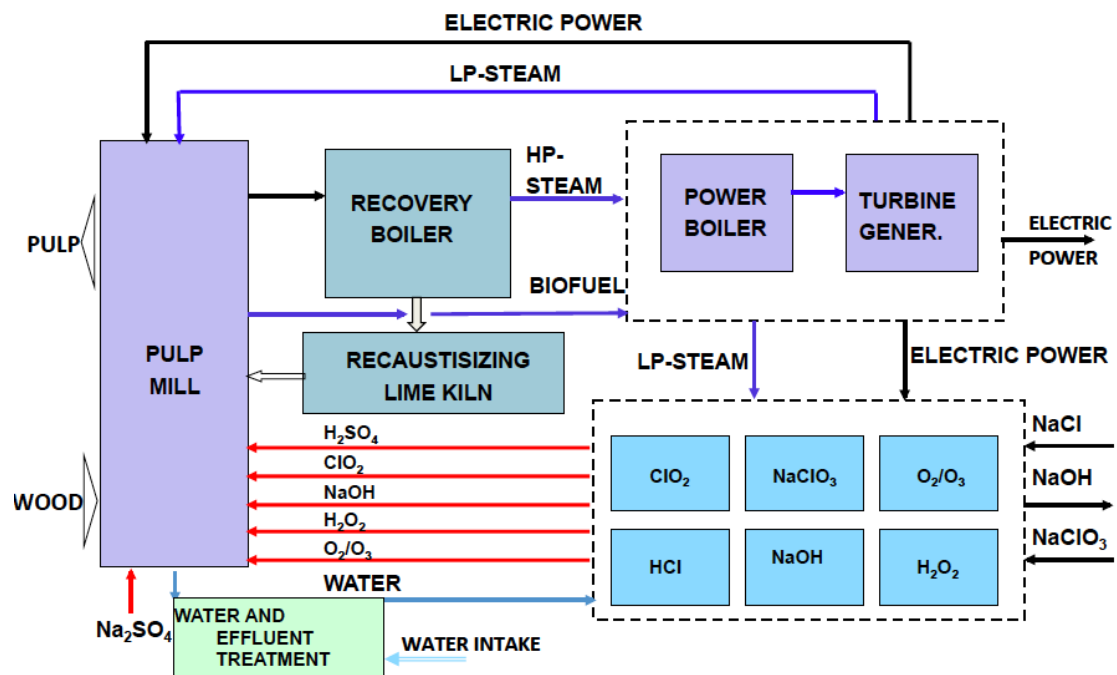
Sellutehtaan layout sovitetaan tehdaspaikalle siten, että kokonaisuudesta muodostuu selkeä logistinen suunnitelma, ja jossa tehtaan ulkoiset liittynät, kuten sisään tulevat raaka-aine ja käyttöaineet, ulos lähtevät tuotteet ja jätteet sekä henkilöliikenne, kulkevat omia reittejään risteämättä. Lisäksi tehtaan sisäinen sijoittelu muodostaa kokonaisuuden, jossa osaprosessit liittyvät toisiinsa mahdollisimmat kiinteästi lyhyillä yhdysputkistoilla ja optimaalisilla välivarastotiloilla.

Nykyaikaisen tehtaan vaatima maa-alue on noin 100 hehtaaria. Alla on tyypillinen tehdasasettelu.



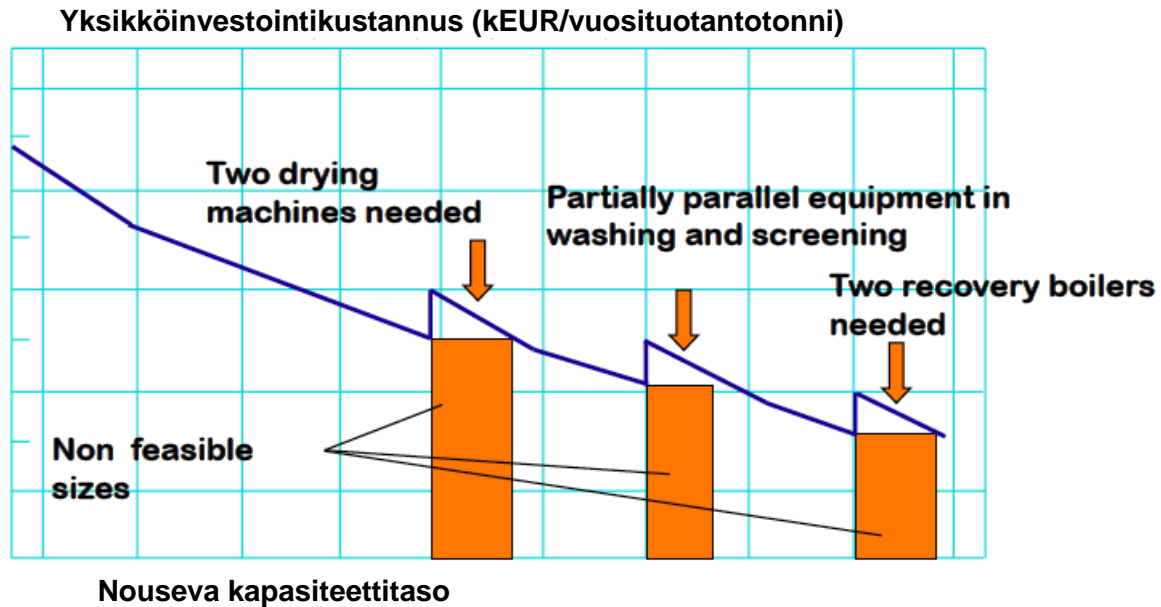
Kuva 3. Tyypillinen tehdasasettelu. (Lähde: Pöyry)

Sellutehdas muodostaa integraation, jossa tehtaalle tulevasta puumateriaalista tuotetaan kaikki tehtaan tarvitsema lämpö- ja sähköenergia, sisältäen myös oheisprosessit. Nykyiset tehtaat ovat energiaomavaraisia jopa niin, että jää vielä energiaylimäärä toimitettavaksi tehtaan ulkopuolisille käyttäjille.



Kuva 4. Sellutehdasintegraatio (Lähde: Pöyry)

Investointi- ja käyttökustannusten osalta optimaalisin tehdaskonsepti on se, jossa etenkin päälaitteiden osalta tuotantolinja on puhtaasti yksilinjainen. Mikäli jokin osaprosessi joudutaan toteuttamaan rinnakkaisin laittein (esim. kuivatuskone, haihduttamo, pesulaitteet, lajitimet, ..), nousevat kustannukset tuotettua tuoteyksikköä kohden.



Kuva 5. Yksikköinvestointikustannus suhteessa sellutehtaan kapasiteettiin. (Lähde: Pöyry)

Puu kuoritaan nykyisin kuivakuorintana, jolloin voidaan vähentää kuorimon veden kulutusta ja välttyä kuoren kosteuden nousulta.

Valintaperusteet vuo- ja eräkeiton välillä vaihtelevat. Nykyisillä tehdaskonsepteilla energiatehokkuuden tai massan laatuominaisuuksien suhteen ei menetelmillä ole suurta eroa.

Hakkeen pasutuksesta ja mustalipeän paisuntalauhteista otetaan talteen tärpätti, joka toimitetaan edelleen tislattavaksi ja jalostettavaksi maali- ja muun kemianteollisuuden moninaisiksi tuotteiksi.

Pesureista, säiliöistä ja prosessilaitteista hajukaasut kerätään tehtaan hajukaasujärjestelmään edelleen käsiteltäviksi kemikaalien talteenoton yhteydessä.

Happivalkaisu tai happidelignifiointi sisältyy nykyisin aina kuitutuotantokonseptiin helpotuksen keiton delignifiointikuormaa. Samalla se tuo prosessiin keiton loppuvaiheen reaktiota selektiivisemmän ja helpommin hallittavissa olevan vaihtoehdon. Lisäksi talteenottolinjan kapasiteettien noustua happivaihe ei enää muodosta sellaista lisäkuormaa, joka aiheuttaisi kuitukapasiteetin rajoittamistarvetta. Massan loppupesä suoritetaan useimmiten pesupuristin-tyyppisellä pesurilla, jolloin kemikaalien talteenottoon menevä lipeäpitoinen suodos saadaan tehokkaasti kiertoon ja valkaisuun menevä pesuhäviö jää pieneksi.

Valkaisukonseptin osalta tilanne on selkeästi rauhoittunut ja tehtaan ulkopuolelta tuleva paine on vähentynyt. Nykyisillä valkaisuusekvensseillä on päästy ympäristönsuojelun näkökulmasta niin hyvin tuloksiin, että nykyaikaisella tehokkaalla jätevesien käsittelyllä voidaan selkeästi päästä asetettuihin tavoitteisiin.

Tehokkaimmaksi valkaisuun menetelmäksi on osoittautunut nelivaiheinen klooridioksidipohjainen valkaisu, jota voidaan täydentää aluksi lämpötila- ja/tai happokäsittelyllä ja viimeisessä vaiheessa peroksidivaiheella. Ensimmäisen klooridioksidivaiheen jälkeen alkaliuutosvaihetta vahvistetaan normaalisti happi- ja usein myös peroksidilisäyksellä.

Otsonivalkaisu sekä myös kokonaan kloorikemikaalivapaa TCF-valkaisu edellyttävät vielä kehityspanostusta.

Massan pesu tapahtuu rumpu- tai puristintyyppisillä pesureilla. Valkaisun viimeinen pesu on edullista tehdä pesupuristimella, jolloin valkaisu- ja kloorikemikaalien kulkeutuminen edelleen kuivatuskoneeseen (tai paperikoneeseen) vesijärjestelmään voidaan katkaista.<sup>157</sup>

Valkaistun massan lajittelu tehdään yleensä kolmivaiheisella painerakolajittelulla täydennettynä neljännessä vaiheessa pyörrelajittimilla. Näin pystytään pienentämään vedenkulutusta oleellisesti matalasakeuksiseen pyörrelajitteluun verrattuna. Joissakin tapauksissa valkaistun massan lajittelu on jätetty kokonaan pois.

Nykyisillä lehtipuumassojen tuotantotasolla yli 3 000 ADt/d kuivatuskoneen kapasiteetti on jo ylärajoilla. Siksi monessa tapauksessa on jouduttu selvittämään tuotannon menetyksriskkejä sekä mahdollisia lisäjoustavuushyötyjä verrattaessa yhden koneen vaihtoehtoa kahden koneen konseptiin. Kahden koneen ratkaisu on investointikustannuksiltaan suurempi, mutta tuo lisäkapasiteettietuja viiran- ja huopienvaihdon sekä häiriötilanteiden aikana. Uudet koneet ovat erilaisia kaksoisviirakoneita, joissa viira- ja puristinosalla on yksi tai kaksi kenkäpuristinta. Puhallinkuivatuskoneen kuivatusosa päättyy massaradan jäähdytyskiertoon.

Paalauslinjat ovat vakiintuneet perinteisten teknisten ratkaisujen pohjalta. Kuivatuskoneen kapasiteetin mukaan linjojen lukumäärä on 3 tai 4, kääreet ajetaan omalla koneella ja paalit puristetaan vakiokorkeuteen keskimäärin 250 kg/paali. Paaleista muodostetaan yksikointikoneessa, toimitusehdoista riippuen, joko kääreettömiä 1 000 kg suurpaaleja tai yksittäiskäärityksiä ja sidottuja 2 000 kg paaliyksiköitä.

Mustalipeän käsittely sisältää mahdollisen mäntyöljyn erotuksen sen jatkokäsittelyä varten, haihdutuksen ja konsentroidin sekä metanolin erotuksen polttoa varten.

Haihdutus on usein seitsenvaiheinen sisältäen konsentroidintyösköitä. Polttolipeän kuiva-ainepitoisuus ennen tuhkan lisäystä on tyypillisesti 80 %. Haihduttamon lauhteet erotellaan tyypillisesti kolmeen eri jakeeseen ja ne kierrätetään eri käyttökohteisiin puhtausasteen mukaisesti, kuten ruskean massan pesuun tai kaustisointiin.

Mustalipeän poltto ja viherlipeän valmistus tapahtuu soodakattilan yhteydessä. Soodakattiloiden kapasiteetit ovat nousseet voimakkaasti. Erilaisilla oheisjärjestelyillä on voitu saavuttaa korkeat höyryarvot (505 °C, 105 bar), jolloin edellytetään korkeampia teräslaatuja kattilan eri rakenneosissa. Soodakattilalla voidaan polttaa myös hajukaasujakeita.

Valkolipeän valmistus ja kaustisointi tapahtuvat pääosin varsin perinteisillä laitteilla. Hapetettua valkolipeää voidaan käyttää myös korvaamaan lipeää happidelignifioinnissa ja valkaisuissa. Meesauunissa meesaa esikuivataan sen omilla savukaasuilla.

Valkaisu- ja kloorikemikaalien valmistus tapahtuu useimmiten sellutehtaan yhteydessä. Happi erotetaan ilmasta. Lipeä valmistetaan elektrolyttisesti ruokasuolasta kloori-alkaliprosessilla. Kloori syntetisoidaan edelleen suolahapoksi. Klooraatti tehdään myös elektrolyttisesti suolasta ja käytetään yhdessä suolahapon kanssa klooridioksidin valmistukseen. Vetyperoksidi valmistetaan yleensä erikseen ja toimitetaan tehtaan vastaanottosäiliöön.

Nykyisin kaikki tehtaalla käytetty vesi on vähintään kemiallisesti puhdistettua vettä. Lisäksi kattilavedet puhdistetaan edelleen ionivaihtomenetelmällä.

Jäteveden puhdistus tapahtuu kolmivaiheisena biologisena puhdistuksena ja saatu liete tiivistetään ja puristetaan jatkokäsittelyä varten.

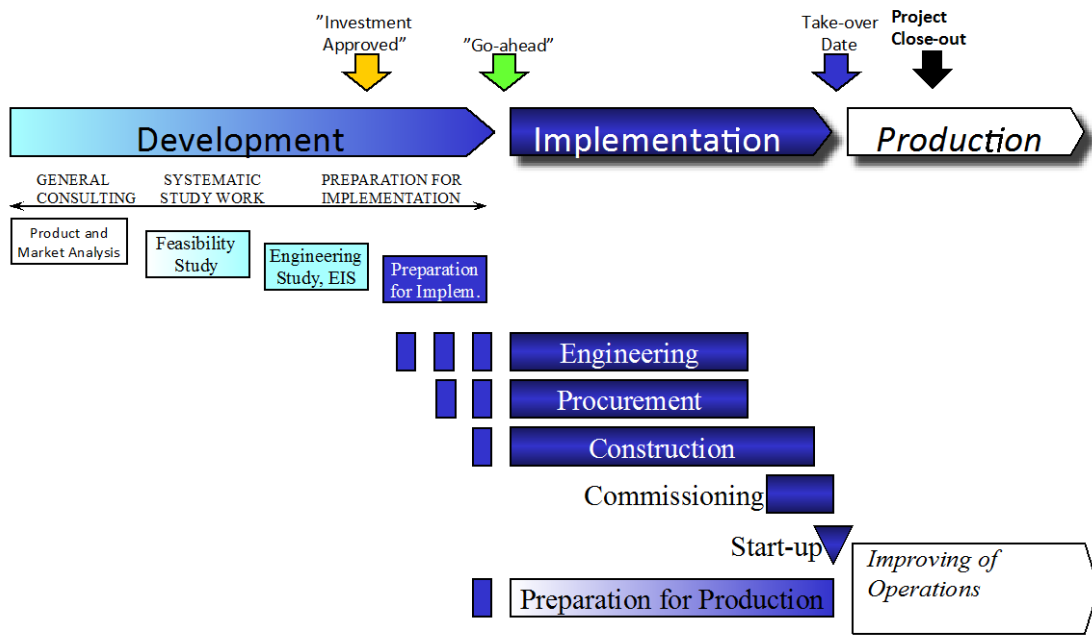
Kiinteät jätteet kerätään vaihtolavoille, jotka toimitetaan suunnitelman ja luvan mukaisesti erityiselle kaatopaikalle.

---

<sup>157</sup> [www.papermakerswiki.com/innovations](http://www.papermakerswiki.com/innovations) Sellun pesulaitteistojen kehitys (2.7)

Kaikki tehtaalla syntyvät hajukaasut kerätään joko laimeiden tai väkevien hajukaasujen järjestelmiin. Kaasujen tuhoamista varten tarvitaan useita vaihtoehtoja erilaisten häiriötilanteiden varalta. Tällaisia ovat mm. erillispoltin, soodakattila, meesauuni, soihtu tai viimeisenä vaihtoehtona savupiippu. Nykyisissä tehtaissa on ainoastaan yksi savupiippu, jossa voi olla useita sisäpiippuja eri osaprosessien savuille.

### Sellutehdasprojektin tyyppinen elinkaari



Tuomo Niemi

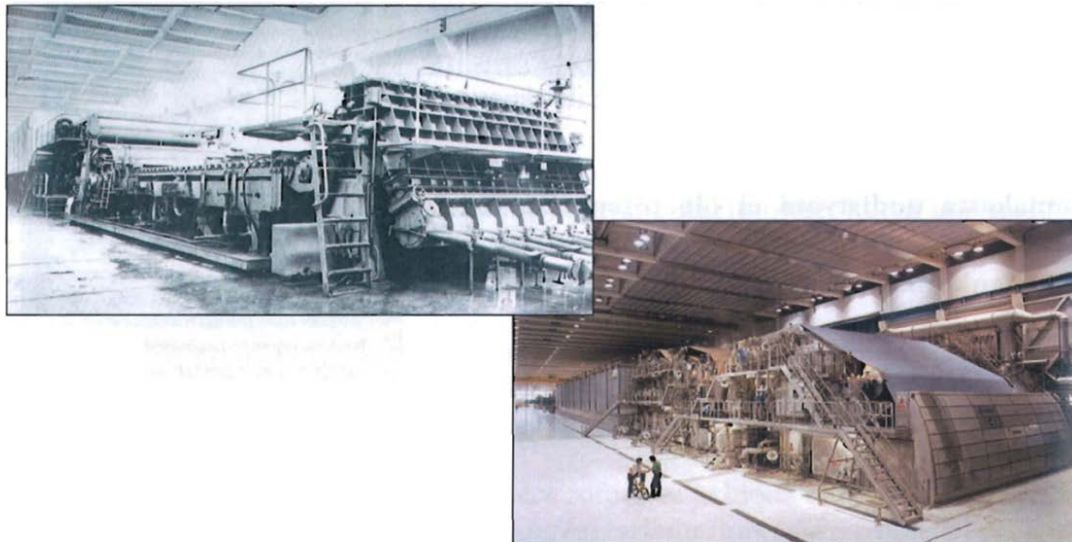
Kuva 6. Projektin elinkaari. (Lähde: Pöyry)



### 3. Tehokas painopaperikone

Ensimmäiset uuden sukupolven sanomalehtipaperikoneet käynnistyivät vuonna 1954 USA:ssa Great Northern Paper Companyn East Millinocketin tehtaalla Mainessa. Beloitin toimittamien koneiden PM 5 ja PM 6 trimmileveydet olivat 6,6 m ja 6,9 m ja ajonopeudet 760 m/min. Kummankin koneen tuotantokyky oli yli 100 000 t/a. Vuoteen 1954 saakka lähes kaikki Suomessa olleet painopaperikoneet olivat ulkomailla valmistettuja. Tähän aikaan Valmet toimitti ensimmäiset painopaperikoneensa Simpeleelle ja Veitsiluotoon. Näistä suurempi, Veitsiluodon PK 1 eli ”Pohjolan Sampo”, oli trimmileveydeltään 4,35 m ja tuotantokyvyltään noin 30 000 t/a.

Tänään paperikoneiden valmistamisen osalta tilanne on toinen. USA:ssa, Englannissa ja Ruotsissa paperikoneiden kehitystyö ja samalla valmistus on loppunut, ja saksalaisen koneenrakennuksen rinnalle merkittäväksi tekijäksi ovat nousseet suomalainen metsäklusteri ja sen innovaatiot. Metso, perustuen suomalaiseen insinööriyöhön, kilpailee nykyisin tasaväkisesti saksalaisen Voithin kanssa maailman tehokkaimpien paperikoneiden valmistajana. Metson painopaperikoneiden tuotantokyky on noin 50 vuodessa jopa 20-kertaistunut tasolle 600 000 t/a. Myös Veitsiluodon insinöörit yhdessä suomalaisen metsäklusterin kanssa pystyivät koneusinoilla ja tuotannon tehostamisella nostamaan saman PK 1:n tuotannon tasolle 180 000 t/a eli kuusinkertaistamaan sen. 1990-luvun loppuun mennessä Suomeen oli pystytty rakentamaan maailman ylivoimaisesti tuotantotehokkaimmat paperikoneet. Ne kykenivät tuottamaan maailmanennätysnopeuksilla huippulaatuista sanomalehtipaperia, päällystämättömiä ja päällystettyjä aikakauslehtipapereita, toimistopaperia sekä muita graafisia papereita.

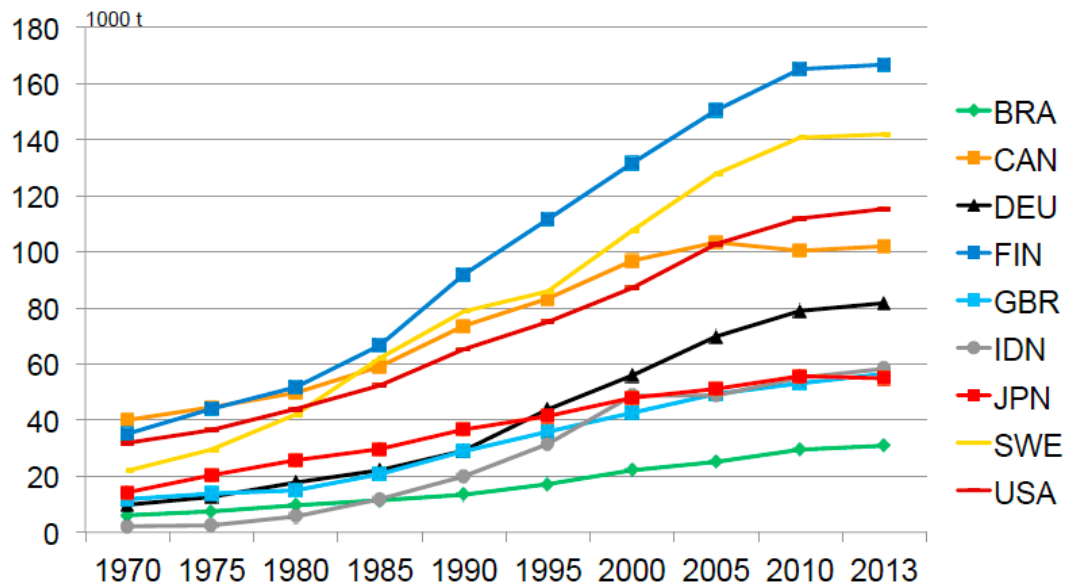


Vertailun vuoksi; paperikone vuonna 1959 ja 2001

Kuva 7. Vanha ja uusi paperikone.



## Suomi on suurten ja tehokkaiden paperikoneiden maa



Kuva 8. Paperikoneiden keskimääräinen kapasiteetin kehitys 1970–2013. (Lähde: Pöyry)

Tämän kehityksen teki mahdolliseksi laajalla rintamalla ja hyvin monien toimijoiden toteuttamat paperikoneen uudet rakenneratkaisut sekä uudet mittaus- ja säätöteknologiat. Tuotantokyvyn ohella on pystytty parantamaan resurssien käytön tehokkuutta ja pienentämään ympäristökuormitusta. Tuotantokykyä on pystytty lisäämään paperikoneen nopeuden ja leveyden nostolla, käytettävyyden lisäämisellä sekä prosessin stabiiliuden ja paperin laadun tasaisuuden parantamisella, kustannustehokkuutta kuitenkin unohtamatta.

Nopeuden nostoon liittyvät tärkeimmät tekniset keksinnöt, eli rekisteritelojen korvaaminen staattisilla vedenpoistoelementeillä, hydraulinen perälaatikko, kaksoisviiraratkaisu, suljettu vienti puristinosalle sekä suljettu moninippinen puristinosaa, oli jo ehditty tehdä ja toteuttaa muualla – samoin, kuin leveyden nostoon liittyvät taipumakompensoidut telat, levitystelat sekä kuivausosan taskutuuletukset. Suomalainen insinööriytyö lähti parantamaan ja kehittämään näitä elementtejä edelleen ja samalla se kiinnitti huomiota prosessin stabiiliuteen ja paperikoneen käytettävyyteen.

Metson edeltäjä Valmet aloitti innovatiivisen tutkimustyön jo 1950-luvulla, jolloin Antti Lehtisen kehitti mm. menetelmiä nestekerroksen paksuuden mittaamiseksi viiralla<sup>158</sup>. Tämä antoi hyvän lähtökohdan paperikoneen määrän pään toiminnan analysoinnille. Valmet valmisti 50-luvulla Euroopassa ensimmäisenä omaan suunnitteluun perustuneet pick-up -laitteet sekä differentiaalikäytöt, joita oli vasta äskettäin otettu käyttöön USA:ssa. Valmet halusi olla mukana uusimman tekniikan soveltajana. Näin alkanut ja 60-luvulla jatkunut työ mahdollisti 70-luvulta lähtien Valmetin omat ratkaisut.

Valmet<sup>159</sup> asetti tavoitteekseen koneiden nopeuden noston, paperin laadun parantamisen, käyttövarmuuden ja hyötysuhteen parantamisen, raaka-aineiden tehokkaamman hyväksikäytön, energian kulutuksen alentamisen ja suurten koneyksiköiden leveyden kasvattamisen. Kehitystyötä varten Rautpohjaan rakennettiin ensimmäinen koekone vuonna 1972. Tä-

<sup>158</sup> [www.papermakerswiki.com/innovations](http://www.papermakerswiki.com/innovations). Nestepaksuuden mittaus viiralla (8.16)

<sup>159</sup> [www.papermakerswiki.com/innovations](http://www.papermakerswiki.com/innovations). Valmetin paperikoneinnovaatiot (4.21)

mä ohjelma on Matti Kankaanpään aikana tuottanut symmetriseen vedenpoistoon tähdänneen SymConcept märän pään, joka käsittää hydraulisen perälaatikon, SymFormer-kaksoisviiran hybridiratkaisuna sekä SymPress-puristinosan. Näiden jälkeen kehitettiin kitaformerit SpeedFormer ja edelleen OptiFlow-perälaatikko ja OptiFormer-viiraosa. Puristinosalla vedenpoistoa sekä kosteusprofiilin hallintaa tehostettiin höyrylaatikoilla. Näihin ratkaisuihin perustuen Suomessa valmistettiin maailman huippuluokkaa olevia paperikoneita. Luonnollisesti suurimmat kilpailijat Beloit ja Voith kilpailivat samantyyppisillä, omilla ratkaisuiltaan.

Esimerkitapauksessa 4. Mullistus päällystämättömässä syväpainopaperissa on kerrottu näiden Valmetin märän pään ratkaisujen suuresta merkityksestä Jämsänkosken PK 5:n<sup>160</sup> ja PK 6:n<sup>161</sup> toteuttamisessa. PK 5 perustui SymFormer-konseptiin ja PK 6 SpeedFormer HS-SC -konseptiin.

Kuivatusosa muodostui seuraavaksi paperikoneen nopeuden noston pullonkaulaksi. Tämän ongelmaan Valmet kehitti UnoRun BlowBox -puhalluslaatikkoratkaisun, joka sai Wallenberg-palkinnon<sup>162</sup> vuonna 1999. Lisäksi kehitettiin vaihtoehtoinen TwinRun Concept sekä puristinosalle Press Concept. Radanvientiä parannettiin varustamalla yksiviiraviennin alasyliinterit imulla ja urituksella. Kuivausosan suljetun huuven ilman hallintaa ja lämpötaloutta parannettiin eri tavoin, mm. edistyksellisellä AHR (Aqua Heat Recovery) -laitteistolla<sup>163</sup>. Paperikoneen kiinnirullauksessa alkoi esiintyä ongelmia ratalevykyksien ja ajonopeuksien kasvaessa, kun samalla pyrittiin vielä lisäämään rullien halkaisijaa. Vastaus tähän oli uusi OptiReel-rullain<sup>164</sup>.

Paperikoneen telojen valmistustekniikalle sekä käyttövarmuudelle etsittiin uusia ratkaisuja<sup>165</sup>. Haponkestävien imutelojen vaipan valmistukseen kehitettiin kanuunaporaustekniikka ja tämän ansiosta Valmetista tuli imutelojen globaali markkinajohtaja. Uratelojen valmistukseen kehitettiin teräsnauhasta kiertämällä valmistettu G-tela, joka osoittautui luotettavaksi ja helpoksi valmistaa, eikä se myöskään Valmetin omana innovaationa rikkonut muiden valmistajien patentteja. Vyöhykesäädettävissä taipumakompensoiduissa teloissa Valmet kehitti omat ratkaisunsa kilpailijoiden tuotteiden rinnalle. Myös telanpinnoituksessa jouduttiin etsimään parempia ratkaisuja. Erityisesti puristinosan graniittitelojen ongelmat höyrylaatikkojen yhteydessä edellyttivät uusia teknisiä ratkaisuja.

Tuotantotehokkuuden lisäämiseksi haluttiin siirtää kuivan paperin jälkikäsitteilyvaiheita paperikoneella tapahtuvaksi. Näitä on-machine -tekniikoita on aina pyritty kehittämään. Valmetin osalta tärkeimmät kohteet olivat SymSizer-päällystin<sup>166</sup> sekä on-machine -superkalanterointi, joissa Valmet jälleen kehitti omia ratkaisujaan kilpailijoiden rinnalle. Myös paperiteollisuudessa tehtiin paljon töitä. Hyvänä esimerkkinä on Voikkaalla kehitetty KymTech MFC -paperi<sup>167</sup>.

Nopealta ja tehokkaalta paperikoneelta edellytetään hyvää käyttöjärjestelmää. Myös tällä sektorilla Suomessa päästiin tekniikan huipulle. Edellä jo mainittiin, kuinka Valmet rakensi omaan konstruktion perustuvat, Euroopan ensimmäiset differentiaalikäytöt. Näihin liittyen Strömberg<sup>168</sup> kehitti yhteistyössä Valmetin kanssa induktio-kitka -kytkimen. Tekniikan kehit-

---

<sup>160</sup> [www.papermakerswiki.com/innovations](http://www.papermakerswiki.com/innovations). Toisen sukupolven sc-konsepti (4.2)

<sup>161</sup> [www.papermakerswiki.com/innovations](http://www.papermakerswiki.com/innovations). Kolmannen sukupolven sc-konsepti (4.3)

<sup>162</sup> [www.papermakerswiki.com/innovations](http://www.papermakerswiki.com/innovations). Paperiradan stabilointi puhalluslaatikoilla (4.23)

<sup>163</sup> [www.papermakerswiki.com/innovations](http://www.papermakerswiki.com/innovations). AHR lämmöntalteenotto (4.28)

<sup>164</sup> [www.papermakerswiki.com/innovations](http://www.papermakerswiki.com/innovations). OptiReel rullaus (4.26)

<sup>165</sup> [www.papermakerswiki.com/innovations](http://www.papermakerswiki.com/innovations). Valmetin paperikoneinnovaatiot (4.21)

<sup>166</sup> [www.papermakerswiki.com/innovations](http://www.papermakerswiki.com/innovations). Sym-Sizer (5.2)

<sup>167</sup> [www.papermakerswiki.com/innovations](http://www.papermakerswiki.com/innovations). Uusi MFC-paperi Kymtech (4.8)

<sup>168</sup> [www.papermakerswiki.com/innovations](http://www.papermakerswiki.com/innovations). Paperikoneiden sähkökäytöt (4.27)

tyessä siirryttiin monimoottorikäyttöihin, jotka perustuivat tasavirtamoottoreihin ja tyristöreihin. Strömberg oli tällä alueella luotettava toimija. Seuraava kehitysvaihe oli vaihtovirtamoottorit ja invertterit, joita Strömberg kehitti mm. Helsingin metroon. Myöhemmin tämä tekniikka siirtyi myös paperikonekäyttöihin. Strömbergin ja Santasalon kanssa yhteistyönä syntyi Strömberg Direct Cylinder Drive, jolloin voitiin jättää vaihde pois moottorin ja kuiva-tussylinterin välistä. Samaan aikaan ohjausjärjestelmät digitalisoituivat. Komponenttien kehittyessä Strömberg pystyi soveltamaan niitä omissa tuotteissaan, ja oli täten globaalisti kehityksen eturintamassa. Prosessoritekniikan kehittyessä syntyi Direct Torque Control -järjestelmä. Kehitystyö jatkui Strömbergin siirryttyä ABB:n omistukseen. Suorakäyttöjärjestelmiä kehitettiin edelleen kestopagneettimoottoritekniikan pohjalta.

Paperirainan tasalaatuisuus on tärkeää paitsi paperin käyttäjän, myös paperikoneen käytettävyyden kannalta. On selvää, että stabiili prosessi aiheuttaa tuotannossa vähemmän häiriöitä ja katkoja, jotka vain lisääntyvät nopeuksien ja konelevyyksien kasvaessa. Itse paperikoneen lisäksi stabiiliuteen vaikuttaa koko tehtaan massankäsittelyn ja paperikoneen lyhyen kierron suunnittelu. Tällä alalla Pöyry on tehnyt edistyksellistä työtä kehittämällä eri osaprosesseille perusteellisesti harkitut tyyppiratkaisut<sup>169</sup>.

Massankäsittelyn ja lyhyen kierron stabiiliuden hallintaa auttaa se, että käytössä on sopiva mitta- ja analysointilaitteisto. Tällä alalla Suomessa on oltu koko ajan kehityksen kärjessä. Anturipuolella optisesta matalasakeusanturista on ollut paljon hyötyä. Kehitystyö alkoi Keskuslaboratoriossa<sup>170</sup> ja sitä jatkoi Kajaani Elektroniikka<sup>171</sup>. Veitsiluodossa<sup>172</sup> sovellettiin tätä tietämystä tehdasympäristössä, ja niin syntyi viiraveden sakeuden ja retention säätöjärjestelmä, jolla on pystytty mittaamaan ja stabiloimaan määrän pään toimintaa. Mekaanisia häiriöitä ja värähtelyjä voidaan analysoida Sensodec-laitteistolla<sup>173</sup> ja kemiallisia häiriöitä voidaan analysoida WEDGE-ohjelmistolla<sup>174</sup>. Paperin laatuvaatimusten lisääntyminen on lisännyt erilaisten kemikaalien käyttöä paperin valmistuksessa. Samalla on vähennetty veden käyttöä vesikiertoja sulkemalla. Tämä on johtanut erilaisten häiriöaineiden rikastumiseen vesikiertoissa. Tällaista ongelmaa varten on mm. pystytty rakentamaan kalsiumkemian ja pH:n hallintajärjestelmä<sup>175</sup>, ja toisaalta Raisio on kehittänyt Raifix-tuoteperheen<sup>176</sup>, jolla voidaan poistaa häiriöaineita prosessista.

Paperirainassa esiintyvät reiät, likatäplät ja muut häiriöt aiheuttavat ajettavuusongelmia ja täten huonontavat koneen käytettävyyttä. Näiden havaitsemista varten on käytössä erilaisia vianilmaisijoita. Aluksi ilmaisijat olivat hyvinkin alkeellisia, mutta Suomessa alkoi kehitysjakso, jossa uusinta tekniikkaa hyödyntäen pystyttiin siirtymään uudelle tasolle vikojen havaitsemisessa ja analysoinnissa. Kehityksen aloitti Ulmaelektro<sup>177</sup> ja sitä ovat jatkaneet muut yritykset. Puumalaisen tutkimuslaitos<sup>178</sup> kehitti kamerapohjaisen vianilmaisun ja Hildecon Hilcont<sup>179</sup>-järjestelmä perustui videokameroihin ja häiriön aiheuttaneiden vikojen analysointiin jälkikäteen. Tällä alalla Suomi vei kehitystä eteenpäin maailmanlaajuisesti.

---

<sup>169</sup> [www.papermakerswiki.com/innovations](http://www.papermakerswiki.com/innovations). Paperitehtaan prosessit (4.20)

<sup>170</sup> [www.papermakerswiki.com/innovations](http://www.papermakerswiki.com/innovations). Optinen matalasakeusanturi (8.17)

<sup>171</sup> [www.papermakerswiki.com/innovations](http://www.papermakerswiki.com/innovations) Kajaanin RM-tuoteperhe (8.19)

<sup>172</sup> [www.papermakerswiki.com/innovations](http://www.papermakerswiki.com/innovations). Viiraveden sakeuden ja retention säätösystemi (8.20)

<sup>173</sup> [www.papermakerswiki.com/innovations](http://www.papermakerswiki.com/innovations). Sensodec (8.10)

<sup>174</sup> [www.papermakerswiki.com/innovations](http://www.papermakerswiki.com/innovations). Wedge (8.12)

<sup>175</sup> [www.papermakerswiki.com/innovations](http://www.papermakerswiki.com/innovations). Paperin valmistusprosessin kalsiumkemian ja pH:n hallinta ja mallitus (8.21)

<sup>176</sup> [www.papermakerswiki.com/innovations](http://www.papermakerswiki.com/innovations). Raifix-tuoteperhe häiriöaineiden sidontaan (7.4)

<sup>177</sup> [www.papermakerswiki.com/innovations](http://www.papermakerswiki.com/innovations). Ulma vianilmaisun (8.23)

<sup>178</sup> [www.papermakerswiki.com/innovations](http://www.papermakerswiki.com/innovations). Kamerapohjainen vianilmaisun (8.25)

<sup>179</sup> [www.papermakerswiki.com/innovations](http://www.papermakerswiki.com/innovations). Kamerapohjainen vianilmaisun (8.25)

Paperikoneiden tehokkuutta voitiin parantaa myös moderneilla automaatiojärjestelmillä ja tietokonesäädöillä. Näiltä osin perustekniikka on ollut hyvinkin kansainvälistä, mutta Suomessa oltiin eturivissä näitä sovellettaessa<sup>180</sup>. Suomessa kehitettiin menestyksellisesti myös omia järjestelmiä.

Tehokkaan painopaperikoneen kehittämisessä Suomi oli siirtynyt 50-luvulta lähdeittäessä ja tultaessa 80-luvulle johtavaan asemaan maailmassa. Paperikonevalmistaja Valmetin rooli oli hyvin merkittävä ja erityisesti sen halukkuus panostaa uuteen teknologiaan ja yhteistyöhön metsäklusterin muiden toimijoiden kanssa oli tärkeää. Tämän ohella muut klusterin valmistajat koneenrakennuksen, mittaus- ja säätötekniikan, tietotekniikan, jne. aloilla toivat mukanaan oman panoksensa. Lisäksi Pöyryn asema maailman johtavana tehdassuunnittelijana nivoi tätä kehitystä kokonaiseksi paketiksi. Kuitenkin suomalaisten tehtaiden insinöörinkunta oli ehkä tärkeimmässä asemassa vaatiessaan uusia ja tehokkaampia ratkaisuja, osallistuessaan niiden kehitykseen yhteistyössä muiden toimijoiden kanssa ja ottaessaan yritysjohdon tuella hallittuja riskejä uuden tekniikan soveltamisessa tuotantomittakaavaan.

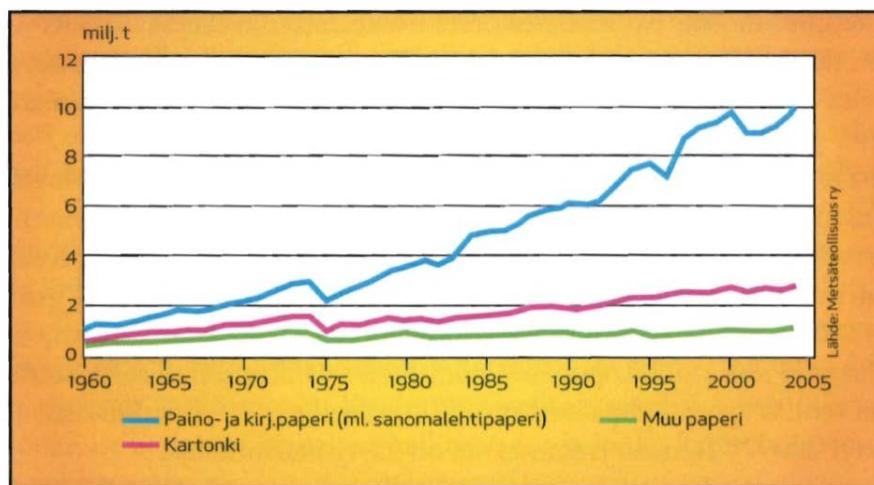
Uusin Suomeen rakennettu paperikone on Rauman PK 4, joka käynnistyi 1998 ja jonka rataleveys on 9,2 m, rakennenoisuus 1800 m/min ja kapasiteetti 400 000 t/a päällystettyä aikakausilehtipaperia. Ouluun 90-luvulla rakennetut kaksi hienopaperikonetta, rataleveydeltään 8,5 m, pystyvät molemmat tuottamaan noin 600 000 t/a päällystettyä hienopaperia.

---

<sup>180</sup> [www.papermakerswiki.com/innovations](http://www.papermakerswiki.com/innovations). Prosessitietokone (8.2)

#### 4. Mullistus päällystämättömässä syväpainopaperissa

Suomen paperi- ja kartonkiteollisuuden tuotealueista voimakkainta kasvu oli vaativissa painopapereissa, joissa Suomen tie maailman johtavaksi valmistuskonseptien osajaksi alkoi jo 1960-luvulta.



Paperin ja kartongin tuotanto Suomessa

Kuva 9. Paperin ja kartongin tuotanto Suomessa 1960–2005. (Lähde: Metsäteollisuus ry)

Kuvaava esimerkki tuotevalikoiman ja siihen liittyvistä teknologian uudistuksista on SC-tuotekonseptien kehitys ja toteutus kahdessa vaiheessa Jämsänkoskella 1980–1992.

Kehityksen käynnistävänä voimana oli saksalaisten LWC-syväpainopaperituottajien tekemä laadunkehitystyö, jonka tuloksena aikakauslehti- ja luettelokustantajat sekä syväpainajat saivat vain hieman SC:tä kalliimpaa päällystettyä paperia, jonka molemmille puolille saatiin loisteliaita värikuvia. Suomessa Kaukas käynnisti tuotanto- ja kustannustehokkaan, laadukasta LWC-syväpainopaperia valmistavan konelinjan vuonna 1975. Tasoviirakoneilla valmistetun SC-syväpainopaperin sileämmälle yläpuolelle saatiin tyydyttävän laatuinen värikuva, mutta alapuoli kelpasi kunnolla vain tekstin painamiseen. Hiokkeesta, lujitesellusta ja mineraalisesta täyteaineesta valmistettu SC-paperi oli isoilla syväpainokoneille myös katkoherkempi. SC:tä valmistava paperikone pystyi parhaimmillaankin vain 700 metrin minuuttinopeuteen.

Yhtyneet Paperitehtaat valmisti SC-paperia Kaipolan tehtaallaan. 1970-luvulla siellä oli Jylhävaaran konepajan kanssa kehitetty energiatehokkaampi prosessi kuumahierteen valmistamiseen<sup>181</sup> ja siihen ja Yhtyneitten oman täyteainetalkin<sup>182</sup> käyttöön pohjautuvaa SC-syväpainopaperikonseptia. Entistä lujempaa SC-paperia oli kyetty valmistamaan koeajoissa vähäisellä selluannoksella tai selvästi silloista käytäntöä enemmän talkkitäyteainetta sisältävänä (jopa 35 %).

Niilo Hakkarainen sai 70-luvun lopulla Yhtyneitten hallituksen vakuuttuneeksi, että Jämsänkosken tehtaan tulevaisuus perustuu läheltä saatavan vaalean, ohutkuituisen kuusipuun jalostamiseen huippulaatuisen, LWC:n kanssa kilpailemaan pystyvään SC-syväpainopaperiin. Konseptin perustaksi valittiin Jylhä-kuumahierrettekniikka ja Yhtyneitten

<sup>181</sup> [www.papermakerswiki.com/innovations](http://www.papermakerswiki.com/innovations) Jylhä- kuumahierrettekniikan kehitys (3.1)

<sup>182</sup> [www.papermakerswiki.com/innovations](http://www.papermakerswiki.com/innovations) Talkki suomalaisen paperin täyteaineena (7.1)

oma täyteainetalkki sekä Valmetin Sym-paperikonekonsepti<sup>183</sup> Kaipolassa tehdyn kehitystyön rohkaisemana. Valmetin kehittämää Sym-kaksoisviirakonseptia oli testattu ja kehitetty edelleen Yhtyneitten Simpeleellä vuonna 1973. Nähtiin, että koneella oli mahdollista valmistaa molemmilta puoliltaan symmetristä paperia oleellisesti suuremmalla tuotantonopeudella. Lämmön talteenoton myötä energiatehokkaampi hierre mahdollistaisi kalliimman lujitesellun säästön ja/tai halvemmän oman talkin käytön lisäämisen. Talkki helpottaisi kaksoisviirakoneen pelättyjen ongelmien, viirojen kulumisen ja hienoaineksen alhaisen retention, hallinnassa. Viirojen pelätyn kulumisongelman vuoksi oli myös siirryttävä muoviviirrojen käyttöön fosforipronssiviirrojen sijaan. Kaksoisviirakonseptin sudenkuoppa nähtiin kahden painettavuudeltaan huonon paperin pinnan syntyminen kahden viirapuolen vuoksi. Ratkaisua tähän potentiaaliseen ongelmaan etsittiin viira- ja puristinosien vedenpoiston sopeuttamisesta massakonseptiin. Riittävän paperin pinnan sileyden aikaansaaminen pitkäkuituisesta hierteestä vaatii runsasta talkkipitoisuutta ja tehokasta superkalantereilla tapahtuvaa pinnan silittämistä. Wärtsilän uusi taskuhöyrytstekniikka<sup>184</sup> antoi tähän entistä paremmat eväät.

Uuteen konseptiin perustuva Jämsänkosken PK 5 käynnistyi syksyllä 1981. Koneen tuotantoteho oli kaksinkertainen perinteiseen 1970-luvun konseptiin verrattuna. Kustannustehokkuus oli erinomainen. Asiakkaat arvostivat paperin ylivoimaisen hyvää painokoneajettavuutta (vähän katkoja). Paperin toispuoleisuus oli tasoviirapaperiin verrattuna vähäisempää, mutta yläpuolen painatussileyks oli parhaita laatuja huonompi, ja alapuolen tiiveydessä oli toivomisen varaa. Tuotanto saatiin näistä puutteista huolimatta hyvin markkinoille ja konelinja teki erinomaista taloudellista tulosta startista lähtien 80-luvun loppupuolelle asti<sup>185</sup>.

Kilpailijat paransivat vähitellen SC-paperinsa laatua ja myös LWC:n laatua kehitettiin. Oli etsittävä PK5:n paperin laadun parannuskeinoja. Runsaan viiden vuoden kuluttua startista (1988) tutkimus- ja kehitystyö Yhtyneillä ja Valmetilla oli tuonut uusia teknologisia mahdollisuuksia niin, että uuden SC-konseptin tutkimus- ja kehitysprojekti voitiin käynnistää. Vuonna 1991 tutkimus- ja kehitysprojekti liitettiin Jämsänkosken PK6-konelinjaan johtaneeseen investointiprojektiin<sup>186</sup>. Projektin tavoitteina oli tuotantotehokkuuden edelleen parantaminen ja laatujohtajuus. Tarvittiin oleellisesti PK 5:ta nopeampi paperikone ja PK 5:n paperin pintojen laadun selkeää parantamista. Laakirchenin SC-paperi oli laadun benchmark'ina.

Laatutavoitteiden saavuttaminen edellytti hierteen laadun parantamista ja vedenpoistoprofiililtaan oleellisesti parannettua kaksoisviirapaperikonetta. Ahlströmin ja Tampellan uuteen lankasihtilajittelutekniikkaan<sup>187</sup> ja Yhtyneitten omaan kuitu- ja prosessiosaamiseen perustuen kehitettiin uuden sukupolven SC-hiertämö. Valmetin koelaitoksella tehtyjen koeajojen yhteydessä syntyi uusi mullistava kitaformerit Speedformer HS-SC. Enemmän hienoainesta ja taipuisampia pitkiä kuituja sisältävä hierre antoi hyvän perustan. Speedformer HS-SC kykeni nostamaan kuituhienoaineksen ja täyteaineen paperin pintaan 1600 metrin minuuttinopeudessa ja samalla lailla paperin molemmin puolin. Kun märkäpuristus ja superkalanterointi saatiin symmetrisemmäksi, tuloksena oli LWC:n laatua lähentävä syväpainopaperi. Hierteen erinomainen lujuus saatiin säilytettyä ja lujitesellun tarve pysyi vähäisenä. Täyteaine antoi oman osansa pinnan parantamiseen ja paransi opasiteettia. Täyteaineen lajilla ei havaittu oleellista merkitystä paperin laatuun ja talkin pehmeys, hyvät retentio-ominaisuudet sekä vedenpoiston helppous olivat menettäneet vuosikymmenessä merkityksensä. Täyteaineseos PK6-koneelle oli kaoliinivoittoinen.

---

<sup>183</sup> [www.papermakerswiki.com/innovations](http://www.papermakerswiki.com/innovations) Valmetin paperikoneinnovaatiot (4.21)

<sup>184</sup> [www.papermakerswiki.com/innovations](http://www.papermakerswiki.com/innovations) Järvenpään tehtaan kalanterit (5.4)

<sup>185</sup> [www.papermakerswiki.com/innovations](http://www.papermakerswiki.com/innovations) Toisen sukupolven sc-konsepti (4.2)

<sup>186</sup> [www.papermakerswiki.com/innovations](http://www.papermakerswiki.com/innovations) Kolmannen sukupolven sc-konsepti (4.3)

<sup>187</sup> [www.papermakerswiki.com/innovations](http://www.papermakerswiki.com/innovations) Lankarakosihti (3.4)

Syksyllä 1992 käynnistetyn konelinjan tuotantoteho oli 50 prosenttia suurempi kuin PK5:n. Paperin laatu- ja nopeuspotentiaali mahdollisti myös myyntiluettelomarkkinalle pääsyn. Kone on pitänyt kahdesti hallussaan SC-koneiden nopeuden maailmanennätystä (ylitti mm. nopeuden maili minuutissa ensimmäisenä maailmassa). Konseptilla oli mahdollista tehdä kustannustehokkaasti myös ”normaalilaatuista” SC-syväpainopaperia.

Jämsänkosken PK5:n ja PK6:n myötä SC-paperia kyettiin valmistamaan silloisilla kustannustasoilla kustannustehokkaasti kolminkertaisella tuotantoteholla perinteiseen 1970-luvun konseptiin verrattuna. Aikakauslehtien ja luetteloiden kustantajille ja syväpainajille oli nyt tarjolla päällystettyä LWC-paperia halvempi ja laadultaan sitä varsin lähellä oleva vaihtoehto. SC-paperi oli 70-luvun laatuun verrattuna lähes kymmenen prosenttia kevyempää, huomattavasti tiiviimpää, sileämpää ja kiiltävämpää ja ylä- ja alapinnan ominaisuuksiltaan hyvin samanlaista. Samassa vaaleusasteessa paperi oli säilyttänyt hyvän opasiteettinsa. Tällaisen paperin molemmille puolille painaja sai erityisesti mainostajaa miellyttävät erinomaiset värikuvat, joiden määrä lehdissä ja luetteloissa oli huomattavasti lisääntynyt. Painajia miellytti myös paperin pieni katkoherkkyys nopeilla ja yhä leveämmillä painokoneilla. Aiemmasta neliömas-  
sasta huolimatta paperiraina kesti painokoneen rasituksia paremmin, kiitos paperin ja paperirullien vikojen radikaalin vähentymisen sekä laadun ja prosessien toiminnan stabiiliuden lisääntymisen.

## 5. Nestepakkaus kevyemmäksi ja nesteen säilyvyys paremmaksi

Nestepakkauksiin käytettäviä kartonkeja on alettu tehdä eri teknologioilla lähtien sellukartonki-, taivekartonki- ja kraftliner-pohjalta ja virittämällä tuotteeseen tarvittavat ominaisuudet.

Käytännössä jokaista nestepakkaustyyppiä varten tarvitaan oma kartonki- tai paperilaatu, joka räätälöidään asiakaskohtaisesti pakkausketjun tarpeiden mukaiseksi. Kehitys on tavallisesti kahdenvälistä, tiivistä ja vuosia jatkuvaa yhteistyötä, josta ei julkista tietoa ole saatavissa.

Nestepakkauskartonki, niin kuin muutkin pakkausmateriaalit, valmistetaan sovittuihin, mitattaviin spesifikaatioihin. Tuotevaatimukset sisältävät kuitenkin paljon ei-mitattavia ominaisuuksia, jotka tulevat pakkauksen valmistus- pakkaus- ja käyttövaiheista. Innovaatio yhdessä pakkausketjun vaiheessa edellyttää usein jatkoinnovaatioita ketjun muissakin osissa.

Seuraavassa käsitellään alan esimerkkinä tuoremaidopakkausena yleisesti käytetyn harjakattopakkausmateriaalin kehitysvaiheita<sup>188</sup>.

Käytännössä kehitystyötä ja innovaatioita tehdään tuoteketjussa koko ajan ja vasta jälkikäteen voidaan nähdä, mitkä toimet ovat alan kannalta tuottaneet merkittäviä kehityshyppeyksiä tuotteen elinkaareen. Merkkipaalut vaihtelevat myös näkökulman ja tarkastelun ajankohdan mukaan. Tässä on näkökulmana kestävä kehitys.

Harjakattopakkauskartonki toimii esimerkkinä kestävästä kehityksestä. Enso-Gutzeitin Kaukopään tehtailla alettiin valkaista sulfaattisellua 50-luvun puolivälissä. Siitä alettiin kehittää valkoisia sellukartonkeja mm. nestepakkauksia varten. Ensimmäiset kaupalliset toimitukset harjakattopakkauskiin alkoivat 1958. Tämä pakkaus koottiin liimaamalla ja syntynyt kotelo vahattiin täyttökoneessa. Kartonkiteknologian suuri haaste oli alussa tuottaa sellaiset lujuus- ja tiiveysominaisuudet, että vaha imeytyi sopivasti ja piti tölkin tiiviinä ja pakkaus suojaasi tuotteen käyttöön saakka.

Vuonna 1963 alettiin Suomessa nestepakkauskartonkia päällystää muovilla vain muutamana vuoden viiveellä siitä, kun teknologia oli tullut Yhdysvalloissa käyttöön. Maitotölkki saumattiin nyt muovin avulla, liimaa ja vahaa ei enää tarvittu. Kartongin lujuusvaatimukset muuttuivat. Muutos tapahtui koko ketjussa pakkauksen valmistusta ja pakkaamista myöten. Myös kuluttaja koki muutoksen, sillä tölkit olivat nyt tiiviimpiä.

Vuosikymmenen lopulla alettiin kehittää kartongin massaliimausta ja siirryttiin vähitellen hartsiliimauksesta neutraaliliimaukseen. Näin saatiin kartongille parempi lujuus, josta oli hyötyä muovipäällystyksessä ja pakkauksen valmistuksessa. Kartongin kestävyys nestettä vastaan parani, jonka kuluttaja huomasi jämäkämpänä pakkausena. Samalla kartonkipakkausta voitiin käyttää maitoa vaativampien nesteiden pakkaukseen.

Aivan 70-luvun alussa nestepakkauskartonkia alettiin kehittää mehujen pakkaamiseen. Sitä varten muovipäällystyksen yhteydessä ryhdyttiin laminoimaan tölkin sisäpuolelle alumiinifolio. Näin saatiin aikaan riittävä happitiiveys. Tämä vaihe edellytti jälleen kartongin laatuominaisuuksien parantamista ja alumiinin laminointi- ja päällystysteknologian opettelemista. Vastaavasti pakkauksen valmistajan ja pakkaajan oli kehitettävä omia toimintojaan kuten saumaus- ja täyttötekniikkaa, jotta kuluttajalle saadaan päivän C-vitamiiniannos turvallisesti ja hyvän makuisena.

70-luvun puolivälissä Kaukopään tehtailla sellun valmistus uudistui, kun uusi jatkuvatoiminen kuitulinja käynnistyi. Tehtaan kuitutalous muuttui ja kuidun laatu parani. Nestepakkaus-

---

<sup>188</sup> [www.papermakerswiki.com/innovations](http://www.papermakerswiki.com/innovations) Nestepakkauskartonki (4.12)



kartonkia oli tehty puolivalkoisena ja valkoisena ja litran pakkauskokoa varten oli käytetty 340 g/m<sup>2</sup> kartonkia. Uudessa tilanteessa kehitettiin samaan tarkoitukseen aiempaa vaa- leampi 320 g/m<sup>2</sup> kartonki. Samalla parannettiin sekä laatua että kilpailukykyä, sillä tuote oli nyt amerikkalaisia kilpailijoitaan selvästi valkoisempi ja kevyempi.

Vähitellen alettiin pakatuissa tuotteissa huomata haju- ja makuongelmia. Monien vaike- uksien ja systemaattisen tutkimuksen jälkeen tiedon taso kohosi ja opittiin tuottamaan pak- kauksia, joista ei siirry hajuja ja makuja sisältöön. Kehitystä tapahtui paitsi kuidun ja karton- gin valmistuksessa myös muovipäälylystyksessä, pakkauksen valmistuksessa, pakkaamisessa ja pakatun tuotteen käsittelyssä.

80-luvun puolivälissä Kaukopään tehtailla alettiin kehittää kolmikerroskonseptia neste- pakkauskartongin valmistukseen. Ajatuksena oli aluksi kehittää yksikerrossellukartongin tilal- le kolmikerrostuote ja samalla päästä alentamaan neliömassaa. Teknologiaksi valittiin sa- keamassateknologia, jolla arveltiin olevan paras potentiaali. Koeysikkö rakennettiin tehtaan pienimmälle kartonkikoneelle, kartonkikone 1:lle. Koeajossa päästiin noin 300 g/m<sup>2</sup> tasolle 1 litran pakkauskartongilla, jossa normaalisti käytettiin 320 g/m<sup>2</sup> kartonkia.

Tämä innovaatio synnytti uusia innovaatioita etenkin pakkauksen testaukseen ja ana- lysointiin. Sekä pakkauksen valmistus- että pakkauskoeajoissa prosessista löytyi kohtia, joissa pakkausmateriaali joutuu erittäin kovaan rasitukseen. Kartongin lujuuutta jouduttiin etsimään taas uudella tavalla.

Muoviteollisuudessa oli opittu 80-luvun alussa valmistamaan monikerroskalvoja, joilla saavutettiin hyvä happitiiveys. Tämän teknologian soveltamista alettiin miettiä myös neste- pakkauskartongin päälylystykseseen ajatuksena happitiiveyden ja kemikaalikestävyyden paran- taminen. Laminointikokeet osoittivatkin konseptin toimivan teknillisesti, mutta silloiset muo- viratkaisut eivät olleet kovin kilpailukykyisiä. 80-luvun puolivälin jälkeen Keski-Euroopassa nestemäiset pesuaineet olivat tulleet markkinoille ja muutamat valmistajat kiinnostuivat kartonkipakkauksesta. Kysyntä oli niin kova, että erään asiakkaan kanssa voitiin sopia kalvo- laminaatti-konseptista, joka sellaisenaan johti muutaman vuoden kestäviin kaupallisiin toimi- tuksiin. Tällainen nopeus ja onnistuminen kerralla on tällä alalla poikkeuksellista. Varsinkin, kun muistetaan, että nestemäinen pesuaine on kuitupakkauksen kannalta erittäin vaativa. Onnistumiseen tarvittiin kaikilta osapuolilta tietenkin paljon osaamista, intoa ja tahtoa.

Samanaikaisesti yhtiössä kehitettiin monikerrosteknologiaa muovipäälylystykseseen. Hankit- tiin uusi muovipäälylystykone, johon tuotekehitystä varten rakennettiin monipuoliset omi- naisuudet. Niinpä pian voitiin markkinoille valmistaa aivan uudella teknologialla happitiivis mehupakkaustölkki, jossa oli pelkästään kuitu- ja muovikomponentteja ja joka oli aikaisem- paa kevyempi. Sitä alettiin heti käyttää mehu- ja jogurttipakkauksiin. Tuote korvasi nopeasti myös edellä mainitun pesuainepakkauksen.

90-luvun alussa Kaukopään kartonkikone 4:lle investointiin sakeamassaperä ja hiukan myöhemmin tehtaalle tuli CTPM-laitos. Nyt päästiin tuottamaan entistä bulkkisempaa kar- tonkia, jossa CTMP-kuidun jäykkyys ja sellukuidun lujuus hyödynnetään aiempaa tehok- kaammin. Tällä tekniikalla yhden litran kartonkipakkaus syntyi 285 g/m<sup>2</sup> kartongista.

2000-luvulla kehitys jatkuu. Teknologiaa kehitetään ja innovaatioita syntyy edelleen. Kun kehitystä tarkastellaan kestävän kehityksen näkökulmasta, voidaan yhtenä tuloksena laskea, että maitoliträn pakkaamiseen tarvittiin 40–50 vuotta sitten puolitoistakertainen ja mehulit- ran pakkaamiseen lähes kaksinkertainen määrä puuta nykyiseen verrattuna. Lisäksi maito- pakkauksen hiilijalanjälki on kierrätysten ja uusiutuvan energian hyödyntämisen ansiosta lähellä nollaa.

Kestävään kehitykseen liittyy myös kierrätys ja materiaalien uudelleenkäyttö. Enso Euroo- pan suurimpana nestepakkauskartongin valmistajana ryhtyi kehittämään nestepakkausten kierrätystä. Kierrätys aloitettiin hylsykartonginvalmistaja Corenson laitoksilla. Teknologiaa

kehitettiin ja Varkauteen syntyi 90-luvulla laitos, jossa juomapakkaustölkit kierrätettiin kuitumateriaaliksi hylsykartonkia varten, muovi kaasutettiin prosessienergiaksi ja alumiini erotettiin metalliksi. Laitos ei kuitenkaan toiminut täysin tavoitteiden mukaisesti, joten se jouduttiin sulkemaan, mutta Stora Enson Barcelonan tehtaalle rakennettiin samaan tarkoitukseen hieman eri menetelmää käyttävä kierrätyslaitos.

## 6. Taivekartonkia vaativiin pakkauksiin

Taivekartonki on kolmekerroksinen, hyvin moninaisesti kulutuspakkausiksi käytettävä tuote, jota valmistetaan neliömassoille 160–400 g/m<sup>2</sup>. Pintakerrokset ovat valkaistua sellua ja sisäkerroksessa on mekaanista massaa ja hylkyä. 1960-luvusta alkaen pinta on pigmenttipäällystetty. Kolmekerrosrakenteensa ja bulkkisen mekaanisen massan ansiosta taivekartonki on jäykempi kuin kilpailevat kierrätyskuiduista tai puhtaasta sellusta valmistetut solid board -tyyppiset kartonkilajit. Kiillotussylinterin avulla kartongin pinta on saatu sileäksi ilman bulkkia tuhoavaa kalanterointia. Keskellä Tampereen kaupunkia sijaitseva Takon kartonkitehdas on valmistanut taivekartonkia jo 1930-luvusta lähtien. Vuonna 1950 Takon osuus Länsi-Euroopan markkinoista oli n. 2 %. Vuoteen 2000 mennessä osuus oli noussut tasolle 11,4 % ja samalla se edusti n. 40 % koko Suomen taivekartonkituotannosta.

Takon menestys on perustunut uuden tekniikan määrätietoiseen kehittämiseen ja käyttöönottoon ennen kilpailijoita. Omat innovaatiot liittyvät päällystys- ja massaresepteihin mutta ennen kaikkea KK3:n viiraosan rakentamiseen toimimaan kolmella viiralla ilman siirtohuopia<sup>189</sup>.

**Päällystys.** Tako aloitti ensimmäisenä taivekartonkitehtaana Euroopassa taivekartongin päällystykseen KK1:llä vuonna 1957. Aikaansaatu päällystetty pinta oli hyvä, mutta käyryyden hallinta tuotti vaikeuksia. Ongelma saatiin hallintaan levittämällä CMC-pintaliimaa kartongin taustaan ennen päällystystä. Seuraava vaikeus oli päällysteen painettavuuden parantaminen ja sopivien painovärien löytäminen. Jo muutaman kuukauden kuluttua päällystykseen aloittamisesta oli resepti hiottu valmiiksi yhteistyössä oman painolaitoksen kanssa, ja painovärisuosituksia voitiin antaa asiakkaille.

Päällystetyn kartongin kysyntä kasvoi tuolloin niin nopeasti, että jo syksyllä 1958 ryhdyttiin suunnittelemaan päällystystä KK2:lle. Investointi tapahtui vuonna 1960. Kun KK1:n vuosituotanto oli 20 000 tonnia, KK2:n tuotannoksi tuli 40 000 t/a.

Näiden toimenpiteiden ansiosta Takosta tuli markkinajohtaja pitkälle 60-luvulle asti. Silloin Takon päällystetty kartonki oli niin kysyttyä, että asiakkaille annettiin tilattaessa vain valmistuskuukausi ja noin kuukautta ennen valmistusta ilmoitettiin laivauspäivä. Tässä tilanteessa Tako standardisoi toimitettavat tuotteet paksuuden ja neliömassan suhteen. Tästä ns. kaliperilistasta tuli yleinen standardi, jota kilpailijatkin noudattivat.

Kaikki kilpailijat hankkivat päällystyslaitteet 70-luvun alkuun mennessä sillä seurauksella, että päällystetystä kartongista tuli ylitarjontaa. Markkinoille tuli myös uusia tehtaita ja laatu-kilpailu kävi yhä kovemmaksi. Pitkään harkittuun kaksoisteräpäällystykseen valmistauduttiin hankkimalla 1975 teräpäällystin KK1:lle. Esipäällystimeksi hankittiin teräsauva. Näillä laitteilla valmistettiin pääasiassa syväpainoon meneviä tupakkakartonkitilauksia.

KK3 uusittiin keväällä 1981. Kone oli ollut lieriöviirakone. Ahlström rakensi siitä Takon piirustusten mukaan kolmeviirakoneen (kts. alla kappale rainanmuodostus). Jagenberg toimitti kolme teräpäällystintä sekä Küsters gloss -kalanterin ja kaksitelaisen terästelakalanterin. Tako asensi neljä harjaa.

Pinnan kaksoisteräpäällystys saatiin toimimaan niin hyvin jo kaksi kuukautta koneen käyntiinlähden jälkeen, että kone oli puolen vuoden kuluttua täynnä tilauksia huolimatta markkinoilla vallitsevasta ylituotantotilanteesta. Teräpäällystettyä pintaa ei voitu harjata, mutta hyvä kiilto saatiin aikaan gloss-kalanterin avulla sekä pastareseptiä hiomalla. Näin Tako otti

---

<sup>189</sup> [www.papermakerswiki.com/innovations](http://www.papermakerswiki.com/innovations) Tako ja taivekartongin valmistuksen kehitys 1950–2000 (4.16)

ensimmäisenä Euroopassa käyttöön taivekartongin kaksoisteräpäällystyksen ja tuotteesta tuli maailman paras päällystetty taivekartonki.

Tako muutti myös vanhempien koneidensa päällystyslaitteet KK3:n mallin mukaisiksi. Kilpailijat vaihtoivat teräpäällystykseen vasta 1980-luvun lopussa ja 1990-luvulla.

**Massareseptit.** Taivekartongin pintakerrokset oli perinteisesti tehty kuusisulfiitista. Sisäkerroksessa oli hioketta ja prosessihylkyä sekä valkaisematonta sulfiittia armeerausmassana. 1970-luvun alussa tehdyt tutkimukset osoittivat, että valkaistu koivusulfaatti oikein jauhetuna on paras taivekartongin pintamassa. Tämän tuloksen käyttöönottoa jouduttiin kuitenkin odottamaan muutama vuosi, kunnes Metsä-Botnian Kaskisten sulfaattisellutehdas valmistui vuonna 1977.

Tako otti vähitellen Lielahden CTMP:ta sisäkerroksen massakomponentiksi. Vuonna 2004 suljettiin tehtaan hiomo kokonaan.

**Kartongin rainanmuodostus.** Ehkäpä tärkein Takon innovaatio liittyy rainanmuodostuksen kehittämiseen. Kun Tako 1980 suunnitteli KK3:n muuttamista kolmeviirakoneeksi, suunniteltiin tehtaalla kolmeviirakone, jossa ei ole siirtohuopia. Ahlströmin Karhulan konepaja teki koneusinnan ja uusi viiraosa toimi alusta alkaen erinomaisesti. Koska kerrokset tässä koneessa yhtyvät märempinä kuin siirtohuopakoneissa, kerrosten välinen sidoslujuus tulee paremmaksi. Lisäksi pohjanmuodostus oli tällä koneella parempi kuin millään aikaisemmalla koneella. Koska myös kaksoisteräpäällystyksen onnistui hyvin, tuli tästä konekonseptista kuuluisa.

Takon innovaatiosta lähti käyntiin myös kilpailevien koneiden uudistus. 1980-luvun alussa formereilla voitiin ajaa korkeintaan 500 m/min, mikä oli myös ilmakaapimen nopeuden yläraja. Muuttamalla formerikoneet teräpäällystyslaitteilla varustetuiksi viirakoneiksi tuotanto voitiin jopa kaksinkertaistaa. Tämä aiheutti niin suuren tuotantokapasiteetin lisäyksen, että 2000-luvulla vallitsee edelleen taivekartongin ylituotantotilanne, vaikka yhtään uutta konetta ei Eurooppaan vuoden 1981 jälkeen ole rakennettu. Innovaation merkitys kartonginvalmistuksen kannalta oli siis erittäin suuri.

Moniviirakoneiden suurin laadullinen etu on poikkisuunnan parempi jäykkyys. Viirakoneilla jäykkyyssuhde on noin 1:2, kun se lieriö- ja formerikoneilla on noin 1:3. Muita etuja ovat formaation hyvä hallinta suurillakin nopeuksilla.

Takon menestyksestä kertoo myös se, että tehdas pyörii edelleen keskellä Tampereen kaupunkia tuottaen noin 200 000 t/a korkealaatuista taivekartonkia kahdella kartonkikoneella pääasiassa syväpainoasiakkaille.

## 7. Automatisoitu prosessiohjaus

Kustannustehokkuudesta huolehtiminen on suomalaisessa paperiteollisuudessa ollut keskeinen osa strategioita. Tavoitteena on ollut käyttää tehtaiden modernisoinneissa ja uusinvestoinneissa kulloinkin parhaita saatavissa olevaa teknologiaa. Elimellinen osa tätä strategiaa on ollut myös mittaus- ja säätötekniikan sekä automaation kehittäminen. Perimmäisenä vaikeutena tässä työssä on ollut se, että puunjalostuksen raaka-aine on biomassaa ja täten aina enemmän tai vähemmän epähomogeenista. Prosessien hallinta perustui aiemmin pitkälti aistihavaintoihin. Automaation kehitystyössä on ollut tavoitteena prosessimuuttujien tilan määrittely eksakteilla mittauksilla, mikä on edellytyksenä reaaliaikaiseen säätöön. Tällöin on pyritty toisaalta tuotteen laadun yhä parempaan hallintaan ja toisaalta laajojen prosessikonaisuuksien hallintaan, jolloin kustannustehokkuus, tuottavuus ja energiatehokkuus on voitu optimoida ja maksimoida.



Kuva 10. Nykyaikaisen paperikoneen valvomo.

1960-luvun alussa tuli maailmalla käyttöön uutta tekniikkaa, tietokone. Enso-Gutzeitin Kaukopään kartonkitehdas oli koko maailmassa ensimmäisten paperitehtaiden joukossa, joka hankki vuonna 1962 tietokoneen prosessin ohjausta varten<sup>190</sup>. Kokeilut aloitettiin kokonaisvaltaisten prosessimallien rakentelulla, tavoitteena selittää koneella ajettavien tuotteiden ominaisuudet suurella joukolla prosessimuuttujia. Tämä lähestymistapa osoittautui kuitenkin liian kunnianhimoiseksi. Katsottiin parhaimmaksi siirtyä osatoimintokohtaisiin säätöihin. Ensimmäinen automaattinen paperin neliöpaino- ja kosteussäätö kytkettiin päälle syyskuussa 1965. Lisäksi kehitettiin mm. lajinvaihtojen optimoimiseen laajat simulointimallit. Vaikka ”paperinvalmistuksen kaavaa” ei löytynyt, päästiin selvästi eteenpäin prosessin ohjauksessa.

---

<sup>190</sup> [www.papermakerswiki.com/innovations](http://www.papermakerswiki.com/innovations) Prosessitietokone (8.2)

Prosessitietokoneiden antamia mahdollisuuksia pyrittiin soveltamaan myös sellun valmistuksen ohjauksessa, ensimmäisenä yhteistyössä Kaukaan ja Kaukopään sellutehtailla reaaliaikaisella off-line -säädöllä. Schaumanin sellutehtaalla tehtiin vuonna 1967 eräkeiton ohjattavuutta koskenut laaja selvitystyö. Tavoitteena oli selkeästi osaprosessin ohjaus. Nokian Kaapelitehtaan elektroniikkaosasto pystyi toimittamaan sopivan tietokoneen ja näin syntyi Autocook-järjestelmä<sup>191</sup>, joka käynnistyi vuonna 1969 ja oli tiettävästi maailman ensimmäinen sellutehtaan prosessia jatkuvasti ohjaava tietokone. Keittokapan tilastollisen ohjauksen lisäksi tietokoneella tasattiin keittämön höyrynkulutusta. Hyödyt olivat siis sellulaadun tasoittuminen, höyrynkulutuksen tasoittuminen sekä lisätuotanto keittosyklin viiveaikoja poistamalla.

Kaukaan sellutehtaalle hankittiin myös Autocook-järjestelmä. Tämän perään haluttiin parantaa valkaisu prosessin hallintaa, jota varten kehitettiin matemaattiset mallit, joiden varaan koko valkaisun säätömalli perustuisi. Vuonna 1971 käyttöön otetulla Autobleach-järjestelmällä<sup>192</sup> saavutettiin huomattava valkaisu kemikaalien säästö ja samalla sellun vaurioituminen valkaisussa väheni ja laatu tuli tasaisemmaksi. Teollisuuden ja yliopistojen yhteistyöllä ja Nokia Elektroniikan laitteistoilla toteutettiin vastaavanlaisia ohjausjärjestelmiä kuten Autosulphite<sup>193</sup>, Autorecovery<sup>194</sup> ja Autolime<sup>195</sup>. Digitaalitekniikan edelleen kehittyessä pystyttiin Coram-vaaleusmittariin yhdistämään mikroprosessoritekniikkaa. Näin Kajaani Elektroniikka pystyi 1970-luvun loppupuolella kehittämään Cormec-tuotteellaan<sup>196</sup> valkaisun säätöä edelleen.

Digitaaliset ohjausjärjestelmät mahdollistivat myös ylemmillä tasoilla prosessitaseiden hallinnan ja siten ajomallien optimoinnin. Näin pystyttiin parantamaan laadun tasaisuutta ja tuottavuutta. Lisäksi yhteen ja samaan järjestelmään oli mahdollista integroida kaikki prosessien hallintaan liittyvät toiminnot, kuten säätöpiirit, asetusarvosäädöt, ohjaukset, logiikkaohjaukset, lukitukset, jne. Tämä mahdollisti myös tiedonsaannin koko tuotantoprosessin ja sen oheisosastojen toiminnan hallinnan, optimoinnin ja raportoinnin toteuttamiseksi. Tässä suomalaiset Damatic (Valmet) ja Alcont (Altim Control) olivat laite- ja systeemitoimittajina edelläkävijöitä. Kehitystyötä tehtiin kiinteässä yhteistyössä tehtaiden kanssa.

Paperikoneilla laadun hallinta perustui vielä 1950-luvulla yksinomaan paperirainasta noin tunnin välein rullan vaihdossa otettuihin näytteisiin. Näin saadussa tuoteinformaatiossa oli paljon viiveitä eikä se kertonut laadun tasaisuudesta mitään. 60-luvulla uusi tekniikka mahdollisti epäsuorat mittaukset liikkuvasta rainasta sitä koskettamatta. Mittaustulosten muuttaminen käyttökelpoiseksi informaatioksi ja edelleen säätöpiireiksi vaati kuitenkin paljon laskentakapasiteettia, johon taas tarvittiin digitaalitekniikkaa. Kaukopään tietokoneella kytkettiin pintapainon ja kosteuden säädöt päälle vuonna 1965, kuten edellä on todettu<sup>197</sup>.

Tämän jälkeen paperikoneiden pintapaino- ja kosteussäädöt alkoivat vähitellen yleistyä. Koska laitteet olivat monimutkaisia, ne vaativat paljon osaamista ja työtä tarvittavan käyttövarmuuden ja mittaustarkkuuden saavuttamiseksi. Amerikkalaiset toimittajat kykenivät standardisoimaan ja paketoimaan järjestelmät toimiviksi kokonaisuuksiksi ja näin he pystyivät valtaamaan maailman markkinat. Suomessa jatkui kuitenkin anturitekniikan kehitys

---

<sup>191</sup> [www.papermakerswiki.com/innovations](http://www.papermakerswiki.com/innovations) Autocook (8.3)

<sup>192</sup> [www.papermakerswiki.com/innovations](http://www.papermakerswiki.com/innovations) Sellun valkaisun säätö / Autobleach (8.4)

<sup>193</sup> [www.papermakerswiki.com/innovations](http://www.papermakerswiki.com/innovations) Autosulphite (8.7)

<sup>194</sup> [www.papermakerswiki.com/innovations](http://www.papermakerswiki.com/innovations) Autorecovery (8.6)

<sup>195</sup> [www.papermakerswiki.com/innovations](http://www.papermakerswiki.com/innovations) Autolime (8.8)

<sup>196</sup> [www.papermakerswiki.com/innovations](http://www.papermakerswiki.com/innovations) Cormec & Polarox (8.5)

<sup>197</sup> [www.papermakerswiki.com/innovations](http://www.papermakerswiki.com/innovations) Prosessitietokone (8.2)

sekä mittausten (Roibox<sup>198</sup>, Ambertec<sup>199</sup>, jne.) että vianilmaisimien (Ulma<sup>200</sup>, Hilcont<sup>201</sup>, jne.) osalta. Erilaisten yritysjärjestelyjen kautta suomalaisella insinööriyöllä on vielä nykyäänkin erittäin merkittävä asema paperikoneiden laadunhallintajärjestelmien kehittämisessä. Vastaavasti paperikoneiden massankäsittelyssä ja vesikiirroissa kehitettiin uutta mittaus- ja säätötekniikkaa, jolla pystyttiin parantamaan prosessin hallittavuutta.

Vaikka uudet, suoraan prosessista tehtävät mittaukset paransivat olennaisesti prosessin hallintaa, täytyi edelleen osa laatua kuvaavista ominaisuuksista mitata näytteistä laboratorioolosuhteissa. Tätä varten tarvittiin erilliset laaduntarkkailulaboratoriot omine henkilökuntiineen, mikä merkitsi myös toimintaviiveitä. Tämän osa-alueen ongelmat ratkesivat PaperLab<sup>202</sup>-laitteella, joka oli tavallaan paperikoneen vierelle siirretty laboratorio, jota paperikoneen käyttöhenkilöstö kykeni hoitamaan. Samalla poistuivat laadunhallintaan liittyneet tarpeettomat viiveet.

Paperitehtailla sovellettiin innokkaasti uutta automatisoitua mittaus- ja säätötekniikkaa. Esimerkkinä mainittakoon Kymmenen rakentama paperitehdas Caledonian Paper, joka käynnistyi vuonna 1989. Siellä hiomon ja paperitehtaan ohjaus perustui on-line -prosessimittauksiin ja -säätöpiireihin. Laaduntarkkailu perustui puolestaan erilaisiin on-line -mittauksiin ja PaperLab-laitteeseen. Tuotantolinjan laadunhallinnasta vastasi yksinomaan käyttöhenkilöstö. Näin saatiin tuotannon vastuu siirrettyä kokonaisuudessaan yhdelle organisaatiolle, jolloin työn mielekkyys ja tehokkuus lisääntyivät ja lopputulos parani. Ainoastaan lopputuotteen laaduntarkkailu jäi erilliselle laboratoriolle, samoin kuin eri mittareiden kalibrointi ja toiminnan varmistaminen, joka tehtiin päivätyössä.

---

<sup>198</sup> [www.papermakerswiki.com/innovations](http://www.papermakerswiki.com/innovations) Roibox-anturit (8.24)

<sup>199</sup> [www.papermakerswiki.com/innovations](http://www.papermakerswiki.com/innovations) Ambertec pohjanmuodostusmittari (8.22)

<sup>200</sup> [www.papermakerswiki.com/innovations](http://www.papermakerswiki.com/innovations) Ulma vianilmaisimien (8.23)

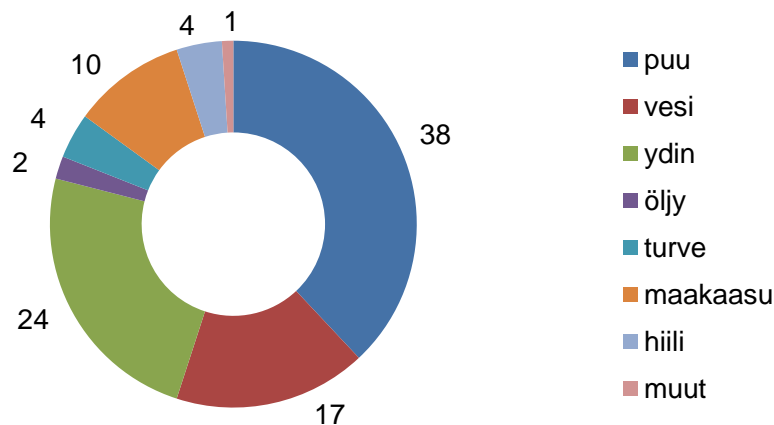
<sup>201</sup> [www.papermakerswiki.com/innovations](http://www.papermakerswiki.com/innovations) Hilcont kameravalvonta (8.26)

<sup>202</sup> [www.papermakerswiki.com/innovations](http://www.papermakerswiki.com/innovations) PaperLab ja PulpLab (8.28)

## 8. Monipuolinen ja kustannustehokas energiajärjestelmä

Suomen paperiteollisuuden energiastrategian perustana on jo 1920-luvulta lähtien ollut itsenäisyys ja omavaraisuus energian tuotannossa, monipuolinen, kaikkien käytännössä kyseeseen tulevien energialähteiden käyttö ja kustannustehokkuus. Tämä toimintalinjaus on merkinnyt sitä, että energian hinta on pystytty pitämään suhteellisen alhaisella tasolla. Tämä on luonnollisesti ollut paperiteollisuuden kilpailukyvyn kannalta erittäin merkityksellistä.

Kuva 11. Suomen metsäteollisuuden sähkön käyttö energialähteittäin, osuus %.



Uudistystä on toteutettu energian tuotannon ja käytön kaikilla osa-alueilla. Tavoitteena on ollut huipputeknologian soveltaminen niin energian tuotannossa, siirrossa kuin käytössä. Esimerkiksi lämmön ja sähkön yhdistetyssä tuotannossa, ns. vastapainelaitoksissa, Suomi on johtava maa maailmassa:

Taulukko 1. Sähkön ja lämmön yhteistuotanto. Sähkön tuotanto % kaikesta sähköstä laitoksissa, joissa tuotetaan myös kaukolämpöä tai teollisuuden tarvitsemää lämpöenergiaa.

Sähkön ja lämmön yhteistuotanto	
	1996, %
Suomi	32
Hollanti	30
Tanska	29
Saksa	11
Italia	9
Ruotsi	6
Iso-Britannia	4
Espanja	4
Portugali	3
Kreikka	3
Norja	2
Ranska	2
EU keskimäärin	7



Vastapainelaitoksissa<sup>203</sup> lauhduttimen jäädytyshäviöt vältetään ja energian tuotannon kokonaishyötysuhteessa päästään yli 90 prosentin (polttoaineen alemman lämpöarvon mukaan laskettuna). Hyötysuhteen lisäksi yhdistetyssä tuotannossa toinen oleellinen tunnusluku on rakennussuhde, joka kertoo sähkön tuotannon suhteen lämpöenergian tuotantoon. Rakennussuhde riippuu siitä, millä paine- ja lämpötilatasolla höyry turbiinista otetaan teollisuusprosessin tai kaukolämmityksen tarpeisiin. Teollisuuden yhteistuotantolaitoksissa rakennussuhde on suuruusluokkaa 0,4, kun taas kaukolämpölaitoksissa, joissa höyry saa paisua pitemmälle, päästään suuruusluokkaan 0,5. Kuitenkin, jos voimalaitos on ns. kaasukombi eli yhdistelmä kaasuturbiinista, höyrykattilasta ja höyryturbiinista, päästään yli kaksinkertaiseen rakennussuhteen arvoihin verrattuna tavalliseen höyrykattila-turbiinikombinaatioon. Höyrykattilassa, ns. pakokaasukattilassa, kaasuturbiinin pakokaasujen energia otetaan pääosin talteen höyryturbiiniin johdettavan höyryn tuottamiseen. Kokonaishyötysuhde on kuitenkin samaa luokkaa kuin pelkissä höyryprosesseissa. Kombiprosessin tuotantotehoa voidaan nostaa polttamalla kaasua myös pakokaasukattilassa. Silloin rakennussuhde kuitenkin alenee.

Leijukerros poltto<sup>204</sup> on innovaatio, jonka ansiosta kyseistä teknologiaa soveltavissa höyrykattiloissa voidaan polttaa hankalia polttoaineita, kuten kuorta, hakkuujätettä, yhdyskuntajätteitä, turvetta ja kivihiiltä, samanaikaisesti tai erikseen. Leijukerroskattiloita on kahta tyyppiä, ns. kuplivapeti-malli ja kiertopeti-malli. Kuplivapeti-ratkaisussa palamisilma puhalletaan tulipesässä olevasta suutinpatterista ylöspäin, jonka ansiosta polttoaine ja tuhka sekä kattilaan tarpeen mukaan lisätty hiekka leijuvat tulipesässä polttoaineen palaessa. Kiertopeti-ratkaisussa osa savukaasuja ja tuhkaa palautetaan jälkitulipinojen jälkeen tulipesään, jossa palaminen tapahtuu samaan tapaan leijuvassa seoksessa kuin kuplivapeti-ratkaisussa.

Kiertopeti-ratkaisut soveltuvat paremmin suuriin kattilayksiköihin, ja niitä valmistetaankin 1000 MWth kokoluokkaan asti. Kuplivapeti-ratkaisuja käytetään pienemmissä kokoluokissa (10 - 300 MWth) ja useimmiten pelkkää kaukolämpöä tuottavissa kattiloissa. Myös Metso Power valmistaa sekä kuplivapeti- että kiertopetiteknologialla toimivia kattiloita. Muutamit pienemmät konepajat valmistavat pienempiä kattiloita lähinnä kuplivapeti-teknologiaa soveltaen.

Suomessa on uusiutuvan energian osuus energian tuotannossa EU:n korkein ja sen odotetaan edelleen kasvavan. Tämä perustuu pääasiassa Suomen metsissä kasvavaan biomassaan. Jotta tähän on päästy, on tarvittu kehittyneitä menetelmiä, joilla tämä biomassa on päästy korjaamaan metsistä. Energian tuotannossa edistysellinen metsäteollisuus on kuitenkin avainasemassa. Sellutehtaiden yhteydessä energia tuotetaan tehokkailla menetelmillä, joiden kehitys nykytasolle on perustunut monilta osin suomalaisiin innovaatioihin.

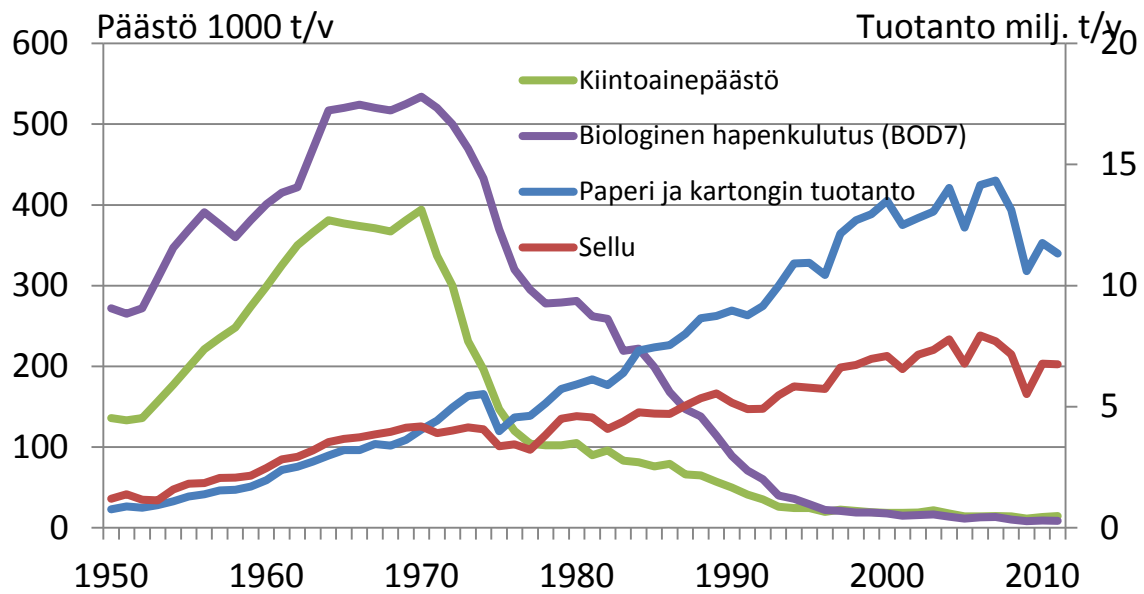
---

<sup>203</sup> [www.papermakerswiki.com/innovations](http://www.papermakerswiki.com/innovations) Sähkön ja lämmön yhteistuotanto (10.1)

<sup>204</sup> [www.papermakerswiki.com/innovations](http://www.papermakerswiki.com/innovations) Leijukerros poltto, Pyroflow kuorikattila (10.2)

## 9. Puhtaampaa ympäristöä

**Paperiteollisuuden ympäristönsuojelutavoitteissa** ilmaistiin 1900-luvun jälkipuoliskolla laaja-alaisen uudistustyön perusajatus: toimenpiteitten suunnittelussa ja toteutuksessa kaikki lähtee luonnon asettamista vaatimuksista ja tämän ehdon asettamisessa rajoissa pyritään asiat hoitamaan kuitenkin mahdollisimman taloudellisesti. Tämän uudistustyön kokonaisvaikutukset ilmaan ja vesistöihin kohdistuvaan päästökuormitukseen olivat erittäin merkittävät.



Kuva 12. Suomen massa- ja paperiteollisuuden tuotanto ja jätevesikuormitus 1950–2011. (Lähde: Metsäteollisuus ry)

**Päästökuormitus.** Oheisesta kaaviosta nähdään, kuinka paperi- ja sellutehtaiden päästökuormitus kasvoi selvästi tuotannon kasvaessa 1950-luvulta aina 1960-luvun puolivälille saakka. Tämän jälkeen tuotantoluvut jatkoivat yhä voimakasta kasvuaan, mutta uusien tuotanto- ja puhdistusprosessien käyttöönoton ansiosta päästökuormitus kääntyi selvästi laskuun.

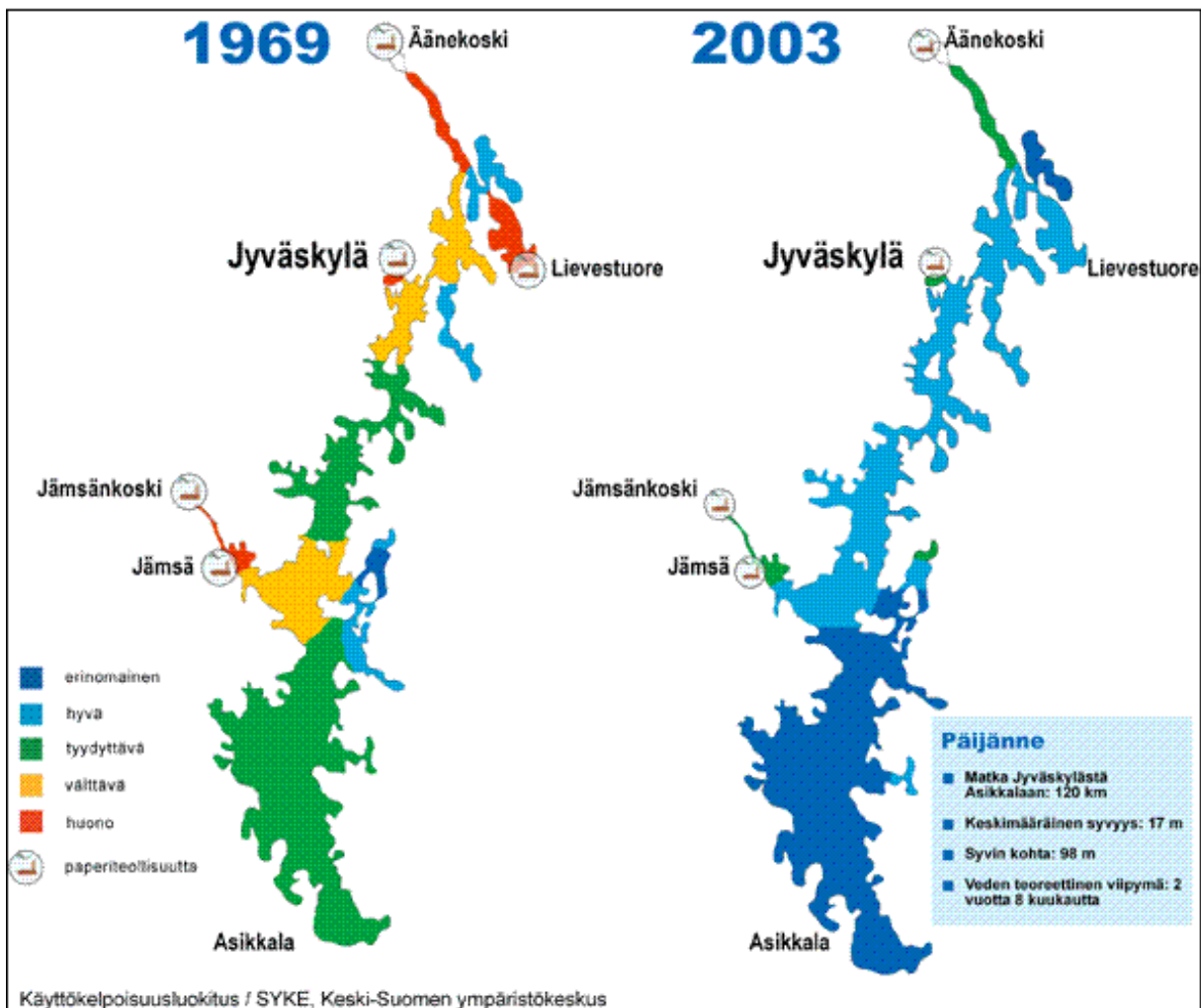
Tärkeimmät päästökuormitusta vähentäneet tuotantoprosessin muutokset tehtiin sellutehtailla, kuten vanhojen sulfiittitehtaiden sulkeminen, sulfaattiprosessin ja siihen kytketyn kemikaalikierron käyttöönotto, uudet tehokkaat keittomenetelmät, happikemikaalien käyttö ligniinin poistossa ja valkaisuissa. Lisäksi vedenkäytön voimakas rajoittaminen teki jäteveden ulkoisten puhdistusmenetelmien käyttöönoton mahdolliseksi.

**Tutkimushankkeet.** Jäteveden ulkoisten puhdistusmenetelmien kehitymisellä oli myös huomattava merkitys sellu- ja paperitehtaiden vesistökuormituksen rajoittamiseen. Esimerkiksi 1980-luvun lopulla käynnistettiin teollisuuden kustantama ja Tampereen teknillisen korkeakoulun koordinoima MEBITE-projekti, jonka tavoitteena oli tehdä ehdotukset aktiivilietelaitosten mitoituksesta ja toimintatavoista. Puhdistamoissa esitettiin lisättäväksi vesien esikäsittelyä kuten selkeytystä, suositeltiin selektorien käyttöä ja ilmastuksen sekä jälkiselkeytyksen oikeaa mitoitusta. Projektissa kehitettiin myös puhdistamon ohjausjärjestelmä, jonka

ensimmäinen kokeiluversio asennettiin UPM-Kymmenen Jämsänkosken tehtaalle. Projektin suositukset otettiin käyttöön 1990-luvulla<sup>205</sup> sekä uusissa että uudistetuissa laitoksissa.

Toinen tuloksiltaan merkittävä selvitystyö oli Suomen Ympäristökeskuksen yhdessä muiden vastaavien Pohjoismaiden viranomaistahojen kanssa toteuttama hanke, jonka tuloksena saatiin Pohjoismaiden Ministerineuvoston käyttöön arviot ja suositukset mm. metsäteollisuuslaitosten päästörajoista sekä niiden saavuttamiseen käytettävästä tekniikasta. Saman työn tulokset olivat pohjana 1990-luvun loppupuolen EU:n koordinoimassa BAT-tekniikan kehitystyössä.

**Päijänteen veden laadun parantuminen** on hyvä esimerkki siitä, mitä teollisuuden kehittyminen ja innovaatioita sisältävien ratkaisujen käyttö on saanut aikaan. Päijänteelläkin teollisuuden jätevesikuormitus oli suurimmillaan 1960-luvulla, minkä jälkeen kuormitus on vähentynyt ja veden laatu parantunut. Pohjoisella Päijänteellä veden laatuun ovat vaikuttaneet Äänekosken teollisuus, Lievestuoreen sulfiittiselluloosatehdas ja Kankaan paperitehdas Jyväskylässä sekä Päijänteen keskiosilla Jämsänjokilaakson teollisuus.



Kuva 13. Metsäteollisuuden ympäristöinvestointien vaikutus Päijänteen veden laatuun (Lähde: SYKE, Keski-Suomen ympäristökeskus)

<sup>205</sup> [www.papermakerswiki.com/innovations](http://www.papermakerswiki.com/innovations) Ympäristönsuojelun innovaatioita (11.1)

Eriyisen paljon Päijänteen veden laatu kohentui, kun Metsä-Botnian uusi tiukat ympäristönormit täyttävä sulfaattisellutehdas käynnistyi Äänekoskella vuonna 1985. Tehdas korvasi sekä vanhan sulfiittisellutehtaan että vanhentuneen sulfaattisellutehtaan. Tämän tehtaan vesistökuormitusta on jatkossa pienennetty edelleen mm. happivalkaisun käyttöönotolla (1993), puunkäsittelyn modernisoinnilla (1995–96), pesun ja happivalkaisun tehostamisella (1999) sekä klooridioksidilaitoksen modernisoinnilla (2007–08). Tämän ohella Lievestuoreen sulfiittisellutehdas pysäytettiin vuonna 1985<sup>206</sup>.

Jämsänkosken sulfiittisellutehtaan pysäyttäminen vuonna 1980 oli merkittävin Päijänteen keskiosan veden laatua parantava toimenpide. Jämsänkoskelle vuosina 1981 ja 1992 rakennettujen kahden suuren paperikoneen pääraaka-aine oli mekaaninen massa. Ennen toisen koneen rakentamista tehtaalle valmistui vuonna 1990 biologinen puhdistamo. Kaipolan paperitehtaalle rakennettiin LWC-tehtaan rakentamisen yhteydessä biologinen puhdistamo vuonna 1987 ja sitä laajennettiin siistaamon ja uuden sanomalehtipaperikoneen rakentamisen yhteydessä vuonna 1989. Päästöt Päijänteeseen pienenevät näillä toimenpiteillä merkittävästi huolimatta lähes miljoonan vuositonnin lisäyksestä Jämsänjokilaakson paperin tuotantokapasiteetissa.

Nyt Päijänteen veden laatu on hyvä ja Jämsän eteläpuolella erinomainen. Lupakäytännön tiukkenemiseen vaikutti merkittävästi Päijänne puhtaaksi -kansalaisliike, joka keräsi 140 000 nimen adressin teollisuuden jätevesien tehokkaamman käsittelyn puolesta. Nimilistat luovutettiin sisäministeri Matti Ahteelle vuonna 1983. Korkein hallinto-oikeus vahvisti siihen saakka ennätysmäisen ankarat päästörajoitukset vuonna 1985. Pääkaupunkiseudun juomavesi johdetaan nykyisin Päijänteen eteläpäästä Asikkalan edustalta Päijänne-tunnelia pitkin Vanhalle Silvolan tekojärveen.

---

<sup>206</sup> [www.papermakerswiki.com/innovations](http://www.papermakerswiki.com/innovations) Johdanto selluteollisuuden kehitykseen (2.1)

## 10. Terveyttä sellutehtaan sivutuotteista

Selluteollisuudessa on primääritavoitteena ollut paperinvalmistuksessa käytettävän kuidun tuottaminen, mutta puun on tiedetty sisältävän myös kaupallisesti kiinnostavia kemiallisia yhdisteitä. Näitä yhdisteitä on erotettu joko suoraan puumateriaalista tai vaihtoehtoisesti paperisellun valmistuksen sivuvirroista tai jätteistä. Erityisesti sulfiittisellun jäteliemi osoitautui kiinnostavaksi lähtöaineeksi. Sulfiittisellun valmistuksen loputtua näiden sivutuotteiden valmistus myös loppui. Sulfaattisellun valmistuksessa syntyvä raakamäntyöljy on nykyisin tärkein sivutuotteiden raaka-aine. Olosuhteiden muuttuessa sellun valmistus saattaa kääntyä enemmän biojalostamon suuntaan ja silloin saattaa kuitupuusta syntyä myös uusia kaupallisesti merkittäviä tuotteita. Kaukaalla kehitetty sekasuovan jalostusprosessi on mielenkiintoinen esimerkki erilaisesta sivutuotteen kehittamisestä<sup>207</sup>.

Kaukaan sellutehtaalla mänty- ja koivusellujen periodiajajojen ja niistä aiheutuvien prosessisyksityiskohtien johdosta recovery-alueella erottuva suopa oli ns. sekasuopaa. Tästä palstoitamalla tehty mäntyöljy ei ollut laadultaan myytävää eikä tislauskelpoista suuren tislauspikimääränsä vuoksi. Kaukaalle tarjottiin mahdollisuutta hyödyntää Åbo Akademin patenttia, jolla sekasuovan laatua voidaan parantaa tislauskelpoisen mäntyöljyn valmistamiseksi. Insinööritoimisto Linotek suunnitteli prosessin, ja projekti toteutettiin Kaukaan omana työnä. Prosessin nimi patentin mukaisesti oli CSR-prosessi (Crude Soap Refining). Projektin suunnittelu- ja kehitystyö ajoittui vuosille 1976–77. Laitteistona käytettiin Kemiran metallurgiassa koettua neste/neste uuttoteknologiaa ja yksittäisiä laitetoimittajia.

CSR-prosessin tuotteet ja hyödyt olivat: parantunut suovan laatu myyntikelpoisen mäntyöljyn palstoitukseen, ns. neutraaliaine sekä suurimpana soodakattilan kuiva-aineen polttokyvyn lisäys vastaten sekasuovan ja neutraaliaineen polttoa, josta samalla aiheutui sellutehtaan tuotannon merkittävä kasvu.

Laadultaan parantuneen suovan palstointi toteutettiin CSR-prosessi-investoinnin yhteydessä. Suovasta uuttamalla saatu neutraaliaine/neutraaliöljy, joka aluksi käytettiin lisäpolttoaineena kuorikattilalaitoksella, sisälsi lukuisan määrän arvokkaita puukemikaaleja. Näistä laajan tutkimus- ja kehitystyön sekä markkinaselvitysten avulla valittiin sitosteroli, jonka erottamiseksi kehitettiin prosessi. Tämä kehityksen tulos patentoitiin Kaukaan patenteina. Sisäinen projekti sitosterolilaitoksen rakentamiseksi ajoittui 80-luvun alkuun. Prosessisuunnittelun toteutti Rintekno Oy ja laitoksen ylöspano hankittiin yksittäisinä laitetoimituksina. Tuotteen markkinointi suuntautui aluksi Euroopan kosmetiikkateollisuuteen sekä voim tuottajan alkuperämaan merkkaukseen.

90-luvulla sitosterolin käyttö yleistyi mm. veren kolesterolia alentavana luontaistuotteena sekä sekoituksena eri tuotteisiin. Yhteistyösopimus kolesterolia tutkineiden lääkäreiden ja Rasion kanssa mahdollisti yhteisen R&D:n, mikä tuotti mm. Benecol-margariinin ja lukuisia suunnitelmia sekoittaa sitosterolia muuten korkeakolesterolisiin ruokiin, kuten juustoihin, jäätelöihin, ja kuriositeettina kananmunien kolesterolitason alentamiseen syöttämällä sitosterolia esimerkiksi kanoille rehuun sekoitettuna.

Sitosterolia jouduttiin jatkojalostamaan/hydraamaan, jotta se sopisi hyvin edellä mainittuun Benecol-prosessiin. Tämän hydrauksen patentoi Kaukas. Patentin mukaisesti sitosteroli hydrattiin sitostanolimuotoon, jolloin tuote oli pysyvä ja sopi täten paremmin muihinkin sekoitustuotteisiin.

Lisäksi Kaukaalla kehitettiin myös betuliinin eristystä. Tuotteelle ei kuitenkaan silloin löytynyt kaupallisia sovellutuksia.

---

<sup>207</sup> [www.papermakerswiki.com/innovations](http://www.papermakerswiki.com/innovations) Sekasuovan jalostus- ja sitosteroliprosessit (9.1)

Neutraali-öljyä ja mäntyöljyä käytettiin myös puumateriaalin kosteutta eristävänä aineena (painekeuhkustysaineena) mm. sähköpölväissä ja terassilaidoissa. Ainesosella todettiin olevan myös lahosieniä hylkivä ominaisuus. Tuoteseos patenttoitiin myös Kaukaan patenttina.

## KUINKA ETEENPÄIN MUUTTUVASSA TOIMINTAYMPÄRISTÖSSÄ?

Mitä opittavaa voisi olla edellä kuvatusta 1900-luvun jälkipuoliskon innovaatiohistoriasta? On hyödyllistä tarkastella toimintaympäristön kehitystä ja peilata sitä nykyisyyteen.

### *Ankea lähtötilanne sotien jälkeen*

Suomen lähtökohdat sotien jälkeen olivat ankeat. Neljännes rakennetusta vesivoimasta, viidennes rautateistä, yli kymmenes teollisuuden kapasiteetista ja suuret metsävarat jäivät uuden rajan taakse. Lapin sota jätti jälkeensä tuhotun Pohjois-Suomen, jossa kaikki rautatie- ja maantiesillat, maantierummut ja lentokentät oli räjäytetty. Rauhan tultua oli selvittävä sotakorvauksista, joista kolmannes tuli suoraan metsäteollisuudesta. Tästä huolimatta metsäteollisuus pyrki 1940-luvun lopulla elvyttämään rajusti supistunutta toimintaansa vanhoihin tuotantolaitoksiin. Tehtiin vain aivan välttämättömät korjaus- ja uudistusinvestoinnit.

### *Kehitys 1960-luvun alusta 1990-luvun puoleen väliin - tie maailmanlaajuisesti arvostettuun asemaan*

Toisen maailmansodan jälkeen maailman paperiteollisuus onnistui kaupallistamaan useita asiakkaiden kaipaamia uusia tuotteita, joihin liittyi lukuisia teknologisia innovaatioita. Kuitupuolella täysvalkaistulla sulfaattisellulla, mutta myös hierremassoilla ja myöhemmin kierrätyskuidun käyttönotolla oli tähän huomattava merkitys. Paperinvalmistuksen ajureina olivat moniväripainotekniikan kehittyminen, mainonnan merkityksen kasvu ja yleinen elintason voimakas nousu. Tällä oli ratkaiseva merkitys painopapereiden ja erityisesti päällystystekniikan kehittymiselle. Pakkauspuolella elintarvikkeiden myynnin muuttuminen irtomyynnistä yksikköpakkauksiin johti uusien elintarvikepakkausmateriaalien kuten nestepakkauksetonkin kehittämiseen. Samalla pakkauksia hyödynnettiin kehittyneen painotekniikan avulla myös markkinoinnissa.

Vielä 1960-luvulla USA oli selvästi Eurooppaa edellä paperiteollisuuden alalla ja siksi hyvät suhteet USA:n paperiteollisuuteen olivat tärkeitä. Suomessa myös oivallettiin hyvän koulutuspuhjan merkitys.

Suomessa tämän aikakauden suurena visiona oli saada paperiteollisuus nousuun ja edelleen nostaa se maailman huipulle. Teollisuuden laajennusvaihe oli käynnistynyt jo 1950-luvun alkupuolella. Yhtenäisen kansakunta pyrki ottamaan kiinni muiden maiden etumatkan.

Erityinen pieneen kansakuntaan ja aikakauteen liittyvä piirre oli yhdessä tekemisen mentaliteetti. Myös suomalaisessa paperiteollisuudessa insinöörikunnan yhteistyö oli vahvaa sekä metsäklusterin yritysten välillä että, mikä oleellista, henkilökohtaisesti kollegoitten kesken yli yritysrajojen. Yhteismarkkinointi edisti tätä toimintatapaa eikä kilpailulainsäädäntö ollut yhteistyön esteenä. Työyhteisöjen matalat organisaatiot, helppo keskinäinen kommunikatio, tehtävien ja vastuun delegointi sekä myös vastuun ottaminen olivat tyyppillistä. Paperiteollisuuden johto oivalsi myös kehitystyön suuren merkityksen tulevaisuuden kannalta. Näin oltiin valmiit hyödyntämään globaalin paperiteollisuuden uusia mahdollisuuksia Suomen erityisissä olosuhteissa. Runsaiden ja monilta osin radikaalien tuote- ja teknologiainnovaatioiden taustalla oli myös motivoitunut ilmapiiri ja suorastaan intohimoinen halu hyödyntää omaa osaamista.

1960-luvulla suomalaiselle paperiteollisuudelle löytyi siten selkeä suunta. Paras ”puustamaksukyky” havaittiin olevan mekaanisesta massasta valmistetuilla painopapereilla. Vaalea kuusikuitumme oli erinomainen mekaanisen massan raaka-aine ja mäntykuitu sopi puolivalkaistuna sulfaattiselluna hyvin lujitemassaksi. Tärkeitä mineraalista raaka-ainetta löydettiin

kotimaasta täydentämään tuontia Englannista. Maan energiapolitiikka tuki valittua suuntaa. Näin yhteistyökykyiselle ja -haluiselle insinöörikunnalle syntyi yhteinen tavoite kasvattaa sanomalehtipaperia arvokkaampien painopaperien tuotantoa kasvaville maailman mediamarkkinoille.

Tekninen osaaminen karttui myös tuotantoa kasvattavissa investointiprojekteissa Suomessa ja ulkomailla. Kotimaisten kuusi-, mänty- ja koivukuitujen prosessoinnissa yhä laadukkaammiksi paperi- ja kartonkilajeiksi yhä suuremmilla paperikoneilla saavutettiin johtava asema maailmassa. Huippuosaaminen ja laadukkaat kuidut loivat mahdollisuuksia tehdä kustannustehokkaiden bulkkituotteiden ohella myös neitseellisiin kuituihin perustuvia erikoistuotteita. Jättimäisillä konelinoilla oli kuitenkin tavoiteltava isoja markkinoita, jolloin monia teknisiä konsepteja ainutlaatuisten erikoistuotteiden tekemiseen saattoi jäädä hyväksi käyttämättä.

1900-luvun viimeiset vuosikymmenet olivat suomalaisen metsäteollisuuden kasvun ja kehityksen aikaa. Yritykset kasvoivat nopeammin kuin kansainväliset kilpailijansa. Samanaikaisesti pystyttiin kehittämään perusteollisuutta, rakentamaan tuotantolaitoksia ulkomaille sekä nostamaan jalostusastetta. Paperiteollisuutemme saavutti maailmanlaajuisesti arvostetun aseman.

Näinä vuosikymmeninä metsäteollisuuden dominoiva rooli Suomen kansantaloudessa korostui. Tämä ei johtunut vain metsäteollisuuden viennin suuresta osuudesta kokonaisviennistämme vaan myös tuotannon ja siten myös viennin korkeasta kotimaisuusasteesta, joka paperiteollisuuden osalta on n. 85 %. Puuraaka-aineen hankinta Suomesta levitti taloudellista hyvinvointia laajalti teollisuuden ulkopuolelle.

*Kehitys 1990-luvun puolesta välistä tähän päivään saakka – murros alkaa.*

1990-luvulle tultaessa suomalaisen paperiteollisuuden 60-luvun visio oli jo toteutettu. Tehokkaan ja kilpailukykyisen paperin tuotannon kasvattaminen oli luonut mahdollisuudet vientitulojen voimakkaaseen kasvuun. Sillä oli merkittävä osuus Suomen vaurastumisessa.

Globalisaatio ja painopaperimarkkinoiden kyllästyminen Euroopassa ja USA:ssa pakotti 1990-luvulla suomalaisen metsäteollisuuden turvaamaan elossa säilymisensä fuusioiden ja yritystojen kautta ja suuntautumaan uusille kasvaville markkinoille. Tässä vaiheessa yritysten visiot perustuivat suuruuden ekonomiaan globaalissa mittakaavassa. Tällöin kustannuskilpailukyky ja hyvä palvelukyky perinteisten tuotteiden osalta oli toiminnan keskipisteessä. Tekniset innovaatiot ja uudet tuotealueet eivät helposti saavuttaneet riittävää painoarvoa.

Missio siis muuttui ja lähes 30 vuotta jatkunut suomalaiseen kuituun pohjautuva paperituotteiden kehittäminen ei enää uudessa missiossa ollutkaan avainasemassa strategioissa. Suomessa insinööriyö suunnattiin kasvavien kustannusten alentamiskeinojen hankintaan ja tuotekehitys palvelemaan kustannuksiltaan halvemmissa maissa tehtävää tuotantoa ja markkinoita.

Kilpailulainsäädännön voimakas kiristyminen ja yhteismarkkinoinnin loppuminen 1990-luvulla johti myös yritysten välisten yhteistyömahdollisuuksien peruuttamattomaan supistumiseen. Perinteiseen yhteistyön toimintamalliin ei enää ollut paluuta.

Paperin kulutuksessa on 2000-luvulla käynnistynyt murrosvaihe; painopaperin markkinat supistuvat teollistuneissa maissa peruuttamattomasti. Valmistuskapasiteettia on liikaa mikä johtaa ylituotanto-ongelmiin ja hintatason laskuun. Suomessa on tästä syystä muutaman viime vuoden aikana suljettu huomattava määrä tuotantokapasiteettia. Pakkausmateriaalien ja siten kartonkiteollisuuden markkinat kuitenkin kasvavat edelleen, joskin verraten hitaasti. Sama koskee pehmopaperimarkkinoita.



Paperin markkinoiden lisäksi myös raaka-ainelähteet ovat siirtymässä muualle maailmassa, missä puu kasvaa nopeammin kuin Suomessa. Keräyspaperi muodostaa jo yli puolet maailman kuituraaka-aineista ja sitä löytyy nimenomaan paperin suurten kulutuskeskusten alueilla, siis muualla kuin Suomessa. Vaikka keräyspaperijärjestelmä tarvitsee toimiakseen jatkuvasti uutta tuorekuitua, on raaka-ainelähteiden kehitys johtanut siihen, että Suomen hyvin kasvavat metsävarat jäävät lisääntyvässä määrin hyödyntämättä.

Näyttää kuitenkin siltä, että sellaiset paperi- ja kartonkituotteet, jotka perustuvat korkeaan tekniseen osaamiseen ja laadukkaisiin neitseellisiin kuituihin voivat Suomessa edelleen selviytyä jatkuvassa murroksessa. Tällaisia ovat ainakin pakkauskartongit ja sellaiset johtavan markkina-aseman saavuttaneet erikoispaperit, joissa uuden kapasiteetin markkinoille tulemisen kynnyks on riittävän korkea, kuten esimerkiksi erikoisreleasepaperi. Skaalaedulla aikanaan saavutettu kustannuskilpailukyky bulkkituotteiden valmistuksessa on kuitenkin ajat sitten menetetty eikä sitä koskaan voida saada takaisin.

*Miten siis tästä päivästä eteenpäin - murroksen kautta biotalouteen!*

Nyt 2000-luvun ensimmäisen vuosikymmenen loppupuolella on kehittynyt uusi visio tehdä Suomesta maailman johtava biotalousmaa. Tämän vision toteuttamisessa tarvitaan jälleen suomalaisten tutkijoiden ja insinöörien työtä, jonka tuloksena vanhoja ja uusia tietoja hyväksikäyttäen löydetään tuotteita, välituotteita, prosesseja, laitteita ja palveluja, jotka uudessa tilanteessa antavat suomalaiselle puulle parhaan mahdollisen ”puustamaksukyvyyn”. Siihen tarvitaan paljon entistä monipuolisempaa poikkitieteellistä osaamista, sen yhdistämistä vanhaan osaamiseen ja suuntaamista yhteiseen, selkeään tavoitteeseen.

Uusia liikeideoita löytyy puurakentamisen uusista materiaaleista, uusista kuitutuotteista ja suuresta joukosta puun arvoketjun yläpäässä olevista kemian tuotteista erilaisiin tarpeisiin. Oleellista on löytää puulle runsaasti uusia käyttömahdollisuuksia, joista syntyy metsänomistajillekin lisäarvoa niin, että puu saadaan liikkeelle. Uusia innovaatioita tulisi saada aikaan nopeasti. On ennakkoluulottomasti demonstroitava uuden konseptin toimivuus heti, kun sellaisen mahdollisuus todetaan ja sen tarve markkinoilla on osoittautunut ilmeiseksi. Tähän tarvitaan rahoituksen lisäksi entistä avarammin ajattelevia monitaitoisia tutkijoita ja insinöörejä.

Yhteistä näille uusille innovointimahdollisuuksille on että ne vaativat perustakseen erittäin paljon ja pitkäkestoista perustutkimustyötä ja paljon perinteisen metsäteollisuuden ulkopuolista osaamista. Maailmassa on toisaalta käynnissä paljon julkista tutkimustyötä, jonka tulokset ovat vapaasti käytettävissä.

Edellä kuvatun, usein pitkän kehitystyön aikana on metsäteollisuus kuitenkin pidettävä pystyssä perinteisen paperin ja kartongin tuotannon avulla. Siitä saatavat vientitulot ovat edelleen merkittäviä ja niistä saatava kassavirta tärkeä alan tulevaisuuden mahdollisuuksien luomisessa. Perinteisen tuotannon kilpailukyvyistä ja toimintaedellytyksistä on siten edelleen huolehdittava. Toiminnassa on myös tarkkaan katsottava, miten voidaan hyödyntää aikaisemmin käyttämättä jääneitä ideoita, esimerkiksi yhdistämällä niitä erilaisiin uusiin teknologian mahdollisuuksiin.

Metsään pohjautuvan teollisuuden uusien mahdollisuuksien erityispiirteitä on, että ne erillisinä istuvat huonosti perinteisten suuryhtiöiden yhteyteen. Eräs keino tämän ongelman ratkaisemiseksi voisi olla kunkin uuden idean ympärille muodostuvien pienyritysten klusterointia ja klustereiden toimimista suurempien yritysten rinnalla. Tarvitaan siis suurten metsäteollisuusyritysten kanssa samoihin ekosysteemeihin liittyviä pieniä ja keskisuuria toimijoita. Yhteinen missio, yhteistyökyky ja -halu sekä innostus voivat auttaa tämänkin vision toteuttamisessa.

Alamme koulutus on jo pitkään ollut Suomessa hyvin korkeatasoista. Tason ylläpitämisestä on jatkossakin pidettävä huolta. Samalla on yliopistotasoisien koulutuksen laajuutta lisättävä luonnontieteiden ja talouden suuntaan. Askelia tähän suuntaan on jo otettu alan yliopistoissa ja ammattikorkeakouluissa.

Meillä on siis käytettävissä ainutlaatuisia materiaaleja sekä monelta osin ainutlaatuista tekniikkaa ja osaamista. Mitä siis tarvitaan, jotta päästäisiin tästä eteenpäin? Usein on todettu, että päästäkseen eteenpäin tulee olla rohkeus heittäytyä uuteen eikä tukeutua vanhaan ja turvalliseen. Ei pidä viilata marginaalisia parannuksia vaan on pyrittävä innovaatiohyppäyksiin. On löydettävä kohteita, joissa on osaamis-, markkina- ja kilpailuetua saavutettavissa. Innovaatioprosessin on oltava luova ja ripeä. Turhaa byrokratiaa ja juridiikkaa on vältettävä, koska ne saattavat lannistaa hyvätkin ajatukset. Sen sijaan kollegiaalinen ja myös poikkitieteellinen yhteistyö on voimavara. Alalla toimivien arvomaailmalla on myös merkitystä ja tässä mielessä menneiden vuosien ammattiyhteisö, molemminpuolinen sitoutuminen työnantajan ja työntekijän välillä sekä pitkäjänteisyys ovat yhä tärkeitä tekijöitä. Nyt tarvitaan lisäksi vielä yrittäjyyttä. Uskomme, että suomalaisella paperiteollisuudella ja metsäteollisuudella yleisemminkin on tulevaisuus, joka perustuu laadukkaaseen tutkimus- ja insinööriyöhön!

