

# ETLA

**ELINKEINOELÄMÄN TUTKIMUSLAITOS**  
THE RESEARCH INSTITUTE OF THE FINNISH ECONOMY  
Lönnrotinkatu 4 B 00120 Helsinki Finland Tel. 609 900 Telefax 601 753

## **Keskusteluaiheita - Discussion papers**

No. 485

Jarmo Vehmas

**MASSA- JA PAPERITEOLLISUUDEN  
ELINKAARIARVIOINTI JA METSÄ-  
TEOLLISUUDEN YMPÄRISTÖHAASTEET**

Kansallinen kilpailukyky ja teollinen tulevaisuus -projektissa tutkitaan, millaista teollista toimintaa voidaan harjoittaa Suomessa menestyksekkäimmin. Siinä tutkitaan menestyneitä vientiyrityksiämme ja pohditaan, miten niiden toimintaympäristöä tulisi kehittää, jotta ne pystyisivät saavuttamaan kilpailuetuja kansainvälisiin kilpailijoihin verrattuna.

Projektin päärahoittajina ovat Suomen itsenäisyyden juhlarahasto (SITRA), Elinkeinoelämän Tutkimuslaitos (ETLA), kauppaja teollisuusministeriö (KTM) sekä eri alojen tärkeimmät yritykset.

"The Competitive Advantage of Finland" research project evaluates the competitiveness of Finnish export industries and crucial elements behind their performance. The project focuses on what kind of industrial activities have the best possibilities for success in Finland.

The project is organised by Etlatieto Ltd and financed mainly by the Finnish national Fund for Research and Development (SITRA), The Research Institute of the Finnish Economy (ETLA), Ministry of Trade and Industry (KTM) as well as major companies in various fields.



(ETLAn projektitutkimus- ja tietopalveluyksikkö)  
Lönnrotinkatu 4 b 00120 Helsinki Finland  
90 - 609 901 fax: 90 - 601 753

# Jarmo Vehmas

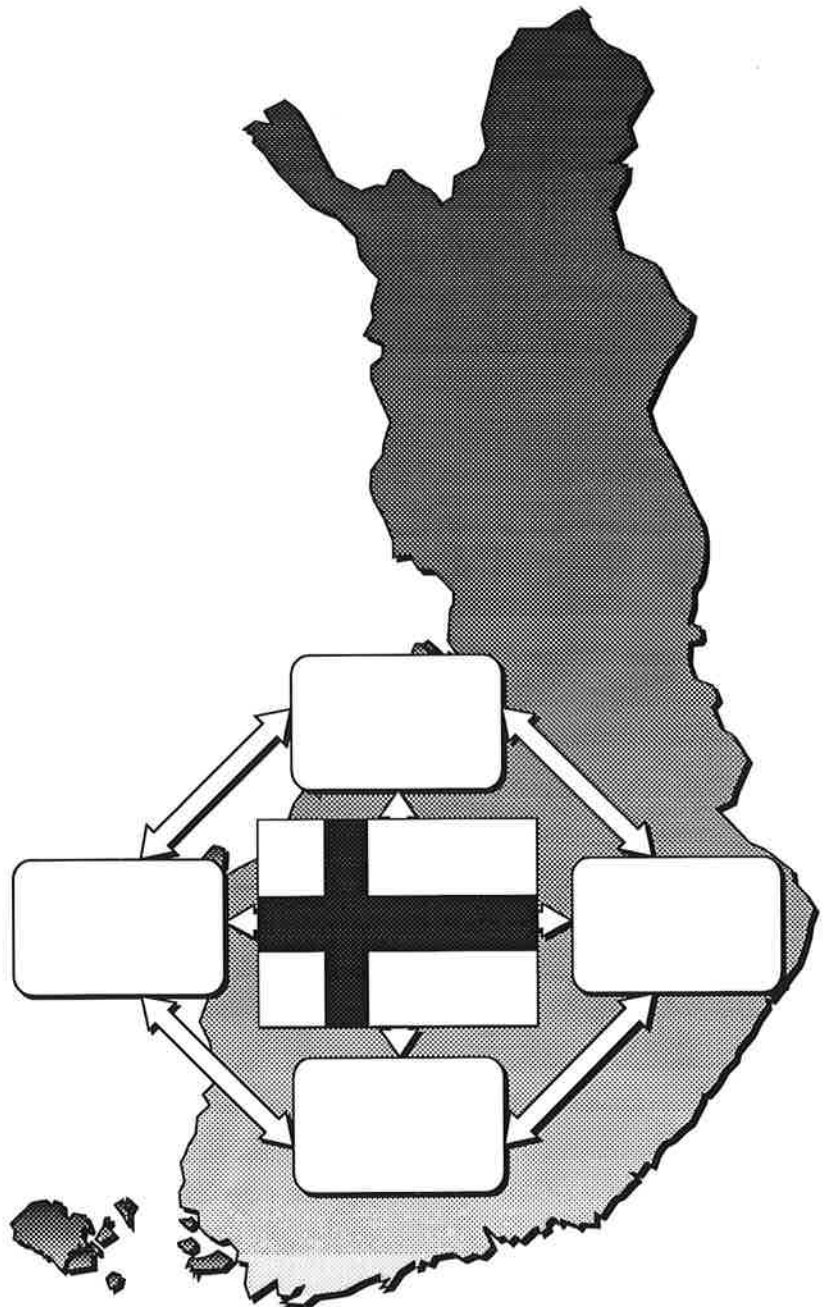
Kansallinen kilpailukyky ja teollinen tulevaisuus

The Competitive Advantage of Finland

---

## MASSA- JA PAPERITEOLLISUUDEN ELINKAARIARVIOINTI JA METSÄ- TEOLLISUUDEN YMPÄRISTÖ- HAASTEET

---



## *Esipuhe*

*HM Jarmo Vehmoksen tutkimus "Massa- ja paperiteollisuuden elinkaariarviointi ja metsäteollisuuden ympäristöhaasteet" liittyy Elinkeinoelämän Tutkimuslaitoksen ja Etlatieto Oy:n Kansallinen kilpailukyky ja teollinen tulevaisuus -projektiin. Tutkimus selvittää jätepaperin hyväksikäytön arviointimenetelmiä erityisesti kierrätyksen ja energiakäytön kannalta. Se millaiseksi sekä suomalainen että eurooppalainen ympäristökeskustelu näistä kysymyksistä muodostuu, on metsäteollisuudellemme erittäin tärkeää. Vastuu tutkimuksesta ja sen sisällöstä on tekijällä.*

*Helsingissä, huhtikuussa 1994*

*Pentti Vartia*

**Vehmas, Jarmo, MASSA- JA PAPERITEOLLISUUDEN ELINKAARIARVIOINTI JA METSÄTEOLLISUUDEN YMPÄRISTÖHAASTEET.** Helsinki, ETLA, Elinkeinoelämän Tutkimuslaitos, The Research Institute of the Finnish Economy, 1994, 57 s. (Keskusteluaiheita, Discussion papers, ISSN 0781-6847, No. 485)

**TIIVISTELMÄ:** Tutkimuksessa tarkastellaan suomalaista metsäteollisuutta ja sen toimintaympäristöä. Pääpaino on massa- ja paperiteollisuuden tulevaisuus- ja ympäristöhaasteissa, erityisesti jätepaperin kierrätyksessä ja ko. alan suhtautumisessa ympäristö- ja kierrätysaasteisiin.

Tutkimuksessa esitellään jätepaperin vaihtoehtoisia hyötykäyttöjä. Erityisesti tarkastellaan jätepaperin kierrätystä paperin valmistusprosessissa sekä jätepaperin polttamista energialähteenä. Tähän liittyen analysoidaan kahta tutkimusta, joissa jätepaperin kierrätystä ja energiakäyttöä tarkastellaan elinkaariarvioinnin (life-cycle assessment, LCA) avulla.

Analysoitavat elinkaariarvioinnit ovat metodologisesti ongelmallisia. Ne eivät noudata normaalia elinkaariarviointikäytäntöä. Arvioinnin kohteena ovat oletuksiin perustuvat skenaariot, joita pyritään asettamaan paremmuusjärjestykseen ympäristön kannalta. Tulokset koskevat suhteellisia eroja, kun ympäristön kannalta olisi relevanttia tarkastella absoluuttisia eroja kokonaiskuormituksessa ja kuormituksen jakautumista.

Tutkimus antaa aihetta epäillä, että massa- ja paperiteollisuutta koskevissa elinkaariarvioinneissa käytetään ympäristötekijöitä kyseenalaisella tavalla tuottaessa ko. teollisuuden intressien mukaisia ja sen valitsemaa defensiivistä strategiaa tukevia tutkimustuloksia.

**AVAINSANAT:** jätepaperi, kierrätys, elinkaarianalyysi, elinkaariarviointi, massa- ja paperiteollisuus, Suomi

**Vehmas, Jarmo, LIFE-CYCLE ASSESSMENT OF THE PULP AND PAPER INDUSTRY AND ENVIRONMENTAL CHALLENGES IN THE FOREST INDUSTRY.** Helsinki, ETLA, Elinkeinoelämän Tutkimuslaitos, The Research Institute of the Finnish Economy, 1994, 57 p. (Keskusteluaiheita, Discussion papers, ISSN 0781-6847, No. 485)

**ABSTRACT:** In this report, the Finnish forest industries and their milieu are studied. Main focus is on the pulp and paper industry and its responding to future challenges in relation to environmental issues, especially waste paper recycling.

Alternative possibilities to utilize waste paper are presented. Waste paper recycling and incineration with energy recovery are studied in detail. In this context, two Finnish life-cycle assessments dealing with environmental impacts of waste paper recycling and incineration with energy recovery are analysed.

These LCA studies are methodologically problematic. They diverge from the standard LCA method. Based on assumptions, a few different scenarios are assessed in purpose to rank them on environmental criteria. The results deal with relative differences in environmental stress. Environmental criteria would be better fulfilled by dealing with absolute differences and the distribution of total environmental stress.

The study gives reason to argue that life-cycle assessments of pulp and paper industry use environmental arguments produced in a questionable way to bring out suitable results supporting the interests and defensive strategy of this industry.

**KEY WORDS:** waste paper, recycling, life-cycle analysis, life-cycle assessment, pulp and paper industry, Finland

## YHTEENVETO

Tässä tutkimuksessa tarkastellaan suomalaista metsäteollisuutta muuttuvassa kansainvälisessä toimintaympäristössä. Tarkastelu kohdistetaan massa- ja paperiteollisuuteen ja jätepaperin kierrätyksen ja energiakäytön vastakkainasetteluun. Aluksi esitellään jätepaperin vaihtoehtoisia hyötykäyttöjä, jonka jälkeen em. vastakkainasettelua tarkastellaan lähemmin elinkaariarviointia (life-cycle assessment, LCA) hyväksi käyttäen. Lopuksi elinkaariarvioinnin käyttö asetetaan kontekstiinsa eri kansainväliseen ympäristö- ja kierrätyskeskusteluun.

Suomalainen massa- ja paperiteollisuus toteutti 1980-luvulla mittavia investointeja, joiden seurauksena markkinaosuudet kasvoivat Keski-Euroopassa ja ala keskittyi voimakkaasti. Vuosikymmenen loppupuolella noussut ympäristötietoisuus ja jäteongelmien ratkaisuyritykset kierrätyksen avulla Keski-Euroopassa alkoivat uhata valittua strategiaa. Teollisuuden reaktiot olivat defensiivisiä.

Keski-Euroopan jätepaperiongelma on ratkaistavissa joko vähentämällä paperin määrää, käyttämällä paperi välittömästi uudelleen, kierrättämällä se takaisin valmistusprosessiin, polttamalla se energia talteenottaen tai ilman, tai tehostamalla normaalia kaatopaikkahävitystä. Jätepaperin kierrätyksen ongelma Suomen kannalta on se, että jätepaperin saantimahdollisuudet ovat hyvin rajoitetut. Kierrätysvaatimukset lopputuotteissa edellyttävät jätepaperin tuontia ulkomailta Suomeen. Jätepaperin energiakäytön ongelmana on se, että syntyvän energian talteenotto ja käyttäminen on vaikea toteuttaa käytännössä. Lisäksi ns. selektiivinen kierrätys edellyttää tehokasta jätepaperin keräystä ja lajittelua. Jätteen vähentäminen "lähteellä" ei ole ollut keskustelussa mukana, mutta sen sijaan joi-takin massa- ja paperiteollisuuden ulkopuolisia käyttökohteita on esitelty.

Elinkaariarviointi on voimakas työkalu, jota käyttäen jätepaperiongelmaan on haettu ratkaisua. Tässä tutkimuksessa arvioidaan kriittisesti kahta LCA-tutkimusta. International Institute of Applied Systems Analysis (IIASA) on laatinut laajan jätepaperin ympäristövaikutuksia tarkastelevan tutkimuksen (Virtanen & Nilsson 1993) ja Keskuslaboratorio on puolestaan laatinut suppeamman sanomalehtipaperiin rajoittuvan elinkaarianalyysin (Kärnä ym. 1993).

Vakiintumassa oleva LCA-metodi koostuu (1) päämäärän asettamisesta ja tarkasteltavan prosessin määrittelystä, (2) tarkasteltavan systeemin materiaali-, energia-, jäte-, ja päästövirtojen analysoinnista määriteltujen rajojen sisällä, (3) vaikutusten arvioinnista, jossa virrat luokitellaan, lasketaan ja arvotetaan sekä (4) mahdollisuuksien arvioimisesta tarkasteltavan prosessin tai tuotteen kehittämiseksi.

Kumpikaan massa- ja paperiteollisuutta käsittelevä LCA ei noudata tätä metodia. Niissä arvioidaan ensisijaisesti skenaarioita, jotka on laadittu olettamalla jätepaperin kierrätysmaksimaaliseksi, minimaaliseksi tai "selektiiviseksi". Arviointi perustuu olemassa olevaan, osittain vanhentuneeseen tilastoaineistoon, ts. teknologian tason ym. keskeisten seikkojen vakiointiin. Lisäksi kuhunkin skenaarioon liitetään oletuksia, jotka on laadittu siten, että kierrätys saadaan näyttämään ympäristön kannalta ongelmalliselta. Esimer-

kiksi maksimikierrätysvaihtoehtoissa kaikki jätepaperi oletetaan siistattavaksi ja tähän tarvittava energia oletetaan tuotettavaksi fossiilisilla polttoaineilla. Sen sijaan minimikierrätysvaihtoehdossa talteenotettavalla jätepaperienergialla oletetaan korvattavaksi fossiilisia polttoaineita. Nämä oletukset ovat vailla perusteita.

Lisäksi tarkasteltavan prosessin rajausta ei problematisoida. Esimerkiksi paperin valmistuksessa tarvittavaa tuotantokapasiteettia ja sen rakentamisen aikaansaamia materiaali-, päästö- ym. virtoja ei oteta huomioon kuten ei myöskään välillisiä vaikutuksia. LCA-lähestymistavan ongelmia ei muutoinkaan korosteta.

Molemmat tarkastellut tutkimukset päätyvät johtopäätökseen, jonka mukaan ympäristön kannalta kierrätystä ei ole järkevää lisätä, vaan jätepaperia olisi syytä ryhtyä polttamaan energia talteenottaen. Perusteluna on se, että tutkimusten mukaan kokonaishiilidioksidipäästöt kasvavat kierrätystä lisättäessä. Tämä perustuu paitsi em. tarkoitushakuisiin skenaariokohtaisiin oletuksiin, myös käsitykseen, jonka mukaan kierrätyksen lisääminen vähentää puun kysyntää massa- ja paperiteollisuudessa eikä tästä aiheutuva puun käytön vähentymistä kompensoida käyttämällä puuta muihin tarkoituksiin, esim. energialähteenä. Suomalaisen massa- ja paperiteollisuuden intressien mukainen tulos on saatu käyttämällä sekä ympäristöaspekteja että elinkaariarviointia kyseenalaisella tavalla.

Käytetty metodologia ja saavutetut tulokset eivät kestä lähempää tarkastelua, joten on kyseenalaista, miksi tällaisia tutkimuksia julkaistaan. Erityisen arveluttavaa on tulosten käyttäminen kierrätyskeskustelussa ekologisena perusteena jätepaperin polttamiselle. Ekologisessa mielessä kummankaan tutkimuksen tuloksilla ei ole merkitystä, sillä suhteellisia eroja tärkeämpi on ympäristökuormituksen kokonaismäärä ja sen jakautuminen esimerkiksi eri alueille ja erilaisille biotoopeille.

Massa- ja paperiteollisuuden LCA-tutkimukset ovat ainoastaan väline valitun strategian puolustamiseksi. 1980-luvun massiiviset investoinnit pyritään saamaan kannattavaksi, joten neitseellisen puukuidun käyttöä pyritään edistämään strategiaa uhkaavan kierrätyksen sijasta. LCA:n avulla tämä tuskin onnistuu. Tilanne on sikäli helpottunut, että EU ja Saksa ovat vesittämässä varsin tiukoiksi suunniteltuja tuotekohtaisia kierrätysvaatimuksia. Tämä ei kuitenkaan merkitse kierrätyksen suosion vähentymistä. Suomalaisen massa- ja paperiteollisuuden tulevaisuus saattaa olla vaakalaudalla, sillä kierrätyshaasteen lisäksi uhkana ovat uudet kilpailijat päämarkkina-alueella: nopeakasvuisia istutuspuulajeja hyödyntävä Etelä-Euroopan teollisuus, Saksan, Hollannin ja Tanskan kierrätysteknologiaan investoinut teollisuus sekä myös Euroopan ulkopuolinen teollisuus. Esimerkiksi EU ja Yhdysvallat ovat sopineet puun ja paperin tullien poistamisesta.

Jos ekologisia аспекteja halutaan käyttää kilpailuetuna, Suomessa tarvitaan uusia innovaatioita ja ekologisen modernisaation edistämistä. Joitakin merkkejä tästä on jo näkyvissä: metsänhoitoa ollaan uudistamassa rajusti varsin kireällä aikataululla ja uusia ideoita on kehitetty ja kokeiltu mm. energia- ja paperikoneteknologiassa. Kaikkia näitä jarruttaa vanhanaikaisia suurtuotannon skaalaetuja ylläpitämään pyrkivä massa- ja paperiteollisuus, jonka olisi aika aloittaa sopeutuminen muuttuvan toimintaympäristön haasteisiin.

## SISÄLLYS

1.	JOHDANTO: 1990-LUVUN YMPÄRISTÖ- JA KIERRÄTYSHAASTE	1
2.	JÄTEPAPERIN VAIHTOEHTOISET HYÖTYKÄYTÖT	5
2.1.	Jäteongelmien hierarkkinen ratkaisuperiaate	5
2.2.	Jätepaperin keräys	6
2.3.	Kierrätys paperinvalmistuksessa	8
2.3.1.	Kierrätyskeskustelu	8
2.3.2.	Kierrätyksen nykytila ja mahdollisuudet	9
2.4.	Jätepaperin polttaminen sekä massa- ja paperiteollisuuden välittömien tuotantoprosessien ulkopuoliset hyötykäytöt	13
3.	KIERRÄTYKSEN JA ENERGIÄKÄYTÖN VASTAKKAINASETTELU EKOLOGIS-ENERGEETTISESTÄ PERSPEKTIIVEISTÄ	15
3.1.	LCA-lähestymistapa	15
3.1.1.	LCA:n määritelmä	15
3.1.2.	LCA-prosessin vaiheet	16
3.1.3.	LCA:n ongelmia	17
3.1.4.	LCA:n käyttötarkoitukset	18
3.2.	LCA massa- ja paperiteollisuudessa - kaksi esimerkkiä	19
3.2.1.	Kierrätyksen ympäristövaikutukset: IIASA:n malli	19
3.2.2.	Sanomalehtipaperin elinkaarianalyysi: KCL:n malli	26
3.2.3.	Tutkimusten vertailua ja yleisiä huomioita	31
4.	JÄTEPAPERIN KIERRÄTYKSEN JA ENERGIÄKÄYTÖN TARKASTELUA MUISTA NÄKÖKULMISTA	34
4.1.	Suomen metsäteollisuuden strategiavalinnat	35
4.2.	Kierrätyskeskustelu ja kansalliset intressit	38
4.3.	Metsäteollisuuden ekologinen modernisaatio	44
5.	JÄTEPAPERI METSÄTEOLLISUUDEN JA SUOMEN HAASTEENA - KOKOAVAA TARKASTELUA	49
6.	KIRJALLISUUS	53





## 1. JOHDANTO: 1990-LUVUN YMPÄRISTÖ- JA KIERRÄTYSHAASTE

Ympäristöongelmat nousivat julkiseen keskusteluun 1960-luvulla. Huomio kiinnitettiin aluksi ympäristömyrkyihin ja erityisesti kemianteollisuuteen. Myöhemmin huomiota alkoivat saada osakseen muutkin teollisuuden alat ja keskustelu levisi saastepäästöihin, jotka kohdistuvat ilmaan, veteen ja maaperään. 1980-luvulla painopiste alkoi siirtyä paikalliselta tasolta kohti kansainvälisiä ja ns. globaaleja ympäristöongelmia, kuten aavikoitumista, yläilmakehän otsonikatoa, globaalia ilmakehämuutosta (ns. kasvihuoneilmiön voimistumista) ja luonnon monimuotoisuuden (biodiversiteetti) vaarantumista "ryöstötalouden" seurauksena.

Keskustelun laajentuessa arvostelua on kohdistettu eri teollisuudenalojen lisäksi energiantuotantoon (erityisesti uusiutumattomat energialähteet), tehomatalouteen (mm. lannoitteiden ja torjunta-aineiden käyttö sekä maatalouden koneellistuminen), lisääntyvään liikenteeseen (yksityisautoilu, rekkakuljetukset ja suihkulentokoneet) ja maailmankauppaan (erityisesti länsimaat vs. ns. kolmannen maailman maat). Ympäristöongelmien luonne on laajentunut haitallisista ympäristövaikutuksista kohti yhteiskunnallisia аспекteja ja kompleksista problematiikkaa, joka edellyttää useiden näkökulmien samanaikaista huomioonottamista.

Enää ei juuri löydy sellaisia yhteiskunnan toimintoja, jotka eivät millään tavalla olisi mukana julkisessa ympäristökeskustelussa. Tässä tutkimuksessa keskitytään metsäteollisuuteen, erityisesti massa- ja paperiteollisuutta koskevaan tuoreeseen ympäristökeskusteluun. Painotusta täsmennetään seuraavassa.

Metsäteollisuuden käyttämien kemikaalien vaikutukset vesistöihin saivat suurta huomiota osakseen 1970-luvulla. Metsäteollisuuteen liittyvät myös mm. energiantuotannon haitalliset päästöt ja tehokkaan metsätalouden aiheuttamat ekologiset ongelmat. Lisäksi suomalaisen yhteiskunnan riippuvuus metsäteollisuudesta on ollut syvä ja on sitä edelleen, joskin metsäteollisuuden merkitys on ilmeisesti vähentymään päin. Tuoreimpia metsäteollisuuden haasteita ovat energiakysymysten ohella sen päätuotteeseen eli paperiin liittyvät ympäristöongelmat, joilla on vahvoja yhteiskunnallisia ja kansainvälisiä piirteitä. Eräs tällainen ongelma ovat jätteet.

Erilaiset paperijätteet ovat suurin yksittäinen tilankuluttaja länsimaisilla kaatopaikoilla. Jätepaperiongelmaan on reagoitu Keski-Euroopassa samoin kuin Yhdysvalloissa ja Japanissa. Kuumaksi keskustelunaiheeksi on noussut 1980-luvun lopulta alkaen jättepape-

rin kierrätys (recycling), johon liittyviä toimintoja, tekniikkaa ja lainsäädäntöä kehitetään ja otetaan käyttöön jatkuvasti. Eurooppalaisista maista tässä on pisimmällä Saksa, jota yleensä pidetään ympäristöpolitiikan edelläkävijämaana (esim. Raumolin 1991). Saksan lisäksi myös Hollannissa ja Tanskassa on pyritty aktiivisesti lisäämään kierrätystä mm. ympäristöohjelmien ja lainsäädännön avulla. Myös EU on valmistellut ympäristö- ja kierrätysdirektiivejä.

Euroopassa kierrätysshaaste näkyy siten, että keräyskuitua<sup>1</sup> sisältävien paperituotteiden kysyntä on kasvamassa samalla kun paperin kysyntä kokonaisuudessaan edelleen kasvaa. Paperin tuotannossa keräyskuidun käyttö on ollut niin ikään kasvussa, koska Saksassa ja eräissä muissa maissa on investoitu kierrätysteknologiaan ja sitä hyödyntäviin tuotantolaitoksiin.

Suomessa metsäteollisuus ja elinkeinoelämä eivät ole voineet sopeutua kiristyviin vaatimuksiin päämarkkina-alueellaan. Metsäteollisuus panosti 1980-luvulla (ennen kierrätyskeskustelua) Euroopan paperimarkkinoiden valtaamiseen suurtuotannon skaalaetujen avulla. Tuotantoprosessien vertikaalinen integraatio kotimaassa eli tehokas puuntuotannon maksimoiva metsänhoito, neitseellistä kuitua hyödyntävä massiivisiin paperikoneisiin keskittyvä teknologia sekä korkealaatuisten paperituotteiden automatisoitu valmistusprosessi on toteutettu varsin keskitetysti<sup>2</sup>.

Selluloosateollisuutta dominoiva piirre on ollut massanvalmistusprosessin ja paperinvalmistuksen löyhempi vertikaalinen kytkentä. Sen sijaan selluteollisuuden tarvitseman energian tuotanto on luontaisesti integroitunut valmistusprosessiin, joten ulkopuolista sähkö- tai lämpöenergian tarvetta ei juuri ole (esim. Verkasalo 1992). Tuotannon painottuminen mekaaniseen tai kemialliseen massaan määräytyy paitsi niistä valmistettavien tuotteiden eroista ja eroista näiden tuotteiden kysynnässä, pitkällä aikavälillä myös sähkön ja puun hinnan suhteesta.

---

<sup>1</sup>Jätepaperin keräykseen ja kierrätykseen liittyvä terminologia ei ole vakiintunutta. *Kierrätyskuitu* on kuitua, joka käytetään uudelleen paperinvalmistuksessa (Suomen Metsäteollisuuden Keskusliitto 1992). Esimerkiksi jätepaperista tehty ns. *keräyskuitu* on kierrätyskuitua. Termejä jätepaperi ja keräyspaperi käytetään usein samassa merkityksessä, vaikka keräyspaperi on määriteltävissä siksi osaksi jätepaperia, joka on keräyskelpoista (vrt. Suomen Metsäteollisuuden Keskusliitto 1992). Edelleen se osa keräyspaperista, mikä soveltuu käytettäväksi paperin ja kartongin valmistuksessa, riippuu paitsi tuotteesta, myös sille asetettavista laatuvaatimuksista ja käytettävän teknologian tasosta.

<sup>2</sup>Suomessa mekaanisen massan valmistus (erilaisin hierremenetelmin) ja suurikapasiteettinen paperikone sijaitsevat useimmiten samassa teollisuuslaitoksessa. Sähköenergia tuodaan ulkopuolelta, mitä varten on vaadittu lisäydinvoimaloiden rakentamista.

Jätepaperin kierrätysvaatimukset ja markkinatilanteen muuttuminen tärkeimmissä eu-rooppalaisissa vientimaissa eivät näytä sopivan tähän asetelmaan. Suomalainen metsäteollisuus on kierrätysaasteen edessä (Raumolin 1992a). Haasteeseen on vastattu puolustautuvalla strategialla. Puolustautumaan on joutunut myös pohjoisen havumetsävyöhykkeen luonnonvaroja hyödyntävä metsäteollisuus muissa Pohjoismaissa ja Pohjois-Amerikassa. Tilannetta monimutkaistaa vielä se, että Etelä-Euroopan nopeakasvuiset istutuspuulajit (eukalyptus) ovat viime vuosikymmenien teknisen kehityksen myötä osoittautuneet monissa paperituotteissa yhtä hyväksi raaka-aineiksi kuin pohjoiset puulajit. Lisäksi paperituotteiden maailmanmarkkinat ovat vapautumassa ja kilpailukeinojen valikoima laajenee koko ajan.

Nykyisessä kierrätyskeskustelussa on nostettu esiin jätepaperin polttaminen ja jätöpaperin sisältämän energian käyttäminen energialähteenä. Tätä keskustelua on virittänyt erityisesti neitseellistä puukuitua käyttävä massa- ja paperiteollisuus eri puolilla maailmaa. Erityisesti suomalaissa metsäteollisuudessa jätöpaperin polttamisen puolesta puhuminen on parin viime vuoden aikana ollut vilkasta. Uusin piirre on ns. elinkaariarvioinnin (life-cycle assessment, LCA) käyttäminen keskusteluargumenttien tuottamiseen.

Tässä tutkimuksessa pyritään hahmottelemaan jätöpaperin kierrätyskeskustelua erilaisista näkökulmista. Suurimman huomion saavat osakseen kierrätyksen ja jätöpaperin energiakäytön välinen vastakkainasettelu sekä massa- ja paperiteollisuudesta tehtyjen elinkaariarviointien käyttäminen kierrätystä koskevien kannanottojen perusteluna. Tutkimusmateriaalina on käytetty kirjallisuutta sekä aikakaus- ja sanomalehtiartikkeleita.

Luvun 2 aluksi tarkastellaan jätöpaperiongelman periaatteellisia ratkaisumahdollisuuksia (jakso 2.1). Sen jälkeen tarkastellaan erästä jätöpaperin hyötykäytön perusedellytyksiä, jätöpaperin keräystä (jakso 2.2). Sen jälkeen pohditaan keräyspaperin vaihtoehtoisia käyttömahdollisuuksia, lähinnä kierrätystä paperinvalmistuksessa (jakso 2.3). Luvun lopuksi tarkastellaan jätöpaperin polttamista energialähteenä ja mainitaan eräitä muita massa- ja paperiteollisuuden ulkopuolisia hyötykäyttövaihtoehtoja (jakso 2.4).

Luvussa 3 jätöpaperin vaihtoehtoisia käyttöjä tarkastellaan ympäristön, ekologian ja energian käytön näkökulmasta. Luvun aluksi esitellään LCA-lähestymistavan perusteita ja problematiikkaa (jakso 3.1), jonka jälkeen arvioidaan kriittisesti kahta suomalaista jätöpaperin kierrätyksen ympäristövaikutuksia mallittavaa LCA-tyyppistä tarkastelua, joiden tuloksia on julkaistu ja esitetty julkisuudessa (jakso 3.2).

Luvussa 4 asetetaan elinkaariarvioinnit kontekstiinsa eli kierrätyskeskusteluun. Kierrätyskeskustelua tarkastellaan kolmesta osittain päällekkäisestä, mutta toisaalta myös risti-

riitaisesta näkökulmasta. Ensiksi tilannetta hahmotetaan suomalaisen metsäteollisuuden strategiavalintojen kannalta (jakso 4.1). Toiseksi pohditaan massa- ja paperiteollisuuden markkinoita sekä niihin liittyvää kilpailukyvyn turvaamista kansalliseen ja ylikansalliseen politiikkaan vaikuttamista kansainvälisellä tasolla (jakso 4.2). Lopuksi tarkastellaan kierrätyshaastetta ja metsäteollisuutta Suomen kansantalouden ekologisen modernisaation näkökulmasta (jakso 4.3).

Viidennessä luvussa kootaan yhteen tarkastelussa kertyneitä huomioita. Lopuksi hahmotetaan joitakin ehdotuksia alustaviksi jatkotutkimusaiheiksi.

## 2. JÄTEPAPERIN VAIHTOEHTOISET HYÖTYKÄYTÖT

Jätepaperin vaihtoehtoisten hyötykäyttöjen tarkastelemisen lähtökohdana voidaan painottaa (1) jät-paperia merkittävänä *jäteongelmana*, (2) jät-paperin vaihtoehtoisia käyttöjä *metsien suojelun* välineenä tai (3) jät-paperin vaihtoehtoisia käyttöjä *taloudellisina resursseina*. Nämä lähtökohdat eivät ole toisiaan poissulkevia eivätkä toisistaan riippumattomia. Tässä tutkimuksessa lähtökohta painottuu aluksi jät-eongelmiin (luvut 2 ja 3), mutta tarkastelua pyritään laajentamaan myös muista lähtökohdista (luvut 3 ja 4).

### 2.1. Jäteongelmien hierarkkinen ratkaisuperiaate

Laajalti tuettu lähestymistapa jät-eongelmiin on periaate erilaisista jät-teiden vähentämismahdollisuuksista, joita käyttäen ongelmat pyritään ratkaisemaan (esim. Young 1991). Nämä mahdollisuudet voidaan asettaa ympäristön kannalta tärkeysjärjestykseen seuraavasti:<sup>3</sup>

- (1) jät-teiden määrän vähentäminen
- (2) välitön uudelleenkäyttö (re-use)
- (3) kierrätys (recycling)
- (4) polttaminen ja syntyvän energian hyväksi käyttö (incineration with energy recovery)
- (5) polttaminen ilman energian hyväksikäyttöä (incineration)
- (6) kaatopaikkahävitys (landfill).

Tämän kaltainen hierarkia on kirjattu mm. YK:n ympäristöohjelmaan (United Nations Environmental Programme; UNEP) ja Yhdysvaltojen ympäristölainsäädäntöön (Resource Conservation and Recovery Act). Se on omaksuttu monissa maissa periaatteelliseksi jät-tehuollon järjestämisohjeeksi.

Jät-tehuollon tavoitteena on ollut jät-teiden absoluuttinen vähentäminen. Käytännössä jät-teiden vähentäminen on ollut lähinnä suhteellista eli on onnistuttu vähentämään jät-teitä tuotettua ja kulutettua hyödykeyksikköä kohden. Tuotannon ja kulutuksen kasvaessa tä-

---

<sup>3</sup>Pothmann (1987) esittää samantapaisen hierarkian teknisesti: "(1) Verwertung sämtlicher Merkmale, (2) Verwertung der physikalischer Bestandteile, (3) Verwertung der chemischen Bestandteile, (4) Verwertung der chemischen Bindungsenergie, (5) Rückführung der Ausgangsbausteine in die Natur."

mä etu on osittain kompensoitunut tai sitten jätteet eivät ole vähentyneet lainkaan (esim. kotitalouksien jätteet).<sup>4</sup>

Useimmat jätteen hyötykäyttötarkoitukset edellyttävät tehokkaasti organisoitua jätteen keräystä (recovery). Tämän toteuduttua vaihtoehtoisia hyötykäyttöjä ovat kansallisesta näkökulmasta (1) kierrätys kotimaisessa paperinvalmistusprosessissa, (2) polttaminen (energiakäyttö), (3) vienti ulkomaille ja (4) muut käyttötarkoitukset.

Paperin välitön uudelleenkäyttö ei juuri ole mahdollista, joten em. hierarkiassa seuraavana oleva kierrätys on noussut erityisesti Keski-Euroopassa käytetyimmäksi keinoksi ratkaista jätteen keräysongelma. Viime vuosina on alettu keskustella hierarkiassa kierrätysalapuolelle sijoitetusta jätteen polttamisesta. Primaarisin ratkaisu, jätteen vähentäminen, ei paperin luonteen ja merkityksen takia sekä liiketaloudellisista syistä ole juuri saanut huomiota osakseen. Tämä ratkaisu olisi syytä tuoda mukaan keskusteluun.

Kierrätys- ja polttamisen ulkopuolisista, mutta hierarkiassa vähintään samantasoisista käyttötarkoituksista voidaan mainita jätteen käyttö muissa kuin paperin ja paperituotteiden valmistusprosesseissa. Kansainvälisestä ja globaalista perspektiivistä vienti merkitsee keräyspaperin hyötykäyttöä muualla kuin kotimaassa. On myös mahdollista, että viety keräyspaperi päätyy tuontimaan kaatopaikoille.

Kaikkiin hyötykäyttötarkoituksiin liittyy uusia ympäristöongelmia. Jatkossa rajoitutaan tarkastelemaan lähinnä kierrätys- ja energiakäyttövaihtoehtoja. Myös joitakin vaihtoehtoisia käyttötarkoituksia esitellään. Pitkällä aikavälillä saattaa olla tarpeen kehittää kokonaan uusia jätteen hyötykäyttökohteita.

## 2.2. Jätteen keräys

Kaikesta kiinteästä jätteestä viedään kaatopaikoille huomattava osa. Tämä osuus vaihtelee suuresti maittain (ks. esim. Jätehuollon neuvottelukunta 1990). Jätepaperi on kaatopaikkojen suurin yksittäinen tilankuluttaja. Esimerkiksi Yhdysvalloissa ja Iso-Britanniassa sen osuus kunnallisten jätehuolto-organisaatioiden vastaanottamasta kiinteän jätteen tilavuudesta on arvioitu n. 35 - 50 prosentiksi (Capps & Cockran 1991). Tämäkin osuus luonnollisesti vaihtelee suuresti maittain ja alueittain. Jatkuvasti lisääntyvä pape-

---

<sup>4</sup>Tämä absoluuttisen ja suhteellisen vähenemisen ongelma koskee myös saastepäästöjä ja on eräs ympäristötaloustieteen ratkaisemattomista ongelmista. Ympäristötaloustiede ei ole kyennyt käsittelemään *makrotalouden skaalaongelmaan* liittyviä asioita lainkaan, vaikka ne ovat kaikkein keskeisimpiä itse ympäristöongelmien näkökulmasta (vrt. esim. Boulding 1966; Daly 1991). Ympäristötaloustieteen suhdetta jätteen kierrätykseen on Suomessa tarkastellut mm. Huhtala (1991).

rin lyhytaikainen käyttö (sanoma- ja aikakauslehdet, mainokset, pakkaukset, toimistojen "A4-saaste") synnyttää sellaisia määriä jätepaperia, että tiheästi asuttujen maiden kaatopaikat uhkaavat täyttyä<sup>5</sup>.

Jätepaperin hyötykäytön edellytys on tehokas keräysprosessi, jossa eri lähteissä syntyvä keräyskelpoiseksi luokiteltava jätepaperi saadaan mahdollisimman tarkoin talteen. Eri-tyisen tärkeää keräys on kierrätyksen kannalta. Jätepaperin keräysaste (recovery rate)<sup>6</sup> onkin ollut nousussa useimmissa maissa viime vuosina (ks. esim. OECD 1992; Payne 1992). Jätepaperin keräysaste vaihtelee voimakkaasti maittain (esim. Jaakko Pöyry Oy 1992; Payne 1992). Tietyn maan keräysaste vaihtelee myös jonkin verran riippuen siitä, mistä organisaatiosta tieto on peräisin<sup>7</sup>.

Suomessa jätepaperin keräysaste on ollut Paperinkeräys Oy:n mukaan yli 40 % koko 1980-luvun (Metsäteollisuus ry. 1993a). Vuonna 1992 Suomessa saatiin keräyskelpoisesta jätepaperista talteen 54 % (= 456 000 tonnia) ja keräysasteen odotetaan nousevan lähivuosina jopa yli 60 prosentin (Illi 1993). Tehtyjen selvitysten mukaan jätepaperin keräysaste on Suomessa kansainvälisesti vertailtuna korkea. Esimerkiksi Jaakko Pöyry

---

<sup>5</sup>Saksassa ja Hollannissa yksi kaatopaikka joutuu vastaanottamaan lähes 200 000 asukkaan jätteet, kun esimerkiksi Suomessa yksi kaatopaikka selviää muutaman tuhannen ihmisen jätteiden vastaanottamisella (Jätehuollon neuvottelukunta 1990). Kaatopaikat eroavat toisistaan mm. kapasiteetin ja jätteenkäsittelymenetelmien suhteen.

<sup>6</sup>Jätepaperin keräysaste (recovery rate) määritellään yleensä seuraavasti: (esim. Turner, Grace & Pearce 1977, 297): Jätepaperin keräysaste = kotimaassa kerätyn jätepaperin määrä jaettuna paperin kotimaisella kulutuksella (kotimainen kulutus = kotimaassa tuotetun paperin määrä - paperin vienti + paperin tuonti). Kaikkea paperia ei ole mahdollista kerätä, sillä osa paperista menee pysyviin käyttötarkoituksiin (mm. kirjat ja arkistoitava materiaali) tai on keräyksen ulottumattomissa (pehmopaperit ja kiinteään jätteeseen sisältyvä paperi). Keräysaste suhteutetaan joko (1) paperin kokonaiskulutukseen tai (2) ns. keräyskelpoisen paperin kokonaismäärään, jotka saattavat poiketa toisistaan huomattavastikin.

Jätepaperin keräysaste kertoo nimenomaan jätepaperin keräyksen tehokkuudesta. Sen ei ole tarkoitus kertoa mitään siitä, kuinka kerätty jätepaperi todella käytetään hyödyksi esim. paperinvalmistuksessa. Tähän liittyy enemmän jätepaperin hyödyntämisaste (utilization rate), johon palataan jäljempänä. Suomalaisen massa- ja paperiteollisuuden edustajat ovat kritisoineet jätepaperin keräysaste -termin käyttöä, koska se ei kerro mitään siitä mihin keräyspaperi lopulta päätyy.

<sup>7</sup>Kansainvälisesti jätepaperin keräystä ja käyttöä tilastoi mm. YK:n maatalous- ja elintarvikejärjestö FAO. Suomessa tilastointia harjoittaa metsäteollisuusyriyten omistama Paperinkeräys Oy. Myös valtionhallinto eri maissa tilastoi ko. asioita.

Paperinkeräys Oy:n omistavat Enso-Gutzeit, Tampella Forest, Metsä-Serla, Yhtyneet Paperitehtaat, Ahlström, Myllykoski, Nokia ja Kymmene. Paperinkeräys Oy:n kautta kulkee n. 80 % Suomessa kerätävästä jätepaperista. Kotimaisen keräyspaperin toimittavat paikalliset alihankkijat (jätehuoltoilikkeet ja pienet paperinkeräysliikkeet). Loppuosa keräyspaperista on erilaisten järjestöjen keräämää. Alueellisesti keräys painottuu Uudenmaan, Turun ja Porin sekä Hämeen lääneihin, joista kertyy kaksi kolmasosaa keräyspaperista. Heikoimmin keräys on järjestetty Pohjois-Suomessa Tuontikeräyspaperista Paperinkeräys Oy:n osuus on niin ikään n. 80 %, lopusta vastaa lähinnä Veitsiluoto Oy, joka on ainoa Paperinkeräys Oy:n ulkopuolelle jäävä keskeinen metsäteollisuusyritys. (Illi 1993.)

Oy:n (1992) mukaan vuonna 1990 Euroopan maista vain Hollannissa, Itävallassa, Ruotsissa ja Sveitsissä keräysaste oli korkeampi kuin Suomessa.

### 2.3. Kierrätys paperinvalmistuksessa

#### 2.3.1. Kierrätyskeskustelu

Jätepaperin kierrätyksen nousu julkiseen keskusteluun on tapahtunut kahdessa vaiheessa (vrt. Raumolin 1992a, 157). 1960-luvun lopun ja 1970-luvun tapahtumat (ympäristöongelmien tiedostaminen, ns. ensimmäinen öljykriisi ja sitä seurannut maailmanlaajuinen lama) nostivat jätepaperin kierrätyksen esiin 1970-luvulla. Tuolloin jätepaperin keräys tehostui monissa maissa ja keräyspaperia alettiin Suomessakin käyttää mm. pehmopaperin, pakkauskartongin ja aaltopahvin raaka-aineena. Tämä käytäntö vakiintui melko nopeasti ja Nokian "luonnonystävä"- ja Serlachuksen "pehmeät puunsäästäjät" -tuotemerkit vakiinnuttivat asemansa pehmopaperimarkkinoilla. Keräyskuitu vakiinnutti asemansa myös erilaisten pakkausmateriaalien valmistuksessa.

1980-luvun lopulla globaalien ympäristöuhkien nousu yleiseen tietoisuuteen antoi jätepaperin kierrätykselle uuden merkityksen. Kierrätys alkoi laajentua erityisesti saksalaisen paperiteollisuuden vetämänä sanoma- ja aikakauslehtipapereihin ja jopa korkealatuisiin paino- ja kirjoituspapereihin.<sup>8</sup>

Keski-Euroopan tiheästi asutuissa maissa jätehuollon ongelmat (mm. kaatopaikkojen täyttyminen ja jätteenpolttolaitosten päästöt), ja vilkastunut ympäristökeskustelu (raaka-aineiden ja energian säästötavoitteet ja saastepäästöt) johtivat kierrätysajatuksen uudelleenarviointiin yleisemmällä tasolla (Raumolin 1992a, 157). Kierrätys nähtiin yhdeksi keinoksi ratkaista niin jäteongelma kuin raaka-aineisiin, energiaan ja saastepäästöihin liittyvät ongelmatkin. Tämä johti eräissä maissa (aluksi Saksa, mutta sitten myös Hollanti ja Tanska) julkisen sektorin toimiin kierrätyksen edistämiseksi.

Esimerkilliseksi nousi Saksan hallituksen v. 1990 hyväksymä kierrätysohjelma, jossa asetettiin haastavia tavoitteita paperin ja pakkausmateriaalien kierrätykselle. Ohjelman tavoitteeksi asetettiin kierrättää 80 % kaikesta paperista 1990-luvun lopussa. Tältä poh-

---

<sup>8</sup>Jätepaperin kierrätystä käsitteleviä ympäristötalouspainotteisia tutkimuksia tehtiin Suomessa ensimmäisessä kierrätyskeskustelun vaiheessa (esim. Nissilä & Palo 1975; Wallin 1983; ks. myös Huhtala 1991). Myös metsäteollisuudessa tehtiin aiheeseen liittyviä selvityksiä. 1980-luvun loppupuolelta alkaen on jälleen tehty selvitystyyppisiä tutkimuksia, kunnes 1990-luvulla käynnistyi tieteellisen perustan etsiminen LCA-lähestymistavasta. Tähän vaiheeseen liittyviä tutkimuksia tarkastellaan luvussa 3.



jalta ryhdyttiin valmistelemaan kierrätyslainsäädäntöä. Tämä käynnisti varsinaisen kierrätyskeskustelun, koska perinteisen massa- ja paperi- sekä pakkausteollisuuden intressit olivat vaarantumassa. Suurinta kohua herättivät suunnitelmat säädöksistä, joihin paperin ja paperituotteiden osalta sisältyisi tuotekohtaisia vaatimuksia keräyskuidun osuudesta.

Kierrätystä on edistetty myös Yhdysvalloissa ja Japanissa, mikä paljolti selittää EU:n kierrätysaktiivisuuden. Esimerkiksi Yhdysvalloissa on tehostettu kierrätystä ja valmisteltu tuotekohtaisia kierrätysvaatimuksia. Tästä johtuen monet suuryritykset, yliopistot ja valtion laitokset ovat vapaaehtoisesti sitoutuneet käyttämään keräyskuidusta valmistettuja paperilaatuja (Helsingin Sanomat 23.8.1993).

Saksa on taloudellisesti EU:n vahvin maa. EU on alkanut suunnitella kierrätysdirektiiviä Saksan esimerkin mukaiseen suuntaan. Eräät EU-maat ovat pyrkineet eri tavoin vesittämään nämä aiomukset. Kierrätys on kuitenkin tullut jäädäkseen, ja monissa maissa tultaneen edistämään sitä tavalla tai toisella. Mm. Iso-Britannia (joka on Suomelle yhtä merkittävä paperituotteiden vientimaa kuin Saksa) on käynnistämässä tuotekohtaisille keräyskuituosuuksille rakentuvaa kierrätyskeskustelua.

### 2.3.2. Kierrätyksen nykytila ja mahdollisuudet

Keräyspaperin hyödyntämisaste (utilization rate)<sup>9</sup> vaihtelee huomattavasti maittain, tuotantolaitoksittain ja tuotteittain. Seuraavassa tarkastellaan hyödyntämisastetta lähinnä maittain ja tuotteittain.

Kaikkien keräyspaperin hyödyntämisastetta arvioivien organisaatioiden tilastoaineistojen mukaan Suomessa keräyspaperin hyödyntämisaste on korkeasta keräysasteesta huolimatta maailman alhaisin. Paperinkeräys Oy:n mukaan keräyspaperin hyödyntämisaste

---

<sup>9</sup>Keräyspaperin hyödyntämisaste voidaan määritellä kahdella tavalla (Payne 1992, 5): Hyödyntämisaste on joko (1) keräyspaperin kulutus (kotimaassa kerätty jätepaperi - keräyspaperin vienti + keräyspaperin tuonti) jaettuna paperin ja kartongin tuotannolla (ks. esim. Jaakko Pöyry Oy 1992; OECD 1992; Turner ym. 1977) tai (2) keräyskuidun käyttö jaettuna käytetyn kuidun kokonaismäärällä (esim. Payne 1992). Käsitteen molemmat merkitykset ovat ongelmallisia. Jotkut teollisuuslaitokset käyttävät omissa prosesseissaan syntyvää paperijätettä (*pre-consumer waste paper*) "keräyskuiduna", mikä ei ole vallitsevan keräyspaperin määritelmän (*post-consumer waste paper*) mukaista. Toisaalta mm. keräyspaperin lajittelu-ongelmat ja keräyspaperin päätyminen hyötykäytön ulkopuolelle vaikeuttavat keräyspaperin kulutuksesta sekä paperin ja kartongin tuotannosta määräytyvää hyödyntämisastetta (Payne 1992).

Yksi mahdollisuus erottaa käsitteet toisistaan on puhua hyödyntämisasteesta ainoastaan keräyspaperin kulutuksena suhteessa paperin ja kartongin tuotantoon. Keräyskuidun käytön ja käytetyn kuidun kokonaismäärän suhdetta voisi kuvata "kierrätysaste"-termillä. Tätä eroa kuvaa osaltaan edellä mainittu käsitepari *pre-consumer* ja *post-consumer waste paper*. Massan valmistus keräyspaperista saattaa myös aiheuttaa käsitteellisiä hankaluuksia, jos "keräysmassasta" joskus tulee markkinasellun tapainen tuote.

oli v. 1992 vain 5,9 % (Illi 1993). Tämä johtuu siitä, että n. 80 % suomalaisen paperiteollisuuden tuotannosta (paperi ja kartonki) menee vientiin (Metsäteollisuus ry. 1993a). Vaikka kaikki Suomessa syntyvä keräyskelpoinen jätepaperi pystyttäisiin keräämään talteen (keräysaste 100 %) ja hyödyntämään massa- ja paperiteollisuuden raaka-aineena, niin hyödyntämisaste jäisi silloinkin korkeintaan 10 % vaiheille (mikäli tuotannon ja viennin suhde pysyisi ennallaan).

Suomen tärkeimmissä kilpailijamaissa (Ruotsi, Kanada, Yhdysvallat) keräyspaperin hyödyntämisaste on korkeampi kuin Suomessa, joskin vielä alhainen kansainvälisessä vertailussa (esim. Jaakko Pöyry Oy 1992; OECD 1992; Payne 1992). Kyseisten maiden kotimarkkinat ovat laajemmat kuin Suomen ja niissä massa- ja paperiteollisuus ei ole aivan niin vientisuuntautunutta kuin Suomessa.

Jätepaperin tuonnin on arvioitu kasvavan tulevaisuudessa. Vuonna 1992 kotimaassa kerätyn jätepaperin lisäksi tuotiin 126 000 tonnia jätepaperia. Mittavaa jätepaperin tuontia Keski-Euroopasta massa- ja paperiteollisuuden tarpeisiin ei ole pidetty mielekkäänä kuin lyhyellä tähtämellä.

EU-maissa tuotettujen sanomalehtipaperin, aaltopahvin raaka-aineiden, pakkauskartongin sekä muiden paperi- ja kartonkituotteiden raaka-aineesta valtaosa oli keräyspaperia v. 1990. Pehmopaperissa keräyspaperiraaka-aineen osuus oli melko tarkkaan puolet, paino- ja kirjoituspaperissa n. 10 %. (Jaakko Pöyry Oy 1992.)

Pohjoismaisessa tuotannossa (ml. Suomi) keräyspaperin osuus raaka-aineena oli v. 1990 huomattava ainoastaan pehmopapereissa. Sanomalehtipaperissa, aaltopahvin raaka-aineissa, pakkauskartongissa sekä muissa paperi- ja kartonkituotteissa keräyspaperin osuus oli 10 - 15 % luokkaa kussakin. (Jaakko Pöyry Oy 1992.)

Japanin tuotannossa keräyspaperi oli merkittävä raaka-aine lähes kaikissa paperituotteissa v. 1990. Kirjoitus- ja painopapereissa keräyspaperin osuus oli n. 15 %. Yhdysvalloissa v. 1990 tuotetun pehmopaperin raaka-aineesta noin puolet oli keräyspaperia, muissa paperituotteissa osuus oli selvästi pienempi. Kirjoitus- ja painopapereissa osuus oli alle 10 %. (Jaakko Pöyry Oy 1992.)

Useimpia vaihtoehtoisia hyötykäyttömuotoja varten jätepaperi täytyy lajitella. Lajittelu olisi syytä tehdä jo keräysvaiheessa. Puutteellinen jätepaperin lajittelu on merkittävä keräyskuidun laatua alentava tekijä. Erilaiset keräyspaperilajit soveltuvat eri tavalla eri paperivalmisteiden raaka-aineeksi (taulukko 1).

**TAULUKKO 1.** Eri keräyspaperilajien<sup>10</sup> käyttö Länsi-Euroopassa, USA:ssa ja Japanissa eri paperivalmisteiden raaka-aineina v. 1990. Tilanne vaihtelee voimakkaasti eri maissa ja muuttuu ajan kuluessa. Merkintä x tarkoittaa huomattavaa käyttöä, merkintä (x) toissijaista käyttöä. (Lähteet: Jaakko Pöyry Oy 1992; Levlin 1988).

Paperilajit lopputuotteina	keräyspaperilajit raaka-aineena FAO:n lajikriteerien mukaan			
	I vanhat sanoma- ja aikakauslehdet (news & magazines)	II aaltopahvi- ja pakkauslajit (old corrugated containers)	III kirjoitus- ja pai- nopaperit (pulp substitutes & deinking grades)	IV sekajäte (mixed grades)
sanomalehtipaperi	x		(x)	
paino- ja kirjoituspaperit	(x)		x	(x) <sup>1</sup>
pehmopaperit	x	(x)	x	(x)
aaltopahvin raaka- aineet:				
- liner		x	x <sup>2</sup>	
- fluting	x	x		x
pakkauskartonki		(x)	(x)	x
muu paperi ja kartonki <sup>3</sup>	x	x	(x)	x

- 1) Tähän lajiin kuuluva jätepaperi niiltä osiltaan kuin kyse on korkealaatuisista papereista
- 2) Siltä osin kuin valmistetaan valkopintaista lineria
- 3) Hyvin heterogeeninen luokka, sisältää esim. pakkauspaperit, säkkipaperit, hylsykartongit sekä ne paperi- ja kartonkilajit, joita eri maissa ei sisällytetä muihin em. paperivalmisteluokkiin. Raaka-aineena käytetyt jätepaperilajit vaihtelevat erittäin voimakkaasti maittäin.

Lopputuotteiden kannalta tarkasteltuna korkeimmat keräyspaperin hyödyntämisasteet ovat pehmopapereissa, pakkauskartongissa, aaltopahvin raaka-aineissa ja sanomalehtipaperissa. Uuden teknologian avulla keräyskuitua voidaan käyttää myös kirjoitus- ja painopapereiden valmistuksessa. Tällaista teknologiaa on otettu käyttöön mm. Saksassa. Suomalainen paperikoneteollisuus on myös vähitellen hakeutumassa kierrätysteknologian markkinoille (esim. Aamulehti 8.10.1993).

<sup>10</sup>Tässä on käytetty hyväksi yksinkertaista FAO:n jaottelua. Yleisten standardien puuttuessa eri maissa ja eri organisaatioissa on käytössä erilaisia jaotteluja. Jätepaperin keräys- ja kauppajien luokkia voi joissakin maissa olla jopa useita kymmeniä (vrt. Jaakko Pöyry Oy 1992; Payne 1992).

Jätepaperin kierrätys merkitsee siis keräyskuidun käyttöä paperinvalmistuksen raaka-aineena. Ns. uusiopaperiksi voidaan kutsua kokonaan keräyskuidusta valmistettua paperia (Savander 1991). Useimmissa keräyskuitua sisältävissä paperilaaduissa on mukana neitseellistä kuitua, mutta niitäkin nimitetään usein uusiopapereiksi (esim. Levlin 1988). Kierrätyksen ongelmana on pidetty sitä, ettei voida kierrättää uudelleen kovinkaan montaa kertaa paperikoneiden asettaminen rajoitusten ja toisaalta itse paperille asetettavien vaatimusten takia. Kokonaan keräyskuidusta pystytään periaatteessa valmistamaan lähes kaikkia paperivalmisteita. Tämä tosin asettaa kovia vaatimuksia käytettävälle teknologialle ja keräyspaperin laadulle, mikä taas edellyttää tiettyä määrää neitseellisestä kuidusta valmistettua keräyspaperia. Ongelmien perusluonne ei ole yksinomaan tekninen, vaan myös taloudellinen.

Keräyskuitu joko siistataan tai käytetään sellaisenaan riippuen valmistettavan paperituotteen käyttötarkoituksesta ja laatuvaatimuksista. Siistaus eli painoväriin poisto (deinking) kuluttaa runsaasti energiaa ja tuottaa siistausjätteitä. Tärkeimpiä siistaamattomasta keräyskuidusta valmistettuja tuotteita ovat hylsy- ja kartonkituotteet, aaltopahvi sekä paperipohjaiset eristeet. Eurooppalaisilla markkinoilla paperituotteilta edellytetään sekä keräyskuitusisältöä että varsinaisen käyttötarkoituksen sanelemaa korkeaa laatua. Tämä ei sulje pois siistaamattoman massan käyttöä myös laadukkaiden paperien valmistuksessa.<sup>11</sup>

Korkealaatuisten paperien laatu on peräisin paitsi kuidusta, myös erilaisista lisä-, täyte- ja päällystysaineista sekä liimoista. Toisaalta nämä aineet saattavat vaikuttaa voimakkaasti paperin kierrätysominaisuuksiin. Erityisesti päällystettyjen paperilaatujen kierrätettävyydessä on ongelmia. Siitä huolimatta tällaisia paperilaatuja käytetään mm. lyhytikäisissä esite- ja mainosjulkaisuissa.<sup>12</sup>

Korkealaatuissa keräyskuitua sisältävissä tuotteissa joudutaan käyttämään siistattua massaa. Siistausjätteestä saattaa muodostua uusi ympäristöongelma. Keski-Euroopan ympäristötietoisilla markkinoilla tämä saattaa johtaa muutoksiin perinteisissä paperin laatuvaatimuksissa.

---

<sup>11</sup>Suomessa on nykyisin neljä jätepaperin siistauslaitosta, jotka käyttävät 60 % kerätystä jätepaperista. Keräyspaperi Oy:llä on siistaamo Kotkassa, Nokian Paperilla Nokiolla, Metsä-Serlalla Mäntässä ja Yhtyneillä Paperitehtailla Kaipolassa. Uusista siistaamoista käydään keskustelua monissa metsäteollisuusyrityksissä. Kyse on pitkälti siitä, kannattaako siistaamoja rakentaa Suomeen vai olisiko parempi jatkaa alkanutta etabloitumista Keski-Eurooppaan (vrt. Arponen 1992).

<sup>12</sup>On myös esitetty, että siistauksen kannalta lisäainepitoiset paperit ovat hyviä, koska painoväri irtoaa niistä helposti. Kierrätysominaisuudet tarkoittavat kuitenkin siistauksen lisäksi myös kaikkia muita paperinvalmistuksen vaiheita.

Esimerkki korkeista laatuvaatimuksista on vaaleus, mikä saadaan keräyskuitua käytettäessä aikaan paitsi käyttämällä siistattua massaa, myös paperin valkaisulla. Perinteiseen kloorivalkaisuun liittyvät päästöt ovat olleet merkittävä ympäristöongelma. Sen tilalle on kehitetty uusia valkaisumenetelmiä. Vetyperoksidi-, happi- ja otsonivalkaisu ovat tämän tuotekehityksen tulosta. Samalla kloorivalkaisun ympäristöhaittoja on pystytty vähentämään ja metsäteollisuus onkin viime aikoina pyrkinyt palaamaan kloorivalkaisuun.

#### **2.4. Jätepaperin polttaminen sekä massa- ja paperiteollisuuden välittömien tuotantoprosessien ulkopuoliset hyötykäytöt**

Jätepaperin polttaminen ja sen ns. energiakäyttö on nostettu jätepaperin hyötykäyttövaihtoehtojen joukkoon kierrätyskeskustelun vilkastuttua. Kyse on kierrätysshaasteeseen vastaamisesta esittämällä sille vastahaaste tilanteessa, jossa massan- ja paperinvalmistuksen raaka-ainealueet ja markkina-alueet eivät vastaa toisiaan (vrt. Arponen 1992).

Paperin raaka-aineena oleva puu on uusiutuva luonnonvara, joten kierrätyksen luonnonvaraekologinen merkitys on paperin tapauksessa monimutkaisempi kuin esimerkiksi uusiutumattomien luonnonvarojen kohdalla (vrt. Huhtala 1991). Tätä on myös käytetty hyväksi kierrätyskeskustelussa. Varsin pitkälle menevän tulkinnan mukaan jätepaperi rinnastetaan energialähteenä biopolttoaineisiin. Ainakin voimakkaasti lisääaineistettujen paperilaatujen elinkaarta tarkasteltaessa tämä vertaus osoittautuu kyseenalaiseksi. Pitävin argumentti vertaukselle liittyykin jätepaperienergiasta luotavan mielikuvan parantamiseen, jota erityisesti suomalainen metsäteollisuus pitää tärkeänä.

Jätepaperia voidaan polttaa joko muun jätteen yhteydessä tai sitten erikseen, mikä edellyttää jätepaperin erottelamista muusta jätteestä. Edelleen polttamisessa vapautuva lämpöenergia voidaan hyödyntää (joko lämpönä tai kehittämällä siitä sähköä) tai jättää hyödyntämättä. Ympäristöaspekteja korostavassa kierrätyskeskustelussa esillä oleva jätepaperienergian hyödyntäminen liittyy ajatukseen, jonka mukaan vain parhaat osat keräyspaperista kannattaa kierrättää ja huonolaatuinen keräyspaperi samoin kuin siistausjäte poltettaisiin lämpövoimalaitoksissa. Tämä energia voisi joko palvella teollisuuden omia prosesseja tai sitten se voitaisiin hyödyntää teollisuuden ulkopuolella.<sup>13</sup>

Ajatukseen liittyy myös muiden energialähteiden, erityisesti kasvihuoneilmiötä voimistavien fossiilisten polttoaineiden korvaaminen jätepaperin poltosta saatavalla energialla. Tätä kautta on ajateltavissa, että käytettäessä neitseellistä kuitua paperinvalmistuksessa

---

<sup>13</sup>Suomalaisessa keskustelussa ei ole esitetty konkreettisia kuvauksia siitä, kuinka jätepaperienergiaa hyödynnetään käytännössä ja kuinka sillä korvataan muita energialähteitä.

ja torjumalla liiallinen kierrätys ylläpidetään pohjoisten havumetsien hyväksi havaittua uusiutumiskykyä ja tehokasta hiilen sitoutumista metsiin. Tähän liittyy termi *hiilen lyhyt kierto*, jonka ajatellaan hidastuvan jätepaperin kierrätystä lisättäessä.

Korostettaessa keräyspaperin energiakäytön merkitystä ei ole kovin paljoa pohdittu sen toteuttamista käytännössä. Jätepaperiongelma on ensisijaisesti Keski-Euroopan tiheästi asuttujen maiden ongelma, joten jätepaperia pitäisi kaikei polttaa siellä missä sitä syntyy. Tämä on ongelmallista esimerkiksi Saksassa, jossa paikallinen lainsäädäntö tekee jätteiden polttamisen käytännössä mahdottomaksi, koska jätteenpolttolaitoksiin asennoidutaan kielteisesti<sup>14</sup>. Suomessa jätteitä on helpompi polttaa, joten on jopa esitetty, että Keski-Euroopasta tuotaisiin keräyspaperia Suomeen voimalaitosten polttoaineeksi (Helsingin Sanomat 24.10.1992).

Keräyspaperia on mahdollista käyttää myös varsinaisen massa- ja paperiteollisuuden ulkopuolisissa teollisuusprosesseissa. Monet tällaisista käyttökohteista löytyvät rakennustarviketeollisuudesta. Edellä mainittiin jo paperieristeet, joista yksi esimerkki on ns. seluvilla. Paperipohjaisilla rakennuseristeillä on jonkin verran paloturvallisuuteen liittyviä ongelmia. Keräyspaperia voidaan käyttää myös rakennus- ja sisustuslevyissä. Sitä on joskus käytetty myös kattuhuovan valmistuksessa (Jätehuollon neuvottelukunta 1985). Jätepaperia voidaan käyttää myös mm. asfaltin valmistuksessa.

Sudanin (1987) mukaan eräässä Saksan ympäristöministeriön tekemässä tutkimuksessa on kartoitettu yli sata mahdollisuutta käyttää keräyspaperia eri teollisuudenaloilla ja kotitalouksissa. Ne voidaan systematisoida (1) keräyspaperin olomuodon säilyttäviin käyttötarkoituksiin (joita useimmat edellä mainitut esimerkit ovat), (2) jätepaperin kemiallisia ominaisuuksia hyödyntäviin käyttötarkoituksiin (mm. kemianteollisuuden ja muoviteollisuuden hydrolyysi- ja pyrolyysiprosessit), (3) energeettisiin käyttötarkoituksiin (polttaminen ja syntyvän energian hyödyntäminen sähkönä tai lämpönä) ja (4) erityiskäyttötarkoituksiin (esim. kompostointi).

Sudan (1987) korostaa, että teknisiä vaikeuksia merkittävämpiä ovat olleet taloudelliset ongelmat. Monissa käyttökohteissa keräyspaperista on luovuttu siksi, että muiden raaka-aineiden hinnat ovat pudonneet. Sittenkin keräyspaperin hinta on pudonnut roimasti, joten jätepaperille saattaa löytyä kierrätyksen lisäksi kilpaileviakin käyttökohteita. Niihin liittyvä innovointi on kuitenkin ollut vähäistä.

---

<sup>14</sup>Saksan lainsäädäntöä on tulkittu kahdella tavalla: toisen tulkinnan mukaan se kieltää jätepaperin polttamisen jo sinänsä, toisen mukaan kyse on "löiiallisesta" demokratiasta paikallistasolla.

### 3. JÄTEPAPERIN KIIERRÄTYS JA ENERGIÄKÄYTTÖ EKOLOGIS-ENERGEETTISESTÄ PERSPEKTIIVISTÄ

#### 3.1. LCA-lähestymistapa

##### 3.1.1. LCA:n määritelmä

Viime vuosina teollisuusyrityksissä on yleistynyt elinkaarianalyysi (life-cycle analysis, LCA)<sup>15</sup>, jonka avulla pyritään arvioimaan tuotteen ympäristövaikutuksia sen valmistuksen, käytön ja hävittämisen aikana ("from cradle to grave"). Elinkaarianalyysin kehittäminen ja sen käytön edistäminen on sisällytetty YK:n ympäristöohjelmaan (UNEP) (Pöyry 1993).

Karkeasti ottaen elinkaarianalyysia laaja-alaisempi *elinkaariarviointi* (life-cycle assessment) on jakautunut arviointikohteen perusteella kahteen suuntaukseen:

- (1) tuotokeskeiseen arviointiin ja
- (2) tuotantoyksikkö-, yritys-, prosessi- tai toimialakeskeiseen arviointiin.<sup>16</sup>

Elinkaariarviointi on vakiintumassa yleiskäyttöiseksi termiksi. Sitä käyttää mm. Society of Environmental Toxicology and Chemistry (SETAC), joka on ollut aktiivinen LCA-metodologian kehittämisessä (Christiansen 1993). SETAC määrittelee elinkaariarvioinnin seuraavasti:

"Life Cycle Assessment is an objective process to evaluate environmental burdens associated with a product, process or activity by identifying and quantifying energy and materials uses and wastes released to the environment, to assess the impact of those energy and material uses and releases to the environment, and to evaluate and implement opportunities to affect environmental improvements. The assessment includes the entire life cycle of the product, process or activity, encompassing, extracting and processing raw materials; manufacturing, transportation and distribution; use, re-use, maintenance; recycling and final disposal." (Lindfors 1993.)

---

<sup>15</sup>Elinkaarianalyysi sai alkunsa 1960-luvun lopulla. Sen historiaa on esitelty mm. Christiansen (1993).

<sup>16</sup>Suuntauksia voidaan jaotella muillakin perusteilla (ks. esim. Little & Weidema 1993). Eri suuntauksista käytetyt nimitykset ovat melkoisen kirjavia. Niitä ei pohdita tässä yhteydessä. Todettakoon kuitenkin, että esimerkiksi Little ja Weidema käyttävät termejä *ecoprofile* ja *eco-balance* tuotekohtaisen arvioinnin yhteydessä, kun taas tässä esityksessä käytetään ekotase-tyyppistä elinkaariarviointia prosessi-, tuotantoyksikkö-, yritys- ja toimialakohtaisten arviointien yhteydessä. Little ja Weidema (1993) käyttävät viimeksimainituista ilmaisuja *environmental review*.

### 3.1.2. LCA-prosessin vaiheet

Edellä esitetyn SETAC:n määritelmän mukaan elinkaariarviointi rajoittuu ympäristövaikutuksiin ja se kattaa seuraavat vaiheet (Lindfors 1993):

- (1) *goal definition and scoping* eli päämäärän asettaminen ja tarkasteltavan tuotteen, prosessin jne. määrittely
- (2) *inventory analysis* eli tarkasteltavan systeemin materiaali-, energia-, jäte- ja päästövirtojen analysointi määriteltyjen rajojen (system boundaries) sisällä
- (3) *impact assessment* eli vaikutusten arviointi kolmessa vaiheessa:
  - *classification*, jossa päästöt (emissions) luokitellaan vaikutuskategorioiksi (impact categories)
  - *characterisation*, jossa jokaiseen vaikutuskategoriaan kohdistuvat vaikutukset lasketaan
  - *valuation*, jossa vaikutuskategorioita vertaillaan ja kokonaisvaikutukset (total summarized impact) arvioidaan (yhteiskunnallisesti ja poliittisesti)
- (4) *improvement assessment* eli mahdollisuuksien arviointi haitallisten vaikutusten lieventämiseksi ja tuotteen, tuotantoprosessin jne. kehittämiseksi.

Elinkaariarvioinnin metodologiaan on pitkään kaivattu yhdenmukaista käytäntöä ja toimiin sen kehittämiseksi on ryhdytty. SETAC:n mukainen elinkaariarviointi on muodostumassa yhdenmukaistamisen perustaksi. Vaiheisiin 1 ja 2 liittyvät ongelmat ovat melko hyvin tiedossa. Yleisesti hyväksytyjä menettelytapoja niistä suoriutumiseksi on olemassa, mutta erityisesti monimutkaisten tuotteiden ja prosessien osalta tarvitaan lisäselvityksiä. Sen sijaan vaihe 3 eli vaikutusten arviointi on vasta kehitteillä. Vaihe 4 eli tuotteiden ja prosessien kehityksen arviointi on käytännössä vailla ratkaisuja. SETAC:n mukaan tämä vaihe on hahmotettu vasta käsitteellisellä tasolla. (Lindfors 1993.)<sup>17</sup>

Tarkastelun painotuksen mukaan voidaan tehdä ympäristöllisiä, taloudellisia tai teknisiä ja jopa sosiaalisia tai kulttuurisia elinkaariarviointeja (vrt. Kalenoja 1993). Yleensä analyysit rajautuvat ympäristötekijöihin (vrt. SETAC:n määritelmä), mutta erityisesti taloudellisten tekijöiden integrointi LCA-menetelmiin on usein mainittu tavoite (ks. esim. Virtanen & Nilsson 1993). Varsin pitkälle menevän tulkinnan LCA:sta esittelee Sørensen (1993), joka nostaa elinkaariarvioinnin kaikkien vaikutusten arvioinnin suuntausten

---

<sup>17</sup>Täydellinen elinkaariarviointi kattaa periaatteessa kaikki mainitut neljä vaihetta. Käytännössä yleisimpiä ovat elinkaarianalyysit, joissa rajoitutaan lähinnä vaiheisiin 1 ja 2 (vrt. Little & Weidema 1993). Suomalaisen metsäteollisuuden suhtautuminen elinkaariarvioinnin yhdenmukaistamiseen on ollut defensiivinen: yhdenmukainen käytännön ja kilpailuetujen tasapuolisen jakautumisen katsotaan olevan ristiriidassa. Suomalaisen metsäteollisuuden tekemät elinkaariarviointit poikkeavatkin oleellisesti SETAC:n linjasta (ks. lähemmin luku 3).



(ympäristövaikutusten arviointi, sosiaalisten vaikutusten arviointi, riskien arviointi, teknologian arviointi jne.) kattokäsitteeksi.

### 3.1.3. LCA:n ongelmia

LCA-lähestymistapaan liittyy varsin monia vaikeuksia. Suurta huomiota on kiinnitetty tuotantoprosessien materiaalien ja energian kulutusta sekä erilaisia jätteitä ja päästöjä koskevien luotettavien ja julkisten tietokantojen puutteeseen. Tunnetuimpia ja laajimpia tietokantoja on IIASA:n (International Institute for Applied Systems Analysis) IDEA-tietopankki (International Database for Ecoprofile Analysis), johon liittyy myös elinkaarianalyysin laadintaohjelmisto. Tietokonesovelluksia kvantitatiivisten elinkaarianalyysien ja ekotaseiden laatimiseksi on olemassa muuallakin ja niitä kehitetään jatkuvasti (ks. esim. Miettinen 1993). Toistaiseksi on rajoitettu staattisiin mallitarkasteluihin.

Suuri osa LCA-selvityksistä on tehty teollisuusyrityksissä ja ne perustuvat yritysten omiin aineistoihin. Tietokantoja joudutaan päivittämään jatkuvasti ja tiedot vanhenevat nopeasti. Tutkimusten laatu on kirjava, koska laadunvarmistus on kehittämättä. Myös tutkimusmenetelmät ovat verrattain kehittymättömiä, mm. yleisiä standardeja ja muita seikkoja, jotka liittyvät mm. eri tutkimustulosten vertailtavuuteen ja ns. *herkkyysanalyysiin* (esim. oletusten vaikutus tuloksiin), ei ole olemassa (vrt. Weidema 1993).<sup>18</sup>

Kansainvälinen standardointiorganisaatio ISO on kehittälemässä LCA-standardointia. Käytännön LCA-selvitysten kannalta tärkeänä on pidetty ensinnäkin yleisen menettelytapasuosituksen (code of practice) kehittämistä, jossa määriteltäisiin mm. LCA-lähestymistapaan liittyvä keskeinen käsitteistö. Tämän jälkeen olisi kehiteltävä metodologisia perusteita. Lopputuloksena voisi olla esim. standardisoitu valikoima hyväksyttäviä menetelmiä erilaisia tilanteita ja tutkimuskohteita varten. (Pöyry 1993.)

LCA-tutkimusten ehkäpä keskeisin ongelma on tarkasteltavan systeemin (tuotantoprosessin) rajaaminen, mikä on usein jäänyt vaille huomiota käytännön LCA-tutkimuksissa. Yleisessä alan keskustelussakaan sitä ei ole painotettu riittävästi (ks. kuitenkin Boustead 1993; Lindfors 1993; Weidema 1993). Myös tarkasteltavien vaikutusten rajaami-

---

<sup>18</sup>Mm. pakkausmateriaaleihin, kertakäyttöastioihin ja muihin runsaasti jätettä synnyttäviin tuotteisiin liittyviä raaka-aineperustaisia vertailuja (muovi, alumiini, paperi ja kartonki jne.) on tehty jo runsaasti, mutta monia muitakin suhteellisen yksinkertaisia tuotteita (esim. polttoaineet) on analysoitu. Nykyisin lähes jokainen suuryritys kehittää omien tuotteidensa elinkaaren analysointia. LCA on ulotettu jo monimutkaisiin tuotteisiin, kuten autoihin. Esimerkiksi ruotsalainen Volvo on kehitellyt ns. EPS-mallin (Environment Priority System), jonka avulla väitetään voitavan arvioida auton tuotannon, käytön ja hävittämisen ympäristövaikutukset ja energiankulutus (Kalenoja 1993).

nessa on ongelmia, puhumattakaan niiden painotuksista johtopäätöksiä tehtäessä. Erityisesti tarkasteltavan tuotantoprosessin "historia" on ongelmallinen. Kärjistäen, tekemällä "sopivia" valintoja on täysin mahdollista saada sellaisia tuloksia kuin haluaa.

Kukaan ei pysty sanomaan, kuinka pitkälle taaksepäin tällaista analyysia olisi syytä viedä ja millä tavalla yhteisten panostekijöiden aiheuttamat ympäristövaikutukset olisi jaettava eri tuotannonalojen tai arviointikohteiden kesken. Toistaiseksi on tyydytty helpoimpaan ratkaisuun: lähdetään nykytilanteesta ja keskitytään itse valmistettavaan tuotteeseen tai tuotantoprosessin päästöihin ja jätteisiin<sup>19</sup>. Pelkän tuotteen elinkaaren tarkastelu ei ympäristön kannalta ole relevanttia. Jos ympäristökeskustelua halutaan käydä elinkaariarviointien avulla, tähän ongelmaan olisi syytä kiinnittää suurempaa huomiota.

Kattavat elinkaariarviointit ovat toistaiseksi jokseenkin mahdottomia tietojen, menetelmien ja relevanttien rajauskriteerien puutteen takia. Perusongelmana voi pitää sitä, että tuotteisiin ja niiden valmistusprosesseihin keskittyvä elinkaariarviointi unohtaa olemassa olevien rakenteiden (ensisijaisesti tuotantolaitokset) merkityksen, vaikka periaatteessa nekin olisi otettava mukaan arviointiin.

#### 3.1.4. LCA:n käyttötarkoitukset

LCA-tarkastelujen käyttötarkoitukset tavataan jakaa yrityksen kannalta sisäisiin ja ulkoisiin (esim. Fava, Consoli & Denison 1993). Sisäisiä käyttötarkoituksia ovat mm. erilaisten tuotantoprosessin logistiikkaan liittyvien optimointiongelmien ratkaiseminen ja yritysstrategioiden toteuttaminen.

Ulkoisia käyttötarkoituksia ovat (1) perustelujen tuottaminen mainonnassa esitetyille ympäristöystävällisyysväitteille (markkinoiden ohjailu), (2) poliittiseen päätöksentekoon ja julkiseen keskusteluun vaikuttaminen (esim. kierrätyslainsäädännön valmisteluun vaikuttaminen siten, että yritysten kannalta liian tiukkoja vaatimuksia ei sisällytetäisi lakeihin) sekä (3) tuotteiden ja tuotantoprosessien ympäristövaikutusten lieventämiskeinojen etsiminen (vrt. the Economist 9.10.1993).

Elinkaariarviointien ongelmista johtuen yrityskohtaisilla selvityksillä on toistaiseksi ollut korkeahko julkaisukynnys. LCA-lähestymistavan yleistyessä ja ympäristöaspektien tullessa yhä tärkeämmiksi julkaisukynnys tulee todennäköisesti alenemaan. Jo nyt elin-

---

<sup>19</sup>Tehdyissä elinkaariarvioinnissa ei ole otettu mukaan esimerkiksi tuotantolaitoksen rakentamiseen liittyviä ympäristötekijöitä, kuten eri materiaalien hankintaan ja työstämiseen samoin kuin tarvittavien koneiden käyttöön ja valmistukseen jne. liittyviä ympäristövaikutuksia.

kaarianalyysin lisääntyvää ulkoista käyttöä on havaittavissa. LCA-lähestymistavasta onkin tulossa voimakas työkalu, jota on täysin mahdollista käyttää omien intressien turvaamiseen jopa kyseenalaisin keinoin, esimerkiksi vetoamalla hyvin rajoitettuun osaan ympäristötekijöitä.

Julkinen sektori voi käyttää LCA-lähestymistapaa mm. erilaisia ympäristömerkkejä myönnettäessä ja lainsäädännön valmistelussa. Toistaiseksi kaikki LCA-selvitykset ovat sidoksissa teollisuusyritysten intresseihin, mutta LCA:n standardoinnin kehittyessä myös riippumattomalla LCA:lla saattaa olla tulevaisuutensa.

### 3.2. LCA massa- ja paperiteollisuudessa - kaksi esimerkkiä

Suomessa elinkaariarviointi on herättänyt kiinnostusta mm. metsäteollisuudessa. Metsäteollisuuteen läheisesti liittyvissä organisaatioissa (esim. Keskuslaboratorio, Valtion Teknillinen Tutkimuskeskus, Paperinkeräys Oy ja eräät konsulttiyritykset sekä tietenkin metsäteollisuusyritykset) on tehty LCA-lähestymistapaa hyväksikäyttäviä tutkimuksia ja kehitelty erityisesti prosessiteollisuuteen sopivia LCA-menetelmiä ja mikrotietokoneohjelmistoja. Erilaisiin metsäteollisuuden ympäristövaikutusten tutkimushankkeisiin liittyen on laadittu opinnäytetöitä, joissa on käytetty LCA-lähestymistapaa. Paperituotteiden elinkaariarviointeja on Suomen lisäksi tehty mm. Kanadassa ja Ruotsissa.

Konkreettisina esimerkkeinä tarkastellaan seuraavaksi kahta suomalaista jätepaperin kierrätykseen ja polttamiseen liittyvää LCA-tyyppistä selvitystä: (1) Virtasen ja Nilssonin (1993) laatimaa ekotase-tyyppistä selvitystä eurooppalaisen massa- ja paperiteollisuuden sekä jätepaperin kierrätyksen ympäristövaikutuksista sekä (2) Kärnän, Engströmin ja Kutinlahden (1993) laatimaa sanomalehtipaperin elinkaarianalyysia.<sup>20</sup>

#### 3.2.1. Kierrätyksen ympäristövaikutukset: IIASA:n malli

##### *Tutkimuksen tavoitteet ja tutkimusasetelma*

Virtasen ja Nilssonin (1993) tutkimuksen tavoitteeksi asetetaan LCA:n käyttökelpoisuuden osoittaminen massa- ja paperiteollisuudessa, erityisesti jätepaperin kierrätyksen ympäristövaikutusten tarkastelussa. Käyttökelpoisuutta ei kuitenkaan määritellä tarkemmin esimerkiksi tutkimuksen mahdollisten käyttötarkoitusten näkökulmasta.

---

<sup>20</sup>Littlen ja Weideman (1993) terminologiaa käyttäen molemmissa tutkimuksissa on kyse lähinnä environmental review -tyyppisestä tutkimuksesta.

Tutkimuksessa on käytetty hyväksi IIASA:ssa kehitettyä LCA-ohjelmistoa. Osa mallin lähtötiedoista on peräisin IIASA:n IDEA-tietopankista, jonka aineistojen perusvuosi oli selvitystä laadittaessa 1989. Osa tiedoista perustuu OECD:n tilastoihin, joiden perusvuosi on niinkin varhainen kuin 1986. Em. perusvuodet määräävät mm. teknologian tason, suhteelliset päästöt, markkinatilanteen ja energiantuotannon rakenteen mallissa. Kyseessä on siis aggregaattiaineistoon perustuva staattinen malli, jossa keräyspaperin käyttö massan ja paperin valmistuksessa ohjaa kaikkia mallissa tarkasteltavia ympäristöindikaattoreita *ceteris paribus*.

Maantieteellisesti selvitys on rajattu Keski-Eurooppaan (= Itävalta, Ranska, Italia, Alankomaat, Englanti ja entinen Länsi-Saksa) sekä Skandinaviaan (= Ruotsi ja Suomi). Tarkasteltavana on massa- ja paperiteollisuus näissä maissa. Tuotannon kokonaismäärä ja sen jakautuminen eri tuotteiden kesken, eri energialähteiden käyttö massa- ja paperiteollisuuden ulkopuoliseen sähkön tuotantoon samoin kuin monet muut asiat oletetaan pysyväksi lähtötasolla. Lähtökohtatiedot muodostavat itse asiassa vertailutilanteen, mutta sitä ei jostain syystä esitetä eikä käytetä vertailussa hyväksi. Sen sijaan tutkimuksessa vertaillaan kolmea vaihtoehtoista skenaariota, joissa jätteen keräys joko maksimoidaan, "optimoidaan" (selektiivinen kierrätys) tai minimoidaan:

Maksimikierrätys-skenaariossa (M-skenaario) jätteen keräysaste on oletettu "mahdollisimman korkeaksi" eli 90 prosentiksi useimmilla keräyspaperilaaduilla. Keräyskuidun maksimaaliseksi keskimääräiseksi osuudeksi kokonaiskuitumäärästä on arvioitu 56 %. Valmistusprosessissa hyödyntämättä jäävästä jätteenpaperiraaka-aineesta (siistausjäte ja jättekuitu) 74 % päätyy kaatopaikalle ja 26 % poltetaan siten, että 35 % talteenotetusta lämmöstä muutetaan sähköenergiaksi ja loppu lämpö oletetaan käytettäväksi teollisuuden omissa prosesseissa<sup>21</sup>. Kaikki keräyspaperi oletetaan hankittavaksi tarkasteltavalta alueelta ja tämän vaatimat kuljetukset on pyritty ottamaan huomioon.

Keräyskuidun selektiivinen käyttö -skenaariossa (S-skenaario) keräyskuitua käytetään silloin, kun keräyspaperia on helposti saatavilla (läheltä tehtaita). Keräyskuidun keskimääräinen osuus kaikissa tuotetuissa paperilaaduissa on oletettu 35 prosentiksi. Hyödyntämättä jäävä osa keräyspaperista saa saman kohtalon kuin M-skenaariossa. Keräysaste on myös sama kuin M-skenaariossa.

Nollakierrätys-skenaariossa (Z-skenaario) kaikki jätteenpaperi poltetaan ja talteenotettava energia oletetaan käytettäväksi kokonaan sähkönä ja lämpönä massa- ja paperiteollisu-

---

<sup>21</sup>Virtanen ja Nilsson (1993) toteavat, että lämpöä riittäisi myös teollisuusprosessin ulkopuolisiin tarpeisiin (esim. kaukolämmöksi), mikä on tarkoitus ottaa huomioon jatkotutkimusvaiheessa.

den tuotantoprosesseissa samaan tapaan kuin edellisissä skenaarioissakin. Massa- ja paperituotteet oletetaan valmistettavaksi kokonaan neitseellisestä kuidusta. Jätepaperienergialla korvattava energiantuotanto on oletettu keskimääräistä Länsi-Euroopan kulutusprofiilia v. 1989 noudattavaksi, jossa fossiilisten polttoaineiden osuus on suuri.

### *Tutkimustulokset*

Seuraavassa esitellään mallin avulla selitetyt tekijät (ympäristöindikaattorit) ja niihin liittyvät tulokset (Virtanen & Nilsson 1993, x, 100)<sup>22</sup>. Tuloksia on skenaarioiden vertailun osalta yksinkertaistettu siten, että ainoastaan lisääntyvän kierrätyksen vaikutus tarkasteltavien ympäristöindikaattoreiden absoluuttisiin määrällisiin muutoksiin otetaan huomioon. Mallin ominaisuuksista johtuen vaikutukset ovat lineaarisia.

- (1) Energian kulutus
  - sähkön kulutus vähenee
  - lämmön ja höyryn kulutus vähenee
  - fossiilisten polttoaineiden kulutus lisääntyy
  - uusiutumattomien primäärienergiälähteiden kulutus lisääntyy
  - uusiutuvien primäärienergiälähteiden kulutus vähenee
- (2) Päästöt ilmaan
  - rikkidioksidipäästöt (SO<sub>2</sub>) lisääntyvät
  - typen oksidien päästöt (NO<sub>x</sub>) lisääntyvät
  - metaanipäästöt (CH<sub>4</sub>) vähenevät
  - hiilimonoksidipäästöt (CO) vähenevät
  - tuotantoprosessin kokonaishiilidioksidipäästöt (gross CO<sub>2</sub>) vähenevät
  - nettohiilidioksidipäästöt (net CO<sub>2</sub> eli tuotantoprosessin hiilidioksidipäästöt miinus metsänielujen sitoma hiilidioksidi) lisääntyvät
- (3) Päästöt vesistöihin
  - kiinteiden aineiden päästöt (TSS) lisääntyvät
  - vesistöjen biologinen hapenkulutus (BOD) lisääntyy
  - vesistöjen kemiallinen hapenkulutus (COD) vähenee
  - klooripitoiset orgaaniset päästöt (AOX) vähenevät
- (4) Materiaalien kulutus
  - puun kulutus vähenee
  - muiden raaka-aineiden kulutus vähenee
- (5) Jätteiden määrä
  - kiinteiden jätteiden kokonaismäärä tuotantoprosessissa vähenee
  - kiinteiden jätteiden nettomäärä (tuotantoprosessin ja jätepaperin siistauksen tuottama jäte) lisääntyy
- (6) Metsänhoidon intensiteetti pienenee.

---

<sup>22</sup>Tuloksia on esitelty jo aiemmin (ks. Virtanen & Nilsson 1992a; 1992b; vrt. Ebeling, Airanne, Kärnä, Mannström, Laine & von Ungern-Sternberg 1993; Palenius 1992).

Sähkön ja lämmön kulutuksen väheneminen johtuu siitä, että selluloosan tarve vähenee keräyskuidun osuutta lisättäessä. Energian kokonaiskulutus ei kuitenkaan vähene samassa suhteessa. Tämä aukko oletetaan maksimikierrätys-skenaariossa katettavaksi fossiililla polttoaineilla, joiden käytön lisäämisestä aiheutuvat rikkidioksidi- ja typen oksidien päästöjen lisääntyminen. Nollakierrätys-skenaariossa jätepaperienergialla on oletettu korvattavaksi nimenomaan fossiilisia polttoaineita.

Oletuksena oli myös teknologian pysyminen vuoden 1989 tasolla. Tuon vuoden jälkeen polttoteknologia on erityisesti energian tuotannossa kehittynyt. Maksimikierrätysvaihtoehdossa keräyspaperin lisääntyvien kuljetusten oletetaan kutakuinkin korvaavan vähenyvät puuraaka-aineen ja massan kuljetukset Skandinavian ja Keski-Euroopan välillä. Metaanipäästöjen väheneminen johtuu siitä, että puun käytön vähentyessä metsiin jää vähemmän hakkuutähteitä lahoamaan. Kaikissa skenaarioissa on oletettu, että hakkuutähteet jäävät metsiin. Puun energiakäyttö on jätetty tarkastelun ulkopuolelle, samoin kuin muutkin puun käytössä ja energian tuotannon rakenteessa tapahtuvat muutokset.

#### *Hiilen lyhyt kierto*

Mallin tuloksista on kiinnitetty huomiota yksinomaan hiilidioksidipäästöihin (esim. Ebeling ym. 1993; Palenius 1992; vrt. Arjas & Häggblom 1993; Helsingin Sanomat 2.11.1993), jotka on todettu merkittävimäksi kasvihuoneilmiön voimistajaksi (esim. IPCC 1990). Merkittävin hiilidioksidipäästöjen lähde on fossiilisiin polttoaineisiin (erityisesti hiili ja öljy) perustuva energian tuotanto ja kulutus. Kasvihuoneilmiötä pidetään haastavimpana ympäristöongelmana, koska sen voimistumisen estämiseksi ei ole olemassa tehokkaita keinoja (esim. IPCC 1990). Hiilidioksidista on tullut painava argumentti mm. energia- ja teollisuuspoliittiseen keskusteluun paitsi sinänsä, osittain muiden argumenttien kustannuksella.

Lopputuotteen kannalta keräyskuidun käytön on väitetty kuluttavan vähemmän energiaa kuin neitseellisen kuidun käytön, valmistettiinpa neitseellisestä kuidusta sitten mekaanista massaa tai sellua ja näistä edelleen paperia (esim. Savander 1991). Toisaalta keräyspaperin siistaus kuluttaa runsaasti energiaa. Maksimikierrätys-skenaariossa on oletettu, että kaikki keräyspaperi siistataan ja että siistauksen kuluttama energia tuotetaan pääosin fossiililla polttoaineilla.

Virtanen ja Nilsson (1993, 62) selittävät kokonaishiilidioksidipäästöjen (ja myös hiilimonoksidipäästöjen) vähenemisen määrän riippuvan siitä, missä määrin puuperäisistä, paljon hiiltä sisältävistä energialähteistä siirrytään vähän hiiltä sisältäviin energialähteisiin.

siin (maakaasu, vesivoima<sup>23</sup> ja ydinvoima) keräyskuidun käyttöä lisättäessä. Puun energiakäyttöä ei mainita. Välittömään tuotantoprosessiin liittyvät kokonaishiilidioksidipäästöt kuitenkin vähenevät mallin mukaan kierrätystä lisättäessä.

**TAULUKKO 2.** Massa- ja paperiteollisuuden hiilitase Virtasen ja Nilssonin (1993) tarkastelussa. Paperin elinkaari etenee vasemmalta oikealle ja eri vaiheet on numeroitu vaiheiden kytkentöjen selventämiseksi. Kaikki luvut ovat karkeasti arvioituja prosenttiosuuksia massa- ja paperiteollisuuden raaka-aineenaan käyttämän metsän sitomasta hiilestä. Vaihteluvälin alaraja on pyöristetty alaspäin ja yläraja ylöspäin.

metsävarat	puunkorjuu	teollisuusprosessi	tuotteen käyttö ja hävitys	tuotteen aiheuttamat päästöt	
massa- ja paperiteollisuudessa käytettävän puuraaka-aineen sisältämä hiili (100 %)	1. hakkuutähtien lahoaminen (55-85 %)			1.1. metaani (20-50 %)	
				1.2. hiilidioksidi (35 %)	
	2. tukkipuu (15-45 %)	2.1. jäteliemen poltto (7-23 %)			2.1.1. hiilidioksidi (7-23 %)
			2.2. massa ja paperi (7-23 %)	2.2.1. pysyvä käyttö (1-5 %)	
			2.2.2. polttaminen (1-6 %)		2.2.2.1. hiilidioksidi (1-6 %)
			2.2.3. kaatopaikkahävitys (4-13 %)		2.2.3.1. metaani (0-7 %) 2.2.3.2. hiilidioksidi (2-10 %)

Sen sijaan ns. nettohiilidioksidipäästöt, joihin otetaan mukaan myös massa- ja paperiteollisuuden hyödyntämien metsien kyky sitoa hiilidioksidia, lisääntyvät Virtasen ja Nilssonin (1993) tarkastelun mukaan. He selittävät tätä yksinkertaistetun hiilitaseen avulla, jota voidaan luonnehtia *hiilen lyhyeksi kierroksi*<sup>24</sup>, jossa korostetaan tuotantopro-

<sup>23</sup>Tuoreessa tutkimuksessa (Rudd, Harris, Kelly & Hecky 1993) vesivoiman haitattomuus kasvihuoneilmiön voimistumisen kannalta on asetettu kyseenalaiseksi. On mahdollista, että tekojärvien (vesivoimaloiden säännöstelyalaiden) alle jäänyt kasvillisuus synnyttää runsaasti kasvihuonekaasuja (metaania ja hiilidioksidia). Globaalilla tasolla nämä päästöt saattavat tehdä vesivoimasta lähes kivihiilen veroisen kasvihuoneilmiön voimistajan.

<sup>24</sup>Käsitteenä hiilen lyhyt kierto on vakiintumaton. Sen erottelemiselle huomattavasti monimutkaisemmasta moniajanjaksoisesta hiilen kokonaiskierrosta ei ole olemassa teoreettisia perusteita. Virtanen ja Nilsson (1993) eivät käytä hiilen lyhyt kierto -käsitettä.

sessin vaiheissa metaanina ja hiilidioksidina vapautuvan hiilen sitoutumista metsiin. Virtasen ja Nilssonin hiilitase perustuu taulukosta 2 ilmi käyviin oletuksiin. Kierrätettävään kuituun ei ole erikseen oletettu sitoutuvan hiiltä lainkaan.

### *Tutkimuksen kritiikkiä*

Tutkimuksen mukaan nollakierrätys-skenaariossa kokonaishiilidioksidipäästöt ovat suuremmat, mutta nettohiilidioksidipäästöt pienemmät kuin maksimikierrätys-skenaariossa. Virtanen ja Nilsson perustelevat tätä seuraavasti:

"The reason why the zero recycling case appears to have less overall CO<sub>2</sub> emissions is obvious under the assumptions described above about the carbon balance. In the selective, and even the maximum recycling case, the landfilled part of the waste paper releases, in a slow burning process, its heat potential and carbon into the environment. In the zero recycling scenario, the burning takes place in boilers and the released heat is used as a substitute for heat produced, to a large extent, with fossil fuels. Thus the total CO<sub>2</sub> emissions are reduced by the amount corresponding to the substituted fossil fuels." (Virtanen & Nilsson 1993, 64.)

Tulos on näin johdettavissa mallin oletuksista, jotka sisältävät monia epävarmuuksia. Niinpä Virtanen ja Nilsson varoittavat tekemästä liian pitkälle meneviä johtopäätöksiä. Mm. puun ja jätepaperin biologinen hajoaminen, tutkittavan alueen ja muun maailman väliset paperi- ja massavirrat, pysyvä hiilen sitoutuminen ja myös "metsien elinkaari" ja metsävarojen kestävä hyödyntäminen kaipaavat heidän mukaansa lisätutkimusta.

Virtanen ja Nilsson mainitsevat kokonaishiilidioksidipäästöjen yhteydessä ainoastaan hiilitasetta koskevat oletukset. Todellisuudessa nimenomaan tähän tulokseen vaikuttavat hiilitaseoletusten lisäksi kaikki mallin oletukset, kuten esim. alueellinen rajaus, tarkasteltavan systeemin rajaus (eri teollisuudenalojen välisiä kytkentöjä ja "historiaa" ei oteta huomioon), kaiken tekniikan pysyminen päästöjen tilastointivuoden tasolla, teollisuuden pysyminen nykyisillä sijaintipaikoillaan sekä tuotanto- ja kysyntärakenteiden pysyminen muuttumattomina. Näitä tekijöitä ei problematisoida millään tavalla.

Lisäksi tuloksiin vaikuttavat ratkaisevasti skenaariokohtaiset oletukset, joita tutkimuksessa ei korosteta. Näitä ovat esimerkiksi seuraavat:

- maksimikierrätys-skenaariossa kaikki kierrätettävä jätepaperi siistataan
- maksimikierrätys-skenaariossa selluloosateollisuuden supistuessa menetettävä energia korvataan fossiililla polttoaineilla
- maksimikierrätys-skenaariossa vähenevää raakapuun käyttöä ei korvata puun käytöllä muihin tarkoituksiin
- nollakierrätys- ja selektiivinen kierrätys -skenaarioissa jätepaperin poltossa syntyvä energia käytetään teollisuusprosessissa korvaamaan fossiilisia polttoaineita.



Maksimikierrätys-skenaarioon liittyvät oletukset ovat melko järjestelmällisesti negatiiviset ympäristövaikutukset maksimoivia ja toisaalta nollakierrätys-skenaarioon liittyvät oletukset ovat negatiiviset ympäristövaikutukset minimoivia. Tutkimuksessa ei myöskään pohdita jätteen polttamiseen liittyviä käytännön järjestelyjä (esim. miten jätteen polttaminen vaikuttaa jätteen keräykseen). Tämän pohtiminen olisi skenaarioiden uskottavuuden kannalta välttämätöntä.

Virtanen ja Nilsson (1993) toteavat, että jätteen kierrätyksen ja energiakäytön huolellinen suunnittelu ja tehokkaat metsänkäyttöohjelmat ovat ensiarvoisen tärkeitä *kestävän kehityksen* saavuttamiseksi metsäsektorilla. He eivät kuitenkaan johtopäätöksissään ryhdy pohtimaan käytännön toimintavaihtoehtoja.

Edellä tarkasteltu malli on staattinen. Kolmen skenaarion tulokset esitetään komparatiivis-staattisessa muodossa ilman vertailua lähtötilanteeseen. Tuloksia esitellään kuitenkin suhteessa kierrätyksen lisäämiseen. Tällainen esitystapa edellyttäisi välttämättä lähtökohtatilanteen eksplikointia.

Tekijät toteavatkin johdantokappaleessa, että pääasia eivät ole mallin antamat tulokset, vaan elinkaarianalyysin käyttökelpoisuuden osoittaminen massa- ja paperiteollisuuden ekologisessa kontekstissa. Elinkaariarvioinnin keskeistä ongelmaa, systeemin rajaamista, ei kuitenkaan edes mainita eikä tehtyjä rajoituksia (tarkasteltava alue, mukaan otetut tuotantoprosessit ja niihin liittyvät tekijät) perustella eikä problematisoida millään tavalla. Toisaalta Virtanen ja Nilsson korostavat monissa yhteyksissä eräitä mallin puutteellisuksia ja yksinkertaistavia oletuksia viitaten myöhemmin tehtävään perusteellisempaan mallitarkasteluun, johon on tarkoitus ottaa mukaan myös taloudellisia tekijöitä.

Virtanen ja Nilsson (1993) esittävät tuloksista herkkyyksianalyysin, mikä heidän mukaansa samoin kuin SETAC:n mukaan on hyvin tarpeellista LCA-tutkimuksissa. Tehty analyysi on kuitenkin ylimalkainen ja sivuuttaa monien keskeisten oletusten vaikutukset tuloksiin kokonaan. Tällaisia ovat mm. teknologian ja ympäristöpäästöjen taso, jätteen siistäminen, jätteen energialla korvattava energia ja puun vaihtoehtoiset käytöt.

Virtanen ja Nilssonin herkkyyksianalyysi koostuu kolmesta esimerkistä: (1) oletuksista jätteen hiilipäästöjen jakautumisesta hiilidioksidin ja metaanin suhteen kaatopaikalla (alunperin 50 % hiilidioksidina ja 50 % metaanina, herkkyyksivertailussa 80 % hiilidioksidina ja 20 % metaanina), (2) hiilen kiertoa koskevista oletuksista (alunperin metsien kasvu on sisällytetty analyysiin, herkkyyksivertailussa ei) ja (3) paperin valkaisemista koskevista oletuksista (alunperin valkaisu ei mukana, herkkyyksivertailussa oletettu vetyperoksidivalkaisu ja huomioitu lisääntyvä energiankulutus, joksi on oletettu 50 % enem-

män sähköä ja 100 % enemmän lämpöä verrattuna massan valmistuksessa kuluvaan energiaan).

Virtasen ja Nilssonin (1993) tutkimuskohteena oleva massa- ja paperiteollisuus on kokonaisuudessaan liian laaja kohde kattavaa elinkaari-, ekotase- tms. tarkastelua varten. Tutkimuskohde on erityisesti systeemin rajauksen kannalta niin problemaattinen, että tuloksilla ei juuri voi olla tieteellistä merkitystä. Epäselväksi jää, mitä selvityksessä mainitulla tavoitteella "elinkaarianalyysin käyttökelpoisuuden osoittamisesta massa- ja paperiteollisuudessa" loppujen lopuksi tarkoitetaan. Nyt tehty tutkimus on hyödyllinen erityisesti elinkaariarvioinnin ongelmakohtien osoittamisen kannalta, mutta sen käyttämistä julkiseen kierrätyskeskusteluun ja päätöksentekoon vaikuttamiseen voi pitää ongelmallisena, koska tulokset ovat epäluotettavia.

### 3.2.2. Sanomalehtipaperin elinkaarianalyysi: KCL:n malli<sup>25</sup>

#### *Tutkimuksen tavoitteet ja tutkimusasetelma*

Kärnän, Engströmin ja Kutinlahden (1993) Keskuslaboratoriossa (KCL) laatiman sanomalehtipaperin elinkaarianalyysin (EKA-inventaari) lähtökohtana on sekava keskustelu jätepaperin kierrätyksestä. LCA-lähestymistavan mukaisesti korostetaan sanomalehtipaperin valmistuksen, käytön ja hävittämisen ympäristövaikutusten selvittämistä kokonaisvaltaisesti. Koska metsät ovat uudistuva luonnonvara, Kärnän ym. (1993) mukaan paperin elinkaarianalyysissä on kyse perinteisen "kehdosta hautaan" -ajattelun sijasta "kehdosta kehtoon" -ajattelusta.

Tekijät toteavat, että elinkaarianalyysin avulla voidaan päästä asialliseen keskusteluun "kierrätysideologiasta" eri foorumeilla. Näin heillä on vahva käsitys siitä, että elinkaarianalyysin avulla saadaan objektiivista tietoa ympäristön kannalta relevanteista tekijöistä. LCA-lähestymistavan perusongelmaa eli systeemin rajausta ei tässäkään tutkimuksessa mainita. Tutkimuksen tavoitteeksi asetetaan kolmeen kysymykseen vastaaminen:

- (1) Onko kuidun uudelleenkäytön olennainen lisäys ekologisesti perusteltavissa?
- (2) Onko kaatopaikkakuormituksen vähentäminen jätepaperin lämpöenergian talteenoton avulla ekologisesti perusteltavissa?

---

<sup>25</sup>Tämä jakso perustuu artikkeliin, joka on julkaistu Paperi ja puu -lehdessä syksyllä 1993. Tutkimuksesta ei käsillä olevaa esiselvitystä laadittaessa ole ollut käytettävissä laajempaa versiota. Koska tutkimuksen julkaisemiseen liittyvät asiat ovat oleellinen osa LCA-lähestymistavan problematiikkaa, lehtiartikkelin tarkasteleminen on perusteltua.

- (3) Onko keräyspaperin tuonti Suomeen ja siistaus täällä ekologisesti edullisempaa vai haitallisempaa kuin toiminta markkina-alueella?

Tutkimuksessa on käytetty KCL:ssa kehitettyä laskentaohjelmaa. Alueellisesta rajauksesta ei puhuta mitään, mutta tekstissä mainitaan Saksa, Suomi ja Pohjois-Amerikka. Käytettävän tilastoaineiston oikeellisuutta ja "läpinäkyvyyttä" korostetaan. Lähdeviitteiden perusteella tiedot ovat peräisin mm. Jaakko Pöyry Oy:ltä, IIASA:n IDEA-tietopankista ja erilaisista tilastojulkaisuista. Osassa aineistoa perusvuosi on 1990. Tekijät korostavat lähtötietojen suuresta määrästä ja kytkevien monimutkaisuudesta seuraavaa tietojen ryhmittelyn ja tiivistämisen merkitystä. He luottavat sekä näin tehtävän analyysin onnistumiseen että sen oikeellisuuteen painottaessaan johtopäätösten tekemistä.

Analyysin kohteena on seuraava järjestelmä: Suomessa valmistetaan 1 000 kg sanomalehtipaperia kuumahierteestä. Tämä paperi kuljetetaan saksalaiseen painotaloon. Vain osa paperista päätyy lehtinä kuluttajille, joilta se edelleen päätyy joko kaatopaikalle tai paperinkeräykseen. Keräyspaperista yksi osa menee kierrätykseen (siistaukseen ja edelleen takaisin painotaloon), toinen osa poltettavaksi (lämpöenergian talteenottoon) ja jäljelle jäävä osa mekaaniseen puhdistukseen ja sitä kautta muuhun "alempiarvoiseen" käyttöön, joka ei ole mukana analyysissa.

Eri vaiheisiin liittyviä oletuksia käydään läpi verrattain tarkasti. Mukana ovat mm. puun tuontiin tehtaalte, eri tuotteiden vienti- ja jakelukuljetukset erilaisia liikennevälineitä käyttäen sekä sähkö- ja lämpöenergian tuotanto polttovaiheessa syntyvien päästöjen osalta. Polttoaineketjuja on jossain määrin otettu huomioon, mm. ydinvoiman ja sellutehtaan käyttämän puuenergian osalta. Myös tuotantoprosessin ulkopuolelle menevä sähköenergia on mukana analyysissa. Sanomalehtipaperitehtaan, painotalon, siistauslaitoksen, sellutehtaan ja jätteen polton teknologia on oletettu pysyväksi sillä tasolla, mihin tilastoaineistot perustuvat. Prosessiteknologia on kuvattu pääpiirteissään.

Elinkaarianalyysia varten on hahmotettu ns. vertailutilanne ("keskimääräinen tilanne" Saksassa v. 1990) ja kaksi skenaariota. Vertailutilanteessa (tapaus 1) saksalainen painotalo tuottaa 1 000 kg sanomalehtiä, joiden paperiraaka-aineesta 63 % on suomalaista neitseellisestä kuidusta valmistettua sanomalehtipaperia ja 37 % "paikallista paperia" (joka sisältää 60 % siistattua keräyskuitua, 33 % paikallista kuusipuuhioketta ja 7 % Pohjois-Amerikasta tuotavaa sellua). Kulutetusta paperista 60 % päätyy kaatopaikalle, 40 % keräyspaperiksi. Tästä keräyspaperista siistataan sanomalehtipaperin valmistuksessa tarvittava osa, loppu käytetään muuhun tarkoitukseen, joka ei siis ole analyysissa mukana. Jätteen polttoa ei polteta lainkaan.

Ensimmäisessä vertailuskenaariossa (tapaus 2) jätteen keräysaste on nostettu 80 prosenttiin (kaatopaikalle päätyy 20 %), jolloin painotalon käyttämästä paperista vain 10 % on suomalaista neitseellisestä kuidusta valmistettua sanomalehtipaperia ja 90 % paikallista paperia (samalla koostumuksella kuin vertailutilanteessa). Keräyspaperista menee muihin käyttötarkoituksiin absoluuttisesti sama määrä kuin vertailutilanteessa. Jätteenpaperia ei polteta lainkaan.

Toisessa vertailuskenaariossa (tapaus 3) jätteen keräysaste on myös 80 % (kaatopaikalle päätyy 20 %), mutta painotalon käyttämän paperin alkuperä on vertailutilanteen kaltainen (63 % suomalaista sanomalehtipaperia, 37 % paikallista paperia samalla koostumuksella kuin vertailutilanteessa). Keräyspaperista puolet poltetaan ja syntyvä lämpöenergia käytetään hyväksi, toinen puoli menee keräyskuiden raaka-aineeksi luokunottamatta muihin käyttötarkoituksiin päätyvää vakiomäärää.

### *Tutkimustulokset*

Kummastakin skenaariosta on esitetty lisäksi ns. B-versio (tapaukset 2B ja 3B), jossa tarkasteltavan prosessin energiataseeseen on tehty lisäoletuksia. Tavoitteena on ollut lisätä skenaarioiden vertailtavuutta keskenään. Taulukossa 3 on esitetty KCL:n tutkimuksen tulokset vertailutilanteessa ja kahdessa skenaariossa. Taulukossa ei ole esitetty ns. B-skenaarioiden tuloksia. Kärnä ym. (1993) mainitsevat ne ainoastaan tekstissä, vaikka itse asiassa B-skenaariot ovat ratkaisevia tehtäessä johtopäätöksiä:

"Taulukon ... lohkossa 'määrät ja resurssit' on syytä kiinnittää erityistä huomiota ... lämpöenergian tarpeeseen ja talteenottoon. Tapauksessa 2 ... tarvittaisiin  $1,25 - 0,50 = 0,71$  GJ enemmän lämpöenergiaa kuin tapauksessa 3, missä puolestaan saataisiin talteen lämpöenergiaa 5,3 GJ. Tapausten 2 ja 3 saattaminen vertailukelpoisiksi merkitsee, että lämpöenergiatase  $5,3 + 0,7$  GJ = 6,0 GJ on otettava huomioon. Jos tämä lämpöenergia kehitettäisiin tapauksessa 2 hiilellä, lisääntyisivät fossiiliset hiilidioksidipäästöt 595 kg:lla, ja hiilidioksiditase nousisi tasolta 1 290 kg tasolle 1 890 kg ... Toinen tapauksessa 3 talteenotettavan energian hyödyntämistapa olisi sähkön kehitys. Tällöin saataisiin, hyötysuhdekertoimella 0,33 laskien, energiaa 0,48 MWh korvaamaan Keski-Euroopassa ulkoisen sähköverkon tehoa. Tällöin hiilidioksiditase päätyisi arvoon 820 kg ... Edellä esitetyn pohjalta voidaan päätellä, että mikäli sanomalehtipaperin kaatopaikkakuormitusta halutaan vähentää, hiilidioksiditaseen kannalta on edullisempää valita suunnaksi tapaus 3 eli jätteenpaperin lämpöenergian hyödyntä sen sijaan, että lisätty keruu suunnattaisiin uudelleenkäyttöön."

**TAULUKKO 3.** Sanomalehtipaperin elinkaarianalyysin tulokset (Kärnä ym. 1993).

Arvot 1 000 kg painettua sanomalehteä kohti	Tapaus 1 Vertailu- tilanne)	Tapaus 2 (maksimi- kierrätys)	Tapaus 3 (jätepaperi- energia)
<b>Määrät ja resurssit</b>			
- paperia kuluttajalta keräykseen (kg)	400	800	800
- jätepaperia poltettavaksi (kg)	0	0	400
- puuta massan valmistukseen (kg)	1 039	685	1 039
- neutseellisen kuitupaperin määrä (kg)	677	114	677
- 60 % kierrätyskuitua sisältävän paperin määrä (kg)	398	961	398
- sellun määrä	26	63	26
- siistausmassan (kierrätyskuidun) määrä (kg)	240	580	240
- mekaanisesti puhdistetun massan määrä (kg)	187	187	187
- ulkopuolisen sähköenergian tarve (MWh)	4,01	2,72	4,01
- ulkopuolisen lämmön ja höyryn tarve (GJ)	0,50	1,21	0,50
- lämmön talteenotto (GJ)	0	0	5,3
<b>Päästöt ilmaan</b>			
- hiilidioksidi (CO <sub>2</sub> ), biogeneettinen (kg)	593	563	1 119
- hiilidioksidi, fossiilinen (kg)	1 910	1 998	1 913
- puuhun sitoutunut hiilidioksidi (kg)	1 922	1 269	1 922
- hiilidioksiditase (kg)	581	1 292	1 110
- metaani CH <sub>4</sub> (kg)	64	28	25
- rikkidioksidi SO <sub>2</sub> (kg)	16,6	18,0	16,7
- typen oksidit NO <sub>x</sub> (kg)	7,1	7,1	7,9
- haihtuvat orgaaniset yhdisteet VOC (kg)	1,9	1,8	1,9
- hiilimonoksidi (kg)	0,82	0,60	0,82
<b>Päästöt veteen</b>			
- kemiallinen hapenkulutus COD (kg)	31	23	23
- klooripitoiset orgaaniset päästöt AOX (kg)	0,06	0,13	0,06
<b>Kiinteä jäte</b>			
- teollinen jäte, sellaisenaan (kg)	149	208	149
- yhteiskunnallinen jäte, sellaisenaan (kg)	602	202	206
- yhteiskunnallinen jäte, pysyvä (kg)	397	133	136

CH<sub>4</sub>-, SO<sub>2</sub>- ja AOX-päästöt sekä teollisuuden kiinteä jäte tukevat Kärnä ym. (1993) päätelmää, kun taas "muissa parametreissa joko ei näy eroa tai esiintyy päinvastaista trendiä" (emt.).

Kysymystä 3 varten on laadittu erillinen elinkaarianalyysi tilanteesta, jossa jätepaperia tuotaisiin Keski-Euroopasta Suomeen siistattavaksi ja kierrätettäväksi sanomalehtipaperin valmistusprosessissa. Hieman yllättäen tämä vaihtoehto osoittautuu "ekologisesti perustelluksi" vertailutilanteeseen nähden. Tämä tulos selittyy Kärnä ym. (1993) mukaan sähköenergian tuotannon eroista Suomessa ja Keski-Euroopassa. Suomessa vesivoiman ja ydinvoiman osuus sähköntuotannossa on suurempi kuin Keski-Euroopassa, jossa

puolestaan kivi- ja ruskohiilen osuus on huomattava. Näin lisääntyvien kuljetusten aiheuttamat päästöt kompensoituvat.<sup>26</sup>

### *Tutkimuksen kritiikkiä*

Tavoitteenasettelun yhteydessä esitetyt kysymykset 1 ja 2 saavat Kärnän ym. (1993) tutkimuksessa kielteisen vastauksen. Tässä yhteydessä voidaan todeta, että vaikka hiilidioksiditaseen osalta jätepaperin lämpöenergian hyödyntämiskenaario (tapaukset 3 ja 3B) on tutkimuksen mukaan parempi kuin maksimikierrätyskenaario (tapaukset 2 ja 2B), niin kumpikin skenaario on huonompi kuin alkuperäinen vertailutilanne (tapaus 1). B-skenaarioita ei jostain syystä ole sisällytetty vertailutaulukkoon (taulukko 3) lainkaan. Ero perusskenaarioiden hiilidioksiditaseissa ei ole kovin merkittävä (ks. taulukko 3), mutta laatimalla lämpöenergian tarkastelua varten varsin rankkoihin oletuksiin perustuvat B-skenaariot saadaan merkittävältä näyttävä ero syntymään<sup>27</sup>.

Kärnän ym. (1993) käyttämä malli on staattinen, eikä malliin sisällytettyjä ja siitä pois jätettyjä tekijöitä problematisoida. Sen sijaan monia oletuksia selostetaan varsin seikka-peräisesti, joskaan niitäkään ei problematisoida. Metodologiset ongelmat ovat siis samoja kuin Virtasen ja Nilssonin (1993) tutkimuksessa.

Painavin kritiikki Kärnän ym. (1993) tutkimusta kohtaan koskee kuitenkin tehtävänasettelua. Vastattavaksi esitettiin kolme kysymystä, jotka koskivat *ekologia perusteluja* kuidun uudelleenkäytön lisäämiselle, kaatopaikkakuormituksen vähentämiselle jätepaperia polttamalla sekä jätepaperin kuljetukselle Keski-Euroopasta Suomeen siistaus- ja uudelleenkäyttötarkoituksessa. Tältä osin kritiikin voi tiivistää kolmeen kohtaan:

Ensinnäkin kysymykset koskevat jätepaperia yleensä. Elinkaarianalyysi kuitenkin laadittiin pelkästään sanomalehtipaperille. Tämän perusteella vedettiin varsin pitkälle meneviä yleisen tason johtopäätöksiä. Huomion arvoista on, että vertailutilanteen hiilidioksiditase on selvästi parempi kuin kummassakaan skenaariossa ja jopa niiden keinotekoisissa B-versioissa, joten yhdenkään skenaarion ekologiset perusteet eivät ole uskottavia.

---

<sup>26</sup>Sähköntuotannon päästöt eroavat toisistaan huomattavasti eri tilastolähteissä. Kärnä ym. (1993) mainitsevat, että ulkoiseen sähköntuotantoon liittyvät tilastotiedot ovat peräisin IIASA:n IDEA-tietopankista. Vesivoiman ja ydinvoiman pitäminen "ekologisesti perusteltuina" energiaratkaisuina vain siksi, että niihin ei liity välittömiä hiilidioksidipäästöjä, on hyvin ongelmallista (vrt. esim. Rudd ym. 1993).

<sup>27</sup>B-skenaarioita koskevaa analyysia voidaan pitää ongelmallisena. Tapaukseen 3 verrattuna "menetetävä" lämpöenergia ikään kuin vaaditaan kehitettäväksi myös tapauksessa 2, vaikka sille ei ole osoitettavissa käyttötarkoitusta. Tapauksessa 3 talteenotettavaa lämpöenergiaa kehitetään tapauksessa 3B sähköksi, jolla oletetaan voitavan korvata ulkopuolista hiiliperustaista sähköntuotantoa.

Toiseksi, ekologisiin perusteisiin liittyen, elinkaarianalyysi on laadittu tonnille sanomalehtipaperia eli kyseessä ovat suhteelliset muutokset. Ekologiselta kannalta kiinnostavampia ovat kuitenkin absoluuttiset muutokset eri päästöjen kokonaismäärissä ja jakautumisessa. Absoluuttisten päästöjen kannalta ratkaisu jää markkinoilla tapahtuvaksi ja riippuu siis tuotannon ja kulutuksen kokonaismäärästä. Suhteelliset muutokset eivät missään tapauksessa riitä ekologisten perusteiden osoittamiseen.

Kolmanneksi, tarkastelun alueellinen raja on epämääräinen, mutta tuotantoprosessin eri vaiheisiin liittyvät rajaukset on tehty saksalaisesta näkökulmasta. Kyseessä ei kuitenkaan ole yksiselitteisesti määritettävä keskimääräinen tilanne. Jollain muulla prosessirajauksella ja toisella alueyhdistelmällä tilanne voi olla toinen. Laskelmista ei ole esitetty herkkyyksianalyysseja, jos B-skenaarioita ei tulkita sellaisiksi.

### 3.2.3. Tutkimusten vertailua ja yleisiä huomioita

Erialaisten LCA-tutkimusten vertaileminen on ongelmallista. Tästä huolimatta joitakin huomioita on syytä tehdä. Ensinnäkin molemmat tutkimukset käsittelevät samaa aihepiiriä, lisääntyvän jätteen kierrätyksen ja polttamisen ympäristövaikutuksia. Virtasen ja Nilssonin (1993) tutkimuskohde on sekä alueellisesti että tarkasteltavan systeemin osalta huomattavasti Kärnän ym. (1993) tutkimuskohdetta laajempi. Kärnän ym. analyysi taas on Virtasen ja Nilssonin analyysia yksityiskohtaisempi. Tästä syystä Virtasen ja Nilssonin (1993) tutkimusta on luonnehdittu ekotasetyyppiseksi tutkimukseksi (mukana ovat mm. kaikki paperilaadut) ja Kärnän ym. (1993) tutkimusta elinkaarianalyysiksi, joka siis koskee ainoastaan sanomalehtipaperia.

Tutkimuksissa käytetään erilaisia aineistoja ja erilaisia ohjelmistoja. LCA-ohjelmistoilla laadittavat mallit ovat tyypillisesti staattisia. Näin on molemmissa tarkastelluissa tutkimuksissa. Ohjelmistoihin, käytettyihin aineistoihin ja niiden käsittelytapoihin ei ole ollut mahdollista tutustua tätä tutkimusta laadittaessa.

Huomion arvoista on myös se, että kummankin tutkimuksen tekijät ovat erittäin läheisessä suhteessa suomalaiseen massa- ja paperiteollisuuteen. Ko. teollisuussektorin tapakoe Keski-Euroopassa lisääntyvä jätteen kierrätys uhaksi näkyy selvästi kummasakin tutkimuksessa. Kärnä ym. (1993) ovat ulottaneet näkemyksensä jo tutkimuksensa lähtökohtiin ja asetettuihin tavoitteisiin. Sen sijaan Virtasen ja Nilssonin (1993) tutkimuksessa lähtökohdat ja tavoitteet on esitetty metodologisessa muodossa, mutta tulokset nostetaan loppupäätelmissä (otsikoitu "policy implications") epäjohdonmukaisesti pääosaan metodologisten aspektien jäädessä toissijaisiksi.

Tutkimuksissa on pyritty tarkastelemaan paperituotteiden koko elinkaarta LCA-lähestymistavan hengessä. Tarkastelut on rajoitettu ympäristövaikutuksiin. Virtanen ja Nilsson (1993) tarkastelevat energian kulutusta, päästöjä ilmaan ja veteen, materiaalin kulutusta ja jätteiden tuotantoa. Tuloksissa on mukana myös "metsänhoidon intensiteetti", joka ei kuitenkaan sellaisenaan sisälly varsinaiseen analyysiin. Kärnä ym. (1993) tarkastelevat materiaalien ja energian kulutusta, päästöjä ilmaan ja veteen sekä jätteiden tuotantoa. Kokonaisuutena tutkimuksissa on siis tarkasteltu suunnilleen samoja asioita. Vähäiset erot käyvät ilmi edellisissä jaksoissa esitetyistä tutkimustuloksista.

Mielenkiintoinen ero löytyy vertailtavista skenaarioista. Kärnä ym. (1993) tutkimuksessa hahmotetaan kaksi skenaariota ja kaksi lisäskenaariota, joita verrataan paitsi keskenään, myös vuoden 1990 vertailutilanteeseen. Virtasen ja Nilssonin (1993) tutkimuksessa mitään vertailutilannetta ei esitetä, vaikka se olisi ollut täysin mahdollista. Tutkimuksessa tarkastellaan ainoastaan kolmea erilaista skenaariota, joista yksikään ei vastaa olemassaolevaa tilannetta. Tulokset esitetään kyseenalaisella tavalla muutoksina siirryttäessä kuvitteellisesta skenaariosta toiseen.

Skenaariokeskeisyys korostuu siis molemmissa tutkimuksissa. LCA-metodologiassa tämmäntyyppisiin arviointeihin ei ole kiinnitetty huomiota. SETAC:n mukaisen LCA-arviointiprosessin (ks. edellä) loppuvaiheessa analysoidaan tuotteen tai tuotantoprosessin parantamismahdollisuuksia (improvement assessment), mutta tässä esitellyissä tutkimuksissa "parannusehdotukset" on sisällytetty tarkasteluun alusta lähtien. Tämä seikka paljastaa molempien tutkimusten sitoutumisen suomalaisen metsäteollisuuden intresseihin varsin selvästi. Tutkijoilla näyttää olevan tarve luoda oma skenaariokeskeinen LCA-metodologiansa, joka antaa enemmän vapauksia suomalaiselle massa- ja paperiteollisuudelle suotuisten tutkimustulosten tuottamiseen.

Kummankin tutkimuksen skenaarioita laadittaessa on oletettu erilaisia jätteen keräysasteita ja keräyspaperin käyttötarkoituksia (kierrätys ja energiakäyttö) pohtimatta lainkaan niiden vaikutuksia tarkasteltaviin ympäristöindikaattoreihin esim. teknologisen muutoksen kautta. Tämä on analyysissa käytettävien tietoaineistojen "oikeellisuuden" ja "läpinäkyvyyden" kannalta vähintäänkin kyseenalaista.

Tutkimustulokset ovat samansuuntaisia käytettäessä Virtasen ja Nilssonin (1993) tapaa siirtyä skenaariosta toiseen. Molemmissa tutkimuksissa ns. bruttohiilidioksidipäästöt vähenyvät, mutta ns. nettohiilidioksidipäästöt lisääntyvät jätteen kierrätyksestä lisättäessä. Tämä tulos nostetaan korostetusti esille kummassakin tutkimuksessa. Kärnä ym. (1993) jopa redusoi jätteen energiakäytön "ekologiset perustelut" yksinomaan nettohiilidioksidipäästöjen lisääntymiseen. Keskeisessä roolissa tässä on pohjoisten met-



sien hiilensitomiskyky, joka suomalaista metsäteollisuutta lähellä olevassa Metsäntutkimuslaitoksessa tehdyn tutkimuksen mukaan on parempi kuin ennen on uskottu (ks. Kauppi, Mielikäinen & Kuusela 1992). Metsien hyvää hiilensitomiskykyä on metsäsektorilla pidetty nimenomaan metsäteollisuuden intressien mukaisen metsänhoidon ansioksi. Em. tutkimustulokset eivät kuitenkaan ole kiistattomia ja kansainvälisellä tasolla metsien hiilensitomiskykyä näyttävät korostavan juuri suomalaiset. Tilanne on viime aikoina problematisoitunut entisestään, kun suomalaista metsänhoitoa on arvosteltu kansainvälisillä areenoilla ja tiedotusvälineissä.

Metaanipäästöt lisääntyvät Kärnän ym. tutkimuksessa jätepaperin kierrätystä lisättäessä<sup>28</sup>, sen sijaan Virtasen ja Nilssonin tutkimuksessa metaanipäästöt vähentyvät kierrätystä lisättäessä. Tietyin varauksin voi puhua ristiriitaisista tuloksista. Metaanipäästöjen lisääntyminen tukee Kärnän ym. (1993) tutkimuksessaan nettohiilidioksidin perusteella tekemiä päätelmiä. Kasvihuoneilmaston voimistumisen kannalta Virtasen ja Nilssonin (1993) tutkimuksen tulokset ovat ongelmallisia (nettohiilidioksidipäästöt lisääntyvät, mutta metaanipäästöt vähenevät). Niinpä tekijät joutuvat tekemään maltillisempia päätelmiä kuin Kärnä ym. (1993). Suomalaisen massa- ja paperiteollisuuden intressien kannalta Kärnän ym. tarkastelu antaa "sopivia" tuloksia, mutta Virtasen ja Nilssonin tulokset jäävät ongelmallisiksi.<sup>29</sup>

On kyseenalaista, voidaanko pitäviä perusteita keräyspaperin käyttöä koskeville kannanotoille saada staattisen LCA-mallin avulla, jossa arvioidaan täysin kuvitteellisia skenaarioita. Tässä mielessä mallin olisi oltava dynaaminen. Jotta kasvihuoneilmaston voimistumista voitaisiin käyttää ekologisena perusteena jätepaperin kierrätystä koskeville kannanotoille, mallin olisi kyettävä tarkastelemaan absoluuttisia muutoksia globaalien kokonaispäästöjen määrässä ja toisaalta niiden jakautumisessa. IASA:llakaan tuskin on resursseja tähän, sillä jo lähtötietojen saaminen on mahdotonta mm. ilmakehämuutoksen epävarmuuksien vuoksi (ks. IPCC 1990). Kokonaisvaltaiset elinkaariarvioinnit ja erityisesti dynaamiset tarkastelut saattavat helposti muodostua toisinnoksi 1970-luvun alun tilanteesta, jossa usko malleihin romahti ns. ensimmäisen öljykriisin seurauksena.

---

<sup>28</sup>Kärnän ym. (1993) tutkimuksessa metaanipäästöt vähenevät olemassaolevaan vertailutilanteeseen nähden. Koska maksimikierrätyskenaariossa metaanipäästöt ovat hieman suuremmat kuin jätepaperienergian hyödyntämiskenaariossa, tulosten tulkinta Virtasen ja Nilssonin esittämällä tavalla johtaa metaanipäästöjen lisääntymiseen siirryttäessä jätepaperienergian hyödyntämiskenaariosta kohti maksimikierrätyskenaariota.

<sup>29</sup>Varauksellisia ristiriitoja liittyy myös ns. AOX-päästöihin (orgaaniset klooriyhdistepäästöt vesistöihin) ja jätteiden tuotantoon. Viime mainitussa, samoin kuin metaanipäästöissäkin, on ilmeisesti kyse tarkasteltavan prosessin ja systeemin rajaukseen liittyvistä eroista.

#### 4. JÄTEPAPERIN KИERRÄTYKSEN JA ENERGIÄKÄYTÖN TARKASTELUA MUISTA NÄKÖKULMISTA

Massa- ja paperiteollisuus eri puolilla maapalloa on kierrätysshaasteen edessä. Haaste on kova sellaiselle teollisuudelle, joka on sijoittunut neitseellisten raaka-aineiden lähelle ja investoinut paperin laadun jatkuvaan parantamiseen. Tällaista on erityisesti pohjoisia havumetsävyöhykkeitä hyödyntävä massa- ja paperiteollisuus, joka on korostanut suur- tuotannon skaalaetuja. Näillä alueilla esimerkiksi paperikoneiden keskikoko on huomattavasti suurempi kuin muualla maailmassa. Selvästi suurimpia paperikoneet ovat Suomessa (Suomen Metsäteollisuuden Keskusliitto 1992). Skaalaetujen hyödyntäminen on kuitenkin tuonut mukanaan pääomaintensiiviset rakenteet, jotka eivät pysty reagoimaan muuttuviin olosuhteisiin riittävän nopeasti.

Kierrätysshaaste ei kuitenkaan koske ainoastaan em. teollisuutta, vaan koko yhteiskuntaa. Toisaalta kierrätysshaasteeseen liittyy myös ongelmia. Ensimmäkin Suomen kansantalouden kannalta tilanne on hankala, sillä massa- ja paperiteollisuuden osuus Suomen vientituloista on huomattava. Toisaalta massa- ja paperiteollisuus ei ole enää niin merkittävä työllistäjä kuin se oli ennen 1980-luvun mittavia investointeja. Toiseksi, suomalaiselle massa- ja paperiteollisuudelle keräyspaperin käyttö on vaikeaa. Valtaosan tuotannostaan ulkomaille vievä teollisuus sijaitsee pääosin kotimaassa, jossa väestöpohja ei riitä tyydyttämään kuin murto-osan siitä keräyspaperin tarpeesta, jonka kierrätysvaatimukset (niin lainsäädäntöön kuin muuttuvaan kysyntäänkin liittyvät vaatimukset) kenties synnyttävät.

Kolmanneksi, kierrätykseen liittyy käytännön ongelmia, jotka ovat luonteeltaan rakenteellisia ja ilmenevät taloudellisesti. Esimerkiksi Saksan pakkausasetus on kohdannut käynnistysvaikeuksia. Neljänneksi, kierrätys aiheuttaa omat ympäristöongelmansa. Niihin voidaan kuitenkin jonkin verran vaikuttaa laatuvaatimuksia tarkistamalla ja kulutus-tottumuksia muuttamalla.

Voidaan väittää, että jätteen kierrätysasteella on olemassa jokin optimiarvo ympäristön kannalta. On kuitenkin virheellistä olettaa, että se olisi staattinen tai että se olisi ratkaiseva tekijä ympäristökuormituksen pienentämisessä. Kierrätysasteen kasvattaminen edellyttää luonnollisesti kierrätysteknologian parantamista, mihin Suomessakin olisi syytä kehittää valmiuksia. Kuten edellä todettiin, ympäristöproblematiikan kannalta on ratkaisevaa ensinnäkin ympäristökuormituksen absoluuttinen määrä ja toiseksi sen ja-

kautuminen (esim. alueellisesti sekä erilaisten sosiaalisten yhteisöjen ja biotooppien osalle).

Seuraavassa tarkastellaan hieman spekulatiivisesti edellisessä luvussa LCA-lähestymistavan avulla hahmotettua vastakkainasettelua jätepaperin kierrätyksen ja polttamisen (energiakäytön) välillä erilaisissa konteksteissa. Aluksi tarkastellaan Suomen metsäteollisuuden intressejä ja strategiavalintoja, jonka jälkeen tilanne suhteutetaan kansainvälisessä kauppapolitiikassa käytettäviin keinoihin. Lopuksi kyseistä vastakkainasettelua pohditaan Suomen kansantalouden ekologisen modernisaation perspektiivistä.

#### **4.1. Suomen metsäteollisuuden strategiavalinnat**

Suomalaiset metsäteollisuusyritykset ovat suuria ja pääomaintensiivisiä, joten niiden reagointi toimintaympäristönsä muutoksiin on hidasta. Toisaalta metsäteollisuudella on voimakas rooli yhteiskunnallisena toimijana ja sille on kasautunut runsaasti valtaa. Näin se pystyy myös jossain määrin vaikuttamaan omaan toimintaympäristöönsä.

1980-luvulla metsäteollisuus keskittyi huomattavasti, koska strategiavalinnaksi nousi markkinaosuuksien valtaaminen Euroopassa (Raumolin 1992a). Ns. vertikaalinen integraatio eli tuotantoprosessin kaikkien vaiheiden (massan valmistus sekä paperin valmistus ja jatkojalostus) sijoittaminen samaan teollisuuslaitokseen on ollut etu valitun strategian kannalta. 1980-luvulla investoitiin voimakkaasti mekaanisten massojen valmistukseen ja niiden jatkojalostukseen korkealaatuisiksi kirjoitus- ja painopapereiksi. Edelleen metsänhoidon tavoitteet on asetettu vahvasti puuntuotannon maksimoiminnin näkökulmasta ja energiaratkaisut on pyritty tekemään runsaasti energiaa kuluttavan metsäteollisuuden ehdoilla.

Varsin pitkään suomalainen metsäteollisuus on onnistunut samaistamaan oman etunsa valtion etuun ja jopa ns. yleiseen etuun. Viime vuosina tämä ajattelutapa on saanut osittain väistyä erityisesti siksi, että metsäteollisuuden työllistävyys on laskenut alan keskittyessä, yksikkökojojen kasvaessa ja prosessien automatisoituessa. Sen sijaan energiaratkaisuja pohdittaessa tätä vanhaa ajatusmallia sovelletaan vielä sitkeästi.

1980-luvulla kehitetyt mekaaniset massanvalmistusmenetelmät kuluttavat runsaasti sähköä. Tämä on ollut perusteena sähköntuotantokapasiteetin kasvattamisvaatimuksille lähinnä ydinvoimalla. Kaikki tämä on ollut massatuotantolähtöisen, prosessiteollisuuden käyttöasteen ja edelleen suurtuotannon skaalaedut maksimoimaan pyrkivän teollisen

strategian toteuttamiseen tähtäväää politiikkaa. Siitä luopumiseen ei nähdä perusteita, vaikka maailmalla siitä pyritään jo aktiivisesti irti (vrt. Raumolin 1992a).<sup>30</sup>

Joustavia ratkaisuja ja sopeutuvaa eli *adaptiivista strategiaa* edellyttävä kierrätys on koettu uhaksi paitsi valitulle strategialle, myös koko teollisuudenalalle. Tämä on sikäli ymmärrettävää, että strategiaa on toteutettu massiivisin investoinnein, jonka seurauksena monet suomalaiset metsäteollisuusyritykset ovat pahasti velkaantuneita. Pääomavaltaisessa prosessiteollisuudessa keskeinen kapasiteetin käyttöaste on ollut suhteellisen alhainen, mikä syö pohjaa investointien kannattavuudelta. Tämä osaltaan synnyttää puolustautuvan eli *defensiivisen strategian*: jo tehdyt investoinnit pyritään saamaan kannattaviksi. Niinpä metsäteollisuus onkin jättänyt kierrätystä voimakkaasti jarruttavan ja jätepaperin energiakäyttöä korostavan kannanottonsa EY:lle koskien jätetäpaperiongelmiensa ratkaisemista (ks. Metsäteollisuus ry. 1993b).

Suomen metsäteollisuudessa luvussa 3 tarkasteltuihin LCA-tutkimuksiin suhtaudutaan tyydytyksellä. Analyysit ovat tuottaneet sellaisia tuloksia kuin on haluttu. Metsäteollisuuden puolustautuvan strategian näkökulmasta ei voi välttyä ajatukselta, että LCA:n käyttötarkoitus olisi omaksuttujen ratkaisujen ja niitä tukevan metsä- ja "jätetäpaperipolitiikan" "tieteellinen legitimointi" ja todellisuuden muokkaaminen omista intresseistä käsin.<sup>31</sup>

Esimerkiksi Virtasen ja Nilssonin (1993) johtopäätös oli, että niin jätetäpaperin kierrätystä kuin energiakäyttöäkin on syytä tutkia tarkemmin, jotta niiden ekologisesta ja talou-

---

<sup>30</sup>Teoksessaan "The New Industrial State" amerikkalainen taloustieteilijä J.K. Galbraith (1967) puhuu "teknostruktuurista", joka on ajateltavissa eräänlaiseksi korporatiivisen teollisuusyhteiskunnan huippu-eliitiksi. Galbraithin mukaan tälle eliitille on ns. kypsän teollisuuden aloilla erityisen tyypillistä se, että se onnistuu samaistamaan yleiset ja valtion tavoitteet omiin tavoitteisiinsa. Tällainen asetelma tulee väistämättä mieleen tarkasteltaessa esimerkiksi Suomen energiankulutuksen rakennetta ja vallitsevaa energiapolitiikkaa (ks. esim. Karjalainen 1989; Ruostetsaari 1989). Kauppa- ja teollisuusministeriön harjoittama energiapolitiikka on ollut varsin pitkälle runsaasti energiaa kuluttavan teollisuuden intressien mukaista.

Energian kulutuksen ja bruttokansantuotteen yhteyksiä ei enää viime aikoina ole korostettu, mutta sen sijaan energiaratkaisujen tarjoamia positiivisia signaaleja kansantalouden elpymiselle on korostettu voimakkaasti. Syksyn 1993 ydinvoimaratkaisua valmisteltaessa jopa ay-liike asettui varauksettomasti ydinvoiman kannalle, mikä sopii Galbraithin yhteiskunta-analyysiin täydellisesti. Kyse oli lyhyen tähtäimen työllistävyydestä, mutta lisääntyvällä energiankäytöllä tultaisiin todennäköisesti korvaamaan työvoimaa entiseen tapaan. Markkinatalouden hallitseva piirre on epävarmuus, minkä suuryritykset pyrkivät eliminomaan. Energian aiheuttamat kustannukset on ilmeisesti nähty helpommin arvioitaviksi kuin työvoimakustannukset. Osittain tästä syystä myös metsäteollisuus pitää viimeiseen asti kiinni valitsemastaan strategiasta.

<sup>31</sup>Asiaa on tarkasteltu toistaiseksi lähinnä yleisellä tasolla (ks. esim. Luukkanen 1993). Sovellusesimerkeistä tunnetuimpia ovat arvioinnit tulevaisuuden energiankulutuksesta.

dellisestä merkityksestä voisi sanoa jotain enemmän. Tämä päätelmä olisi ollut tehtävissä ilman LCA-analyysiäkin. Ilman sitä olisi kuitenkin jouduttu korostamaan Keski-Euroopassa kehitettyä kierrätysteknologiaa, kierrätystä suosivia asenteita samoin kuin jätteen polton institutionaalisia ja yhteiskunnallisia esteitä, joita LCA-analyysihin ei ole mahdollista sisällyttää.

Suomalaisen metsäteollisuuden kannalta jätteen polttaminen Keski-Euroopassa ja erityisesti Saksassa olisi houkutteleva vaihtoehto. Se tukisi jo valittua neitseelliseen kuituun perustuvaa tuotantostrategiaa ja saattaisi vaikeuttaa kierrätyskuituun perustuvan strategian toteuttamista. Metsäteollisuuden jätteen kierrätyskeskustelussa käyttämät argumentit ovat valittua strategiaa puolustavia ja sitä oikeuttamaan pyrkiviä. Monet metsäteollisuuden edustajat pitävät valittua strategiaa jopa eräänlaisena itsestäänselvyytenä (esim. Arjanne & Häggblom 1993; Jätteen kierrätys mullistaa metsäyhtiöt 1991; Sellua päin 1993; Suomen voimavarat 1992). Kierrätystä vastustetaan keräysjätteen lajitteluongelmiin, hyvälaatuisen jätteen riittämättömiin saantimahdollisuuksiin, siisteyteen liittyviin ympäristöongelmiin, metsien kasvun hidastumiseen ja viime kädessä kasvihuoneilmiön voimistumiseen liittyvin argumentein. Näitä argumentteja on käyttänyt neitseelliseen kuituun sitoutunut massa- ja paperiteollisuus myös muualla kuin Suomessa.

Eräiltä osin suomalaisista elinkaariarvioinneista peräisin olevat argumentit eivät ole pelkästään puolustelevia, vaan myös muuta yhteiskuntaa sopeuttamaan pyrkiviä. Tältä osin mukaan on tullut myös metsäteollisuuden asemaa kansainvälisessä työnjaossa korostavia ja alan "ympäristöystävällisyyttä" puolustelevia puheenvuoroja (esim. Sierilä 1993; Laine 1993) samoin kuin Keski-Euroopan ratkaisuja kyseenalaistamaan pyrkiviä piiriteitä. Keski-Eurooppa on suomalaisen massa- ja paperiteollisuuden päämarkkina-alue, joten sikäläisten olojen huomiotta jättämisellä voi olla haitallisia seurauksia kun argumentit ammennetaan Suomen suhteellisen kilpailuedun säilyttämisestä. Argumenttien tuottamisessa kyse on alkavasta siirtymisestä hyökkävään eli *offensiiviseen strategiaan*.<sup>32</sup>

Suomen kansantalouden tilan paranemismahdollisuudet sidotaan melko yksioikaisesti vientitulojen saamiseen ja metsäteollisuuden valitsemaa strategiaa tukeviin investointeihin. Ristiriita siihen nähden, että metsäteollisuuden etu ei enää ole sama asia kuin Suomen etu tai yleinen etu, on melkoinen näissä kysymyksissä.

---

<sup>32</sup>Hyökkävä strategia on nähty erityisen tarpeelliseksi metsänhoitoon ja hakkuumenetelmiin liittyvissä kysymyksissä, jotka ovat syksyn 1993 jälkeen nousseet metsäteollisuuden uhaksi kierrätyksen sijaan (ks. esim. Helsingin Sanomat 24.11.1993).

Keski-Euroopassa keräyskuitua vaaditaan käytettäväksi jo suomalaisen massa- ja pape-riteollisuuden päätuotteissa, korkealaatuisissa paino- ja kirjoituspapereissa. Tähän olisi syytä asennoitua markkinaorienteisesti eikä tuotanto- ja investointiorienteisesti kuten tähän saakka on tehty. Massiiviset investoinnit mekaanisten massojen sekä kirjoitus- ja painopapereiden valmistukseen samassa teollisuusintegraatissa saattavat olla osoittautumassa virheellisiksi. Tämä näkemys on tuotu aiemminkin esille, lähinnä suositeltaessa Suomelle sellunkeittäjän roolia tulevaisuudessa (esim. Lammi 1992; Sellua päin 1993). On epätodennäköistä, että vastaavia suurtuotannon skaalaetuja voi enää syntyä, koska kilpailua pyritään edistämään Euroopassa ja maailmanlaajuisesti.

#### **4.2. Kierrätyskeskustelu ja kansalliset intressit**

Suomalainen paperin, kartongin ja niiden jalosteiden tuotanto menee pääasiassa vientiin (kotimaisesta tuotannosta lähes 90 %). Tärkein vientikohde on Eurooppa, jonka osuus viennin arvosta oli n. 80 % vuonna 1992. EU-maiden osuus oli n. 69 %. Yksittäisistä vientimaista tärkeimpiä ovat Iso-Britannia (17,1 % vuonna 1992), Saksa (16,3 %) ja Ranska (9,6 %). Entisen Neuvostoliiton osuus viennistä on romahtanut, vuonna 1992 IVY-maiden ja Baltian maiden yhteenlaskettu osuus oli n. 0,5 prosenttia viennin arvosta. Massan ylivoimaisesti tärkeimmät vientimaat ovat Saksa (osuus 37,9 % viennin arvosta v. 1992) ja Iso-Britannia (16,2 %). Massan viennistä valtaosa on sulfaattisellua. (Metsäteollisuus ry 1993a.)

Viennin arvon perusteella paino- ja kirjoituspaperit ovat suomalaisen metsäteollisuuden tärkein tuote. Määrällisesti näiden papereiden viennistä kaksi kolmasosaa suuntautui v. 1992 EU-maihin. Näistä merkittävimmät olivat Iso-Britannia (17,5 %), Saksa (14,9 %) ja Ranska (10,2 %). Neljänneksi merkittävin vientimaa oli Yhdysvallat (9,6 % viennin määrästä). Sanomalehtipaperin tärkeimmät vientimaat olivat Saksa (19,7 % viennin määrästä v. 1992), Iso-Britannia (19,4 %) ja Espanja (8,1 %). Saksa ja Iso-Britannia olivat myös voimapaperin sekä muiden paperituotteiden tärkeimpiä vientimaita. (Metsäteollisuus ry. 1993a.)

Suomalaisten metsäteollisuusyritysten kokemukset kierrätyksestä vaihtelevat voimakkaasti. Raumolin (1992a, 159) mukaan eniten kokemusta on perinteisillä pehmopaperin valmistajilla (nykyisin amerikkalaisomistuksessa oleva Nokia ja Metsäliiton Teollisuuden fuusioitunut Serlachius eli Metsä-Serla) sekä toisaalta pienillä yrityksillä, kuten Myllykoskella. Suurimpien suomalaisten metsäteollisuusyritysten (Kymmene, Enso-

Gutzeit) tähänastiset kierrätyskokemukset ovat vähäisiä<sup>33</sup>. Mielenkiintoinen erikoistapaus on Ahlströmin perheyritys, joka on myynyt suurimman osan metsäteollisuusyhtiöistään ja keskittynyt ympäristö- ja kierrätysteknologiaan (Raumolin 1993).

Suomesta kerättävä jätepaperi ei riitä tyydyttämään lisääntyvää keräyskuidun kysyntää. Kierrätystä lisättäessä keräyspaperia olisi tuotava ulkomailta (esim. Saksasta ja Hollannista) siinä tapauksessa, että keräyskuitua sisältävää paperia valmistettaisiin kotimaassa. Tällöin tuotantolaitokset ilmeisesti siirtyisivät vähitellen lähemmäs rannikkoa. Yhtenä mahdollisuutena keräyskuidun käytön lisäämiseen Suomessa on väläytetty keräyspaperin tuontia idästä<sup>34</sup>. On myös mahdollista, että osa paperiteollisuudesta siirtyy lähelle keräyspaperi- ja tuotemarkkinoita Keski-Eurooppaan (Arponen 1992; Raumolin 1992a).

Kilpailu keräyskuitua sisältävissä tuotteissa saattaa olla kovempaa kuin mihin suurtuotannon skaalaetuihin tottunut suomalainen metsäteollisuus on valmistautunut. Keräyskuitua sisältävien paperituotteiden markkinat eivät ole niin oligopolistiset kuin neitseelliseen kuituun perustuvien tuotteiden markkinat. Jätepaperin ylitarjonnan ohella tämä on painanut kierrätyskuitua sisältävien tuotteiden hinnat alhaisiksi, jolloin ne ovat saaneet huomattavan taloudellisen edun yksinomaan neitseellistä kuitua sisältäviin tuotteisiin verrattuna. On tosin epäselvää, tuleeko keräyspaperi olemaan pysyvästi niin edullista kuin se nykyisin on. Tämä jarruttaa tuotantoyksiköiden koon kasvua, mutta saattaa toisaalta edesauttaa joustavaan tuotantoon siirtymistä.

Suomalaisen raakapuun hinnan tulevaisuus on epävarma, kuten pitkäaikaiset puun hintaa koskevat neuvottelut osoittavat. Halpa sähkö saattaa olla jäämässä ainoaksi oljenkorreksi, johon perinteinen metsäteollisuuden strategia voi perustua. Sekään tuskin enää

---

<sup>33</sup>Monet yritykset ovat kuitenkin lisäämässä kokemustaan joko ostamalla Keski-Euroopassa sijaitsevia tehtaita, joissa valmistetaan paperia keräyskuidusta tai sitten investoimalla Keski-Eurooppaan rakennettaviin kierrätystehtaisiin. Esimerkiksi Enso-Gutzeit on päättänyt rakentaa Saksaan Leipzigin lähelle pääosin keräyskuitua raaka-aineenaan käyttävän sanomalehtipaperitehtaan.

<sup>34</sup>Jyväskyläläinen, kansainvälisen Waste Management -konsernin omistama Jätekyty Oy, pietarilainen Radius ja Pohjoismainen Ympäristörahoitus ovat perustaneet yhteisyrityksen nimeltä Rodnik, jonka tarkoituksena käynnistää jätepaperin keräys Pietarissa ja sen ympäristössä. Suunnitellulla keräysalueella asuu n. 10 miljoonaa ihmistä ja Venäjän paperinkulutuksen uskotaan olevan kasvussa. Rodnik voi viedä puolet keräyspaperista Suomeen. Suunnitelmat ovat mittavia ja niinpä suomalainen massa- ja paperiteollisuus on kiinnostunut hankkeesta. Jätepaperin tuonti Venäjältä Suomeen ei ole ongelmatonta; mm. epäselvyydet tullimääräyksissä, arviot kerättävän paperin määrästä samoin kuin keräyspaperin laatu voivat muodostua pullonkauloiksi. Mahdollisuus keräyspaperin vaihtamisesta länsivaluuttaan takaa kuitenkin itäisen kiinnostuksen hankkeeseen. (Tekniikka & Talous 12.10.1993.)

riittää ylläpitämään massa- ja paperiteollisuuden kilpailukykyä tulevaisuudessa, kun devalvoinnitkaan<sup>35</sup> eivät ilmeisesti enää ole mahdollisia.

Toisaalta Suomen ydinenergialain mukaan uusien ydinvoimalaitosten rakentaminen on alistettu parlamentaariselle päätöksenteolle. Fissionydinvoimaan liittyvä voimakas vastakkainasettelu tulee jatkumaan, koska ydinvoiman vastustus alkaa olla jo varsin järjestäytynyttä. Ydinvoiman epäsuosiolle on löytymässä myös taloudellisia perusteita. (Ks. esim. Damian 1992; the Economist 21.11.1992; Rüdig 1990).<sup>36</sup>

Kuten luvussa 3 osoitettiin, suomalaisessa metsäteollisuudessa on ryhdytty arvottamaan elinkaariarviointien mukaan lisääntyvät hiilidioksidipäästöt primaarisemmaksi uhaksi kestävän kehityksen tavoittelulle kuin muut ympäristövaikutukset. Tämä johtuu yksinkertaisesti siitä, että tulos sopii metsäteollisuuden intresseihin. Kuitenkaan esimerkiksi metsien monimuotoisuutta (vain yksi esimerkki niistä tekijöistä, joita ei ole otettu mukaan LCA-tutkimuksiin) ei ole pohdittu lainkaan, vaikka se on yksi ekologisesti kestävä kehityksen osatekijä. Viimeaikainen metsäkeskustelu onkin voimakkaasti siirtynyt tälle alueelle.

Suomalaisia tulevaisuusvisioita hahmotettaessa on esitetty oletuksia siitä, että elinkaari-analyysit johtavat jätepaperin lisääntyvään energiakäyttöön (esim. Arjas & Häggblom 1993, 24; vrt. Helsingin Sanomat 2.11.1993; Johansson 1993). Saksassa, Hollannissa ja Tanskassa ei varmaankaan suhtauduta myönteisesti siihen, että jätepaperin polttamista eliminoiva ja kierrätystä edistäviä toimia pitäisi peruuttaa tai että paperin kierrätystä edistävät konkreettiset järjestelmät pitäisi purkaa Suomessa tehtyjen tarkoitushakuisten ja arvostelua kestävämmien elinkaarianalyysien perusteella.

Saksassa jätepaperin polttamiselle ei toistaiseksi ole olemassa riittäviä perusteita, vaikka sinänsä polttamiseen on alettu suhtautua myönteisemmin kuin ennen (Helsingin Sanomat 17.12.1993) ja jätepaperista on paikoitellen ylitarjontaa. Tällä hetkellä ylitarjonta pitää keräyskuitua hyödyntävän Keski-Euroopassa sijaitsevan massa- ja paperiteollisuuden raaka-ainekustannukset kurissa. Kyseessä on kilpailuetu, josta ko. teollisuus ja Saksan ympäristöministeriö pyrkivät pitämään tiukasti kiinni.

---

<sup>35</sup>Suomen markan voimakas devalvoituminen syksyn 1992 kellutuspäätöksen jälkeen on hyödyttänyt suomalaista metsäteollisuutta. Tähän on kiinnittänyt huomiota erityisesti Ranskan metsäteollisuus, johon nähden devalvaation tuoma kilpailuetu on ollut kaikkein suurin. Suomen markan vahvistuessa tämä etu luonnollisesti kapenee. (Ks. esim. Helsingin Sanomat 25.1.1994).

<sup>36</sup>Menneisyyteen perustuvat taloudelliset kannattavuuslaskelmat (esim. Tarjanne 1993) eivät enää riitä vakuuttamaan päätöksentekijöitä. Siinä tapauksessa, että uusi ydinvoimahakemus jätetään, odotettavissa voi olla entistä kovempaa lobbausta ja painostusta niin ydinvoiman puolesta kuin sitä vastaan.



Kierrätyskuidun hyödyntämiseen liittyvä teknologia kehittyy koko ajan. Tämä merkitsee käytännössä sitä, että entistä huonompilaatuista jätepaperia voidaan käyttää entistä korkeampilaatuisen paperin valmistuksessa. Tämä avaa uusia investointimahdollisuuksia, joiden tuoman kilpailuedun suomalainen metsäteollisuus yrittää defensiivisellä strategiallaan eliminoida.

Suomalaisen massa- ja paperiteollisuuden omaksuman strategian viimeiseksi vaiheeksi saattaa jäädä pakeneminen sellaisiin tuotteisiin, joissa keräyskuitua ei voida käyttää merkittävässä määrin (esim. sellupohjaiset hienopaperit). Voi olla, että tällaisetkin tuotteet käyvät vähiin. Jos näin käy, Suomen talouspolitiikassa on oivallettava, ettei massa- ja paperiteollisuudesta välttämättä tuolloin enää ole vientitulojen tuojaksi, kun tulot menevät alan omien velkojen maksuun. Sen jälkeen alaa on supistettava ja tyydyttävä sel-lunkeittoon, jos strategiaa ei kyetä ajoissa muuttamaan. Tällöin Suomen rooliksi Keski-Euroopan markkinoilla saattaa jäädä neitseellisen kuidun tuottaminen keräyskuidun raaka-aineeksi. Toisaalta jos markkinoiden sopeutuminen kierrätysaasteeseen jatkuu, jät-paperin ylitarjonnan sijasta siitä voi tulla jopa pulaa. On kuitenkin olemassa uhka, että neitseellisen kuidun tuotanto joutuu vähitellen sopeutumaan keräyskuidun keskeiseen asemaan markkinoilla.

Mittava jätepaperin tuonti Keski-Euroopasta Suomeen merkitsisi ensinnäkin Euroopan jäteongelmien osittaista maantieteellistä "siirtämistä" paperin kulutusalueelta sen tuotantoalueelle. Toiseksi, seurauksena olisi kansainvälisten paperimarkkinoiden uusjako: keräyskuitua raaka-aineenaan käyttävästä keskieuropalaisesta teollisuudesta tulisi markkinajohtaja ja neitseellistä kuitua hyödyntävä periferiassa sijaitseva teollisuus joutuisi sopeutumaan kysynnän ja suhdanteiden vaihteluihin (Helsingin Sanomat 24.10.1992).

Olettamalla institutionaalisten tekijöiden ja markkinoiden dynamiikan vaikutus vähäiseksi on suhteellisten taloudellisten etujen perusteella kaavailtu metsäteollisuuden Eurooppaa, jossa kaikki hyötyvät (Arponen 1993): "pohjoinen periferia" (Suomi ja Ruotsi) säilyttää kilpailukyynsä puuraaka-aineen ja suurtuotannon skaalaetujen avulla, "eteläisen periferian" (Espanja ja Portugali) valtteina ovat alhaiset työvoimakustannukset, nopeakasvuiset eukalyptuspuut ja EU-jäsenyys. Keski-Euroopan "ydinalueen" kilpailukyvyn takaavat laajat markkinat, jätepaperiraaka-aine, vähäinen kuljetustarve, korkea työn tuottavuus ja EU:n mahdollistama esteetön kaupankäynti.

Edellinen jaottelu perustuu tuotannontekijöihin. Markkina- ja kysyntäperustalta tarkasteltuna se on ongelmallinen, sillä kaikkien em. alueiden päämarkkinat sijaitsevat Keski-Euroopan "ydinalueella", jonka valtiot pyrkivät turvaamaan omaa kilpailukykyään kaikin keinoin ulkopuolisia tahoja vastaan. EU:n ja kierrätysvaatimuksissa tiukinta linjaa

pitäneen Saksan viimeaikainen luopuminen paperituotteiden kierrätysosuuksien sisällyttämisestä lainsäädäntöön ja pakkausten kierrätysvaatimusten vesittäminen (esim. Aamulehti 20.3.1994; Helsingin Sanomat 17.12.1993) voidaan kenties kytkeä EU:n geopoliittisiin tavoitteisiin ja laajenemissuuntaukseen, vaikkakin syynä näihin suunnanmuutoksiin on yleisesti pidetty kierrätyksen kalleutta ja EU:n eteläisten jäsenmaiden suurteollisuuden painostusta.

Maailmankaupan "vihertymistä" koskevassa keskustelussa ongelmalliseksi on noussut ympäristövaatimusten tulkitseminen protektionismiksi. Ympäristövaatimuksia tulkitaan usein siten, että niillä pyritään turvaamaan kansallista etua. Tämä koskee ennen kaikkea tuotekohtaisia vaatimuksia (esim. Hoekman & Leidy 1992), esimerkiksi paperituotteiden keräyskuituosuutta tai määräyksiä jätteiden käyttötarkoituksista, mistä mm. EU:n pakkausdirektiivissä ja eri maiden paperi- ja pakkauslainsäädännössä on ollut kyse<sup>37</sup>.

Ympäristöongelmista tehdään näin kilpailua rajoittava tekijä, tai ainakin niiden katsotaan asettavan eri valtiot erilaiseen asemaan. Seurauksena voi eräissä tapauksissa olla tuotannon siirtäminen sellaisiin maihin, joissa säädöksiä ei ole tai ne ovat lievempiä<sup>38</sup>. Ympäristösäädökset eivät ole uskottavia ennen kuin niitä sovelletaan laaja-alaisesti kansainvälisellä tasolla. Tässä on perussy syy mm. kansainvälisten järjestöjen tärkeään rooliin ympäristökysymyksissä.

"Ympäristöprotektionismin" toinen puoli on imago. Markkinat toimivat mielikuvien varassa. Mielikuviin on helpompaa ja ennen kaikkea halvempaa vaikuttaa kuin tuotteiden tai tuotantoprosessien todelliseen "ympäristöystävällisyyteen". Paperi on hyvä esimerkki tuotteesta, jonka ympäristöystävällisyyteen liittyy lukuisia ongelmia. Niinpä on vai-

---

<sup>37</sup>Saksassa v. 1991 voimaan tullut pakkausasetus velvoittaa viimeisessä vaiheessa (vuoden 1993 alusta alkaen) myös vähittäiskaupan ottamaan vastaan tuotteiden kuluttajapakkausta asiakkailtaan ja toimittamaan ne uudelleen käytettäväksi tai muuhun hyötykäyttöön. Monet vähittäiskaupat varautuivat tähän jo etukäteen ja joutuivat vaikeuksiin, kun pakkausta alkoi kertyä odottamattoman paljon. Näitä vaikeuksia lienee myös liioiteltu, sillä hyvinkin toimivia järjestelmiä on. Ko. toimintaa kuluttajapakkausten osalta organisoiva Duales System Deutschland GmbH (DSD) on taloudellisissa vaikeuksissa, koska sen yrityksiltä saama etukäteiskorvaus (2 pfenningiä/pakkaus) ei riitä kattamaan yksityisten keräys-, lajittelu- ja jäteyhtiöiden palveluistaan perimiä kustannuksia. Kuljetuspakkausten takaisinottoa ja hyötykäyttöön toimittamista hoitaa useita järjestöjä. (Leppänen 1992; Tekniikka & Talous 17.12.1993.)

EU:n pitkään suunnittelema pakkausdirektiivi sisälsi alkuperäisen ehdotuksen mukaisesti kovia kierrätysvaatimuksia, joiden takana olivat EU-maista Saksa, Hollanti ja Tanska. Loppuvuodesta 1993 direktiivi hyväksyttiin EU:n jäsenmaissa, mutta sen sisältö vesittyi muiden jäsenmaiden jyrättyä määränemistön turvin alkuperäisesityksen. Saksalaisten mukaan tämä merkitsi hyvin edenneen kehitystyön pysäyttämistä, investointien jarruttamista ja yleensäkin takapakkia EU:n ympäristöpolitiikalle.

<sup>38</sup>Pääomaintensiiviset teollisuudenalat, kuten massa- ja paperiteollisuus, eivät tosin muuta sijaintiaan kovinkaan helposti. Tässäkin on osasy syy siihen, että strategiavalinta on defensiivinen.

kea välttyä ajatukselta, että vilkastuvassa keskustelussa on toisinaan tärkeämpää saada oma ulkoinen kuva ja imago ympäristöystävälliseksi kuin panostaa itse tuotteisiin ja niiden valmistusprosesseihin. Kaikki ympäristön nimissä tedyt ratkaisut eivät kuitenkaan ole itsestään selviä (vrt. Tekniikka & Talous 3.9.1993 ja 10.12.1993).

Marraskuun puolivälissä 1993 saksalaisessa der Spiegel-aikakauslehdessä julkaistu artikkeli käynnisti keskustelun avohakkuista ja metsien monimuotoisuuden tuhoamisesta pohjoisilla metsäalueilla (Kanada, Alaska, Pohjoismaat ja Siperia). Suomessa päähuomio kohdistui aluksi metsäalan eri toimijoiden toimintaperiaatteisiin ja esitettyjen väitteiden perusteluihin. Metsäteollisuutta kritisovia kannanottoja esitettiin sittemmin muuallakin. Mm. saksalainen ympäristölehti Geo arvosteli alkuvuodesta 1994 suomalaista metsänkäsittelyä varsin voimakkaasti.<sup>39</sup>

Tämän keskustelun tuloksena oli mm. se, että metsänhoidon periaatteita alettiin pohtia entistä perusteellisemmin. On havaittavissa, että alaan liittyviä oppiristiriitoja aletaan jo viritellä<sup>40</sup>. Konkreettisella tasolla eräät eurooppalaiset painotalot ja muut suuret paperin kuluttajat alkoivat vaatia paperinvalmistajilta takeita siitä, että paperia ei ole valmistettu puusta, joka on korjattu ympäristön kannalta kyseenalaisilla hakkuumenetelmillä. Paperinvalmistajille tällaisten takeiden antaminen on kuitenkin hankalaa.

Tulevaisuudessa metsäteollisuuden alalla käytettävät epäsuorat kilpailukeinot tulevat ilmeisesti kovenemaan. Tämä merkitsee ennen kaikkea keskustelun lisääntymistä ja sitä, että keskusteluun ovat oikeutettuja osallistumaan entistä laajemmat eturyhmät. Pelkkä mielikuvien myyminen ei enää riitä, vaan ympäristöongelmien kova todellisuus konkretisoituu markkinoilla kiristyvinä tuotteita koskevinä vaatimuksina ja kysynnän rakenteen muutoksina.

Kilpailun lisääntyminen EU-integraation seurauksena lisää vakaan kysynnän epävarmuutta sekä markkina- ja kysyntätekkijöiden merkitystä jo sinänsä. Epävarmuutta lisää myös tempoileva ympäristökeskustelu. Tämä tulee ilmeisesti johtamaan siihen, että pääomaintensiivisen teollisuuden tulevaisuutta ei voida rakentaa samaan tapaan kuin viime

---

<sup>39</sup>Der Spiegelin artikkeli sai suomalaisen metsäteollisuuden takajaloilleen, vaikka siinä ei varsinaisesti Suomea käsitelty lainkaan. Sen sijaan Geo-lehden artikkeli keskittyi nimenomaan Suomeen, mutta se herätti huomattavasti vähemmän huomiota. Tämä selittyy paitsi sillä, että der Spiegel avasi keskustelun, myös sillä, että se on laajalevikkinen yleisaikakauslehti, kun taas Geo on melko rajoitetun lukijajoukon käsissä kuluva erikoislehti. Oleellista ei näin olekaan se mitä kirjoitetaan vaan se missä kirjoitetaan. Tämä osoittaa, että kyse on ennen kaikkea imagosta.

<sup>40</sup>Raumolin (1992a) ennakoii metsäteollisuuden kierrätysshaastetta luotaavassa artikkelissaan metsäalan oppiriitojen kärjistymistä.

vuosikymmeninä on tehty. Varsinkaan pääomaköyhissä maissa, kuten Suomessa, tilanne voi muodostua kriittiseksi varsin lyhyelläkin aikavälillä. Suomalaisen massa- ja paperiteollisuuden rakenne ja strategiavalinta ovat vanhanaikaisia siitä huolimatta, että osa alan teknologiasta on kansainvälistä huippuluokkaa.

### 4.3. Metsäteollisuuden ekologinen modernisaatio

Metsäteollisuus on perinteisesti ollut merkittävin viejä Suomen kansantaloudessa<sup>41</sup>. Samalla se on monine välillisine vaikutuksineen vastannut huomattavasta osasta Suomen bruttokansantuotetta. Nämä osuudet ovat olleet laskussa 1970-luvulta alkaen. Vuonna 1990 metsäsektorin (metsäteollisuus ja metsätalous) osuus Suomen bruttokansantuotteesta oli 7 %. Kerrannaisvaikutukset kuitenkin lohkaisevat osan lähes kaikkien muiden alojen (muu teollisuus, rakennustoiminta, yksityiset palvelut, julkinen sektori, maatalous) BKT-osuudesta metsäteollisuuden hyväksi. Metsäteollisuuden välillisten vaikutusten arviointi on kuitenkin hankalaa.

Metsäteollisuuden panostekijät kattavat pääoman, työvoiman, energian, puuraaka-aineen ja muut raaka-aineet (kemikaalit, mineraalit jne.). Näihin liittyy teollisuudenaloja, joiden panoksiin liittyy edelleen taaksepäinkytkentöjä. Näistä metsänhoito ja puunkorjuu ovat merkittävimpiä. Panosluonteisia ovat myös koneet ja laitteet, kuljetukset, konsulttipalvelut ja tutkimus (luonnontieteellinen, tekninen ja taloudellinen tutkimus). Kaikkiin näihin liittyy niin ikään omia taaksepäinkytkentöjään. Tällä perusteella voidaan puhua *metsäteollisuuskompleksista*. (Raumolin 1992b.)

Massa- ja paperiteollisuus ei ole 1980-luvulla omaksumansa pääomaintensiivisen strategian toteutusvaiheen jälkeen ollut kovin merkittävä työllistäjä. On kuitenkin arvioitu, että nykyisin noin joka viides suomalainen työpaikka liittyy välittömästi tai välillisesti metsäteollisuuteen (Suomen Metsäteollisuuden Keskusliitto 1992). Yhä suurempi osa näistä työpaikoista on sidoksissa investointeihin, uusiin massa- ja paperitehtaisiin sekä niissä tarvittaviin koneisiin ja laitteisiin. Voidaan väittää, että massa- ja paperiteollisuuden työvoimapanos on siirtynyt tuotannon ylläpidosta sen laajentamiseen. Metsäteollisuuskompleksi on muuttumassa entistä monimutkaisemmaksi.

---

<sup>41</sup>Suomen kansantalouden viennin kokonaisarvosta metsäteollisuustuotteiden osuus oli v. 1992 n. 36 %. Myös muiden alojen vienti liittyy metsäteollisuuteen (esim. paperikoneet). Kemiallisen metsäteollisuuden osuus metsäteollisuuden viennin arvosta oli v. 1992 yli 80 %. Paperin, kartongin ja niiden jalosteiden osuus oli 74 % ja puumassan 7 %. Kartongin osuus oli 17 %, sanomalehtipaperin 7 % ja muiden paperituotteiden osuus yhteensä n. 12 % metsäteollisuuden viennin kokonaisarvosta. Paino- ja kirjoituspaperien osuus oli peräti 38 %. Tämä merkitsee yksin paino- ja kirjoituspaperille lähes 14 % osuutta kansantalouden koko viennistä. (Metsäteollisuus ry. 1993a.)

Suomen kansantalouden on väitetty olevan "tapuliloukussa" eikä siitä näytä olevan ulospääsyä niin kauan kuin metsäteollisuus noudattaa defensiivistä strategiaa (Raumolin 1992a). Kuitenkin metsäteollisuus uhkaa kansantalouden kuihtuvan, jos sen asema heikenee. Tällä perusteella metsäteollisuus on vaatinut toimintaedellytystensä turvaamista<sup>42</sup>. Tämä heijastaa syvää, joskaan ei täysin aiheetonta epäluottamusta suomalaiseen innovointikykyyn. Metsäteollisuuden strategia ei ole osoittautunut kannattavaksi siitä huolimatta, että Keski-Euroopan markkinaosuuksista on vallattu huomattava osa.

Suomen metsäteollisuuden tulevaisuus näyttää epävarmalta. Päämarkkina-alueella (EU) sen strategiaa vastaan ovat nousseet kierrätysaaste ja metsien käsittelyyn liittyvät vaatimukset perinteisten puun hintaongelmien ja devalvaatiosyytösten lisäksi (esim. Helsingin Sanomat 25.1.1994). Näille markkinoille ovat tunkeutumassa myös Etelä-Euroopan massa- ja paperi teollisuus samoin kuin amerikkalaiset paperitullien poistumisen myötä (Helsingin Sanomat 8.12.1993). Kierrätysaasteeseen on pitkällä tähtäimellä ilmeisesti mahdollista vastata vain etabloitumalla Keski-Eurooppaan (vrt. Raumolin 1992a). Tämä tietää uusia investointeja, joihin velkaisilla yrityksillä ei nykytilanteessa ole varaa. Toisaalta, uusia markkina-alueita nykyisille tuotteille ei ole helppoa löytää.

Perinteinen suomalainen metsienkäsittely on perustunut puuntuotannon maksimointiin. Uusi keskustelu hakkuumenetelmistä johtanee tulevaisuudessa uudenlaiseen metsäpolitiikkaan ja luonnonmukaisempaan metsienkäsittelyyn. Metsätalouden ympäristöohjelmatyöryhmä laati maaliskuussa 1994 uuden metsänhoito-ohjelman, jossa metsienkäsittelytapoja ehdotetaan muutettavaksi varsin radikaalisti ja tiukalla aikataululla (Aamulehti 16.3.1994).

Parhailtaan valmistellaan uutta metsienkäsittelyä koskevaa lainsäädäntöä ohjelman toteuttamiseksi käytännössä. Jos metsänhoito-ohjelmassa asetettu tavoite muuttaa kaikki kritisoidut metsienkäsittelytavat vuoden 1996 loppuun mennessä saavutetaan, suomalainen metsäteollisuus joutuu todellisiin vaikeuksiin. Odotettavissa onkin vesitetty lakiehdotus.

---

<sup>42</sup>Metsäteollisuus suhtautui katkerasti syksyllä 1993 tehtyyn eduskunnan päätökseen, jossa lisäydivoinman rakentaminen hylättiin. "Välttämätön signaali uskosta tulevaisuuteen" jäi antamatta. On tosin epävarmaa, olisiko voimaa alettu rakentaa kovinkaan pian, vaikka osa suunnittelutyöstä lienee jo valmiina ja siten rakennusaika olisi voinut jäädä varsin lyhyeksi. Metsäteollisuus myöntää kannanotoillaan uskovansa, että Suomi on pysyvästi sen varassa. Tästä ajatuksesta on aika pyrkiä eroon.

Uusi metsienhoito-ohjelma on kuitenkin osoitus halusta siirtyä Suomessakin metsätalouden ekologiseen modernisaatioon<sup>43</sup>. Ikuiseen suhteellisen ja absoluuttisen muutoksen dilemmaan suhteutettuna ekologinen modernisaatio ja ekologinen rakennemuutos voidaan yleisellä tasolla määritellä seuraavaan tapaan:

*Ekologinen modernisaatio* merkitsee tuotantomenetelmien ja -prosessien muuttamista siten, että tuotettua hyödykeyksikköä kohti käytettävä materiaalien ja energian määrä samoin kuin jätteiden ja päästöjen määrä pienenevät. Kyse on siis erilaisten materiaali-, energia-, jäte- ja päästöintensiteettien *suhteellisesta* pienentämisestä. Keskeisessä roolissa on teknologia, joka voi olla sekä haitallisia seurauksia lieventävää että niitä ennalta ehkäisevää. (Vrt. esim. Jänicke 1990; Jänicke, Mönch & Binder 1992.)

*Ekologinen rakennemuutos* taas merkitsee alueellisesti tapahtuvaa *absoluuttista* raaka-aineiden, materiaalien ja energian käytön vähenemistä samoin kuin jätteiden ja päästöjen pienenemistä sillä edellytyksellä, että tuotantotoimintaa ei siirretä tarkasteltavan alueen ulkopuolelle eikä yhteiskunnan toiminnalle aseteta välittömiä määrällisiä rajoitteita. Teknologian rooli on myös ekologisessa rakennemuutoksessa keskeinen, mutta painopiste on korostetusti haitallisia seurauksia ennaltaehkäisevässä teknologiassa ja yhteiskunnan toimintoja palvelevassa infrastruktuurissa, kuten energiahuollossa ja liikenteessä, mutta myös teollisuudessa. (Vrt. esim. Schmidt-Bleek 1993).

Kiteytetysti ekologinen rakennemuutos on siis tavoite ja ekologinen modernisaatio on väline tämän tavoitteen saavuttamiseksi. Tämä tavoite-keino -näkökulma koskee erityisesti yhteiskunnan tuotantorakenteeseen ja infrastruktuuriin liittyvää kontekstia.

Suomessa on kehitettävä muuta metsäteollisuutta massa- ja paperiteollisuuden lisäksi. Yksi mahdollisuus on mekaaninen metsäteollisuus, jossa ei pyritä vanhanaikaisiin skaalien maksimointitavoitteisiin, vaan joustavaan tuotantoon. Metsäsektorin yrityksille saattaa myös tulla eteen toimialan laajentaminen perinteisen osaamisen ulkopuolelle Ahlströmin tarjoaman esimerkin mukaisesti (vrt. Raumolin 1993). Tämä tulee kyseeseen varsinkin jos valtion omistamia metsäteollisuusyrityksiä aletaan yksityistää (vrt. Aamulehti 16.11.1993).

Massa- ja paperiteollisuuden ekologiseen modernisaatioon liittyvä konkreettinen esimerkki on löydettävissä jopa Suomesta. Eco-S kehittää yhteistyössä Outokumpu Ecoenergyn kanssa pienpaperikonetta, joka pystyy käyttämään raaka-aineenaan keräyspaperin

---

<sup>43</sup>Ekologinen modernisaatio on eräs niistä saksalaisten ympäristöpolitiikan tutkijoiden 1980-luvulla kehittämistä uusista käsitteistä, joka on herättänyt ristiriitaisia ajatuksia.

lisäksi myös paperipohjaista yhdyskuntajätettä ja jopa pehmopaperijätettä. Koneeseen kuuluu mm. bioterminen prosessi, joka tuottaa kompostimultaa ja metaania, jonka käyttö energiana on mahdollista. Tuotekehityksen ideana on rakentaa suurkaupungin laidalle pieni paperi- tai kartonkitehdas, joka käyttäisi hyväkseen kaupungissa kertyvän jätepaperin. (Tekniikka & Talous 10.3.1994.)

Eco-S:n ja Outokumpu Ecoenergyn ratkaisu saattaisi toteutuessaan ja yleistyessään johtaa jopa jätetpaperiongelmiin eliminointiin. Ennen kaikkea se saattaisi tehdä pienet paperikoneet taloudellisesti kannattaviksi. Samalla uusien innovaatioiden soveltaminen käytäntöön voisi yleisemminkin helpottaa, kun käytännön kokeita ei tarvitsisi enää tehdä suuressa mittakaavassa.

Uudet suuntaukset niin metsäteollisuuden piirissä kuin muillakin aloilla ovat tarpeen erityisesti siksi, ettei metsäteollisuuden mahdollinen supistuminen vie välillisten vaikutusten kautta mukanaan muitakin teollisuuden ja elinkeinoelämän aloja. Ns. asiantuntija-arviot teollisuuden rakennemuutostarpeesta ovat sisällöllisesti ristiriitaisia:

"Ympäristöpolitiikka kytkeytyy läheisesti energia-, teollisuus- ja metsäpolitiikkaan. Kansantaloutemme pohjautuu vielä suurelta osin energiavaltaiseen metsäteollisuuteen, jonka osuus nettovientituloista on edelleen puolet. Teollisuutemme pohjaa tulee monipuolistaa, mutta sen tulee tapahtua samanaikaisesti uutta teollisuutta luomalla ja nykyisen teollisuuden toimintaedellytyksistä huolehtien." (Routti 1993, 274.)

Kärjitetysti ilmaistuna siis rakennemuutosta tulee edistää, mutta vain sillä edellytyksellä, että edes modernisaatiota ei päästetä tapahtumaan. Päähuomio on tämän jälkeen suunnattavissa olemassa olevan teollisuuden strategioiden toteuttamiseen toimintaedellytyksiä parantamalla. Ympäristö-, energia-, teollisuus- ja metsäpolitiikan kytkennät jäävät näin käytännössä epämääräisiksi ja niiden välille on helppo muodostaa perinteisiä ratkaisuja pönkittäviä riippuvuussuhteita:

"Arvovaltaisetkin tahot ... esittävät, että teollinen tuotantorakenteemme on kerta kaikkiaan väärä, kun se on pohjautunut ja pohjautuu metsään, metalliin ja muuhun perusteollisuuteen. Tästä tuotantorakenteesta pitäisi muka luopua ja sen tilalle luoda uutta, jotain hohdokkaampaa. ... Syykin siihen, miksi mitään konkreettista ei pystytä esittämään, on ilmiselvä. Teollinen tuotantorakenteemme ei itse asiassa ole lainkaan väärä. ... Olisi kuitenkin syytä tunnustaa, että energiapolitiikkaa pitää käyttää nimenomaan vahvistamaan nykyistä tuotantorakennetta ja varmistamaan sen elinehdot. Se olisi keskeinen keino maamme taloudellisen ja sosiaalisen hyvinvoinnin perustan turvaamisessa." (Sierilä 1993.)

Edellisistä sitaateista käy epäsuorasti ilmi, että (ekologinen) rakennemuutos voidaan ymmärtää ainakin kahdella tavalla: Yhtäältä tuotantorakenteella voidaan tarkoittaa niitä

teollisuudenaloja, joista tuotantorakenne koostuu. Toisaalta sillä voidaan tarkoittaa niitä rakenteita, joista kukin teollisuudenala sisäisesti muodostuu. Lisäksi on ajateltavissa, että nämä kaksi ulottuvuutta yhdessä konstituivat tuotantorakenteen, joka siis on ekologisen modernisaation ja ekologisen rakennemuutoksen keskeinen konteksti.

Ekologisessa rakennemuutoksessa kyse on ensisijaisesti teollisuudenalojen sisäisen rakenteesta ja siinä tarvittavasta muutoksesta. Sierilän (1993) tekstiin viitaten, Suomen tuotantorakenteen muuttamisvaatimuksissa ei varmaankaan ole vaadittu metsäteollisuuden ja metalliteollisuuden korvaamista joillain uusilla tuotannonaloilla, vaan pikemminkin on kaivattu näiden teollisuudenalojen sisäiseen rakenteeseen lisää joustavuutta ja ympäristön kannalta parempia tuotteita ja tuotannollisia menetelmiä. Tämän tavoitteen saavuttaminen taas edellyttää ekologista modernisaatiota.

Esimerkiksi energiapolitiikan suunnanmuutos kohti uusiutuvia energialähteitä edellyttää ekologista modernisaatiota ja uusiutuvien energialähteiden varaan rakentuva yhteiskunta edellyttää ekologista rakennemuutosta. Energiapolitiikka ja teollisuuspolitiikka samoin kuin monet muutkin yhteiskuntapolitiikan lohkot kytkeytyvät myös tällä tavoin toisiinsa.<sup>44</sup>

Suomen metsäteollisuuden nykyinen defensiivinen strategia perustuu siihen, käsitykseen, että tuotantorakenne edellä kuvatussa merkityksessään (sen molemmilla ulottuvuuksilla) on oikea. On kuitenkin muistettava, että nykyiset ympäristöongelmat niin luonnontieteellisessä kuin yhteiskunnallisessa merkityksessään ovat syntyneet kehitetäessä tuotantorakennetta nykyisen kaltaiseksi. Siksi on vaikea uskoa, että ympäristöongelmat olisivat ratkaistavissa ilman ekologista modernisaatiota.

---

<sup>44</sup>Energia-alalla on käsitteellisiä esteitä ekologisen rakennemuutoksen tavoittelulle. Yksi keskeisimmistä on perusvoima-käsite yhdistettynä tällaisen sähköenergian edullisuuteen. Koko perusvoima-ajatus rakentuu sen varaan, että sähköön varastointi ei ole mahdollista (tästä syystä sähköön tuotannon ja kulutuksen täytyy vastata joka hetki toisiaan). Perusvoima-käsite on kehitetty jatkuvasti käynnissä olevassa prosessiteollisuudessa, jonka runsaasti energiaa kuluttavat automatisoidut prosessit edellyttävät tasaista ja jatkuvaa sähkönsaantia. Keskeinen kapasiteetin käyttöaste täytyy investointien kannattavuuslaskelmien mukaan pitää mahdollisimman korkeana. Tämä ajatus taas on peräisin sähköön käytön alkuvaiheista (Hughes 1983). Esimerkiksi ydinvoiman edullisuus perustuu nimenomaan tähän asetelmaan. Jos jatkuva sähkönkulutus ei olisi riittävän suurta, ydinvoimaloita ei olisi koskaan kannattanut rakentaa. Toisaalta ydinvoimaloiden rakentaminen on luonut tarpeen paitsi luoda lisää sähköön kysyntää, myös pyrkiä jakamaan sähköön kulutus ajallisesti mahdollisimman tasaisesti. Tämä on toteutettu erilaisilla sähkötariffijärjestelmillä, jotka taas on laadittu siten, että suurkulutus on edullista, samoin kulutus niinä aikoina kun kokonaiskulutus on alhainen. Ekologisen rakennemuutoksen kannalta sähkötekniikan tutkimusta olisi suunnattava suurikapasiteettiseen sähköön varastointiin. Toisaalta olisi tutkittava myös sähköntuotannon aiheuttamia ympäristö- ja yhteiskunnallisia kustannuksia sekä energiapalvelu-käsitteeseen perustuvaa least-cost planning -energiasuunnittelua (LCP).



## 5. JÄTEPAPERI SUOMALAISEN METSÄTEOLLISUUDEN HAASTEENA - KOKOAVAA TARKASTELUA

Suomalainen massa- ja paperiteollisuus on joutunut kohtaamaan lukuisia haasteita: päämarkkina-alueella Keski-Euroopassa jätteen lisääntyvä käyttö ja kierrätys- ja ympäristöteknologiaan investoiva saksalainen ja hollantilainen paperiteollisuus uhkaa Suomen markkinaosuuksia samalla kun kuluttajat vaativat keräyskuitupitoisia tuotteita. Saksa, Hollanti ja Tanska sekä myös Iso-Britannia ajavat tiukkaa ympäristölainsäädäntöä, jonka vaatimukset tuotekohtaisista keräyskuituosuuksista uhkaavat sysätä Suomen ulos markkinoilta.

Suomen markan devalvoituminen on johtanut kauppapoliittisiin kiistoihin ja ongelmiin mm. Ranskan markkinoilla. Paperin maailmanmarkkinat ovat myös vapautumassa. Etelä-Euroopan nopeakasvuiset istutuspuulajit ja sikäläinen metsäteollisuus on nousemassa niin ikään varteenotettavaksi kilpailijaksi samalla kun pohjoisen havumetsävyöhykkeen metsänkäsittelymenetelmiä on ryhdytty arvostelemaan ympäristösyihin, mm. biodiversiteetin häviämiseen vedoten.

Kotimaassa puun hintaneuvottelut ovat ongelmallisia ja alan kannattavuus on vaakalaudalla. 1980-luvulla massivisia investointeja tehneet mestäteollisuusyritykset ovat pahasti velkaantuneita. Epävarmuuden lisääntyessä investoinnit ovat osoittautumassa kannattamattomiksi eikä uusia uskalleta tehdä.

Kaikesta huolimatta suomalainen massa- ja paperiteollisuus pyrkii puolustamaan valitsemaansa linjaa. Ympäristökeskustelussa se on siirtymässä asteittain hyökkäävään strategiaan. Kierrätyskeskustelussa aseeksi on otettu elinkaariarviointi (LCA), jonka avulla on pyritty osoittamaan liiallinen kierrätys haitallisemmaksi ympäristön kannalta kuin jätteen polttaminen energiaksi.

Elinkaariarvioinneissa on sovellettu skenaarioiden arviointia, jossa kuvitteellisia tulevaisuusvaihtoehtoja arvioidaan olemassaolevien, osittain vanhentuneiden energian kulutusta, saastepäästöjä ja jätteentuotantoa koskevien aineistojen perusteella. Tarkasteltavat skenaariot on laadittu sellaisten oletusten varaan, joiden realistisuutta ei ole pohdittu. Tarkasteluissa on rajoitettu tiettyyn tuoteeseen tai tuotantoprosessiin pohtimatta lainkaan kohdesysteemin rajausta esimerkiksi suhteessa tuotantolaitosten rakentamisen aiheuttamiin materiaali-, energia- ja päästövirtoihin.

Elinkaariarvioinnit on laadittu massa- ja paperiteollisuuden intressien pohjalta ja niiden laadinnan tarkoituksena on ollut saada halutunlaisia tuloksia. Kyseisillä tutkimuksilla ei ole tieteellistä merkittävyyttä, varsinkaan kun metodologisia Aspekteja ei problematisoida, vaikka elinkaariarviointia tehdään varsin poikkeuksellisella tavalla verrattuna esimerkiksi vakiintumassa olevaan käytäntöön.

Kyse on tarkoituksellisesta vastakkainasettelusta kahden jätepaperin vaihtoehdoisen hyötykäyttöön liittyvien intressien välillä.

Tässä tutkimuksessa tarkasteltujen suomalaisten elinkaariarviointien perusteella ei ole mahdollista tehdä päätelmiä siitä, pitäisikö jätepaperia kierrättää mahdollisimman paljon vai käyttää sitä myös energiantuotantoon tai jotenkin muuten hyödyksi. Sen sijaan päätelmiä voidaan tehdä muilla perusteilla. Kierrätystä näyttäisi puoltavan yleinen ympäristötietoisuuden nousu ja saksalaisessa ympäristöpolitiikassa kehitetty ajatus ekologisesta modernisaatiosta ja rakennemuutoksesta (ks. tauluko 4). Jätepaperin energiakäyttö taas näyttäisi tukevan neitseellisen kuidun hyödyntämiseen investoivien massa- ja paperiteollisuuden strategiavalintoja.

**TAULUKKO 4.** Jätepaperin kierrätyksen ja energiakäytön vastakkainasettelu

	Puolesta	Vastaan
Jätepaperin kierrätys paperinvalmistuksessa	<ul style="list-style-type: none"> <li>- kierrätyshaasteeseen vastanneen metsäteollisuuden intressit</li> <li>- tuotantorakenteen ekologinen modernisaatio</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- olemassa oleva teollisuuden keskitetty rakenne</li> <li>- suomalaiset paperituotteiden elinkaariarvioinnit</li> </ul>
Jätepaperin polttaminen (energiakäyttö)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- neitseellistä kuitua hyödyntävän teollisuuden intressit</li> <li>- kierrätyksen aiheuttamien ongelmien välttäminen ja ajatus hiilen lyhyestä kierrosta</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- jäteongelmien hierarkkisen ratkaisun periaate</li> <li>- kokonaisenergiankulutuksen vähentämistavoite</li> </ul>

Sen sijaan välittömästi ympäristön tilaan kummallakaan vaihtoehdolla ei näytä olevan välitöntä merkitystä. Tässä suhteessa ratkaisevaksi nousee paperituotteiden markkinoiden kehittyminen tulevaisuudessa. On mahdollista, että ristiriitaisen kierrätyskeskustelun tuloksena ympäristötietoiset eurooppalaiset asiakkaat ovat jopa valmiita tinkimään paperin ominaisuuksista ja laadusta, jos niitä ei pystytä saamaan aikaan keräyskuidusta. Toisaalta saksalainen kierrätysteknologia on jo varsin pitkälle kehittynyttä.

Mitä ympäristöongelmiin tulee, kierrätyshaasteeseen vastaaminen vaikuttaa ympäristön tilaan yleisten ympäristöasenteiden kannalta todennäköisesti suotuisammin kuin jätepaperin polttaminen. Polttoratkaisu energia hyödyntäen saattaa selektiiviseen kierrätykseen yhdistettynä olla kasvihuonekaasuvaikutuksiltaan parempi kuin maksimaalinen kierrätys, jos paperituotteiden kysynnän rakenne ja määrä eivät muutu. Tämä kuitenkin edellyttää, että elinkaariarvioinneissa tehdyt oletukset energialähteiden substituutiosta pitävät paikkansa sen lisäksi, että energia todella otetaan talteen. Toisaalta kierrätettävän ja poltettavan jätepaperin erottamista toisistaan ei elinkaariarvioinneissa ole pohdittu lainkaan.

On kuitenkin muistettava, ettei jätepaperin polttaminen energia talteenottaen tai edes fossiilisten polttoaineiden korvaaminen jätepaperienergialla poista kasvihuoneilmiön aiheuttamaa uhkaa eikä missään tapauksessa tuota ekologisia perusteluja minkäänlaiselle jätepaperipolitiikalle. Massan- ja paperinvalmistuksen ympäristövaikutusten redusoinnille kasvihuoneilmiön voimistumiseen ei myöskään ole tieteellisiä perusteita, vaikka ko. ilmiötä pidetäänkin vakavimpana ympäristöuhkana. Kyse on arvottamisesta, mikä johtaa ristiriitoihin.

Suomalaisen metsäteollisuuden intresseissä oleva huonolaatuisen jätepaperin polttaminen ja jätepaperin kierrätyksen hillitseminen merkitsee vanhojen teollisten rakenteiden pönkittämistä. Kierrätysvaatimusten lähtökohtana ovat jäteongelmat, joiden ratkaisemiseen jätepaperin polttaminen on yksi vaihtoehto. Kierrätyksen vähintään yhtä oleellinen merkitys kytkeytyy teollisuuden ekologiseen modernisaatioon, jota se on nimenomaan Keski-Euroopassa edesauttanut. Tästä näkökulmasta jätepaperin polttamisella ei ole paljoakaan kontribuutiota, koska se ei oleellisesti muuta teollisuuden raaka-aineiden ja energian käyttöä, prosessimuutoksista ja ympäristöteknologiasta puhumattakaan. Keski-Euroopan ja EU:n markkinoilla suomalaisen metsäteollisuuden maine on huonontunut viime aikoina, eikä tilannetta varmastikaan kohenna yritys neuvoa saksalaisia ja painostaa Keski-Eurooppaa kierrätyksen jarruttamiseen.

Ratkaisu on Suomen talouden kannalta vähän raaka-aineita ja vähän energiaa kuluttavissa, kehittyneissä teknologioissa ja koulutettua työvoimaa hyödyntävissä joustavissa tulevaisuuden ratkaisuissa. Keskitettyjen ja suurtuotannon skaalaetuja hyödyntävien ratkaisujen aika alkaa olla ohi, koska epävarmuudet lisääntyvät eikä keskitetysti tuotettujen metsäteollisuustuotteiden kysynnän jatkuvuudesta ole takeita.

Tilaa olisikin annettava pienessä mittakaavassa käyttökelpoisten teknologisten ratkaisujen innovoinnille. Suomalainen puu kaipaa niin ikään uusia käyttökohteita, joita olisi syytä alkaa pohtia välittömästi. Esimerkiksi mekaanisen metsäteollisuuden jalostus-

teen nostamista ja muiden materiaalien (erityisesti uusiutumattomista raaka-aineista valmistettujen materiaalien) korvaamista puulla sekä puuenergian käytön lisäämistä on syytä harkita tarkasti.

Käsillä olevan tutkimuksen perusteella jatkotutkimusta on hahmotettava liittyen mm. seuraaviin väljästi koottuihin aihepiireihin:

- (1) jätteen kierrätys ja muuttuva paperituotteiden *markkinatilanne* kansainvälisellä tasolla (tuotteille asetettavat laatuvaatimukset ja eri paperilaatujen käyttö erilaisiin tarkoituksiin),
- (2) metsäteollisuusyritysten *kilpailuasetelma* Euroopassa (esim. keräyskuitua, pohjoisia metsiä sekä eteläisiä istutusmetsiä hyödyntävän teollisuuden vastakkainasetteluna),
- (3) massa- ja paperiteollisuuden *elinkaariarvioinnin (LCA)* metodologia (erityisesti eri teollisuudenalojen välisten kytkentöjen huomioon ottaminen tarkasteltavaa systeemiä rajattaessa) ja käyttötarkoitukset (myös yleisellä tasolla),
- (4) teollisuuden *ekologiseen modernisaatioon* ja tuotantorakenteen ekologiseen rakennemuutokseen liittyvän innovoinnin ja uusien kierrätysteknologioiden käyttöönoton edellytykset ja esteet metsäteollisuudessa,
- (5) kansainvälinen *kierrätyskeskustelu* (esim. EU-maiden kierrätysohjelmien kartoitus ja kirjallisuusselvitykset) sekä
- (6) Metsäsektorin rakenteellisen muutoksen/muuttumattomuuden *vaikutukset yhteiskuntaan* (esim. maaseutuun tai kansantalouteen).

## 6. KIRJALLISUUS

- Aamulehti 8.10.1993. Valmet paperikoneet tempoo välimatkaa kilpailijoihinsa.
- Aamulehti 16.11.1993. Enso sanoo valtiolle hellurei / KTM katselisi metsäteollisuuden rakennetta.
- Aamulehti 16.3.1994. Metsälaille ehdotetaan täysremonttia. Työryhmä vauhdittaa suojelualueiden lunastamista.
- Aamulehti 20.3.1994. Saksa luopuu paperipakosta. Suomen paperiteollisuudella aihetta helpotuksen huokaukseen.
- Arjas, A. & R. Häggblom (1993). Ajatuksia Suomen metsäteollisuuden tulevaisuudesta. Teoksessa Suomi 2020 - visioita kansakunnan tulevaisuudesta, 19 - 31. Valtioneuvoston selonteko eduskunnalle pitkän aikavälin tulevaisuudesta, liite 1. Valtioneuvoston kanslian julkaisusarja 1993/4. Helsinki.
- Arponen, J. (1993). Suomen paperiteollisuuden sijoittuminen Euroopassa. Eurooppa-Instituutin julkaisuja 4/93. Turku.
- Boulding, K.E. (1966). The economics of the coming spaceship Earth. Teoksessa Jarrett, H. (toim.), Environmental Quality in a Growing Economy, 3 - 14. Johns Hopkins Press, Baltimore.
- Boustead, I. (1993). Inventory - general principles. Esitelmä Energy Issues in Life Cycle Assessment -seminaarissa, Helsinki 27.-29.10.1993.
- Capps, C. & R. Cockran (1991). Impact of Environmental Legislation on the Pulp and Paper Industry in the 1990s. The Price & Pierce Group & NLK-Celpap.
- Christensen, K. (1993). Life cycle assessment in historical perspective. Teoksessa Weidema, B.P. (toim.), Environmental Assessment of Products. A Textbook on Life Cycle Assessment, 7 - 14. UETP-EEE & TEK, Helsinki.
- Daly, H.E. (1991). Elements of environmental macroeconomics. Teoksessa Costanza, R. (toim.), Ecological Economics. The Science and Management of Sustainability, 32 - 46. Columbia University Press, New York.
- Damian, M. (1992). Nuclear power. The ambiguous lessons from history. Energy Policy 20(7), 596 - 606.
- Ebeling, K., O. Airanne, A. Kärnä, B. Mannström, P. Laine & C. von Ungern-Sternberg (1993). Environmental impact of European papermaking: A comparison of primary and recycled fibre scenarios. Paperi ja puu 75(1-2), 50 - 53.
- The Economist 21.11.1992. Nuclear power. Losing its charm, 25 - 32.
- The Economist 9.10.1993. Management focus: Live ever after, 79.
- Fava, J.A., F. Consoli & R.A. Denison (1993). Analyses of product life cycle assessment applications. Teoksessa Weidema, Bo Pedersen (toim.), Environmental Assessment of Products. A Textbook on Life Cycle Assessment, 16 - 26. UETP-EEE, Helsinki.

- Galbraith, J.K. (1967). *The New Industrial State*. Hamish Hamilton, London.
- Helsingin Sanomat 24.10.1992. Uusi uhkakuva metsäteollisuudelle: Saksalaisten jätepaperit ehkä poltettava Suomessa.
- Helsingin Sanomat 23.8.1993. Amerikkalaiset suuryritykset siirtyvät kierrätyspaperiin.
- Helsingin Sanomat 2.11.1993. Metsä-Suomi valuu etelään. Venäjältä ja Baltian maista tulee tärkein lähimarkkina-alue.
- Helsingin Sanomat 24.11.1993. Vuorineuvos Casimir Ehrnrooth ympäristökeskustelusta: Teollisuuden lähdeköyhyys.
- Helsingin Sanomat 8.12.1993. EL pudottaa paperitullit nolnaan / Teollisuus pettyi tullipäätökseen.
- Helsingin Sanomat 17.12.1993. Euroopan liitto päätti vesittää kiistellyn pakkausdirektiivinsä.
- Helsingin Sanomat 25.1.1994. Ranskan metsäteollisuusliiton johtaja: Suomen metsäviesti hyötynyt eniten valuutan arvon laskusta / Suomi ja Eurooppa kiistelleet paperista parikymmentä vuotta.
- Hoekman, B. & M. Leidy (1993). Environmental policy formation in a trading economy: a public choice perspective. Teoksessa Anderson, K. & R. Blackhurst (toim.), *The Greening of World Trade Issues*, 221 - 246. Ann Arbor, The University of Michigan Press.
- Hughes, T.P. (1983). *Networks of Power. Electrification in Western Society, 1880 - 1930*. The Johns Hopkins University Press, Baltimore.
- Huhtala, A. (1991). Ympäristöresurssien optimaalinen käyttö ja kierrättäminen - katsaus kirjallisuuteen. Pellervon Taloudellinen Tutkimuslaitos, raportteja ja artikkeleita N:o 97. Espoo.
- Illi, A. (1993). Paperinkeräys Oy:n Gaius Gyllenbögel: Keräyspaperin tuonti kasvaa lähivuosina. *Paperi ja puu* 75(7), 456 - 460.
- IPCC (1990). *Climate Change. The IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) Scientific Assessments*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Jaakko Pöyry Oy (1992). Tilastoyhteenveto: Tuotantorakenne/keräyskuidun käyttö. "Ekoplan"-ryhmä. Julkaisematon raportti.
- Johansson, A. (1993). Kestävän kehityksen Suomi 2020: teknologia ja teollisuus. Teoksessa *Suomi 2020 - visioita kansakunnan tulevaisuudesta*, 67 - 81. Valtioneuvoston selonteko eduskunnalle pitkän aikavälin tulevaisuudesta, liite 1. Valtioneuvoston kanslian julkaisusarja 1993/4. Helsinki.
- Jänicke, M. (1990). *State Failure. The Impotence of Politics in Industrial Society*. The Pennsylvania State University Press, Pasadow.
- Jänicke, M., H. Mönch & M. Binder (1992). *Umweltentlastung durch idustriellen Strukturwandel? Eine explorative Studie über 32 industrielande (1970-90)*. Sigma, Berlin.
- Jätehuollon neuvottelukunta (1985). *Selvitys jätteiden hyödyntämisestä*. Ympäristöministeriö, ympäristön- ja luonnonsuojeluosaston julkaisu A:36. Helsinki.

- Jätehuollon neuvottelukunta (1990). Yhdyskuntien jätehuollon kehittämissuunnitelma vuoteen 2000. Helsinki.
- Jätepaperi mullistaa metsäyhtiöt (1991). *Talouselämä* 54(33), 22 - 24.
- Kalenoja, H. (1993). Elinkaarianalyysin soveltaminen liikennevälineisiin. *Ilmansuojelutuulet* 17(4), 23 - 29.
- Karjalainen, K. (1989). Poliittikka, talous ja energiatalouden poliittinen ohjaus Suomessa. Imatran Voima Oy, tutkimusraportteja IVO-A-13/89. Helsinki.
- Kauppi, P.E., K. Mielikäinen & K. Kuusela (1992). Biomass and carbon budget of European forests, 1971 to 1990. *Science* 256(5503), 70 - 74.
- Kärnä, A., J. Engström & T. Kutinlahti (1993). Sanomalehtipaperin elinkaarianalyysi. *Paperi ja puu* 75(7), 465 - 476.
- Laine, P. (1993). Metsäteollisuutemme kestävä kehityksen tiellä. *Helsingin Sanomat* 18.2.1993.
- Lammi, M. (1992). Paino- ja kirjoituspaperien tuotanto ja markkinat. Elinkeinoelämän Tutkimuslaitos, ETLA C 62. Helsinki
- Leppänen, A. (1992). Pakkauksista, pakkausmateriaaleista ja kierrätyksestä. *Paperi ja puu* 74(7), 520 - 524.
- Levlin, J.-E. (1988). Uusiomassa ja sen erityispiirteet. *Paperi ja puu* 70(5), 402 - 409.
- Lindfors, L.-G. (1993). LCA as a Concept and Method. Esitelmä Energy Issues in Life Cycle Assessment -seminaarissa, Helsinki 27.-29.10.1993.
- Little, B. & B.P. Weidema (1993). Environmental management systems. Teoksessa Weidema, B. P. (toim.), *Environmental Assessment of Products. A Textbook on Life Cycle Assessment*, 27 - 38. UETP-EEE, Helsinki.
- Luukkanen, J. (1993). Models in energy and environmental planning - discursive ways of creating reality. Käsikirjoitus teokseen Raumolin, J. (toim.), *Forests, Energy, Global Change and Regional Structures*. Tampereen yliopisto, aluetieteen laitos. Ilmestyy 1994.
- Metsäteollisuus ry (1993a). *Metsäteollisuuden vuosikirja*. Helsinki.
- Metsäteollisuus ry (1993b). Finnish Forest Industries Federation (FFIF) Position on Waste Paper Management in the EC (+ Appendices). Helsinki.
- Miettinen, P. (1993). Software tools in life cycle assessment. Teoksessa Weidema, B.P. (toim.), *Environmental Assessment of Products. A Textbook on Life Cycle Assessment*, 93 - 104. UETP-EEE & TEK, Helsinki.
- Nissilä, O. & M. Palo (1975). Waste paper recycling: Economic and ecological prospects. *Metsäntutkimuslaitoksen julkaisuja* 82:5. Helsinki.
- OECD (1992). *Environmental Issues. Waste Paper*. Organisation for Economic Co-operation and Development, Paris.
- Palenius, I. (1992). Energiaa jät-paperista? *Paperi ja puu* 74(9), 692 - 694.
- Payne, M. (1992). *World Waste Paper. Growth and opportunities in the 1990s*. Financial Times, London.

- Pothmann, D. (1987). Gedanken zur Verwertungshierarchie von Altstoffen. Teoksessa Thomé-Kozmiensky, K.J. (toim.), *Recycling von Holz-Zellstoff und Papier*, 8 - 16. EF-Verlag für Energie- und Umwelttechnik GmbH, München.
- Pöyry, S. (1993). YK:n ympäristöohjelma UNEP etsii elinkaariajattelusta parannusta ympäristön tilaan. *Tekniikan Akateemiset* 6/1993, 10 - 11.
- Raumolin, J. (1991). Euroopan Yhteisön ympäristöpolitiikka. Teoksessa Massa, I. & R. Sairinen (toim.), *Ympäristökysymys - ympäristöuhkien haaste yhteiskunnalle*, 349 - 389. Gaudeamus, Helsinki.
- Raumolin, J. (1992a). Suomen metsäsektori kierrätysaasteen edessä. Teoksessa Anttila, P. & T. Pukkila (toim.), *Suomi suosta. Kansallisen strategian aineksia*, 154 - 164. *Acta Universitatis Tamperensis ser B vol 39*. Tampere.
- Raumolin, J. (1992b). The diffusion of technology in the forest and mining sector in Finland. The shift from object to the subject of transfer on technology. Teoksessa Vuori, S. & P. Ylä-Anttila (toim.), *Mastering Technology Diffusion - the Finnish Experience*, 322 - 378. Elinkeinoelämän Tutkimuslaitos, ETLA B 82. Helsinki.
- Raumolin, J. (1993). Ahlström: Shifts from forest products company to environmental technology. Elinkeinoelämän Tutkimuslaitos, *Keskusteluaiheita - ETLA Discussion Papers No. 458*. Helsinki.
- Routti, J. (1993). Teknologia, ympäristö ja talouden rakenteet. Teoksessa *Suomi 2020 - visioita kansakunnan tulevaisuudesta*, 265 - 279. Valtioneuvoston selonteko eduskunnalle pitkän aikavälin tulevaisuudesta, liite 1. Valtioneuvoston kanslian julkaisusarja 1993/4. Helsinki.
- Rudd, J.W.M., R. Harris, C.A. Kelly & K.E. Hecky (1993). Are hydroelectric reservoirs significant sources of greenhouse gases? *Ambio* 22(4), 246 - 248.
- Ruostetsaari, I. (1989). Energiapolitiikan määräytyminen. Julkisten, kollektiivisten ja markkinaperusteisten toimijoiden asema Suomen politiikkaverkostossa. *Acta Universitatis Tamperensis ser A vol 278*. Vammala.
- Rüdig, W. (toim.) (1990). *Anti-Nuclear Movements. A World Survey of Opposition to Nuclear Energy*. Longman, St. Ives plc.
- Savander, J. (1991). Uusiopaperi. Luonnonsuojelijan ABC-vihkot 3. Uudenmaan ympäristönsuojelupiiri, Helsinki.
- Schmidt-Bleek, F. (1993). Ohne De-Materialisierung keine ökologische Strukturwandel. Teoksessa Altner, G., B. Metter-Meibom, U.E. Simonis & E.U. von Weizäcker (toim.), *Jahrbuch Ökologie 1994*, 94 - 108. Verlag C.H. Beck, München..
- Sellua päin (1993). *Talouselämä* 56(11), 22 - 25.
- Sierilä, P. (1993). Suomella on oikea tuotantorakenne. *Helsingin Sanomat* 25.2.1993.
- Sudan, J. (1987). Altpapierverwertungsmöglichkeiten ausserhalb der Papierindustrie. Teoksessa Thomé-Kozmiensky, K.J. (toim.), *Recycling von Holz-Zellstoff und Papier*, 119 - 126. EF-Verlag für Energie- und Umwelttechnik GmbH, München.
- Suomen Metsäteollisuuden keskusliitto (1992). *Avain Suomen metsäteollisuuteen*. Helsinki.
- Suomen voimavarat (1992) *Talouselämä* 55(39), 23 - 50.



- Sørensen, B. (1993). What is Life-Cycle Analysis? Teoksessa Expert Workshop on Life-Cycle Analysis of Energy Systems, Methods and Experience, 21 - 53. OECD & IEA, Paris.
- Tarjanne, R. (1993). Olkiluodon ydinvoimalaitoksen kannattavuus käyttökauden 1978-1992 perusteella. Lappeenrannan teknillinen korkeakoulu, energiatekniikan osasto, tutkimusraportti D-28. Lappeenranta.
- Tekniikka & Talous 3.9.1993. Metsäteollisuuden ekosodassa ei keinoja kaihdeta. Paperi käy kaupaksi vihreällä propagandalla.
- Tekniikka & Talous 10.12.1993. Pietari täyttää Suomen kierrätyspaperivajausta / Siis-  
tauslaitoksella ostetaan vihreä rauha. Investointi on taloudellisesti tolkuton ja ympäristönkin kannalta arveluttava.
- Tekniikka & Talous 17.12.1993. Den gröna punkten blev symbol för miljöfiasko.
- Tekniikka & Talous 10.3.1994. Pienpaperikoneelle syötetään myös yhdyskuntajätettä. Kaatopaikat ja jätteenpolto jäämässä sivuun / Innovaatioiden soveltaminen käytäntöön helpottuu.
- Turner, R.K., R. Grace & D.W. Pearce (1977). The economics of waste paper recycling. Teoksessa Pearce, D.W. & I. Walter (toim.), Resource Conservation. Social and Economic Dimensions of Recycling, 296 - 343. New York University Press, New York.
- Verkasalo, E. (1992). Forest industry as a producer and consumer of wood-based energy in Finland. *Silva Fennica* 26(2), 123 - 131.
- Virtanen, Y. & S. Nilsson (1992a). Some Environmental Policy Implications of Recycling Paper Products in Western Europe. Executive Report 22. IIASA, Laxenburg.
- Virtanen, Y. & S. Nilsson (1992b). Environmental Impacts of Waste Paper Recycling. A Feasibility Study. Draft research report, July 20, 1992. IIASA, Laxenburg.
- Virtanen, Y. & S. Nilsson (1993). Environmental Impacts of Waste Paper Recycling. IIASA, Earthscan, London.
- Wallin, M. (1983). Keräyspaperin ja -pahvin eri hyödyntämismuotojen välinen yhteiskuntataloudellinen vertailu. Ympäristöministeriö, ympäristö- ja luonnonsuojeluosaston julkaisu A:5. Helsinki.
- Weidema, B.P. (1993). Quality criteria for life cycle assessment. Teoksessa Weidema, B.P. (toim.), Environmental Assessment of Products. A Textbook on Life Cycle Assessment, 61 - 92. UETP-EEE & TEK, Helsinki.
- Young, J. (1991). Jätteen vähentäminen ja raaka-aineen säästäminen. Teoksessa Maailman tila 1991, 44 - 62. Worldwatch Institute, Gaudeamus, Forssa.



**ELINKEINOELÄMÄN TUTKIMUSLAITOS (ETLA)**  
THE RESEARCH INSTITUTE OF THE FINNISH ECONOMY  
LÖNNROTINKATU 4 B, SF-00120 HELSINKI

---

Puh./Tel. (90) 609 900  
Int. 358-0-609 900

Telefax (90) 601 753  
Int. 358-0-601 753

**KESKUSTELUAIHEITA - DISCUSSION PAPERS ISSN 0781-6847**

- No 458 JUSSI RAUMOLIN, Ahlström: Shift from Forest Products Company to Environmental Technology. 27.12.1993. 15 p.
- No 459 MARIA KALOINEN, Suomen kilpailuetu Venäjän transitoliikenteessä. 27.12.1993. 62 s.
- No 460 PER HEUM - PEKKA YLÄ-ANTTILA, The Internationalization of Industrial Firms - Foreign Production and Domestic Welfare in Finland, Norway and Sweden. 28.12.1993. 18 p.
- No 461 JUKKA LASSILA, Tax Policies under Central and Local Wage Bargaining. 31.12.1993. 18 p.
- No 462 RISTO PENTTINEN, Summary of the Critique on Porter's Diamond Model. Porter's Diamond Model Modified to Suit the Finnish Paper and Board Machine Industry. 11.01.1994. 82 s.
- No 463 JUHA KETTUNEN, Suomen teollisuuden palkkarakenteen muutos 1980-luvulla. 14.01.1994. 17 s.
- No 464 SEPPO SAUKKONEN, Työn hinta, Elintarviketeollisuuden työvoimakustannukset 1992-1994. 27.01.1994. 53 s.
- No 465 SEPPO SAUKKONEN, Työn hinta, Tekstiili- ja vaatetusteollisuuden työvoimakustannukset 1992-1994. 27.01.1994. 45 s.
- No 466 SEPPO SAUKKONEN, Työn hinta, Metsäteollisuuden työvoimakustannukset 1992-1994. 27.01.1994. 53 s.
- No 467 SEPPO SAUKKONEN, Työn hinta, Graafisen teollisuuden työvoimakustannukset 1992-1994. 27.01.1994. 42 s.
- No 468 SEPPO SAUKKONEN, Työn hinta, Kemian- ja rakennusaineteollisuuden työvoimakustannukset 1992-1994. 27.01.1994. 51 s.
- No 469 SEPPO SAUKKONEN, Työn hinta, Metalliteollisuuden työvoimakustannukset 1992-1994. 27.01.1994. 53 s.
- No 470 SEPPO SAUKKONEN, Työn hinta, Talonrakennusalan työvoimakustannukset 1992-1994. 27.01.1994. 40 s.

- No 471 JUHAPEKKA SUUTARINEN, Työn hinta, Tukkukaupan työvoimakustannukset 1992-1994. 27.01.1994. 45 s.
- No 472 JUHAPEKKA SUUTARINEN, Työn hinta, Vähittäiskaupan työvoimakustannukset 1992-1994. 27.01.1994. 45 s.
- No 473 JUHAPEKKA SUUTARINEN, Työn hinta, Autoalan työvoimakustannukset 1992-1994. 27.01.1994. 46 s.
- No 474 JUHAPEKKA SUUTARINEN, Työn hinta, Majoitus- ja ravitsemisalalan työvoimakustannukset 1992-1994. 27.01.1994. 44 s.
- No 475 SONJA SAASTAMOINEN, Kotimaisen sähkömoottoriteollisuuden kilpailukyky. 26.01.1994. 42 s.
- No 476 PASI AHDE, ETLAn ennustejärjestelmän panos-tuotoskehikko. 31.01.1994. 60 s.
- No 477 SYNNÖVE VUORI, Yritysten ja toimialojen väliset teknologiakytkennät Suomen teollisuudessa. 31.01.1994. 41 s.
- No 478 OLLI TAHVONEN, CO<sub>2</sub> Taxation and Dynamics of Fossil Fuel Prices. 31.01.1994. 31 p.
- No 479 TEPPO I. KYHERÖINEN, Teletoiminnan kansallinen kilpailukyky. 04.02.1994. 91 s.
- No 480 KATI KORHONEN, Advantage Finland - Metals Production Technology. 15.02.1994. 34 p.
- No 481 PASI KUOKKANEN, Energian tuotannon koneet ja laitteet. 15.02.1994. 46 s.
- No 482 GEORG ANGENENDT, Identification and Discussion of Parameters that can be used to Analyze Industries with Michael E. Porter's System of Determinants that Influence the Competitive Position of Nations' Industries.
- No 483 MIKA WIDGRÉN, Voting Rule Reforms in the EU Council: Needs, Means and Consequences. 10.03.1994. 40 p.
- No 484 RITA ASPLUND, Teollisuuden työntekijöiden palkat ja inhimillinen pääoma. 06.04.1994. 75 s.
- No 485 JARMO VEHMAS, Massa- ja paperiteollisuuden elinkaariarviointi ja metsäteollisuuden ympäristöhaasteet. 06.04.1994.

Elinkeinoelämän Tutkimuslaitoksen julkaisemat "Keskusteluaiheet" ovat raportteja alustavista tutkimustuloksista ja väliraportteja tekeillä olevista tutkimuksista. Tässä sarjassa julkaistuja monisteita on mahdollista ostaa Taloustieto Oy:stä kopiointi- ja toimituskuluja vastaavaan hintaan.

Papers in this series are reports on preliminary research results and on studies in progress. They are sold by Taloustieto Oy for a nominal fee covering copying and postage costs.