

Vähävetinen paperin valmistus CACTUS 1996–1999

Antero Komppa, Leo Neimo

Teknologiaohjelmaraportti 1/2000

Arviointiraportti



TEKES

Vähävetinen paperin valmistus CACTUS 1996–1999

Arviointiraportti

Antero Komppa
Leo Neimo



TEKES

Kilpailukykyä teknologiasta

Tekes tarjoaa rahoitusta ja asiantuntijapalveluja kansainvälisesti kilpailukykyisten tuotteiden ja tuotantomenetelmien kehittämiseen. Tekesillä on vuosittain käytettävissä avustuksina ja lainoina runsaat kaksi miljardia markkaa teknologian kehityshankkeisiin.

Teknologiaohjelmien avulla maahamme luodaan uutta teknologiaosaa-
mista yritysten, tutkimuslaitosten ja korkeakoulujen yhteistyönä. Ohjelmi-
en tavoitteena on nostaa teknologista kilpailukykyämme tulevaisuuden
keskeisillä teollisuuden toimialoilla. Tällä hetkellä Tekesillä on käynnissä
noin 60 teknologiaohjelmaa.

ISSN 1239-1336
ISBN 952-9621-82-5

Kansi: LM&CO
Sisäsivut: DTPage Oy
Paino: Paino-Center Oy, 2000

Esipuhe

Vedenkäytön vähentäminen on muodostumassa keskeiseksi osaksi pyrkimyksessä niukka-resurssiseen paperinvalmistukseen. Suomessa vettä on toistaiseksi ollut riittävästi saatavilla ja sen käytöstä aiheutuneet kustannukset ovat olleet kohtuullisia. Keski-Euroopassa veden saatavuus on paikoin voimakkaasti uhattuna ja raakaveden käytön kustannukset voivat nousta merkittäviksi. Markkinat vaikuttavat myös Suomen metsäteollisuuteen, joten emme voine välttyä jatkossa raakaveden käytön vähentämiseen ja prosessien sulkemiseen kohdistuvilta paineilta. Suomalaisen tutkijoiden, asiantuntijoiden ja etenkin laitevalmistajien osaamiselle on markkinoita myös Euroopassa.

Edellä kuvatun tilanteen pohjalta käynnistettiin vuonna 1996 CACTUS – Vähävetinen paperinvalmistus -teknologiaohjelman valmistelu. Ohjelma-alueella oli jo käynnissä koko joukko aiheeseen kuuluvia tutkimus- ja yrityshankkeita, jotka muodostivat keskeisen tutkimussubstanssin vuosina 1996–1997. Vuoden 1997 aikana ohjelman johtoryhmä päätti varsinaisesti ohjelman tavoitteista ja jatkosuunnitelmista. Kohdennetun hakemuskierroksen jälkeen vuoden 1998 alussa uusi kaksivuotinen tutkimuskokonaisuus käynnistyi.

Keväällä 1999 ohjelman johtoryhmässä käydyn perusteellisen keskustelun perusteella Tekes kutsui diplomi-insinööri Antero Kompan ja filosofian maisteri Leo Neimon arvioimaan CACTUS-ohjelman toimintaa ja tuloksellisuutta. Arviointitehtävä määriteltiin aluksi väliarviointiksi, koska mielessä oli ohjelman verkkaisesta käynnistymisestä johtuva mahdollinen jatkovaihe. Tämän arvioinnin ja johtoryhmässä käydyn keskustelun perusteella varsinaista jatkoa ohjelmalle ei esitetä ja näin ollen tehty arviointi toimii myös loppuarviointina.

Tekes haluaa kiittää arvioitsijoita perusteellisesta arviointityöstä. Samalla kiitokset kuuluvat myös ohjelman johtoryhmän ja kaikkien osa-alueiden asiantuntijaryhmien jäsenille arvokkaista näkemyksistä ja kommentista tutkimusalueen kehittämiseksi. Arvioinnin kohteena olleet tutkimusprojektit ja niitä toteuttavat tutkimusryhmät tekivät merkittävä työn arviointiaineistoja valmistellessaan, mistä lämmin kiitos teille kaikille. Arviointiprosessissa saadut tulokset ja suositukset antavat arvokasta tietoa ja kokemusta jatkaa teknologiaohjelmatoimintaa kemiallisen metsäteollisuuden ja koko metsäklusterin alueella.

Arvioinnin tekijät vastaavat raportin sisällöstä ja tehdyistä johtopäätöksistä.

Helsingissä, maaliskuussa 2000

Tekes

Yhteenveto

Vuosina 1996–1999 toteutetussa CACTUS-teknologiaohjelmassa pyrittiin hankkimaan sellaista vesijärjestelmien ja vesikemian hallintaa koskevaa tietoa ja osaamista, jonka avulla paperin laatu ja prosessin ajettavuus säilyisivät. Samalla voitaisiin kuitenkin vähentää raakaveden käyttöä, kohdentaa käytettävät kemikaalit tarkemmin ja hyödyntää käytettävä energia tehokkaasti, saada aikaan nykyistä puhtaampi ja paremmin hallittu prosessi sekä pienentää ympäristövaikutuksia vedessä, ilmassa ja maassa.

Ohjelman lähestyessä suunniteltua päättymisajankohtaa suoritettiin sen **julkisten hankkeiden toteuttamista ja tuloksia** koskeva väliarviointi, joka perustuu toukokuussa 1999 käytettävissä olleeseen kirjalliseen materiaaliin ja syyskesällä 1999 tehtyihin haastatteluihin. Tämän perusteella voidaan todeta seuraavaa:

Ohjelma on tuottanut varsin runsaasti uutta tietoa ja osaamista sekä osin vahvistanut, osin kumonnut aiemmin käytettävissä ollutta tietoa. Osanottajayritysten edustajat ovat todenneet ohjelman kohottaneen huomattavasti yritystensä henkilökunnan aihealueen tiedon tasoa. Tältä osin ohjelma on siis saavuttanut alkuperäisen tavoitteensa. Jotkut tutkimushankkeet sekä ohjelmaan liitetyt yrityshankkeet ovat tuottaneet myös konkreettisia tuotteita ja palveluita.

Työn edistyessä osanottajien kesken on syntynyt uusia sekä kunnianhimoisempia että käytännönläheisempiä tavoitteita mm. uuden tiedon perusteella tehtävistä johtopäätöksistä. Näihin ei nyt käynnissä olevissa CACTUS-hankkeissa vielä ehditä saada vastauksia.

Ohjelma on sikäli ainutlaatuinen, että siihen osallistuvat tutkijoiden ja tutkimusryhmien lisäksi huomattavimmat suomalaiset metsäteollisuusyritykset, metsäteollisuuden laitetoimittajat ja kemikaalivalmistajat. Ilman Tekesin liikkeelle-panevaa voimaa tällaista kokonaisuutta olisi tuskin saatu aikaan.

CACTUS-ohjelman käynnistytävän vuoksi kaikki yksittäiset hankkeiden tavoitteet eivät ole aivan sopusoinnussa ohjelman tavoitteiden kanssa. Varsinkin ohjelmaa rahoittaneet yritykset kritisoivat aiheellisesti tätä epäkohtaa. Epäkohtien korjaaminen olisi kuitenkin vaatinut myös rahoittajayrityksiltä huomattavasti vahvempaa näkemystä ja ohjauspanosta jo hankkeiden käynnistysvaiheessa.

Kiitämme Tekesiä ja CACTUS-ohjelman osapuolia mielenkiintoisesta ja haastavasta toimeksiannosta ja kaikesta saamastamme palautteesta. Kun olemme kritisoineet tutkijoita osin runsaasta ja vaikeaselkoisesta raportoinnista, toivomme ettemme itse nyt ole syyllistyneet samaan.

Espoossa 22.12.1999

Antero Komppa ja Leo Neimo

Sisällysluettelo

Esipuhe

Yhteenveto

1	Väliarviointiprosessi, sen aikataulu ja raportointi	1
2	CACTUS-ohjelma	3
2.1	CACTUS-ohjelman tavoitteet	3
2.2	CACTUS-tutkimusohjelman muodostaminen ja tutkimushankkeiden valinta	3
2.3	CACTUS-ohjelman tavoitetutkimus- ja yrityshankkeet	4
3	Ohjelman tavoiteasettelun tarkoituksenmukaisuus	7
4	Millaisia tuloksia CACTUS-ohjelma on tuottanut?	9
4.1	Konkreettiset tulokset: tuotteet ja palvelut?	10
4.2	Mitä alun perin odotettua jäi saamatta?	10
5	Ohjelman (seurannais)vaikutukset	13
5.1	Ohjelman (tulosten) antamat mahdollisuudet?	13
5.2	CACTUS-ohjelman heikkoudet	13
5.3	Suurimmat riskit?	13
5.4	Verkostoituminen ja työnjako	14
6	Tiedonsiirto ja sen tehokkuus	15
6.1	Raportointi, seminaarit yms.	15
6.2	Väliraportoinnista	16
6.3	Tiedonsiirron kaksisuuntaisuudesta	16
6.4	Suosituksia	16
7	Rahoituksesta ja tutkimusvarojen käytöstä	17
7.1	Olisiko rahoitus voitu käyttää toisin ja saada siten parempia tuloksia?	18
7.2	Rahoitushakemuksista ja -päätöksistä	18
8	Ohjelman ohjaus ja hallinto	19
8.1	Johto- ja ohjausryhmien toiminta	20
8.2	Koordinaattori	21
8.3	Alueiden 1–4 johtavat tutkijat	21
8.4	Tekes	22
8.5	Suosituksia	22
9	Mitä tulisi tehdä CACTUS-ohjelman päättyessä 1999?	23
	Liite 1. CACTUS-ohjelman tutkimushankkeet. Tulokset ja arviointi	25
	Liite 2. CACTUS-ohjelman johto- ja ohjausryhmät	71
	Tekesin teknologiaohjelmaraportteja	72

1 Väliarviointiprosessi, sen aikataulu ja raportointi

Vuonna 1996 käynnistetyin CACTUS-tutkimusohjelman tulisi alkuperäisen suunnitelman mukaan päättyä vuoden 1999 lopussa. Ohjelman päärahoittaja Tekes teetti käytäntönsä mukaisesti ohjelman väliarvioinnin huhti-lokakuun välisenä aikana 1999. Arvioinnin keskeisenä tavoitteena oli selvittää ohjelman julkisten projektien tuloksellisuutta ja vaikuttavuutta sekä mahdollista jatkorahoitus-tarvetta. Väliarvioinnin suorittajiksi Tekes kutsui DI Antero Kompan ja FM Leo Neimon. Arviointi-työ perustui ohjelman julkisissa tutkimushankkeissa julkaistuun aineistoon sekä ohjelman tutki-joiden ja teollisuuden asiantuntijoiden haastatte-luihin.

Toimeksiannon mukaisesti pyrittiin selvittämään ja arvioimaan

- ohjelman tavoiteasettelun tarkoituksenmukai-suutta, mm.
 - ovatko asetetut tavoitteet oikeita haluttujen vaikutusten aikaansaamiseksi?
 - tehdäänkö yritysten kannalta oikeita asioita?
 - ovatko tavoitteet kansainvälisesti haasteelli-sia?
- projektien tuloksia ja niiden käytettävyyttä oh-jelman tavoitteiden kannalta, mm.
 - tietämyksen tasoa
 - tulosten soveltamisosaamista
 - projektien tuottamia uusia tuotteita, menetel-miä, palveluita
- ohjelman vaikuttavuutta
 - ohjelmaosapuolille,
 - toimialakohtaisesti, (mahdollisesti myös laa-jemmalti)
- ohjelman organisaatiota ja ohjaamista, mm.
 - hankkeiden valintaprosessin onnistumista

- resurssien käytön suunnittelua ja toteutusta
- tutkimusryhmien toiminta- ja projektinhoi-tokyyä
- johto- ja ohjausryhmien toimintaa
- koordinoitua ja tiedottamista

Arviointi on monelta osin subjektiivista; se pe-rustuu mm. haastatteluissa esitettyihin mielipi-teisiin, joiden perustelut eivät ole helposti tarkis-tettavissa. Jo muutamien haastattelujen jälkeen voitiin kuitenkin todeta, että useimmilla haasta-teluilla oli samansuuntaisia näkemyksiä.

Väliarviossa ei – toimeksiannon mukaisesti – ole otettu kantaa projektien tieteelliseen substanssiin ellei siihen yksittäisissä tapauksissa ole katsottu olevan erityistä aihetta.

Väliarviointi suoritettiin pääosin keväällä 1999 toimitetun kirjallisen materiaalin ja syyskesällä 1999 tehtyjen haastattelujen perusteella. Käytet-tävissä ollut materiaali antaa kohtuullisen hyvän kuvan edellä mainituista arvioinnin kohteiksi valituista seikoista. Arviointiajankohdan vuoksi ar-vio ei kuitenkaan sisällä ohjelman viimeisen vuo-sipuoliskon aikana mahdollisesti saatuja tuloksia ja niiden mahdollisia vaikutuksia.

Arvioinnin aikana välituloksia esiteltiin Tekesin edustajille arvioinnin seurantalaverieissa sekä johtoryhmälle 21.10.1999 pidetyssä johtoryh-män kokouksessa. Johtoryhmän jäsenet ovat tar-kastaneet ja kommentoineet kirjallisen raportin ennen julkaisua.

2 CACTUS-ohjelma

1990-luvun puolivälissä useissa Tekesin rahoitusta hakeneissa julkisissa ja yritysten tutkimus- ja kehityshankkeissa havaittiin yhteisenä tekijänä paperinvalmistuksen vedenkäytön vähentämiseen tai sen mahdollisuuteen liittyvä tavoite. Rationaaliset näkökohdat puolsivat tällöin eri hankkeiden kokoomista yhteisen sateenvarjon alle ja niille yhteisen johto-, ohjaus- ja koordinaatiojärjestelmän luomista.

2.1 CACTUS-ohjelman tavoitteet

Ohjelman keskeiseksi tavoitteeksi on määritelty paperikoneen vesijärjestelmiä ja vesikemian hallintaa koskevan osaamisen lisääminen siten, että hankittavaa osaamista hyödyntämällä sekä laitevalmistuksessa että paperiteollisuudessa päästään

- raakaveden käytön oleelliseen pienentämiseen
- vähintään nykyiseen paperin laatuun ja ajettavuuteen
- kemikaalien käytön tarkempaan kohdentamiseen
- energian hyvään hyödyntämiseen
- nykyistä puhtaampaan prosessiin ja parempaan prosessin hallintaan
- ympäristövaikutusten pienentämiseen vedessä, ilmassa ja maassa.

Ohjelman toiminnallisia ja organisatorisia lähtökohtia ja tavoitteita olivat:

- water management -alueen tutkimuskulttuurin ja yhteisen oppimisprosessin rakentaminen ja kiinteyttäminen
- tutkimusyhteistyön lisääminen tutkijatahojen kesken ja teollisuuden suuntaan
- suurempien koordinoitujen tutkimuskokonaisuuksien muodostaminen
- eri tutkimusryhmien järkevään työnjakoon vaikuttaminen
- yritysten teknologiakilpailukyvyyn parantaminen avoimen tiedonvaihdon ja yhteisprojektien avulla.

2.2 CACTUS-tutkimusohjelman muodostaminen ja tutkimushankkeiden valinta

Ohjelma käynnistettiin vuonna 1996, jolloin ”Vähävetinen paperinvalmistus” -sateenvarjon alle kerättiin meneillään olleet aihepiiriin Tekesin rahoittamat tutkimus- ja kehityshankkeet ilman varsinaista yhteistä ”punaista lankaa” ja koordinaatiota. Hankkeet säilyttivät tällöin ainakin suurimmalta osaltaan oman tavoitteensa ja suunnittelemansa tutkimustavan ja -ohjelman. Näin muodostui hieman hajanainen, ”poikkeittieteellisen-tekniinen”, Tekesin ja yhdentoista teollisuusyrityksen rahoituksella tuettu tutkimusten joukko.

Keskustellessaan ohjelmaan valittavien hankkeiden arviointikriteereistä johtoryhmä on vuoden 1996 lopulla pitämässään kokouksessa todennut mm. ”*Käynnistettävien hankkeiden tulee johtaa todelliseen osaamisen lisääntymiseen. Sellaisia julkisia tutkimushankkeita ei kannata käynnistää, joissa ollaan selvästi yritysten hallussa olevaa teknologiaa jäljessä.*” ja ”*Johtoryhmän on huolehdittava eri osa-alueiden oikeista painotuksista siten, että teollisuuden tarpeet tulevat riittävästi katetuiksi.*”

Teollisuuden näkemyksiä pyrittiin järjestelmällisemmin ottamaan huomioon vuonna 1997 järjestetyssä suunnatussa tutkimushaussa. Haku ei kuitenkaan tuottanut merkittävästi uusia, ohjelman tavoitteiden mukaisia tutkimusehdotuksia. Ohjelmassa toteutetut tai meneillään olevat hankkeet kattavatkin määritellyn tutkimusalueen vain osittain.

Nykyiset muotonsa ja tavoitteensa ohjelma sai 1998. Ohjelman lyhytnimi ”CACTUS” otettiin käyttöön vuoden 1997 puolivälissä.

CACTUS-ohjelman organisaatio muodostettiin aiemmissa teknologiaohjelmissa toteutettujen

mallien mukaiseksi. Johtoryhmän muodostivat ohjelman alun perin 11 ja vuodesta 1997 lähtien 9 teollisuuden rahoittajaosapuolen edustajaa ja Tekesin edustajat (liite 2).

Vuoden 1996 lopussa ohjelmalle nimettiin osa-aikainen koordinaattori, (FL Kari Edelmann, VTT Energia). Hänen tehtävänä on mm. johtoryhmän apuna kartoittaa tutkimustarpeita ja valmistella uusia hankkeita, edistää ohjelman tutkijaverkoston käyttöä erityisesti yrityshankkeissa, kehittää tutkimuslaitosten välistä yhteistyötä, toimia johtoryhmän apuna valmistelu-, tiedotus- ym. tehtävissä.

Ohjelman tutkimushankkeet jaoteltiin vuonna 1998 neljään osa-alueeseen, joille kullekin muodostettiin teollisuuden edustajista ja asiantuntijoista koostuva ohjausryhmä (liite 2). Aiempien kokemusten perusteella ohjausryhmien arvioitiin oleellisesti helpottavan Tekesin hankekohtaista ohjaustyötä. Ryhmiin 1 ja 2 hankkeita tuli suuri määrä (10 ja 13) laajalta aihealueelta ryhmien 3 ja 4 voidessa keskittyä oleellisesti suppeampaan joukkoon (5 ja 3 hanketta). Ohjelmaan liitettyjen yrityshankkeiden ohjaaminen ei sisällynyt ohjausryhmien toimenkuvaan.

Kullekin osa-alueelle nimettiin vuonna 1998 lisäksi johtavat tutkijat, joiden tehtävänä oli mm. toimia koordinaation apuna eräänlaisina osa-alueidensa ”työnjohtajina” ja kehittää uusia toimivia tutkijaryhmiä ja tutkimushankkeita.

2.3 CACTUS-ohjelman tavoitetutkimus- ja yrityshankkeet

Ohjelmassa on rahoitettu 30 julkista ja 18 yrityshanketta. Julkisten tutkimushankkeiden kokonaiskustannukset ovat vuosina 1996–1999 olleet 52,6 miljoonaa markkaa, josta Tekesin tutkimusrahoituksen osuus on ollut noin 33,2 miljoonaa ja teollisuuden sekä tutkimuslaitosten rahoituksen osuus yhteensä 19,4 miljoonaa. Luottamukselliset

yrityshankkeet mukaan lukien ohjelman kokonaiskustannukset nousevat 103 miljoonaan markkaan, josta Tekesin rahoitusosuus on yhteensä 54,9 miljoonaa markkaa.

Ohjelmaan liitetyistä yrityshankkeista on luottamuksellisesti raportoitu johtoryhmälle ja osin suppeasti vuosiseminaariraporteissa.

Seuraavassa on tiivistelmä kunkin osa-alueen rakenteesta. Tutkimushankkeiden esittely ja arviointi esitetään liitteessä 1.

2.3.1 Haitta-aineiden erotus- ja käsittelytekniikat

10 julkista tutkimushanketta, (ks. liite 1)

- LTKK (6 kpl), VTT (3) ja Hämeen Ympäristökeskus.

Julkisten hankkeiden rahoitusvolyymi 14,3 Mmk, josta Tekes-rahoitus 10,7 Mmk

Johtava tutkija: prof. Marianne Nyström, LTKK

9 yrityshanketta (ks. liite 1)

2.3.2 Mittaustekniikka ja prosessikemia

13 julkista tutkimushanketta

- TKK (4 kpl), LTKK (2) VTT (2), Åbo Akademi (2), Oulun Yliopisto/Kajaanin kehittämiskeskus (2) ja Jyväskylän yliopisto

Julkisten hankkeiden rahoitusvolyymi 22,7 Mmk, josta Tekes-rahoitus 13,9 Mmk

Johtavat tutkijat: Prof. Heikki Koivo, TKK ja Prof. Bjarne Holmbom, ÅA

5 yrityshanketta

2.3.3 Prosessin mallinnus ja simulointi

5 julkista tutkimushanketta

- VTT

Julkisten hankkeiden rahoitusvolyymi 10,5 Mmk, josta Tekes-rahoitus 6,2 Mmk

Johtava tutkija: PhD Sakari Kaijaluoto

2 yrityshanketta

2.3.4 Konsentraattien loppukäsittely

3 julkista tutkimushanketta

- VTT (2 kpl) ja LTKK

Julkisten hankkeiden rahoitusvolyymi 4,1 Mmk, josta Tekes-rahoitus 2,3 Mmk

Johtava tutkija: PhD Paterson McKeough, VTT Energia

1 yrityshanke

3 Ohjelman tavoiteasettelun tarkoituksenmukaisuus

Ohjelman yleistavoitteet ovat metsäteollisuusklusterin yritysten kannalta ilmeisen pysyviä (liikelle-panevana voimana kustannussäästöjen saavuttaminen, kilpailukyvyyn kasvattaminen ja vaurautuminen tulevaisuuden – laiteomittajien osalta jo nykyisiin – haasteisiin) ja siten edelleen ajan-kohtaisia. Kuitenkin, jos ohjelman rahoitusta mahdollisesti jatketaan, kaikilla sen tutkimusalueilla tarvitaan uutta fokusointia ja jaottelua joko julkisesti tai yritysten kesken.

Käynnistettäessä ohjelma oli sitä *rahoittaville yrityksille* ajankohtainen ja pääosa johtoryhmän jäsenistä piti ohjelman yleistavoitteita edelleen ajankohtaisina. Pelkästään ohjausryhmien jäsenenä toimivat olivat tässä suhteessa kriittisempiä eräiden ollessa jopa sitä mieltä, etteivät tavoitteet alun perinkään olleet teollisuuden kannalta kovin merkityksellisiä. Eräiden johto- ja ohjausryhmien jäsenten mukaan heidän yrityksissään on ohjelman ulkopuolella suoritettujen yrityksen omien tutkimusten ja myös käytännön tuloksien päästy jo osin pidemmälle kuin mihin käynnissä olevat CACTUS-hankeet vuoden 1999 loppuun mennessä tulevat pääsemään. Toisaalta CACTUS- hankkeissa saatujen tulosten sanotaan useassa tapauksessa tuoneen tervetulleeseen vahvistuksen yrityksen omille tutkimustuloksille, käsityksille tai havainnoille.

Pääosa *tutkimuksen suorittajista* (tutkimushankkeiden vastuullisista johtajista) piti tutkimuskohteita ja -hankkeita omien strategioidensa mukaisina ja siten ilmeisesti edelleen merkittävänä. Varsinkin korkeakouluissa hankkeet ja niiden tutkijat ovat kuitenkin (jatkuvuutta edustavia professoreita lukuun ottamatta) miltei pääsääntöisesti aihepiirinsä ainoita tutkimusresurssseja. Voitaneen kysyä, miten hyvin näin saatu osaaminen käytännössä säi-

lyy ja kumuloituu tutkimusryhmässä, kun tutkijoina toimivat opiskelijat siirtyvät valmistuttuaan yleensä muualle?

Haastateltujen johto- ja ohjausryhmien jäsenten mukaan ohjelmassa tehdään suurelta osin yritysten kannalta sisällöllisesti oikeita asioita. Kuten liitteen 1 projektikohtaisista yhteenvedoista käy ilmi, *kaikkien tutkimushankkeiden tavoitteet eivät kuitenkaan ole yhteneviä ohjelman tavoitteiden kanssa*. Erityisesti ohjelmaan sen alkuvaiheessa liitetyissä opinnäytetoissa alkuperäiset tavoitteet ovat säilyneet muuttumattomina (mikä on tietysti luonnollista tutkija-opiskelijan lähimmän tavoitteen – valmistumisen – kannalta). Tähän johtoryhmä on puuttunut kokouksessaan 20.1.1999: *”väitöskirja ei voi olla primääri tavoite”*, mutta tämä huomautus ei myöhäisen ajankohtansa vuoksi ole enää ehtinyt vaikuttaa tavoiteasetteluun. Rahoittajat kiinnittivät huomiota myös siihen, että opinnäytetöinä toteutettavien hankkeiden alkuvaiheessa aikaa ja resurssseja käytetään varsin paljon ennestään tunnettujen asioiden tekemiseen, ennen kuin tutkijan oman tiedon taso on riittävän korkea itse tutkimuksen tekemistä varten.

Kansainvälisesti CACTUS-ohjelman tavoitteita voi pitää korkeina muttei ainutlaatuisen haasteellisina. Keski- ja Etelä-Euroopassa paperi- ja kartonkiteollisuus on jo perinteisesti joutunut toimimaan esimerkiksi vedenkäytön suhteen paljon suomalaisia niukemmin resurssien ja käyttämällä varsin konventionaalisia tekniikoita. Samoin Pohjois-Amerikassa tehtävän tutkimuksen tavoitteena on jo pidemmän aikaa ollut vesikierron täysin suljettu tehdas. Nykyistä sisäisesti puhtaampi ja paremmin hallittu prosessi on ta-

voitteena kuitenkin varsin haasteellinen ja siinä ilmeisesti suomalainen tavoite on kansainvälisestikin korkeatasoinen. Ohjelman toteuttaminen koko kotimaisen klusterin yhteisenä hankkeena (julkinen ja yritysten tutkimus, metsäteollisuus, laite- ja

kemikaalitoimittajat) varsin avoimen tiedonvaihdon ja yhteisprojektien avulla on myös kansainvälisesti haasteellinen, tunnustusta ansaitseva toiminnallinen tavoite.

4 Millaisia tuloksia CACTUS-ohjelma on tuottanut?

Kuten edellä kohdassa 2.1 on mainittu, CACTUS-ohjelman päätavoitteena on tuottaa tutkimusalueelta uutta soveltamiskelpoista osaamista. Rahoittajien edustajat mieltävätkin CACTUS-ohjelman julkiset hankkeet ”suureksi oppimisprosessiksi”, jossa suhteellisen pienellä omalla panostuksella saatiin liikkeelle suuri tutkijajoukko.

Vaikka CACTUS-hankkeet kattavat määritellyn tutkimusalueen vain osittain, koetaan, että ohjelman tuottama tieto on merkittävästi selvittänyt asioiden riippuvuussuhteita, kohottanut yritysten omaa tiedon tasoa ja auttanut hahmottamaan kiertovesijärjestelmän ja koko prosessin sulkemisen ongelmia. Näin on tapahtunut niissäkin yrityksissä, jotka ovat jo pidempään harrastaneet tämän aihealueen tutkimusta.

Pääsääntöisesti ohjelma on toistaiseksi tuottanut ”erilaista tietojen yhteenvetoa, joka on jo ehtinyt muuttaa yrityksen henkilöstön näkemyksiä ja antaa mahdollisuuden ymmärtää asioita uudella tavalla”. Ohjelman tulokset ovat myös toisaalta vahvistaneet ja toisaalta osoittaneet vääriksi eräitä aiempia oletuksia. Tältä osin ohjelman julkisten hankkeiden voidaan katsoa saavuttaneen alkuperäisen tavoitteensa.

Johto- ja ohjausryhmien jäsenten haastatteluissa nousi esille myös ohjelman aikana syntyneitä uusia tavoitteita. Esimerkiksi *riskianalyysit* voitaisiin toteuttaa: mitä ongelmia uudet tekniikat saattavat aiheuttaa. Samoin voitaisiin tutkia, millaisilla *konsepteilla* veden käytön väheneminen voitaisiin käytännössä toteuttaa – mukaan lukien prosessien ja osaprosessien väliset ja sisäiset kytkennät, käytettävät prosessi- ja puhdistuslaitteet ja ajotavat, raaka-aineiden, veden ja energian käyttö. *Tällaisiin kysymyksiin ja tavoitteisiin käynnissä olevat ohjelman hankkeet eivät vielä tuota valmiita vastauksia.* Toisaalta on voitu osoittaa konsepteja, jotka eivät toimi aiemmin arvellulla tavalla.

Merkittäväksi tulokseksi voidaan katsoa myös taselaskentatyökalujen kehittäminen käytännön työssä sovelluskelpoisiksi. Näitä on useassa rahoittajayrityksessä jo käytetty paitsi kiertovesijärjestelmän myös koko prosessin tasetarkasteluihin ja jopa investointisuunnittelun työkaluna.

Ohjelma on myös osoittanut pitkäaikaisen yhteistyön hyödyllisyyden klusterin yritysten kesken: yhdessä voidaan päästä pidemmälle kuin pelkästään omien projektien tuloksilla.

Ohjelman aikana on toteutettu myös eräitä demonstraatiohankkeita, joissa on esimerkiksi samanaikaisesti vähennetty sekä kylmien että kuumien vesien käyttöä. Ohjelman tuloksena on siten löydetty myös käyttökelpoisia ratkaisuja. Osa näistä on johtanut pysyvään käyttöön (esimerkiksi *jäähdytystornin* käyttö StoraEnson tehtaalla). Erään johtoryhmän jäsenen kommenttia lainataksemme ”*varsinaisia keksintöjä saadaan myöhemmin; nyt on saatu aikaan niitä ajava voima (driving force)*”.

Hankekohtaisia tuloksia esitellään liitteen 1 yhteenvedoissa.

Tutkimuksen tekijöille useimmat hankkeet tuottivat ilmeisesti käyttökelpoista tietoa ja osaamista, mikä kuitenkin yleensä liikkuu ao. henkilöiden mukana. Yhteistyö korkeakoulujen ja tutkimuslaitosten välillä on kasvanut, ja sen seurauksena on mm. siirretty analyysiosaamista tutkimusryhmästä toiseen, jolloin tiedon taso on noussut ja tutkimustulosten vertailukelpoisuus parantunut.

Tutkimusta rahoittaville yrityksille vain varsin pieni osa julkisista hankkeista on toistaiseksi tuottanut suoraan soveltamiskelpoista tietoa. Eräs merkittävimmistä ja useimpien haastateltujen esille ottamista on VTT:n kehittämä, tosin vielä viimeistelyä vailla oleva, BALAS-taselaskentaohjelma (PMST 03). Pääosa haastatelluista

rahoittajayritysten edustajista mainitsi yrityksensä saaneen ohjelman hankkeista kuitenkin käyttökelpoista ja hyödyllistä tietoa.

Menestyksekkäistä julkisista hankkeista voidaan nostaa esille myös esim. LTKK:n nykyvaiheessa jo konseptikehittelyn alkuasteelle ennättänyt projekti EKT 02 ”Rasvaliukoiset uuteaineet ja kiintoainetappiot mekaanisen massan katkaisupesussa” ja TKK:n projektit MPKT 04 ja -08 ”Dynaamisen kemiallisen tilan mallintaminen paperikoneen yksiköoperaatioissa”, joissa pH:n säätöjärjestelmä ja kalsiumin käyttäytymisen mallinnus on toteutettu käytännön oloissa Kaipolan PK7:llä. Prosessin ajettavuustekijöiden hallinnan kannalta merkittävää on line -mittaustekniikkaa on toteutettu esimerkillisenä VTT:n ja KCL:n välisenä yhteistyönä hankkeissa MPKT 10 ja MPLY 02.

Eräiden kriittisempien ohjausryhmien jäsenten mukaan ”*Osa ohjelman hankkeista on unohtanut alkuperäisen tavoitteensa.*” ja ”*Joissakin tutkimuksissa on saavutettu hienoja tuloksia ilman taloudellista pohjaa*”.

Koska eräissä hankkeissa on vasta saatu valmiiksi koelaitteistoja, voidaan näistä saada syvällisempää tutkimustietoa vasta tulevaisuudessa, mikäli tutkimusta jatkorahoitetaan. Tällaisia ovat mm. VTT Energian koehallimitan PDU-haihdutuslaitteisto (KLT 01) ja KCL:n kiertovesisimulaattori (MPKY 01). Sama pätee joihinkin muihinkin hankkeisiin: on vasta perehdytty uuteen aihepiiriin ja uutta tietoa saadaan mahdollisesti myöhemmin. Ellei vielä keskeneräisiin projekteihin kiinnitetä riittävää huomiota ja tarpeen mukaan tueta niitä riittävästi, on vaarana, että jo sijoitettu huomattava henkinen ja taloudellinen pääoma menetetään tai se on valumassa hukkaan.

4.1 Konkreettiset tulokset: tuotteet ja palvelut?

Varsinaisia konkreettisia tuotteita tai palveluita ei CACTUS-ohjelman julkisissa hankkeissa ole juurikaan aikaansaatu – BALAS-taselaskentaohjelmaa ja sen käyttäjäkoulutusta ja edellä mainittuja

esimerkkejä lukuunottamatta. Tämä on tietysti luonnollista: varsinainen tuotekehitys toteutetaan luottamuksellisemmissa (yritys)hankkeissa. Välillisesti julkisen puolen hankkeiden tuloksia on kuitenkin jo käytetty uusien tuotteiden synnyttämisessä (esimerkkinä edellä mainittu Valmet/Pansion jäähdystystorni).

Vain joillakin korkeakoulujen ja yliopistojen tutkimusryhmillä on resursseja tulosten soveltamistyöhön muuten kuin teollisuuden tilaamina opinäytetöinä (diplomityöt ja pro gradu -työt). Esimerkkinä mainittakoon Åbo Akademin virtausyhtymetriian perustuva pihka- ja hienoaineksen sekä bakteeripesäkkeiden on line -analyysimenetelmä, jonka viimeistely on vaakalaudalla resursien niukkuuden vuoksi.

Julkisten hankkeiden tulokset johtavat harvoin patenteihin, koska taloudelliset resurssit ovat yleensä niukkoja eivätkä julkiset CACTUS-hankeet – paria lukuun ottamatta – tee tässä suhteessa poikkeusta.

4.2 Mitä alun perin odotettua jäi saamatta?

Kun väliarviointivaiheessa ohjelman suorituksesta jäljellä on vielä noin puolen vuoden mittainen jakso, on – jo päättäneitä projekteja lukuunottamatta – ehkä liian varhaista sanoa, mitä ohjelmasta lopulta jää saamatta.

Merkittävin selvittämättä jäävistä asioista on epäilemättä *kiertojen sulkemisen vaikutukset retentioon ja paperin laatuun*. Tekesin keskeytettyä TKK:n hankkeen (MPKT 01) rahoituksen vuonna 1998 vain Åbo Akademin hankkeessa (MPKT 13) ja VTT BEL:n hankkeessa (EKT 06) on tehty tähän liittyvää työtä. KCL:n kiertovesisimulaattorihanke ei myöskään ole edistynyt niin nopeasti, että se voisi ohjelman aikana tuottaa tällaista tietoa (jos se edes soveltuu siihen, sillä simulaattorin ”rainain” ei tuota varsinaisesti paperirainaa). Aivan puhtaasti laboratoriomitassa tehtävät koheet eivät kuitenkaan voine liian yksinkertaistetuina tuoda vastauksia näihin kysymyksiin.

Julkisten hankkeiden tuloksista puuttuvat pääosin *toteutettavuus- ja kustannustarkastelut*. Niitä tutkijoiden lienee kuitenkin käytännössä mahdotonta arvioida ilman teollisuudelta saatavia reunaehtoja ja apua.

Sinänsä useiden vastaajien käyttökelpoiseksi ja hyödylliseksi arvioimasta BALAS-taselaskentaohjelmasta jää puuttumaan alun perin mukaan kaaavailtu dynamiikka (ohjelmaan sisältyy vain ”säilödynamiikka”, s.o. pinnankorkeuksien vaihtelu). Mallinnus- ja simulointihanke on ehkä eniten jakanut haastateltujen mielipiteitä. Useiden mielestä varsin pienillä henkilöresursseilla tehtävä kehitystyö on ollut odotettua hitaampaa ja viimeistely on jäänyt puutteelliseksi. Simulointia kehittävien tutkijoiden eri ”koulukuntien” (staattinen vs. dynaaminen) välillä on myös ilmeisiä näkemyseroja.

On line -analytiikan ja simuloinnin yhteen sovitaminen jää pääosin toteutumatta nykyisen ohjelman hankkeissa. Poikkeuksena on TKK:n säätötekniikan laboratorion hanke MPKT 04, jossa dynaaminen reaktiokinetiikan simulointi tapahtuu rinnan kalsiumin on line -seurannan kanssa tuotantokoneella.

Entsyymitekniologia on viimeisten vuosien aikana ollut eri puolilla maailmaa erittäin vilkkaan tutkimustoiminnan kohteena usealla eri alalla. Paperinvalmistuksen alalla on sovelluksia jo vedenpoiston edistämiseksi ja mikrobiologiassa. Entsyymitekniikan odotettua, CACTUS-aiheisiin liittyvää läpimurtoa ei kuitenkaan vielä ole saavutettu. Tutkimukselle myönnettiin keväällä 1999 huomattava jatkorahoitus (EKT 10).

5 Ohjelman (seurannais)vaikutukset

Ohjelman tuottama tieto antaa mahdollisuuden ymmärtää aihealueen asioita uudella tavalla ja siten vähitellen muuttaa aiempia käsityksiä. Suuria teknologiahyppyjä ei ole julkisissa hankkeissa saavutettu millään ohjelman tutkimusalueella. On siten liian varhaista arvioida ohjelman vaikutuksia edes klusterin sisällä saati laajemmin. Konkreettisia vaikutuksia on kuitenkin jo nyt nähtävissä yksittäisissä tuotantolaitoksissa, joissa ohjelman demonstraatiohankkeita on toteutettu tai tekniikoita on kokeiltu. Niiden merkitys saattaa olla suuri: jos vaikutukset osoittautuvat positiivisiksi myös pidemmällä aikavälillä, uuden tekniikan kysyntä kasvaa nopeasti myös muissa tuotantolaitoksissa.

5.1 Ohjelman (tulosten) antamat mahdollisuudet?

Tulosten perusteella lienee mahdollista tehdä konseptipäätelmiä (”suomalaisia sovellusmalleja”, joiden perusteella tehtaot uskaltaisivat toteuttaa investointipäätöksiä ja laiterakentajat uusia laitteita). CACTUS-ohjelman nykyvaiheessa ei tällaisia kuitenkaan tultane tekemään.

- Ohjelmassa kootun tiedon ja osaamisen hyväksikäyttäminen voi toisaalta auttaa oikeiden päätösten ja toisaalta vähentää virheellisten päätösten tai oletusten tekemistä teollisuudessa (olettaen että tieto voidaan omaksua).
- Ohjelman osanottajien väliset, oman aktiivisuuden perusteella toimivat henkilöverkostoyhteydet vaikuttavat samalla tavoin.
- Yhdessä tekeminen ja kokonaisuuksien tarkastelu yhteisellä foorumilla voi johtaa pidemmälle kuin omat hankkeet.
- Useat tutkimuksen kohteina olevat menetelmät ja tekniikat (esimerkiksi entsyymaattiset käsitteilyt, uudet mittaustekniikat) tulevat onnistuessaan avaamaan todennäköisesti merkittäviä uusia keinoja prosessin hallintaan.

5.2 CACTUS-ohjelman heikkoudet

CACTUS-ohjelma muodostaa nykyisellään laajan ja heterogeenisen tutkimuskentän. Teollisuuden kannalta tutkimus tuntuu hidasliikkeiseltä. Suuri osa tutkimuksesta toteutetaan kuitenkin jatko-opinnäytetöinä, joilla on välittömien CACTUS-ohjelman tavoitteiden lisäksi myös muita (opetuksellisia) tavoitteita.

Teollisuuden eri osanottajien ja tutkijoiden todellinen vuorovaikutus jää monissa hankkeissa vähäiseksi erityisesti työn kannalta oleellisessa määrittelyvaiheessa, jolloin tutkijat eivät helposti pääse selville yritysten tarpeista ja toivomuksista. Tällöin aiheutuu ongelmia myöhemmässä vaiheessa. Rahoittajien mielestä monet korkeakouluhankkeet näyttävät keskittyvän vain akateemisten meriittitöiden tuottamiseen.

Teollisuudessa ohjelman ohjaajat/seuraajat joutuvat osallistumaan työhön oman toimensa ohella, jolloin tämä edellyttää suurta henkilökohtaista asianharrastusta – osin myös työajan ulkopuolella.

5.3 Suurimmat riskit?

Suurimmat mahdollisuudet ovat hankitun tiedon ja osaamisen kannalta myös suurimpia riskejä. Riskit lienevät suurempia laite- ja kemikaalivalmistajien kannalta:

- Yhteisissä, varsin avoimesti raportoiduissa hankkeissa oleva tieto on myös (ulkomaisten) kilpailijoiden saatavilla – tosin (vain hieman) viivästetyssä muodossa mutta ilmaiseksi – ja ulkomaiset laitevalmistajat voivat muuntaa sen tuotteiksi. Toisaalta suomalaisissa toimittajissa on varsin vähän tällaisen tiedon hyödyntäjiä (vaatii paljon aikaa ja energiaa kehittää tieto todelliseksi tuotteiksi tai palveluiksi).

- Ohjelman aikana tuloksista ei ehkä ehditä seuloa ratkaisuja vaan ne jäävät mappeihin. Saadaanko tulosten perusteella todella aikaiseksi konsepteja, joihin paperi-, laite- ja kemikaaliteollisuus olisi valmis investoimaan?
- Kehitettävät menetelmät saattavat leimautua parhaaksi saatavilla olevaksi (BAT) tekniikaksi jo ennen kuin on voitu varmistaa saadun tiedon oikeellisuus (ettei esimerkiksi sen perusteella sulpusta pestä pois lopulta paperinteon kannalta tärkeitä, oleellisia komponentteja) ja selvittää energia- ja vesiteknologioiden tekniset vaikeudet, lastentaudit ja kustannukset.

5.4 Verkostoituminen ja työnjako

Useimpien tutkijoiden mielestä muodostui hyödyllisiä verkostoja, erityisesti tutkimuslaitosten ja yliopistojen välillä. Tällaisen toiminnan tuloksena on mm. monistettu toisen osapuolen osaamista omalle laitokselle (kemian analytiikkaa yms.),

mikä on hyödyllistä esimerkiksi tulosten vertailukelpoisuuden kannalta. Verkostoituminen ja yhteistyö on jossakin määrin kriittistä ”henkilökemioiden” vuoksi: saman tutkimuslaitoksen sisällä toimivat tutkijat eivät välttämättä sovi samaan verkkoon.

Myös teollisuuden edustajat kokivat tutkijayhteyksien verkoston oman yrityksensä henkilökuntaa stimuloivina ja hyödyllisinä. Kovin runsaasti tällaisia uusia ”verkkoyhteyksiä” ei kuitenkaan muodostunut.

Työnjako eri tutkimusryhmien välillä näyttää kohtuullisen hyvältä; yhteistyö vaikuttaa toimivalta eikä päällekkäistä työtä tehdä merkittävässä määrin. Johtavat tutkijat eivät kuitenkaan ole pystyneet kokoamaan alueidensa sisäisiä tutkijaryhmiä, jotka suunnittelisivat ja toteuttaisivat projekteja yhdessä. Ryhmät olisivat voineet vahvistaa osaamistaan yhteisen rahoituksen turvin. Näiltä osin ohjelman toiminnallisia tavoitteita ei ole täysin saavutettu.

6 Tiedonsiirto ja sen tehokkuus

Tutkijat ja rahoittajat ymmärtävät CACTUS-ohjelman luonteen ilmeisesti hieman eri tavoin. Tutkijat pitävät sitä tieteellisenä tutkimusohjelmana, kun taas rahoittajat odottavat siltä enemmänkin konkreettisia, soveltamiskelpoisia teknisiä tuloksia. Tämä näkemusero heijastuu selvästi hankkeiden tavoitteisiin, raportointiin ja sitä koskeviin odotuksiin. Tässä arvioinnissa ei oteta kantaa hankkeiden ja raportoinnin tieteelliseen tasoon ja sisältöön.

6.1 Raportointi, seminaarit yms.

Tutkimusten edistymisen seuraamiseksi hankkeet raportoivat määrääjain kirjallisesti Tekesille sekä suullisesti tai kirjallisesti ohjausryhmien järjestämissä yleisissä raportointitilaisuuksissa, joissa tutkijat ovat henkilökohtaisesti esitelleet töitään, saatuja tuloksia ja lähitulevaisuuden suunnitelmiaan. Kerran vuodessa on järjestetty avoin yleisseminaari, jossa johtavat tutkijat ovat esittäneet koosteet eri aihealueilla saaduista tuloksista. Tutkijoilla on näissä seminaareissa ollut tilaisuus esitellä omien projektiansa tilaa ja tuloksia postereissa. Useat tutkijat ovat lisäksi esitelleet tuloksiaan yrityskehittämissä seminaareissa.

Hankkeet ovat tuottaneet myös tieteellisiä julkaisuja, opinnäytetöitä ja muita raportteja. Julkisista hankkeista on vuoden 1999 puoliväliin mennessä kertynyt runsaasti kirjallista materiaalia. Väliarviointia varten raportteja, väliraportteja ja julkaisuja toimitettiin noin yhden hyllymetrin verran. Osanottajayritykset pitävät saamansa kirjallisen materiaalin määrää suurena, jopa ”ylirunsaana” ja tulosten tulkintaa sen perusteella vaikeana.

Useimmat haastatellut teollisuuden edustajat sanoivat, että ”nyt saadut, ’siististi mapitetut paksut niput’ jäävät helposti lukematta ja tieto on sellaise-

naan aivan liian tiivistämätöntä ja fokusoimatonta edelleen jaettavaksi”. Johtoryhmä onkin 20.3.1999 huomauttanut, että raporteissa olisi sen mielestä pitänyt kiinnittää ”enemmän huomiota tulosten esittämiseen”, ja esittänyt, että hedelmällisen vuorovaikutuksen syntymistä helpottaisi muun raportoinnin ohella executive-tyyppiset yhteenvedot, joista kävisi ilmi kysymysten asettelu, pääasialliset tulokset, johtopäätökset ja jatkosuunnitelmat.

Tutkijat tuntevat kuitenkin pääsääntöisesti vain akateemisen, tieteellisen raportointikäytännön: seikkaperäinen selostus (tausta, tavoite, toteutus, mittaustulokset, diskussio) keskittyy valtaosin tekemisen ja välittömien mittaustulosten esittelyyn. Tieteellisen raportin tulee olla myös itsenäisenä ymmärrettävissä oleva kokonaisuus, mikä lisää raporttikohtaisesti esitettävän asian määrää. Harvemmin tarkastellaan mittaustuloksista tehtyjen johtopäätösten merkitystä tiedon teolliskäyttäjän kannalta tai esitetään omia näkemyksiä ”mitä tämä voi merkitä”. Taloudellisia tarkasteluja ei juurikaan (osata) tehdä, ei myöskään osata tiivistää eikä fokusoida raportoitavaa tietoa oikeaan asiaan eikä ohjelman tavoitteisiin – kyseinen ongelma koskee sekä uusia että vanhempia tutkijoita.

Teollisuuden kannalta tarkoituksenmukaista, oleelliseen tiivistettyä raportointitapaa olisikin syytä aktiivisesti opettaa tällaisten teknologiaohjelmien tutkijoille. Kun esimerkiksi useimmat opinnäytetöinään tutkimusta suorittavat siirtyvät myöhemmin teollisuuteen, he joutuvat viimeistään siellä opettelemaan tiivistämisen. Sen sijaan taloudellisen tarkastelun opetteleminen ilman teollisuuden reunaehtojen tuntemusta voi olla vaikeampaa, yksinkertaisimpia (yksikköprosessien ominaiskulutus tai -kustannustyyppisiä) tilanteita lukuun ottamatta.

Vain harvoissa selosteissa on tuloksia tai havaintoja peilattu muualla saatuihin tutkimustuloksiin. Kuitenkin huomattava määrä ”CACTUS-aihepiirin” töitä on vuosina 1996–1999 julkaistu ammattikirjallisuudessa (useat niistä saksankielisiä, Keski-Euroopan oloihin ja ongelmiin liittyviä).

6.2 Väliraportoinnista

On tarpeellista ja yleisesti hyväksyttyä, että mahdollisen jatkorahoituspäätöksen ajankohdan lähes työssä kirjoitetaan väliseloste. Sen sijaan aluksi verkkaisesti tuloksia tuottavissa tutkimushankkeissa useat tutkijat kokevat toistuvan, ”lähes saman asian” väliraportoinnin hermostuttavaksi ajanhukaksi. Tällaiset ”raporttikloonit” ovat turhauttavia ja arvottomia myös kiireisten lukijoiden kannalta. Tutkijat haluaisivat mieluiten raportoida tiettyihin kokonaisuuksiin tai merkittäviin kiinnepisteisiin liittyvät tulokset vaiheista, jotka myös sidosryhmien kannalta ovat mielekkäitä. Tällaiseen järjestelytoivomukseen on helppo yhtyä, suohan se hyvän vertailukohdan myös aikanaan laadittuihin suunnitelmiin sekä aika- että tulosasteikolla ja kertoo resurssien käyttötavasta ja -tehosta.

6.3 Tiedonsiirron kaksisuuntaisuudesta

Vuorovaikutus teollisuuden ja tutkijoiden välillä on oleellista, jotta tutkijat pystyisivät ymmärtämään teollisuuden problematiikkaa. Tämän toivat esille eräät ohjausryhmien jäsenistä mainitessaan,

että teollisuuden pitäisi myös kriittisesti tarkastella omaa tiedonvälitystään tutkijoille. Kun varsinkaan korkeakoulujen tutkijat eivät ole kovin pitkäaikaisessa työsuhteessa, teollisuus kutsuu neuvonpitoihin usein mieluummin ”pysyvää asiantuntemusta edustavat” professorit tai esimiehet. Tutkija jää ilman suoraa kontaktia ja vaikutelmia teollisuuden näkökannoista. Jos professori tai esimies vielä raportoi ohjausryhmällekkin jää tutkija tukevasti irti ”arkipäivän realismista”.

6.4 Suosituksia

Tutkimushankkeita käynnistettäessä tulisi nykyistä selvemmin – vaikkapa sopivan mallin kera – esittää raportointia eri kohderyhmille koskevat vaatimukset.

Tutkijoille tulisi järjestää – joko oppilaitoksissa tai teknologiahankkeiden yhteydessä – koulutusta tai opastusta tiedon tiivistämisessä ja raportoinnissa, mielusti yhteistyössä yritysosaapuolten kanssa. Tutkijalle ei ole itsestään selvää, mikä tieto on teollisuuden kannalta oleellista.

Väliraportointikäytäntöä voidaan ehkä muuttaa siten, että varsinainen väliseloste tehdään vuosittaisen rahoitushaun yhteydessä ja muulloin tutkimuksen kannalta oleellisten, tutkimussuunnitelman mukaisten kiinnepisteiden tai kokonaisuuksien saavuttamisen yhteydessä. Ohjausryhmän mahdollisesti esittämiä muita, perusteltuja raportointipyynnöitä on luonnollisesti noudatettava.

7 Rahoituksesta ja tutkimusvarojen käytöstä

Tekesin antamien tietojen mukaan CACTUS-ohjelman julkisten hankkeiden volyyymi on vuosina 1996–1999 noin 52 miljoonaa markkaa, josta julkista rahaa on noin 33 miljoonaa markkaa ja teollisuuden osuus on 19 miljoonaa markkaa.

CACTUS-ohjelmaa rahoittavat yritykset ovat vuosittain rahoittaneet julkisia hankkeita johtoryhmätoiminnan kautta noin 250 000 markalla yritystä kohden, mitä useimmat haastatelluista teollisuuden edustajista pitivät varsin kannattavana sijoituksena. Erään kommentin mukaan: ”Rusinoiden hinnalla saatiin koko pulla”.

CACTUS-ohjelma mielletään ”suureksi oppimisprosessiksi”, johon suhteellisen pienellä omalla panostuksella saatiin liikkeelle suuri tutkijajoukko. Eräät johto- ja ohjausryhmien jäsenistä mainitsivat yrityksensä tiedon tason näissä asioissa nousseen roimasti.

Teollisuuden saamat tulokset ovat kuitenkin vaikeasti arvotettavissa; suoraa konkreettista hyötyä on saatu tai tultaneen saamaan varsin vähän. Eniten saivat ne yritykset, joilla oli toisaalta riittävästi asiantuntevia henkilöresursseja panostettavaksi tutkimusten seurantaan ja jotka toisaalta olivat jo aiemmin tehneet työtä ko. alueella, jolloin ne ohjelman suunnitteluvaiheessa pystyivät saamaan mukaan omalta kannaltaan mielekkäitä hankkeita.

Kun ohjelmaan ”adoptoitiin” myös alun perin yrityshankkeina käynnistyneitä projekteja, ei ero CACTUS-ohjelman julkisten ja yrityshankkeiden välillä näytä olevan aivan selvä edes kaikille ohjausryhmien jäsenille. Jonkin verran kritiikkiä saatiinkin siitä, miksi tieto kaikista hankkeista ei kulje kaksisuuntaisesti, vaikka yrityshankkeiden raportointikäytännöstä on sovittu jo ohjelman käynnistysvaiheessa. Yrityshankkeiden tutkijoilla on ollut tilaisuus osallistua julkisiin ohjausseminaareihin

ja eräissä tapauksissa on myös yrityshankkeiden (”liitännäisprojektien”) edistymistä seurattu julkisesti.

Rahoituksen volyyymi ja yritysten osuus siitä ei myöskään ole aivan selvä edes kaikkien johto- ja ohjausryhmän jäsenille, mikä osaltaan heijastuu heidän ohjelman tuloksia ja hyödyllisyyttä koskeviin arvioihinsa.

Korkeakouluissa opinnäytetöinä tehtävä tutkimustyö on periaatteessa edullisempaa kuin tutkimuslaitosten usein kokeneemman, kiinteäpalkkaisen henkilökunnan suorittama. Opinnäytetöinä tehtävissä töissä (yleensä) aloitteleva tutkija joutuu kuitenkin käyttämään tutkimuksen alkuvaiheessa suuren osan ajastaan ao. ongelman ”perusasioiden opetteluun”, jolloin ”tehollinen” tutkimus saattaa alkaa vasta huomattavan ajan kuluttua hankkeen käynnistämisestä. Varsin monessa hankkeessa tutkija on ollut työn ainoa henkilöresurssi, jolloin työn etenemistä olisi ehkä voitu jouduttaa sopivan apu-työvoiman käyttämisellä; kaikilla tutkimusryhmillä tähän ei kuitenkaan ole ollut mahdollisuuksia.

Korkeakoulut potevat myös kroonista laite- ja tarvikkehankintavarojen puutetta, mikä hidastaa työtä (*”kun ei ole varaa ostaa venttiiliä, sellainen yritetään tehdä korkeakoulun omalla verstaalla – usein vielä huonolla menestyksellä”*). Tällaisten, ”pienellä rahalla” hoidettavissa olevien esteiden poistamiseen pitäisi yrittää löytää keinoja yhdessä rahoittajien kanssa, sillä tiedon saamisen myöhästyminen saattaa osoittautua tarvikkehankintamenoja kalliimmaksi. Tutkimuslaitoksissa taas työsuhteiset tutkijat joutuvat usein jakamaan aikansa usean projektin kesken, jolloin niiden periaatteessa paremmat resurssit eivät kuitenkaan välttämättä tuota tuloksia nopeammin.

7.1 Olisiko rahoitus voitu käyttää toisin ja saada siten parempia tuloksia?

Periaatteessa kyllä – tähän yritettiin vuonna 1997 suunnatun tutkimushaun avulla. Käytettävissä olleen aikataulun puitteissa tämä ei kuitenkaan todennäköisesti olisi ollut mahdollista: se olisi edellyttänyt huomattavasti pidempää etukäteissuunnittelua ja voimakasta (teollisuuden) ohjausta jo alkuvaiheessa. Aihealue on ollut varsin vieras myös mukana olleille yrityksille – joitakin poikkeuksia lukuun ottamatta. Tätä kuvaa useissa johto- ja ohjausryhmän jäsenten haastatteluissa esiin tuotu kommentti: *”Oman yrityksen osaaminen on vahvasti kasvanut ohjelman aikana.”*

Ohjelman hankkeissa ovat työskennelleet, jo ennen CACTUS-ohjelman muodostamista, lähes kaikki tämän aihealueen suomalaiset tutkimusryhmät ja on varsin luonnollista, että suuri osa hankkeista on suunnitteluvaiheen vahvan ohjauksen puuttuessa – johtoryhmän pöytäkirjan kannanottoa käyttäksämme: *”tutkijalähtöisiä”*. Ohjelmaan ehdotettuja uusia hankkeita on hylätty varsin reippaasti, mutta ei ehkä ole kuitenkaan pystytty ohjaamaan täysin toivotunlaisten hankkeiden syntymistä. Jo käynnissä olevien tutkimusten uudelleen suuntaaminen on ymmärrettävästi ollut vaikeaa.

Todennäköisesti rahoitus on siten allokoitu niin tehokkaasti kuin se ohjelmaa käynnistettäessä ja ohjelman kuluessa vallinneissa olosuhteissa on ollut mahdollista.

7.2 Rahoitushakemuksista ja -päätöksistä

Tutkijat kritisoivat voimakkaasti Tekesin käytäntöä vuosittaisista rahoituspäätöksistä. Sen vuoksi tutkimuksessa on joka vuosi ennen rahoituspä-

töksen saamista tietty epävarmuuden jakso, mikä vaikuttaa tutkimustyön etenemiseen. Erästä vastuhenkilöä lainataksemme: *”rahoitustilanteesta riippuen tutkimus etenee juosten, kävelen tai ryömien”*. Useimmilla tutkijaryhmillä ei ole käytettävissään rahoituspuskuria, jolla tutkimuksen jatkaminen voitaisiin turvata Tekesin rahoituksen mahdollisesti yllättäen loppuessa tai vähentyessä.

Vuosittain jätettyihin rahoitushakemuksiin ja käytettävissä olevaan rahoitusvolyymiin perustuen CACTUS-johtoryhmä esittää Tekesille suosituksensa hankevalinnan ja rahoitustuen suhteen. Johtoryhmä saattaa myös esittää haetun tuen pienentämistä ja jopa hankkeen karsimista kokonaan Tekesin rahoituksen piiristä. Johtoryhmän esitykset perustuvat kuitenkin hankkeiden raportoituun edistymiseen ja tuloksiin eikä asiallisesti hoidetun hankkeen rahoitusta yleensä katkaista. Tekes tekee yleensä päätöksensä johtoryhmän suosituksen mukaisesti.

Haetun rahoituksen yllättävällä karsimisella voi olla kohtalokas vaikutus käynnissä olevan, aikaisemmin rahoitusta saaneen hankkeen toteuttamiselle jatkossa (tämä koskee varsinkin korkeakouluissa suoritettavia tutkimuksia, joiden rahoitus on suurimmalta osaltaan Tekesin varassa). Karsimispäätöstä tulisikin edeltää uusi, tarkka objektiivinen selvitys tutkimuksen suoritustavasta, tavoitteista ja resurssitarpeista.

Muiden yhteiskunnassa tapahtuvien muutosten myötä myös tutkimusrahoitus näyttää olevan muuttumassa ja tämä asettaa aiempaa suurempia vaatimuksia myös tutkijoille: *”Tutkimuslaitos on nykyisin myyjä ja Tekes (ja muut rahoittajat) ostaja. Myyjän pitää osata tehdä ja myydä ostajaa miellyttävä tuote: tässä tapauksessa tutkimusprojekti ja sen suoritus.”* Tuotteen miellyttävyyteen vaikuttaa luonnollisesti siihen valittu, mahdollisimman pätevä tutkija tai tutkijat.

8 Ohjelman ohjaus ja hallinto

Kuten edellä jo on mainittu, tutkimushankkeiden tavoitteiden asettelu on varsinkin alussa ollut enimmäkseen tutkijalähtöistä. Huomattava osa tämänkin ohjelman tutkimuksista koostuu opinäytetöistä. Näissä tutkijoiden päätavoitteet ovat tietysti opetuksellisia ja tieteellisiä: tiedonhankkimisen ja tutkimusvalmiuksien sekä tieteellisen raportoinnin oppiminen (metodiikan oppimiseksi itse tutkimusaihe ei ole erityisen tärkeä). Jotta oppinäytetöissä saataisiin aikaan teollisuuden kaipaamia tuloksia, se edellyttää varsin vahvaa ohjauspanosta tutkimusaiheen valinnasta lähtien. Tästä ovat hyvinä esimerkkeinä teollisuusyrityksissä tehtävät diplomityöt: oikein ohjattuina innokkaat nuoret tutkijat tuottavat usein arvokasta perustietoa.

Voidaan kysyä: Mihin hankevaiheeseen ohjauksen ja arvioinnin painopiste pitäisi sijoittaa parhaan hyödyn kannalta? Kuinka paljon aikaa ja vaivaa tulisi varata erityyppisen tiedon analysointiin ohjauspäätösten valmistelussa? Milloin ja miten päätös tulisi tehdä?

Tavoiteasettelu ja siihen liittyvä työn suunnittelu-vaihe lienevät keskeisessä asemassa, jolloin hyödyn kannalta olisi vielä mahdollisuuksia vaikuttaa hankkeeseen ja pohtia sen vaatimaa ohjaamisstrategiaa. Tähän ei johto- eikä ohjausryhmillä näytä olleen ainakaan alkuaikoina mahdollisuuksia – suuri osa hankkeista oli käynnistynyt jo ennen CACTUS-organisaation järjestäytymistä – mutta kovin voimakkaasti eivät johto- ja ohjausryhmät ole hankkeita myöhemminkään ohjanneet. Myöhempi vaikuttaminen on tietysti aina sitä vaikeampaa, mitä pidemmälle hanke on edistynyt.

Hankkeen seurantamenettely tulisi olla tutkijan tiedossa työn alusta alkaen tarpeiden vaatimien konsultaatioiden yms. varalle. Seurantamenettelyyn kuuluvat seurantatiedon analysointimenetelmät ja seurantafoorumi sekä henkilöt, jotka lähinnä vastaavat ohjauksen toteuttamisesta eli ne oh-

jausryhmän jäsenet, joilla on tiettyyn hankkeeseen nähden paras asiantuntemus. Tieto seurantamenettelystä luo pohjaa vuorovaikutukselle, jolla tietotaitoa ja apua tutkimuksen edistymiseen saadaan asiantuntijoilta tutkijalle. Nämä seikat eivät näytä olleen kovin hyvin kaikkien CACTUS-ohjelman tutkijoiden tiedossa.

Koordinaattori, jonka toiminta yleisesti ottaen on ollut hyödyllistä ja saanut tunnustusta osakseen, olisi kenties voinut selvittää näitä puutteita hieman voimallisemmin. Toisaalta myös tutkijat olisivat voineet olla aloitteellisempia koordinaattorin ja ohjausryhmien suuntaan. Johtoryhmä on kommentoinut asiaa – tosin varsin myöhään – kokouksessaan 20.3.1999 toteamalla, etteivät tutkijat aina ole osanneet riittävällä tavalla hyödyntää ohjausryhmien asiantuntemusta huomauttaen, että *”tutkijaryhmien olisi tullut nostaa esiin etukäteen ne kysymykset, joihin he haluavat vastauksia tai kommentteja”*.

Ainoastaan neljä tutkimusryhmää, jotka ovat tunnustaneet nämä puutteet tai halunneet hioa pois ”turhaa kitkaa” työstään, ovat omasta aloitteestaan luoneet itselleen pienempiä, (sidosryhmien) asiantuntijoista koostuvia ”yhteysryhmiä”, joiden jäsenistä yksi tai useampi on saattanut olla myös varsinaisen CACTUS-ohjausryhmän jäsen. Tällaisista ovat erinomaisina esimerkkeinä VTT/ KCL:n projektit MPKT 10 / MPKY 02 ja TKK:n hankkeet MKPT 03, -04 ja -08, joissa päädyttiin omiin hankekohtaisiin ”ohjausryhmiin”, *”koska se on koettu toimivaksi ratkaisuksi kaikissa muissakin projekteissa”* (Koivo). Nämä pienemmät ryhmät näyttävät toimineen vuorovaikutteisesti ja tehokkaasti pyrkiin asetettuihin väli- ja lopputavoitteisiin määrätietoisesti. Periaatteessa muidenkin CACTUS-hankkeiden vastuhenkilöillä pitäisi olla kompetenssia samantasoisena ohjauksen järjestämiseen, mutta useat heistä ovat lähinnä tyytyneet arvostelemaan CACTUS-ohjausryhmänsä toimintaa.

8.1 Johto- ja ohjausryhmien toiminta

CACTUS-ohjelman ohjaus- ja arviointimenettely on luotu vasta ohjelman hankkeiden käynnissä ollessa, jolloin suuri osa johto- ja ohjausryhmien jäsenistä ”istuutui katetun pöydän ääreen”. Vasta vuonna 1997 suunnatun haun periaatteista ja toteutuksesta päätettäessä johtoryhmä on käytännössä voinut vaikuttaa hankkeiden valintaan ja ohjaukseen. Vaikutusmahdollisuudet ovat tällöinkin olleet varsin rajalliset: ohjelmaan oli jo mobilisoitu suurin osa tämän aihealueen Suomessa toimivista tutkimusryhmistä ja aiehaun tuloksena saaduista projektiehdotuksista suuri osa oli ohjelmassa jo mukana olevien ryhmien (jatko)hankkeita.

Johtoryhmä ja koordinaattori ovat toki pyrkineet muokkaamaan projektiesityksistä ohjelman tavoitteiden mukaisia hankkeita mm. jakamalla ja yhdistelemällä niitä mielekkäiksi kokonaisuukiksi; esimerkkinä voidaan mainita hanke EKT 04.

Tässä vaiheessa johtoryhmä (kokous 21.1.98) on myös hyväksynyt koordinaattorin esittämän hankkeiden jaon neljään aihealueeseen ja valinnut näille johtavat tutkijat koordinaattorin avuksi. Samassa kokouksessa on myös sovittu käytännöstä, jonka mukaan ”*Hankealueiden seuranta toteutetaan päivän mittaisina seminaareina, johon osallistuvat yhtiöt voivat ilmoittaa edustajansa. Näin vähennetään kokousten määrää*”.

Kullekin osa-alueelle muodostui näin (vasta vuonna 1998) oma ohjausryhmänsä, joiden jäseniksi rahoittavat yritykset nimesivät toisaalta johtoryhmän jäseniä, toisaalta eri alojen asiantuntijoita arvioimaan saavutettujen tulosten tasoa ja ohjaamaan tutkimuksia tavoitteiden edellyttämille oikeille urille. Henkilöyhdistelmillä pyrittiin varmistamaan tiedon hyvä kulku johtoryhmän ja ohjausryhmien välillä. Johtoryhmästä ohjausryhmiin valituilla henkilöillä on selvästi asiantuntijajäseniä parempi ”insight” koko ohjelman yrityshankkeisiin. Kaikille ohjausryhmien jäsenille ryhmän ”toimenkuva” ei ole kuitenkaan täysin selvä. Ei myöskään se, miksi osa CACTUS-hankkeista (yrityshankkeet) ei raportoi ohjausryhmille.

Ohjausryhmien 1 ja 2 toimivuus näyttää kärsineen valittavien hankkeiden suuren lukumäärän ja aiheiden heterogeenisyyden vuoksi. Tätä ovat kritisoineet sekä tutkijat että ohjausryhmien jäsenet; selvimmin asia on havaittavissa ryhmän 2 kohdalla. Vaikka ohjausryhmiin on pyritty valitsemaan rahoittajaryityksistä kyseisen aihepiirin asiantuntijoita, ovat useat haastatelluista tutkijoista valittaneet riittävän asiantuntemuksen puutetta, kun omaa hanketta on käsitelty ohjausryhmässä.

Ryhmien 1 ja 2 ohjausseminaareissa on hankkeiden käsittelyaikataulu ollut varsin tiukka, eikä vuorovaikutukseen ja hedelmälliseen ajatustenvaihtoon ole ollut riittävästi aikaa. Tutkijat ovat jopa valittaneet autoritäärisestä käsitteytävästä. Toisaalta nämä ohjausryhmät ovat myös joutuneet toimimaan osin puutteellisen ja huonosti jäsennellyn tiedon varassa: kokousjärjestelyissä (aluksi ohjausryhmä sai hankkeita koskevan materiaalin vasta kokouksissa ja noin kymmenen hankkeen käsittelyyn oli varattu kaksi tuntia, sittemmin viisi tuntia) ja myös tutkijoiden raportoinnissa lienee tässä suhteessa ollut toivomisen varaa: ”*Ymmärrettäviä tiivistelmiä on saatu vasta, kun on oltu kasvokkain tutkijoiden kanssa*”.

Aiheiden hajanaisuus ei kenties ole ollut omiaan edistämään ohjausryhmäjäsenen aktiivista sitoutumista kaikkiin hankkeisiin, varsinkin jos ohjaukseen käytettävissä oleva valmistelu-aika on ollut rajallinen muiden tehtävien vuoksi. Jäsenyys useammassa kuin yhdessä ohjausryhmässä (koskee muutamaa henkilöä) vaikuttaa samansuuntaisesti, joskin saattaa olla etu arvioitaessa erityyppisten hankkeiden nivellettävyyttä toisiinsa. Ohjausryhmien jäsenet pitivät itse vaikutusmahdollisuuksiaan pääosin riittävinä, samoin saamaansa raportointia riittävänä pystyäkseen seuraamaan, mitä hankkeissa on tehty ja mitä tuloksia saatu. Haastateluissa on syntynyt vaikutelma, että ohjausryhmien toiminta kenties on ollut enemmän reaktiivista kuin proaktiivista.

Tällä tavalla tutkimushankkeet eivät saa riittävästi ohjausta eikä se rohkaise tutkijoita olemaan myöskään henkilökohtaisessa yhteydessä ryhmän asiantuntijoihin.

Ohjausryhmien 3 ja 4 toimivuus näyttää haastattelujen valossa hyvältä. Eri aiheiden käsittely on niissä ollut joustavaa mutta siitä huolimatta perusteellista. Tutkimuskohteita ja tutkijoita ei näissä ryhmissä ole ollut kohtuuttoman monta, joten arviointiin on voitu varata riittävästi aikaa sekä ennakolta raporttien pohjalta että ohjaustilaisuudessa. Vuorovaikutus ja tiedonsiirto ohjaajien ja tutkijoiden välillä on ollut hyvä ja kummankin osapuolen kannalta hedelmällistä ja virikkeellistä. Toiminnan tulokset näkyvät siinä, että tutkimusten tavoitteet on pystytty pitämään hallinnassa ja relevanteina – tutkimus on kohdistunut yritysten kannalta pääosiltaan oikeiksi miellettyihin asioihin.

On ehkä syytä huomata, ettei osa tutkijoista ja tutkimuksen vastuuhenkilöistä ole lainkaan mieltänyt ohjausryhmiä Tekesin mandaatilla toimiviksi tutkimuksen ohjaajiksi. Myös eräät ohjausryhmien jäsenet itse pitävät ryhmänsä suorittamaa ohjausta heikompana kuin aiempaa hankekohtaista ohjausta.

Kaiken kaikkiaan ohjausryhmän tulisi olla verkosto, jossa tiedonsiirto ja kysyminen on vapaata. Tutkijoilta tämä edellyttää riittävää aloitteellisuutta: ”ujojen tyttöjen ja poikien verkossa” kysymykset jäävät helposti esittämättä.

8.2 Koordinaattori

Koordinaattorin toimintaan on sekä hankkeissa että ohjausryhmissä oltu pääsääntöisesti tyytyväisiä. Tehtäväkuvauksensa mukaan (Tekes, 26.11.1996) osapäiväisen koordinaattorin tulee mm. johtoryhmän apuna kartoittaa tutkimustarpeita ja valmistella uusia hankkeita, edistää ohjelman tutkijaverkoston käyttöä erityisesti yrityshankkeissa, kehittää tutkimuslaitosten välistä yhteistyötä, toimia johtoryhmän apuna valmistelu-, tiedotus- ym. tehtävissä.

Kun johto- ja ohjausryhmät käytännön syistä saadaan kokoon vain harvoin, ja kun sekä tutkijat että ohjausryhmän jäsenet erityisesti hankealueilla 1 ja 2 ovat todenneet ohjausfunktion riittämättömäksi voisi koordinaattorin rooli näin laajassa ohjelmassa olla varsin vahva ja sisältää myös osallistumisen hankkeiden ohjaukseen. Tällöin hankkeiden mahdolliset resurssointi-, suuntaus-, yhteistyö- ym. on-

gelmat olisivat ehkä helpommin ratkaistavissa. Tämä edellyttäisi ainakin ajoittain lähes täyspäiväistä koordinoitavuutta, mutta olisi todennäköisesti ohjelmalle kannattava sijoitus. Nyt koordinaattorin työmääräksi on budjetoitu enintään 4 työkuukautta vuodessa (360 000 mk/a). Sisällöltään laajassa ohjelmassa saattaisi olla perusteltua käyttää useampaa, omasta alueestaan päävastuullista koordinaattoria, kuten esimerkiksi NIF-rahoitetussa NordPap-ohjelmassa on tehty. Tähän suuntaan on ilmeisesti pyritty myös tässä ohjelmassa nimeämällä johtavat tutkijat.

Koordinaattorin ja johtavien tutkijoiden roolit menevät kuitenkin jossakin määrin päällekkäin, mikä hämärtää työnjakoa. Roolit tulisi selvästi määritellä, jotta johtavat tutkijat voisivat todella toimia koordinaation apuna.

8.3 Alueiden 1–4 johtavat tutkijat

Tutkimusalueiden johtavien tutkijoiden (nimet lueteltu edellä kohdassa 2.3) olisi asiantuntemuksensa vuoksi periaatteessa mahdollista toimia alueensa tutkimushankkeiden koordinaattoreina tai ohjaajina. Nyt ”nimitys” on lähinnä noteerattu tietynlaisena meriittinä. Haastatteluissa ei käynyt ilmi, että he olisivat ”aktiivisesti toimineet oman alueensa työnjohtajina”. Ei ole myöskään helppoa nähtävissä, että heistä kenenkään ympärille olisi muodostunut ”vahvoja uusia tutkijaryhmiä, jotka pystyvät yhdessä suunnittelemaan ja toteuttamaan uusia tutkimushankkeita”.

Johtavat tutkijat eivät mieluusti ole vahvoja vaikuttajia. Esimerkiksi tilanne, jossa he joutuisivat priorisoimaan hankkeita tai niiden rahoitusta, koetaan hyvin kiusallisena (tämä ei ole yhtä ilmeistä hankealueilla 3 ja 4, jotka käytännössä ovat yhden tutkimuslaitoksen hankekokonaisuuksia). Johtavalla tutkijalla saattaa kenties olla erilainen näkemys tietyn tutkimuksen suoritustavasta, johtamisesta ym. kuin tutkimuksen vastuuhenkilöllä, mutta akateeminen käytäntö ei puolla suoraa konfrontaatiota vaan yleensä odotellaan julkaisua tai vastaavaa ennakoin kritiikkiä tai poikkeavia mielipiteitä esitetään. Tämä voi olla liian myöhäistä CACTUS-ohjelman tyypillisessä työssä.

8.4 Tekes

Tekesin toimintaan ollaan hankkeissa ja ohjausryhmissä oltu pääosin tyytyväisiä. Johtoryhmän ja Tekesin roolit ovat kuitenkin jääneet tutkijoille hieman epäselviksi, mikä ilmenee mm. siten, että eräät tutkimushankkeiden johtajat peräänkuuluttavat Tekesiltä jämäkämpää roolia ja näkevät ”Tekesin ohjauksen piilottuvan johtoryhmän taakse”.

8.5 Suosituksia

Johtoryhmä ja koordinaattori(t) tulisi nimetä riittävän ajoissa jo ohjelman valmisteluvaiheessa, jotta ohjelmaan pystytään generoimaan tavoitteiden mukaisia hankkeita. Voimakkain ohjauspanos tarvitaan hankkeiden käynnistysvaiheessa.

Koordinaattorin toimenkuva tulisi määritellä riittävän vahvaksi; koordinaattorilla pitää olla riittävästi mahdollisuuksia vaikuttaa tutkimushankkeisiin rahoittajien häneltä odottamalla (ja valtuuttamalla) tavalla.

Jos koordinaattorille nimetään ”apukoordinaattoreita”, näiden toimenkuva tulisi selvästi määritellä. Yhdellä henkilöllä tulee olla päävastuu.

Ohjausryhmää valittaessa tulisi huolehtia sen toimintakyvystä. Jos ohjausryhmä tällaisessa ohjelmassa kootaan keskenään voimakkaasti kilpailevien yritysten edustajista, muuttuu ryhmän ohjaus käytännössä usein hiljaiseksi seuraamiseksi.

9 Mitä tulisi tehdä CACTUS-ohjelman päättyessä 1999?

Lähes kaikki CACTUS-tutkijat uskovat parhaiden tulosten vasta olevan tulossa ja toivovat lisärahoitusta. Eräistä hankkeista tutkijat tullevat kuitenkin siirtymään muihin tehtäviin, vaikka jatkorahoitus saataisiinkin.

Rahoittajat ovat kuitenkin kriittisempiä jatkorahoituksen suhteen ja varsinkin laitetoimittajien edustajat epäilevät ohjelmamuotoisen tutkimuksen jatkamisen mielekkyyttä tällä alueella. Heidän mielestään parhaat tulokset ovat mahdollisia suppeammissa, 2–3 osapuolen hankkeissa.

Pääosa johtoryhmän jäsenistä oli sitä mieltä, että ”ohjelma pitää saattaa valmiiksi” ja oli valmis puoltamaan vuoden jatkorahoitusta ainakin valituille hankkeille.

Useat ohjelman hankkeista todennäköisesti tulisivatkin lisärahoitettuna tuottamaan vielä jonkin verran uusia tuloksia. Tässä vaiheessa niillä kuitenkin pitäisi olla jo vankka ohjaus ja työ pitäisi keskittää mieluummin keskeneräisen työn loppuunsaattamiseen kuin vapaaseen rönsyilyyn. Liitteessä 1 olevassa luettelossa on raporteihin ja julkaisuihin sekä tutkijoiden ja teollisuuden asiantuntijoiden haastatteluihin perustuen suppeasti arvioitu käynnissä olevien julkisten hankkeiden tilannetta ja suunnitelmia.

Liite 1

CACTUS-ohjelman tutkimushankkeet. Tulokset ja arviointi

CACTUS-ohjelman hankkeiden nimet ja koodit
Tekesin käyttämissä muodoissa. Arvioidut hank-
keet merkitty tähdellä *.

1 Haitta-aineiden erotus- ja käsittelytekniikat

Tutkimushankkeet

Koodi	Hankkeen nimi	Suoritusorganisaatio	Sivu
EKT 01 *	Esikäsittelyiden vaikutus kalvoerotusprosessien tehostamiseen paperinvalmistuksen vesikierroissa	LTKK	28
EKT 02/03 *	Rasvaliukoiset uuteaineet ja kiintoainetappiot mekaanisen massan katkaisupesussa	LTKK	30
EKT 04 *	Hapetustekniikoiden käyttö metsäteollisuuden vesikiertojen sulkemisessa: prosessin kehitys ja mallinnus	LTKK	32
EKT 05 *	Keraamikalvo uusiveden valmistuksessa	Hämeen Ympäristökeskus	34
EKT 06 *	Entsyymit paperitehtaan kiertovesien käsittelyssä	VTT BEL	35
EKT 07 *	Mekaanisen massan uuteainepitoisuuden alentaminen	VTT Energia	37
EKT 08	Nanosuodatusprosessin kehittäminen flotaatiokäsittelylle paperitehtaan jätevedelle	LTKK	
EKT 09	Esikäsittelyvaiheiden vaikutus ultra- ja nanosuodatus-tekniikoilla tapahtuva kiertovesien puhdistukseen	LTKK	
EKT 10 ¹⁾	Uudet uuteaine-entsyymit puujalostusteollisuudelle	VTT BEL	36

¹⁾ Käsitelty kohdassa EKT 06

Yrityshankkeet

EKY 01	Zedivap jatkokehitys	Ahlström Machinery Oy
EKY 02	Paperitehtaan vedenkäytön vähentäminen	UPM-Kymmene Oyj
EKY 03	Ultrasuodatuslaitteiston kehitys	Raisio Chemicals Oy
EKY 04	COD:n vähentäminen AOP-menetelmällä metsäteollisuuden jätevesistä	Kemira Chemicals Oy
EKY 05	Taidepaperitehtaan sulkemisasteen nosto	Metsä-Serla Oyj
EKY 06	Paperikoneen kompakti märkäpää	POM Technology Oy Ab
EKY 07	Mekaanista massaa käyttävän paperitehtaan jäteveden puhdistus ja uudelleenkäyttö	StoraEnso Oyj
EKY 08	CERTUS®-kirkassuodatin	Filtermat Oy
EKY 09	Removal of interfering substances in mechanical pulp manufacturing	Ahlstrom Machinery Corporation

2 Mittaustekniikka

Tutkimushankkeet

Koodi	Hankkeen nimi	Suoritusorganisaatio	Sivu
MPKT 01 *	Paperitehtaan kiertovesiin rikastuvat aineet ja vesikiertojen sulkemisen vaikutukset paperinvalmistusprosessiin ja lopputuotteen ominaisuuksiin	TKK	38
MPKT 02 *	Paperikoneen kiertoveden tilan seuranta laajakaistaisella impedanssimittauksella	VTT Automaatio	40
MPKT 03 *	Paperikoneen kiertovesien konsentroitumisen vaikutus mikrobien kasvuun	TKK	41
MPKT 04 *	Dynaamisen kemiallisen tilan mallintaminen paperikoneen yksikköoperaatioissa	TKK	43
MPKT 05 *	Flödescytometri för snabb karaktärisering av kolloidala p artiklar av olika typ i bakvatten	Åbo Akademi	45
MPKT 06 *	Tuoreveden käytön minimointi paperikemikaalien käytössä	LTKK	46
MPKT 07 *	Kiertovesien käyttömahdollisuudet kemikaalien syöttövesinä	LTKK	48
MPKT 08 *	Monivaiheinen pH:n säätöstrategia painopaperin valmistuksessa	TKK	43
MPKT 09 *	Paperiteollisuuden prosessivesianalytiikka	Jyväskylän yliopisto	50
MPKT 10 *	Anionien on line -määritys kapillaarielektroforeesilla	VTT Kemiantekniikka	52
MPKT 11 *	Näytteenoton ja käsittelyn kehittäminen prosessinesteiden analytiikan ja on line -mittaustekniikan tarpeisiin	Oulun yliopisto, Kajaanin kehittämiskeskus	54
MPKT 12 *	TAKE, taitekerroinmittaustekniikan kehittäminen teollisuuden tarpeisiin	Oulun yliopisto, Kajaanin kehittämiskeskus	56
MPKT 13 *	Effects of wood polymers and extractives on dewatering, drying and paper properties	Åbo Akademi	58

Yrityshankkeet

MPKY 01 *	Vähävetisen paperinvalmistuksen häiriötekijät	Oy Keskuslaboratorio	60
MPKY 02 ³⁾	Tehdasoloissa tapahtuva anionien kapillaarielektroforeettinen on line -määritys ja sen hyödyntäminen prosessivalvonnassa	Oy Keskuslaboratorio	52
MPKY 03	Effects of wood polymers and extractives on the adsorption of wet-end chemicals and the properties of the sheet	Åbo Akademi	
MPKY 04	Paperikoneen kiertoveden kolloidisen tilan mittaus	Kemira Chemicals Oy	
MPKY 05	Biofilmin muodostus paperiteollisuudessa ja sen estäminen luonnonmukaisten menetelmien avulla	Kemira Chemicals Oy	

³⁾ Käsitelty kohdassa MPKT 10

3 Prosessin mallinnus ja simulointi

Tutkimushankkeet

Koodi	Hankkeen nimi	Suoritusorganisaatio	Sivu
PMST 01	Haitta-ainevirrat ja -tasot paperikoneella	VTT Energia	62
PMST 02	Total site integration ja paperikoneteknologia	VTT Energia	63
PMST 03	Kansallinen paperitehtaan suunnittelu ympäristö	VTT Energia	64
PMST 04	Paperin valmistusintegraatin TS analyysi	VTT Energia	63
PMST 05	Haitta-ainetasot vähävetisessä paperin valmistuksessa	VTT Energia	62

Yrityshankkeet

PMSY 01	Vähävetisen paperikoneen vesijärjestelmän dynamiikan tutkiminen	Finntech Oy/ VTT
PMSY 02	Paperikoneen lämmöntalteenottosysteemin optimointi	Valmet Oyj Pansio

4 Konsentraattien loppukäsittely

Tutkimushankkeet

KLT 01	Kiertovesien käsittelyn kokonaisratkaisu perustuen haihdutustekniikkaan	VTT Energia	65
KLT 02 *	Sisäisen puhdistuksen rejektikonsentraattien kelvollistaminen	LTKK	67
KLT 03	Metsäteollisuuden jätevesien haihduttamokonsentraattien jatkokäsittely	VTT Energia	68

Yrityshankkeet

KLY 01	Jätelämpöjen käyttö metsäteollisuuden lietteiden kuivatuksessa – lietteiden “hävittämisestä” nettoenergian tuottamiseen	Finntech Oy/VTT Energia
--------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------

Diaarit	1571/401/97, 1515/401/98
Sopimukset	40357/98, 40326/99
Projektin nimi	EKT 01 Esikäsittelyiden vaikutus kalvoerotusprosessien toimintaan paperinvalmistuksen prosesseissa
Tutkimuslaitos	Lappeenrannan teknillinen korkeakoulu, kemiantekniikan osasto 1 VTT Energia, Jyväskylä 2 VTT Biotekniikka, Otaniemi 3 Jyväskylän yliopisto 4
Tutkimuksen johtaja	Marianne Nyström 1
Tutkimusryhmä	Johanna Buchert 3, Hanna Huotari 2, Tiina Huuhilo 1, Arto Laari 1, Maria Nissén 1, Jutta Nuortila-Jokinen 1, Marianne Nyström 1, Liisa Puro 1, Juhani Suvilampi 4, Pasi Väisänen 1
Kustannusarvio	3 878 000 mk
Tekesin rahoitus	3 110 000 mk

Projektin tausta ja tavoitteet

Taustana ovat LTTK:n esitutkimuksessa ”Sisäisen puhdistuksen rejektikonsentraattien kelvollistaminen” (CACTUS-projekti KLT 02) saadut tulokset.

Paperikoneen kiertovesijärjestelmän sulkemiseen liittyvän sisäisen puhdistussekvenssin osaksi voidaan ajatella konsentroiva kalvosuodatusvaihe. Sekä CR- (Cross Rotational) että VSEP- (Vibratory Screen Enhanced Processing) kalvoerotusyksiköissä on kuitenkin kalvojen suodatuskyvyn todettu huononevan nopeasti ilman syötteen esikäsittelyä: kalvo vähitellen likaantuu (”foulaantuu”) ja vuo heikkenee. Kemiallisten analyysien perusteella rasvahapot, hartsihapot ja lignaanit on havaittu kalvojen pääasiallisiksi likaajiksi eli ”foulanteiksi”.

Tavoitteina ovat

- synergistisiltä eduiltaan parhaan esikäsittelymenetelmän kehittäminen kalvosuodatusprosessille likaantumisen minimoimiseksi
- kalvon peseytyvyyteen vaikuttavien tekijöiden selvittäminen ja optimaalisen pesuprosessin kehittäminen
- kalvoerotusprosessin konsentraatille järkevän ja taloudellisen jatkokäsittelymenetelmän kehittäminen.

Tuloksia

Seuraavat käsittelymenetelmät sisältyvät tutkimukseen:

- *Termofiliset biokemialliset menetelmät* – orgaanista ainetta (erityisesti hiilihydraatteja) pilkkoutuu ja bakteerit käyttävät sitä ravinnokseen.
- *Kemialliset menetelmät* – orgaanista ja epäorgaanista ainetta sidotaan suuremmiksi flokeiksi.
- *Hapetusmenetelmät*, joilla orgaaninen aines joko pilkotaan tai muunnetaan (esim. lisätään niiden biohajoavuutta) – esim. otsonointi, märkehäpätus.
- *Entsyyttöinen käsittely* – orgaanista ainetta pilkotaan entsyymillä (esim. lipaasilla, amylaasilla) ja sen kemiallinen luonne muuttuu.
- *Kalvosuodatuksen tehostaminen* – esim. ultraääni- tai sähköavusteisesti.
- *Modifioitujen erikoiskalvojen käyttö* foulingin vähentämiseksi.

Kalvosuodatuksiin on etupäässä otettu TMP-laitoksen kuumahiertämön vesifaasia, laboratorioriokeisiin useimmiten dekantoituna kiertovetenä ja pilotkokeisiin viirapuristimen suodosvetenä. Kokeissa on myös käytetty valkaisuainetta jälkeistä suodosta.

Mikrobiologisessa käsittelyssä sekä lipofiilisten uuteaineiden että hiilihydraattien määrä väheni kokeissa merkittävästi, steady state -tilassa liuennon orgaanisen hiilen reduktio oli 40–60 %:n luokkaa. Vesifaasin väri kuitenkin tummeni selvästi eikä poistunut kalvovyksikössä, mutta voitiin valkaista 90 mg/l:n otsoniannoksella.

Esiotsonointi alensi syöttöfaasin sekä lignaanien että lipofiilisten uuteaineiden pitoisuuksia sitä enemmän mitä suurempaa otsoniannosta käytettiin (vrt. CACTUS-projektiin EKT 04). Lipofiiliset uuteaineet pidiytyivät kalvoon (C30F), mutta lignaanit kulkeutuivat sen läpi. Kalvosuodatuksessa otsonikäsittelyn vaikutus permeaattivuohon (laite CR200/1) oli vain vähäinen.

Sähköavusteiseen kalvosuodatukseseen käytettiin valkaisun jälkeistä suodosta. Osoittautui, etteivät fysikaalis-kemialliset olot kuitenkaan olleet faasin sähkökineettisten ominaisuuksien ja sähkönjohtavuuden kannalta otollisia (vrt. lopetettuun CACTUS-projektiin / Hanna Huotari). 27 kHz:n (200W) ultraäänikäsittelyllä vuo parani merkittävästi, mutta kalvo kärsi kavitaation vuoksi eroosiosta. Kavitaatio vähenee jaksolukua nostettaessa, mutta samalla vuo huononee.

Konsentraatteja on käsitelty entsyymaattisesti pektinaasilla, mannanaasilla ja ksylanaasilla. Tapahnutut glukomannaanien ja selluloosa-aineksen depolymeroituminen on selvästi parantanut konsentraattien suodattavuutta sekä laboratoriokokeissa että CR200/1-laitteella suoritetuissa pilotkokeissa.

Alustavissa kokeissa on saatu lupaavia tuloksia märkähapettaessa konsentraatteja laboratoriotoklaavissa 130–200 °C:n lämpötilassa hapen osapaineen ollessa 10 baria. TOC:n ja COD:n määrät pienenevät 50–75 % ja konsentraattien biohajoa- vuus parani selvästi.

Jatkosuunnitelmia

Foulanttien ominaisuuksia määritetään ja likaantumisprosessin luonnetta tutkitaan. Esikäsitelytutkimuksia jatketaan usealla saralla – biologinen ja entsyymaattinen esikäsitely sekä märkähapetus ovat etusijalla. Konsentraattien osalta päähuomio kohdistuu loppukäsittely- ja loppusijoitusvaihtoehtojen selvittämiseen, jolloin yhtenä ilmeisenä vaihtoehtona on biologinen käsittely yhdistettynä muun lietteen käsittelyyn tai polttoon. Suunnitteilla on myös konsentraattien kemiallinen flokkaaminen. Sähköavusteista suodatusta harkitaan 27 kHz:iä pienemmillä jaksoluvuilla.

Suosituksia

Syntyy vaikutelma, että tutkimus on haarautumassa niin monelle raiteelle, ettei niitä myöten, käytettävissä olevin osaksi hajautetuin henkilöresurssein, voida odottaa kohtuullisessa aikaperspektiivissä sovelluskelpoisia tuloksia. Kenties tämän vuoksi ollaan vielä tavoitepolkujen alkutaipaleella. Lienee syytä harkita tutkimusohjelman kiinteyttämistä, jolloin huomio pitäisi kiinnittää myös eri vaihtoehtojen taloudellisiin ja scale up -näkökohtiin. Kalvosuodatuksella näyttää kuitenkin olevan mahdollisuuksia myös suurien volyymien erotusoperaatioissa (esimerkkinä Metsä-Serlan Kirkniemen paperitehdas), joten tutkimuksen tukeminen on mielekäästä.

Diaarit	383/401/97, 1571/401/97, 1515/401/98
Sopimukset	40364/97, 40357/98, 40326/99
Projektin nimi	EKT 02 Rasvaliukoiset uuteaineet ja kiintoainetappiot mekaanisen massan katkaisupesussa
Tutkimuslaitos	Lappeenrannan teknillinen korkeakoulu Kemianteeniikan osasto / Paperiteeniikan laboratorio
Tutkimuksen johtaja	Hannu Manner
Tutkimusryhmä	Jari Käyhkö, Kirsi Keskinen, Petteri Kotonen*), Hannu Manner *) Suomen Akatemian tutkijakoulutettava
Kustannusarvio	1 139 000 mk
Tekesin rahoitus	911 600 mk

Projektin tavoitteet

Tutkimuksen tavoitteena on tuottaa perustietoa, jota voidaan hyödyntää mekaanisen massan katkaisupesun optimoinnissa, pääasiallisia kohteita ovat

- rasvaliukoisten uuteaineiden erotustehokkuus ja siihen vaikuttavat tekijät
- kiintoainetappioiden kvantitatiivinen ja kvalitatiivinen määrittäminen
- kiintoainetappioiden merkitys prosessin kokonaistalouden kannalta
- muiden ns. häiriöaineiden käyttäytyminen mekaanisen massan pesussa.

Tutkimusmenetelmiä ja tuloksia

Projektissa on selvitetty eri tekijöiden vaikutuksia peseytyvyyteen kirjallisuusanalyysinä, laboratoriokokein ja tehdasmittauksina. Laboratoriokoikeissa on

- suoritettu tarkkoja uute- ja LK-aineiden kvantitatiivisia analyyseja, joiden avulla erotusilmiöt on voitu luonnehtia entistä selkeämmin
- tutkittu kiintoainetappioita ja uuteaineiden käyttäytymistä sakeutuksessa, välineinä kiekkosuodin, ruuvipuristin, telapuristimia ja viirapuristimia

- selvitetty sekoituksen vaikutusta uuteaineiden dispergoitumiseen
- tutkittu pH:n, elektrolyyttipitoisuuden, lämpötilan ja jauhautuneisuuden vaikutuksia peseytyvyyteen ja erotustehokkuuteen
- tutkittu mahdollisuuksia uuteaineiden entsyymaattiseen hydrolyysiin lipaasia käyttäen
- suoritettu monimuuttujakoesarja (60 koepistettä, 5 muuttujaa), jossa on selvitetty mekaanisen massan valkaisu-, sekoituksen, pH:n, kalsiumkloridikonsentraation ja lipaasikäsittelyn vaikutukset ja ristikkäisvaikutukset uuteaineiden määrään sulpun LK-faasissa.

Merkittäviä tuloksia ovat mm:

- Sekoituksen intensiteetillä on ratkaiseva vaikutus uuteaineiden dispergoitumiseen. Tehdasoloissa vallitseva sekoitustila ei ole riittävä irrottamaan potentiaalisesti dispergoituvaa uuteainetta. Pitkäaikainen sekoitus tai pelkästään viipymä huonontaa peseytymistä uuteainehiukkasten agglomeroitumisen vuoksi.
- Massan emäveden elektrolyyttipitoisuus on merkittävä uuteaineiden erotustehokkuutta rajoittava tekijä. Tämä koskee varsinkin peroksidivalkaisun jälkeistä tilaa tai jos pesuvenenä on kalsiumpitoinen kiertovesi.
- Lämpötilalla ei ole merkittävää vaikutusta LK-faasin uuteainepitoisuuteen.

- pH:n säätö 5 \Rightarrow 8 parantaa uuteaineiden erottumista yllättävän vähän, noin 10–20 %. Lipaasikäsittelyllä on kuitenkin pH 8:ssa vielä voitu jonkin verran kasvattaa happamien komponenttien erottumista (~10 %).
- Jauhautuneisuuden vaihtelut alueella 130–300 CSF eivät koeoloissa vaikuttaneet LK-faasin uuteainepitoisuuteen (80–90 mg/l). Retentio sa-keutuksessa kuitenkin kasvoi selvästi freeness-tason laskiessa.

Vaikka mekaanisen massan katkaisupesua on har- rastettu jo melko kauan useallakin paperitehtaalla sekä Suomessa että ulkomailla, on tietämys kat- kaisupesun tehokkuudesta ja pesun aikana tapah- tuvista kemiallisista ja pintakemiallisista ilmiöistä ollut varsin puutteellista. Käytännössä on esim. voitu todeta, että katkaisupesusta huolimatta on pesun jälkeenkin ollut tarvetta häiriöaineiden pois- toon massasta, joskin käsittely on saattanut olla helpompaa ja vähemmän kemikaaleja kuluttavaa kuin ilman katkaisupesua. LTK:ssa suoritettun tutkimuksen runsaat tulokset ovat tuoneet huomattavaa lisävalaistusta katkaisupesussa tapahtuviin ilmiöihin ja lisänneet merkittävästi tietopohjaa pe- sutoimenpiteiden suunnittelua ja optimointia sil- mällä pitäen. Pettymykseksi voidaan kuitenkin luokitella lipaasikäsittelyjen toistaiseksi suhteelli- sen heikot vaikutukset.

Jatkosuunnitelmia

Työ jatkuu, ja syksyn 1999 sekä kevään 2000 oh- jelmaan sisältyy mm.

- analyysi pihka-aineksen peseytymisestä ja ti- lanteesta paperitehtailla sekä siitä, miten tilan- netta voitaisiin parantaa
- tehdasmittaussarjoja (kahdella paperitehtaal- la), joiden tulosten pohjalta kehitetään paran- netun Balas-taselaskentaohjelman avulla si- mulointimalli(t) erotusprosesseille; tarkoituk- sena on saada selkeä tietopohja prosessin kon- septikehityksen pohjaksi
- lipaasikäsittelyn uudelleenarviointi – tarkiste- taan työvaiheet ja analyysimenetelmät.

Suosituksia

Suosittelaa Tekesin rahoituksen jatkamista. Rahoituksen tarve tulee olemaan entistä suurem- pi suoritettavien tehdaskokeiden ja niihin liitty- vän suuren analyysiurakan vuoksi.

Diaari	13/401/98, 1477/401/98
Sopimus	40284/98, 40333/99
Projektin nimi	EKT 04
	Hapetusmekaniikoiden käyttö metsäteollisuuden vesikiertojen sulkuamisessa: Prosessin kehitys ja mallinnus
Tutkimuslaitos	Lappeenrannan teknillinen korkeakoulu 1 Mikkelin ammattikorkeakoulu 2 Tampereen yliopisto 3
Tutkimuksen johtaja	Juha Kallas 1
Tutkimusryhmä	Juha Kallas 1, Susanna Korhonen 2, Arto Laari 1, Tuula Tuhkanen 3
Kustannusarvio	1 534 906 mk
Tekesin rahoitus	1 280 000 mk

Projektin tavoitteet

Paperikoneen vesikiertojen laajempimittainen sulkuaminen ei ole mahdollinen ilman sisäistä puhdistutusta, ”munuaista”. Toisaalta erotustekniikoissa, kuten haihdutuksessa ja kalvoerotuksessa, syntyy konsentraatteja, joiden jatkokäsittely tai hävitys käy välttämättömäksi. Projektin tavoitteita:

- Otsonikäsittelyyn perustuva sisäisen puhdistusmenetelmän kehittäminen, jolla useat haitalliset orgaaniset aineet, kuten lipofiiliset uuteaineet, ligniinit, lignaanit ja hiilhydraatit, poistetaan hapettamalla. Sivuefektiä vesifaasi samalla desinfioituu eli puhdistuu mikro-organismeista.
- Märkähapetukseen perustuva konsentraattien käsittelymenetelmän kehittäminen, joka kilpailisi jälkihaidutuksen ja polton kanssa.
- Molempien yllämainittujen menetelmien mallinnus, jolloin pyrkimyksenä on tehokkaampi laitesuunnittelu ja kustannusarviointi. Märkähapetuksen malli toimisi myös koko tehtaan vesien käsittelyn simulointiohjelman osana.

Tuloksia

Laboratorio-otsonoinnit on LTKK:lla suoritettu suhteellisen pienissä reaktoreissa, joissa veden tilavuus on 150 ml, 2 l ja 17 l. Näistä kaksilitrainen on jatkuvatoiminen ja osittain vielä kehitteillä,

muut kaksi ovat panosreaktoreita. Käsitelty vesi on ollut paperitehtaan TMP-laitoksen puristimen suodosvettä, kiekkosuotimen kirkassuodosta ja sen superkirkasta suodosta. Otsonihapetuksella on voitu poistaa 50–90 % lipofiilistä uuteaineista. Maksimipoistoa varten on tarpeellinen otsoniannos ollut n. 500 mg O₃/l. Tällöin COD-reduktio on voinut olla 500 mg O₂/l. Sähköenergian kulutus on luokkaa 10–12 kWh/kg O₃ käytettäessä kuivaa ilmaa otsonin generointiin ja noin puolet tästä, jos raaka-aineena on happikaasu. Otsonikäsittelyn kustannukset on arvioitu nousevan tasolle 2–5 mk/m³ vaikutustavoitteen mukaan. Vertailun vuoksi todettakoon, että jäteveden biologisen puhdistuksen kustannus on luokkaa 0,5–1 mk/m³.

Tutkimusraportin tiivistelmässä on maininta simulointimallin kehittämisestä, joka liittyisi tiettyyn reaktorityyppiin (mihin?) ja oletettuun reaktiokinetiikkaan. Selosteessa ei kuitenkaan kerrota simuloinnissa käytetystä ohjelmistosta eikä esitetä mitään simulointituloksia tai arvioita mallin käyttökelpoisuudesta.

Otsonilla oli selvä mikro-organismeja ja veden väriä poistava oheisvaikutus. Otsonin käyttö näihin tarkoituksiin on kuitenkin ennestään tunnettua tekniikkaa ja jokapäiväistä usealla talousveden puhdistuslaitoksella. Paperitehtailla otsoni

on eräissä tapauksissa korvannut kloorin raakaveden puhdistuksessa, jolloin otsonin tarve on paljon pienempi ja käsittelyn kustannus vain kymmenesosa yllä mainitusta luvusta.

Johtopäätöksenä on, ettei otsonointi näytä olevan (ainakaan vielä) kilpailukykyinen vaihtoehto suljetun järjestelmän sisäiseen puhdistukseen.

Märkähapetuskokeet ovat vasta alullaan. Tutkimus on käynnistynyt huhti-toukokuussa 1999 jatko-opiskelijan työpanoksella eikä riittävästi tuloksia ole vielä käytettävissä arviointia varten.

Jatkosuunnitelmia

Otsonointiprosessin otsoninkulutuksen vähentämiseksi ja kustannusten alentamiseksi ryhdytään tutkimaan katalyyttisen otsonoinnin mahdollisuuksia. Tarkoituksena on valmistaa ja kokeilla muutamaa kirjallisuuden perusteella valittua katalyyttiä.

Suosituksia

Otsonointitutkimusta mahdollisesti jatkettaessa on syytä keskittyä jatkuvatoimisen laitteiston suunnitteluun ja käyttöön sekä scale up -kokeisiin, jolloin kustannuskehityksestä voitaneen saada realistisempi käsitys ja parempi vertailu muihin sisäisiin puhdistusmenetelmiin. Mielekäs mallinnuskin edellyttäne jatkuvatoimisen prosessin tarkastelua. Suosittelemme tutkimuksen jatkamista asiasta kiinnostuneen yrityksen (yri-tysten) hankkeena, suorituspaikkana LTKK.

Märkähapetuskokeiden aikataulu tähtää tulosten raportointiin vuoden 2000 kevääseen mennessä, jolloin voidaan ottaa kanta tutkimuksen jatkamiseen, suoritusmuotoon (yrityshanke?) ja mahdollisen Tekesin rahoituksen tarpeeseen.

Diaari	442/401/96
Sopimus	40185/97
Projektin nimi	EKT 05
	Keraamikalvo uusioveden valmistuksessa
Tutkimuslaitos	Hämeen ympäristökeskus, Tampere
Vastuullinen johtaja	Hannu Wirola
Tutkimusryhmä	Antero Luonsi, Niina Laitinen, Erkki Levänen
Kustannusarvio	488 580 mk
Tekesin rahoitus	322 000 mk

Projektin tavoitteet

Keraamikalvojen valmistus ja modifiointi metsäteollisuuden kierto- ja jätevesien suodattamiseen ja sisäiseen puhdistukseen.

Tuloksia

Suodatuskokeissa tutkitut vedet olivat kartonkitechtaan flotatoitu kiekkosuotimen kirkassuodos, sel-lutehtaan valkaisun ensimmäisen alkalivaiheen pesurin suodos (E1-vesi), kartonkitechtaan kiekkosuotimen kirkassuodos ja kartonkitechtaan biologiselta puhdistamolalta lähtevä jätevesi.

Projektissa valmistettiin ja modifioitiin keraamikalvoja, joiden käyttäytymistä tutkittiin Hämeen ympäristökeskuksen (HYK) suodatuskennossa. Lisäksi tehtiin koeajoja CR-suodattimella. Suodatuslaitteistossa havaittiin ongelmaksi keraamikalvojen nopea tukkeutuminen, jota vähennettiin muuttamalla laitteen konstruktiota, jolloin saavutettiin alle 2 barin paineella yli kuusinkertaiset ohivirtausnopeudet aiempaan verrattuna. Kalvon pinnalle muodostuvaa likakerrosta ei kuitenkaan kyetty välttämään ja tämä oli pääasiallisin vuorvojo ja retentiota säätelevä tekijä. Kalvomateriaalien ja huokoskoon erot tulivat näkyviin kalvojen puhdistuvuudessa. Pienihuokoisempi kalvo tukkeutui suurihuokoisempaa vähemmän ja polymeerikalvo keraamikalvoa vähemmän.

Laskennallisesti todettiin HYK:n suodattimessa kalvojen pinnalle muodostuvan kerroksen vastuksen olevan seitsenkertainen CR-suodattimessa kalvon pinnalla olevaan vastukseen verrattuna. HYK:n suodattimessa kerros määrää jo 10 min suodatuksen jälkeen sekä vuosta että eri aineiden pidättymisestä. Ainoastaan alle 5 min suodatusjaksoon liitetyllä huuhtelulla näyttäisi olevan potentiaalia tutkittujen metsäteollisuuden vesien suodattamiseen.

Siten keraamikalvot eivät nyky muodossaan näytä olevan kilpailukykyisiä vaihtoehtoja vesien käsittelyyn. Joitakin parannuksia voidaan tosin saada aikaan kennoa modifioimalla.

Jatkosuunnitelmia

Työ on päättynyt, jatkosuunnitelmista ei ole ilmoitettu.

Suosituksia

Ei ole.

Diaarit	213/401/97, 581/401/98
Sopimukset	40514/97, 40726/98
Projektin nimi	EKT 06 (Jatkoprojekti EKT 10)
Entsyymit paperitehtaan kiertoveden käsittelyssä	
Tutkimuslaitos	VTT Bio- ja elintarviketekniikka 1 Teknillinen korkeakoulu, Paperiteknikan laboratorio 2 Åbo Akademi, Institutionen för skogsprodukternas kemi 3
Tutkimuksen johtaja	Johanna Buchert 1
Tutkimusryhmä	Johanna Buchert 1, Rainer Ekman 3, Eero Hiltunen 2, Kari Luukko 2, Annikka Mustranta 1, Peter Spetz 3
Kustannusarvio	2 447 000 mk
Tekesin rahoitus	1 760 000 mk

Projektin tavoitteet

Tutkimuksen tavoitteena on paperikoneen kiertovedessä olevien haitallisten yhdisteiden entsyymaattinen modifiointi, etteivät aineet, vesikiertojen sulkeutumisen ja tuoreveden käytön vähentymisen myötä, konsentroitua aiheuttaisi ajettavuus- ja likaantumishäiriöitä. LK-aineet, joihin pyritään vaikuttamaan, ovat uuteaineita, hiilihydraatteja ja lignaaneja, yhdessä ja/tai erikseen. Tavoitteena on myös selvittää, missä paperinvalmistusprosessin vaiheessa entsyymaattinen käsittely on tehokkaimmillaan – paperikoneella, mekaanisen massan valkaisuissa vai massan valmistuksessa.

Työmenetelmiä ja tuloksia

Projektissa käsiteltiin laimeita kuumahierresulpuja ja niistä erotettuja LK-vesiä sekä peroksidivalkaistun TMP:n prosessivesiä. Käsittelyissä käytetyt entsyymit olivat mannanaasi (glukomaanien depolymerointiin), lakkaasi (aromaattisten yhdisteiden hapettamiseen), lipaasi (triglyseridien hydrolyysiin rasvahapoiksi ja glyseroliksi) ja pektinaasi / polygalakturonaasi (pektiinien depolymerointiin). Lisäksi on paperikoneen lyhyessä kierrossa tapahtuvia muutoksia simuloitu TKK:n Moving Belt Drainage Tester -laitteella, jossa kuumahiertämön prosessivettä on kierrätetty kymme-

nen kertaa sekä lipaasin läsnäollessa että ilman entsyymiä. Uuteainepitoisuuksien muutoksia on seurattu sekä vesi- että kiinteässä faasissa. Lakkaasikäsittelyjen yhteydessä on lisäksi seurattu lignaanien ja ligniinin polymeroitumista.

Merkittäviä tuloksia olivat mm. LK-vesistä lakkaasi- ja lipaasikäsittelyjen jälkeen muodostettujen arkkien vetolujuuden lisääntyminen, mutta lakkaasikäsittelyllä oli kuitenkin samalla epäedullinen vaikutus arkkien vaaleuteen. Mannanaasikäsittely aiheutti kolloidisen aineksen stabiilisuuden heikentymisen siinä määrin, että hydrofobiset uuteaineet saostuivat kuitujen pintaan aiheuttaen lujuuden heikkenemistä.

Tutkimuksesta on raportoitu kansainvälisissä kongresseissa ja se on saanut huomattavaa huomiota osakseen sekä aiheensa, suoritustapansa että tulostensa puolesta.

Jatkosuunnitelmia

- Työtä jatketaan kiinnostavimmilla entsyymeillä lakkaasilla, pektinaasilla ja lipaasilla. Vesiä käsitellään sekä yksittäisillä entsyymeillä että niiden eri yhdistelmillä, jolloin käsittelyt optimoidaan entsyymiannoksen ja reaktioajan suhteen. Paperikoneen vesikierron sulkemista simuloivia kierrätyskokeita jatketaan TKK:n

MBDT-laitteistolla. Kemiallisia, pintakemiallisia ja arkkiominaisuuksia seurataan entiseen tapaan mutta myös uusilla, paremmin karakteroivilla menetelmillä (esim. hydrolyysituotteet HPLC:llä ja arkkien pinnalla ligniin ja uuteainneiden muutoksia ESCA:lla).

- Entsyymikäsittelyjen ja paperikemikaalien yhdysvaikutuksia kiertovesien sisältämien LK-aineiden ominaisuuksiin ja paperikoneen ajettavuuteen selvitetään. Pektinaasikäsittelyn vaikutusta kationisten kemikaalien tarpeeseen tutkitaan. Entsyymikäsittelyjen vaikutukset verifioidaan pilotpaperikoneella tehtävillä koesarjoilla. Prosessivesien entsyymaattisista kokeista tehdään teknistaloudellinen tarkastelu.
- Entsyymaattisten käsittelyjen vaikutuksia häiriöaineiden peseytymiseen mekaanisesta massasta selvitetään yhteistyössä CACTUS-ohjelmaan kuuluvien muiden projektien kanssa (LTTK / Åbo Akademi, vrt. projektiin EKT 02), jolloin erityisesti keskitytään lipaasilla muunneltavien rasvaliukoisten uuteainneiden poistoon.
- Kehitetään ja tuotetaan uudentyyppisiä entsyymejä. Vastikään sovittu erillinen jatkohanke, vrt. kohtaan EKT 10 ”Uudet uuteaine-entsyymit puunjalostusteollisuudelle”.

Suosituksia

- Entsyymikäsittelyt ovat enenevässä määrin valtaamassa alaa sekä massan- että paperinvalmistuksen eri vaiheissa (mm. mikrobien aiheuttaman limanmuodostuksen torjuntaan, vedenpoiston nopeuttamiseen). VTT-Bion tutkimus edistää merkittävästi tietotaitoamme alalla ja on tukemisen arvoinen projekti. Tekesin rahoitusta suositellaan.

Uusi projekti	EKT 10
	Uudet uuteaine-entsyymit puunjalostusteollisuudelle
Diaari	958/401/98
Sopimus	40320/99
Kustannusarvio	2 336 000 mk
Tekesin rahoitus	1 530 000 mk

Tavoitteet

Tavoitteena on paperikoneen uuteaineongelmien hallinta uudentyyppisten entsyymien avulla. Projektissa tuotetaan steryyliestereihin vaikuttavia entsyymejä sekä harts- ja rasvahappoihin vaikuttavia oksidatiivisia entsyymejä ja selvitetään niiden vaikutus uuteaineisiin. Työn päävaiheet ovat:

- Uuteainneiden eristys mekaanisesta massasta
- Analytiikan kehittäminen
- Steryylisteraasien ja hapettavien entsyymien tuottaminen
- Ym. entsyymien ja lipaasin yhdysvaikutusten tutkiminen.

Diaari	1147/401/96
Sopimus	40136/97
Projektin nimi	EKT 07
	Mekaanisen massan uuteainepitoisuuden alentaminen
Tutkimuslaitos	VTT Energia, Jyväskylä
Tutkimuksen johtaja	Kari Edelmann
Tutkimusryhmä	Kari Edelmann
Kustannusarvio	417 000 mk
Tekesin rahoitus	250 000 mk

Projektin tavoitteet

Projektin primaarisena tavoitteena oli tutkia tunnettujen modifioitujen tai syntetisoitujen adsorbenttien käyttöön perustuvan TMP-suodosten LK-aineiden poistomenetelmä. Lisätavoitteena oli tutkia otsonikäsittelyyn ja kavitaatioon perustuvan hapetuksen soveltuvuutta eri suodosten LK-aineiden poistoon.

Tuloksia

Adsorptiokokeiden tulokset osoittivat, että triglyseridit, steryyliesterit ja rasvahapot adsorboituvat tehokkaimmin talkkiin. Myös kationoidulla kaoliinilla oli hyvä adsorptiokyky. Ns.pihkatalkin käyttö onkin itse asiassa ollut jo vuosikymmenet käytössä paperikoneilla.

Tulokset osoittivat, että triglyseridit voidaan poistaa liuoksesta kokonaan 10 g/l:n talkkiannostuksella. Hartsihapot ja lignaanit jäävät sen sijaan liuokseen. Sikäli kuin talkkia käytettäisiin vain TMP-laitoksen suodosvesien käsittelyyn olisi talkin regenerointi välttämättömyys prosessin talouden kannalta. Tutkimuksessa ei kuitenkaan tehty regenerointikokeita. Sen sijaan tehtiin laskelmia tarpeellisen adsorptiokolonnin mitoituksesta ja regenerointitarpeesta. Laskelmat osoittivat, että täysin ”ladattua” adsorbenttia tarvittaisiin kenties 200 m³/vrk, jolloin halkaisijaltaan 8 metrisen kolonnin korkeus olisi 4 m. Kolonni täytyisi vuorokaudes-

sa, jonka jälkeen se on regeneroitava. Regenerointitavasta ei selosteessa esitetä mielipiteitä (käytännössä tämä todennäköisesti on prosessin kriittisin puoli).

Otsonihapetukset tehtiin yhteistyönä LTKK:n kanssa. TMP-suodosten uuteainepitoisuus piene- ni otsonihapetuksella – esimerkiksi 75 % reduktio oli mahdollinen n. 250 mg/l otsoniannoksella. Otsonia kuluttavat kuitenkin myös muut vedessä olevat orgaaniset yhdisteet, joten hyötysuhde saattaa vaihdella. Menetelmällä tuskin on tulevaisuutta, ellei sen käsittelykustannuksia voida merkittävästi alentaa (vrt. CACTUS-projektiin EKT 04).

Malliaineilla suoritetuissa kavitaatiohapetusko- keissa todettiin, ettei menetelmä ole tarpeeksi tehokas vaan tarvitaan hapettavien kemikaalien läsnäoloa. Silloinkin, vetyperoksidin läsnäolles- sa, uuteainepitoisuus laski parhaimmillaan vain 20 %.

Jatkosuunnitelmia

Työ on päättynyt, jatkosuunnitelmista ei ole ilmoitettu.

Suosituksia

Suosituksia ei ole.

Diaari	539/401/97
Sopimus	40288/98
Projektin nimi	MPKT 01 Paperitehtaan kiertovesiin rikastuvien aineiden määrittäminen ja analyysi
Tutkimuslaitos	Teknillinen korkeakoulu, Paperitekniiikan laboratorio
Tutkimuksen johtaja	Jaakko E. Laine (Hannu Paulapuro)
Tutkimusryhmä	Marko Bessonoff, Tuyen Nguyen, Ramjee Subramanian, Jouni Paltakari
Kustannusarvio	500 000 mk
Tekesin rahoitus	400 000 mk

Projektin tavoitteet

Tavoitteiksi ilmoitetaan:

- Tarkastellaan paperinvalmistusprosessin kierto-vesijärjestelmän sulkemiseen liittyviä tekijöitä lähtökohtina tuotteen ominaisuudet ja laatu, prosessin stabiilisuus ja ajettavuus.
- Luodaan tutkimusalueelle osaamis- ja palveluverkosto laboratoriomitasta aina tuotantomittaan asti, joka tuottaa yleisen perustutkimustiedon lisäksi ratkaisuja tehdas- ja konekohtaisiin ongelmiin vesikiertojen sulkemiseen liittyvissä kysymyksissä.
- Haetaan vesikiertojen sulkemisen ja niiden dynamiikan kannalta invariantisti kriittiset prosessikohdat ja niissä vaikuttavat mekanismit sekä etsitään tältä osin parhaimmat ajomallit.
- Parannetaan suomalaisen teollisuuden ja laitevalmistajien kilpailukykyä kansainvälisesti suljettujen vesikiertojen alueella. Tämä tapahtuu tuottamalla valmiuksia reagoida nopeasti prosessimuutoksiin sekä muuttuviin ympäristö- ja viranomaissäädöksiin.

Tuloksia

Tavoitteiden ambitiotaso on huomiota herättävän korkea ja sidosryhmän odotukset tulosten ja suoritustavan osalta ovat sen mukaisia. Onhan aihepiiri käytännön paperinvalmistuksen kannalta tärkeä, sekä paperin ominaisuuksien että tavoitteissa mainittujen muiden, vesikiertojen sulkemisen seurausilmiöiden kannalta. Aihepiirin tiimoilta on tehty yksi diplomityö *), jonka tekstiä ei kuitenkaan ole toimitettu arvioitavaksi.

Tutkimusmenetelmät ja -olot ovat varsin kaukana todellisen paperinvalmistuksen oloista eikä tuloksia siitä syystä voida pitää kuin trendiluonteisina. Vaikka työn ohjelmaan sisältyi TKK:n koepaperikoneen vesikiertojen sulkemiseen liittyviä toimia, ei koepaperikonetta kuitenkaan ole käytetty julkaistujen tulosten generointiin. Valitettavasti on todettava, että työ keskeytettiin n. vuoden kuluttua, mikä osaltaan selittää sen, että julkaistut tulokset perustuvat varsin niukkaan koeaineistoon. Niinpä useassa tapauksessa tuloksia

*) Nguyen, T.: Koepaperikoneen vesikiertojen sulkeminen. Teknillinen korkeakoulu, Paperitekniiikan laboratorio, Otaniemi 1997, 94 s.

tulkitaan vain kolmen kuvaajapisteen perusteella. Tulkinnan epävarmuutta lisää se, ettei kierrätyskokeissa vielä saavutettu tasapainotilaa. Tietyt, muutosten mekanismeja koskevat päätelmät on katsottava hypoteeseiksi, joiden todeksi osoittaminen vaatii vielä runsaasti lisäkokeita.

Projektin alkuperäinen aikataulu ja tehtäväluettelo ei keskeytyksen vuoksi ole toteutunut.

Jatkosuunnitelmia

Jatkosuunnitelmista ei ole ilmoitettu.

Suosituksia

Sikäli kuin työtä vielä aiotaan jatkaa, ei sille nykyisessä muodossaan voida suosittaa Tekesin rahoitusta. Työlle olisi muotoiltava uudet, realistiset tavoitteet ja laadittava täysin uusi työsuunnitelma.

Diaarit	1586/401/97
Sopimukset	40289/98
Projektin nimi	MPKT 02 Paperikoneen kiertoveden tilan seuranta laajakaistaisella impedanssimittauksella
Tutkimuslaitos	VTT Automaatio
Tutkimuksen johtaja	Heikki Seppä
Tutkimusryhmä	
Kustannusarvio	403 000 mk
Tekesin rahoitus	240 000 mk

Projektin tavoitteet

Tämän esitutkimusprojektin tavoitteena on kehittää uusi sähköinen, paperikoneen kiertoveden kemiallisen tilan on line -mittausmenetelmä. Erityisesti pyritään mittaamaan kiertoveden sisältämien suurimolekyylisten orgaanisten yhdisteiden (pihka, ligniini, hartsihapot) konsentraatioita. Välittömänä tavoitteena on prototyypilaitteen aikaansaaminen.

Ideana on mitata kiertoveden sähkönjohtavuus ja dielektriset ominaisuudet laajalla taajuusalueella (20 Hz–10 MHz). Mitattavat permittiivisyysmuutokset ovat kuitenkin useita dekaadeja pienempiä kuin kiertoveden sähköinen ionijohtavuus. Onnistuessaan menetelmä saattaisi mahdollistaa on line -mittauksen suoraan esikäsittelemättömästä kiertovesivirtauksesta.

Tulokset ja jatkosuunnitelmat

Projektin tulokset eivät ole rohkaisseet CACTUS-ohjelman yhteydessä tehtäviin jatkotutkimuksiin.

Suosituksia

Tämänkaltaiset projektit eivät sovi suoraan CACTUS-ohjelman tavoitteisiin, mutta niiden tukeminen tässä yhteydessä voi olla mielekäästä. Kun toistaiseksi (pH- ja johtokyky)mittausta lukuunottamatta ei ole olemassa suoraan paperiprosessin massa- ja kiertovesilinjoista prosessin ajettavuuden tai lopputuotteen ominaisuuksien kannalta kriittisiä suspension ominaisuuksia mitaavia on line -antureita, on tällaiseen käyttöön soveltuvien menetelmien kehittäminen haastavaa. Markkinatkin mahdollisille uusille antureille olisivat jo olemassa, sillä paperiteollisuus alkaa jo olla valmis tällaisten antureiden käyttämiseen.

Uusilla on line -käyttöön soveltuvilla mittausmenetelmillä (yhdessä sopivan säätöjärjestelmän kanssa) on ainakin periaatteessa mahdollista vaikuttaa prosessiin siten, että saadaan aikaan CACTUS-ohjelman tavoitteiden mukaisia vaikutuksia. Käytännössä vain harvat ideat johtavat käytännön prosessioiloissa toimiviin menetelmiin.

Diaarit	14/401/98, 40285/98
Sopimukset	1472/401/98, 40188/99
Projektin nimi	MPKT 03 Paperikoneen kiertovesien konsentroitumisen vaikutus mikrobien kasvuun
Tutkimuslaitos	Teknillinen korkeakoulu, Espoo, Systeemiteknikan laboratorio
Tutkimuksen johtaja	Heikki Koivo (Terhi Ylöstalo)
Tutkimusryhmä	Katri Salonen, Matti Siika-aho, Sonja Suni, Terhi Ylöstalo
Kustannusarvio	1 384 000 mk
Tekesin rahoitus	1 027 000 mk

Projektin tavoitteet

Projektin tavoitteena on selvittää mikrobien kasvatuskokeiden ja mallinnuksen avulla kiertovesien konsentroitumisasteen ja muiden olojen (pH, lämpötila) vaikutuksia kontaminanttien kasvuun ja niiden esiintymisen hallintaan paperikoneilla sulkemisasteen kasvaessa.

Koska paperikoneella erilaisten muuttujien vaikutuksia on vaikea havaita systeemin monimutkaisuuden ja olosuhteiden vaihteluiden vuoksi, joudutaan tärkeimpien muuttujien vaikutuksia paperikonemikrobien kasvuun tutkimaan laboratoriossa vakioituissa olosuhteissa.

Tuloksia

Projektissa valittiin esitutkimuksen kohteiksi kaksi ”mallikonetta”, Anjalan PK2 ja Kirkniemen PK2, jotka poikkeavat toisistaan sekä pH-arvoltaan että osin raaka-aineiltaan. Kummaltakin koneelta saatiin sekä mittauksia että näytteitä prosessin eri kohdista. Mittaustietojen ja näytteiden perusteellisen kemiallisen ja mikrobiologisen analyysin pohjalta saatiin hyvä kuva ko. koneiden vesien mikrobifloorasta, ionikonsentraatioista ja ravintetilasta. Mallikoneiden vesissä esiintyvien mikrobien joukosta valittiin tutkimuksen kohteeksi esikasvatuskokeisiin kolme ravinto- ja kasvuvaatimusten suhteen erilaista ”perusbakteeria”.

Työssä valmistettiin mekaanisesta massasta ja paperihyllystä uutettu simuloitu kiertovesi. Esikasvatuskokeissa kehitettiin bakteereille kasvu- alusta, jonka yhtenä komponenttina oli tästä saatu pakkaskuivattu kiertovesikonsentraatti. Kasvu- alustalla testattiin em. perusbakteerikantojen kasvua muutamassa pH:ssa ja lämpötilassa orgaanisen ravintolähteen ollessa asetaattia, glukoosia, laktoosia tai maitohappoa sekä typpilähteen ollessa Na-nitraattia, ammoniumkloridia ja ammoniumsulfaattia.

Jatkosuunnitelmia

Jatkossa aiotaan tehdä varsinaisia mallitukseen tähtäviä mikrobikasvatuskokeita, joissa kasvua tutkitaan lämpötilan, pH:n ja substraattiväkevyyden funktiona, sekä ravinnepullo- että jatkuvatoimisena fermentorikasvatuksena. Viimeksi mainittu tapa on tarpeen mikrobikasvun dynamiikan mallintamiseen, jolloin olot säädetään vastaamaan mahdollisimman tarkasti paperikoneen oloja. Seurannan objekteja ovat biomassan kasvu, liennut happi, redox-potentiaali, sähkönjohtavuus, hiilihydraatin määrä ja poistokaasun O₂- ja CO₂-pitoisuus. Kokeita tehdään lopuksi sekapopulaatioilla, joiden avulla validoidaan puhdaskulttuurikasvatuksista saadut tulokset ja mallit.

Mallitusmenetelmänä on trajektorimallitus, koska osa tuloksista saadaan off line -analyysillä.

Simulointimallit pyritään pitämään yksinkertaisina ja niiden hyvyys arvioidaan ristivalidoinnin avulla.

Suosituksia

Tutkimusaihe on tärkeä käytännön paperinvalmistuksessa. Työ on hyvää, uraa uurtavaa perustutkimusta. Siinä ei kuitenkaan vielä tutkita tehdasoloihin liittyviä varsinaisia todellisen vesijärjestelmän

sulkemistoimien vaikutuksia, vaan rajoitetaan mallikokeisiin laboratoriossa. Jatkosuunnitelmissakaan ei ole mainintaa tehdaskokeista.

Esitetty jatkosuunnitelma on varsin laaja ja vaativa eikä sen kestosta esitetä mitään arviota. Tämän vuoksi esitämme, että mahdollista jatkorahoitusta (jota suosittelemme) tulisi edeltää suunnitelmapalaveri Tekesin / CACTUS-johtoryhmän kanssa.

Projektit	MPKT 08	MPKT 04
Diaarit	342/401/96	16/401/98, 1475/401/98
Sopimukset	40006/97	40286/98, 40334/99
Projektien nimet	MPKT 08 Monivaiheinen pH:n säätöstrategia painopaperin valmistuksessa MPKT 04 Dynaamisen kemiallisen tilan mallintaminen paperikoneen yksikköoperaatioissa	
Tutkimuslaitos	Teknillinen korkeakoulu, Espoo, Sääätötekniikan laboratorio 1 VTT Kemiantekniikka 2	
Tutkimusten johtaja	Heikki Koivo 1 (Jean-Peter Ylén 1)	
Tutkimusryhmä	Pentti Jutila 1, Pertti Koukkari 2, Jean-Peter Ylén 1	
	MPKT 08	MPKT04
Kustannusarviot	529 000 mk	2 452 640 mk
Tekesin rahoitus	425 000 mk	1 729 000 mk

Esikommentti

Nämä kaksi sukulaisprojektia käsitellään tässä yhdessä. Kumpikaan ei liity suoraan vähävetiseen paperinvalmistukseen, eivätkä siten sovi kovin hyvin muiden CACTUS-projektien joukkoon. MPKT 08 käsittelee pH:n säätöä ja tasapainottumista paperikoneella, kun sulppu sisältää puskuroivana komponenttina kalsiumkarbonaattia. Tästä on poikunut MPKT 04, joka tutkii CaCO₃:n dynaamista hajoamis-liukenemis-saostumistasapainoa pyrkien kyseisen heterogeenisen järjestelmän selkeään mallintamiseen. MPKT 08-ongelmanasettelu on tyyppillinen ns. pseudoneutraalille paperinvalmistusjärjestelmälle, MPKT 04:n käsittelemät ilmiöt ovat jokapäiväisiä neutraali-alkalisissa paperinvalmistusprosesseissa, joissa kalsiumkarbonaattia on syystä tai toisesta läsnä. Projektit voivat olla CACTUS-ohjelmaan sopivia siinä mielessä, että vesikiertojen sulkemisenkin myötä voidaan toki odottaa esiintyvän pH:n säätöongelmia. Voidaan myös otaksua, että CaCO₃:lla ja Ca-ioneilla tulee olemaan vaikutuksia suljetun prosessin käyttäytymiseen.

MPKT 08 -projekti käynnistyi aikanaan UPM:n Kaipolan tehtaan aloitteesta, kun huolena oli paperiprosessin pH:n epästabiilisuus ja sen mittauksen ja säätöön liittyvät ongelmat. Kun tutkimuskohteeksi sitten valittiin sakean siustausmassan pH:n tarkka mittaaminen ja siihen perustuva säätö ja koska Kaipolan siustausmassan CaCO₃- ja kalsium-ionipitoisuudet saattavat vaihdella laajastikin, muodostui MPKT 04:stä luontainen jatko projektille.

Projektin tavoitteet

MPKT 08 -projektin tavoitteena oli toisaalta sakean siustausmassan pH:n luotettava mittaaminen ja siihen perustuva hapotuksen säätö, toisaalta kalsiumpitoisuuden muutosten vaihtelun mallintaminen ja näiden muutosten vaikutusten selvittäminen TMP:tä ja siustausmassaa käsittävän sulpun stabiiliuteen ja siten koneen ajettavuuteen.

MPKT 04 -jatkoprojektin tavoitteena on kalsiitin reaktioiden seuranta ja selvitys rikkihappoisessa

järjestelmässä pilotkoelaitteiston avulla, ja tapahtuvien monifaasireaktioiden kinetiikan johtaminen koetulosten avulla. Lisäksi tavoitteena on dynaamisen monikomponenttimallin laatiminen CaCO_3 :n kemialle, jonka avulla voidaan ennustaa eri tekijöiden vaikutuksia märkäosan pH-arvoon ja yhdisteiden liukoisuuksiin.

Tuloksia

MPKT 08 -tutkimuksen tuloksena MC-pumpulla tapahtuvaa pH:n säätötapaa ja säädön algoritmia muutettiin Kaipolassa perusteellisesti, jolloin pH-arvojen vaihtelut MC-pumpun lähdössä saatiin hävitetyiksi. Projektissa johdettiin massojen hapotuksen kokeelliset dynamiikkamallit, joita voidaan hyödyntää pienillä muutoksilla myös muilla koneilla ja tehtailla. Projektissa kehitettiin yleinen staattinen kolmifaasi-pH-simulaattori, joka verifioitiin todellisilla massoilla distribuutioanalyysillä. Virtausdynamiikkamalleja kehitettiin PK7:n yksikköoperaatioille ja pilotreaktorille. Tutkimustuloksia voidaan hyödyntää paperikoneen märkäosan mittausten ja säätöjen kehittämiseen. Teoreettinen distribuutiomalli voidaan siirtää mielivaltaiseen kohdeympäristöön ja on laajennettavissa myös muille massoille ja muille ilmiöille.

MPKT 04 -tutkimuksessa on selvitetty CaCO_3 :n (kalsiitin) reaktioita ja niiden vaikutuksia märkäosan kemiaan pilotmittalaitteiston ja dynaamisen mallinnuksen avulla. On line -mittauksissa on seurattu sekä veteen liuennutta että kokonaiskalsiumia ioniselektiivisen elektrodin ja Courier-10-Ca-analysaattorin avulla. On kehitetty koeoloja vastaava mekanistinen reaktiotarkastelu ja johdet-

tu dynaaminen monikomponenttimalli, joka on voitu verifioida tähänastisten koetulosten avulla. Dynaamisen mallin avulla voidaan simuloida eri prosessimuuttujien (Ca:n liukenemisnopeus, lämpötila, paine ja kaasuosapaineet) vaikutuksia pH-käyttäytymiseen sekä ennustaa prosessimuuttujia ”what if” -tilanteissa.

Jatkosuunnitelmia

Jatkossa selvitetään mallien soveltamista mm. massan puskurivaikutusten sekä prosessin Ca-pitoisuuden ja kaasuosapaineiden muutosten yhteydessä. Teorian ja kokeellisten tulosten jälkeen kehitettyjä malleja validoidaan teollisessa ympäristössä. Erikoismittarit, kuten Courier 10, tullaan asentamaan siistauslinjaan ja pH-Ca-malleja testataan tuotannon ohjauksessa ja valvonnassa.

Suosituksia

Johtoryhmän jäsenet eivät kaikki ole ilmaisseet kantaansa näihin projekteihin. Ne jotka ovat sen tehneet, ovat todenneet tutkimusten olevan CACTUS-töiden parhaasta päästä. Eräs lausunnoista kiteyttää suosituksemme kattavasti: ”Tässä ollaan ehdottomasti oikeilla urilla. Muunkin kemian mallinnus olisi toivottavaa. Tällaista tutkimusta on tuettava enemmänkin yhteisillä varoilla.”

Jatkohanketta harkittaessa tulisi kuitenkin edellyttää, että kaikki mallintamisen kanssa puuhailevat tahot (TKK, VTT Energia, VTT Automaatio, mahdollisesti KCL) tekisivät yhteistyötä.

Diaarit	17/401/98 – 1437/401/98
Sopimukset	40287/98 – 40198/99
Projektin nimi	MPKT 05 Flödescytometri för snabb karaktärisering av kolloidala partiklar av olika typ i bakvatten
Tutkimuslaitos	Abo Akademi, Laboratoriet för skogsprodukternas kemi
Tutkimuksen johtaja	Bjarne Holmbom
Tutkimusryhmä	Ralf Degerth, Bjarne Holmbom
Kustannusarvio	909 000 mk
Tekesin rahoitus	725 800 mk

Projektin tavoitteet

Virtaussytometrisen (FCM = Flow Cytometry) mittausten menetelmän kehittämisen tavoitteena on paperikoneen kiertovesien sisältämien kolloidisten hartsihiukkasten, täyteaineiden hienojakeen, kuituhienoaineksen mikrojakkeen ja bakteerien nopea (mikäli mahdollista ”on line”) määrittäminen. Menetelmän kehitystyöhön sisältyy kriittisinä osaluokina näytteiden esikäsittely varsinaista mittausta varten ja eri hiukkasjakkeiden värjäystekniikka. Lisätavoitteita ovat tulosten kvantitatiivinen tulokinta sekä FCM-metodiikan kytkeminen muihin, paperikoneen kiertovesien karakterointiin ja laadulliseen arviointiin liittyviin mittauksiin.

Tuloksia

Laboratoriotutkimuksia on tehty etupäässä malliaineilla (hierreututeilla, kaoliinilla, talkilla, bakteeriviljelmillä ja keinotekoisella LK-vedellä), mutta rajoitetusti myös suoraan tehtailta toimitetuilla kiertovesinäytteillä. FCM-detektointiin on käytetty kaupallisia, suhteellisen kalliita laboratoriolaitteita: virtaussytometriä, luminesenssispektrometriä ja laserpyyhkäisy-fluoresenssimikroskooppia. Laboratoriokomponenttien pohjalta on kehitetty on line -detektointijärjestelmä, joka on viimeistelyvaiheessa.

Näytteiden esikäsittelyyn on Åbo Akademiassa kehitetty oma, patentoitu jatkuvatoiminen suodatus-tekniikka (FI Pat. 100919/1998). Näytteessä olevien

hiukkasten värjäykseen on löydetty ”Nile Red”-väriaine, jonka avulla eri hiukkastyypin selektiivinen detektointi on mahdollinen. Menetelmä perustuu värjättyjen hiukkasten poolisuuteen, jonka kasvaessa fluoresenssivalon aallonpituus kasvaa kohti sinistä valoa. Suotimien avulla voidaan samasta näytteestä nopeasti mitata eri hiukkasten tyyppi ja koko. Tutkimus ja kehitetty menetelmäkokonaisuus lienevät ainoat laatuaan maailmassa ja laboratoriotulokset erittäin lupaavia.

Jatkosuunnitelmia

Työn johdonmukaisena jatkeena olisi

- on line -laitteiston viimeistely
- at line -kenttäkokeet sekä pitempiäaikaiset on line -ajot paperikoneilla.

Åbo Akademin niukat henkilö- ja muut resurssit asettavat kuitenkin rajansa tämän tyyppiselle tutkimustyölle, minkä vuoksi siellä harkitaan tutkimuksen jatkeen luovuttamista asiasta kiinnostuneelle ulkopuoliselle tutkimuslaitokselle tai yritykselle.

Suosituksia

Työn jatkamista suositellaan lämpimästi. Neuvottelut jatkosta (resurssien tarpeesta ym.) on syytä käynnistää mahdollisimman pian. Tietotaidon ollessa Åbo Akademiassa olisi luontevinta, että työtä jatkettaisiin siellä vielä ainakin yhden vuoden ajan. Tekesin rahoitusta suositellaan työn jatkajalle tarpeellisessa laajuudessa.

Diaari	1584/401/97
Sopimus	40356/98
Projektin nimi	MPKT 06
	Tuoreveden käytön minimointi paperikemikaalien käytössä
Tutkimuslaitos	Lappeenrannan teknillinen korkeakoulu Kemianteeniikan osasto / Paperitekniiikan laboratorio
Tutkimuksen johtaja	Hannu Manner
Tutkimusryhmä	Kati Ryösö, Hannu Manner
Kustannusarvio	411 000 mk
Tekesin rahoitus	329 000 mk

Projektin tausta ja tavoitteet

Projektin taustana on kiertoveden käyttömahdollisuuksia kemikaalien syöttövesinä käsittelevä CACTUS-esiprojekti MPKT 07. Siinä kartoitettiin mihin kohteisiin, minkälaista ja kuinka paljon eri tyyppisillä paperikoneilla käytetään tuorevettä ja/tai puhdistettua kiertovettä.

Tämän projektin tavoitteena on selvittää, kuinka kemikaalien ominaisuuksien valinnalla ja annosteluteknikalla voitaisiin minimoida tuoreveden kulutusta kemikaalien laimenuksessa ja syötössä, vaikuttamalla kemikaalien tehokkuuteen ja annostelutarpeeseen. Selvityksen kohteina ovat ne tekijät kemikaalien valinnassa ja syötössä, jotka ovat merkittävimpiä korvattaessa kemikaalien syöttöön käytettävä tuorevesi epäpuhtauksia sisältävällä vedellä.

Pyrkimyksenä on saada kattava kuva niistä kemikaalien käyttöön liittyvistä mahdollisuuksista, joilla voidaan edelleen pienentää paperikoneiden tuoreveden käyttöä ja auttaa näin siirtymistä yhä suljetumpiin paperikoneen kiertovesijärjestelmiin.

Tuloksia

Voimakkaasti häiritsevä komponentti kationisten polymeerien, ennen muuta retentioaineiden lai-

mennus- ja syöttövedessä, on anioninen LK-aines, joka saattaa aiheuttaa polymeerin tehon jopa täydellisen menetyksen. Tiettyyn syöttöveden li-kaisuusasteeseen asti voidaan vaikutusta estää annostelemalla polymeeri suuremmissa konsentraatioissa. Kuitenkin tutkituista kiertovesien kirkassuodoksista valtaosa osoittautui polymeerien tehon kannalta käyttökelpoisiksi sellaisinaan, mikäli laimennusveden määrä pidetään alhaisena. Annostelupitoisuus ja retentioaineen varaus ovat kriittisiä tekijöitä.

Laboratoriokokeiden perusteella voidaan runsaasti anionista häiriöainesta sisältävää kiertovettä käsitellä kationisella polyelektrolyytillä, kuten poly-DADMAC:lla, minkä jälkeen siitä saadaan suodatuksen jälkeen kationisten polymeerien syöttöön hyvin käyttökelpoista vettä. Riittävä suodatustulos saavutetaan 1 µm erotuskyvyn omaavalla suotimella.

Työssä tutkittiin useiden kationisen polyakryyliamidien ominaisuuksia. Annostelemalla CPAM siten, että syöttövesi huuhtelee retentioaineen varastoliuksen suoraan massasulpuun hyvin lyhyellä viiveellä, voidaan pienentää syöttöveden epäpuhtauksien aiheuttamaa CPAM:n tehon menetystä. Selvästi parhaiten syöttöveden epäpuhtauksia sietäviksi osoittautuivat lievästi kationiset polyakryyliamidit. Moolimassalla ei voitu todeta olevan vaikutusta CPAM:n toimintaan erilaisia syöttövesiä käytettäessä.

Jatkosuunnitelmia

Tutkimuksia on tarkoitus jatkaa vielä käsittämään eräiden muiden paperikemikaalien, kuten AKD:n, massatärkkelyksen ja fiksatiivien annostelua epäpuhtailla syöttövesillä. Näille kemikaaleille pyritään löytämään syöttövesien puhtautta koskevat vaikuttavimmat tekijät.

Jatkossa tullaan myös selvittämään mahdollisuuksia kasvattaa kemikaalien annostelupitoisuutta tai toteuttaa niiden syöttö siten, että pääosa kemikaalien syöttövedestä voi olla muuta kuin tuorevettä.

Suosituksia

Kemikaalien laimennukseen ja syöttöön käytettävän tuoreveden osuus tuoreveden kokonaistarpeesta paperikoneella saattaa olla 10–25 % paperilajista ja paperikoneen rakenteesta riippuen. Tämän vesimäärän supistamiseen tähtävällä tutkimuksella on huomattava merkitys vesikiertojen sulkemisen ja vesifraktioiden jälleenkäytön kannalta. Tutkimuksen jatkamista suositellaan lämpimästi, samoin sopivan laajaa Tekesin rahoitusta.

Diaari	384/401/97
Sopimus	40365/97
Projektin nimi	MPKT 07
	Kiertovesien käyttömahdollisuudet kemikaalien syöttövesinä
Tutkimuslaitos	Lappeenrannan teknillinen korkeakoulu Kemianteeniikan osasto / Paperiteeniikan laboratorio
Tutkimuksen johtaja	Hannu Manner
Tutkimusryhmä	Erja Harju, Hannu Manner, Kati Ryösö, Mirka Töyry, Heli Viik
Kustannusarvio	380 000 mk
Tekesin rahoitus	300 000 mk

Projektin tavoitteet

Tavoitteena oli selvittää,

- miten erityyppiset, veden sisältämät epäpuhtaudet vaikuttavat veden käyttökelpoisuuteen paperikemikaalien laimennuksessa ja syötössä.
- ne käyttökohteet laimennuksessa ja syötössä, jotka eivät aseta laimennusveden puhtaudelle ehdottomia vaatimuksia.
- paperikoneen kiertoveden eriaisteisten kirkasteiden (kirkassuodos, superkirkas suodos, erilaisilla kalvosuodatuksilla puhdistettu kiertovesi) soveltuvuus laimennus- ja syöttövesiksi.

Tuloksia

Haastatteluissa selvitettiin tuoreveden käyttöä: mihin kohteisiin sitä käytetään, minkälaista sen pitää olla ja kuinka paljon sitä tarvitaan erityyppisillä paperikoneilla. Kartoituksen kohteina oli 7 tehdasta, joilla oli kaksi sanomalehtipaperikonetta, kaksi kartonkikonetta, kaksi LWC-konetta ja yksi hienopaperikone. Näillä koneilla eri kemikaalien laimennukseen ja syöttöön käytetyn veden osuus tuoreveden kokonaiskulutuksesta oli 10–15 %. Hienopaperin ja LWC-pohjapaperin valmistuksessa on laimennus- ja piiskavesien osuus muita paperilajeja suurempi: 1,5–2,6 m³/paperitonni.

Polymeerien (varsinkin kationisten polymeerien, kuten retentioaineiden, kiinnitysaineiden, tarkkelyksen) laimennus ja syöttö vaativat runsaasti vettä ja toisaalta nämä kemikaalit ovat herkkiä laimennusveden anioniselle ainekselle. Eniten tuorevettä käytetään retentioaineen laimennus- ja piiskavetenä; tarve on 500–2500 l/paperitonni.

Paitsi, että anioninen häiriöaine heikentää em. kemikaalien toimintaa, saattaa seurauksena olla saostumien syntyminen syöttölinjoille. Myös laimennusveden kovuus on haitallinen kemikaalien toiminnan kannalta. AKD-liiman laimennusvesi ei hydrofobiliimauksen onnistumisen kannalta myöskään saa sisältää anionista ainesta eikä korkeaa sulfaattipitoisuutta. Toisaalta nämä epäpuhtaudet eivät ole osoittautuneet haitallisiksi retentioapuaineena käytetyn bentoniittilietteen laimennusvedessä.

Paperikoneen kirkkaiden tai superkirkkaiden suodosten käyttö kemikaalien laimennuksessa lisää kemikaalien annostelutarvetta ja saostumien muodostumisriskiä. Kalvosuodatuksen avulla voidaan poistaa kiertovedestä toimivuutta heikentäviä epäpuhtauksia ja lisätä sen käyttömahdollisuuksia laimennusvetenä. Hienopaperikoneella nanosuodatuksella puhdistettua kiertovettä voitiin käyttää kemikaalilaimennukseen ilman, että kemikaalien annostelutarve lisääntyi eikä huomattavaa saostumariskiä esiintynyt.

Jatkosuunnitelmia

Kemikaalien syöttöön tarvittavan tuoreveden määrän vähentämiseksi tarvitaan tietoa sekä mahdollisuuksista korvata ainakin osa tuorevedestä kiertovedellä että myös mahdollisuuksista modifioida annostelutekniikkaa siten, että tarvittavan tuoreveden määrä vähenee. Tämä merkitsee tiedon tarvetta kemikaalien luonteen, annostelupaikan, reaktiokinetiikan ja annostelun jälkeisten viiveiden ja leikkausvoimien vaikutuksista kemikaalien toimintakykyyn.

Jatkotutkimuksessa selvitetään,

- voidaanko kiertovesien käyttömahdollisuuksia laimennusvesinä lisätä käytettävien kemikaalien oikealla valinnalla,

- voidaanko vähentää kemikaalien annostelussa tarvittavan tuoreveden määrää kemikaalien annosteluväkevyyttä ja/tai annostelutekniikkaa muuttamalla.

Jatkotutkimus on käynnistynyt CACTUS-projektina MPKT 06 ”Tuoreveden käytön minimointi paperikemikaalien käytössä”.

Suosituksia

Edellä mainittu jatkotutkimus on aiheellinen ja Tekesin rahoituksen arvoinen.

Diaarit	608/401/97, 716/401/98
Sopimukset	40587/97, 40195/99
Projektin nimi	MPKT 09 Paperikoneen prosessivesianalytiikka (PAPPRO)
Tutkimuslaitos	Jyväskylän yliopisto, Kemian laitos, soveltavan kemian osasto
Tutkimuksen johtaja	Juha Knuutinen
Tutkimusryhmä	Raimo Alén, Pasi Harjula, Viivi Jurvela, Jukka Kilpinen, Juha Knuutinen, Raili Pallonen
Kustannusarvio	1 124 000 mk
Tekesin rahoitus	795 000 mk

Projektin tavoitteet

Tutkimuksen tavoitteena on täydentää paperikoneen prosessivesien sisältämien LK-aineiden analytiikkaa uusilla, muista analyyseista eroavilla menetelmillä. Samalla pyritään löytämään uusia on line -kelpoisia sormenjälkiteknikoita. Aluksi pääpaino on orgaanisten pienimolekyylisten happojen ja ligniiniyhdisteiden analytiikassa. Tutkimuskenttää laennetaan sen jälkeen uuteaineiden nestekromatografiaan (LC), kapillaarielektroforeesiin (CE) ja massaspektrometriaan (MS) sekä hiilihydraattien molekyylipainojakauman määrittämiseen. Tavoitteena on tuottaa tietoa kyseisten yhdisteiden käyttäytymisestä erilaisissa prosessivesissä ja prosessien eri vaiheissa.

Tuloksia

Tutkitut näytteet olivat TMP-laitokselta ja muualta paperikoneelta 11 eri kohdasta otettuja vesiä, kuten TMP:n kiekkosuotimen sameaa ja kirkasta suodosta, hiertämön valkaisuun jälkeisen viiratelpuristimen suodosta, PK:n kiekkosuotimen sameaa ja kirkasta suodosta, PK:n suihkuvesiin menevän kiertoveden aksepti suihkuvesisihdin jälkeen, vedet sisä- ja ulkoviiran levystöltä viirakaivoon ym. (useimmat kohdat ovat erilaisia kuin projektissa MPKT 10 / MPKY 2, johon tätä projektia on pyritty vertaamaan CE-metodiikan käytön vuoksi). Näytteiden esikäsittelyssä sovellettiin Jyväskylän

yliopistossa kehitettyä nopeata kiinteäfaasiuuttoa (SPE).

Tutkimuksessa on kertynyt runsaasti perustutkimusluonteista analyttistä tietoa. Jos kriteeriksi otetaan tutkittujen menetelmien on line -kelpoisuus, voidaan SPE:hen, LC:hen ja CE:hen perustuvia tekniikoita pitää lupaavimpina. Pyrolyysi-GC/MS, liuos-liuos-uutto, GC/MS tai kemiallista hajotusta edellyttävät tekniikat eivät sovellu on line -käyttöön mutta ovat vertailevina, sormenjälkiä identifioivina menetelminä tärkeitä laboratorionkäytössä.

Jatkosuunnitelmia

- Kehitetään uuteaineiden pikamääritysmenetelmä, jossa eristys tapahtuu SPE-menetelmällä ja analysointi valittujen ionien monitoroinnilla (SIM) + LC/MS -tekniikalla. Selvitetään, onko mahdollisuuksia kehittää uuteaineille on line -kelpoinen tekniikka, jolla pihkan tärkeimmät komponentit voidaan määrittää prosessivesissä.
- Siirrytään CE-analytiikassa ionien puolelta (joita tutkitaan projekteissa MPKT 10 / MPKY 2) hiilihydraattien määrittästekniikan tutkimiseen ja kehitetään samalla kokoeksklusiokromatografiaan (HPSEC) perustuvaa sormenjälkimenetelmää.

- Vesistä eristetään eri molekyylikoon omaavia fraktioita ja tutkitaan niiden kemiallista rakennetta ja koostumusta.
- Luodaan LC/MS-spektrikirjasto, joka käsittää prosessivesissä yleisimmin esiintyvät yhdisteet.

Suosituksia

Suhtautuminen projektiin on CACTUS-ohjelmaan osallistujien keskuudessa kaksijakoinen: toisaalta sitä pidetään liian perustutkimusluonteisena teknologiaprojektiksi (Suomen Akatemia katsotaan

sopivammaksi tukijaksi), toisaalta tietyt tahot (Valmet-Neles, UPM) pitävät tutkimusta välttämättömänä tukemaan on line -menetelmän kehitystyötä uuteaineiden ja hiilihydraattien määrittystä varten. Arvioija yhtyy viimeksimainittuun kannanottoon ja suosittelee työn ja Tekesin rahoituksen jatkamista.

Suosittelaa yhteistyötä Åbo Akademin kanssa, missä myös tehdään uuteaineiden on line -identifiointiin tähtäävää tutkimusta (projekti MPKT 05) ja kehitetään uutta hiilihydraatti-analytiikkaa (MPKT 13).

Diaarit	400/480/97 (KCL)	179/480/97 (VTT)
Sopimukset	702/97	40409/97
Projektien nimet	MPKY 02 (KCL)	
	Tehdasoloissa tapahtuva anionien kapillaarielektroforeettinen on line -määritys ja sen hyödyntäminen prosessivalvonnassa	
	MPKT 10 (VTT)	
	Anionien on line -määritys kapillaarielektroforesilla	
Tutkimuslaitokset	Oy Keskuslaboratorio, Espoo VTT Kemianteeniikka, Espoo	
Tutkimuksen johtajat	Martin Holmberg, KCL Veikko Komppa, VTT	
Tutkimusryhmät	KCL: Martin Holmberg, Raimo Kokkonen, Veikko Vainikka VTT: Tarja Hiissa, Veikko Komppa, Tapio Kotiaho, Heli Sirén, Timo Särme, Katariina Vuorensola	
Kustannusarviot	KCL: 1 335 000 mk	VTT: 942 000 mk
Tekesin rahoitus	KCL: 530 000 mk	VTT: 471 000 mk

Projektin tavoitteet

Nämä kaksi hanketta ovat tavoitteiltaan lähes yhteneväiset ja työ on toteutunut esimerkillisenä, tiiviinä KCL:n ja VTT:n välisenä yhteistyönä ja käsitellään tässä yhtenä kokonaisuutena.

Prosessiveteen liuenneilla ioneilla on useita vaikutuksia prosessin kemiallisiin ja fysikaalis-kemiallisiin tapahtumiin. Vesikierron sulkemisen myötä liuenneiden ionien konsentraatiot kasvavat ja niiden haitalliset vaikutukset korostuvat ilmentyen erityyppisinä häiriöinä, esim. saostumina, koneiston likaantumisenä, tuotteen laatuviikoina ja kustannustappioina, joita prosessin käyntihäiriöt aiheuttavat. Projektien tavoitteena on kehittää on line -mittaustekniikka, jonka avulla pystytään määrittämään paperikoneen vesien ionipitoisuuksia ja tulosten avulla jäljittämään esiintyvien häiriöiden syitä. Ajateltavien mittausten menetelmien joukosta pyrittiin löytämään sellainen, joka mahdollistaisi anionien konsentraatioiden määrittämisen, sillä kationien analyysiin oli jo ennestään käytettävissä suhteellisen tyydyttävästi toimivia menetelmiä.

Analyysimenetelmä, joka valittiin työn perustaksi, on kapillaarielektroforeesi (CE). Osatavoitteet, jotka CE-menetelmän avulla halutaan toteuttaa, luetellaan KCL:n hankkeessa seuraavasti:

- Valittujen CE-määritysten kehittäminen laboratorio-oloissa.
- Automaattisen näytteenottosysteemin pystyttäminen.
- Jatkuvatoimisen on line -järjestelmän rakentaminen ja testaus.
- Määritysten toimivuuden testaus paperikoneen märkäosassa ja sellutehtaan valkaisuissa.
- Mittausten yhdistäminen muihin prosessimitauksiin ja mittaustulosten hyödyn arviointi.

Aikaisemmin toteutuneisiin, muutaman kationin on line -analyysiin paperitehtailla on liittynyt järeän, Raisio Chemicalsin kehittämän automaattisen näytteiden suodatus- ja laimennuslaitteen WIC-100 käyttö ja KCL-Wedge-tietojenkäsittelyjärjestelmän hyödyntäminen. Molempia käytetään tämänkin projektin toteutuksessa apuvälineinä, mutta VTT:n ambitioihin sisältyy vielä erillisen, tehtaan tietosysteemiin liitettävän datan

keruu- ja käsittelyjärjestelmän kehittäminen ja validointi.

Tuloksia

Työ on VTT:n ja KCL:n välisen hyvän yhteistyön ansiosta edistynyt suunnitelmien mukaan (jopa etuajassa) ja laboratoriokokeista on voitu ottaa tärkeä askel tehdasoloissa tapahtuviin mittauksiin. Tehdaskokeet ovat osoittaneet, että kaupallinen CE-laite pienin kustannuksin on muunnettavissa on line -mittauksiin soveltuvaksi, ja sen muuttaminen takaisin laboratoriolaitteeksi on vaivatonta. Menetelmän on line -kehitystyö on sovitettu WIC-100:lla toteutettavaan 20 minuutin näytteenotto-sykliin, jolloin periaatteessa voidaan määrittää anioneista kloridi, sulfaatti, nitraatti, oksalaatti, vetyfosfaatti, formiaatti ja fluoridi (25 minuutin syklillä lisäksi vielä asetaatti). Tehdaskokeissa on toistaiseksi kuitenkin aluksi pääasiallisesti keskitetty sulfaatin, kloridin, nitraatin ja oksalaatin sekä alustavasti kationeista natriumin seurantaan.

Näissä kokeissa on VTT:llä kehitetty tulosten siirto-ohjelmisto toiminut hyvin.

Jatkosuunnitelmia

Suunnitteilla on yhteinen jatko projekti, joissa on aikomus laajentaa tehdasoloissa määritettävien anionien valikoimaa ja ryhtyä määrittämään myös anionisia metallikomplekseja sekä kationeja paperikoneen märkäosan ja sellutehtaan vesistä. Lisäksi selvitetään esikäsittelyn automatisointia niiden tehdasajojen varalta, joihin ei ole käytettävissä WIC-100:n tapaista automaatiojärjestelmää. Pyritään löytämään syy-seuraussuhteita on line -mittauksilla saatujen tulosten ja mahdollisten prosessihäiriöiden välillä.

Suosituksia

Tämän arvokkaan työn jatkolle suositellaan Tekesin rahoitusta tarpeellisessa laajuudessa.

Diaari	34/407/97
Sopimus	70179/97
Projektin nimi	MPKT 11 Näytteenoton ja käsittelyn kehittäminen prosessinesteiden analytiikan ja on line -mittaustekniikan tarpeisiin
Tutkimuslaitos	Oulun yliopisto, Mittalaitelaboratorio, Kajaani
Tutkimuksen johtaja	Juha Kalliokoski
Tutkimusryhmä	Kirsi Keski-Ruismäki
Kustannusarvio	1 900 000 mk
Tekesin rahoitus	1 400 000 mk

Projektin tavoitteet

Mittalaitelaboratorion (MLL) tavoitteena on kehittää näytteenotto- ja käsittelymenetelmiä ja -tekniikkaa paperi- ja sellutehtaiden prosessivesien analyysi ja on line -mittausten tarpeisiin. Lähtökohtana on kirjallisuushaku, jossa kartoitetaan toistaiseksi käytettyjä erotus- ja mittaamenetelmiä ja yleisemmin ko. alueella tehtyjä tutkimuksia.

Pyrkimyksenä on keskittyminen erityisesti paperitehtaiden LK-aineiden määrittämisessä tarvittavien erotusmenetelmien ja tekniikoiden kehittämiseen ja tutkimiseen. Tavoitteisiin sisältyy näytteenotto-tekniikan ja kolmen mittaamenetelmän kehittäminen: kolloidisen pihkan, ionien ja varauksen mittaaminen.

Menetelmiä ja tuloksia

Näytteenottotekniikkaa on projektin ensimmäisenä toteutusvuotena tutkittu etupäässä laboratorio-oloissa, osaksi projektin yhteydessä tehdyssä diplomityössä. Työssä on testattu erilaisten näytteenkäsittelytapojen vaikutuksia tuloksiin ja muutamia, lähinnä crossflow-tekniikkaan perustuvia suotimia. Referenssimittauksia varten on labora-

torionäytteille kehitetty esikäsittelymenetelmä erilaisten suodatusten ja sentrifugoinnin optimoinnilla.

Kolloidisen pihkan mittauksessa on lähtökohtana ollut virtaussytometrinen menetelmä. Tutkimus on tältä osin tapahtunut yhteistyönä menetelmän kehittäjän, BASFin kanssa.

Mitattaviksi ioneiksi valittiin alumiini, silikaatti, kalsium ja kloridi. Laitteistolla suoritettavat mittaukset perustuvat spektrofotometriaan ja potentiometriin, referenssimittaukset liekkiatomiasorptio-spektrometriaan. Kehitteillä on myös nopea, röntgenfluoresenssiin perustuva menetelmä suodatetun ”kakun” analysointiin.

Varausmittaukset perustuvat kolloidititraukseen. Saavutettavat tulokset riippuvat huomattavasti näytteiden käsittelymenetelmästä ja säilytyksestä, minkä vuoksi näitä kahta parametria on tutkittu melko laajasti sekä laboratorionäytteistä että tutkittujen näytteenottomien tai erottimien tuottamista näytteistä.

Tehdaskokeita varten on rakennettu siirrettävä näytteenottolaitteisto sekä kehitetty ns. datanke-räysbokseja ja tulosten käsittelyohjelmisto.

Jatkosuunnitelmia

Tutkimuksen painopiste siirretään laboratorion paperitehtaalle. Laitteiston avulla on tarkoitus tehdasolosissa testata näytteiden ottoon kahta eri suodatusmenetelmää. Tämän jälkeen laitteistoa testataan vielä jatkuvatoimiseen tehdasnäytteenottoon.

Ionien potentiometrillä mittausta varten on rakenteilla näytteiden käsittely- ja mittausyksikkö, jonka testaaminen tehtaalla aloitetaan, kun laboratoriotestit on saatu päätökseen. Työssä mittausaineisto loggataan datankeräysboksiin ja käsitellään kehityksellä ohjelmistolla. Ionien spektrofotometrillä mittausten menetelmää testataan vielä uusissa paperikoneympäristöissä.

Suosituksia

Näytteenotto ja näytteiden käsittely ovat kriittisiä vaiheita, kun pyritään soveltamaan ja kehittämään kemiallisia ja fysikaalis-kemiallisia mittausmenetelmiä on line -käyttöön. Tämän lisäksi monikomponenttianalyysissä näytteenotto ja analyysiaika on vaiheistettava kaikille komponenteille sopivaan rytmiin. Potentiometriset ja spektrofotometriset mittaukset ovat yleensä nopeita suorituksetta ja sikäli sopivia on line -menetelmien sykleihin. Laitteiston etuna järeään kiinteään laitteis-

toon verrattuna on siirrettävyys ja joustavuus, mutta olisi suotavaa, että voitaisiin samalla paperikoneella tehdä vertailevia toimivuuskokeita WIC-100-laitteiston kanssa rinnan. Ionivalikoima on MLL:n laitteella sama kuin WIC-100:lla.

Näytteiden otto ja käsittely ovat tutkimuksen kohteina myös VTT:n projektissa MPKT 10 ja Åbo Akademin projektissa MPKT 05. ÅA:n menetelmälle on hyväksytty patentti. Erona (ja etuna) muihin menetelmiin verrattuna on suodatusanalyysi MLL:n menetelmässä.

Haastatteluissa on syntynyt vaikutelma, ettei MLL:n ja VTT:n/ÅA:n kesken ole juuri nimekkään yhteistyötä, vaikka kaikki kolme projektia ovat CACTUS-ryppään osia.

Sekä ÅA että MLL tutkivat virtausytometrian käyttöä kolloidisen pihkan määrittämiseen, minä myös luulisi olevan inveniivinen yhteistyöhön. ÅA:n menetelmä on viimeistelyä vaille valmis on line -käyttöön.

MLL:n mittausjärjestelmän edut huomioon ottaen on puuttuvasta yhteistyöhalukkuudesta huolimatta syytä tukea kehitystyön saattamista päätökseen. Tekesin rahoitusta suositellaan.

Diaari	56/407/97
Sopimus	70182/97
Projektin nimi	MPKT 12 TAKE-projekti: Taitekerroinmittauksen kehittämisprojekti teollisuuden tarpeisiin
Tutkimuslaitos	Oulun yliopisto, Mittalaitelaboratorio, Kajaani
Tutkimuksen johtaja	Juha Kalliokoski
Tutkimusryhmä	Jukka Rätty, Pirjo Kyyrönen
Kustannusarvio	1 130 000 mk
Tekesin rahoitus	960 000 mk

Projektin tavoitteet

Päätavoitteena on ratkaista biotekniikan sekä elintarvike- ja metsäteollisuuden mittausingelmia hyödyntäen uudentyypistä reflektometristä menetelmää, eli samanaikaista nesteen taitekertoimen ja absorptioon mittaamista laajalla spektrialueella. Tarkoitusta varten käydään läpi aiheeseen liittyvä kirjallisuus ja kartoitetaan tähänastiset ja mahdolliset uudet sovelluskohteet. Projektin aikana suunnitellaan ja rakennetaan mainittuun tekniikkaan perustuva ja uusiin mittaustarkoituksiin soveltuva taitekerroinlaitteisto.

Tuloksia

Kirjallisuustutkimuksen perusteella voidaan luetella mm. seuraavat alat, joilla taitekerroinmittauksia voidaan soveltaa: hedelmien kypsymisen arviointi, maitotuotteiden, viinien jne. laaduntarkkailu, ruokaöljyjen saturaatioasteen tutkiminen, sokeiden kiteytymisen seuranta, veren glukoosipitoisuuden määrittäminen, silmän linssien tutkiminen, hampaiden paikkamateriaalien polymeroitumisominaisuuksien tutkiminen, proteiinipitoisuuden määrittäminen esim. seerumista ja kernimaidosta, virtsan ominaispainon mittaaminen ja sellun valmistuksessa lipeän kuiva-ainepitoisuuden määrittäminen.

Taitekerroinmäärittämiä voidaan myös käyttää kromatografiassa detektointiin silloin kun UV-absorptio on heikkoa, esim. sokereiden, alkoholiin, orgaanisten happojen, rasvahappojen ja esteerien detektointiin. Polymeerien moolimassajakaumia voidaan myös selvittää taitekerroinanalyysin avulla.

Laitteiston suunnittelu ja rakentaminen on vielä käynnissä.

Jatkosuunnitelmia

Jatkosuunnitelmiin sisältyy uusien sovelluskohdeiden ideointi ja varmistaminen laboratorioteknisillä mittauslaboratorion jo ennestään olemassa olevilla laitteilla. Uusia kohteita ovat maitotuotteiden ominaisuuksien määrittäminen, marjaviinien valmistuksen seuranta ja sellutehtaan prosessiveden analyysi.

Suosituksia

CACTUS-sidosryhmän kannalta on relevantteja tai mahdollisia sovelluskohteita varsin niukasti. Niitä löytyy muutama sellun valmistuksen puolelta, mutta paperitehtaan oloihin soveltuvia ei ole vielä ollenkaan. Tästä näkökulmasta syntyy

vaikutelma, ettei CACTUS-foorumi välttämättä ole oikea kohderyhmä mittauslaboratorion kieltämättä ammattitaitoisen TAKE-tutkimusryhmän työlle. Sen sijaan elintarvike- ja lääketeollisuus vaikuttaisivat luontaisilta yhteistyö- ja tukipartneereilta.

Emme voi arvioida tutkimusohjelmaa eikä työn tuen tarvetta muun kuin metsäklusterin näkökulmasta, muiden teollisuushaarojen tutkimustarpeista ei meillä ole käsitystä. Selluteollisuuden prosesiveden analytiikassa on joitakin yhtymäkohtia myös paperinvalmistuksen emävesien analytiikkaan, johon taitekerroinanalyyysien mahdollisuuksien selvittelyä ei kuitenkaan vielä liene ulotettu. TAKE-projektissa ollaan vielä pitkän matkan päässä paperinvalmistajan odotuksista, jotka tänä

päivänä ennen muuta liittyvät prosessikemian seurantaan ja paperikoneen ohjausta avustaviin online -mittauksiin. CACTUS-ohjelman tavoitteiden eli vesikiertojen sulkemiseen tähtäävien toimien kannalta TAKE-projektille myönnetyn rahoituksen suuruus suhteessa saavutetun tiedon määrään ja hyödynnettävyyteen on melko epäedullinen ohjelman muihin projekteihin verrattuna.

Suosittellemme, että TAKE-projekti irrotetaan CACTUS-projektien ryppästä. Sen relevanssi tulisi arvioida ei ainoastaan metsäteollisuuden vaan muidenkin ajateltavissa olevien teollisuushaarojen näkökulmista, jolloin mahdollinen Tekesin rahoitus voidaan mitoittaa kokonaistarpeen mukaan.

Diaari	1429/401/98
Sopimus	40197/99
Projektin nimi	MPKT 13 Effects of wood polymers and extractives on dewatering, drying and paper properties
Tutkimuslaitos	Åbo Akademi, Laboratoriet för skogsprodukternas kemi
Tutkimuksen johtaja	Bjarne Holmbom
Tutkimusryhmä	Bjarne Holmbom, Anna Sundberg, Stefan Willför
Kustannusarvio	443 200 mk
Tekesin rahoitus	354 600 mk

Projektin tausta ja tavoitteet

Käynnissä oleva tutkimus on poikunut Åbo Akademin suojissa (Laboratoriet för papperskemi) suoritettusta, CACTUS-hankkeisiin kuuluvasta projektista MPKY 03*), jonka ohjelmaan on mm. kuulunut:

- LK-aineiden fysikaalis-kemiallinen karakterointi.
- Analyyttisten menetelmien kehittäminen kationisen tärkkelyksen (CS) ja polyakryyliamidin (CPAM) määrittämiseen.
- LK-aineiden vaikutus CS:n ja CPAMin adsorptioon.
- Kationisen tärkkelyksen adsorptio LK-aineiden suhteen muuttuvissa oloissa ja CS:n käyttö rentio- ja flokkausapaineena.

Projektin tavoitteena on selvittää kiinnitysaineiden ("fiksatiivien") aiheuttaman LK-aineiden saostumisen vaikutus paperin optisiin ja mekaanisiin ominaisuuksiin. Tutkimuksen tavoitteisiin kuuluu myös selvitys anionisten ryhmien jakautumisesta erilaisiin jakeisiin; valkaisuaineiden kuumahierre uutetaan, alkalikäsittellään ja/tai peroksidivalkais-

taan, minkä jälkeen massat fraktioidaan ja analysoidaan. Työhön sisältyy myös selvitys lämmön ja hapen vaikutuksesta TMP-kuitujen ja -vesien tummumiseen.

Tuloksia

ÅA:n maailmanlaajuisista huomiota herättäneistä perinteisistä analyttisistä ja preparatiivisista taitoja on hyödynnetty työn tarpeisiin usealla tavalla. Kuiduille agglomeroitunut hartsi on visualisoitu konfokaalisen laserpyyhkäisymikroskopian avulla. On kehitetty ja validoitu uusi kvantitatiivinen, metanolyysiin perustuva hiilihydraattien happamien ja neutraalien sakkariidien ja pektiinien määrittämenetelmä, joka selektiivisesti sulkee pois selluloosan. TMP:n hartsit on uutettu n-heksaaniin ja asetyloitunut glukomannaani eristetty puhtaana TMP:n suspensiosta sekä deasetyloitu alkalikäsittelyllä. Pektiihapot on eristetty alkalikäsittelyistä TMP-suspensioista.

Em. eristettyjä puun hartseja ja polysakkarideja lisättiin kuitususpensioihin ja aggregoitiin ka-

*) Tekes MPKY 03: Veronica Bobacka, Dan Eklund, Maristiina Nurmi, John Näsman "Effects of wood polymers and extractives on the adsorption of wet-end chemicals and the properties of the sheet".

tionisten polymeerien (Raifix®, Fennofix®) tai suojojen avulla. Arkkien mekaaniset ominaisuudet (vetolujuus, Scott Bond) huononivat hartsipitoisuuden funktiona aina 4 mg/g asti mutta eivät enää muuttuneet merkittävästi tätä suuremmilla hartsipitoisuuksilla. Samalla paperin staattinen kitka väheni. Hemiselluloosan, varsinkin deasetyloidun glukomannaanin ja pektiinihappojen lisäys sulpun vähensi hartsien epäedullista vaikutusta mekaanisiin ominaisuuksiin. Oletettavasti polysakkaridit adsorboituivat TMP-kuitujen pintaan ja sillä tavoin lisäsivät pinnan hydrofiilisyyttä ja edistivät vetysiltojen muodostumista. Optiset ominaisuudet eivät muuttuneet merkitsevästi hartsipitoisuuden funktiona.

Erityisesti peroksidivalkaistusta TMP:stä peräisin olevat, mutta muutkin LK-aineet, adsorboituivat täyteaineiden pintaan.

Kemiallista massaa käytettäessä havaittiin puun hartsien esiintyvän arkeissa 1–10 µm:n suuruisina aggregaateina, jotka vain epätasaisesti peittivät kuitujen pinnan.

Käsittely hapella korotetussa lämpötilassa ei näyttänyt vaikuttavan kiertoveteen eikä TMP-kuitujen vaaleuteen. Metallionit, erikoisesti rautaionit, muodostavat ligniinin kanssa valoa absorboivia kompleksiyhdisteitä, mikä aiheuttaa TMP-arkkien vaaleuden menetyksen.

TMP:n fraktiointia edeltävä uutto lisäsi kuitujen varautuneisuutta, todennäköisesti sekä kuiduissa että kuitujen pinnalla olevien anionisten ryhmien parantuneen aksessibiliteetin vuoksi. Fraktiointia

edeltävä alkalikäsittely lisäsi sekä kuitujen, hienoaineksen että liuenneen jakeen varautuneisuutta, mikä johtuu pääasiassa pektiinien demetyloinnista ja pektiinihappojen vapautumisesta. Peroksidin lisääminen nosti kuitujen ja liuenneen jakeen varausta lisää ligniinin hapettumisen seurauksena. TMP:n suspensioissa varaus oli pääasiassa hemiselluloosien uronisista karboksyyli-ryhmistä ja pektiinihapoista peräisin.

Jatkosuunnitelmia

- Selvitetään kiertoveden LK-ainepitoisuuden vaikutukset vedenpoistoon ja paperin kuivaamiseen.
- Määritetään LK-ainepitoisuuden jakauma TMP-sulpun eri fraktioihin (kuidut, hienoaine, kolloidijae ja liukoiset komponentit) ja fraktioiden anionisuudet.
- Määritetään puhtaassa vedessä, kiertovedessä ja ilmaflotaatiolla puhdistettussa kiertovedessä muodostettujen arkkien harts- ja hemiselluloosapitoisuudet ja verrataan niiden optisia ja mekaanisia ominaisuuksia.

Suosituksia

Tutkimus on osa Anna Sundbergin käynnissä olevaa väitöskirjatyötä. Tutkimuksessa saadaan arvokasta tietoa LK-aineiden ominaisuuksista ja niiden vaikutuksista paperitekniisiin ominaisuuksiin, alue johon yleisesti ottaen lienee kiinnitetty liian vähän huomiota CACTUS-hankkeissa. Työn jatkamista ja tukemista suositellaan.

Diaari	783/480/97
Sopimus	92/98
Projektin nimi	MPKY 01 Vähävetisen paperinvalmistuksen häiriötekijät
Tutkimuslaitos	Oy Keskuslaboratorio (KCL)
Tutkimuksen johtaja	Irma Nyblom
Tutkimusryhmä	Jaakko Asikainen, Kari Kivikangas, Anne Lindberg, Irma Nyblom, Martti Salomaa, Kaj Schlupp.
Kustannusarvio	2 777 000 mk
Tekesin rahoitus	1 380 000 mk

Projektin tavoitteet

Projektin tavoitteena on selvittää vesikiertojen sulkemisen vaikutus paperikoneen märkäosan kemian tilaan ja häiriöalttiuteen. Lopullisena tavoitteena on pystyä luotettavasti analysoimaan ja ymmärtämään häiriöiden syitä, jolloin mahdollistuu prosessin ohjaus siten, että häiriöiden määrä vähenee. Projektin osatavoitteet ovat:

1. Paperikoneen suljetun vesikierron tutkimuslaitteiston rakentaminen ja käyttömahdollisuuksien selvittäminen.
2. Raaka-aineiden, lisäaineiden ja prosessikemikaalien vuorovaikutusten kartoittaminen ja syiden selvittäminen mekaanisen massan eri ajotilanteissa tuoreveden määrän vähentyessä.
3. On line -mittausmenetelmien soveltaminen ja kehittäminen märkäosan ilmiöiden seuraamiseksi.

Tuloksia

Ensimmäinen osatavoite, ns. kiertovesisimulaattorin rakentaminen on toteutunut, joskin eräät tekniset parannukset ovat vielä kokeiluasteella. Käyttömahdollisuuksia on selvitetty erityyppisillä mallijärjestelmillä, jolloin on tutkittu mm. lämpötilan, pH:n, sameuden, kationitarpeen ja liuenneiden hiilihydraattien määrän muutoksia täyteainesyötön, tuoreveden käyttötason ja ajan funktiona.

Työ on suoritettu huolella ja asiantuntemuksella. Näyttää siltä, että laitteiston avulla on hyviä mahdollisuuksia ennustaa, miten tuoreveden käytön rajoittaminen vaikuttaa kiertovesien ominaisuuksiin, niiden muutostrendeihin ja prosessien hallintamahdollisuuksiin. Toisen osatavoitteen osalta on voitu alustavasti todeta, että häiriöaineiden väkevöityminen ja saostumien muodostuminen ovat yllättävän monista tekijöistä riippuvaisia ilmiöitä, joiden selvittäminen vielä vaatii huomattavia lisäponnistuksia.

16.4.1999 on valmistunut Anne Lindbergin ansiokas diplomityö ”Paperikoneen kiertovesisimulaattorin ajotavan optimointi” (valvojana prof. Juha Kallas, LTKK ja ohjaajana FM Irma Nyblom).

Jatkosuunnitelmat

Työ jatkuu toiseen ja kolmanteen osatavoitteen liittyvillä tutkimuksilla (alkaneet touko-kuussa 1999). Kiinnostus projektiin ilmenee mm. siinä, että muutamassa CACTUS-tuen piiriin kuuluvassa projektissa on aikeita tilata ajoaikaa simulaattorilla suoritettaviin semi-pilotkokeisiin. Laitteistoa tultaneen käyttämään / on jo käytetty paperiteollisuuden toimeksiannoissa myös CACTUS-ohjelman ulkopuolella.

Suosituksia

Työn jatkamista suositellaan lämpimästi. Suosittelemme myös Tekesin rahoituksen jatkamista. Työn ohjaamiseen saattaisi hyvin soveltua KCL:n käy-

tännön mukainen, tutkimusprojektin seurantaan nimitetty (valvova) ns. teollisuuden yhteysryhmä, joka siten olisi raportointivelvollinen CAC-TUS-johtoryhmälle.

Diaarit	1137/401/96, 1183/401/97, 1443/401/98	
Sopimukset	40072/97, 40227/98, 40374/99	
Projektin nimi	PMST 01 Haitta-ainevirrat ja tasot paperikoneella	
Jatkoprojekti	PMST 05 Haitta-ainetasot vähävetisessä paperin valmistuksessa	
Tutkimuslaitos	VTT Energia 1 Valmet Oyj 2 Åbo Akademi 3	
Tutkimusten johtaja	Kari Edelmann 1	
Tutkimusryhmä	Pirjo Nyberg 1, Sakari Kajaluoto 1, Kari Edelmann 1, Tuija Haavanlammi 2, Bjarne Holmbom 3, Marika Huhtiniemi 3	
	PMST 01	PMST 05
Kustannusarvio	1 600 000 mk	830 000 mk
Tekesin rahoitus	960 000 mk	539 000 mk

Projektin tavoitteet

(PMST 01 -loppuraportissa esitetyssä muodossa)

Projektin tavoitteena on selvittää nykyaikaisen paperikoneen haitta-ainetasoja ja virtauksia sekä haitta-aineiden syntymistä ja käyttäytymistä paperinvalmistuslinjan vesikierroissa. Tavoitteena on myös selvittää prosessista poistuvien vesivirtojen ja hönkien määrät ja tutkia eri aineryhmien retentiota, jotta koneelta poistuvat vedet voidaan laatu- luokitella. Kerättyä tietoa on tarkoitus käyttää prosessin märkäosan mallinnuksessa (PMST 03).

Tuloksia

Kahden eri paperilajin valmistusprosessien tasaisessa ajotilanteessa on otettu keräilynäytteitä useista prosessin mallinnuksen kannalta tärkeiksi oletetuista mittauskohteista. Näytteistä on määritetty suuri joukko kemiallisia ominaisuuksia, mm. kiintoaine, tuhka, pH, hiilihydraatit (hemiselloosat ja glukomannaanit), lipofiiliset uuteaineet, ligniini, lignaanit sekä eräät metallit (rauta, mangaani, kupari, kalsium, magnesium ja natrium).

Mittaus tulosten perusteella laadittujen, prosessia ja kytkentöjä kuvaavien mallien avulla on mahdollista kuvata aineiden- ja haitta-aineiden taseita rajatussa prosessiympäristössä, olettaen että näiden reaktiot prosessissa säilyvät likipitäen muuttumattomina. Mallien avulla on selvitetty myös vesikytkentöjen muutosten vaikutuksia prosessin häiriöainetasoihin.

Jatkosuunnitelmia

Nyt tutkituille prosesseille saatuja tuloksia ei voida yleistää muille paperilajeille tai -prosesseille ilman lisäselvityksiä. Niitä tarvitaan myös prosessin kemiallisen tilan selvittämiseksi tarvittavien näytenäytteiden määrän ja haitta-aineiden käyttäytymisen selvittämiseksi mm. erotus- ja käsittelyprosesseissa.

Suosituksia

Mahdollinen CACTUS-jatkorahoitus on aiheellinen, mikäli kerättävä tieto ja sen perusteella mahdollisesti laadittavat mallit tulevat olemaan kaikkien CACTUS-osapuolten käytettävissä.

Diaarit	1138/401/96, 1184/401/97, 1442/401/98	
Sopimukset	40104/97, 40228/98, 40376/99	
Projektin nimi	PMST 02 Total siten integration ja paperikoneteknologia	
Jatkoprojekti	PMST04 Paperin valmistusintegraatin TS-analyysi	
Tutkimuslaitos	VTT Energia 1 Valmet Oyj 2	
Tutkimuksen johtaja	Kari Edelmann 1	
Tutkimusryhmä	Timo Puumalainen 1, Sakari Kaijaluoto 1, Kari Edelmann 1 Henrik Pettersson 2	
PMST 02	PMST 04	
Kustannusarvio	1 910 000 mk	782 000 mk
Tekesin rahoitus	1 146 000 mk	517 000 mk

Projektin tavoitteet

Projektin tavoitteena on selvittää, miten paperikoneteknologian kehittymisen ja ympäristökuormituksen vähentämisen vaikutukset on otettava huomioon koneenrakennuksessa paperinvalmistuksen tulevan hyväksyttävyyden kannalta. Tämä edellyttää paperitehtaalla käytössä olevien ja siihen mahdollisesti liitettävien uusien yksikköoperaatioiden vaikutusten selvittämistä tehtaan veden- ja energiankäyttöön, jätteiden muodostamiseen sekä ympäristöpäästöihin.

Koko integraatin kattavien, erilaisten prosessikonseptien analysointi edellyttää laajoja lähtötietoja. Tämän vuoksi projektin tavoitteiksi asetettiin riittävän tarkan ja laajan yksikköprosessi- ja -osastomallikirjaston luominen sekä energia- ja prosessi-integraation suunnitteluun käytettävissä olevan, yksinkertaisen, pinch-periaatteita hyödyntävän työkalun kehittäminen.

Tuloksia

Projektissa on rakennettu – ainakin aluksi Excel-pohjainen – BALAS-taselaskentaohjelmaan linki-

tetty TSI-analyysityökalu, jota voidaan käyttää yksikköoperaatioiden prosessikytkentöjen energiankäytön tehokkuuden vertailuun yksilinjaisessa prosessissa.

Jatkosuunnitelmia

Jatkossa pyritään selvittämään useamman paperikoneen käsittävän tehdasintegraatin energiankäyttö ja -kytkennät.

Suosituksia

Projekti liittyy läheisesti BALAS-taselaskentaohjelman kehityshankkeeseen (PMST 03). Siinä kehitettävät menetelmät ovat hyödyllisiä erilaisen prosessikiertojen ja prosessin sisäisten puhdistusmenetelmien kytkentävaihtoehtojen (konseptien) etsimisessä – olettaen, että mallin käyttöä varten prosessista tarvittavat lähtötiedot ovat käytettävissä. Hanketta voidaan pitää hyvin CACTUS-tavoitteiden mukaisena. Jatkohankkeen rahoitusta suositellaan, mikäli siinä kehitettävät piirteet ovat BALAS-ohjelmaan liitettävissä.

Diaarit	6/401/98, 1440/401/98
Sopimukset	40292/98, 40375/99
Projektin nimi	PMST 03
	Kansallinen paperitehtaan suunnittelu ympäristö
Tutkimuslaitos	VTT Energia
Tutkimuksen johtaja	Sakari Kajaluoto
Tutkimusryhmä	Sakari Kajaluoto
Kustannusarvio	2 691 000 mk
Tekesin rahoitus	1 708 000 mk

Projektin tavoitteet

Tavoitteena on kehittää saman käyttöliittymän alle rakennetuista työkaluista muodostuva paperinvalmistusprosessin suunnittelu ympäristö, joilla voidaan tehdä prosessisuunnittelua alustavista konseptitarkasteluista alkaen aina prosessin dynaamisen käyttäytymisen tarkasteluihin ja säätöpiirien alustavaan viritykseen saakka.

Tuloksia

Markkinoilla on erilaisia ja -tasoisia paperiprosessin mallintamiseen ja simulointiin soveltuvia ohjelmistoja. Näiden käyttöliittymät ovat vähitellen kehittyneet käyttökelpoisiksi, mutta kaikkien ”simulaattoreiden” ongelmana on tarvittavien lähtötietojen saanti. Tässä hankkeessa tilanne on josakin määrin parempi: simulointiympäristön ja -mallien kehittämisen kanssa rinnakkaisissa hankkeissa on haettu toisaalta integraattitason (PMST 02) ja toisaalta osaprosessitason parametreja ja malleja todellisista prosesseista (PMST 01) ja pyritty taltioimaan nämä käyttäjien saataville BALAS-prosessitietokantaan.

Käyttöliittymänä toimii moni-ikkunaympäristö, missä prosessin malli kohtuullisen helposti rakennetaan insinööreille tutun PI-kaavion näköiseksi CAD-tyylisellä piirrosohjelmalla. Malli parametroidaan käyttämällä erillisiä valikkoja ja määrittelyikkunoita. Tulokset saadaan joko erillisiin tu-

losikkunoihin tai esimerkiksi Excel-taulukkolaskentaohjelmaan. Excel-linkin avulla voidaan tehdä myös parametriaajoja – prosessin herkkyystarasteluja jonkin muuttujan suhteen. Alun perin mukaan kaavailtua dynaamista laskentaa ei vielä ole toteutettu – yksinkertaista säiliödynamiikkaa lukuunottamatta.

Jatkosuunnitelmia

Nyt meneillään oleva kehitysvaihe on mitoitettu CACTUS-ohjelman aikataulun mukaiseksi, mutta tällaisen suunnittelujärjestelmän rakentaminen ja ylläpito on periaatteessa jatkuva projekti. Riittävät kehitys- ja ylläpitoresurssit olisi turvattava myös tulevaisuudessa, jotta ohjelmiston hankkivat ja sen käytön opiskelevat voisivat myös tulevaisuudessa saada sekä tarvitsemansa käyttäjätuen että ohjelmiston uudet piirteet.

Suosituksia

Tämä hanke on jo osoittanut tarpeellisuutensa mm. siten, että pienistä ohjelman ja sen viimeistelyn puutteista huolimatta ainakin osaa kehityksistä työkaluista on käytetty rahoittajayritysten tehtailla osaprosessi-, prosessi- ja tehdastason tarkasteluihin ja jopa investointisuunnittelun työkaluina. Hanke on myös hyvin linjassa CACTUS-ohjelman tavoitteiden kanssa. Suosittelemme lämpimästi sen jatkoraioittamista ohjelman puitteissa.

Diaarit	3/401/98, 1516/401/98
Sopimukset	40283/98, 40190/99
Projektin nimi	KLT 01 Kiertovesien käsittelyn kokonaisratkaisu perustuen haihdutustekniikkaan
Tutkimuslaitos	VTT Energia 1, VTT BEL 2 Åbo Akademi, Institutionen för skogsprodukternas kemi 3
Tutkimuksen johtaja	Leena Fagernäs 1
Tutkimusryhmä	Leena Fagernäs 1, Paterson McKeough 1, Johanna Buchert 2, Rainer Ekman 3
Kustannusarvio	2 430 000 mk
Tekesin rahoitus	1 499 000 mk

Projektin tavoitteet

Projektin tavoitteena on kehittää kierto-vesien puhdistuksesta saataville konsentraateille käsittelymenetelmä, jonka tekninen ja taloudellinen suorituskyky on selvitetty vaihtoehtoisten konseptien joukosta. Tavoitteena on vertailla eri vaihtoehtoja alkalipitoisen TMP-konsentraatin erilliseksi loppukäsittelmiseksi ja edelleen kehittää lupaavinta näistä vaihtoehtoista. Konsentraatin entsyymikäsittelyyn liittyvän osaprojektin tavoitteena on parantaa haihdutus-konsentraattien jatkohaihdutusta entsyymien avulla siten, että prosessi on taloudellisesti ja teknisesti kannattava.

Tuloksia

Eri TMP-prosesseista otettujen, samaan kiintoainepitoisuuteen haihdutettujen suodosnäytteiden viskositeetit erosivat toisistaan (liuennneiden aineiden molekyyli-painojakaumat ja pH ovat eri suodoksissa erilaiset). Happamien kondensaattien TOC:sta suurin osa oli etikkahappoa.

Varsinaisten entsyymikäsittelykokeiden tulokset eivät vielä ole valmiit. Esikokeissa konsentraatin viskositeettia voitiin entsyymikäsittelyllä kuitenkin alentaa merkittävästi (jopa 80 %). Entsyymikäsittelyn teho riippuu ymmärrettävästi konsentraatin pilkkoutuvien hiilihydraattien pitoisuudesta.

TMP-suodoksen haihdutuksessa lämmönsiirtopinoille syntyvät kerrostumat eivät lienneet kokonaisuudessaan liuottimiin, happoihin eikä emäksiin. Kerrostuma on todennäköisesti kuitenkin poistettavissa sopivalla liuotin-emäskäsittelyllä. Kerrostuman tuhkapitoisuus oli yli 60 % (pääosin kalsiumkarbonaattia ja piioksidia).

Projektin puitteissa on valmistunut siirrettävä, 50 kg/h haihduttava koehallimitan putoavakalvo-haihdutuslaitteisto, jolla on kuitenkin ajettu vasta muutamia koeajoja.

Prosessinarviointiosassa on laadittu prosessikonseptit TMP-konsentraatin loppukäsittelylle ja laskettu aine- ja energiataseet ratkaisuille sulapoltto, sulapoltto hapella ja rumpupyrolyysi. Näistä vaihtoehtoista paineellisessa sulapoltossa on alhaisin tukipolttoaineen tarve ja se näyttää myös energiataloudellisimmalta (hapen tuottamiseen ja komprimointiin tarvittavaa energiaa ei tässä kuitenkaan vielä ole huomioitu). Prosessivaihtoehtoja ei kuitenkaan voi asettaa paremmuusjärjestykseen ennen kuin kaikki kustannukset on arvioitu.

Jatkosuunnitelmia

Joitakin suodosvesien haihdutuskokeita tehdään kesällä 1999, ei kuitenkaan kovin laajamittais-

ti. Tarkoituksena on myös suppeasti tutkia entsyymikäsittelyjen vaikutusta jatkohaihdutukseen ja selvittää entsyymikäsittelyn soveltuvuutta käytännön prosessiolosuhteisiin sekä tarkastella eri loppukäsittelykonsepteja ja niiden kustannuksia.

Suosituksia

Tutkimusaihe on CACTUS-ohjelman tavoitteiden mukainen: prosessin suola- ja haitta-ainepitoisten konsentraattien käsittely ja loppusijoitus (polttotms.) on prosessin sisäisten puhdistusmenetelmien käytettävyyden kannalta oleellinen ongelma, jo-

hon on pakko löytää taloudellisten ja ympäristönäkökohtien kannalta hyväksyttävissä oleva ratkaisu. Tämän projektin puitteissa tutkimus ei vielä todennäköisesti tuota riittävästi tietoa lopullisten ratkaisujen valitsemiseksi. Projektin puitteissa rakennetulla haihdutuslaitteistolla ei ehditä saada kovin runsaasti tuloksia, entsyymikäsittelyt rajoittuvat samoin yhden haihdutusperusajon konsentraatin tutkimiseen jne.

Suosittelimme mahdollisen jatkohankkeen rahoitusta, joko CACTUS-ohjelman puitteissa tai yrityshankkeena yhdessä sopivan laitetoimittajan kanssa.

Diaari	668/401/96
Sopimus	40340/97
Projektin nimi	KLT 02 Sisäisen puhdistuksen rejektikonsentraattien kelloistaminen
Tutkimuslaitos	Lappeenrannan teknillinen korkeakoulu, Kemiantekniikan osasto, Paperitekniiikan laboratorio
Tutkimuksen johtaja	Hannu Manner
Tutkimusryhmä	Hannu Manner, Maria Nissén
Kustannusarvio	327 800 mk
Tekesin rahoitus	260 000 mk

Projektin tavoitteet

Jos paperikoneen kiertovesijärjestelmässä sisäinen puhdistus tapahtuu konsentroivalla menetelmällä, esimerkiksi kalvosuodatustekniikalla, on välttämätöntä, että jätefraktion eli konsentraatin loppukäsittely ja loppusijoituskohte valitaan tarkoituksenmukaisesti, jolloin otetaan huomioon menetelmän tehokkuus, kokonaistaloudellisuus ja ympäristövaikutukset.

Projektin tavoitteena oli

1. selvittää mekaanista massaa käyttävän paperitehtaan puhdistamiskelpoisten vesien ominaisuudet ja sisäisen puhdistamisen toteutus, sekä karakteroida kalvosuodatuksessa syntyvien konsentraattien perusominaisuuksia
2. luoda pohja LTKK:ssa käynnistettävälle laajalle, kalvoerotusta käsittelevälle tutkimuskokonaisuudelle (CACTUS-projektille EKT 01).

Tuloksia

Tutkimuksessa määritettiin mekaanisen massan valmistuksen ja sanomalehti-, LWC-, MWC- ja SC-paperikoneiden ”likaisten” vesijakeiden (yhteensä 16 näytettä) kuiva- ja kiintoainepitoisuudet, varaustilat ja COD-arvot. Näiden vesien kalvosuodatuksen konsentraatit karakteroitiin lisäksi väkevöintisuhteella 20, joillakin myös VRF-arvoilla 5 ja 40.

Kiertoveden käytön kannalta suolapitoisuus ja COD-aineksen määrä ovat kriittisiä suureita ja niiden kvantitatiivinen analyttinen kartoitus työssä suoritettuna laajuudessa lienee ensimmäinen laatuaan Suomessa. COD:tä aiheuttavaa ainesta ja anionisuutta oli eniten valkaisun jälkeisessä mekman suodoksessa ja LWC-koneen hyllyn suodoksessa.

Konsentraateissa oli runsaasti kemiallista hapenkulutusta aiheuttavaa ainesta ja johtopäätöksenä on, että niiden käsittelyn tärkeänä tehtävänä tulee olemaan COD-reduktion aikaansaaminen ja biohajoavuuden parantaminen. Konsentraattien kuiva-ainepitoisuuden nostaminen ja fraktioitavuuden parantaminen ovat myös teknistaloudellisesti tärkeitä tutkimuskohteita. Kehittämistyön edellytyksenä on konsentraattien fysikaalisten ja kemiallisten ominaisuuksien entistä tarkempi karakterointi.

Jatkosuunnitelmat

Vrt. CACTUS-projekteihin EKT 01 ja EKT 04, joiden ohjelmat on suunniteltu tämän työn tulosten pohjalta.

Suosituksia

KLT 02 on päättynyt. Uusia suosituksia esitetään yllä mainittujen CACTUS-projektien yhteydessä.

Diaarit	1075/401/96
Sopimukset	40070/97
Projektin nimi	KLT 03
	Metsäteollisuuden jätevesien haihuttamokonsentraattien jatkokäsittely
Tutkimuslaitos	VTT Energia1, Åbo Akademi, Institutionen för skogsprodukternas kemi2
Tutkimuksen johtaja	Leena Fagernäs1
Tutkimusryhmä	Leena Fagernäs1, Paterson McKeough1, Rainer Ekman2
Kustannusarvio	678 000 mk
Tekesin rahoitus	400 000 mk

Projektin tavoitteet

Projektin tavoitteena oli metsäteollisuuden erilaisen jäte- ja kiertovesien haihdutuksessa muodostuvien konsentraattien ja lauhdeiden karakterisointi ja niiden jatkokäsittelymenetelmien sekä käyttömahdollisuuksien selvittäminen. Lisäksi pyrittiin selvittämään saostumista ja lämpöpintojen likaantumista haihdutuksessa.

Tuloksia

Prosessikiertojen sisäisissä puhdistuksissa syntyy prosessin kannalta epäpuhtauksina ja haitta-aineina pidettävän aineksen konsentraatteja, joiden kuiva-ainepitoisuus on hyvin alhainen. Sellaisinaan ne ovat liian laimeita esimerkiksi poltettaviksi.

Projektissa tutkittiin TMP- ja CTMP-suodoksien, kuorimovesien ja näiden vesien ZEDIVAP-pilot- ja demonstraatiohaihdutuslaitteistojen konsentraattien sekä biologisesti käsiteltyjen paperitehtaan jätevesien (kirkassuodos) haihdutettavuutta eri kuiva-ainepitoisuuksiin. Näytteistä analysoitiin eräitä jätevesiparametreja sekä orgaanista ja epäorgaanista koostumusta. Konsentraatteja lämpökäsiteltiin ja niiden polttoaineominaisuuksia määritettiin.

Kuorimovesikonsentraatit ovat lähes kokonaan orgaanista ainesta, TMP- ja CTMP-suodosten kon-

sentraateissa orgaanisen aineksen osuus oli noin puolet. Haihtuvat osat ovat lähinnä alkoholeja ja happoja. Polttoainekäytön kannalta TMP- ja CTMP-suodokonsentraattien tuhka- ja natriumpitoisuudet olivat korkeita. CTMP-konsentraatin lämpökäsittely alensi konsentraatin viskositeettia ja liukoisen kalsiumin pitoisuutta.

Hankkeessa on arvioitu myös konsentraattien poltettavuutta ja loppukäsittelyn kustannuksia.

Jatkosuunnitelmia

Aihepiirin tutkimus käynnistettiin Tekesin SIHTI 2-ohjelmassa vuonna 1996. Hanke liitettiin CACTUS-ohjelmaan vuonna 1997 ja on päättynyt ja loppuraportti on tehty vuonna 1998. Työ jatkuu eräiltä osin CACTUS-hankkeessa KLT 01.

Suosituksia

Ei ole.

Haitta-aine- ja suolapitoisen konsentraatin käsittely poltto- tai loppusijoituskelpoiseen muotoon soveltuu tutkimusaiheena hyvin CACTUS-ohjelman tavoitteisiin.

Diaari	880/401/95
Sopimus	4090/96
Projektin nimi	Kuorimon vedenkäytön vähentäminen sähkö- ja ultraääniavusteisilla suodatustekniikalla – esitutkimus
Tutkimuslaitos	VTT Energia, Jyväskylä
Tutkimuspäällikkö	Seppo Viinikainen
Tutkijat	Hanna Huotari
Kustannusarvio	380 000 mk + jatkotutkimukselle *) 150 000 mk
Tekesin rahoitus	220 000 mk

Projektin tavoitteet

Tavoitteena oli määrittää kuorimoveden sähköakustiset ominaisuudet ja tutkia, onko sähkö- ja ultraääniavusteinen kalvosuodatus teknistaloudellisesti potentiaalinen menetelmä kuorimoveden puhdistukseen. Pitemmällä aikavälillä oli lisätavoitteena kehittää edellä viitattu suodatusmenetelmä, jolla tuotetaan edullisesti riittävän puhdasta vettä kiertoon tai konsentraattien käsittelymenetelmä hyötykäyttöä varten.

Tuloksia

Likaisen, lähtökuiva-aineeltaan luokkaa 1,5 %:sen kuoripuristimen suodosveden konsentroidin kalvosuodatuksella osoittautui vaikeaksi, joskin ultraääniavusteisella suodatuksella oli mahdollista konsentroida laimeampia kuorimovesiä yli 1,5 %:n kuiva-aineeseen. Teknisesti, ultraäänen etenemisen kannalta, ei havaittu esteitä. Tällaisen suodatuksen etuna olisi mahdollisuus selektiiviseen erotukseen, jolloin esim. konsentraatin suolapitoisuuteen voitaisiin vaikuttaa. Ongelmana oli kuitenkin kalvojen foulaantuminen sekä käytettävissä

olevien kalvojen huono kestävyys ultraäänikäsitelyssä.

Sähköavusteisella suodatuksella ei saatu merkittäviä parannuksia vuohon, kun katodi oli kalvon takana. Ongelmia ovat likapartikkelien tarttuminen kalvon pintaan sekä pienen huokoskoon kalvot, jotka toimivat sähkökentässä eristeenä. Näyttää siltä, että sähkökenttä voisi toimia parhaiten jos membraani itse voisi toimia elektrodina, jolloin kuplanmuodostus voisi hidastaa liikaantumista.

Tutkimuksen jatkoksi on yhdessä LTKK:n kanssa (prof. Marianne Nyström) kokeiltu menetelmien mahdollisuuksia TMP-laitoksen kuumahtämön jälkeisen viirapuristimen suodosveden kalvosuodatuksen tehostamiseen*). Ilman pH:n säätöä suodosveden potentiaali oli sähkösuodatuksen kannalta liian alhainen. Lisäksi suodosvesi ilman esisuodatusta sisälsi suuria hiukkasia, jotka eivät liikkuneet sähkökentässä. Vuon nostamisen edellytykset sähkökentällä eivät siten olleet hyvät, eikä sitä käytännön suodatuskokeissa myöskään saatu nostettua. Ultraäänellä 200 kHz:n taajuusalueella 200 W:n teholla

*) Hanna Huotari, Vesa Siltala, Hannu Sekki: Ultraäänen ja sähkön käyttö viirapuristimen suodosveden kalvosuodatuksen tehostamisessa. VTT Energia (Jyväskylä), selostus ENE23/T0183/98.

kalvo pysyi ehjänä mutta vuot eivät parantuneet. 27 kHz:n taajuudella todettiin kuitenkin selkeitä tehostumia.

Jatkosuunnitelmia

Työn tulokset eivät ole rohkaisseet jatkosuunnitelmiin.

Suosituksia

Jatkotutkimusta käsittelevässä selosteessa *) esitetään joitakin tutkimusehdotuksia, kuten ultraää-

niavusteisessa suodatuksessa taajuus- ja suodatusalueen muuttamista ja useampien kalvomateriaalien tutkimista. Sähköavusteisen suodatuksen kohteiksi ehdotetaan vesiä, jotka sisältävät voimakkaammin negatiivisesti varautuneita hiukkasia (esim. pastapitoisia vesiä), jolloin olisi mahdollisuuksia kalvojen selektiivisyyden lisäämiseen ja hyödyntämiseen.

Jatkotutkimukselle ei suositella Tekes-tukea, ellei sen pohjaksi voida esittää hakijan omasta toimesta tai muualla saatuja uusia tutkimustuloksia, jotka selkeästi viittaavat ultraääni- ja/tai sähköavusteisen kalvosuodatuksen mahdollisiin etuihin ja kehittymismahdollisuuksiin.

*) Hanna Huotari, Vesa Siltala, Hannu Sekki: Ultraäänen ja sähkön käyttö viirapuristimen suodosveden kalvosuodatuksen tehostamisessa. VTT Energia (Jyväskylä), selostus ENE23/T0183/98.

LIITE 2

CACTUS-ohjelman johto- ja ohjausryhmät

Johtoryhmä

Esko Kukkamäki, puheenjohtaja,
UPM-Kymmene Oyj
Maija Pitkänen, Metsä-Serla Oyj
Rainer Gartz, StoraEnso Oyj
Erkki Peltonen, Myllykoski Paper Oyj
Leif Ramm-Schmidt, Hadwaco Oyj
Timo Pekkarinen, Valmet Oyj
Jaakko Paatero, Raisio Chemicals Oy
Heikki Palonen, Kemira Chemicals Oy
Jouni Matula, Ahlström Machinery Oy
Christine Hagström-Näsi, Tekes
Mikko Ylhäisi, Tekes
Kari Edelmann, sihteeri, VTT Energia

CACTUS 1:n ohjausryhmä

Rainer Gartz, StoraEnso Oyj
Esko Kukkamäki, UPM-Kymmene Oyj
Timo Pekkarinen, Valmet Oyj
Timo Sutela, Metsä-Serla Oyj
(nyk. Valmet Flootek)
Jaakko Paatero, Raisio Chemicals Oy
Jouni Matula, Ahlström Machinery Oy
Erkki Peltonen, Myllykoski Paper Oyj
Kaj Jansson, Kemira Chemicals Oy
Leif Ramm-Schmidt, Hadwaco Oyj

CACTUS 2:n ohjausryhmä

Heikki Palonen, Kemira Chemicals Oy
Kenneth Sundberg, Raisio Chemicals Oy
Sari Kohonen, StoraEnso Oyj
Maija Pitkänen, Metsä-Serla Oyj
Olli Rimpinen, UPM-Kymmene Oyj
Leif Ramm-Schmidt, Hadwaco Oyj
Erkki Peltonen, Myllykoski Paper Oyj
Jouni Matula, Ahlström Machinery Oy
Jukka Nokelainen, Valmet Oyj
Jaakko Paatero, Raisio Chemicals Oy

CACTUS 3:n ohjausryhmä

Timo Pekkarinen, Valmet Oyj (varaj.)
Tuija Haavanlammi, Valmet Oyj
Henrik Pettersson, Valmet Oyj
Riitta Rahkonen, Ahlström Machinery Oy
Jouni Matula, Ahlström Machinery Oy
Matti Taimisto, UPM-Kymmene Oyj
Erkki Peltonen, Myllykoski Paper Oyj
Jonni Ahlgren, Kemira Chemicals Oy
Rainer Gartz, StoraEnso Oyj
Tuomo Rämö, Metsä-Serla Oyj
Tapio Pulkkinen, Metsä-Serla Oyj
Jaakko Paatero, Raisio Chemicals Oy
Leif Ramm-Schmidt, Hadwaco Oyj

CACTUS 4:n ohjausryhmä

Jouni Matula, Ahlström Machinery Oy
Heikki Jaakkola, Ahlström Machinery Oy
Jukka Mikkonen, StoraEnso Oyj
Rainer Gartz, StoraEnso Oyj
Leif Ramm-Schmidt, Hadwaco Oyj
Timo Saarenko, Hadwaco Oyj
Kaj Jansson, Kemira Chemicals Oy
Johanna Puranen, Metsä-Serla Oyj
Jukka Heimonen, Valmet Oyj
Timo Pekkarinen, Valmet Oyj (varaj.)
Teuvo Pekuri, UPM-Kymmene Oyj
Aleksi Pekkanen, UPM-Kymmene

Tekesin teknologiaohjelmaraaportteja

11/2000	Nanotechnology Research Programme 1997–1999. Evaluation report. 2000, 21 p. Edward T. Yu, Christiane Ziegler
10/2000	Terveydenhuollon digitaalinen media 1996–1999. Kohti saumatonta palveluketjua terveydenhuollon murroksessa. Loppuraportti. 2000, 51 s. Outi Aalto-Wahlstedt, Harri Puurunen
9/2000	Multimedian teolliset sovellukset 1996–1999. Loppuraportti. Charles Sederholm
8/2000	Virtausdynamiiikan teknologiaohjelma 1995–1999. Loppuraportti. 2000, 195 s. Esko Järvinen (toim.)
7/2000	Pakkausalan teknologiaohjelma 1994–1999. Loppuraportti ja arviointi. 2000, 39 s. Annukka Leppänen-Turkula, Mai Anttila, Jorma Hämäläinen, Terhen Järvi-Kääriäinen
6/2000	Harvennuspuun tuotelähtöinen jalostusketju HARJU 1996–1998. Loppuraportti. 2000, 51 s. Kaarlo Rieppo
5/2000	R&D Programmes in Electronics and Telecommunication – ETX, TLX, INWITE and Telectronics. Mid-term evaluation. 2000, 94 p. Ahti Salo, Kaveh Pahlavan, Jukka-Pekka Salmenkaita
4/2000	Improving Product Development Efficiency in Manufacturing Industries 1996–1999. Evaluation report. 2000. Steven Eppinger, Hannu Synterä
3/2000	Improving Product Development Efficiency in Manufacturing Industries 1996–1999. Final Report. 2000, 164 p. Pekka Malinen
2/2000	Tuotekehityksen tehostaminen valmistavassa teollisuudessa 1996–1999. Loppuraportti. 2000, 164 s. Pekka Malinen
1/2000	Vähävetinen paperinvalmistus CACTUS 1996–1999. Arviointiraportti. 2000. 71 s. Antero Komppa, Leo Neimo
3/99	Suomalainen uusmedia – Eväät kasvuun ja kansainvälistymiseen. Loppuraportti. 1999, 56 s. Eija Jokinen (toim.)
2/99	Microsystem Technology: The Technology for the Next Silicon Revolution? 1999, 73 p. Päivi Piironen
1/99	Energy Technology Programmes 1993–1998. Evaluation Report. 1999, 145 p. Ken Guy, James Stroyan, Erik Arnold, Shaun Whitehouse, Katalin Balázs
13/98	Technology Strategy Consulting Services for SME's. Evaluation Report. 1998, 37 p. Erkko Autio, Pia Hokkanen, Jouni Mäkelä

Subscriptions: order@tekes.fi
www.tekes.fi/eng/publications
Fax +358-10 521 5907 Tekes Communications, P.O.Box 69,
FIN-00101 Helsinki, Finland