

Saimaan ammattikorkeakoulu
Tekniikka Imatra
Paperitekniikka
Kuidutus- ja paperinvalmistustekniikka

Erno Tohmo

POLYMEERIJAUHEEN LIUOTUSLAITTEISTOT JA NIIDEN TOIMINTA

Opinnäytetyö 2011

TIIVISTELMÄ

Erno Tohmo

Polymeerijauheen liuotuslaitteistot ja niiden toiminta, 37 sivua, 8 liitettä

Saimaan ammattikorkeakoulu, Imatra

Tekniikan yksikkö, Paperitekniikan koulutusohjelma

Kuidutus- ja paperinvalmistustekniikka

Opinnäytetyö 2011

Ohjaajat: lehtori Jarkko Männynsalo, Saimaan ammattikorkeakoulu, Managing Director Pekka Purho, Mekateam Oy

Opinnäytetyössä tutkittiin teollisuudessa käytössä olevia polymeerijauheen liuotuslaitteistoja ja niiden toimintaperiaatteita. Kirjallinen taustatyö suoritettiin tutkimalla teollisten laitteistojen valmistajien internetsivuja ja esitteitä sekä luki- malla liuotuslaitteistoista jo olemassa olevaa kirjallisuutta.

Kokeellisen osion tarkoituksena oli selvittää tehtailla käytössä olevien laitteiden liuotustehokkuutta. Liuotustehokkuutta tutkittiin mittaamalla valmiiden liuosten kiintoainejäämiä. Kokeet suoritettiin Stora Enso Anjalankosken jätevedenpuhdistamon polymeeriliuoksella sekä kahdella eri Stora Enso Imatran tehtaiden jätevedenpuhdistamon polymeeriliuoksella.

Tutkimuksissa selvisi eri valmistajien polymeeriliuotuslaitteistojen olevan rakenteeltaan ja toimintaperiaatteltaan erittäin samankaltaisia. Työssä suoritettujen kokeiden ja erään asiantuntijan puheiden mukaan tehtailla käytössä olevat laitteet toimivat tarkoitukseensa nähden riittävän hyvin.

Asiasanat: jauhe, laitteisto, liuotus, polymeeri.

ABSTRACT

Erno Tohmo

Polymer powder dissolving units and their working principles, 37 pages, 8 attachments

Saimaa Polytechnic, Imatra

Technology Unit, Degree Programme in Paper Technology

Fibering- and papermaking technology

Final thesis 2011

Directors: senior lecturer Jarkko Männynsalu, Saimaa polytechnic, Managing director Pekka Purho, Mekateam Oy

The aim of this study was to find out what kind of polymer powder dissolving machinery is currently used in industry and how does those machines work. Studies concentrated on exploring web sites of manufacturers of polymer dissolving units and researching books of industrial machinery. Thesis also includes experimental part, where was studied if there are any insoluble particles in samples. Samples were taken from two different wastewater treatment mills. Those mills were Stora Enso Oy Imatra and Stora Enso Oy Anjalankoski.

Results of studies showed that there is one good working principle for polymer dissolving units and it is widely used. As a conclusion of experimental part, you could say that polymer powder dissolving equipments that are used in industry works well enough. That is why I can not see any reason to modify those equipments.

Key Words: dissolving, equipment, polymer, powder.

SISÄLTÖ

2	POLYMEERIT	7
2.1	Polymeerit paperiteollisuudessa	7
2.2.1	Ciba®Organopol®5420	8
2.2.3	Ciba® Zetag®-jauheet	9
2.3.1	Flopam CB 190	10
2.3.2	Flopam FO 4190	10
2.3.3	Praestol® 810 BC	11
3	SEKOITTIMET	11
3.1	Sekoitintyytit	11
3.2	Ciban sekoittimet	13
3.2.1	Ciba® Alcotech® CPS	13
3.2.2	Ciba® Alcotech® CPS -systeemin toimintaperiaate	13
3.2.3	Ciba FAB -systeemi	14
3.3	Tomal Polyrex	15
3.3.1	Syöttökuljetin	16
3.3.2	Liuotussuppilo	17
3.3.4	Varastosäiliö	18
3.3.5	Vedenhallintalaitteisto	18
3.3.6	Laitteiston toiminta	18
3.3.7	Laitteiston hallinta	19
3.4	Turun asennusteam Oy	20
3.4.1	MIXO-Polysarja	20
3.4.2	Ejektorisekoitin	21
3.5	Kaukopään polymeerien liuotuslaitteistot	22
3.5.1	Kemiallisen vedenpuhdistuksen liuotuslaitteisto	23
3.5.2	Biologisen vedenpuhdistuksen polymeerilaitteisto	24
3.6	Anjalankosken laitteistot	25
4	ANNOSTUSPUMPUT	26
4.1	Prominent-annostuspumput	26
4.1.1	Magneettitoimiset kalvoannostuspumput	26
4.1.2	Moottorikäyttöiset kalvoannostuspumput	27
4.2	Ciban annostelupumppu SAP 2800	27
5	KOKEELLINEN OSIO	28
5.1	Työn tarkoitus	28
5.2	Työn suoritus	29
5.3	Työn tulokset	30
5.3.1	Kaukopään kemiallisen vedenkäsittelyn polymeeriliuos	30
5.3.2	Kaukopään biologisen vedenkäsittelyn polymeeriliuos	31
5.3.3	Anjalankosken lietteenkäsittelyn polymeeriliuos	32
6	YHTEENVETO	33
	KUVAT	35
	TAULUKOT	35
	LÄHTEET	36

Liite 1 Tomal Polyrex 1,0 laitteistokaavio

Liite 2 Tomal Polyrex-laitteiston ohjelmiston aloitussivu

Liite 3 Tomal Polyrex asetukset

Liite 4 Tomal Polyrex koeajonäyttö

Liite 5 Kaukopään kemiallisen vedenkäsittelyn polymeerin valmistuskaavio

Liite 6 Kaukopään kemiallisen puhdistuksen polymeeriliuoksen taulukoidut arvot

Liite 7 Kaukopään biologisen puhdistuksen polymeeriliuoksen taulukoidut arvot

Liite 8 Anjalankosken lietteenpuhdistuspolymeerin taulukoidut arvot

1 JOHDANTO

Tässä opinnäytetyössä tutkitaan teollisiin käyttötarkoituksiin valmistettavien polymeerijauheen liuotuslaitteistojen rakenteita ja toimintatapoja. Työn tilaaja on savonlinnalainen teollisuuden laitteistojen suunnitteluun erikoistunut yritys Mekateam Oy. Kokeellisessa osiossa perehdytään teollisuudessa käytössä oleviin polymeerijauheen liuotuslaitteistoihin sekä niiden toimivuuteen. Työn tarkoituksena on kartoittaa teolliseen käyttöön valmistettavien laitteiden toimintaperiaatteita sekä tutkia laitteiden toiminnan luotettavuutta ja lopputuotteiden laatua. Työssä keskitytään tutkimaan paperiteollisuudessa käytössä olevia polymeerijauheen liuotuslaitteistoja.

Työn teoriaosa suoritetaan hakemalla saatavilla olevaa tietoa eri laitteistotoimittajilta ja tutkimalla teollisten laitteistojen kirjallisuutta. Kokeellisessa osiossa tutkitaan teollisuudessa käytössä olevilla laitteistolla liuotettujen polymeerijauheiden sisältämää kiintoainepartikkelien määrää. Kokeet suoritetaan yksinkertaisella sihtausmenetelmällä, jossa näyteliuoksen massa punnitaan ennen sihtejä ja sihtien jälkeen. Kiintoainejäämien massa lasketaan mitattuja arvoja apuna käyttäen.

2 POLYMEERIT

Polymeerit ovat monomeereista rakentuvia suurimolekyyllisiä aineita. Polymeereja voidaan valmistaa kemiallisten reaktioiden avulla, jolloin syntyneitä polymeeria kutsutaan synteettiseksi polymeeriksi. Polymeereja esiintyy kuitenkin myös luonnossa, joista tunnetuimpia ovat tärkkelys ja selluloosa. Suurin osa käytetyistä polymeereista on positiivisesti tai negatiivisesti varautuneita, jolloin niitä kutsutaan polyelektrolyyteiksi, mutta myös varauksettomia polymeereja käytetään. Polymeeria kutsutaan homopolymeeriksi, mikäli sen kaikki monomeerit ovat rakenteeltaan samanlaisia. Jos taas monomeereissa on eroavaisuuksia, kutsutaan polymeeria kopolymeeriksi. Biopolymeerit ovat erityyppisiä kemiallisesti muunneltuja tärkkeitä ja galaktomannaaneja. Synteettiset polymeerit koostuvat kovalenttisesti sitoutuneista monomeereista, jotka yhdistetään tiivistämällä tai vapailla radikaaleilla reaktioilla homopolymeereiksi, kuutiopolymeereiksi tai heteropolymeereiksi. (Viitanen, s.31 – 36, 2008.)

Useimmat tärkkelykset koostuvat kahdesta erityyppisestä polymeeristä, amylopektiinista ja amyloosista. Esimerkiksi perunatärkkelys koostuu enimmäkseen haarautuneesta amylopektiinista ja pääosin suoraketjuisesta amyloosista. (Gullichsen, Paulapuro & Neimo, 1999.)

2.1 Polymeerit paperiteollisuudessa

Synteettisiä polymeereja tai biopolymeereja käytetään nykyään lähes aina paperinvalmistuksessa. Polymeerit toimivat apukemikaaleina monessa eri paperiteollisuuden prosessissa. Polymeerit voivat toimia flokkausaineina, kuivalujuuden lisäaineina, märkälujuuteen vaikuttavina tekijöinä, anionisen roskan kerääjinä tai näiden yhdistelminä. Paperikoneella polymeerejä käytetään viiraosalla retention parantamiseen. Retentiokemikaaleina käytetyt polymeerit ovat veteen liukenevia korkea molekyyli-massaisia orgaanisia polymeerejä. Jätevedenpuhdistuksessa käytetään polymeereja flokkauskemikaaleina, jolloin ne ovat yleensä pienimolekyyli-painoisia, korkeasti varautuneita polyelektrolyyttejä. (Janhunen, s.9, 2007.)

2.2 Ciban polymeerijauheet

Kemikaaleja teollisuuteen toimittava Ciba tarjoaa asiakkailleen erilaisia polymeerijauheita lähinnä vedenkäsittelyyn. Ciban toimittamia polymeerijauheita ovat esimerkiksi Ciba®Organopol®5420 ja erilaisilla ominaisuuksilla saatavia Zetag-tuotteita. Molemmat jauheet ovat kationisesti varautuneita polyelektrolyyttejä.

2.2.1 Ciba®Organopol®5420

Organopol®5420 on kationisesti varautunut erittäin suurimolekyylinen polyakryyliamidi. Polymeeri toimitetaan asiakkaille likaisen valkoisena jauheena, jonka tiheys on noin 0,7 g/cm³. Organopol®5420 on täysin vesiliukoinen, joka tekee liuoksista todella korkeaviskoottisia. Korkean viskoottisuuden takia liuoksen tulee olla laimeampaa kuin tavanomaisten polymeeriliuosten. Korkean viskoottisuuden takia myös liuoksen sekoittamisen tarve voi olla korkea. Organopol®5420:aa käytetään pääosin teollisissa ja kunnallisissa vedenpuhdistuslaitoksissa, joissa biologinen liete erotetaan keskipakovoimaa apuna käyttäen. Jauhe on käyttökelpoinen myös muissa vedenpoistoprosesseissa ja lietteen sakeutusprosesseissa. Organopol®5420 on erittäin tehokas myös avustavissa sedimentaatioprosesseissa.

Jauheen tehon menettämisen takia suositeltua varastointiaikaa ei tulisi ylittää (Taulukko 2.2.1 Organopol®5420:n varastointisuositukset). Polymeerijauhe on luonteeltaan hydroskooppista, ja siksi jauhe tulisi varastoida viileään, kuivaan paikkaan, sillä kosteus ja kuumuus mahdollistavat haitallisen paakkuuntumisen.

Taulukko 2.2.1 Organopol®5420:n varastointisuositukset (Ciba®Organopol®5420-esite)

Olomuoto	Suosittelut konsentraatio, %	Suosittelut varastointiaika, d
Jauhe		730
Varastoliuos	0,25 - 0,5	2,0 - 5,0
Syöttöliuos	0,01 - 0,2	1,0 - 3,0

Organopol®5420:lla on erittäin pieni vaikutus korroosion syntyyn tavallisimmille rakennusmateriaaleille. Jauheen kosketusta galvanoitujen tai alumiinisten pintojen kanssa tulisi kuitenkin välttää. Jauhe voi aiheuttaa vammoja kalojen kiduksien limakalvoille joten sen joutumista vesistöihin tulee välttää. Liuosmuodossa ollessaan aine on erittäin liukasta.

(Ciba®Organopol®5420-esite)

2.2.3 Ciba® Zetag®-jauheet

Zetag-jauheet ovat molekyylipainoltaan suuria polyakryyliamidipohjaisia flokkulantteja, ja niitä on saatavilla laajalla kationisen varauksen alueella. Kemialliselta rakenteeltaan Zetag-jauheet ovat akryyliamidin kopolymeerejä ja kationisia monomeerejä. Zetag jauheet toimivat tehokkaasti mekaanisessa vedenpoistossa, flokkulantteina, saostuskemikaaleina ja selkeytyskemikaaleina. Jauheiden tilavuuspaino on noin 0,7 g/m³ ja 1 – prosenttisen 25°C:n liuoksen pH vaihtelee välillä 3,6 – 4,6.

Taulukko 2.2.3 Zetag-tuotteiden viskositeetit liuosten eri pitoisuuksilla (Ciba®ZETAG® Powder Range-esite 2008)

Product	Cationic Charge	Molecular Weight	Apparent Viscosity (cP) at 25°C at conc. Shown (%)		
			0.25	0.50	1.0
MAGNAFLOC 455	Very low	Very high	150	250	650
ZETAG 8105	Very low	Very high	250	300	400
ZETAG 8110	Very low	Very high	200	350	650
ZETAG 8115	Very low	High	350	600	1,350
ZETAG 8125	Low	High	350	600	1,350
ZETAG 7650	Low	Very high	400	850	2000
ZETAG 8140	Medium	High	450	850	2,200
ZETAG 7652	Medium	Very high	550	1,100	2,600
ZETAG 8160	Medium-high	High	600	1,200	2,800
ZETAG 8165	Medium-high	Very high	650	1,200	3,000
ZETAG 8180	High	High	600	1,000	2,400
ZETAG 8185	High	Very high	650	1,150	2,600
ZETAG 8190	Very high	High	600	1,100	2,600

Taulukossa 2.2.3 (Zetag-tuotteiden viskositeetit eri liuosten pitoisuuksilla) on luetteloitu Zetag-tuotteiden näennäiset viskositeetit kolmella eri vahvuisella liuoksella. Taulukosta nähdään myös jokaisen tuotteen kationisen varauksen taso

sekä nähdään kaikkien laatuojen molekyyliinmassojen olevan suuria. (Ciba®ZETAG® Powder Range-esite 2008.)

2.3 Kokeessa mukana olevat polymeerit

Työn kokeellisessa osiossa on mukana kaksi SNF Finland Oy:n valmistamaa eri polymeerijauhetta. Lietteén käsittelyssä käytettävä Flopam CB 190 ja jäteveden kemiallisessa käsittelyssä käytettävä Flopam FO 4190. Kolmas kokeessa mukana oleva polymeeri on hollantilaisyritys Ashlandin Praestol® 810 BC.

2.3.1 Flopam CB 190

Flopam CB 190 on SNF Finlandin toimittama polymeeriyakryyliamidi, jota voidaan käyttää lietteénkuivatuksessa, retentioaineena, vedenpoistossa sekä suotautumisen nopeuttajana. Flopam CB 190 on fyysisiltä ominaisuuksiltaan hajutonta vaaleaa pulveria. Jauheen pH on 4 ja suhteellinen tiheys 570 – 670 kg/m³. Flopamin 100-prosenttinen liukenevuus on 5 g/l. Tuote on haitallinen vesielioille ja tekee pinnat erittäin liukkaiksi kostuessaan. Jauheen joutuessa iholle se pestään vedellä ja saippualla. Tulipalon sattuessa voidaan käyttää kaikkia mahdollisia sammutusaineita. Polymeeri varastoidaan kuiviin ja viileisiin tiloihin. Tuotteen joutumista viemäriin on vältettävä, ja siksi esimerkiksi lattialle joutunut jauhe tulee imuroida ennen huuhtelua. Polymeerin haittavaikutuksille altistumisen ehkäisemiseksi käsittelypisteen tuuletuksen on oltava riittävän hyvä, sekä on suositeltavaa käyttää hengityksen suojainta, sivusuojilla varustettuja suojalaseja, PVC-hansikkaita ja suoja-pukua. Lisäksi on käytettävä suojalaseja sivusuojuksella, ja kädet on pestävä ennen taukoja sekä työpäivän päätteeksi. (FLOPAM CB 190 käyttöturvallisuustiedote 2004.)

2.3.2 Flopam FO 4190

Flopam FO 4190 on kationinen veteen liukeneva polymeeriyakryyliamidi, jota voidaan käyttää lietteénkuivatuksessa, retentioaineena, vedenpoistossa sekä suotautumisen nopeuttamisessa. FO 4190 on CB 190:n tapaan hajutonta vaaleaa pulveria sekä kostuessaan jauhe tekee pinnoista erittäin liukkaita. Polymeerin pH

vaihtelee välillä 2,5-4,5 liuoksen pitoisuuden ollessa 5 g/l. Jauhe voi aiheuttaa ärsyntyä joutuessaan silmiin tai joutuessaan kosketuksiin ihon kanssa. Ainetta ei saa päästää vesistöihin, joten puhdistus suoritetaan esimerkiksi imuroidulla jauhe suljettuun astiaan odottamaan jatkokäsittelyä. FO 4190:tä käsiteltäessä tulee noudattaa samoja suojavaikkeitä kuin CB 190:tä käsiteltäessä (katso: Flopam CB 190). Jauhe on normaaleissa olosuhteissa stabiili, joten haitallista polymerointia ei tapahdu, mutta aineen polttamisesta voi syntyä hiilimonoksidia, hiilidioksidia, kloorivetyä sekä typen oksideja. (FLOPAM FO 4190 biocide käyttöturvallisuustiedote 2004.)

2.3.3 Praestol® 810 BC

Praestol 810 biosidi on vaaleankeltainen lievästi kationinen veteen liukeneva polymeerijauhe. Jauhe toimii laajalla pH-alueella ja sen tiheys on 0,7 g/cm³. Polymeerigranulaattien keskimääräinen halkaisija on 1,2 mm. Aineen viskositeetti 0,1 %:n vahvuutena liuoksena on 50 mPas. Praestol 810 biosidia koskevat samat turvallisuusmääräykset kuin SNF Finlandin Flopam tuotteita. (Ashland Praestol® 810 käyttöturvallisuustiedote 2009, Ashland Praestol esite)

3 SEKOITTIMET

3.1 Sekoitintyyppit

Kiinteän aineen ja nesteen sekoituksessa on tavoitteena saada aikaan homogeeninen liuos. Sekoitin voi olla tyypiltään jatkuvatoiminen tai panostoiminen (Kuva 3.1 Panostoiminen ja jatkuvatoiminen sekoituslaitteisto). Jatkuvatoimisessa sekoittimessa sekoitettava jauhemainen aine kulkee sekoittimen läpi, jolloin viipymäaika sekoittimessa on lyhyt. Panostoimisessa sekoittimessa sekoitettava jauhemainen aine liuotetaan nesteeseen haluttu määrä kerrallaan, ja jauheen viipymäaika sekoittimessa on optimoitu liuoksen tasaisuuden aikaansaamiseksi. (Edward, Atiemo-Obeng & Kresta 2004)

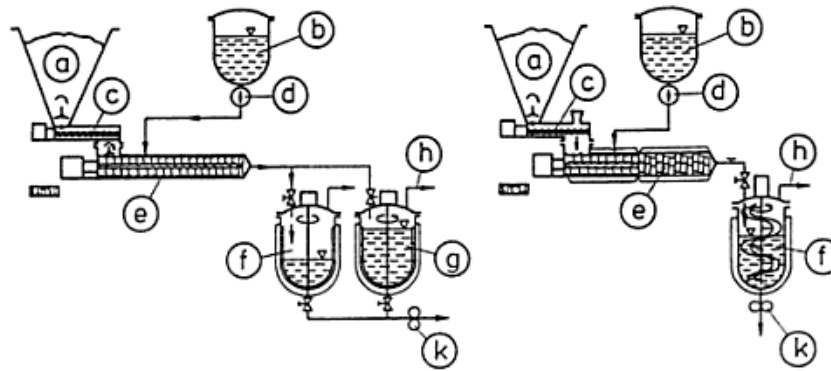


Figure 4.12 Equipment for discontinuous (left) and continuous (right) dissolution [12]

- | | | | |
|-----------|------------------------------------|---------------|---|
| <i>a)</i> | Storage bin for pre-weighed solids | <i>f), g)</i> | Receiver, dissolving and homogenization vessel |
| <i>b)</i> | Storage vessel for solvent | <i>h)</i> | Degassing |
| <i>c)</i> | Dosing screw | <i>k)</i> | Continuous discharge pump for removing solution |
| <i>d)</i> | Dosing pump | | |
| <i>e)</i> | Mixing and (pre)dissolving screw | | |

Kuva 3.1 Panostoiminen (vasemmalla) ja jatkuvatoiminen (oikealla) sekoituslaitteisto (Fourne s.237 1999)

Sekoittimet ovat yleensä säiliöitä, joissa mekaaninen sekoitus tapahtuu erilaisia lappoja apuna käyttäen. Jatkuvatoimisissa sekoittimissa käytetään ainoastaan yhtä säiliötä, kun taas panostoimisissa laitteistoissa on yleensä erilliset sekoitus- ja varastosäiliöt. Polymeerijauhe syötetään ruuvikuljettimelle annostuspumpulla, joka voi olla gravimetrinen, kiertoventtiili tai annosteluruuvi. Heti jauheen syötön jälkeen laitteistoon annostellaan liuotusvesi. Liuoksen paakkuuntumista voidaan hillitä syöttämällä osa liuotusvedestä jo jauheen syötön yhteydessä. Panostoimisessa laitteistossa liuos syötetään sekoitussäiliöön josta se jatkaa matkaansa varastosäiliöön. Varastosäiliössä liuoksesta poistetaan ylimääriset kaasut. Jatkuvatoimisessa sekoittimessa valmis liuos syötetään sekoitussäiliöltä suoraan käyttökohteeseen, mutta liuoksen homogeenisyys täytyy olla silloin taattu. Jatkuvatoimisessa sekoittimessa kaasunpoisto tapahtuu sekoitussäiliössä. (Fourne s.235 - 237 1999)

3.2 Ciban sekoittimet

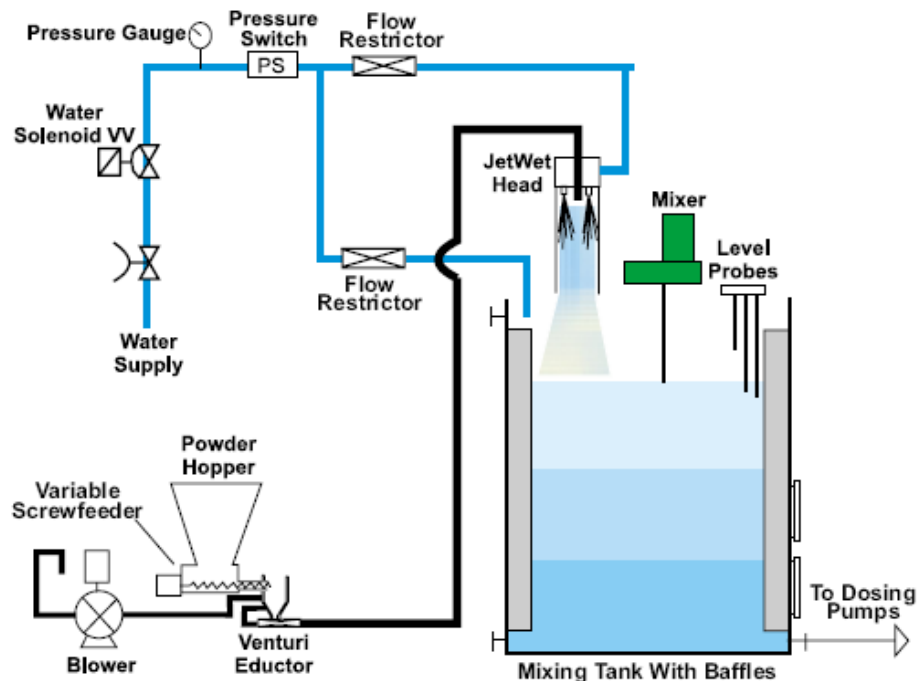
Kemikaalitoimittaja Ciba tarjoaa asiakkailleen jatkuvatoimisen Alcotech CPS polymeerin liuotussysteemin sekä panostoimisen FAB polymeerin liuotussysteemin. Systemit ovat toimintaperiaateiltaan samanlaiset, sekä molempien laitteistojen ekologisuus on maailman huippuluokkaa.

3.2.1 Ciba® Alcotech® CPS

Alcotech CPS -systeemi sisältää Ciban kehittämän JetWet-tekniikan, jonka avulla polymeerijauhe esikostutetaan, jolloin polymeerijauheen liukeneminen sekoituksen aikana tapahtuu erittäin tasaisesti. JetWet tekniikan lisäksi Alcotech CPS -systeemi sisältää CVD (Controlled Vertical Dissolution)-tekniikan, eli kontrolloidun pystysuuntaisen tekniikan. CVD -tekniikka poistaa vaaka-suuntaisille systeemeille yleiset oikosulkujen aiheuttamat laatuongelmat. (Ciba® ALCOTECH® CPS-esite 2004)

3.2.2 Ciba® Alcotech® CPS -systeemin toimintaperiaate

Polymeerijauhe syötetään säkistä ruuvikuljettimelle. Ruuvikuljetin kuljettaa jauheen pneumaattiselle kuljettimelle, johon puhalletaan erillisellä puhaltimella lämmitettyä ilmaa, jolloin jauhe sekoittuu ilman kanssa ja lämpenee. Sekoitussäiliön yläosassa on useita vesisuuttimia (JetWetHead), jotka muodostavat vesiverhon jauheen kulkureitille (Kuva 3.2.2 Alcotech® CPS -systeemin toiminta-kaavio). Kuljettuaan vesiverhon läpi lämmin jauhe kostuu, jolloin varsinainen säiliössä tapahtuva sekoittuminen helpottuu ja polymeeriliuoksen tasaisuus paranee.



Kuva 3.2.2 Alcotech® CPS -systeemin toimintakaavio (Ciba® ALCOTECH® CPS-esite 2004)

Sekoitussäiliössä on erillinen moottorikäyttöinen sekoitin, joka sekoittaa säiliöön tuodun nesteytetyn polymeerijauheen erillistä putkea pitkin säiliöön tuotuun tuoreveteen. Sekoituksen tapahduttua polymeeriliuos johdetaan säiliön alaosasta annostelupumpuille. Säiliön pinnan korkeutta tarkkaillaan koko ajan antureilla, jolloin syötettävien suureiden määrä voidaan säätää halutunlaiseksi. (Ciba® ALCOTECH® CPS-esite 2004)

3.2.3 Ciba FAB -systeemi

Ciban FAB -systeemi on täysin automaattinen panostoiminen liuotuslaitteisto, joka sopii niin granulaattisen kuin jauhemaisen polymeerin liuotukseen eri teollisuuden aloilla. FAB -systeemi on saatavilla 1100 tai 2600 litraisella varastosäiliöllä, varastoinnin tarpeen mukaan. FAB -systeemin oleelliset osat ovat jauheen syöttölokero, ruuvikuljetin, puhallin, ruostumattomasta teräksestä valmistetut sekoitus- ja varastosäiliöt, JetWet®-yksikkö, solenoidiventtiili, painekatkaisija sekä painemittari. Sekoitusyksikkö koostuu merellistyyppisestä potkuris-

ta, yksittäisestä siirtopumpusta, pinnankorkeusmittareista molemmissa säiliöissä sekä ohjauspaneelistä. Kaikki osat ovat asennettuina ruostumattomasta teräksestä valmistetussa kehikossa.

Taulukko 3.2.3 FAB -systeemin kapasiteetit eri säiliökoolla (Ciba FAB system-esite)

FAB 2/100/1.1 INT		
Sekoitusaika/ min	45	60
Kapasiteetti/ kg/h	5,3	4,3

FAB 2/100/2.6 INT		
Sekoitusaika/ min	45	60
Kapasiteetti/ kg/h	9,1	7,8

FAB -systeemin sekoituskapasiteetti on testattu valmistamalla 0,5 -prosenttista polymeeriliuosta. Testit on suoritettu liuottamalla polymeeriä 45 minuutin sekä 60 minuutin sekoitusajoilla yksi täysinäinen varastosäiliö. Testeissä on ollut mukana molemmat varastosäiliökoot, 1100 l:n varastosäiliö sekä 2600 l:n varastosäiliö. Taulukosta 3.2.3 (FAB -systeemin kapasiteetit eri säiliökoolla) näemme 45 minuutin sekoitusajan antavan systeemille suuremman kapasiteetin kuin 60 minuutin sekoitusajalla. Lyhyempi sekoitusaika voi kuitenkin johtaa liuoksen tasaisuuden heikkenemiseen. (Ciba FAB system-esite.)

3.3 Tomal Polyrex

Ruotsalainen yhtiö Tomal AB valmistaa ja toimittaa asiakkailleen polymeerin annostelu- ja liuotuslaitteistoja. Yksi Tomal AB:n valmistamista liuotuslaitteistoista on erätoiminen Polyrex. Polyrex -liuotuslaitteistoja valmistetaan erikokoisia. Taulukossa 3.3 (Tomal Polyrex -kokovaihtoehdot) on kerrottu jokaisen Polyrex -mallin erä koko litroina. Esimerkiksi Polyrex 1,0:n erä koko on 400 dm³.

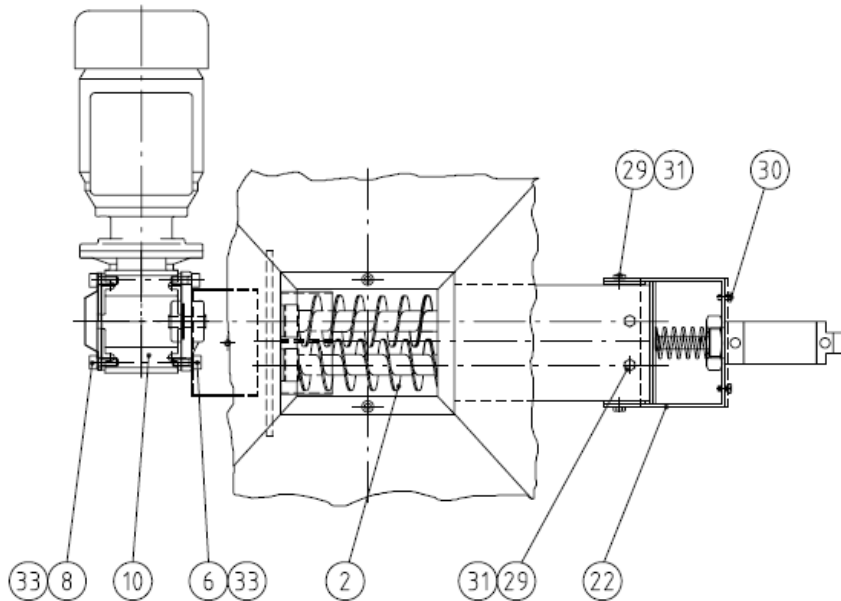
Taulukko 3.3 Tomal Polyrex -kokovaihtoehdot (Tomal Polyrex 1,0, Instruction Manual 2008)

PolyRex	0,6	1,0	2,0	3,0	4,0	5,4	6,6	8,4
Batch volym (dm ³)	218	400	940	1229	1985	2688	3292	4317
SL 1- (mm)	80	80	80	80	80	80	80	100
SL 2 (mm)	200	250	250	250	250	250	250	300
SL 3+ (mm)	520	640	850	850	1080	1080	1300	1500
SL 4- (mm)	100	100	130	130	130	130	130	130
SL 5-- (mm)	80	80	110	110	110	110	110	110

Lyhyen kierron puuttuminen laitteistossa takaa käyttäjälle varmasti liuennon lopputuotteen. Laitteiston pääosat ovat jauheen syöttökuljetin, liuotussuppilo, vedenhallintalaitteisto, sekoitussäiliö sekä varastosäiliö (Liite 1: kuva 1 Tomal Polyrex 1,0 laitteistokaavio). Syöttökuljetin, tukikehikko ja jauhesuppilo valmistetaan hiiliteräksestä, kun taas säiliöt, liuotussuppilo, sekoituslapa valmistetaan ruostumattomasta teräksestä. Haluttu konsentraatio liuokselle saadaan annostelemalla tarkasti polymeerin määrä jokaiseen annokseen. Syötettävää polymeerin määrää voidaan muuttaa ohjauspaneelista. (Tomal Polyrex 1,0, Instruction Manual 2008)

3.3.1 Syöttökuljetin

Hiiliteräksestä valmistetussa syöttökuljettimessa on kaksoisruuvikuljetin (Kuva 3.3.1 Kaksoisruuvikuljetin), joka toimii kierukkavaihteisella moottorilla. Syöttimen ulostulossa on portti, joka estää kosteuden pääsyn polymeerijauheeseen.



Kuva 3.3.1 Kaksoisruuvikuljetin (Tomal Polyrex 1,0, Instruction Manual 2008)

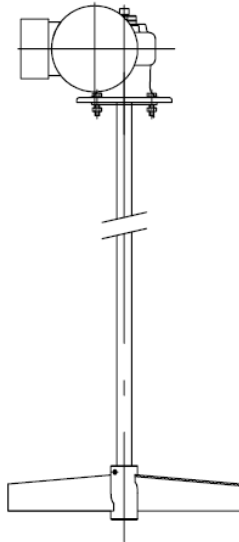
Kaksoisruuvikuljettimen tärkeimmät osat ovat kaksi toisiaan vasten kiertyvää ruuvia (Kuvassa 3.3.1 Kaksoisruuvikuljetin: kohta 2).

3.3.2 Liuotussuppilo

Liuotussuppilon ulostulossa on ejektori, joka imee, sekoittaa sekä kuljettaa liuoksen sekoitussäiliöön. Liuotussuppilo valmistetaan ruostumattomasta teräksestä.

3.3.3 Sekoitussäiliö

Sekoitussäiliön tärkein osa on ruostumattomasta teräksestä valmistettu sekoituslapa (Kuva 3.3.3 Sekoituslapa), jota pyörittää kierukkavaihteinen moottori. Sekoitussäiliössä on myös paineenmittausanturi sekä häiriötilanteissa tyhjenyksen mahdollistava solenoidiventtiili. Säiliöön voidaan myös asentaa kansi sekä tarkkailuluukku.



Kuva 3.3.3 Sekoituslapa (Tomal Polyrex 1,0, Instruction Manual 2008)

Kuvassa 3.3.3 nähdään poikkileikkaus Tomal AB:n valmistamasta sekoitussäiliön lavasta. Lapojen pystysuuntainen sijainti säiliössä takaa pyörteiden synnyn koko säiliöön.

3.3.4 Varastosäiliö

Varastosäiliö sisältää paineenmittausanturin, putkistojen sulkuventtiilin sekä pohjatyhjennysluukun. Varastosäiliö valmistetaan ruostumattomasta teräksestä.

3.3.5 Vedenhallintalaitteisto

Veden kulkua hallitaan sulkuventtiilillä, painekatkaisimella, painemittarilla solenoidiventtiilillä sekä poistovenktiilillä. Vedenpaineen tippuessa mittauslaite antaa kytkimelle käskyn sulkea valmistussykli. Vedenpaineen noustessa laitteisto jatkaa automaattisesti toimintaansa.

3.3.6 Laitteiston toiminta

Matala pinta sekoitussäiliössä antaa impulssin sekoitusveden solenoidiventtiilille, jolloin vesi pääsee sekoitussäiliöön. Jos tulevan veden paine on liian matala, painekatkaisin katkaisee veden tulon, kunnes veden paine on riittävän korkea.

Vesipyörteen muodostuttua sekoitussuppiloon alkaa polymeerin syöttäminen syöttökuljettimessa. Polymeeri syötetään sekoitussuppiloon, jossa vesi ja polymeeri sekoittuvat. Imevä ejektori kuljettaa liuoksen sekoitussäiliöön. Kun liuos saavuttaa korkean tason sekoitussäiliössä, sekoitusveden solenoidiventtiili sulkeutuu. Liuos pidetään liikkeessä sekoitussäiliössä sekoituslavan avulla, kunnes seos on valmis siirrettäväksi varastosäiliöön. Varastosäiliön ollessa riittävän tyhjä sekoitussäiliön tyhjennyksen solenoidiventtiili saa signaalin ja aukeaa. Kun valmis erä on siirtynyt kokonaan varastosäiliöön, säiliön pinta saavuttaa matalan tason kytkimen, ja tyhjennysventtiili sulkeutuu. Samanaikaisesti uusi valmistusykli käynnistyy. Varastosäiliöstä liuos pumpataan annostelupisteeseen. Jauhesiilossa oleva pinnankorkeusmittari antaa hälytyksen jauheen ollessa vähissä, jolloin käynnissä oleva erä valmistuu normaalisti loppuun, mutta uusi erä ei käynnisty ennen siilon täyttämistä ja hälytyksen kuittausta. (Tomal Polyrex 1,0, Instruction Manual 2008)

3.3.7 Laitteiston hallinta

Polymeerien erisuuruisten molekyyliainemassojen takia laitteistolle täytyy suorittaa kapasiteettikoe aina ennen käynnistystä ja vaihdettaessa liuotettavaa polymeerilaatua. Laitteisto tulee kytkeä 400/230 V:n jännitteeseen ja veden paineen tulee olla alueella 3,5 bar – 6 bar. Veden kulutuksen tulee olla vähintään 4,2 m³/h. Valmiin liuoksen konsentraatio voidaan asettaa enimmillään 1,0 %:iin, mutta suositeltava maksimikonsentraatio on 0,5 %. Siemensin ohjelmistolla toimivan ohjauspaneelin aloitussivulta voidaan valita automaatti- tai manuaalikäyttö. Aloitussivulta nähdään myös sekoitus- ja varastosäiliöiden pinnankorkeudet (Liite 2: kuva 1 Tomal Polyrex -laitteiston ohjelmiston aloitussivu). Etusivun asetukset -kohdasta päästään muokkaamaan muuttujia, kuten erän konsentraatiota ja syöttöaikaa. Asetuksissa olevia harmaiden laatikoiden lukuja voidaan muokata (Liite 3: kuva 1 Tomal Polyrex -asetukset). Kapasiteettikokeen aloitussivulla ohjelmaan syötetään kokeen haluttu kesto sekunteina, sekä polymeeriannoksen punnittu massa. Annettujen arvojen avulla ohjelmisto laskee annosteluajan ja syöttölaitteen kapasiteetin. (Liite 4: kuva 1 Tomal Polyrex -koeajonäyttö) Lisäksi ohjelmistosta voidaan tarkastella säiliöiden pinnankorkeuksia, mahdollisia häly-

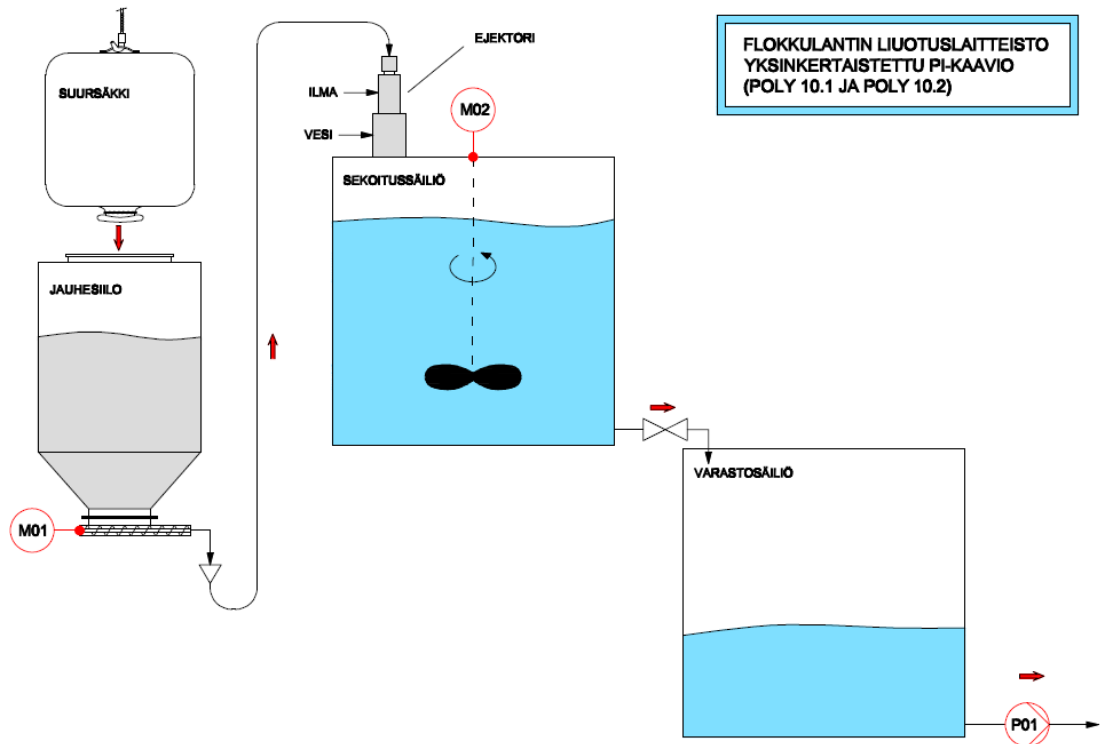
tyksiä sekä laitteiston eri osien käyttötunteja. (Tomal Polyrex 1,0, Instruction Manual 2008)

3.4 Turun asennusteam Oy

Turun asennusteam toimittaa asiakkailleen MIXO-Polysarjan polymeerin liuotuslaitteistoja, jotka luokitellaan niiden liuotustehokkuuden mukaan. Liuotustehokkuudet vaihtelevat välillä 5 – 15 kg/h, mutta asiakkaan toiveen mukaan suuremmatkin laitteistot ovat valmistettavissa. MIXO-Poly-liuotuslaitteistot ovat sekoitintyyppiltään panostoimisia. Lisäksi yhtiö valmistaa ja toimittaa MIXO ON-Line -polymeerien liuotuslaitteistoa, jonka liuotusteho perustuu paineelliseen liuotukseen, jonka ansiosta liuotusaika lyhenee. MIXO ON-Line -liuotuslaitteiston liuotusteho vaihtelee välillä 1 – 3 kg/h. (Turun Asennusteam Oy 2010.)

3.4.1 MIXO-Polysarja

MIXO-Polysarjan liuotuslaitteistojen toimintaperiaate on hyvin samanlainen kuin Ciban laitteistojen. Polymeerijauhe annostellaan suursäikeistä jauhesiiloon, josta jauhe annostellaan ruuvikuljettimella imusuppiloon (Kuva 3.4.1 MIXO-polysarjan laitteistojen yksinkertaistettu PI -kaavio). Ruuvikuljettimen pyörimisnopeus/aika määrittää sekoitussäiliöön menevän polymeerijauheen määrän. Valmiin liuoksen väkevyyttä voidaan säätää muuttamalla ruuvikuljettimen pyörimisnopeutta ja sekoitussäiliöön syötettävän veden määrää.

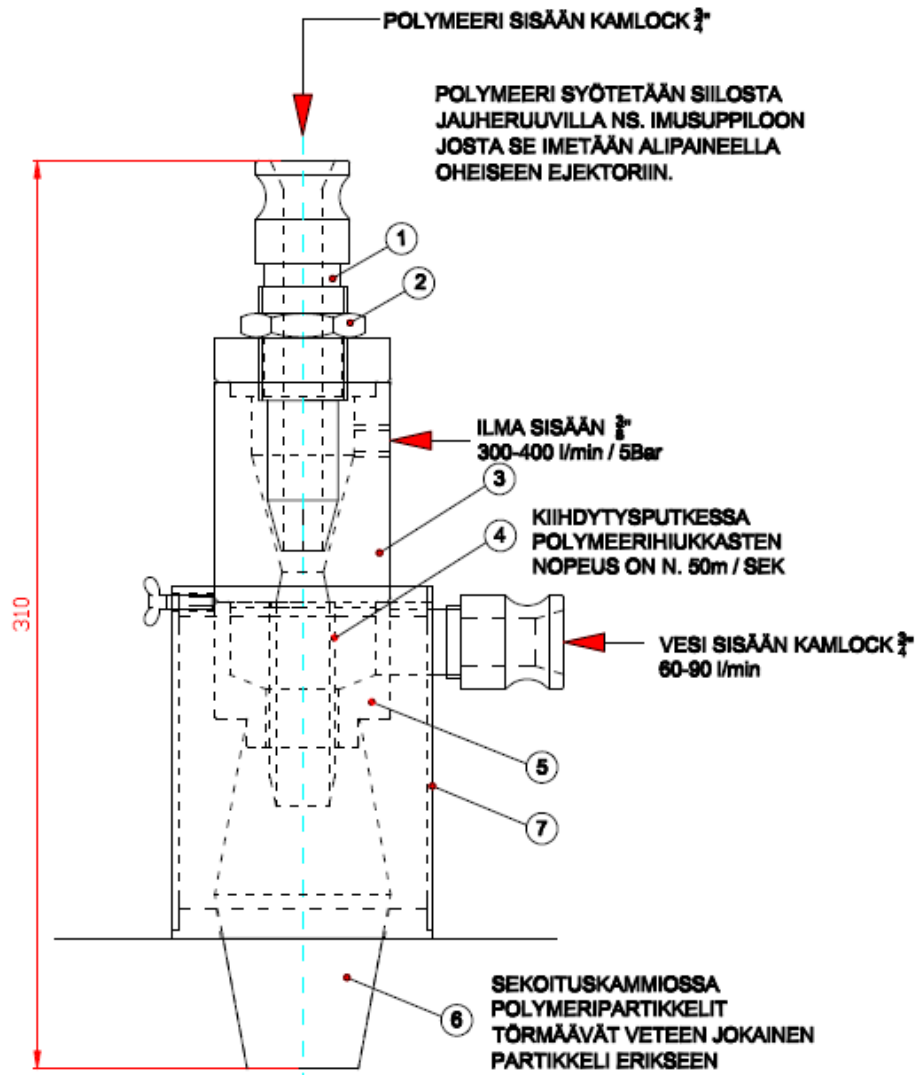


Kuva 3.4.1 MIXO-polysarjan laitteistojen yksinkertaistettu PI-kaavio (Tammelin 2010)

Ejektori imee jauheen imusuppilosta alipaineen avulla ja sekoittaa polymeeripartikkelit veteen. Jauheen annostelun jälkeen liuosta sekoitetaan sekoitussäiliössä noin 30 minuuttia, jonka jälkeen liuos siirretään siirtoventtiiliin tai siirtopumpun avulla annostelusäiliöön. Annostelusäiliöltä liuos siirretään haluttuun kohteeseen annostelupumpuilla. (Tammelin 2010.)

3.4.2 Ejektorisekoitin

Polymeerijauhe imetään ejektorisekoittimeen alipaineen avulla. Ejektoriin annostellaan ilmaa 300 – 400 l/min/ 5Bar. Ilma kiihdyttää jauheen nopeuden noin 50 m/s:ssa. Nopeasti liikkuvat jauhepartikkelit törmäävät vesikammiossa veteen, jota annostellaan kammioon väliltä 60 – 90 l/min.



Kuva 3.4.2 Ejektorisekoittimen rakenne (Turun Asennusteam Oy 2010)

Ejektorin pohjalla on sekoituskammio, jossa yksittäiset polymeeripartikkelit sekoittuvat veteen. (Kuva 3.4.2 Ejektorisekoittimen rakenne) Sekoituskammiosta jo syntynyt liuos kulkee sekoitussäiliöön varsinaiseen sekoitukseen. (Tammelin 2010)

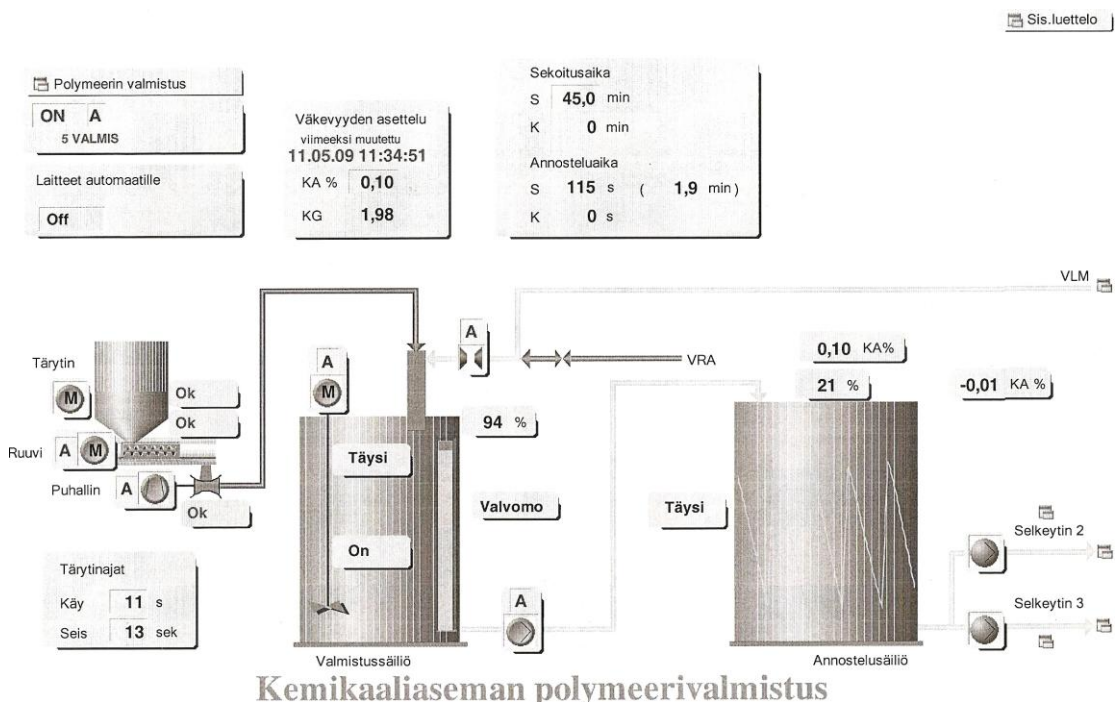
3.5 Kaukopään polymeerien liuotuslaitteistot

Kaukopään vedenpuhdistamossa käytettävä polymeerit toimitetaan tehtaalle jauheena, säkkeihin pakattuina. Polymeerejä käytetään Kaukopään vedenpuhdistuksessa kahdessa kohteessa. Kemiallisessa puhdistuksessa polymeeriliuosta käytetään AVR:n apukemikaalina, jonka lisäksi polymeeria käytetään liet-

teenkuivatuksessa flokkulanttina. (Klemetti 2009.) Liuotuslaitteistot ovat rakenteeltaan ja toimintaperiaatteeltaan hyvin samankaltaisia kuin työssä aikaisemmin esitellyt laitteistot. Tarkkaa tietoa laitteiden valmistajasta ei kuitenkaan ole saatavilla.

3.5.1 Kemiallisen vedenpuhdistuksen liuotuslaitteisto

Polymeerisiiloon lisätään polymeerijauhetta suursäkeistä nosturin avulla. Polymeerisiilossa on tärytin, joka estää tukkeutumien syntyminen siilon pohjalle. Siilon alapuolella on ruuvikuljetin, joka kuljettaa jauhetta kohti puhallinta (Liite 5: kuva 1 Kaukopään kemiallisen vedenkäsittelyn polymeerin valmistuskaavio). Puhallin puhallaa polymeerijauhetta annettujen ohjausarvojen mukaisesti sekoitussäiliön yläosaan, jossa jauhe törmää lämminvesisäiliöstä otettavaan veteen. Veden lämpötila lämminvesisäiliössä on noin 30°C. Kemikaaliaseman liuotuslaitteiston annostelu-aika on noin 2 minuuttia, kun liuoksen haluttu väkevyys on 0,10 % (Kuva 3.5.1 Kaukopään kemikaaliaseman polymeeriliuoksen valmistuksen ajokaavio).

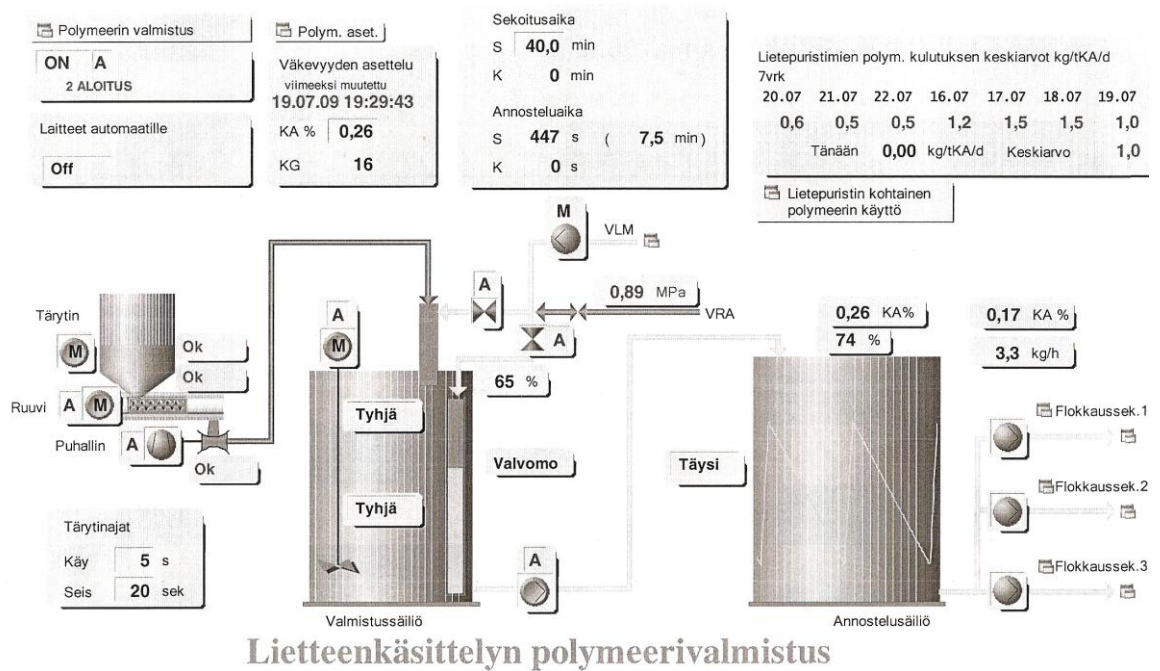


Kuva 3.5.1. Kaukopään kemikaaliaseman polymeeriliuoksen valmistuksen ajokaavio (Stora Enso Oyj 2009a)

Jauheen lopullinen liukeneminen tapahtuu sekoitussäiliössä pyörivän sekoituslavan ansiosta. Tässä tapauksessa liuoksen sekoitusaika on 45 minuuttia. Sekoitussäiliöltä valmis liuos pumpataan annostelusäiliölle, josta polymeeriliuosta annostellaan tarpeen mukaan selkeyttimille 2 ja 3. Liuos laimennetaan tarvittaessa ennen selkeyttämiä pumppauslinjassa olevissa staattisissa sekoittimissa lisäämällä tarvittava määrä raakavettä. (Stora Enso Oyj 2006.)

3.5.2 Biologisen vedenpuhdistuksen polymeerilaitteisto

Stora Enso Kaukopään tehtaiden biologisessa vedenpuhdistuksessa eli lietteenkäsittelyssä käytettävä polymeerin liuotuslaitteisto on identtinen kemiallisessa puhdistuksessa käytetyn kanssa. Lietteenkäsittelyssä tarvittavan polymeeriliuoksen väkevyys on kuitenkin erilainen kuin kemiallisessa puhdistuksessa.



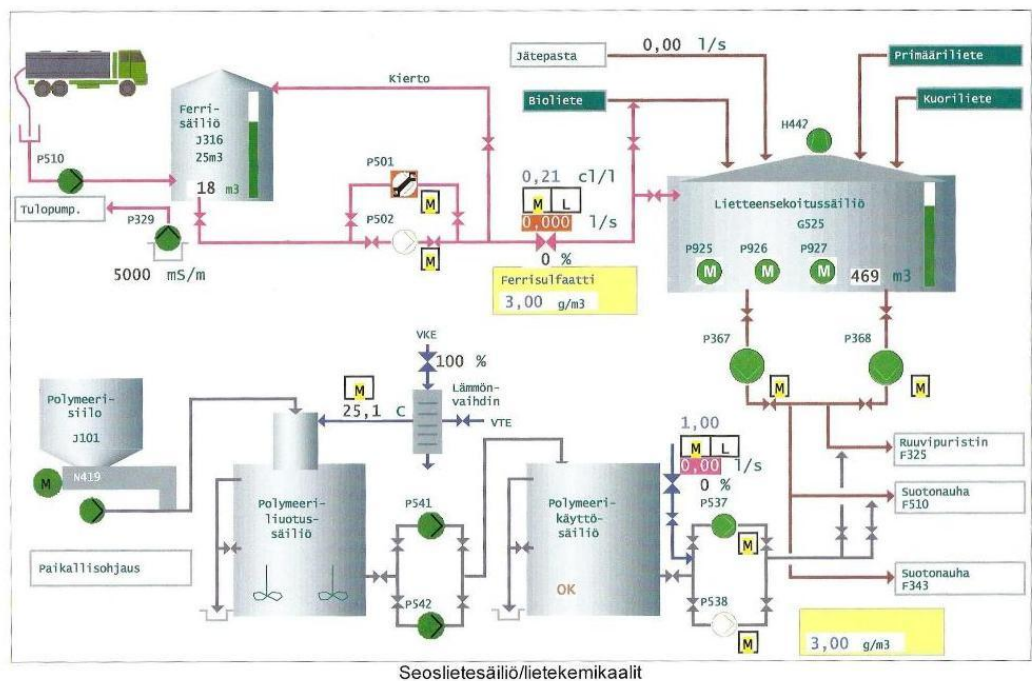
Kuva 3.5.2 Lietteenkäsittelyssä käytettävän polymeerin valmistuksen ajokaavio (Stora Enso Oyj 2009b)

Polymeeriliuoksen haluttu väkevyys valitaan väliltä 0,25 – 0,40 % ja automaatiojärjestelmä laskee sopivat annosteluajat sen perusteella. Tämän takia biologisen puhdistuksen polymeeriaseman säädöt poikkeavat kemiallisen puhdistuk-

sen säädöistä. Kuvasta 3.5.2 (Lietteenkäsittelyssä käytettävän polymeerin valmistuksen ajokaavio) nähdään annosteluajan olevan huomattavasti pidempi ja annosteltavan polymeerijauheen määrän olevan suurempi. (Stora Enso Oyj 2008, Stora Enso Oyj 2009b)

3.6 Anjalankosken laitteistot

Stora Enso Anjalankosken tehtaiden jätevedenpuhdistuslaitoksella on neljä Allied Colloidsin noin 20 vuotta sitten toimittamaa polymeerin liuotuslaitteistoa. Allied Colloids on nykyään BASF Oy:n omistuksessa, kuten myös Ciba Finland, joten laitteistot ovat Ciban tarjoamien ratkaisujen kanssa identtiset. Laitteiden toimintaperiaatteena on esisekoittaa polymeerijauhe sekoitussäiliöön pumpattavaan 25°C vesisuihkuun ja varmistaa lopullinen liukeneminen riittävän pitkällä sekoitusajalla (Kuva 3.6 Anjalankosken polymeeriaseman ajokaavio).



Kuva 3.6 Anjalankosken polymeeriaseman ajokaavio (Stora Enso Oyj 2009a)

Laitteistot puhdistetaan vuosihuoltojen yhteydessä ja varsinaisia ongelmia laitteistojen käytössä ei ilmene lukuun ottamatta annostelusiilon holvautumista. (Rongas 2009.)

4 ANNOSTUSPUMPUT

4.1 Prominent-annostuspumput

Prominent tarjoaa teollisuuden käyttöön kahdella eri toimintaperiaatteella toimivaa kalvoannostuspumppua. Tarvittavien annoskokojen ollessa pieniä käyttöön sopii magneettitoiminen kalvoannostuspumppu, kun taas suurempia annoskojoja varten Prominent tarjoaa moottorikäyttöisen kalvoannostuspumpun. Prominentin valikoimista löytyy laaja valikoima annostuspumppuja tarvittavan tuotomäärän mukaan. Pumppujen kapasiteetit vaihtelevat välillä 0,5 l/h – 1030 l/h. (Prominent® Annostelupumput 1000 l/h:ssa saakka.)

4.1.1 Magneettitoimiset kalvoannostuspumput

Magneettitoimiset annostuspumput on suunniteltu pieniä annoskojoja ajatellen, mutta kuitenkin unohtamatta kulutuksen kestävyyttä. Magneettitoimisten pumppujen tuotomäärä vaihtelee välillä 1 – 32 l/h vastapaineella 16 – 2 bar. Koska pumpussa on vain yksi liikkuva osa, on kuluminenkin vähäistä. Pumpun mäntä ei tarvitse voitelua, eikä pumpussa käytetä laakerointia. Magneettitoimisilla kalvoannostuspumpuilla on myös alhainen energiankulutus pumppujen hyvän tehokkuuden ansiosta. Magneettitoimisten pumppujen käyttökohteita ovat yleisesti kemikaalien annostus laboratorioissa ja teollisuudessa. Lisäksi pumppuja käytetään juomaveden ja uima-allasveden käsittelyssä annostelevaan tarvittavia kemikaaleja.

Magneetti kytkeytyy vuorotellen päälle ja pois päältä, jolloin magneettirakenne siirtyy edestakaisin. Tämä liike välittyy annostuspäässä olevalle kalvolle, jossa kaksi takaiskuventtiiliä estää annosteltavan aineen takaisvirtauksen pumpun ollessa käynnissä. Pumpun tuotomäärää voidaan säätää muuttamalla iskupi- tuutta ja –taajuutta. (Prominent® Annostelupumput 1000 l/h:ssa saakka.)

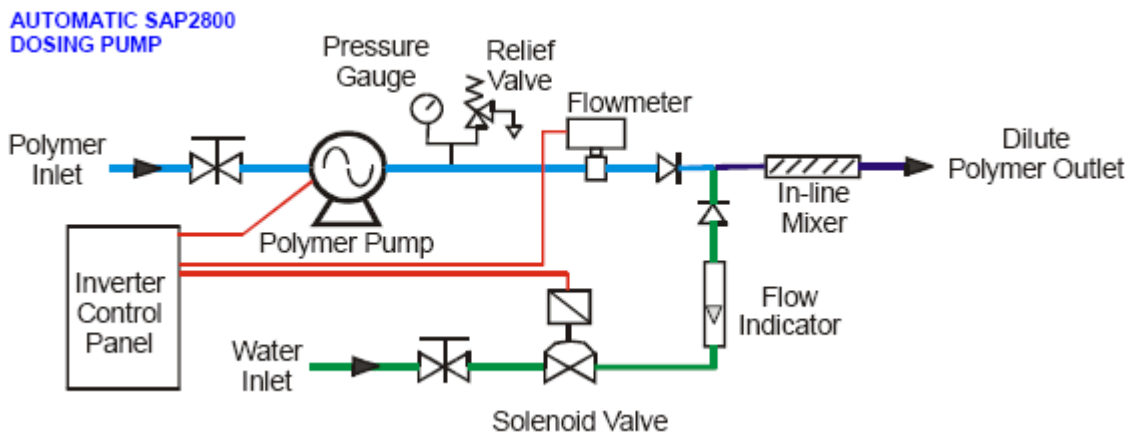
4.1.2 Moottorikäyttöiset kalvoannostuspumput

Moottorikäyttöiset kalvoannostuspumput ovat erittäin tarkkoja annostelussa jopa vaihtelevissa paineolosuhteissa, sillä tuottomäärä ei reagoi vaihtuvaan paineeseen. Tämä vähentää kemikaalien kulutusta ja tekee prosessista hallittavan. Moottorikäyttöisten pumppujen valikoima eri tuottomääriä katsottaessa on myös laaja. Moottorikäyttöisistä kalvoannostuspumpuista löytyy vaihtoehto pienempienkin tuottomäärien saavuttamiseen, mutta suurimmillaan tuottomäärä voi olla jopa 1000 l/h. Moottorikäyttöisiä annostuspumppuja käytetään mm. jätevedenkäsittelyssä saostusaineiden annosteluun sekä paperiteollisuudessa lisäaineiden annosteluun.

Sähkömoottorin kiertoliike siirtyy vaihteiston kautta ja muuntuu iskuksi epäkeskon avulla. Isku välittyy yhdyssauvaa pitkin annostuspään kalvolle. Moottoritoimisissa pumppuissa on magneettitoimisten pumppujen tavoin kaksi takaiskuventtiiliä estämässä annosteltavan aineen takaisinvirtauksen pumpun ollessa käynnissä. Tuottomäärää voidaan säätää muuttamalla moottorin nopeutta eli iskupi- tuutta ja iskutaajuutta muuttamalla. (Prominent® Annostelupumput 1000 l/h:ssa saakka.)

4.2 Ciban annostelupumppu SAP 2800

Ciba Specialty Chemicalsin annostuspumput on suunniteltu toimimaan Ciba Specialty Chemicalsin täysin automaattisten puhallusyksiköiden ja hajoitusyksiköiden yhteydessä annostelemaan joko polymeerijauhe tai polymeeriliuos haluttuun kohteeseen. SAP2800 -pumppun toiminta-alue on 50 – 2400 l/h. SAP2800 -annostelupumpulla polymeeriliuos voidaan laimentaa 0,2 – 0,05 %:n sakeuteen. Polymeeriliuos voidaan valmistaa pienemmissä mutta sakeammissa erissä, koska suoraan putkistoon tapahtuvalla laimennuksella lisävesi voidaan sekoittaa jälkeinpäin. Pumpun jälkeisten putkistojen sisällä olevat sekoittimet helpottavat polymeeriliuoksen laimentamista lisävedellä. Pumppuissa on painemittaristo sekä paineenvapautusventtiili.



Kuva 4.2 Ciba SAP:n toimintakaavio (Ciba SMP2800 ja SAP2800 annostelupumput-esitys)

Heti pumpun jälkeen sijaitseva virtausmittari mittaa pumpulta tulevan virtauksen, ja ohjelmisto antaa lisäveden solenoidiventtiilille käskyn laskea lisävettä tarvittavalla virtauksella prosessiin (Kuva 4.2 Ciba SAP:n toimintakaavio). Lisäveden ja alkuperäisen liuoksen kohtaamisen jälkeen putkistoon on asennettu staattinen sekoitin, joka takaa liuoksen tasaisen laimenemisen. (Ciba SMP2800 ja SAP2800 annostelupumput-esitys.)

5 KOKEELLINEN OSIO

5.1 Työn tarkoitus

Työn kokeellisessa osiossa tarkoituksena oli selvittää tehtailla käytössä olevien polymeerin liuotuslaitteistojen toimivuus. Kokeissa tutkittiin valmiiden polymeeriliuoksien sisältämien kiintoaineiden määrää, jonka avulla tehtiin johtopäätökset polymeerijauheen liukenemisasteesta.

5.2 Työn suoritus

Työssä tarvittavat välineet

- mittalasi 500 ml
- siivilät, joiden silmäkoot ovat 0,710 mm, 0,500 mm ja 0,250 mm
- digitaalivaaka

Kokeellinen osio aloitettiin tehdaskäynneillä, joissa tutustuttiin Stora Enso Kaukopään ja Stora Enso Anjalankosken jätevedenpuhdistuslaitoksien polymeerin liuotuslaitteistoihin. Kaukopään tehtaan laitteistoista toinen valmistaa polymeeriliuosta kemialliseen vedenkäsittelyyn, toinen taas biologiseen vedenkäsittelyyn. Anjalankosken polymeeriliuoksen käyttökohde on lietteenkäsittelyssä.

Liuotuslaitteistojen varastosäiliöistä otettiin 5 litran näyteämpärilliset valmista liuosta, jolle suoritettiin myöhemmin tarkemmat tutkimukset. Työt laboratoriossa aloitettiin valitsemalla kolme eri silmäkokoista siivilää. Siivilöiden silmäkooksi valittiin 0,710 mm, 0,500 mm ja 0,250 mm. Kunkin liuotuslaitteiston näyteämpäristä otettiin edelleen kolme 0,5 l näytettä. Jokainen näyte punnittiin vaakalla, ja tulokset kirjattiin. Aluksi näytteet valutettiin läpi suurimmasta silmäkoon siivilästä. Valutukseen kulutettiin aikaa noin 10 minuuttia. Valutuksen jälkeen aksepti (siivilän läpi mennyt jae) punnittiin, ja tulos kirjattiin ylös. Seuraavaksi punnittiin aksepti valutettiin siivilän läpi, jonka silmäkoko oli 0,500 mm. Liuoksen annettiin valua jälleen noin 10 minuutin ajan, jonka jälkeen uusi aksepti punnittiin ja tulos kirjattiin ylös. Lopuksi kaksi aikaisempaa siivilää läpäissyt liuos kaadettiin silmäkooltaan 0,250 mm siivilän päälle. Viimeisen siivilän läpi mennyt liuos punnittiin edellisten tapaan, ja tulos kirjattiin. Siivilöinti toistettiin yhteensä kolmelle eri näytteelle, jotta kokeeseen saatiin laajempi otanta.

5.3 Työn tulokset

Kokeellisessa osiossa saadut tulokset taulukoitiin näytteiden ottopaikan ja valmiin liuoksen käyttökohteen mukaan. Siivilään jääneen kiintoaineen massa laskettiin käyttämällä kaavaa:

$$m_{kiintoaine} = m_1 - m_2, \quad (1)$$

jossa

$m_{kiintoaine}$ = siivilään jäänyt massa (g)

m_1 = siivilää edeltänyt kokonaismassa (g)

m_2 = siivilän jälkeinen massa (g)

Rejektin kokonaismassa saadaan yksinkertaisesti laskemalla siivilöihin jääneet kiintoainemäärät yhteen.

$$m_{rejekti} = (m_{1,kiintoaine} + m_{2,kiintoaine} + m_{3,kiintoaine}), \quad (2)$$

$m_{1,kiintoaine}$ = 1. siivilään jääneen kiintoaineen massa (g)

$m_{2,kiintoaine}$ = 2. siivilään jääneen kiintoaineen massa (g)

$m_{3,kiintoaine}$ = 3. siivilään jääneen kiintoaineen massa (g)

Rejektin prosentuaalinen määrä näytteen kokonaismassasta laskettiin kaavalla:

$$rejekti - \% = \frac{(m_{1,kiintoaine} + m_{2,kiintoaine} + m_{3,kiintoaine})}{m_{alku}} \cdot 100\%, \quad (3)$$

jossa

$m_{1,kiintoaine}$ = 1. siivilään jääneen kiintoaineen massa (g)

$m_{2,kiintoaine}$ = 2. siivilään jääneen kiintoaineen massa (g)

$m_{3,kiintoaine}$ = 3. siivilään jääneen kiintoaineen massa (g)

m_{alku} = näytteen massa alussa (g)

5.3.1 Kaukopään kemiallisen vedenkäsittelyn polymeeriliuos

Kemialliseen jätevedenpuhdistukseen käytettävästä polymeeriliuoksesta otettujen kolmen näytteen tulokset ja laskennalliset keskiarvot voidaan lukea liitteestä 6, taulukosta 1. Taulukosta otetuilla keskiarvoilla lasketaan kaavaa 1 apuna käyttäen ensimmäiseen siivilään jääneen liukenemattoman aineen massa.

$$\begin{aligned}
 m_{1,kiintoaine} &= 494,43\text{ g} - 480,92\text{ g} \\
 &\Rightarrow 13,52\text{ g}
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

Siivilöiden silmäkokojen pienentyessä voidaan havaita liukenemattoman aineen määrän selkeä väheneminen. Toiseen siivilään jääneen kiintoaineen massan keskiarvo saadaan laskettua myös kaavalla 1.

$$\begin{aligned}
 m_{2,kiintoaine} &= 480,92\text{ g} - 473,47\text{ g} \\
 &\Rightarrow 7,45\text{ g}
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

Viimeiseen eli 0,250 mm:n siivilään jäänyt kiintoaine:

$$\begin{aligned}
 m_{3,kiintoaine} &= 473,47\text{ g} - 468,05\text{ g} \\
 &\Rightarrow 5,42\text{ g}
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

Kemialliseen vedenkäsittelyyn käytettävän liuoksen rejektin kokonaismääräksi laskettiin kaavaa 2 apuna käyttäen 26,39 g. Rejektin prosentuaalinen osuus kokonaismassasta lasketaan kaavalla 3.

$$m_{rejekti} = (13,52 + 7,45 + 5,42)\text{ g} = 26,39\text{ g}
 \tag{2}$$

$$\text{rejekti} - \% = \frac{(13,52 + 7,45 + 5,42)\text{ g}}{494,43\text{ g}} \cdot 100\% = 5,34\%
 \tag{3}$$

Liitteessä 6, taulukossa 2, nähdään näytekohtaiset arvot akseptille ja rejektille sekä niiden prosentuaaliset osuudet näytteen kokonaismassasta. Liitteen 6, taulukkoon 3 on laskettu jokaisen näytteen eri siivilöihin jääneiden aineiden massat.

5.3.2 Kaukopään biologisen vedenkäsittelyn polymeeriliuos

Biologisessa vedenkäsittelyssä käytettävälle polymeeriliuokselle suoritettiin samat kokeet kuin kemiallisessa vedenkäsittelyssä käytettävälle liuokselle. Kolmen eri näytteen mitatut arvot nähdään liitteen 7 taulukosta 1. Taulukkoon on laskettu myös keskiarvot, joita laskuissa tarkkaillaan. Sijoittamalla taulukon keskiarvot kaavaan 1, voidaan laskea 0,700 mm:n siivilään jääneen kiintoaineen massan keskiarvo.

$$\begin{aligned}
 m_{1,kiintoaine} &= 491,47\text{ g} - 474,2\text{ g} \\
 &\Rightarrow 17,27\text{ g}
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

Toiseen siivilään jääneen kiintoaineen massakeskiarvo lasketaan myös sijoittamalla mitatuilla arvoilla lasketut arvot liitteen 7 taulukosta 1 kaavaan 1.

$$\begin{aligned} m_{2,kiintoaine} &= 474,2\text{ g} - 463,86\text{ g} \\ &\Rightarrow 10,34\text{ g} \end{aligned} \quad (1)$$

Viimeiseen siivilään jääneen kiintoaineen massakeskiarvoksi saadaan 5,75 g, joka on vain 1,17 % näytteiden kokonaismassan keskiarvosta (Liite 7: taulukko 3).

$$\begin{aligned} m_{3,kiintoaine} &= 463,86\text{ g} - 458,12\text{ g} \\ &\Rightarrow 5,75\text{ g} \end{aligned} \quad (1)$$

Rejektin kokonaismassa lasketaan kaavalla 2.

$$m_{rejekti} = (17,27 + 10,34 + 5,75)\text{ g} = 33,36\text{ g} \quad (2)$$

Rejektin prosentuaalinen osuus kokonaismassasta oli

$$rejekti - \% = \frac{(17,27 + 10,34 + 5,75)\text{ g}}{491,47\text{ g}} \cdot 100\% = 6,79\% \quad (3)$$

jolloin akseptin määräksi jäi:

$$aksepti - \% = 100\% - 6,79\% = 93,21\% .$$

Liitteen 7 taulukossa 2 on kirjattu kaikkien kolmen näytteen rejektien kokonaismassat ja prosentuaaliset osuudet.

5.3.3 Anjalankosken lietteenkäsittelyn polymeeriliuos

Lietteenkäsittelyssä käytössä olevalle polymeeriliuokselle suoritettiin kolmen erillisen 0,5 l näytteen siivilöinti. Siivilöinti tehtiin kuten biologisen ja kemiallisen vedenkäsittelyn polymeeriliuoksillekin. Liitteen 8 taulukosta 1 nähdään näytteiden punnitut massat eri tilanteissa sekä lasketut keskiarvot. Suurinsilmäiseen 0,700 mm:n siivilään voidaan laskea jääneen keskimäärin 9,92 g kiintoainetta.

$$m_{1,kiintoaine} = 499,92\text{ g} - 490,00\text{ g} \\ \Rightarrow 9,92\text{ g} \quad (1)$$

Toiseen siivilään voidaan samaa laskukaavaa käyttäen todeta jääneen keskimäärin 8,24 g kiintoainetta.

$$m_{2,kiintoaine} = 490,00\text{ g} - 481,76\text{ g} \\ \Rightarrow 8,24\text{ g} \quad (1)$$

Viimeiseen ja tiheinsilmäisimpään siivilään jäi hieman yllättäen enemmän kiintoainetta, kuin 0,500 mm:n siivilään.

$$m_{3,kiintoaine} = 481,76\text{ g} - 472,98\text{ g} \\ \Rightarrow 8,78\text{ g} \quad (1)$$

Siivilöihin jääneen kiintoaineen kokonaismassaksi saadaan kaavalla 2.

$$m_{rejeki} = (9,92 + 8,24 + 8,78)\text{ g} = 26,94\text{ g} \quad (2)$$

Rejektin prosentuaalinen osuus voidaan laskea kaavalla 3.

$$rejeki - \% = \frac{(9,92 + 8,24 + 8,78)\text{ g}}{499,92\text{ g}} \cdot 100\% = 5,39\% \quad (3)$$

Eri siivilöihin jääneiden kiintoaineiden massoja voidaan tarkkailla liitteen 8 taulukossa 3. Taulukosta nähdään esimerkiksi 0,500 mm:n siivilään jääneiden partikkelien kokonaismassan rajuja heittelyitä. Taulukosta voidaan myös kuitenkin todeta ensimmäiseen siivilään jääneen eniten kiintoainetta.

6 YHTEENVETO

Näytteille suoritettut kokeet tehtiin ehkä liian pienessä mittakaavassa verrattuna polymeeriliuosten todelliseen tuotantomäärään. Kokeiden tarkkuus on liuosten polymeeripitoisuuteen nähden huono, sillä 0,5 litrassa näytteessä ei ole juuri lainkaan polymeeria. Tehtailla ei suoriteta erillisiä näytteenottoja jätevedenpuhdistuksessa käytettäville polymeeriliuoksille, vaan liuotuslaitteistojen sekoituksen laatuun luotetaan, ellei prosessissa synny erillisiä häiriöitä. Tehtaalla polymeeriniuotussäiliöihin pääsee pieniä määriä ei toivottuja kiintoaineita, kuten hiekkaa, pölyä ja hyönteisiä. Epäpuhtauksista ei ole kuitenkaan haittaa ainaakaan jätevedenpuhdistuksessa, sillä ne poistuvat muun lian mukana prosessin

myöhemmissä vaiheissa. Rejektin määrä kokeissa oli kohtalaisen suuri, joka johtuu luultavasti epäpuhtauksien suuresta määrästä. Tulosten samankaltaisuuden voidaan todeta tukevan sitä tosiasiaa, että kokeessa mukana olleet laitteistot ovat rakenteiltaan ja toimintaperiaatteiltaan lähes identtiset.

Työssä tehtyjen tutkimusten mukaan polymeerin liuotuslaitteistot eivät ole juurikaan muuttuneet sitten 90-luvun alkupuolen. Suurimpana syynä tähän lienee laitteistojen riittävän hyvä toimivuus tarkoituksiinsa nähden. Lisäksi tehtailta saatujen tietojen perusteella ainoa kehitettävä asia liittyen polymeerien käyttöön, on jauhemäärien pienentäminen, ja sitä kautta kustannuksien vähentäminen. Tehdyn tutkimustyön yhteenvetona voidaan todeta jäteveden käsittelyssä käytössä olevien laitteistojen olevan riittävän toimivia ja tuotantotehokkaita. Riittävän hyvään liukenemisasteeseen päästään, kun saadaan yksittäiset partikkelit liukenemaan, käytetään liuotuksessa riittävän lämmintä vettä sekä säädetään sekoitusaika riittäväksi.

KUVAT

Kuva 3.1 Panostoinen ja jatkuvatoiminen sekoituslaitteisto, s. 12

Kuva 3.2.2 Alcotech® CPS-systeemin toimintakaavio, s. 14

Kuva 3.3.1 Kaksoisruuvikuljetin, s. 17

Kuva 3.3.3 Sekoituslapa, s. 18

Kuva 3.4.1 MIXO-polysarjan laitteistojen yksinkertaistettu PI-kaavio, s. 21

Kuva 3.4.2 Ejektorisekoittimen rakenne, s. 22

Kuva 3.5.1 Kaukopään kemiakaaliaseman polymeeriliuoksen valmistuksen ajokaavio, s. 23

Kuva 3.5.2 Lietteenkäsittelyssä käytettävän polymeerin valmistuksen ajokaavio, s. 24

Kuva 3.6 Anjalankosken polymeeriaseman ajokaavio, s. 25

Kuva 4.2 Ciba® SAP:n toimintakaavio, s. 28

TAULUKOT

Taulukko 2.2.1 Organopol®5420:n varastointisuositukset, s. 8

Taulukko 2.2.3 Zetag®-tuotteiden viskositeetit liuosten eri pitoisuuksilla, s. 8

Taulukko 3.2.3 FAB-systeemin kapasiteetit eri säiliökoolla s. 15

Taulukko 3.3 Tomal Polyrex-kokovaihtoehdot s. 16

LÄHTEET

Ashland Praestol-esite

http://www.tessenderlo.ch/cms/images/stories/broschueren/praestol_d.pdf
(Luettu 6.1.2011)

Ashland Praestol® BC-käyttöturvallisuustiedote, 2009

Ciba® ALCOTECH® CPS-esite 2004 (Ciba Specialty Chemicals Inc. Pub. No. W/6/E/06/03/1. Edited in UK)

Ciba FAB system-esite, (FAB2/100/1.1 & 2.6 INT\02.03),
http://www.ciba.com/de/fab2-100-11-26_brochure.pdf (Luettu 14.5.2009)

Ciba®Organopol®5420-esite

[http://www.acat.com/_files/datasheets/67/ORGANOPOL_5420\(TMB-EN\).pdf](http://www.acat.com/_files/datasheets/67/ORGANOPOL_5420(TMB-EN).pdf),
(Luettu 14.5.2009)

Ciba SMP2800 ja SAP2800 annostelupumput-esite (SMP & SAP2800\11.02)

Ciba®ZETAG® Powder Range-esite, toukokuu 2008

Edward L. Paul, Victor A. Atiemo-Obeng & Suzanne M. Kresta 2004, Handbook of industrial mixing: science and practice, John Wiley & Sons, Inc.

FLOPAM CB 190 käyttöturvallisuustiedote 21.01.2004

FLOPAM FO 4190 biocide käyttöturvallisuustiedote 27.02.2004

Fourne, F, 1999. Synthetic Fibers: Machines and equipment, manufacture, properties, Munich, Carl Hanser Verlag,

Gullichsen J, Paulapuro H & Neimo L, 1999. Papermaking Science and technology. Book 4. Papermaking Chemistry. Helsinki: Fapet Oy

Janhunen, M, 2007. Kemimekaanisen puhdistamon toimintaan vaikuttavien tekijöiden hallinta,
https://jyx.jyu.fi/dspace/bitstream/handle/123456789/18473/URN_NBN_fi_jyu-200803031215.pdf?sequence=1 (Luettu 3.12.2010)

Klemetti, Teemu ympäristöinsinööri Stora Enso Oyj, Imatran tehtaat 2009 sähköpostiviesti

Mikkola, Pasi myyntipäällikkö Ciba Finland Oy, 2009 sähköpostiviesti

Prominent® Annostelupumput 1000 l/h:ssa saakka, esite, painettu Suomessa, PT PM 046 06/07

Rongas, Pertti Stora Enso Anjalankoski, 2009 sähköpostiviesti

Stora Enso Oyj 2006 Imatran sellu, työohje, Kemikaalien syöttö kemialliseen tulevaan jäteveeseen

Stora Enso Oyj 2008 Imatran sellu, lietteenkäsittelyn ajo-ohje

Stora Enso Oyj 2009a Anjalankoski, ajo-ohjelmisto

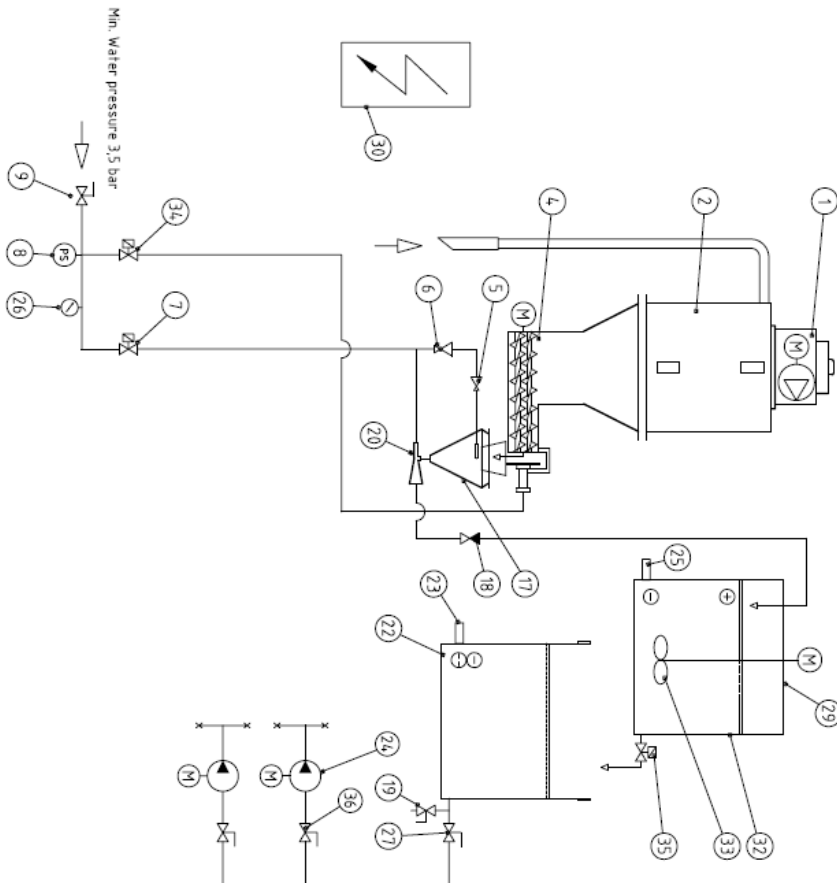
Stora Enso Oyj 2009b Imatran tehtaat, ajo-ohjelmisto

Tammelin, Mikko, Turun Asennusteam Oy, 2010 sähköpostiviesti

Tomal Polyrex 1,0, Instruction Manual, 2008

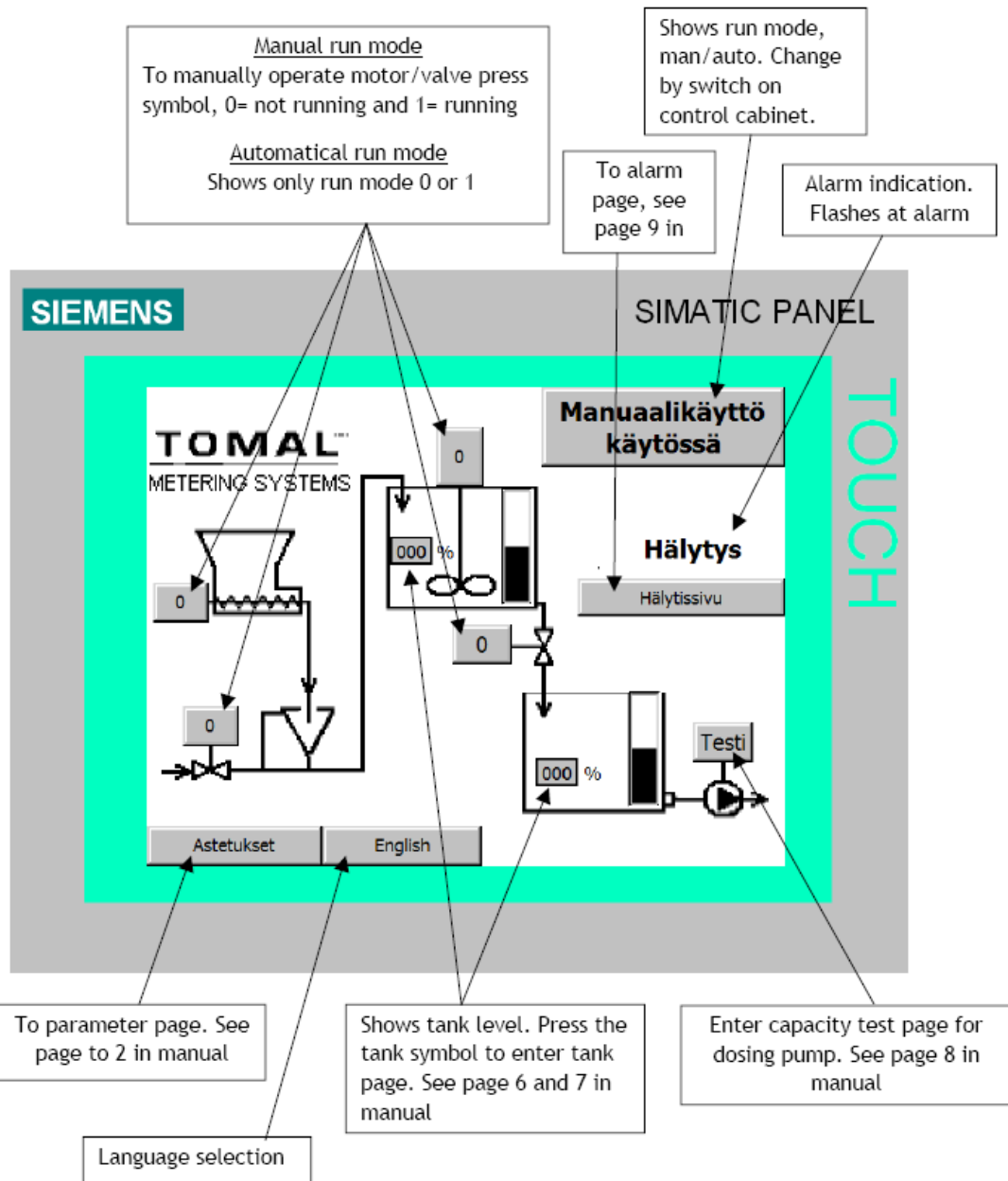
Turun Asennusteam Oy 2010, *www.turun-at.fi/* (Luettu 15.11.2010)

Viitanen, J. 2008. Polymeerien vaikutukset paperin z-suuntaiseen lujuteen, Tampereen ammattikorkeakoulu. Paperitekniikan koulutusohjelma. Opinnäyte-työ,
https://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/9428/Viitanen.Jorma.pdf?sequence=2 (Luettu 7.1.2011)

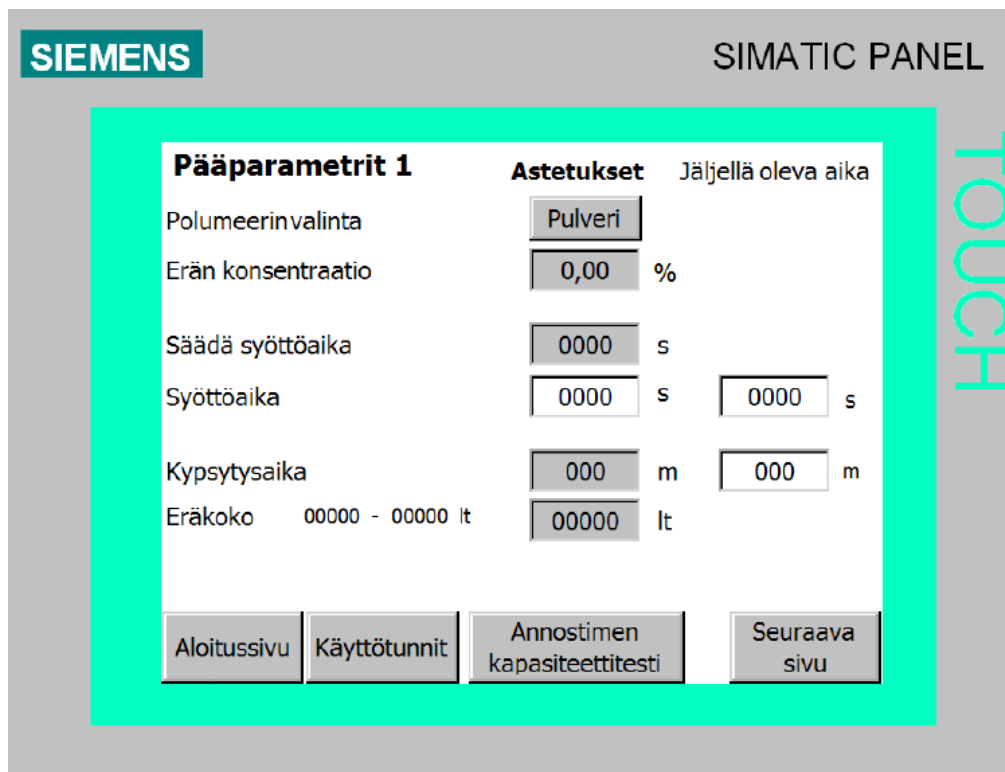


36	2	Shut-off valve										
35	1	Discharge valve										
34	1	Solenoid valve										
33	1	Agitator										
32	1	Preparation tank										
30	1	Electrical cabinet										
29	1	Cover										
27	1	Shut-off valve										
26	1	Pressure gauge										
25	1	Pressure transmitter										
24	2	Dosing pump							Supplied by Flow Center			
23	1	Pressure transmitter										
22	1	Stock tank										
20	1	Ejector										
19	1	Shut-off valve Bottomdrain										
18	1	Non-return valve										
17	1	Dissolver cone										
9	1	Shut-off valve										
8	1	Water pressure switch										
7	1	Solenoid valve										
6	1	Pressure reducing valve										
5	1	Flow washer										
4	1	Powder feeder 182 P										
2	1	Powder hopper 100L										
1	1	Powder vacuum conveyor										
Det.No.		Qty	Dimension		Material	Model or Dimension	Remarks					
Constructed	H	Drawn	HL	Copy	Controlled	TE	Standard	Approved	TE	Scale	Replaces	Revised of
TOMAL Polymer make-up unit PolyRex 1.0 008645-F-54275 with Powder vacuum conveyor Flowdiagram Drawing No. 008645-F-54275 Date 2008-07-10												
METERING SYSTEMS												

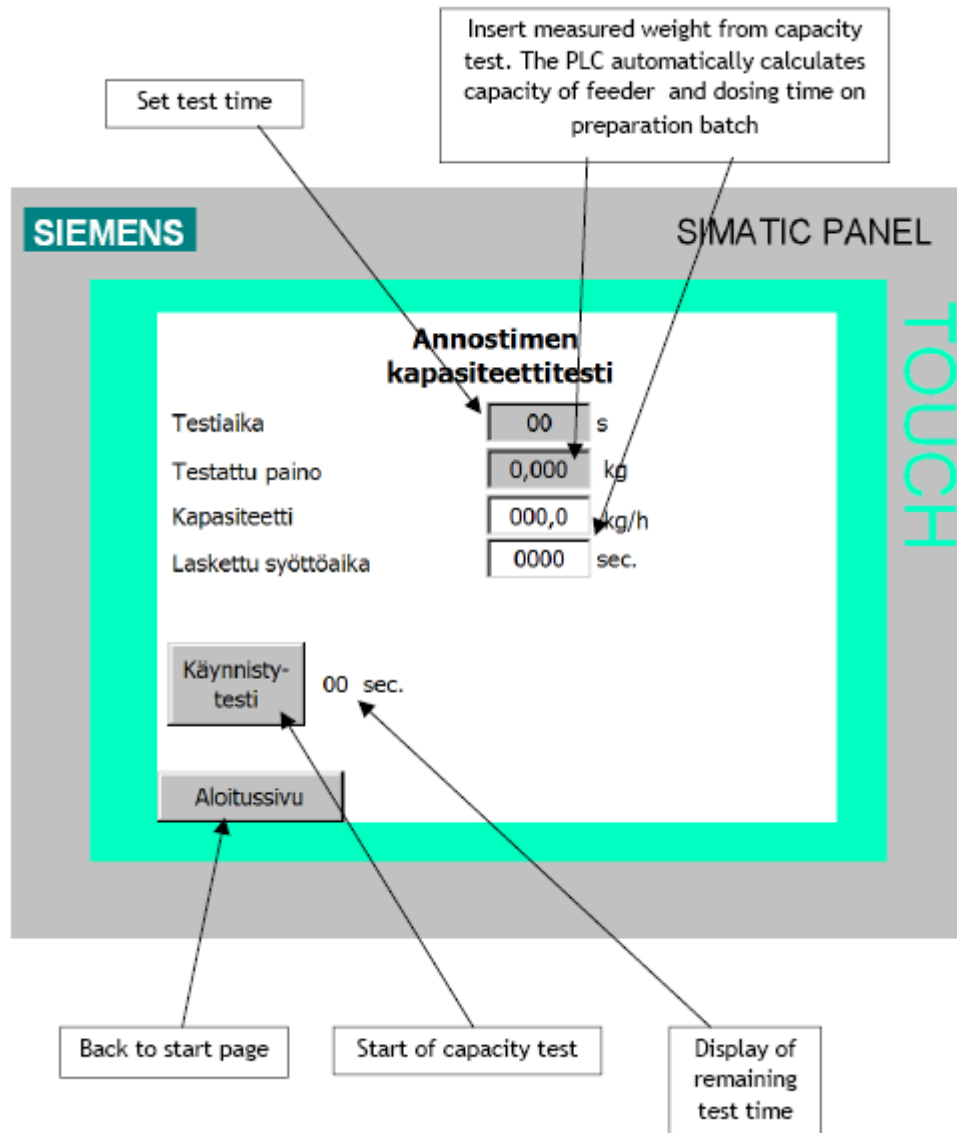
Kuva 1 Tomal Polyrex 1,0 laitteistokaavio (Tomal Polyrex 1,0, Instruction Manual 2008)



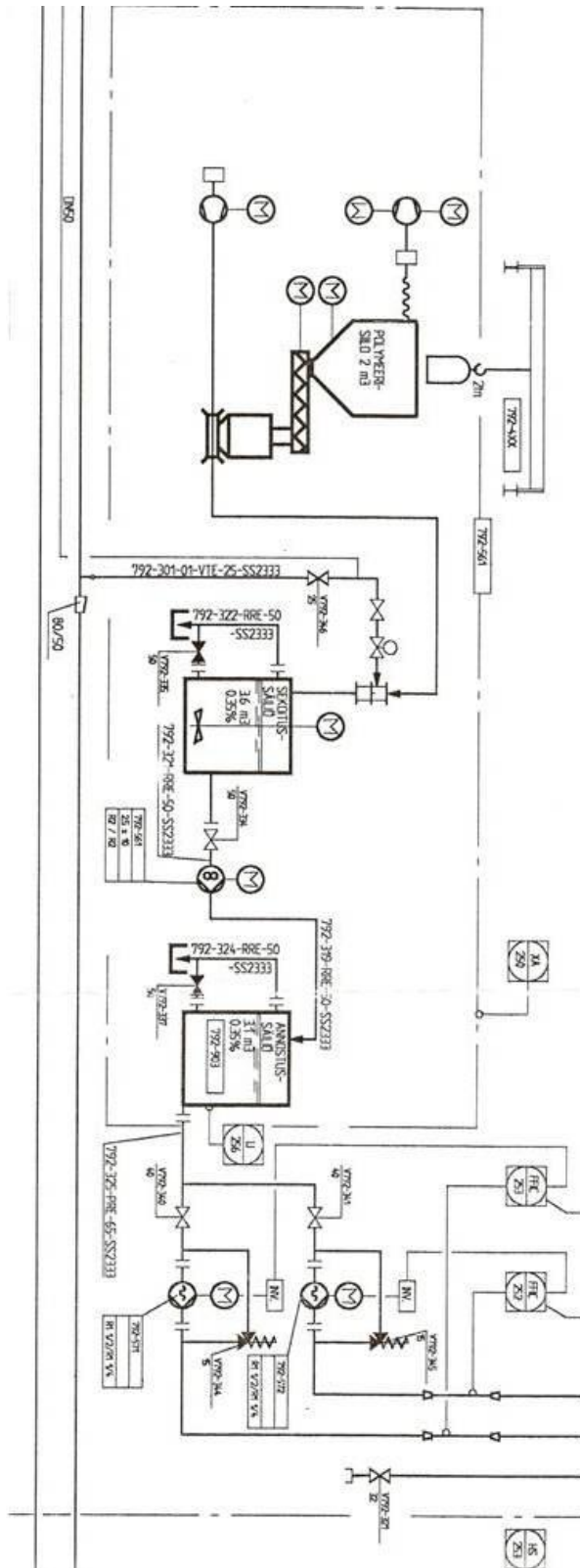
Kuva 1 Tomal Polyrex-laitteiston ohjelmiston aloitussivu (Tomal Polyrex 1,0, Instruction Manual 2008)



Kuva 1 Tomal Polyrex asetukset (Tomal Polyrex 1,0, Instruction Manual 2008)



Kuva 1 Tomal Polyrex koeajonäyttö (Tomal Polyrex 1,0, Instruction Manual 2008)



Kuva 1 Kaukopään kemiallisen vedenkäsittelyn polymeerin valmistuskaavio (Stora Enso Oyj 2009b)

Taulukko 1 Kaukopään kemiallisen puhdistuksen polymeerin mitatut arvot

Kemiallinen puhdistus	Näyte 1	Näyte 2	Näyte 3	Ka.
Massa alussa/g	499,35	491,35	492,60	494,43
1. siivilän jälkeen/g	486,53	477,88	478,34	480,92
2. siivilän jälkeen/g	478,34	473,00	469,06	473,47
3. siivilän jälkeen/g	472,72	468,62	462,80	468,05

Taulukko 2 Kaukopään kemiallisen puhdistuksen polymeerin lasketut akseptit ja rejektit

	Näyte 1	Näyte 2	Näyte 3	Ka.
$m_{\text{rejektivht.}}/g$	26,63	22,73	29,80	26,39
Rejekti yhteensä/%	5,33 %	4,63 %	6,05 %	5,34 %
Aksepti yhteensä/%	94,67 %	95,37 %	93,95 %	94,66 %

Taulukko 3 Kaukopään kemiallisen puhdistuksen polymeerin lasketut arvot siiviläkohtaisesti

0,710 mm siivilä	Näyte 1	Näyte 2	Näyte 3	Ka.
Siivilään jäänyt aine/ g	12,82	13,47	14,26	13,52
Siivilään jäänyt aine/ % kokonaismassasta	2,57 %	2,74 %	2,89 %	2,73 %
0,500 mm siivilä				
Siivilään jäänyt aine/ g	8,19	4,88	9,28	7,45
Siivilään jäänyt aine/ % kokonaismassasta	1,64 %	0,99 %	1,88 %	1,51 %
0,250 mm siivilä				
Siivilään jäänyt aine/ g	5,62	4,38	6,26	5,42
Siivilään jäänyt aine/ % kokonaismassasta	1,13 %	0,89 %	1,27 %	1,10 %

Taulukko 1 Kaukopään biologisen puhdistuksen polymeerin mitatut arvot

Biologinen puhdistus	Näyte 1	Näyte 2	Näyte 3	Ka.
Massa alussa/g	481,93	502,49	490,00	491,47
1. siivilän jälkeen/g	464,95	485,41	472,24	474,20
2. siivilän jälkeen/g	453,18	475,65	462,76	463,86
3. siivilän jälkeen/g	448,13	470,71	455,51	458,12

Taulukko 2 Kaukopään biologisen puhdistuksen polymeerin lasketut akseptit ja rejektit

	Näyte 1	Näyte 2	Näyte 3	Ka.
$m_{\text{rejektivht.}}/g$	33,80	31,78	34,49	33,36
Rejektit yhteensä/%	7,01 %	6,32 %	7,04 %	6,79 %
Akseptit yhteensä/%	92,99 %	93,68 %	92,96 %	93,21 %

Taulukko 3 Kaukopään biologisen puhdistuksen polymeerin lasketut arvot siiviläkohtaisesti

0,710 mm siivilä	Näyte 1	Näyte 2	Näyte 3	Ka.
Siivilään jäänyt aine/ g	16,98	17,08	17,76	17,27
Siivilään jäänyt aine/ % kokonaismassasta	3,52 %	3,40 %	3,62 %	3,52 %
0,500 mm siivilä				
Siivilään jäänyt aine/ g	11,77	9,76	9,48	10,34
Siivilään jäänyt aine/ % kokonaismassasta	2,44 %	1,94 %	1,93 %	2,11 %
0,250 mm siivilä				
Siivilään jäänyt aine/ g	5,05	4,94	7,25	5,75
Siivilään jäänyt aine/ % kokonaismassasta	1,05 %	0,98 %	1,48 %	1,17 %

Taulukko 1 Anjalankosken lietteenpuhdistuspolymeerin mitatut arvot

Anjalan lietteenpuhdistus polymeeri	Näyte 1	Näyte 2	Näyte 3	Ka.
Massa alussa/g	504,09	491,16	504,51	499,92
1. siivilän jälkeen/g	495,72	479,26	495,02	490,00
2. siivilän jälkeen/g	489,14	471,03	485,12	481,76
3. siivilän jälkeen/g	480,18	462,46	476,31	472,98

Taulukko 2 Anjalankosken lietteenpuhdistuspolymeerin lasketut akseptien ja rejektien arvot

	Näyte 1	Näyte 2	Näyte 3	Ka.
$m_{\text{rejektivyht.}}/g$	23,91	28,70	28,20	26,94
Rejekti yhteensä/%	4,74 %	5,84 %	5,59 %	5,39 %
Aksepti yhteensä/%	95,26 %	94,16 %	94,41 %	94,61 %

Taulukko 3 Anjalankosken lietteenpuhdistuspolymeerin lasketut arvot siiviläkoh-
taisesti

0,710 mm siivilä	Näyte 1	Näyte 2	Näyte 3	Ka.
Siivilään jäänyt aine/ g	8,37	11,90	9,49	9,92
Siivilään jäänyt aine/ % kokonaismassasta	1,66 %	2,42 %	1,88 %	1,99 %
0,500 mm siivilä				
Siivilään jäänyt aine/ g	6,58	8,23	9,90	8,24
Siivilään jäänyt aine/ % kokonaismassasta	1,31 %	1,68 %	1,96 %	1,65 %
0,250 mm siivilä				
Siivilään jäänyt aine/ g	8,96	8,57	8,81	8,78
Siivilään jäänyt aine/ % kokonaismassasta	1,78 %	1,74 %	1,75 %	1,76 %