

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**CAM İŞLEME TESİSLERİNDE SEDİMENTASYON
İŞLEMLERİNİN İNCELENMESİ**

Mak. Müh. Hakan CEVİK

**FBE Makina Mühendisliği Anabilim Dalı Isı Proses Programında
Hazırlanan**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Galip TEMİR (YTÜ)

İSTANBUL, 2005

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
SİMGE LİSTESİ	iv
KISALTMA LİSTESİ	v
ŞEKİL LİSTESİ	vi
ÇİZELGE LİSTESİ	viii
ÖNSÖZ.....	ix
ÖZET	x
ABSTRACT	xi
1. GİRİŞ.....	1
1.1 Cam Tortusunun Karakteristiği	1
1.2 Endüstride Uygulanan Sistemler	2
2. KAYNAK TARAMASI	8
2.1 Araştırma Sonuçları	14
3. SEDİMENTASYON SİSTEMLERİNİN İNCELENMESİ	15
3.1 Lamel Separatörlü Sedimentasyon	15
3.1.1 Operasyon Prensipleri	15
3.1.2 Avantajları	17
3.1.2.1 Kompakt Dizayna Uygunluk	17
3.1.2.2 Ekonomiklik	17
3.1.2.3 Çok Amaçlı Kullanıma Uygunluk	17
3.2 Lamel Separatörlü Sedimentasyon Uygulamaları	18
3.3 Seramik Endüstrisinde Atık Su Sedimentasyonu	22
4. FOLÜKÜLENTLER ve FOLÜKÜLASYON	23
4.1 Mineral Folüküレントler	23
4.2 Doğal Folüküレントler	23
4.3 Sentetik Folüküレントler.....	23
4.4 Akropolimer Folüküレントler Suda Nasıl Çözünürler.....	25
4.5 Jar Testi.....	26
5. CAM ENDÜSTRİSİNDE KULLANILAN PROSES SUYUNUN SEDİMENTASYONU	27
5.1 Cam Partiküllerinin Sedimente Olma Hızları.....	31
5.2 Sedimentasyon Sistemlerinde Kullanılan Eğimli Filtre Sistemleri	32
6. PROJE UYGULAMASI.....	33
6.1 Solüsyon Hazırlama Ünitesi	38
6.1.1 Kullanılan Polimerin Özellikleri	40

6.1.2	Dozaj Pompaları	41
6.1.3	Kirli Su Basma Pompaları	41
6.1.4	Temiz Su Hidroforları	42
6.2	Proje Başlangıcındaki Durum.....	43
6.3	Sistemin Kurulması İle Sağlanan Avantajlar.....	44
6.4	Proje Maliyet Hesabı	51
7.	SONUÇLAR.....	52
	KAYNAKLAR.....	53
	İNTERNET KAYNAKLARI.....	54
	EKLER	55
	ÖZGEÇMİŞ.....	56

SİMGE LİSTESİ

ρ_p	Camın yoğunluğu (kg/m ³)
ρ_f	Suyun yoğunluğu (kg/m ³)
g	Yerçekimi ivmesi (m ² /s)
η	Suyun dinamik viskozitesi (Pa sn)
Q	Hacimsel debi (m ³ /saniye)
V	Suyun borudaki ortalama hızı (m/sn)
A	Boru kesit alanı (m ²)
w	Sedimentasyon hızı (m/s)
d	Partikül çapı (m)

KISALTMA LİSTESİ

ABD	Amerika Birleşik Devletleri
PLC	Programlanabilir Lojik Kontrol
PVC	Polyvinylchloride
PPA	Poliakrilamid

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 1.1 Cam işleme tesislerinde kullanılan proses suyunun partikül dağılımı .	1
Şekil 1.2 Basit Folükülasyon tankı .	3
Şekil 1.3 Basit Folükülasyon tankı .	5
Şekil 1.4 Online akış folükülasyon sistemi .	6
Şekil 1.5 Kombine Bypass - Online Akış - Folükülasyon Sistemi .	7
Şekil 2.1 Folükülasyon oluşumunun şematik gösterimi .	8
Şekil 2.2 Folüküllerin çökmesinin bilgisayar, kamera ve deney düzeneği .	9
Şekil 2.3 Farklı polimer dozajları için sedimentasyon verimliliği .	10
Şekil 2.4 PPA (poliakrilamid) ve ikincil folükülasyon için kullanılan akrilit tuzun (percol) organik yapıları .	12
Şekil 2.5 Dual folükülasyon .	13
Şekil 3.1 Lamelseperatörlü sedimentasyon ünitesi .	15
Şekil 3.2 Lamel seperatörlü sedimentasyon ünitesi .	16
Şekil 3.3 Lamel seperatörlü sedimentasyonun şematik gösterimi .	16
Şekil 3.4 Lamel seperatörler .	17
Şekil 3.4 Lamel seperatörlü sistemin ve konvansiyonel tankın boyutsal karşılaştırması .	17
Şekil 3.5 Güney Alp’lerde Lago Maggiore Gölü arıtma tesisi .	18
Şekil 3.6 Folüküluent kullanılmadan çalışan çakıl üretme tesisi. .	19
Şekil 3.7 Agrega (Çakıl) Yıkama tesisi .	20
Şekil 3.8 Pissu arıtım tesisinden genel ve sedimentasyon ünitesi üstten görünüş .	20
Şekil 3.9 Yer altı kaynak suları arıtım tesisi .	21
Şekil 3.10 Kum işleme tesisi. .	22
Şekil 3.10 Seramik işleme sedimentasyon tesisi .	22
Şekil 4.1 Polimer bazlı sanayi atıklarının folüküluent olarak geri kazanım döngüsü .	24
Şekil 4.2 Polimerik yapının proses suyu içerisindeki, partiküllerin zincir yapı oluşturması ve folükülasyon aşamalarının mikroskop altında zamana bağlı olarak (0-20 sn) gözlenmesi .	25
Şekil 4.3 Folüküle olmuş partikül demetinin sedimente olmasının mikroskopta görüntüsü ...	25
Şekil 4.4 Jar test ekipmanı .	26
Şekil 5.1 Cam işleme tesisi rodaj makinası (işleme makinası) cam plakası yükleme robotu. .	27
Şekil 5.2 Cam işleme tesisi rodaj makinaları (cam işleme makinaları) .	28
Şekil 5.3 Cam işleme tesisi rodaj makinalarının cam tortusundan olumsuz etkilenmiş görüntüsü .	28
Şekil 5.4 Cam işleme tesisi rodaj makinalarının proses suyunun sirküle olduğu kazanların görüntüsü .	29
Şekil 5.5 Rodaj makinası işleme ekipmanlarının cam tortusuna maruz kalmış görüntüsü.	29
Şekil 5.6 Cam işleme tesisinde kullanılan sedimentasyon ünitesinin üstten ve önden görüntüsü .	30
Şekil 5.7 Partikül ebadına göre cam partiküllerini sedimente olma hızları .	31
Şekil 5.8 Eğimli filtre sistemi .	32
Şekil 6.1 Tam akışlı (online akışlı) ve Bypass sistemleri .	34
Şekil 6.2 Komple sedimentasyon sistemi 1 .	35
Şekil 6.3 Komple sedimentasyon sistemi 2 .	37
Şekil 6.4 Cam işleme makinalarından alınan proses suyunun partikül ebat dağılımı .	37
Şekil 6.5 Solüsyon hazırlama ünitesi .	39
Şekil 6.6 Membran tip dozaj pompası .	41
Şekil 6.7 Hat 2 kirli su basma istasyonu ve proses suyu toplanma tankı 2 .	42
Şekil 6.8 Hat 1 kirli su basma istasyonu ve proses suyu toplanma tankı 1 .	42

Şekil 6.9 Temiz su hidrofor sistemi.....	43
Şekil 6.10 Cam partiküllerinin tortulaşması sonucu işleme makinalarında deformasyon.	44
Şekil 6.11 Karışım ve sedimentasyon tankları arası bağlantı.....	45
Şekil 6.11 Platform üzerindeki boru hatları.....	46
Şekil 6.12 lamel separatörlü yapı.	46
Şekil 6.13 Polimer hazırlama istasyonun kontrol ünitesi.	47
Şekil 6.14 Cam işleme makinasının proses esnasındaki görüntüsü.....	48
Şekil 6.15 Sedimentasyon tankı üst kesit görünüşü.	49
Şekil 6.16 Bükülebilir borular, küresel vanalar ve sedimentasyon tankı Big Bag sistemi bağlantısı.....	50
Şekil 6.17 Big Bag sistemi	50

ÇİZELGE LİSTESİ

	Sayfa
Çizelge 6.1 Sistem kapasite hesabı.....	33
Çizelge 6.2 Sistem hatları kapasite dağılımı	36
Çizelge 6.3 Sistem maliyet hesabı.....	51

ÖNSÖZ

Bu çalışmanın gerçekleşmesini sağlayan, başta Georg Von Torklus, olmak üzere Schott Araştırma ve Teknoloji Geliştirme Merkezi Frankfurt ve çalışanlarına, değerli katkılarını benden esirgemeyen tez danışmanım Yıldız Teknik Üniversitesi Makine Fakültesi Öğr. Üyesi Sn. Prof. Dr. Galip TEMİR 'e, çalışmalarım süresince yaptıkları yardımlarından dolayı Sn. Öğr.Gör. Burak Olgun ve Sn. Arş.Gör.Özden Ağra 'ya, tüm çalışmalarım süresince bana daima destek olan aileme teşekkür ederim.

ÖZET

Günümüzde, ekonominin gelişimi nedeniyle, üretim tesisleri büyüme eğilimindedirler. Bu nedenle fabrikalar proses suyu üniteleri gibi verimli ilave yardımcı ünitelere ihtiyaç duymaktadırlar. Cam işleme endüstrisinde kullanılan soğutma suyu prosesden küçük cam partiküllerini bünyesine alır. Eğer proses suyu bireysel tankından sirküle oluyorsa bu partiküller ürün kalitesini ve ekipmanları olumsuz etkiler.

Proses suyunda asılı cam partiküllerini elimine etmek için sedimentasyon üniteleri kullanılabilir. Mevcut kullanımdaki tüm sedimentasyon üniteleri araştırılmıştır.

Sedimentasyon verimliliğine etki eden polimerik folükülen ve lamel seperatör sistemleri üzerinde çalışıldı.

Uygun polimer dozajı ve tipide detaylı olarak bu çalışmada tartışılmıştır.

İlgili bir proje çalışmasında gerçekleştirilmiş, sonuçlar ve taslak bir maliyet analizide detay olarak verilmiştir.

Anahtar kelimeler: Cam partiküllerinin sedimentasyonu, lamel sepertörlü sedimentasyon, folükülasyon, polimer.

ABSTRACT

In present, due to growing economy, production facilities aim to be larger. In this case, plants need effective supplementary units, for instance process water units. In glass machining business, the cooling water in use, gets tiny glass particles from the process. These particles effects negatively quality of products and equipments if the process water has a circulation use from it's individual tank. In order to remove suspended glass particles from the process water, sedimentation can be used. The sedimentation units in use have been investigated.

The factors which effect sedimentation efficiency such as polimeric flocculants and lamella separator systems has been studied on.

Also, the proper polymer dosage and type has been deeply discussed in this study.

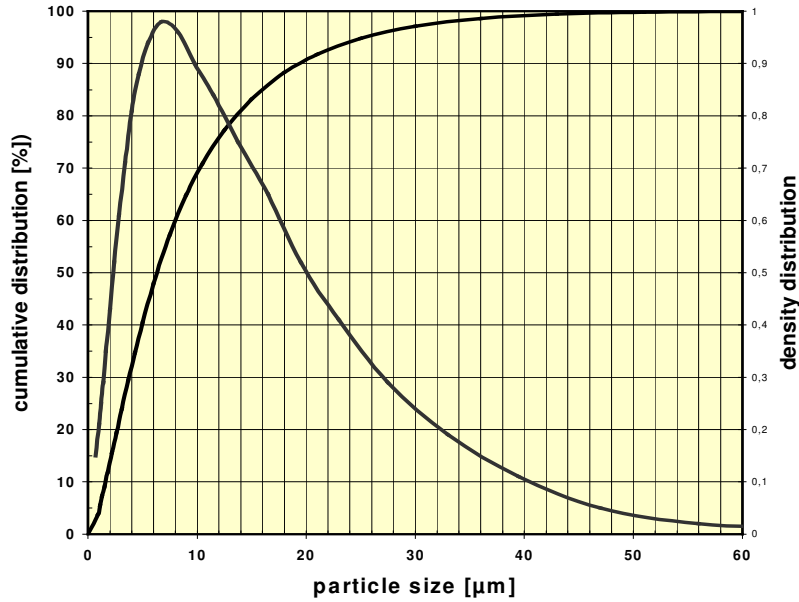
A reletad project work has been performed, results and a sketch cost analysis has been given as details.

Keywords: Sedimentation of glass particles, sedimentation with lamella seperator, Flocculation, polymer.

1. GİRİŞ

Cam köşelerinin elmas takımlar ile işlenmeleri esnasında , küçük cam partikülleri işleme sıvısının içine karışır ve proses kalitesini düşürür. Proses kalitesi cam işlemede en önemli unsurdur , işleme sıvısının kalitesini korumak maksadıyla işleme sıvısı çok sık değiştirilmesi işçilik, üretim zamanının kaybedilmesi, aşırı sıvı tüketimi gibi nedenlerle başvurulması, riskler içeren bir çözüm olarak karşımıza çıkmaktadır. En iyi çözüm, işleme sıvısı içerisindeki bu partiküllerin foliküle edilerek sedimente yani çöktürülerek işleme sıvısından alınmasıdır.

1.1 Cam Tortusunun Karakteristiği



Şekil 1.1 Cam işleme tesislerinde kullanılan proses suyunun partikül dağılımı (Aachener Chemische Werke Technical information data sheet, 2000).

Metal işleme proseslerine benzemeyen cam işleme prosesinde partikül boyutları 5 - 10 µm lik bir aralıktadır, bu partiküllerin büyük çoğunluğu 5 µm nin altında boyutlara sahiptir. Metal işleme prosesinde durum farklılık arzeder, partikül boyutları 50 µm nin üzerindedir. Gözönüne alınması gereken diğer bir hususta işleme sıvısı içerisindeki cam partiküllerinin cam yüzeyinde reaktif olmaları ve çizige yol açmalarıdır, bu durum ise mamulün kalitesini belirleyen en önemli unsurlardan biridir. Ayrıca işleme sıvısı içerisindeki cam partikülleri çökeltme sonrası birleşerek beton sertliğinde tortu halini alır. Tortu zaman içerisinde tamamen sertleşerek işleme sıvısı ile temas halinde bulunan tüm komponentlere ve dolayısıyla tüm sisteme zarar verir. İşletmelerde

makinalara günlük temizlik uygulanması sıkça karşılaşılan bir durum değildir sonuç olarak bu durum cam işleme makinalarının ömrünü yarıya indirir. Şekil 1.1 'de Cam işleme tesislerinde kullanılan proses suyunun partikül dağılımı görülmektedir. (Aachener Chemische Werke Technical information data sheet, 2000).

İşleme sıvısı içerisindeki bu cam partiküllerini sistemden ayırmak için, aşağıda sıralanan yöntemler mevcuttur:

- a) Sedimentasyon prosesi (örneğin; çökeltme çukuru)
- b) Filtrasyon prosesi (örneğin; band-pass filtre sistemi, presli filtre sistemleri, çapraz akışlı filtrasyon)
- c) Gravitasyon metodları (örneğin; hidrosiklonlar, santrifüj sistemleri)
- d) Folikülasyon prosesi

1.2 Endüstride Uygulanan Sistemler

Sedimentasyon teknikleri karlılık yarattıkları sürece cam endüstrisinde kullanılır fakat bu sistemlerin uygulanmasında geniş alan gerektiren çok büyük çöktürme havuzlarının kullanılmasının gerekmesi önemli bir dezavantajdır. Günümüz üretim tesisleri mümkün olduğu ölçüde yalın ve az alan kullanan sistemler içermelidir. Ayrıca bu sistemlerin diğer bir önemli dezavantajı da kendiliğinden çöktürmenin uzun zaman alması ve kapalı çevrimli sistemler için kullanımının mümkün olmamasıdır. Çökelen cam partiküllerinin mekanik yolla sistemden alınması oldukça zor ve zahmetli bir iştir.

Filtrasyon teknikleri ise genelde ilk satın alma maliyetleri nin düşük olması nedeniyle ve düşük sarf malzemesi tüketimleri nedeniyle oldukça ilgi görmektedir ancak filtreler çok kısa bir zaman dilimi içerisinde tıkanarak değiştirilmesi için sistemin durdurulması gerekecektir. Sık filtre değişimi maliyet açısından önemli bir dezavantaj teşkil eder. Bu tür sistemlerin kullanılması özel ve süreklilik gerektirmeyen durumlar için mümkün olabilmektedir.

Gravitasyon metodları cam endüstrisinde oldukça uzun süreden beri kullanılmaktadır. Bu sistemlerin verimli olmaması nedeniyle santirfüj sistemler düşünülmüş fakat santrifüj sistemlerinde satınalma maliyetleri, enerji sarfiyatları ve bakım masraf ve sıklığının kabul edilebilir düzeylerin çok üzerine çıkması nedeniyle tercih edilmesi çok avantajlı olmamaktadır.

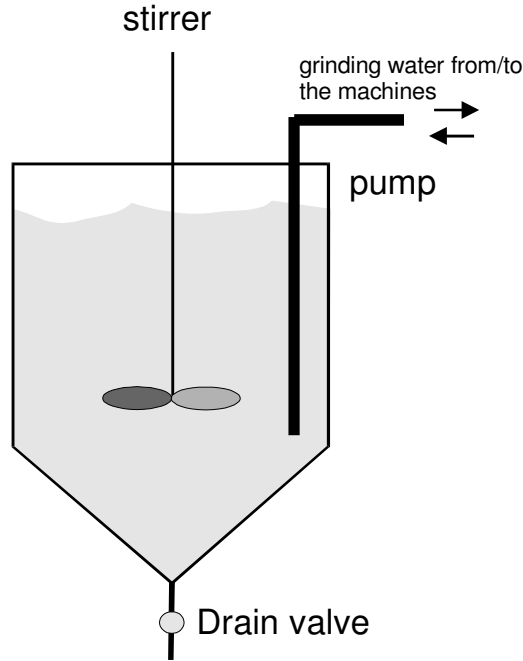
Folikülasyon teknikleri 80 li yıllarda cam endüstrisinde kullanılmaya başlamış yüksek verim ve hızlı çalışması sonucunda kabul görmüştür, yardımcı ünite ve ekipmanların (folikülant, filtreler) gerekliliği dezavantaj gibi görülsede fiyat/performans oranı en yüksek sistemdir. Bu durum

Folükülasyon sistemini cam partiküllerini işleme sıvısından ayırmadaki en geniş uygulama alanı olan sistem haline getirmiştir.

Basit folükülasyon tankı; folükülasyonu sağlamanın en basit yolu tank içine entegre edilmiş bir karıştırıcıdır. Bununla birlikte çökelmeyi kolaylaştırmak ve çökelen partiküllerin atılabilmesi için tankın dizaynının tabana doğru konik yapılması gerekir.

İçerisinde istenmeyen cam partikülleri barındıran kirli proses sıvısı tankın içine pompa ile basılır, karıştırıcı mikser ile sisteme folukulant manuel olarak ilave edilerek karıştırılır. Eklenen folukulantın cam partikülleri ile birleşerek flok oluşturmasıyla mikser durdurulur ve polimer ile birlikte hacmen ve kütesel olarak çökme eğilimindeki flok tabana çöker. Tankın üst kısımlarında temizlenmiş su tekrar sisteme pompa yardımıyla geri basılır. Tankın tabanında çökelmiş flok ise tabandaki boşaltma vanası açılarak filtre veya filtre çantalara (Big Bag'lere) alınarak sistemden uzaklaştırılır.

Sistem ihtiyacının 500 – 800 litre civarında olduğu durumlarda tekil tank yöntemi uygulanabilir.

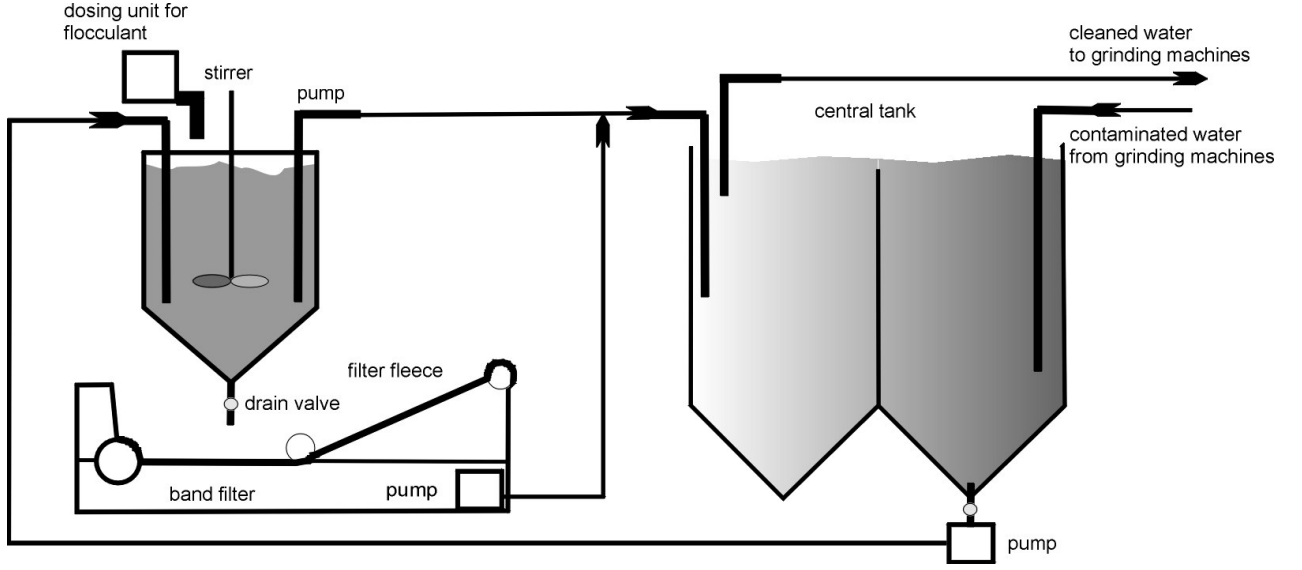


Şekil 1.2 Basit Folükülasyon tankı (Aachener Chemische Werke Technical information data sheet, 2000).

Bypass - folükülasyon Sistemi; 5 - 30 m³ lük büyük bir merkezi tanka ihtiyaç duyar. Ayrıca basit folülasyon sistemlerinden farklı olarak boşaltma vanasının altında bir band-pass filtre sistemi kullanılır bu sistem tanktan atılan çökelmiş flok ve su karışımından suyun ayrılması ve flokların atılması için kullanılır.

Merkezi tank ideal olarak birden fazla bölmeli dizayn edilir ve ön çökelmeye yardımcı olur . İşleme sıvısı ilk bölmenin tabanına yerleştirilen pompa ile diğer bir tank olan dozajlama tankına basılır. Bu tank karışım tankı olarak adlandırılır ve merkezi tank tan basılan işleme sıvısı ile dozajlanarak tanka katılan folukulant ın karışarak sedimente edildiği tanktır.

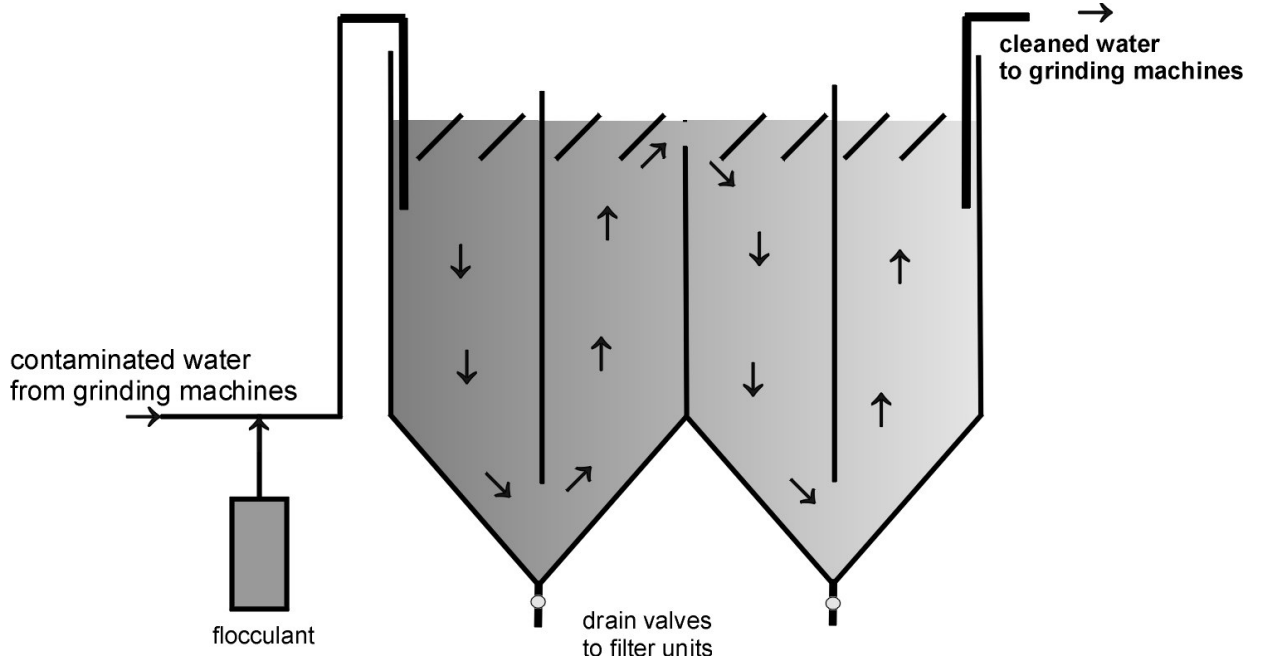
Karışım tankının tabanındaki boşaltma vanası ile çökelen birleşik polimer ve cam partikülleri band filtre sistemi ile sistemden uzaklaştırılır. Ayrıca karışım tankının üst kısımlarındaki sıvı diğer bir pompa yardımıyla merkezi tanka basılarak döngü oluşturulur, buna benzer biçimde Bant filtre sisteminden süzülen işleme sıvısıda bir rezervuarda biriktirilerek aralıklı olarak merkezi tanka pompa yardımıyla basılır.



Şekil 1.3 Basit Folükülasyon tankı (Aachener Chemische Werke Technical information data sheet, 2000)

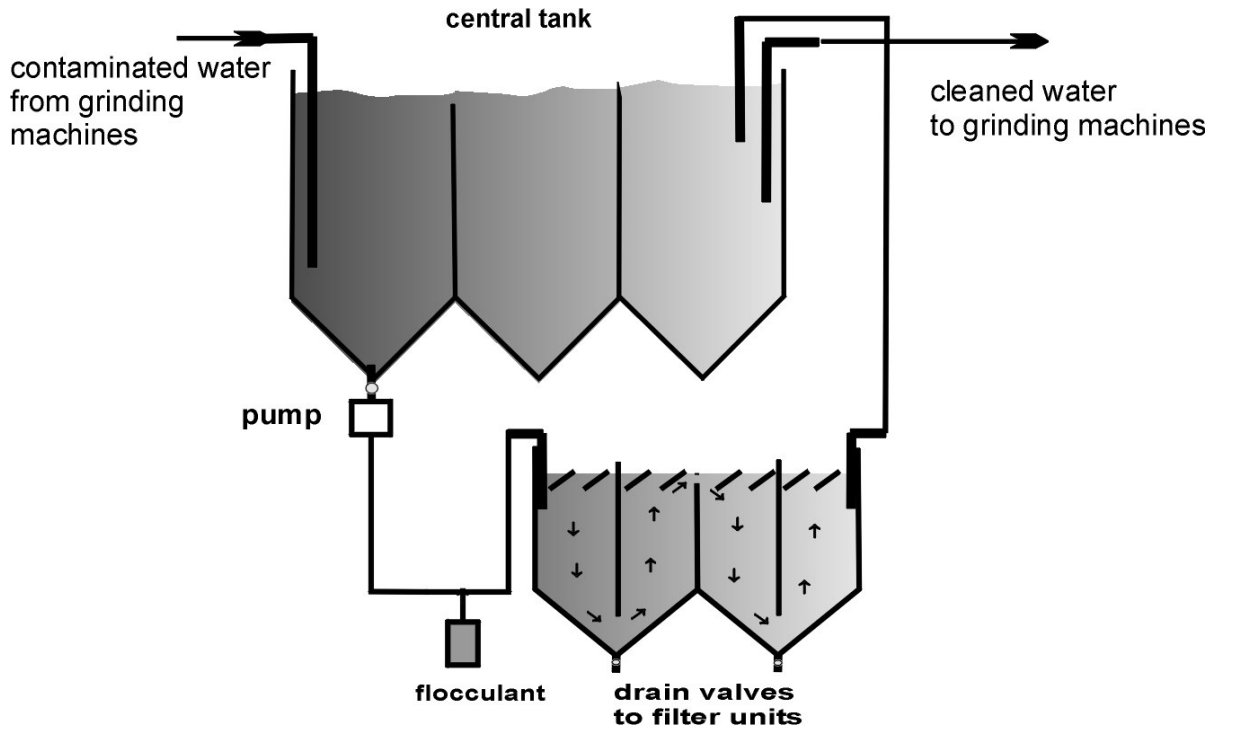
Online akış sistemi; eş zamanlı olarak işlev gören merkezi tank ve temizleme sisteminden oluşur. Sistem sıvı folukulant veya granül folukulant kullanımına uygundur. Eğer sıvı folukulant kullanılıyor ise merkezi tank a yırca bir mikser monte edilmesi gerekmez, fakat granül polimer dozajlanacak ise ekstra karıştırıcı ve karıştırıcının enerji tüketimi sisteme ekstra maliyet getirecektir.

Sistem cam işleme makinalarında gelen kirli sıvının folukülasyon sisteminin girişindeki folukulant dozajlama kısmına gelmesi, sıvı folukulantın bu sıvıya ilave edilmesi , ile çalışmaya başlar. Folululant ile karışmış kirli sıvı tanka dökülür ve flukülasyon başlar sıvı yüzeyinde kalması olası olan , yüzen floklar tankı sıvı seviyesi altında aklararak bölen akış deflektörleri ile tankın dibine çökmeye yönlendirilir. Tankın dibinde toplanan floklar (çökelen birleşik polimer ve cam partikülleri) boşaltma vanası periyodik olarak boşaltılarak sistemden uzaklaştırılır.Bu sistemin dizaynı genel sistemde dolaşacak sıvı miktarının iyi bir şekilde tespit edilmesini ve tank hacminin bu kritere göre hesaplanmasını gerektirir, eğer sıvı döngüsü sağlanamaz ise tankın içinde kalacak su dengesi bozulur bu durumda sistemin verimli çalışmasını engeller .



Şekil 1.4 Online akış folükülasyon sistemi (Aachener Chemische Werke Technical information data sheet, 2000)

Kombine Bypass - Online Akış - Folükülasyon Sistemi; online akış sistemlerinin gerekli sistem hacmini karşılayamadığı durumlarda, büyük sistemlerde combine sistemlerin uygulanması gerekir . Normalde büyük olan tanka kirli sıvı boşalır ve deflektörlerle bölünmüş olan bu tankın sonundan temizlenmiş olarak sisteme geri döner. Büyük tankın ilk bölmesi tank tabanındaki pompa sistemi vasıtasıyla By-pass sisteme bağlanır. Bu sistemdede dizayn sıvı polimer veya granül polimer kullanımına izin verir.

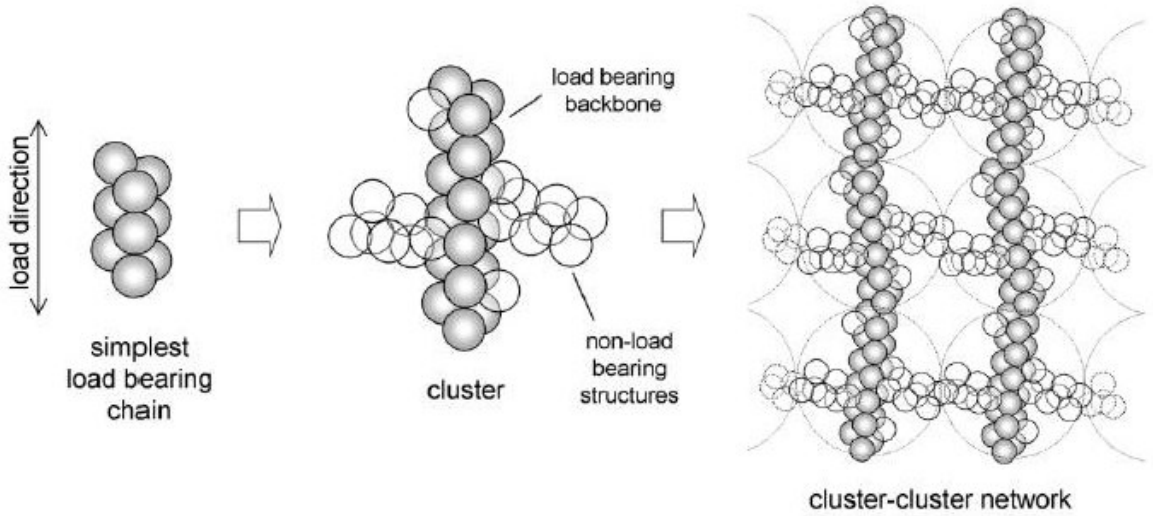


Şekil 1.5 Kombine Bypass - Online Akış - Flokülasyon Sistemi (Aachener Chemische Werke Technical information data sheet, 2000)

2. KAYNAK TARAMASI

Peter Schuck (2003), “A model for sedimentation in inhomogeneous media. II. compressibility of aqueous and/or organic solvents” başlıklı yayınında; sıkışabilir solventlerin sedimentasyon davranışlarını ele almış, sedimentasyon davranışına etki eden karışım hızı, polimer solüsyonu ilavesi, sıkıştırılma ile yoğunluğun değişimi, partikül ebatlarının değişiminin sedimentasyon verimliliğine ve hızına etkilerini incelemiştir (Peter Schuck, 2003).

Malcolm A. Faers (2003), “The importance of the interfacial stabilising layer on the macroscopic flow properties of suspensions dispersed in non-adsorbing polymer solution” başlıklı yayınında; poliestrilen gibi kopolimer yapıların makroskobik sedimentasyon davranışlarını, reolojik davranışlarını ele almış, mikroskobik görünümünü incelemiştir. Flok yapılarının farklı kopolimerlerde zincir yapısı olarak benzer yapılar oluşturduğunu ve zamana bağlı olarak aralarındaki bağların kuvveti azalarak maksimum bir yoğunluğa ulaştıklarını, bu noktada hızlı bir sedimentasyonun meydana geldiğini gözlemlemiştir (Malcolm A. Faers (2003))



Şekil 2.1 Flokülasyon oluşumunun şematik gösterimi (Malcolm A. Faers, 2003)

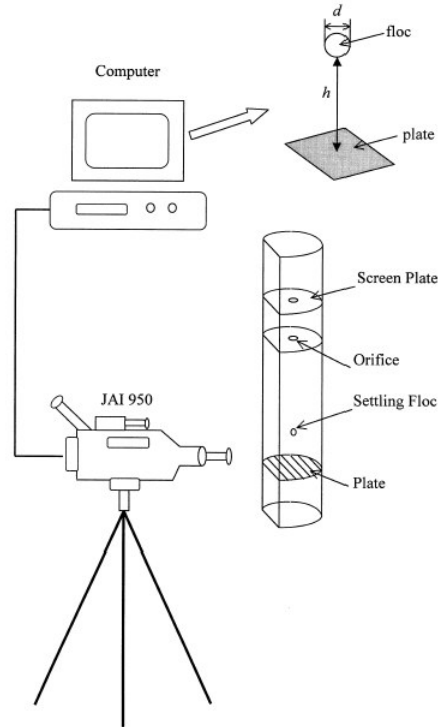
Wenja J. Tseng., Shiun-Yu Li (2002) tarafından hazırlanan “Effect of polysaccharide polymer on sedimentation and rheological behavior of aqueous BaTiO₃ suspensions” adlı makalede ; Baryum titan süspansiyonunun (BaTiO₃), polimer solüsyonu ile sedimente edilmesi ele alınmıştır. Farklı konsantrasyonlarda hazırlanmış örneklemeler üzerinde çalışılmış, gravite sedimentasyonu ve genel reolojik davranışlarını gözlemlenmiştir.

F. Larroyd, C.O. Petter, C.H. Sampaio (2002) tarafından hazırlanan “Purification of north Brazilian kaolin by selective flocculation” adlı makalede ; Brezilya'nın kuzeyinde kaolin atıkları içerisindeki TiO_2 maddesinin sedimente edilmesinde suda çözünebilir polimer kullanımı ele alınmıştır.

JunIchiro Tsubaki, Masanobu Kato, Masanori Miyazawa, Takuya Kuma ve Hidetoshi Mori (2000) tarafından hazırlanan “The effects of the concentration of a polymer dispersant on apparent viscosity and sedimentation behavior of dense slurries

” adlı makalede ; Seramik şekillendirme endüstrisinde dehidrasyon ve yoğunlaştırma proseslerinin sedimentasyon ile simülasyonu üzerinde çalışmışlardır. Bu çalışmada gravite ve polimer kullanımının sedimentasyona etkileri incelenmiştir.

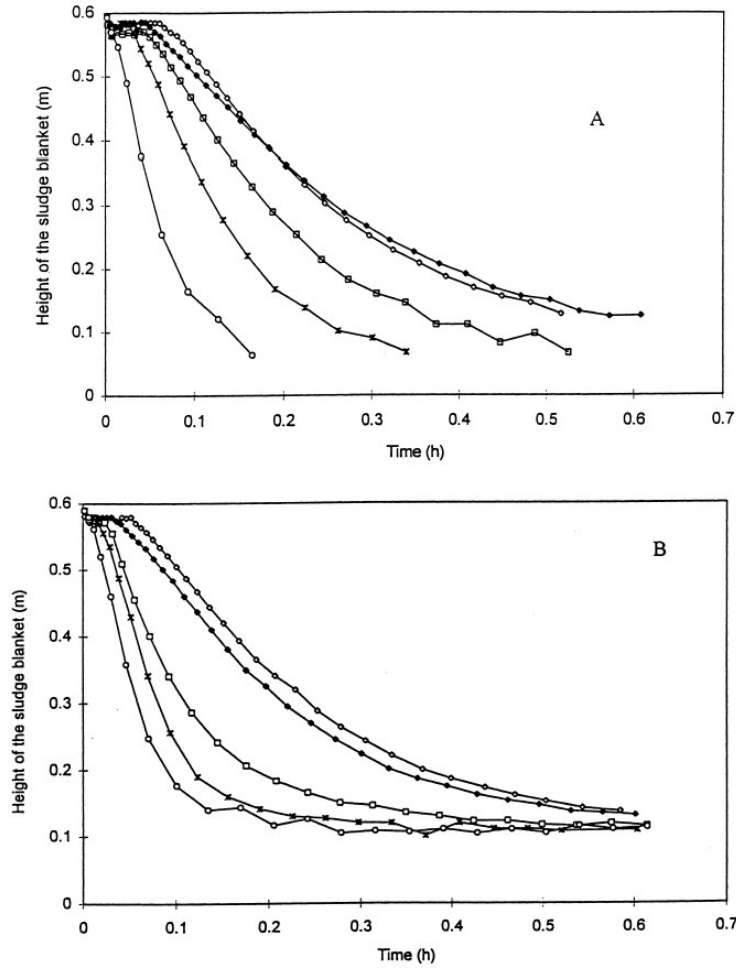
R.M. Wu, G.W. Tsou, D.J. LeeU (2000) tarafından hazırlanan “Estimation of the interior permeability of polymer-flocculated sludge flocs ” adlı makalede ; Polimer ile Sedimentasyon işlemlerinde sedimente olan partiküllerin hareketlerini incelemişlerdir. Hareketlerin nümerik modelleri ve elde edilen deneysel verilerin ışığında hidrolik sürüklenme kuvvetinin temel hesapları yapılmıştır. Ayrıca folükülasyon ve sedimentasyon süreçlerinde folükül ebat değişimleri zamana bağlı olarak gözlenmiştir.



Şekil 2.2 Folüküllerin çökmesinin bilgisayar, kamera ve deney düzeneği ile gözlenmesi
R.M. Wu, G.W. Tsou, D.J. LeeU (2000)

C.S. Poon ve C.W. Chu (2002) tarafından hazırlanan “Chemically assisted primary sedimentation process ” adlı makalede ; Atık su arıtımında folükülasyon ile sedimentasyon prosesini, anyonik polimer ve koagulant kullanarak gerçekleştirilmesi konularında çalışmışlardır. Optimum polimer dozajının belirlenmesi için gerekli deneysel çalışmaları gerçekleştirmişlerdir.

Alexis Vanderhasselt ve Willy Verstraete (1997) tarafından hazırlanan “short-term effects of additives on sludge sedimentation characteristics ” adlı makalede ; Evsel ve endüstriyel atıkların sedimentasyon prosesinde farklı polimer dozajlarında gözlemlenen performans, evsel ve endüstriyel atıklardan ne kadar partikül sedimente edilebildiği üzerine çalışmışlardır. Çalışmalarında polimer olarak %80 katotik şarjlı poliakrilamid kullanmışlardır.



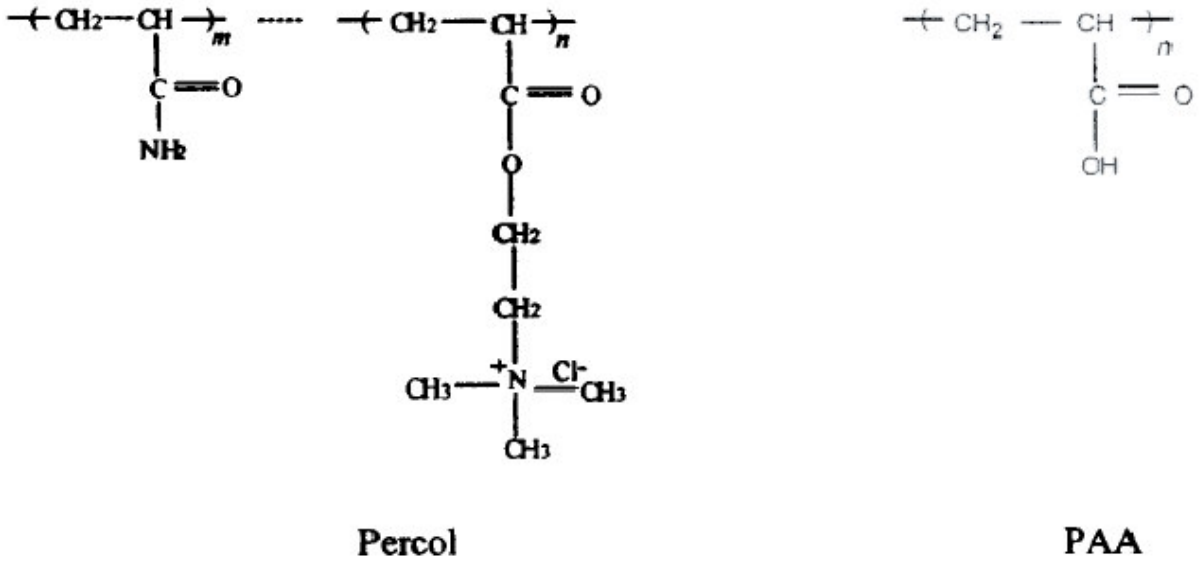
Şekil 2.3 Farklı polimer dozajları için sedimentasyon verimliliği (elde edilen çökelti yüksekliği) (A) Endüstriyel atık, sedimente edilen kütle; 6.1 g/l (B) Evsel atık, sedimente edilen kütle; 6.1 g/l , \diamond ; kontrol - \blacklozenge - 4 mg polimer/l, - \square - 8 mg polimer/l, * 12 mg polimer/l, - \circ - 20 mg polimer (Alexis Vanderhasselt ve Willy Verstraete, 1997)

Y.D. Yan, S.M. Glover, G.J. Jameson ve S. Biggs (2002) tarafından hazırlanan “The flocculation efficiency of polydisperse polymer flocculants ” adlı çalışmada; poliakrilamidin folükülasyon performansını, farklı mol ağırlıklı örneklerle değerlendirmişlerdir. Ayrıca farklı moleküler ağırlıklı polimerik yapıların karıştırılması ile tamamen farklı bir ortalama mol ağırlıklı yapının elde edildiğini doğrulamışlardır. Sonuç olarak yüksek moleküler ağırlığa haiz poliakrilamidlerin endüstriyel uygulamalarda optimum çözüm olduğunu doğrulamışlardır.

M.J. Pearse, S. Weir, S.J. Adkins ve G.M. Moody (2001) tarafından hazırlanan “Advances in mineral flocculation” adlı makalede; Farklı temincilerden sağlanan (Ciba Specialty Chemicals, İngiltere) nin Unique Molecular Architecture (Ciba ® UMA ®) ve diğer standart poliakrilamidlerinin karşılaştırılması deneysel yollarla yapılmıştır. Solüsyon konsantrasyonu olarak %0,05 lik konsantrasyon optimum değer alınmıştır. Karşılaştırma sonucunda ; Unique Molecular Architecture (Ciba ® UMA ®) folükülent doz verimliliği açısından olumlu sonuçlar vermiştir bununla birlikte sedimentasyon verimliliği açısından da çok daha iyi olduğu doğrulanmıştır.

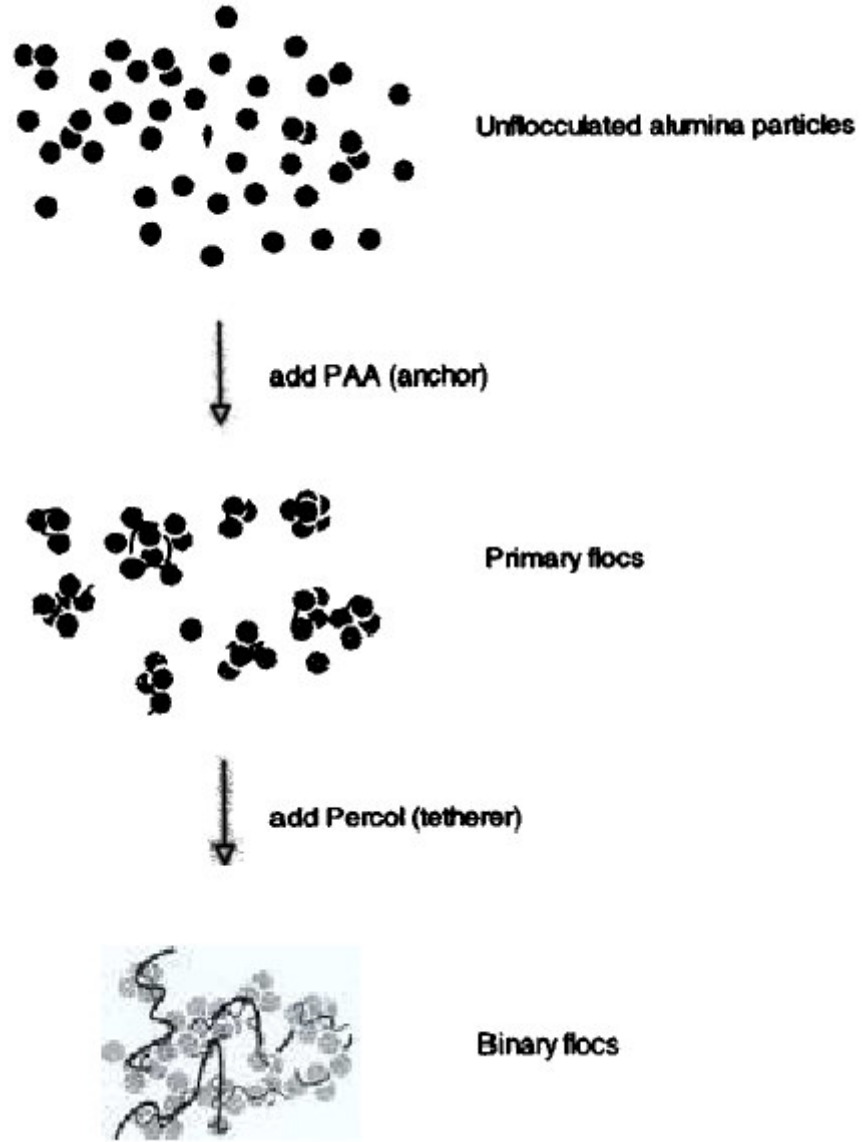
Maria L. Kilfoili, Eugene E. Pashkovski, James A. Master ve D. A. Weitz (2003) tarafından hazırlanan “Dynamics of weakly aggregated colloidal particles” adlı makalede ; Harvard üniversitesi (ABD) ve Colgate, Palmolive Co. (ABD) ortak çalışması olarak solventlere polimer ilave edilmesi ile jel oluşumu faz diyagramları ile ele alınmış, folükülasyon ile mikroskobik yapı oluşumları ve özellikle folükül olgunlaşması davranışları detaylı olarak incelenmiştir.

Aixing Fan, Nicholas J. Turro ve P. Somasundaran (1998) tarafından hazırlanan “A study of dual polymer flocculation” adlı çalışmada; Dual Polimer Sedimentasyonu incelenmiş. Poliakrilamid folükülasyonundan sonra ikincil bir faz oluşturularak sedimentasyon hızı ve verimliliğinin artırılması amaçlanmıştır. İkincil folükülasyonu sağlamak için akrilit tuz (percol) ilavesi birincil folükülasyona mütakip uygulanmıştır. Şekil 2.4’te PPA olarak anılan poliakrilamid ve ikincil folükülasyon için kullanılan akrilit tuzun (percol) organik yapıları gösterilmiştir.



Şekil 2.4 PPA (poliakrilamid) ve ikincil folükülasyon için kullanılan akrilit tuzun (percol) organik yapıları. (Aixing Fan, Nicholas J. Turro ve P. Somasundaran, 1998).

Tek fazlı polimer yardımcı folükülasyonun detaylı olarak defalarca ele alındığını düşünen araştırmacılar şarj nötralizasyonu ile birincil folükülasyona uğramış yapıların kendi aralarında bağ oluşturmaları sağlanmış böylece sedimentasyon verimliliği arttırılabilmektedir. Şekil 2.5’de ikili polimer folükülasyonunun evreleri şematize edilmiştir.



Şekil 2.5 Dual Flokülasyon (Aixing Fan, Nicholas J. Turro ve P. Somasundaran, 1998)

2.1 Araştırma Sonuçları

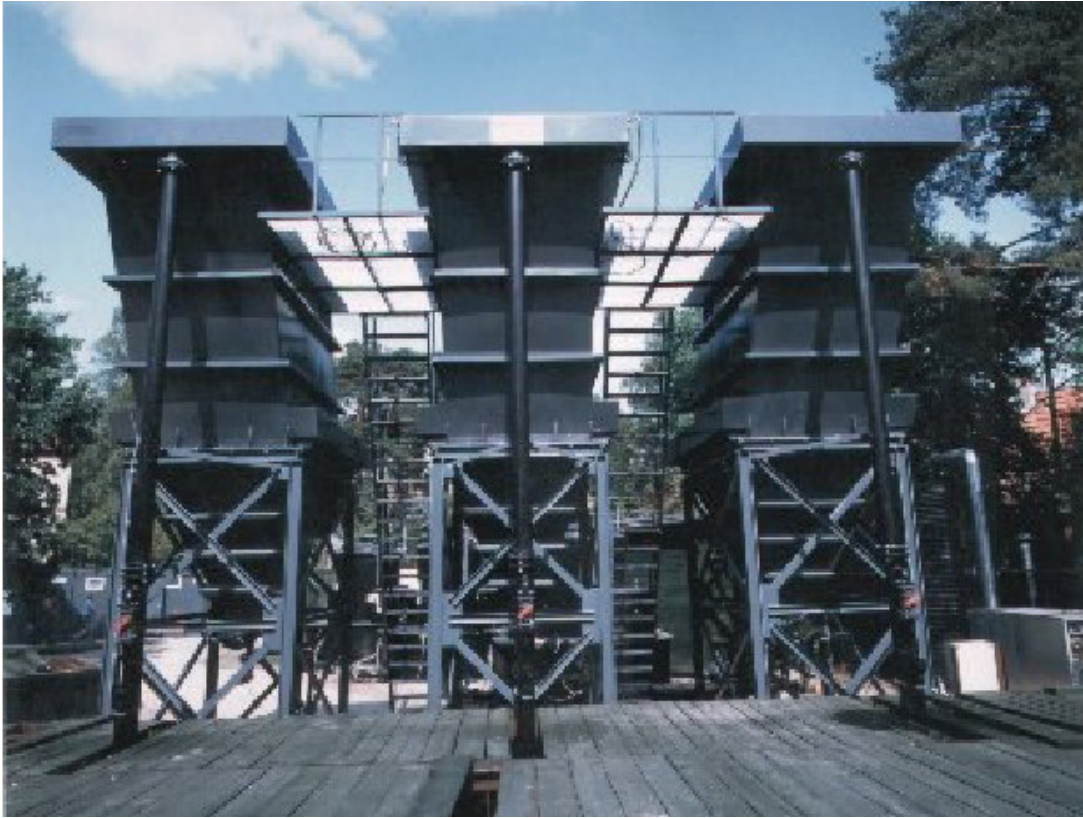
Yapılan yayın taramasında, direkt olarak cam endüstrisine yönelik kaynağa rastlanmamıştır ancak sedimentasyonun ve folükülasyonun temelde benzer endüstriyel kullanıma sahip olduğu tespit edilmiştir. Sedimentasyonun proses olarak ele alınması ve özellikle sistem imalatçıları ve polimer tedarikçilerinden sağlanan bilgiler çalışmanın ileriki bölümlerinde detaylı olarak sunulacaktır.

3. SEDİMENTASYON SİSTEMLERİNİN İNCELENMESİ

3.1 Lamel Separatörlü Sedimentasyon

Son yıllardaki su kaynaklarının azalması ve suyun öneminin artması neticesinde su sarfiyatlarını düşürmek ve suyu mümkün olduğu seviyede verimli kullanmak ülke politikalarına kadar yansımış, genel bir eğilimdir .

Bu nedenle su tüketimini azaltmakta en ekonomik çözümlere yönelinmesi gerekmektedir lamel separatörlü sistem ile su içerisindeki partiküllerin sedimente edilmesi ve bulanıklığın giderilmesi mümkündür. [1]



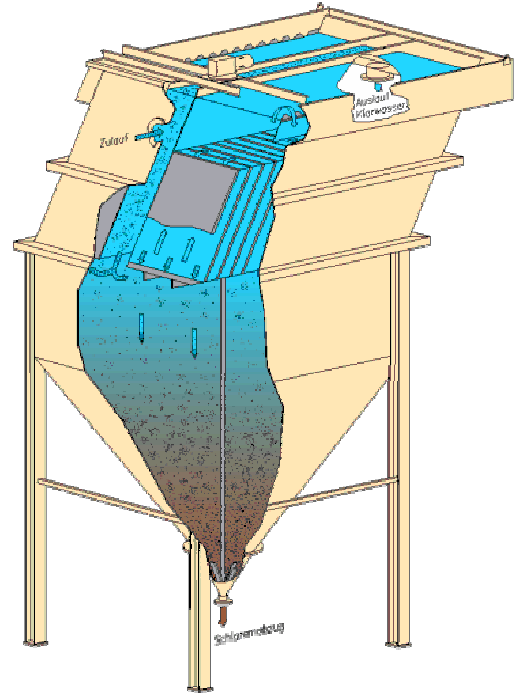
Şekil 3.1 Lamelseparatörlü sedimentasyon ünitesi [1]

3.1.1 Operasyon Prensipleri

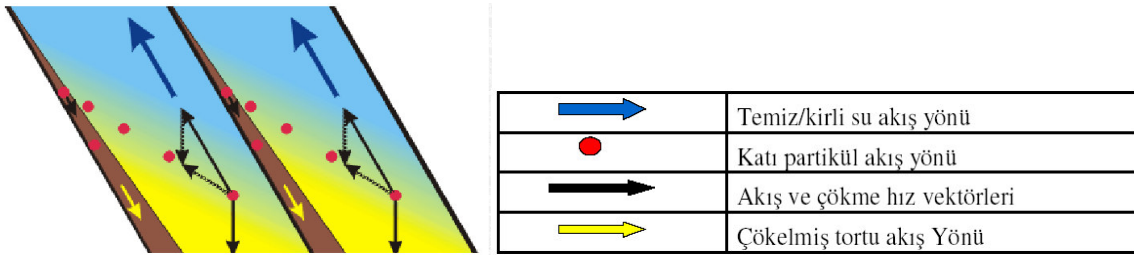
Şekil 3.2’de Lamel separatörlü sedimentasyon ünitesinin prensip şeması görülmektedir, sistem proses veya herhangi bir amaçla kullanılacak suyun içerisindeki partiküllerin suyun bünyesinden sedimente edilerek alınarak sistemden uzaklaştırmak için kullanılmaktadır. Temizlenmiş suyu tankın üstünden taşırma yoluyla alınarak kullanıma sunulur. Tankın tabanında da sedimente edilen partiküller deşarj edilir. Kirli su kanaldan içeriye alınır ve aşağı doğru hareketlenir. Lamel separatörün orta bölgelerinde akış lamellerin

içinden olmaya zorlanır ve ters yönde yukarı hareket ederek lamel separatör bentlerinin birinin üzerinden geçene dek sürer . Şekil 3.3’de bu süreç şematize edilmiştir. Bu süre boyunca kirli su içerisindeki partiküller lamel kanalları içerisinde gravite yardımıyla aşağı doğru tortu ve çökelen partiküllerin toplandığı tank dip kısmı olacaktır.

Daha küçük partikül ve bulanıklık yaratan mikroyapıları sedimente etmek için folüküent (polimer) kullanılır lamel seperatörlü sistem çok az dış alana ihtiyaç duyar, çok geniş bir çökeltme yüzeyi sağlar. [1]



Şekil 3.2 Lamel seperatörlü sedimentasyon ünitesi [1]



Şekil 3.3 Lamel seperatörlü sedimentasyonun şematik gösterimi [1]

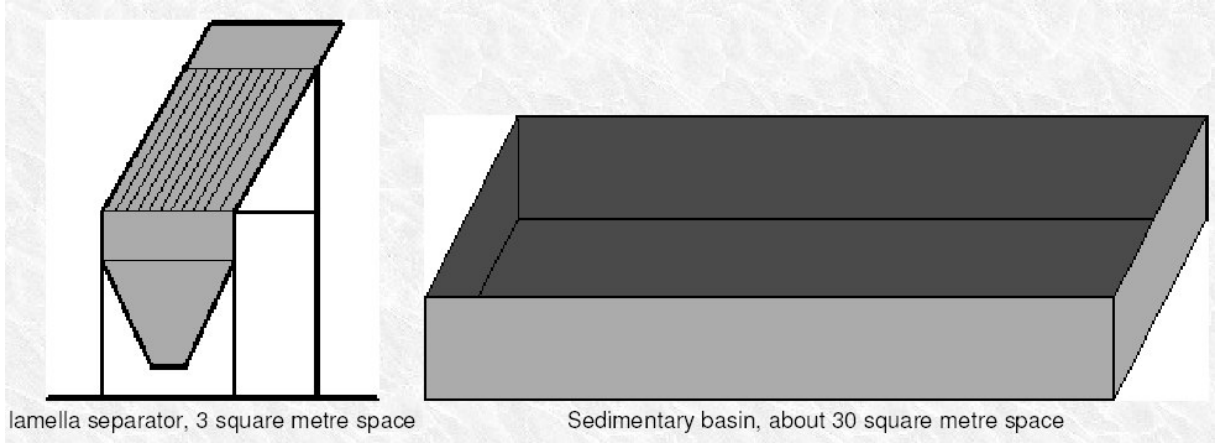


Şekil 3.4 Lamel seperatörler [1]

3.1.2 Avantajları

3.1.2.1 Kompakt Dizayna Uygunluk

Aynı kapasitedeki sedimentasyon havuzlarına nazaran %85 daha az alan kaplar. [1]



Şekil 3.4 Lamel seperatörlü sistemin ve konvansiyonel tankın boyutsal karşılaştırması [1]

3.1.2.2 Ekonomiklik

- Kompakt dizayn gereği düşük yatırım ve montaj maliyeti
- Mekanik proses gereği düşük işletme maliyeti

3.1.2.3 Çok Amaçlı Kullanıma Uygunluk

Seramik veya cam endüstrisinde kullanılabilir. Örneğin, yıkama suyunun arındırılması, kalıntıların ayrılması, işleme veya soğutma sıvılarının işlemede veya başka yolla proses suyuna dahil olan partiküllerin uzaklaştırılması, beton endüstrisinde kullanılan suların,örneğin

çakıl yıkama suları partiküllerden arındırılması. Örneğin, İnce kum partiküllerinin alınması, durulama havuzlarında oluşan tortu ve çamurun sistemden uzaklaştırılması, meyve sebze işleme endüstrisinde kapalı çevrimli sistem yıkama suyunun arıtımında. Örneğin, Atık sularda su yüzünde yüzen partiküllerin elimine edilmesi ve kapalı çevrimli sistemin mümkün kılınması. Çevresel kirlilik, toprak kirliliğinin ve su kaynaklarındaki kirliliğin giderilmesi, soğutma suyu içme suyu ön sedimentasyonu hızlandırma ve iyileştirme. [1]

3.2 Lamel Seperatörlü Sedimentasyon Uygulamaları

Lago Maggiore gölü sedimentasyon tesisi Şekil 3.5’de gösterilmiştir. Buradaki arıtma Lamel separatörlü ve polimer ile folükülasyon desteklidir.

Tesis 850 m³/h likkapasiteyle dizayn edilmiştir. Su yer altından 30 adet kuyudan emilir .



Şekil 3.5 Güney Alp’lerde Lago Maggiore Gölü arıtma tesisi [1]

Emilen su, arsenik, klorlu hidrokarbonlar, civa gibi kirleticilerle kirletilmiştir. İlk adım olarak fiziko-kimyasal arıtma uygulanır, ikinci adım ise sedimentasyondur bu işlem lamel separatörlü sistemlerle gerçekleştirilir. [1]



Şekil 3.6 Folüküent kullanılmadan çalışan çakıl üretme tesisi. [1]

Betonlamada kullanılan iyi kalitede çakıl elde etmek için çok fazla suya ihtiyaç vardır, Eğer proses suyu yeterince iyi temizlenebilirse kapalı çevrimli proses suyu sistemi bu tür bir tesiste kullanılabilir. Bu nedenle lamel separatörlü sistem kullanımı bu tür bir tesis için uygundur.

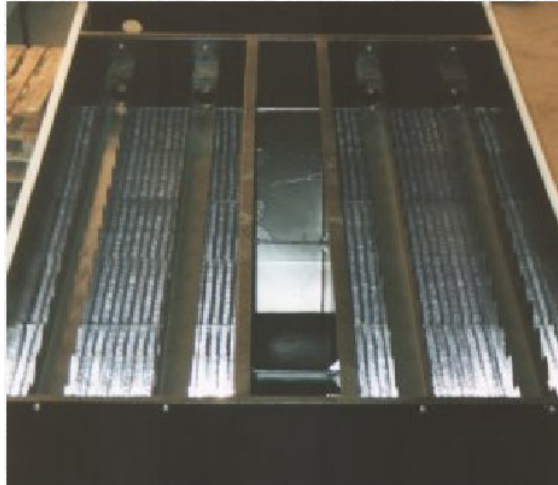
Kirli yıkama suyu (proses suyu) içerisine kum, taş partikülleri ve mineral parçacıkları proses esnasında karışır ve bunlar lamel separatörlü sistem ile çöktürülerek suyun içerisinden alınır temizlenmiş olan suda prosese tekrar geri döner. [1]



Şekil 3.7 Agrega (Çakıl) Yıkama tesisi [1]

Proses suyunun 30 % u kuru olarak sistemden atık olarak uzaklaştırılır. Katı partiküllerde 30 % kum tanesi and 70 % i çeşitli mineral partiküllerinden oluşmaktadır.

- lamella separator yüzeyi: 150 m²
- Proses suyu debisi: 100 m³/saat
- Atık tortu miktarı: maksimum 2 t/saat
- Atık çamur tortu debisi: 6.5 m³/saat



Şekil 3.8 Pissu arıtım tesisinden genel ve sedimentasyon ünitesi üstten görünüş [1]



Şekil 3.9 Yer altı kaynak suları arıtım tesisi [1]

Kum işleme prosesinde yıkama için çok fazla suya ihtiyaç vardır. Proses sonunda oluşan atık suda çok fazla ince kum ve istenmeyen birçok partikül içerir. İnce kumun sedimente edilerek sudan ayrıştırılması şu avantajları sağlar:

- Arıtma kayıplarını azaltır.
- Çökelti birikimi artar.
- Üretilen kum miktarını artırır.
- Atık tortu miktarını minimize eder.

Yıkama suyu kirli ince kum ve diğer kirlenmeler içerir. Pompa sistemleri vasıtasıyla bu su lamel seperatörlü tanka basılır. Tesisin arıtma kapasitesi sadece ince ve daha büyük tanalı kum taneciklerini ayırmak için saptanır. Daha küçük partiküller örneğin kil ve diğer zerrecikler lamel seperatörden ayrılan temiz suyun içerisinde kalır. İnce ve daha büyük tanalı kum tanecikleri bir havzada toplanarak elenmek ve tasnif edilmek üzere drenaj kısmına pompalanır. Şekil 3.10'da kum işleme tesisininin genel görüntüsü verilmiştir. [1]



Şekil 3.10 Kum işleme tesisi. [1]

3.3 Seramik Endüstrisinde Atık Su Sedimentasyonu

Porselen endüstrisinde farklı tipte atık proses sıvıları tampon bir havuzda toplanır. Bu tampon havuz ayrıca proses sıvılarının homojenize edilmesi işlevinide görür.

Folükülasyon tankına basılan homojenize edilmiş bu sıvı folükülent ile karıştırılır. polimer bazlı folükülent atık sıvısının içerisindeki partikülleri birleştirerek kolayca çökelebilecekleri bir forma sokar ve bu partiküller mıknatıs gibi hızla sedimente olurlar.

Çökelen partiküller lamel seperatör içinde türbülans olmadan çökeliyor ve boşaltma ağzında birikirler. Arıtılmış temiz su ise temiz su tankına tekrar kullanılmak veya doğaya bırakılmak üzere süzülerek akar.

Sedimente olan tortu filtre edilerek mümkün olduğunca süzülür ve atık kısmına gönderilir süzülen sıvı ise tekrar proses suyu olarak kullanılabilir veya tabiata geri verilebilir.



Şekil 3.10 Seramik işleme sedimentasyon tesisi [1]

4. FOLÜKÜLENTLER ve FOLÜKÜLASYON

Folüküentler endüstride süspansiyonların içerisindeki maddeleri polimerler yardımıyla graviteleri vasıtasıyla çökelebilecekleri forma sokmak için kullanılır.

Farklı tipte sedimentasyon uygulamalarında genel olarak iki tip polimer kullanılır, bunlardan ilki katyonik diğeri ise anyonik polimerlerdir.

İki polimer tipide katot özellikli (pozitif yüklü) ve anyonik özellikli (negatif yük taşıyan) farklı tip uygulamalarda kullanılır.

Bunlardan başka iyonik olmayan polimer tipleri mevcuttur.

Tipik anyonik polimere örnek olarak akrilamid kopolimer ve akrilik asit verilebilir.

Polimerlerin temel ve esas prosesi nötr yükleme ve partiküllerle köprüsel bağ kurmalarıdır.

Köprüsel bağ kurma, polimerin kimyasal olarak yapısına birçok partikülün bağlanması neticesinde köprüsel oluşumların meydana gelmesinin sağlanmasıdır. Böylece doğal yerçekimi yardımıyla hacmi ve ağırlığı artırılmış olan yapılar kolayca tabana doğru hareket ederler yani sedimente olurlar.

4.1 Mineral Folüküentler

Absorbsiyon ve nütürleştirme fonksiyonları ile prosese katılırlar.

Bunlar, aktive edilmiş silisyum, bentonit, kireç ve ferrik hidroksittir.

4.2 Doğal Folüküentler

Bunlar suda çözünebilen anyonik ve katyonik polimerlerdir.

Bunlar, nişasta türevleri mısır ve patates nişastasıdır, bu tip folüküentler su sedimentasyon teknolojilerinde kullanım oranlarını arttırmaktadırlar ancak ana kullanım alanları kağıt endüstrisidir, polisakkaritler (genellikle asitlerin seyreltilmesinde kullanılır).

4.3 Sentetik Folüküentler

Poliakrilamidler veya akropolimerler sedimentasyon işlemlerinde en çok kullanılan polimerlerdir. Bunlar iyonik yapıda olmayan polimerlerdir.

Fakat bunlara akrilik asit yardımıyla anyonik ve katyonik monomerlerin polimer yapısına bağlanması ile katyonik yapı verilebilir.

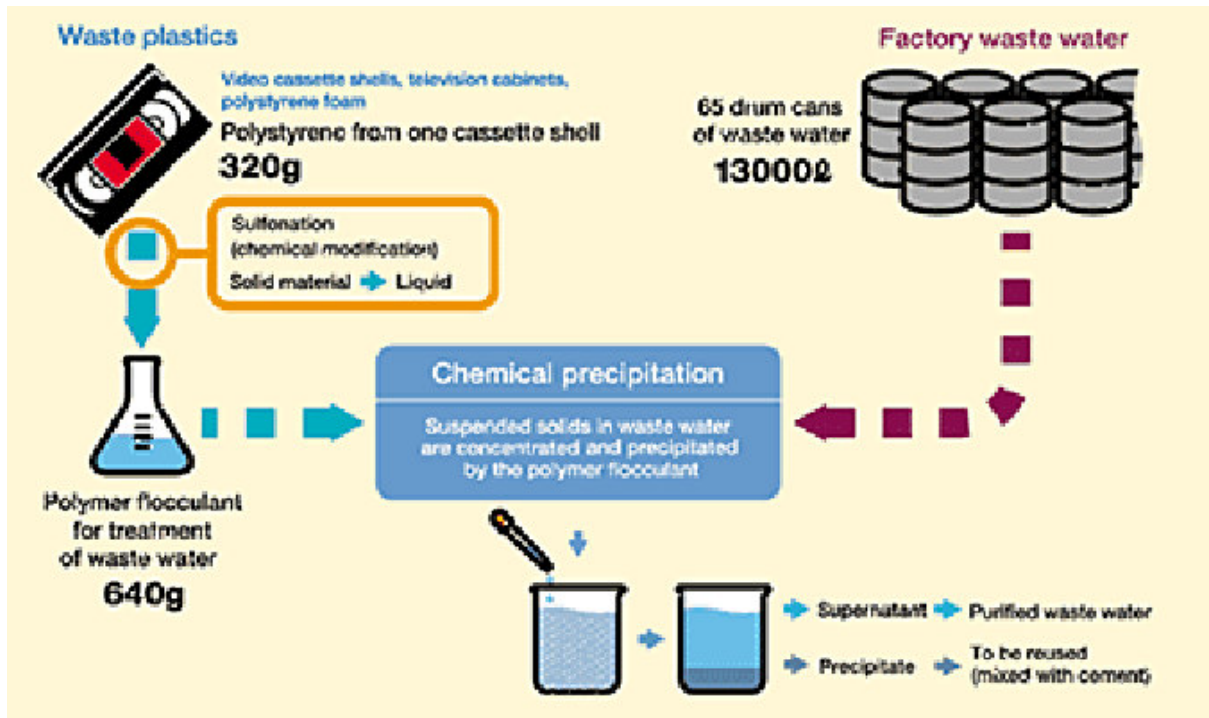
Sentetik polimerler çok çeşitli moleküler ağırlığa (zincir yapısına) sahiptirler. Akropolimerler endüstride kullanılan polimerler içinde en yüksek moleküler ağırlığa (en uzun zincir yapısına)

sahiptirler (10-20 milyon adet zincir).

Diğer sentetik polimerlerde kendilerine özgü farklı özelliklere sahiptirler bunların başlıcaları, Polietilen aminler, polyamid aminler, polyaminler, polietilen oksit ve bazı kükürtlü bileşiklerdir.

Endüstriyel plastik atıklar kimyasal modifikasyona tabi tutularak sedimentasyonda kullanılmak üzere polimer haline dönüştürülüp geri kazanılabilmektedir. Buna örnek olarak videokaset üretiminde kullanılan malzemenin döngüsü verilebilir. Bu sayede atık polimerik yapıların çevreye atık olarak bırakılmaları ile oluşacak olumsuz etkinin folüküent olarak kullanılmaları fayda sağlayıcı yönde olabilecektir.

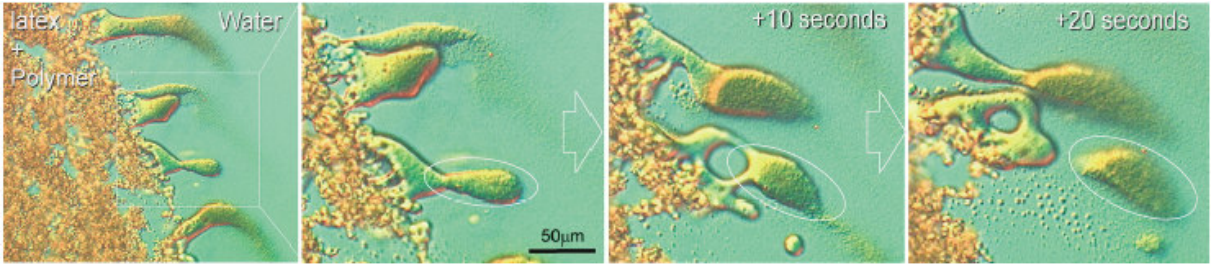
Şekil 4.1'de bu döngü şematize edilmiştir. 320 gramlık Video kaset ten 640 gram polimer solüsyonu elde edilebildiği ve böylece bu solüsyonda kullanılarak 65 varil (yaklaşık 13000 gramlık atık proses suyunun arıtılabildiği bilinmektedir. [2]



Şekil 4.1 Polimer bazlı sanayi atıklarının folüküent olarak geri kazanım döngüsü. [2]

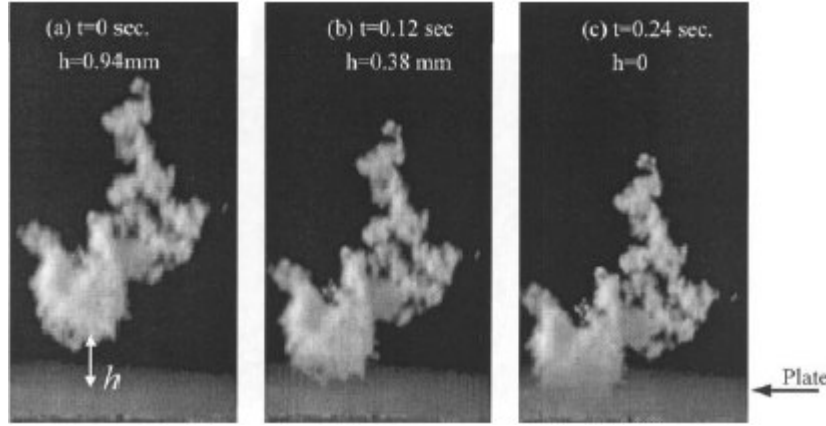
Poliakrilamidler yüksek moleküler ağırlıkları ve suda çözünebilir polimerlerdir. [3]

Suda çözüldüklerinde yüksek viskoziteli solüsyon oluştururlar. Suda hızlı çözünmelerini sağlamak için maksimum 750 µm luk partiküller halinde öğütülürler. [4]



Şekil 4.2 Polimerik yapının proses suyu içerisindeki, partiküllerin zincir yapı oluşturması ve folükülasyon aşamalarının mikroskop altında zamana bağlı olarak (0-20 sn) gözlenmesi (Malcolm A. Faers, 2003)

Anyonik polimerler yapıları gereği sudan hafif bir formasyona sahiptirler. [3]



Şekil 4.3 Folüküle olmuş partikül demetinin sedimente olmasının mikroskopta görüntüsü, sedimentasyon hızı = 4.78 mm/saniye. (R.M. Wu, G.W. Tsou ve D.J. LeeU, 2000).

4.4 Akropolimer Folüküentler Suda Nasıl Çözünürler

Folüküent solüsyonlarının viskoziteleri yüksektir ve yüksek konsantrasyonda solüsyonlarının hazırlanması oldukça güçtür [5].

Labaratuvar koşullarında genel olarak 0.5 % lik konsantrasyon deneysel yollarla uygun görülmektedir.

Poliakrilimidlerin solüsyonu soğuk su ile hazırlanmalıdır (10-20° C). Granül polimer su içerisine yavaş bir şekilde, tercihen huni biçiminde hazırlanmış düzenele, su vorteksine eklenecek polimerin bir karıştırıcı ile yaklaşık 10 dakika karıştırılarak solüsyon oluşturulur. [5]

Yüksek hızlı karıştırıcı kullanmak polimer zincir yapısına zarar vereceğinden uygun değildir.

Proses suyunun karakteristiğine göre (su içerisindeki asılı partiküllerin boyutları ve boyut dağılımına göre) hazırlanacak polimer solüsyonunun oranının belirlenmesinde en verimli yol sistemin farklı oranlarda hazırlanacak polimer solüsyonları ile denenerek en uygun oranın tespit edilmesidir. Ancak uygun oranın daha hızlı ve sistem dışında saptanmasıda mümkündür.

Bu test literatüre Jar Test olarak girmiştir. Labaratuar ortamında yapılacak olan bu test için karışım parametreleri (karıştırıcı hızı, polimer oranı, karıştırma süresi) değiştirilebilir düzeneklerle yapılmaktadır.

4.5 Jar Testi

Jar testi uygulamaları sedimente edilecek proses suyundan alınmış 1 er litrelik örneklemelere farklı oranlarla hazırlanacak polimer solüsyonlarının ilave edilmesi ne mütakip 100 devir/dakikalık karışım hızında birkaç dakika karıştırarak tüplerdeki sedimentasyon performansının gözlenmesidir [6] . Karşılaştırma sonucunda en iyi sonucun alındığı polimer karışım oranı belirlenebilir. Farklı karakterdeki proses sıvılarının sedimentasyonunda örneğin cam partikülleri için uygun olan karışım oranı kil veya daha başka bir proses suyunun aynı partikül ebat dağılımında olan karışımında aynı performansı göstermeyebilir [5].



Şekil 4.4 Jar test ekipmanı [5]

5. CAM ENDÜSTRİSİNDE KULLANILAN PROSES SUYUNUN SEDİMENTASYONU



Şekil 5.1 Cam işleme tesisi rodaj makinası (işleme makinası) cam plakası yükleme robotu.

Cam işleme tesislerinde işleme makinalarının elmas taşlama takımları, soğutulma ihtiyacı duyar aksi halde aşırı ısınma sözkonusu olur ve cam yüzeyinde deformasyon, işlenen yüzeylerin ergiyerek şekil değişimine maruz kalmaları gibi istenmeyen sonuçlar ortaya çıkarır.

Cam işlemenin metal işlemeden en önemli farkı camın düşük ergime ısısından dolayı , işlenen yüzeyin sürekli soğutulması gerekliliğidir.

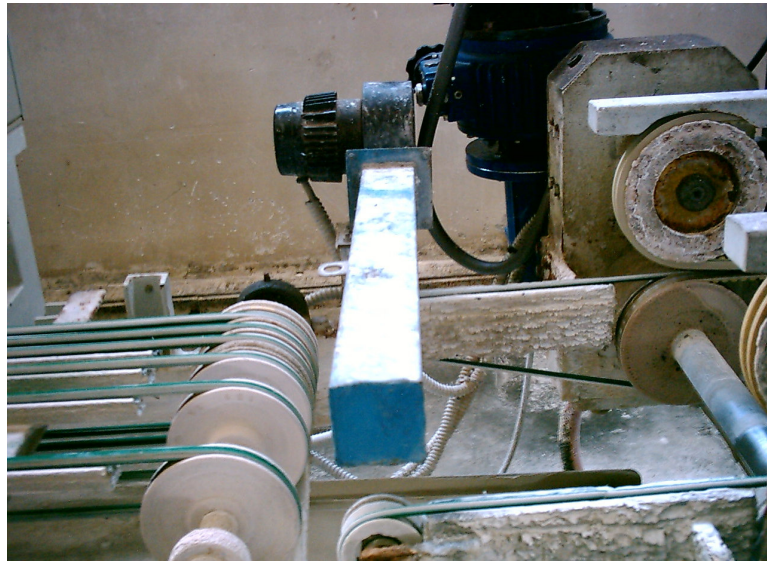
Ayrıca işlemede açığa çıkan cam partiküllerinin ortamdan (proses, soğutma suyundan) uzaklaştırılması da gerekmektedir. Bu iki önemli gereklilik işleme yüzeyine sürekli basınçlı su tatbiki ile çözümlenir.

Cam işleme tesislerinin en önemli ihtiyacı ve en önemli tüketim materyali proses suyudur. Bu suyun sağlanması işleme makinalarına kapalı devre tank sistemi ve sirkülasyon pompası vasıtasıyla giderilebilir.



Şekil 5.2 Cam işleme tesisi rodaj makinaları (cam işleme makinaları).

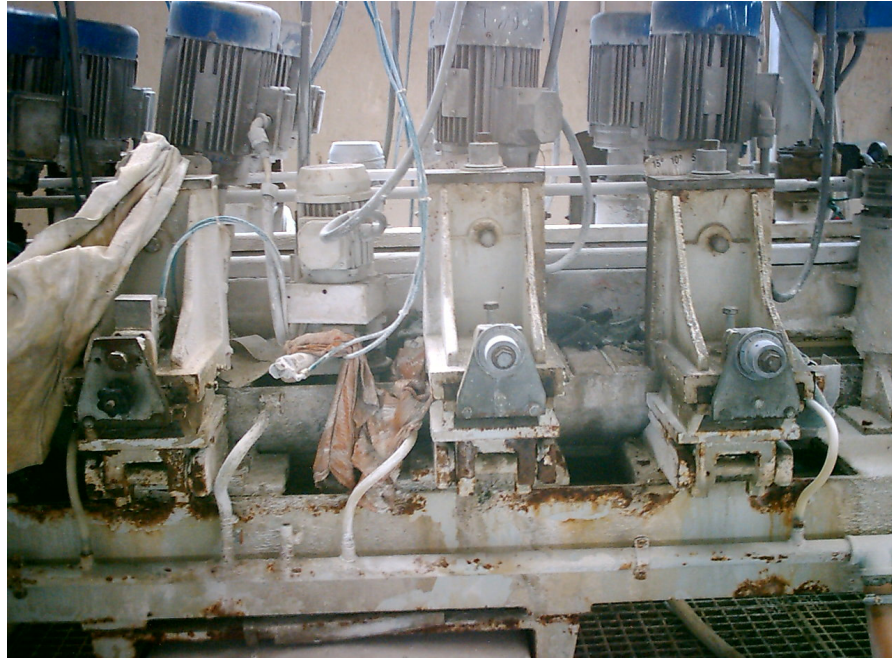
Fakat camın kimyasal yapısından kaynaklanan işleme sıvısı içerisindeki partiküllerin birbirine kenetlenmesi ile betonun yapısında daha sert bir kimyasal oluşum hem işleme makinalarına hemde işleme sıvısının toplandığı ve sirkülasyonun sağlandığı kazanlarda çözümü çok zor problemlere yol açmaktadır.



Şekil 5.3 Cam işleme tesisi rodaj makinalarının cam tortusundan olumsuz etkilenmiş görüntüsü.



Şekil 5.4 Cam işleme tesisi rodaj makinalarının proses suyunun sirküle olduğu kazanların görüntüsü .



Şekil 5.5 Rodaj makinası işleme ekipmanlarının cam tortusuna maruz kalmış görüntüsü.

Kazanların çok sık temizlenmesi, sirkülasyon pompasının bakıma alınması (salmastra değişimi) işleme makinalarının zarar görmesine neden olmaktadır.

Bu tip sıkıntuların aşılması için sürekli temiz basınçlı su tatbiki daha uygun bir çözüm yolu olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu çözüm kabul edilemeyecek düzeyde su tüketimi gerektirecektir. Gerek mali külfet ve gerekse kirli suyun direkt olarak drenaja verilmesi gereksiz sarfiyata neden olacaktır. Sürekli temiz su temini için proses suyu içerisindeki cam partiküllerinin elimine edilmesi ve kapalı devre sistemi oluşturularak sarf edilen suyun sadece buharlaşma ve sedimentasyon sistemi kayıpları olarak makul boyutlarda kalması sağlanabilir.

Eğer proses suyunun sıcaklığında bir düşme sağlanması gerekmekte ise soğutma kulesi ile gerekli sıcaklık düşümünün sağlanması mümkün olacaktır.

Sedimentasyon sistemi dizaynında , işleme sıvısı içerisindeki partikül boyut analizi,

Ekstra soğutma kulesi gerekip gerekmeyeceğinin tespiti ayrıca sedimentasyon prosesinin optimum enerji ve çevrim suyu gerektirmesi uygun olacaktır.

Sistem verimliliğini, özellikle sedimentasyon hızını ve etkinliğini artırmak için folükülasyon yani polimer kullanımı ele alınmalıdır.

Sedimentasyon sistemlerinde en verimli sonuçlar lamel separatör sistemlerle sağlanmaktadır.

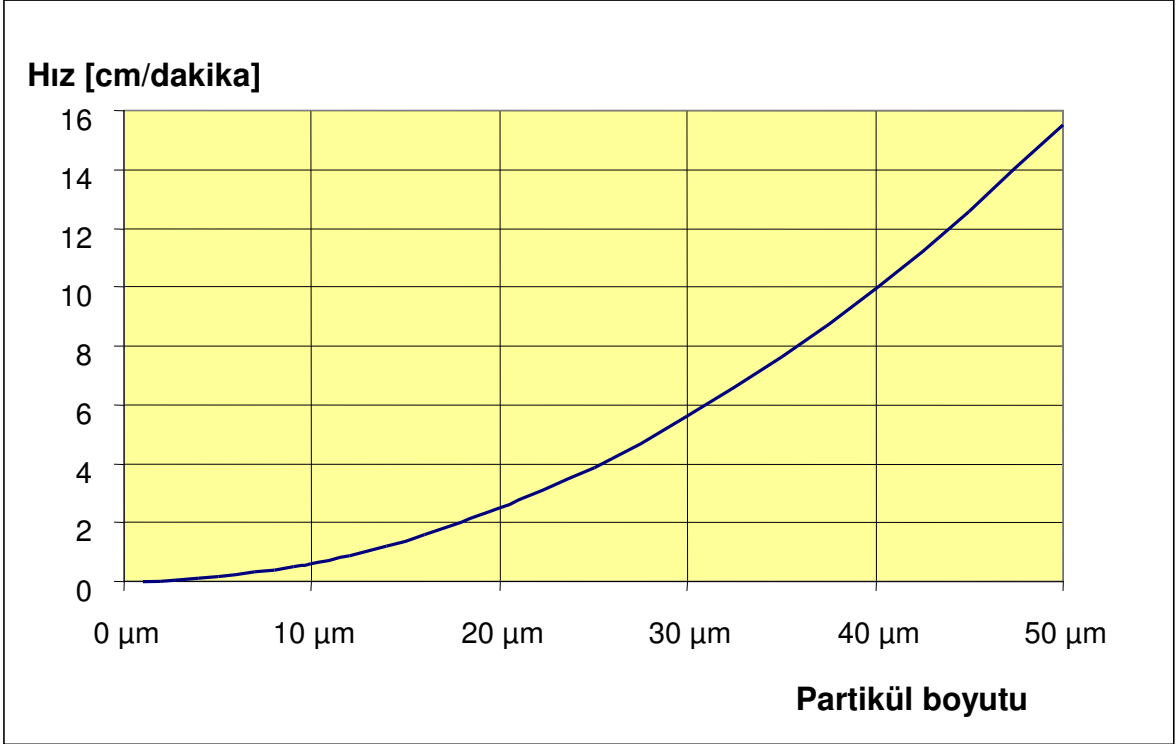
Sistem dizaynı yukarıda sıralanan parametreler ve sistem gerekleri çerçevesinde ele alınmalı özellikle sistem su ihtiyacı ve borulama, sistemde dolaşacak su hızlarının etüd edilmesi gerekmektedir.



Şekil 5.6 Cam işleme tesisinde kullanılan sedimentasyon ünitesinin üstten ve önden görüntüsü.

5.1 Cam Partiküllerinin Sedimente Olma Hızları

Cam partiküllerinin sedimente olma hızları partikül çapının karesi ile orantılı olarak artar (Aachener Chemische Werke Technical information data sheet, 2000). Bağntı (5.1)'den çıkarılacak sonuç partikülün sedimentasyon hızının camın yoğunluğu, suyun yoğunluğu ve vizkozitesi ayrıca partikülün çapına bağlı olarak değiştiğidir. Şekil 5.7'de partikül ebadına göre cam partiküllerinin teorik sedimente olma hızları grafik halinde verilmiştir.



Şekil 5.7 Partikül ebadına göre cam partiküllerini sedimente olma hızları

w - Sedimentasyon hızı

$$w = \frac{(\rho_p - \rho_f)}{18\eta} \cdot g \cdot d^2 \quad (5.1)$$

ρ_p - Camın yoğunluğu

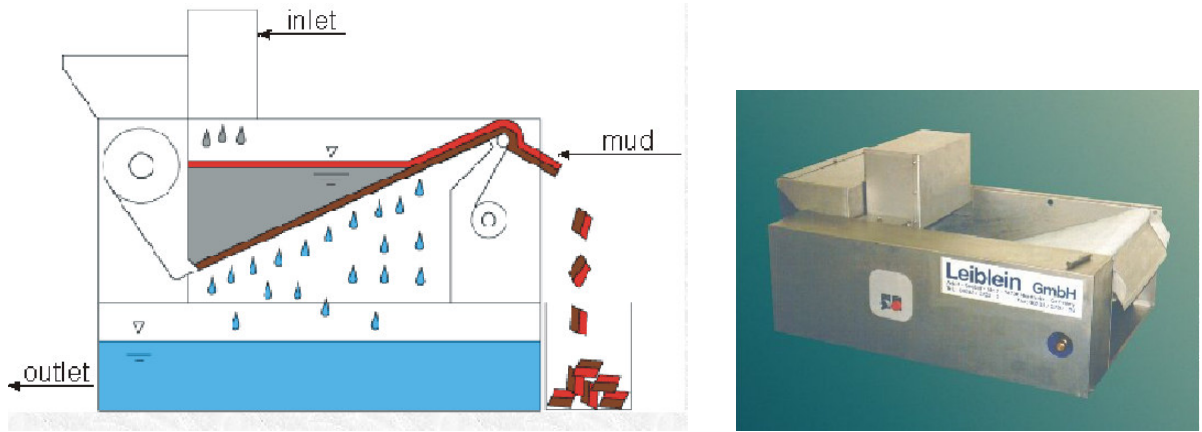
ρ_f - Suyun yoğunluğu

η - Suyun dinamik viskozitesi

g - Yerçekimi ivmesi

d - Partikül çapı

5.2 Sedimentasyon Sistemlerinde Kullanılan Eğimli Filtre Sistemleri



Şekil 5.8 Eğimli filtre sistemi [1]

Tüm proses sıvı tiplerinde kullanılabilinen eğimli otomatik bantlı filtreleme sistemleri, sedimente edilmiş tortudan kullanılabilir sıvıyı tekrar geri kazanmaya yarayan sistemlerdir. Sistemin sürekli çalışması konvansiyonel tip filtreleme sistemleri ile arasındaki en önemli farktır. Az yer kaplaması, mobilitesi diğer önemli avantajlarını teşkil etmektedir. [1]

Filtrasyon 5 - 70 μm arasında gerçekleşebilmektedir. Kapasiteleri 100-480 m³/saat arasında değişir. Bu filtreleme sisteminin çalışma prensibi dönen merdaneler arasında gerili filtre ve sedimente edilmiş tortudan kullanılabilir proses sıvısının filtre edilerek alınmasıdır, sıvısı alınmış katı tortu , çamur aynı hareket ile sistemden uzaklaştırılır.

6. PROJE UYGULAMASI

Bir cam işleme tesisinde proses suyunun artırılması maksadıyla gerçekleştirilen proje çalışmasının detaylı analizi yapılacaktır.

Projenin en önemli ve ilk adımı fizibilite çalışmasıdır. Sistemde gerekli su ihtiyacının belirlenmesi gerekmektedir. Sistemden sağlanacak temiz suyun kullanılacağı cam işleme makinalarının saatlik su tüketimlerinin belirlenmesi, tüm detay hesaplamaların yapılmasına temel teşkil etmektedir. Çizelge 6.1’de örnek bir cam tesisinin cam işleme makinalarının su tüketimleri gösterilmiştir. Buradan ilgili makinalara yapılacak beslemenin ne kadar olması gerektiği. Borulamada kullanılacak boru çapları, gerekli hidrofor ve pompa özellikleri saptanabilecek uygun tüm ekipmanlar seçilerek genel yerleşim ve borulama rotaları belirlenebilecektir. Çizelge 6.1’de toplam sistem kapasitesi belirlenmiş olmaktadır.

Çizelge 6.1 Sistem kapasite hesabı

Sistem Kapasite Hesabı			
Makine		Su Tüketimi (m ³ / saat)	
Cam işleme makinası 1	Mevcut Hat	5,76	m ³ / saat
Cam işleme makinası 2	Mevcut Hat	7,2	(m ³ / saat)
Cam işleme makinası 3	Mevcut Hat	7,2	(m ³ / saat)
Cam işleme makinası 4	Mevcut Hat	7,2	(m ³ / saat)
Cam işleme makinası 5	Yeni Hat	5,76	(m ³ / saat)
Cam işleme makinası 6	Yeni Hat	7,2	(m ³ / saat)
Cam işleme makinası 7	Yeni Hat	5,76	(m ³ / saat)
Cam işleme makinası 8	Yeni Hat	5,76	(m ³ / saat)
CNC Köşe Makinası 1	Yeni Hat	2,4	(m ³ / saat)
CNC Köşe Makinası 2	Yeni Hat	2,4	(m ³ / saat)
CNC Köşe Makinası 3	Yeni Hat	2,4	(m ³ / saat)
Cam işleme makinası 9	Mevcut Hat	8	(m ³ / saat)
CNC Cam işleme merkezi 1	Yeni Hat	5,76	(m ³ / saat)
Cam işleme makinası 10	Yeni Hat	5,76	(m ³ / saat)
Toplam proses suyu ihtiyacı		78,56	(m ³ / saat)

Sistem seçimi için tam akışlı sistem ve bypass sisteminin karşılaştırması yapılırsa;

Tam akışlı sistem

Üretim - Sedimentasyon Sistemi - Üretim
 ⇒ ⇒ ⇒



Bypass sistemi

Üretim – Sirkülasyon tankı - Üretim
 ⇒ ↓ ↑ ⇒
 Sedimentasyon sistemi

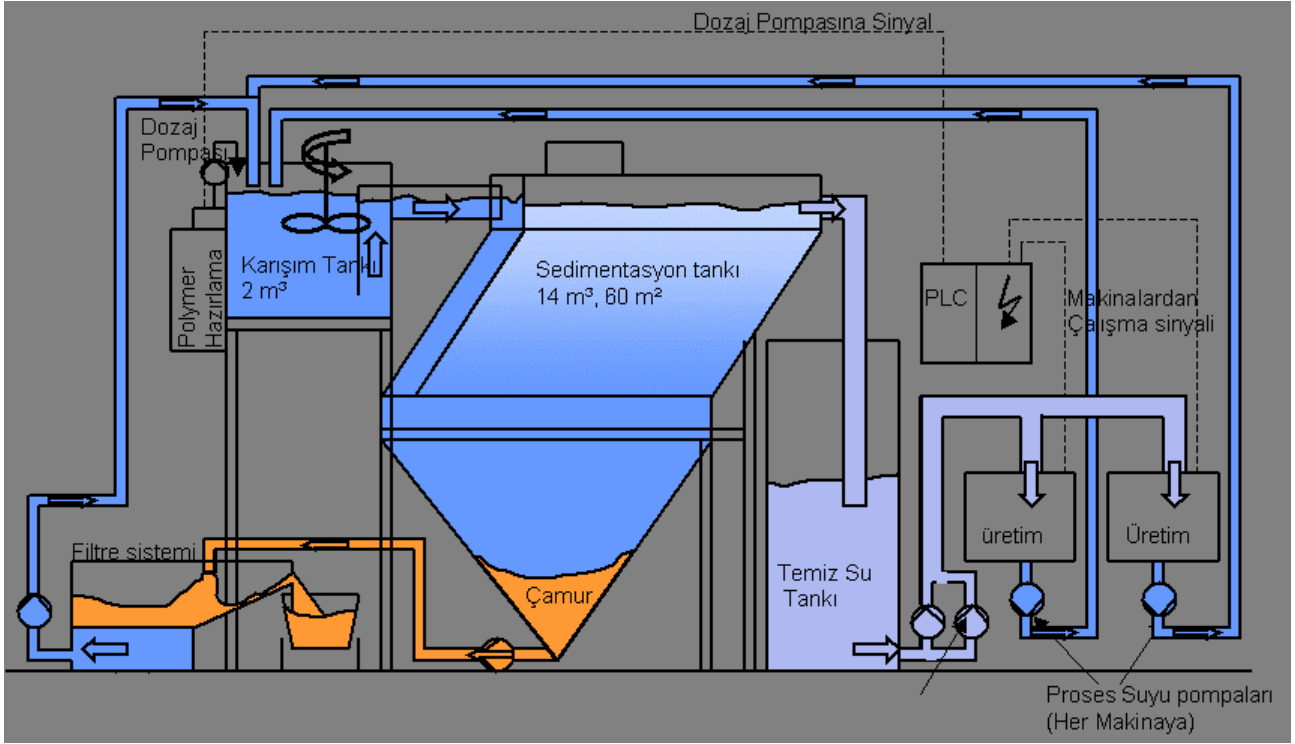


Şekil 6.1 Tam akışlı (online akışlı) ve Bypass sistemleri

Tam akışlı sistemde, sistemde daima temiz su ile çalışılır, sistemde dolaşan sudaki katı partikül 0,5 g/l nin altındadır. Dolaşan su içerisindeki büyük cam partiküllerinin olmaması sistemdeki bazı nozulların tıkanmasına yol açmaz. Yatırım maliyeti yüksektir. Makinalara su beslenmesi, sedimentasyon sisteminden bağımlıdır, sedimentasyon sistemindeki arıza duruşları tüm sistemi durduracaktır.

Bypass sistemde ise su %100 arıtmaya girmediği için sistemde dolaşan sudaki katı partikül 0,5 g/l nin üzerindedir. Dolaşan su içerisindeki büyük partikülleri sistemdeki bazı nozulların tıkanmasına yol açabilir. Makinalara su beslenmesi, sedimentasyon sisteminden bağımsızdır, sedimentasyon sistemindeki arıza duruşları tüm sistemi durdurmaz.

İki sisteminde avantaj ve dezavantajları karşılaştırıldığında tam akışlı sistemin kullanılması sistem kapasitesi ve proses karakteristiği nedeniyle tercih edilmiştir.



Şekil 6.2 Komple sedimentasyon sistemi 1

Oluşturulacak sistem için ilk alternatif Şekil 6.2’de gösterilmiştir. Ancak bu alternatif tüm cam işleme makinasına pis proses suyu basma pompası gerektireceği için yatırım maliyeti yükselmektedir. Bununla birlikte sedimente olan cam partikülü, su, polimer karışımının band filtre sistemiyle filtre edilmesi, filtre edilen suyun geri kazanımı için ayrıca pompa ve hazne sağlanması maliyeti arttırmaktadır.

Sistemde makinalardan geri dönen suyun toplanacağı 6 m³ lük 2 adet tankın kullanılması ve toplanan kirli suyun bu iki tanktan karışım tankına basılması daha uygun olacaktır. Böylece sistemdeki makinalar 2 hat ile beslenecek ve buna paralel olarak ilgili hattın proses suyu kendi pis su toplama haznesinde toplanarak buradan karışım tankına basılacaktır. Polimer solüsyon hazırlık ünitesinde buna mukabil hangi hattın proses suyu basılıyor ise bağlanacak iki bağımsız dozaj pompası ile polimer solüsyonu karışım tankına basılacaktır. Çizelge 6.2 de işleme makinalarının bağlı bulunduğu hat, su tüketimleri, boru çapları ve su hızları gösterilmiştir. Yapılan saptamalar ışığında yeni sistem Şekil 6.3’de şematize edilmiştir. Sistemin çalışması sürekli sirkülasyon prensibinde gerçekleştirilmiştir bu sayede işleme makinalarında kirlenen su toplama havuzlarına gravitasyon kuvveti ile toplanacak buradanda karışım tankına basılacaktır, elektriki ilişkilendirme ile (kontaktör/kontak ilişkisi) polimer hazırlık ünitesinin hazır solüsyon haznesindeki solüsyon karışım tankına eş zamanlı

basılacaktır. Karışım tankı içerisinde sürekli çalışacak bir karıştırıcı monte edilmektedir. Karıştırıcı karışım tankında olabilecek istenmeyen ön sedimentasyonu önleyecektir. Karışım tankında polimer solüsyonu ile karışacak kirli proses suyu sedimentasyon tankına geçecek, cam partikülleri folükülasyon neticesinde tank dibinde toplanacak, tank dibindeki küresel vanaların açılması ile bükülebilir hortumlardan geçerek Big Bag'lere dolacak ve buradan deşarj olacaktır.

Çizelge 6.2 Sistem hatları kapasite dağılımı

Kirli Proses Suyu Toplama Tankı 1		Kirli Proses Suyu Toplama Tankı 2	
Su tüketimi hat bazında	m ³ / saat	Su tüketimi hat bazında	m ³ / saat
5,76	m ³ / saat		m ³ / saat
7,2	m ³ / saat		m ³ / saat
7,2	m ³ / saat		m ³ / saat
7,2	m ³ / saat		m ³ / saat
	m ³ / saat	5,76	m ³ / saat
	m ³ / saat	7,2	m ³ / saat
	m ³ / saat	5,76	m ³ / saat
	m ³ / saat	5,76	m ³ / saat
	m ³ / saat	2,4	m ³ / saat
	m ³ / saat	2,4	m ³ / saat
	m ³ / saat	2,4	m ³ / saat
	m ³ / saat	8	m ³ / saat
5,76	m ³ / saat		m ³ / saat
5,76	m ³ / saat		m ³ / saat
38,88	m ³ / saat	39,68	m ³ / saat
Boru iç çapı (mm)	Ortalama Akış Hızı (m/s)		
80	2,1 m/s		2,2 m/s
100	1,4 m/s		1,4 m/s
120	1,0 m/s		1,0 m/s

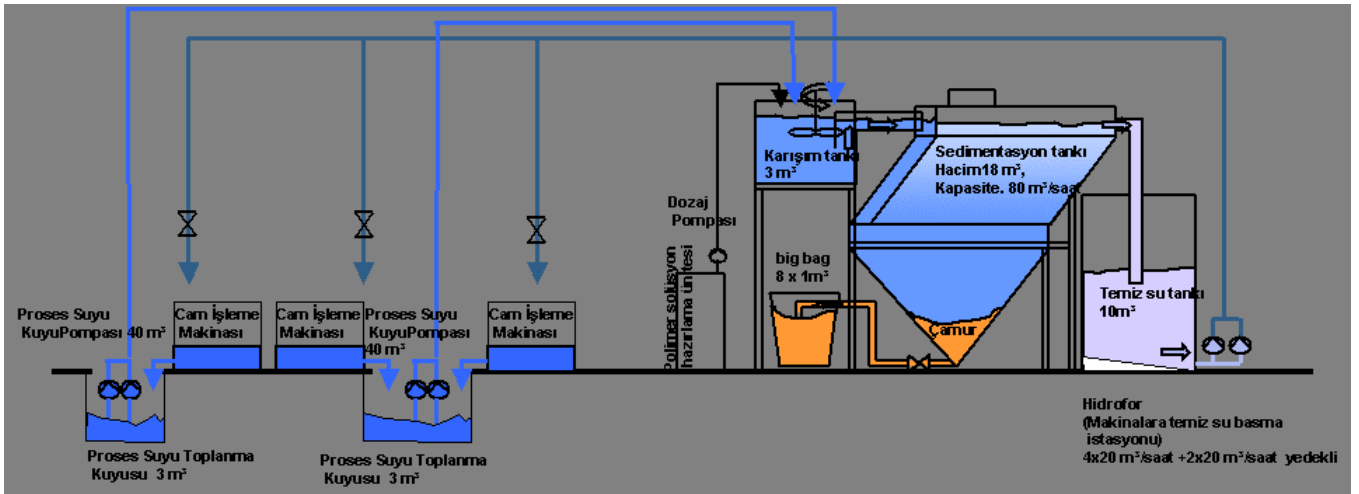
Sedimentasyon tankında üstten taşan temiz su ise temiz su toplama tankına geçecek buradanda hidroforlar ile tekrar cam işleme makinalarına basılacaktır.

Akım denkleminde göre hızlar kesit alanları ile ters orantılıdır. Suyun debisine sabit olduğundan borulardan geçecek su hızları çizelge 6.2'de denklem (6.1)'a göre hesaplanmıştır.

Burada Q debi, V1 ve V2 su hızları, A1 ve A2 ise boru kesit alanlarıdır.

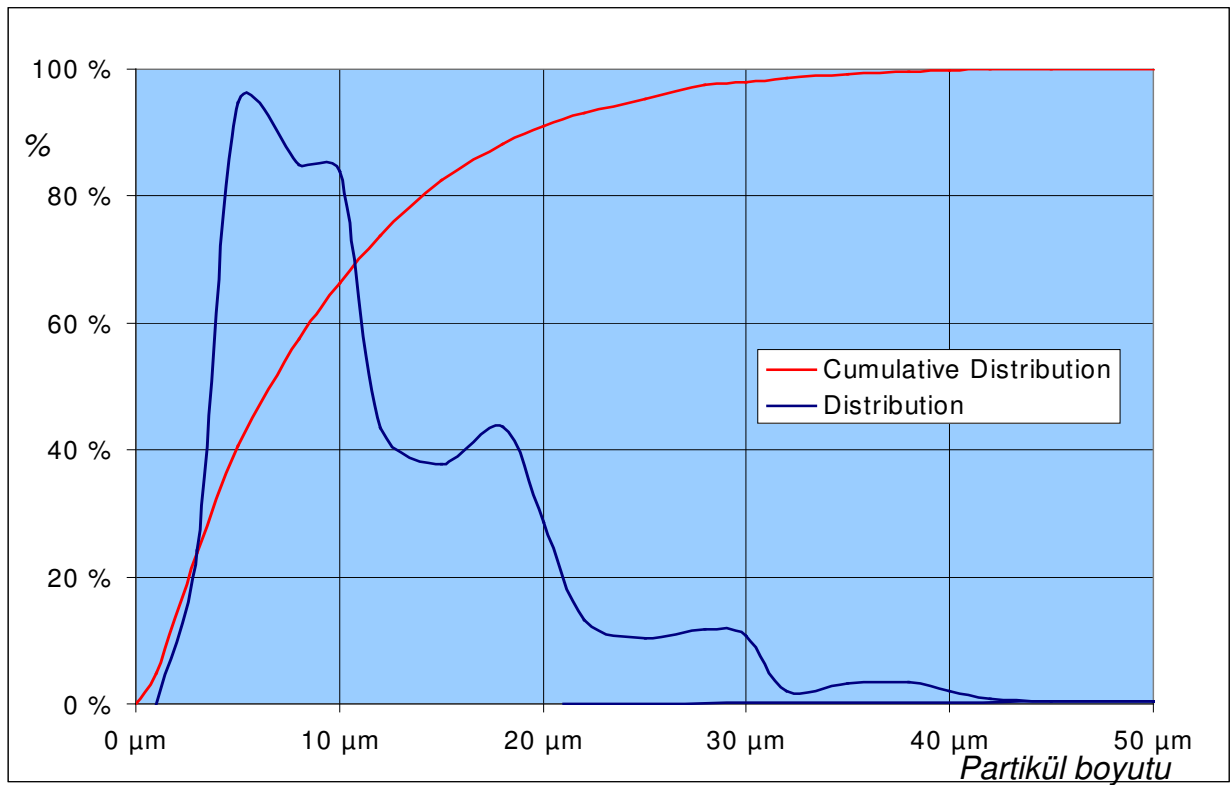
$$Q = V1 \times A1 = V2 \times A2$$

(6.1)



Şekil 6.3 Komple sedimentasyon sistemi 2

Proje fizibitesininin diğer önemli bir adımı ise proses suyunun özelliklerinin bilinmesidir. Bu maksatla alınan örnekler laboratuvar koşullarında test edilmiştir. Şekil 6.4'te Cam işleme makinalarından alınan proses suyunun partikül ebat dağılımı görülmektedir



Şekil 6.4 Cam işleme makinalarından alınan proses suyunun partikül ebat dağılımı.

Şekil 6.4'den görüleceği üzere cam partikül boyuları dağılım olarak %80 lik bir dilimi 20 µm nin altında. Bununla birlikte partikül ebadına bağlı Şekil 5.7'deki grafikten görüleceği üzere 20 µm nin altındaki partiküllerin sedimente olma hızları oldukça düşüktür, bu hız dakikada 2 cm civarındadır. Bu sonuçlar ışığında cam partiküllerinin herhangi bir yardım olmadan kendi başlarına sedimente olmaları mümkün değildir. Polimerler gibi katkı maddeleri bir çok partiküllü bir araya toplayarak hızlı olarak sedimente olabilmeleri için gerekli olan makro yapıya sokar.

Genel olarak polimerler üç farklı yapıda temin edilebilirler:

- 100% granül polimer.
- 50% lik konsantrasyonda ,suda çözülmüş halde.
- Suda çözülmüş halde 0,5 - 5 % polimer konsantrasyonunda olarak.

0,5% polimer konsantrasyonlu halde 1,5 € / kg olarak temin edilebilmektedir. Orta ölçekli bir cam işleme tesisinin yıllık tüketimi 12.000 kg civarındadır.

Bunu yerine granül halde temin edilebilecek granül polimer ise 28,85 €/kg dır.

Granül şeklindeki polimerin tüketimi ise orta ölçekli bir cam işleme tesisi için yıllık 250 kg civarındadır.

Yıllık tutar granül halinde polimer kullanan bir tesis için 7000€ civarında olurken, aynı tesiste 0,5% polimer konsantrasyonlu halde (hazır solüsyon halinde) polimer kullanılırsa yıllık polimer gideri yaklaşık 18000€ olacaktır. Sonuç olarak polimerin granül halde temin edilmesi ve polimer solüsyon hazırlık istasyonunda istenilen konsantrasyonda hazırlanması oldukça ekonomik olmaktadır.

6.1 Solüsyon Hazırlama Ünitesi

Eğer, proseste kirlenen sıvı içerisindeki cam partikülleri 1 litredeki sıvı içerisinde 0,8 – 2 g lık bir içeriğe sahip ise deneysel olarak tavsiye edilen polimer kullanımı her 1m³ proses sıvısı için 300 - 500 ml lik sıvı – polimer solüsyonu kullanmaktır.

Eğer, proseste kirlenen sıvı içerisindeki cam partikülleri 1 litredeki sıvı içerisinde 0,6 g veya daha az bir içeriğe sahip ise deneysel olarak tavsiye edilen polimer kullanımı her 1m³ proses sıvısı için 50 – 200 ml lik sıvı – polimer solüsyonu kullanmaktır.

Eğer, proseste kirlenen sıvı içerisindeki cam partikülleri 1 litredeki sıvı içerisinde 10g/ veya daha fazla bir içeriğe sahip ise deneysel olarak tavsiye edilen polimer kullanımı her 1m³

proses sıvısı için 2 litreye kadar sıvı – polimer solüsyonu kullanılmalıdır.

Polimer hazırlama ünitesi 100 litrelik bir karışım tankı ve 200 litrelik bir rezervuar dan oluşur.

Hazırlanmış karışım merkezi karışım tankına basılmak üzere rezervuarda bekler ve prosesten kirli su basıldığında dozaj pompaları sayesinde ayarlı oranda merkezi tanka transfer edilir.

Karışım hazırlanması sinyali rezervuar içerisindeki seviye algılayıcı sensörler vasıtasıyla üniteye iletilir ve ünite karışım hazırlamaya başlar karışım hazırlandığında otomatik vana açılır ve hazırlanan karışım rezervuara boşalır.



Şekil 6.5 Solüsyon hazırlama ünitesi.

Polimer Hazırlama ünitesi sistem ihtiyacı 100 l /gün olduğu durumlar kullanımı uygundur. Hazırlanmış olan solüsyonun etkinliği 1 gündür, bakteri oluşumu ve polimerin yarılanma ömrü etkinliğinin 24 saatten sonra azalmasına yol açar.

Granül Polimer Tankı 200 litre kapasitelidir. Granül polimer normalde 60 saniyelik süre boyunca şebeke suyu kullanılarak huni biçimli kanalda oluşturulan vorteks e dozajlanır, vortekste su ile homojen olarak karışan polimer buradan karışım olgunlaştırma tankına iner ve uygun karışım elde edilinceye kadar , bir süre karıştırılır ve bekler bu süreç yaklaşık olarak toplam 45 dakikadır. (Users Manuel Folucculation Station Grandos 100 (Ingus Wasser Technik)

Solüsyon konsantrasyonunu belirlemek için, C solüsyon konsantrasyonu (%), Mp Kuru polimer miktarı (gram) ve Td ise Kuru polimer dozajlama süresi (sn) ile belirtilirse hazırlanan solüsyon konsantrasyonu (6.1)'deki gibi hesaplanır.

$$C = \frac{M_p \times T_d}{30\,000} \quad (6.1)$$

Dozaj zamanı, kuru granül polimerin ve suyun folükülasyon tankına aktığı giriş zamandır.

Solüsyon zamanı, solüsyonun genel hazırlanma zamanıdır. Mikser çalışma ve bekleme zamanlarının dahil olduğu folüküent oluşum zamanıdır.

Mikser çalışma zamanı, mikserin devrede kaldığı süredir.

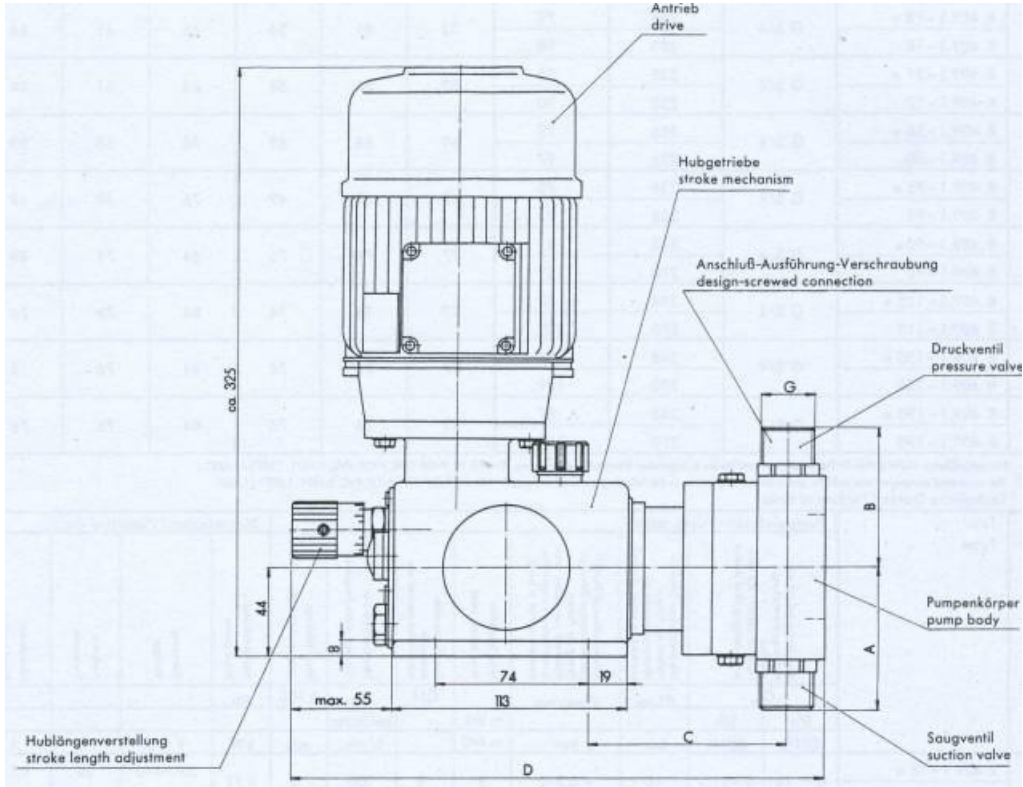
Mikser bekleme zamanı, mikserin devreden çıkıp beklediği olgunlaşma süresidir.

6.1.1 Kullanılan Polimerin Özellikleri

- PH, 5 – 7
- Viskozite, 5 – 9 mPas
- Form, granül
- Renk, beyaz
- Raf ömrü, 1 sene (5- 40 °C arasında saklanmalı)
- Yoğunluk, 600 kg/m³
- Suda çözünübilirlik, tamamiyle çözünebilir
- Kimyasal karakteri, akropolimer (akrilamid)

6.1.2 Dozaj Pompaları

Dozaj pompaları membranlı tip pompalardır (Şekil 6.6). Dozaj ayarı pompa üzerindeki kurs boyu ayar çubuğu ile yapılabilir. Elektriki ilişkilendirme ile prosesten karışım tankına su basıldığında, polimer hazırlık ünitesinin hazır solüsyon haznesindeki solüsyon, karışım tankına eş zamanlı olarak basılır.



Şekil 6.6 Membran tip dozaj pompası

6.1.3 Kirli Su Basma Pompaları

Cam işleme makinalarında doğal akışlı her hat için oluşturulan 2 adet toplama tankından suyu, karışım tankına basmakta kullanılan bu pompalar Şekil 6.7 ve Şekil 6.8 de göstermiştir. Tank içinde alt seviye ve üst seviye flatörleri ile tankın doluluk seviyesi üst seviyeye geldiğinde pompa devreye girerek suyu karışım tankına basar. Pompa 40 m³/saat kapasiteli yumuşak salmastralı norm pompadır. Bakım ve işletmede karşılaşılabilecek problemlerde devreye girecek aynı özellikli yedek pompa paralel olarak aynı şekilde bağlanmıştır.



Şekil 6.7 Hat 2 kirli su basma istasyonu ve proses suyu toplanma tankı 2



Şekil 6.8 Hat 1 kirli su basma istasyonu ve proses suyu toplanma tankı 1

6.1.4 Temiz Su Hidroforları

Yapılan fizibilite çalışmalarında her hattın su ihtiyacı $40 \text{ m}^3/\text{saat}$ olarak belirlenmişti, temiz

suyunda prosese geri basılması için her birini kapasitesi 20 m³/saat olan, biri yedek olmak üzere üçerli iki grup pompa kullanılmıştır. Ayrıca her grup için bir adet olmak üzere iki adet denge tankı hidrofor sistemeine bağlanmıştır (Şekil 6.9).



Şekil 6.9 Temiz su hidrofor sistemi

6.2 Proje Başlangıcındaki Durum

- Şebekeden su tüketimi çok fazla olmaktadır .
- Sistemdeki tüm suyun sedimentasyon sistemine alınması gerekmekte idi bypass sistemi cam tesisi için uygun değildi.
- Cam işleme makinalarında kullanılan kirli proses suyu makinalara zarar vermekte, bakım süreleri uzamakta, makina ömürleri yarı yarıya düşmekte idi. Şekil 6.10'da cam partiküllerinin tortulaşması sonucu kullanılamaz duruma gelmiş cam işleme makinası görülmektedir.



Şekil 6.10 Cam partiküllerinin tortulaşması sonucu işleme makinalarında deformasyon.

- Proses suyunun kirli olması işlenen camı plakalarının işleme maruz kalmayan bölgelerinde çizik oluşumuna neden olmakta, ürün kalitesine zarar vermekte idi. Tam otomasyon bantlı sisteme sahip tesiste kirli proses suyu ile camın üzerinde kalan cam partikülleri ileriki operasyonlardaki makinalara zarar vermekte bunlarında bakım ihtiyaçlarını arttırmakta, bu durumda uzun üretim duruşlarına neden olmakta idi.
- Mevcut kazandan devir daimli sirkülasyon sistemi ve kazanlarda biriken cam tozları nedeniyle haftalık uzun duruşlar gerektirmeydi . Bu esnada cam işleme makinaları altındaki kazanlar çıkartılarak temizlenmekte idi. Cam tozunun yapısı gereği kazanlar içerisindeki cam tozu kazan tabanında betondan sert bir kemikleşme göstermekte temizlik çok uzun ve zahmetli bir şekilde yapılabilmekteydi.
- Temizleme ve bakım gereklilikleri için ödenen işçilik oldukça yüksek bedellere mal olmaktaydı.

6.3 Sistemin Kurulması İle Sağlanan Avantajlar

- Tüm pompa sistemleri yedekli olarak dizayn edildi, böylece pompa arızalarının üretim kaybına neden olması riski ortadan kaldırıldı.
- Cam işleme makinalarına yakın bir şekilde iki adet kirli proses suyu toplama

tankı zamine monte edildi ve bu tanklarda toplanacak suyun içerisindeki partiküllerin karışım tankına basılmadan çökmesini ve birikmesini engellemek için her tanka düşük devirli karıştırıcılar konuldu. Cam işleme makinalarından gelen su bu sayede yer çekimi ile kirli su toplama tanklarında toplanabildi ve ayrıca pompa kullanılmasına gerek kalmadı.



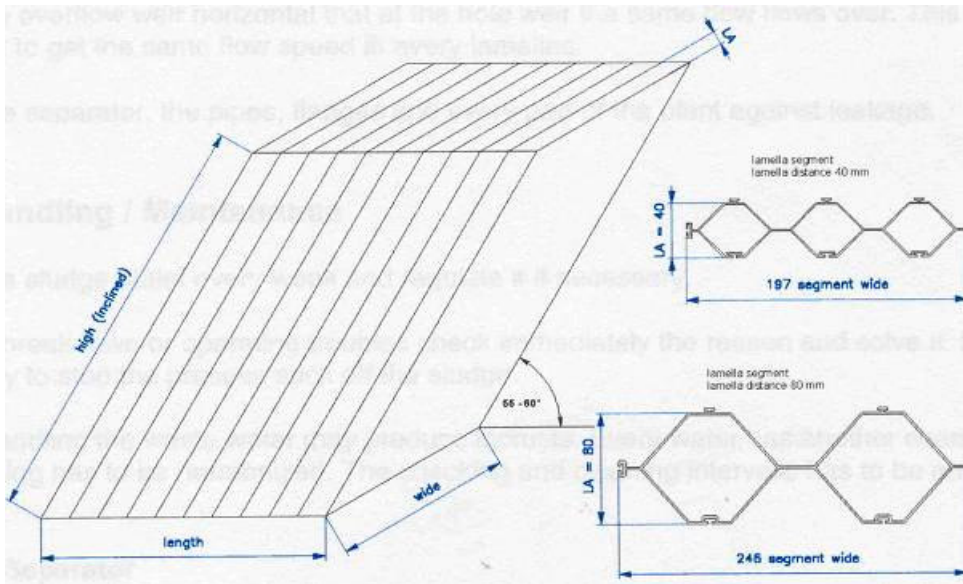
Şekil 6.11 Karışım ve sedimentasyon tankları arası bağlantı.

- Sistemde boru hatlarının yüküne göre çapları ve su hızları belirlenmiş PVC tip borular kullanıldı. Boruların gerektiğinde sökülüp temizlenebilmesi için tüm bağlantıları flanşlı bağlantı yapıldı. Borular fabrika alanında herhangi bir sıkışıklık veya yer kaybına neden olmamak için çelik konstrüksiyon direk ve platformlar üzerinden geçirilip monte edildi (Şekil 6.11).



Şekil 6.11 Platform üzerindeki boru hatları.

- Sedimentasyon tankında kullanılan lamelli yapılı sedimentasyon sistemi sayesinde aynı sedimentasyon alanının elde edilebileceği standart tasarımlı tanktan 85% daha verimli sedimentasyonun sağlanabildi.
- Bununla birlikte sedimentasyon tankının tüm yüzeyleri tabanla 60° lik açı yapacak şekilde dizayn edildi bu sayede sedimentasyon verimi maksimumda tutuldu Şekil 6.12’de tankın lamel separatörlü yapısı gösterilmiştir.



Şekil 6.12 lamel separatörlü yapı.

- Sedimentasyon tankını dizaynı sayesinde sedimente olan çamur tankın en dip kısmında toplanabildi ve ayrıca bu sayede küresel vanaların açılması ile direct olarak Big Bag'lere (atık toplama çantalarına) sevk edilebildi.
- Polimer hazırlama ünitesi PLC kontrollü dizaynı sayesinde operatöre gerek olmadan seviye sensörleri sayesinde sisteme ihtiyacı olan polimer solüsyonunu otomatik olarak sağladı. Şekil 6.13'te polimer hazırlama istasyonunun kontrol ünitesi görülmektedir.



Şekil 6.13 Polimer hazırlama istasyonunun kontrol ünitesi.

- Hazırlanan polimer solüsyonu polimer hazırlama istasyonunun hazır polimer tankına bağlı iki adet dozaj pompasında hazırlanmış olan polimer solüsyonunu direkt olarak karışım tankına aktardı. Sistemde yapılan bir başka elektronik kumanda ise kirli su tanklarından yeter seviyeye ulaşan kirli proses suyunun pompalanmasına başlandığında dozaj pompalarının aynı anda devreye girerek karışım tankına polimer solüsyonunu basmasıdır.
- İşlenen cam plakaları üzerinde cam partikülleri olmadan çok temiz bir şekilde cam işleme makinalarından çıkarak bir sonraki operasyona bant üzerinden devam ediyor.
- İşleme makinalarının kazan temizliği ve bakım periyodu hafta birden 4 haftada bire düşürüldü.

- Su tüketimi %90 azaldı , %10 luk bir takviye buharlaşma kayıpları nedeniyle temiz su tankına monte edilen seviye flatörü sayesinde düzenli yapıyor, temiz su tankındaki seviye düştüğünde sisteme şebekeden temiz su takviyesi yapıyor.
- Cam işleme makinalarının kullanım ömrü iki üç kat arttırıldı, buna mukabil cam partiküllerinin bant üzerinde hareketi dolayısı ile sonraki operasyonlardaki makina ve ekipmana vereceği zarar minimize edildi.
- Cam işleme prosesinde sistemdeki cam partiküllerinin minimize edilmesi neticesinde çizik fire oranı minimize edildi. Proses fire oranı %25 ler düzeyinden %2 düzeyine çekildi. Şekil 6.14'de işlenmiş cam plakalarının cam işleme makinalarında hareketi gösterilmiştir, plakalar üzerinde herhangi partikül kalıntısı gözlenememektedir.



Şekil 6.14 Cam işleme makinasının proses esnasındaki görüntüsü.

- Sedimentasyon sisteminde sirküle olan sudan alınan örneklemeler Mainz–Almanya'daki laboratuvarlara gönderildi sonuç olarak su içerisindeki partikül madde oranı 0,03% (0,3 g/l) lik bir düzeye çekildi dolayısıyla su kalitesinin iyileştirildiği ispatlanmış oldu.



Şekil 6.15 Sedimentasyon tankı üst kesit görünüşü.

- Haftalık hat bakımı ve temizlik sürelerinin minimize edilmesi ile bakım ve temizlik için kullanılan süre üretim için kullanılabilir böylece işletmenin karlılığı ve kapasitesi artırıldı ayrıca bakım ve temizlik için harcanan bakım ve işçilik maliyetleri düşürüldü.
- Sistemden sedimentasyon sisteminin kurulmasından önce direk olarak kanalizasyona atılan kirli proses suyunun çevreye verdiği zarar önendi, polimer ile sedimente olan ve Big Bag'lerde toplana atıklar 4 günlük periyodlarla çini üretim imalathanelerine hammadde olarak verilebildi bu sayede atıkların değerlendirilmesi sağlandı (Şekil 6.17)



Şekil 6.16 Bükülebilir borular, küresel vanalar ve sedimentasyon tankı Big Bag sistemi bağlantısı.



Şekil 6.17 Big Bag sistemi

6.4 Proje Maliyet Hesabı

Fizibilite çalışmalarında belirlene sistemin toplam maliyeti 99.800 € olarak tespit edilmiştir (Çizelge 6.3).

İşletme maliyeti yıllık tutar granül halde polimer kullanan bu tesis için 7000€ civarında olacaktır. Ayrıca elektrik sarfiyatı ve sistemi işletmesi için, temizlik ve bakımında yapacak bir operatör istihdam edilmelidir.

Çizelge 6.3 Sistem maliyet hesabı.

Sistem Maliyet Hesabı	
Sedimentasyon tankı	26.000 €
Polimer solüsyonu hazırlama tankı	9.000 €
Polimer dozajlama pompaları	3.000 €
Kirli proses suyu pompa istasyonları 40 m ³ /h X 2 (Yedekli) X 2 (Toplanma tankı için)	16.000 €
Mikser (Karışım tankı için 1 adet)	1.000 €
Mikser (Kirli proses suyu toplama tankları için 2 adet)	2.000 €
Temiz su hidroforları (3x 20 m ³ /saat (20 m ³ /saat yedek),denge tanklı) x 2 istasyon	11.800 €
Temiz su toplanma tankı	4.000 €
Kirli su toplanma tankları (1.5x2x2 m ³)	3.000 €
Borulama ve boru maliyetleri ve platform konstrüksiyonu	15.000 €
Big Bag (Atık toplama çantaları), sedimentasyon tankı arası bağlantı ve 4 adet küresel vana	4.000 €
Sedimentasyon tesisi inşaatı ve çevre düzenlemeleri	5.000 €
Toplam	99.800 €

7. SONUÇLAR

Cam işleme tesislerinde sedimentasyon sistemlerinin incelenmesi amacı ile yapılan çalışma ve incelemeler ışığında örnek bir sistemin fizibilitesi yapılmış, projelendirmede ekipman ve sistem belirleme parametreleri örneğin lamel separatörlü sedimentasyon tankı kullanılması, folüküent olarak akrilamidin kullanılması, polimer solüsyon hazırlamada dozajlamanın belirlenmesi için partikül ebat dağılımının bilinmesi gerektiği gibi sonuçlara ulaşılmıştır. Sedimentasyonu verimli gerçekleşmesi ve hızının artırılması için polimerik folüküentler incelenmiştir. Folükülasyonun prensibi ve cam işleme tesislerinde kullanılacak folüküent ve dozajları saptanmıştır.

Ayrıca projelendirilen sistemin uygulanması ile elde edilecek sonuçlar Bölüm 6.3'de detaylı olarak belirlenmiştir. Bununla birlikte Bölüm 6.2'de detaylı olarak değinilen proje başlangıcındaki risk ve olumsuzluklar elimine edilebilmiştir. Fizibilite çalışmasında belirlenen şartlardaki bir sistemin kuruluş maliyeti yaklaşık 99.800 Euro civarında olmaktadır ayrıca yaklaşık işletme giderlerinede Bölüm 6.4 te değinilmiştir.

KAYNAKLAR

Schuck, P., (2003), "A model for sedimentation in inhomogeneous media. II. Compressibility of aqueous and organic solvents", Elsevier, 108:201-204.

A. Faers, M., (2003), "The importance of the interfacial stabilising layer on the macroscopic flow properties of suspensions dispersed in non-adsorbing polymer solution", Elsevier, 106:23-54.

Tseng, W. ve Yu Li, S., (2002), "Effect of polysaccharide polymer on sedimentation and rheological behavior of aqueous BaTiO₃ suspensions", Elsevier, 142:408-414.

Larroyd, F., Petter, C.O. ve Sampaio, C.H., (2002), "Purification of north Brazilian kaolin by selective flocculation", Pergamon, 15:1991-1992.

Tsubaki J., Kato M., Miyazawa M., Kuma T. ve Mori Hidetoshi, (2000), "The effects of the concentration of a polymer dispersant on apparent viscosity and sedimentation behavior of dense slurries", Pergamon, 56:3021-3026.

Wu, R.M., Tsou, G.W. ve LeeU, D.J., (2000), "Estimation of the interior permeability of polymer-flocculated sludge flocs", Elsevier, 4:163-167.

Poon, C.S. ve Chu, C.W., (2002), "Chemically assisted primary sedimentation process", Pergamon, 39:1573-1582.

Vanderhasselt, A. ve Verstraete, W., (1997), "Short-term effects of additives on sludge sedimentation characteristics", Pergamon, 33:381-390.

Yan, Y.D., Glover, S.M., Jameson, G.J. ve Biggs, S., (2002), "The flocculation efficiency of polydisperse polymer flocculants", Elsevier, 73:161-175.

Pearse, M.J., Weir, S., Adkins, S.J. ve Moody, G.M., (2001), "Advances in mineral flocculation", Pergamon, 14:1505-1511.

Kilfoili, M. L., Pashkovski, E. E., Master J. A. ve Weitz D. A., (2003), "Dynamics of weakly aggregated colloidal particles", The Royal Society, 10:753-766.

Fan, A., Turro, N. J. ve Somasundaran, P., (1998), "A study of dual polymer flocculation", Elsevier, 162:141-148.

Ern, R., (2000), "Technical information data sheet", Aachener Chemische Werke, 1-12, Wuerselen.

İNTERNET KAYNAKLARI

[1] www.leiblein.de

[2] www.sony.net

[3] www.kcpc.usyd.edu.au

[4] www.tramfloc.com

[5] www.waterspecialists.biz

[6] www.genchem.com

EKLER

ÖZGEÇMİŞ

Doğum tarihi	04.04.1976	
Doğum yeri	Tekirdağ	
Lise	1990-1994	Tekirdağ Teknik Lisesi
Lisans	1996-2001	Dumlupınar Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü
Yüksek Lisans	2001-2005	Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Anabilim Dalı Isı Proses Programı

Çalıştığı kurumlar

2003-2004	Schott Orim Cam Sanayi AŞ. Yatırım Proje Mühendisi
	Schott Orim Cam Sanayi AŞ. Üretim Şefi
2004-2005	Hema TRW Otomotiv Direksiyon Sistemleri A.Ş. Proje Sorumlusu
2005- Devam ediyor	Unilever / Algida Bakım Sorumlusu