



AKIŞKAN YATAKLI SU YUMUŞATMA SİSTEMİ
"PELLET REAKTÖR"
Sema SERİNKEN⁽¹⁾, Sibel DEMİRAĞ TUĞALAN⁽²⁾

⁽¹⁾ Çevre Yüksek Mühendisi AKOKS Çevre Sanayi A Ş , İZMİR

⁽²⁾ Kimya Mühendisi, AKOKS Çevre Sanayi A Ş . İZMİR

ÖZET: Evsel ve endüstriyel kullanımlar için sert suların yumuşatılması sudaki kalsiyumlu ve magnezyumlu bileşiklerin konsantrasyonlarının azaltılması en bilinen yöntemdir. Su yumuşatma, merkezi olarak su ünitelerinde, evsel kullanımlar için yerinde yapılabilir. Merkezi olarak büyük ölçekli yumuşatmalar genel olarak kimyasal çöktürme ile yapılırken, evsel yumuşatma daha çok iyon değiştirme yöntemi ile yapılmaktadır.

Büyük ölçekli merkezi yumuşatmalarda etkili bir sistem de pellet reaktörlerle yapılan kimyasal çöktürmedir. Yüksek işletme verimine sahip olan ve minimum atık üreten bu proses, Hollanda başta olmak üzere Batı Avrupa ülkelerinde uygulanan çok iyi bir şekilde geliştirilmiştir.

ANAHTAR KELİMELER: Su Yumuşatma, Pellet reaktör, Geçici Sertlik

SUMMARY: The softening of hard water for consumption and industrial use is a well known process, aimed at reducing the concentration of calcium- and magnesium compounds in water. Water softening can be carried out centrally at the water plant or at the location of use. Central, large scale softening is usually effected by chemical precipitation, whereas local (home-) softening is often practiced by ion-exchange.

An efficient approach to large scale central softening is chemical precipitation by means of modern pellet reactors. This process, which has a high operational efficiency and produce a minimal volume of waste, is applied in several West-European countries and is very well-developed in Netherlands.

KEY WORDS: Water softening, Pellet Reactors, Temporary Hardness

GİRİŞ:

Kullanma suyunun kalitesini olumsuz yönde etkileyen bir parametre de suyun sertliğidir. Sert suların kullanımında ortaya çıkan çeşitli olumsuzluklar nedeni ile, suyun yumuşatılması olarak isimlendirilen bir işlem uygulanmaktadır.

Suyun yumuşatılması, uygun bir kimyasal madde katkısı ile sağlanır. Bu suretle, suyun pH derecesi yükselmiş olur. Suyun içinde, kalsiyum ve hidrojen karbonat mevcut olduğu zaman, hidrojen karbonatın bir kısmı kalsiyum karbonata dönüştürülür. Uygun kimyasal madde ilavesi ile karbonat içeriği artar ve bu işlem kalsiyum karbonat çözünürlüğü aşılanaya kadar devam eder. Bu andan itibaren kireç çökelmeye başlar ve su yumuşatılmış olur.

Suyun içindeki sertliğinin giderilmesi şu şekilde gerçekleşmektedir:

- ♦ Sert suda $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2 \longrightarrow \text{Ca}^{++} + 2\text{HCO}_3^-$
- ♦ Ca^{++} eğer CO_3^{--} var ise CaCO_3 halinde çökelecektir
- ♦ $\text{HCO}_3^- + \text{OH}^- \longrightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_3^{--}$
- ♦ $\text{Ca}^{++} + \text{CO}_3^{--} \longrightarrow \text{CaCO}_3$

Bu reaksiyon için gerekli olan OH^- iyonu NaOH veya $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ile sağlanır

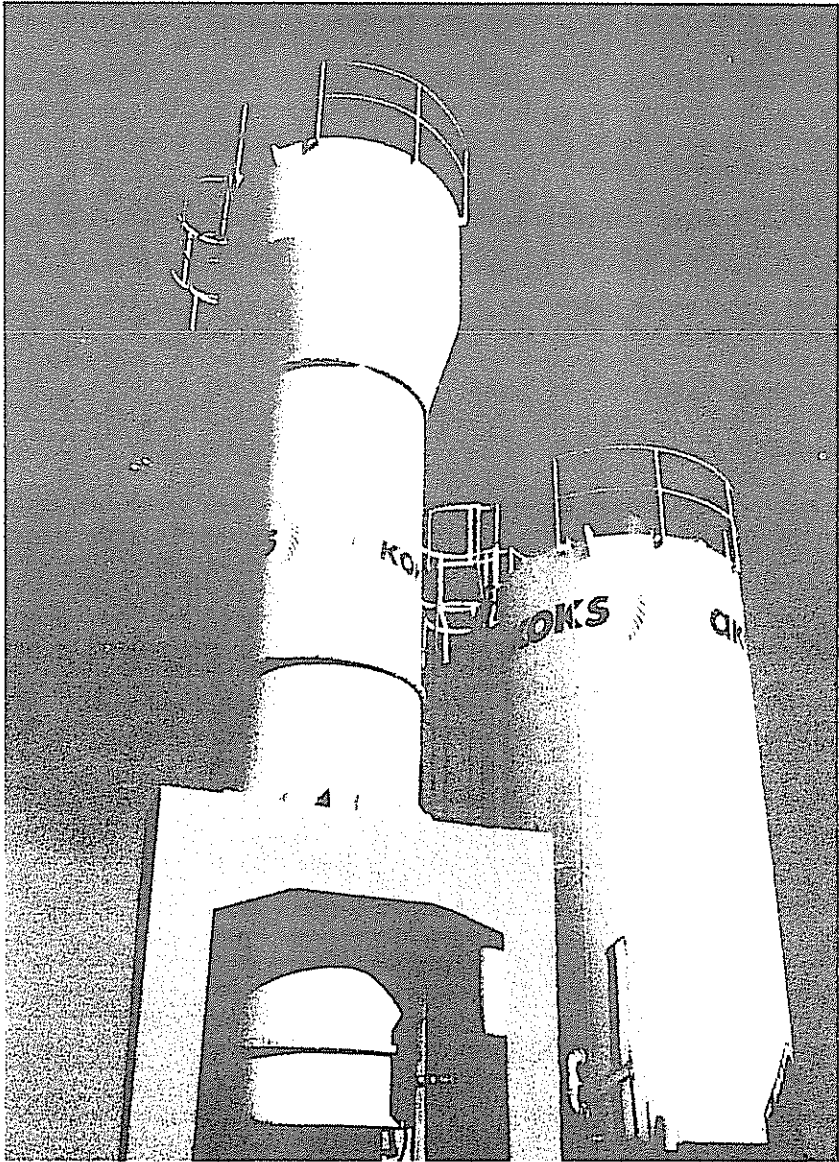
- ♦ NaOH
 $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2 + \text{NaOH} \longrightarrow \text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O} + \text{Na}^+ + \text{HCO}_3^-$
 - ⇒ 162 g $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$, 40 g giderilecek Ca^{++} içermektedir
 - ⇒ Bu 40 g NaOH ilavesi ile yapılabilir
 - ⇒ Reaksiyon sonucu 100 g CaCO_3 oluşur.
 - ⇒ 1 HCO_3^- suda kalır
 - ⇒ Su istenmeyen Na içerir

- ♦ $\text{Ca}(\text{OH})_2$
 $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2 + \text{Ca}(\text{OH})_2 \longrightarrow 2\text{CaCO}_3 + 2\text{H}_2\text{O}$
 - ⇒ 162 g $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ 40 g giderilecek Ca^{++} içermektedir
 - ⇒ Bu 74 g $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ilavesi ile yapılabilir
 - ⇒ Reaksiyon sonucu 200 g CaCO_3 oluşur.
 - ⇒ HCO_3^- suda hiç kalmaz
 - ⇒ Su istenmeyen Na içermez

Suyun yumuşatılması için kullanılan koagülasyon yöntemi, kalsiyum karbonat yumakların oluşturulması ve çöktürülmesi esasına dayanmaktadır. Bu yöntemin en önemli dezavantajı reaksiyon süresinin uzunluğu ve daha büyük tesisler gerektirmesidir. Buna ek olarak, işlenen su kararlı değildir ve arıtma sistemlerinden sonra da yumuşatma reaksiyonları devam edebilir. Sonradan yumuşama olarak isimlendirilen bu durum ise, pompalar, depolar, ve tesisteki borular başta olmak üzere, içme suyu dağıtım şebekesinde sorunlar yaratan kireç çökelmelerine neden olabilir. Bunların dışında eklenecek en önemli dezavantaj ise, oluşan çamurun su içeriğinin çok yüksek olması nedeni ile bertarafından önce mutlaka susuzlaştırma işleminin uygulanması gereğidir.

PELLET REAKTÖR NEDİR?

Pellet reaktör, kristalizasyon esasına dayanan akışkan yataklı su yumuşatma sistemidir (Şekil-1). Bu sistemde kalsiyum karbonat yumaklar halinde oluşmamakta; buna karşılık çoğu kez kum olarak seçilen taşıyıcı malzeme üzerinde depolanmaktadır. İçme ve proses sularının sertliklerinin giderilmesinde akışkan yataklı su yumuşatma sistemlerinin kullanılmasının getirdiği bir çok önemli avantaj bulunmaktadır. İlk olarak kalsiyum karbonatın kum taneleri üzerinde kristallenmesi işlemi çok



hızlı bir işlemdir Bu ise çok büyük hacimlerin görel olarak küçük tesislerde arıtılması anlamına gelmektedir

İkinci en önemli avantaj ise bu işlem sonunda kalsiyum karbonat su içermeyen taneli bir malzeme formunda elde edilir Dolayısı ile koagülasyon işleminin gerektirdiği çamurun susuzlaştırma işlemine gerek duyulmaz Şu ana kadar oluşan kireç taneciklerinin pazarlama olanakları da bulunmuştur ve geri dönüşü mümkündür

Tüm yumuşatma işleminin reaktör içinde oluşması nedeni ile yumuşatma sonrasına ait sorunlarla nadiren karşılaşılması da, sistemin üçüncü avantajını ortaya koymaktadır.

Hamsu, kimyasal madde ile karışabilmesi için reaktörün tabanından sisteme verilir Yumuşatma işleminin optimum verimde gerçekleşebilmesi için su ile kimyasal maddelerin:

- Reaktör enkesiti boyunca uniform dağılımı,
- Birbirine mümkün olduğu kadar hızlı bir şekilde ve tabanın yakınında karışmaları sağlanmalıdır

Reaktöre ayrıca, kirecin üzerinde tutulduğu ve genellikle 0 4-0 7 mm çapında ince kum tanelerinden oluşan taşıyıcı malzeme verilir Su ile kirecin birbirlerine karıştıkları kesimde taşıyıcı malzemenin özgül tane yüzey alanı mümkün olduğu kadar büyük olmalıdır Suyun hızı nedeniyle taneli malzeme yüzer halde tutulabilir. Böylece reaktörün içinde akışkan bir yatak sağlanmış olur. Reaktörün tabanında, ham su ve kimyasal besleme, kum besleme ve pellet boşaltma noktaları bulunmaktadır Reaktör tabanı, belirli aralıklarla konulmuş kapaklardan oluşmaktadır Akışkan yatak sayesinde çok geniş kristalizasyon yüzeyi ve hızlı bir reaksiyonla kalsiyum karbonat kristalizasyonunun çekirdek kumun yüzeyinde oluşması sağlanır Bu sistemde kalsiyum karbonat, giderek büyüyen taşıyıcı malzeme üzerinde depolanır Kum taneleri pelletlere dönüşürken, daha büyük ve daha ağır olan pelletler reaktör tabanının altında toplanır ve buradan periyodik olarak alınarak, daha küçük boyutlardaki çekirdek kumlarla değiştirilir Sertliği giderilen su reaktörün üst kısmından savaklanarak sistemi terkeder ve hızlı filtre sistemine verilir

Pellet reaktörün ana problemi reaktörden çıkan suyla taşınan ince tanelerin yarattığı bulanıklık problemidir Bu problem:

- ◆ Kalsiyum karbonatın kum tanelerinin dışında çökmesinden,
- ◆ Kirecin içerisinde bulunan safsızlıklardan,
- ◆ Kirecin reaktivitesinden,

kaynaklanmaktadır

Bu problemi:

- ◆ Çok fazla safsızlık içermeyen yüksek kaliteli sönmüş kireç kullanarak.
- ◆ Çabuk çözünen reaktif kireç kullanarak.
- ◆ Reaktör sonrası konulan bir filtre ile gidermek mümkündür

PELLET REAKTÖRÜN AVANTAJLARI:

Pellet reaktör: içme sularının yumuşatılmasında tek başına kullanılabildiği gibi, proses sularının yumuşatılmasında da reçine sistemi ile birlikte bir ön yumuşatma sistemi gibi kullanılabilir Reçine sistemi ile birlikte kullanıldığı zaman bir çok önemli avantajlar sağlamaktadır Hamsu, reçine sistemine girmeden önce pellet reaktöre girdiği için suyun bikarbonat sertliğini yaratan kısmı bu sistem ile alınmış olur Böylece, hem reçine sisteminin kapasitesi artarken ve ömrü uzarken hem de rejenerasyon için tüketilen tuz miktarı önemli ölçüde azalmış olmaktadır Ayrıca, rejenerasyon sonrası meydana çıkan atığın (tuzlu suyun) miktarı da azalmaktadır

Tablo-1'de ön yumuşatma sistemi olarak kullanılan Pellet reaktöre giren hamsuyun özellikleri Tablo-2'de ise pellet reaktör ve reçine sisteminin karşılaştırmalı ekonomik etüdü incelenmiştir

TABLO-1 PELLET REAKTÖRE GİREN HAMSUYUN VE SİSTEMİN ÖZELLİKLERİ

HAMSU DEBİSİ (m ³ /saat)	125
TOPLAM SERTLİK (AS)	19.00
GEÇİCİ SERTLİK (AS)	16.00
KALICI SERTLİK (AS)	3.00
KALAN SERTLİK (AS)	6.20
TUZ FİYATI (\$/kg)	0.06
REÇİNE FİYATI (\$/l)	4.89
KİREÇ FİYATI (\$/kg)	0.06
KUM FİYATI (\$/kg)	0.06
ENERJİ FİYATI (\$/KW)	0.07

TABLO-2 PELLETT REAKTÖR VE REÇİNE SİSTEMİNİN KARŞILAŞTIRILMALI EKONOMİK ETÜDÜ

	REÇİNE SİSTEMİ	REÇİNE SİSTEMİ+AQUASOFT
REÇİNE MİKTARI (1/5 yıl)	6,073	1,982
TUZ MİKTARI (kg/gün)	7,288	2,378
KİREÇ MİKTARI (kg/saat)	-	26,64
KUM MİKTARI (kg/saat)	-	5,33
ENERJİ MİKTARI (KW/gün)		408,00
REÇİNE MALİYETİ (\$/yıl)	5,939	1,938
TUZ MALİYETİ (\$/yıl)	159,607	52,078
KİREÇ MALİYETİ (\$/yıl)	-	14,002
KUM MALİYETİ (\$/yıl)	-	2,801
ENERJİ MALİYETİ (\$/yıl)	-	10,424
TOPLAM (\$/YIL)	165,546	81,243

Yukarıdaki tablodan da görülebileceği gibi özellikle geçici sertliği yüksek olan sularda pellet reaktörün ön yumuşutma sistemi olarak kullanılması ile hamsuyun sertliği 34°F sertliğinden 8°F sertliğine düşmektedir. Dolayısı ile reçinenin ömrü uzamakta ve kapasitesi artmaktadır. Ayrıca, tuz tüketimi önemli ölçüde azalır, ekonomik yönden kazanç sağlarken, rejenerasyon sonrası tuzlu su miktarı azaldığı için de çevresel katkısı bulunmaktadır. İşletme maliyetinin düşük olması ile de yılda 84.303 \$ kar elde edilmektedir.

Bu sistemde kullanılan hammaddelerin (yüksek kaliteli sönmüş kireç, kuvars kum) ucuz nedeni olması ile sistemin işletme maliyeti düşük olmakta ve yine hammaddelerin doğal olması ile de çevrede kimyasal kirlilik yaratılmamaktadır. Ayrıca sistemden çıkan kuvars kum üzerinde kristallenen kalsiyum karbonat pelletleri (toprak stabilizasyonu, hazır sıvacılık, akvaryumculuk v b) sanayinin ve tarımın değişik sektörlerinde kullanılmaktadır.

SONUÇ:

Modern toplumda üretim ve tüketimin artması, kimyasal kirleticilerin çevreye aşırı ve tehlikeli bir biçimde yayılmasına neden olmaktadır. Atıklar arazilere, akarsulara, göllere ve denizlere genellikle kontrolsüz olarak boşaltılmakta, havaya dağılmaktadır.

Bu uygulamaların halk sağlığı, çevre ve ekonomi açısından olumsuz etkileri vardır. Bu nedenle, atık çıkarmayan veya çıkan atıkları bertaraf eden veya yeniden kullanılmasına olanak veren prosesler üretmek ve bunların kullanımlarını yaygınlaştırmak gerekmektedir. Bu proseslerde kullanılacak olan kimyasalların seçiminde doğal kaynakların kullanılması, gerek maliyet gerekse ekolojik dengenin korunması açısından önemli yararlar sağlamaktadır.

Sistemin çevreci bir proses olmasının yanısıra; işletme maliyetinin çok düşük olması işletme şartlarının basitliğine karşın ekonomi ve insan sağlığı açısından getirdiği avantajlar çevreye karşı duyarlı yerel yönetimler açısından ilgi çekici olabilecektir

KAYNAKLAR

A Graveland. (1983) Developments in Water Softening by means of Pellet Reactors. Journal AWWA

Prof ir J C van Dijk & Dr ir D A Wilms, (February 1991) Water Treatment without Waste Material : Fundamentals and State of The Art of Pellet Reactor.

Wiersma. D J Nekami. & B V .Water Softening With Pellet Reactors

