



## SİVAS 4 EYLÜL BARAJI İÇME SUYUNDAKİ MANGANIN LABORATUAR VE TESİS ÖLÇEKLİ GİDERİM VERİMLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

Sinan ÖZER<sup>1</sup>, Sayiter YILDIZ<sup>2</sup>, Can Bülent KARAKUŞ<sup>3</sup>

<sup>1,3</sup>Sivas Belediyesi SİBESKİ Müdürlüğü/SİVAS

<sup>2</sup>Cumhuriyet Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü/SİVAS

<sup>1</sup>sinan.oz@remondis.com.tr, <sup>2</sup>sayildiz@cumhuriyet.edu.tr, <sup>3</sup>cbkarakus@gmail.com

**ÖZET:** Sivas kenti, içme ve kullanma suyu ihtiyacının bir kısmını yer altı sularından bir kısmını ise yüzey sularından karşılamaktadır. Sivas 4 Eylül Barajı'ndan temin edilmiş olan yüzey suyu, Sivas Belediyesi İçme Suyu Arıtma Tesisi'nde arıtılmakta ve şehir şebekesine verilmektedir. 4 Eylül Barajı'ndan temin edilmiş olan içme suyundaki mangan konsantrasyonu, sonbahar aylarında (Ekim 2010) artış göstermiştir. Bu çalışmada; içme suyundaki manganı gidermek için laboratuvar ortamında yapılan Jar testi çalışmasıyla farklı koagülantlar kullanılarak optimum dozaj ve uygun koagülant seçimi amaçlanmıştır. Jar testi çalışması sonucunda laboratuvar ortamında belirlenen en uygun koagülantlar ve optimum dozajlar, içme suyu arıtma tesisinde uygulanmıştır. Koagülant olarak potasyum permanganat ( $KMnO_4$ ), Demir (III) Klorür ( $FeCl_3$ ) ve koagülant yardımcı kimyasal olarak da Anyonik Polielektrolit kullanılmıştır. Deney sonucunda yalnızca  $KMnO_4$  kullanılmasıyla mangan giderim veriminin %94,7 olduğu tespit edilmiştir.  $KMnO_4$  ile birlikte  $FeCl_3$  ve anyonik polielektrolit birlikte kullanıldığında mangan giderim verimi %96,3 olarak bulunmuştur. Mangan giderme veriminin yüksek olduğu laboratuvar ortamındaki optimum koşullar tesiste uygulandığında; laboratuvar ölçekli elde edilen uygun koagülant ve optimum dozajın saha ölçeğinde uygulanmasıyla mangan giderim veriminin %53,4 olduğu görülmüştür. Sonuç olarak; yüksek oranlarda mangan giderimi sağlamak için içme suyu arıtma tesisinde, laboratuvar ölçeğinde elde edilen dozajlardan daha yüksek dozajlara gereksinim duyulduğu tespit edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** İçme suyu Arıtma Tesisi, Mangan Giderimi, Sivas 4 Eylül Barajı, Jar Testi, Koagülant.

### Comparison of Manganese Removal Efficiency for Laboratory and Plant Scale in Sivas 4 Eylül Dam Potable Water

**ABSTRACT:** Potable and service water demand of the city Sivas is being supplied partly with the underground water and partly with the stored water within the active basin of the Sivas 4 Eylül Dam. Released discharge which is supplied from the Sivas 4 Eylül Dam is at first step treated at the Water Treatment Plant of the Sivas Municipality and then directed to the water reservoirs and the city main water network. It has been observed that manganese concentration within the potable water supplied from the Sivas 4 Eylül Dam has been increasing during the autumn months (October 2010). Within the scope of this study, appropriate coagulant selection and its optimum dosage determination has been targetted for manganese disposal within the potable water by trying different coagulants via Jar test at laboratory medium. Most appropriate coagulant and its optimum dosage which was determined as a conclusion from the Jar test carried out at laboratory has been applied at the Water Treatment Plant of the Sivas Municipality. ( $KMnO_4$ ); permanganet of potassium as coagulant, ( $FeCl_3$ ); ferric [Iron (III)] chloride and Anionic Polyelectrolyte as coagulant ancillary chemical has been used. As a conclusion of the test it was determined that manganese disposal efficiency had been 94.7% in case only  $KMnO_4$  was used. It was found out that manganese disposal efficiency had been 96.3% in case  $KMnO_4$  together with  $FeCl_3$  and anionic polyelectrolyte were used. When the optimum conditions of the laboratory medium

where high manganese disposal efficiencies are observed were applicated in the facility ; it has been seen that manganese disposal efficiency was 53.4% when appropriate coagulant and its optimum dosage basing the laboratory tests were applicated at site. As a conclusion it has been determined that higher dosages than the ones obtained from laboratory tests were required to be applicated at practice in case a high level manganese disposal at water treatment plant facilities was desired.

**Key Words:** *Drinkable Water Treatment, Manganese Removal, Sivras 4 Eylül Dam, Jar Test, Coagulant.*

## GİRİŞ (INTRODUCTION)

Sularda yüksek konsantrasyonlarda veya eser halde bazı ağır metallerin yanı sıra Fe, Mn, Cu, Co, Zn, Mo, Se gibi iz elementler de bulunabilir. Bu metallerin bazıları eser miktarlarda canlıların normal fizyolojik fonksiyonları için gereklidir (Canpolat ve Çalta, 2001). Demir ve mangan yeryüzü kabuğunda bol bulunan elementlerden olup, su kaynaklarında istenmeyen maddelerdir (Dönderici ve diğ., 2010). Mangan insanların hayatta kalması için gerekli olmakla birlikte çok yüksek konsantrasyonlarda bulunması durumunda insan vücudunda toksik etkiye sahiptir (Talaat ve diğ., 2010). Doğada bulunan manganın büyük bir bölümü metamorfik ve tortul kayalardan, küçük bir bölümü volkanik kayalardan kaynaklanır (Özgün, 2007). Mangan, toprak ve kaya parçalarının yüzeylerinde mineral oksit tabakaları halinde demir ile birlikte yaygın olarak bulunur. Bu tabakalar yer altı suyu ile temas halinde olduğu zaman çözünür ve yer altı suyuna taşınabilir (American Ground Water Trust, 2002).

Mangan yeraltı sularında her zaman, yüzeysel sularda ise yılın bazı aylarında yüksek konsantrasyonlarda bulunması sebebiyle içme ve kullanma suları bakımından problem oluşturmaktadır (Özgün, 2007). Doğal sulardaki mangan konsantrasyonu 0,2 mg/l'den daha az olmasına rağmen, yer altı sularında 10 mg/l'ye kadar ulaşabilmektedir (Dönderici ve diğ., 2010). US Çevre Koruma Ajansı (EPA), kirlilik bakımından estetik problemlerden kaçınmak için içme suyundaki mangan düzeyinin 0,05 mg/L'den az olması gerektiğini önermiştir. Çözünmüş mangan düzeyleri 0,05 mg/L'nin üzerindeyse suyun oksidasyonu sonucu siyah veya gri lekeler ve acı metalik bir tat gözlenebilir (American Ground Water Trust, 2002). Ayrıca Sağlık Bakanlığı'nın İnsani Tüketim Amaçlı

Sular Hakkında Yönetmeliği'ne göre içme suyunda mangan düzeyi için müsaade edilen üst limit değeri 0,05 mg/l'dir (Sağlık Bakanlığı Temel Sağlık Hizmetleri Genel Müdürlüğü, 2005). Doğal sular içinde Mn<sup>2+</sup>, Fe<sup>2+</sup>den daha çabuk çözeltiye geçme ve daha uzun süre çözeltide kalma eğilimi gösterir (Gültekin, 1997). Genellikle mangan konsantrasyonu 0.05 mg/l'nin altına indirildiğinde, demir için 0.3 mg/l'lik limit değeri de sağlanmaktadır. Bu nedenle arıtma sistemlerinde mangan giderimi öncelikli olarak ele alınmalıdır (Raveendran ve diğ., 2001).

Manganın en temel çözünür formu Mn<sup>2+</sup>'dir. Yüzeysel sulardaki mangan ile kuyu suyundaki mangan kimyasal olarak birbirinden farklıdır. Doğal sularda bulunan mangan hidroksit [Mn(OH)<sub>2</sub>] ve mangan sülfür (MnS) bileşiklerinin çözünürlükleri oldukça yüksektir. Manganın çözünürlüğü pH ve bikarbonat içeriği ile yakından ilgilidir (Özgün, 2007).

Yeraltı suları ve ötrofik göllerin hipolimnion tabakaları gibi oksijenin yetersiz olduğu sulu ortamlarda mangan iki değerlidir. Çözünmüş oksijen miktarı çok az veya sıfır olan manganlı tabakalardan geçen yeraltı suları, yüksek konsantrasyonlarda Mn<sup>2+</sup> içermektedirler. Diğer taraftan ötrofik göllerin anaerobik hale geçmiş hipolimnion tabakalarında Mn<sup>4+</sup>'ün indirgenmesi sonucu da Mn<sup>2+</sup> konsantrasyonu yükselmektedir. Bu tür sular atmosfer ile dolayısıyla oksijen ile temasa geçtikleri zaman sudaki Mn<sup>2+</sup>, Mn<sup>4+</sup> haline yükseltgenerek kahverengi siyah renkte MnO<sub>2</sub> şeklinde çökelmektedir (Avşarar, 2007).

Bahar aylarında rezervuarlarda tüm derinliklerdeki sıcaklıklar eşitlenmekte, bunun sonucunda göl altüst olmakta (turn-over) ve katmanlar birbirine karışmaktadır. Üst tabakalardaki soğuk sular alt bölümlere inerken, alt bölgelerdeki sıcak sularda üst tabakalara doğru hareket etmektedir. Üst tabakalara hareket eden su çözünmüş mangan bileşiklerini

beraberinde taşır. Rüzgar ve dalga hareketlerinin havadaki oksijeni suya karıştırması sonucu mangan oksidasyonu (pozitif değerlikte oksijen varlığına bağlı olarak gerçekleşen artış) kademeli olarak gerçekleşir. Oksitlenen elementler çökeler veya sudan başka yollarla ayrılır. Alt tabakalara ulaşan oksitlenmiş elementler oksijen yokluğunda tekrar çözünebilir forma dönüşürler. Bazı çözülmüş mangan formları  $Mn^{2+}$  yavaş bir şekilde oksitlenirken, bazı bakteriler oksidasyon hızını artırırlar. Bu proses mikrobiyal destekli oksidasyon olarak adlandırılır ve rezervuarlardaki mangan çevrimini önemli ölçüde etkiler (Özgün, 2007).

Rezervuarların alt tabakalarında yer alan organik maddelerin (algler, yapraklar ve diğer bitki türleri) ayrışmaları anaerobik koşulların oluşumuna neden olur. Anaerobik koşullarda bu tabakada bulunan mangan bileşikleri mangan oksitlerin indirgenmesi ile suda istenmeyen çözünebilir formlara dönüşür (Özgün, 2007).

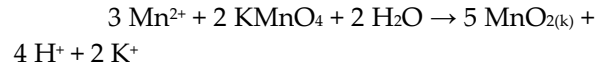
İçme suyu temininde mangan açısından bir kirlilik olduğunda, insanlar suyun pis, siyah ve kahverengi görünümde olduğundan şikâyet ederler. Çamaşırlara beyazlatıcı eklendiğinde; mangan iyonları yıkanmış kumaşlar üzerinde lekeler oluşturan mangandioksit okside edilmektedir (Raveendran ve diğ., 2001).

Musluk sularında mangan 0.05 mg/l'nin üzerindeki konsantrasyonlarda renk, koku ve tad olarak fark edilebilir düzeylerde. İçme su kaynaklarında mangan varlığı olumsuz sonuçlara yol açabilir. Örneğin; 0.15 mg/l'nin üzerindeki konsantrasyonlarda boru tesisatlarında renk değişimlerine, sularda istenmeyen renklere ve tadlara neden olabilir (Özgün, 2007). Demir ve mangan içeren içme suları mürekkep tadındadır (Çil ve Alaş, 2002).

#### **Potasyum permanganat ile mangan oksidasyonu (Manganese Oxidation With Potassium Permanganate)**

Potasyum permanganat ( $KMnO_4$ ) kristal halde, kullanımı kolay ve suda %5 oranına kadar çözünen bir bileşiktir. Potasyum permanganat, mangan iyonlarını mangan dioksitlere ( $MnO_2$ ) dönüştürmede yaygın olarak kullanılır ve klora göre daha güçlü bir oksidanttır. Klorun tersine, potasyum permanganatın organik bileşiklerle reaksiyonu sonucu THM oluşumu olmadığı gibi

THM'lerin azalmasına neden olur. Mangan iyonlarının potasyum permanganat ile oksidasyon reaksiyonu;



şeklinde ifade edilebilir. Reaksiyondan 1 mg manganı okside edebilmek için 1.92 mg potasyum permanganat ( $KMnO_4$ )'a ihtiyaç olduğu görülmektedir. (Raveendran ve diğ., 2001).

#### **ÇALIŞMANIN ÖNEMİ (IMPORTANCE of the STUDY)**

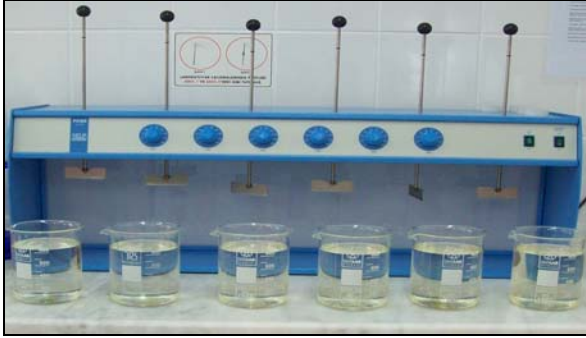
Bu çalışmada; Sivas 4 Eylül Barajı'ndan temin edilen ham sudaki Mn konsantrasyonları 2010 yılı süresince takip edilmiştir. Mn konsantrasyonunun ekim ayı sonundan itibaren yükseldiği gözlenmiştir. Yüksek konsantrasyonlardaki manganı gidermek için laboratuvar ortamında jar testi çalışmasıyla farklı koagülantlar ( $KMnO_4$ ,  $FeCl_3$  ve Anyonik Polielektrolit) kullanılarak mangan giderme verimleri karşılaştırılmıştır. Laboratuvar ortamında belirlenmiş olan en uygun koagülant ve optimum dozaj, tesiste uygulanmıştır. Laboratuvar ve tesis koşulları birlikte değerlendirilerek her iki şarttaki mangan giderim verimleri karşılaştırılmıştır.

#### **DENEYSSEL YÖNTEM (EXPERIMENTAL METHOD)**

Jar Testi deneyleri sırasında 4 Eylül Barajı'ndan gelen ham su Sivas İçme Suyu Arıtma Tesisi girişindeki numune alma musluklarından alınmış ve herhangi bir ön arıtma işlemine tabi tutulmamıştır. Ham su numunesi alındıktan sonra aynı gün içerisinde laboratuvarda Velp FC6S marka 6 pedallı Jar Testi aparatı kullanılarak jar testi deneyleri gerçekleştirilmiştir (Şekil 1). Jar testlerinde kullanılan beherler 1 litre kapasitelidir. Koagülasyon sırasında artan konsantrasyonlarda  $KMnO_4$ ,  $FeCl_3$  ve Anyonik Polielektrolit kullanılmıştır.  $KMnO_4$  ve  $FeCl_3$  ilaveleri koagülasyon aşamasında, Polielektrolit ilaveleri ise flokülasyon aşamasında yapılmıştır.

Jar testi çalışmalarında elde edilen sonuçların tesisteki sonuçlarla daha sağlıklı kıyaslanabilmesi için; jar testi çalışmasında kullanılacak olan koagülantlar için gerekli olan

karıştırma ve alıkonma süreleri, içme suyu arıtma tesisindeki hızlı karıştırma, yavaş karıştırma ve durultucu havuzu ünitelerindeki karıştırma ve alıkonma süreleri baz alınarak belirlenmiştir. Buna göre; Jar testinin karıştırma şartları 3 dakika boyunca 200 rpm'de hızlı karıştırma ve 30 dakika boyunca 30 rpm'de yavaş karıştırma koşullarından gerçekleşmiştir.

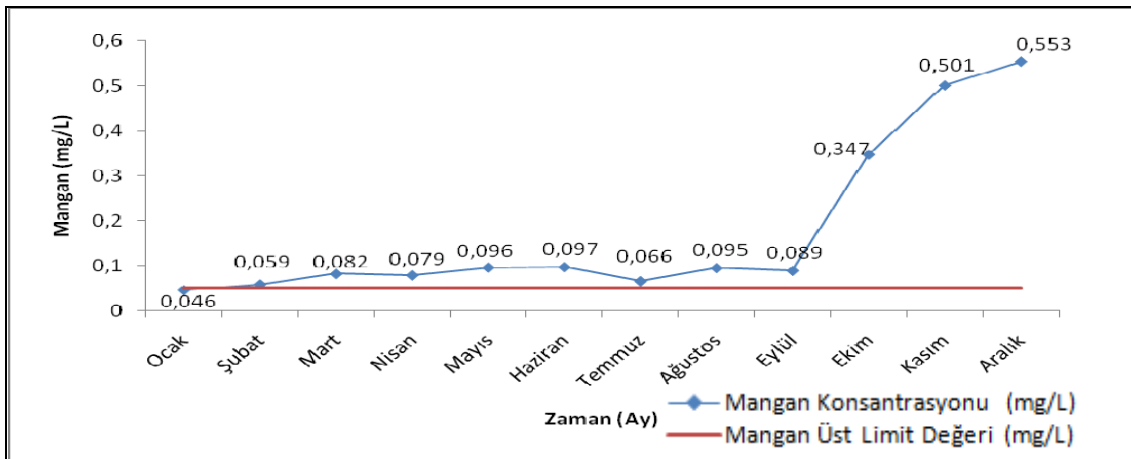


Şekil 1. Jar testi düzeneği (*Jar test apparatus*)

Koagülasyon işleminin ardından beherlerde bulunan su numuneleri 60 dakika boyunca çökelme işlemine tabi tutulmuş ve ardından üst faz 0.45 µm membran filtreden süzülerek Hach Lange DR 2800 marka spektrofotometrede mangan konsantrasyonu değerleri okunmuştur.

#### BULGULAR ve TARTIŞMALAR (RESULTS and DISCUSSIONS)

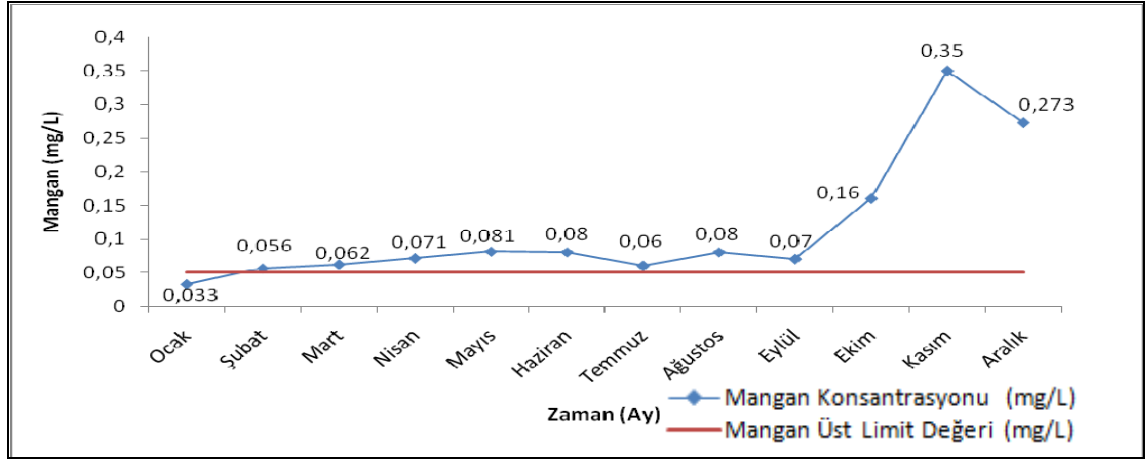
Sivas kent içme suyu ihtiyacının karşılandığı 4 Eylül Barajı suyunda Mn parametresinin yıl boyunca haftalık analizi yapılarak takip edilmiştir. 2010 yılı süresince yapılan analizlerin aylık en yüksek Mn konsantrasyon değerleri Şekil 2'de görülmektedir.



Şekil 2. Aylık en yüksek mangan değerleri (*Monthly values of the highest of manganese*)

Yapılan ölçümlerde en yüksek Mn konsantrasyonu aralık ayı içerisinde 0,553 mg/l olarak ölçülmüştür. Mn konsantrasyonunun ocak ayı ile eylül ayı arasında çok fazla değişmediği ancak ekim ayı ile birlikte

yükselmeye başladığı görülmüştür. Mn konsantrasyonundaki artış kasım ayı boyunca devam etmiş olup aralık ayı ile birlikte tekrar düşmeye başlamıştır Mn ölçümlerinin aylık ortalamaları Şekil 3'de görülmektedir.



Şekil 3. Aylık ortalama mangan değerleri (Monthly average values of manganese)

Yapılan deneysel çalışmalar sırasında alınan numunenin Mn konsantrasyonu 0,457 mg/l olarak bulunmuştur. Hamsu numunesi için farklı koagülantlar kullanılarak manganın

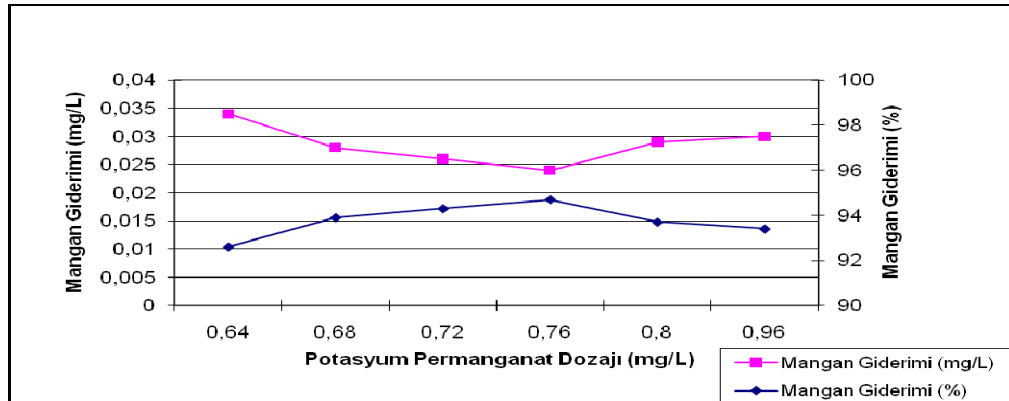
giderilmesine çalışılmıştır. Koagülant olarak  $KMnO_4$  kullanımı durumunda, koagülant dozajları ve elde edilen Mn giderim verimleri Tablo 1'de görülmektedir.

Tablo 1.  $KMnO_4$  ile mangan giderimi (Manganese removal with  $KMnO_4$ )

Numune No	$KMnO_4$ Dozajı (mg/L)	$FeCl_3$ Dozajı (mg/L)	Anyonik Polielektrolit Dozajı (mg/L)	Çıkış Mangan Konsantrasyonu (mg/L)	Mangan Giderimi (%)
1	0,64	-	-	0,034	92,6
2	0,68	-	-	0,028	93,9
3	0,72	-	-	0,026	94,3
4	0,76	-	-	0,024	94,7
5	0,8	-	-	0,029	93,7
6	0,96	-	-	0,03	93,4

Koagülant olarak  $KMnO_4$  kullanımı sonucu elde edilen mangan giderimi (mg/L) ve giderim verimi (%) Şekil 4'de görülmektedir. Mangan gideriminin de, çok güçlü bir oksidant olan  $KMnO_4$  kullanıldığında dozajların tamamında verim %90'ın üzerindedir.

Maksimum giderim 0,76 mg/L  $KMnO_4$  kullanıldığında %94,7 oranında giderim gerçekleşmiştir. Bu dozajın üstünde uygulanan dozajlarda mangan giderim veriminde düşüş olduğu görülmüştür. Bu nedenle koagülant dozajında daha fazla artış yapılmamıştır.



Şekil 4.  $KMnO_4$  ile mangan giderim verimi (Manganese removal yields with  $KMnO_4$ )

FeCl<sub>3</sub> tek başına koagülant olarak kullanıldığında verimlerin çok düşük olduğu görülmektedir (Tablo 2). En yüksek verim, 6 mg/l FeCl<sub>3</sub> kullanıldığında % 32,5 olarak

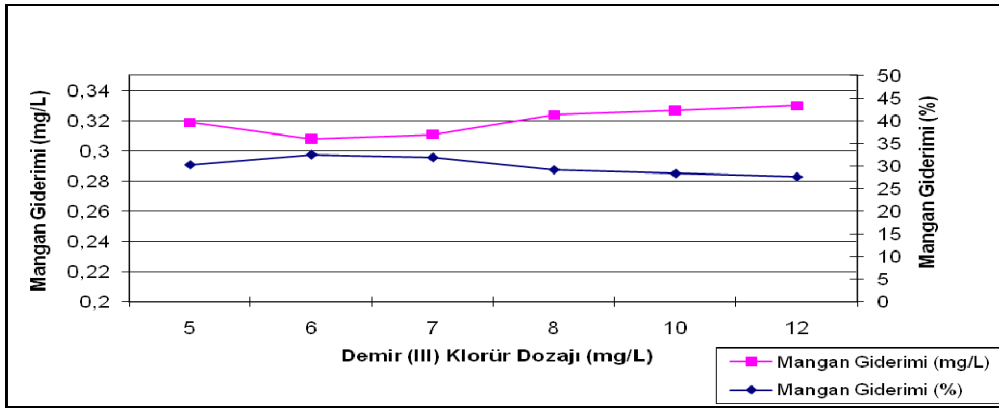
gerçekleşmiştir. FeCl<sub>3</sub> kullanımında elde edilen mangan giderimi (mg/L) ve giderim verimi (%) Şekil 5'de görülmektedir.

**Tablo 2.** FeCl<sub>3</sub> ile mangan giderimi (*Manganese removal with FeCl<sub>3</sub>*)

Numune No	KMnO <sub>4</sub> Dozajı (mg/L)	FeCl <sub>3</sub> Dozajı (mg/L)	Anyonik Polielektrolit Dozajı (mg/L)	Çıkış Mangan Konsantrasyonu (mg/L)	Mangan Giderimi (%)
1	-	5	-	0,319	30,3
2	-	6	-	0,308	32,5
3	-	7	-	0,311	31,9
4	-	8	-	0,324	29,2
5	-	10	-	0,327	28,4
6	-	12	-	0,330	27,7

Koagülant olarak FeCl<sub>3</sub> kullanılması durumunda mangan giderim veriminde meydana gelen düşüş Şekil 5'de görülmektedir. Mangan giderim verimi yaklaşık olarak %30 düzeylerinde olurken maksimum giderim 6

mg/L dozajında %32,5 düzeyinde olmuştur. Bu dozajın üzerindeki FeCl<sub>3</sub> konsantrasyonlarında ise mangan giderim veriminde düşüş gözlenmiştir.



**Şekil 5.** FeCl<sub>3</sub> ile mangan giderim verimi (*Manganese removal yields with FeCl<sub>3</sub>*)

Manganın çözülmüş hali Mn<sup>2+</sup>'dir. Oksidasyon sonucu Mn<sup>4+</sup> veya Mn<sup>3+</sup> formuna dönüşür. Oksitlenmemiş mangan genellikle arıtma ünitelerinde tutulamaz ve dağıtım şebekelerine ulaşır. Şebekede iyon halindeki mangan çözünemeyen mangan oksit formuna dönüşürse sulara olumsuz etkiler oluşturur. Mangan oksit ince floklar oluşturduğu için bazı durumlarda filtre ortamında dahi tutulması güçtür. Böyle durumlarda demir hidroksitler oksitlenmiş manganı tutarak giderimine yardımcı olabilirler (Özgün, 2007).

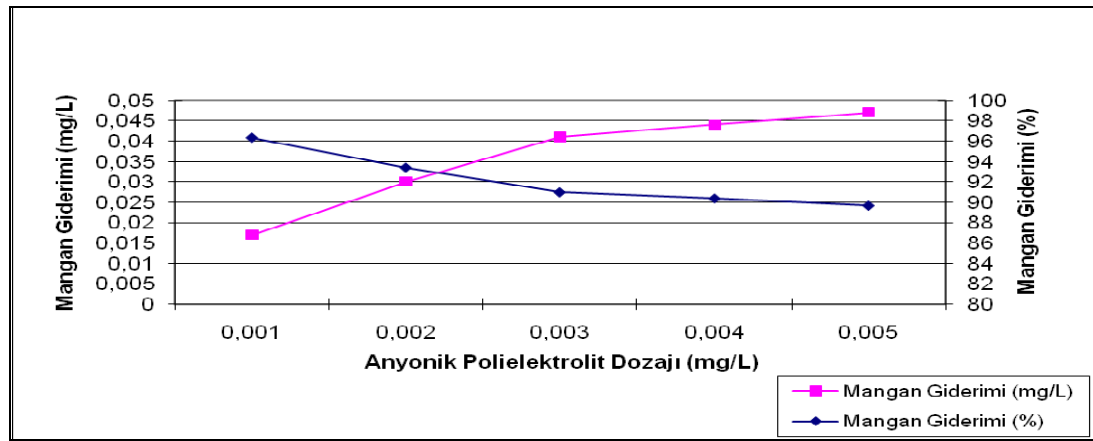
KMnO<sub>4</sub> ve FeCl<sub>3</sub> ayrı ayrı kullanılarak mangan giderim verimlerine bakıldıktan sonra her iki koagülant ile birlikte anyonik polielektrolit kullanılarak mangan giderimi çalışılmıştır. Burada; optimum dozaj olarak KMnO<sub>4</sub> için 0,76 mg/L ve FeCl<sub>3</sub> için de 6 mg/L kullanılmıştır. Her iki koagülantla birlikte Anyonik polielektrolit kullanıldığında Anyonik polielektrolit dozajları değiştirilerek mangan giderim verimi gözlenmiştir. Tesis uygulaması sırasında KMnO<sub>4</sub> dozajı değiştirilerek maksimum mangan giderim verimi elde edilmeye çalışılmıştır (Tablo 3).

**Tablo 3.**  $KMnO_4$ ,  $FeCl_3$  ve Anyonik Polielektrolit ile mangan giderimi  
(Manganese removal with  $KMnO_4$ ,  $FeCl_3$  and anionic polyelectrolic)

Numune No	$KMnO_4$ Dozajı (mg/L)	$FeCl_3$ Dozajı (mg/L)	Anyonik Polielektrolit Dozajı (mg/L)	Çıkış Mangan Konsantrasyonu (mg/L)	Mangan Giderimi (%)
1	0,76	6	0,001	0,017	96,3
2	0,76	6	0,002	0,03	93,4
3	0,76	6	0,003	0,041	91,0
4	0,76	6	0,004	0,044	90,4
5	0,76	6	0,005	0,047	89,7
6	0,76	6	0,006	0,048	89,5

Optimal olarak belirlenmiş olan  $KMnO_4$  ve  $FeCl_3$  koagülanları ile artan miktarlarda anyonik polielektrolit kullanılmıştır. Anyonik polielektrolit miktarındaki artışla birlikte

mangan giderme veriminin azaldığı gözlenmiştir. Bu uygulamada optimal giderimin 0,001 mg/L anyonik polielektrolit dozajında %96,3 olarak gerçekleştiği görülmüştür (Şekil 6).



**Şekil 6.**  $KMnO_4$ ,  $FeCl_3$  ve Anyonik Polielektrolit ile mangan giderim verimi  
(Manganese removal yields with  $KMnO_4$ ,  $FeCl_3$  and anionic polyelectrolic)

Laboratuvar koşullarında elde edilen sonuçlara bakıldığında; maksimum verimin  $KMnO_4$ ,  $FeCl_3$  ve anyonik polielektrolitin birlikte kullanılması ile elde edildiği görülmüştür. Bu koagülanların kullanılmasında elde edilen maksimum verim dozajları tesiste aynen uygulanmıştır. Ancak bu dozajların tesis ölçeğinde uygulanması durumunda verim %

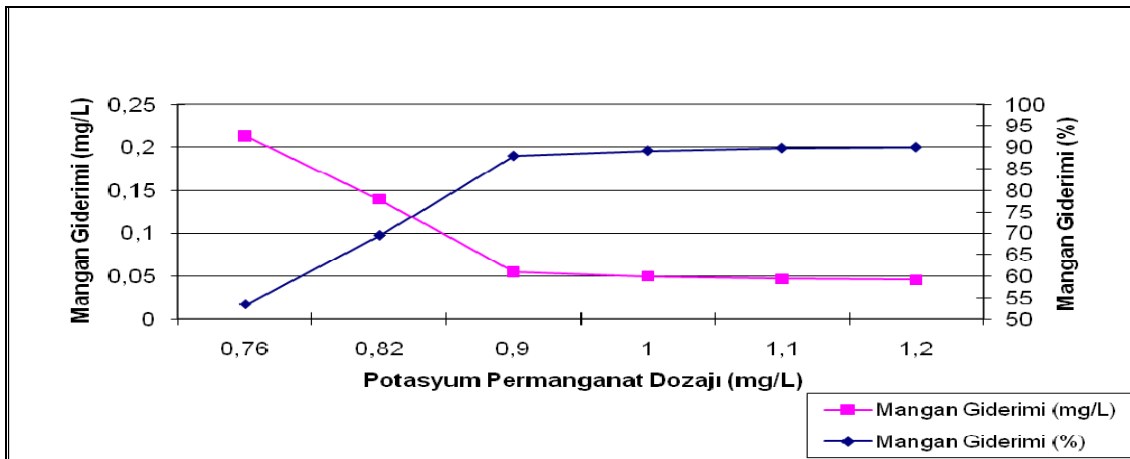
53,4 olarak gerçekleşmiştir. Bu durumda önceki çalışmalara bakıldığında (Tablo 2 ve Tablo 3) dozajın artırılması durumunda  $FeCl_3$  ve anyonik polielektrolitte mangan giderim verimlerinin düştüğü gözlenmiştir. Bu sebeple sadece  $KMnO_4$  dozajı artırılırken diğer kimyasalların dozajları sabit tutulmuştur. Bu durumda elde edilen Mn giderim verimleri Tablo 4'de görülmektedir.

**Tablo 4.** Tesiste  $KMnO_4$ ,  $FeCl_3$  ve Anyonik Polielektrolit uygulaması ile mangan giderimi  
(Manganese removal by applications of  $KMnO_4$ ,  $FeCl_3$  and anionic polyelectrolic, at the facility)

Numune No	$KMnO_4$ Dozajı (mg/L)	$FeCl_3$ Dozajı (mg/L)	Anyonik Polielektrolit Dozajı (mg/L)	Çıkış Mangan Konsantrasyonu (mg/L)	Mangan Giderimi (%)
1	0,76	6	0,001	0,213	53,4
2	0,82	6	0,001	0,140	69,4
3	0,90	6	0,001	0,055	87,9
4	1,00	6	0,001	0,050	89,1
5	1,10	6	0,001	0,047	89,7
6	1,20	6	0,001	0,046	89,9

$KMnO_4$  dozajının artmasıyla birlikte giderim verimide artmıştır. Kullanılan dozajla giderim verimine bakıldığında; 1,00 mg/l  $KMnO_4$  uygulandığında %89,1 giderim gerçekleşirken,

1,20 mg/l  $KMnO_4$  uygulanması durumunda %89,9 giderim elde edilmiştir. Bu dozajlardan itibaren miktardaki artışla birlikte verimin çok fazla değişmediği görülmüştür (Şekil 7).



**Şekil 7.** Tesiste  $KMnO_4$  +  $FeCl_3$  + Anyonik Polielektrolit uygulaması ile mangan giderim verimi  
(Manganese removal yields by applications of  $KMnO_4$ ,  $FeCl_3$  and anionic polyelectrolic, at the facility)

## SONUÇLAR (CONCLUSIONS)

Sivas 4 Eylül Barajı içme suyunda bulunan Mn konsantrasyonu her hafta yapılan analizlerle 2010 yılı boyunca düzenli olarak takip edilmiştir. Çalışmalar sonucunda Mn konsantrasyonunun ekim ayından itibaren artmaya başladığı gözlenmiştir. Bu artış aralık ayı ortalarına kadar devam etmiştir. İnsani tüketim amaçlı sular hakkında yönetmeliğe göre içme sularında Mn konsantrasyonu üst limit değeri 0,05 mg/L'dir. Yıl boyunca yapılan ölçümlerde ham sudaki Mn konsantrasyonunun yönetmelik üst limit değerinin üzerinde olduğu görülmüştür. Baraj suyunun şebekeye verilmeden önce mutlaka Mn konsantrasyonun

sınır değerlerin altına düşürülmesi gerekmektedir.

Bu amaçla yapılan çalışma sonuçlarına göre; mangan giderim veriminde tek başına kullanıldığında en etkili koagülant maddesinin  $KMnO_4$  olduğu görülmüştür.  $KMnO_4$  ile yapılan jar testi sonucunda en yüksek %94,7 giderim gerçekleşirken,  $FeCl_3$  ile yapılan çalışma sonucunda en yüksek giderim verimi %32,5 olarak gerçekleşmiştir. Mn giderimi  $KMnO_4$ ,  $FeCl_3$  ve Anyonik Polielektrolit birlikte kullanıldığında %96,3 olarak bulunmuştur.

Laboratuarda yapılan testler sonucunda en yüksek verimin gerçekleştiği koagülant madde ve miktarı tesiste uygulandığında, mangan giderimi %53,4 oranında



gerçekleşmiştir. Bu oran laboratuvarde elde edilen verimin çok altındadır. Bu nedenle tesis çalışmaları sırasında yeniden dozaj ayarlaması yapılarak optimal miktar belirlenmiştir. Koagülant madde miktarındaki artışla birlikte tesis koşullarında da %89,9 giderim gerçekleşmiştir.

Laboratuvar ölçekli elde edilen sonuçlarla tesis ortamında yapılan sonuçlar paralellik göstermemektedir. Aynı giderim verimlerinin elde edilebilmesi için tesis ortamında kullanılan koagülant dozajlarının daha fazla uygulanması gerektiği görülmüştür. İstenilen düzeyde mangan giderimini gerçekleştirmek için, en kuvvetli koagülant olan  $KMnO_4$  dozajının artırılması gerektiği öngörülmüştür.

Tesis ölçeğinde yapılan koagülant ilavesi 80 m<sup>3</sup> hacme sahip hızlı karıştırma ünitesinde gerçekleştirilirken, laboratuvar ölçeğinde ise 1 l hacme sahip cam beherde yapılmaktadır. Bu nedenle laboratuvar çalışmaları sırasında daha homojen bir karışım elde edilmesi sözkonusudur. Aynı durum filtreleme işlemi içinde geçerlidir. Su tesis ölçeğinde daha büyük hacimde kum filtrelerinde süzülürken, laboratuvar ölçeğinde küçük hacimdeki filtre kağıtlarından süzülerek filtreleme işlemi yapılmaktadır. Bu iki unsur mangan giderim verimini etkilemektedir ve tesis verimi ile laboratuvar verimleri arasında farklar oluşturmaktadır.

#### KAYNAKLAR (REFERENCES)

- Avşarar, B., 2007, *Mn (II)'nin Atmosferik Oksijenle Oksidasyonuna Organik ve İnorganik Maddelerin Etkisi*, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 86 s.
- American Ground Water Trust, 2002, *Solutions To Manganese Problems*, The American Well Owner, v.1.
- Canpolat, Ö., Çalta, M., 2001, "Keban Baraj Gölü'nde (Elazığ) Yakalanan Acanthobrama Marmid (Heckel,1843)'de Bazı Ağır Metal Düzeylerinin Belirlenmesi", *F.Ü. Fen ve Müh. Bilimleri Dergisi*, 13, 2, 263-268.
- Çil, O.H.S., Alaş, A., 2002, "Aksaray İline İçme Suyu Sağlayan Bazı Kaynaklarda Su Kalite Parametrelerinin İncelenmesi", *Ekoloji Dergisi*, Cilt:11, Sayı:42, 40-44.
- Dönderici, Z.S., Dönderici A., Başar, F., 2010, "Kaynak Sularının Fiziksel Ve Kimyasal Kaliteleri Üzerine Bir Araştırma", *Türk Hijyen ve Deneysel Biyoloji Dergisi*, 67(4), 167-172.
- Gültekin, A.H., 1997, "Manganez Yataklarının Köken Tespitinde Mineralojik ve Kimyasal Veriler", *Jeoloji Mühendisliği*, Sayı 20, 39-46.
- Özgün, H., 2007, *Oksidasyon ve Filtrasyon Aşamalarında Sularda Mangan Giderimini Etkileyen Bazı Faktörlerin Araştırılması*, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 91 s.
- Raveendran, R., Ashworth, B., Chatelier, B., 2001, "Manganese Removal In Drinking Water Systems", *64<sup>th</sup> Annual Water Industry Engineers and Operators Conference*, Bendigo, p.92-100.
- Sağlık Bakanlığı Temel Sağlık Hizmetleri Genel Müdürlüğü, *İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik*, 17 Şubat 2005 tarih, 25730 sayılı Resmi Gazete.
- Talaat, H., Ghaly, M. Y., Kamel, E. M., Ahmed, E. M., Awad, E. M., 2010, "Simultaneous Removal Iron and Manganese from Ground Water by Combined Photo-Electrochemical Method", *Journal of American Science*, vol. 6 (12)