

**KROM (VI) İNDİRGEME YAPAN ARITMA TESİSLERİNDE NANOTANECİK
YÜKLÜ AKTİF KARBON KULLANILARAK KROM (VI) GİDERİM
PERFORMANSININ ARTTIRILMASI**

ŞAHİN KALYONCU

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**DANIŞMAN
DOÇ. DR. FATİH AKTAŞ**

DÜZCE, 2023

T.C.
DÜZCE ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

KROM (VI) İNDİRGEME YAPAN ARITMA TESİSLERİNDE NANOTANECİK
YÜKLÜ AKTİF KARBON KULLANILARAK KROM (VI) GİDERİM
PERFORMANSININ ARTTIRILMASI

Şahin KALYONCU tarafından hazırlanan tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından Düzce Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Tez Danışmanı

Doç. Dr. Fatih AKTAŞ

Düzce Üniversitesi

Jüri Üyeleri

Doç. Dr. Fatih AKTAŞ

Düzce Üniversitesi

Prof. Dr. Fatih TAŞPINAR

Düzce Üniversitesi

Doç. Dr. Nazlı BALDAN PAKDİL

Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi

Dr. Öğr. Üyesi Murat SOLAK

Düzce Üniversitesi

Dr. Öğr. Üyesi Seda ASLAN KILAVUZ

Kocaeli Üniversitesi

Tez Savunma Tarihi: 20/07/2023

BEYAN

Bu tez çalışmasının kendi çalışmam olduğunu, tezin planlanmasından yazımına kadar bütün aşamalarda etik dışı davranışımın olmadığını, bu tezdeki bütün bilgileri akademik ve etik kurallar içinde elde ettiğimi, bu tez çalışmasıyla elde edilmeyen bütün bilgi ve yorumlara kaynak gösterdiğimi ve bu kaynakları da kaynaklar listesine aldığımı, yine bu tezin çalışılması ve yazımı sırasında patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışımın olmadığını beyan ederim.

20.07.2023

Şahin KALYONCU

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans öğrenimimde ve bu tezin hazırlanmasında gösterdiği her türlü destek ve yardımdan dolayı çok değerli danışman hocam Doç. Dr. Fatih AKTAŞ'a en içten dileklerimle teşekkür ederim.

Yüksek lisans öğrenimine başlamamı teşvik eden ve bu konuyla ilgili başvuru dönemimdeki prosedürlerin takibi hakkında gerekli yönlendirmeleri yaparak bana yardımcı olan Düzce Meslek Yüksek Okul Müdür Yardımcısı Öğretim Görevlisi Seymen ÇİFTÇİ'ye de şükranlarımı sunarım.

Bu çalışma boyunca yardımlarını ve desteklerini esirgemeyen sevgili eşime, aileme ve özellikle uygulama sürecindeki destekleriyle Sarsılmaz Silah Sanayi AŞ'deki çalışma arkadaşlarıma sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Bu tez çalışması, Düzce Üniversitesi 2022.06.02.1275 numaralı Bilimsel Araştırma Projesiyle (BAP) desteklenmiştir.

20.07.2023
Şahin KALYONCU

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ŞEKİL LİSTESİ.....	vii
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xiv
GÖRSEL LİSTESİ.....	xvii
KISALTMALAR.....	xviii
SİMGELER	xix
ÖZET.....	xx
ABSTRACT	xxi
1. GİRİŞ.....	1
2.ADSORPSİYON.....	2
2.1. ADSORPSİYON TİPLERİ.....	2
2.1.1. Fiziksel Adsorpsiyon.....	2
2.1.2. Kimyasal Adsorpsiyon.....	2
2.1.3. Değişim Adsorpsiyonu.....	2
2.2. ADSORPSİYONU ETKİLEYEN FAKTÖRLER.....	3
3. AKTİF KARBON.....	4
3.1. AKTİF KARBONUN GENEL ÖZELLİKLERİ.....	4
3.1.1. Aktif Karbonun Fiziksel Özellikleri.....	4
3.1.1.1. Yüzey Alanı.....	4
3.1.1.2. Gözenek Yapısı.....	5
3.1.2. Aktif Karbonun Kimyasal Özellikleri.....	5
3.1.3. Aktif Karbonun Türleri.....	5
3.1.3.1. PAC (Toz Aktif Karbon)	5
3.1.3.2. GAC (Granüler Aktif Karbon).....	6
3.1.3.3. Pellet AC (Pellet Aktif Karbon).....	6
4. Cr (IV) VE ÖZELLİKLERİ.....	7

4.1. CR (IV)'İN TANIMI.....	7
4.2. CR (IV)'İN KAYNAKLARI.....	7
4.3. SULARDAKİ CR (IV) VE ZARARLI ETKİLERİ.....	7
4.3.1. Sularda Bulunan Krom Türleri.....	8
4.4. CR (VI) KİRLİLİĞİNİN CANLI SAĞLIĞI ÜZERİNDEKİ ETKİLE.....	8
4.5. CR (VI) GİDERİM YÖNTEMLERİ.....	9
5. MATERYAL VE YÖNTEM	10
5.1. MATERYAL.....	10
5.1.1. Kullanılan Kimyasal Malzemeler.....	10
5.1.2. Kullanılan Cihazlar.....	10
5.2. YÖNTEM.....	10
5.2.1. Gümüş Nanopartikül Sentezlenmesi.....	11
5.2.2. Gümüş Nanopartikül SEM Görüntüleme.....	11
5.2.3. pH, Zaman ve Adsorban Optimizasyonu	11
6. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	12
7. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	76
8. KAYNAKLAR.....	77
ÖZGEÇMİŞ.....	78

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa No

Şekil 6.1. pH 10'da toplam krom konsantrasyonu 2,109 mg/l olan atık suyun 9 kg'lık standart AC filtre ve AgNP filtrelerden geçirilerek adsorbsiyon kapasitesinin temas süresine bağlı olarak değişimini karşılaştırılması.....	13
Şekil 6.2. pH 10'da Cr^{+6} konsantrasyonu 1,424 mg/l olan atık suyun 9 kg'lık standart AC filtre ve AgNP filtrelerden geçirilerek adsorbsiyon kapasitesinin temas süresine bağlı olarak değişiminin karşılaştırılması.....	14
Şekil 6.3. pH 10'da AKM konsantrasyonu 146,2 mg/l olan atık suyun 9 kg'lık standart AC ve AgNP filtrelerden geçirilerek adsorbsiyon kapasitesinin temas süresine bağlı olarak değişiminin karşılaştırılması.....	14
Şekil 6.4. pH 10'da toplam krom konsantrasyonu 2,109 mg/l olan atık suyun 12 kg'lık standart AC filtre ve AgNP filtrelerden geçirilerek adsorbsiyon kapasitesinin temas süresine bağlı olarak değişiminin karşılaştırılması.....	15
Şekil 6.5. pH 10'da Cr^{+6} konsantrasyonu 1,424 mg/l olan atık suyun 12 kg'lık standart AC filtre ve AgNP filtrelerden geçirilerek adsorbsiyon kapasitesinin temas süresine bağlı olarak değişiminin karşılaştırılması.....	16
Şekil 6.6. pH 10'da AKM konsantrasyonu 146,2 mg/l olan atık suyun 12 kg'lık standart AC ve AgNP filtrelerden geçirilerek adsorbsiyon kapasitesinin temas süresine bağlı olarak değişiminin karşılaştırılması.....	17
Şekil 6.7. p 10'da toplam krom konsantrasyonu 2,109 mg/l olan atık suyun 15 kg'lık standart AC filtre ve AgNP filtrelerden geçirilerek adsorbsiyon kapasitesinin temas süresine bağlı olarak değişiminin karşılaştırılması.....	18
Şekil 6.8. pH 10'da Cr^{+6} konsantrasyonu 1,424 mg/l olan atık suyun 15 kg'lık standart AC filtre ve AgNP filtrelerden geçirilerek adsorbsiyon kapasitesinin temas süresine bağlı olarak değişiminin karşılaştırılması.....	18
Şekil 6.9. pH 10'da AKM konsantrasyonu 146,2 mg/l olan atık suyun 15 kg'lık standart AC ve AgNP filtrelerden geçirilerek adsorbsiyon kapasitesinin temas süresine bağlı olarak değişiminin karşılaştırılması.....	19
Şekil 6.10. pH 8'de toplam krom konsantrasyonu 2,109 mg/l olan atık suyun 9 kg'lık standart AC filtre ve AgNP filtrelerden geçirilerek adsorbsiyon kapasitesinin temas süresine bağlı olarak değişiminin karşılaştırılması.	20
Şekil 6.11. pH 8'de Cr^{+6} konsantrasyonu 1,424 mg/l olan atık suyun 9 kg'lık standart AC filtre ve AgNP filtrelerden geçirilerek adsorbsiyon kapasitesinin temas süresine bağlı olarak değişiminin karşılaştırılması.....	21
Şekil 6.12. pH 8'de AKM konsantrasyonu 146,2 mg/l olan atık suyun 9 kg'lık standart AC ve AgNP filtrelerden geçirilerek adsorbsiyon kapasitesinin temas süresine bağlı olarak değişiminin karşılaştırılması.....	22

Şekil 6.13. pH 8’de toplam krom konsantrasyonu 2,109 mg/l olan atık suyun 12 kg’lık standart AC filtre ve AgNP filtrelerden geçirilerek adsorbsiyon kapasitesinin temas süresine bağlı olarak değişiminin karşılaştırılması.....	23
Şekil 6.14. pH 8’de Cr ⁺⁶ konsantrasyonu 1,424 mg/l olan atık suyun 12 kg’lık standart AC filtre ve AgNP filtrelerden geçirilerek adsorbsiyon kapasitesinin temas süresine bağlı olarak değişiminin karşılaştırılması.....	24
Şekil 6.15. pH 8’de AKM konsantrasyonu 146,2 mg/l olan atık suyun 12 kg’lık standart AC ve AgNP filtrelerden geçirilerek adsorbsiyon kapasitesinin temas süresine bağlı olarak değişiminin karşılaştırılması.....	24
Şekil 6.16. pH 8’de toplam krom konsantrasyonu 2,109 mg/l olan atık suyun 15 kg’lık standart AC filtre ve AgNP filtrelerden geçirilerek adsorbsiyon kapasitesinin temas süresine bağlı olarak değişiminin karşılaştırılması.....	25
Şekil 6.17. pH 8’de Cr ⁺⁶ konsantrasyonu 1,424 mg/l olan atık suyun 15 kg’lık standart AC filtre ve AgNP filtrelerden geçirilerek adsorbsiyon kapasitesinin temas süresine bağlı olarak değişiminin karşılaştırılması.....	26
Şekil 6.18. pH 8’de AKM konsantrasyonu 146,2 mg/l olan atık suyun 15 kg’lık standart AC ve AgNP filtrelerden geçirilerek adsorbsiyon kapasitesinin temas süresine bağlı olarak değişiminin karşılaştırılması.....	27
Şekil 6.19. pH 6’da toplam krom konsantrasyonu 2,109 mg/l olan atık suyun 9 kg’lık standart AC filtre ve AgNP filtrelerden geçirilerek adsorbsiyon kapasitesinin temas süresine bağlı olarak değişiminin karşılaştırılması.....	28
Şekil 6.20. pH 6’da Cr ⁺⁶ konsantrasyonu 1,424 mg/l olan atık suyun 9 kg’lık standart AC filtre ve AgNP filtrelerden geçirilerek adsorbsiyon kapasitesinin temas süresine bağlı olarak değişiminin karşılaştırılması.....	29
Şekil 6.21. pH 6’da AKM konsantrasyonu 146,2 mg/l olan atık suyun 9 kg’lık standart AC ve AgNP filtrelerden geçirilerek adsorbsiyon kapasitesinin temas süresine bağlı olarak değişiminin karşılaştırılması.....	29
Şekil 6.22. pH 6’da toplam krom konsantrasyonu 2,109 mg/l olan atık suyun 12 kg’lık standart AC filtre ve AgNP filtrelerden geçirilerek adsorbsiyon kapasitesinin temas süresine bağlı olarak değişiminin karşılaştırılması.....	30
Şekil 6.23. pH 6’da Cr ⁺⁶ konsantrasyonu 1,424 mg/l olan atık suyun 12 kg’lık standart AC filtre ve AgNP filtrelerden geçirilerek adsorbsiyon kapasitesinin temas süresine bağlı olarak değişiminin karşılaştırılması.....	31
Şekil 6.24. pH 6’da AKM konsantrasyonu 146,2 mg/l olan atık suyun 12 kg’lık standart AC ve AgNP filtrelerden geçirilerek adsorbsiyon kapasitesinin temas süresine bağlı olarak değişiminin karşılaştırılması.....	32
Şekil 6.25. pH 6’da toplam krom konsantrasyonu 2,109 mg/l olan atık suyun 15 kg’lık standart AC filtre ve AgNP filtrelerden geçirilerek adsorbsiyon kapasitesinin temas süresine bağlı olarak değişiminin karşılaştırılması.....	33
Şekil 6.26. pH 6’da Cr ⁺⁶ konsantrasyonu 1,424 mg/l olan atık suyun 15 kg’lık standart AC filtre ve AgNP filtrelerden geçirilerek adsorbsiyon kapasitesinin temas süresine bağlı olarak değişiminin karşılaştırılması.....	34

Şekil 6.27. pH 6'da AKM konsantrasyonu 146,2 mg/l olan atık suyun 15 kg'lık standart AC ve AgNP filtrelerden geçirilerek adsorbsiyon kapasitesinin temas süresine bağlı olarak değişiminin karşılaştırılması.....	34
Şekil 6.28. Girişteki toplam krom konsantrasyonu 2,109 mg/l olan atık suyun 9 kg'lık standart AC filtre ve AgNP filtrelerden geçirilerek 30. dakikadaki adsorbsiyon kapasitesinin pH değerine bağlı değişiminin karşılaştırılması.....	35
Şekil 6.29. Girişteki Cr^{+6} konsantrasyonu 1,424 mg/l olan atık suyun 9 kg'lık standart AC filtre ve AgNP filtrelerden geçirilerek 30. dakikadaki adsorbsiyon kapasitesinin pH değerine bağlı değişiminin karşılaştırılması.....	36
Şekil 6.30. Girişteki AKM konsantrasyonu 146,2 mg/l olan atık suyun 9 kg'lık standart AC filtre ve AgNP filtrelerden geçirilerek 30. dakikadaki adsorbsiyon kapasitesinin pH değerine bağlı değişiminin karşılaştırılması.....	37
Şekil 6.31. Girişteki toplam krom konsantrasyonu 2,109 mg/l olan atık suyun 9 kg'lık standart AC filtre ve AgNP filtrelerden geçirilerek 60. dakikadaki adsorbsiyon kapasitesinin pH değerine bağlı değişiminin karşılaştırılması.....	38
Şekil 6.32. Girişteki Cr^{+6} konsantrasyonu 1,424 mg/l olan atık suyun 9 kg'lık standart AC filtre ve AgNP filtrelerden geçirilerek 60. dakikadaki adsorbsiyon kapasitesinin pH değerine bağlı değişiminin karşılaştırılması.....	39
Şekil 6.33. Girişteki AKM konsantrasyonu 146,2 mg/l olan atık suyun 9 kg'lık standart AC filtre ve AgNP filtrelerden geçirilerek 60. dakikadaki adsorbsiyon kapasitesinin pH değerine bağlı değişiminin karşılaştırılması.....	39
Şekil 6.34. Girişteki toplam krom konsantrasyonu 2,109 mg/l olan atık suyun 9 kg'lık standart AC filtre ve AgNP filtrelerden geçirilerek 90. dakikadaki adsorbsiyon kapasitesinin pH değerine bağlı değişiminin karşılaştırılması.....	40
Şekil 6.35. Girişteki Cr^{+6} konsantrasyonu 1,424 mg/l olan atık suyun 9 kg'lık standart AC filtre ve AgNP filtrelerden geçirilerek 90. dakikadaki adsorbsiyon kapasitesinin pH değerine bağlı değişiminin karşılaştırılması.....	41
Şekil 6.36. Girişteki AKM konsantrasyonu 146,2 mg/l olan atık suyun 9 kg'lık standart AC filtre ve AgNP filtrelerden geçirilerek 90. dakikadaki adsorbsiyon kapasitesinin pH değerine bağlı değişiminin karşılaştırılması.....	42
Şekil 6.37. Girişteki toplam krom konsantrasyonu 2,109 mg/l olan atık suyun 12 kg'lık standart AC filtre ve AgNP filtrelerden geçirilerek 30. dakikadaki adsorbsiyon kapasitesinin pH değerine bağlı değişiminin karşılaştırılması.....	43
Şekil 6.38. Girişteki Cr^{+6} konsantrasyonu 1,424 mg/l olan atık suyun 12 kg'lık standart AC filtre ve AgNP filtrelerden geçirilerek 30. dakikadaki adsorbsiyon kapasitesinin pH değerine bağlı değişiminin karşılaştırılması.....	44
Şekil 6.39. Girişteki AKM konsantrasyonu 146,2 mg/l olan atık suyun 12 kg'lık standart AC filtre ve AgNP filtrelerden geçirilerek 30. dakikadaki adsorbsiyon kapasitesinin pH değerine bağlı değişiminin karşılaştırılması.....	44
Şekil 6.40. Girişteki toplam krom konsantrasyonu 2,109 mg/l olan atık suyun 12 kg'lık standart AC filtre ve AgNP filtrelerden geçirilerek 60. dakikadaki adsorbsiyon kapasitesinin pH değerine bağlı değişiminin karşılaştırılması.	45

Şekil 6.41. Girişteki Cr^{+6} konsantrasyonu 1,424 mg/l olan atık suyun 12 kg'lık standart AC filtre ve AgNP filtrelerden geçirilerek 60. dakikadaki adsorbsiyon kapasitesinin pH değerine bağlı değişiminin karşılaştırılması.....	46
Şekil 6.42. Girişteki AKM konsantrasyonu 146,2 mg/l olan atık suyun 12 kg'lık standart AC filtre ve AgNP filtrelerden geçirilerek 60. dakikadaki adsorbsiyon kapasitesinin pH değerine bağlı değişiminin karşılaştırılması.....	47
Şekil 6.43. Girişteki toplam krom konsantrasyonu 2,109 mg/l olan atık suyun 12 kg'lık standart AC filtre ve AgNP filtrelerden geçirilerek 90. dakikadaki adsorbsiyon kapasitesinin pH değerine bağlı değişiminin karşılaştırılması.....	48
Şekil 6.44. Girişteki Cr^{+6} konsantrasyonu 1,424 mg/l olan atık suyun 12 kg'lık standart AC filtre ve AgNP filtrelerden geçirilerek 90. dakikadaki adsorbsiyon kapasitesinin pH değerine bağlı değişiminin karşılaştırılması.....	49
Şekil 6.45. Girişteki AKM konsantrasyonu 146,2 mg/l olan atık suyun 12 kg'lık standart AC filtre ve AgNP filtrelerden geçirilerek 90. dakikadaki adsorbsiyon kapasitesinin pH değerine bağlı değişiminin karşılaştırılması.....	49
Şekil 6.46. Girişteki toplam krom konsantrasyonu 2,109 mg/l olan atık suyun 15 kg'lık standart AC filtre ve AgNP filtrelerden geçirilerek 30. dakikadaki adsorbsiyon kapasitesinin pH değerine bağlı değişiminin karşılaştırılması.....	50
Şekil 6.47. Girişteki Cr^{+6} konsantrasyonu 1,424 mg/l olan atık suyun 15 kg'lık standart AC filtre ve AgNP filtrelerden geçirilerek 30. dakikadaki adsorbsiyon kapasitesinin pH değerine bağlı değişiminin karşılaştırılması.....	51
Şekil 6.48. Girişteki AKM konsantrasyonu 146,2 mg/l olan atık suyun 15 kg'lık standart AC filtre ve AgNP filtrelerden geçirilerek 30. dakikadaki adsorbsiyon kapasitesinin pH değerine bağlı değişiminin karşılaştırılması.....	52
Şekil 6.49. Girişteki toplam krom konsantrasyonu 2,109 mg/l olan atık suyun 15 kg'lık standart AC filtre ve AgNP filtrelerden geçirilerek 60. dakikadaki adsorbsiyon kapasitesinin pH değerine bağlı değişiminin karşılaştırılması.....	53
Şekil 6.50. Girişteki Cr^{+6} konsantrasyonu 1,424 mg/l olan atık suyun 15 kg'lık standart AC filtre ve AgNP filtrelerden geçirilerek 60. dakikadaki adsorbsiyon kapasitesinin pH değerine bağlı değişiminin karşılaştırılması.....	54
Şekil 6.51. Girişteki AKM konsantrasyonu 146,2 mg/l olan atık suyun 15 kg'lık standart AC filtre ve AgNP filtrelerden geçirilerek 60. dakikadaki adsorbsiyon kapasitesinin pH değerine bağlı değişiminin karşılaştırılması.....	54
Şekil 6.52. Girişteki toplam krom konsantrasyonu 2,109 mg/l olan atık suyun 15 kg'lık standart AC filtre ve AgNP filtrelerden geçirilerek 90. dakikadaki adsorbsiyon kapasitesinin pH değerine bağlı değişiminin karşılaştırılması.....	55
Şekil 6.53. Girişteki Cr^{+6} konsantrasyonu 1,424 mg/l olan atık suyun 15 kg'lık standart AC filtre ve AgNP filtrelerden geçirilerek 90. dakikadaki adsorbsiyon kapasitesinin pH değerine bağlı değişiminin karşılaştırılması.....	56
Şekil 6.54. Girişteki AKM konsantrasyonu 146,2 mg/l olan atık suyun 15 kg'lık standart AC filtre ve AgNP filtrelerden geçirilerek 90. dakikadaki adsorbsiyon kapasitesinin pH değerine bağlı değişiminin karşılaştırılması.....	57

Şekil 6.55. pH 10'da girişteki toplam krom konsantrasyonu 2,109 mg/l olan atık suyun farklı miktarlardaki standart AC filtre ve AgNP filtrelerden geçirilerek 30. dakikadaki adsorpsiyon kapasitesinin adsorban miktarına bağlı değişiminin karşılaştırılması.....	58
Şekil 6.56. pH 10'da girişteki Cr^{+6} konsantrasyonu 1,424 mg/l olan atık suyun farklı miktarlardaki standart AC filtre ve AgNP filtrelerden geçirilerek 30. dakikadaki adsorbsiyon kapasitesinin adsorban miktarına bağlı değişiminin karşılaştırılması.....	59
Şekil 6.57. pH 10'da girişteki AKM konsantrasyonu 146,2 mg/l olan atık suyun farklı miktarlardaki standart AC filtre ve AgNP filtrelerden geçirilerek 30. dakikadaki adsorbsiyon kapasitesinin adsorban miktarına bağlı değişiminin karşılaştırılması.....	59
Şekil 6.58. pH 8'de girişteki toplam krom konsantrasyonu 2,109 mg/l olan atık suyun farklı miktarlardaki standart AC filtre ve AgNP filtrelerden geçirilerek 30. dakikadaki adsorpsiyon kapasitesinin adsorban miktarına bağlı değişiminin karşılaştırılması.....	60
Şekil 6.59 pH 8'de girişteki Cr^{+6} konsantrasyonu 1,424 mg/l olan atık suyun farklı miktarlardaki standart AC filtre ve AgNP filtrelerden geçirilerek 30. dakikadaki adsorbsiyon kapasitesinin adsorban miktarına bağlı değişiminin karşılaştırılması.....	61
Şekil 6.60. pH 8'de girişteki AKM konsantrasyonu 146,2 mg/l olan atık suyun farklı miktarlardaki standart AC filtre ve AgNP filtrelerden geçirilerek 30. dakikadaki adsorbsiyon kapasitesinin adsorban miktarına bağlı değişiminin karşılaştırılması.....	62
Şekil 6.61. pH 6'da girişteki toplam krom konsantrasyonu 2,109 mg/l olan atık suyun farklı miktarlardaki standart AC filtre ve AgNP filtrelerden geçirilerek 30. dakikadaki adsorpsiyon kapasitesinin adsorban miktarına bağlı değişiminin karşılaştırılması.....	63
Şekil 6.62. pH 6'da girişteki Cr^{+6} konsantrasyonu 1,424 mg/l olan atık suyun farklı miktarlardaki standart AC filtre ve AgNP filtrelerden geçirilerek 30. dakikadaki adsorbsiyon kapasitesinin adsorban miktarına bağlı değişiminin karşılaştırılması.....	64
Şekil 6.63. pH 6'da girişteki AKM konsantrasyonu 146,2 mg/l olan atık suyun farklı miktarlardaki standart AC filtre ve AgNP filtrelerden geçirilerek 30. dakikadaki adsorbsiyon kapasitesinin adsorban miktarına bağlı değişiminin karşılaştırılması.....	64
Şekil 6.64. pH 10'da girişteki toplam krom konsantrasyonu 2,109 mg/l olan atık suyun farklı miktarlardaki standart AC filtre ve AgNP filtrelerden geçirilerek 60. dakikadaki adsorpsiyon kapasitesinin adsorban miktarına bağlı değişiminin karşılaştırılması.....	65
Şekil 6.65. pH 10'da girişteki Cr^{+6} konsantrasyonu 1,424 mg/l olan atık suyun farklı miktarlardaki standart AC filtre ve AgNP filtrelerden geçirilerek 60. dakikadaki adsorbsiyon kapasitesinin adsorban miktarına bağlı değişiminin karşılaştırılması.....	66
Şekil 6.66. pH 10'da girişteki AKM konsantrasyonu 146,2 mg/l olan atık suyun farklı miktarlardaki standart AC filtre ve AgNP filtrelerden geçirilerek 60. dakikadaki adsorbsiyon kapasitesinin adsorban miktarına bağlı değişiminin karşılaştırılması.....	67
Şekil 6.67. pH 8'de girişteki toplam krom konsantrasyonu 2,109 mg/l olan atık suyun farklı miktarlardaki standart AC filtre ve AgNP filtrelerden geçirilerek 60. dakikadaki adsorpsiyon kapasitesinin adsorban miktarına bağlı değişiminin karşılaştırılması.....	68
Şekil 6.68. pH 8'de girişteki Cr^{+6} konsantrasyonu 1,424 mg/l olan atık suyun farklı miktarlardaki standart AC filtre ve AgNP filtrelerden geçirilerek 60. dakikadaki adsorbsiyon kapasitesinin adsorban miktarına bağlı değişiminin karşılaştırılması.....	69

Şekil 6.69. pH 8’de girişteki AKM konsantrasyonu 146,2 mg/l olan atık suyun farklı miktarlardaki standart AC filtre ve AgNP filtrelerden geçirilerek 60. dakikadaki adsorpsiyon kapasitesinin adsorban miktarına bağlı değişiminin karşılaştırılması.....	69
Şekil 6.70. pH 6’da girişteki toplam krom konsantrasyonu 2,109 mg/l olan atık suyun farklı miktarlardaki standart AC filtre ve AgNP filtrelerden geçirilerek 60. dakikadaki adsorpsiyon kapasitesinin adsorban miktarına bağlı değişiminin karşılaştırılması.....	70
Şekil 6.71. pH 6’da girişteki Cr ⁺⁶ konsantrasyonu 1,424 mg/l olan atık suyun farklı miktarlardaki standart AC filtre ve AgNP filtrelerden geçirilerek 60. dakikadaki adsorpsiyon kapasitesinin adsorban miktarına bağlı değişiminin karşılaştırılması.....	71
Şekil 6.72. pH 6’da girişteki AKM konsantrasyonu 146,2 mg/l olan atık suyun farklı miktarlardaki standart AC filtre ve AgNP filtrelerden geçirilerek 60. dakikadaki adsorpsiyon kapasitesinin adsorban miktarına bağlı değişiminin karşılaştırılması.....	72
Şekil 6.73. pH 10’da girişteki toplam krom konsantrasyonu 2,109 mg/l olan atık suyun farklı miktarlardaki standart AC filtre ve AgNP filtrelerden geçirilerek 90. dakikadaki adsorpsiyon kapasitesinin adsorban miktarına bağlı değişiminin karşılaştırılması.....	73
Şekil 6.74. pH 10’da girişteki Cr ⁺⁶ konsantrasyonu 1,424 mg/l olan atık suyun farklı miktarlardaki standart AC filtre ve AgNP filtrelerden geçirilerek 90. dakikadaki adsorpsiyon kapasitesinin adsorban miktarına bağlı değişiminin karşılaştırılması.....	74
Şekil 6.75. pH 10’da girişteki AKM konsantrasyonu 146,2 mg/l olan atık suyun farklı miktarlardaki standart AC filtre ve AgNP filtrelerden geçirilerek 90. dakikadaki adsorpsiyon kapasitesinin adsorban miktarına bağlı değişiminin karşılaştırılması.....	74
Şekil 6.76. pH 8’de girişteki toplam krom konsantrasyonu 2,109 mg/l olan atık suyun farklı miktarlardaki standart AC filtre ve AgNP filtrelerden geçirilerek 90. dakikadaki adsorpsiyon kapasitesinin adsorban miktarına bağlı değişiminin karşılaştırılması.....	75
Şekil 6.77. pH 8’de girişteki Cr ⁺⁶ konsantrasyonu 1,424 mg/l olan atık suyun farklı miktarlardaki standart AC filtre ve AgNP filtrelerden geçirilerek 90. dakikadaki adsorpsiyon kapasitesinin adsorban miktarına bağlı değişiminin karşılaştırılması.....	76
Şekil 6.78. pH 8’de girişteki AKM konsantrasyonu 146,2 mg/l olan atık suyun farklı miktarlardaki standart AC filtre ve AgNP filtrelerden geçirilerek 90. dakikadaki adsorpsiyon kapasitesinin adsorban miktarına bağlı değişiminin karşılaştırılması.....	77
Şekil 6.79. pH 6’da girişteki toplam krom konsantrasyonu 2,109 mg/l olan atık suyun farklı miktarlardaki standart AC filtre ve AgNP filtrelerden geçirilerek 90. dakikadaki adsorpsiyon kapasitesinin adsorban miktarına bağlı değişiminin karşılaştırılması.....	78
Şekil 6.80. pH 6’da girişteki Cr ⁺⁶ konsantrasyonu 1,424 mg/l olan atık suyun farklı miktarlardaki standart AC filtre ve AgNP filtrelerden geçirilerek 90. dakikadaki adsorpsiyon kapasitesinin adsorban miktarına bağlı değişiminin karşılaştırılması.....	79
Şekil 6.81. pH 6’da girişteki AKM konsantrasyonu 146,2 mg/l olan atık suyun farklı miktarlardaki standart AC filtre ve AgNP filtrelerden geçirilerek 90. dakikadaki adsorpsiyon kapasitesinin adsorban miktarına bağlı değişiminin karşılaştırılması.....	79
Şekil 6.82. pH 6’da toplam krom konsantrasyonu 1,964 mg/l olan atık suyun 15 kg’lık standart AC filtre ve AgNP filtrelerden geçirilerek adsorpsiyon kapasitesinin temas süresine bağlı olarak değişiminin karşılaştırılması.....	80

Şekil 6.83. pH 6’da Cr^{+6} konsantrasyonu 1,375 mg/l olan atık suyun 15 kg’lık standart AC filtre ve AgNP filtrelerden geçirilerek adsorbsiyon kapasitesinin temas süresine bağlı olarak değişiminin karşılaştırılması.....	81
Şekil 6.84. pH 6’da AKM konsantrasyonu 142,6 mg/l olan atık suyun 15 kg’lık standart AC ve AgNP filtrelerden geçirilerek adsorbsiyon kapasitesinin temas süresine bağlı olarak değişiminin karşılaştırılması.....	81
Şekil 6.85. pH 6’da toplam krom konsantrasyonu 1,983 mg/l olan atık suyun 15 kg’lık standart AC filtre ve AgNP filtrelerden geçirilerek adsorbsiyon kapasitesinin temas süresine bağlı olarak değişiminin karşılaştırılması.....	82
Şekil 6.86. pH 6’da Cr^{+6} konsantrasyonu 1,374 mg/l olan atık suyun 15 kg’lık standart AC filtre ve AgNP filtrelerden geçirilerek adsorbsiyon kapasitesinin temas süresine bağlı olarak değişiminin karşılaştırılması.....	83
Şekil 6.87. pH 6’da AKM konsantrasyonu 146,5 mg/l olan atık suyun 15 kg’lık standart AC ve AgNP filtrelerden geçirilerek adsorbsiyon kapasitesinin temas süresine bağlı olarak değişiminin karşılaştırılması.....	83
Şekil 6.88. Pourbaix diyagramı sulu ortamda hangi krom türünün baskın olacağını göstermektedir. Diyagram, krom türlerinin farklı pH aralıklarında ve redoks potansiyelindeki termodinamik.....	84

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa No

Çizelge 6.1. Artıma Tesisi çıkışındaki (Karbon filtrelerle girmeden önce) kirletici konsantrasyon değerleri.....	12
Çizelge 6.2. pH 10'da girişteki kirletici konsantrasyonları bilinen atık suyun 9 kg'lık standart AC ve AgNP filtrelerden geçirildikten sonraki çıkış suyu kirletici konsantrasyon değerleri.....	13
Çizelge 6.3. pH 10'da girişteki kirletici konsantrasyonları bilinen atık suyun 12 kg'lık standart AC filtre ve AgNP filtrelerden geçirildikten sonraki çıkış suyu kirletici konsantrasyon değerleri.....	15
Çizelge 6.4. pH 10'da girişteki kirletici konsantrasyonları bilinen atık suyun 15 kg'lık standart AC ve AgNP filtrelerden geçirildikten sonraki çıkış suyu kirletici konsantrasyon değerleri.....	17
Çizelge 6.5. pH 8'de girişteki kirletici konsantrasyonları bilinen atık suyun 9 kg'lık standart AC ve AgNP filtrelerden geçirildikten sonraki çıkış suyu kirletici konsantrasyon değerleri.....	20
Çizelge 6.6. pH 8'de girişteki kirletici konsantrasyonları bilinen atık suyun 12 kg'lık standart AC ve AgNP filtrelerden geçirildikten sonraki çıkış suyu kirletici konsantrasyon değerleri.....	22
Çizelge 6.7. pH 8'de girişteki kirletici konsantrasyonları bilinen atık suyun 15 kg'lık standart AC filtre ve AgNP filtrelerden geçirildikten sonraki çıkış suyu kirletici konsantrasyon değerleri.....	25
Çizelge 6.8. pH 6'da girişteki kirletici konsantrasyonları bilinen atık suyun 9 kg'lık standart AC ve AgNP filtrelerden geçirildikten sonraki çıkış suyu kirletici konsantrasyon değerleri.....	27
Çizelge 6.9. pH 6'da girişteki kirletici konsantrasyonları bilinen atık suyun 12 kg'lık standart AC ve AgNP filtrelerden geçirildikten sonraki çıkış suyu kirletici konsantrasyon değerleri.....	30
Çizelge 6.10. pH 6'da girişteki kirletici konsantrasyonları bilinen atık suyun 15 kg'lık standart AC ve AgNP filtrelerden geçirildikten sonraki çıkış suyu kirletici konsantrasyon değerleri.....	32
Çizelge 6.11. Girişteki kirletici konsantrasyonları bilinen atık suyun 9 Kg'lık standart AC filtre ve AgNP filtrelerden geçirildikten sonraki 30. Dakikadaki çıkış suyu kirletici konsantrasyon değerleri.....	35
Çizelge 6.12. Girişteki kirletici konsantrasyonları bilinen atık suyun 9 Kg'lık standart AC filtre ve AgNP filtrelerden geçirildikten sonraki 60. Dakikadaki çıkış suyu kirletici konsantrasyon değerleri.....	37
Çizelge 6.13. Girişteki kirletici konsantrasyonları bilinen atık suyun 9 Kg'lık standart AC filtre ve AgNP filtrelerden geçirildikten sonraki 90. Dakikadaki çıkış suyu kirletici konsantrasyon değerleri.....	40
Çizelge 6.14. Girişteki kirletici konsantrasyonları bilinen atık suyun 12 Kg'lık standart AC filtre ve AgNP filtrelerden geçirildikten sonraki 30. Dakikadaki çıkış suyu kirletici konsantrasyon değerleri.....	42

Çizelge 6.15. Girişteki kirletici konsantrasyonları bilinen atık suyun 12 Kg'lık standart AC filtre ve AgNP filtrelerden geçirildikten sonraki 60. Dakikadaki çıkış suyu kirletici konsantrasyon değerleri.....	45
Çizelge 6.16. Girişteki kirletici konsantrasyonları bilinen atık suyun 12 Kg'lık standart AC filtre ve AgNP filtrelerden geçirildikten sonraki 90. Dakikadaki çıkış suyu kirletici konsantrasyon değerleri.....	47
Çizelge 6.17. Girişteki kirletici konsantrasyonları bilinen atık suyun 15 Kg'lık standart AC filtre ve AgNP filtrelerden geçirildikten sonraki 30. Dakikadaki çıkış suyu kirletici konsantrasyon değerleri.....	50
Çizelge 6.18. Girişteki kirletici konsantrasyonları bilinen atık suyun 15 Kg'lık standart AC filtre ve AgNP filtrelerden geçirildikten sonraki 60. Dakikadaki çıkış suyu kirletici konsantrasyon değerleri.....	52
Çizelge 6.19. Girişteki kirletici konsantrasyonları bilinen atık suyun 15 Kg'lık standart AC filtre ve AgNP filtrelerden geçirildikten sonraki 90. Dakikadaki çıkış suyu kirletici konsantrasyon değerleri.....	55
Çizelge 6.20. pH 10'da girişteki kirletici konsantrasyonları bilinen atık suyun farklı miktarlardaki standart AC filtre ve AgNP filtrelerden geçirildikten sonraki 30. Dakikadaki çıkış suyu kirletici konsantrasyon değerleri.....	57
Çizelge 6.21. pH 8'de girişteki kirletici konsantrasyonları bilinen atık suyun farklı miktarlardaki standart AC filtre ve AgNP filtrelerden geçirildikten sonraki 30. Dakikadaki çıkış suyu kirletici konsantrasyon değerleri.....	60
Çizelge 6.22. pH 6'da girişteki kirletici konsantrasyonları bilinen atık suyun farklı miktarlardaki standart AC filtre ve AgNP filtrelerden geçirildikten sonraki 30. Dakikadaki çıkış suyu kirletici konsantrasyon değerleri.....	62
Çizelge 6.23. pH 10'da girişteki kirletici konsantrasyonları bilinen atık suyun farklı miktarlardaki standart AC filtre ve AgNP filtrelerden geçirildikten sonraki 60. Dakikadaki çıkış suyu kirletici konsantrasyon değerleri.....	65
Çizelge 6.24. 8'de girişteki kirletici konsantrasyonları bilinen atık suyun farklı miktarlardaki standart AC filtre ve AgNP filtrelerden geçirildikten sonraki 60. Dakikadaki çıkış suyu kirletici konsantrasyon değerleri.....	67
Çizelge 6.25. pH 6'da girişteki kirletici konsantrasyonları bilinen atık suyun farklı miktarlardaki standart AC filtre ve AgNP filtrelerden geçirildikten sonraki 60. Dakikadaki çıkış suyu kirletici konsantrasyon değerleri.....	70
Çizelge 6.26. pH 10'da girişteki kirletici konsantrasyonları bilinen atık suyun farklı miktarlardaki standart AC filtre ve AgNP filtrelerden geçirildikten sonraki 90. Dakikadaki çıkış suyu kirletici konsantrasyon değerleri.....	72
Çizelge 6.27. pH 8'de girişteki kirletici konsantrasyonları bilinen atık suyun farklı miktarlardaki standart AC filtre ve AgNP filtrelerden geçirildikten sonraki 90. Dakikadaki çıkış suyu kirletici konsantrasyon değerleri.....	75
Çizelge 6.28. pH 6'da girişteki kirletici konsantrasyonları bilinen atık suyun farklı miktarlardaki standart AC filtre ve AgNP filtrelerden geçirildikten sonraki 90. Dakikadaki çıkış suyu kirletici konsantrasyon değerleri.....	77

Çizelge 6.29. Artıma Tesis çıkışındaki (Karbon filtreler girmeden önce) kirletici konsantrasyon değerleri.....	80
Çizelge 6.30. 15.10.2022 tarihinde pH 6'da girişteki kirletici konsantrasyonları bilinen atık suyun 15 Kg'lık standart AC filtre ve AgNP filtrelerden geçirildikten sonraki 90. Dakikadaki çıkış suyu kirletici konsantrasyon değerleri.....	80
Çizelge 6.31. Artıma Tesis çıkışındaki (Karbon filtreler girmeden önce) kirletici konsantrasyon değerleri.....	82
Çizelge 6.32. 05.11.2022 tarihinde pH 6'da girişteki kirletici konsantrasyonları bilinen atık suyun 15 Kg'lık standart AC filtre ve AgNP filtrelerden geçirildikten sonraki 90. Dakikadaki çıkış suyu kirletici konsantrasyon değerleri.....	82
Çizelge 6.33. 25.09.2022 tarihinde pH 6'da girişteki kirletici konsantrasyonları bilinen atık suyun 15 kg'lık standart AC filtre ve AgNP filtrelerden geçirildikten sonraki 90. dakikadaki çıkış suyu kirletici konsantrasyon değerleri.....	85
Çizelge 6.34. 15.10.2022 tarihinde pH 6'da girişteki kirletici konsantrasyonları bilinen atık suyun 15 kg'lık standart AC filtre ve AgNP filtrelerden geçirildikten sonraki 90. dakikadaki çıkış suyu kirletici konsantrasyon değerleri.....	85
Çizelge 6.35. 05.11.2022 tarihinde pH 6'da girişteki kirletici konsantrasyonları bilinen atık suyun 15 kg'lık standart AC filtre ve AgNP filtrelerden geçirildikten sonraki 90. dakikadaki çıkış suyu kirletici konsantrasyon değerleri.....	85
Çizelge 6.36. 26.11.2022 tarihinde pH 6'da girişteki kirletici konsantrasyonları bilinen atık suyun 15 kg'lık standart AC filtre ve AgNP filtrelerden geçirildikten sonraki 90. dakikadaki çıkış suyu kirletici konsantrasyon değerleri.....	85
Çizelge 6.37. 17.12.2022 tarihinde pH 6'da girişteki kirletici konsantrasyonları bilinen atık suyun 15 kg'lık standart AC filtre ve AgNP filtrelerden geçirildikten sonraki 90. dakikadaki çıkış suyu kirletici konsantrasyon değerleri.....	86

GÖRSELLER LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Görsel 6.1. (Standart Aktif Karbon).....	12
Görsel 6.2. (AgNP Aktif Karbon).....	12



KISALTMALAR

AC	Aktif Karbon
AKM	Askıda Katı Madde
GAC	Granür Aktif Karbon
IUPAC	Uluslararası Temel ve Uygulamalı Kimya Birliği
NP	Nanopartikül
PAC	Pellet Aktif Karbon



SİMGELER

Å	Angstrom
Ag	Gümüş
AgNO ₃	Gümüş Nitrat
Ca(OH) ₂	Kalsiyum Hidroksit
CaSO ₄	Kalsiyum Sülfat
Cd	Kadmiyum
Cl ₂	Klor
CO ₂	Karbondioksit
Cl ₂	Klor
CrO ₃	Krom Trioksit
Cr(OH) ₃	Krom (III) Hidroksit
Cr ₂ (SO ₄) ₃	Krom (III) Sülfat
Cu	Bakır
HCl	Hidroklorik asit
H ₂ O	Su
H ₂ SO ₄	Sülfürik Asit
NaOH	Sodyum Hidroksit
Na ₂ SO ₄	Sodyum Sülfat
Na ₂ S ₂ O ₅	Sodyum Metabisülfat
NH ₃	Amonyak
Ni	Nikel
Zn	Çinko

ÖZET

Cr (VI) İNDİRGEME YAPAN ARITMA TESİSLERİNDE NANOTANECİK YÜKLÜ AKTİF KARBON KULLANILARAK Cr (VI) GİDERİM PERFORMANSININ ARTTIRILMASI

Şahin KALYONCU

Düzce Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Doç. Dr. Üyesi Fatih AKTAŞ

Temmuz 2023, 91 Sayfa

Bu çalışmada Cr^{+6} giderimini kimyasal reaksiyonlar sonucu indirgeme yoluyla sağlayan atık su arıtma tesislerinde çıkış suyunu en son nanotanecik yüklü aktif karbon filtrelerinden geçirerek krom giderim performansının artırılması amaçlanmıştır. Gümüş nanopartikülle kaplanan aktif karbon filtreler arıtma tesisinin son aşaması olan nötralizasyon tankının çıkışına yerleştirilmiş ve burada çıkış sularının standart aktif karbon filtrelerden geçirilmesiyle elde edilen krom giderim verimi ile nanopartiküllü filtrelerin giderim verimi kıyaslanmıştır. Çalışmada pH etkisi, temas süresi ve adsorban miktarı gibi parametrelerin incelenmesi ile gerekli optimizasyon şartlarının belirlenmesi için farklı pH'larda (pH = 6-8-10), farklı temas süreleri (30.dk., 60. dk., 90. dk.) içerisinde ve farklı adsorban miktarlarıyla (9 kg, 12 kg, 15 kg) atık su numuneleri alınmıştır. pH ayarlamaları yapılırken arıtma tesisinin bağlı olduğu organize sanayi bölgesinin deşarj limitleri (pH= 6-10) göz önüne alınırken adsorban miktarı belirlenirken de standart 15 kg'lık aktif karbon filtreler referans alınarak maksimum 15 kg minimum 9 kg olacak şekilde değişken adsorban miktarları kullanılmıştır. Temas süresi olarak 30 dakikalık periyotlar seçilmiştir. Yapılan atık su analiz sonuçlarında gümüş nanopartikül kaplı aktif karbon filtrelerin en iyi giderim verimini 90. dakikada 15 kg'lık filtrelerde ve pH=6'da sağladığı gözlemlenmiştir. Buda bize giderim veriminin temas süresi ve adsorban miktarı ile doğru orantılı, pH ile ters orantılı olarak değişim gösterdiğini kanıtlamaktadır. Bütün bu analiz sonuçları değerlendirildiğinde gümüş nanopartiküllü filtrelerin standart aktif karbon filtrelerle kıyasla ortalama %50'lik bir oranla daha iyi krom giderimi sağladığı gözlemlenmiştir. Ayrıca periyodik (3 hafta arayla) olarak alınan atık su analizleri ile filtrelerin kullanım ömürleride karşılaştırılmıştır. Buradan elde edilen verilerle nanopartikül kaplı filtrelerin standart aktif karbon filtrelerle nazaran 2 kat daha uzun süre kullanılabileceği ortaya çıkmaktadır. Bu karşılaştırmalar sonucu düşük bir yatırım maliyeti ile krom gideriminde büyük avantajlar sağlanabileceği gözlemlenmiştir. Kimyasal arıtım yapan bir atık su arıtma tesisinin çıkışında denenmiş olan bu gümüş nanopartiküllü filtrelerin göstermiş olduğu performans ile endüstriyel kullanıma da uygun olduğu tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Nanotanecik Yüklü Aktif Karbon, Krom (VI), Adsorpsiyon

ABSTRACT

USING NANOPARTICLE LOADED ACTIVATED CARBON IN Cr (IV) REDUCING TREATMENT PLANTS INCREASING Cr (IV) REMOVAL PERFORMANCE

Şahin KALYONCU

Düzce University

Graduate School of Natural and Applied Sciences, Department of Environmental Engr.

Master's Thesis

Supervisor: Assoc. Prof. Dr.Fatih AKTAŞ

July 2023, 91 Papers

In this study, it is aimed to increase the chromium removal performance by passing the effluent water through the latest nanoparticle loaded activated carbon filters in waste water treatment plants that provide Cr⁺⁶ removal by reduction as a result of chemical reactions. Activated carbon filters coated with silver nanoparticles were placed at the outlet of the neutralization tank, which is the last stage of the treatment plant and the chromium removal efficiency obtained by passing the effluent water through standard activated carbon filters and the removal efficiency of nanoparticle filters were compared. In the study, in order to examine the emissions such as pH effect, contact time and amount of adsorbent and to determine the necessary conditions, different contact conditions (30.min., 60.min., 90.min.) were used at different pH (pH = 6-8-10) waste water samples were taken with different adsorbent amounts (9 kg, 12 kg, 15 kg). While pH adjustments are made, the discharge limits of the organized industrial zone to which the treatment plant is connected (pH= 6-10) are taken into account, while the amount of adsorbent is determined, with reference to standard 15 kg activated carbon filters, variable adsorbent amounts are used, with a maximum of 15 kg and a minimum of 9 kg. 30 minute periods were chosen as the contact time. In the results of the wastewater analysis, it was observed that the silver nanoparticle coated activated carbon filters provided the best removal efficiency in the 90th minute at 15 kg filters and at pH=6. This proves that the removal efficiency is directly proportional to the contact time and the amount of adsorbent, and inversely proportional to the pH. When all these analysis results are evaluated, it has been observed that filters with silver nanoparticles provide an average of %50 better chromium removal compared to standard A.C filters. In addition, the lifetime of the filters was compared with the waste water analyzes taken periodically (with an interval of 3 weeks). With the data obtained here, it is revealed that nanoparticle coated filters can be used for 2 times longer than standard activated carbon filters. As a result of these comparisons, it has been observed that great advantages can be achieved in chrome removal with a low investment cost. It has been determined that these silver nanoparticle filters, which have been tested at the outlet of a waste water treatment plant that performs chemical treatment, are also suitable for industrial use with their

Keywords: Nanoparticle Activated Carbon, Chromium (VI), Adsorption

1.GİRİŞ

Su kirliliği, bir su kaynağının kimyasal, fiziksel, bakteriyolojik, radyoaktif ve çevresel özelliklerinde olumsuz değişiklikler şeklinde gözlenen ve doğrudan veya dolaylı olarak biyolojik kaynakların önleyici bir şekilde bozulmasına neden olan malzeme veya enerji atıklarının deşarjıdır (Toprak, 2000) Çeşitli endüstriyel faaliyetler sonucunda, atık sularda bazen eser miktarda bazen de yüksek konsantrasyonlarda metallere rastlanmaktadır. Bazı metal bileşikler çevreye yayılarak kirlilik yaratır. Metaller suda çözülür veya suyun dibinde toplanır. Metal ve organik kirlilik gibi kimyasal ve biyolojik etkenlerle bozulmazlar. En fazla bir metal bileşiği başka bir bileşiğe dönüştürülebilir. Ancak metal iyonu kaybolmaz (Gündüz, 1998). Ağır metaller suyu ve toprağı kirletir. Kirliliğindeki ağır metal konsantrasyonları hidrolojik, kimyasal ve biyolojik süreçlere bağlı olarak değişmektedir. Ağır metallerin boşaltım ortamındaki yaşam üzerindeki toksik etkisi, konsantrasyonları ile doğru orantılıdır.(Sandel, 1987; Uysal 2004) Atkinson ve meslektaşları yaptıkları çalışmada, laboratuvar ölçekli biyosorpsiyon sürecini verimli hale getirmek için bir metal kaplama şirketinden gelen metalle kirlenmiş endüstriyel atık suyu aktif çamura maruz bıraktılar. Değerlendirilen metaller Cu^{+2} , Cd^{+2} , Zn^{+2} , Cr^{+3} , Ni^{+2} ve Cr^{+6} olarak tanımlandı (Chen, 1999). Endüstriyel atık sularda büyük miktarlarda bulunan $Cr(VI)$ 'nın metalürjik üretimden uzaklaştırılması önemlidir çünkü $Cr(VI)$ toksik olduğu için çevre ve insan sağlığı için ciddi bir tehdit oluşturmaktadır. Endüstride yaygın olarak kullanılan krom ve türevleri, su kalitesini olumsuz etkilemeyecek aralıklarla muhafaza edilmelidir (U.S. EPA, 2000). Bu nedenle krom gibi ağır metaller içeren atık sulara uygulanan yaygın arıtma yöntemleri arasında; indirgeme ve kimyasal çöktürme, iyon değişimi, buharlaştırma, solvent ekstraksiyonu, ters ozmos, biyosorpsiyon ve adsorpsiyon vardır (Komori, 1990). Önceleri, $Cr(VI)$ 'nın atık sudan uzaklaştırılması için, başlangıç krom konsantrasyonu çok yüksek olmayan atık su için yeşil sentez ile elde edilen aktif karbon içeren nanopartiküller kullanılarak kromun adsorpsiyon yoluyla uzaklaştırılması işlemi kullanılmaktaydı (Flippo, 2009).

Bu çalışmada, yüksek Cr^{+6} konsantrasyonuna sahip endüstriyel atık sularda krom giderimi sağlandıktan sonra atık suda kalan krom bileşenlerinin nanopartikül kaplı aktif karbon filtrelerde tutularak atık sudaki krom kirliliğinin en aza indirilmesi amaçlandı. Endüstriyel atık su arıtma tesislerine giren Cr^{+6} konsantrasyonu sıklıkla değişkenlik gösterdiğinden ve yüksek krom içeriğine sahip atık sularda geri kazanım işlemi yeterince gerçekleştirilemediğinde deşarj edilen sudaki krom konsantrasyonu problemlere yol açabilmektedir. Bu problemin ortadan kaldırılabilmesi adına gümüş nanopartiküllü aktif karbon filtreler Cr^{+6} indirgeme yapan atık su arıtma tesisinin çıkışına yerleştirilerek krom giderim performansının artırılması amaçlanmaktadır.

2. ADSORPSİYON

Adsorpsiyon, bir molekülün sıvı yığından katı yüzeye transferine yol açan bir yüzey işlemidir. Bu, fiziksel kuvvetler veya kimyasal bağlar nedeniyle oluşabilir. Genellikle tersine çevrilebilir (ters işleme desorpsiyon denir); o zaman sadece maddelerin çıkarılmasından değil, aynı zamanda salıverilmesinden de sorumludur (Brown ve ark., 2018). Çoğu durumda, bu süreç dengede, sıvıdaki konsantrasyon veriliyken yüzeye yapışık madde miktarını ölçen bazı denklemler aracılığıyla tanımlanır. Bu denklemlere, parametrelerinin adsorpsiyonu etkileyen en önemli çevresel faktörlerden biri olan sıcaklığa bağlı olması nedeniyle izoterm denir (en ünlüsü Langmuir ve Freundlich denklemleridir). Adsorpsiyon ekolojide temel bir role sahiptir: jeosfer ile hidrosfer ve atmosfer arasındaki alışverişi düzenler, ekosistemlerdeki maddelerin taşınmasını açıklar ve iyon değişimi ve enzimatik süreçler gibi diğer önemli süreçleri tetikler (Brown ve ark., 2018).

2.1. ADSORPSİYON TİPLERİ

2.1.1. Fiziksel Adsorpsiyon

Zayıf Van der Waals kuvvetlerinin adsorbanı ve adsorbatı birbirine bağladığı varsayılır. Elektronun kendi etkileşim halindeki türleri ile orijinal ilişkisini kaybetmeden yeni denge ayarlaması gerçekleşmesine rağmen, elektron transferi veya paylaşımı yoktur. Bu zayıf bağların varlığı, genellikle 10 Kcal/mol'den [63-84 KJ/mol] düşük adsorpsiyon ısısı ile karakterize edilir. Bu adsorpsiyon, yalnızca adsorbatın kaynama noktasının altındaki sıcaklıklarda kayda değerdir. Doğası gereği tersinirdir ve adsorbana göre spesifik değildir. Fiziksel adsorpsiyonun çok tabakalı oluşumuna yol açabileceği fikrine uygun olarak, bunlar katı adsorbandan çok adsorbatın doğasına daha fazla bağımlılığa yol açar (Berkem, 1994).

2.1.2. Kimyasal Adsorpsiyon

Çoğu durumda, bir maddenin bir yüzeyde adsorpsiyonu, elektron transferi veya paylaşımı nedeniyle adsorbat ve adsorban arasında kimyasal bağların oluşumunu içerir (Savcı, 2005). Genellikle yüksek derecede adsorpsiyon ısısı, yani 20-150 Kcal/mol'den fazla ile karakterize edilir ve yüksek sıcaklıklarda meydana gelebilir. Doğası gereği genellikle geri dönüşümsüzdür ve hem adsorbat hem de adsorban ile spesifik değildir. Büyük miktarda adsorpsiyona yol açan yüksek ilk ısı nedeniyle, tek tabaka gibi bir şey oluşturmak için kimyasal adsorpsiyonun bir göstergesidir, ardından fiziksel kuvvetlerle bağlanan çok tabaka oluşumu gelir (Savcı, 2005).

2.1.3. Değişim Adsorpsiyonu

Değişim adsorpsiyonu, bir maddenin bir yüzey üzerine yoğunlaşarak adsorbe edilmesi olayıdır. Bu olay, bir madde ile bir yüzey arasında kovalent bağlar oluşturarak gerçekleşir. Değişim adsorpsiyonu, özellikle katı yüzeylerde sıklıkla görülen bir olaydır ve yüksek yoğunluklu maddelerin yüzeylerine yoğunlaşarak adsorbe edilmesi ile

sonuçlanır. Değişim adsorpsiyonu, özellikle bir maddenin yüzeyine bağlanan bir maddeyi çözmek için kullanılır (Nas, 2006).

2.2. ADSORPSİYONU ETKİLEYEN FAKTÖRLER

Adsorbanın doğası, gazın adsorpsiyonu, adsorbanın doğasına bağlıdır. Bir gaz, farklı emici yüzeylerde farklı miktarlarda adsorbe edilebilir. Örneğin, Hidrojen belirli koşullar altında alümina yüzeyinde zayıf bir şekilde adsorbe edilirken, nikel yüzeyinde kuvvetli bir şekilde adsorbe edilir (Yuana ve ark., 2009).

Yüzey alanı; Adsorbanın yüzey alanını arttırdığımızda gazların adsorpsiyonunda bir artış olur. Bunun nedeni, yüzey alanını arttırdığımızda daha fazla sayıda adsorbe edici bölge olmasıdır. Çok ince bölünmüş katılar ve bazı gözenekli maddeler iyi adsorbanlardır (Şengül ve Küçükgül, 1997).

Gazın doğası; Genel olarak, eğer bir gaz daha sıvı hale geliyorsa, daha kolay emilecektir. Örneğin NH_3 , HCl , Cl_2 , CO_2 gibi kolayca sıvılaştırılabilen gazlar O_2 , H_2 gibi kalıcı gazlara göre katı yüzeyinde daha kolay adsorbe edilir (Keskinler, 1994).

Ekzotermik doğa; Adsorpsiyon ısısı, katı bir yüzeye 1 g mol gaz adsorbe edildiğinde açığa çıkan enerji olarak tanımlanabilir. Sıcaklık arttığında gaz moleküllerinin kinetik enerjisi de artar, bu da moleküller ile yüzey arasında daha fazla sayıda çarpışmaya neden olur (Baran, 2012).

Basınç; Katı yüzeyde, gaz moleküllerinin adsorbe edilebileceği sabit sayıda adsorpsiyon bölgesi vardır. Başlangıçta basınç arttığında, yüzeye çarpan gaz moleküllerinin artması nedeniyle adsorpsiyon hızı artar. Böylece, basınçtaki bir artış adsorpsiyon hızını doğrusal olarak arttırır. Ancak bir süre sonra, adsorpsiyon bölgelerinin sayısı sabitlendiğinden ve bu bölgelerde daha fazla adsorpsiyon gerçekleşemeyeceğinden, basıncın adsorpsiyon hızı üzerinde hiçbir etkisinin olmadığı bir noktaya ulaşacaktır. Dolayısıyla, bu noktada, adsorpsiyonun kapsamı basınçtan bağımsız olacaktır (Şencan, 2001).

3. AKTİF KARBON

Aktif karbon Uluslararası Temel ve Uygulamalı Kimya Birliği (IUPAC) tarafından tanımlanan şekliyle, adsorbsiyon kabiliyeti arttırmak için karbonizasyon öncesi, sonrası veya karbonizasyon esnasında birtakım kimyasallarla veya gazlarla muamele edilerek oluşturulan karbon materyallerdir (Dural, 2005; Akyıldız, 2007).

3.1. AKTİF KARBONUN GENEL ÖZELLİKLERİ

Yüksek gözenek hacmi ve geniş yüzey alanı gibi spesifik özellikleri nedeniyle kullanım alanı oldukça fazla olan aktif karbonlar genel olarak hiçbir yapısal formül ya da kimyasal analiz yolu ile karakterize edilemeyen, karbonlu amorf maddelerdir (Bogatyeva ve ark., 2000).

Aktif karbon hemen hemen tüm karbonca zengin, ucuz ve düşük inorganik içeriğe sahip hammaddelerden üretilen, geniş yüzey alanı ve çeşitli boyutlarda gözenek yapılarıyla adsorbsiyon kapasitesi oldukça yüksek karbonlu bir malzemedir (Mestre et al., 2009; Sharifan, 2014; Oginni, 2018).

Yüzey alanları $400 \text{ m}^2/\text{g}$ 'dan, gözenek hacimleri ise $0,2 \text{ cm}^3/\text{g}$ 'dan büyük olan aktif karbonlar gözenek boyutları açısından ise birkaç bin angstrom ($\text{\AA}$) arasında değişiklik göstermektedir. Aktif karbonların yapısındaki gözeneklerin farklı boyutlarda dağılım göstermelerinden dolayı adsorpsiyon kapasiteleri ve akış hızları farklılık göstermektedir. Ayrıca kullanılan adsorban moleküllerin parçacık boyutlarının küçük olması penetrasyonlarını artırdıkları için adsorpsiyon hızını da artırmaktadır (Bogatyeva ve ark., 2000).

3.1.1. Aktif Karbonun Fiziksel Özellikleri

3.1.1.1. Yüzey Alanı

Aktif karbonlara ait önemli özelliklerinden bir diğeri de geniş yüzey alanına sahip olmasıdır. Yüzey alanı, üretimde kullanılan hammaddenin cinsine, tercih edilen fiziksel ve kimyasal aktivasyon yöntemine, karbonizasyona ve karbonizasyon sıcaklığı bazı faktörlere bağlıdır. Tüm bu üretim süreci farklılıkları ve üretim yöntemleri sonunda elde edilen aktif karbonların yüzey alanları farklılık göstermektedir. Aktif karbonun önemli bir parametresi olan yüzey alanı sorpsiyon ve iyon değişim özellikleriyle doğru orantılıdır (Müller ve Mehnert, 1997).

Boyut ve erişilebilirliğe bağlı olarak gözeneklerden, açıkta kalan yüzey alanı iç ve dış yüzey alanı olmak üzere iki farklı biçimde ölçülmektedir. Dış yüzey alanı tüm çıkıntılar, daha geniş çatlakları ve gözenekleri (mezoporlar ve makro gözenekler), iç yüzey alanı ise sadece daha derin ve daha az erişilebilir (mikro gözenekler) çatlak ve boşlukların duvarlarını kapsar (Müller ve Mehnert, 1997). Mezoporlar ve makro gözenekler aktif karbonun toplam gözenekli yapısına çok az katkıda bulunduğundan, özellikle adsorpsiyon kapasitesi açısından iç yüzey alanı belirlemede mikro gözenek sayısı rapor verir.

3.1.1.2. Gözenek Yapısı

Aktif karbona ait diğer bir özellik ise gözenekli bir yapıya sahip olmasıdır. Sadece gözenekli yapısı değil aynı zamanda gözeneklerin hacmi ve çapıda önemlidir. Aktif karbona ait gözenek boyutu, dağılımı ve buna bağlı olarak oluşan yüzey alanı, belirli bir şekil ve boyuttaki herhangi bir molekülün erişebileceği karbon yapısının fraksiyonu yani molekülün erişebildiği gözenek hacmi olarak ifade edilmektedir. IUPAC tarafından verilen gözenek boyutu dağılımı yarıklar şeklindeki gözenek duvarları ve arada kalan silindirik mesafeyi temsil eden gözeneklerin genişliği dikkate alınarak belirlenmiştir.

Aktif karbonların gözenek dağılımları ve gözenek çapları kullanılan hammaddelerin cinsine ve karbonizasyon sıcaklığına bağlı olarak değişmektedir. Gözeneklerin oluşma nedeni ise hammaddenin inert gaz ortamında ısıtılmasıyla birlikte hammaddeye ait uçucu bileşenlerin karbon iskeletten uzaklaşması şeklindedir (Avcıata, 2009).

3.1.2. Aktif Karbonun Kimyasal Özellikleri

Organik bileşiklerin temel yapı taşlarını oluşturan karbon elementi, aynı zamanda yeryüzünde en çok bulunan elementlerden birisidir. Doğada karbonun ^{11}C , ^{12}C , ^{13}C olmak üzere üç izotopu bulunmaktadır. Ayrıca karbonun bu yapısı dışında, fiziksel özellikleri farklılık gösteren allotropik şekilleri bulunmaktadır (Saygılı, 2015).

Karbon altı elektronlu hafif bir atomdur, ancak elementin ya elmasa olduğu gibi tetrahedral bir konfigürasyon veren sp^3 hibridizasyonuna ya da grafitte olduğu gibi düzlemsel üç katlı bir koordinasyon veren sp^2 hibridizasyonuna dayanan bir dizi olası bağlanma şeması vardır. Bu malzemelerin fiziko-kimyasal doğası oldukça farklıdır (Saygılı, 2015).

Aktif karbonun adsorplama kapasitesi yüzey alanı, gözenekliliği ve gözenek hacmine bağlı olmakla birlikte, kimyasal yapısı da bir o kadar önem taşımaktadır. Aktif karbonun üretiminde kullanılan hammaddenin kimyasal özellikleri ve mineral içeriği aktif karbona ait adsorblama kapasitesi üzerinde önemli bir etkiye sahiptir.

3.1.3. Aktif Karbonun Türleri

İhtiyaca göre toz, granül ya da lif şeklinde aktif karbonlar üretilmektedir (Kroschwitz, 1993)

3.1.3.1. PAC (Toz Aktif Karbon)

Toz aktif karbonların tanecik boyutu yaklaşık olarak 0,15 mm ve 0,25 mm arasında olup küçük toz ya da ince tanecikler halinde öğütülmüş aktif karbonlardır. Toz haline getirilmiş aktif karbonların oldukça geniş olan dış yüzey alanı ve küçük parçacık boyutu onların daha çok sıvı faz uygulamaları ve gaz adsorpsiyonu için kullanımına olanak sunmuştur (Şamdan, 2013). Bu bakımdan en sık kullanılan alanlar atık su arıtımında renk ve koku giderimi ve içme sularında tat giderimi olmuştur. Hem kullanım alanının fazla oluşu hem de kullanım pratiği bakımından en çok kullanılan aktif karbondur.

3.1.3.2. *GAC (Granüler Aktif Karbon)*

Granül aktif karbonlar (GAC), hindistancevizi kabukları ve benzeri sert hammaddelerden üretilen 80 mesh ve üzeri (0,177 mm) parçacık boyutuna sahip ve toz aktif karbona nispetle daha düşük yüzey alanına sahip karbonlardır. Granül aktif karbonlar toz aktif karbonlara göre daha büyük tanecik boyutuna sahip olmalarıyla birlikte daha küçük yüzey alanına sahiptirler (Küçükgül, 2004).

3.1.3.3. *Pellet AC (Pellet Aktif Karbon)*

Pellet aktif karbonlar 0,8-5 mm arasında tanecik boyutunda olan, basınç uygulaması sonucu pellet şeklini almış silindirik görünümlü olan aktif karbonlardır (Küçükgül, 2004).

Pellet aktif karbonlar uygulanan basınçtan dolayı mekanik dayanıklılığı yüksek bir yapıda olduğu için gaz fazı uygulamalarında kullanılmaktadır. Bunun yanında pellet aktif karbonlar çözücülerin geri kazanılmasında, baca gazlarının temizlenmesinde, kokuların giderilmesi ve gazların saflaştırılması gibi işlemlerde kullanılabilmektedirler (Küçükgül, 2004).

4. Cr (IV) VE ÖZELLİKLERİ

4.1. CR (IV)'IN TANIMI

Cr^{+6} bir kimyasal elementin simgesidir ve krom elementinin dördüncü oksijenli bileşigidir. Bu bileşik, krom elementinin oksijen ile birleşmesiyle oluşur ve Cr^{+6} oksit olarak da bilinir. Cr^{+6} oksit, beyaz renkli bir tozdur ve suda çözünmez. Cr^{+6} oksit, çeşitli endüstriyel uygulamalar için kullanılır ve özellikle kaplama, boya ve lastik endüstrisinde yaygın olarak kullanılır. Cr^{+6} oksit, aynı zamanda su arıtma işlemlerinde de kullanılır ve su arıtma tesislerinde suyun içindeki krom miktarını azaltmak için kullanılır. Bunun yanı sıra, Cr^{+6} oksit, çeşitli çinko ve manganez bileşikleri üretiminde de kullanılır. Cr^{+6} oksit, çalışma ortamında hava ile temas ettiğinde çok hafif bir toz oluşturur ve bu nedenle çalışma ortamında hava hareketlerinin olmaması önemlidir (Nordberg, 2004.).

4.2. CR (IV)'IN KAYNAKLARI

Cr^{+6} oksit, çeşitli kaynakları vardır. Bunlar şunlardır (Sethy ve ark., 2018):

- Madenler: Cr^{+6} oksit, çeşitli madenlerde bulunabilir ve özellikle cromit madenlerinde yüksek miktarlarda bulunur (EPA, 1998).
- Kimyasal reaksiyonlar: Cr^{+6} oksit, krom elementinin oksijen ile birleşmesiyle oluşur. Bu reaksiyon, krom elementinin oksijen ile ısıtılmasıyla gerçekleştirilebilir.
- Endüstriyel prosesler: Cr^{+6} oksit, çeşitli endüstriyel proseslerde üretilebilir. Örneğin, kaplama ve boya endüstrisinde Cr^{+3} bileşiklerinin oksijen ile ısıtılmasıyla Cr^{+6} oksit üretebilir.
- Doğal oluşum: Krom (IV) oksit, doğal olarak da oluşabilir. Örneğin, volkanik patlamalar sırasında krom elementinin oksijen ile birleşmesiyle Cr^{+6} oksit oluşabilir.

4.3. SULARDAKİ CR (IV) VE ZARARLI ETKİLERİ

Sulardaki Cr^{+6} miktarı, çeşitli faktörlerden etkilenir. Özellikle, sudaki Cr^{+6} miktarı, suyun içindeki krom elementinin miktarına ve bu elementin oksijen ile birleşme oranına bağlıdır. Ayrıca, sudaki Cr^{+6} miktarı, suyun pH değerine ve suyun içindeki diğer bileşenlerin miktarına da bağlıdır. Sulardaki Cr^{+6} miktarı, çeşitli yöntemlerle ölçülebilir. Örneğin, su örneklerinde krom elementinin miktarını belirlemek için spektrofotometri veya titrasyon gibi yöntemler kullanılabilir. Bu yöntemler, sudaki krom elementinin miktarını belirlerken, sudaki Cr^{+6} miktarını da tahmin etmek için kullanılabilir. Cr^{+6} 'ya maruz kalma, rinit, tüberküloz, ishal, bronşit, dermatit ve akciğer kanseri gibi ciddi olumsuz sağlık koşulları geliştirme riskini artırır (Nriagu ve Nieboer, 1988).

4.3.1. Sularda Bulunan Krom Türleri

Sularda bulunan krom türleri çeşitlidir ve bu türlerin miktarları suyun içindeki diğer bileşenlerden etkilenir. Özellikle, sudaki krom türleri, suyun pH değerine ve suyun içindeki diğer bileşenlerin miktarına bağlıdır. Ayrıca, sudaki krom türleri, suyun sıcaklığı ve basıncı gibi fizikokimyasal koşullara da bağlıdır (Dubey ve Gopal, 2007; Cronje ve ark., 2011).

Sularda bulunan krom türleri şunlardır:

- Cr^{+3} bileşikleri: Cr^{+3} bileşikleri, krom elementinin oksijen ile birleşmesiyle oluşan bileşiklerdir. Bu bileşikler, suda çözünür ve çeşitli endüstriyel proseslerde kullanılır. Örneğin, kaplama ve boya endüstrisinde kullanılır (Kotas ve Stasicka, 2000).
- Cr^{+6} oksit: Cr^{+6} oksit, krom elementinin dördüncü oksijenli bileşiğidir. Bu bileşik, beyaz renkli bir tozdur ve suda çözünmez. Cr^{+6} oksit, çeşitli endüstriyel proseslerde kullanılır ve özellikle kaplama, boya ve lastik endüstrisinde yaygın olarak kullanılır.
- Cr^{+6} bileşikleri: Cr^{+6} bileşikleri, krom elementinin altıncı oksijenli bileşiğidir. Bu bileşikler, suda çözünür ve çeşitli endüstriyel proseslerde kullanılır. Özellikle, kaplama ve boya endüstrisinde kullanılır.
- Cr^{+2} bileşikleri: Cr^{+6} bileşikleri, krom elementinin ikinci oksijenli bileşiğidir. Bu bileşikler, suda çözünmeyen bileşiklerdir ve çeşitli endüstriyel proseslerde kullanılır. Örneğin, kaplama ve boya endüstrisinde kullanılır (Kotas ve Stasicka, 2000).

4.4. CR (VI) KİRLİLİĞİNİN CANLI SAĞLIĞI ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ

Cr^{+6} kirliliği, Cr^{+6} olarak bilinen kromun çok toksik bir formudur. Bu kirlilik, hava, su ve toprakta bulunabilir ve çeşitli işyerlerinde, endüstriyel üretim süreçlerinde ve hatta bazı ürünlerde kullanılabilir (Atlanta, 1998). Cr^{+6} kirliliğinin insan sağlığı üzerindeki etkileri oldukça ciddi olabilir. Cr^{+6} kirliliği, solunum yoluyla alındığında ve deriyle temas ettiğinde zararlı olabilir. Bu maddenin solunum yoluyla alınması, nefes darlığı, öksürük ve nefes alma güçlüğü gibi belirtilere neden olabilir. Deriyle teması ise deride yanma, kaşıntı ve kabarma gibi belirtilere neden olabilir. Ayrıca Cr^{+6} kirliliği, cilt kanserine neden olabilir (Lu ve ark., 2017). Cr^{+6} kirliliği, aynı zamanda sindirim sistemine de zarar verebilir. Bu maddenin aşırı miktarlarda alınması, kusma, ishal ve karın ağrısı gibi belirtilere neden olabilir. Ayrıca bu maddenin aşırı miktarlarda alınması, karaciğer ve böbreklerde hasara neden olabilir. Cr^{+6} kirliliğinin insan sağlığı üzerindeki etkileri, bu maddenin ne kadar ve hangi şekilde alındığına göre değişebilir (Miretzky ve Cirelli, 2010).. Ancak bu maddenin herhangi bir miktarda alınması, insan sağlığı için risk oluşturabilir. Bu nedenle, Cr^{+6} kirliliğine maruz kalma riskini azaltmak için önlemler alınması önemlidir (EPA, 1998).

4.5. CR (VI) GİDERİM YÖNTEMLERİ

Cr^{+6} oksit, çeşitli endüstriyel proseslerde kullanılır ve bu nedenle suda bulunabilir. Cr^{+6} oksit, insan sağlığı için zararlı olabilir ve bu nedenle suda bulunan Cr^{+6} miktarını azaltmak önemlidir. Aşağıda, suda bulunan Cr^{+6} oksit miktarını azaltmak için kullanılabilecek bazı yöntemler verilmiştir:

- Kimyasal reaksiyonlar: Cr^{+6} oksit, kimyasal reaksiyonlar yoluyla azaltılabilir. Örneğin, krom (VI) oksit, asetik asit ve hidrojen peroksit ile birleştirilerek Cr^{+3} oksit haline dönüştürülebilir. Bu reaksiyon, Cr^{+6} oksit miktarını azaltmak için kullanılabilir (Dabrowski ve ark. 2004).
- Elektrokinetik ayırma: Elektrokinetik ayırma yöntemi, suda bulunan Cr^{+6} oksit miktarını azaltmak için kullanılabilir. Bu yöntem, elektrik akımının kullanılmasıyla suda bulunan Cr^{+6} oksit miktarını azaltır (Rafati ve ark., 2016; Fu ve ark., 2017).
- Fotokatalitik oksidasyon: Fotokatalitik oksidasyon yöntemi, suda bulunan Cr^{+6} oksit miktarını azaltmak için kullanılabilir. Bu yöntem, ışık enerjisi kullanılarak suda bulunan Cr^{+6} oksit miktarını azaltır (Pereira ve ark., 2003).
- Membran filtrasyonu: Membran filtrasyonu yöntemi, suda bulunan Cr^{+6} oksit miktarını azaltmak için kullanılabilir. Bu yöntem, suyun geçirildiği bir membran aracılığıyla suda bulunan Cr^{+6} oksit miktarını azaltır.

5.MATERYAL VE YÖNTEM

5.1. MATERYAL

5.1.1. Kullanılan Kimyasal Malzemeler

Bu çalışmada aktif karbonlar gümüş nanopartikül kaplanacağı için bu işlemi gerçekleştirebilmek adına Ateks Kimyadan 0,1 M olan AgNO₃ çözeltisi temin edilerek kullanılmıştır. Gümüş nanopartiküller indirgeme reaksiyonu sonucu oluşturulacağı için indirgen ajan olarak nişasta çözeltisi kullanılmıştır. Yine Ateks Kimyadan pH ayarlaması için 0,1 M NaOH çözeltisi temin edilmiştir. Kaplama işleminin yapılacağı olan asıl materyal olan aktif karbonda aqualine marka coconut bazlı granül aktif karbon olarak tedarik edilmiştir.

5.1.2. Kullanılan Cihazlar

Gümüş nanopartikül kaplanmış aktif karbonların SEM görüntülerini almak için FEI marka Quanta FEG 250 model taramalı elektron mikroskobu kullanılmıştır, 0,1 M olan AgNO₃ ve 0,1 M NaOH çözeltilerinin ilavelerinde 10 ml'lik cam pipet, % 0,15'lik 100 ml nişasta çözeltisi hazırlarken nişastanın tartımı için Radwag WTC 2000 hassas terazi, Gümüş nitrat ile oluşturulmuş karışım çözeltisinin aktif karbonla karıştırılması için Hot & Stirrer manyetik karıştırıcı, Ag nanoparçacıklarının oluşumunda karışımın 50 °C sıcaklıkta 24 saat bekletilmesi ve en son oluşan gümüş nanotanecikli aktif karbon filtrelerin deiyonize suyla yıkandıktan sonra kurutulması işleminde Refsan RK 250 Kurutma Fırını ve karışım çözeltisinin pH'ı NaOH çözeltisi ile pH 5'e ayarlanırken Hanna HI 99171 pH metre kullanılmıştır.

5.2. YÖNTEM

Bu çalışmada krom indirgeme yoluyla ağır metal giderimi sağlayan atık su arıtma tesisinin çıkışına hazırlanmış olan nanotanecik yüklü aktif karbon filtreler konularak çıkış suyunun bu filtrelerden geçirildikten sonraki giderim verimi gözlemlenmiştir. Arıtma tesisinin çalışma prensibi' Cr⁺⁶'nın bir indirgen kullanılarak termodinamik olarak en kararlı türü olan Cr⁺³'e indirgenmesi ve indirgen olarak da sodyum metabisülfid kullanılmasıdır.



İndirgeme sonrası oluşan Cr (III)'ün de atık sudan uzaklaştırılabilmesi için atık suya bazik karakter kazandırılarak, atık suda bulunan Cr (III) iyonlarının hidroksitlerine dönüştürülmesi sağlanır ve bu türlerin çöktürülmesi sonrasında giderim sağlanmış olur. Bu amaçla çöktürücü olarak kireç kullanılmaktadır.



İndirgeme yoluyla krom gideriminin sağlandığı atık su arıtma tesislerinin çıkış suyu ile bu işlemlerden sonra nanotanecik yüklü aktif karbon filtrelerden geçirilmiş atık sudaki krom giderim verimleri karşılaştırılabilecektir. Buradan elde edilecek karşılaştırma sonuçları ile nanotanecik yüklü aktif karbon filtrelerin atık sudaki krom giderimin performansına etkisi belirlenecektir.

5.2.1. Gümüş Nanopartikül Sentezlenmesi

Ag nanotanecekleri sulu çözelti ortamında tek basamaklı indirgenme prosesi yoluyla gerçekleştirilir. 0,1 M olan AgNO_3 çözeltisinden 0,4 ml ile % 0,15'lik 100 ml nişasta çözeltisi ile aynı ortamda 1 saat karıştırılır. Bu sentez işleminde, nişasta indirgen ajan olarak kullanılmıştır. Elde edilen çözeltinin pH'ı 0,1 M NaOH çözeltisi ile pH 5'e kadar ayarlanmıştır. Başlangıç reaksiyon karışımı renksiz olup yaklaşık 1 saat sonunda çözelti açık sarı renge dönüşür ve bu durum Ag nanoparçacıklarının başlangıç oluşumuna işaret eder. Karışım 50 °C sıcaklıkta 24 saat bekletilir ve rengin iyice sarıya dönüştüğü gözlemlenir. Hazırlanan bu çözelti 5 gr aktif karbon ile 12 saat boyunca karıştırılır. Daha sonra Ag nanotanecekleri yüklenmiş aktif karbon örnekleri (AgNP-AK) deiyonize su ile yıkanır ve 110 C⁰'de kurutulur. Böylece gümüş nanopartiküllü aktif karbon filtrenin sentezi gerçekleştirilmiştir.

5.2.2. Gümüş Nanopartikül SEM Görüntüleme

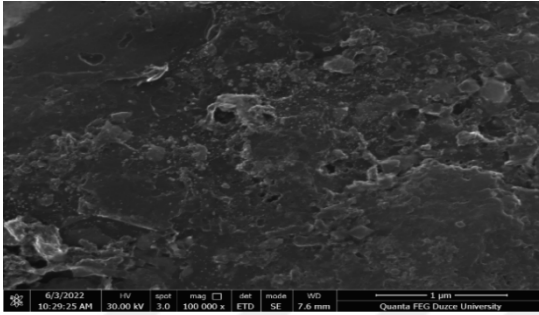
Elektrooptik prensipler çerçevesinde tasarlanmış taramalı elektron mikroskobu (Scanning Electron Mikroskop – SEM) bu amaca hizmet eden araçlardan biridir. Taramalı Elektron Mikroskopunda (SEM) görüntü, yüksek voltaj ile hızlandırılmış elektronların numune üzerine odaklanması, bu elektron demetinin numune yüzeyinde taratılması sırasında elektron ve numune atomları arasından oluşan çeşitli girişimler sonucunda meydana gelen etkilerin uygun algılayıcılarda toplanması ve sinyal güçlendiricilerden geçirildikten sonra bir katot ışınları tüpünün ekranına aktarılmasıyla elde edilir. Çalışmamızda gümüş nanopartikül kaplanmış aktif karbonlar deiyonize su ile yıkanıp fırında kurutulduktan sonra SEM görüntülerini almak için FEI marka Quanta FEG 250 model taramalı elektron mikroskobu kullanılarak yüzey morfolojileri çıkartılmıştır.

5.2.3. pH, Zaman ve Adsorban Optimizasyonu

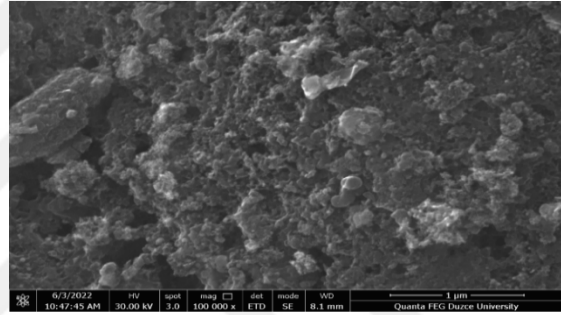
Tasarlanmış gümüş nanopartiküllü aktif karbon filtrelerin maksimum performansı sağlayacağı koşulları elde etmek amacıyla değişkenlerin etkileri tek tek kıyaslanmıştır. pH optimizasyonu yapılırken mevzuat üst sınır değeri olan pH 10'dan başlanılmış olup sırasıyla pH 8 ve alt sınır değer olan pH 6'daki giderim verimleri takip edilmiştir. Kesikli reaksiyon şeklinde çalışan atık su arıtma tesisinin avantajı kullanılarak nötralizasyon tankına alınan arıtılmış atık suyun pH değeri 10'na ayarlanmış ve sırasıyla bu pH değerinde 9 kg'lık, 12 kg'lık ve 15 kg'lık karbon filtrelerden geçirilmiştir. Her bir farklı kg'daki bu filtrelerden geçirilen atık sudan 30.dk, 60.dk ve 90. dakikalarda numuneler alınmış ve karşılaştırılmıştır. pH 10'da başlayan bu işlemler nötralizasyon tankına asit dozajlayarak pH'ın 8'e düşürülmesiyle devam etmiş, yine pH 8'de her biri farklı kg'daki (9kg, 12kg, 15kg) karbon filtrelerden geçirilen atık sudan 30.dk, 60.dk ve 90. dakikalarda numuneler alınmıştır. Son olarak pH 6'da da gerçekleştirilen bütün bu işlemler 9-12-15 kg'lık standart aktif karbon filtrelerle beraber aynı miktardaki gümüş nanopartikül kaplı aktif karbon filtreler içinde uygulanmıştır. Böylece aynı değişkenler (pH, zaman, adsorban) üzerinden, tasarlanmış nanopartiküllü filtrelerin standart filtrelere nazaran giderim veriminde sağladığı avantajlar ortaya çıkmıştır.

6. BULGULAR VE TARTIŞMA

Ag nanotanicikleri sulu çözelti ortamında tek basamaklı indirgenme prosesi yoluyla üretilmiştir. Elde edilen bu Ag nanotanicikleri ile aktif karbon karıştırılarak gümüş nanopartikül yüklenmiş filtreler sentezlenmiştir. Bu adsorbanların yüzey morfolojisi taramalı elektron mikroskobu SEM ile incelenerek, farklı deneysel koşullar altında kullanılıp Cr^{+6} iyonu giderimindeki performansı değerlendirilmiştir. Ayrıca bu adsorbanlar kullanılırken pH, adsorbentin yüzey mekanizmasına dolayısıyla kirletici ile adsorbanın bağlanma noktalarına etki ettiği için önemli adsorpsiyon parametrelerinden biri olarak ortaya çıkmaktadır. Adsorbanın yüzey bağlanma noktalarında yer alan fonksiyonel grupların fazlalığı ya da eksikliği de hedef metallerin uzaklaştırılmasında önemli bir rol üstlenmektedir. Adsorpsiyon prosesinin veriminden bahsedebilmek için incelenmesi gereken en önemli parametrelerden biri de adsorbanın yüzey yapısıdır. Alınan SEM görüntülerinde (Görsel 6.1) Standart AK yüzey yapısı ve (Görsel 6.2) AgNP AK yüzey yapısı görüntüleri aşağıda yer almaktadır.



Görsel 6.1. (Standart Aktif Karbon)



Görsel 6.2. (AgNP Aktif Karbon)

Standart aktif karbon filtreler ile gümüş nanopartikül kaplı filtrelerin yapısı incelendiğinde sentezlenmiş olan nanopartiküllü filtrelerin daha gözenekli bir yapıya sahip olduğu ve bu sayede adsorpsiyon kapasitesinin daha fazla olacağı gözlemlenmiştir.

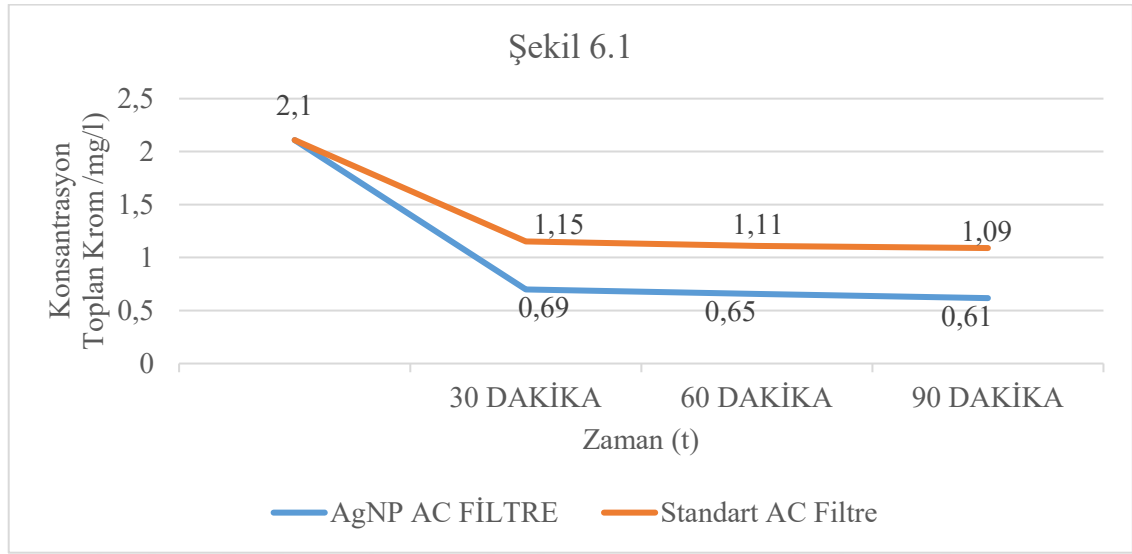
Bu çalışmada pH etkisi ve temas süresi gibi parametrelerin incelenmesi ile gerekli optimizasyon şartlarının belirlenmesi için farklı pH'larda ve farklı temas süreleri içerisinde atık su numuneleri alınmıştır. Ayrıca giderim verimine direkt etkisi olacak adsorban miktarı da incelenmiş olup, farklı miktarlardaki adsorbandan geçirilen atık su örnekleri karşılaştırılmıştır. Bütün bu karşılaştırmaların yapılabilmesi için ilk önce atık suyun filtrelere girmeden önceki kirletici konsantrasyonları (Çizelge 6.1) belirlenmiş olup bu konsantrasyonlar üzerinden filtrelerden geçirilen atık suyun giderim verilmeleri kıyaslanmıştır.

Çizelge 6.1. Artıma Tesisi çıkışındaki (Karbon filtrelere girmeden önce) kirletici konsantrasyon değerleri.

Nötralizasyon Tankı Çıkış Suyu Değerleri (25.09.2022 / Saat : 06:00)	
Toplam Krom (mg/l)	2,1
Cr^{+6} (mg/l)	1,4
AKM (mg/l)	146

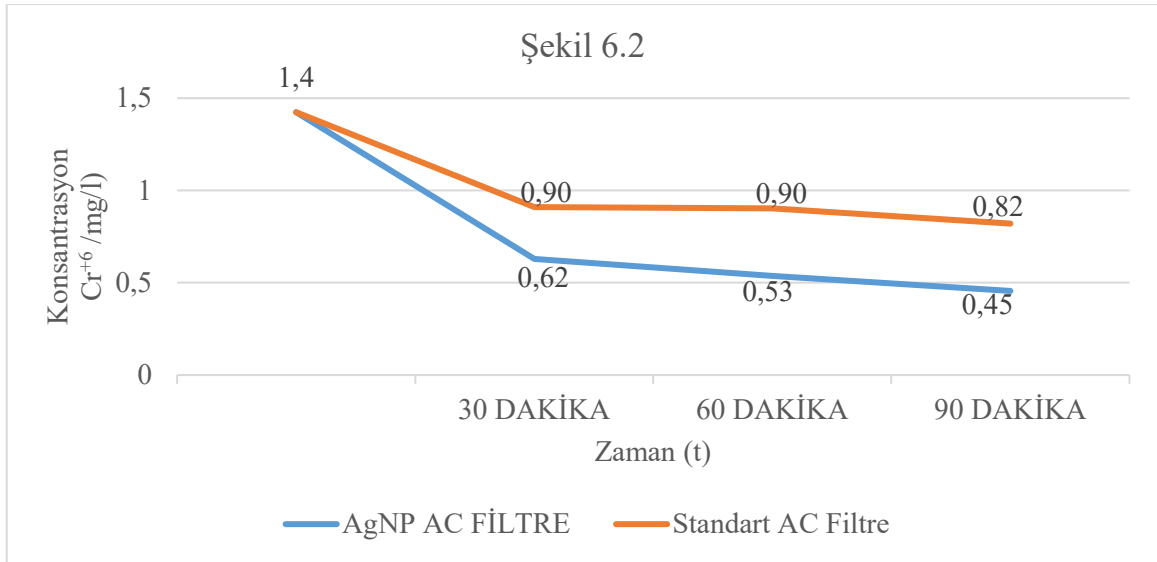
Çizelge 6.2. pH 10'da girişteki kirletici konsantrasyonları bilinen atık suyun 9 kg'lık standart AC ve AgNP filtrelerden geçirildikten sonraki çıkış suyu kirletici konsantrasyon değerleri.

	Filtreye Girişteki Kirletici Konsant.	Standart Aktif Karbon Filtre			Gümüş Nanopartiküllü AC Filtre		
		30 DAKİKA	60 DAKİKA	90 DAKİKA	30 DAKİKA	60 DAKİKA	90 DAKİKA
Toplam Krom (mg/l)	2,1	1,15	1,11	1,09	0,69	0,65	0,61
Cr ⁺⁶ (mg/l)	1,4	0,90	0,90	0,82	0,62	0,53	0,45
AKM (mg/l)	146	36	75	92	35	34	45



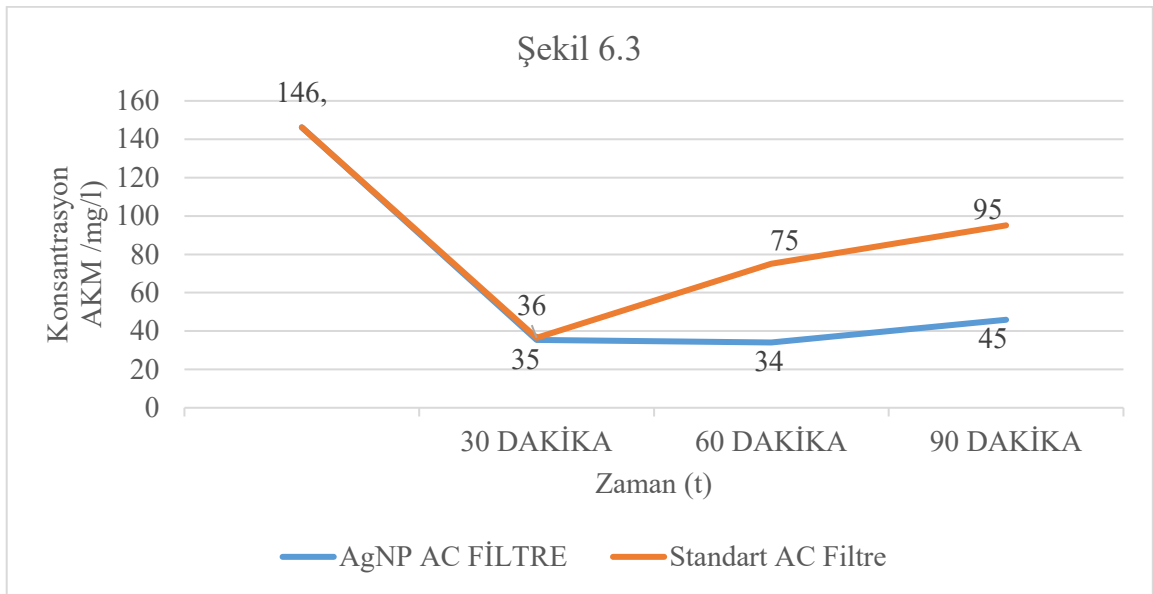
Şekil 6.1. pH 10'da toplam krom konsantrasyonu 2,1 mg/l olan atık suyun 9 kg'lık standart AC filtre ve AgNP filtrelerden geçirilerek adsorbsiyon kapasitesinin temas süresine bağlı olarak değişiminin karşılaştırılması.

Şekil 6.1'de girişteki toplam krom değeri 2,1 mg/l olan atık suyun 30. dakikada standart AC filtreden geçirildikten sonra 1.15 mg/l düşüyor, giderim verimi % 45 iken yine 30. dakikada AgNP AC filtreden geçirildikten sonra 0,69 mg/l düşüyor ve giderim verimi % 66 oluyor. Rakamsal olarak değerlendirdiğimizde 30. dakikada 1,15 mg/l olan değer % 40 gibi daha iyi bir oranla 0,69 mg/l'ye düşürülmüştür. 60. dakikada toplam krom değeri standart AC filtreden geçirildikten sonra 1.11 mg/l düşüyor, giderim verimi % 47 olurken 60. dakikada AgNP AC filtreden geçirildikten sonra 0,65 mg/l düşüyor ve giderim verimi % 69 oluyor. Rakamsal olarak değerlendirmeye devam ettiğimizde 60. dakikada 1,11 mg/l olan değer % 41 gibi daha iyi bir oranla 0,65 mg/l'ye düşürülmüştür. 90 dakikadaki bu değerlere baktığımızda standart AC filtreden geçirildikten sonra 1.09 mg/l düşüyor, giderim verimi % 48 iken yine 90. dakikada AgNP AC filtreden geçirildikten sonra 0,61 mg/l düşüyor ve giderim verimi % 70 oluyor. 90. dakikada bu değerlere baktığımızda da 1,09 mg/l olan değer % 43 gibi daha iyi bir oranla 0,61 mg/l'ye düşürülmüştür. Standart AC filtreye göre AgNP AC filtrenin adsorpsiyonda sağladığı avantajını sıra grafikte zamanla birlikte giderim veriminde gerçekleşen doğru orantılı artışta gözlemlenmektedir.



Şekil 6.2. pH 10'da Cr^{+6} konsantrasyonu 1,4 mg/l olan atık suyun 9 kg'lık standart AC filtre ve AgNP filtrelerden geçirilerek adsorbsiyon kapasitesinin temas süresine bağlı olarak değişiminin karşılaştırılması.

Şekil 6.2'de Cr^{+6} konsantrasyonu 1,4 mg/l olan atık suyun 30. dakikada standart AC filtreden geçirildikten sonra bu değer 0,90 mg/l düşüyor ve % 36 lık bir giderim verimi sağlanırken yine aynı zaman diliminde AgNP AC filtreden sonra 0,62 mg/l düşerek % 56 giderim elde edilmiştir. 60. dakikada bu değerleri incelediğimizde standart AC filtrede 0,90 mg/l düşürülerek % 36 lık, AgNP AC filtrede ise 0,53 mg/l ile % 62 oranında giderim sağlanmıştır. 90. dakikada ise bu değerler standart AC filtrede % 42 lik giderim verimi ile 0,82 mg/l düşerken AgNP AC filtrede % 68 lik giderim oranı ile 0,45 mg/l düşürülmüştür. Grafikte AgNP AC filtrelerin standart filtrelere nazaran giderim veriminde sağladığı avantaj dışında adsorpsiyon kapasitesinin zamanla doğru orantılı olarak arttığı gözlemlenmektedir.

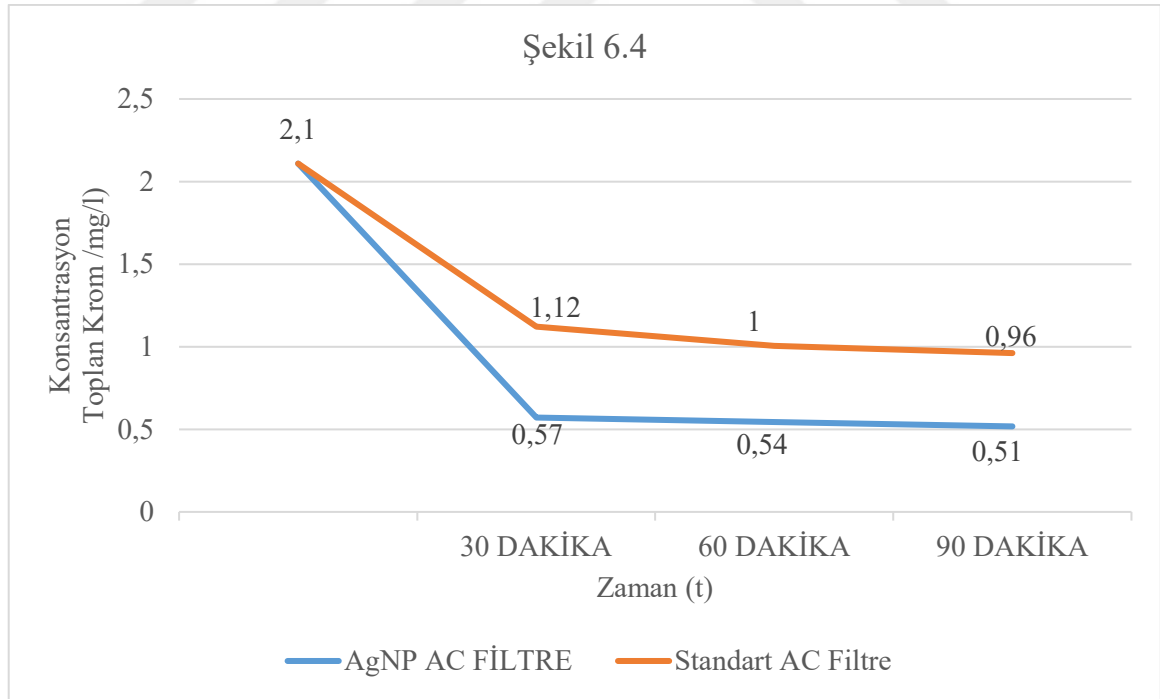


Şekil 6.3. pH 10'da AKM konsantrasyonu 146 mg/l olan atık suyun 9 kg'lık standart AC ve AgNP filtrelerden geçirilerek adsorbsiyon kapasitesinin temas süresine bağlı olarak değişiminin karşılaştırılması.

Şekil 6.3’de askıda katı madde konsantrasyonu 146 mg/l olan atık suyun 30. dakikada standart AC filtreden geçirildikten sonra 36 mg/l düşüyor, % 75 bir giderim verimi sağlanmışken yine aynı zaman zarfında AgNP AC filtreden geçirildikten sonra 35 mg/l düşüyor ve giderim verimi % 76 oluyor. 60. dakikada AKM değeri standart AC filtreden geçirildikten sonra 75 mg/l düşüyor, giderim verimi % 49 olurken yine 60. dakikada AgNP AC filtreden geçirildikten sonra 34 mg/l düşüyor ve giderim verimi % 77 oluyor. 90. dakikadaki değerlere baktığımızda da standart AC filtreden geçirildikten sonra 95 mg/l düşüyor, giderim verimi % 35 iken yine 90. dakikada AgNP AC filtreden geçirildikten sonra 45 mg/l düşüyor ve giderim verimi % 69 oluyor.

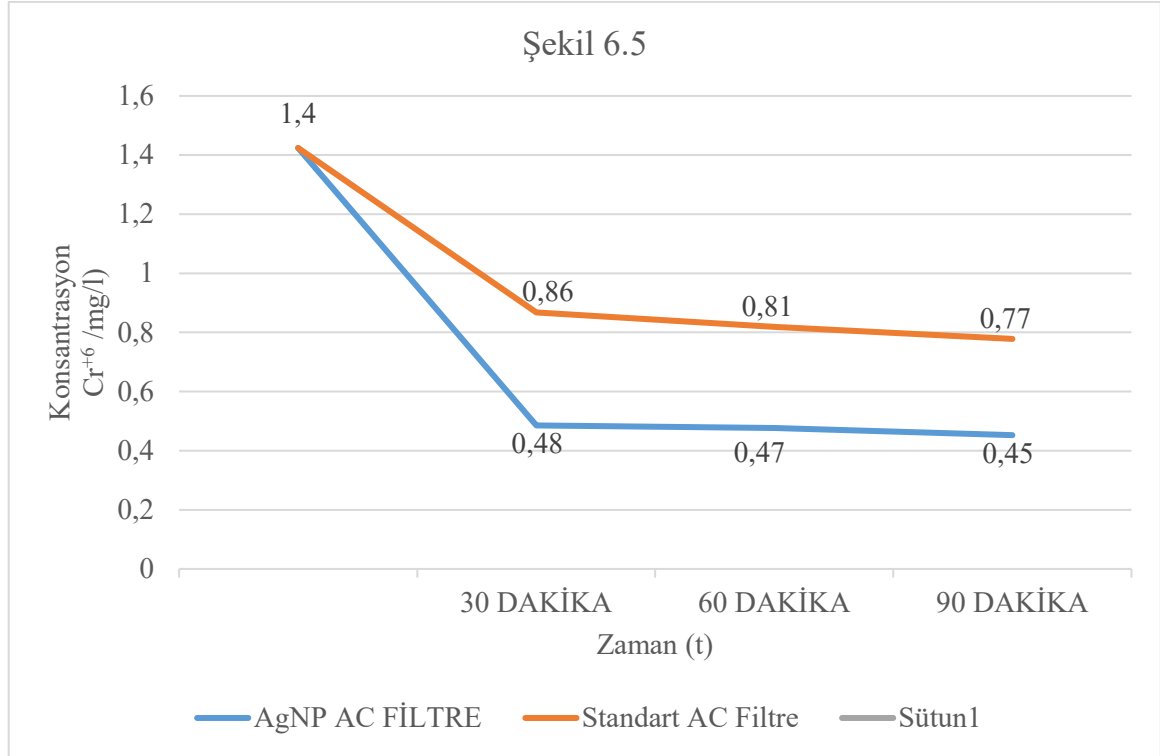
Çizelge 6.3. pH 10’da girişteki kirletici konsantrasyonları bilinen atık suyun 12 kg’lık standart AC filtre ve AgNP filtrelerden geçirildikten sonraki çıkış suyu kirletici konsantrasyon değerleri.

	Filtreye Girişteki Kirletici Konsant.	Standart Aktif Karbon Filtre			Gümüş Nanopartiküllü AC Filtre		
		30 DAKİKA	60 DAKİKA	90 DAKİKA	30 DAKİKA	60 DAKİKA	90 DAKİKA
Toplam Krom (mg/l)	2,1	1,12	1	0,96	0,57	0,54	0,51
Cr ⁺⁶ (mg/l)	1,4	0,86	0,81	0,77	0,48	0,47	0,45
AKM (mg/l)	146	91	68	63	51	24	33



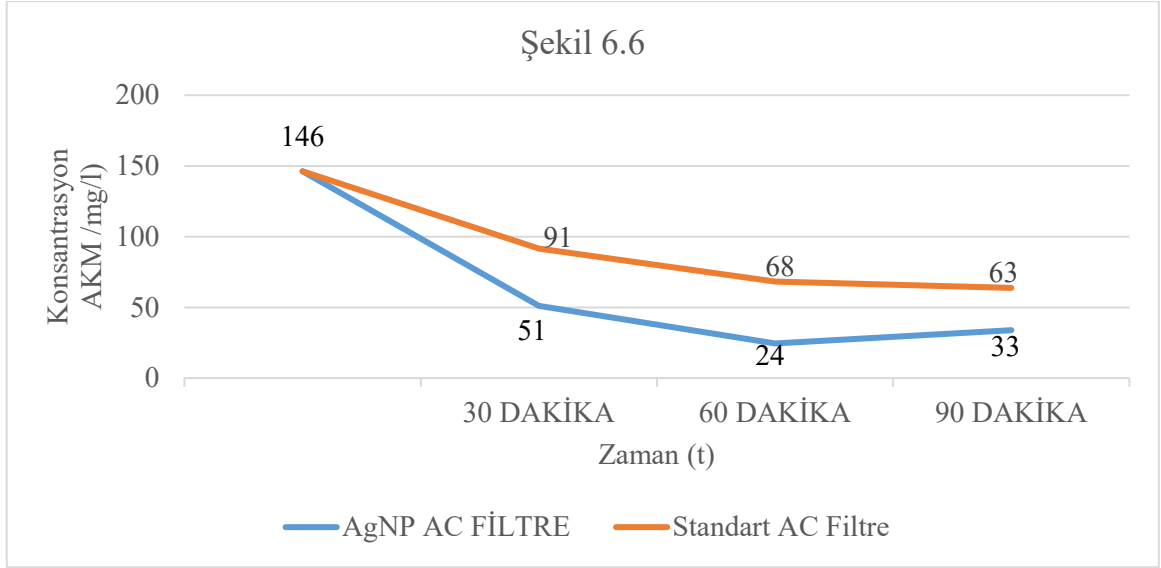
Şekil 6.4. pH 10’da toplam krom konsantrasyonu 2,1 mg/l olan atık suyun 12 kg’lık standart AC filtre ve AgNP filtrelerden geçirilerek adsorbsiyon kapasitesinin temas süresine bağlı olarak değişiminin karşılaştırılması.

Şekil 6.4’de toplam krom konsantrasyonu 2,1 mg/l olan atık suyun 30. dakikada standart AC filtreden geçirildikten sonra bu değer 1,12 mg/l düşüyor ve % 47 lik bir giderim verimi sağlanırken yine aynı zaman diliminde AgNP AC filtreden sonra 0,57 mg/l düşerek % 73 giderim elde edilmiştir. 60. dakikada bu değerleri incelediğimizde standart AC filtrede 1 mg/l düşürülerek % 52 lik, AgNP AC filtrede ise 0,54 mg/l ile % 74 oranında giderim sağlanmıştır. 90. dakikada ise bu değerler standart AC filtrede % 54 lik giderim verimi ile 0,96 mg/l düşerken AgNP AC filtrede % 75 lik giderim oranı ile 0,51 mg/l düşürülmüştür. Grafikte AgNP AC filtrelerin standart filtrelere nazaran giderim veriminde sağladığı avantaj dışında adsorpsiyon kapasitesinin zamanla doğru orantılı olarak arttığı gözlemlenmektedir.



Şekil 6.5. pH 10’da Cr^{+6} konsantrasyonu 1,4 mg/l olan atık suyun 12 kg’lık standart AC filtre ve AgNP filtrelerden geçirilerek adsorbsiyon kapasitesinin temas süresine bağlı olarak değişiminin karşılaştırılması.

Şekil 6.5’de Cr^{+6} konsantrasyonu 1,4 mg/l olan atık suyun 30. dakikada standart AC filtreden geçirildikten sonra 0,86 mg/l düşüyor, % 39 bir giderim verimi sağlanmışken yine aynı zaman zarfında AgNP AC filtreden geçirildikten sonra 0,48 mg/l düşüyor ve giderim verimi % 66 oluyor. 60. dakikada Cr^{+6} değeri standart AC filtreden geçirildikten sonra 0,81 mg/l düşüyor, giderim verimi % 42 olurken yine 60. dakikada AgNP AC filtreden geçirildikten sonra 0,47 mg/l düşüyor ve giderim verimi % 67 oluyor. 90. dakikadaki değerlere baktığımızda da standart AC filtreden geçirildikten sonra 0,77 mg/l düşüyor, giderim verimi % 45 iken yine 90. dakikada AgNP AC filtreden geçirildikten sonra 0,45 mg/l düşüyor ve giderim verimi % 68 oluyor. Grafikte görüldüğü gibi AgNP AC filtrenin standart AC filtreye göre daha büyük bir giderim verimiyle çalışmaktadır. Ayrıca zamana bağlı değişim gözlemlendiğinde giderim veriminde doğru orantılı olarak bir artış tespit edilmektedir.

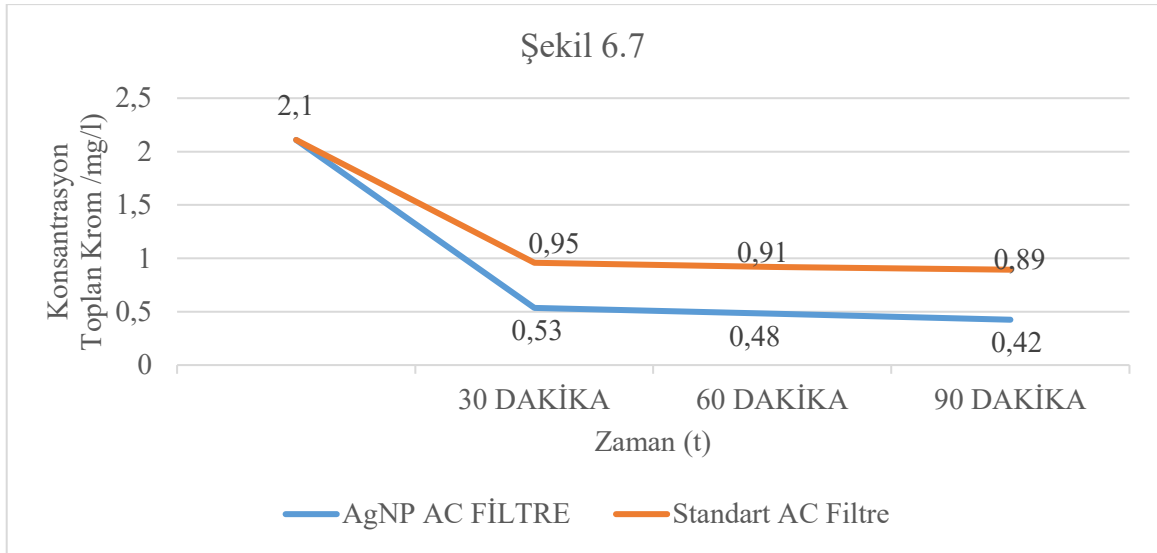


Şekil 6.6. pH 10'da AKM konsantrasyonu 146 mg/l olan atık suyun 12 kg'lık standart AC ve AgNP filtrelerden geçirilerek adsorbsiyon kapasitesinin temas süresine bağlı olarak değişiminin karşılaştırılması.

Şekil 6.6'da AKM değeri 146 mg/l olan atık suyun 30. dakikada standart AC filtreden geçirildikten sonra 91 mg/l düşüyor, giderim verimi % 37 iken yine 30. dakikada AgNP AC filtreden geçirildikten sonra 51 mg/l düşüyor ve giderim verimi % 65 oluyor. Rakamsal olarak değerlendirdiğimizde 30. dakikada 91 mg/l olan değer % 45 gibi daha iyi bir oranla 51 mg/l'ye düşürülmüştür. 60. dakikada toplam krom değeri standart AC filtreden geçirildikten sonra 68 mg/l düşüyor, giderim verimi % 53 olurken 60. dakikada AgNP AC filtreden geçirildikten sonra 24 mg/l düşüyor ve giderim verimi % 83 oluyor. Rakamsal olarak değerlendirmeye devam ettiğimizde 60. dakikada 68 mg/l olan değer % 65 gibi daha iyi bir oranla 24 mg/l'ye düşürülmüştür. 90 dakikadaki bu değerlere baktığımızda standart AC filtreden geçirildikten sonra 63 mg/l düşüyor, giderim verimi % 56 iken yine 90. dakikada AgNP AC filtreden geçirildikten sonra 33 mg/l düşüyor ve giderim verimi % 77 oluyor. 90. dakikada bu değerlere baktığımızda da 63 mg/l olan değer % 47 gibi daha iyi bir oranla 33 mg/l'ye düşürülmüştür. Standart AC filtreye göre AgNP AC filtreye daha iyi bir adsorpsiyon sağlanırken grafikte zamanla birlikte giderim veriminde gerçekleşen doğru orantılı artışta gözlemlenmektedir.

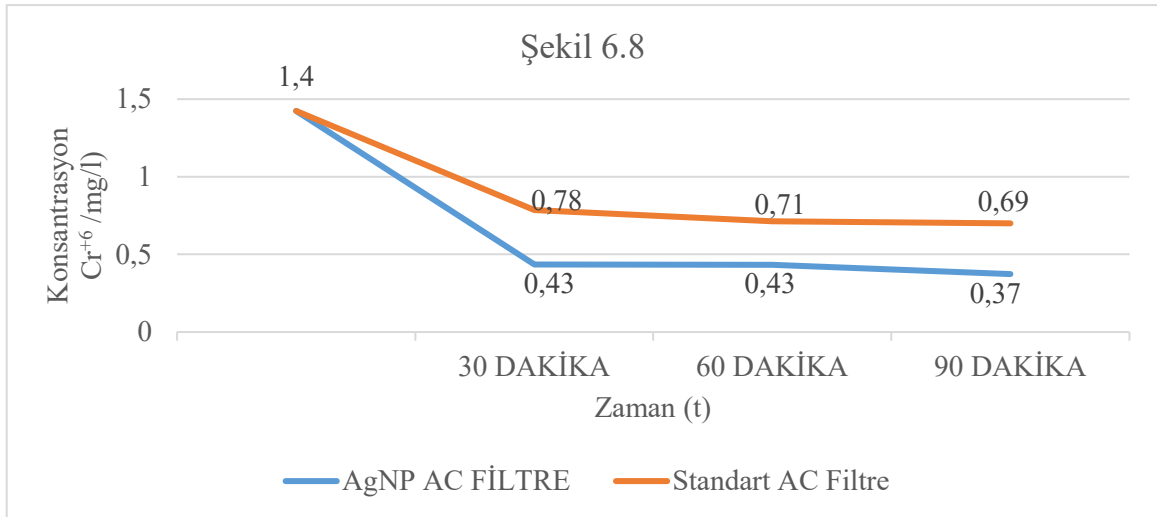
Çizelge 6.4. pH 10'da girişteki kirletici konsantrasyonları bilinen atık suyun 15 kg'lık standart AC ve AgNP filtrelerden geçirildikten sonraki çıkış suyu kirletici konsantrasyon değerleri.

	Filtreye Girişteki Kirletici Konsant.	Standart Aktif Karbon Filtre			Gümüş Nanopartiküllü AC Filtre		
		30 DAKİKA	60 DAKİKA	90 DAKİKA	30 DAKİKA	60 DAKİKA	90 DAKİKA
Toplam Krom (mg/l)	2,1	0,95	0,91	0,89	0,53	0,48	0,42
Cr ⁺⁶ (mg/l)	1,4	0,78	0,71	0,69	0,43	0,43	0,37
AKM (mg/l)	146	41	44	50	28	25	12



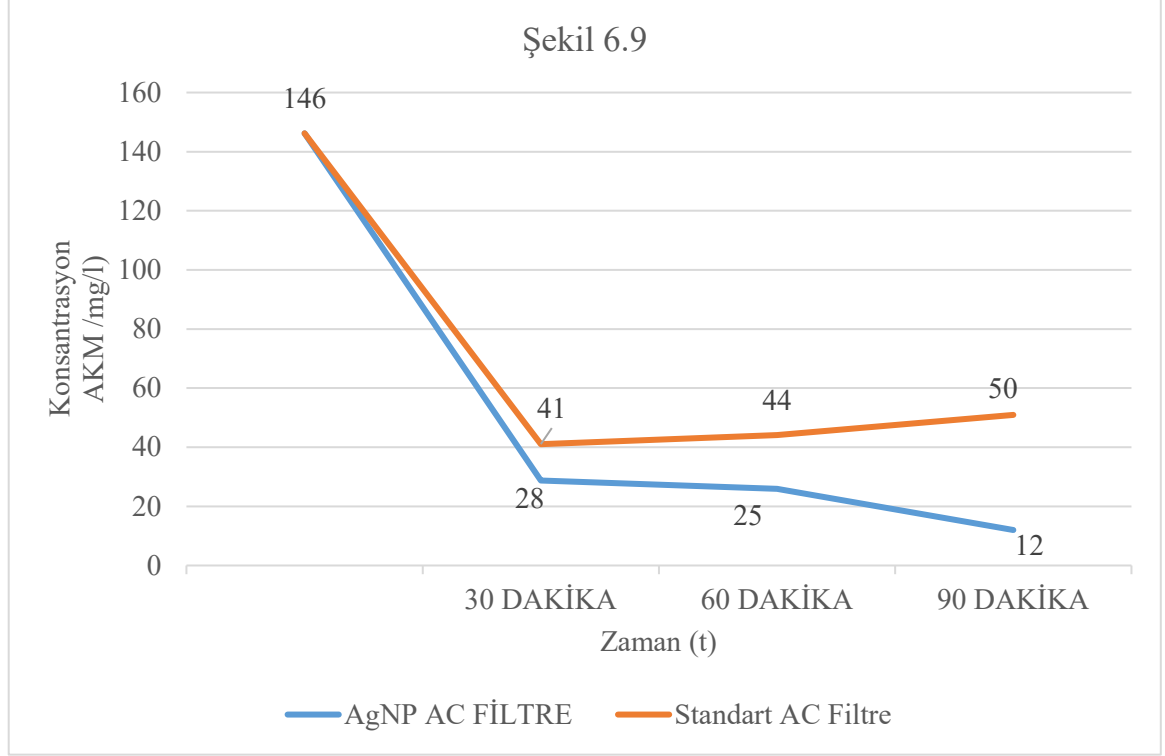
Şekil 6.7. pH 10'da toplam krom konsantrasyonu 2,1 mg/l olan atık suyun 15 kg'lık standart AC filtre ve AgNP filtrelerden geçirilerek adsorbsiyon kapasitesinin temas süresine bağlı olarak değişiminin karşılaştırılması.

Şekil 6.7'de girişteki toplam krom değeri 2,1 mg/l olan atık suyun 30. dakikada standart AC filtreden geçirildikten sonra 0,95 mg/l düşüyor, giderim verimi % 54 iken yine 30. dakikada AgNP AC filtreden geçirildikten sonra 0,53 mg/l düşüyor ve giderim verimi % 74 oluyor. 60. dakikada toplam krom değeri standart AC filtreden geçirildikten sonra 0,91 mg/l düşüyor, giderim verimi % 56 olurken 60. dakikada AgNP AC filtreden geçirildikten sonra 0,48 mg/l düşüyor ve giderim verimi % 77 oluyor. 90 dakikadaki bu değerlere baktığımızda standart AC filtreden geçirildikten sonra 0,89 mg/l düşüyor, giderim verimi % 57 iken yine 90. dakikada AgNP AC filtreden geçirildikten sonra 0,42 mg/l düşüyor ve giderim verimi % 79 oluyor. Standart AC filtreye göre AgNP AC filtre adsorpsiyonda avantaj sağlamakla beraber grafikte giderim veriminde gerçekleşen doğru orantılı artışta gözlemlenmektedir



Şekil 6.8. pH 10'da Cr^{+6} konsantrasyonu 1,4 mg/l olan atık suyun 15 kg'lık standart AC filtre ve AgNP filtrelerden geçirilerek adsorbsiyon kapasitesinin temas süresine bağlı olarak değişiminin karşılaştırılması.

Şekil 6.8’de Cr^{+6} konsantrasyonu 1,4 mg/l olan atık suyun 30. dakikada standart AC filtreden geçirildikten sonra 0,78 mg/l düşüyor, % 45 bir giderim verimi sağlanmışken yine aynı zaman zarfında AgNP AC filtreden geçirildikten sonra 0,43 mg/l düşüyor ve giderim verimi % 69 oluyor. 60. dakikada AKM değeri standart AC filtreden geçirildikten sonra 0,71 mg/l düşüyor, giderim verimi % 52 olurken yine 60. dakikada AgNP AC filtreden geçirildikten sonra 0,43 mg/l düşüyor ve giderim verimi % 69 oluyor. 90. dakikadaki değerlere baktığımızda da standart AC filtreden geçirildikten sonra 0,69 mg/l düşüyor, giderim verimi % 50 iken yine 90. dakikada AgNP AC filtreden geçirildikten sonra 0,37 mg/l düşüyor ve giderim verimi % 73 oluyor.

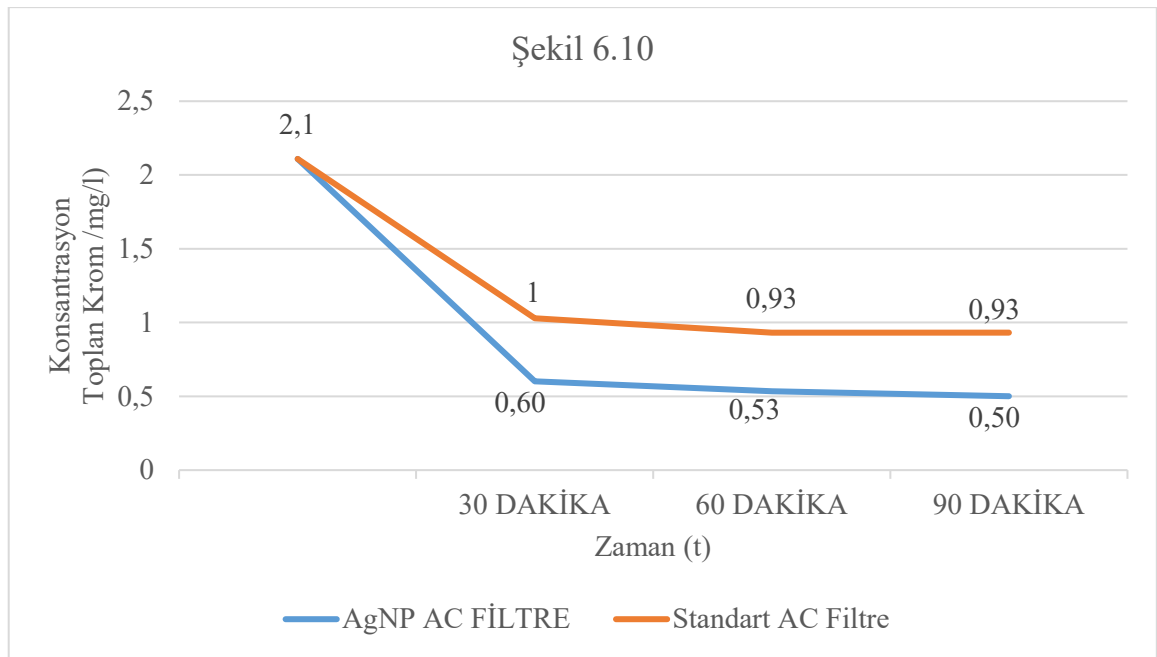


Şekil 6.9. pH 10’da AKM konsantrasyonu 146 mg/l olan atık suyun 15 kg’lık standart AC ve AgNP filtrelerden geçirilerek adsorbsiyon kapasitesinin temas süresine bağlı olarak değişiminin karşılaştırılması.

Şekil 6.9’da AKM konsantrasyonu 146 mg/l olan atık suyun 30. dakikada standart AC filtreden geçirildikten sonra bu değer 41 mg/l düşüyor ve % 71 lik bir giderim verimi sağlanırken yine aynı zaman diliminde AgNP AC filtreden sonra 28 mg/l düşerek % 80 giderim elde edilmiştir. 60. dakikada bu değerleri incelediğimizde standart AC filtrede 44 mg/l düşürülerek % 70 lik, AgNP AC filtrede ise 25 mg/l ile % 82 oranında giderim sağlanmıştır. 90. dakikada ise bu değerler standart AC filtrede % 65 lik giderim verimi ile 50 mg/l düşerken AgNP AC filtrede % 91 lik giderim oranı ile 12 mg/l düşürülmüştür. Grafikte AgNP AC filtrelerin zamanla doğru orantılı olarak giderim verimlerinin arttığı, standart filtrelerde ise bu durumun çok yüksek oranlarda olmasa da giderim verimlerinde azalan oranlarda değişim gösterdiği gözlemlenmektedir. Ayrıca AgNP AC filtrelerin standart AC filtrelerle nazaran çok daha iyi oranlarla giderim sağladığı fark edilmektedir.

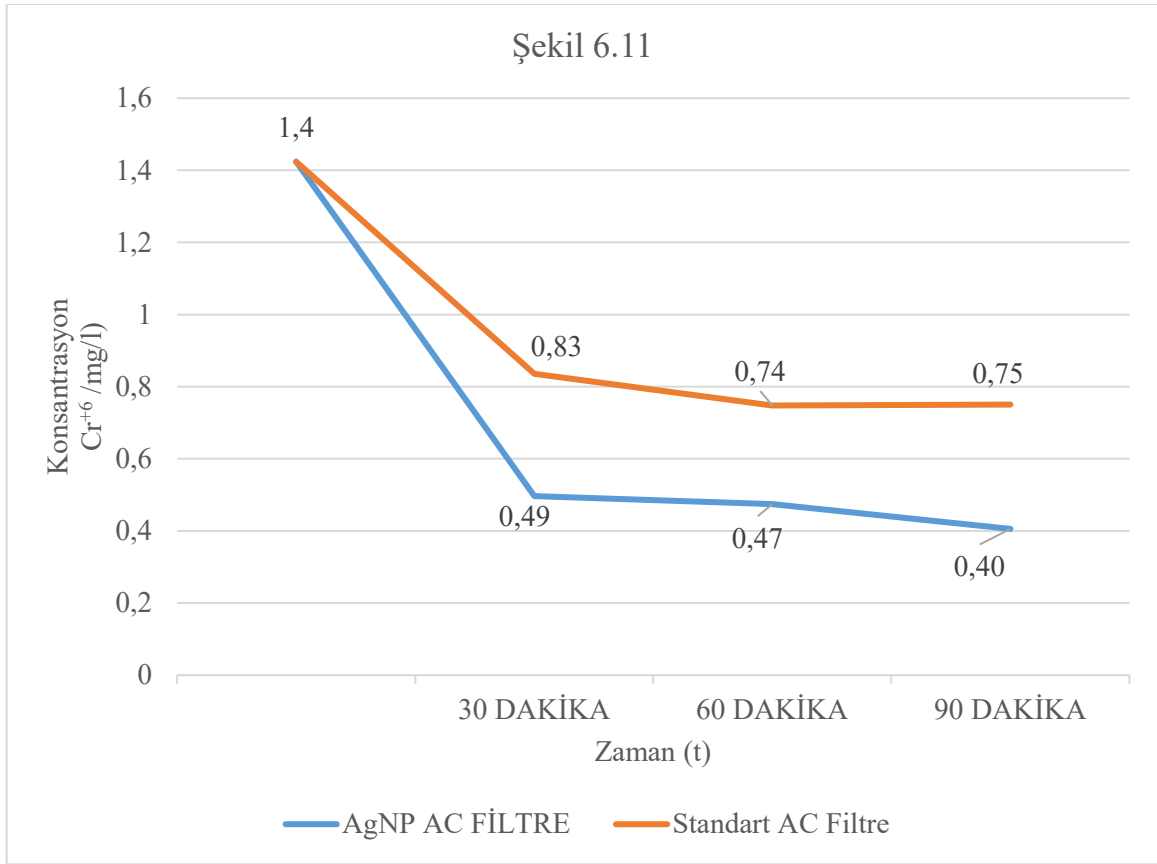
Çizelge 6.5. pH 8’de girişteki kirletici konsantrasyonları bilinen atık suyun 9 kg’lık standart AC ve AgNP filtrelerden geçirildikten sonraki çıkış suyu kirletici konsantrasyon değerleri.

	Filtreye Girişteki Kirletici Konsant.	Standart Aktif Karbon Filtre			Gümüş Nanopartiküllü AC Filtre		
		30 DAKİKA	60 DAKİKA	90 DAKİKA	30 DAKİKA	60 DAKİKA	90 DAKİKA
Toplam Krom (mg/l)	2,1	1	0,93	0,93	0,60	0,53	0,50
Cr ⁺⁶ (mg/l)	1,4	0,83	0,74	0,75	0,49	0,47	0,40
AKM (mg/l)	146	57	47	59	44	30	19



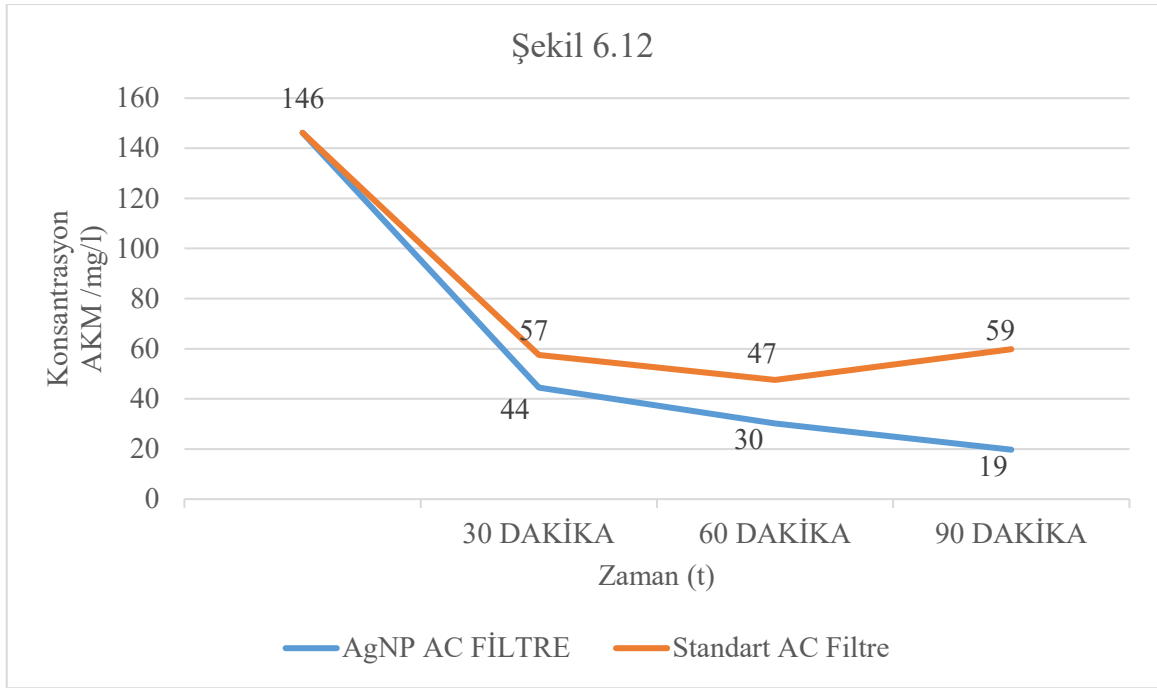
Şekil 6.10. pH 8’de toplam krom konsantrasyonu 2,1 mg/l olan atık suyun 9 kg’lık standart AC filtre ve AgNP filtrelerden geçirilerek adsorbsiyon kapasitesinin temas süresine bağlı olarak değişiminin karşılaştırılması.

Şekil 6.10’da toplam krom konsantrasyonu 2,1 mg/l olan atık suyun 30. dakikada standart AC filtreden geçirildikten sonra 1 mg/l düşüyor, % 51 bir giderim verimi sağlanmışken yine aynı zaman zarfında AgNP AC filtreden geçirildikten sonra 0,60 mg/l düşüyor ve giderim verimi % 71 oluyor. 60. dakikada toplam krom değeri standart AC filtreden geçirildikten sonra 0,93 mg/l düşüyor, giderim verimi % 55 olurken yine 60. dakikada AgNP AC filtreden geçirildikten sonra 0,53 mg/l düşüyor ve giderim verimi % 74 oluyor. 90. dakikadaki değerlere baktığımızda da standart AC filtreden geçirildikten sonra 0,93 mg/l düşüyor, giderim verimi % 56 iken yine 90. dakikada AgNP AC filtreden geçirildikten sonra 0,50 mg/l düşüyor ve giderim verimi % 76 oluyor. Grafikte görüldüğü gibi AgNP AC filtrenin standart AC filtreye göre daha büyük bir giderim verimiyle çalıştığı gözlemlenmektedir. Ayrıca zamana bağlı değişime bakıldığında giderim veriminde doğru orantılı olarak bir artış tespit edilmektedir.



Şekil 6.11. pH 8’de Cr^{+6} konsantrasyonu 1,4 mg/l olan atık suyun 9 kg’lık standart AC filtre ve AgNP filtrelerden geçirilerek adsorbsiyon kapasitesinin temas süresine bağlı olarak değişiminin karşılaştırılması.

Şekil 6.11’de girişteki Cr^{+6} değeri 1,4 mg/l olan atık suyun 30. dakikada standart AC filtreden geçirildikten sonra 0,83 mg/l düşüyor, giderim verimi % 41 iken yine 30. dakikada AgNP AC filtreden geçirildikten sonra 0,49 mg/l düşüyor ve giderim verimi % 65 oluyor. Rakamsal olarak değerlendirdiğimizde 30. dakikada 0,83 mg/l olan değer % 41 gibi daha iyi bir oranla 0,49 mg/l’ye düşürülmüştür. 60. dakikada Cr^{+6} değeri standart AC filtreden geçirildikten sonra 0,74 mg/l düşüyor, giderim verimi % 47 olurken 60. dakikada AgNP AC filtreden geçirildikten sonra 0,47 mg/l düşüyor ve giderim verimi % 67 oluyor. Rakamsal olarak değerlendirmeye devam ettiğimizde 60. dakikada 0,74 mg/l olan değer % 37 gibi daha iyi bir oranla 0,47 mg/l’ye düşürülmüştür. 90 dakikadaki bu değerlere baktığımızda standart AC filtreden geçirildikten sonra 0,75 mg/l düşüyor, giderim verimi % 47 iken yine 90. dakikada AgNP AC filtreden geçirildikten sonra 0,40 mg/l düşüyor ve giderim verimi % 71 oluyor. 90. dakikada bu değerlere baktığımızda da 0,75 mg/l olan değer % 46 gibi daha iyi bir oranla 0,40 mg/l’ye düşürülmüştür. Standart AC filtreye göre AgNP AC filtrenin adsorpsiyonda sağladığı avantajın yanı sıra grafikte zamanla birlikte giderim veriminde gerçekleşen doğru orantılı artışta gözlemlenmektedir.

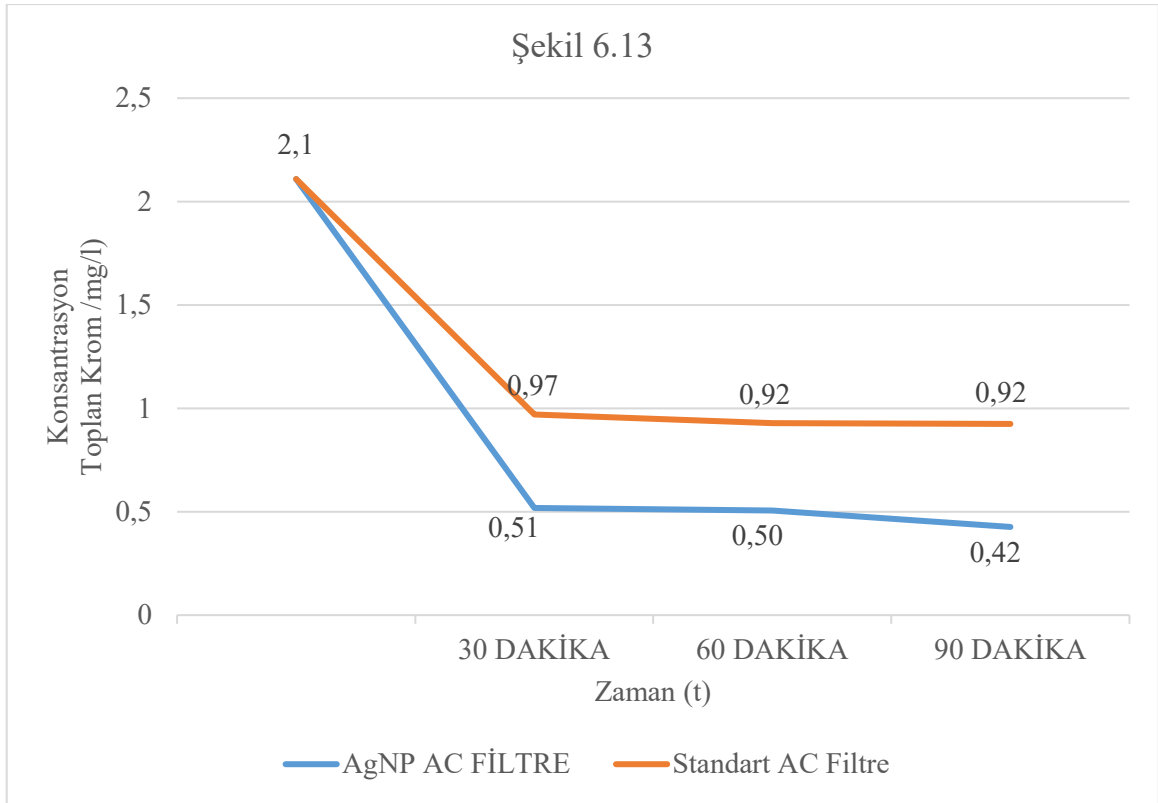


Şekil 6.12. pH 8’de AKM konsantrasyonu 146 mg/l olan atık suyun 9 kg’lık standart AC ve AgNP filtrelerden geçirilerek adsorpsiyon kapasitesinin temas süresine bağlı olarak değişiminin karşılaştırılması.

Şekil 6.12’de AKM konsantrasyonu 146 mg/l olan atık suyun 30. dakikada standart AC filtreden geçirildikten sonra bu değer 57 mg/l düşüyor ve % 60 lık bir giderim verimi sağlanırken yine aynı zaman diliminde AgNP AC filtreden sonra 44 mg/l düşerek % 70 giderim elde edilmiştir. 60. dakikada bu değerleri incelediğimizde standart AC filtrede 47 mg/l düşürülerek % 67 lik, AgNP AC filtrede ise 30 mg/l ile % 79 oranında giderim sağlanmıştır. 90. dakikada ise bu değerler standart AC filtrede % 59 luk giderim verimi ile 59 mg/l düşerken AgNP AC filtrede % 86 lık giderim oranı ile 19 mg/l düşürülmüştür. Grafikte AgNP AC filtrelerin standart filtrelere nazaran giderim veriminde sağladığı avantaj dışında adsorpsiyon kapasitesinin zamanla doğru orantılı olarak arttığı gözlemlenmektedir. Sadece 90. dakikada standart AC filtre de azalan yönde bir giderim verimi gözlemlenmiştir.

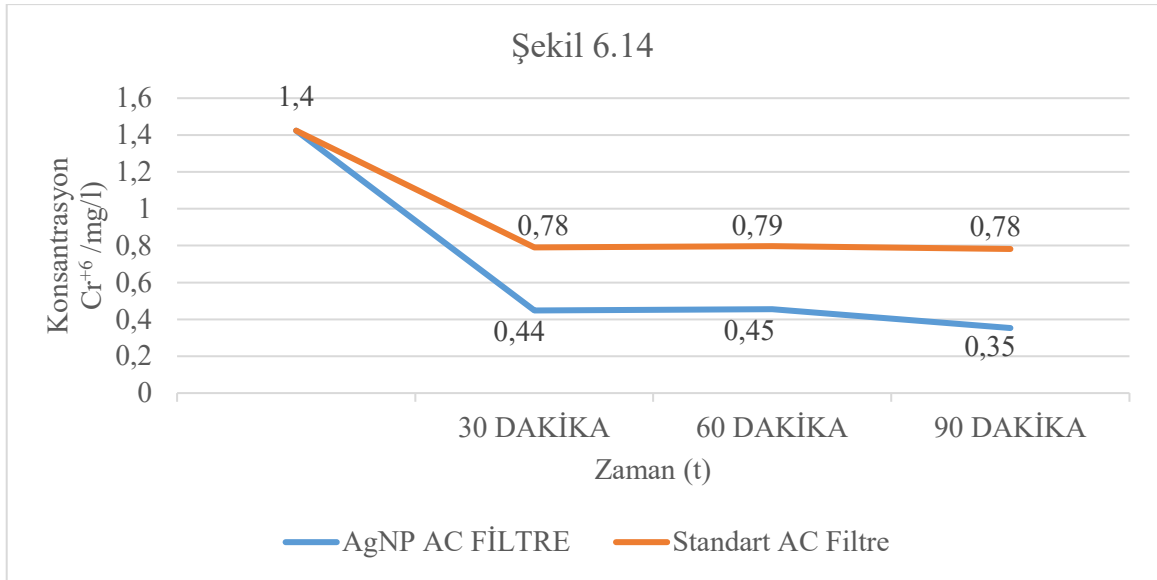
Çizelge 6.6. pH 8’de girişteki kirletici konsantrasyonları bilinen atık suyun 12 kg’lık standart AC ve AgNP filtrelerden geçirildikten sonraki çıkış suyu kirletici konsantrasyon değerleri.

	Filtreye Girişteki Kirletici Konsant.	Standart Aktif Karbon Filtre			Gümüş Nanopartiküllü AC Filtre		
		30 DAKİKA	60 DAKİKA	90 DAKİKA	30 DAKİKA	60 DAKİKA	90 DAKİKA
Toplam Krom (mg/l)	2,1	0,97	0,92	0,92	0,51	0,50	0,42
Cr ⁺⁶ (mg/l)	1,4	0,78	0,79	0,78	0,44	0,45	0,35
AKM (mg/l)	146	63	62	44	63	47	27



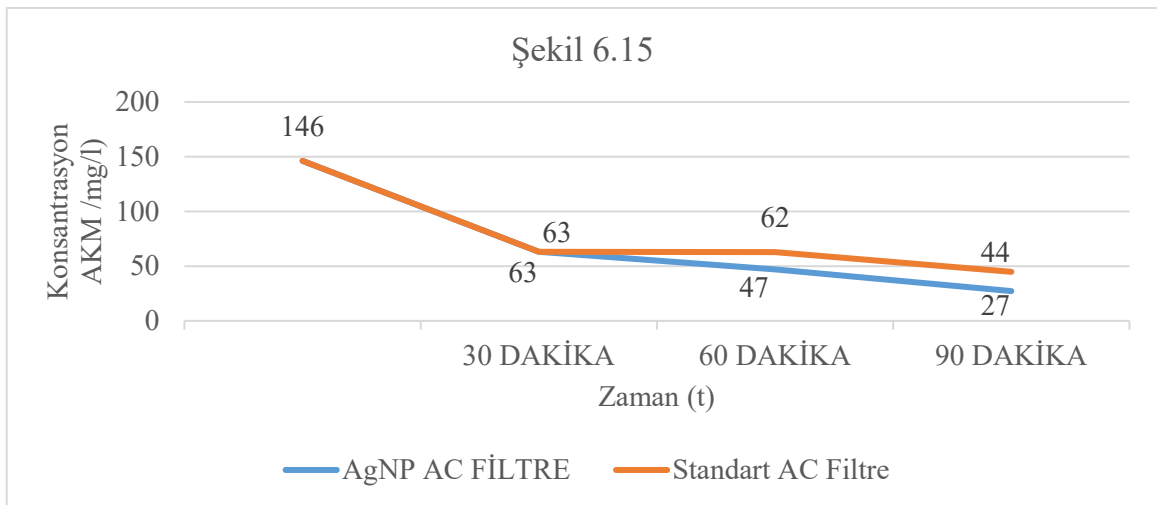
Şekil 6.13. pH 8’de toplam krom konsantrasyonu 2,1 mg/l olan atık suyun 12 kg’lık standart AC filtre ve AgNP filtrelerden geçirilerek adsorbsiyon kapasitesinin temas süresine bağlı olarak değişiminin karşılaştırılması.

Şekil 6.13’de girişteki toplam krom değeri 2,1 mg/l olan atık suyun 30. dakikada standart AC filtreden geçirildikten sonra 0,97 mg/l düşüyor, giderim verimi % 54 iken yine 30. dakikada AgNP AC filtreden geçirildikten sonra 0,51 mg/l düşüyor ve giderim verimi % 75 oluyor. Rakamsal olarak değerlendirdiğimizde 30. dakikada 0,97 mg/l olan değer % 47 gibi daha iyi bir oranla 0,51 mg/l’ye düşürülmüştür. 60. dakikada toplam krom değeri standart AC filtreden geçirildikten sonra 0,92 mg/l düşüyor, giderim verimi % 56 olurken 60. dakikada AgNP AC filtreden geçirildikten sonra 0,50 mg/l düşüyor ve giderim verimi % 76 oluyor. Rakamsal olarak değerlendirmeye devam ettiğimizde 60. dakikada 0,92 mg/l olan değer % 46 gibi daha iyi bir oranla 0,50 mg/l’ye düşürülmüştür. 90 dakikadaki bu değerlere baktığımızda standart AC filtreden geçirildikten sonra 0,92 mg/l düşüyor, giderim verimi % 56 iken yine 90. dakikada AgNP AC filtreden geçirildikten sonra 0,42 mg/l düşüyor ve giderim verimi % 80 oluyor. 90. dakikada bu değerlere baktığımızda da 0,92 mg/l olan değer % 54 gibi daha iyi bir oranla 0,42 mg/l’ye düşürülmüştür. Standart AC filtreye göre AgNP AC filtrenin adsorpsiyonda sağladığı avantajın yanı sıra grafikte zamanla birlikte giderim veriminde gerçekleşen doğru orantılı artışta gözlemlenmektedir.



Şekil 6.14. pH 8’de Cr^{+6} konsantrasyonu 1,4 mg/l olan atık suyun 12 kg’lık standart AC filtre ve AgNP filtrelerden geçirilerek adsorbsiyon kapasitesinin temas süresine bağlı olarak değişiminin karşılaştırılması.

Şekil 6.14’de Cr^{+6} konsantrasyonu 1,4 mg/l olan atık suyun 30. dakikada standart AC filtreden geçirildikten sonra bu değer 0,78 mg/l düşüyor ve % 44 lük bir giderim verimi sağlanırken yine aynı zaman diliminde AgNP AC filtreden sonra 0,44 mg/l düşerek % 68 giderim elde edilmiştir. 60. dakikada bu değerleri incelediğimizde standart AC filtrede 0,79 mg/l düşürülerek % 44 lük, AgNP AC filtrede ise 0,45 mg/l ile % 68 oranında giderim sağlanmıştır. 90. dakikada ise bu değerler standart AC filtrede % 45 lik giderim verimi ile 0,78 mg/l düşerken AgNP AC filtrede % 75 lik giderim oranı ile 0,35 mg/l düşürülmüştür. Grafikte AgNP AC filtrelerin standart AC filtrelere göre daha iyi giderim verimi sağladığı tespit edilirken adsorpsiyon kapasitesinin zamanla stabil olarak çok az değişkenlik gösterdiği saptanmıştır.

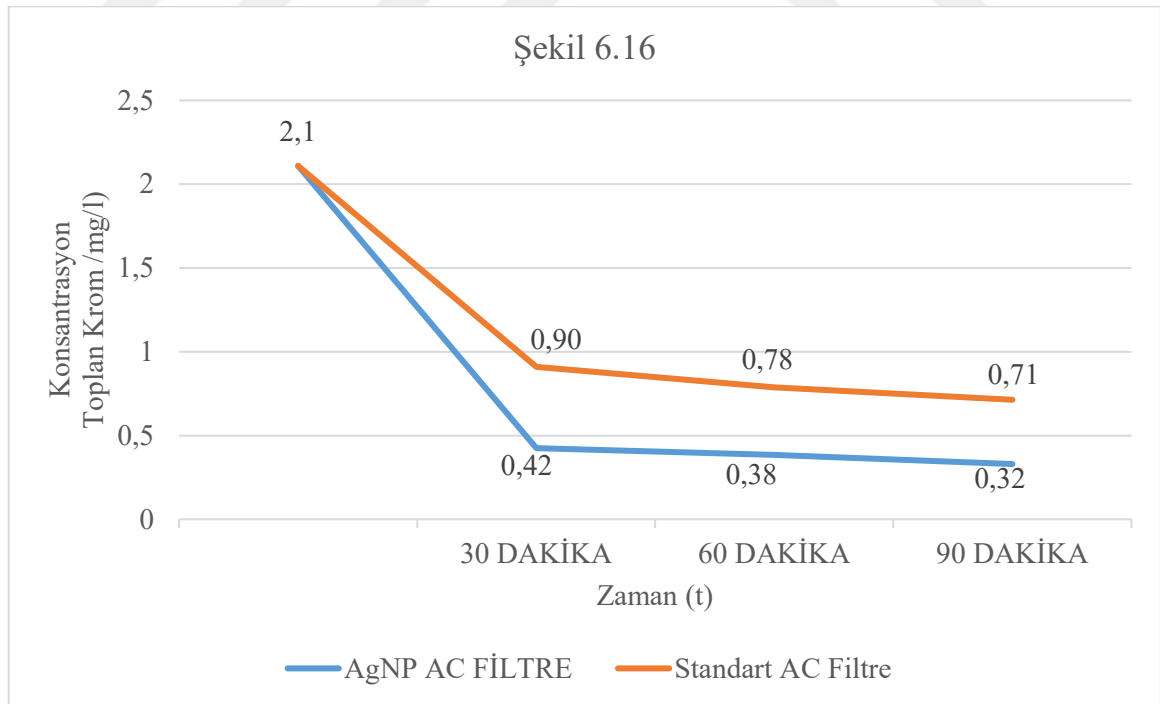


Şekil 6.15. pH 8’de AKM konsantrasyonu 146 mg/l olan atık suyun 12 kg’lık standart AC ve AgNP filtrelerden geçirilerek adsorbsiyon kapasitesinin temas süresine bağlı olarak değişiminin karşılaştırılması.

Şekil 6.15’de askıda katı madde konsantrasyonu 146 mg/l olan atık suyun 30. dakikada standart AC filtreden geçirildikten sonra 63 mg/l düşüyor, % 56 bir giderim verimi sağlanmışken yine aynı zaman zarfında AgNP AC filtreden geçirildikten sonra 63 mg/l düşüyor ve giderim verimi % 56 oluyor. 60. dakikada AKM değeri standart AC filtreden geçirildikten sonra 62 mg/l düşüyor, giderim verimi % 57 olurken yine 60. dakikada AgNP AC filtreden geçirildikten sonra 47 mg/l düşüyor ve giderim verimi % 67 oluyor. 90. dakikadaki değerlere baktığımızda da standart AC filtreden geçirildikten sonra 44 mg/l düşüyor, giderim verimi % 69 iken yine 90. dakikada AgNP AC filtreden geçirildikten sonra 27 mg/l düşüyor ve giderim verimi % 81 oluyor.

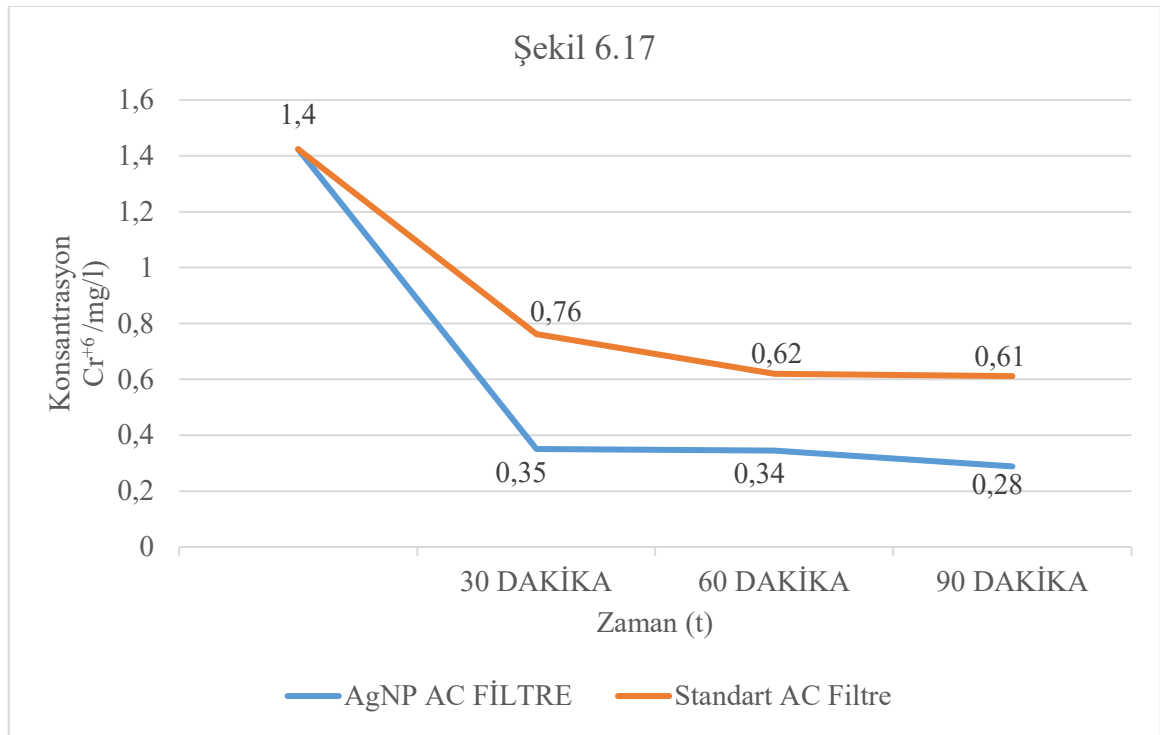
Çizelge 6.7. pH 8’de girişteki kirletici konsantrasyonları bilinen atık suyun 15 kg’lık standart AC filtre ve AgNP filtrelerden geçirildikten sonraki çıkış suyu kirletici konsantrasyon değerleri.

	Filtreye Girişteki Kirletici Konsant.	Standart Aktif Karbon Filtre			Gümüş Nanopartiküllü AC Filtre		
		30 DAKİKA	60 DAKİKA	90 DAKİKA	30 DAKİKA	60 DAKİKA	90 DAKİKA
Toplam Krom (mg/l)	2,1	0,90	0,78	0,71	0,42	0,38	0,32
Cr ⁺⁶ (mg/l)	1,4	0,76	0,62	0,61	0,35	0,34	0,28
AKM (mg/l)	146	33	48	53	37	14	23



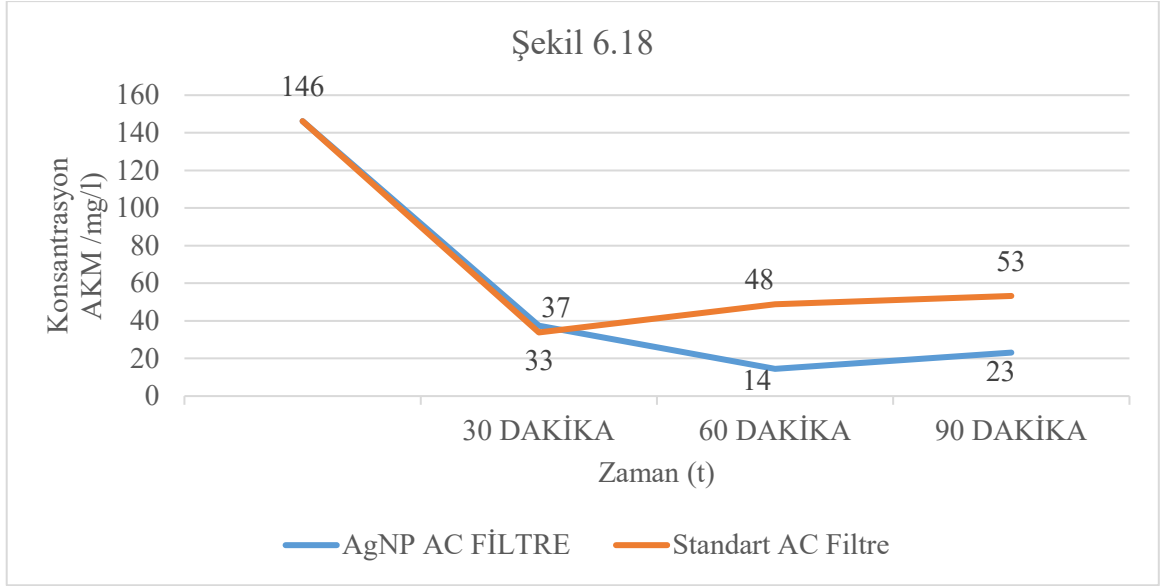
Şekil 6.16. pH 8’de toplam krom konsantrasyonu 2,1 mg/l olan atık suyun 15 kg’lık standart AC filtre ve AgNP filtrelerden geçirilerek adsorbsiyon kapasitesinin temas süresine bağlı olarak değişiminin karşılaştırılması.

Şekil 6.16’da toplam krom konsantrasyonu 2,1 mg/l olan atık suyun 30. dakikada standart AC filtreden geçirildikten sonra bu değer 0,90 mg/l düşüyor ve % 56 lık bir giderim verimi sağlanırken yine aynı zaman diliminde AgNP AC filtreden sonra 0,42 mg/l düşerek % 79 giderim elde edilmiştir. 60. dakikada bu değerleri incelediğimizde standart AC filtrede 0,78 mg/l düşürülerek % 62 lik, AgNP AC filtrede ise 0,38 mg/l ile % 81 oranında giderim sağlanmıştır. 90. dakikada ise bu değerler standart AC filtrede % 66 lık giderim verimi ile 0,78 mg/l düşerken AgNP AC filtrede % 84 lük giderim oranı ile 0,32 mg/l düşürülmüştür. Grafikte AgNP AC filtrelerin standart AC filtrelere göre daha iyi giderim verimi sağladığı tespit edilirken zamanla birlikte giderim veriminde gerçekleşen doğru orantılı artışta gözlemlenmektedir



Şekil 6.17. pH 8’de Cr^{+6} konsantrasyonu 1,4 mg/l olan atık suyun 15 kg’lık standart AC filtre ve AgNP filtrelerden geçirilerek adsorbsiyon kapasitesinin temas süresine bağlı olarak değişiminin karşılaştırılması.

Şekil 6.17’de Cr^{+6} konsantrasyonu 1,4 mg/l olan atık suyun 30. dakikada standart AC filtreden geçirildikten sonra 0,76 mg/l düşüyor, % 46 bir giderim verimi sağlanmışken yine aynı zaman zarfında AgNP AC filtreden geçirildikten sonra 0,35 mg/l düşüyor ve giderim verimi % 75 oluyor. 60. dakikada Cr^{+6} değeri standart AC filtreden geçirildikten sonra 0,62 mg/l düşüyor, giderim verimi % 56 olurken yine 60. dakikada AgNP AC filtreden geçirildikten sonra 0,34 mg/l düşüyor ve giderim verimi % 75 oluyor. 90. dakikadaki değerlere baktığımızda da standart AC filtreden geçirildikten sonra 0,61 mg/l düşüyor, giderim verimi % 57 iken yine 90. dakikada AgNP AC filtreden geçirildikten sonra 0,28 mg/l düşüyor ve giderim verimi % 80 oluyor. Standart AC filtreye göre AgNP AC filtrenin adsorpsiyonda sağladığı avantajın yanı sıra grafikte zamanla birlikte giderim veriminde gerçekleşen doğru orantılı artışta gözlemlenmektedir.

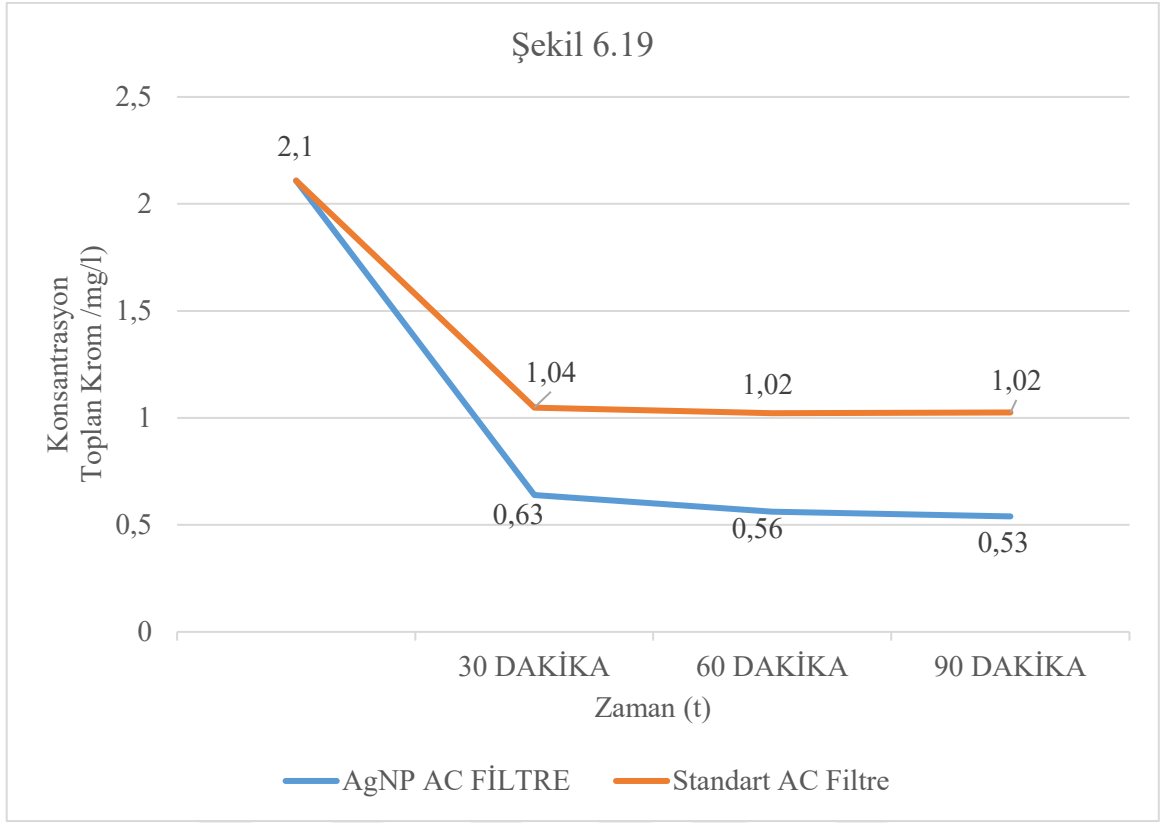


Şekil 6.18. pH 8’de AKM konsantrasyonu 146 mg/l olan atık suyun 15 kg’lık standart AC ve AgNP filtrelerden geçirilerek adsorbsiyon kapasitesinin temas süresine bağlı olarak değişiminin karşılaştırılması.

Şekil 6.18’de girişteki AKM değeri 146 mg/l olan atık suyun 30. dakikada standart AC filtreden geçirildikten sonra 33 mg/l düşüyor, giderim verimi % 76 iken yine 30. dakikada AgNP AC filtreden geçirildikten sonra 37 mg/l düşüyor ve giderim verimi % 74 oluyor. Rakamsal olarak değerlendirdiğimizde 30. dakikada 33 mg/l olan değer % 10 gibi daha az bir giderim oranı ile 37 mg/l’ye yükselmiştir. 60. dakikada AKM değeri standart AC filtreden geçirildikten sonra 48 mg/l düşüyor, giderim verimi % 66 olurken 60. dakikada AgNP AC filtreden geçirildikten sonra 14 mg/l düşüyor ve giderim verimi % 90 oluyor. Rakamsal olarak değerlendirmeye devam ettiğimizde 60. dakikada 48 mg/l olan değer % 70 gibi daha iyi bir oranla 14 mg/l’ye düşürülmüştür. 90 dakikadaki bu değerlere baktığımızda standart AC filtreden geçirildikten sonra 53 mg/l düşüyor, giderim verimi % 63 iken yine 90. dakikada AgNP AC filtreden geçirildikten sonra 23 mg/l düşüyor ve giderim verimi % 84 oluyor. 90. dakikada bu değerlere baktığımızda da 53 mg/l olan değer % 56 gibi daha iyi bir oranla 23 mg/l’ye düşürülmüştür. Standart AC filtreye göre AgNP AC filtrenin daha iyi oranlarda adsorpsiyon sağladığı gözlemlenirken, standart AC filtrenin giderim verimi zamanla düşerken AgNP AC filtrenin giderim verimi artan bir eğilim göstermiştir.

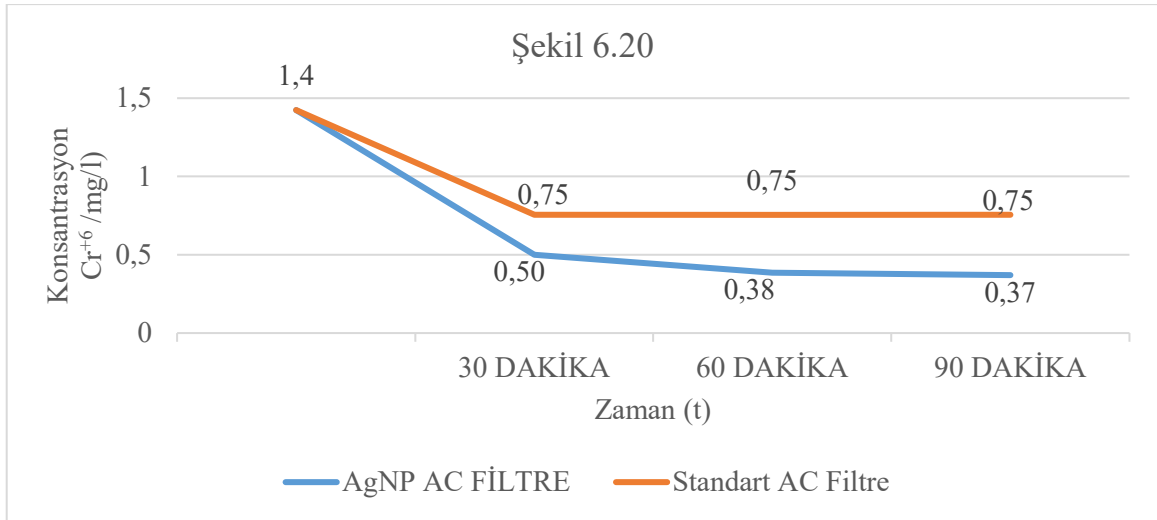
Çizelge 6.8. pH 6’da girişteki kirletici konsantrasyonları bilinen atık suyun 9 kg’lık standart AC ve AgNP filtrelerden geçirildikten sonraki çıkış suyu kirletici konsantrasyon değerleri.

	Filtreye Girişteki Kirletici Konsant.	Standart Aktif Karbon Filtre			Gümüş Nanopartiküllü AC Filtre		
		30 DAKİKA	60 DAKİKA	90 DAKİKA	30 DAKİKA	60 DAKİKA	90 DAKİKA
Toplam Krom (mg/l)	2,1	1,04	1,02	1,02	0,63	0,56	0,53
Cr ⁺⁶ (mg/l)	1,4	0,75	0,75	0,75	0,50	0,38	0,37
AKM (mg/l)	146	57	62	56	24	19	18



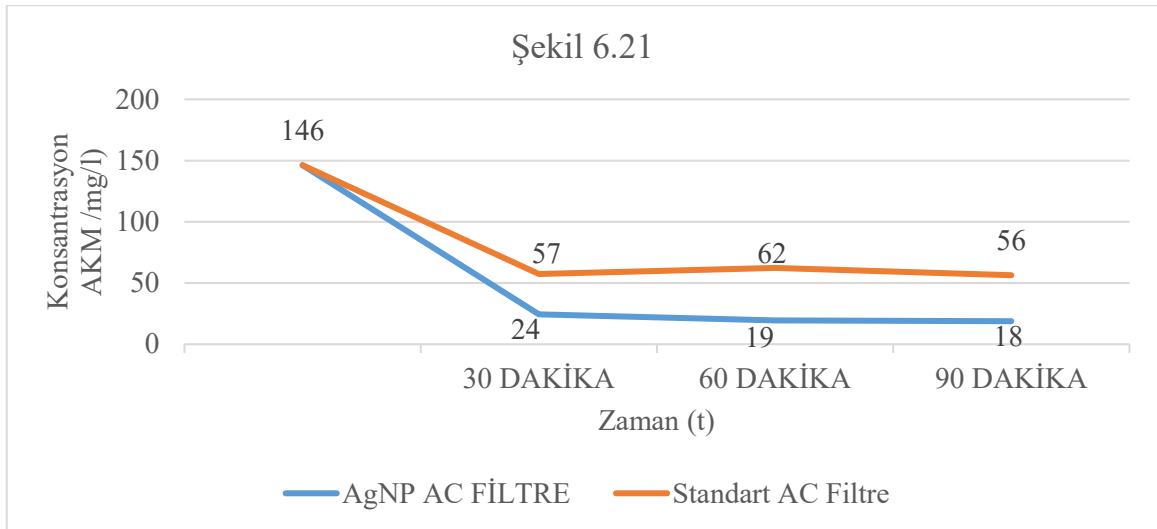
Şekil 6.19. pH 6’da toplam krom konsantrasyonu 2,1 mg/l olan atık suyun 9 kg’lık standart AC filtre ve AgNP filtrelerden geçirilerek adsorbsiyon kapasitesinin temas süresine bağlı olarak değişiminin karşılaştırılması.

Şekil 6.19’da toplam krom değeri 2,1 mg/l olan atık suyun 30. dakikada standart AC filtreden geçirildikten sonra 1,04 mg/l düşüyor, giderim verimi % 50 iken yine 30. dakikada AgNP AC filtreden geçirildikten sonra 0,63 mg/l düşüyor ve giderim verimi % 70 oluyor. Rakamsal olarak değerlendirdiğimizde 30. dakikada 1,04 mg/l olan değer % 41 gibi daha iyi bir oranla 0,63 mg/l’ye düşürülmüştür. 60. dakikada toplam krom değeri standart AC filtreden geçirildikten sonra 1,02 mg/l düşüyor, giderim verimi % 51 olurken 60. dakikada AgNP AC filtreden geçirildikten sonra 0,56 mg/l düşüyor ve giderim verimi % 73 oluyor. Rakamsal olarak değerlendirmeye devam ettiğimizde 60. dakikada 1,02 mg/l olan değer % 45 gibi daha iyi bir oranla 0,56 mg/l’ye düşürülmüştür. 90 dakikadaki bu değerlere baktığımızda standart AC filtreden geçirildikten sonra 1,02 mg/l düşüyor, giderim verimi % 51 iken yine 90. dakikada AgNP AC filtreden geçirildikten sonra 0,53 mg/l düşüyor ve giderim verimi % 74 oluyor. 90. dakikada bu değerlere baktığımızda da 1,02 mg/l olan değer % 47 gibi daha iyi bir oranla 0,53 mg/l’ye düşürülmüştür. Standart AC filtreye göre AgNP AC filtrenin adsorpsiyonda sağladığı avantajın yanı sıra grafikte zamanla birlikte giderim veriminde gerçekleşen doğru orantılı artışta gözlemlenmektedir.



Şekil 6.20. pH 6'da Cr^{+6} konsantrasyonu 1,4 mg/l olan atık suyun 9 kg'lık standart AC filtre ve AgNP filtrelerden geçirilerek adsorbsiyon kapasitesinin temas süresine bağlı olarak değişiminin karşılaştırılması.

Şekil 6.20'de Cr^{+6} konsantrasyonu 1,4 mg/l olan atık suyun 30. dakikada standart AC filtreden geçirildikten sonra 0,75 mg/l düşüyor, % 46 bir giderim verimi sağlanmışken yine aynı zaman zarfında AgNP AC filtreden geçirildikten sonra 0,50 mg/l düşüyor ve giderim verimi % 64 oluyor. 60. dakikada Cr^{+6} değeri standart AC filtreden geçirildikten sonra 0,75 mg/l düşüyor, giderim verimi % 46 olurken yine 60. dakikada AgNP AC filtreden geçirildikten sonra 0,38 mg/l düşüyor ve giderim verimi % 72 oluyor. 90. dakikadaki değerlere baktığımızda da standart AC filtreden geçirildikten sonra 0,75 mg/l düşüyor, giderim verimi % 46 iken yine 90. dakikada AgNP AC filtreden geçirildikten sonra 0,37 mg/l düşüyor ve giderim verimi % 74 oluyor. Standart AC filtreye göre AgNP AC filtre daha iyi bir giderim oranı sağlarken standart fitrede giderim oranı zamanla sabit kalsa da AgNP AC filtrelerde zamanla doğru orantılı artmaktadır.

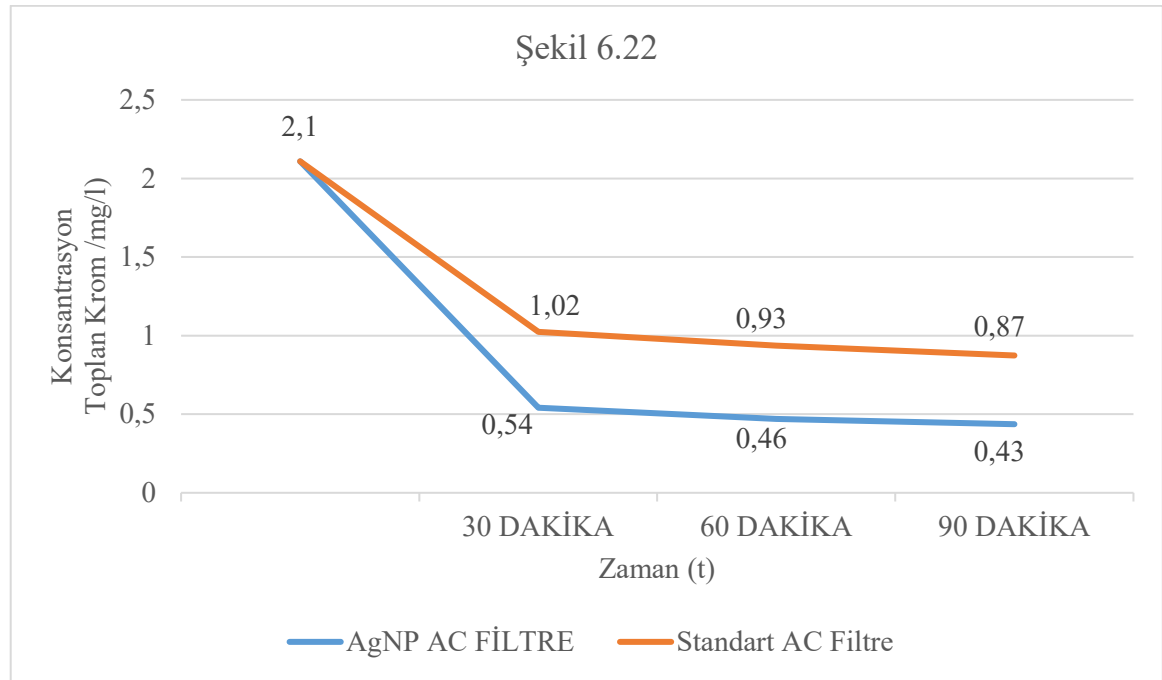


Şekil 6.21. pH 6'da AKM konsantrasyonu 146 mg/l olan atık suyun 9 kg'lık standart AC ve AgNP filtrelerden geçirilerek adsorbsiyon kapasitesinin temas süresine bağlı olarak değişiminin karşılaştırılması.

Şekil 6.21’de AKM konsantrasyonu 146 mg/l olan atık suyun 30. dakikada standart AC filtreden geçirildikten sonra bu değer 57 mg/l düşüyor ve % 60 lık bir giderim verimi sağlanırken yine aynı zaman diliminde AgNP AC filtreden sonra 24 mg/l düşerek % 83 giderim elde edilmiştir. 60. dakikada bu değerleri incelediğimizde standart AC filtrede 62 mg/l düşürülerek % 57 lik, AgNP AC filtrede ise 19 mg/l ile % 86 oranında giderim sağlanmıştır. 90. dakikada ise bu değerler standart AC filtrede % 61 lık giderim verimi ile 56 mg/l düşerken AgNP AC filtrede % 87 lik giderim oranı ile 18 mg/l düşürülmüştür. Grafikte AgNP AC filtrelerin standart AC filtrelere göre daha iyi giderim verimi sağladığı tespit edilirken standart fitrede giderim oranı zamanla daha çok sabit kalsa da AgNP AC filtrelerde zamanla doğru orantılı artmaktadır.

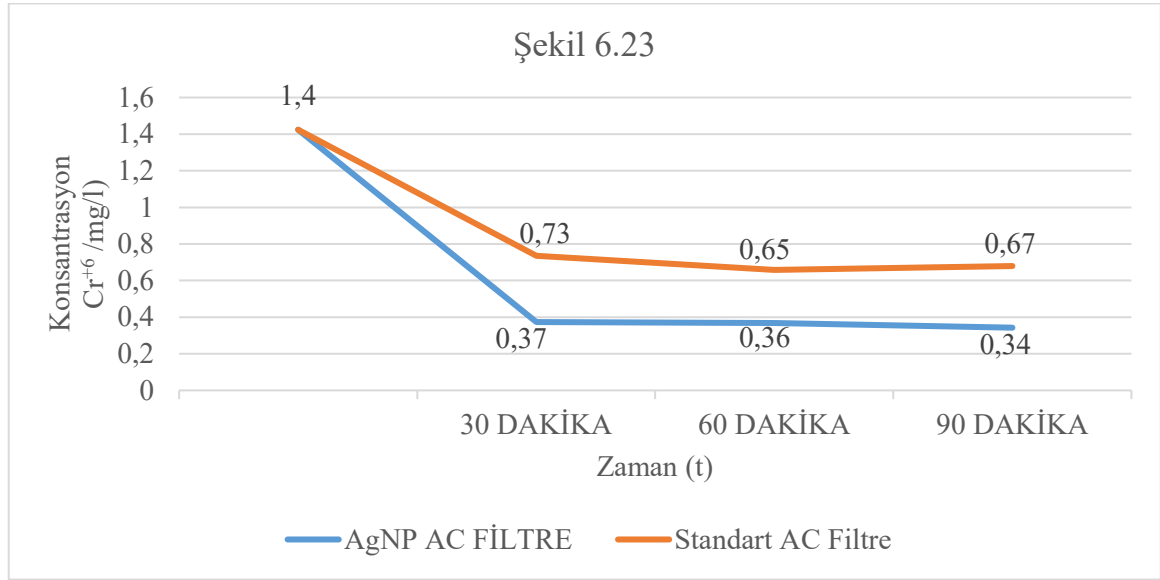
Çizelge 6.9. pH 6’da girişteki kirletici konsantrasyonları bilinen atık suyun 12 kg’lık standart AC ve AgNP filtrelerden geçirildikten sonraki çıkış suyu kirletici konsantrasyon değerleri.

	Filtreye Girişteki Kirletici Konsant.	Standart Aktif Karbon Filtre			Gümüş Nanopartiküllü AC Filtre		
		30 DAKİKA	60 DAKİKA	90 DAKİKA	30 DAKİKA	60 DAKİKA	90 DAKİKA
Toplam Krom (mg/l)	2,1	1,02	0,93	0,87	0,54	0,46	0,43
Cr ⁺⁶ (mg/l)	1,4	0,73	0,65	0,67	0,37	0,36	0,34
AKM (mg/l)	146	101	12	60	20	4	13



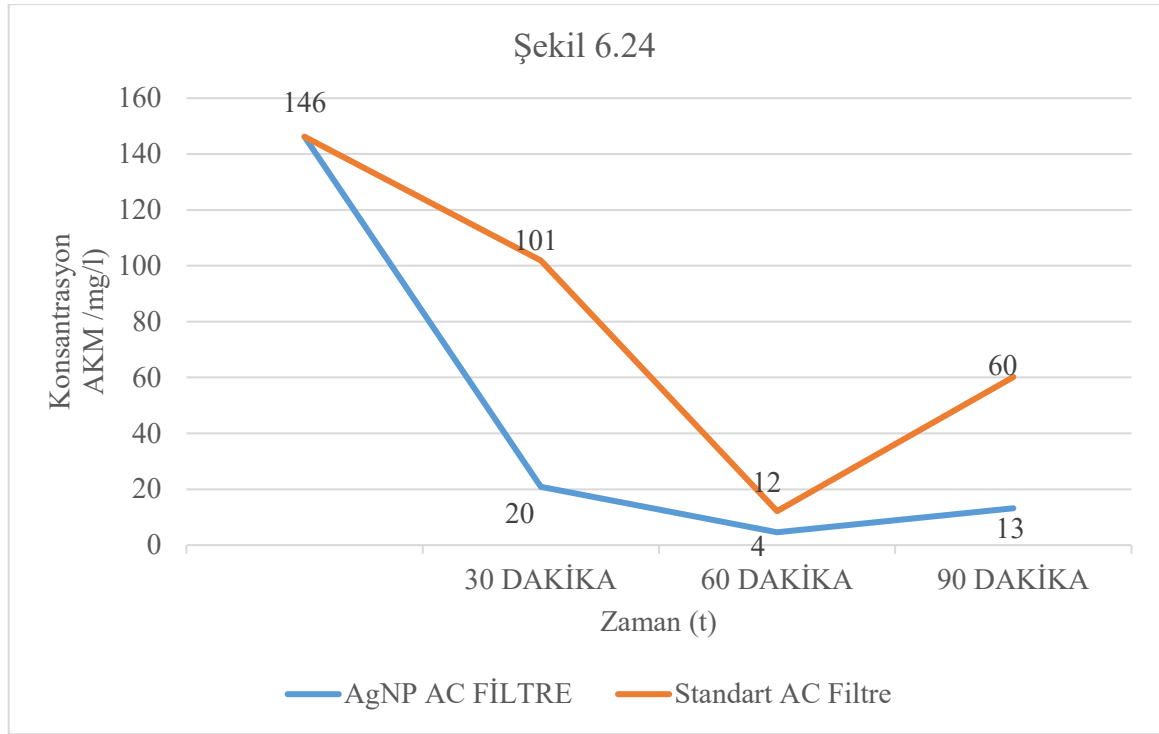
Şekil 6.22. pH 6’da toplam krom konsantrasyonu 2,1 mg/l olan atık suyun 12 kg’lık standart AC filtre ve AgNP filtrelerden geçirilerek adsorbsiyon kapasitesinin temas süresine bağlı olarak değişiminin karşılaştırılması.

Şekil 6.22’de toplam krom konsantrasyonu 2,1 mg/l olan atık suyun 30. dakikada standart AC filtreden geçirildikten sonra 1,02 mg/l düşüyor, % 51 bir giderim verimi sağlanmışken yine aynı zaman zarfında AgNP AC filtreden geçirildikten sonra 0,54 mg/l düşüyor ve giderim verimi % 74 oluyor. 60. dakikada toplam krom değeri standart AC filtreden geçirildikten sonra 0,93 mg/l düşüyor, giderim verimi %55 olurken yine 60. dakikada AgNP AC filtreden geçirildikten sonra 0,46 mg/l düşüyor ve giderim verimi % 77 oluyor. 90. dakikadaki değerlere baktığımızda da standart AC filtreden geçirildikten sonra 0,87 mg/l düşüyor, giderim verimi % 58 iken yine 90. dakikada AgNP AC filtreden geçirildikten sonra 0,43 mg/l düşüyor ve giderim verimi % 79 oluyor. Standart AC filtreye göre AgNP AC filtrenin adsorpsiyonda sağladığı avantajın yanı sıra grafikte zamanla birlikte giderim veriminde gerçekleşen doğru orantılı artışta gözlemlenmektedir



Şekil 6.23. pH 6’da Cr^{+6} konsantrasyonu 1,4 mg/l olan atık suyun 12 kg’lık standart AC filtre ve AgNP filtrelerden geçirilerek adsorbsiyon kapasitesinin temas süresine bağlı olarak değişiminin karşılaştırılması.

Şekil 6.23’de Cr^{+6} değeri 1,4 mg/l olan atık suyun 30. dakikada standart AC filtreden geçirildikten sonra 0,73 mg/l düşüyor, giderim verimi % 48 iken yine 30. dakikada AgNP AC filtreden geçirildikten sonra 0,37 mg/l düşüyor ve giderim verimi % 73 oluyor. Rakamsal olarak değerlendirdiğimizde 30. dakikada 0,73 mg/l olan değer % 50 gibi daha iyi bir oranla 0,37 mg/l’ye düşürülmüştür. 60. dakikada toplam krom değeri standart AC filtreden geçirildikten sonra 0,65 mg/l düşüyor, giderim verimi % 53 olurken 60. dakikada AgNP AC filtreden geçirildikten sonra 0,36 mg/l düşüyor ve giderim verimi % 74 oluyor. Rakamsal olarak değerlendirmeye devam ettiğimizde 60. dakikada 0,65 mg/l olan değer % 44 gibi daha iyi bir oranla 0,36 mg/l’ye düşürülmüştür. 90 dakikadaki bu değerlere baktığımızda standart AC filtreden geçirildikten sonra 0,67 mg/l düşüyor, giderim verimi % 53 iken yine 90. dakikada AgNP AC filtreden geçirildikten sonra 0,34 mg/l düşüyor ve giderim verimi % 76 oluyor. 90. dakikada bu değerlere baktığımızda da 0,67 mg/l olan değer % 50 gibi daha iyi bir oranla 0,34 mg/l’ye düşürülmüştür. Standart AC filtreye göre AgNP AC filtrenin adsorpsiyon oranı çok daha fazla olmakla beraber grafikte görüldüğü gibi zamanla birlikte giderim veriminde gerçekleşen doğru orantılı artışta tespit edilmiştir

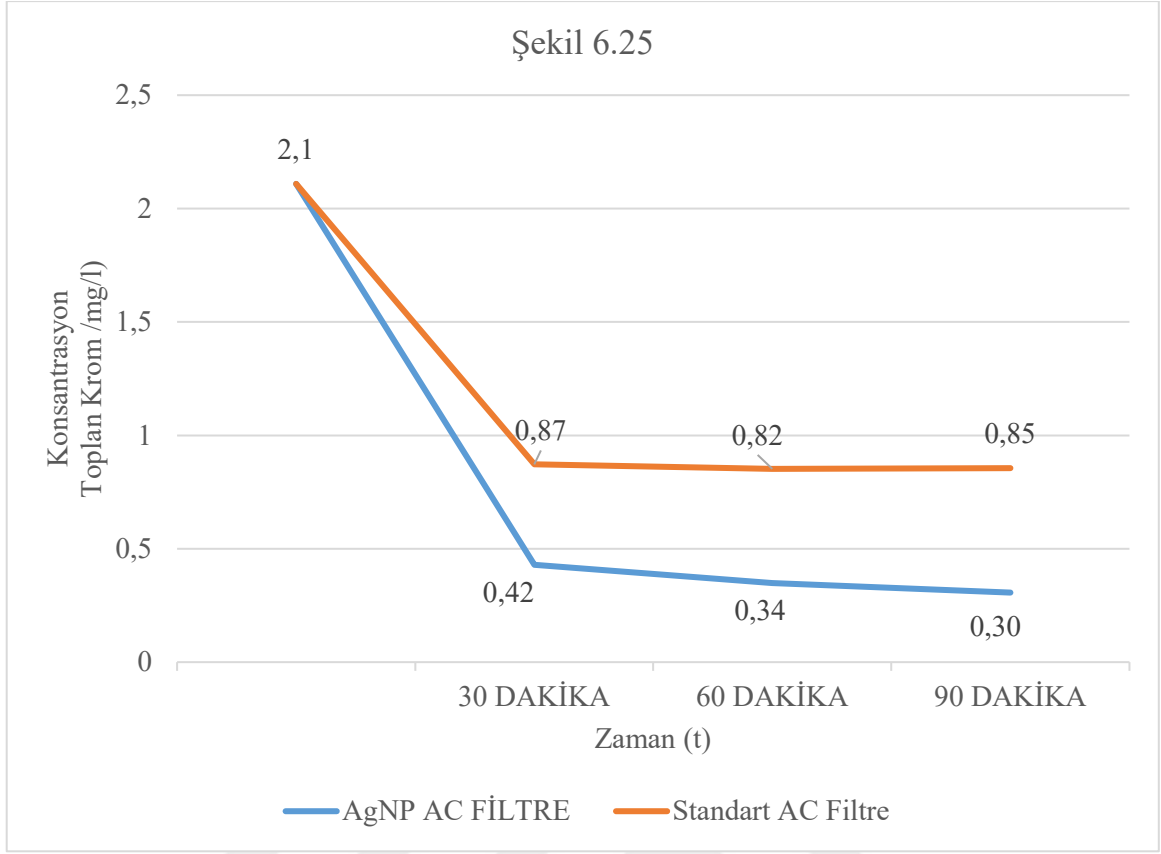


Şekil 6.24. pH 6’da AKM konsantrasyonu 146 mg/l olan atık suyun 12 kg’lık standart AC ve AgNP filtrelerden geçirilerek adsorbsiyon kapasitesinin temas süresine bağlı olarak değişiminin karşılaştırılması.

Şekil 6.24’de AKM konsantrasyonu 146 mg/l olan atık suyun 30. dakikada standart AC filtreden geçirildikten sonra bu değer 101 mg/l düşüyor ve % 30 luk bir giderim verimi sağlanırken yine aynı zaman diliminde AgNP AC filtreden sonra 20 mg/l düşerek % 85 giderim elde edilmiştir. 60. dakikada bu değerleri incelediğimizde standart AC filtrede 12 mg/l düşürülerek % 91 lik, AgNP AC filtrede ise 4 mg/l ile % 96 oranında giderim sağlanmıştır. 90. dakikada ise bu değerler standart AC filtrede % 58 lik giderim verimi ile 60 mg/l düşerken AgNP AC filtrede % 90 lik giderim oranı ile 13 mg/l düşürülmüştür. Grafikte AgNP AC filtrelerin standart AC filtrelerle göre daha iyi giderim verimi sağladığı tespit edilirken standart filtrede ve AgNP AC filtrelerde giderim oranları 60 dakikada önemli bir artış göstermişken daha sonra zamanla giderim verimlerinde düşme saptanmıştır.

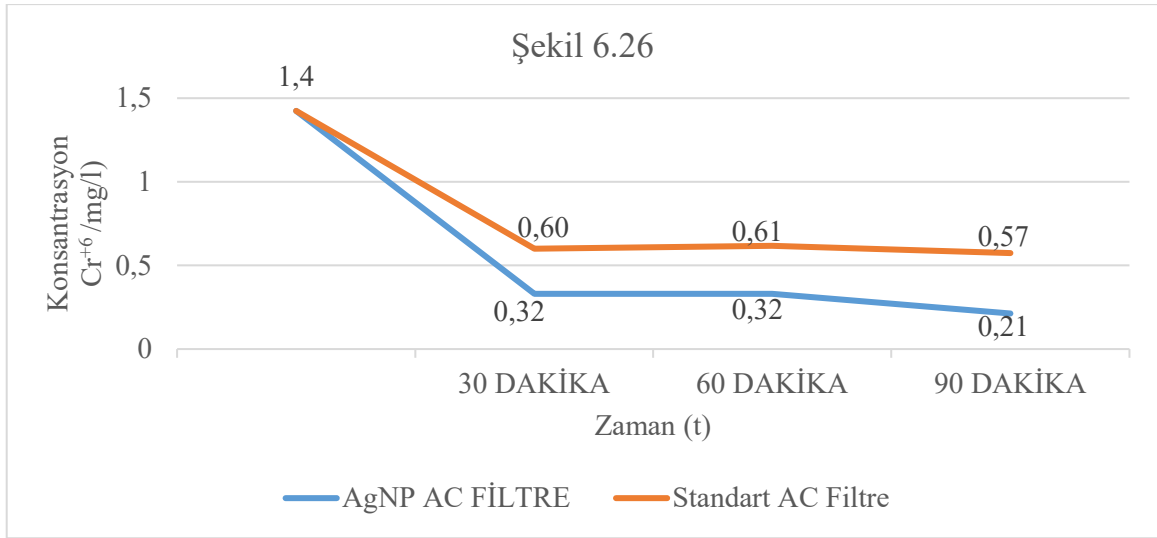
Çizelge 6.10. pH 6’da girişteki kirletici konsantrasyonları bilinen atık suyun 15 kg’lık standart AC ve AgNP filtrelerden geçirildikten sonraki çıkış suyu kirletici konsantrasyon değerleri.

	Filtreye Girişteki Kirletici Konsant.	Standart Aktif Karbon Filtre			Gümüş Nanopartiküllü AC Filtre		
		30 DAKİKA	60 DAKİKA	90 DAKİKA	30 DAKİKA	60 DAKİKA	90 DAKİKA
Toplam Krom (mg/l)	2,1	0,87	0,85	0,85	0,42	0,34	0,30
Cr ⁺⁶ (mg/l)	1,4	0,60	0,61	0,57	0,32	0,32	0,21
AKM (mg/l)	146	45	44	48	14	8	9



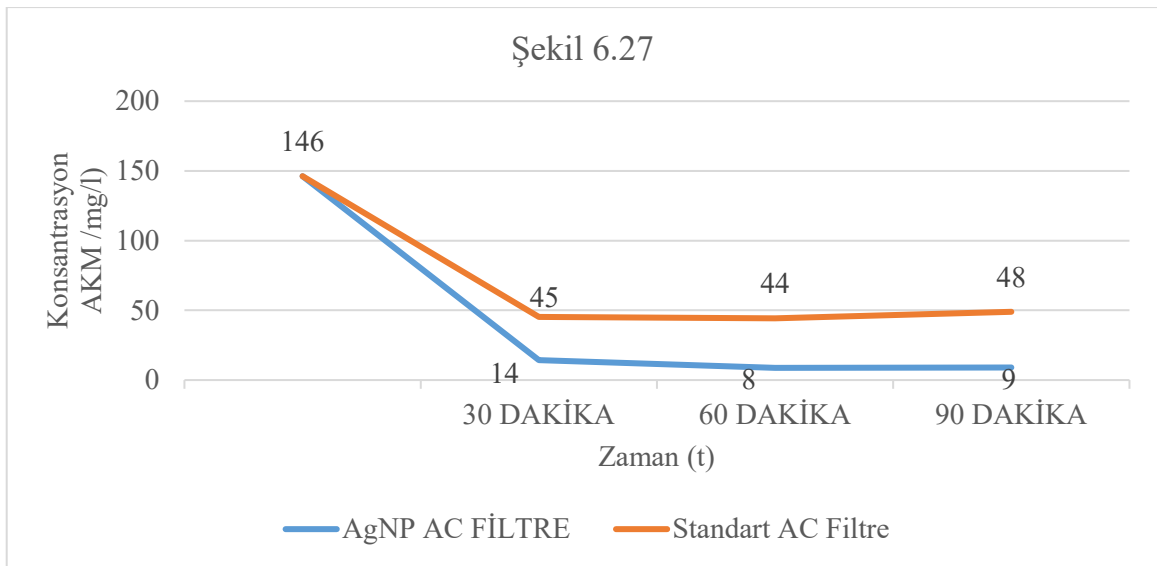
Şekil 6.25. pH 6'da toplam krom konsantrasyonu 2,1 mg/l olan atık suyun 15 kg'lık standart AC filtre ve AgNP filtrelerden geçirilerek adsorpsiyon kapasitesinin temas süresine bağlı olarak değişiminin karşılaştırılması.

Şekil 6.25'de toplam krom değeri 2,1 mg/l olan atık suyun 30. dakikada standart AC filtreden geçirildikten sonra 0,87 mg/l düşüyor, giderim verimi % 58 iken yine 30. dakikada AgNP AC filtreden geçirildikten sonra 0,42 mg/l düşüyor ve giderim verimi % 79 oluyor. Rakamsal olarak değerlendirdiğimizde 30. dakikada 0,87 mg/l olan değer % 51 gibi daha iyi bir oranla 0,42 mg/l'ye düşürülmüştür. 60. dakikada toplam krom değeri standart AC filtreden geçirildikten sonra 0,85 mg/l düşüyor, giderim verimi % 59 olurken 60. dakikada AgNP AC filtreden geçirildikten sonra 0,34 mg/l düşüyor ve giderim verimi % 83 oluyor. Rakamsal olarak değerlendirmeye devam ettiğimizde 60. dakikada 0,85 mg/l olan değer % 60 gibi daha iyi bir oranla 0,34 mg/l'ye düşürülmüştür. 90 dakikadaki bu değerlere baktığımızda standart AC filtreden geçirildikten sonra 0,85 mg/l düşüyor, giderim verimi % 59 iken yine 90. dakikada AgNP AC filtreden geçirildikten sonra 0,30 mg/l düşüyor ve giderim verimi % 85 oluyor. 90. dakikada bu değerlere baktığımızda da 0,85 mg/l olan değer % 65 gibi daha iyi bir oranla 0,30 mg/l'ye düşürülmüştür. Standart AC filtreye göre AgNP AC filtrenin adsorpsiyon oranı çok daha fazla olmakla beraber grafikte görüldüğü gibi zamanla birlikte giderim veriminde gerçekleşen doğru orantılı artışta tespit edilmiştir.



Şekil 6.26. pH 6'da Cr^{+6} konsantrasyonu 1,4 mg/l olan atık suyun 15 kg'lık standart AC filtre ve AgNP filtrelerden geçirilerek adsorbsiyon kapasitesinin temas süresine bağlı olarak değişiminin karşılaştırılması.

Şekil 6.26'da Cr^{+6} konsantrasyonu 1,4 mg/l olan atık suyun 30. dakikada standart AC filtreden geçirildikten sonra bu değer 0,60 mg/l düşüyor ve % 57 lik bir giderim verimi sağlanırken yine aynı zaman diliminde AgNP AC filtreden sonra 0,32 mg/l düşerek % 76 giderim elde edilmiştir. 60. dakikada bu değerleri incelediğimizde standart AC filtrede 0,61 mg/l düşürülerek % 56 lik, AgNP AC filtrede ise 0,32 mg/l ile % 76 oranında giderim sağlanmıştır. 90. dakikada ise bu değerler standart AC filtrede % 59 luk giderim verimi ile 0,57 mg/l düşerken AgNP AC filtrede % 85 lik giderim oranı ile 0,21 mg/l düşürülmüştür. Grafikte AgNP AC filtrelerin standart AC filtrelere göre daha iyi giderim verimi sağladığı tespit edilirken standart AC filtrede ve AgNP AC filtrelerde giderim oranlarında zamana bağlı az miktarda olsa artış olduğu gözlemlenmiştir.

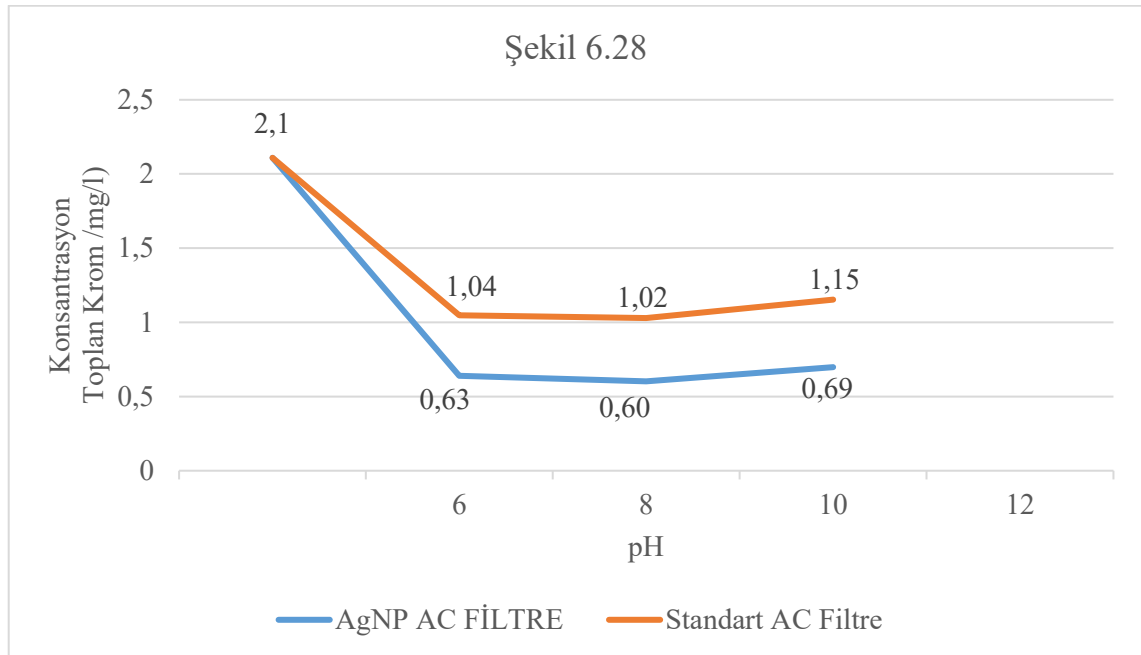


Şekil 6.27. pH 6'da AKM konsantrasyonu 146 mg/l olan atık suyun 15 kg'lık standart AC ve AgNP filtrelerden geçirilerek adsorbsiyon kapasitesinin temas süresine bağlı olarak değişiminin karşılaştırılması.

Şeki 6.27’de AKM konsantrasyonu 146 mg/l olan atık suyun 30. dakikada standart AC filtreden geçirildikten sonra 45 mg/l düşüyor, % 69 bir giderim verimi sağlanmışken yine aynı zaman zarfında AgNP AC filtreden geçirildikten sonra 14 mg/l düşüyor ve giderim verimi % 90 oluyor. 60. dakikada toplam krom değeri standart AC filtreden geçirildikten sonra 44 mg/l düşüyor, giderim verimi % 69 olurken yine 60. dakikada AgNP AC filtreden geçirildikten sonra 8 mg/l düşüyor ve giderim verimi % 94 oluyor. 90. dakikadaki değerlere baktığımızda da standart AC filtreden geçirildikten sonra 48 mg/l düşüyor, giderim verimi % 66 iken yine 90. dakikada AgNP AC filtreden geçirildikten sonra 9 mg/l düşüyor ve giderim verimi % 94 oluyor. Standart AC filtreye göre AgNP AC filtrenin adsorpsiyonda sağladığı avantajın yanı sıra grafikte iki filtre içinde 60 dakikada artan giderim verimlerinde 90 dakikada çok azda olsa bir azalış eğilimi gözlemlenmiştir.

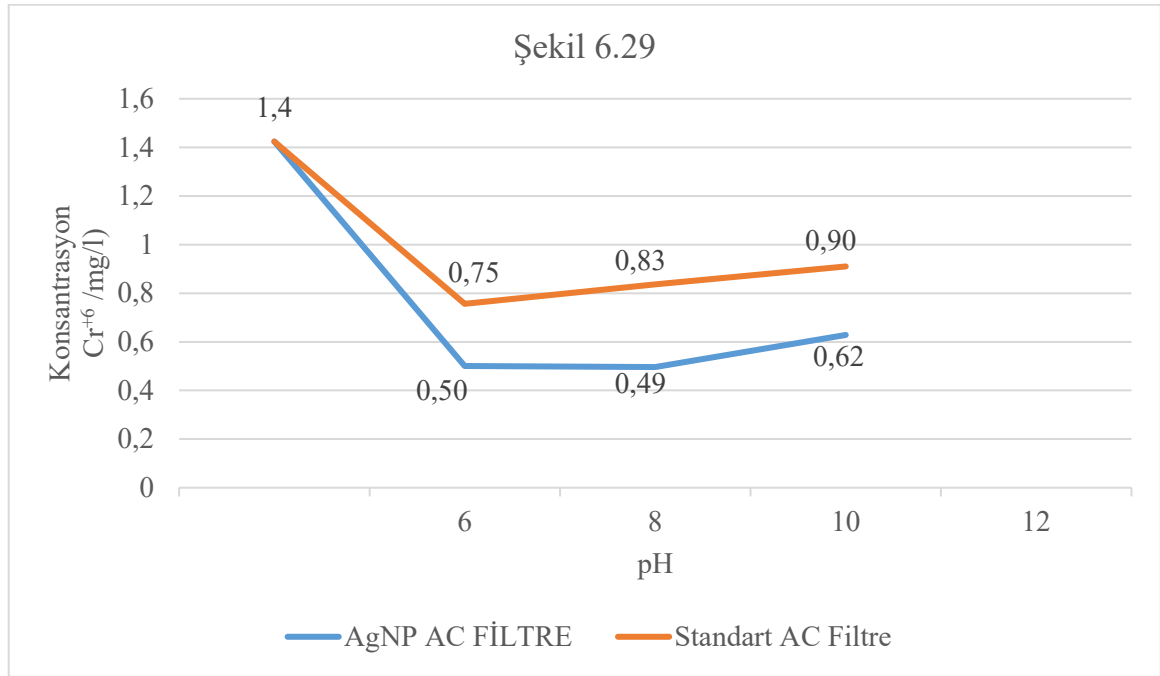
Cizelge 6.11. Girişteki kirletici konsantrasyonları bilinen atık suyun 9 Kg’lık standart AC filtre ve AgNP AC filtrelerden geçirildikten sonraki 30. dakikadaki çıkış suyu kirletici konsantrasyon değerleri.

	Filtreye Girişteki Kirletici Konsant.	Standart Aktif Karbon Filtre			Gümüş Nanopartiküllü AC Filtre		
		pH = 6	pH = 8	pH = 10	pH = 6	pH = 8	pH = 10
Toplam Krom (mg/l)	2,1	1,04	1,02	1,15	0,63	0,60	0,69
Cr ⁺⁶ (mg/l)	1,4	0,75	0,83	0,90	0,50	0,49	0,62
AKM (mg/l)	146	57	57	36	24	44	35



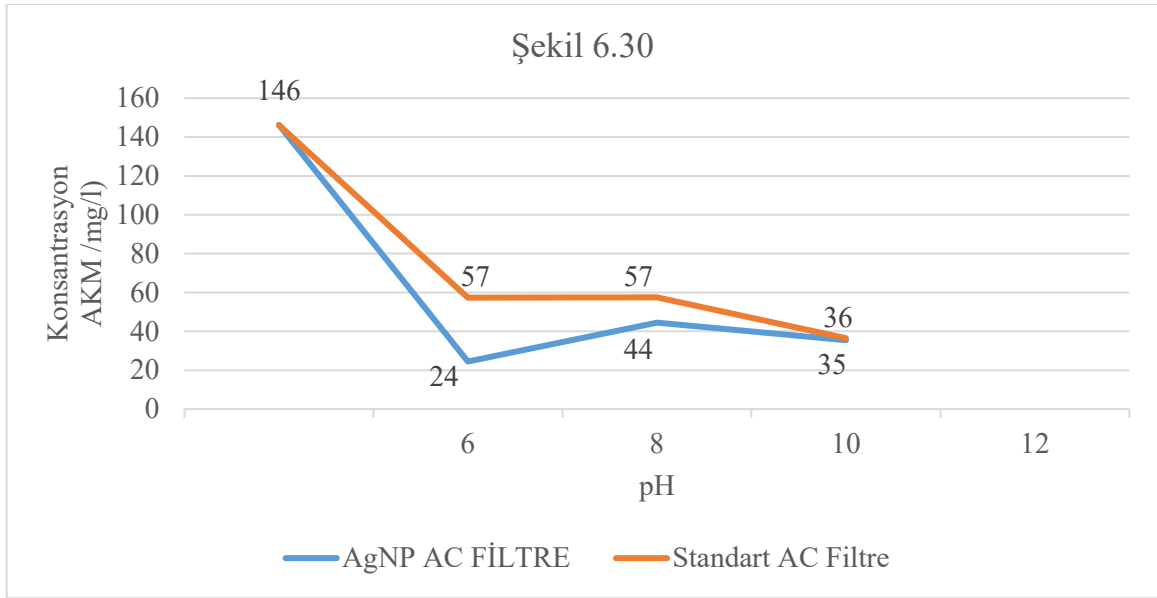
Şekil 6.28. Girişteki toplam krom konsantrasyonu 2,1 mg/l olan atık suyun 9 kg’lık standart AC filtre ve AgNP filtrelerden geçirilerek 30. dakikadaki adsorpsiyon kapasitesinin pH değerine bağlı değişiminin karşılaştırılması.

Şekil 6.28’de toplam krom konsantrasyonu 2,1 mg/l olan atık suyun pH 6’da standart AC filtreden geçirildikten sonra bu değer 1,04 mg/l düşüyor ve % 50 lik bir giderim verimi sağlanırken yine aynı pH’da AgNP AC filtreden sonra 0,63 mg/l düşerek % 69 giderim elde edilmiştir. pH 8’de bu değerleri incelediğimizde standart AC filtrede 1,02 mg/l düşürülerek % 51 lik, AgNP AC filtrede ise 0,60 mg/l ile % 71 oranında giderim sağlanmıştır. pH 10’da ise bu değerler standart AC filtrede % 45 lik giderim verimi ile 1,15 mg/l düşerken AgNP AC filtrede % 67 lik giderim oranı ile 0,69 mg/l düşürülmüştür. Grafikte tüm pH değerlerinde AgNP AC filtrelerin standart AC filtrelere göre daha iyi giderim verimi sağladığı tespit edilirken standart AC filtrede ve AgNP AC filtrelerde giderim oranlarının pH değerine ters orantılı olarak değişkenlik gösterdiği pH 8’de giderim verimi az miktar artsa da pH yükseldikçe azalım eğilimi göstermiştir.



Şekil 6.29. Girişteki Cr^{+6} konsantrasyonu 1,4 mg/l olan atık suyun 9 kg’lık standart AC filtre ve AgNP filtrelerden geçirilerek 30. dakikadaki adsorbsiyon kapasitesinin pH değerine bağlı değişiminin karşılaştırılması.

Şekil 6.29’da Cr^{+6} konsantrasyonu 1,4 mg/l olan atık suyun pH 6’da standart AC filtreden geçirildikten sonra 0,75 mg/l düşüyor, % 46 bir giderim verimi sağlanmışken yine aynı pH değerinde AgNP AC filtreden geçirildikten sonra 0,50 mg/l düşüyor ve giderim verimi % 65 oluyor. pH 8’de toplam krom değeri standart AC filtreden geçirildikten sonra 0,83 mg/l düşüyor, giderim verimi % 41 olurken yine pH 8’de AgNP AC filtreden geçirildikten sonra 0,49 mg/l düşüyor ve giderim verimi % 65 oluyor. pH 10’da ise bu değerlere baktığımızda da standart AC filtreden geçirildikten sonra 0,90 mg/l düşüyor, giderim verimi % 36 iken yine pH değerinde AgNP AC filtreden geçirildikten sonra 0,62 mg/l düşüyor ve giderim verimi % 56 oluyor. Standart AC filtreye göre AgNP AC filtrenin adsorpsiyonda sağladığı avantajın yanı sıra grafikte iki filtre içinde giderim oranlarının pH değerine ters orantılı olarak değişkenlik gösterdiği tespit edilmiştir.

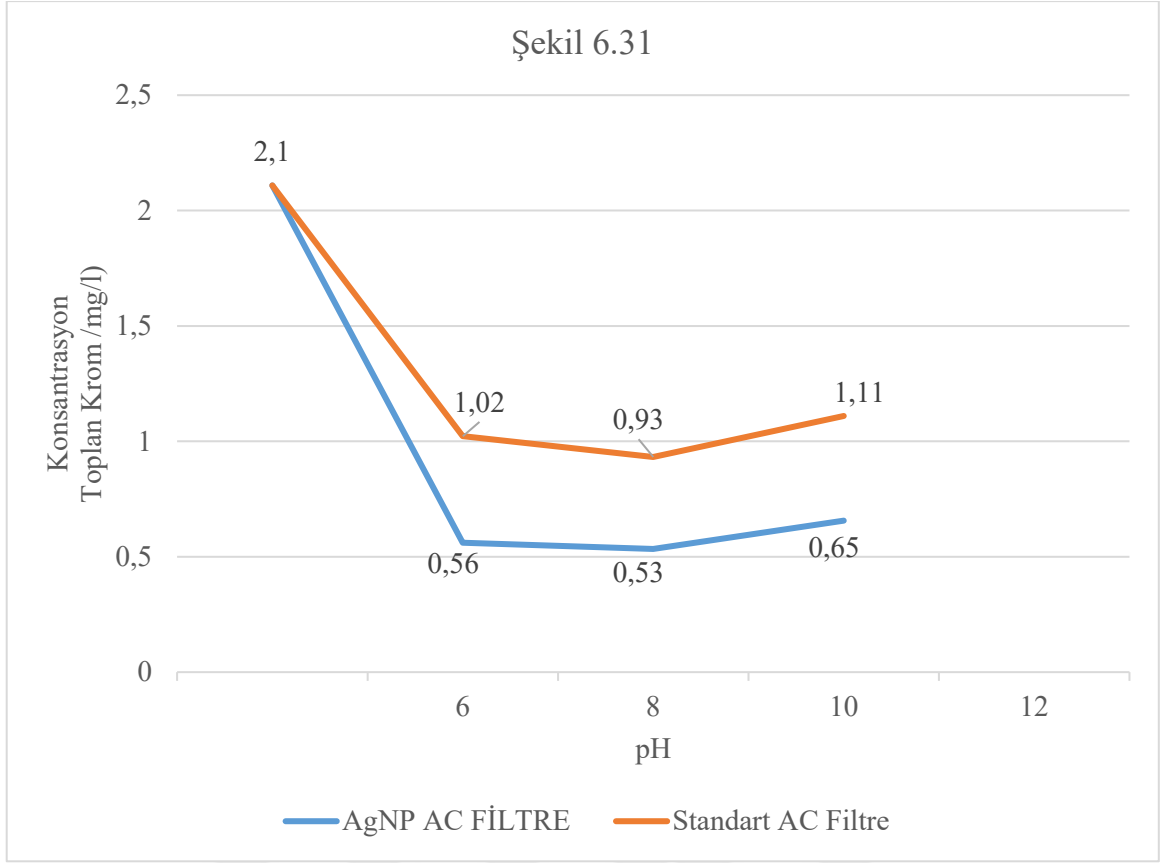


Şekil 6.30. Girişteki AKM konsantrasyonu 146 mg/l olan atık suyun 9 kg'lık standart AC filtre ve AgNP filtrelerden geçirilerek 30. dakikadaki adsorbsiyon kapasitesinin pH değerine bağlı değişiminin karşılaştırılması.

Şekil 6.30'da girişteki AKM değeri 146 mg/l olan atık suyun pH 6'da standart AC filtreden geçirildikten sonra 57 mg/l düşüyor, giderim verimi % 60 iken yine pH 6'da AgNP AC filtreden geçirildikten sonra 24 mg/l düşüyor ve giderim verimi % 83 oluyor. Rakamsal olarak değerlendirdiğimizde pH 6'da 57 mg/l olan değer % 58 gibi daha iyi bir oranla 24 mg/l'ye düşürülmüştür. pH 8'de AKM değeri standart AC filtreden geçirildikten sonra 57 mg/l düşüyor, giderim verimi % 60 olurken pH 8'de AgNP AC filtreden geçirildikten sonra 44 mg/l düşüyor ve giderim verimi % 69 oluyor. Rakamsal olarak değerlendirmeye devam ettiğimizde pH 8'de 57 mg/l olan değer % 33 gibi daha iyi bir oranla 44 mg/l'ye düşürülmüştür. pH 10'da bu değerlere baktığımızda standart AC filtreden geçirildikten sonra 36 mg/l düşüyor, giderim verimi % 75 iken yine pH 10'da AgNP AC filtreden geçirildikten sonra 35 mg/l düşüyor ve giderim verimi % 76 oluyor. pH 10'da bu değerleri karşılaştırdığımız da 36 mg/l olan değer % 3 gibi daha iyi bir oranla 35 mg/l'ye düşürülmüştür. Grafikte standart AC filtreye göre AgNP AC filtrenin adsorpsiyon oranında bir miktar daha iyi olmasıyla beraber pH ile birlikte giderim veriminde gerçekleşen azalma ile birbirlerine yaklaştığı gözlemlenmiştir.

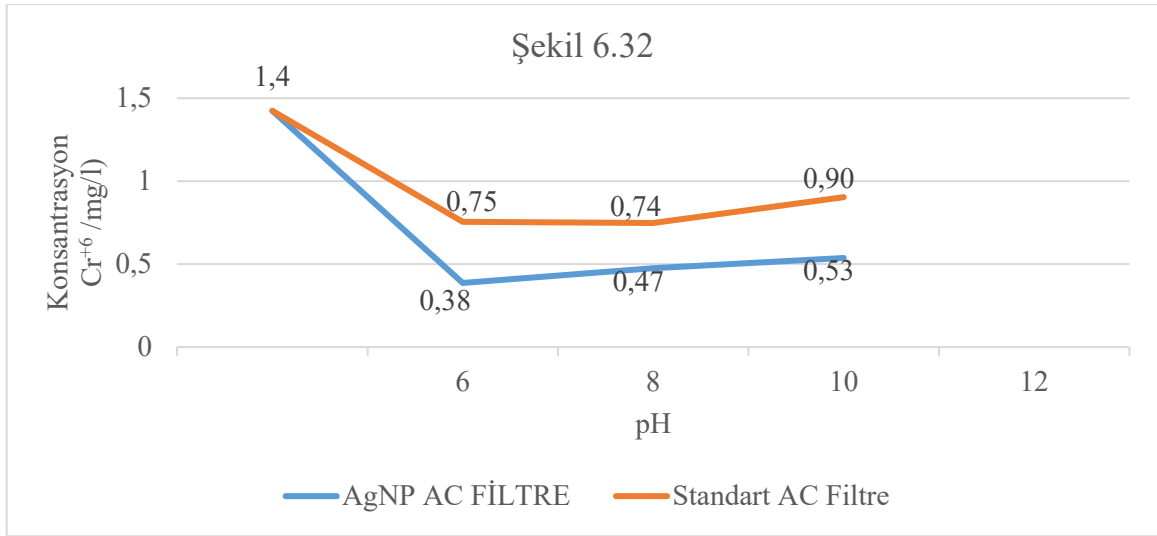
Çizelge 6.12. Girişteki kirletici konsantrasyonları bilinen atık suyun 9 Kg'lık standart AC filtre ve AgNP filtrelerden geçirildikten sonraki 60. dakikadaki çıkış suyu kirletici konsantrasyon değerleri.

	Filtreye Girişteki Kirletici Konsant.	Standart Aktif Karbon Filtre			Gümüş Nanopartiküllü AC Filtre		
		pH = 6	pH = 8	pH = 10	pH = 6	pH = 8	pH = 10
Toplam Krom (mg/l)	2,1	1,02	0,93	1,11	0,56	0,53	0,65
Cr ⁺⁶ (mg/l)	1,4	0,75	0,74	0,90	0,38	0,47	0,53
AKM (mg/l)	146	62	47	75	19	30	34



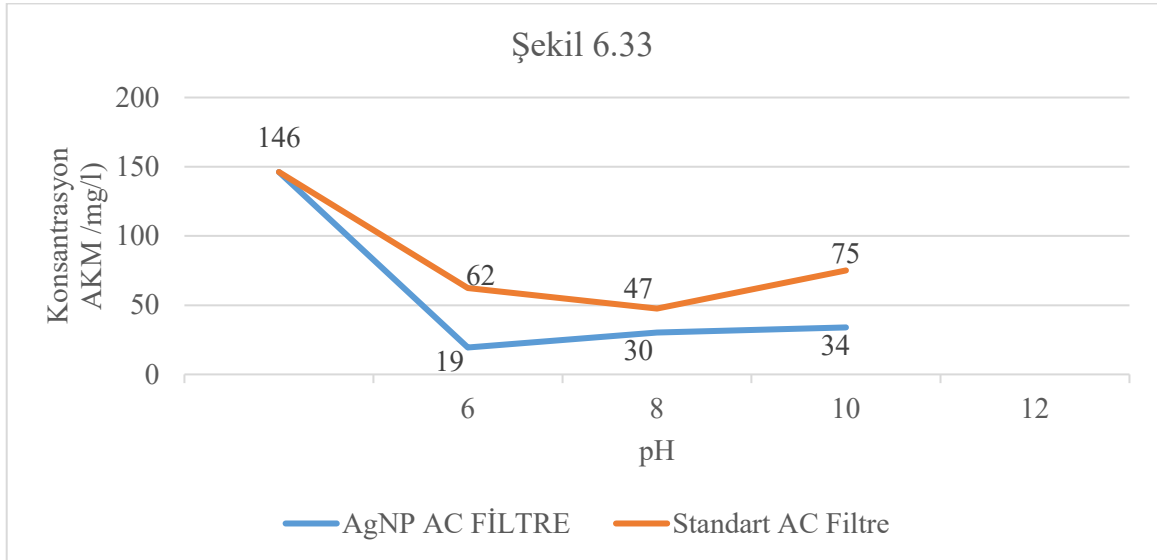
Şekil 6.31. Girişteki toplam krom konsantrasyonu 2,1 mg/l olan atık suyun 9 kg'lık standart AC filtre ve AgNP filtrelerden geçirilerek 60. dakikadaki adsorpsiyon kapasitesinin pH değerine bağlı değişiminin karşılaştırılması.

Şekil 6.31'de toplam krom değeri 2,1 mg/l olan atık suyun pH 6'da standart AC filtreden geçirildikten sonra 1,02 mg/l düşüyor, giderim verimi % 51 iken yine pH 6'da AgNP AC filtreden geçirildikten sonra 0,56 mg/l düşüyor ve giderim verimi % 73 oluyor. Rakamsal olarak değerlendirdiğimizde pH 6'da 1,02 mg/l olan değer % 46 gibi daha iyi bir oranla 0,56 mg/l'ye düşürülmüştür. pH 8'de toplam krom değeri standart AC filtreden geçirildikten sonra 0,93 mg/l düşüyor, giderim verimi % 56 olurken pH 8'de AgNP AC filtreden geçirildikten sonra 0,53 mg/l düşüyor ve giderim verimi % 74 oluyor. Rakamsal olarak değerlendirmeye devam ettiğimizde pH 8'de 0,93 mg/l olan değer % 43 gibi daha iyi bir oranla 0,53 mg/l'ye düşürülmüştür. pH 10'da bu değerlere baktığımızda standart AC filtreden geçirildikten sonra 1,11 mg/l düşüyor, giderim verimi % 47 iken yine pH 10'da AgNP AC filtreden geçirildikten sonra 0,65 mg/l düşüyor ve giderim verimi % 69 oluyor. pH 10'da bu değerlere baktığımızda da 1,11 mg/l olan değer % 41 gibi daha iyi bir oranla 0,65 mg/l'ye düşürülmüştür. Standart AC filtreye göre AgNP AC filtrenin adsorpsiyon oranı tüm pH'larda daha fazla olmakla beraber grafikte görüldüğü gibi pH 8'de biraz artmış olsa pH ile giderim verimi arasında ters orantılı bir değişim tespit edilmiştir.



Şekil 6.32. Girişteki Cr^{+6} konsantrasyonu 1,4 mg/l olan atık suyun 9 kg'lık standart AC filtre ve AgNP filtrelerden geçirilerek 60. dakikadaki adsorbsiyon kapasitesinin pH değerine bağlı değişiminin karşılaştırılması.

Şekil 6.32'de girişteki Cr^{+6} konsantrasyonu 1,4 mg/l olan atık suyun pH 6'da standart AC filtreden geçirildikten sonra 0,75 mg/l düşüyor, % 47 bir giderim verimi sağlanmışken yine aynı pH değerinde AgNP AC filtreden geçirildikten sonra 0,38 mg/l düşüyor ve giderim verimi % 72 oluyor. pH 8'de Cr^{+6} değeri standart AC filtreden geçirildikten sonra 0,74 mg/l düşüyor, giderim verimi % 47 olurken yine pH 8'de AgNP AC filtreden geçirildikten sonra 0,47 mg/l düşüyor ve giderim verimi % 66 oluyor. pH 10'da bu değerlere baktığımızda da standart AC filtreden geçirildikten sonra 0,90 mg/l düşüyor, giderim verimi % 36 iken yine pH 10'da AgNP AC filtreden geçirildikten sonra 0,53 mg/l düşüyor ve giderim verimi % 62 oluyor. Standart AC filtreye göre AgNP AC filtrenin adsorpsiyonda sağladığı avantajın yanı sıra grafikte iki filtre içinde giderim oranlarının pH değerine ters orantılı olarak değişkenlik gösterdiği tespit edilmiştir.

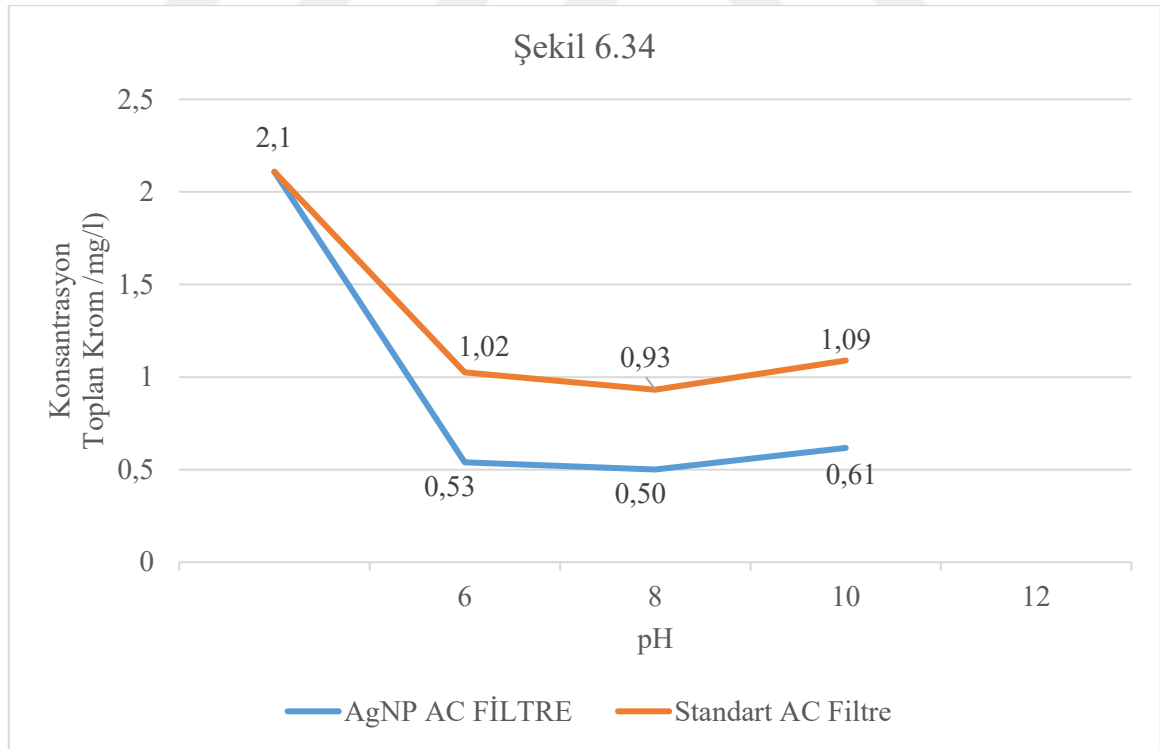


Şekil 6.33. Girişteki AKM konsantrasyonu 146 mg/l olan atık suyun 9 kg'lık standart AC filtre ve AgNP filtrelerden geçirilerek 60. dakikadaki adsorbsiyon kapasitesinin pH değerine bağlı değişiminin karşılaştırılması.

Şekil 6.33’de AKM konsantrasyonu 146 mg/l olan atık suyun pH 6’da standart AC filtreden geçirildikten sonra bu değer 62 mg/l düşüyor ve % 57 lik bir giderim verimi sağlanırken yine aynı pH değerinde AgNP AC filtreden sonra 19 mg/l düşerek % 86 giderim elde edilmiştir. pH 8’de bu değerleri incelediğimizde standart AC filtrede 47 mg/l düşürülerek % 67 lik, AgNP AC filtrede ise 30 mg/l ile % 79 oranında giderim sağlanmıştır. pH 10’da ise bu değerler standart AC filtrede % 48 lik giderim verimi ile 75 mg/l düşerken AgNP AC filtrede % 76 lık giderim oranı ile 34 mg/l düşürülmüştür. Grafikte AgNP AC filtrelerin standart AC filtrelerle göre daha iyi giderim verimi sağladığı tespit edilirken standart AC filtrede ve AgNP AC filtrelerde giderim oranları pH değerlerine ters orantılı olarak azalış eğilimi göstermiştir.

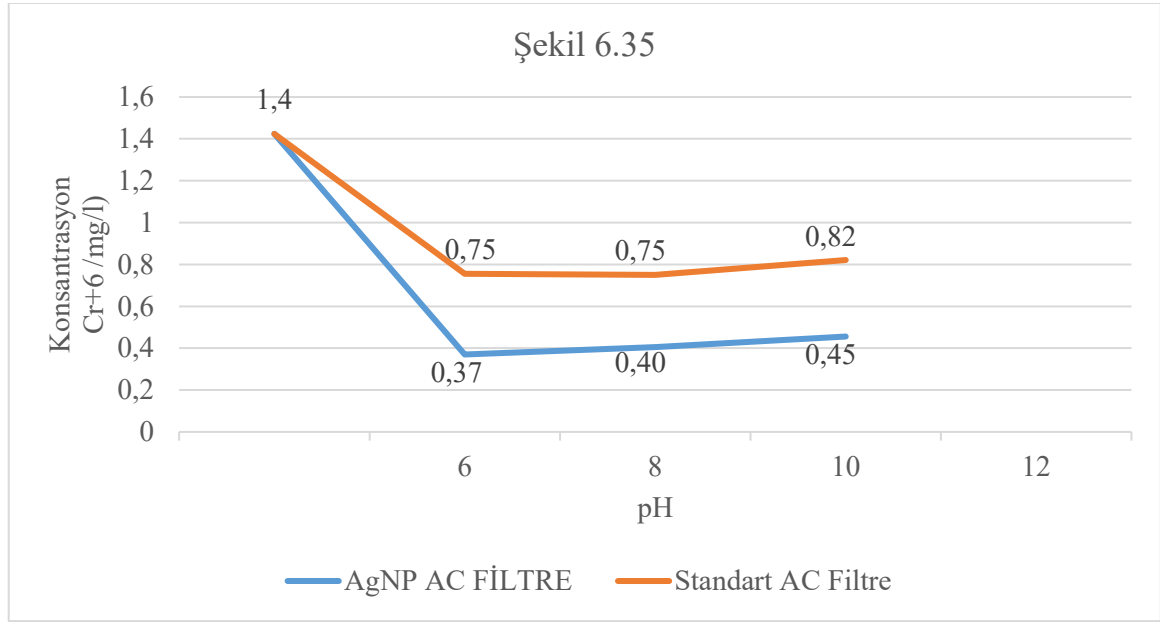
Çizelge 6.13. Girişteki kirlenici konsantrasyonları bilinen atık suyun 9 Kg’lık standart AC filtre ve AgNP filtrelerden geçirildikten sonraki 90. dakikadaki çıkış suyu kirlenici konsantrasyon değerleri.

	Filtreye Girişteki Kirlenici Konsant.	Standart Aktif Karbon Filtre			Gümüş Nanopartiküllü AC Filtre		
		pH = 6	pH = 8	pH = 10	pH = 6	pH = 8	pH = 10
Toplam Krom (mg/l)	2,1	1,02	0,93	1,09	0,53	0,50	0,61
Cr ⁺⁶ (mg/l)	1,4	0,75	0,75	0,82	0,37	0,40	0,45
AKM (mg/l)	146	56	59	92	18	19	45



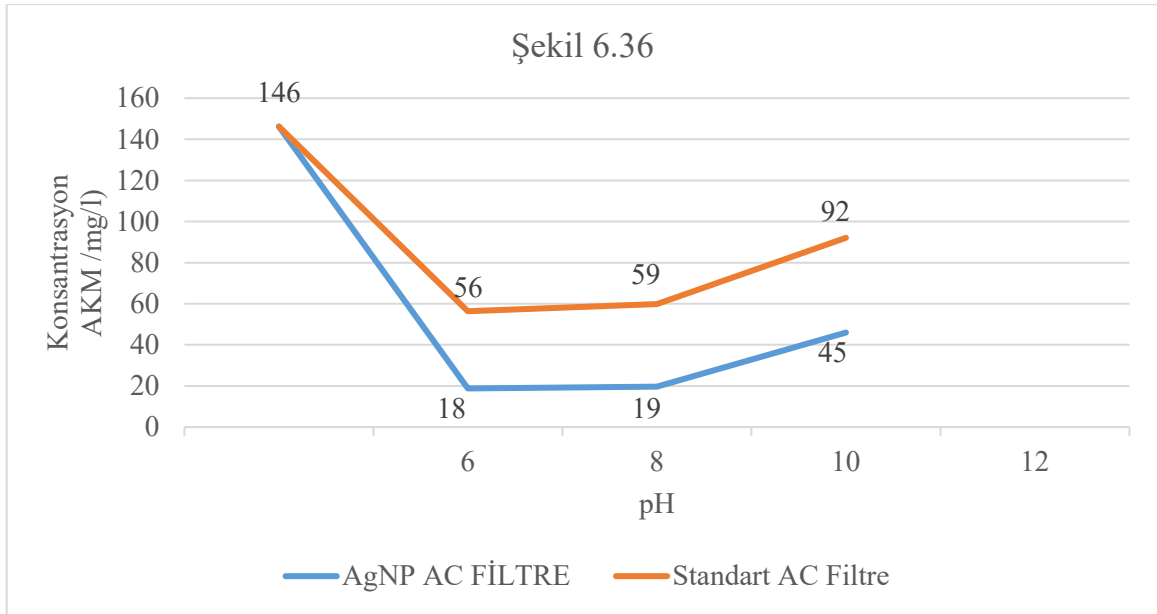
Şekil 6.34. Girişteki toplam krom konsantrasyonu 2,1 mg/l olan atık suyun 9 kg’lık standart AC filtre ve AgNP filtrelerden geçirilerek 90. dakikadaki adsorbsiyon kapasitesinin pH değerine bağlı değişiminin karşılaştırılması.

Şekil 6.34’de toplam krom değeri 2,1 mg/l olan atık suyun pH 6’da standart AC filtreden geçirildikten sonra 1,02 mg/l düşüyor, % 51 bir giderim verimi sağlanmışken yine aynı pH değerinde AgNP AC filtreden geçirildikten sonra 0,53 mg/l düşüyor ve giderim verimi % 74 oluyor. pH 8’de toplam krom değeri standart AC filtreden geçirildikten sonra 0,93 mg/l düşüyor, giderim verimi % 55 olurken yine pH 8’de AgNP AC filtreden geçirildikten sonra 0,50 mg/l düşüyor ve giderim verimi % 76 oluyor. pH 10’da değerlere baktığımızda da standart AC filtreden geçirildikten sonra 1,09 mg/l düşüyor, giderim verimi % 48 iken yine pH 10’da AgNP AC filtreden geçirildikten sonra 0,61 mg/l düşüyor ve giderim verimi % 70 oluyor. Standart AC filtreye göre AgNP AC filtrenin tüm pH değerlerinde adsorpsiyonda sağladığı avantajın yanı sıra grafikte iki filtre içinde pH 8’de giderim verimi çok az artsa bile genel olarak pH değerine ters orantılı olarak değişim gözlemlenmiştir.



Şekil 6.35. Girişteki Cr^{+6} konsantrasyonu 1,4 mg/l olan atık suyun 9 kg’lık standart AC filtre ve AgNP filtrelerden geçirilerek 90. dakikadaki adsorbsiyon kapasitesinin pH değerine bağlı değişiminin karşılaştırılması.

Şekil 6.35’de girişteki Cr^{+6} değeri 1,4 mg/l olan atık suyun pH 6’da standart AC filtreden geçirildikten sonra 0,75 mg/l düşüyor, giderim verimi % 46 iken yine pH 6’da AgNP AC filtreden geçirildikten sonra 0,37 mg/l düşüyor ve giderim verimi % 74 oluyor. Rakamsal olarak değerlendirdiğimizde pH 6’da 0,75 mg/l olan değer % 51 gibi daha iyi bir oranla 0,37 mg/l’ye düşürülmüştür. pH 8’de Cr^{+6} değeri standart AC filtreden geçirildikten sonra 0,75 mg/l düşüyor, giderim verimi % 47 olurken pH 8’de AgNP AC filtreden geçirildikten sonra 0,40 mg/l düşüyor ve giderim verimi % 71 oluyor. Rakamsal olarak değerlendirmeye devam ettiğimizde pH 8’de 0,75 mg/l olan değer % 46 gibi daha iyi bir oranla 0,40 mg/l’ye düşürülmüştür. pH 10’da bu değerlere baktığımızda standart AC filtreden geçirildikten sonra 0,82 mg/l düşüyor, giderim verimi % 42 iken yine pH 10’da AgNP AC filtreden geçirildikten sonra 0,45 mg/l düşüyor ve giderim verimi % 68 oluyor. pH 10’da bu değerleri kıyasladığımızda da 0,82 mg/l olan değer % 45 gibi daha iyi bir oranla 0,45 mg/l’ye düşürülmüştür. Standart AC filtreye göre AgNP AC filtrenin adsorpsiyon oranı daha fazla olmakla beraber grafikte görüldüğü gibi pH ile ters orantılı olarak giderim verimlerinin giderek düştüğü gözlemlenmektedir. Düşük pH’larda giderim veriminin daha yüksek olması kromun bu seviyedeki pH’larda HCrO_4^- şeklinde bulunması ve tasarlanmış filtrelerdeki Ag^+ iyonu ile adsorpsiyon veriminin yüksek olmasından kaynaklanmaktadır.

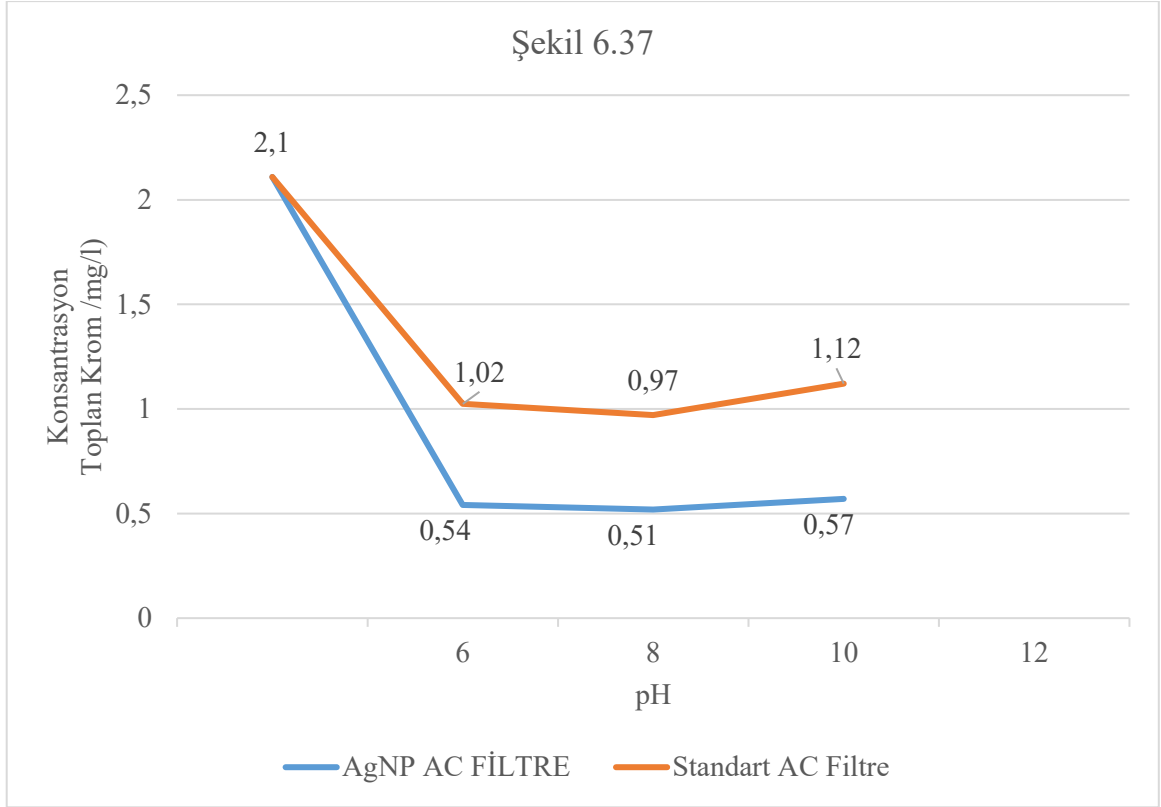


Şekil 6.36. Girişteki AKM konsantrasyonu 146 mg/l olan atık suyun 9 kg'lık standart AC filtre ve AgNP filtrelerden geçirilerek 90. dakikadaki adsorbsiyon kapasitesinin pH değerine bağlı değişiminin karşılaştırılması.

Şekil 6.36'da AKM konsantrasyonu 146 mg/l olan atık suyun pH 6'da standart AC filtreden geçirildikten sonra bu değer 56 mg/l düşüyor ve % 61 lik bir giderim verimi sağlanırken yine aynı pH değerinde AgNP AC filtreden sonra 18 mg/l düşerek % 87 giderim elde edilmiştir. pH 8'de bu değerleri incelediğimizde standart AC filtrede 59 mg/l düşürülerek % 59 luk, AgNP AC filtrede ise 19 mg/l ile % 86 oranında giderim sağlanmıştır. pH 10'da ise bu değerler standart AC filtrede % 37 lik giderim verimi ile 92 mg/l düşerken AgNP AC filtrede % 68 lik giderim oranı ile 45 mg/l düşürülmüştür. Grafikte AgNP AC filtrelerin standart AC filtrelere göre daha iyi giderim verimi sağladığı tespit edilirken her iki filtrede de giderim verimlerinin pH ile ters orantılı olarak değişim gösterdiği ve düşük pH larda giderim veriminin daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.

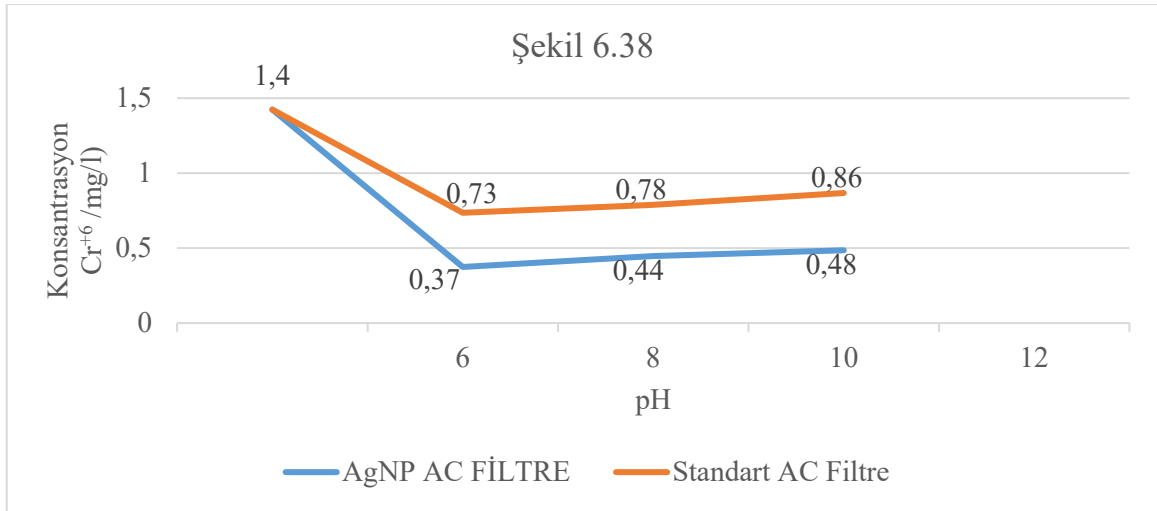
Çizelge 6.14. Girişteki kirletici konsantrasyonları bilinen atık suyun 12 Kg'lık standart AC filtre ve AgNP filtrelerden geçirildikten sonraki 30. dakikadaki çıkış suyu kirletici konsantrasyon değerleri.

	Filtreye Girişteki Kirletici Konsant.	Standart Aktif Karbon Filtre			Gümüş Nanopartiküllü AC Filtre		
		pH = 6	pH = 8	pH = 10	pH = 6	pH = 8	pH = 10
Toplam Krom (mg/l)	2,1	1,02	0,97	1,12	0,54	0,51	0,57
Cr ⁺⁶ (mg/l)	1,4	0,73	0,78	0,86	0,37	0,44	0,48
AKM (mg/l)	146	101	63	91	20	63	51



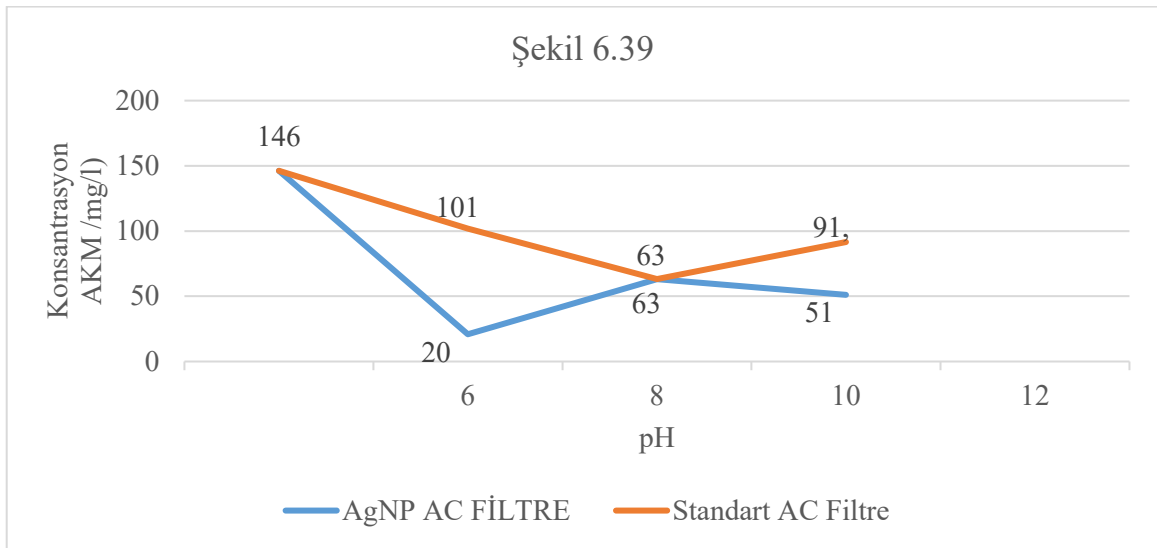
Şekil 6.37. Girişteki toplam krom konsantrasyonu 2,1 mg/l olan atık suyun 12 kg'lık standart AC filtre ve AgNP filtrelerden geçirilerek 30. dakikadaki adsorbsiyon kapasitesinin pH değerine bağlı değişiminin karşılaştırılması.

Şekil 6.37'de toplam krom konsantrasyonu 2,1 mg/l olan atık suyun pH 6'da standart AC filtreden geçirildikten sonra 1,02 mg/l düşüyor, giderim verimi % 51 iken yine pH 6'da AgNP AC filtreden geçirildikten sonra 0,54 mg/l düşüyor ve giderim verimi % 74 oluyor. Rakamsal olarak değerlendirdiğimizde pH 6'da 1,02 mg/l olan değer % 47 gibi daha iyi bir oranla 0,54 mg/l'ye düşürülmüştür. pH 8'de Cr^{+6} değeri standart AC filtreden geçirildikten sonra 0,97 mg/l düşüyor, giderim verimi % 54 olurken pH 8'de AgNP AC filtreden geçirildikten sonra 0,51 mg/l düşüyor ve giderim verimi % 75 oluyor. Rakamsal olarak değerlendirmeye devam ettiğimizde pH 8'de 0,97 mg/l olan değer % 47 gibi daha iyi bir oranla 0,51 mg/l'ye düşürülmüştür. pH 10'da bu değerlere baktığımızda standart AC filtreden geçirildikten sonra 1,12 mg/l düşüyor, giderim verimi % 46 iken yine pH 10'da AgNP AC filtreden geçirildikten sonra 0,5709 mg/l düşüyor ve giderim verimi % 72 oluyor. pH 10'da bu değerleri kıyasladığımızda da 1,12 mg/l olan değer % 49 gibi daha iyi bir oranla 0,57 mg/l'ye düşürülmüştür. Standart AC filtreye göre AgNP AC filtrenin adsorpsiyon oranı tüm pH larda daha iyi olmakla beraber pH 8'de giderim verimi çok az artsa bile genel olarak pH değerine ters orantılı olarak değişim gözlemlenmiştir.



Şekil 6.38. Girişteki Cr^{+6} konsantrasyonu 1,424 mg/l olan atık suyun 12 kg'lık standart AC filtre ve AgNP filtrelerden geçirilerek 30. dakikadaki adsorbsiyon kapasitesinin pH değerine bağlı değişiminin karşılaştırılması.

Şekil 6.38'de Cr^{+6} konsantrasyonu 1,4 mg/l olan atık suyun pH 6'da standart AC filtreden geçirildikten sonra bu değer 0,73 mg/l düşüyor ve % 48 lik bir giderim verimi sağlanırken yine aynı pH değerinde AgNP AC filtreden sonra 0,37 mg/l düşerek % 73 giderim elde edilmiştir. pH 8'de bu değerleri incelediğimizde standart AC filtrede 0,78 mg/l düşürülerek % 44 lük, AgNP AC filtrede ise 0,44 mg/l ile % 68 oranında giderim sağlanmıştır. pH 10'da ise bu değerler standart AC filtrede % 39 luk giderim verimi ile 0,86 mg/l düşerken AgNP AC filtrede % 66 lık giderim oranı ile 0,48 mg/l düşürülmüştür. Grafikte AgNP AC filtrelerin standart AC filtrelere göre daha iyi giderim verimi sağladığı tespit edilirken her iki filtrede de giderim verimlerinin pH ile ters orantılı olarak değişim gösterdiği ve düşük pH larda giderim veriminin daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Düşük pH'larda giderim veriminin daha yüksek olması kromun bu seviyedeki pH'larda HCrO_4^- şeklinde bulunması ve tasarlanmış filtrelerdeki Ag^+ iyonu ile adsorpsiyon veriminin yüksek olmasından kaynaklanmaktadır

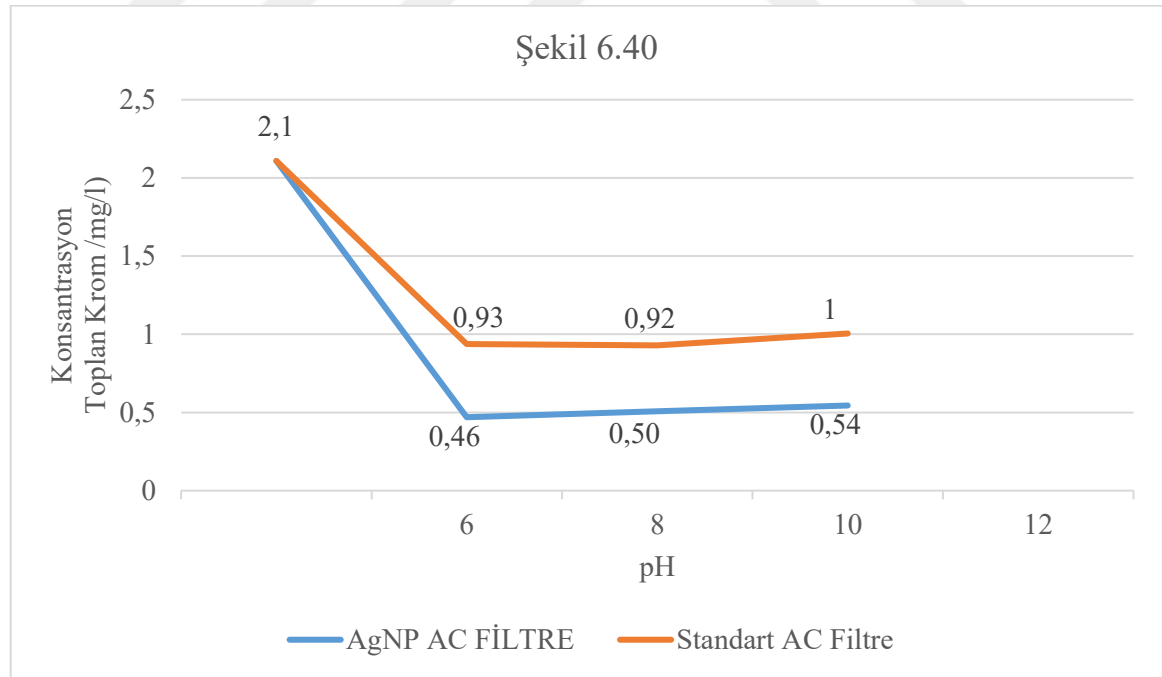


Şekil 6.39. Girişteki AKM konsantrasyonu 146 mg/l olan atık suyun 12 kg'lık standart AC filtre ve AgNP filtrelerden geçirilerek 30. dakikadaki adsorbsiyon kapasitesinin pH değerine bağlı değişiminin karşılaştırılması.

Şekil 6.39'da girişteki AKM konsantrasyonu 146 mg/l olan atık suyun pH 6'da standart AC filtreden geçirildikten sonra 101 mg/l düşüyor, % 30 bir giderim verimi sağlanmışken yine aynı pH değerinde AgNP AC filtreden geçirildikten sonra 20 mg/l düşüyor ve giderim verimi % 85 oluyor. pH 8'de AKM değeri standart AC filtreden geçirildikten sonra 63 mg/l düşüyor, giderim verimi % 56 olurken yine pH 8'de AgNP AC filtreden geçirildikten sonra 63 mg/l düşüyor ve giderim verimi % 56 oluyor. pH 10'da değerlere baktığımızda da standart AC filtreden geçirildikten sonra 91 mg/l düşüyor, giderim verimi % 37 iken yine pH 10'da AgNP AC filtreden geçirildikten sonra 51 mg/l düşüyor ve giderim verimi % 65 oluyor. Standart AC filtreye göre AgNP AC filtrenin hemen hemen tüm pH değerlerinde daha iyi bir adsorpsiyon oranı sağlandığı gözlemlenmiştir.

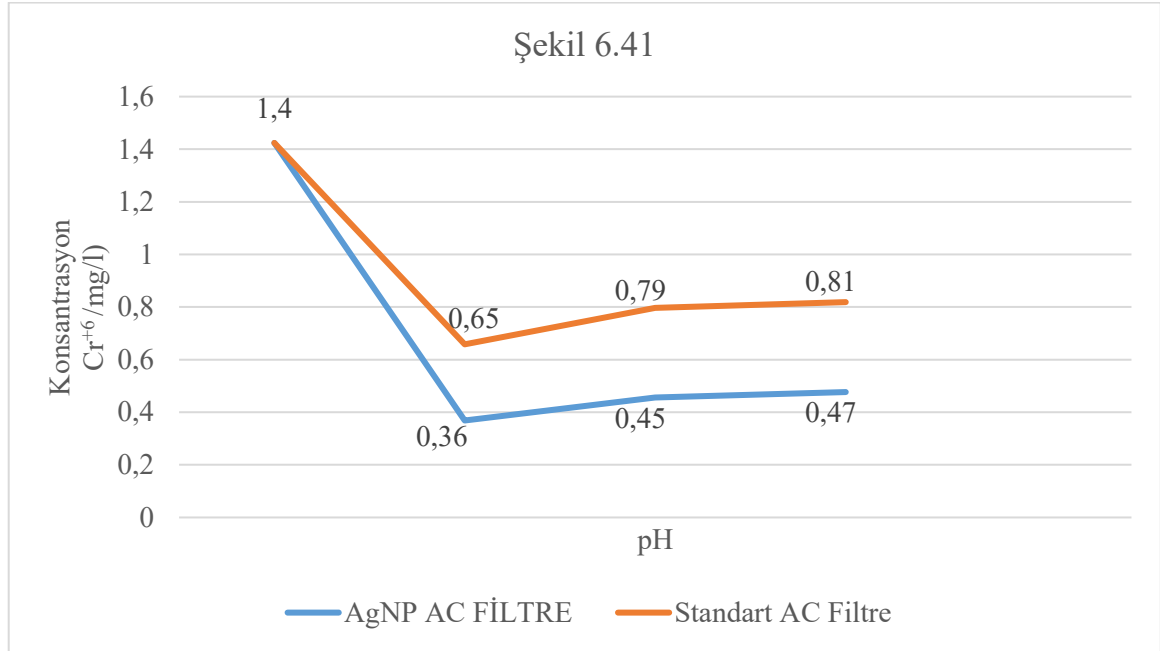
Çizelge 6.15. Girişteki kirletici konsantrasyonları bilinen atık suyun 12 Kg'lık standart AC filtre ve AgNP filtrelerden geçirildikten sonraki 60. dakikadaki çıkış suyu kirletici konsantrasyon değerleri.

	Filtreye Girişteki Kirletici Konsant.	Standart Aktif Karbon Filtre			Gümüş Nanopartiküllü AC Filtre		
		pH = 6	pH = 8	pH = 10	pH = 6	pH = 8	pH = 10
Toplam Krom (mg/l)	2,1	0,93	0,92	1	0,46	0,50	0,54
Cr ⁺⁶ (mg/l)	1,4	0,65	0,79	0,81	0,36	0,45	0,47
AKM (mg/l)	146	12	62	68	4	47	24



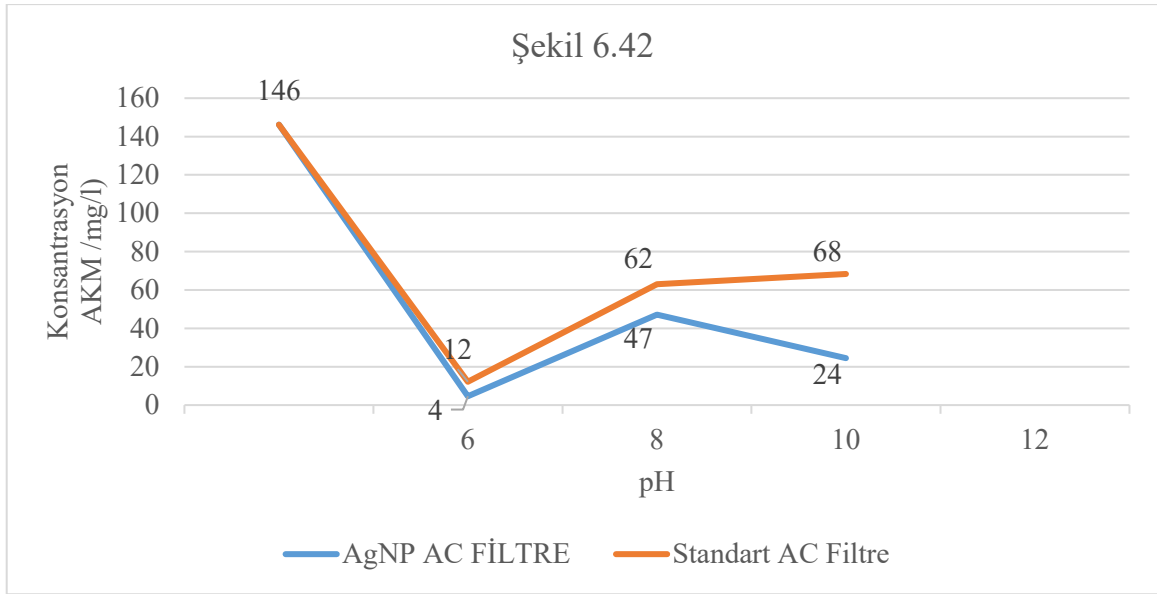
Şekil 6.40. Girişteki toplam krom konsantrasyonu 2,1 mg/l olan atık suyun 12 kg'lık standart AC filtre ve AgNP filtrelerden geçirilerek 60. dakikadaki adsorbsiyon kapasitesinin pH değerine bağlı değişiminin karşılaştırılması.

Şekil 6.40'da toplam krom konsantrasyonu 2,1 mg/l olan atık suyun pH 6'da standart AC filtreden geçirildikten sonra bu değer 0,93 mg/l düşüyor ve % 55 lik bir giderim verimi sağlanırken yine aynı pH değerinde AgNP AC filtreden sonra 0,46 mg/l düşerek % 77 giderim elde edilmiştir. pH 8'de bu değerleri incelediğimizde standart AC filtrede 0,92 mg/l düşürülerek % 55 lik, AgNP AC filtrede ise 0,50 mg/l ile % 76 oranında giderim sağlanmıştır. pH 10'da ise bu değerler standart AC filtrede % 52 luk giderim verimi ile 1 mg/l düşerken AgNP AC filtrede % 74 lük giderim oranı ile 0,54 mg/l düşürülmüştür. Grafikte AgNP AC filtrelerin standart AC filtrelere göre daha iyi giderim verimi sağladığı tespit edilirken her iki filtrede de giderim verimlerinin pH ile ters orantılı olarak değişim gösterdiği ve düşük pH larda giderim veriminin daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 6.41. Girişteki Cr^{+6} konsantrasyonu 1,4 mg/l olan atık suyun 12 kg'lık standart AC filtre ve AgNP filtrelerden geçirilerek 60. dakikadaki adsorbsiyon kapasitesinin pH değerine bağlı değişiminin karşılaştırılması.

Şekil 6.41'de Cr^{+6} konsantrasyonu 1,4 mg/l olan atık suyun pH 6'da standart AC filtreden geçirildikten sonra 0,65 mg/l düşüyor, % 53 bir giderim verimi sağlanmışken yine aynı pH değerinde AgNP AC filtreden geçirildikten sonra 0,36 mg/l düşüyor ve giderim verimi % 74 oluyor. pH 8'de Cr^{+6} değeri standart AC filtreden geçirildikten sonra 0,79 mg/l düşüyor, giderim verimi % 44 olurken yine pH 8'de AgNP AC filtreden geçirildikten sonra 0,45 mg/l düşüyor ve giderim verimi % 68 oluyor. pH 10'da değerlere baktığımızda da standart AC filtreden geçirildikten sonra 0,81 mg/l düşüyor, giderim verimi % 42 iken yine pH 10'da AgNP AC filtreden geçirildikten sonra 0,47 mg/l düşüyor ve giderim verimi % 66 oluyor. Standart AC filtreye göre AgNP AC filtrenin tüm pH değerlerinde daha iyi bir adsorpsiyon oranı sağlandığı gözlemlenmiştir. Her iki filtrede de giderim verimlerinin pH ile ters orantılı olarak değişim gösterdiği ve düşük pH larda giderim veriminin daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Düşük pH'larda giderim veriminin daha yüksek olması kromun bu seviyedeki pH'larda $HCrO_4^-$ şeklinde bulunması ve tasarlanmış filtrelerdeki Ag^+ iyonu ile adsorpsiyon veriminin yüksek olmasından kaynaklanmaktadır.

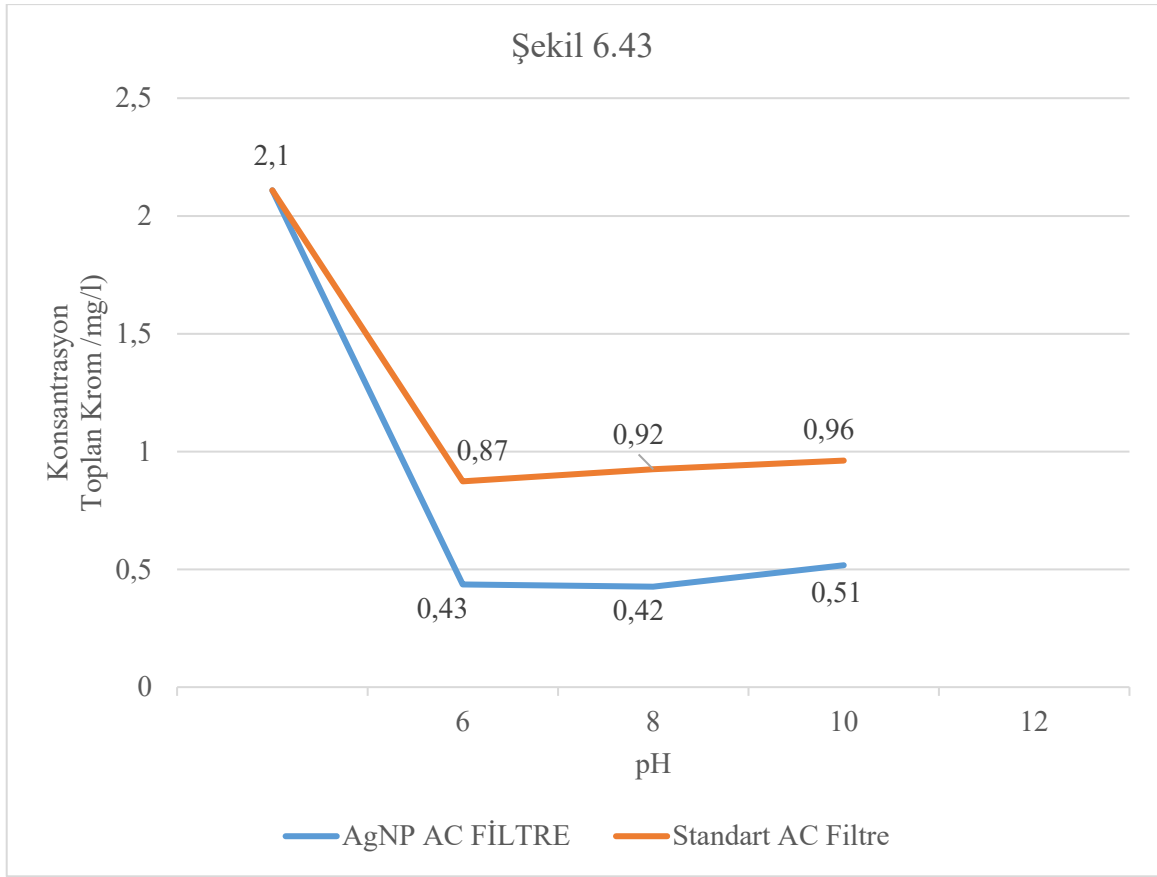


Şekil 6.42. Girişteki AKM konsantrasyonu 146 mg/l olan atık suyun 12 kg'lık standart AC filtre ve AgNP filtrelerden geçirilerek 60. dakikadaki adsorbsiyon kapasitesinin pH değerine bağlı değişiminin karşılaştırılması.

Şekil 6.42'de AKM değeri 146 mg/l olan atık suyun pH 6'da standart AC filtreden geçirildikten sonra 12 mg/l düşüyor, giderim verimi % 91 iken yine pH 6'da AgNP AC filtreden geçirildikten sonra 4 mg/l düşüyor ve giderim verimi % 97 oluyor. Rakamsal olarak değerlendirdiğimizde pH 6'da 12 mg/l olan değer % 63 gibi daha iyi bir oranla 4 mg/l'ye düşürülmüştür. pH 8'de AKM değeri standart AC filtreden geçirildikten sonra 62 mg/l düşüyor, giderim verimi % 57 olurken pH 8'de AgNP AC filtreden geçirildikten sonra 47 mg/l düşüyor ve giderim verimi % 67 oluyor. Rakamsal olarak değerlendirmeye devam ettiğimizde pH 8'de 62 mg/l olan değer % 26 gibi daha iyi bir oranla 47 mg/l'ye düşürülmüştür. pH 10'da bu değerlere baktığımızda standart AC filtreden geçirildikten sonra 68 mg/l düşüyor, giderim verimi % 53 iken yine pH 10'da AgNP AC filtreden geçirildikten sonra 24 mg/l düşüyor ve giderim verimi % 83 oluyor. pH 10'da bu değerleri kıyasladığımızda da 68 mg/l olan değer % 65 gibi daha iyi bir oranla 24 mg/l'ye düşürülmüştür. Standart AC filtreye göre AgNP AC filtrenin adsorpsiyon oranı tüm pH larda daha iyi olmakla beraber düşük pH larda giderim veriminin daha iyi olduğu gözlemlenmiştir.

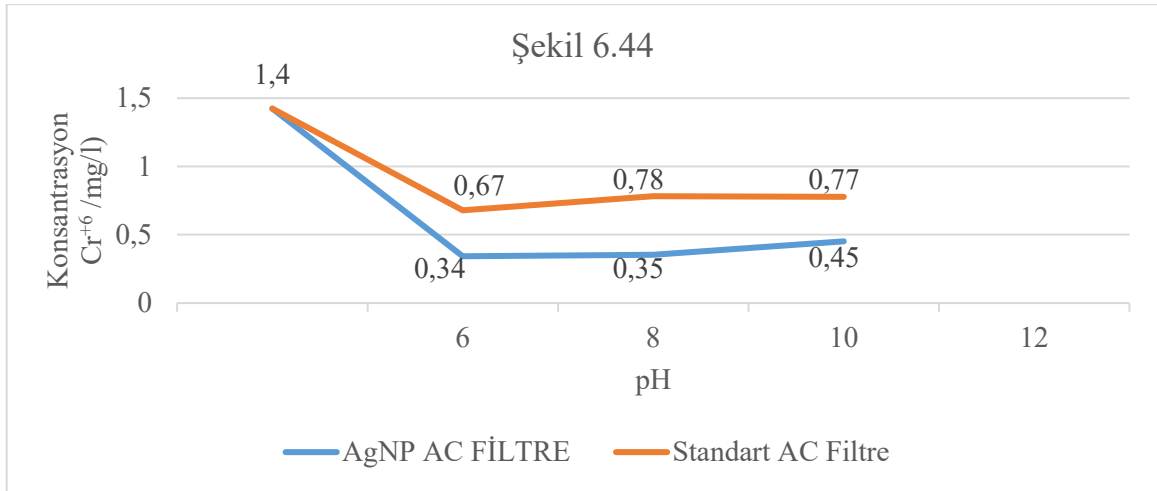
Çizelge 6.16. Girişteki kirletici konsantrasyonları bilinen atık suyun 12 Kg'lık standart AC filtre ve AgNP filtrelerden geçirildikten sonraki 90. dakikadaki çıkış suyu kirletici konsantrasyon değerleri.

	Filtreye Girişteki Kirletici Konsant.	Standart Aktif Karbon Filtre			Gümüş Nanopartiküllü AC Filtre		
		pH = 6	pH = 8	pH = 10	pH = 6	pH = 8	pH = 10
Toplam Krom (mg/l)	2,1	0,87	0,92	0,96	0,43	0,42	0,51
Cr ⁺⁶ (mg/l)	1,4	0,67	0,78	0,77	0,34	0,35	0,45
AKM (mg/l)	146	60	44	63	13	27	33



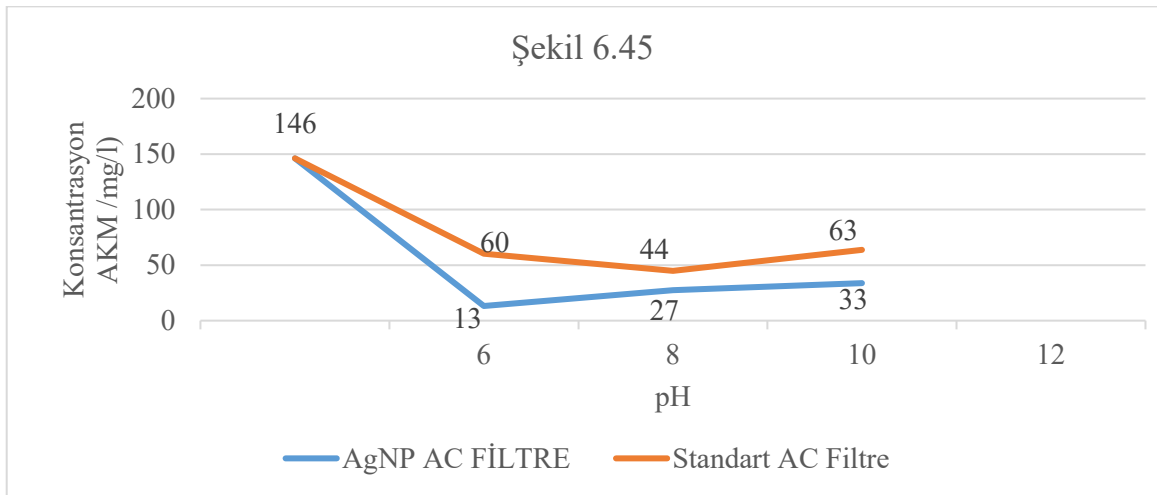
Şekil 6.43. Girişteki toplam krom konsantrasyonu 2,1 mg/l olan atık suyun 12 kg'lık standart AC filtre ve AgNP filtrelerden geçirilerek 90. dakikadaki adsorpsiyon kapasitesinin pH değerine bağlı değişiminin karşılaştırılması.

Şekil 6.43'de toplam krom değeri 2,1 mg/l olan atık suyun pH 6'da standart AC filtreden geçirildikten sonra 0,87 mg/l düşüyor, giderim verimi % 58 iken yine pH 6'da AgNP AC filtreden geçirildikten sonra 0,43 mg/l düşüyor ve giderim verimi % 79 oluyor. Rakamsal olarak değerlendirdiğimizde pH 6'da 0,87 mg/l olan değer % 50 gibi daha iyi bir oranla 0,43 mg/l'ye düşürülmüştür. pH 8'de toplam krom değeri standart AC filtreden geçirildikten sonra 0,92 mg/l düşüyor, giderim verimi % 56 olurken pH 8'de AgNP AC filtreden geçirildikten sonra 0,42 mg/l düşüyor ve giderim verimi % 79 oluyor. Rakamsal olarak değerlendirmeye devam ettiğimizde pH 8'de 0,92 mg/l olan değer % 54 gibi daha iyi bir oranla 0,42 mg/l'ye düşürülmüştür. pH 10'da bu değerlere baktığımızda standart AC filtreden geçirildikten sonra 0,96 mg/l düşüyor, giderim verimi % 54 iken yine pH 10'da AgNP AC filtreden geçirildikten sonra 0,51 mg/l düşüyor ve giderim verimi % 75 oluyor. pH 10'da bu değerleri kıyasladığımızda da 0,96 mg/l olan değer % 46 gibi daha iyi bir oranla 0,51 mg/l'ye düşürülmüştür. Standart AC filtreye göre AgNP AC filtrenin adsorpsiyon oranı tüm pH larda daha iyi olmakla beraber her iki filtrede de giderim verimlerinin pH ile ters orantılı olarak değişim gösterdiği ve düşük pH larda giderim veriminin daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 6.44. Girişteki Cr^{+6} konsantrasyonu 1,4 mg/l olan atık suyun 12 kg'lık standart AC filtre ve AgNP filtrelerden geçirilerek 90. dakikadaki adsorbsiyon kapasitesinin pH değerine bağlı değişiminin karşılaştırılması.

Şekil 6.44'de Cr^{+6} konsantrasyonu 1,4 mg/l olan atık suyun pH 6'da standart AC filtreden geçirildikten sonra 0,67 mg/l düşüyor, % 52 bir giderim verimi sağlanmışken yine aynı pH değerinde AgNP AC filtreden geçirildikten sonra 0,34 mg/l düşüyor ve giderim verimi % 76 oluyor. pH 8'de Cr^{+6} değeri standart AC filtreden geçirildikten sonra 0,78 mg/l düşüyor, giderim verimi % 45 olurken yine pH 8'de AgNP AC filtreden geçirildikten sonra 0,35 mg/l düşüyor ve giderim verimi % 75 oluyor. pH 10'da değerlere baktığımızda da standart AC filtreden geçirildikten sonra 0,77 mg/l düşüyor, giderim verimi % 45 iken yine pH 10'da AgNP AC filtreden geçirildikten sonra 0,45 mg/l düşüyor ve giderim verimi % 68 oluyor. Standart AC filtreye göre AgNP AC filtrenin tüm pH değerlerinde daha iyi bir adsorpsiyon oranı sağlandığı gözlemlenmiştir. Her iki filtrede de giderim verimlerinin pH ile ters orantılı olarak değişim gösterdiği ve düşük pH larda giderim veriminin daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Düşük pH'larda giderim veriminin daha yüksek olması kromun bu seviyedeki pH'larda HCrO_4^- şeklinde bulunması ve tasarlanmış filtrelerdeki Ag^+ iyonu ile adsorpsiyon veriminin yüksek olmasından kaynaklanmaktadır.

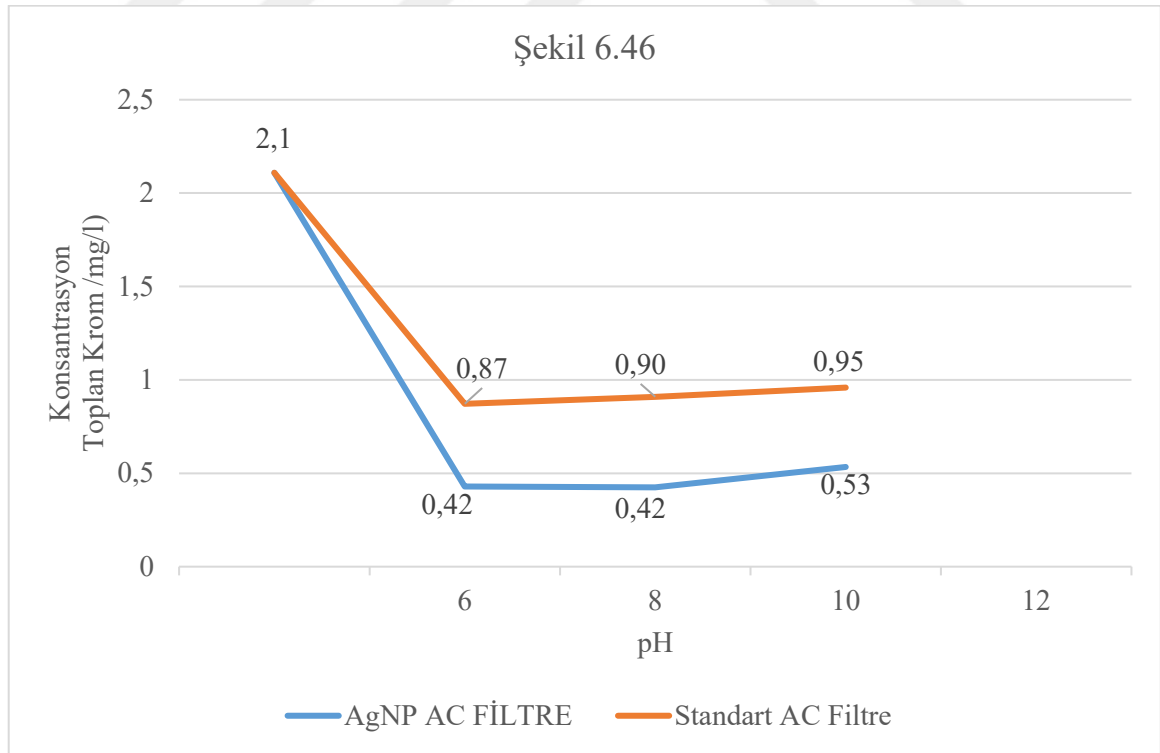


Şekil 6.45. Girişteki AKM konsantrasyonu 146 mg/l olan atık suyun 12 kg'lık standart AC filtre ve AgNP filtrelerden geçirilerek 90. dakikadaki adsorbsiyon kapasitesinin pH değerine bağlı değişiminin karşılaştırılması.

Şekil 6.45’de girişteki AKM konsantrasyonu 146 mg/l olan atık suyun pH 6’da standart AC filtreden geçirildikten sonra bu değer 60 mg/l düşüyor ve % 59 lük bir giderim verimi sağlanırken yine aynı pH değerinde AgNP AC filtreden sonra 13 mg/l düşerek % 90 giderim elde edilmiştir. pH 8’de bu değerleri incelediğimizde standart AC filtrede 44 mg/l düşürülerek % 69 luk, AgNP AC filtrede ise 27 mg/l ile % 81 oranında giderim sağlanmıştır. pH 10’da ise bu değerler standart AC filtrede % 56 lık giderim verimi ile 63 mg/l düşerken AgNP AC filtrede % 76 lık giderim oranı ile 33 mg/l düşürülmüştür. Grafikte AgNP AC filtrelerin standart AC filtrelere göre daha iyi giderim verimi sağladığı tespit edilirken her iki filtrede de giderim verimlerinin pH ile ters orantılı olarak değişim gösterdiği ve düşük pH larda giderim veriminin daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.

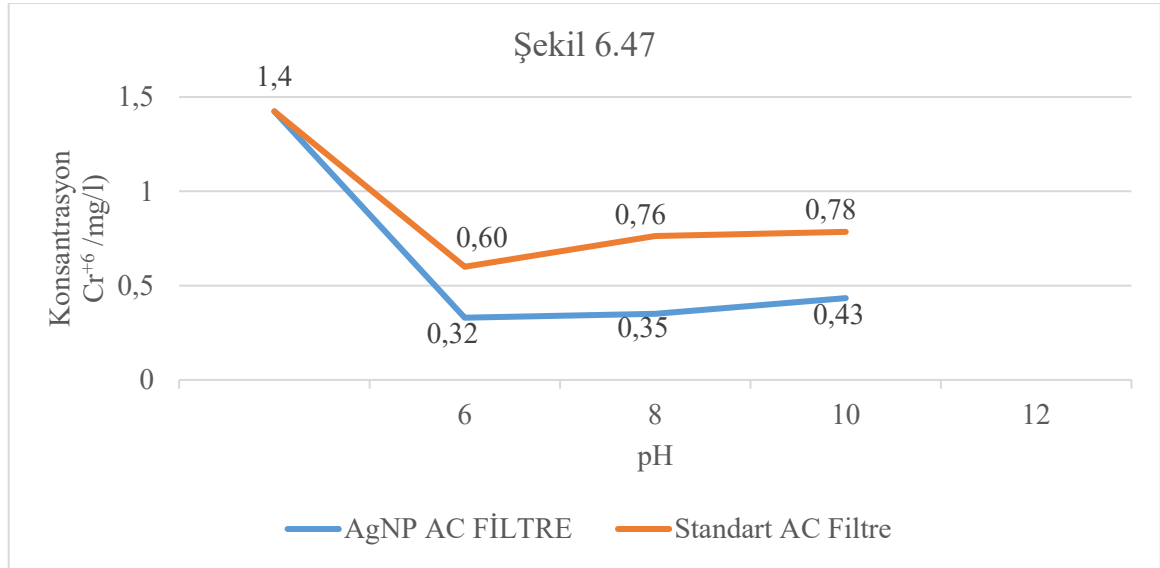
Çizelge 6.17. Girişteki kirletici konsantrasyonları bilinen atık suyun 15 Kg’lık standart AC filtre ve AgNP filtrelerden geçirildikten sonraki 30. dakikadaki çıkış suyu kirletici konsantrasyon değerleri.

	Filtreye Girişteki Kirletici Konsant.	Standart Aktif Karbon Filtre			Gümüş Nanopartiküllü AC Filtre		
		pH = 6	pH = 8	pH = 10	pH = 6	pH = 8	pH = 10
Toplam Krom (mg/l)	2,1	0,87	0,90	0,95	0,42	0,42	0,53
Cr ⁺⁶ (mg/l)	1,4	0,60	0,76	0,78	0,32	0,35	0,43
AKM (mg/l)	146	45	33	41	14	8	9



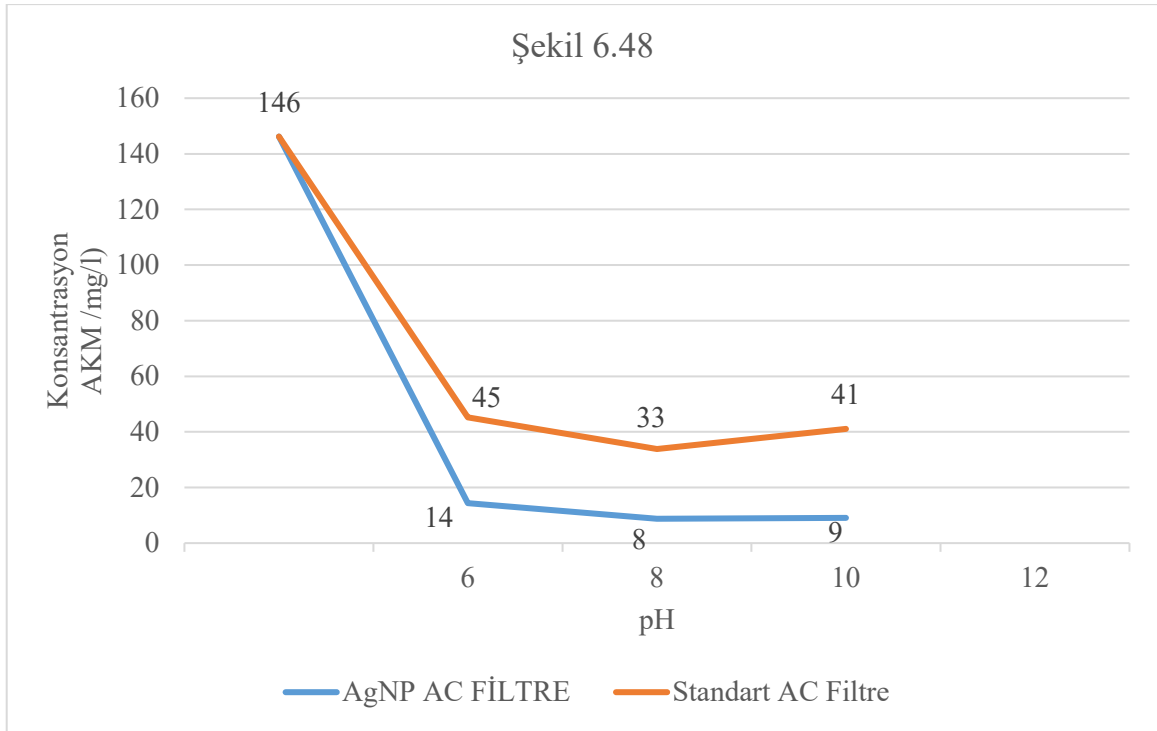
Şekil 6.46. Girişteki toplam krom konsantrasyonu 2,1 mg/l olan atık suyun 15 kg’lık standart AC filtre ve AgNP filtrelerden geçirilerek 30. dakikadaki adsorbsiyon kapasitesinin pH değerine bağlı değişiminin karşılaştırılması.

Şekil 6.46’da toplam krom konsantrasyonu 2,1 mg/l olan atık suyun pH 6’da standart AC filtreden geçirildikten sonra 0,87 mg/l düşüyor, % 58 bir giderim verimi sağlanmışken yine aynı pH değerinde AgNP AC filtreden geçirildikten sonra 0,42 mg/l düşüyor ve giderim verimi % 79 oluyor. pH 8’de Cr^{+6} değeri standart AC filtreden geçirildikten sonra 0,90 mg/l düşüyor, giderim verimi % 56 olurken yine pH 8’de AgNP AC filtreden geçirildikten sonra 0,42 mg/l düşüyor ve giderim verimi % 79 oluyor. pH 10’da değerlere baktığımızda da standart AC filtreden geçirildikten sonra 0,95 mg/l düşüyor, giderim verimi % 54 iken yine pH 10’da AgNP AC filtreden geçirildikten sonra 0,53 mg/l düşüyor ve giderim verimi % 74 oluyor. Standart AC filtreye göre AgNP AC filtrenin tüm pH değerlerinde daha iyi bir adsorpsiyon oranı sağlandığı gözlemlenmiştir. Her iki filtrede de giderim verimlerinin pH ile ters orantılı olarak değişim gösterdiği ve düşük pH larda giderim veriminin daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 6.47. Girişteki Cr^{+6} konsantrasyonu 1,4 mg/l olan atık suyun 15 kg’lık standart AC filtre ve AgNP filtrelerden geçirilerek 30. dakikadaki adsorpsiyon kapasitesinin pH değerine bağlı değişiminin karşılaştırılması.

Şekil 6.47’de Cr^{+6} değeri 1,4 mg/l olan atık suyun pH 6’da standart AC filtreden geçirildikten sonra 0,60 mg/l düşüyor, giderim verimi % 58 iken yine pH 6’da AgNP AC filtreden geçirildikten sonra 0,32 mg/l düşüyor ve giderim verimi % 77 oluyor. Rakamsal olarak değerlendirdiğimizde pH 6’da 0,60 mg/l olan değer % 45 gibi daha iyi bir oranla 0,32 mg/l’ye düşürülmüştür. pH 8’de toplam krom değeri standart AC filtreden geçirildikten sonra 0,76 mg/l düşüyor, giderim verimi % 46 olurken pH 8’de AgNP AC filtreden geçirildikten sonra 0,35 mg/l düşüyor ve giderim verimi % 75 oluyor. Rakamsal olarak değerlendirmeye devam ettiğimizde pH 8’de 0,76 mg/l olan değer % 54 gibi daha iyi bir oranla 0,35 mg/l’ye düşürülmüştür. pH 10’da bu değerlere baktığımızda standart AC filtreden geçirildikten sonra 0,78 mg/l düşüyor, giderim verimi % 44 iken yine pH 10’da AgNP AC filtreden geçirildikten sonra 0,43 mg/l düşüyor ve giderim verimi % 69 oluyor. pH 10’da bu değerleri kıyasladığımızda da 0,78 mg/l olan değer % 45 gibi daha iyi bir oranla 0,43 mg/l’ye düşürülmüştür. Standart AC filtreye göre AgNP AC filtrenin adsorpsiyon oranı tüm pH larda daha iyi olmakla beraber her iki filtrede de giderim verimlerinin pH ile ters orantılı olarak değişim gösterdiği ve düşük pH larda giderim veriminin daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Düşük pH’larda giderim veriminin daha yüksek olması kromun bu seviyedeki pH’larda HCrO_4^- şeklinde bulunması ve tasarlanmış filtrelerdeki Ag^+ iyonu ile adsorpsiyon veriminin yüksek olmasından kaynaklanmaktadır.

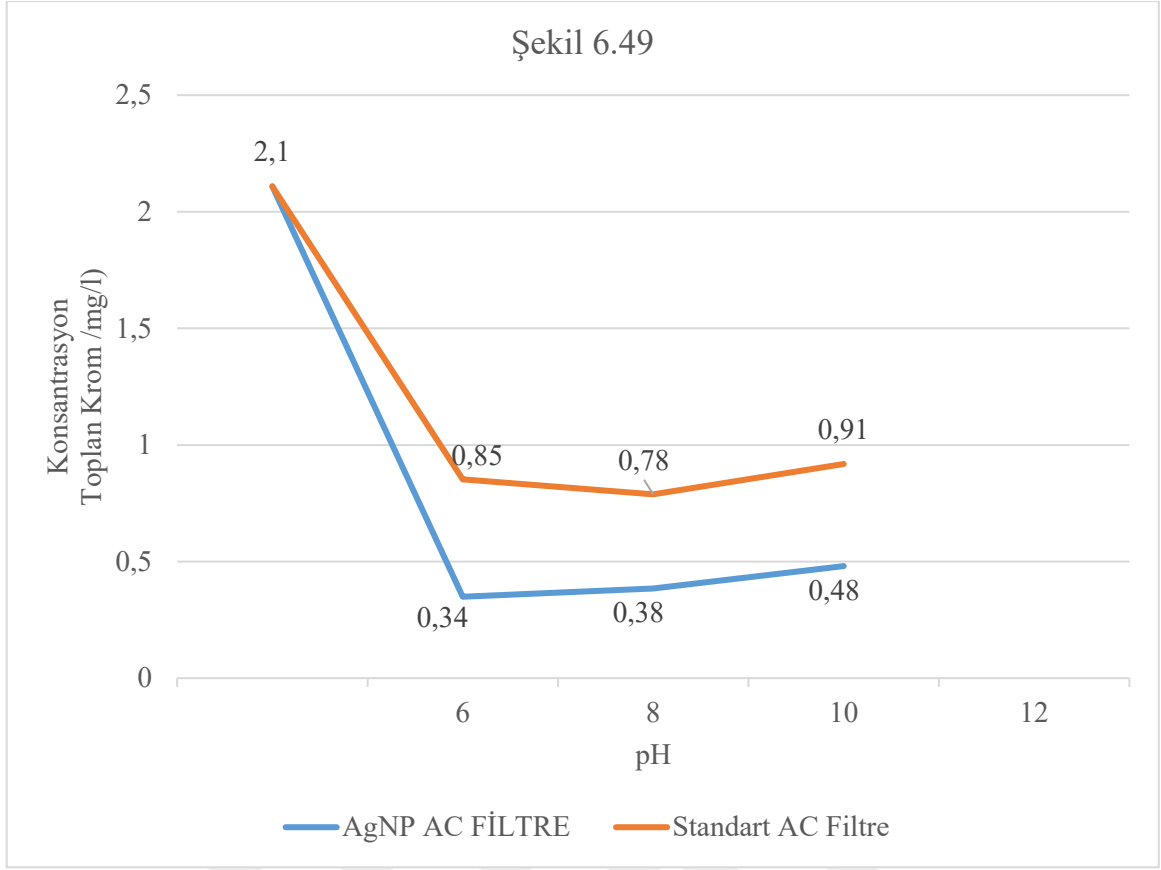


Şekil 6.48. Girişteki AKM konsantrasyonu 146 mg/l olan atık suyun 15 kg'lık standart AC filtre ve AgNP filtrelerden geçirilerek 30. dakikadaki adsorbsiyon kapasitesinin pH değerine bağlı değişiminin karşılaştırılması.

Şekil 6.48'de AKM konsantrasyonu 146 mg/l olan atık suyun pH 6'da standart AC filtreden geçirildikten sonra bu değer 45 mg/l düşüyor ve % 69 luk bir giderim verimi sağlanırken yine aynı pH değerinde AgNP AC filtreden sonra 14 mg/l düşerek % 90 giderim elde edilmiştir. pH 8'de bu değerleri incelediğimizde standart AC filtrede 33 mg/l düşürülerek % 76 lık, AgNP AC filtrede ise 8 mg/l ile % 94 oranında giderim sağlanmıştır. pH 10'da ise bu değerler standart AC filtrede % 71 lik giderim verimi ile 41 mg/l düşerken AgNP AC filtrede % 93 lük giderim oranı ile 9 mg/l düşürülmüştür. Grafikte AgNP AC filtrelerin standart AC filtrelere göre daha iyi giderim verimi sağladığı tespit edilirken giderim verimlerinin pH'a bağlı değişimleri deşikşenlik göstermiştir.

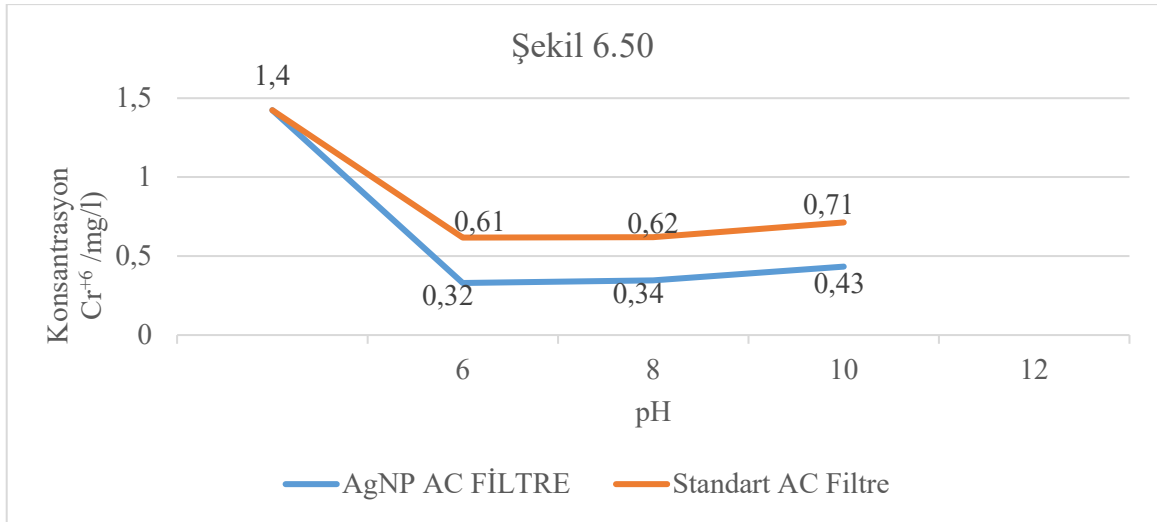
Çizelge 6.18. Girişteki kirletici konsantrasyonları bilinen atık suyun 15 Kg'lık standart AC filtre ve AgNP filtrelerden geçirildikten sonraki 60. dakikadaki çıkış suyu kirletici konsantrasyon değerleri.

	Filtreye Girişteki Kirletici Konsant.	Standart Aktif Karbon Filtre			Gümüş Nanopartiküllü AC Filtre		
		pH = 6	pH = 8	pH = 10	pH = 6	pH = 8	pH = 10
Toplam Krom (mg/l)	2,1	0,85	0,78	0,91	0,34	0,38	0,48
Cr ⁺⁶ (mg/l)	1,4	0,61	0,62	0,73	0,32	0,34	0,43
AKM (mg/l)	146	44	48	44	8	14	25



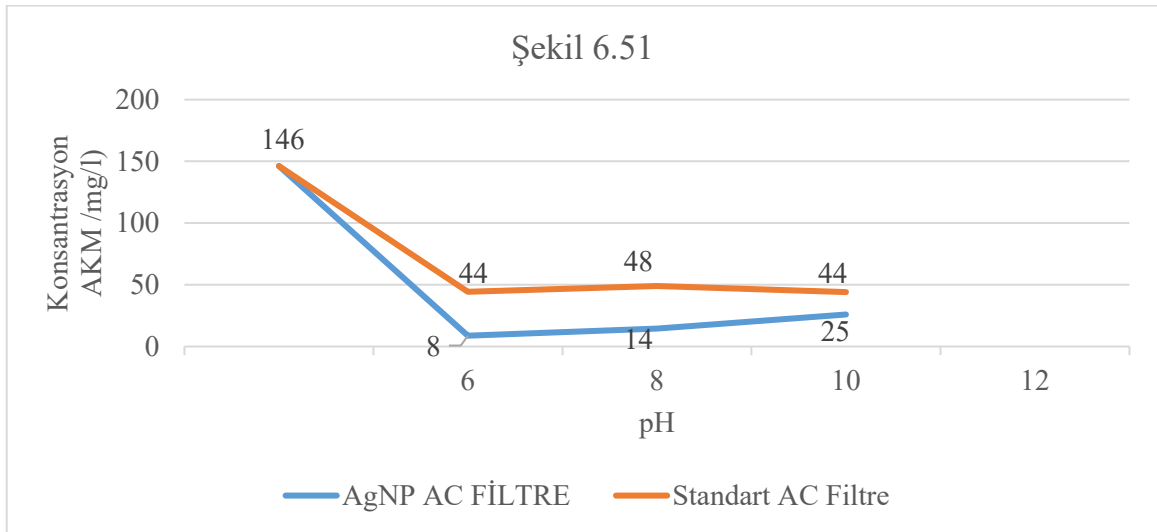
Şekil 6.49. Girişteki toplam krom konsantrasyonu 2,1 mg/l olan atık suyun 15 kg'lık standart AC filtre ve AgNP filtrelerden geçirilerek 60. dakikadaki adsorbsiyon kapasitesinin pH değerine bağlı değişiminin karşılaştırılması.

Şekil 6.49'da toplam krom değeri 2,1 mg/l olan atık suyun pH 6'da standart AC filtreden geçirildikten sonra 0,85 mg/l düşüyor, giderim verimi % 59 iken yine pH 6'da AgNP AC filtreden geçirildikten sonra 0,34 mg/l düşüyor ve giderim verimi % 83 oluyor. Rakamsal olarak değerlendirdiğimizde pH 6'da 0,85 mg/l olan değer % 60 gibi daha iyi bir oranla 0,34 mg/l'ye düşürülmüştür. pH 8'de toplam krom değeri standart AC filtreden geçirildikten sonra 0,78 mg/l düşüyor, giderim verimi % 62 olurken pH 8'de AgNP AC filtreden geçirildikten sonra 0,38 mg/l düşüyor ve giderim verimi % 81 oluyor. Rakamsal olarak değerlendirmeye devam ettiğimizde pH 8'de 0,78 mg/l olan değer % 52 gibi daha iyi bir oranla 0,38 mg/l'ye düşürülmüştür. pH 10'da bu değerlere baktığımızda standart AC filtreden geçirildikten sonra 0,91 mg/l düşüyor, giderim verimi % 56 iken yine pH 10'da AgNP AC filtreden geçirildikten sonra 0,48 mg/l düşüyor ve giderim verimi % 77 oluyor. pH 10'da bu değerleri kıyasladığımızda da 0,91 mg/l olan değer % 48 gibi daha iyi bir oranla 0,48 mg/l'ye düşürülmüştür. Standart AC filtreye göre AgNP AC filtrenin adsorpsiyon oranı tüm pH larda daha iyi olmakla beraber her iki filtrede de giderim verimlerinin pH ile ters orantılı olarak değişim gösterdiği ve düşük pH larda giderim veriminin daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 6.50. Girişteki Cr^{+6} konsantrasyonu 1,4 mg/l olan atık suyun 15 kg'lık standart AC filtre ve AgNP filtrelerden geçirilerek 60. dakikadaki adsorbsiyon kapasitesinin pH değerine bağlı değişiminin karşılaştırılması.

Şekil 6.50'de girişteki Cr^{+6} konsantrasyonu 1,4 mg/l olan atık suyun pH 6'da standart AC filtreden geçirildikten sonra bu değer 0,61 mg/l düşüyor ve % 56 lık bir giderim verimi sağlanırken yine aynı pH değerinde AgNP AC filtreden sonra 0,32 mg/l düşerek % 76 giderim elde edilmiştir. pH 8'de bu değerleri incelediğimizde standart AC filtrede 0,62 mg/l düşürülerek % 56 lık, AgNP AC filtrede ise 0,34 mg/l ile % 75 oranında giderim sağlanmıştır. pH 10'da ise bu değerler standart AC filtrede % 49 luk giderim verimi ile 0,71 mg/l düşerken AgNP AC filtrede % 69 luk giderim oranı ile 0,43 mg/l düşürülmüştür. Grafikte AgNP AC filtrelerin standart AC filtrelere göre daha iyi giderim verimi sağladığı tespit edilirken her iki filtrede de giderim verimlerinin pH ile ters orantılı olarak değişim gösterdiği ve düşük pH larda giderim veriminin daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Düşük pH'larda giderim veriminin daha yüksek olması kromun bu seviyedeki pH'larda HCrO_4^- şeklinde bulunması ve tasarlanmış filtrelerdeki Ag^+ iyonuyla adsorpsiyon veriminin yüksek olmasından kaynaklanmaktadır.

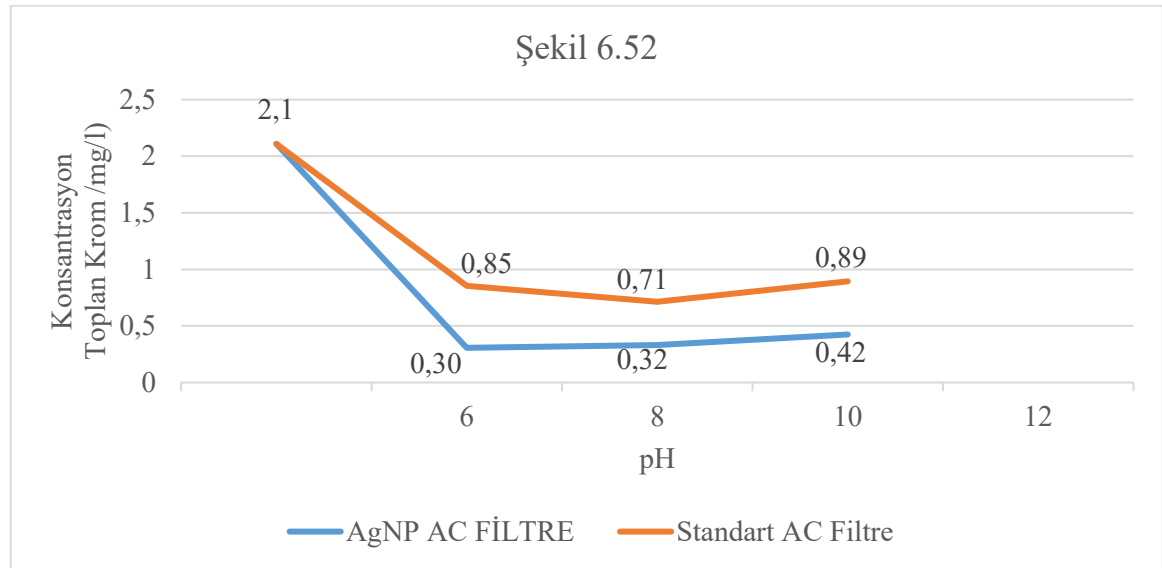


Şekil 6.51. Girişteki AKM konsantrasyonu 146 mg/l olan atık suyun 15 kg'lık standart AC filtre ve AgNP filtrelerden geçirilerek 60. dakikadaki adsorbsiyon kapasitesinin pH değerine bağlı değişiminin karşılaştırılması.

Şekil 6.51’de AKM krom konsantrasyonu 146 mg/l olan atık suyun pH 6’da standart AC filtreden geçirildikten sonra 44 mg/l düşüyor, % 69 bir giderim verimi sağlanmışken yine aynı pH değerinde AgNP AC filtreden geçirildikten sonra 8 mg/l düşüyor ve giderim verimi % 94 oluyor. pH 8’de AKM değeri standart AC filtreden geçirildikten sonra 48 mg/l düşüyor, giderim verimi % 66 olurken yine pH 8’de AgNP AC filtreden geçirildikten sonra 14 mg/l düşüyor ve giderim verimi % 90 oluyor. pH 10’da değerlere baktığımızda da standart AC filtreden geçirildikten sonra 44 mg/l düşüyor, giderim verimi % 69 iken yine pH 10’da AgNP AC filtreden geçirildikten sonra 25 mg/l düşüyor ve giderim verimi % 82 oluyor. Standart AC filtreye göre AgNP AC filtrenin tüm pH değerlerinde daha iyi bir adsorpsiyon oranı sağlandığı gözlemlenmiştir. Her iki filtrede de giderim verimlerinin pH ile ters orantılı olarak değişim gösterdiği ve düşük pH larda giderim veriminin daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.

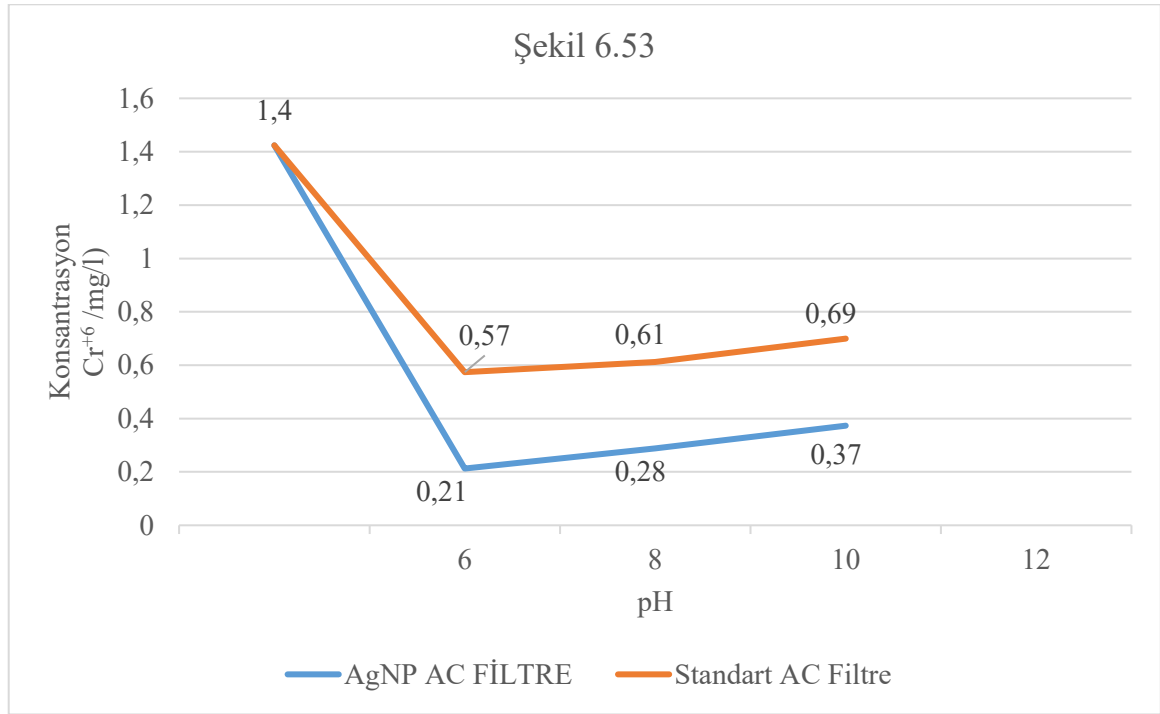
Çizelge 6.19. Girişteki kirletici konsantrasyonları bilinen atık suyun 15 Kg’lık standart AC filtre ve AgNP filtrelerden geçirildikten sonraki 90. dakikadaki çıkış suyu kirletici konsantrasyon değerleri.

	Filtreye Girişteki Kirletici Konsant.	Standart Aktif Karbon Filtre			Gümüş Nanopartiküllü AC Filtre		
		pH = 6	pH = 8	pH = 10	pH = 6	pH = 8	pH = 10
Toplam Krom (mg/l)	2,1	0,85	0,71	0,89	0,30	0,32	0,42
Cr ⁺⁶ (mg/l)	1,4	0,57	0,61	0,69	0,21	0,28	0,37
AKM (mg/l)	146	48	53	50	9	23	12



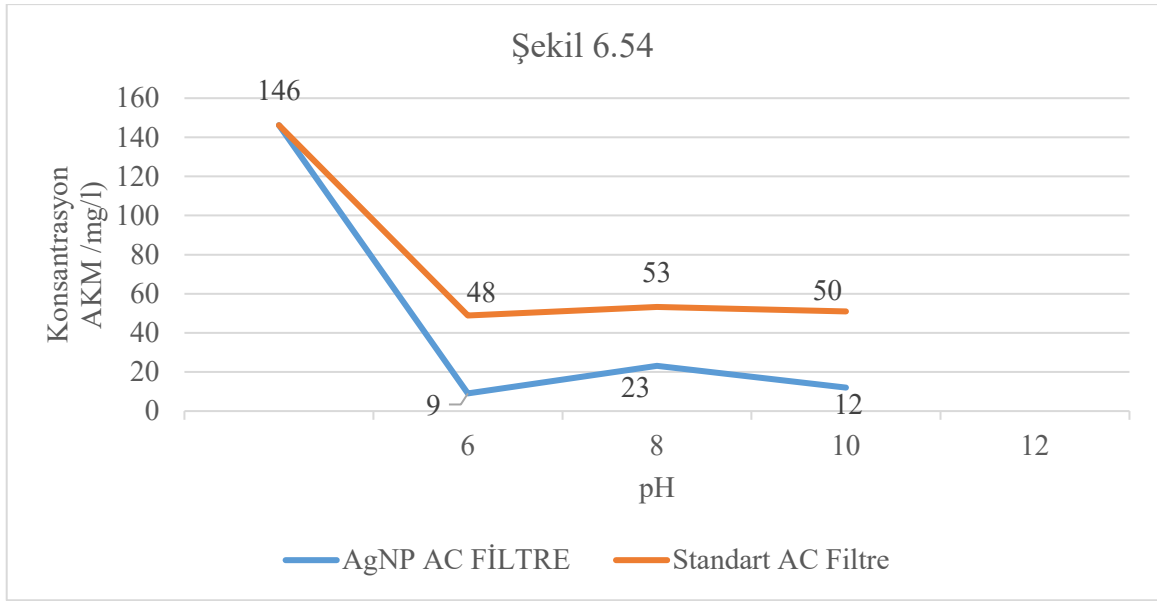
Şekil 6.52. Girişteki toplam krom konsantrasyonu 2,1 mg/l olan atık suyun 15 kg’lık standart AC filtre ve AgNP filtrelerden geçirilerek 90. dakikadaki adsorbsiyon kapasitesinin pH değerine bağlı değişiminin karşılaştırılması.

Şekil 6.52’de toplam krom konsantrasyonu 2,1 mg/l olan atık suyun pH 6’da standart AC filtreden geçirildikten sonra bu değer 0,85 mg/l düşüyor ve % 59 luk bir giderim verimi sağlanırken yine aynı pH değerinde AgNP AC filtreden sonra 0,30 mg/l düşerek % 85 giderim elde edilmiştir. pH 8’de bu değerleri incelediğimizde standart AC filtrede 0,71 mg/l düşürülerek % 66 lık, AgNP AC filtrede ise 0,32 mg/l ile % 84 oranında giderim sağlanmıştır. pH 10’da ise bu değerler standart AC filtrede % 57 lik giderim verimi ile 0,89 mg/l düşerken AgNP AC filtrede % 79 luk giderim oranı ile 0,42 mg/l düşürülmüştür. Grafikte AgNP AC filtrelerin standart AC filtrelere göre daha iyi giderim verimi sağladığı tespit edilirken her iki filtrede de giderim verimlerinin pH ile ters orantılı olarak değişim gösterdiği ve düşük pH larda giderim veriminin daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 6.53. Girişteki Cr^{+6} konsantrasyonu 1,4 mg/l olan atık suyun 15 kg’lık standart AC filtre ve AgNP filtrelerden geçirilerek 90. dakikadaki adsorbsiyon kapasitesinin pH değerine bağlı değişiminin karşılaştırılması.

Şekil 6.53’de Cr^{+6} konsantrasyonu 1,4 mg/l olan atık suyun pH 6’da standart AC filtreden geçirildikten sonra 0,57 mg/l düşüyor, % 59 bir giderim verimi sağlanmışken yine aynı pH değerinde AgNP AC filtreden geçirildikten sonra 0,21 mg/l düşüyor ve giderim verimi % 85 oluyor. pH 8’de Cr^{+6} değeri standart AC filtreden geçirildikten sonra 0,61 mg/l düşüyor, giderim verimi % 57 olurken yine pH 8’de AgNP AC filtreden geçirildikten sonra 0,28 mg/l düşüyor ve giderim verimi % 79 oluyor. pH 10’da değerlere baktığımızda da standart AC filtreden geçirildikten sonra 0,69 mg/l düşüyor, giderim verimi % 50 iken yine pH 10’da AgNP AC filtreden geçirildikten sonra 0,37 mg/l düşüyor ve giderim verimi % 73 oluyor. Standart AC filtreye göre AgNP AC filtrenin tüm pH değerlerinde daha iyi bir adsorpsiyon oranı sağlandığı gözlemlenmiştir. Her iki filtrede de giderim verimlerinin pH ile ters orantılı olarak değişim gösterdiği ve düşük pH larda giderim veriminin daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.

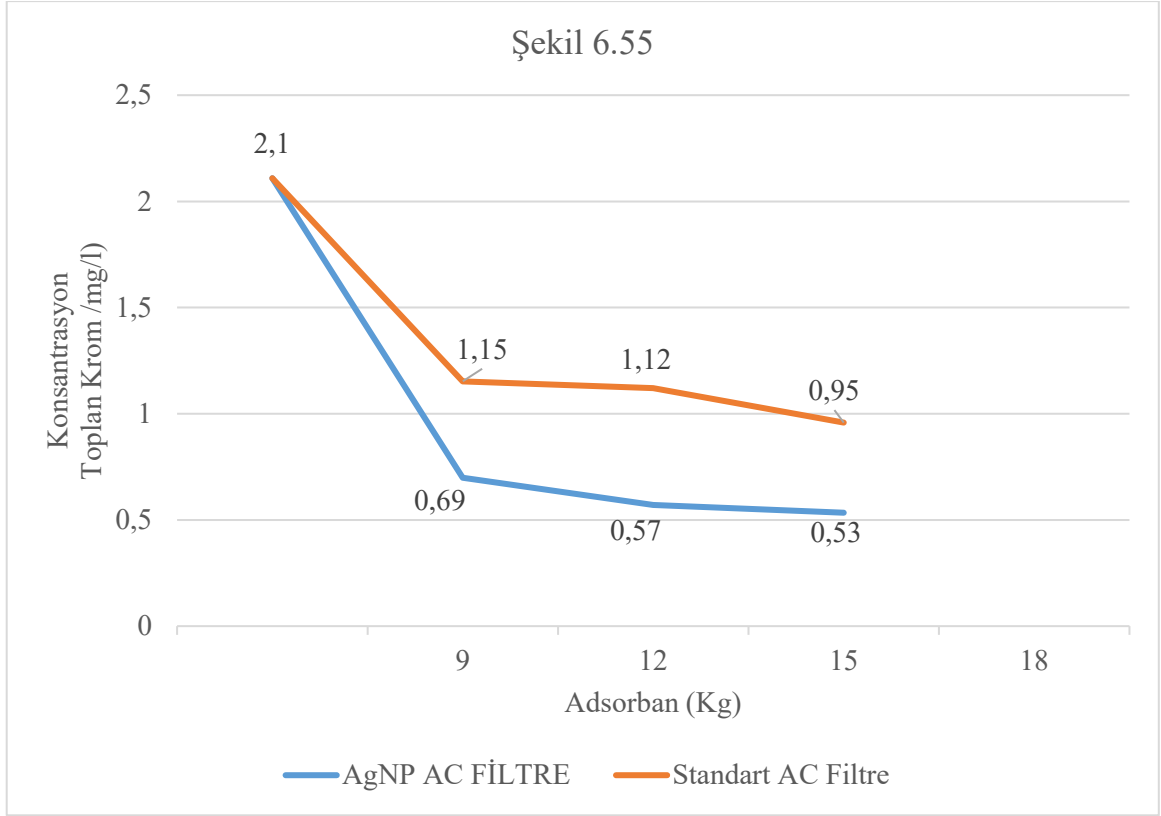


Şekil 6.54. Girişteki AKM konsantrasyonu 146 mg/l olan atık suyun 15 kg'lık standart AC filtre ve AgNP filtrelerden geçirilerek 90. dakikadaki adsorbsiyon kapasitesinin pH değerine bağlı değişiminin karşılaştırılması.

Şekil 6.54'de AKM değeri 146 mg/l olan atık suyun pH 6'da standart AC filtreden geçirildikten sonra 48 mg/l düşüyor, giderim verimi % 66 iken yine pH 6'da AgNP AC filtreden geçirildikten sonra 9 mg/l düşüyor ve giderim verimi % 93 oluyor. Rakamsal olarak değerlendirdiğimizde pH 6'da 48 mg/l olan değer % 81 gibi daha iyi bir oranla 9 mg/l'ye düşürülmüştür. pH 8'de toplam krom değeri standart AC filtreden geçirildikten sonra 53 mg/l düşüyor, giderim verimi % 63 olurken pH 8'de AgNP AC filtreden geçirildikten sonra 23 mg/l düşüyor ve giderim verimi % 84 oluyor. Rakamsal olarak değerlendirmeye devam ettiğimizde pH 8'de 53 mg/l olan değer % 57 gibi daha iyi bir oranla 23 mg/l'ye düşürülmüştür. pH 10'da bu değerlere baktığımızda standart AC filtreden geçirildikten sonra 50 mg/l düşüyor, giderim verimi % 65 iken yine pH 10'da AgNP AC filtreden geçirildikten sonra 12 mg/l düşüyor ve giderim verimi % 91 oluyor. pH 10'da bu değerleri kıyasladığımızda da 50 mg/l olan değer % 77 gibi daha iyi bir oranla 12 mg/l'ye düşürülmüştür. Standart AC filtreye göre AgNP AC filtrenin adsorpsiyon oranı tüm pH larda daha iyi olmakla beraber filtrelerin giderim verimlerinin pH ile ters orantılı olarak değişim gösterdiği ve düşük pH larda giderim veriminin daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.

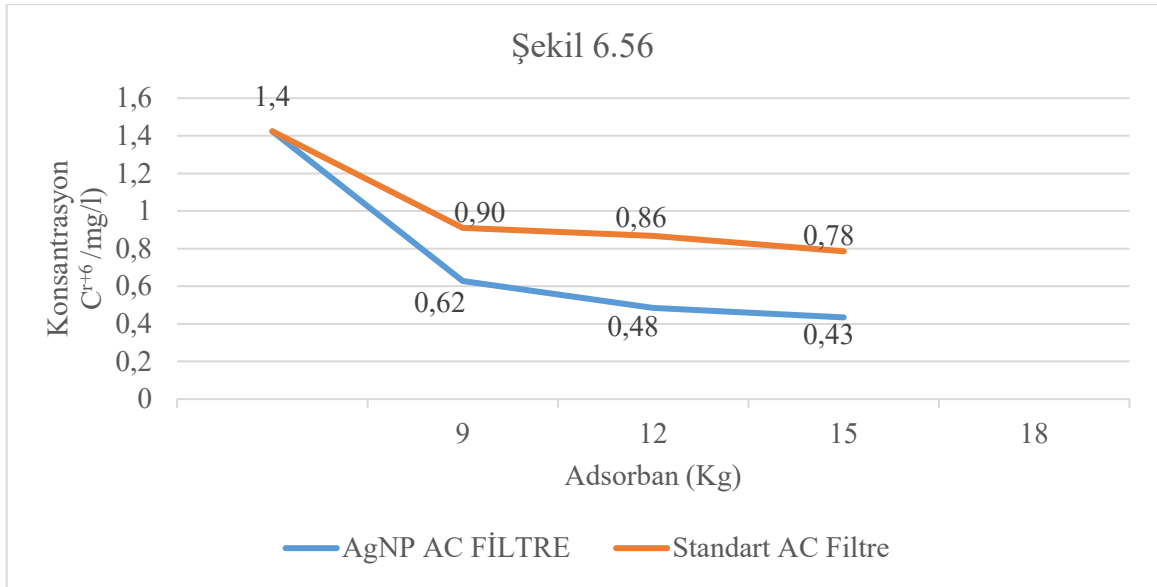
Çizelge 6.20. pH 10'da girişteki kirletici konsantrasyonları bilinen atık suyun farklı miktarlardaki standart AC filtre ve AgNP filtrelerden geçirildikten sonraki 30. dakikadaki çıkış suyu kirletici konsantrasyon değerleri.

	Filtreye Girişteki Kirletici Konsant.	Standart Aktif Karbon Filtre			Gümüş Nanopartiküllü AC Filtre		
		9 Kg	12 Kg	15 Kg	9 Kg	12 Kg	15 Kg
Toplam Krom (mg/l)	2,1	1,15	1,12	0,95	0,69	0,57	0,53
Cr ⁺⁶ (mg/l)	1,4	0,90	0,86	0,78	0,62	0,48	0,43
AKM (mg/l)	146	36	91	41	35	51	28



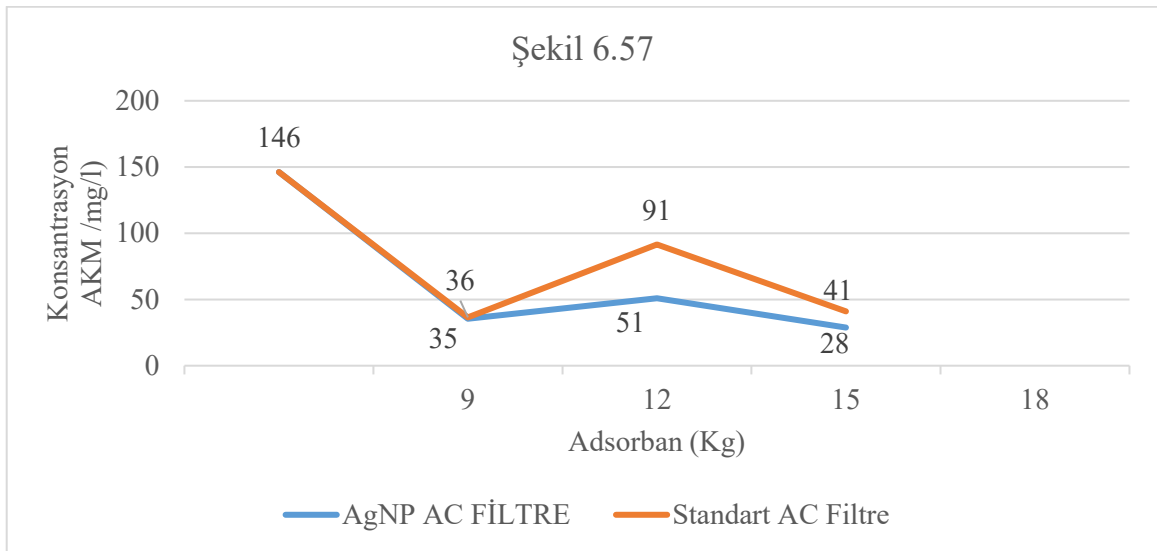
Şekil 6.55. pH 10'da girişteki toplam krom konsantrasyonu 2,1 mg/l olan atık suyun farklı miktarlardaki standart AC filtre ve AgNP filtrelerden geçirilerek 30. dakikadaki adsorpsiyon kapasitesinin adsorban miktarına bağlı değişiminin karşılaştırılması.

Şekil 6.55'de toplam krom değeri 2,1 mg/l olan atık suyun 9 kg'lık standart AC filtreden geçirildikten sonra toplam krom değeri 1,15 mg/l düşüyor, giderim verimi % 45 iken yine 9 kg'lık AgNP AC filtreden geçirildikten sonra 0,69 mg/l düşüyor ve giderim verimi % 66 oluyor. Rakamsal olarak değerlendirdiğimizde 9 kg standart AC filtrede 1,15 mg/l olan değer yine 9 kg AgNP AC filtrede % 40 gibi daha iyi bir oranla 0,69 mg/l'ye düşürülmüştür. Toplam krom değeri 12 kg'lık standart AC filtreden geçirildikten sonra 1,12 mg/l düşüyor, giderim verimi % 47 olurken 12 kg'lık AgNP AC filtreden geçirildikten sonra 0,57 mg/l düşüyor ve giderim verimi % 72 oluyor. Rakamsal olarak değerlendirmeye devam ettiğimizde 12 kg standart AC filtrede 1,12 mg/l olan değer 12 kg AgNP AC filtrede % 50 gibi daha iyi bir oranla 0,57 mg/l'ye düşürülmüştür. Toplam krom değeri 15 kg'lık standart AC filtreden geçirildikten sonra 0,95 mg/l düşüyor, giderim verimi % 54 iken 15 kg'lık AgNP AC filtreden geçirildikten sonra 0,53 mg/l düşüyor ve giderim verimi % 74 oluyor. 15 kg'lık standart AC filtreden geçirildikten sonra 0,95 mg/l olan toplam krom değeri 15 kg'lık AgNP AC filtrede % 45 gibi daha iyi bir oranla 0,53 mg/l'ye düşürülmüştür. Standart AC filtreye göre AgNP AC filtrenin adsorpsiyon oranı tüm adsorban miktarlarında daha iyi olmakla beraber filtrelerin giderim verimlerinin adsorban miktarı ile doğru orantılı olarak değişim gösterdiği ve adsorban miktarının arttıkça giderim veriminin de arttığı gözlemlenmiştir.



Şekil 6.56. pH 10'da girişteki Cr^{+6} konsantrasyonu 1,4 mg/l olan atık suyun farklı miktarlardaki standart AC filtre ve AgNP filtrelerden geçirilerek 30. dakikadaki adsorbsiyon kapasitesinin adsorban miktarına bağlı değişiminin karşılaştırılması.

Şekil 6.56'da Cr^{+6} konsantrasyonu 1,42 mg/l olan atık suyun 9 kg'lık standart AC filtreden geçirildikten sonraki Cr^{+6} değeri 0,90 mg/l düşüyor ve % 36 lık bir giderim verimi sağlanırken 9 kg'lık AgNP AC filtreden sonra bu 0,62 mg/l düşerek % 55 giderim elde edilmiştir. Bu değerler 12 kg'lık standart AC filtrede 0,86 mg/l düşürülerek % 39 luk, 12 kg'lık AgNP AC filtrede ise 0,48 mg/l ile % 65 oranında giderim sağlanmıştır. 15 kg'lık standart AC filtrede bu değerler % 44 lük giderim verimi ile 0,78 mg/l düşerken 15 kg'lık AgNP AC filtrede % 69 luk giderim oranı ile 0,43 mg/l düşürülmüştür. Grafikte AgNP AC filtrelerin standart AC filtrelerle göre daha iyi giderim verimi sağladığı tespit edilirken her iki filtrede de giderim verimlerinin adsorban miktarı ile doğru orantılı olarak değişim gösterdiği ve adsorban miktarının arttıkça giderim veriminin de arttığı tespit edilmiştir.

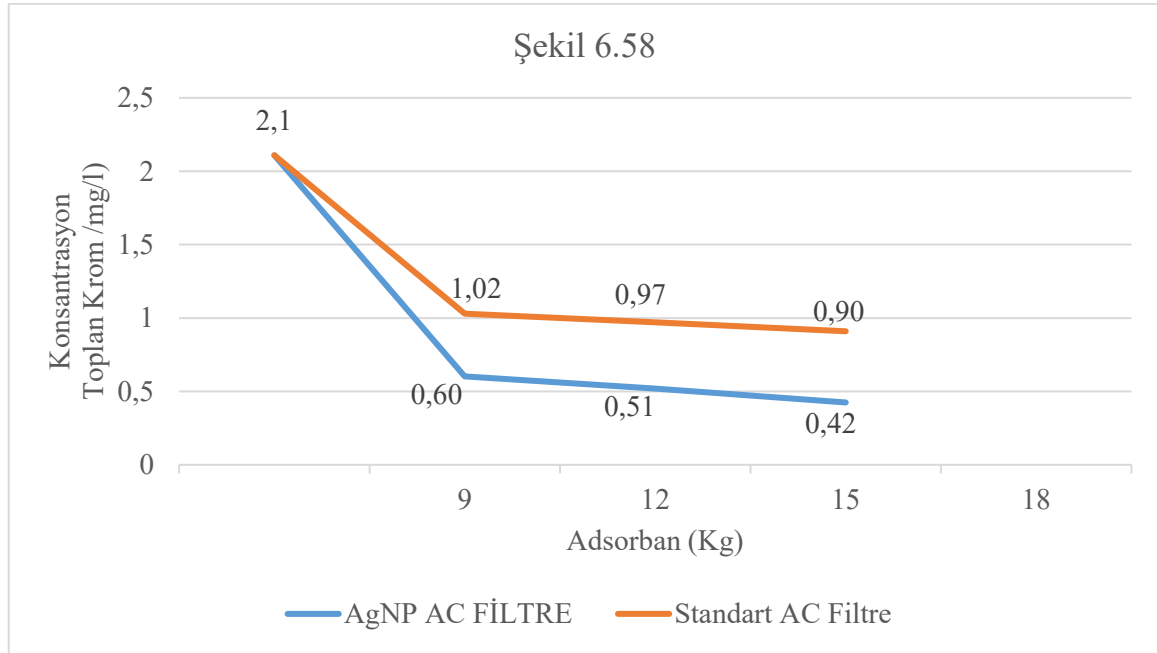


Şekil 6.57. pH 10'da girişteki AKM konsantrasyonu 146 mg/l olan atık suyun farklı miktarlardaki standart AC filtre ve AgNP filtrelerden geçirilerek 30. dakikadaki adsorbsiyon kapasitesinin adsorban miktarına bağlı değişiminin karşılaştırılması.

Şekil 6.57’de AKM konsantrasyonu 146 mg/l olan atık suyun 9 kg’lık standart AC filtreden geçirildikten sonraki değeri 36 mg/l düşüyor, % 75 bir giderim verimi sağlanmışken 9 kg’lık AgNP AC filtreden geçirildikten sonra 35 mg/l düşüyor ve giderim verimi yine % 75 oluyor. 12 kg’lık standart AC filtreden geçirildikten sonra bu değer 91mg/l düşüyor, giderim verimi % 37 olurken yine 12 kg’lık AgNP AC filtreden geçirildikten sonra 51 mg/l düşüyor ve giderim verimi % 65 oluyor. AKM değeri 15 kg’lık standart AC filtreden geçirildikten sonra 41 mg/l düşüyor, giderim verimi % 72 iken 15 kg’lık AgNP AC filtreden geçirildikten sonra 28 mg/l düşüyor ve giderim verimi % 80 oluyor. Standart AC filtreye göre AgNP AC filtrenin tüm adsorban miktarlarında daha iyi bir adsorpsiyon oranı sağlandığı gözlemlenmiştir. Her iki filtrede de giderim verimlerinin adsorban miktarı ile doğru orantılı olarak değişim gösterdiği ve adsorban miktarının arttıkça giderim veriminin de arttığı tespit edilmiştir.

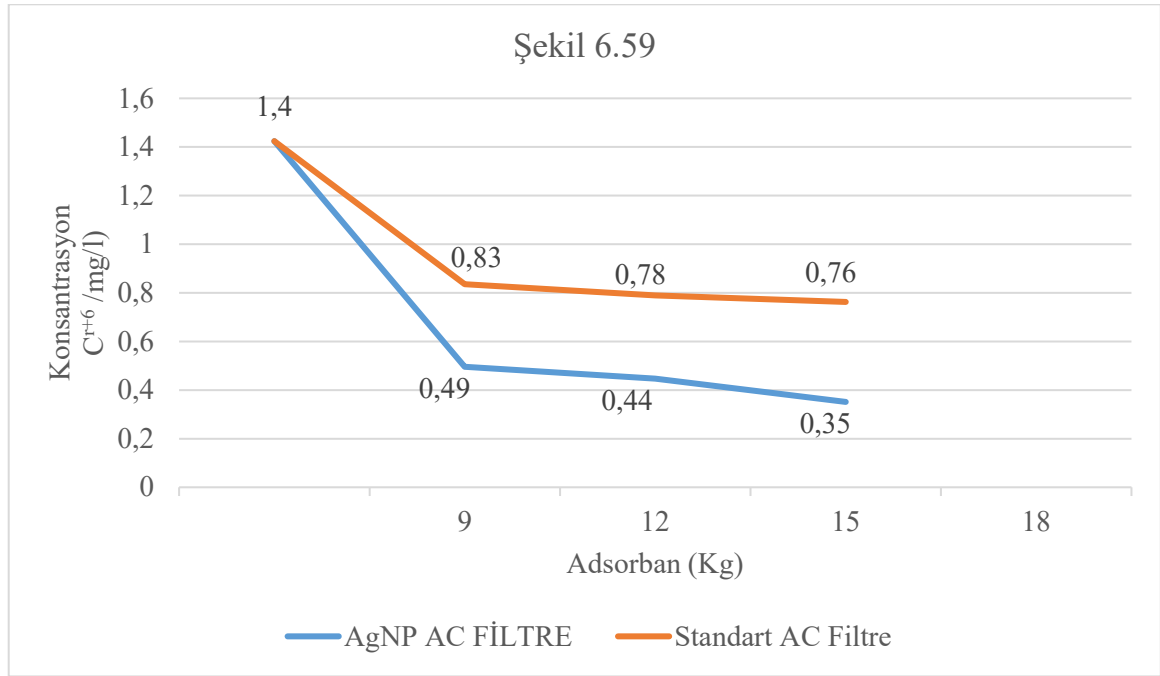
Çizelge 6.21. pH 8’de girişteki kirletici konsantrasyonları bilinen atık suyun farklı miktarlardaki standart AC filtre ve AgNP filtrelerden geçirildikten sonraki 30. dakikadaki çıkış suyu kirletici konsantrasyon değerleri.

	Filtreye Girişteki Kirletici Konsant.	Standart Aktif Karbon Filtre			Gümüş Nanopartiküllü AC Filtre		
		9 Kg	12 Kg	15 Kg	9 Kg	12 Kg	15 Kg
Toplam Krom (mg/l)	2,1	1,02	0,97	0,90	0,60	0,51	0,42
Cr ⁺⁶ (mg/l)	1,4	0,83	0,78	0,76	0,49	0,44	0,35
AKM (mg/l)	146	57	63	33	44	63	37



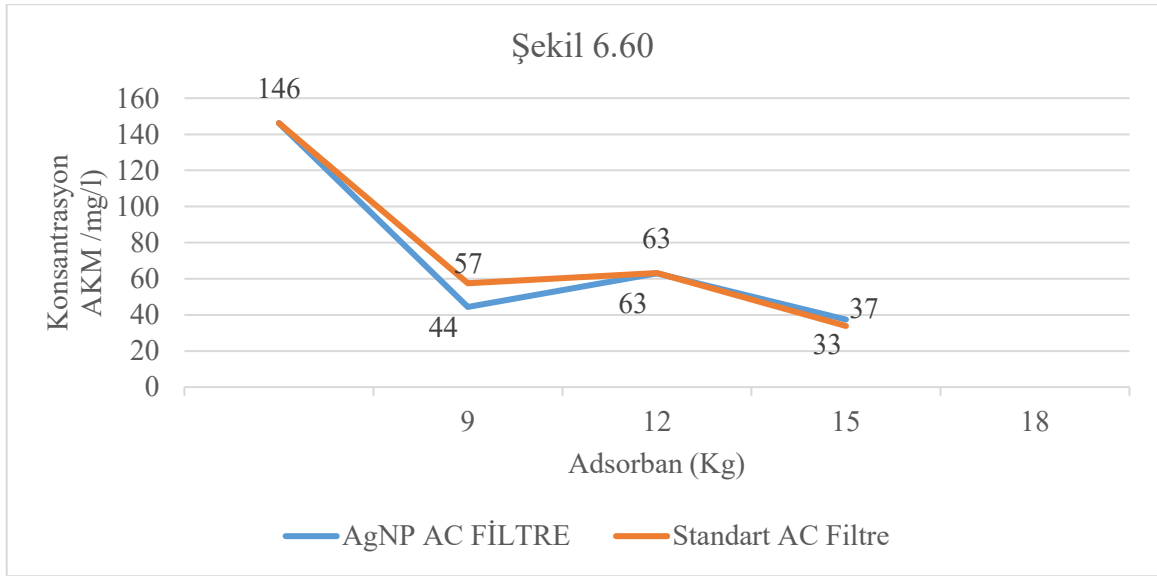
Şekil 6.58. pH 8’de girişteki toplam krom konsantrasyonu 2,1 mg/l olan atık suyun farklı miktarlardaki standart AC filtre ve AgNP filtrelerden geçirilerek 30. dakikadaki adsorpsiyon kapasitesinin adsorban miktarına bağlı değişiminin karşılaştırılması.

Şekil 6.58’de toplam krom konsantrasyonu 2,1 mg/l olan atık suyun 9 kg’lık standart AC filtreden geçirildikten sonraki değeri 1,02 mg/l düşüyor ve % 51 lik bir giderim verimi sağlanırken 9 kg’lık AgNP AC filtreden sonra bu 0,60 mg/l düşerek % 71 giderim elde edilmiştir. Bu değerler 12 kg’lık standart AC filtrede 0,97 mg/l düşürülerek % 53 lük, 12 kg’lık AgNP AC filtrede ise 0,51 mg/l ile % 75 oranında giderim sağlanmıştır. 15 kg’lık standart AC filtrede bu değerler % 56 lık giderim verimi ile 0,90 mg/l düşerken 15 kg’lık AgNP AC filtrede % 79 luk giderim oranı ile 0,42 mg/l düşürülmüştür. Grafikte AgNP AC filtrelerin standart AC filtrelere göre daha iyi giderim verimi sağladığı tespit edilirken her iki filtrede de giderim verimlerinin adsorban miktarı ile doğru orantılı olarak değişim gösterdiği ve adsorban miktarının arttıkça giderim veriminin de arttığı tespit edilmiştir



Şekil 6.59. pH 8’de girişteki Cr⁺⁶ konsantrasyonu 1,4 mg/l olan atık suyun farklı miktarlardaki standart AC filtre ve AgNP filtrelerden geçirilerek 30. dakikadaki adsorbsiyon kapasitesinin adsorban miktarına bağlı değişiminin karşılaştırılması.

Şekil 6.59’da girişteki Cr⁺⁶ konsantrasyonu 1,4 mg/l olan atık suyun 9 kg’lık standart AC filtreden geçirildikten sonraki değeri 0,83 mg/l düşüyor, % 41 bir giderim verimi sağlanmışken 9 kg’lık AgNP AC filtreden geçirildikten sonra 0,49 mg/l düşüyor ve giderim verimi yine % 65 oluyor. 12 kg’lık standart AC filtreden geçirildikten sonra bu değer 0,78 mg/l düşüyor, giderim verimi % 44 olurken yine 12 kg’lık AgNP AC filtreden geçirildikten sonra 0,44 mg/l düşüyor ve giderim verimi % 68 oluyor. AKM değeri 15 kg’lık standart AC filtreden geçirildikten sonra 0,76 mg/l düşüyor, giderim verimi % 46 iken 15 kg’lık AgNP AC filtreden geçirildikten sonra 0,35 mg/l düşüyor ve giderim verimi % 75 oluyor. Standart AC filtreye göre AgNP AC filtrenin tüm adsorban miktarlarında daha iyi bir adsorpsiyon oranı sağlandığı gözlemlenmiştir. Her iki filtrede de giderim verimlerinin adsorban miktarı ile doğru orantılı olarak değişim gösterdiği ve adsorban miktarının arttıkça giderim veriminin de arttığı tespit edilmiştir

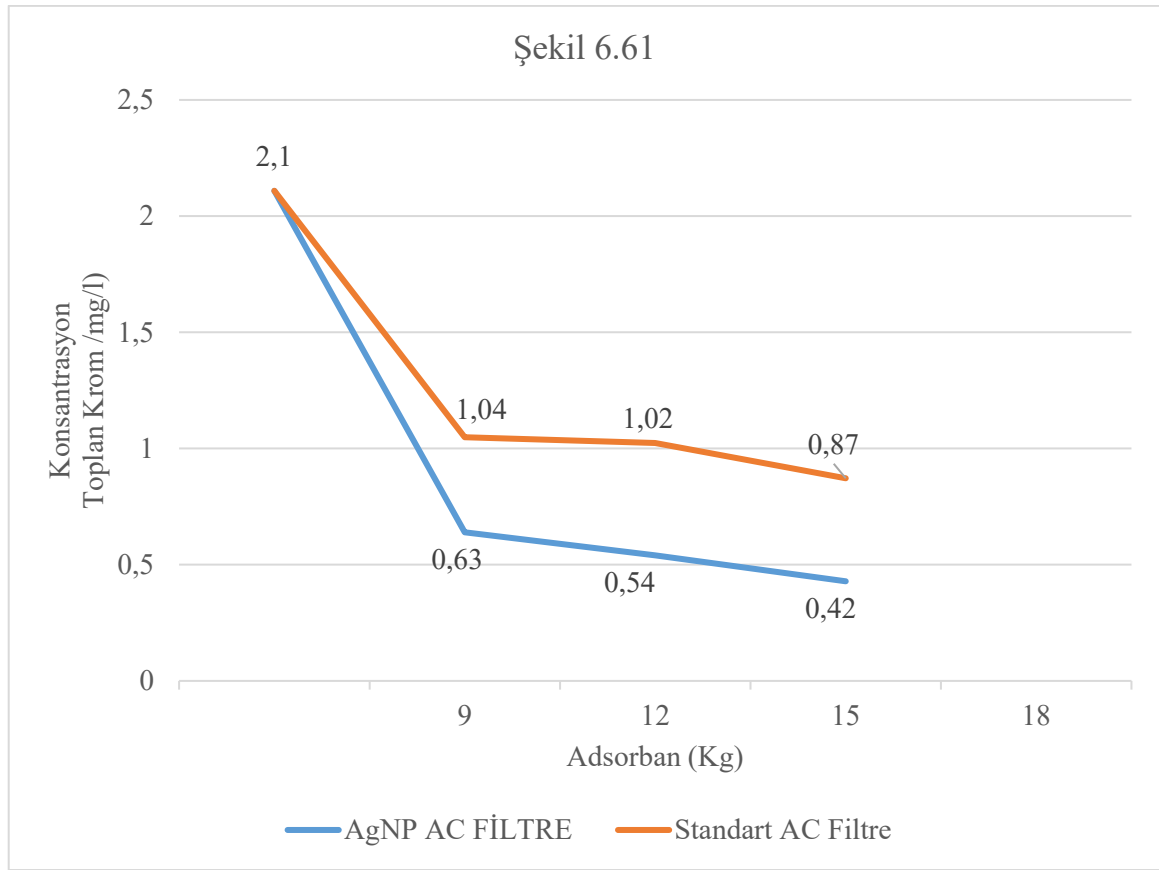


Şekil 6.60. pH 8’de girişteki AKM konsantrasyonu 146 mg/l olan atık suyun farklı miktarlardaki standart AC filtre ve AgNP filtrelerden geçirilerek 30. dakikadaki adsorbsiyon kapasitesinin adsorban miktarına bağlı değişiminin karşılaştırılması.

Şekil 6.60’da AKM değeri 146 mg/l olan atık suyun 9 kg’lık standart AC filtreden geçirildikten sonra toplam krom değeri 57 mg/l düşüyor, giderim verimi % 60 iken 9 kg’lık AgNP AC filtreden geçirildikten sonra 44 mg/l düşüyor ve giderim verimi % 69 oluyor. Rakamsal olarak değerlendirdiğimizde 9 kg standart AC filtrede 57 mg/l olan değer 9 kg AgNP AC filtrede % 33 gibi daha iyi bir oranla 44 mg/l’ye düşürülmüştür. AKM değeri 12 kg’lık standart AC filtreden geçirildikten sonra 63,2 mg/l düşüyor, giderim verimi % 56 olurken 12 kg’lık AgNP AC filtreden geçirildikten sonra 63 mg/l düşüyor ve giderim verimi % 56 oluyor. Rakamsal değerlendirildiğinde 12 kg standart AC filtrede 63 mg/l olan değer 12 kg AgNP AC filtrede % 1 gibi daha iyi bir oranla 63,04 mg/l’ye düşürülmüştür. AKM değeri 15 kg’lık standart AC filtreden geçirildikten sonra 37 mg/l düşüyor, giderim verimi % 74 iken 15 kg’lık AgNP AC filtreden geçirildikten sonra 33 mg/l düşüyor ve giderim verimi % 76 oluyor. 15 kg’lık standart AC filtreden geçirildikten sonra 37 mg/l olan toplam krom değeri 15 kg’lık AgNP AC filtrede % 10 gibi daha iyi bir oranla 33 mg/l’ye düşürülmüştür. Standart AC filtreye göre AgNP AC filtrenin adsorpsiyon oranı tüm adsorban miktarlarında daha iyi olmakla beraber filtrelerin giderim verimlerinin adsorban miktarı ile doğru orantılı olarak değişim gösterdiği ve adsorban miktarının arttıkça giderim veriminin de arttığı gözlemlenmiştir.

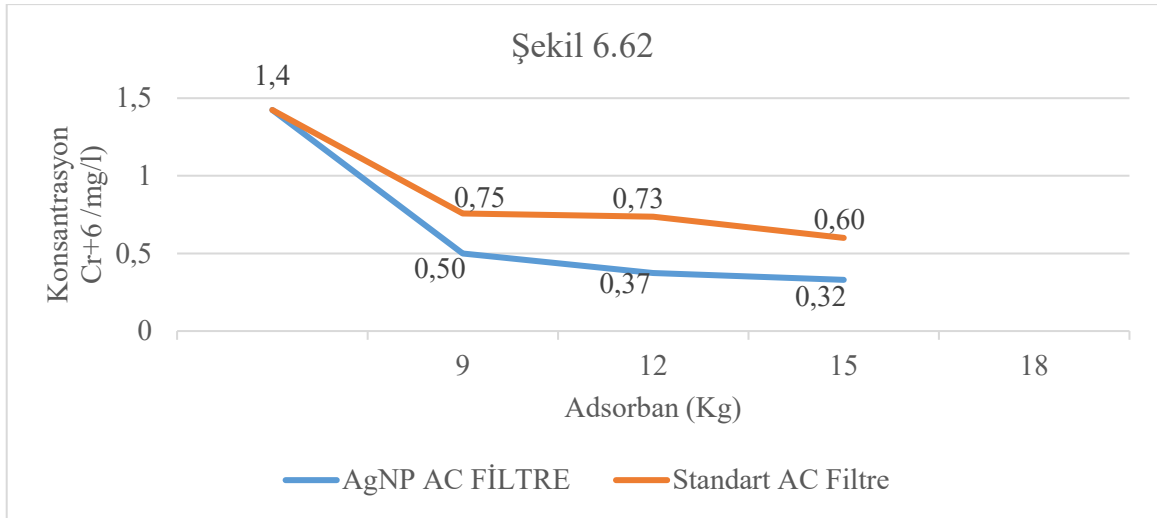
Çizelge 6.22. pH 6’da girişteki kirletici konsantrasyonları bilinen atık suyun farklı miktarlardaki standart AC filtre ve AgNP filtrelerden geçirildikten sonraki 30. dakikadaki çıkış suyu kirletici konsantrasyon değerleri.

	Filtreye Girişteki Kirletici Konsant.	Standart Aktif Karbon Filtre			Gümüş Nanopartiküllü AC Filtre		
		9 Kg	12 Kg	15 Kg	9 Kg	12 Kg	15 Kg
Toplam Krom (mg/l)	2,1	1,04	1,02	0,87	0,63	0,54	0,42
Cr ⁺⁶ (mg/l)	1,4	0,75	0,73	0,60	0,50	0,37	0,32
AKM (mg/l)	146	57	101	45	24	20	14



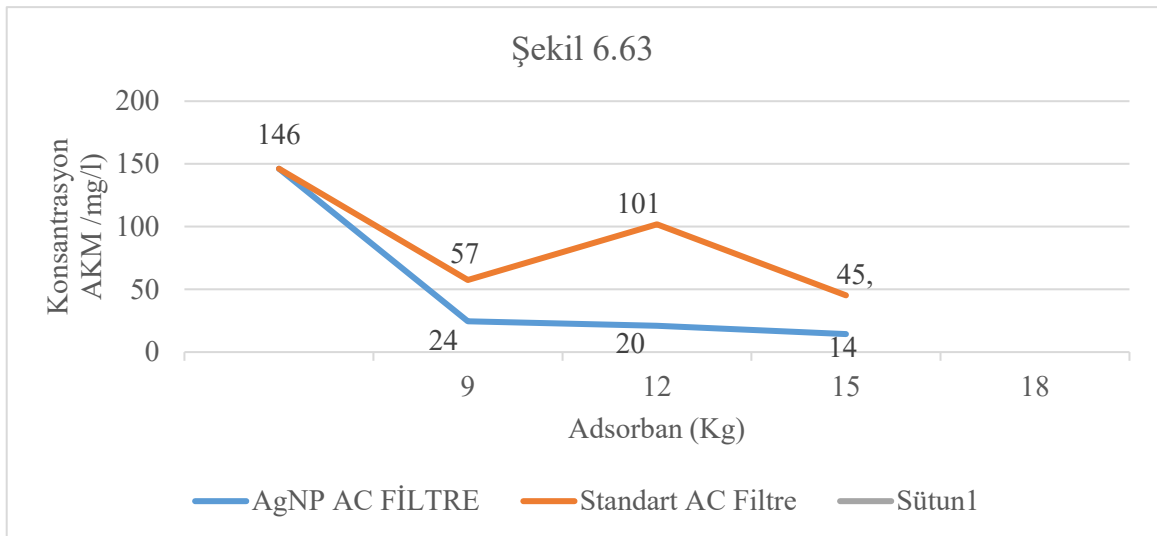
Şekil 6.61. pH 6’da girişteki toplam krom konsantrasyonu 2,1 mg/l olan atık suyun farklı miktarlardaki standart AC filtre ve AgNP filtrelerden geçirilerek 30. dakikadaki adsorpsiyon kapasitesinin adsorban miktarına bağlı değişiminin karşılaştırılması.

Şekil 6.61’de toplam krom değeri 2,1 mg/l olan atık suyun 9 kg’lık standart AC filtreden geçirildikten sonra toplam krom değeri 1,04 mg/l düşüyor, giderim verimi % 50 iken yine 9 kg’lık AgNP AC filtreden geçirildikten sonra 0,63 mg/l düşüyor ve giderim verimi % 69 oluyor. Rakamsal olarak değerlendirdiğimizde 9 kg standart AC filtrede 1,04 mg/l olan değer 9 kg AgNP AC filtrede % 40 gibi daha iyi bir oranla 0,63 mg/l’ye düşürülmüştür. Toplam krom değeri 12 kg’lık standart AC filtreden geçirildikten sonra 1,02 mg/l düşüyor, giderim verimi % 51 olurken 12 kg’lık AgNP AC filtreden geçirildikten sonra 0,54 mg/l düşüyor ve giderim verimi % 74 oluyor. Rakamsal olarak değerlendirmeye devam ettiğimizde 12 kg standart AC filtrede 1,02 mg/l olan değer 12 kg AgNP AC filtrede % 48 gibi daha iyi bir oranla 0,54 mg/l’ye düşürülmüştür. Toplam krom değeri 15 kg’lık standart AC filtreden geçirildikten sonra 0,87 mg/l düşüyor, giderim verimi % 58 iken 15 kg’lık AgNP AC filtreden geçirildikten sonra 0,42 mg/l düşüyor ve giderim verimi % 79 oluyor. 15 kg’lık standart AC filtreden geçirildikten sonra 0,87 mg/l olan toplam krom değeri 15 kg’lık AgNP AC filtrede % 51 gibi daha iyi bir oranla 0,42 mg/l’ye düşürülmüştür. Standart AC filtreye göre AgNP AC filtrenin adsorpsiyon oranı tüm adsorban miktarlarında daha iyi olmakla beraber filtrelerin giderim verimlerinin adsorban miktarı ile doğru orantılı olarak değişim gösterdiği ve adsorban miktarının arttıkça giderim veriminin de arttığı gözlemlenmiştir.



Şekil 6.62. pH 6'da girişteki Cr^{+6} konsantrasyonu 1,4 mg/l olan atık suyun farklı miktarlardaki standart AC filtre ve AgNP filtrelerden geçirilerek 30. dakikadaki adsorbsiyon kapasitesinin adsorban miktarına bağlı değişiminin karşılaştırılması.

Şekil 6.62'de Cr^{+6} konsantrasyonu 1,4 mg/l olan atık suyun 9 kg'lık standart AC filtreden geçirildikten sonraki değeri 0,75 mg/l düşüyor, % 46 bir giderim verimi sağlanmışken 9 kg'lık AgNP AC filtreden geçirildikten sonra 0,50 mg/l düşüyor ve giderim verimi yine % 65 oluyor. 12 kg'lık standart AC filtreden geçirildikten sonra bu değer 0,73 mg/l düşüyor, giderim verimi % 48 olurken yine 12 kg'lık AgNP AC filtreden geçirildikten sonra 0,37 mg/l düşüyor ve giderim verimi % 73 oluyor. AKM değeri 15 kg'lık standart AC filtreden geçirildikten sonra 0,60 mg/l düşüyor, giderim verimi % 57 iken 15 kg'lık AgNP AC filtreden geçirildikten sonra 0,32 mg/l düşüyor ve giderim verimi % 76 oluyor. Standart AC filtreye göre AgNP AC filtrenin tüm adsorban miktarlarında daha iyi bir adsorpsiyon oranı sağlandığı gözlemlenmiştir. Her iki filtrede de giderim verimlerinin adsorban miktarı ile doğru orantılı olarak değişim gösterdiği ve adsorban miktarının arttıkça giderim veriminin de arttığı tespit edilmiştir.

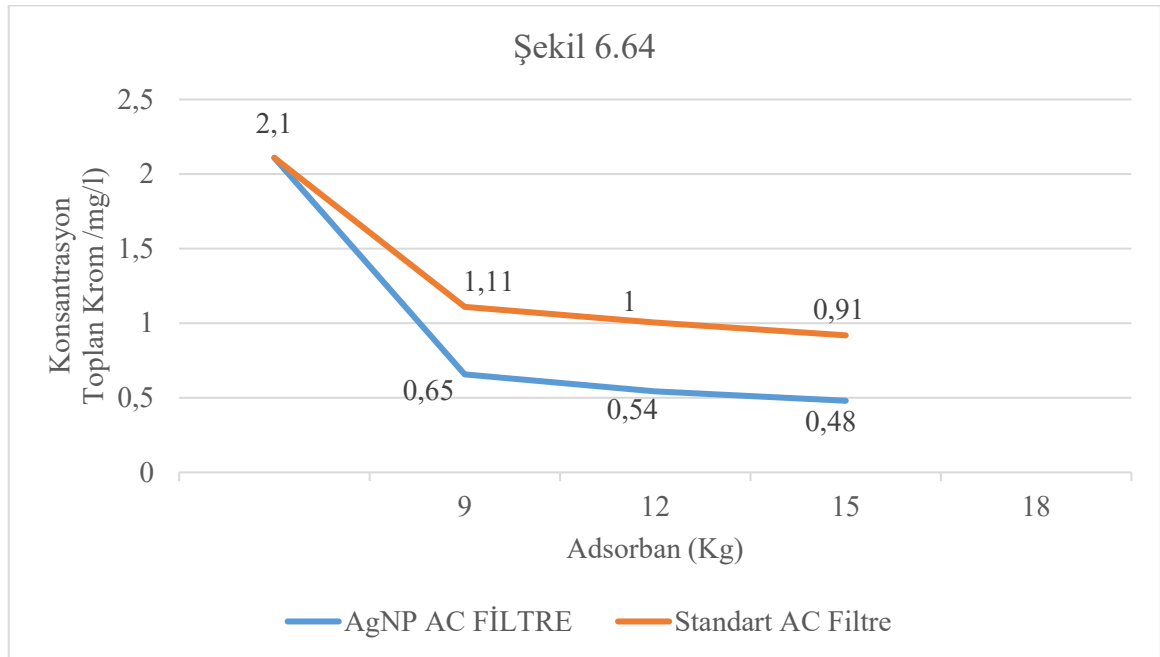


Şekil 6.63. pH 6'da girişteki AKM konsantrasyonu 146 mg/l olan atık suyun farklı miktarlardaki standart AC filtre ve AgNP filtrelerden geçirilerek 30. dakikadaki adsorbsiyon kapasitesinin adsorban miktarına bağlı değişiminin karşılaştırılması.

Şekil 6.63’de AKM konsantrasyonu 146 mg/l olan atık suyun 9 kg’lık standart AC filtreden geçirildikten sonraki AKM değeri 57 mg/l düşüyor ve % 60 lık bir giderim verimi sağlanırken 9 kg’lık AgNP AC filtreden sonra bu 24 mg/l düşerek % 83 giderim elde edilmiştir. Bu değerler 12 kg’lık standart AC filtrede 101 mg/l düşürülerek % 30 luk, 12 kg’lık AgNP AC filtrede ise 20 mg/l ile % 85 oranında giderim sağlanmıştır. 15 kg’lık standart AC filtrede bu değerler % 69 luk giderim verimi ile 45 mg/l düşerken 15 kg’lık AgNP AC filtrede % 90 luk giderim oranı ile 14 mg/l düşürülmüştür. Grafikte AgNP AC filtrelerin standart AC filtrelerle göre daha iyi giderim verimi sağladığı tespit edilirken her iki filtrede de giderim verimlerinin adsorban miktarı ile doğru orantılı olarak değişim gösterdiği ve adsorban miktarının arttıkça giderim veriminin de arttığı tespit edilmiştir.

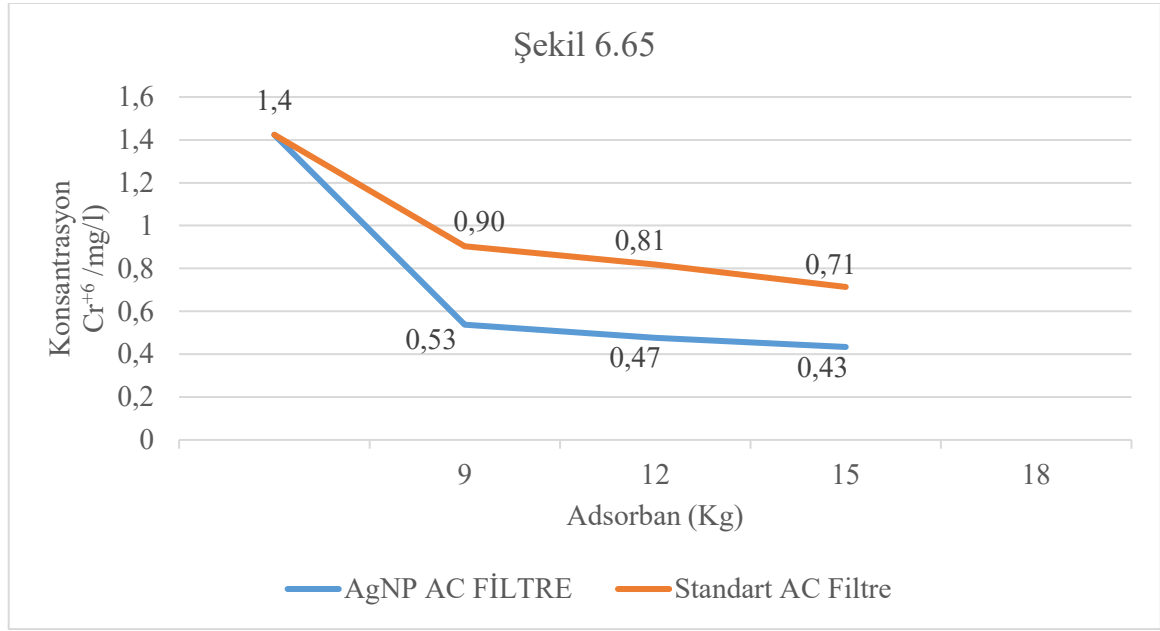
Çizelge 6.23. pH 10’da girişteki kirletici konsantrasyonları bilinen atık suyun farklı miktarlardaki standart AC filtre ve AgNP filtrelerden geçirildikten sonraki 60. dakikadaki çıkış suyu kirletici konsantrasyon değerleri.

	Filtreye Girişteki Kirletici Konsant.	Standart Aktif Karbon Filtre			Gümüş Nanopartiküllü AC Filtre		
		9 Kg	12 Kg	15 Kg	9 Kg	12 Kg	15 Kg
Toplam Krom (mg/l)	2,1	1,11	1	0,91	0,65	0,54	0,48
Cr ⁶⁺ (mg/l)	1,4	0,90	0,81	0,71	0,53	0,47	0,43
AKM (mg/l)	146	75	68	44	34	24	25



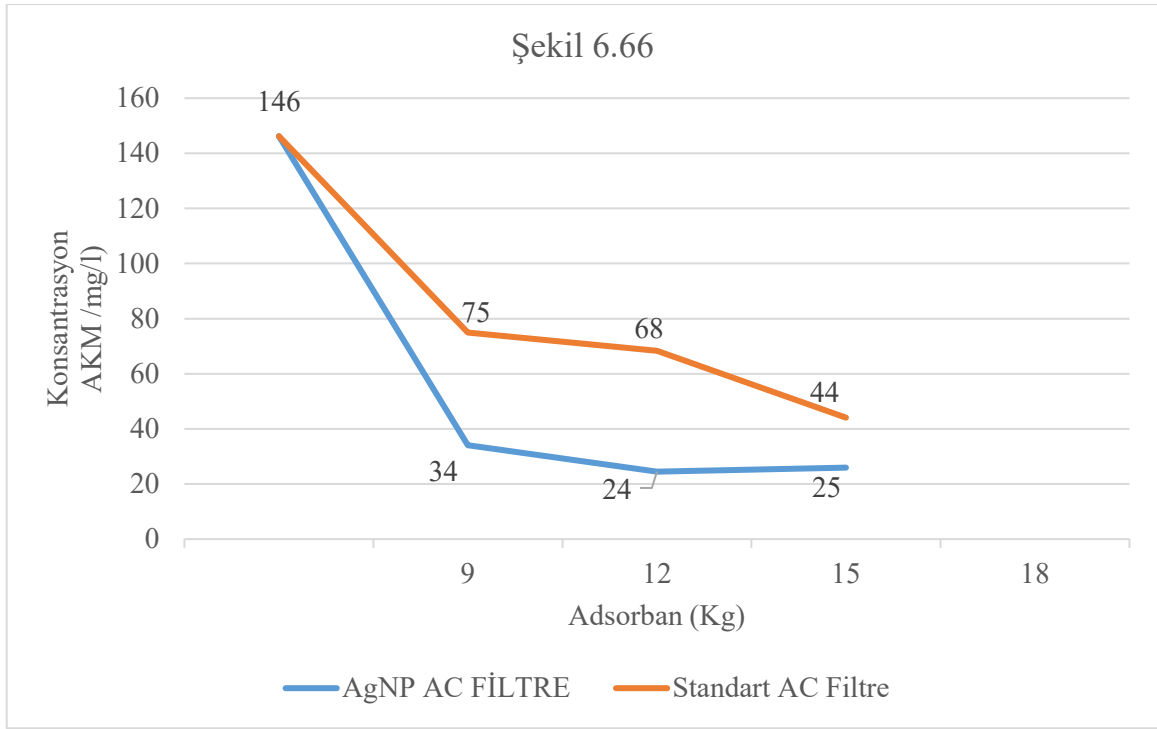
Şekil 6.64. pH 10’da girişteki toplam krom konsantrasyonu 2,1 mg/l olan atık suyun farklı miktarlardaki standart AC filtre ve AgNP filtrelerden geçirilerek 60. dakikadaki adsorpsiyon kapasitesinin adsorban miktarına bağlı değişiminin karşılaştırılması.

Şekil 6.64’de toplam krom konsantrasyonu 2,1 mg/l olan atık suyun 9 kg’lık standart AC filtreden geçirildikten sonraki değeri 1,11 mg/l düşüyor, % 47 bir giderim verimi sağlanmışken 9 kg’lık AgNP AC filtreden geçirildikten sonra 0,65 mg/l düşüyor ve giderim verimi yine % 68 oluyor. 12 kg’lık standart AC filtreden geçirildikten sonra bu değer 1 mg/l düşüyor, giderim verimi % 52 olurken yine 12 kg’lık AgNP AC filtreden geçirildikten sonra 0,54 mg/l düşüyor ve giderim verimi % 74 oluyor. AKM değeri 15 kg’lık standart AC filtreden geçirildikten sonra 0,91 mg/l düşüyor, giderim verimi % 56 iken 15 kg’lık AgNP AC filtreden geçirildikten sonra 0,48 mg/l düşüyor ve giderim verimi % 77 oluyor. Standart AC filtreye göre AgNP AC filtrenin tüm adsorban miktarlarında daha iyi bir adsorpsiyon oranı sağlandığı gözlemlenmiştir. Her iki filtrede de giderim verimlerinin adsorban miktarı ile doğru orantılı olarak değişim gösterdiği ve adsorban miktarının arttıkça giderim veriminin de arttığı tespit edilmiştir.



Şekil 6.65. pH 10’da girişteki Cr⁺⁶ konsantrasyonu 1,4 mg/l olan atık suyun farklı miktarlardaki standart AC filtre ve AgNP filtrelerden geçirilerek 60. dakikadaki adsorbsiyon kapasitesinin adsorban miktarına bağlı değişiminin karşılaştırılması.

Şekil 6.65’de Cr⁺⁶ değeri 1,4 mg/l olan atık suyun 9 kg’lık standart AC filtreden geçirildikten sonra Cr⁺⁶ değeri 0,90 mg/l düşüyor, giderim verimi % 36 iken yine 9 kg’lık AgNP AC filtreden geçirildikten sonra 0,53 mg/l düşüyor ve giderim verimi % 62 oluyor. Rakamsal olarak değerlendirdiğimizde 9 kg standart AC filtrede 0,90 mg/l olan değer 9 kg AgNP AC filtrede % 41 gibi daha iyi bir oranla 0,53 mg/l’ye düşürülmüştür. Cr⁺⁶ değeri 12 kg’lık standart AC filtreden geçirildikten sonra 0,81 mg/l düşüyor, giderim verimi % 42 olurken 12 kg’lık AgNP AC filtreden geçirildikten sonra 0,47 mg/l düşüyor ve giderim verimi % 66 oluyor. Rakamsal olarak değerlendirmeye devam ettiğimizde 12 kg standart AC filtrede 0,81 mg/l olan değer 12 kg AgNP AC filtrede % 42 gibi daha iyi bir oranla 0,47 mg/l’ye düşürülmüştür. Cr⁺⁶ değeri 15 kg’lık standart AC filtreden geçirildikten sonra 0,71 mg/l düşüyor, giderim verimi % 49 iken 15 kg’lık AgNP AC filtreden geçirildikten sonra 0,43 mg/l düşüyor ve giderim verimi % 69 oluyor. 15 kg’lık standart AC filtreden geçirildikten sonra 0,71 mg/l olan toplam krom değeri 15 kg’lık AgNP AC filtrede % 40 gibi daha iyi bir oranla 0,43 mg/l’ye düşürülmüştür. Standart AC filtreye göre AgNP AC filtrenin adsorpsiyon oranı tüm adsorban miktarlarında daha iyi olmakla beraber filtrelerin giderim verimlerinin adsorban miktarı ile doğru orantılı olarak değişim gösterdiği ve adsorban miktarının arttıkça giderim veriminin de arttığı gözlemlenmiştir.

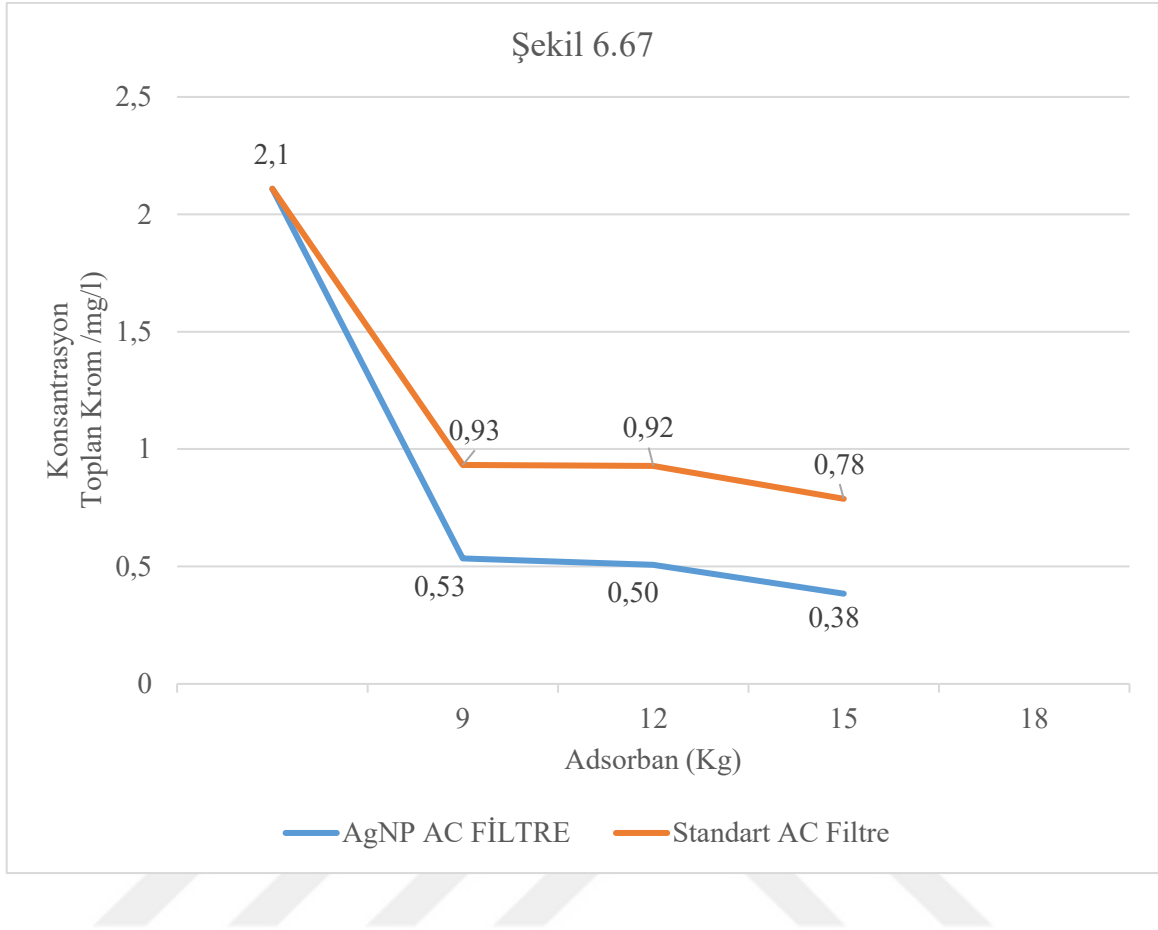


Şekil 6.66. pH 10'da girişteki AKM konsantrasyonu 146 mg/l olan atık suyun farklı miktarlardaki standart AC filtre ve AgNP filtrelerden geçirilerek 60. dakikadaki adsorbsiyon kapasitesinin adsorban miktarına bağlı değişiminin karşılaştırılması.

Şekil 6.66'da AKM konsantrasyonu 146 mg/l olan atık suyun 9 kg'lık standart AC filtreden geçirildikten sonraki AKM değeri 75 mg/l düşüyor ve % 48 lik bir giderim verimi sağlanırken 9 kg'lık AgNP AC filtreden sonra bu değer 34 mg/l düşerek % 76 giderim elde edilmiştir. Bu değerler 12 kg'lık standart AC filtrede 68 mg/l düşürülerek % 53 lük, 12 kg'lık AgNP AC filtrede ise 24 mg/l ile % 83 oranında giderim sağlanmıştır. 15 kg'lık standart AC filtrede bu değerler % 70 lik giderim verimi ile 44 mg/l düşerken 15 kg'lık AgNP AC filtrede % 82 lik giderim oranı ile 25 mg/l düşürülmüştür. Grafikte AgNP AC filtrelerin standart AC filtrelere göre daha iyi giderim verimi sağladığı tespit edilirken her iki filtrede de giderim verimlerinin adsorban miktarı ile doğru orantılı olarak değişim gösterdiği ve adsorban miktarının arttıkça giderim veriminin de arttığı tespit edilmiştir

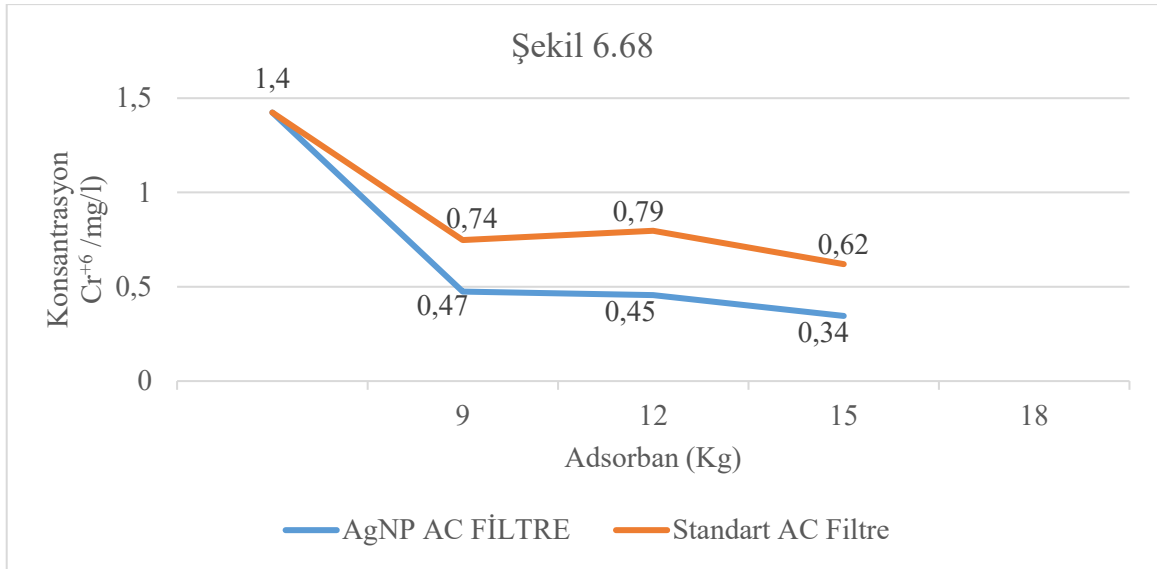
Çizelge 6.24. pH 8'de girişteki kirletici konsantrasyonları bilinen atık suyun farklı miktarlardaki standart AC filtre ve AgNP filtrelerden geçirildikten sonraki 60. dakikadaki çıkış suyu kirletici konsantrasyon değerleri.

	Filtreye Girişteki Kirletici Konsant.	Standart Aktif Karbon Filtre			Gümüş Nanopartiküllü AC Filtre		
		9 Kg	12 Kg	15 Kg	9 Kg	12 Kg	15 Kg
Toplam Krom (mg/l)	2,1	0,93	0,92	0,78	0,53	0,50	0,38
Cr ⁺⁶ (mg/l)	1,4	0,74	0,79	0,62	0,47	0,45	0,34
AKM (mg/l)	146	47	62	48	30	47	14



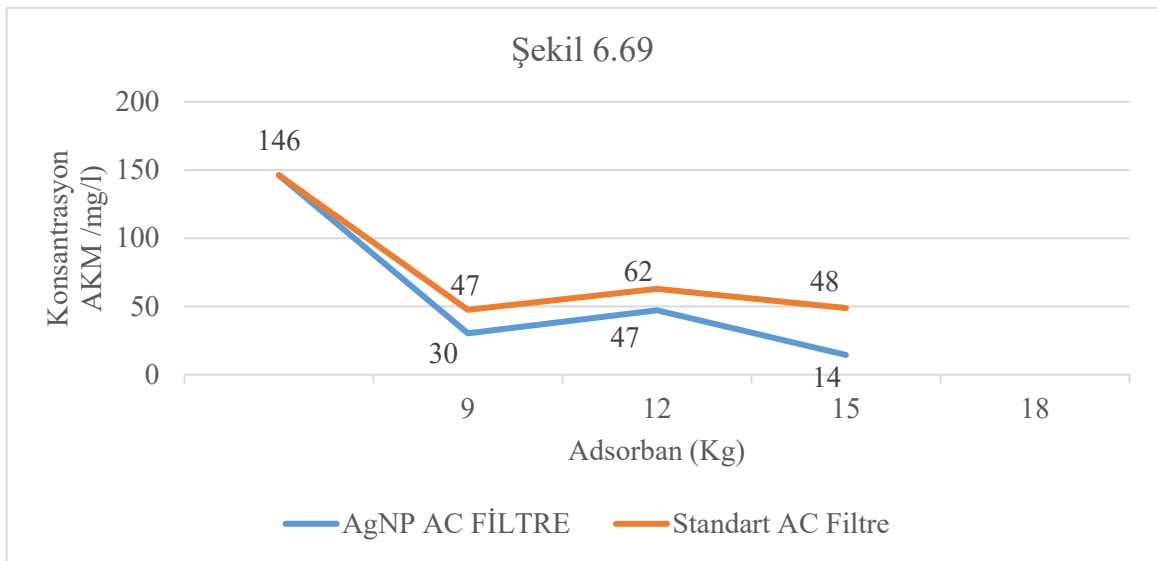
Şekil 6.67. pH 8’de girişteki toplam krom konsantrasyonu 2,1 mg/l olan atık suyun farklı miktarlardaki standart AC filtre ve AgNP filtrelerden geçirilerek 60. dakikadaki adsorpsiyon kapasitesinin adsorban miktarına bağlı değişiminin karşılaştırılması.

Şekil 6.67’de toplam krom değeri 2,10 mg/l olan atık suyun 9 kg’lık standart AC filtreden geçirildikten sonra toplam krom değeri 0,93 mg/l düşüyor, giderim verimi % 55 iken yine 9 kg’lık AgNP AC filtreden geçirildikten sonra 0,53 mg/l düşüyor ve giderim verimi % 74 oluyor. Rakamsal olarak değerlendirdiğimizde 9 kg standart AC filtrede 0,93 mg/l olan değer 9 kg AgNP AC filtrede % 43 gibi daha iyi bir oranla 0,53 mg/l’ye düşürülmüştür. Cr^{+6} değeri 12 kg’lık standart AC filtreden geçirildikten sonra 0,92 mg/l düşüyor, giderim verimi % 56 olurken 12 kg’lık AgNP AC filtreden geçirildikten sonra 0,50 mg/l düşüyor ve giderim verimi % 76 oluyor. Rakamsal olarak değerlendirmeye devam ettiğimizde 12 kg standart AC filtrede 0,92 mg/l olan değer 12 kg AgNP AC filtrede % 46 gibi daha iyi bir oranla 0,50 mg/l’ye düşürülmüştür. Cr^{+6} değeri 15 kg’lık standart AC filtreden geçirildikten sonra 0,78 mg/l düşüyor, giderim verimi % 62 iken 15 kg’lık AgNP AC filtreden geçirildikten sonra 0,38 mg/l düşüyor ve giderim verimi % 81 oluyor. 15 kg’lık standart AC filtreden geçirildikten sonra 0,78 mg/l olan toplam krom değeri 15 kg’lık AgNP AC filtrede % 52 gibi daha iyi bir oranla 0,38 mg/l’ye düşürülmüştür. Standart AC filtreye göre AgNP AC filtrenin adsorpsiyon oranı tüm adsorban miktarlarında daha iyi olmakla beraber filtrelerin giderim verimlerinin adsorban miktarı ile doğru orantılı olarak değişim gösterdiği ve adsorban miktarının arttıkça giderim veriminin de arttığı gözlemlenmiştir.



Şekil 6.68. pH 8’de girişteki Cr^{+6} konsantrasyonu 1,4 mg/l olan atık suyun farklı miktarlardaki standart AC filtre ve AgNP filtrelerden geçirilerek 60. dakikadaki adsorbsiyon kapasitesinin adsorban miktarına bağlı değişiminin karşılaştırılması.

Şekil 6.68’de Cr^{+6} konsantrasyonu 1,4 mg/l olan atık suyun 9 kg’lık standart AC filtreden geçirildikten sonraki Cr^{+6} değeri 0,74 mg/l düşüyor ve % 47 lik bir giderim verimi sağlanırken 9 kg’lık AgNP AC filtreden sonra bu değer 0,47 mg/l düşerek % 66 giderim elde edilmiştir. Bu değerler 12 kg’lık standart AC filtrede 0,79 mg/l düşürülerek % 44 lük, 12 kg’lık AgNP AC filtrede ise 0,45 mg/l ile % 68 oranında giderim sağlanmıştır. 15 kg’lık standart AC filtrede bu değerler % 56 lık giderim verimi ile 0,62 mg/l düşerken 15 kg’lık AgNP AC filtrede % 75 lik giderim oranı ile 0,34 mg/l düşürülmüştür. Grafikte AgNP AC filtrelerin standart AC filtrelere göre daha iyi giderim verimi sağladığı tespit edilirken her iki filtrede de giderim verimlerinin adsorban miktarı ile doğru orantılı olarak değişim gösterdiği ve adsorban miktarının arttıkça giderim veriminin de arttığı tespit edilmiştir

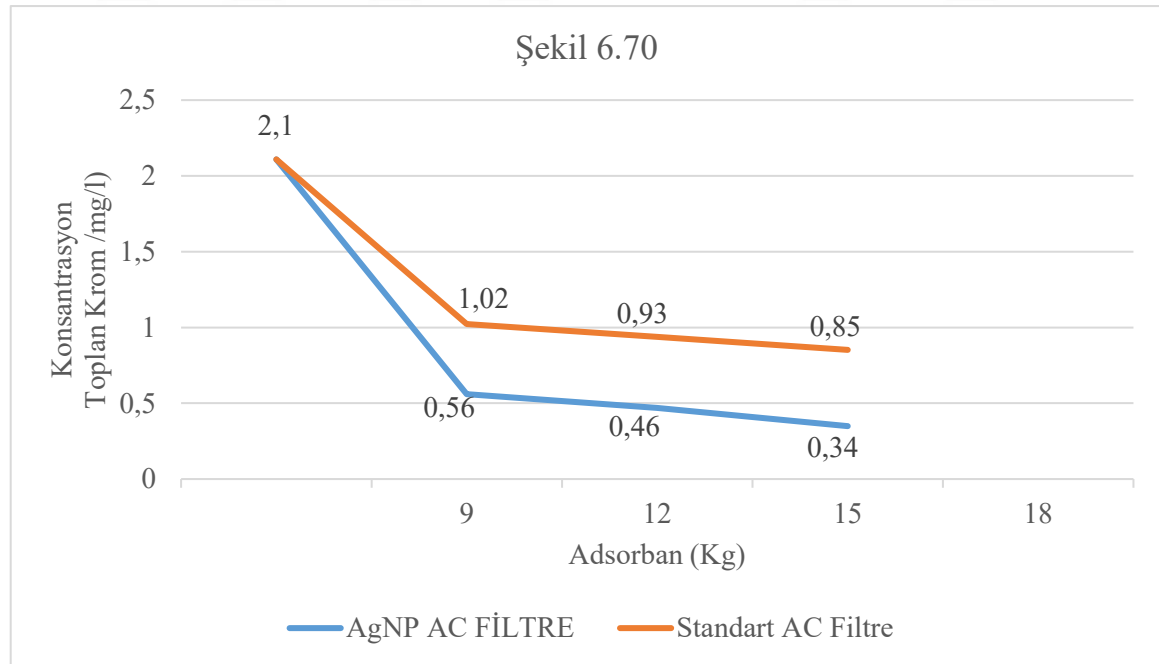


Şekil 6.69. pH 8’de girişteki AKM konsantrasyonu 146 mg/l olan atık suyun farklı miktarlardaki standart AC filtre ve AgNP filtrelerden geçirilerek 60. dakikadaki adsorbsiyon kapasitesinin adsorban miktarına bağlı değişiminin karşılaştırılması.

Şekil 6.69'da girişteki AKM konsantrasyonu 146 mg/l olan atık suyun 9 kg'lık standart AC filtreden geçirildikten sonraki değeri 47 mg/l düşüyor, % 67 bir giderim verimi sağlanmışken 9 kg'lık AgNP AC filtreden geçirildikten sonra 30 mg/l düşüyor ve giderim verimi yine % 79 oluyor. 12 kg'lık standart AC filtreden geçirildikten sonra bu değer 62 mg/l düşüyor, giderim verimi % 57 olurken yine 12 kg'lık AgNP AC filtreden geçirildikten sonra 47 mg/l düşüyor ve giderim verimi % 67 oluyor. AKM değeri 15 kg'lık standart AC filtreden geçirildikten sonra 48 mg/l düşüyor, giderim verimi % 66 iken 15 kg'lık AgNP AC filtreden geçirildikten sonra 14 mg/l düşüyor ve giderim verimi % 90 oluyor. Standart AC filtreye göre AgNP AC filtrenin tüm adsorban miktarlarında daha iyi bir adsorpsiyon oranı sağlandığı gözlemlenmiştir. Her iki filtrede de giderim verimlerinin adsorban miktarına bağlı olarak değişiklikler gösterdiği saptanmaktadır.

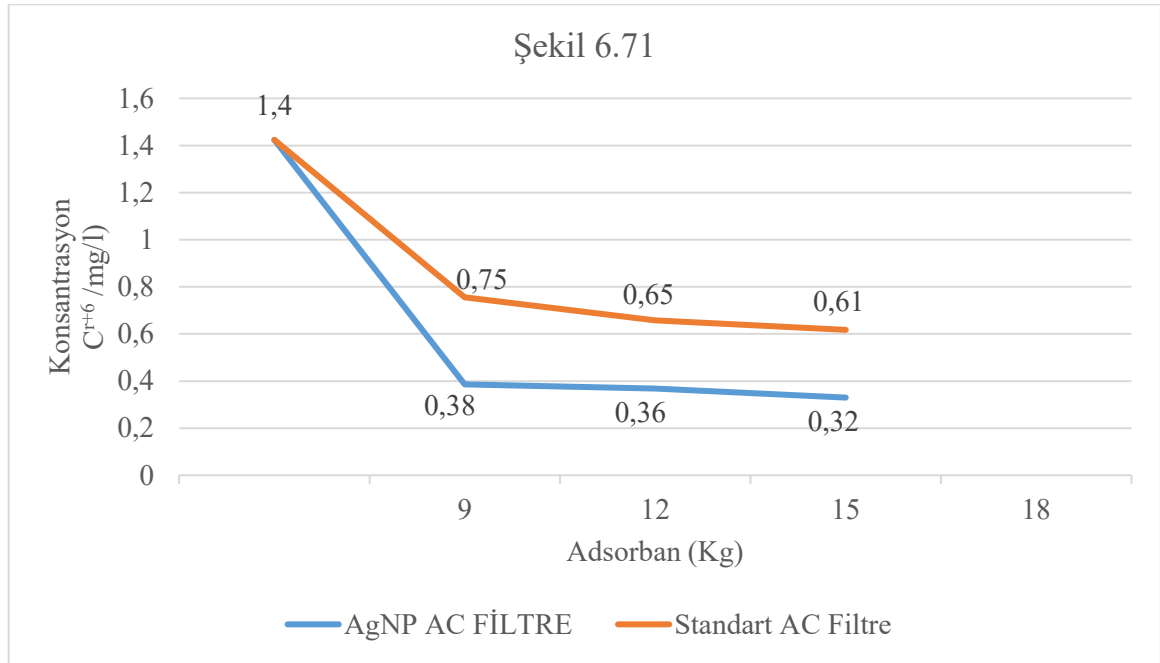
Çizelge 6.25. pH 6'da girişteki kirletici konsantrasyonları bilinen atık suyun farklı miktarlardaki standart AC filtre ve AgNP filtrelerden geçirildikten sonraki 60. dakikadaki çıkış suyu kirletici konsantrasyon değerleri.

	Filtreye Girişteki Kirletici Konsant.	Standart Aktif Karbon Filtre			Gümüş Nanopartiküllü AC Filtre		
		9 Kg	12 Kg	15 Kg	9 Kg	12 Kg	15 Kg
Toplam Krom (mg/l)	2,1	1,02	0,93	0,85	0,56	0,46	0,34
Cr ⁺⁶ (mg/l)	1,4	0,75	0,65	0,61	0,38	0,36	0,32
AKM (mg/l)	146	62	12	44	19	4	8



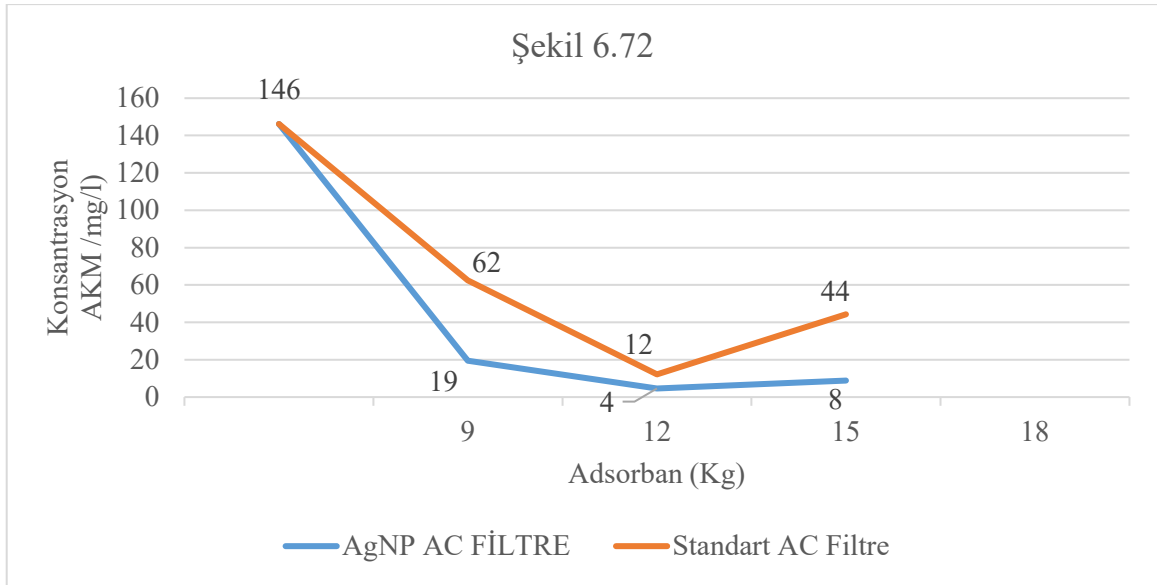
Şekil 6.70. pH 6'da girişteki toplam krom konsantrasyonu 2,1 mg/l olan atık suyun farklı miktarlardaki standart AC filtre ve AgNP filtrelerden geçirilerek 60. dakikadaki adsorpsiyon kapasitesinin adsorban miktarına bağlı değişiminin karşılaştırılması.

Şekil 6.70’de toplam krom konsantrasyonu 2,1 mg/l olan atık suyun 9 kg’lık standart AC filtreden geçirildikten sonraki toplam krom değeri 1,02 mg/l düşüyor ve % 51 lik bir giderim verimi sağlanırken 9 kg’lık AgNP AC filtreden sonra bu değer 0,56 mg/l düşerek % 73 giderim elde edilmiştir. Bu değerler 12 kg’lık standart AC filtrede 0,93 mg/l düşürülerek % 55 lik, 12 kg’lık AgNP AC filtrede ise 0,46 mg/l ile % 77 oranında giderim sağlanmıştır. 15 kg’lık standart AC filtrede bu değerler % 60 lik giderim verimi ile 0,85 mg/l düşerken 15 kg’lık AgNP AC filtrede % 83 lük giderim oranı ile 0,34 mg/l düşürülmüştür. Grafikte AgNP AC filtrelerin standart AC filtrelere göre daha iyi giderim verimi sağladığı tespit edilirken her iki filtrede de giderim verimlerinin adsorban miktarı ile doğru orantılı olarak değişim gösterdiği ve adsorban miktarının arttıkça giderim veriminin de arttığı tespit edilmiştir



Şekil 6.71. pH 6’da girişteki Cr^{+6} konsantrasyonu 1,4 mg/l olan atık suyun farklı miktarlardaki standart AC filtre ve AgNP filtrelerden geçirilerek 60. dakikadaki adsorpsiyon kapasitesinin adsorban miktarına bağlı değişiminin karşılaştırılması.

Şekil 6.71’de girişteki Cr^{+6} konsantrasyonu 1,4 mg/l olan atık suyun 9 kg’lık standart AC filtreden geçirildikten sonraki değeri 0,75 mg/l düşüyor, % 47 bir giderim verimi sağlanmışken 9 kg’lık AgNP AC filtreden geçirildikten sonra 0,38 mg/l düşüyor ve giderim verimi yine % 73 oluyor. 12 kg’lık standart AC filtreden geçirildikten sonra bu değer 0,65 mg/l düşüyor, giderim verimi % 54 olurken yine 12 kg’lık AgNP AC filtreden geçirildikten sonra 0,36 mg/l düşüyor ve giderim verimi % 74 oluyor. Cr^{+6} değeri 15 kg’lık standart AC filtreden geçirildikten sonra 0,61 mg/l düşüyor, giderim verimi % 56 iken 15 kg’lık AgNP AC filtreden geçirildikten sonra 0,32 mg/l düşüyor ve giderim verimi % 77 oluyor. Standart AC filtreye göre AgNP AC filtrenin tüm adsorban miktarlarında daha iyi bir adsorpsiyon oranı sağlandığı gözlemlenmiştir. Her iki filtrede de giderim verimlerinin adsorban miktarı ile doğru orantılı olarak değişim gösterdiği ve adsorban miktarının arttıkça giderim veriminin de arttığı tespit edilmiştir.

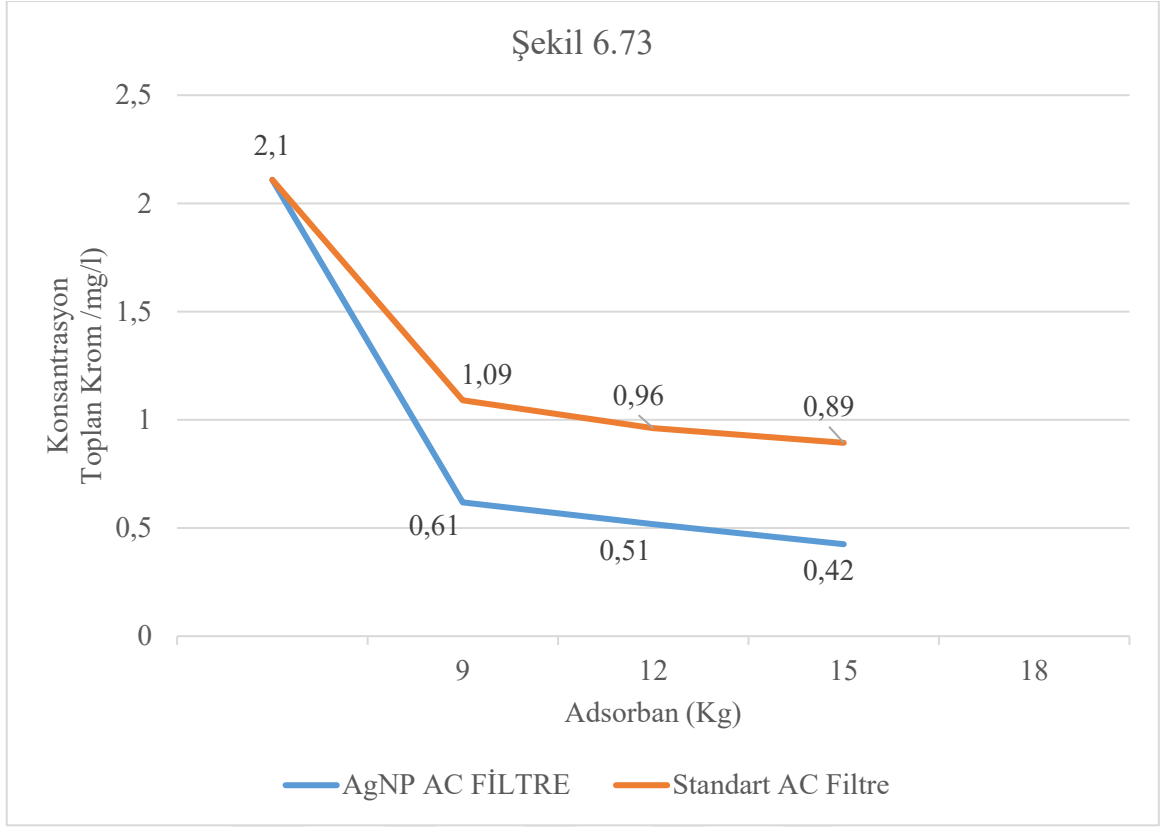


Şekil 6.72. pH 6’da girişteki AKM konsantrasyonu 146 mg/l olan atık suyun farklı miktarlardaki standart AC filtre ve AgNP filtrelerden geçirilerek 60. dakikadaki adsorpsiyon kapasitesinin adsorban miktarına bağlı değişiminin karşılaştırılması.

Şekil 6.72’de AKM değeri 146 mg/l olan atık suyun 9 kg’lık standart AC filtreden geçirildikten sonra toplam krom değeri 62 mg/l düşüyor, giderim verimi % 57 iken 9 kg’lık AgNP AC filtreden geçirildikten sonra 19 mg/l düşüyor ve giderim verimi % 86 oluyor. Rakamsal olarak değerlendirdiğimizde 9 kg standart AC filtrede 62 mg/l olan değer 9 kg AgNP AC filtrede % 69 gibi daha iyi bir oranla 19 mg/l’ye düşürülmüştür. AKM değeri 12 kg’lık standart AC filtreden geçirildikten sonra 12 mg/l düşüyor, giderim verimi % 91 olurken 12 kg’lık AgNP AC filtreden geçirildikten sonra 4 mg/l düşüyor ve giderim verimi % 97 oluyor. Rakamsal değerlendirdiğimizde 12 kg standart AC filtrede 12 mg/l olan değer 12 kg AgNP AC filtrede % 63 gibi daha iyi bir oranla 4 mg/l’ye düşürülmüştür. AKM değeri 15 kg’lık standart AC filtreden geçirildikten sonra 44 mg/l düşüyor, giderim verimi % 70 iken 15 kg’lık AgNP AC filtreden geçirildikten sonra 8 mg/l düşüyor ve giderim verimi % 94 oluyor. 15 kg’lık standart AC filtreden geçirildikten sonra 44 mg/l olan toplam krom değeri 15 kg’lık AgNP AC filtrede % 80 gibi daha iyi bir oranla 8,76 mg/l’ye düşürülmüştür. Standart AC filtreye göre AgNP AC filtrenin adsorpsiyon oranı tüm adsorban miktarlarında daha iyi olmakla beraber filtrelerin giderim verimlerinin adsorban miktarına bağlı olarak değişkenlik göstermiştir.

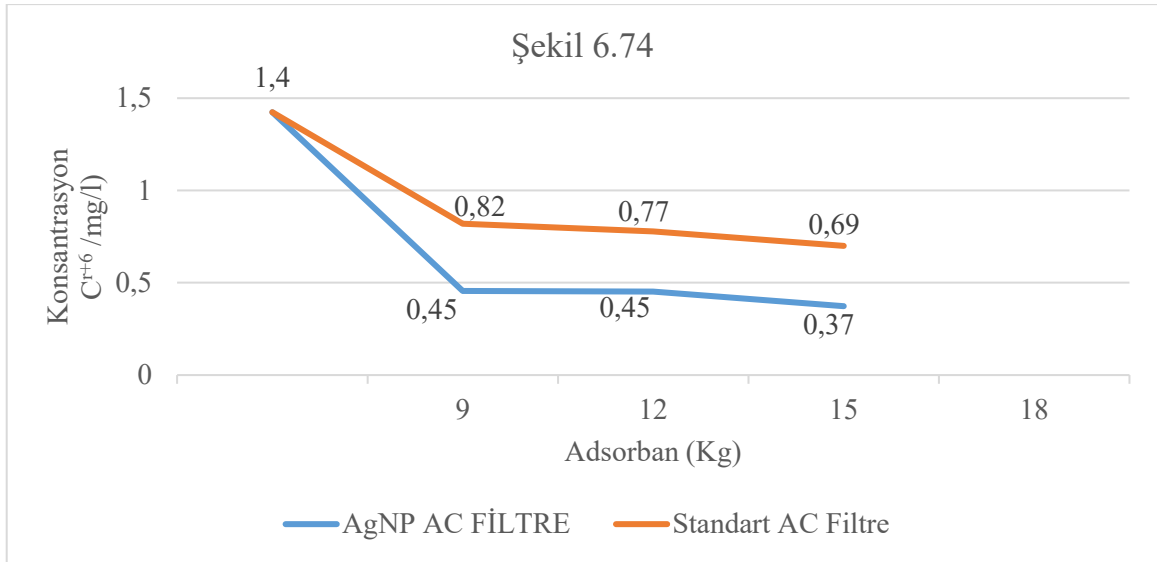
Çizelge 6.26. pH 10’da girişteki kirletici konsantrasyonları bilinen atık suyun farklı miktarlardaki standart AC filtre ve AgNP filtrelerden geçirildikten sonraki 90. dakikadaki çıkış suyu kirletici konsantrasyon değerleri.

	Filtreye Girişteki Kirletici Konsant.	Standart Aktif Karbon Filtre			Gümüş Nanopartiküllü AC Filtre		
		9 Kg	12 Kg	15 Kg	9 Kg	12 Kg	15 Kg
Toplam Krom (mg/l)	2,1	1,09	0,96	0,89	0,61	0,51	0,42
Cr ⁺⁶ (mg/l)	1,4	0,82	0,77	0,69	0,45	0,45	0,37
AKM (mg/l)	146	92	63	50	45	33	12



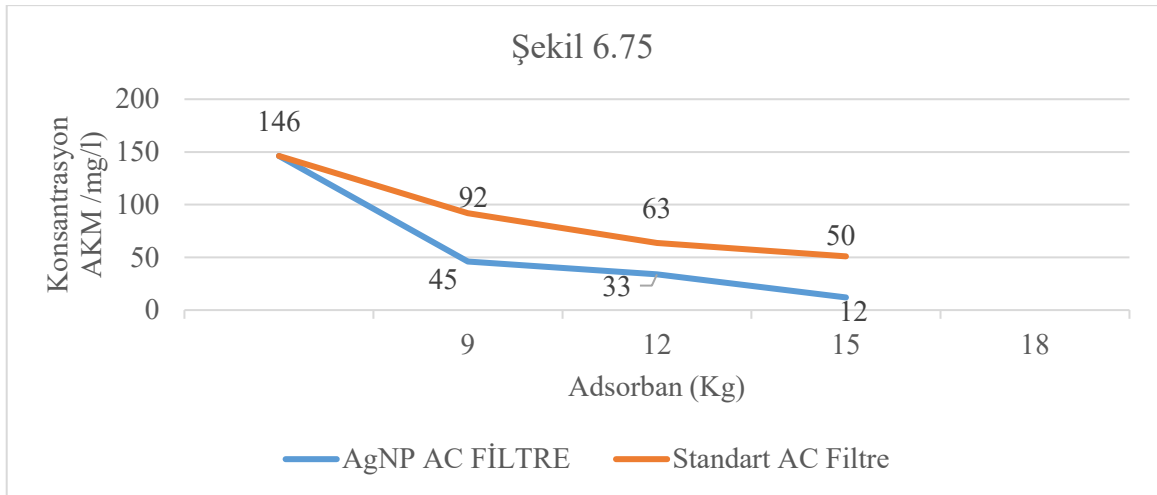
Şekil 6.73. pH 10'da girişteki toplam krom konsantrasyonu 2,1 mg/l olan atık suyun farklı miktarlardaki standart AC filtre ve AgNP filtrelerden geçirilerek 90. dakikadaki adsorpsiyon kapasitesinin adsorban miktarına bağlı değişiminin karşılaştırılması.

Şekil 6.73'de toplam krom değeri 2,1 mg/l olan atık suyun 9 kg'lık standart AC filtreden geçirildikten sonra toplam krom değeri 1,09 mg/l düşüyor, giderim verimi % 48 iken yine 9 kg'lık AgNP AC filtreden geçirildikten sonra 0,61 mg/l düşüyor ve giderim verimi % 70 oluyor. Rakamsal olarak değerlendirdiğimizde 9 kg standart AC filtrede 1,09 mg/l olan değer 9 kg AgNP AC filtrede % 44 gibi daha iyi bir oranla 0,61 mg/l'ye düşürülmüştür. Toplam krom değeri 12 kg'lık standart AC filtreden geçirildikten sonra 0,96 mg/l düşüyor, giderim verimi % 54 olurken 12 kg'lık AgNP AC filtreden geçirildikten sonra 0,51 mg/l düşüyor ve giderim verimi % 75 oluyor. Rakamsal olarak değerlendirmeye devam ettiğimizde 12 kg standart AC filtrede 0,96 mg/l olan değer 12 kg AgNP AC filtrede % 47 gibi daha iyi bir oranla 0,51 mg/l'ye düşürülmüştür. Toplam krom değeri 15 kg'lık standart AC filtreden geçirildikten sonra 0,89 mg/l düşüyor, giderim verimi % 57 iken 15 kg'lık AgNP AC filtreden geçirildikten sonra 0,42 mg/l düşüyor ve giderim verimi % 80 oluyor. 15 kg'lık standart AC filtreden geçirildikten sonra 0,89 mg/l olan toplam krom değeri 15 kg'lık AgNP AC filtrede % 53 gibi daha iyi bir oranla 0,42 mg/l'ye düşürülmüştür. Standart AC filtreye göre AgNP AC filtrenin adsorpsiyon oranı tüm adsorban miktarlarında daha iyi olmakla beraber filtrelerin giderim verimlerinin adsorban miktarı ile doğru orantılı olarak değişim gösterdiği ve adsorban miktarının arttıkça giderim veriminin de arttığı gözlemlenmiştir.



Şekil 6.74. pH 10'da girişteki Cr^{+6} konsantrasyonu 1,4 mg/l olan atık suyun farklı miktarlardaki standart AC filtre ve AgNP filtrelerden geçirilerek 90. dakikadaki adsorbsiyon kapasitesinin adsorban miktarına bağlı değişiminin karşılaştırılması.

Şekil 6.74'de Cr^{+6} konsantrasyonu 1,4 mg/l olan atık suyun 9 kg'lık standart AC filtreden geçirildikten sonraki değeri 0,82 mg/l düşüyor, % 42 bir giderim verimi sağlanmışken 9 kg'lık AgNP AC filtreden geçirildikten sonra 0,45 mg/l düşüyor ve giderim verimi yine % 68 oluyor. 12 kg'lık standart AC filtreden geçirildikten sonra bu değer 0,77 mg/l düşüyor, giderim verimi % 45 olurken yine 12 kg'lık AgNP AC filtreden geçirildikten sonra 0,45 mg/l düşüyor ve giderim verimi % 68 oluyor. Cr^{+6} değeri 15 kg'lık standart AC filtreden geçirildikten sonra 0,69 mg/l düşüyor, giderim verimi % 50 iken 15 kg'lık AgNP AC filtreden geçirildikten sonra 0,37 mg/l düşüyor ve giderim verimi % 73 oluyor. Standart AC filtreye göre AgNP AC filtrenin tüm adsorban miktarlarında daha iyi bir adsorpsiyon oranı sağlandığı gözlemlenmiştir. Her iki filtrede de giderim verimlerinin adsorban miktarı ile doğru orantılı olarak değişim gösterdiği ve adsorban miktarının arttıkça giderim veriminin de arttığı tespit edilmiştir.

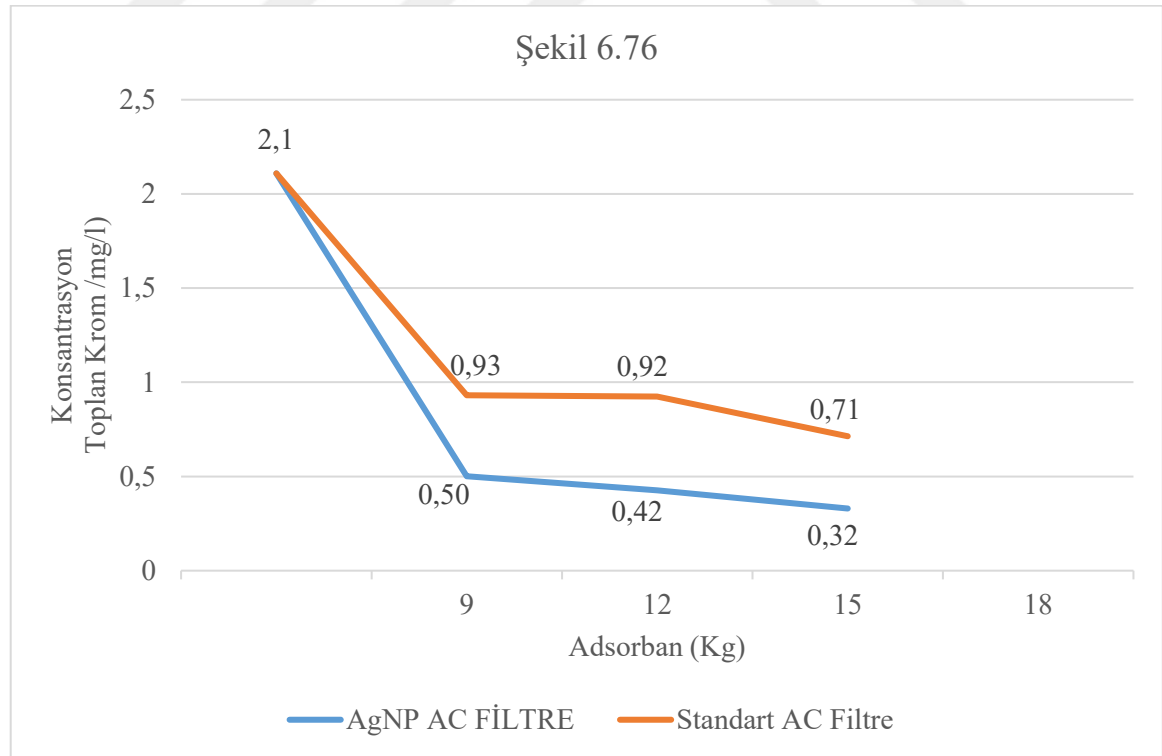


Şekil 6.75. pH 10'da girişteki AKM konsantrasyonu 146 mg/l olan atık suyun farklı miktarlardaki standart AC filtre ve AgNP filtrelerden geçirilerek 90. dakikadaki adsorbsiyon kapasitesinin adsorban miktarına bağlı değişiminin karşılaştırılması.

Şekil 6.75’de AKM konsantrasyonu 146 mg/l olan atık suyun 9 kg’lık standart AC filtreden geçirildikten sonraki AKM değeri 92 mg/l düşüyor ve % 37 lik bir giderim verimi sağlanırken 9 kg’lık AgNP AC filtreden sonra bu değer 45 mg/l düşerek % 68 giderim elde edilmiştir. Bu değerler 12 kg’lık standart AC filtrede 63 mg/l düşürülerek % 56 lık, 12 kg’lık AgNP AC filtrede ise 33 mg/l ile % 77 oranında giderim sağlanmıştır. 15 kg’lık standart AC filtrede bu değerler % 65 lik giderim verimi ile 50 mg/l düşerken 15 kg’lık AgNP AC filtrede % 91 lik giderim oranı ile 12 mg/l düşürülmüştür. Grafikte AgNP AC filtrelerin standart AC filtrelere göre daha iyi giderim verimi sağladığı tespit edilirken her iki filtrede de giderim verimlerinin adsorban miktarı ile doğru orantılı olarak değişim gösterdiği ve adsorban miktarının arttıkça giderim veriminin de arttığı tespit edilmiştir

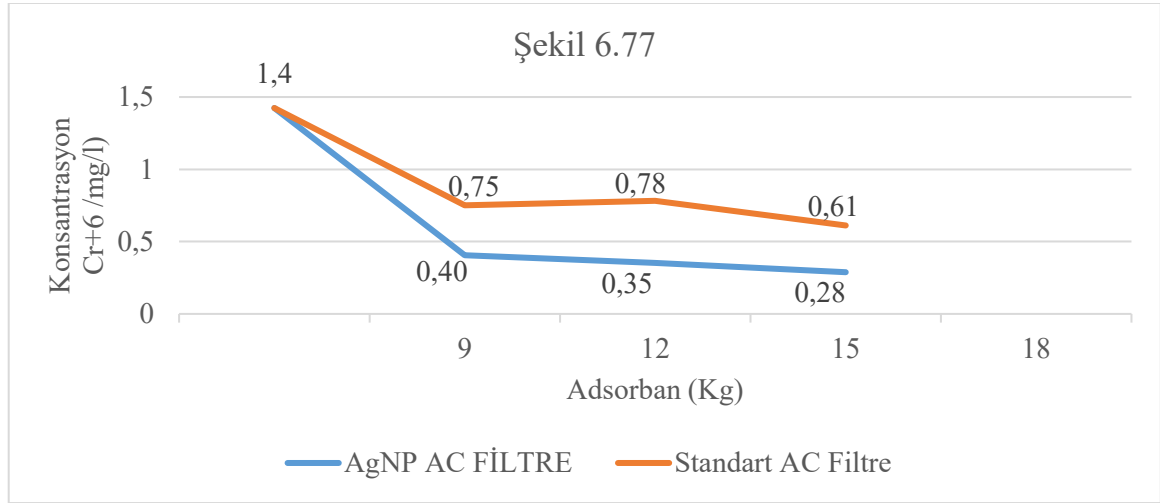
Çizelge 6.27. pH 8’de girişteki kirletici konsantrasyonları bilinen atık suyun farklı miktarlardaki standart AC filtre ve AgNP filtrelerden geçirildikten sonraki 90. dakikadaki çıkış suyu kirletici konsantrasyon değerleri.

	Filtreye Girişteki Kirletici Konsant.	Standart Aktif Karbon Filtre			Gümüş Nanopartiküllü AC Filtre		
		9 Kg	12 Kg	15 Kg	9 Kg	12 Kg	15 Kg
Toplam Krom (mg/l)	2,1	0,93	0,92	0,71	0,50	0,42	0,32
Cr ⁺⁶ (mg/l)	1,4	0,75	0,78	0,61	0,40	0,35	0,28
AKM (mg/l)	146	59	44	53	19	27	23



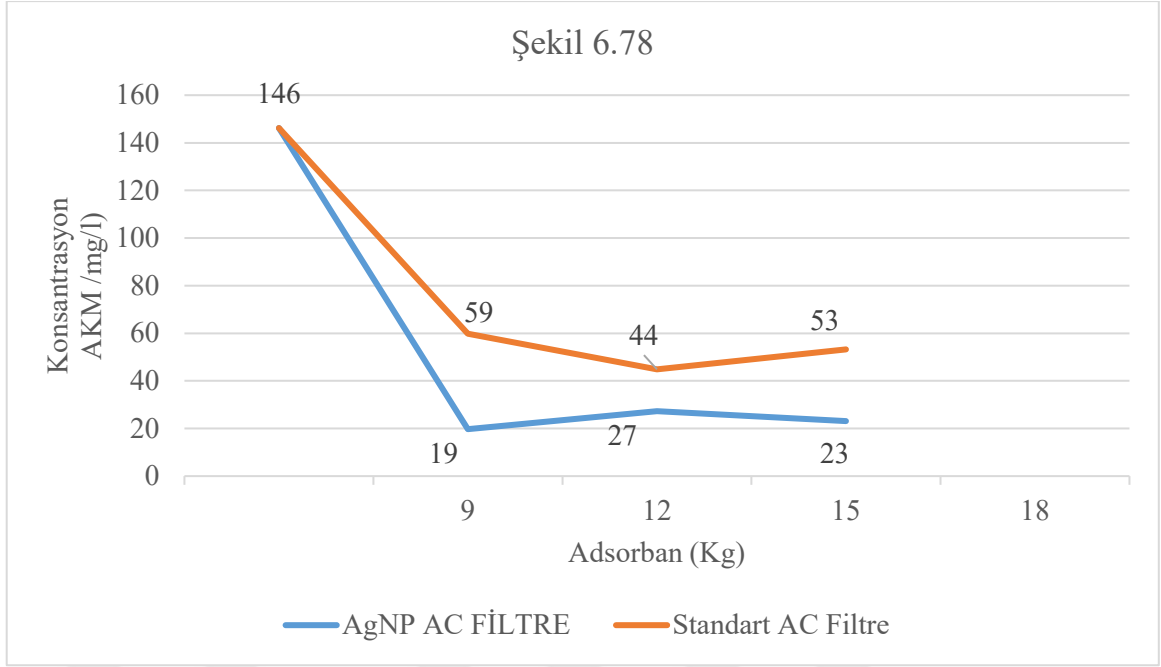
Şekil 6.76. pH 8’de girişteki toplam krom konsantrasyonu 2,1 mg/l olan atık suyun farklı miktarlardaki standart AC filtre ve AgNP filtrelerden geçirilerek 90. dakikadaki adsorpsiyon kapasitesinin adsorban miktarına bağlı değişiminin karşılaştırılması.

Şekil 6.76’da toplam krom konsantrasyonu 2,1 mg/l olan atık suyun 9 kg’lık standart AC filtreden geçirildikten sonraki değeri 0,93 mg/l düşüyor, % 55 bir giderim verimi sağlanmışken 9 kg’lık AgNP AC filtreden geçirildikten sonra 0,50 mg/l düşüyor ve giderim verimi yine % 76 oluyor. 12 kg’lık standart AC filtreden geçirildikten sonra bu değer 0,92 mg/l düşüyor, giderim verimi % 56 olurken yine 12 kg’lık AgNP AC filtreden geçirildikten sonra 0,42 mg/l düşüyor ve giderim verimi % 80 oluyor. Toplam krom değeri 15 kg’lık standart AC filtreden geçirildikten sonra 0,71 mg/l düşüyor, giderim verimi % 66 iken 15 kg’lık AgNP AC filtreden geçirildikten sonra 0,32 mg/l düşüyor ve giderim verimi % 84 oluyor. Standart AC filtreye göre AgNP AC filtrenin tüm adsorban miktarlarında daha iyi bir adsorpsiyon oranı sağlandığı gözlemlenmiştir. Her iki filtrede de giderim verimlerinin adsorban miktarı ile doğru orantılı olarak değişim gösterdiği ve adsorban miktarının arttıkça giderim veriminin de arttığı tespit edilmiştir



Şekil 6.77. pH 8’de girişteki Cr^{+6} konsantrasyonu 1,4 mg/l olan atık suyun farklı miktarlardaki standart AC filtre ve AgNP filtrelerden geçirilerek 90. dakikadaki adsorbsiyon kapasitesinin adsorban miktarına bağlı değişiminin karşılaştırılması.

Şekil 6.77’de Cr^{+6} değeri 1,4 mg/l olan atık suyun 9 kg’lık standart AC filtreden geçirildikten sonra Cr^{+6} değeri 0,75 mg/l düşüyor, giderim verimi % 47 iken yine 9 kg’lık AgNP AC filtreden geçirildikten sonra 0,40 mg/l düşüyor ve giderim verimi % 71 oluyor. Rakamsal olarak değerlendirdiğimizde 9 kg standart AC filtrede 0,75 mg/l olan değer 9 kg AgNP AC filtrede % 46 gibi daha iyi bir oranla 0,40 mg/l’ye düşürülmüştür. Cr^{+6} değeri 12 kg’lık standart AC filtreden geçirildikten sonra 0,78 mg/l düşüyor, giderim verimi % 45 olurken 12 kg’lık AgNP AC filtreden geçirildikten sonra 0,35 mg/l düşüyor ve giderim verimi % 75 oluyor. Rakamsal olarak değerlendirmeye devam ettiğimizde 12 kg standart AC filtrede 0,78 mg/l olan değer 12 kg AgNP AC filtrede % 55 gibi daha iyi bir oranla 0,35 mg/l’ye düşürülmüştür. Cr^{+6} değeri 15 kg’lık standart AC filtreden geçirildikten sonra 0,61 mg/l düşüyor, giderim verimi % 57 iken 15 kg’lık AgNP AC filtreden geçirildikten sonra 0,28 mg/l düşüyor ve giderim verimi % 80 oluyor. 15 kg’lık standart AC filtreden geçirildikten sonra 0,61 mg/l olan toplam krom değeri 15 kg’lık AgNP AC filtrede % 53 gibi daha iyi bir oranla 0,28 mg/l’ye düşürülmüştür. Standart AC filtreye göre AgNP AC filtrenin adsorpsiyon oranı tüm adsorban miktarlarında daha iyi olmakla beraber filtrelerin giderim verimlerinin adsorban miktarı ile doğru orantılı olarak değişim gösterdiği ve adsorban miktarının arttıkça giderim veriminin de arttığı gözlemlenmiştir

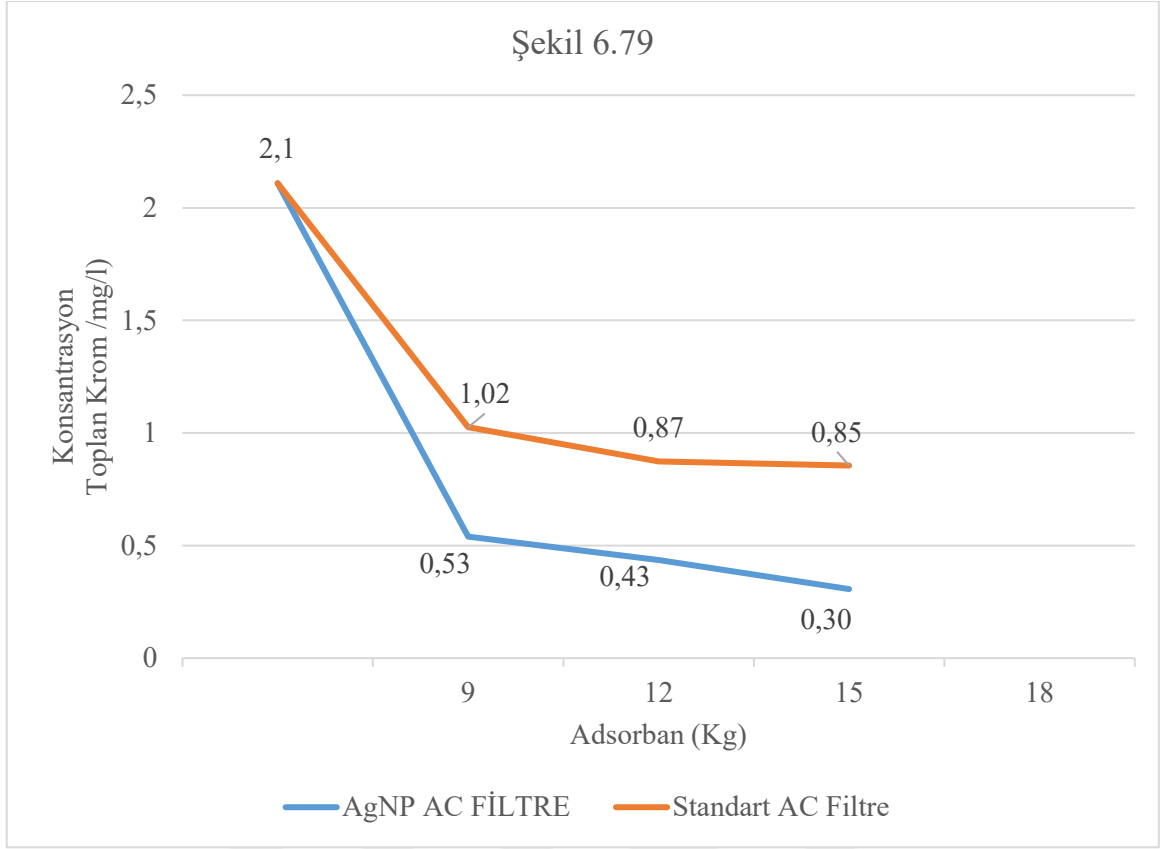


Şekil 6.78. pH 8’de girişteki AKM konsantrasyonu 146 mg/l olan atık suyun farklı miktarlardaki standart AC filtre ve AgNP filtrelerden geçirilerek 90. dakikadaki adsorbsiyon kapasitesinin adsorban miktarına bağlı değişiminin karşılaştırılması.

Şekil 6.78’de AKM konsantrasyonu 146 mg/l olan atık suyun 9 kg’lık standart AC filtreden geçirildikten sonraki AKM değeri 59 mg/l düşüyor ve % 59 luk bir giderim verimi sağlanırken 9 kg’lık AgNP AC filtreden sonra bu değer 19 mg/l düşerek % 86 giderim elde edilmiştir. Bu değerler 12 kg’lık standart AC filtrede 44 mg/l düşürülerek % 69 luk, 12 kg’lık AgNP AC filtrede ise 27 mg/l ile % 81 oranında giderim sağlanmıştır. 15 kg’lık standart AC filtrede bu değerler % 63 lük giderim verimi ile 53 mg/l düşerken 15 kg’lık AgNP AC filtrede % 84 lük giderim oranı ile 23 mg/l düşürülmüştür. Grafikte AgNP AC filtrelerin standart AC filtrelerle göre daha iyi giderim verimi sağladığı tespit edilirken her iki filtrede de giderim verimlerinin adsorban miktarına bağlı olarak değişkenlik gösterdiği tespit edilmiştir.

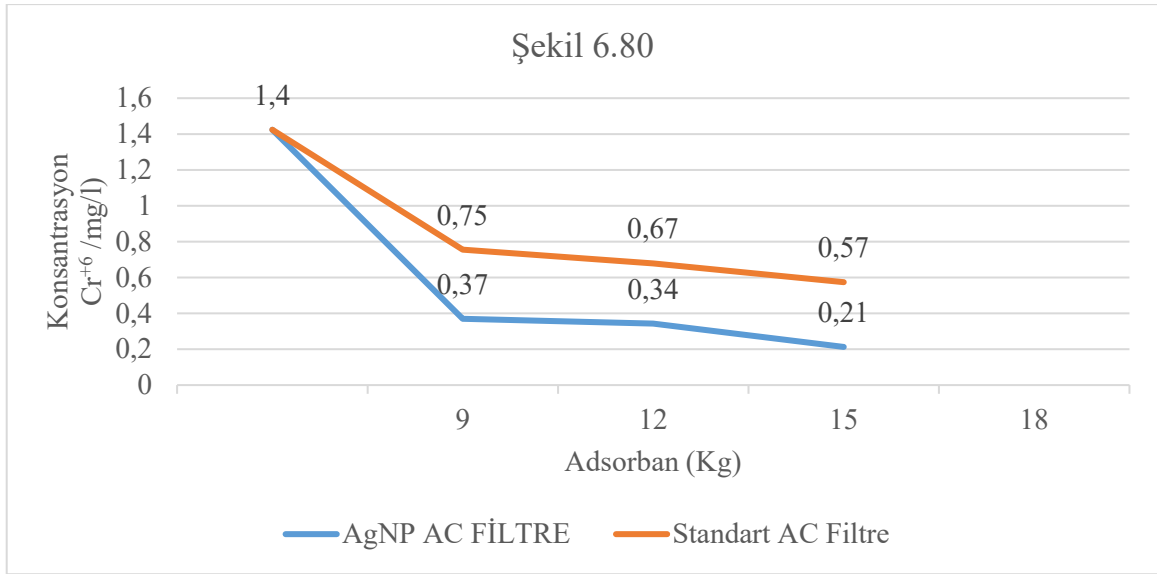
Çizelge 6.28. pH 6’da girişteki kirletici konsantrasyonları bilinen atık suyun farklı miktarlardaki standart AC filtre ve AgNP filtrelerden geçirildikten sonraki 90. dakikadaki çıkış suyu kirletici konsantrasyon değerleri.

	Filtreye Girişteki Kirletici Konsant.	Standart Aktif Karbon Filtre			Gümüş Nanopartiküllü AC Filtre		
		9 Kg	12 Kg	15 Kg	9 Kg	12 Kg	15 Kg
Toplam Krom (mg/l)	2,1	1,02	0,87	0,85	0,53	0,43	0,30
Cr ⁺⁶ (mg/l)	1,424	0,756	0,679	0,5739	0,37	0,3427	0,2127
AKM (mg/l)	146	56	60	48	18	13	9



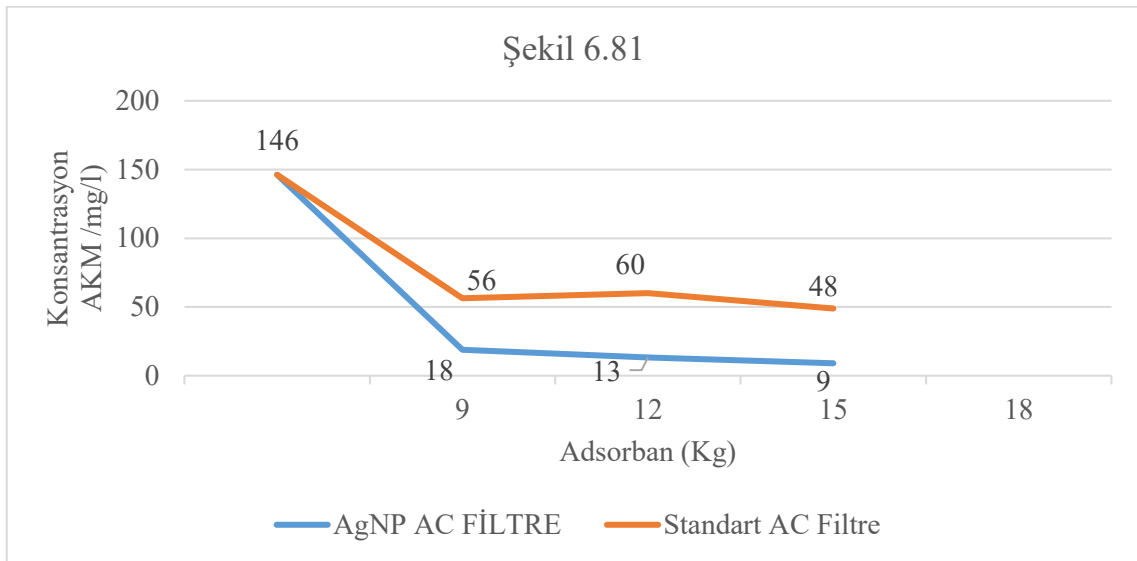
Şekil 6.79. pH 6’da girişteki toplam krom konsantrasyonu 2,1 mg/l olan atık suyun farklı miktarlardaki standart AC filtre ve AgNP filtrelerden geçirilerek 90. dakikadaki adsorpsiyon kapasitesinin adsorban miktarına bağlı değişiminin karşılaştırılması.

Şekil 6.79’da toplam krom değeri 2,1 mg/l olan atık suyun 9 kg’lık standart AC filtreden geçirildikten sonra toplam krom değeri 1,02 mg/l düşüyor, giderim verimi % 51 iken yine 9 kg’lık AgNP AC filtreden geçirildikten sonra 0,53 mg/l düşüyor ve giderim verimi % 74 oluyor. Rakamsal olarak değerlendirdiğimizde 9 kg standart AC filtrede 1,02 mg/l olan değer 9 kg AgNP AC filtrede % 47 gibi daha iyi bir oranla 0,53 mg/l’ye düşürülmüştür. Toplam krom değeri 12 kg’lık standart AC filtreden geçirildikten sonra 0,87 mg/l düşüyor, giderim verimi % 58 olurken 12 kg’lık AgNP AC filtreden geçirildikten sonra 0,43 mg/l düşüyor ve giderim verimi % 79 oluyor. Rakamsal olarak değerlendirmeye devam ettiğimizde 12 kg standart AC filtrede 0,87 mg/l olan değer 12 kg AgNP AC filtrede % 50 gibi daha iyi bir oranla 0,43 mg/l’ye düşürülmüştür. Toplam krom değeri 15 kg’lık standart AC filtreden geçirildikten sonra 0,85 mg/l düşüyor, giderim verimi % 60 iken 15 kg’lık AgNP AC filtreden geçirildikten sonra 0,30 mg/l düşüyor ve giderim verimi % 85 oluyor. 15 kg’lık standart AC filtreden geçirildikten sonra 0,85 mg/l olan toplam krom değeri 15 kg’lık AgNP AC filtrede % 64 gibi daha iyi bir oranla 0,30 mg/l’ye düşürülmüştür. Standart AC filtreye göre AgNP AC filtrenin adsorpsiyon oranı tüm adsorban miktarlarında daha iyi olmakla beraber filtrelerin giderim verimlerinin adsorban miktarı ile doğru orantılı olarak değişim gösterdiği ve adsorban miktarının arttıkça giderim veriminin de arttığı gözlemlenmiştir.



Şekil 6.80. pH 6'da girişteki Cr⁺⁶ konsantrasyonu 1,4 mg/l olan atık suyun farklı miktarlardaki standartlardaki standart AC filtre ve AgNP filtrelerden geçirilerek 90. dakikadaki adsorbsiyon kapasitesinin adsorban miktarına bağlı değişiminin karşılaştırılması.

Şekil 6.80'de girişteki Cr⁺⁶ konsantrasyonu 1,4 mg/l olan atık suyun 9 kg'lık standart AC filtreden geçirildikten sonraki Cr⁺⁶ değeri 0,75 mg/l düşüyor ve % 47 lik bir giderim verimi sağlanırken 9 kg'lık AgNP AC filtreden sonra bu değer 0,37 mg/l düşerek %74 giderim elde edilmiştir. Bu değerler 12 kg'lık standart AC filtrede 0,67 mg/l düşürülerek % 52 lik, 12 kg'lık AgNP AC filtrede ise 0,34 mg/l ile % 76 oranında giderim sağlanmıştır. 15 kg'lık standart AC filtrede bu değerler % 60 lik giderim verimi ile 0,57 mg/l düşerken 15 kg'lık AgNP AC filtrede % 85 lük giderim oranı ile 0,21 mg/l düşürülmüştür. Grafikte AgNP AC filtrelerin standart AC filtrelere göre daha iyi giderim verimi sağladığı tespit edilirken her iki filtrede de giderim verimlerinin adsorban miktarı ile doğru orantılı olarak değişim gösterdiği ve adsorban miktarının arttıkça giderim veriminin de arttığı tespit edilmiştir.



Şekil 6.81. pH 6'da girişteki AKM konsantrasyonu 146 mg/l olan atık suyun farklı miktarlardaki standart AC filtre ve AgNP filtrelerden geçirilerek 90. dakikadaki adsorbsiyon kapasitesinin adsorban miktarına bağlı değişiminin karşılaştırılması.

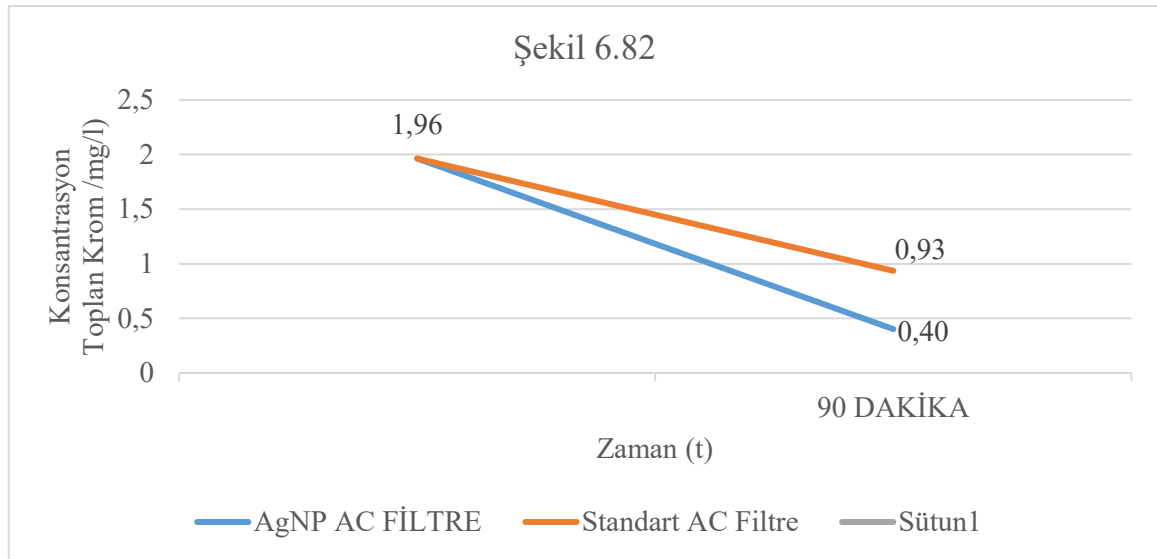
Şekil 6.81’de AKM konsantrasyonu 146 mg/l olan atık suyun 9 kg’lık standart AC filtreden geçirildikten sonraki değeri 55 mg/l düşüyor, % 62’lik bir giderim verimi sağlanmışken 9 kg’lık AgNP AC filtreden geçirildikten sonra 18 mg/l düşüyor ve giderim verimi yine % 87 oluyor. 12 kg’lık standart AC filtreden geçirildikten sonra bu değer 60 mg/l düşüyor, giderim verimi % 59 olurken yine 12 kg’lık AgNP AC filtreden geçirildikten sonra 13 mg/l düşüyor ve giderim verimi % 91 oluyor. AKM değeri 15 kg’lık standart AC filtreden geçirildikten sonra 48 mg/l düşüyor, giderim verimi % 66 iken 15 kg’lık AgNP AC filtreden geçirildikten sonra 9 mg/l düşüyor ve giderim verimi % 94 oluyor. Standart AC filtreye göre AgNP AC filtrenin tüm adsorban miktarlarında daha iyi bir adsorpsiyon oranı sağlandığı gözlemlenmiştir. Her iki filtrede de giderim verimlerinin adsorban miktarı ile doğru orantılı olarak değişim gösterdiği ve adsorban miktarının arttıkça giderim veriminin de arttığı tespit edilmiştir

Çizelge 6.29. Artıma Tesisi çıkışındaki (Karbon filtrelerle girmeden önce) kirletici konsantrasyon değerleri.

Nötralizasyon Tankı Çıkış Suyu Değerleri (15.10.2022 / Saat : 08:00)	
Toplam Krom (mg/l)	1,96
Cr ⁺⁶ (mg/l)	1,37
AKM (mg/l)	142

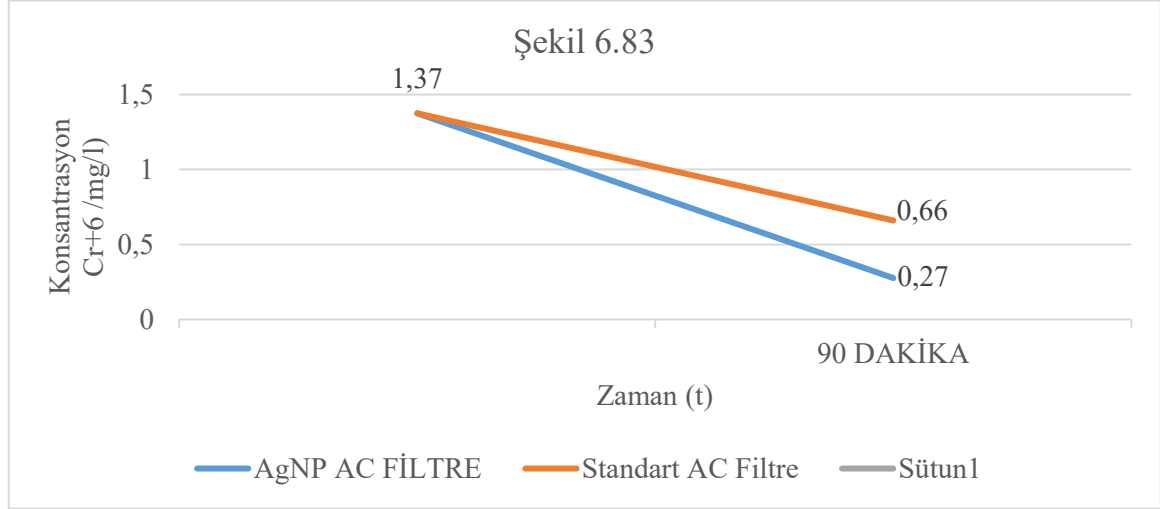
Çizelge 6.30. 15.10.2022 tarihinde pH 6’da girişteki kirletici konsantrasyonları bilinen atık suyun 15 Kg’lık standart AC filtre ve AgNP filtrelerden geçirildikten sonraki 90. dakikadaki çıkış suyu kirletici konsantrasyon değerleri

	Filtreye Girişteki Kirletici Konsant.	Standart Aktif Karbon Filtre	Gümüş Nanopartiküllü AC Filtre
		15 Kg	15 Kg
Toplam Krom (mg/l)	1,96	0,93	0,40
Cr ⁺⁶ (mg/l)	1,37	0,66	0,27
AKM (mg/l)	142	59	16



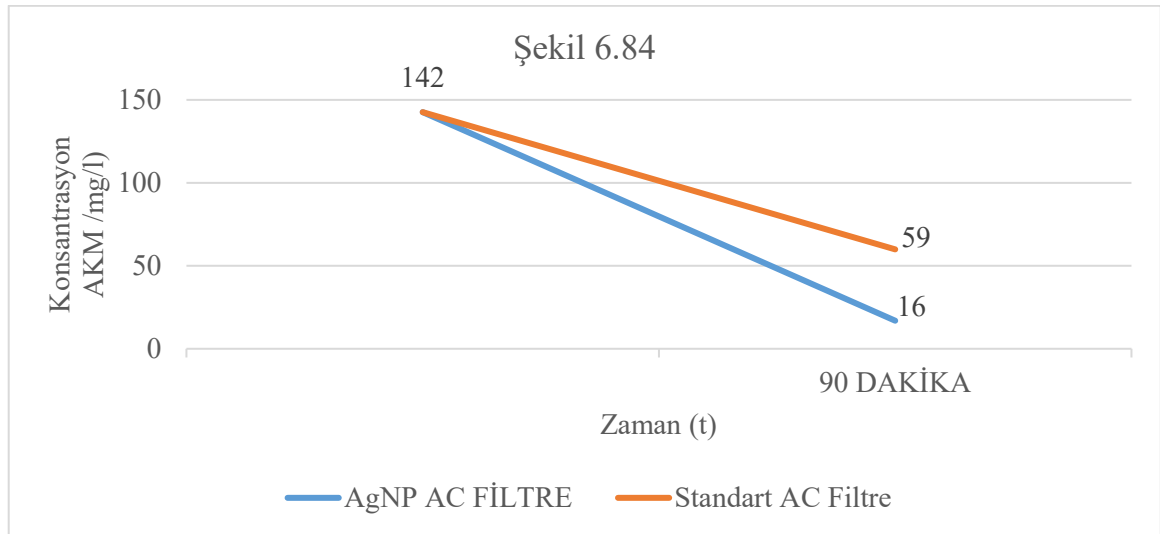
Şekil 6.82. pH 6’da toplam krom konsantrasyonu 1,96 mg/l olan atık suyun 15 kg’lık standart AC filtre ve AgNP filtrelerden geçirilerek adsorbsiyon kapasitesinin temas süresine bağlı olarak değişiminin karşılaştırılması.

Şekil 6.82’de pH 6’da toplam krom konsantrasyonu 1,96 mg/l olan atık suyun 15 kg’lık standart AC filtreden geçirildikten sonra toplam krom değeri 0,93 mg/l düşüyor, giderim verimi % 52 iken yine 15 kg’lık AgNP AC filtreden geçirildikten sonra 0,40 mg/l düşüyor ve giderim verimi % 80 oluyor. Rakamsal olarak değerlendirdiğimizde 15 kg standart AC filtrede 0,93 mg/l olan değer 15 kg AgNP AC filtrede % 57 gibi daha iyi bir oranla 0,40 mg/l’ye düşürülmüştür.



Şekil 6.83. pH 6’da Cr^{+6} konsantrasyonu 1,37 mg/l olan atık suyun 15 kg’lık standart AC filtre ve AgNP filtrelerden geçirilerek adsorbsiyon kapasitesinin temas süresine bağlı olarak değişiminin karşılaştırılması.

Şekil 6.83’de pH 6’da Cr^{+6} konsantrasyonu 1,37 mg/l olan atık suyun 15 kg’lık standart AC filtreden geçirildikten sonra Cr^{+6} değeri 0,66 mg/l düşüyor, giderim verimi % 52 iken yine 15 kg’lık AgNP AC filtreden geçirildikten sonra 0,27 mg/l düşüyor ve giderim verimi % 80 oluyor. Rakamsal olarak değerlendirdiğimizde 15 kg standart AC filtrede 0,66 mg/l olan değer 15 kg AgNP AC filtrede % 59 gibi daha iyi bir oranla 0,27 mg/l’ye düşürülmüştür.



Şekil 6.84. pH 6’da AKM konsantrasyonu 142 mg/l olan atık suyun 15 kg’lık standart AC ve AgNP filtrelerden geçirilerek adsorbsiyon kapasitesinin temas süresine bağlı olarak değişiminin karşılaştırılması.

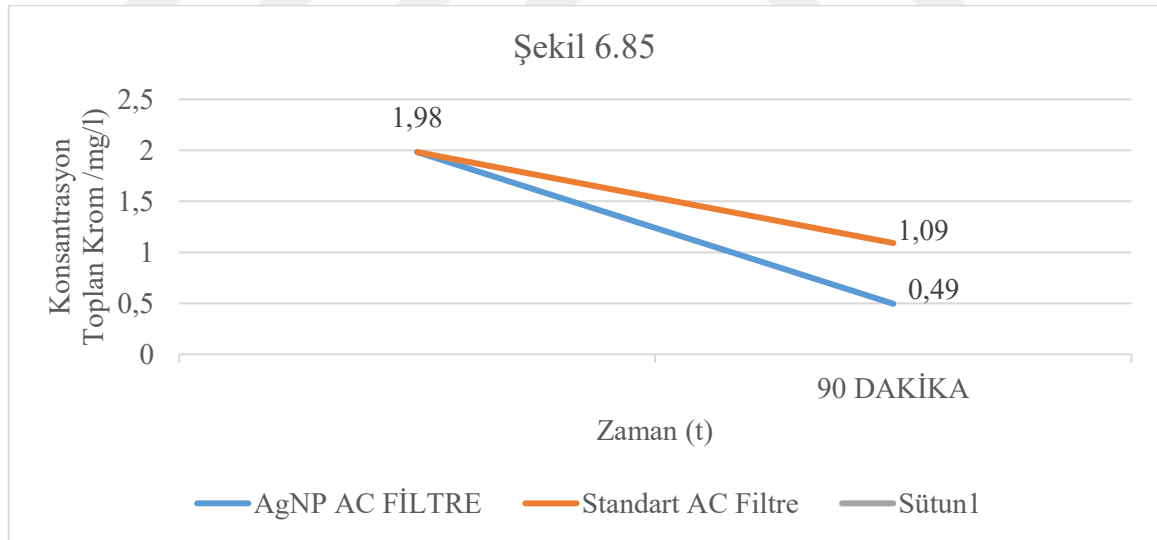
Şekil 6.84 de pH 6’da AKM konsantrasyonu 142 mg/l olan atık suyun 15 kg’lık standart AC filtreden geçirildikten sonra AKM değeri 59 mg/l düşüyor, giderim verimi % 58 iken yine 15 kg’lık AgNP AC filtreden geçirildikten sonra 16 mg/l düşüyor ve giderim verimi % 88 oluyor. Rakamsal olarak değerlendirdiğimizde 15 kg standart AC filtrede 59 mg/l olan değer 15 kg AgNP AC filtrede % 72 gibi daha iyi bir oranla 16 mg/l’ye düşürülmüştür.

Çizelge 6.31. Artıma Tesisi çıkışındaki (Karbon filtrele girmeden önce) kirletici konsantrasyon değerleri.

Nötralizasyon Tankı Çıkış Suyu Değerleri (05.11.2022 / Saat : 08:00)	
Toplam Krom (mg/l)	1,98
CR ⁺⁶ (mg/l)	1,37
AKM (mg/l)	146

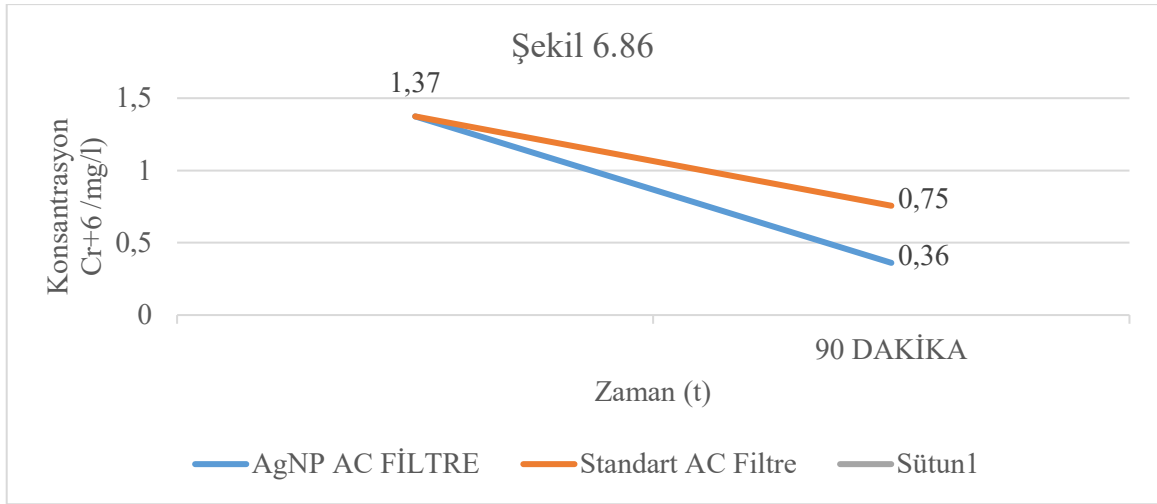
Çizelge 6.32. 05.11.2022 tarihinde pH 6’da girişteki kirletici konsantrasyonları bilinen atık suyun 15 Kg’lık standart AC filtre ve AgNP filtrelerden geçirildikten sonraki 90. dakikadaki çıkış suyu kirletici konsantrasyon değerleri

	Filtreye Girişteki Kirletici Konsant.	Standart Aktif Karbon Filtre	Gümüş Nanopartiküllü AC Filtre
		15 Kg	15 Kg
Toplam Krom (mg/l)	1,98	1,09	0,49
Cr ⁺⁶ (mg/l)	1,37	0,75	0,36
AKM (mg/l)	146	73	23



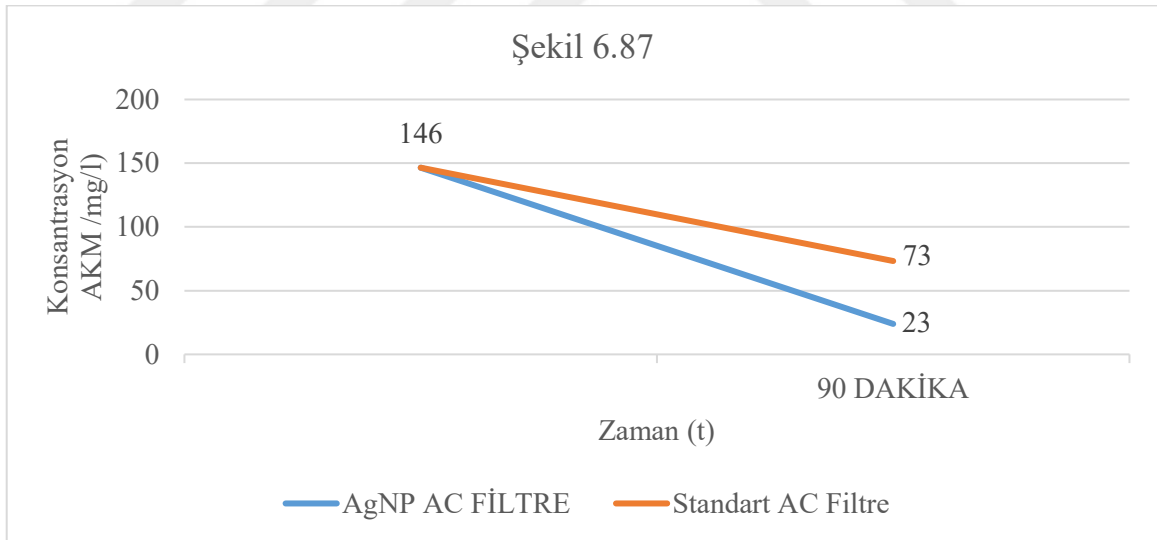
Şekil 6.85. pH 6’da toplam krom konsantrasyonu 1,98 mg/l olan atık suyun 15 kg’lık standart AC filtre ve AgNP filtrelerden geçirilerek adsorbsiyon kapasitesinin temas süresine bağlı olarak değişiminin karşılaştırılması.

Şekil 6.85’de pH 6’da toplam krom konsantrasyonu 1,98 mg/l olan atık suyun 15 kg’lık standart AC filtreden geçirildikten sonra toplam krom değeri 1,09 mg/l düşüyor, giderim verimi % 44 iken yine 15 kg’lık AgNP AC filtreden geçirildikten sonra 0,49 mg/l düşüyor ve giderim verimi % 75 oluyor. Rakamsal olarak değerlendirdiğimizde 15 kg standart AC filtrede 1,09 mg/l olan değer 15 kg AgNP AC filtrede % 57 gibi daha iyi bir oranla 0,49 mg/l’ye düşürülmüştür.



Şekil 6.86. pH 6'da Cr^{+6} konsantrasyonu 1,37 mg/l olan atık suyun 15 kg'lık standart AC filtre ve AgNP filtrelerden geçirilerek adsorbsiyon kapasitesinin temas süresine bağlı olarak değişiminin karşılaştırılması.

Şekil 6.86'da pH 6'da Cr^{+6} konsantrasyonu 1,37 mg/l olan atık suyun 15 kg'lık standart AC filtreden geçirildikten sonra Cr^{+6} değeri 0,75 mg/l düşüyor, giderim verimi % 45 iken yine 15 kg'lık AgNP AC filtreden geçirildikten sonra 0,36 mg/l düşüyor ve giderim verimi % 73 oluyor. Rakamsal olarak değerlendirdiğimizde 15 kg standart AC filtrede 0,75 mg/l olan değer 15 kg AgNP AC filtrede % 52 gibi daha iyi bir oranla 0,36 mg/l'ye düşürülmüştür.



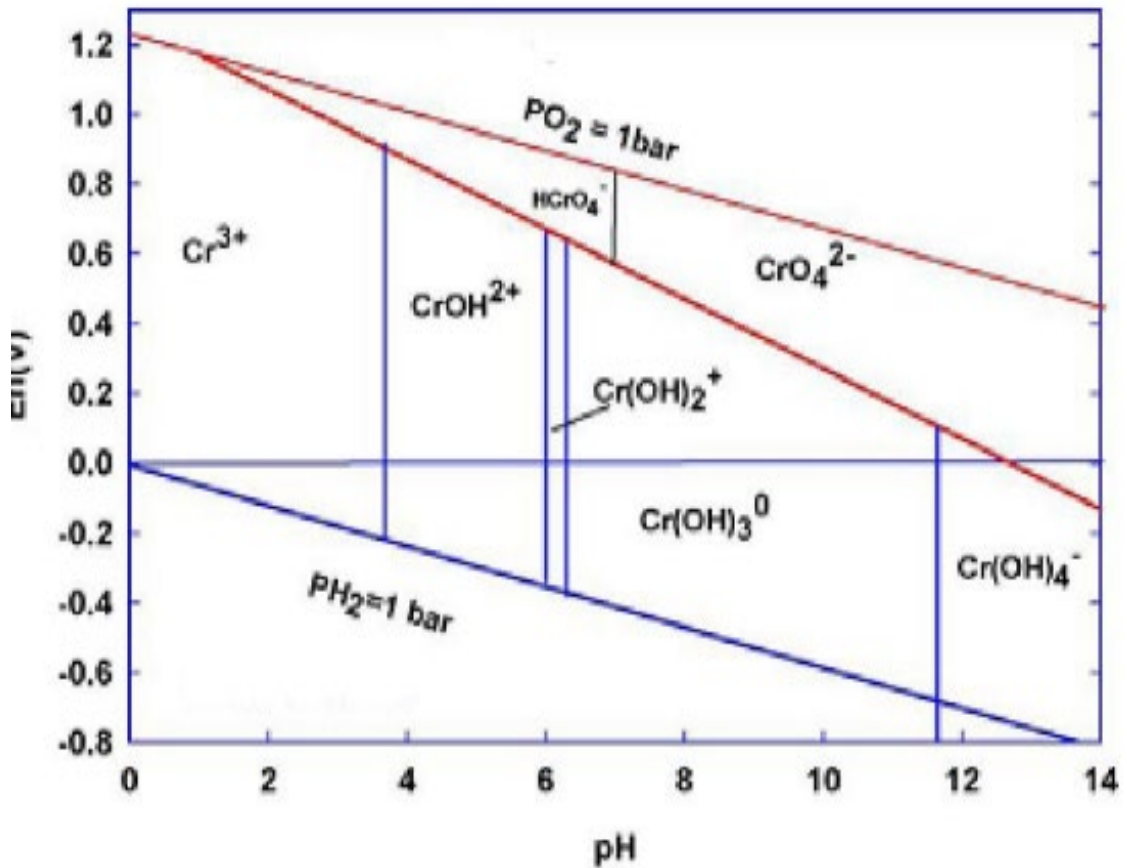
Şekil 6.87. pH 6'da AKM konsantrasyonu 146 mg/l olan atık suyun 15 kg'lık standart AC ve AgNP filtrelerden geçirilerek adsorbsiyon kapasitesinin temas süresine bağlı olarak değişiminin karşılaştırılması

Şekil 6.87'de pH 6'da AKM konsantrasyonu 146 mg/l olan atık suyun 15 kg'lık standart AC filtreden geçirildikten sonra AKM değeri 73 mg/l düşüyor, giderim verimi % 50 iken yine 15 kg'lık AgNP AC filtreden geçirildikten sonra 23 mg/l düşüyor ve giderim verimi % 83 oluyor. Rakamsal olarak değerlendirdiğimizde 15 kg standart AC filtrede 73 mg/l olan değer 15 kg AgNP AC filtrede % 68 gibi daha iyi bir oranla 23 mg/l'ye düşürülmüştür.

Filtrelerin giderim verimleri kıyaslanırken temas süresinin etkisi, pH'ın etkisi ve adsorban miktarının etkisi değerlendirilmiştir. Elde edilen bulgular neticesinde giderim verimi temas süresi ve adsorban miktarı ile doğru orantılı olarak artarken, pH ile ters orantılı olarak değişmektedir. Yapılan değerlendirmeler sonrasında pH=6'da 15 kg'lık adsorban ile 90. dakika da en yüksek giderim verimi sağlanmıştır.

Temas sürelerinin değerlendirmesi yapılırken 30.dakika, 60. dakika ve 90. dakikalardaki değerler kıyaslanmış, sürelerin artmasıyla giderim verimi de artmıştır. Ancak giderim oranının büyük bir kısmı (%90) ilk 30 dakikalık sürede gerçekleşmekte olup sonraki süreler içerisinde artarak devam etmektedir. Benzer veriler Konya Üniversitesi Serpil Edabali'nin "Yeşil Sentez" çalışmasında da elde edilmiş giderimin büyük kısmı ilk 30 dakikalık bölümde elde edilmiştir.

pH değerlendirmesinde ise en iyi giderim pH=6'da gerçekleşmekte olup aşağıdaki diyagramda yer almakta olan kromun pH=6'da HCrO_4^- şeklinde bulunması Ag^+ iyonu ile beraber adsorpsiyon veriminin en üst düzeyde olmasını sağlamaktadır.



Şekil 6.88. Pourbaix diyagramı sulu ortamda hangi krom türünün baskın olacağını göstermektedir. Diyagram, krom türlerinin farklı pH aralıklarında ve redoks potansiyelindeki termodinamik kararlılığını göstermektedir (Kotas ve Stasicka, 2000).

Çizelge 6.33. 25.09.2022 tarihinde pH 6’da girişteki kirletici konsantrasyonları bilinen atık suyun 15 kg’lık standart AC filtre ve AgNP filtrelerden geçirildikten sonraki 90. dakikadaki çıkış suyu kirletici konsantrasyon değerleri.

	Filtreye Girişteki Kirletici Konsantrasyonu	Standart Aktif Karbon Filtre	Gümüş Nanopartiküllü AC Filtre
		15 kg	15 kg
Toplam Krom (mg/l)	2,1	0,85	0,36
Cr ⁺⁶ (mg/l)	1,4	0,57	0,21
AKM (mg/l)	146	48	9

Çizelge 6.34. 15.10.2022 tarihinde pH 6’da girişteki kirletici konsantrasyonları bilinen atık suyun 15 kg’lık standart AC filtre ve AgNP filtrelerden geçirildikten sonraki 90. dakikadaki çıkış suyu kirletici konsantrasyon değerleri.

	Filtreye Girişteki Kirletici Konsantrasyonu	Standart Aktif Karbon Filtre	Gümüş Nanopartiküllü AC Filtre
		15 kg	15 kg
Toplam Krom (mg/l)	1,96	0,93	0,40
Cr ⁺⁶ (mg/l)	1,37	0,66	0,27
AKM (mg/l)	142	59	16

Çizelge 6.35. 05.11.2022 tarihinde pH 6’da girişteki kirletici konsantrasyonları bilinen atık suyun 15 kg’lık standart AC filtre ve AgNP filtrelerden geçirildikten sonraki 90. dakikadaki çıkış suyu kirletici konsantrasyon değerleri.

	Filtreye Girişteki Kirletici Konsantrasyonu	Standart Aktif Karbon Filtre	Gümüş Nanopartiküllü AC Filtre
		15 kg	15 kg
Toplam Krom (mg/l)	1,98	1,09	0,49
Cr ⁺⁶ (mg/l)	1,37	0,75	0,36
AKM (mg/l)	146	73	23

Çizelge 6.36. 26.11.2022 tarihinde pH 6’da girişteki kirletici konsantrasyonları bilinen atık suyun 15 kg’lık standart AC filtre ve AgNP filtrelerden geçirildikten sonraki 90. dakikadaki çıkış suyu kirletici konsantrasyon değerleri.

	Filtreye Girişteki Kirletici Konsantrasyonu	Standart Aktif Karbon Filtre	Gümüş Nanopartiküllü AC Filtre
		15 kg	15 kg
Toplam Krom (mg/l)	1,99	1,12	0,53
Cr ⁺⁶ (mg/l)	1,40	0,85	0,43
AKM (mg/l)	147	82	31

Çizelge 6.37. 17.12.2022 tarihinde pH 6’da girişteki kirletici konsantrasyonları bilinen atık suyun 15 kg’lık standart AC filtre ve AgNP filtrelerden geçirildikten sonraki 90. dakikadaki çıkış suyu kirletici konsantrasyon değerleri.

	Filtreye Girişteki Kirletici Konsantrasyonu	Standart Aktif Karbon Filtre	Gümüş Nanopartiküllü AC Filtre
		15 kg	15 kg
Toplam Krom (mg/l)	2,07	1,26	0,58
Cr ⁺⁶ (mg/l)	1,39	0,94	0,4
AKM (mg/l)	156	93	39

Yukarıdaki çizelgelerde (Çizelge 6/33-34-35-36-37) en iyi giderim veriminin sağlandığı pH=6’da, 15 kg’lık adsorban filtrelerden 90. dakikalarda 3 haftalık periyotlarla toplamda 3 ay boyunca numuneler alınmıştır. Hem standart aktif karbonlu filtrelerden hem de gümüş nanaopartikül kaplı bu filtrelerden alınan bu numuneler kıyaslandığında standart filtrelerin kullanım ömrünün 6 ay olduğu, gümüş nanopartiküllü filtrelerin ise 1 yıla kadar kullanılabildiği tespit edilmiştir. Giderim verimindeki sağladığı % 50’lik avantajın yanı sıra kullanım ömrünün de 2 kat daha uzun olması gümüş nanopartiküllü filtreleri endüstriyel kullanımlarda tercih edilir hale getirmektedir. Ayrıca endüstriyel atık su arıtma tesislerinde genelde standart olarak 15 kg’lık aktif karbon filtreler kullanılmaktadır.

Materyal ve yöntem kısmında belirtilen deney düzeneğinde gümüş nanopartiküllü filtrelerin eldesi için gerekli kimyasallar ve işlemler belirtilmiştir. Bu kapsamda 15 kg’lık bir gümüş nanopartiküllü aktif karbon filtre tasarlamak için 1,2 litre AgNO₃ (480 TL), 1,5 litre NaOH (90 TL), 450 gram nişasta (30 TL), kurutma fırınının 24 saat çalışması (120 TL), karıştırıcının 12 saat çalışması (10 TL) toplamda 730 TL’lik bir ek harcama gerektiriyor. Standart 15 kg’lık aktif karbonun güncel maliyeti ortalama 3000 TL’dir. Standart filtreler 6 ayda bir değişim yapıldığı için 1 senede toplam 6000 TL’lik bir maliyet oluşturmaktadır. 15 kg’lık gümüş nanopartiküllü filtrenin tutarı ise 3730 TL olup toplam senelik maliyeti 2270 TL daha düşük hale getirmektedir. Bu da toplamda % 38’lik bir ekonomik iyileştirmenin yanı sıra ağır metal giderimindeki avantajıyla da tercih edilebilirliğini arttırmaktadır. Ayrıca standart filtrelerin 6 ayda bir değişimi için teknik servis tutarını da kattığımızda ekonomik açıdan senelik ortalama % 45 gibi bir avantaj sağlamaktadır.

Literatürde konuyla ilgili Konya Selçuk Üniversitesi Kimya mühendisliği bölümünün Yeşil Sentez Yöntemiyle Üretilmiş Gümüş Nanotanecik yüklü aktif karbonun Cr⁺⁶ Giderimindeki Performansının Değerlendirilmesinin yapıldığı çalışmada pH’ın etkisi, temas süresinin etkisi, kullanılan adsorban miktarının etkisi gibi değişkenlerin giderim verimi üzerindeki etkileri ortaya koyulmuştur (Edabali, 2016). Bu çalışmanın bizimkinden farklı bir stok çözelti (K₂Cr₂O₇) üzerinden sabit kirletici konsantrasyonu ile krom giderimindeki değişim incelenmiştir. Bizim çalışmamızda ise nanopartiküllü aktif karbon filtreler endüstriyel bir atık su arıtma tesisi çıkışına entegre edilerek birçok kirletici yükünün bulunduğu bir atık sudan krom giderimi sağlamıştır. Ayrıca

çalışmamızda krom giderimindeki verimin yanı sıra standart aktif karbon filtrelerle kıyas yapılarak aradaki performans farkı da değerlendirilmiştir. Diğer çalışmada da pH, temas süresi ve adsorban miktarları gibi değişkenlerin etkisine bakılmıştır. pH'nın etkisi değerlendirildiğinde iki çalışmada da krom giderim veriminin pH ile ters orantılı olarak değişkenlik gösterdiği gözlemlenmiştir. Stok bir çözelti üzerinden krom giderim veriminin incelendiği diğer araştırmada pH seviyesinin en alt ($\text{pH}=1-5$) değerlerine kadar çalışmada bulunulmuş ve giderim veriminin pH arttıkça azaldığı verisi elde edilmiştir. Biz ise çalışmamızda atık su arıtma tesisinin çıkışına entegre edilen filtrelerden numune aldığımız için standartların izin verdiği deşarj limitleri arasında ($\text{pH}=6-10$) bir değerlendirme yaparak en düşük seviye olan pH 6'dan başlanıp üst sınır olan pH 10'na kadar denemeler yapılmıştır. Bizim çalışmamızda da giderim veriminin pH ile ters orantılı olarak değişim gösterdiği tespit edilmiştir. Temas süresine bağlı değişimlere bakıldığında iki çalışmada da zamana bağlı giderim verileri artmış ancak ilk 30 dakikalık periyottan sonra giderim verimlerinde aşırı bir artış olmayıp giderimin önemli bir kısmının (% 90-95) bu ilk 30 dakikalık bölümde gerçekleştiği gözlemlenmiştir. Adsorban miktarının etkisi değerlendirilirken diğer çalışmada minimal düzeyde (0,01 – 0,1 gr) adsorban ile uygulama yapılmış ve mevcutta stok bir çözelti üzerinden tek bir kirletici Cr^{+6} parametresinin giderim verimi değerlendirilmiştir. Bizim çalışmamızda endüstriyel bir kullanım olduğu için atık su arıtma tesisinde bulunan aktif karbon tüplerinin içine sırasıyla 9-12-15 kg'lık aktif karbonlar konularak giderim verimleri kıyaslanmıştır. Daha düşük miktarlarda kullanılan adsorban ile yapılan diğer çalışmada adsorblanan kirletici miktarı zamanla doğru orantılı olarak artmaktadır. Ancak bir plato değerine ulaştıktan sonra giderim veriminde çok fazla bir değişiklik meydana gelmemektedir. Bizim çalışmamızda da adsorban miktarı ile giderim verimi doğru orantılı olarak artmaktadır. Çalışmamızda endüstriyel atık su arıtma tesisinde uygulama yapıldığı için adsorban miktarlarını filtre tüplerine uygun olarak 9-12-15 kg'lık olarak seçilmiştir, giderim verimleri kıyaslandığında da adsorban miktarı arttıkça giderim verimi de doğru orantılı olarak artmaktadır. Araştırmamızda kullanılan adsorban miktarlarının çok daha fazla miktarlarda olması giderim verimlerinde daha fazla kirletici yükünün tutulabildiğini göstermektedir. Ayrıca çalışmamızda sadece stok çözeltiyle hazırlanmış Cr^{+6} kirletici yükünün giderimi için değil toplam krom ve askıda katı madde giderim verimleri de incelenmiştir. Çalışmamızın farkı da uygulamalı olarak işleyen bir fabrikadaki atık su arıtma tesisinin çıkışına entegre edilen nanopartiküllü filtreler ile kirletici yükünün ve miktarının farklılık gösterdiği bir atık suda giderim verimlerinde % 50'ye yakın bir performans artışı alınması ve farklı kirletici türlerindeki değişiminde takip edilmesi olmuştur.

Bir başka çalışma olan Sakarya Üniversitesi Kimya Anabilim Dalında gerçekleştirilen Sulu Çözeltilerden Adsorpsiyon Yöntemi İle Cr^{+6} Gideriminin değerlendirildiği çalışmada yine stok çözelti kullanılarak Cr^{+6} kirleticisinin adsorpsiyon yöntemiyle giderimi incelenmiştir. Bu çalışmada da pH, temas süresi ve adsorban miktarının etkileri incelenmiştir. pH etkisi incelenirken daha geniş bir skalada ($\text{pH}=1-8$) değerlendirme yapılmış ve giderimin pH ile ters orantılı olarak değiştiği gözlemlenmiştir. Yine temas süresi incelenirken geniş bir dilimde (1-120 dk) değerlendirme yapılmış, temas süresi ile

giderim veriminin arttığı tespit edilmiş ancak 30. dakikadan sonra giderim veriminin sabitlendiği gözlemlenmiştir. Adsorban miktarının etkisi incelenirken de küçük miktarlar (1-5 gr) üzerinden değerlendirmeler yapılmış ve adsorban miktarı ile giderim veriminin doğru orantılı olarak arttığı tespit edilmiştir.

Bu ve bunun gibi birçok çalışmada hep sabit kirletici konsantrasyonları üzerinden sadece Cr^{+6} kirletici yükünün giderimine bakılmış ve adsorban miktarları minimal düzeyde tutularak konsept bir deney düzeneği üzerinden giderim verimleri değerlendirilmiştir. Bizim çalışmamızda ise nanopartiküllü filtreler endüstriyel bir atık su arıtma tesisi çıkışına entegre edildiği için birçok kirletici yükünün bulunduğu atık sudan Cr^{+6} gideriminin yanı sıra toplam krom ve askıda katı madde giderim verimlerine de bakılmıştır. Adsorban miktarları değerlendirilirken de atık su arıtma tesisi çıkışlarına koyulan aktif karbon tüplerinin içerisini dolduracak farklı miktarlarda adsorban yerleştirilerek işleyen bir tesiste uygulamalı olarak adsorban miktarının giderim verimi üzerindeki etkisi gözlenmiştir. Literatürdeki çalışmalar incelendiğinde pH'ın etkisine bakılırken genelde en düşük seviyeden pH=1'den başlayıp gözlemler yapılmıştır. Uygulamada bu değerlerde alıcı ortama deşarj yapılamayacağı için bizim çalışmamızda mevcut yasal sınırlar içinde izin verilen limit değerler (pH= 6-10) arasında bir kıyaslama yapılarak pH=6'dan başlayıp pH=10'a kadar olan skalada değerlendirme yapılarak düşük pH'larda giderimin daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Temas süresi değerlendirmeleri yapılırken tüm çalışmalarda ilk göze çarpan nokta 30. dakikadan sonra giderim veriminin kayda değer bir değişkenlik göstermediği giderimin % 90-95'lik kısmının bu ilk periyotta gerçekleştiği olmuştur. Bizim araştırmamızı diğerlerinden ayıran en önemli nokta sabit bir kirletici konsantrasyonuna sahip standart bir stok çözelti üzerinden tek bir kirletici parametresi bakılarak yapılan bir çalışma olmayıp farklı sayıda ve yükte birçok kirletici parametrenin bulunduğu bir atık su arıtma tesisi çıkışında uygulama yapılmıştır. Bu uygulama yapılırken de değişkenlerin hepsi endüstriyel bir atık su arıtma tesisinin fiili olarak çalışması için gereklilikleri sağlayabilecek değerler üzerinden belirlenmiştir. Ayrıca araştırmamızda nanopartiküllü filtrelerin giderim veriminin tespiti yapılırken standart aktif karbon filtrelerle de kıyaslanarak mevcut giderimin ne kadar iyileştirildiği ve performansındaki artış yüzdesinin ekonomik maliyeti ile kıyaslanarak kullanılabilirliği tespiti de yapılmıştır.

7. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Düzce Sarsılmaz Silah Fabrikasının kimyasal atık su arıtma tesisinin çıkışına entegre edilerek denenmiş olan gümüş nanopartiküllü filtreler standart filtrelere kıyasla Cr^{+6} giderim veriminde %50 oranında avantaj sağlamış olup düşük bir yatırım maliyetinin olması ile ekonomik bir tasarım olarak ortaya çıkmaktadır. Filtrelerin giderim verimleri kıyaslanırken temas süresinin etkisi, pH'ın etkisi ve adsorban miktarının etkisi de değerlendirilmiştir. pH ayarlamaları yapılırken arıtma tesisinin bağlı olduğu organize sanayi bölgesinin deşarj limitleri (pH= 6-10) göz önüne alınırken adsorban miktarı belirlenirken de standart 15 kg'lık aktif karbon filtreler referans alınarak maksimum 15 kg, minimum 9 kg olacak şekilde değişken adsorban miktarları kullanılmıştır. Temas süresi olarak 30 dakikalık periyotlar seçilmiştir. Elde edilen analiz sonuçları neticesinde oluşturulan tablolarda görüldüğü üzere giderim verimi temas süresi ve adsorban miktarı ile doğru orantılı olarak artarken, pH ile ters orantılı olarak değişmektedir. Değerlendirme sonuçlarında pH=6'da 15 kg'lık adsorban ile 90. dakika da en yüksek giderim verimi sağlanmıştır. Temas sürelerinin değerlendirmesi yapılırken 30.dakika, 60. dakika ve 90. dakikalardaki değerler kıyaslanmış, sürelerin artmasıyla giderim verimi de artmıştır. Ancak giderim oranının büyük bir kısmı (%90) ilk 30 dakikalık sürede gerçekleşmekte olup sonraki süreler içerisinde yine artarak devam etmektedir. Benzer veriler Konya Üniversitesi Serpil Edabali'nin "Yeşil Sentez" çalışmasında da elde edilmiş giderimin büyük bir kısmı ilk 30 dakikalık bölümde elde edilmiştir. pH değerlendirmesinde ise en iyi giderim verimi pH=6'da gerçekleşmekte olup buda kromun pH=6'da HCrO_4^- şeklinde bulunması ve sentezlenen filtrelerdeki Ag^+ iyonu ile beraber adsorpsiyon kapasitesinin üst seviyede olmasının göstergesidir.

Ayrıca filtrelerin kullanım ömürleri de 3 haftalık periyotlarla alınan numuneler ile kıyaslanmış olup standart aktif karbon filtrelerin kullanım süreleri 6 ay gibi olurken gümüş nanopartiküllü filtrelerin kullanım ömrü yaklaşık 1 yıldır. Bunun yanı sıra 15 kg'lık bir gümüş nanopartiküllü aktif karbon filtre tasarlamak için harcanan rakam 730 TL olup standart bir aktif karbon filtre maliyetinin 3000 TL olduğu göz önüne alınırsa ortalama dörtte bir (%25) yatırım maliyeti ile 2 kat daha uzun ömürlü kullanılabilecek bir filtre tasarlanmış olacaktır. Böylelikle tasarımın düşük yatırım maliyetinin yanında kullanım ömründe sağladığı 2 katlık bir avantajla endüstriyel kullanımlar içinde uygun bir tasarım olarak ön plana çıkmaktadır. Nanopartikül kaplı aktif karbon filtrelerle genelde sabit kirletici konsantrasyonları üzerinden sadece belirli bir kirletici yükünün giderimi değerlendirilmiştir. Bu çalışmalarda adsorban miktarları da minimal düzeylerde tutularak sınırlı deney düzenekleri ile giderim verimlerindeki değişkenlikler gözlemlenmiştir. Bizim çalışmamızda ise aktif olarak işleyen bir endüstriyel atık su arıtma tesisinde girişteki kirletici yükünün yüksek olduğu ve değişkenlik gösterdiği bir ortamda denenmiş olan gümüş nanopartikül kaplı aktif karbon filtrelerin standart aktif karbon filtrelere göre çok daha avantajlı olduğu ortaya çıkmıştır. Böylece metal yüzey kaplama yapılan bir tesisin atık su arıtma tesisi çıkışında Cr^{+6} giderimin de bu kadar iyi sonuçlar elde edilen bu filtrelerin deri sanayinde ve atık suyunda farklı ağır metaller bulunan diğer endüstriyel tesislerde de kullanılabilir olduğunu göstermektedir.

8. KAYNAKLAR

- Avcıata, O. (2009). ‘Nano Tozların Sentezi ve Karakterizasyonu’, Doktora Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye
- Baran, E. (2012). ‘Tekli ve ikili sistemde zeolit yüzeyine malachite green ve rhodamine b’nin adsorpsiyonunun araştırılması’ Yüksek Lisans Tezi, Kilis 7 Aralık Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kilis, Türkiye
- Berkem, A. R., Baykurt, S., ve Berkem, M. L., (1994). Fizikokimya 2.Cilt, İstanbul, Türkiye, İstanbul Üniversitesi İletişim Fakültesi Basımevi ve Film Merkezi.
- Chen, J. P., Wang, X. Y. (1999). Removing Copper, Zinc and Lead Ion by Granular Activated Carbon in Pretreated Fixed-Bed Columns. Separation and Purification Technology, 34(12), 2369-2381.
- Edabali, S. ve Tutar Kahraman, H. (2016). “Yeşil Sentez” Yöntemiyle Üretilmiş Gümüş Nanotanecek Yüklü Aktif Karbonun Cr(VI) Giderimindeki Performansının Değerlendirilmesi. Selçuk Üniversitesi Mühendislik Bilim ve Teknoloji Dergisi, 4(3), 208-215.
- Flippo, E., Serra, A., Buccolieri, A., Manno, D. (2010). Green synthesis of silver nanoparticles with surose and maltose: Morphological and structural characterization. Journal of Non-Crystalline Solids, Vol. 356, 344–350.
- Gündüz, T. (1998). Çevre Sorunları, 2. Baskı, Ankara, Türkiye: Gazi Büro Kitabevi,
- Keskinler, B., Çakıcı, A., Yıldız. (1994). Çevre Mühendisliği temel işlemler ve prosesler, ders notları. Atatürk Üniversitesi.
- Komori, K., Rivas, A., Toda, K., Ohtake, H. (1990). A method for removal of toxic chromium using dialysis-sac cultures of a chromate-reducing serian of Enterobacter cloacae. Appl Microbiol Biotechnol, 33(1), 117–119.
- Kotas, J., Stasicka, Z. (2000). Chromium occurrence in the environment and methods of its speciation. Environmental Pollution, Vol. 107, 263–283.
- Kroschwitz, J.I. (1992). Kirk-Othmer Encyclopedia Of Chemical Technology. Chemie Ingenieur Technik, 4th. Ed, 1015-1035
- Küçükgül, E.Y. (2004). Ticari Aktif Karbon Üretimi Ve Özelliklerinin Belirlenmesi. DEÜ Mühendislik Fakültesi Fen Ve Mühendislik Dergisi, 6(3), 41-56.
- Müller, R.H., Mehnert, W. (1997). Particle And Surface Characterisation Methods. Stuttgart, Almanya, Medharm Scientific Publishers.
- Nas, Z. M. (2006). ‘Tekstil boyalarının sulu çözeltilerden adsorpsiyon yöntemiyle giderimi’ Yüksek Lisans Tezi, Gebze İleri Teknoloji Enstitüsü Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli, Türkiye

Nordberg, F.G. (2004). Handbook on the toxicology of metals. 3rd Edition. London. United Kingdom. Elsevier.

Nriagu, J.O., Nieboer, E. (1988). Chromium in the Natural and Human Environments. 13rd Edition. New York, U.S.A., Advances in environmental science and technology.

Şamdan, C.A. (2013). ‘Kabak çekirdeği kabuğundan kimyasal aktivasyonla aktif karbon üretimi boya ve ağır metal gideriminde değerlendirilmesi’ Yüksek Lisans Tezi, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir, Türkiye

Sanden, P., Karlsson, S., Lohm, U. (1987). Environmental Impacts of Old Mine Tailings Deposit Metal Concentrations and Water Pathways. Hydrology Research, Vol. 18, 301-302

Savcı, S. (2005). ‘Basic blue 41 boyar maddesinin canlı ve inaktif sucul bitki *Myriophyllum Spicatum* tarafından adsorplanabilirliğinin incelenmesi’ Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana; Türkiye

Saygılı, H. (2015). ‘Bazı bitkisel posalardan nano-gözenekli aktif karbon üretilmesi ve bazı absorpsiyon uygulamalarında kullanılabilirliğinin incelenmesi’ Doktora Tezi, Dicle Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Diyarbakır, Türkiye

Sethy, T.R., Sahoo, P.K. Highly toxic Cr (VI) adsorption by (chitosan-gPMMA)/silica bionanocomposite prepared via emulsifier-free emulsion polymerisation. International Journal of Biological Macromolecules, 15(2), 388.

Toprak, R., Girgin, İ. (2000). Aktifleştirilmiş Klinoptilolit ile Deri Sanayi Atık Sularından Kromun Giderilmesi. Turkish Journal of Engineering and Environmental Sciences, 24(5), 343- 351.

U.S. EPA, (2000). Chemical Precipitation Wastewater Technology Fact Sheet. Water Environmental Federation, Washington, U.S.A

Uysal, M. (2004). ‘Endüstriyel Atık sulardan Cr(VI)’nın Adsorpsiyon Yoluyla Giderilmesi’ Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, Türkiye

Yuana, H., Zhanga, J., Lua, Z., Mina, H., and Wuc, C. (2009). Studies on biosorption equilibrium and kinetics of Cd²⁺ by *Streptomyces* sp. K33 and HL-12. Journal of Hazardous Materials, Vol. 164, 423-431

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Şahin KALYONCU

Yabancı Dili : İngilizce

ÖĞRENİM DURUMU

Derece	Alan	Okul/Üniversite	Mezuniyet Yılı
Y. Lisans	Çevre Mühendisliği	Düzce Üniversitesi	2023
Lisans	Çevre Mühendisliği	Kocaeli Üniversitesi	2010
Lise	Sayısal	Düzce Fen Lisesi	2006
İlköğretim	-	19 Mayıs İ.Ö.O.	2002

YAYINLAR

Kalyoncu, Ş. (2022). Krom (VI) İndirgeme Yapan Arıtma Tesislerinde Nanotanecik Yüklü Aktif Karbon Kullanılarak Krom (VI) Giderim Performansının Arttırılması. Karadeniz 11. Uluslararası Uygulamalı Bilimler Kongresinde Sunuldu, Rize, Türkiye.

Kalyoncu, Ş. (2022). Krom (VI) İndirgeme Yapan Arıtma Tesislerinde Nanotanecik Yüklü Aktif Karbon Kullanılarak Krom (VI) Giderim Performansının Arttırılması. 2022 Karadeniz 11. Uluslararası Uygulamalı Bilimler Kongresi (ss. 573-595), Rize, Türkiye.

Kalyoncu, Ş., Aktaş, F. (2022). Cr(VI) gideriminde nanotanecik yüklü aktif karbon kullanılarak giderim veriminin arttırılması, Türkiye. Patent Başvurusu, 12.08.2022