

## UÇUCU KÜL KULLANILARAK KAĞIT FABRİKASI ATIK SULARINDAN FENOL VE LİGNİN GİDERİMİ

Mehmet UĞURLU

**Özet-**Bu çalışmada, uçucu kül kullanılarak kağıt atık sularında lignin ve fenol giderimleri incelendi. Deneylerde pH, tane boyutu, katı/sıvı oranı, sıcaklık ve sürenin giderime etkisi araştırıldı. Optimum giderim için, pH: 3.0, 25°C, 150mm tane boyutu, bir saatlik süre uygun bulundu. Lignin için 0.06g/mL ve fenol için 0.12 g/mL katı/sıvı oranı uygun bulunmuştur. Bu parametrelerde fenolde % 66 ligninde ise %82 oranında giderim sağlanmıştır. Elde edilen sonuçlar, kağıt atık sularından fenol ve lignin giderimi için uçucu külün potansiyel bir adsorbent olabileceğini göstermiştir.

**Anahtar kelimeler-**Uçucu kül, adsorpsiyon, lignin, fenol, kağıt atık suları

**Abstract-**The present study was examined the use fly ash for the removal of lignin and phenol from paper mill effluent. The effect of pH, particle size, solid/liquid ration, temperature and contact time were investigated. As a result of these experiment, the optimum removal for lignin and phenol adsorption to be pH 3.0, 25°C temperature, 0.06 g/mL for lignin, 0.12 g/mL for phenol, 1h time and 0.150 mm particle size. In these conditions phenol and lignin were approximately removed % 66 and %82 ration respectively. The result generally were shoved that fly ash could be considered as a potential adsorbent for lignin and phenol removal from paper mill effluents.

**Key words:** Fly ash, adsorption, lignin, phenol, paper mill effluent

### I.GİRİŞ

Sanayi dallarının çoğunda su kullanmaksızın çalışılmamaktadır. Fabrikasyonda, buharlaştırmada, yıkamada, kurutmada, enerji üretiminde v.s. bol miktarda su kullanılmaktadır. Bu sular kullanıldıkları endüstriye göre değişim göstermekte olup çok çeşitli maddeler içerebilirler. Bunlar; asitler, alkaliler, organik maddeler, korrozif maddeler, zehirli maddeler ile yüksek sıcaklık, renklilik ve kötü koku gibi özelliklerdir [1].

M. Uğurlu, Muğ. Ü Fen Ed. Fak. Kimya BL. Muğla Kağıt endüstrisi, Petrol, çimento, deri, tekstil ve çelik endüstrisinden sonra en fazla kirlilik oluşturan sektörlerden olup, prosten çevreye verilen atık sular organik maddelerle yüklü özelliktedirler [2]. Bu atık sular yüksek oranda BOİ ve KOİ değerlerine sahip olduklarından arıtılmadan alıcı ortamlara deşarj edildiklerinde çevresel kirlilik oluşturmaktadırlar [3].

Kağıt üretim prosesinde, beyazlatma sürecinde yaygın olarak klor, klordioksit, hidrojen peroksit gibi oksitleyici kimyasallar kullanılmaktadır. Klor kullanımına bağlı olarak oluşan klorlu organik bileşikler atık su arıtma tesislerinde tam olarak giderilememektedir [1]. Akarsu, deniz veya diğer alıcı ortamlara bırakılmadan önce çeşitli yöntemlerle arıtılması ve deşarj yönetmeliklerine göre zehirli maddeler ve inhibitörlerden arındırılması gerekmektedir. Ayrıca, bu tür atık suların oluşturabileceği çevresel kirliliğin engellenmesine yönelik kısıtlamalar getirilmektedir[2].

Atık sulardan renklilik ve zehirlilik oluşturan bileşenlerin giderilmesinde fiziksel ve kimyasal yöntemler yaygın olarak kullanılmaktadır. Fizikokimyasal yöntemlerden etkili olanlardan biri, adsorpsiyon yöntemidir. Bu yöntemde adsorbent olarak kullanılan etkili madde aktif karbondur. Ancak aktif karbonun maliyetinin çok yüksek olması ve rejenerasyon güçlülüğü, arıtma maliyetini bir hayli arttırmaktadır. Bu durum göz önüne alınarak; son yıllarda uçucu kül, sepiyolit, perlit, pomza taşı v.b. maddeler düşük maliyeti ve temin edilmelerinin kolay olması gibi avantajlarından dolayı aktif karbona alternatif olarak kullanılmaktadır.

Literatür çalışmasında, uçucu külün adsorbent olarak kullanılmasına yönelik çok sayıda çalışmaya rastlanılmaktadır. Bu çalışmaların bir kısmında. sulu ortamlarda bazı ağır metallerin uzaklaştırmasında uçucu külün adsorbent olarak kullanılabilceği [4,5,6], şeker endüstrisinde deşarj edilen atık suyun arıtılması ve uçucu kül ile tekstil atık sularından renk ve toksik oluşturan maddelerin uzaklaştırılması [7], uçucu kül kullanarak sulu ortamdan klorlu fenol bileşiklerinin etkili bir şekilde uzaklaştırıldığı [8], volkanik küllerin kullanılmasıyla kağıt atık sularından lignin ve renk oluşturan maddelerin giderilebileceği [9], fenol gideriminde uçucu külün aktif



karbona alternatif olarak kullanılabilmesi ve aynı zamanda yüksek oranda giderimin sağlanabileceğine yönelik çalışmalar rapor edilmektedir [10].

Literatür çalışmalarında; kağıt endüstrisi atık sularının biyolojik metotlarla arıtılmasına yönelik çok sayıda çalışma mevcut olmasına karşın, doğrudan adsorpsiyon yönteminin kullanıldığı çalışmalara çok az rastlanılmaktadır. Bu eksiklik göz önüne alınarak, çevre kirliliği olgusunun giderek önem kazandığı ülkemizde, düşük maliyetli ve temini kolay bir malzeme olmasından dolayı uçucu kül kullanılarak kağıt endüstrisi atık sularında fenol ve lignin gibi kirlilik ve renklilik oluşturan maddelerin adsorpsiyon metodu ile giderimleri araştırılmıştır.

## II. MATERYAL METOD

### II.1 Kullanılan Adsorbent

Çalışmamızda adsorbent olarak, Muğla ili Yatağan Termik Santrali'nde düşük kalorili linyitlerin yakılması sonucu oluşan ve yıllık 1,2 milyon m<sup>3</sup> lük bir hacme sahip uçucu kül örnekleri kullanıldı. Santralden alınan uçucu kül örneklerinin kimyasal analizleri yapılmış olup, bu analizler sonucu % 33.3 SiO<sub>2</sub>, %14.31 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, % 31.09 CaO, % 4.11 Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, % 6.28 SiO<sub>2</sub>, % 1.43 K<sub>2</sub>O, % 1.23 MgO ve % 0.34 Na<sub>2</sub>O olduğu tespit edilmiştir.

Uçucu küller belirli oranda radyoaktivite içermektedirler [11]. Bu durum göz önüne alınarak Muğla Üniversitesi Fizik Bölümünce yürütülen çalışmada, Yatağan Termik Santrali uçucu kül örneklerinin radyoaktivite değerleri incelenerek, bireyler için 5mSV/yıl olan değerden (0,0064mSV/yıl) çok düşük olması radyoaktivite açısından bu materyalin çevresel arıtımında kullanımına yönelik herhangi bir olumsuz etkisinin söz konusu olmadığı görülmüştür. Ayrıca uçucu külün belirli oranda ağır metal içerdikleri yapılan literatür çalışmalarında belirtilmektedir [11]. Adsorbent olarak kullanılan uçucu kül örneklerinde ağır metal analiz değerleri elde edildi. Bu sonuçlara göre, 35.6 mg/kg Cu, 194.0 mg/kg Mn, 720.2 mg/kg Fe, 20.9 mg/kg Cr<sup>+6</sup>, 1.066 mg/kg Pb ve 30.8 mg/kg Co bulunduğu ve bu değerlerin herhangi bir çevresel tehdit oluşturmadığı belirtilmektedir [12].

### II.2 Örneklerin Alımı

Atık su deşarj edilecek ortama verilmeden önce yeterli miktarda alınarak Muğla Üniversitesi çevre laboratuvarında çok düşük sıcaklıkta muhafaza edilmiştir. Deneylerden önce deşarj edilen atık suyun analizi yapılarak fenol ve lignin konsantrasyonları belirlendi. Bu analizler sonucunda fenol için 0,535mg/L lignin için ise 13,514mg/L bulunmuştur.

### II.3 Deneysel Kısım

Fenol ve ligninin uzaklaştırmak üzere laboratuvar ölçeğinde ve sabit karıştırılmalı bir çalkalayıcıda kesikli adsorpsiyon deneyleri yapıldı. Süspansiyon pH'sı, adsorpsiyon süresi, katı\ sıvı oranı, adsorbent tane boyutu ve sıcaklık parametre olarak seçildi. Kaba ve ince toz safsızlıkları uzaklaştırılarak belli göz açıklıklarına sahip elek serisi kullanılarak kesikli sarsmalı elek analizi ile uçucu kül farklı tane boyutlarına ayrıldı. Adsorpsiyon deneylerinde tartımlar 0,01 mg'a hassas terazide tartılarak, 100 ml ham atık su ve 2' şer gram adsorbent, 250 ml hacimli kaplara alınarak denemeler gerçekleştirildi. pH'nın etkisinin araştırıldığı deneylerde ham atık suyun pH'sı NaOH ve HCl çözeltileri kullanılarak pH metre yardımıyla ayarlandı. Deneyler iki tekrarlı yapılarak, elde edilen sonuçların ortalamaları alınmıştır. Adsorpsiyon öncesi ve sonrası absorbanslar standart atık su analiz metotlarına göre Dr. Lange spektrofotometresi yardımıyla kolorimetrik olarak ölçüldü. Kalibrasyon eğrisi yardımıyla konsantrasyonlar belirlenerek, fenol ve lignin için % giderim oranları hesaplandı.

### II.4 Yapılan Analizler

**Lignin Tayini:** Yaklaşık 20°C' deki atık su ve saf suyun 50 mL'lik miktarları üzerine hızlı bir şekilde 1,0 mL folinfenol ve 10,0 mL karbonat-tartarat reaktiflerinden ilave edilerek 30 dakika renk oluşumu için beklenir. Daha sonra saf su ile hazırlanan numune standart alınarak 700 nm dalga boyunda her bir numune için absorbans ölçümü yapılır. Kalibrasyon eğrisi yardımıyla lignin konsantrasyonları belirlenir [13].

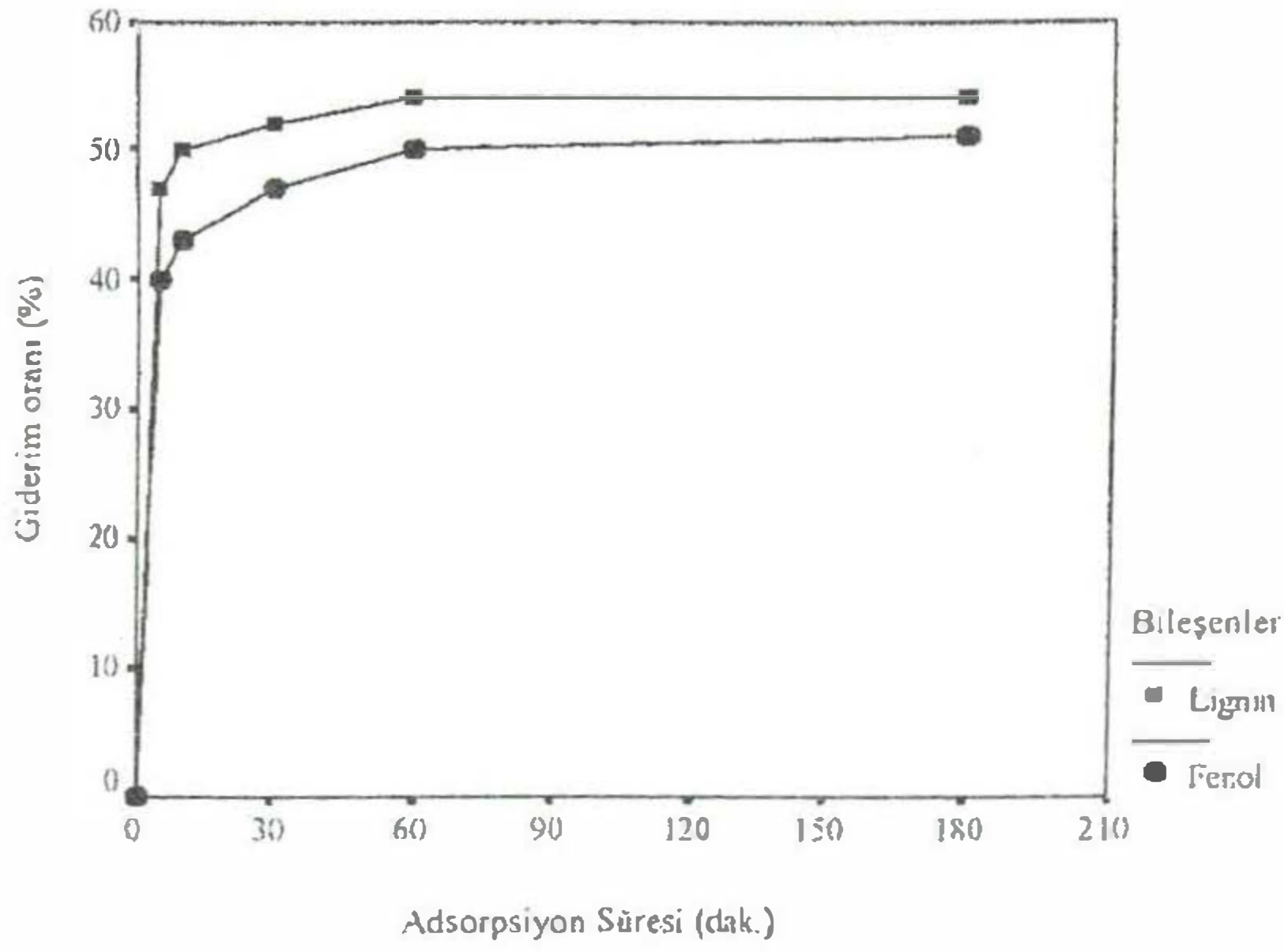
**Fenol Tayini:** 100 mL atık su ve saf su örneği alınarak üzerlerine 2.5 mL 0.5 N NH<sub>4</sub>OH çözeltisi ilave edilir. Fosfat tamponu yardımıyla pH 7.9 ±1'e ayarlanır. Daha sonra her bir örneğe 1.0 mL 4-aminoantipyrine çözeltisi ilave edilerek iyice karıştırılır ve 1.0'er mL potasyumferrisiyanür ilave edilir. 15 dakika bekleme süresinden sonra, saf su ile hazırlanan numune standart alınarak 500 nm'de her bir numune için absorbans ölçümü yapılır. Kalibrasyon eğrisi yardımıyla fenol konsantrasyonları belirlenir [13].

## III. BULGULAR ve TARTIŞMA

### III.1 Adsorpsiyon Kinetiği

Kağıt atık sularında renklilik ve kirlilik oluşturan fenol ve ligninin bileşiklerinin süreye bağlı olarak giderim oranlarındaki değişimler elde edildi. Sonuçlar Şekil 1' de verilmektedir.



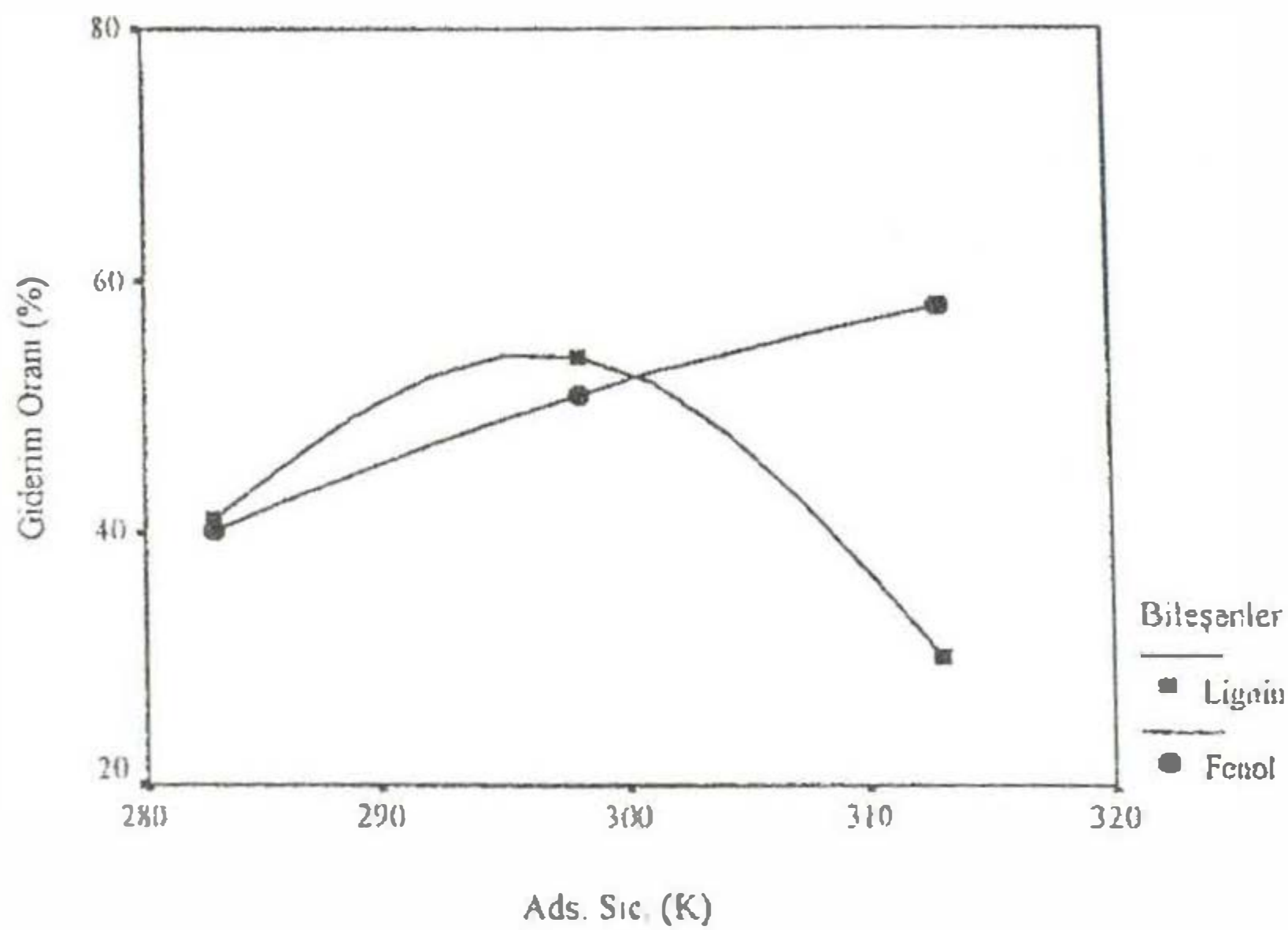


**Şekil 1.** Adsorpsiyon süresine bağlı olarak, fenol ve lignin giderimindeki değişim (pH:7.5, Ads.Sıc. 25°C, katı/sıvı oranı:1/50g/ml ve tane boyutu: 150mm)

Şekil 1'den görülebileceği gibi fenol ve lignin için çok kısa sürede belirgin oranda giderim oranı sağlanmıştır. Bir saat sonunda bu giderim, lignin için %54 fenol için ise %51 oranında olmuştur. Ayrıca, bu şekilden her iki bileşen için adsorpsiyonun bir saatte dengeye ulaştığı görülmektedir. Bu sonuçlar, artan süre ile giderimde herhangi bir değişimin gerçekleşmediğini ve bir saatlik sürenin artırım için uygun olduğunu göstermektedir. Fenol ve lignin için adsorpsiyonun bir saat sonunda sabitleşme eğiliminde olması, tutunmanın fiziksel karakterli olduğunu, diğer bir ifadeyle fiziksel adsorpsiyonun gerçekleşmiş olduğunu göstermektedir. Kağıt endüstrisi atık sularının oldukça kompleks olduğu ve yaklaşık 300'e yakın bileşik ihtiva ettiği tespit edilmiştir [14]. Bu karakterdeki atık sularda adsorpsiyon; sıvı fazdaki moleküllerin mobilitesine, por yapısına ve partikül büyüklüğüne, partikül ve faz arasındaki temasın hidrodinamiğine bağlı olabilmektedir.

### III.2 Sıcaklığın Etkisi

Farklı adsorpsiyon sıcaklığında uçucu kül ile adsorpsiyon deneyleri gerçekleştirildi. Bu deneyler sonucunda fenol ve ligninin için giderim oranlarındaki değişim Şekil 2'de verilmektedir.

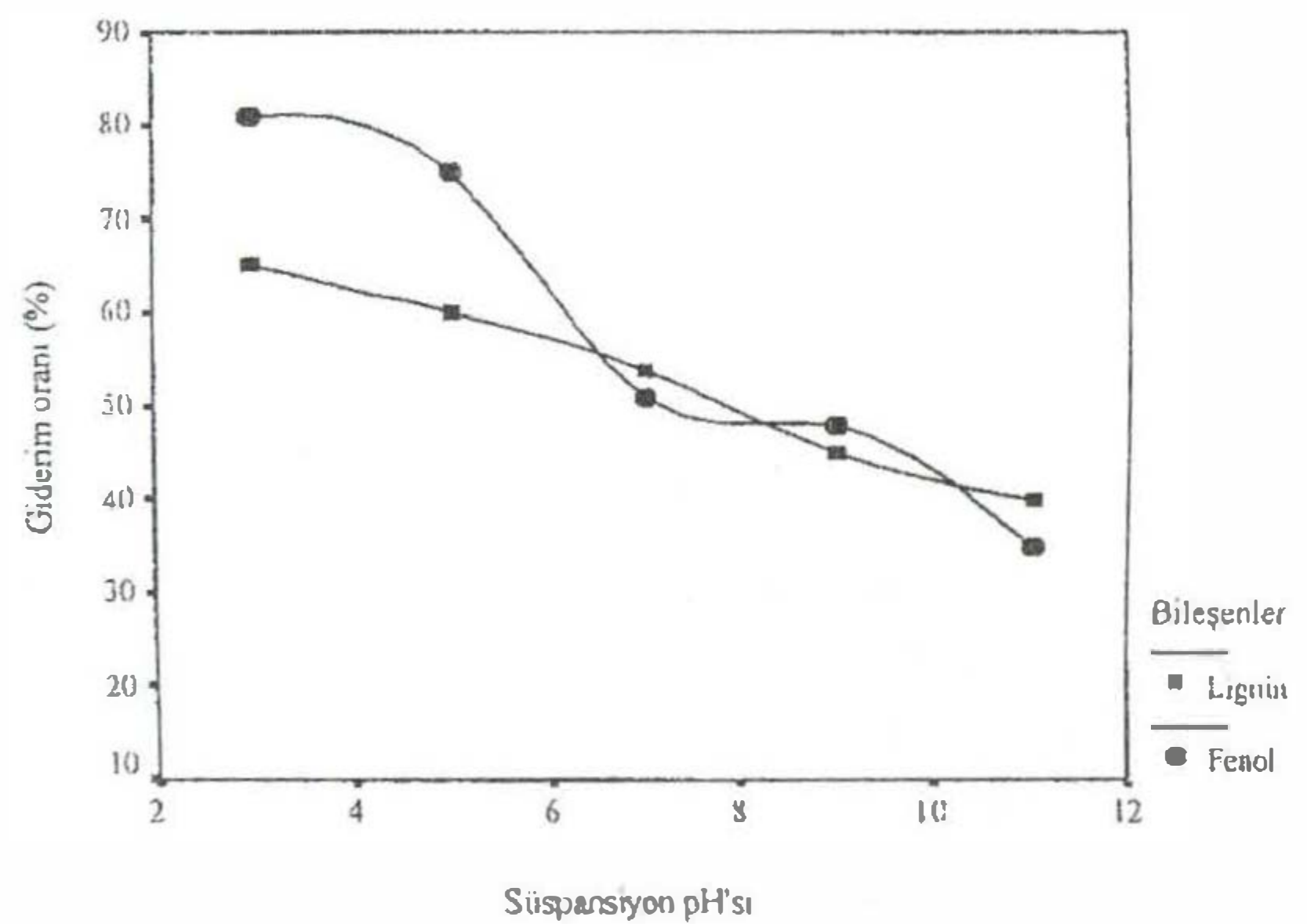


**Şekil 2.** Fenol ve lignin için adsorpsiyon sıcaklığının giderim oranına etkisi (Ads. Süresi:24saat, pH:7.5, katı/sıvı oranı: 0.02g/ml ve tane boyutu: 150mm)

Şekil 2' den farklı sıcaklıklarda gerçekleştirilen adsorpsiyonda, sıcaklık arttıkça fenol giderim oranında bir artış gözlenirken, lignin için 293 K'e kadar hızlı bir artış daha sonra artan sıcaklıkla düşme gözlenmiştir. Bu durum, Yüksek sıcaklıkta fenol için prosesin endotermik olduğunu göstermektedir. Ayrıca, her iki bileşen için en uygun giderim 293 K'de sağlanmıştır. Fenol adsorpsiyonu ile ilgili çalışmada sıcaklık 30 °C'den 50 °C'ye çıkarıldığında adsorpsiyonunun arttığı sıcaklık artışının moleküllerin partiküller içine difüzyon hızlarının artacağı belirtilmektedir. Yine bu çalışmada, sıcaklığın artmasıyla adsorbent aktif merkezlerinin oluştuğu belirtilmektedir [15]. Bu sonuçlar elde ettiğimiz sonuçlara paralellik göstermiştir. Lignin adsorpsiyonunda 298 K'den sonra sıcaklığın artması ile giderimde azalma gözlenmesi, artan sıcaklıkla termal hareketlilikte meydana gelen artışa paralel olarak, makro moleküler lignin taneciklerinin birbirleri ile çarpışma ihtimallerinin artmasından kaynaklanabilir.

### III.3 pH'nın Etkisi

Süspansiyon pH'larına bağlı olarak fenol ve lignin giderim oranlarındaki değişim Şekil 3'de verilmektedir.



**Şekil 3.** Süspansiyon pH'sına bağlı olarak fenol ve lignin giderim oranlarındaki değişim (Ads. Süresi:24 saat, Ads.Sıc:25°C, tane boyutu: 150mm ve katı/sıvı oranı:0,02g/mL)

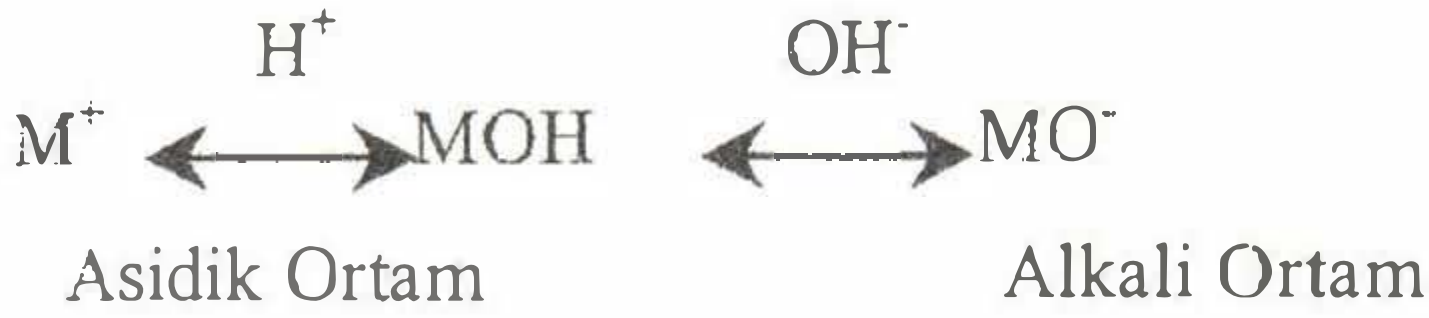
Şekil 3'de, Uçucu kül ile farklı süspansiyon pH'larında gerçekleştirilen deneylerde pH:3'de fenol ve lignin için maksimum giderim sağlanmıştır. Ayrıca, pH arttıkça lignin giderimlerinde lineer bir azalma gözlenirken, fenol için pH 5'e kadar yavaş, artan pH ile giderimde hızlı bir düşmenin gerçekleştiği gözlenmiştir.

Bilindiği gibi  $Al_2O_3$  ve  $SiO_2$  uçucu külün ana bileşenleridir. Yapısal olarak, silika ( $SiO_2$ )  $SiO_4$  tetrahedrelerinden oluşur.  $SiO_4$ 'teki her oksijen atomu iki komşu tetrahedral tarafından ortak olarak kullanılmaktadır. Si-O bağı yaklaşık %50 iyonik karakterdedir. Bu sebeple silika önemli ölçüde non-polar molekülleri adsorplayabilme yeteneğine sahiptir [5]. Atık suda bulunan non-polar özellikteki klorlu fenol ve klorlu lignin bileşiklerinin düşük pH'da adsorplanan



miktarlarındaki artış, proton adsorpsiyonu ile nispeten pozitif yük kazanmış olan kül yüzeylerine tutunmasından kaynaklanmaktadır. Artan pH ile uçucu kül yüzeyindeki anyon adsorpsiyonuna bağlı olarak adsorplanan miktar azalmıştır.

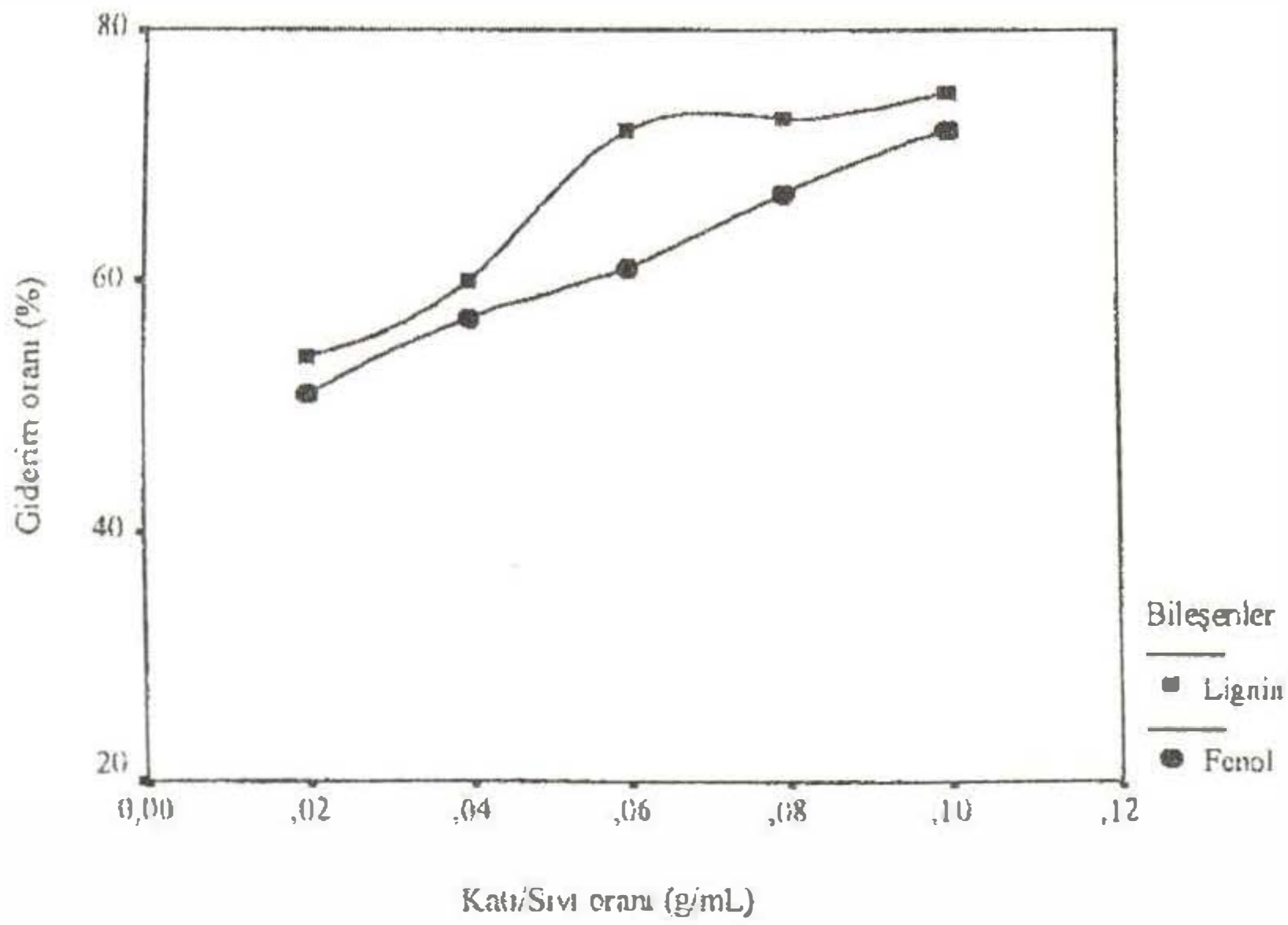
Uçucu kül yapısındaki demir ve alüminyum oksit yüzdelere yükseklği, yüksek pH'da oksitlerin hidroliz ürünlerini oluşturmaktadır. Farklı pH'larda uçucu kül yüzeyinde muhtemel durum,



şekilde olabilmektedir. pH 3-11 aralığında uçucu kül kullanılarak fenolik ve renklilik oluşturan bileşiklerin düşük pH'da %87-96 oranında giderildikleri[9]. Başka bir çalışmada, klorlu fenolik bileşiklerin % 90 oranında güçlü bir şekilde organik bileşiklerle ve sedimentlerdeki metal iyonlarına bağlandığı belirtilmektedir [17]. Fenol ve lignin giderim oranlarının düşük pH'da yüksek olması, artan pH ile düşmenin görülmesi, adsorbent yüzeyinin pH değişiminden belirgin oranda etkilenmesi ve bileşiminde bulunan metal oksitlerin hidroliz ürünlerinden kaynaklandığı söylenebilir.

#### III.4 Katı/ sıvı oranı

Farklı katı/sıvı oranlarında gerçekleştirilen deneylerde fenol ve lignin giderim oranlarındaki değişim, şekil 4'de verilmektedir.



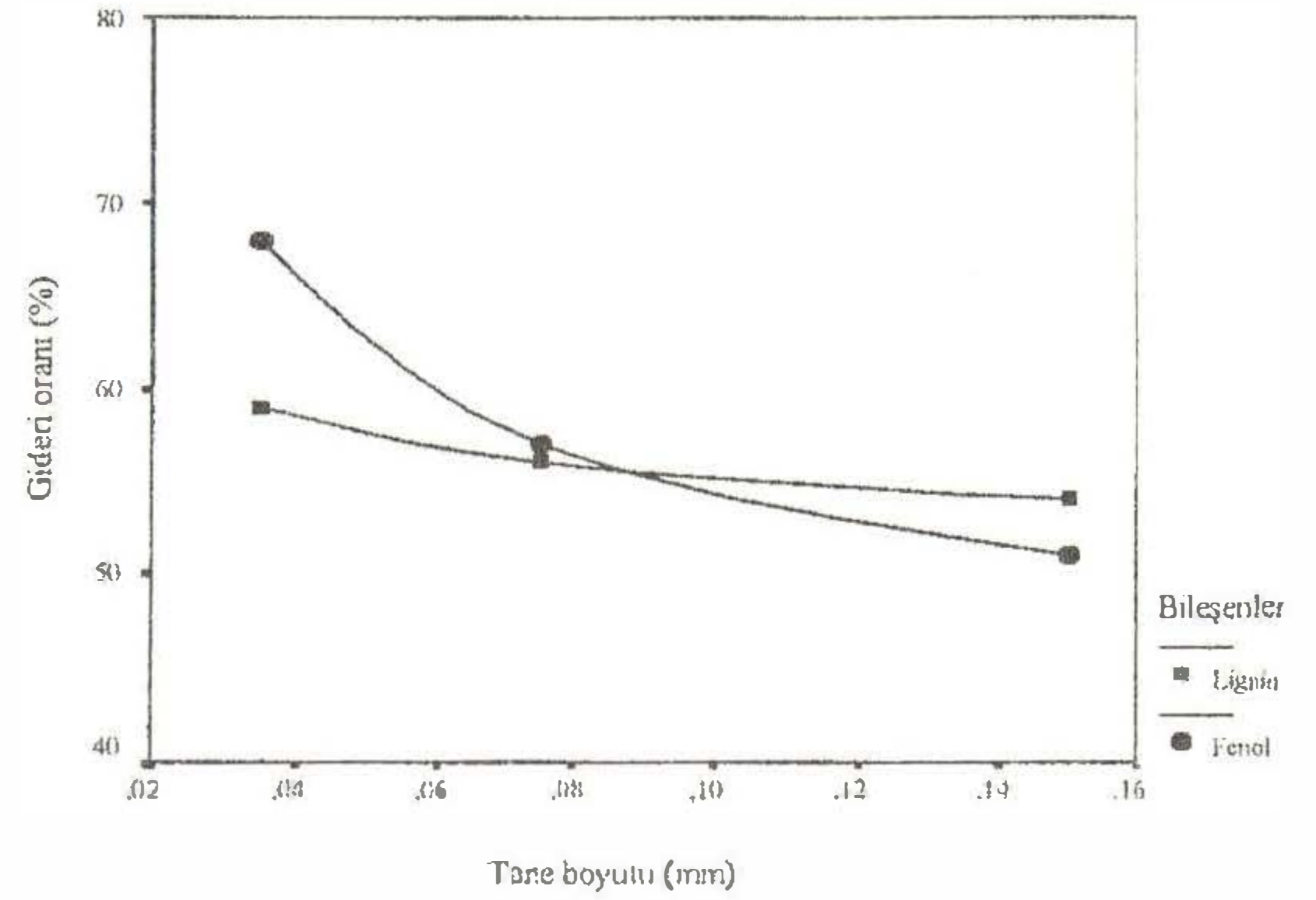
Şekil 4. Farklı katı/sıvı oranlarında fenol ve lignin için giderim oranlarındaki değişim (Ads. Süresi:24 saat, Ads. Sic. 25°C, pH:7,5 ve tane boyutu: 150mm)

Katı/sıvı oranı arttıkça fenol ve lignin giderim oranlarında artışın gerçekleştiği Şekil 4'de görülmektedir. Artan katı/sıvı oranına paralel olarak fenol giderimi lineer bir artış göstermiştir. Lignin için yaklaşık 0,07g/mL oranına kadar hızlı daha sonra artan miktarla sabitleşme eğilimi görülmektedir. Uçucu kül kullanılarak gerçekleştirilen fenol adsorpsiyonunda adsorbent miktarının artmasıyla moleküllerin difüzyon hızlarının ve difüzyon katsayısının arttığı belirtilmektedir [15]. Katı/sıvı oranı

artıkça fenol ve lignin giderim oranlarında gözlenen artma, adsorpsiyon prosesi esnasında adsorbent-adsorbat etkileşmelerinin yoğun şekilde gerçekleşmesiyle açıklanabilir.

#### III.5 Tane Boyutu Etkisi

Farklı tane boyutlarında uçucu kül kullanılarak fenol ve lignin için giderim oranlarındaki değişimler incelenmiş olup, sonuçlar Şekil 5'de verilmiştir.



Şekil 5. Fenol ve lignin giderim oranlarının tane boyutuna bağlı değişimi (Ads. Süresi:24 saat, Ads. Sic:25°C, pH:7.5 ve katı/sıvı oranı 0.02mg/mL)

Şekil 5'de, tane boyutu arttıkça lignin ve fenol giderim oranında azalma gözlenmiştir. 0.035 mm tane boyunda fenol gideriminin yüksek, 0.075mm için yaklaşık aynı, 0.150mm de ise lignin giderim oranında nispi bir artma gözlenmiştir. Ayrıca, tane boyutundaki değişimden en fazla fenol gideriminin etkilendiği görülmüştür.

Uçucu kül kullanarak atık sulardan tarımsal ilaçların giderimi ile ilgili çalışmada tane boyutu küçüldükçe giderimin arttığı[16], fenol adsorpsiyonu ile ilgili çalışmada ise uçucu kül tane boyutu küçüldükçe Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ve SiO<sub>2</sub> miktarlarında artış olduğu belirtilmektedir [15]. Bu çalışmada elde edilen sonuçlardan, uçucu kül tane boyutunun azalmasıyla fenol ve lignin giderim oranında gözlenen artma, Al ve Si oksitleriyle bu bileşenlerin daha yoğun etkileşmeleriyle açıklanabilir. Küçük tane boyutunda gözlenen bu durum, tane boyutunun artmasıyla birim kütle başına tanecik sayısının azalmasının doğrudan adsorptif davranışı etkilediğini göstermektedir. Küçük tane boyutunda fenol adsorpsiyonunun ligninden daha fazla olması, mikro porların belirgin etki göstermesiyle açıklanabilir. Lignin adsorpsiyonunun daha az gerçekleşmesi adsorpsiyonda por difüzyon engelini önemli olduğu sonucunu düşündürmektedir.

#### IV. SONUÇ

Bu deneysel çalışmadan elde edilen verilere göre düşük süspansiyon pH'sında, 2/50 g/mL katı/sıvı oranında, 1 saat süre ve sıcaklığın 25 °C olması halinde kağıt endüstrisi



atık sularında % 81 lignin, % 65 fenol giderimi sağlandı. Yine bu çalışmada uçucu külün çevresel veya işletme atığı olması yanında, düşük maliyetli ve temini kolay bir malzeme olması kağıt atık suyunun arıtımında kullanılabilir alternatif adsorbent olabileceğini düşündürmektedir. Çevre kirliliği olgusunun giderek önem kazandığı ülkemizde, hem ekonomiklik hem de etkinlik açısından bu çalışmaya konu olan adsorpsiyon yönteminin kağıt endüstrisi atık sularının temizlenmesi açısından son derece kullanılabilir olabileceği söylenebilir.

#### KAYNAKLAR

- [1]Tutus, A. ve Eroğlu, H. *Kağıt fabrikası atık sularının çevreye olan zararları ve arıtılması*. 1. Atık Su Sempozyumu, 87-92, Kayseri (1998)
- [2]Muna, A. and Sreekrishnan, T.R., *Aquatic Toxicity From Pulp and Paper Mill Effluents: a review*, Advances in Environmental Research. 5 175-196 (2001)
- [3]Carlberg, G.E. and Stuthridge T.R. *Environmental fate and distribution of Substances*. Environmental Fate and Effects of Pulp and paper Mill Effluents, 169-176. USA. (1996)
- [4]Gupta G.S., Prasad G. and Sing V.N. *Removal of chorme dye from aqueous solution by mized adsorbent: fylash and coal*. Wat. Res, 24(1), 45-50 (1990)
- [5]Viraghavan, T. and Flor de Maria , A. *Adsorption of phenol from wastewater by peat.fly ash and bentonite Appl. Journal of Hazardous Materials* 57, 59-70(1998)
- [6]Benerjee, K., Cheremisinoff, P.N. and Change, S.L. *Adsorption kinetics of o-xylene by fly ash.. Water Res.* 31(2), 249-261 (1997)
- [7]Konduru, R.R. and Viraghavan, T. *Dye removal using low cost adsorbents*. Wat. Sci. Tech, 36(2-3), 189-196 (1997)
- [8]Kao, P.C., Tzeng, J.H. and Huang, T.L. *Removal of chlorophenols from aqueous solution by fly ash*. Journal of Hazardous Materials, 76(2-3), 237-249 (2000)
- [9]Diez, M, C., Mora M.L., and Videla, S. *Adsorption of phenolic compounds and colour from bleached Kraft mill effluent using allophonic compounds*. Wat. Res. 33(1), 125-130 (1999)
- [10]Özdemir, G. *Suda Çözünmüş Tek Halkalı Aromatik Bileşiklerin Aktif Konumla Adsorpsiyonu*, Kimya Müh. Kongresi 279-284 (1993)
- [11]Bailey, S.E., Trudy, I., Bricka, M. and Dean Adrian, D. *A Review of potentially low-cost sorbets for heavy metals*. Wat. Res. 33 (11), 2465-2469 (1999)
- [12]Balci, A. ve Demirak, A. *Yatağan Termik Santrali Uçucu kül Analizleri*. 1. Ekoloji Kongresi . Bodrum. (2001)
- [13]APHA, AWWA, WPCF. *Standards methods for the examination of water and wastewater*. 15. The Edition, 5:54-67, USA. (1980)
- [14]Gifford, J.S. *Recent advances in environmental fate of chemicals from pulp mills*. Environmental Fate of

- Effects of Pulp and Paper Mill Effluents, 271-280, USA. (1996)
- [15]Binary, K. and Narendra, S.R. *Comparative Sorption equilibrium studies of toxic phenols on fly ash and impregnated fly ash*. J. Chem.Tech. Biotechnology. 61, 307-317(1994)
- [16]Vinod, K and İmran, A. *Removal of lindan and malathion from wastewater using bagasse Fly ash-a Sugar industry*, Waste. Wat. Res, 35(1), 33-40 (2001),
- [17]Kookana, R.S. and Rogers, S.L. *Effects of pulp mill effluents disposal on soil Rev. Environ. Contam.Toxicol.* 143, 13-64 (1995)