

## Endüstriyel Kirlilik Sonucu Kahverengi Pirinçte Oluşan Ağır Metal Kirliliğinin Değerlendirilmesi\*

Ayşe Handan DÖKMECİ

Namık Kemal Üniversitesi, Sağlık Yüksekokulu, Acil Yardım ve Afet Yönetim Bölümü, Süleymanpaşa-  
Tekirdağ, Türkiye

Sorumlu yazar: E-posta: [hdokmeci@gmail.com](mailto:hdokmeci@gmail.com)

Geliş Tarihi (Received): 23.12.2016

Kabul Tarihi (Accepted): 23.02.2017

Sulak alanlar çeltik bitkisinin yetiştiği özel alanlardır. Bu alanların kirlenmesi direkt olarak çeltik bitkisini etkilemektedir. Çünkü yetiştiği süre boyunca çeltik bitkisi, tıpkı denizdeki canlıların deniz suyuna maruz kalması gibi bu suya maruz kalmaktadır. Çalışmamız da 20 kahverengi pirinç örneğinde esansiyel olmayan toksik ağır metaller (Cd, Cr, Ni and Pb) ve esasiyel metaller (Cu, Mn, Zn) araştırıldı. İpsala-Meriç-Uzunköprü bölgesinden toplanan kahverengi pirinç örneklerinin toplam ağır metal içerikleri ICP OES kullanılarak belirlendi. Kahverengi pirinçte ölçülen tüm metallerin konsantrasyonları maksimum izin verilebilir limitlerin altında tespit edildi.

**Anahtar Kelimeler:** Endüstriyel kirlilik, ağır metaller, Kahverengi pirinç, Edirne ili

## Assessment of Heavy Metal Pollution in Rice Resulting from Industrial Pollution

Wetlands are special areas where rice plants grow. The contamination of these areas directly affects the brown rice. Because, during the time the rice plant grows, it is exposed to this water as if the sea creatures were exposed to sea water. In this study, concentrations of nonessential toxic heavy metals (Cd, Cr, Ni and Pb) and the micronutrients (Cu, Zn, Mn,) in twenty brown rice (*O.sativa*) was investigated. The total heavy metal contents of the brown rice samples collected from the Ipsala-Meriç-Uzunköprü regions were determined in the ICP OES. Concentrations of all metals measured in brown rice have been determined below the maximum permissible limits.

**Key Words:** Industrial pollution, heavy metals, brown rice, Edirne  
**\*NKUBAP.23.GA.16.012 nolu projeden hazırlanmıştır.**

### Giriş

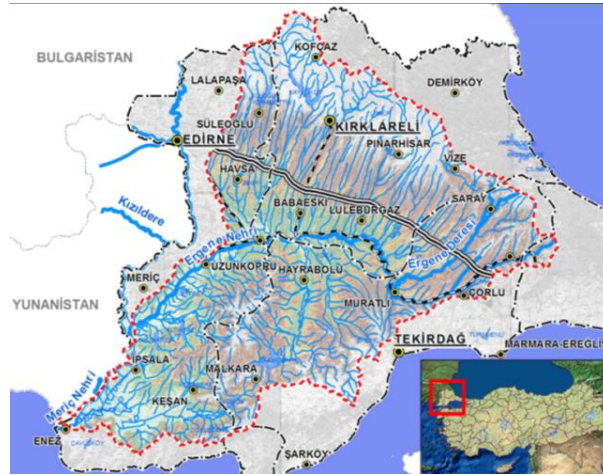
Trakya Bölgesi, sahip olduğu toprak ve su kaynakları ile Türkiye'nin önemli tarım bölgelerinden birisidir. Ergene Havzası Doğu Trakya'da yer alıp Kuzey Marmara Havzası, Evros (Meriç) Havzası ve Bulgaristan ile çevrilidir. Havzada Tekirdağ, Kırklareli ve Edirne illeri yer almaktadır. Havzada, Ülkemizin buğday üretiminin % 12'si, ayçiçeği üretiminin % 61' i, pirinç üretiminin ise % 54'ü yapılmaktadır (Anonim, 2011).

Ergene Havzası'nda hızla gelişen sanayi, nüfus, yerleşim yerleri ve tarım bir taraftan miktar olarak, diğer taraftan oluşturdukları kirlilik yükü bakımından havzada su probleminin baş göstermesine neden olmuşlardır (Anonim, 2015). Ağır metaller ile toprakların kirlenmesi özellikle hava kalitesinin bozulması, tarım arazilerinin yanına otaban yapılması, bilinçsizce tarım ilaçlarının kullanılması, toprak analizlerine dayalı olmayan aşırı gübre kullanılması, katı atıkların

toprağa verilmesi ve Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği'ne göre su kalitesi bozulmuş suların tarımda kullanılması ile tarım arazileri ağır metal kontaminasyonuna uğramaktadır (Dökmeçi A.H, 2005).

Sanayi ve evsel atıklar nedeni ile çeltik sulamasında kullanılan sulama kaynaklarında su kirliliği endişe verici boyuttadır (Anonim, 2012). Ağır metal yönünden yüksek konsantrasyon da olan sulama suları, uzun süre toprak yüzeyinde kaldığında birikim yapar ve çeltik bitkisi de bu metalleri bünyesine alarak biriktirir. Bunun sonucunda, uzun dönemde besin zinciri yolu ile insanlarda yapabileceği toksik etki büyük sağlık problemlerine neden olabilmektedir.

Çalışmamızın amacı, İpsala-Meriç-Uzunköprü bölgesinden 20 noktadan alınan kavuzundan ayrılmış kahverengi pirinç numunelerin de 5 toksik metalin (Cd, Cr, Ni ve Pb) ve 3 esansiyel metalin (Mn, Cu ve Zn) kahverengi pirinçte geçen miktarlarını istatistiki olarak değerlendirmektir.



Şekil.1 Çalışma alanı  
Figure 1. Study area

### Materyal ve Yöntem

Kavuzlu kahverengi pirinç örnekleri laboratuvarında birkaç gün doğal bir şekilde kurumaya bırakılmıştır. Örneklerin kavuzları ayıklandıktan sonra, kabuksuz pirinç taneleri 70°C'de 72 saat etüde kurutulmuştur. Örnekler tartıldıktan sonra ufalanarak (ezilerek) petri kabında analize kadar muhafaza edilmiştir.

İyi homojenize edilmiş 0.5 g ağırlığındaki kahverengi pirinç örnekleri üzerine 8 ml %65 HNO<sub>3</sub> ve 2 ml 30% H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> ilave edildikten sonra 200 °C'de 30 dk CEM marka Model Mars 907511 mikrodalgada (CEM Cooperation, Mathews, North Carolina, USA) digest edilmiştir (Thomson ve Wash, 2003). Bitki ve toprak örnekleri soguduktan sonra deiyonize su ile 100 ml'ye dilue edilerek 45 µm Whatman filtre kağıdından filtre edilmiştir. Örnekler ağır metal analize kadar polietilen şişelerde ve buzdolabında 4°C'de muhafaza edilmiştir. Ağır metal konsantrasyonları için tüm analizler ICP-OES Spectrometer Agilent 700 series ile belirlenmiştir. Ağır metal konsantrasyonları cihazı kalibre etmek için kullanılan internal standart ile belirlenmiştir. Tüm analizler 2 tekrarlı ölçülmüştür. Çalışmamızda ki sürekli değişkenler için tanımlayıcı istatistikler; Ortalama, Standart Sapma, Minimum ve Maksimum değerler olarak ifade edilmiştir. Çalışma da, kahverengi pirinç numunelerinden alınan örneklerde tespit edilen ağır metallerin düzeyleri arasındaki anlamlı ilişkilerin tespit

edilebilmesi için Pearson Korelasyon istatistiksel testi kullanılmıştır. Numune alınan bölgelerde kahverengi pirinç numunelerindeki ağır metal konsantrasyonları bakımından karşılaştırılması için ise, sürekli değişkenlerin ortalamaları kullanılarak aşamalı kümeleme analizi uygulanmıştır. Bu yöntem ile 20 bölge ağır metal düzeyleri bakımından gruplanmaya çalışılmıştır. Kümeleme analizinde hiyerarşik kümeleme tekniklerinden Ward tekniği kullanılmıştır (Kalaycı Ş, 2006). Hesaplamalarda istatistik anlamlılık düzeyi %5 olarak alınmış ve hesaplamalar için SPSS (IBM Corp. Released 2011. IBM SPSS Statistics for Windows, Version 20.0. Armonk, NY: IBM Corp) istatistik paket programı kullanılmıştır.

### Bulgular ve Tartışma

İpsala, Meriç ve Uzunköprü ilçelerinde alınan kahverengi pirinç numunelerinde bakır, çinko, kadmiyum, krom, kurşun, mangan ve nikel elementlerinin konsantrasyonları araştırılmıştır. İpsala'da kahverengi pirinçte ağır metallerin en yüksek ortalama konsantrasyonu Zn'da olduğu görülmektedir, onu sırasıyla Mn> Cu izlemektedir. Meriç'de ağır metallerin en yüksek ortalama konsantrasyonu Mn'da olduğu görülmektedir, onu sırasıyla Zn> Cu > Ni izlemektedir. Uzunköprü'de çeltikte ağır metallerin en yüksek ortalama konsantrasyonu ise, Mn'da olduğu görülmektedir, onu Zn> Cu izlemektedir (Tablo 1).

Tablo 1. Kahverengi pirinç numunelerin de ağır metal konsantrasyonu  
Table 1. Concantration of heavy metals in brown rice samples

	N		Cu	Zn	Cd	Cr	Pb	Mn	Ni
İpsala	3	Ort	3,18	21,38	0,00	0,00	0,00	19,50	0,00
		Min	2,48	20,08	0,00	0,00	0,00	15,98	0,00
		Max	3,68	22,74	0,00	0,00	0,00	24,72	0,00
Meriç	8	Ort	3,04	19,06	0,00	0,00	0,00	20,07	0,98
		Min	1,72	12,58	0,00	0,00	0,00	15,16	0,00
		Max	4,18	24,81	0,00	0,00	0,00	28,08	3,60
Uzunköprü	9	Ort	3,13	17,44	0,00	0,00	0,00	19,10	0,00
		Min	2,22	13,13	0,00	0,00	0,00	16,04	0,00
		Max	3,84	19,67	0,00	0,00	0,00	24,91	0,00

Sanayinin yoğun olduğu bölgelerde ve karayoluna yakın tarım arazilerinde yapılmış olan ağır metal kirliliği izleme çalışmaların da, bölge de Ni kirliliğinin yüksek boyutlarda olduğu tespit edilmiştir (Adiloğlu ve Sağlam, 2015; Tok ve ark., 2005).

Kahverengi pirinç numunelerinden elde edilen ağır metal konsantrasyonları arasındaki istatistiksel olarak anlamlı ilişki sadece Cu-Zn (0.53) arasında bulunmuştur. Kahverengi pirinç örneklerinden alınan numunelerde Cu ve Zn arasındaki ilişki hariç istatistiksel olarak anlamlı bir korelasyona rastlanmamıştır (Tablo 2).

Tablo 2. Kahverengi pirinç örneklerinde ağır metallerin korelasyonu  
Table 2. Correlation of heavy metals in brown rice samples

	Cu	Zn	Cd	Cr	Pb	Mn	Ni
Cu	1						
Zn	0,53*	1					
Cd	-	-	1				
Cr	-	-	-	1			
Pb	-	-	-	-	1		
Mn	0,29	0,07	-	-	-	1	
Ni	0,40	0,40	-	-	-	0,06	1

\* p<0,05

Tablo 3'e göre, kahverengi pirinç numunelerinde tespit edilen ağır metal konsantrasyonları kullanılarak yapılan kümeleme analizi bulgularına göre, numune alınan bölgeler ağır metal ortalamalarına göre incelendiğinde; İpsala İlçesi Balabancık mevki-Meriç İlçesi Doğanca deresi (Amaska mevki), İpsala İlçesi Balabancık mevki- Uzunköprü İlçesi Karayayla mevki,

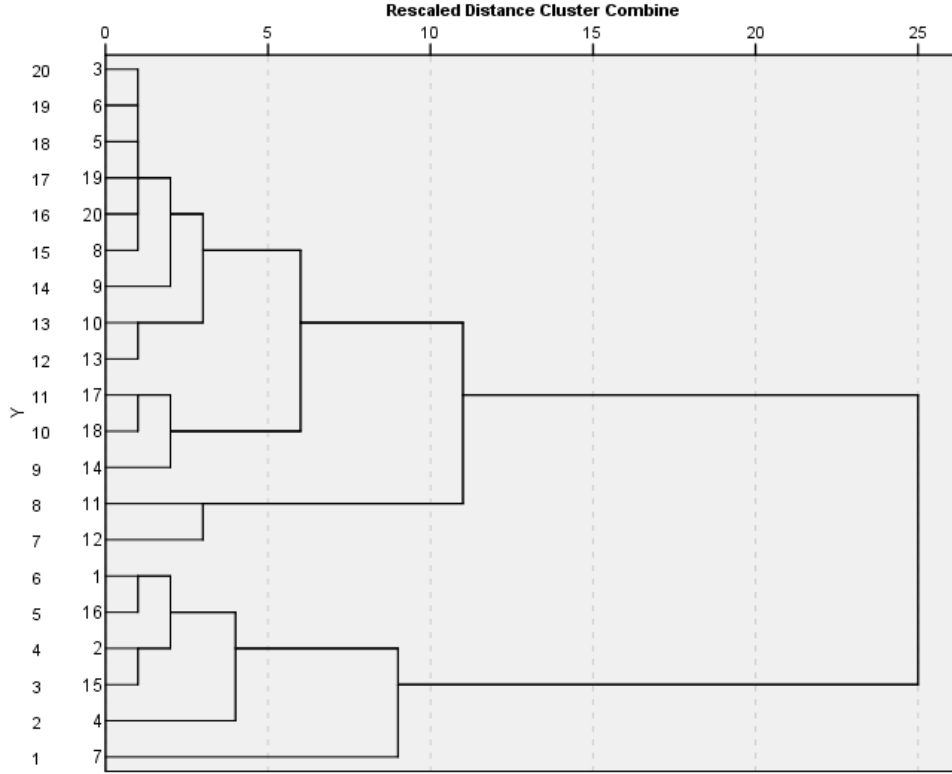
Meriç İlçesi Subaşı mevki-Meriç İlçesi Doğanca deresi (Amaska mevki), Meriç İlçesi Subaşı mevki- Uzunköprü İlçesi Karayayla mevkiileri arasındaki benzerlikler diğerlerine göre biraz daha düşüktür. Diğer bölgelerin ise, benzerliklerinin yüksek ve birbirlerine yakın olduğu görülmektedir.

Tablo 3. Kahverengi piriç numuneleri için yapılan kümeleme analizi benzerlik katsayıları  
 Table 3. Clustering analysis similarity coefficients for brown rice samples

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	1,00																			
2	1,00	1,00																		
3	0,97	0,97	1,00																	
4	0,99	0,99	0,94	1,00																
5	0,97	0,98	1,00	0,94	1,00															
6	0,97	0,97	1,00	0,94	1,00	1,00														
7	0,98	0,98	0,93	0,99	0,93	0,93	1,00													
8	0,97	0,98	1,00	0,95	1,00	1,00	0,94	1,00												
9	0,98	0,98	1,00	0,96	1,00	1,00	0,95	1,00	1,00											
10	0,95	0,95	1,00	0,91	1,00	1,00	0,90	0,99	0,99	1,00										
11	0,89	0,89	0,97	<b>0,84</b>	0,97	0,97	<b>0,83</b>	0,97	0,96	0,99	1,00									
12	0,91	0,92	0,98	<b>0,87</b>	0,98	0,98	<b>0,85</b>	0,98	0,97	1,00	1,00	1,00								
13	0,94	0,95	0,99	0,90	0,99	0,99	0,89	0,99	0,99	1,00	0,99	1,00	1,00							
14	0,99	1,00	0,99	0,98	0,99	0,99	0,97	0,99	0,99	0,97	0,93	0,95	0,97	1,00						
15	1,00	1,00	0,98	0,99	0,98	0,98	0,98	0,98	0,99	0,96	0,91	0,93	0,96	1,00	1,00					
16	1,00	1,00	0,98	0,99	0,98	0,98	0,98	0,98	0,99	0,96	0,91	0,93	0,95	1,00	1,00	1,00				
17	0,99	0,99	1,00	0,97	1,00	1,00	0,96	1,00	1,00	0,98	0,95	0,96	0,98	1,00	1,00	0,99	1,00			
18	0,99	0,99	1,00	0,97	1,00	1,00	0,96	1,00	1,00	0,98	0,95	0,96	0,98	1,00	0,99	0,99	1,00	1,00		
19	0,97	0,97	1,00	0,93	1,00	1,00	0,92	1,00	1,00	1,00	0,98	0,99	1,00	0,99	0,98	0,97	0,99	0,99	1,00	
20	0,97	0,97	1,00	0,93	1,00	1,00	0,92	1,00	1,00	1,00	0,97	0,99	1,00	0,99	0,98	0,97	0,99	0,99	1,00	1,00

Kümeleme analizi diyagramına göre, 1-16 ile 2-15 numaralı bölgeler 4 numaralı bölge ile bunlarda 7 numaralı bölge ile 1 grup oluşturarak kümelenmiştir. 3-6-5-19-20-8-9-10-13) numaralı bölgeler ile bunlarda 17-18-14 numaralı bölgeler ile gruplanarak 11-12 numaralı bölgeleri ile beraber ayrı bir grupta toplanarak kümelenmiştir. Buna

göre, 1, 16, 2, 15, 4 ve 7 numaralı bölgeler ile diğer bölgelerin farklılık gösterdiği görülmektedir. Bunlardan 1 ve 2 numaralı bölge İpsala ilçesinde, 4 ve 7 numaralı bölgeler Meriç ilçesinde ve 15 ve 16 numaralı bölgeleri ise Uzunköprü ilçesinde yer almaktadır (Şekil 2).



Şekil 2. Kahverengi pirinç konsantrasyonları ile yapılan kümeleme analizi diyagramı  
Figure 2. Cluster analysis diagram using with brown rice concentrations

### Sonuçlar ve Öneriler

Meriç ve Uzunköprü'de en yüksek konsantrasyon Mn, İpsala da ise Zn olarak tespit edilmiştir. Ergene nehri 2015 yılı ilkbahar ve yaz döneminde su kalite sonuçları Yüzeysel Su Kalitesinin Yönetimi Yönetmeliği'ne göre değerlendirildiğinde 4. Sınıf su kalitesinde olduğu görülmüştür (Anonim, 2015). Havza da kirlilik önemli boyutlara ulaşmış olsa da kahverengi pirinçte toksik metaller tespit edilememiş, esansiyel metallerden Mn, Zn ve Cu konsantrasyonları ise sınır değerlerin altında kalmıştır. Sulama suyunun havza suyu (Ergene Nehri, Meriç Nehri, baraj suyu, artezyen suyu v.b.) olduğu düşünülecek olunursa, toprak aracılığı ile bitkiye geçişinden sonra bitkinin kök, gövde, yaprak, kavuz v.s tarafından bünyesinde biriktirdiği böylece kahverengi pirinç tanesine kadar eser miktarda geçtiği söylenebilir. Fazeli. ve ark. (1998) yaptıkları araştırmada çinko hariç,

çeltik tanesinde ağır metallerin, çeltiğin kök ve yaprağındaki ağır metal içeriğine göre önemli ölçüde az olduğunu bulmuşlardır. Bitkiler tarafından alınan ağır metallerden Cu, Cr, Co ve Pb nun büyük oranda kökler de, Cd ve Ni büyük ölçüde yapraklarda ve Zn'nun ise daha çok tanede biriktiğini saptamışlardır.

Taşkınlar esasen gerekli besin elementlerinin mevcudiyetini etkiler. O<sub>2</sub>'nin tükenmesi sonucu özellikle redoks potansiyeli ve pH'daki kimyasal değişimler nedeniyle Cu ve Zn' nun kullanılabilirliği bastırılır (Fageria ve ark., 2003). Çalışmamız da Cu ve Zn arasındaki korelasyonun anlamlı bulunması, çeltik bitkisinin sulak alanda oksijensiz yetişmesi, toprak pH'sı, asiditesi, tuzluluğu, tekstürü, organik madde içeriği gibi faktörlerden kaynaklanabilir. Kümeleme analiz diyagramında ifade edilen bölgesel farklılıkların, sulama suyunun çeşitliliğinden, toprağın yapısından ve kullanılan

gübre ve pestisit içeriğinden kaynaklanabileceği düşünülebilir. Trakya Bölgesinde yapılan ıslah çalışmaları su kalitesinin iyileştirilmesine yönelik çalışmalardır. Ayrıca online izleme çalışmaları da yapılmaktadır. Bölge de yapılacak kirlilik çalışmaları, bölgenin iyileşme aşamalarını değerlendirme de oldukça etkili olacağından bu çalışmaların sürdürülmesi ve teşvik edilmesi gerekmektedir.

### Teşekkür

Bu çalışma, "Trakya Bölgesinde Çeltik Bitkisi ve Toprakta Ağır Metal İçeriğinin Belirlenmesi adı ile NKUBAP.23.GA.16.012 no'lu araştırma projesi olarak Namık Kemal Üniversitesi Rektörlüğü, Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından desteklenmiştir.

### Kaynaklar

- Anonim, 2011. Ergene Havzası Eylem Planı Ve Islah Osb Sunumu  
<http://www.csb.gov.tr/dosyalar/images/file/MustafaMasatli.pdf> (Erişim 10 Aralık 2016)
- Anonim, 2015, Çevre Ve Şehircilik Bakanlığı Çed İzin ve Denetim Genel Müdürlüğü Laboratuvar Ölçüm ve İzleme Dairesi Başkanlığı. Ergene Havzası Su Kalitesi İzleme Raporu İlkbahar ve Yaz Dönemi.
- Dökmeci AH. Gala Gölü ve Gölü Besleyen Su Kaynaklarında Ağır Metal Kirliliğinin Araştırılması.

Trakya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 2005.

Anonim, 2012. Edirne Province Paddy Sector Report Publishing Trakya Development Agency Web.<http://investinedirne.org.tr/uploads/docs/06112013MLHBom.pdf> (Erişim 10 Aralık 2016)

Kalaycı, Ş, 2006. SPSS uygulamalı çok değişkenli istatistik teknikleri (Vol. 2). Asil Yayın Dağıtım.

Fazeli, M.S., Khosravan, F., Hossini, M., Sathyanarayan, S., Satish, P.N., Enrichment of heavy metals in paddy crops irrigated by paper mill effluents near Nanjongud, Mysore District, Kornatoko, India. Environ-geol. Berlin, Germany: Sprinkler verlag Berlin. V.34 (u) p. 297-302. Jun. 1988

Fageria, N. K., Slaton, N. A., & Baligar, V. C, 2003. Nutrient management for improving lowland rice productivity and sustainability. Advances in agronomy, 80, 63-152. Academic Press.

Tok, H. H.; A. Adiloğlu, N. Öner; E. Gönülsüz and S. Adiloğlu, 2005. "Heavy Metal Concentrations in Irrigation Waters and Rice Crops in the Central Trakya Region", *Journal of Environmental Protection and Ecology*, Vol. 6, No: 3, pp.550- 562, Thessaloniki, Greece.

Adiloğlu, S., M. T. Sağlam, 2015. Tekirdağ İli Topraklarının Krom Ve Nikel İçerikleriyle Bazı Fizyokimyasal Özellikleri Arasındaki İstatistiksel İlişkiler. Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi, 12 (2): 110-119.