

**T.C.**  
**ESKİŞEHİR OSMANGAZİ ÜNİVERSİTESİ**  
**TIP FAKÜLTESİ**

**ESKİŞEHİR KIRKA YÖRESİNDE BOR MADENİ ÇEVRESİNDE YAŞAYAN**  
**İLKÖĞRETİM ÇAĞINDAKİ ÇOCUKLARDA KAN BOR DÜZEYİNİN**  
**ÖLÇÜLMESİ**

**Dr. Hüseyin ULUSOY**

**Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları**  
**Anabilim Dalı**  
**TIPTA UZMANLIK TEZİ**

**ESKİŞEHİR**

**2012**



**T.C.**  
**ESKİŞEHİR OSMANGAZİ ÜNİVERSİTESİ**  
**TIP FAKÜLTESİ**

**ESKİŞEHİR KIRKA YÖRESİNDE BOR MADENİ ÇEVRESİNDE YAŞAYAN**  
**İLKÖĞRETİM ÇAĞINDAKİ ÇOCUKLARDA KAN BOR DÜZEYİNİN**  
**ÖLÇÜLMESİ**

**Dr. Hüseyin ULUSOY**

**Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları**  
**Anabilim Dalı**  
**TIPTA UZMANLIK TEZİ**

**TEZ DANIŐMANI**  
**Prof.Dr. Özcan BÖR**

**ESKİŞEHİR**

**2012**

## TEZ KABUL VE ONAY SAYFASI

T.C  
ESKİŞEHİR OSMANGAZİ ÜNİVERSİTESİ  
TIP FAKÜLTESİ DEKANLIĞINA,

Dr. Hüseyin ULUSOY'a ait "Eskişehir Kırka yöresinde bor madeni çevresinde yaşayan ilköğretim çağındaki çocuklarda kan bor düzeyinin ölçülmesi" adlı tez çalışması jürimiz tarafından Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları Anabilim Dalı'nda Tıpta Uzmanlık Tezi olarak oy birliği ile kabul edilmiştir.

Tarih: 27 Kasım 2012

Jüri Başkanı                      Prof. Dr. Özcan BÖR  
Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları AD

Üye                                      Prof.Dr. Necat A. AKGÜN  
Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları AD

Üye                                      Doç. Dr. Coşkun YARAR  
Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları AD

Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Tıp Fakültesi Fakülte Kurulu'nun .....Tarih ve .....Sayılı Kararıyla onaylanmıştır.

Prof. Dr. Bekir YAŞAR  
Dekan

## TEŞEKKÜR

Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları Anabilim Dalında yapmış olduğum uzmanlık eğitimim süresince bana bilgi ve deneyimleri ile yol gösteren ve bu çalışmanın yapılmasında başlamadan önce zor bir tez olmasına rağmen, bu bölgede yaşayan çocuklara karşı yapmamız gereken bir görev diyerek beni cesaretlendiren, bana destek olan tez danışmanım Sayın Prof. Dr. Özcan BÖR'e, tez çalışmam esnasında her türlü kolaylığı gösteren Biyokimya A.D.'dan Sayın Prof. Dr. Özkan ALATAŞ, Araştırma görevlisi Türkan GÜNEY'e, ESOGÜ Bor Araştırma ve Uygulama Merkezi (BORAM) Müdürü Sayın Prof. Dr Haldun KURAMA'ya ve yardımlarından dolayı Biyoistatistik A.D.'dan Sayın Arş. Gör. Ahmet MUSMUL'a teşekkür ederim.

## ÖZET

**Eskişehir Kırka yöresinde bor madeni çevresinde yaşayan ilköğretim çağındaki çocuklarda kan bor düzeyinin ölçülmesi Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Tıp Fakültesi Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları Anabilim Dalı Tıpta Uzmanlık Tezi, Eskişehir, 2012.** Bor canlılarda önemli görevleri olan eser elementtir. Ancak bu eser element ile ilgili çocuklarda yapılmış araştırmalar sınırlıdır. Çalışmamızda Eskişehir Kırka beldesinde bor madeni çevresinde yaşayan ilköğretim çağındaki 7-14 yaş arasındaki çocukların kan bor düzeyinin belirlenmesi hedeflenmiştir. Çalışma Kırka yöresinde aileleri tarafından onay verilen 7-14 yaş arası 329 çocuk ve Kırka yöresi dışında yaşayan kontrol grubundaki 90 çocukta yapılmıştır. Çalışmaya alınanlardan 1 ml venöz kan örnekleri alındı. Örnekler çalışma günü kapalı fırınlarda yakıldı, Kimyasal işlemler sonrasında kan bor düzeyi ölçümü kolorimetrik spektrofotometri ile yapıldı. Çalışma sonucu veriler SPSS 15.0 ve SigmaStat 3.5 paket programları kullanılarak analiz edildi. Çalışmada toplam 429 çocuğun kan bor düzeyi ölçüldü. Tüm çocukların kan bor düzeyinin 0,2-2,22 mg/L arasında değiştiği, Kırka bölgesindeki çocukların kan bor düzeyinin ortalama  $0,85 \pm 0,35$  mg/L, ortanca 0,78mg/L olduğu, kontrol grubunda yer alan 90 çocuğun kan bor düzeyinin ortalama  $0,79 \pm 0,34$  mg/L, ortanca 0,75 mg/L olduğu saptandı. Kırka bölgesinde yaşayan çocuklarda kan bor düzeyi normal düzeylerde bulunmasına rağmen, kontrol grubundaki çocuklarla karşılaştırıldığında daha yüksek saptandı. Ancak bu artış istatistiksel olarak anlamlı bulunmadı( $p>0,05$ ). Kan bor düzeyi cinsiyet ile ilişkili bulunmadı( $p>0,05$ ). Kırka köylerinden olan Karaören köyünde yaşayan çocukların kan bor düzeyinin ortanca 1,04 mg/L ile en yüksek yine Kırka köylerinden olan Kümbet köyündeki çocukların kan bor düzeyinin ortanca 0,71 mg/L ile en düşük olduğu saptandı. Bu iki yerleşim yeri arasında kan bor düzeyi açısından istatistiksel olarak fark saptandı( $p<0,05$ ). Kırka bölgesindeki çocukların kan bor düzeyinin kontrol grubundaki çocuklara göre hafif yüksek olması çevreden bora maruz kalmaya bağlı olabileceği düşünüldü.

Anahtar Kelimeler: Kırka, çocuk, bor düzeyi

## ABSTRACT

**Ulusoy, H. Blood boron levels in school-children living in environ of boron mine, Kırka, Eskisehir. Eskişehir Osmangazi University Medical School, Department of Pediatrics. Thesis of Specialization in Medicine, Eskişehir, 2012.**

Boron is an important and essential trace element in living organism. Clinical studies about the boron during childhood are limited. The aim of our study was to evaluate blood boron levels in school-children aged between 7 to 14 years-old, living in environ of boron mine in Eskisehir, Kırka. Study group consist of 329 children aged between 7 to 14 years old, living in Kırka area, and 90 children living in the out of Kırka region (serve as control group), with their parental consent. Blood samples (1 ml per child) were taken. The blood samples were put in a closed oven for heating. After chemical analysis. Blood boron level was measured by colourimetric spectrophotometry. Statistical analysis has been performed with SPSS 15.0 and SigmaStat 3.5 package programs. In our study period, blood samples of 429 children have been evaluated. Blood boron levels varies between 0.2 to 2.22 mg/L in whole study group. The mean and median blood boron levels in Kırka region was  $0.85 \pm 0.35$  mg/L and 0.78 mg/L, respectively. The mean and median blood boron levels in control group (n=90) was  $0.79 \pm 0.34$  mg/L and 0.75 mg/L, respectively. While the blood boron levels in Kırka area are in the normal ranges, they are slightly higher than control groups, however without statistical difference ( $p>0.05$ ). Blood boron levels are also not related with gender difference ( $p>0.05$ ). Highest blood boron levels (median 1.04 mg/L) have been observed in Karaoren village area in Kırka, and lowest levels have been observed in Kümbet village area as media 0.71 mg/L. Blood boron levels were significantly higher in Karaören village area than the Kümbet village area ( $p<0.05$ ). Slightly higher blood boron levels which observed in Kırka area might be related with an exposure of boron from the environment.

Key Words: Kırka, children, boron level

## İÇİNDEKİLER

	Sayfa
TEZ KABUL VE ONAY SAYFASI	iii
TEŞEKKÜR	iv
ÖZET	v
ABSTRACT	vi
İÇİNDEKİLER	vii
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ	x
TABLolar DİZİNİ	xi
1. GİRİŞ	1
2.GENEL BİLGİLER	3
2.1. Bor	3
2.1.1. Tarihçe	3
2.1.2. Kırka Beldesi	3
2.1.3. Tanım	5
2.1.4. Bor Mineralleri	6
2.1.5. Boraks	6
2.1.6. Bor ve Kullanım Alanları	7
2.1.7. Bor ve Çevre	10
2.1.8. Borun Diğer Canlılar Üzerine Etkileri	12
2.2. Borun Absorbsiyon, Dağılım ve Metabolizması	16
2.3. Bor ve Doku, Organ Sistemleri İlişkisi	16
2.3.1.Borun Hematolojik Parametreler Üzerine Etkisi	16
2.3.2.Bor ve İmmün Sistem	17
2.3.3.Bor ve Antioksidan Sistem	17
2.3.4.Bor ve İnflamasyon	17
2.3.5.Bor ve Artrit	18
2.3.6. Bor Protein Metabolizması ve Proteazlar	18
2.3.7. Borun Kalsiyum ve Magnezyum Metabolizmasına Etkisi	19
2.3.8. Bor ve Karbonhidrat Metabolizması	20
2.3.9. Bor ve Lipit Metabolizması	20
2.4.1. Bor ve Hormon Metabolizması	21
2.4.2. Borun Beyin, Hafıza, Öğrenme Üzerine Etkisi	21
2.4.3. Bor ve Kanser Tedavisi	22



	Sayfa
2.5. Bor Maruziyeti ve Borun Toksik Etkisi	22
2.5.1. Bitkiler ve Hayvanlarda Bor Toksitesi	22
2.5.2. İnsanlarda Bor Toksitesi	23
2.5.3. Çocuklarda Bor Toksitesi	24
2.6. Bor Düzeyi Ölçümünde Kullanılan Yöntemler	25
2. 7. Kolorimetrik Yöntemle Bor Düzeyi Ölçülmesi	26
3. GEREÇ VE YÖNTEM	27
3.1.Çalışmamızda Bor Düzeyi Ölçülmesi	27
3.2. İstatistiksel Analiz	28
4. BULGULAR	29
5. TARTIŞMA	38
6. SONUÇ VE ÖNERİLER	49
KAYNAKLAR	50

## SİMGELER ve KISALTMALAR

BNCT	Boron Neutron Capture Therapy
cAMP	Siklik Adenozin Monofosfat
°C	Santigrad Derece
cm <sup>3</sup>	Santimetreküp
CAT	Katalaz Enzimi
EDTA	Etilendiamin tetraasetik asit
EEG	Elektroensefalografi
Fe <sup>+2</sup>	Ferröz demir
Fe <sup>+3</sup>	Ferrik demir
HDL	Yüksek Dansiteli Lipoprotein
HCL	Hidroklorik Asit
HNO <sub>3</sub>	Nitrik Asit
ICP_MS	Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometer
ICP_OES	Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometry
km	Kilometre
mg	Miligram
mm <sup>3</sup>	Milimetreküp
mg/L	Miligram Litre
mg/dl	Miligram desilitre
ml	Mililitre
nm	Nanometre
pH	Asitlik Derecesi
SOD	Süperoksit Dismutaz Enzimi
WHO	Dünya Sağlık Örgütü
µg	Mikrogram

## ŞEKİLLER

	Sayfa
2.1. Eskişehir Haritası	4
2.2. Kırka Haritası	4
2.3. Boraks Minerali	7
4.1. Çalışma Grubundaki Çocukların Yaşadıkları Yerlere Göre Dağılımı	31
4.2. Çalışma Grubunda Yerleşim Yerlerine Göre Kan Bor Düzeyleri	36

**TABLULAR**

	Sayfa
2.1. Bazı Bor bileşikleri	5
2.2. Bazı Besinlerin Bor İçerikleri	14
2.3. Yaş Gruplarına Göre Günlük Alınan Bor Miktarı	15
4.1. Kırka ve Kontrol Gruplarında Cinsiyet Dağılımı	29
4.2. Kırka ve Kontrol Grubundaki Çocukların Yaş Dağılımı	30
4.3. Çalışma ve Kontrol Grubundaki Çocukların Kan Bor Düzeyleri	32
4.4. Kırka Yöresinde Yaşayan Kız ve Erkeklerin Kan Bor Düzeyleri	33
4.5. Kontrol Grubunda Yer Alan Kız ve Erkeklerin Kan Bor Düzeyleri	33
4.6. Çalışma ve Kontrol Grubundaki Erkeklerin Kan Bor Düzeyleri	34
4.7. Çalışma ve Kontrol Grubundaki Kızların Kan Bor Düzeyleri	34
4.8. Çalışma Grubundaki Yerleşim Yerlerine Göre Kan Bor Düzeyleri	35
4.9. Çalışma Grubundaki Çocukların Kan Bor Düzeyleri	37

## 1. GİRİŞ

Bor atom numarası 5 olan hem metal hem de ametallerin özelliklerini gösteren bir elementtir. Bileşik yapmaya meyilli olması nedeniyle, doğada sodyum, magnezyum, kalsiyum oksitlerine bağlanarak kristal forma geçer. Oluşan bu bileşiklere bor tuzları adı verilmektedir. Bor elementi eğer sodyum ile bağlı olarak bulunuyorsa boraks (tinkal) adı verilir(1-3). Boraks beyaz, kokusuz kristal formda bulunan bor bileşiğidir. Dünyadaki bor rezervlerinin % 60-70'i ülkemizdedir. Bor rezervlerinin bulunduğu bölge Balıkesir, Kütahya, Eskişehir Kırka yörelerini içeren kuşak boyunca uzanır. Kırka bor işletmesinde boraks üretilmektedir. Bu işletmede yılda 600 bin ton % 26-27 bor içeren boraks cevheri çıkarılmaktadır(4). Bor açısından zengin bölgelerde yaşayan canlılar bor mineraline daha fazla maruz kalırlar. İnsanlarda bora maruziyet en fazla besin kaynaklarıyla, özellikle de bitkisel besinlerle olmaktadır. Alınan günlük bor miktarı ile beslenmede yer alan besin gruplarındaki bor miktarı arasında doğru orantı saptanmıştır(5). Kırka bölgesinde borun çevreye ve canlılara etkisinin incelendiği bazı çalışmalarda, Kırka yöresinde bulunan Çatören ve Kunduzlar baraj göletlerinde sudaki bor düzeyi yüksek saptanmış olup, borun besin zinciri yoluyla balıklara geçerek balık dokularındaki bor düzeyinin yükseldiği bildirilmiştir(4). Yine Kırka bölgesinde su toplama havzalarında tarla, bahçe sulamasında kullanılan su kaynaklarında bor düzeyinin yüksek olduğu saptanmıştır(6). Bor üretim alanlarında yapılan başka bir çalışmada bazı bitkisel besinlerdeki bor düzeyinin yüksek olduğu bildirilmiştir(7).

Borun biyolojik sistemlerde önemli görevleri vardır. Hücre membranının yapısal fonksiyonuna katılır. Biyokimyasal reaksiyonlarda güçlü hidroksil iyonu alıcısı ve proton vericisi olması nedeniyle karbonhidrat metabolizması, RNA metabolizması, enzim sistemlerinde önemli görevleri vardır(8,9). Bor steroid hormonların etkisini artırır. Hidroksil gruplarını etkileyerek 17B estradiol, D vitamini ve testosteron sentezini etkiler. İdrarla kalsiyum ve magnezyum atılımını azaltarak osteoporozda yarar sağlar(10). Serum cAMP düzeyini artırarak lizozomal enzim salınımını engeller, artrit semptomlarını azaltır(11). Glukozun yapısındaki hidroksil grubu ile kompleks yaparak plazma glukoz, pürivat, insülin düzeylerini azaltır(12). Yağ oksidasyonunu ve glikoneogenezi etkileyerek kolesterol, HDL, trigliserit

düzeyini azaltır(13). Borun total vücut antioksidan sistemini güçlendirdiği, eritrosit SOD aktivitesini arttırdığı saptanmıştır(14). İnflamasyonda rol alan lipooksijenaz ve siklooksijenaz enzim aktivitelerini inhibe ederek antiinflamatuvar etkisi olduğu gösterilmiştir(15). Bor kimotripsin, katepsin G, elastaz gibi serin proteaz enzimlerini inhibe eder. Proteolizden kaynaklan amfizem gibi hastalıkların kontrolünde faydalı olabileceği bildirilmiştir(16, 17). Bor birçok enzimi etkileyerek hem humoral hem hücrel yanıtı artırır(8). Borun hemoglobin ve lökosit sayılarını artırdığı, eritrosit ve trombosit sayısını azalttığı, hematokrit değerinde düşmeye neden olduğu gösterilmiştir(18). Ayrıca yapılan çalışmalarda motor beceri, mental aktivite, hafıza üzerine etkili olduğu gösterilmiştir(19, 20).

Vücutta birçok görevi olan borun insanlarda toksititesinde ise erişkinlerde bulantı, kusma, diyare, saç dökülmesi, ölüm gözlendiği bildirilmiştir(21). Çocuklarda bor toksititesinde kusma, diyare, huzursuzluk, uykuya meyil, konvulsiyon, ciltte döküntü ve ölüm gözlenmiştir(22, 23). Borun toksik dozda alınması sonrasında çocuklarda kanda bor düzeyinin yükseldiği, sonuçta ölüm gözlendiği, tedavi olarak uygulanan periton diyalizinin yarar sağladığı bildirilmiştir(24).

Bu çalışmada bor madeni çevresinde yaşayan ilköğretim çağındaki çocukların kan bor düzeyini belirlemek ve bulunan değerlerin maden havzasında yaşamayan çocuklarla karşılaştırılması amaçlanmıştır.

## 2.GENEL BİLGİLER

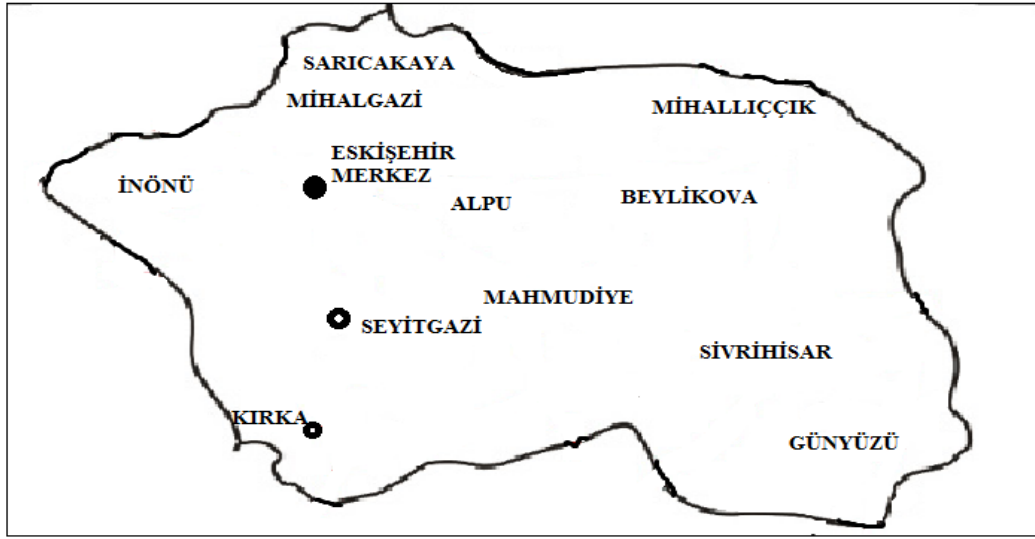
### 2.1. Bor

#### 2.1.1. Tarihçe

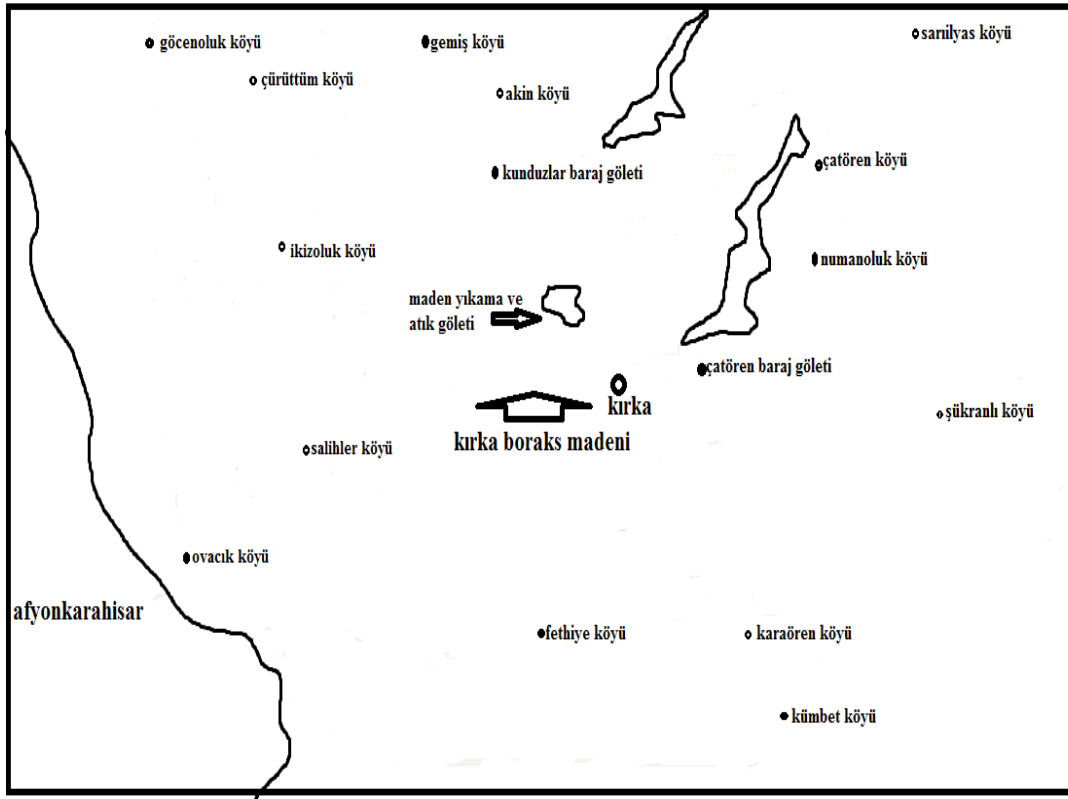
Bor minerallerinin varlığı 6 bin yıl öncesinden beri bilinmektedir. Eski çağlarda Babiller, Mısırlılar, Çinliler, Tibetliler ve Araplar bu doğal kaynaktan çeşitli amaçlar için yararlanmışlardır. Mısırlılar ve Eski Mezopotamya uygarlıkları bazı hastalıkların iyileştirilmesinde ve ölümlerin mumyalanmasında, Arap doktorlar ilaç yapımında, Çinliler seramik ve cam üretiminde, Babiller altın işlemede bor bileşiklerini kullanmışlardır. Bor 19. Yüzyılın başlarında Fransız kimyager Gay-Lussac ile Louis Thenard tarafından keşfedilmiştir. Ülkemizde ise ilk bor tuzu yatağı 1815 yılında Balıkesir ili Susurluk ilçesinde bulunmuştur(25). Eskişehir Kırka beldesinde 1959 yılında Boraks madeni bulunmuş, 1960 Yılında'da İngilizler tarafından işletilmeye başlanmıştır. 1969 yılında Etibank Madeni İşletmeye almıştır. Bor madeni Kırka yöresinde işlenmeye devam etmektedir(26).

#### 2.1.2. Kırka Beldesi

Eskişehir Seyitgazi ilçesine bağlı olan Kırka beldesi Eskişehir'e 70 km uzaklıkta bulunan yerleşim merkezidir(Şekil 2.1.). Kırka Beldesinin kuruluş tarihi kesin olarak belli olmayıp, edinilen bilgilere göre 1630 yıllarına dayanmaktadır.1972 yılında 2100 olan nüfusun 2010 yılında 5000 civarında olduğu bilinmektedir. Beldeye bağlı olan 18 köy mevcut olup, en yakını 5 km ile Yarbasan, en uzağı 26 km ile Sandıközü köyleridir(Şekil 2.2.). Halkın en önemli geçim kaynağı Kırka bor işletmesi olup, tarım ve hayvancılık önemli gelir kaynaklarındandır(26).



Şekil 2.1. Eskişehir Haritası



Şekil 2.2. Kırka Haritası



### 2.1.3. Tanım

Bor periyodik tabloda 3. ana grupta yer alan atom numarası 5 olup, B sembolüyle gösterilen hem metal hemde ametal özellik taşıması nedeniyle hızlı olarak bileşikler oluşturabilen elementtir. Bor elementinin kimyasal özellikleri morfolojisine ve tane büyüklüğüne bağlıdır. Mikron ebadındaki amorf bor kolaylıkla reaksiyona girerken kristal formda olan bor kolay reaksiyon vermez. Ancak yüksek sıcaklıkta su ile reaksiyona girerek borik asit ve bazı diğer ürünler oluşturur. Mineral asitleri ile reaksiyonu, konsantrasyona ve sıcaklığa bağlı olarak yavaş veya patlayıcı olabilir ve ana ürün olarak borik asit oluşur. Bor elementi doğada en fazla olarak sodyum, magnezyum, kalsiyum oksitlerine bağlanarak kristal forma geçer. Bu oluşan bileşiklere bor tuzları adı verilir. Çok sayıda bor bileşiği bulunmaktadır. Bunlardan bazıları tabloda gösterilmiştir (tablo 2.1) (2, 3).

Tablo 2.1. Bazı Bor bileşikleri

Kristal Suyu İçeren Boratlar	Kernit (razorit) Tinkalkonit, Boraks (Tinkal), Probertit, Üleksit
Bileşik Boratlar (Hidroksil ve/veya Diğer Tuzlar ile)	Borasit, Hilgardit, Suseksit, Roveit, Seamanit
Susuz Boratlar	Rodozoit, Jenemejevit, Ludvigit
Borofluoritler	Avagadrit, Ferruksit
Borosilikat Mineralleri	Bakerit, Kapelenit, Karyoserit, Datolit Safirin

#### 2.1.4. Bor Mineralleri

Bazı önemli bor minerallerine bakacak olursak, Bor doğada kalsiyum ile bileşik oluşturursa kolemanit minerali oluşur. Bor mineralleri içinde en yaygın olanıdır. Hem kalsiyum hem sodyum içeriyorsa üleksit, sadece sodyum ile bileşik oluşturursa boraks (tinkal) adı verilir(1, 27, 28).

##### a. Kolemanit

Kristal formda bulunur. Borik asit içeriği % 50,8'dir. Suda yavaş, HCl asitte hızla çözünür. Bor bileşikleri içinde en yaygın olanıdır. Türkiye'de Emet, Bigadiç ve Kestelek yataklarında, dünyada A.B.D.'de bulunur(28).

##### b. Üleksit

Tabiatta karnıbahar şeklinde, lifsi ve sütun şeklinde bulunur. Saf olanı, beyaz rengin tonlarındadır. İpek parlaklığında olanları da vardır. Genelde kolemanit, hidroboraksit ve probertit ile birlikte teşekkül etmiştir. Borik asit içeriği % 43'tür. Ülkemizde Kırka, Bigadiç ve Emet yörelerinde, dünyada ise Arjantin'de bulunmaktadır(28).

#### 2.1.5. Boraks

Tinkal olarak da adlandırılan beyaz, kokusuz bor tuzudur. Ancak içindeki bazı maddeler nedeniyle pembe, sarımsı, gri renklerde de bulunabilir.(Şekil 2.3.) Sertliği 2- 2,5, özgül ağırlığı 1,7 gr/cm<sup>3</sup> İçeriğindeki borik asit miktarı % 36,5 olup, Eskişehir Kırka yöresinden çıkarılmaktadır. Tinkal suyunu kaybederek kolaylıkla tinkalkonite dönüşebilir. Genellikle tinkalkonit ve üleksit ile birlikte bulunur. Doğada mineral olarak bulunan boraks toprak ve killere ayrıldıktan sonra 50°C'da ısıtıldığında borakspentahidrat'ı vermektedir. Boraks pentahidrat 160–170°C'da boraks dihidrata, 290–299°C'da boraks monohidrata ve 400–450°C'de de susuz boraksa dönüşür.(28, 29)



Şekil 2.3 Boraks Minerali

#### 2.1.6. Bor ve Kullanım Alanları

Bor bileşiklerinin %10 luk bir kısmı doğrudan mineral olarak kullanılırken, geriye kalan kısmı bor ürünleri elde etmek için kullanılmaktadır. Bor yüksek sıcaklıkta su ile reaksiyona girerek borik asit ve diğer bor ürünleri oluşur. Elde edilen bu ana maddelerden yüzlerce organik ve inorganik bor bileşiği elde edilmiştir. Çok geniş ve çeşitli alanlarda ticari olarak kullanılan bor mineralleri ve ürünlerinin kullanım alanları gün geçtikçe artmaktadır(1, 28).

Tarımsal alanda bor mineralleri bitki örtüsünün gelişmesini artırmak veya önlemek amacıyla kullanılmaktadır. Bor, değişken ölçülerde, birçok bitkinin temel besin maddesidir. Bor eksikliği görülen bitkiler arasında yumru köklü bitkiler (özellikle şeker pancarı) yonca, meyve ağaçları, üzüm, zeytin, kahve, tütün ve pamuk sayılmaktadır. Bu gibi hallerde susuz boraks ve boraks pentahidrat içeren karışık bir gübre kullanılmaktadır. Bu da, suda çok eriyebilen sodyum pentaborat veya disodyum oktaboratın mahsulün üzerine püskürtülmesi suretiyle uygulanmaktadır.

Yabani bitkilerin gelişimini durdurmak için Bor sodyum klorat ve bromosol gibi bileşiklerle birlikte otların temizlenmesi veya toprağın sterilleştirilmesinde kullanılmaktadır(28).

Antiseptik özelliği nedeniyle dezenfektan, diş macunu, lens yıkama solüsyonları, kolonya, pudra, deri ve göz antiseptik ilaçlarının üretilmesinde bor bileşikleri kullanılır(1).

Borun beyazlatıcı özelliği nedeniyle sabun ve deterjanlara dezenfektan ve su yumuşatıcı etkisi nedeniyle % 10 boraksdehidrat ve beyazlatıcı etkisini artırmak için toz deterjanlara % 10-20 oranında sodyumperborat katılmaktadır. Çamaşır yıkamada kullanılan deterjanlara katılan sodyum perborat aktif bir oksijen kaynağı olduğundan güçlü bir ağartıcıdır. Perboratların çamaşır yıkamada klorlu temizleyicilerin yerini alması sıcak veya soğuk su kullanımına bağlıdır. Çünkü perboratlar ancak 55 °C'nin üstünde aktif hale geçerler(28).

Bor cam sanayisinde pencere camı, şişe camı üretiminde nadiren kullanılmaktadır. Özel camlarda ise borik asit vazgeçilemeyen bir unsur olup, rafine sulu/susuz boraks, borik asit veya kolemanit, boraks gibi doğal haliyle kullanılmaktadır. Çok özel durumlarda ise potasyum pentaborat ve bor oksitler kullanılmaktadır. Bor cam ara mamulüne katıldığında onun viskozitesini arttırıp, yüzey sertliğini ve dayanıklılığını yükselttiğinden ısıya karşı izolasyonunun gerekli görüldüğü cam mamullerine de katılmaktadır. Bunlardan biride Cam Elyafıdır. Hafifliği, gerilmeye olan direnci ve kimyasal etkilere dayanıklılığı nedeniyle plastiklerde, lastik ve kağıtta yer edinmiş olan cam elyafı kullanıldığı malzemelere sertlik ve dayanıklılık kazandırmaktadır. Böylece sertleşmiş plastikler otomotiv, uçak sanayilerinde, spor malzemelerinde kullanılmaktadır. Borosilikat camların yapımında kullanılan bor camın ısıya dayanmasını, cam imalatı sırasında çabuk ergimesini sağlar. Ayrıca bor yansıtma, kırma, parlama gibi özelliklerini de arttırmaktadır. Bor, camı asite ve çizilmeye karşı korur. Gözlük camları başlıca kullanım alanıdır(1, 28)

Seramik Sanayisinde emayelerin vizkozitesini ve doyunlaşma ısını azaltan borik oksit % 20'ye kadar kullanılabilir. Özellikle emayeye katılan hammaddelerin % 17-32'si borik oksit olup, sulu boraks tercih edilir. Bazı hallerde borik oksit veya susuz boraks da kullanılır. Metalle kaplanan emaye onun paslanmasını önler ve Çelik, alüminyum, bakır, altın ve gümüş emaye ile

kaplanabilir. Emaye asite karşı dayanıklılığı arttırır. Mutfak aletlerinin çoğu emaye kaplamalıdır. Banyolar, kimya sanayimalzemeleri, su tankları emayenin kullanıldığı diğer yerlerdir(28).

Borun Yanmayı Önleyici ve geciktirici etkisi nedeniyle Borik asit ve boratlar selülozik maddelere, ateşe karşı dayanıklılık sağlarlar. Tutuşma sıcaklığına gelmeden selülozdaki su moleküllerini uzaklaştırırlar ve oluşan kömürün yüzeyini kaplayarak daha ileri bir yanmayı engellerler. Bor bileşikleri plastiklerde yanmayı önleyici olarak giderek artan oranlarda kullanılmaktadır. Bu amaç için kullanılan bor bileşiklerinin başında çinko borat, baryum metaborat, borfosfatlar ve amonyum fluoborat gelir(28).

Ahşap malzemelerde sodyum oktaborat kullanılır. % 30'luk sodyum oktaborat çözeltisi işlem gören tahta malzeme yavaş yavaş kurutulursa bozunmadan uzun süre kullanılabilir(28).

Tekstil sanayisinde, nişastalı yapıştırıcıların viskozitelerinin ayarlanmasında, kazeinli yapıştırıcıların çözücülerinde, proteinlerin ayrıştırılmasında yardımcı madde bor kullanılır(28).

Boratların yüksek sıcaklıklarda düzgün, yapışkan, koruyucu ve temiz, bir sıvı oluşturma özelliği nedeniyle metal sanayisinde koruyucu ve ergimeyi hızlandırıcı madde olarak kullanılmaktadır. Alaşımlarda, özellikle çeliğin sertliğini artırıcı olarak kullanılmaktadır. Bu konuda ferrobör oldukça önem kazanmıştır. Çelik üretiminde 50 ppm bor ilavesi çeliğin sertleştirilebilme niteliğini geliştirmektedir. Bor bileşikleri, elektrolit kaplama sanayinde de kullanılmaktadır. Borik asit nikel kaplamada, fluoboratlara ve fluoborik asitlere ise, kalay kurşun, bakır, nikel gibi demirdışı metaller için elektrolit olarak kullanılmaktadır(28).

Atom reaktörlerinde borlu çelikler kullanılır. Paslanmaz borlu çelik, nötron absorbanı olarak tercih edilmektedir. Yaklaşık her bir bor atomu bir nötron absorbe etmektedir. Atom reaktörlerinin kontrol sistemleri ile soğutma havuzlarında ve reaktörün alarm ile kapatılmasında bor kullanılır(28).

Araçların soğutma sistemlerinde korozyonu önlemek üzere boraks, antifriz karışımına katkı maddesi olarak da kullanılır. Görüldüğü gibi insanların günlük hayatta kullandığı birçok temel ürün bor içermektedir(1, 28)

### 2.1.7. Bor ve Çevre

Bor havada, suda ve toprakta bulunur. Ancak buralarda ne kadar kaldığı ile ilgili yeterli bilgi yoktur. Bor kayaların aşınması, volkanik faaliyetler, denizlerden borik asitin buharlaşması, tarımsal, madencilik, endüstriyel faaliyetler ve bor içeren ürünlerin evsel kullanımı ile çevreye girmektedir(30). Bor bazı bölgelerde zengin maden yatakları halinde bulunur. Maden havzalarında yaşayan canlılar bor mineraline daha fazla maruz kalırlar. Ülkemiz açısından önemli olan ise dünyadaki bor rezervlerinin %60-70'i ülkemizdedir. Zengin bor yataklarının bulunduğu bölge Kütahya ve Balıkesir arasında uzanır. Bu hat boyunca Kemalpaşa, Emet, Bigadiç ve Eskişehir Kırka yörelerinde üretim yapılmaktadır. Açık ocaklarda bor cevheri elde edilirken cevherin üzerindeki borca zengin toprak örtüsü atılmaktadır. Bu atıklar erezyon ve yağışların etkisiyle akarsulara ulaşarak geçtiği yerdeki toprağı kirletir(4).

#### a. Bor ve Suyu Etkisi

Borun suya olan etkisi iki açıdan olur. İçme sularına etkisi ve tarımsal sulama ile olan etkisidir. Bor sulama suyu ile topraktan bitkilere taşınmaktadır. İnsanlar ve hayvanlarda içme suyu ve beslenme yoluyla bitkilerden bora maruz kalmaktadır. Bor kaynaklarından alınan dozlar insanlarda ve hayvanlarda akut toksiteye neden olacak düzeyde değildir. Ancak bor suda yaşayan canlılara daha fazla zarar verebilmektedir. İçme suları için ise farklı bor değerleri bulunmaktadır. Su kalitesi kriterleri komisyonu 1968'de içme sularındaki bor düzeyinin 1 mg/L'yi geçmemesini önermiştir. Ancak 1971'de içme suları teknik komitesi 1 mg/L sınırını gerektirecek kanıt olmadığını belirterek insan sağlığı için içme sularındaki bor düzeyinin 0,3 mg/L nin güvenilir bir sınır olduğunu belirtmiştir(6). Tarımsal sulamada yalnız sulama suyu miktarı, sulama zamanı değil kullanılan sudaki bor miktarıda önemlidir. Yüksek miktarda bor içeren kuyu suları ile yapılan çalışmalarda sulamada bu kuyu suları kullanılmış, sonuçta az eğimli yüzeylerde bor birikiminde artışın fazla olduğu belirlenmiş ve buralarda yetişen bitkilerde borun toksik etki yaptığı gözlenmiştir(31). Bor madenleri çevresinde yer alan Kütahya bölgesinde yer alan Simav çayının bor içeriğinin 6-15 mg/L olduğu belirlenerek bu suyun sulama suyu olarak kullanılması halinde bu yöre topraklarında bor birikimine neden olup olmadığı araştırılmıştır. Sonuçta uygulanan su miktarı ile doğru orantılı olarak toprağın bor içeriğinin arttığı

ve toprak yüzeyinde bor birikiminin daha fazla olduğu toprağın derinlerinde bor birikiminin daha az olduğu ve bu bor düzeylerin çoğu bitki için toksik etki yapabilecek seviyede olduğu belirlenmiştir(32).

### **b. Borun Toprağa Etkisi ve Bitkiler**

Bor toprakta borat olarak bulunur. Topraktaki borun büyük kısmı bitki tarafından kullanılmaz. Topraktaki bor miktarı 2- 200 mg/L arasında değişir. Topraktaki borun birikim miktarı toprak kalitesi, iklim değişiklikleri, drenaj kolaylığından etkilenmektedir(6). Toprakların bor içerikleri genellikle düşüktür. Eğer toprak bor içeren minerallerden zengin ise bor içeriği yüksek olacaktır. Kurak bölgelerdeki topraklarda bor yükselmesinin nedeni bor içeren sulama suyudur. Zayıf drenaj nedeniyle sudaki bor topraktaki bor düzeyinin yükselmesine neden olabilir. Topraktaki bor düzeyinin yükselmesinin diğer bir nedeni de bor içerikli gübreler ile toprağın aşırı olarak gübrenmesidir. Dünyada birçok ülkeyi kapsayan bir çalışmada toprakların bor içerikleri saptanmıştır. Bu çalışma sonucunda ülkemizdeki topraklardaki bor içeriğinin 0,66-9,99 mg/kg arasında değiştiği, en yüksek bor düzeyinin Orta Anadolu bölgesinde olduğu en düşük düzeylerin ise Ege, Marmara ve Karadeniz bölgesinde saptandığı bildirilmiştir(33). Bor bitkilerin büyüme ve gelişmesi için önemli bir elementtir. Bitkilerin boru pasif absorpsiyon yoluyla borik asit şeklinde aldığı düşünülmektedir. Alınan bor iletim demetleri ile su kayıplarının sonucu olarak oluşan su potansiyeli gradientinden dolayı köklerden yapraklara doğru taşınarak bitki içerisinde bor taşınımı olmaktadır(34). Borun bitkilerde hücre duvar yapısına katılması, hücre bölünmesi, azot ve karbonhidrat metabolizmasında görev alması, ATP sentezi ve nükleik asit sentezine katılması bitki su ilişkisinde rol alması, hormon ve diğer elementler üzerinde düzenleyici etkileri olması nedeniyle metabolik süreçlere etki ederek, bitkilerde çiçek gelişimi, yaprakların büyümesi, meyve olgunlaşması ve kök gelişiminde önemli görevler üstlenir(35, 36). Normal düzeylerde bitki gelişimi için önemli olan bor elementi yüksek dozlarda bitkilerde fotosentez hızında azalma, kök büyümesinde yavaşlama, yaprakların uç ve kenarlarında kuruma, meyvelerde kuruma ve çürümeye neden olmaktadır(37). Bu yüzden bor yüksek dozlarda bitkilerde toksiteye neden olan bir stres faktörüdür. Bitkilerin gelişimi için gereken elementler arasında eksiklik belirtilerine neden olan

düzyey ile toksik etki yapan düzyeyi birbirine çok yakın olan tek element bor elementidir. Bitkilerin ihtiyaç duyduğu bor miktarı oldukça azdır. Borun çok az da olsa fazlası bitkinin gelişmesi üzerine olumsuz etki yapmaktadır. Yapılan çalışmalarda bitki türleri arasında hatta aynı türün çeşitleri arasında da bora karşı bitkinin gösterdiği tepki ve bor elementinin bitki dokularında dağılımı ve konsantrasyonu farklı olmuştur. Bu farklılık bitkilerin bordan aynı derecede fizyolojik ve morfolojik etkilenmemesinden kaynaklanmaktadır(38).Tahıllar bora karşı duyarlı bitkilerdir. Tahıllardan olan arpa bitkisinin bor toksitesini araştırmak için çeşitli konsantrasyonlarda borik asit toprağa uygulandığında bor dozları artıkça yaşlı yapraklardaki bor birikimi ve yapraklardaki zararlar artmış, sonrasında kuru ağırlık azalması olduğu ve tane veriminin düştüğü gözlenmiş olup, değişik büyüme dönemlerinde bor analizleri sonrasında kritik bor toksite dozunun 40-150 mg/kg arasında olduğu saptanmıştır(39). Ülkemizde maden havzalarında yetişen bitkilerle yapılmış çalışmada bitkilerdeki bor düzyeyi ölçülmüştür. Bu çalışmada Kırka bölgesinden elde edilen ürünlerde de bor düzyeyi ölçülmüş olup, buğday, vişne, armut fasülye, elma gibi bitkisel besinlerde bor düzyeyinin literatür verilerine göre yüksek olduğu bildirilmiştir(7).

### **2.1.8. Borun Diğer Canlılar Üzerine Etkileri**

Bor elementinin biyolojik sistemlerde önemli görevleri vardır. Biyokimyasal reaksiyonlarda güçlü hidroksil iyonu alıcısı ve proton vericisi olarak rol oynar. Bor polisakkaritler, riboz, piridin, piridoksin, riboflavin, dehidroaskorbik asit ile kimyasal bağ oluşturabilmektedir. Dolayısıyla şekerlerin taşınması, karbonhidrat metabolizması, hücre zarı ve biyolojik membranların yapısının oluşması, RNA metabolizmasında önemli görevler üstlenmesine yol açar(8, 9).

#### **a. Borun Bakteri ve Mayalar Üzerine Etkileri**

Bakteri ve maya deneylerinde borun birçok biyolojik reaksiyonu etkilediği gösterilmiştir. Aktinomisetlerin azot bulunan ortamda zar yapısının güçlenmesi için bor elementine ihtiyaç duyduğu, *saccharomyces cerevisiae* isimli mayanın büyümesini uyardığı gösterilmiştir(40, 41). *Pseudomonas putida* isimli bakteriye 340 mg/L borat uygulandığında büyümesinin 30 dakika içinde durduğu, 7,6 mg/L borat



uygulandığında büyümesinin 16 saatte durduğu belirlenmiştir. Photobacterium phosphoreum isimli bakteriye bor uygulandığında büyümesi 72. saatte durmuştur. Alglerden olan Scenedesmus subspicatusaya çeşitli dozlarda 10-100 mg/L arasında bor uygulanması ile mikroorganizmanın gelişimi değerlendirildiğinde, 72. saatte tüm gruplarda gelişimin durduğu gözlenmiştir(42). Alglerden olan Limnodrilus hoffmeisteri'ye bor uygulandığında uygulamadan 72 saat sonra sindirim kanalı ve salgı bezlerinde ileri derecede nekroz saptanmıştır(43).

### **b. Bor ve İnsan Etkileşimi**

İnsanlar bor bileşiklerini solunum, sindirim sistemi yoluyla vücuda almaktadır. Bor madeninin üretildiği ve işlendiği yerlerde gaz ve toz halinde solunum ya da temas yoluyla olmaktadır. Borun sindirim yoluyla alınışı bor açısından zengin topraklarda yetiştirilen bitkilerin yenilmesi, yüksek miktarda bor içeren sularda avlanan balık gibi ürünlerin tüketilmesi, bor içeren tarım ilaçları ile ilaçlanan veya bor gübresi uygulanan bitkilerin yenilmesi veya bor kaynaklarına yakın bölgelerden elde edilen içme sularının içilmesi suretiyle gerçekleşmektedir(44). İnsanlarda bora maruziyet en fazla oranda besin kaynaklarıyla özellikle bitkisel besinlerle olmaktadır. Alınan günlük bor miktarı ile beslenmede yer alan besinlerdeki bor miktarı arasında doğru orantı vardır(5). Charlene ve ark. (45) yaptıkları çalışmada besinlerdeki bor içeriklerini belirlemiştir (Tablo 2.2). Ayrıca aynı araştırmacılar yaş gruplarına göre günlük alınan bor miktarını belirlemiştir. 15267 kişinin günlük aldığı besin içeriklerine göre günlük bor alımının ortalama  $1,06 \pm 0,01$  mg/dl olduğu ve alınan borun 4 yaş üstündeki kişilerde %25,1'nin meyveler, %19,5 içecekler, %18,1 sebzeler ve %14,1'nin tahıllardan alındığı belirlenmiştir. Yaş ve cinsiyet gruplarına göre günlük ortalama alınan bor miktarları çizelgede verilmiştir(Tablo 2.3)(45). Hayvan ve insanlar canlılıklarının devamı, büyüme, sağlık için bazı elementlere ihtiyaç duyarlar. Vücutta önemli görevleri olan dışarıdan alınması gereken bu elementlere eser element denir. Bor insanlarda eser element olarak olarak tanımlanmamıştır. Bunun nedeni bu elementin biyokimyasal fonksiyonlarının ayrıntılı bilinmemesinden kaynaklanmaktadır(46).

Tablo 2.2. Bazı Besinlerin Bor İçerikleri

Besin Türü	Bor Konsantrasyonu( $\mu\text{g}/100\text{g}$ )
Portakal	79
Elma	273
Muz	137
Patetes	62
Domates	76
Havuç	141
Brokoli	165
Soğan	168
Mısır	57
Kahve	34
Süt	23
Çay	11
Balık	74
Fındık	1214
Pasta	100
Çorba	44
Üzüm	460
Avokado	1222
Tavuk Eti	11
Sığır Eti	23

Tablo 2.3. Yaş Gruplarına Göre Günlük Alınan Bor Miktarı

Grup	Kişi Sayısı	Günlük Diyetle Alınan Bor Miktarı Ortalama $\pm$ SD (mg/dl)
Çocuk 0-6 ay arasında	195	0,75 $\pm$ 0,14
7-11 ay arasında	130	0,99 $\pm$ 0,12
1-3 yaş arasında	1834	0,86 $\pm$ 0,02
4-8 yaş arasında	1650	0,80 $\pm$ 0,01
Erkek 9-13 yaş	552	0,90 $\pm$ 0,03
14-18 yaş	446	1,02 $\pm$ 0,04
19-30 yaş	853	1,15 $\pm$ 0,03
31-50 yaş	1684	1,33 $\pm$ 0,03
51-70 yaş	1606	1,34 $\pm$ 0,02
71 üstü	674	1,25 $\pm$ 0,03
Kız 9-13 yaş	560	0,83 $\pm$ 0,03
14-18 yaş	436	0,78 $\pm$ 0,04
19-30 yaş	760	0,87 $\pm$ 0,03
31-50 yaş	1614	1,00 $\pm$ 0,02
51-70 yaş	1539	1,11 $\pm$ 0,02
71 üstü	623	0,98 $\pm$ 0,03
Hamile	70	1,16 $\pm$ 0,09
Süt veren anne	41	1,39 $\pm$ 0,16
Toplam kişi sayısı	15267	1,06 $\pm$ 0,01

## 2.2. Borun Absorbsiyon, Dağılım ve Metabolizması

Bor insanlarda gastrointestinal kanaldan emilir. Borun gastrointestinal yoldan borik asit olarak tamamına yakını emildikten sonra vücut dokularında dağılır. Vücutta dağılan borun yumuşak dokulardaki düzeyi kan düzeyine yakındır. Bor özellikle kemiklerde birikim yapabilmektedir. Sıçanlar 200-9000 ppm bor ile 9-12 hafta beslenerek kemik bor düzeyleri ölçülmüştür. 3000 ppm dozda 1 hafta beslenme sonrasında kemik bor düzeyi kararlı durumu konsantrasyonuna geçmiştir. Yüksek dozlarla bor ile beslemeden 4 hafta sonra kemikteki bor düzeyinin kan bor düzeyinden 4 kat fazla olduğu saptanmıştır(47). İnsanlarda borun dokularda dağılımı ile ilgili çok fazla çalışma yoktur. Ancak ratlar ile insanların besinler, içme suları, kazara bor alımı sonrası kan bor düzeylerinin birbirine benzer dağılım gösterdiği, bu yüzden ratlarla insanların vücudundaki bor dağılımının benzer olabileceği belirtilmiştir(30). Magour ve ark. (48) 3 haftalık ve 3 aylık sıçanlara intraperitoneal olarak 1 kez 42 mg/kg sodyum borat enjekte ettikten sonra dokulardaki bor dağılımı incelemiştir. 3 haftalık sıçanların enjeksiyondan 30 dakika sonra böbrek, karaciğer, kalp ve kandaki bor düzeyinin % 30 oranında yükseldiği 3 aylık sıçanlarda ise beyin bor konsantrasyonları 30 dakika sonra maksimum seviyeye çıkmasına rağmen böbrek karaciğer kalp konsantrasyonlarının 4 saat sonra maksimum seviyeye ulaştığı ve çalışmada en yüksek konsantrasyonların böbrekten elde edildiği bildirilmiştir. Sekiz erkek gönüllü ile yapılan bir çalışmada diyetlerine 10 mg/gün bor ilave edilerek bor etkisi incelenmiştir. Verilen tüm borun 4 hafta sonunda %84 ünün idrarla atıldığı saptanmıştır(49).

## 2.3. Bor ve Doku, Organ Sistemleri İlişkisi

### 2.3.1. Borun Hematolojik Parametreler Üzerine Etkisi

Borun deney hayvanlarıyla yapılan çalışmalarda özellikle hemoglobinin ve hematokrit değerinde düşmeye neden olduğu bildirilmiştir(50, 51). İnsanlarda borun hematolojik parametreler üzerine etkisinin incelendiği çalışmalarda erişkinlerde düşük doz bor içeren 0,25 mg/gün diyet ve daha yüksek 3 mg/gün bor içeren diyet sonrasında kan parametreleri karşılaştırıldığında, borun eritrosit ve trombosit sayısını azalttığı, hematokritte düşmeye neden olduğu, lökosit sayısını artırdığı, hemoglobinin değerini artırdığı bildirilmiştir(18). Çocuklarda yapılan bir çalışmada kan bor düzeyi

ile tam kan parametreleri arasındaki ilişki değerlendirildiğinde kanda bor düzeyinin düşük, normal, yüksek olan çocukların eritrosit, lökosit, trombosit sayıları, hemoglobin ve hematokrit değerleri arasında fark olmadığı saptanmıştır. Aynı çalışmada prematür olan bu çocukların 26'sına değişik nedenlerle eritrosit süspansiyonu verildiği, eritrosit süspansiyonu miktarının kan bor düzeyini etkilemediği belirtilmiştir(46).

### **2.3.2.Bor ve İmmün Sistem**

Borla yapılan deneysel çalışmalar borun hem hücresel hem de hümoral yanıtı arttırdığını göstermektedir. Bu etkiyi bu sistemde yer alan enzimleri etkileyerek yaptığı düşünülmektedir(8). Ratlarda borun serum antikor düzeyini artırarak immün sistemi etkilediği gösterilmiştir(52). Domuzlara intradermal antijen enjekte edilmesi sonrası diyetine bor ilave edilen domuzların olduğu grupta interferon gama, interferon alfa gibi sitokinlerin düzeyinin arttığı saptanmıştır(53).

### **2.3.3.Bor ve Antioksidan Sistem**

Hücrelerde serbest radikallere bağlı olarak hücre hasarını engelleyen bazı mekanizmalar bulunmaktadır. Enzim yapısında olmayan albumin, hemoglobin, seruloplazmin, bilirubin gibi antioksidanlar ve süperoksit dismutaz (SOD), katalaz (CAT), Glutasyon peroksidaz gibi enzim yapısında antioksidanlar da bulunmaktadır.

Bor ile deney hayvanlarında yapılan çalışmalarda borun total antioksidan savunma sistemini güçlendirdiği görülmüştür. Ama bu etkisini serbest radikal formasyonunu etkileyerek mi yoksa antioksidan kapasiteyi destekleyerek mi yaptığı tam olarak anlaşılamamıştır(19, 54).

İnsanlarda bor desteğinin eritrosit SOD aktivitesini artırdığı gösterilmiştir(14). Farklı bor bileşiklerinin insan kan kültürlerinde antioksidan etkisinin araştırıldığı bir çalışmada düşük dozlarda borik asit, boraks, üleksit, gibi bor bileşiklerinin antioksidan enzim aktivitelerini artırdığı saptanmıştır. Yine bu çalışmada artan dozlarda oksidatif stres oluşturmalarına rağmen borik asit, boraks, üleksit ve kolemanitin genotoksik etkilerinin olmadığı bildirilmiştir(55).

### 2.3.4.Bor ve İnflamasyon

İnflamasyonda hücre zarındaki fosfolipitlerden olan araşidonik asit iki temel yol olan siklooksijenaz ve lipooksijenaz yolunu kullanır. Siklooksijenaz yolu prostoglandinleri oluştururken, lipooksijenaz yolu lökotrienleri oluşturur.

Sentetik bor bileşikleri olan aminokarboksiboronlar ile yapılan çalışmalarda bu bileşiklerin siklooksijenaz ve lipooksijenaz aktivitelerini inhibe ederek, antiinflamatuvar etkileri olduğu bildirilmiştir(15).

Deney hayvanlarına sentetik bor bileşiği olan 2' deoksiribonükleosid siyanoboron 2-8 mg/kg uygulandığında lökosit ve makrofajlardaki 5' lipooksijenazı inhibe etmiştir. Ayrıca bu çalışmada bu bileşiğin hidroksil gruplarının Fe+2 ve Fe+3 ile reaksiyona girerek oluşan serbest radikal formasyonunu da engellediği saptanmıştır(56).

### 2.3.5.Bor ve Artrit

Uzun yıllar boyunca bor tabletleri artrit tedavisinde kullanılmıştır. Günlük 1 mg ve daha az miktarda bordan fakir besinlerle beslenen bölgelerde yaşayanlarda artrit sıklığının arttığı belirlenmiştir. Avustralya'da radyolojik olarak osteoartrit tanısı doğrulanmış 20 hastanın bir kısmına 6 mg/gün bor bir kısmına plesebo verilerek değerlendirildiğinde bor verilen hastaların artrit semptomlarının anlamlı derecede azaldığı gösterilmiştir(57, 58). Borun artrit semptomlarını azaltması ile ilgili yapılan başka bir çalışmada deney hayvanlarına yüksek düzeyde bor verilmesi sonrasında serum c-AMP düzeyinin arttığı ve artan c-AMP'nin lizozomal enzimlerin salınımı engelleyerek artrit semptomlarını azalttığı gösterilmiştir(11). Kabul gören diğer görüş ise borun hidroksil grupları ile kolay bağ kurabilmesi nedeniyle kortikosteroid sentezini artırarak antiinflamatuvar etkiyi güçlendirdiği ve artrit semptomlarının azaldığı düşünülmüştür(14). Yeni Zellanda' da bulunan kaplıcalarda çamur banyosu sonrasında insanların artrit şikayetlerinin azaldığı saptanmıştır. Kaplıca suyu analiz edildiğinde içerisindeki bor düzeyinin çok fazla olduğu 2000 mg/L üzerinde olduğu ve borun artrit semptomlarını azalttığı bildirilmiştir(57).

### 2.3.6. Bor Protein Metabolizması ve Proteazlar

Borun protein metabolizmasında rol aldığını gösteren çalışmalar mevcuttur. Ördeklerin yemlerine 1000 mg/kg bor ilave edilip 4 hafta sonra kan ve doku örnekleri değerlendirildiğinde plazma protein konsantrasyonlarının azaldığı saptanmıştır(59). Büyüme dönemindeki domuzların yemlerine 5 mg/kg bor ilave edildiğinde serum üre düzeylerinin arttığı gözlenmiştir(60). Serin proteazlar peptit bağlarını parçalarken serin rezidülerini kullanan ve inaktif zimojen halinde salınan proteolitik enzimlerin genel adıdır. Koagulasyon, kompleman aktivasyonu, inflamasyon, sindirimde görev alırlar. Görevleri bittikten sonra çeşitli proteinler tarafından inhibe edilirler. Yapılan çalışmalarda birçok serin proteaz enziminin bor bileşikleri ile reversible inhibe edildiği belirtilmektedir. Kettner ve ark. (17) üç alfa aminoboronik asit ile peptit analogları oluşturarak yaptığı çalışmada sentetik boronik asidin lökosit elastaz, pankreatik elastaz, katepsin G, kimotripsinden oluşan serin proteazları inhibe ettiğini göstermiştir. Hayvan deneylerinde trakea içine elastaz verilerek, sonrasında sentetik boronik asit trakea içine uygulanmıştır. 2 hafta sonrasında akciğer dokusu incelendiğinde anfizem oluşumunun azaldığı görülmüştür. Bu durum proteolizden kaynaklanan hastalıkların kontrolünde bor bileşiklerinin faydalı olabileceğini düşündürmüştür(16). 45- 65 yaş arasında 15 sağlıklı gönüllü ile yapılan çalışmada akut bor alımının serin proteaz pıhtılaşma faktörü olan faktör VII düzeyine etkisi incelenmiştir. 2 hafta boyunca 11,6 mg bor desteği sonrasında Aktive faktör VII, faktör VII antijen ve pıhtılaşma faktörü IX ve X 'in aktivitesi konsantrasyonunun ölçüldüğünde akut bor takviyesinin faktör VIIa düzeyini değiştirmedeği bildirilmiştir(61).

### 2.3.7. Borun Kalsiyum ve Magnezyum Metabolizmasına Etkisi

Bor vücutta kalsiyum metabolizmasını etkiler. Borun hücre membran aktivitesini değiştirerek bunu sağladığı düşünülmektedir. Menapozlu kadınlarda yapılan bir çalışmada 3 mg/gün olacak şekilde bor içeren diyetle beslenme sonrasında idrarla atılan kalsiyum ve magnezyum atılımının azaldığı saptanmıştır(10). Diyete bor ilave edildiğinde kemik yapısında düzelme olduğu ve kandaki magnezyum düzeyi arttığı bildirilmiştir. Bor ve magnezyum eksikliği beraberse kemiklerde gelişim bozuklukları olabilmektedir. Diyetine bor ilave edilen

tavuklarla yapılan çalışmada 50 mg/kg, 100 mg/kg ve 200 mg/kg bor ilave edilerek tavukların tibia ve femur kemikleri değerlendirildiğinde, kontrol grubuna göre bor takviye edilen tavukların tibia ve femur gelişiminin önemli derecede arttığı saptanmıştır(62). Premenapozal dönemdeki kadınlara bor desteği uygulandığında sonuçta kemik mineral dansitesinin değişmediği, bunun nedeninin borun vitamin D, kalsiyum, magnezyum düzeyleri azaldığında etki gösterdiği öne sürülmüştür(63).

### **2.3.8. Bor ve Karbonhidrat Metabolizması**

Bor organik bileşiklerin hidroksil gruplarıyla kompleks kurabildiği için polisakkaritler ve diğer şekerler ile etkileşmektedir. Diyetine bor ilave edilen ratlarda plazma glukoz, pürüvat ve insülin düzeylerinin azaldığı gösterilmiştir. Bunun nedeninin glukozun yapısında bulunan hidroksil grubu ile bor elementinin kompleks yapması sonucu olduğu bildirilmiştir. Yemlerine 3 mg/kg bor ilave edilen civcivlerin aynı zamanda vitamin D yönünden fakir beslenerek değerlendirildiği çalışmada plazma glukoz düzeyinin azaldığı saptanmıştır(12). Ratlar ve civcivlerin borla beslenme sonrasında plazma insülin düzeylerinin azaldığı bildirilmiş olup borun direk olarak pankreas langerhans hücrelerini etkileyerek insülin salınımını azalttığı ileri sürülmüştür(64). İnsanlarda 45- 65 yaş arasında 15 sağlıklı gönüllü ile yapılan çalışmada 2 hafta boyunca 11,6 mg bor desteği sonrasında akut bor alımının kan glukoz düzeyini etkilemediği bildirilmiştir(61).

### **2.3.9. Bor ve Lipit Metabolizması**

Borun muhtemel yağ oksidasyonu ve glikoneogenezisin bazı basamaklarını etkileyerek lipit metabolizmasını etkilediği düşünülmektedir. Ratlarla yapılan çalışmada ratların içme suyuna 2 mg/gün bor eklenerek 4 hafta sonrasında kan yağları incelendiğinde plazma kolesterol, trigliserit ve HDL kolesterol düzeyinin azaldığı saptanmıştır(13). Bir çalışmada 10 köpeğe 30 gün boyunca günlük oral yoldan 4 gram boraks verilerek lipit profiline etkileri incelenmiş. Çok düşük dansiteli lipoprotein ve trigliserit düzeylerinin 2. haftada azaldığı, HDL ve apolipoprotein düzeyinin 3. haftada arttığı saptanmıştır(65). Kemirgenlere 3 farklı sentetik bor analogu verilerek yapılan çalışmada 16 gün sonra serum kolesterol ve trigliserit düzeyinin düştüğü gözlenmiş olup, bor bileşiklerine bağlı olarak kolesterolde %32-



46 trigliseritte %40-54 oranında düşme saptanmıştır. Bu çalışmada araştırmacılar bor bileşiklerinin karaciğerde trigliserit ve kolesterolün sentezini azaltarak veya lipidlerin safraya atılımını hızlandırarak ya da periferal dokularda lipidlerin depolanmasını azaltarak ve safra ile atılımlarını sağlamak için dokulardan karaciğere kolesterolün taşınmasını hızlandırarak lipid düzeylerinin düştüğünü ileri sürmüşlerdir(66).

#### **2.4.1. Bor ve Hormon Metabolizması**

Borun hormonlara nasıl etki ettiğine dair yeterli bilgi yoktur. Ancak bununla ilgili en fazla kabul gören mekanizma borun hücre zarının seçiciliğinde görev alarak hormonları etkilediği ya da hücre zarında bulunan proteinleri etkileyerek geçişi düzenlediği düşünülmektedir(67). Bor hidroksil gruplarına bağlanmaya meyilli olması nedeniyle hidroksil grubu içeren testosteron,  $17\beta$  estradiol, D vitamini gibi steroid yapıda olan hormonların sentez aşamasında etkilidir(10). Dört hafta boyunca 0,46 gram/L diyetine bor ilave edilen ratların, 4 hafta sonunda testosteron ve 1,25 dihidroksivitamin D düzeylerinin arttığı gösterilmiştir(13). İnsanlarda yapılan çalışmalarda, postmenopazal dönemdeki 12 kadının diyetine 4 ay boyunca 0,25 mg/gün bor ilave edildikten sonra  $17\beta$  estradiol ve testosteron düzeylerinin arttığı belirlenmiştir(10). Vücut geliştirme sporu ile ilgilenen 19 genç erkekte yapılan bir çalışmada 10 kişiye günlük 2,5 mg/gün bor diyetine eklenmiş, kalan 9 kişiye plasebo verilerek karşılaştırıldığında total testosteron düzeyi ve yağsız vücut kitlesinde iki grup arasında fark olmadığı gözlenmiştir(68).

#### **2.4.2 Borun Beyin, Hafıza, Öğrenme Üzerine Etkisi**

Deney hayvanlarında bordan yoksun beslenme sonrasında beyin EEG kayıtları incelendiğinde düşük frekanslı dalgaların arttığı, yüksek frekanslı dalgaların ise azaldığı saptanmıştır. Bu durumun mental durumun baskılanmasının bir göstergesi olduğu belirtilmiştir. İnsanlarda yapılan çalışmalarda önce bordan fakir diyet uygulanmış, sonrasında diyete bor takviyesi yapılarak EEG kayıtları incelendiğinde bordan zengin beslenme sonrasında EEG sonuçları ve değerlendirmeler sonrasında mental aktivite, kısa ve uzun süreli hafıza ve motor becerilerde artış olduğu bildirilmiştir(20).

### 2.4.3. Bor ve Kanser Tedavisi

Bor nötron yakalama terapisi (BNCT) radyoterapide kullanılan dokuya uyumlu borun ilaç formu olan p-boronofenilalanin verilerek nötron bombardımanı yapılır. Kanser tedavisinde yöntemin etkinliğini tümörün yüzeysel konumu, ilacın tümöral dokuda yeterli birikip birikmediği belirler. Özellikle tedaviye dirençli baş ve boyun tümörlerinde olumlu sonuçlar alınmıştır. Halen bu yöntem başka tip kanser tedavilerinde denenmektedir(69).

## 2.5. Bor Maruziyeti ve Borun Toksik Etkisi

### 2.5.1. Bitkiler ve Hayvanlarda Bor Toksitesi

Bor bitkilerin gelişimi için gerekli bir elementtir. Ancak fazla miktarda bor olması bitkilerin gelişimini durdurarak bitkilerde meyve bozuklukları, meyve içi nekrozlar ve gövdede kurumaya neden olmaktadır(37). Hayvanlar üzerine borun etkisinin incelendiği çok sayıda çalışma bulunmaktadır. Butterwick ve ark. (70) meyve sinek larvalarını borik asite maruz bıraktıklarında larvaların tamamının öldüğünü gözlemlemişlerdir. Borun balıklar üzerindeki etkisiyle ilgili yapılan çalışmalarda balıkların sudaki yüksek düzeyde boru tolere edebildiğini göstermiştir. Özkurt (4) bizimde çalışmamızı yaptığımız Kırka yöresinde bulunan Çatören ve Kunduzlar baraj göletlerinde yaşayan sazanlar, dip çamuru, planktonlar ve sudaki bor düzeyini incelemiştir. Çalışma sonunda barajlardaki bor düzeyinin yüksek olduğu, borun besin zinciri yoluyla balıklara taşındığı ve balık dokularındaki bor düzeyinin yükseldiği ve balıkların gelişiminin olumsuz etkilediğini saptamıştır. Laposata ve ark. (71) kurbağa yumurtalarına yüksek düzeyde bor uygulandığında borun embriyo gelişimini geciktirdiği ve embriyolarda şekil bozukluğuna neden olduğunu göstermiştir. Sander ve ark. (72) civcivlerin yemlerine artan dozlarda borik asit ilave ettiğinde 2500-5000 mg/gün borik asit sonrasında karaciğer, beyin, böbrek ve kas dokusunda borun biriktiği göstermiş ve bor toksitesinde civcivlerde diyare, tonus artışı ve ataksik hareketler gözlemlendiğini bildirmişlerdir. Torkelson ve ark. (73) bor trifluoride içeren ortamlara tavşan ve kobayları inhalasyon yoluyla maruz bıraktıklarında, bor trifluoridenin solunum yolu iritasyonu, pnömoni ve ölüme neden olduğunu gözlemlemişlerdir. Price ve ark. (74) hamile tavşanları borik asitle

besledikten sonra anne tavşanlarda böbrek ağırlığının arttığını, fetuslarda ise kardiyovasküler malformasyon ve ölüm gözlendiğini raporlamışlardır. Dieter (75) fareleri gruplara ayırarak, her grubu farklı miktarda ve sürede borik asitle besledikten sonra her grup toksite açısından histopatolojik olarak değerlendirilmiş, deney sonunda borik asitin toksik ancak kanserojen olmadığı ölümün maruziyet zamanına ve alınan dozun miktarına bağlı olarak arttığını saptanmıştır. Weir ve ark. (76) Fareleri borik asitle 2 yıl boyunca besledikten sonra çalışma sonunda farelerin gözlerinde iltihaplanma, vücut ısısında düşme, tırnaklarında soyulma, pençe ve kuyruklarında dermatolojik problemler gözlendiğini, ataksik hareketleri olduğunu, dokuların histolojik incelemesinde ise kalp, karaciğer, dalak beyin gibi organlarda malignite bulgusu olmadığını, çok yüksek dozlarda ise testiküler atrofi olduğu bildirmiştir. Sığırlarda aşırı bor alımına bağlı tırnak etrafındaki deride hiperemi, bacaklarda ödem, riboflavinüri, diyare, kilo kaybı görüldüğünü ve hemoglobin, hematokrit ve plazma fosfor düzeyinin düştüğünü bildirilmiştir(50, 77). Genellikle hayvanlarda yapılan çalışmalar borun ürogenital sistem üzerine etkileri üzerine yoğunlaşmıştır. Chapin ve ark. (78) sıçanlarda yüksek dozda borik asitle beslenme sonrasında testiküler atrofi ve sperm inhibisyonu olduğunu bildirmişlerdir. Dixon (79) sıçanlara yüksek doz bor verilmesi sonrasında sıçanların testis seminifer tübüllerinin çaplarının azaldığını ve epididimis ağırlıklarının azaldığını saptamıştır. Burukoğlu ve ark. (80) sıçanların 70 gün boyunca içme sularına katılan 300 mg/L boraksın uygulanan doz ve süreye bağlı olarak testiste hasara neden olmadığı bildirmiştir.

### **2.5.2. İnsanlarda Bor Toksikitesi**

Bor vücuda alındıktan sonra büyük kısmı idrar yolu ile vücuda terk eder. Ancak kemik, karaciğer, dalak gibi organlarda bor birikmektedir. Bor tozlarıyla temas eden işçilerin bor teması sonrası sperm sayısının azaldığı öne sürülmüştür(81). Şaylı ve ark. (82) ülkemizde maden yatakları üzerinde ya da yakınında yaşayan kişilerin ayrıca bor fabrikaları ve bor maden ocaklarında çalışanların bor bileşikleriyle temas sonuçlarını değerlendirdiği çalışmada kişilerin çocuk yapma güç ve yeteneklerinin, evliliklerdeki düşük ve ölü doğumların yurdun herhangi bir kesiminden farklı olmadığını bildirmişlerdir. Yine ülkemizde bor havzasında olan

İskele beldesindeki 50 yaş üzerinde olan doğurganlığını tamamlamış 109 kadına anket uygulamış sonuçta doğurganlık özellikleri değerlendirildiğinde ülkemizin diğer bölgeleri ile karşılaştırıldığında fark olmadığı görülmüştür(83). Ishii ve ark. (21) 30 gram borik asiti yanlışlıkla içen 77 yaşındaki bir kişideki klinik bulguları incelemişler, sonuçta bulguların diyare, bulantı, kusma ile başlayıp sonrasında ölüm gözlemlendiğini bildirmiştir. Restuccio ve ark. (84) intihar amacıyla borik asit içen 45 yaşındaki bir bireyi incelediklerinde ölümün bor zehirlenmesine bağlı olarak gerçekleştiğini saptamışlardır. Kan örneğindeki bor düzeyi 42 mg/dl olarak bulunmuştur.

Çeşitli hastalıkların tedavisinde bor yıllardır kullanılmaktadır. Tedavilerinde bor bileşikleri kullanılan 19 hasta üzerinde yapılan bir araştırmada bora bağlı olarak tedavi sonrasında saç dökülmesi gözlemlendiği bildirilmiştir. Amerika da 1983-1984 yılları arasında bor zehirlenmesi olan 364 vaka değerlendirilmiştir. Bu zehirlenmelerde yaygın olan belirtilerin kusma, ishal ve karın ağrısı olduğu ancak bor zehirlenmesini ortaya koyacak klinik semptomların net olarak belirlenemediği bildirilmiştir(55).

### **2.5.3. Çocuklarda Bor Toksitesi**

Borun antiseptik özelliğinin güçlü olması nedeniyle boraks bal karışımları bebeklerde bir dönem kullanılmıştır. Bunun özellikle oral mukozadaki mantar enfeksiyonlarına karşı koruyucu olduğu düşünülmüştür. Mc Walters (22) 1907 yılında bir bebekte borakslı bal uygulamasından sonra kusma, ishal, ciltte ülsere döküntü gözlemlendiğini raporlamıştır. O'sullivan (23) 1980-1981 yılları arasında konvulsiyonla gelen 6-16 hafta arasında 7 yenidoğan bebekte bor intoksikasyonu saptamıştır. Bu bebeklerin boraks bal karışımı aldığı öğrenilmiş olup, yapılan tam kan sayımı, biyokimyasal incelemeler, kültür örnekleri gibi laboratuvar tetkikleri normal olarak saptanmış olup, bebeklerin 3'ünün kan bor düzeyinin yüksek olduğu çocukların hepsinde konvulsiyon gözlemlendiği ayrıca kusma, diyare, huzursuzluk, uykuya meyil gözlemlendiği bildirilmiştir.1950'li yıllarda diaper dermatit için kullanılan borik asit preparatları çok yaygınlaşmıştır. 1953 yılında borik asit zehirlenmesi olan 109 olgu incelenmiştir. Tüm mortalitenin %55 olduğu 1 yaşın altındaki hastalarda ise mortalitenin %70,2 olduğu saptanmıştır. Ortak klinik bulguların kusma, ishal, ciltte

soyulma, eritemli cilt döküntüleri ve meningeal iritasyon bulguları olduğu belirtilmiştir. Wong ve ark. (24) 1964 yılında formülaların hazırlanmasında yanlışlıkla %2,5'lük borik asit kullanılması sonucu 11 yenidoğan bebekte borik asit zehirlenmesi rapor etmişlerdir. Bebeklerde ishal, kusma, cilt lezyonları ve konvulsiyon gözlenmiştir. Ancak verilen tedavilere rağmen 5 bebek ölmüştür. Bu hastalara periton diyalizi uygulanmıştır. Araştırmacılar periton diyalizinin bor intoksikasyonunda tedavide bir seçenek olabileceği bildirmiştir.

## 2.6. Bor Düzeyi Ölçümünde Kullanılan Yöntemler

Bor analizinde birçok analitik yöntem bulunmaktadır. Kolorimetrik metotlar, iyon kromatografisi, florimetrik metot, indüktif eşlenmiş plazma kütle spektrofotometre (ICP-MS), indüktif plazma optik emisyon spektrofotometre (ICP-OES) gibi bor tayininde kullanılan yöntemler vardır.

İndüktif plazma optik emisyon spektrofotometre (ICP-OES); Her element kendine özgü enerji düzeyine göre emisyon yapabileceği dalga boyuna sahiptir. Dalga boyu ile emisyon şiddeti ölçülerek örnekteki bor miktarı saptanır. Daha çok çevresel örneklerdeki bor düzeyinin ölçümü için kullanılır(85).

İndüktif eşlenmiş plazma kütle spektrofotometre (ICP-MS); Örnekler cihazın yüksek sıcaklıktaki plazmasına gönderilir. Genellikle plazmada argon gazı bulunur. Bu ortamda örneklerin kimyasal bağları kırılarak iyonize olur. İyonlar kütlelerine ayrılarak analizlenir. Yüksek hassasiyette bor tayini yapılabilen bir yöntemdir. Bor elementinin izotoplarını dahi ölçebilir. Biyolojik örneklerdeki bor tayini için uygun bir yöntemdir(85).

İyon kromatografisi yöntemi; Yöntemin başarılı olabilmesi için bor elementinin iyonik formda olması gerekir. Biyolojik örneklerdeki bor tayininde çok kullanılan bir yöntem değildir(85).

Florimetrik metot; Bor elementinin floresans yayan maddeler ile kompleks yapması ve bu komplekslerden yayılan ışınların frekanslarının ölçümü esasına dayanır. Bor tayininde çok fazla tercih edilmez, çünkü pH ve sıcaklıktan çok fazla etkilenirler(85).

## **2. 7. Kolorimetrik Yöntemle Bor Düzeyi Ölçülmesi**

Biyolojik örneklerdeki bor konsantrasyonlarını belirlemek için kullanılabilir. Yöntemde bor ile reaksiyona girebilen azomethin-H, carmine, metilen mavisi gibi reaktifler renkli bor kompleksleri oluşturur. En sık kullanılan bor reaktifi azomethin-H'dır. Bu reaktif hassas, hızlı ve güvenilir olması nedeniyle sık kullanılır. azomethin-H borik asit ile 420 nm de absorbans veren sarı renkli kompleksler oluşturur. Spektrofotometrede bu absorbans okunarak bor düzeyi ölçümü yapılır. Kolorimetrik yöntemin dezavantajı laboratuvar işlemlerinin uzun olması nedeniyle zaman kaybına neden olmasıdır(46, 85).

### 3. GEREÇ VE YÖNTEM

Bu çalışma, Eskişehir Kırka yöresinde bulunan bütün ilköğretim okullarında, 7-14 yaş arasında 339 çocukta ve kontrol grubu olarak 90 çocukta yapılmıştır.

Vaka kontrol şeklinde olan bu çalışmanın populasyonunu 7-14 yaş arasındaki 429 çocuk oluşturmaktadır. Çalışma Mart-Kasım 2012 tarihleri arasında yapılmıştır.

Okullarda kan alımı yapılacağı için Milli eğitim müdürlüğü ve Eskişehir valiliğinden gerekli izinler alındı. Kırka bölgesindeki okullarda öğrenim gören tüm ilköğretim çağındaki 812 öğrencinin ailelerine bilgilendirme ve onay formu verildi. Çalışmaya katılmak isteyen 339 öğrenci velisinden onay formu alınarak bu öğrenciler çalışmaya dahil edildi.

Kontrol grubu olarak Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Tıp Fakültesine başvuran, Kırka yöresinde yaşamayan, ciddi enfeksiyonu ve kronik hastalığı olmayan 7-14 yaş arası 90 çocuk çalışmaya alındı. Çocuklardan aileleri bilgilendirilen ve bu çalışmaya katılmak isteyen velilerden onay formu alınarak başka bir nedenle kan alınırken, 1 ml kan örneği bor düzeyi ölçümü için alındı.

Çocukların yaş, cinsiyet, yaşadığı yer, merkez, köy verileri kaydedildi. Kan bor düzeyi ölçülmesi için ailelerden herhangi bir ücret alınmadı.

Çocuklardan kar bor düzeyi ölçümü için 1 ml venöz kan örneği plastik kateter ile alınarak +4 derece buzdolabında saklandı. Kan alımını izleyen 2 gün içerisinde örnekler önce kapalı fırında kuru yakma yöntemi ile yakıldı. Daha sonra bir dizi kimyasal işlem yapılarak spektrofotometre ile bor düzeyi ölçüldü.

Çalışmamız etik kurul tarafından incelenerek onaylandı. Çalışma için ESOĞÜ Tıp Fakültesi Etik Kurulu'nun 1 Temmuz 2011 tarihli toplantısında 2011/179 sayılı onay kararı alınmıştır.

#### 3.1. Çalışmamızda Bor Düzeyi Ölçülmesi

Bu çalışmada kolorimetrik Azomethin-H yöntemi kullanıldı(46, 86, 87, 88). EDTA'lı tüplere alınmış olan 1 ml numune kapaklı porselen krozelere konuldu. Eskişehir Osmangazi Üniversitesi maden mühendisliği laboratuvarında bulunan kapalı kuru yakma fırınlarında 500 °C de numuneler 6 saat boyunca yakılarak Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Tıp Fakültesi biyokimya bölümü laboratuvarında yakılmış

materyal dilüe edilmiş HCL ve HNO<sub>3</sub> ile tamamen çözüldü. Amonyum asetat, EDTA disodyum, asetik asit ile hazırlanan çözelti ile tamponlanarak, Azomethin-H ve askorbik asit ile hazırlanan çözelti ile karıştırıldı. İnkübasyon süresi sonrasında ph: 5,1' de 420 nm dalga boyunda spektrofotometre ile bor düzeyi ölçüldü. Kan bor düzeyi sonucunu etkilememesi için plastik volumetrik kaplar kullanıldı. Her numune spektrofotometrede 2 kez okundu.

### **3.2. İstatistiksel Analiz**

Araştırmanın tüm veri analizleri SPSS 15,0 ve SigmaStat 3,5 Paket Programları ile yapılmıştır. Sürekli nicel veriler; n, normal dağılım gösterenler ortalama ve standart sapma, ortanca, 25 ve 75 olarak verildi. Nitel veriler ise n ve oran olarak ifade edilmiştir. Normal dağılım gösteren sürekli veriler grup sayısına bağlı olarak bağımsız yapıdaki veriler t testi ile analiz edilmiş olup normal dağılım göstermeyen verilerin grup sayılarına göre bağımsız gruplardan oluşan veriler ise, Mann-Whitney U testi ile analiz edilmiştir. Normal dağılım göstermeyen verilerin grup sayılarına göre ise Kruskal-Wallis testi ile analiz edilmiştir. P<0,05 olasılık değerleri önemli olarak kabul edilmiştir.



#### 4. BULGULAR

Çalışmaya Eskişehir Kırka yöresinde bor madeni çevresinde yaşayan, tüm ilköğretim okullarında 7-14 yaş arasında öğrenim gören toplam 812 çocuktan, ailelerinden onam alınan 339 çocuk alındı. Kontrol grubu olarak Kırka yöresi dışında yaşayan, yaş ve cinsi uygun 90 çocuk alındı. Bu araştırmada 429 çocuğun kan bor düzeyi ölçüldü.

Tablo 4.1. Kırka ve Kontrol Gruplarında Cinsiyet Dağılımı

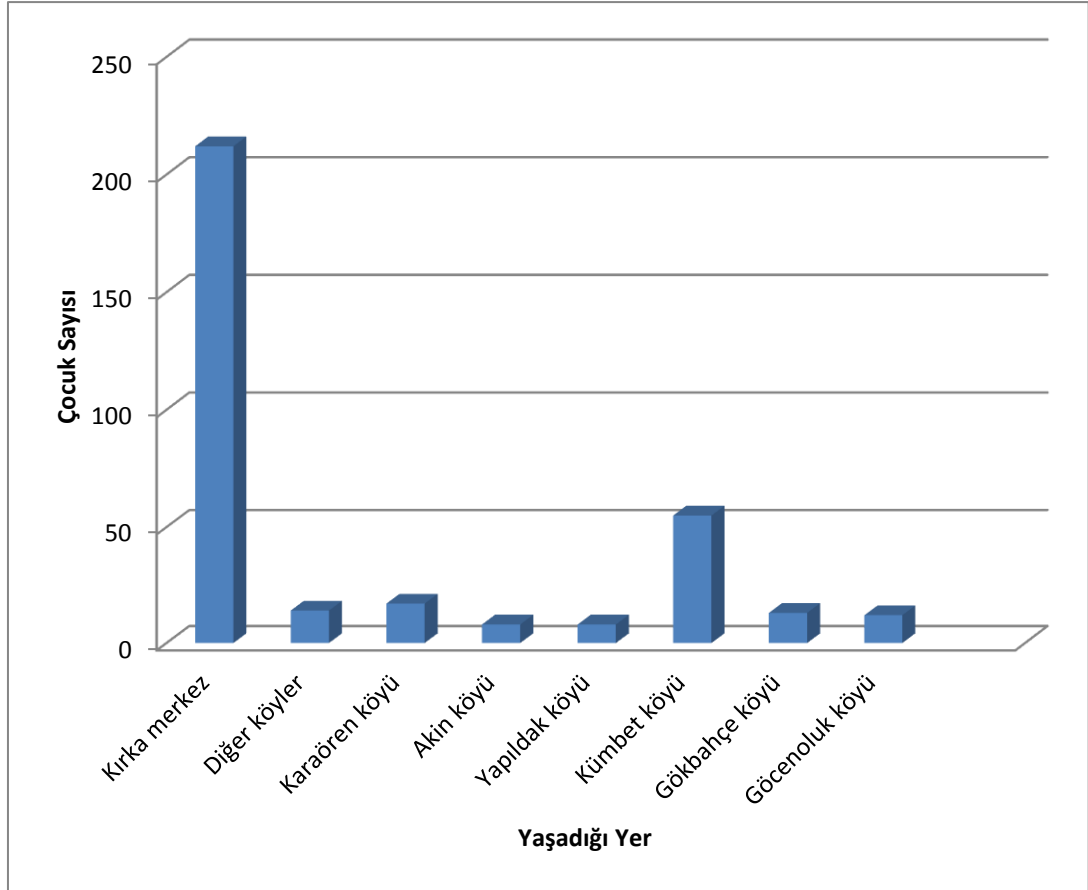
Grup	Kız		Erkek		Toplam	
	n	%	n	%	n	%
<b>Kırka</b>	174	51	165	49	339	100
<b>Kontrol</b>	45	50	45	50	90	100
<b>Toplam</b>	219	100	210	100	429	100

Bu araştırmada yer alan 429 çocuğun 210'u erkek 219'u kız idi. Bor madeni çevresinde yaşayan 339 çocuğun 174'ü kız (%51), 165 tanesi erkek (%49) iken kontrol grubunda 90 çocuk yer aldı, bu çocukların 45'i kız (%50), 45'i ise erkek (%50) bireylerden oluşuyordu( $p>0,05$ ).

Tablo 4.2. Kırka ve Kontrol Grubundaki Çocukların Yaş Dağılımı

Yaş Grubu	Kırka		Kontrol		Toplam	
	n	%	n	%	n	%
7-8	68	20,1	24	26,7	92	21,4
9-10	71	20,9	22	24,4	93	21,7
11-12	114	33,6	22	24,4	136	31,7
13-14	86	25,4	22	24,4	108	25,2
<b>Toplam</b>	339	100	90	100	429	100

Çalışma grubundaki 339 çocuğun yaş ortalaması  $10,8 \pm 2,19$  ortanca 11 yıl iken, 68'i (%20,1) 7-8 yaş arasında, 71'i (%20,9) 9-10 yaş arasında, 114'ü (%33,6) 11-12 yaş arasında, 86'sı (%25,4) ise 13-14 yaş aralığındayken, kontrol grubunda yer alan çocukların yaş ortalaması  $10,4 \pm 2,32$  ortanca 10 yıl olup, 24'ü(%26,7) 7-8 yaş arasında, 22'si(%24,4) 9-10 yaş arasında, 22 si (%24,4) 11-12 yaş arasında, 22'si (%24,4) 13-14 yaş aralığındaki çocuklardan oluşmaktaydı. Yaş grupları arasında istatistiksel fark yoktu( $p>0,05$ ).



Şekil 4.1. Kırka Grubundaki Çocukların Yaşadıkları Yerlere Göre Dağılımı

Bu araştırmada kan bor düzeyi ölçümü için örnekler okullarda alındı. Çocukların yaşadıkları yerlere baktığımızda çocuklardan 212'si (%62,5) Kırka merkezde yaşarken, bunu Kümbet köyü 55 (16,2), Karaören köyü 17 (%5), Diğer köyler 14 (%4,1), Gökbağçe köyü 13 (%3,8), Göcenoluk köyü 12 (%3,5), Yapıldak köyü 8 (%2,3), Akin köyünde yaşayan 8 (%2,3) çocuk izlemiştir.

Tablo 4.3. Kırka ve Kontrol Grubundaki Çocukların Yaş Gruplarına Göre Kan Bor Düzeyleri

Yaş Grubu	Kırka Grubu Kan Bor Düzeyi mg/L		Kontrol Grubu Kan Bor Düzeyi mg/L		P
	Ortalama±SD	Ortanca (%25-75)	Ortalama±SD	Ortanca (%25-75)	
<b>7-8</b>	0,82 ± 0,39	0,71 (0,52-1,04)	0,74 ± 0,38	0,63 (0,43-1,03)	>0,05
<b>9-10</b>	0,81 ± 0,36	0,74 (0,52-1,01)	0,83 ± 0,36	0,78 (0,54-1,07)	>0,05
<b>11-12</b>	0,89 ± 0,34	0,82 (0,63-1,07)	0,82 ± 0,29	0,83 (0,59-0,95)	>0,05
<b>13-14</b>	0,85 ± 0,31	0,82 (0,62-1,07)	0,77 ± 0,30	0,69 (0,55-1,09)	>0,05
<b>Toplam</b>	0,85 ± 0,35	0,78 (0,6 -1)	0,79 ± 0,34	0,75 (0,5-1,01)	>0,05

Kırka'daki 7-8 yaş arasındaki çocukların kan bor düzeyi ortalama  $0,82 \pm 0,39$  mg/L, ortanca 0,71 mg/L, 9-10 yaş arasında ortalama  $0,81 \pm 0,36$  mg/L, ortanca 0,74 mg/L, 11-12 yaş arasında ortalama  $0,89 \pm 0,34$  mg/L, ortanca 0,82 mg/L, 13-14 yaş arasında ortalama  $0,85 \pm 0,31$  mg/L, ortanca 0,82 mg/L, olarak saptandı. Kontrol grubundaki 7-8 yaş arasındaki çocukların kan bor düzeyi ortalama  $0,74 \pm 0,38$  mg/L, ortanca 0,63 mg/L, 9-10 yaş arasında ortalama  $0,83 \pm 0,36$  mg/L, ortanca 0,78 mg/L, 11-12 yaş arasında ortalama  $0,82 \pm 0,29$  mg/L, ortanca 0,83 mg/L, 13-14 yaş arasında ortalama  $0,77 \pm 0,30$  mg/L, ortanca 0,69 mg/L, olarak saptandı. Kırka'daki çocukların 11-14 yaş gruplarında kan bor düzeyinde hafif artış görülmekle beraber yaş grupları kendi aralarında karşılaştırıldığında istatistiksel fark saptanmadı ( $p > 0,05$ ). Kırka'daki çocukların kan bor düzeyi ile kontrol grubunda yer alan çocukların kan bor düzeyi yaş grupları kendi aralarında karşılaştırıldığında istatistiksel fark saptanmadı ( $p > 0,05$ ). Çalışma sonunda çocuklardaki kan bor düzeyi Kırka yöresinde ortalama  $0,85 \pm 0,35$  mg/L ortanca 0,78 mg/L, kontrol grubundaki çocuklarda ise ortalama  $0,79 \pm 0,34$  mg/L ortanca 0,75 mg/L olduğu saptandı. Kırka'da yaşayan çocukların kan bor düzeyi normal düzeylerdeydi. Ancak kontrol grubu ile karşılaştırıldığında, ortalama ve ortanca değerleri daha yüksekti. İki grup arasında istatistiksel fark saptanmadı ( $p > 0,05$ ).

Tablo 4.4. Kırka Yöresinde Yaşayan Kız ve Erkeklerin Kan Bor Düzeyleri

Kan Bor Düzeyi mg/L	Kız		Erkek		p
	Ortalama±SD	Ortanca (%25-75)	Ortalama±SD	Ortanca (%25-75)	
	0,85 ± 0,35	0,78 (0,6-1,07)	0,86 ± 0,34	0,78 (0,6-1,06)	>0,05

Kırka yöresinde yaşayan 165 erkek çocuğun kan bor düzeyi ortalama  $0,86 \pm 0,34$  mg/L, ortanca 0,78 mg/L, 174 kızın ise ortalama  $0,85 \pm 0,35$  mg/L, ortanca 0,78 mg/L olarak saptandı. İki grup karşılaştırıldığında kan bor düzeyleri arasında istatistiksel olarak fark saptanmadı ( $p > 0,05$ ).

Tablo 4.5. Kontrol Grubunda Yer Alan Kız ve Erkeklerin Kan Bor Düzeyleri

Kan Bor Düzeyi mg/L	Kız		Erkek		p
	Ortalama±SD	Ortanca (%25-75)	Ortalama±SD	Ortanca (%25-75)	
	0,75 ± 0,33	0,67 (0,48-0,91)	0,84 ± 0,34	0,78 (0,59-1,07)	>0,05

Kontrol grubunda yer alan Eskişehir’de yaşayan erkeklerin kan bor düzeyi ortalama  $0,84 \pm 0,34$  mg/L, ortanca 0,78 mg/L, Kızların ise ortalama  $0,75 \pm 0,33$  mg/L, ortanca 0,67 mg/L olarak saptandı. Bu gruptaki erkekler kızlarla karşılaştırıldığında kan bor düzeyi erkeklerde daha yüksek olarak bulunmasına rağmen, istatistiksel olarak fark saptanmadı ( $p > 0,05$ ).

Tablo 4.6. Kırka ve Kontrol Grubundaki Erkeklerin Kan Bor Düzeyleri

Kan Bor Düzeyi mg/L	Kırka Grubu		Kontrol Grubu		p
	Erkek		Erkek		
	Ortalama±SD	Ortanca (%25-75)	Ortalama±SD	Ortanca (%25-75)	
	0,86 ± 0,34	0,78 (0,6-1,06)	0,84 ± 0,34	0,78 (0,59-1,07)	>0,05

Kırka yöresinde yaşayan 165 erkekte kan bor düzeyi ortalama  $0,86 \pm 0,34$  mg/L, ortanca 0,78 mg/L, Eskişehir merkezde yaşayan kontrol grubundaki 45 erkekte kan bor düzeyi ortalama  $0,84 \pm 0,34$  mg/L, ortanca 0,78 mg/L olarak saptanmış olup, kan bor düzeyleri arasında erkek cinsiyete göre istatistiksel fark bulunamadı ( $p>0,05$ ).

Tablo 4.7. Kırka ve Kontrol Grubundaki Kızların Kan Bor Düzeyleri

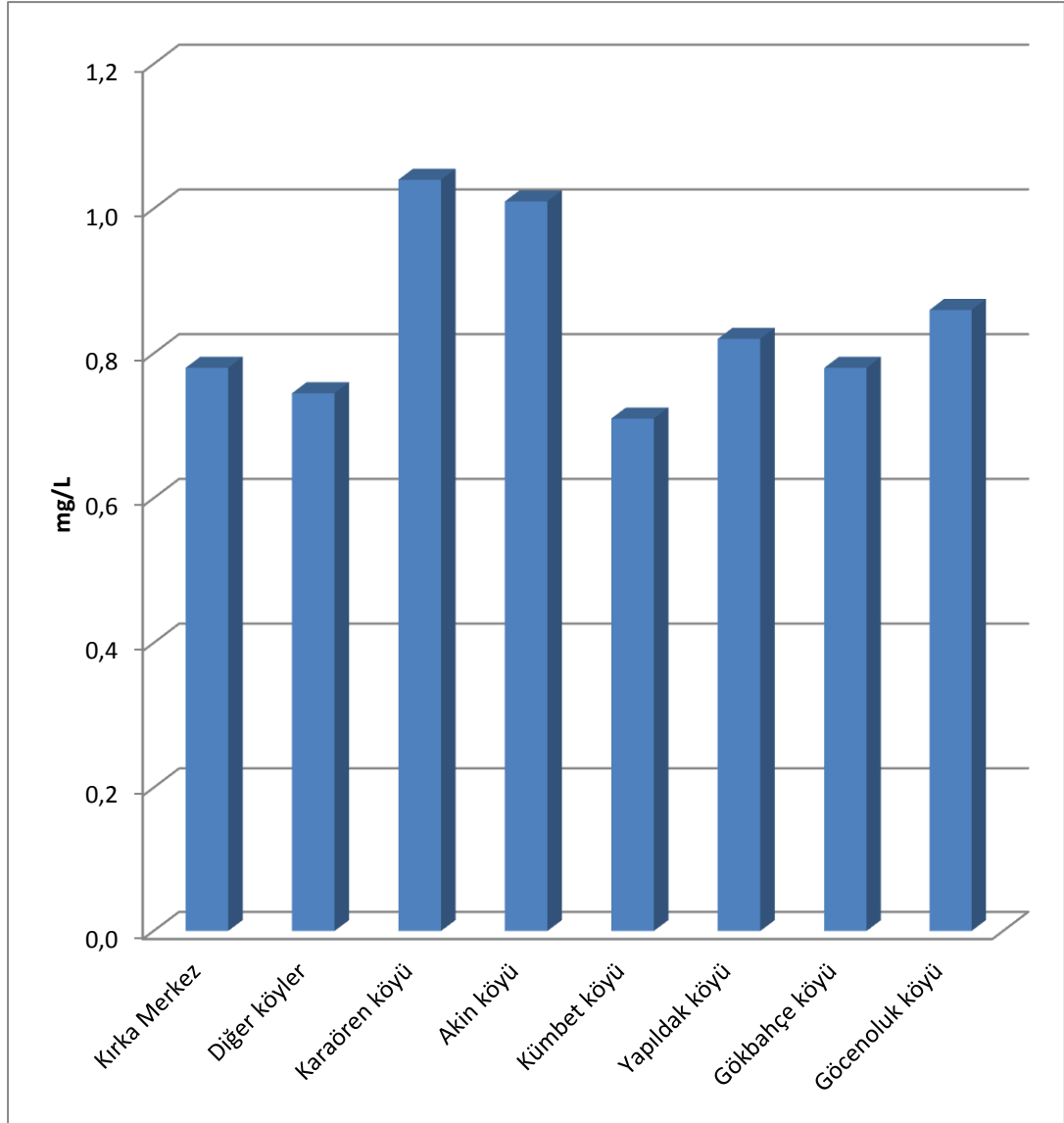
Kan Bor Düzeyi mg/L	Kırka Grubu		Kontrol Grubu		p
	Kız		Kız		
	Ortalama±SD	Ortanca (%25-75)	Ortalama±SD	Ortanca (%25-75)	
	0,85 ± 0,35	0,78(0,6-1,07)	0,75 ± 0,33	0,67 (0,48-0,91)	>0,05

Kırka yöresinde yaşayan 174 kızın kan bor düzeyi ortalama  $0,85 \pm 0,35$  mg/L, ortanca 0,78 mg/L. Eskişehir merkezde yaşayan kontrol grubundaki 45 kızın kan bor düzeyi ortalama  $0,75 \pm 0,33$  mg/L, ortanca 0,67 mg/L olarak saptanmış olup, Kırka bölgesindeki kızların kan bor düzeyi Eskişehir merkezde yaşayan kızlara göre daha yüksek saptandı, ancak iki grup arasında istatistiksel fark bulunamadı ( $p>0,05$ ).

Tablo 4.8. Kırka Grubundaki Çocukların Yerleşim Yerlerine Göre Kan Bor Düzeyleri

Yaşadığı Yer	Kişi Sayısı	Ortalama±SD (mg/L)	Ortanca (%25-75) (mg/L)	p
Kırka merkez	212 (%62,5)	0,85 ± 0,34	0,78 (0,6-1,08)	>0,05
Diğerköyler	14 (%4,1)	0,80 ± 0,29	0,74 (0,64-0,89)	>0,05
Karaören köyü	17 (%5)	1,13 ± 0,42	1,04 (0,86-1,31)	<b>&lt;0,05</b>
Akin köyü	8 (%2,4)	0,84 ± 0,39	1,01 (0,45-1,08)	>0,05
Kümbet köyü	55 (%16,2)	0,76 ± 0,30	0,71 (0,53-0,88)	<b>&lt;0,05</b>
Yapıldak köyü	8 (%2,4)	0,91 ± 0,39	0,82 (0,67-1,24)	>0,05
Gökbahçe köyü	13 (%3,8)	0,75 ± 0,33	0,78 (0,44-1,02)	>0,05
Göcenoluk köyü	12 (%3,5)	0,89 ± 0,42	0,86 (0,64-1,08)	>0,05

Kırka yöresindeki yerleşim yerlerine göre çocukların kan bor düzeylerinin ortalama Kırka merkezde  $0,85 \pm 0,34$  mg/L, Karaören köyünde  $1,13 \pm 0,42$  mg/L, Akin köyünde  $0,84 \pm 0,39$  mg/L, Kümbet köyünde  $0,76 \pm 0,30$ mg/L, Yapıldak köyünde  $0,91 \pm 0,39$  mg/L, Gökbahçe köyünde  $0,75 \pm 0,33$  mg/L, Göcenoluk köyünde  $0,89 \pm 0,42$  mg/L olduğu saptanmıştır. Yerleşim yerlerindeki çocukların kan bor düzeyleri normal aralıktadır. Kan bor düzeyleri yerleşim yerlerine göre karşılaştırıldığında Kümbet köyünde diğer köylerdeki çocuklara göre düşük ve Karaören köyündeki çocukların ise kan bor düzeyleri diğer köylerdeki çocuklara göre daha yüksek olduğu saptandı. Bu iki köy kendi arasında karşılaştırıldığında kan bor düzeyleri açısından aralarında istatistiksel fark olduğu saptandı ( $p<0,05, p<0,05$ )(Şekil 4.2).



Şekil 4.2. Çalışma Grubunda Yerleşim Yerlerine Göre Kan Bor Düzeyleri



Tablo 4.9. Çalışma Grubundaki Çocukların Kan Bor Düzeyleri

Yaşadığı Yer	Kırka Kan Bor Düzeyi		Kontrol Kan Bor Düzeyi		p
	Ortalama±SD (mg/L)	Ortanca (%25-75) (mg/L)	Ortalama±SD (mg/L)	Ortanca (%25-75) (mg/L)	
Diğer Köyler	0,80 ± 0,29	0,74 (0,64-0,89)	0,79 ± 0,34	0,75 (0,56-1,01)	>0,05
Karaören Köyü	1,13 ± 0,42	1,04 (0,86-1,31)			<0,05
Akin Köyü	0,84 ± 0,39	1,01 (0,45-1,08)			>0,05
Kümbet Köyü	0,76 ± 0,30	0,71 (0,53-0,88)			>0,05
Yapıldak Köyü	0,91 ± 0,39	0,82 (0,67-1,24)			>0,05
Gökbahçe Köyü	0,75 ± 0,33	0,78 (0,44-1,02)			>0,05
Göcenoluk Köyü	0,89 ± 0,42	0,86 (0,64-1,08)			>0,05

Kontrol grubunda yer alan Eskişehir merkezde yaşayan çocukların kan bor düzeyi ortalama  $0,79 \pm 0,34$  mg/L, Ortanca 0,75 mg/L olarak bulunmuştur. Kontrol grubundaki bu çocukların kan bor düzeyi Kırka köylerinde yaşayan çocukların kan bor düzeyi ile karşılaştırılmıştır. Veriler homojen dağılmadığı için ortanca değerlerine göre karşılaştırma yapılmıştır, sonuçta kontrol grubundaki çocuklar ile Karaören köyünde yaşayan kan bor düzeyi ortalama  $1,13 \pm 0,42$  mg/L, ortanca değeri 1,04 mg/L olan çocukların kan bor düzeyleri açısından bu iki grup arasında istatistiksel fark olduğu belirlenmiştir ( $p < 0,05$ ).

## 5. TARTIŞMA

Son yıllarda önemi anlaşılan eser elementlerden birisi olan bor elementinin insan ve hayvanlar için esansiyel olabileceğine ilişkin bulgulara yakın zamanda ulaşılmış olup endokrin fonksiyonlar, lipit, karbonhidrat, protein metabolizması, immün sistem, endokrin fonksiyonlar, beyin fonksiyonlarında önemli rol aldığı, ayrıca osteoporoz, osteoartrit ve artrit önlenmesinde olumlu etkileri olabileceği düşünülmekte ve bu yönde çalışmalar yapılmaya devam etmektedir. Borun biyolojik sistemde önemli görevleri olmasının yanında, bor ile insanlar her zaman yakın ilişki içerisinde olmuştur. Eski çağlardan beri uygarlıkların bor minerallerinden faydalandığı bilinmektedir. Son yüzyılda sanayileşme ve teknolojiye hızlı gelişmeler bor minerallerine olan ihtiyacı artırmıştır. Günümüzde bor fiziksel ve kimyasal işlemlerden geçirilerek bor ürünleri elde edilmektedir. Bu yüzden sanayi üretiminin vazgeçilmez temel stratejik hammaddelerinden biri olmuştur. Bugün hammadde, rafine ve nihai ürün şeklinde 250'ye yakın alanda kullanılmaktadır(8, 25, 28, 46).

Dünya bor rezervleri içinde gerek miktar gerekse oran bakımından ülkemiz dünyanın en zengin bor yataklarına sahip ülkesidir. Toplam rezervde % 72'lik bir orana sahiptir. Türkiye'deki bor madeni yatakları Batı Anadolu'da dağılım göstermektedir. Bor madeni yataklarımız Balıkesir (Bigadiç), Eskişehir (Kırka), Kütahya (Emet) ve Bursa (Kestelek)'de bulunmaktadır. Bor yataklarında çeşitli bor mineralleri beraber bulunmasına rağmen, baskın olan ve yataktan yatağa değişen bir veya iki bor minerali türü mevcuttur. Bigadiç yataklarında kolemanit ve üleksit, Emet yataklarında kolemanit ve Kırka yatağında ise boraks mineralinin baskın olduğu görülür. Dünyadaki en önemli boraks yatakları bizimde çalışmamızı yaptığımız Kırka bölgesinde bulunmaktadır. Kırka boraks yatağı 1950-1960 yılları arasında bulunmuştur. Bu zengin yatakları işletmek üzere 1970 yılında ise boraks tesislerin kurulmasına başlanmıştır. Tesis Kırka'nın 4,5 km. batısındadır. Üretimine devam etmektedir. Zengin boraks minerali yatakları üzerinde yaşayan insanlar çevre ile yakın etkileşimdedir(4, 26, 28, 89).

Bor çeşitli yollarla çevreye yayılmaktadır. Borun havaya karışması doğal kaynaklar yoluyla okyanuslardan buharlaşma, volkonik faaliyetler, jeotermal

buharlaşma yoluyla olabildiği gibi, endüstriyel faaliyetlerde havaya dağılmaktadır. Özellikle madenlerde çalışanlar bor tozlarının havaya karışması ile hava yolu ile bora maruz kalırlar. Bor madenlerinde 1 mm<sup>3</sup> havada 1-14 mg bor olduğu saptanmıştır(30, 44).

Su kaynakları ve bor ilişkisinin incelendiği çalışmalarda borun suya olan etkisinin iki açıdan olduğu belirtilmektedir. Bu doğrudan içme sularına etkisi ve tarımsal sulama ile bitkilere olan etkisidir. Su kaynaklarını içme ve kullanma suyu ve tarımsal sulamada kullanan bor madeni çevresinde yaşayan insanlar su kaynakları ile yakın ilişki içerisinde(6, 44). Ülkemizde 1988 yılında yayınlanan Çevre Bakanlığı su kirliliği yönetmeliğinde içme suları için verilen bor limiti 1 mg/L olup, bu miktarın 0,1 mg/L düzeyini aşmamasının ideal olduğu bildirilmektedir. Ülkemizdeki bor madeni havzalarında bulunan 3 bölgede yapılan çalışmada örnek alınan bölgelerden birisi de bizimde çalışmamızı yaptığımız Eskişehir Kırka yöresidir. Su örneklerinde bor düzeyi řu şekilde saptanmıştır. İskele bölgesinde 6,74 mg/L, Osmanca 2,4 mg/L, Seyitgazi'de 1,49 mg/L Kırka yöresinde 0,44 mg/L, Kunduzlar barajı 1,19 mg/L, Çatören barajı 1,45 mg/L olarak saptandığı, buna göre Osmanca, İskele ve Seyitgazi'de saptanan değerler söz konusu su yönetmeliğine göre üst limiti aşmaktadır. Ve içme suyu olarak kullanılmaları sakıncalıdır. Yine bu çalışmada Kırka yöresinde bulunan Kunduzlar ve Çatören baraj göletlerinin sularının sulamada kullanabileceği ancak içme suyu olarak kullanılamayacağı bildirilmiştir(7). Kırka yöresinde Seydi suyu su toplama havzasında yapılan başka bir çalışmada havzanın ana su kanalları olan Çatören ve Kunduzlar baraj göletlerinden, yüzey sularından ve derin su kuyularından alınan su örnekleri karşılaştırıldığında yüzey sularından alınan su örneklerinin bor düzeyinin çok daha yüksek olduğu gözlemiştir. Zorunlu durumlarda bu suların sulamada kullanılmasına devam edilmesi ile zamanla toprakta bor birikimi olacağı belirtilmiştir. Düşük düzeyde de olsa yer altı sularında da bor birikimi olduğu gösterilmiştir. Aynı çalışmada araştırmacılar bu bölgede yer alan 14 çeşmeden su örneği alarak bor düzeyini ölçmüşlerdir. Yazıdere çeşmesinde 1,79 mg/L, Çukurağıl ev çeşmesi 2,77 mg/L, Çukurağıl köy girişi çeşmesinde 1 mg/L, Doğançayır köy giriş çeşmesinde(arıtma suyu) 2,22 mg/L, Doğançayır köy merkezi çeşmesi 2,41 mg/L, Yeşilyurt köyü muhtarlık çeşmesi 1,36 mg/L, Mahmudiye çeşmesinde 1,59 mg/L bor saptanmış olup, görüldüğu üzere 7 su kaynağındaki bor

düzeşinin su yönetmeliğine göre verilen üst limiti 1mg/L den daha yüksek olduğunu saptamışlardır(6). Sağlık Bakanlığına bağlı toplum sağlığı merkezi tarafından düzenli olarak su örnekleri alınarak bu örneklerin kimyasal analizi yapılmaktadır. 2011 yılında alınmış olan su örneklerinin analizi Refik Saydam Hıfzısıhha Merkezi laboratuvarlarında yapılmış olup, su analizi sonuçlarına göre çalışmamızda en çok çocuğun yaşadığı Kışka merkezde sudaki bor düzeyinin 0,41 mg/L, kan bor düzeyinin en düşük değerlerde olduğu Kümbet Köyünde 0,07 mg/L, en yüksek kan bor düzeylerini saptadığımız Karaören Köyünde ise 0,06 mg/L olduğu saptanmıştır(90). Sağlık bakanlığı mevzuatlarına göre her üç merkezde de mevzuatların izin verdiği sudaki bor düzeyi 1 mg/L nin altındadır. Başka bir araştırmada Kışka yöresindeki Kışka boraks işletme tesisleri ve civarda bulunan 20 köyde içme sularındaki bor düzeyi ölçümü için örnek almıştır. İçme sularındaki bor düzeylerin eser miktar ile 1,5 mg/L arasında olduğunu, bazı yerleşim yerlerine göre bor düzeylerinin Kışka merkezde 0,27 mg/L, Boraks işletmesi 0,4 mg/L, Fethiye köyü 0,7 mg/L, Göcenoluk köyü 0,4 mg/L, Gökbahçe köyü 0,7 mg/L, Yapıldak köyü 1 mg/L, Oynaş köyü 1 mg/L, Salihler köyü 1,5 mg/L, İ̇kizoluk köyü 0,1 mg/L, Çatören köyünde eser, Akin köyü 0,2mg/L, Karaören köyü 0,2 mg/L, Kümbet Köyü eser düzeyde bor saptanmıştır. Amerika'da bulunan bir EPA'nın içme sularında bulunan bor düzeyini üst limitini 0.6 mg/L olarak belirlediğini bildiren araştırmacılar buna göre, çalışmadaki 6 yerleşim merkezindeki içme sularındaki bor düzeyinin 0,6 mg/L nin üzerinde olduğu belirtilmiştir(91). Doğal sularda borun en düşük etki konsantrasyonu 1 mg/L olarak belirlenmiştir. Bor içeriği 1 mg/L üzerinde olan suların ABD'de içme suyu olarak kullanılması yasaklanmıştır(92, 93). Özkurt ve ark.(94) 1993 yılında su kaynaklarındaki bor düzeyini belirlemek için yaptığı çalışma Kışka yöresinde bulunan Çatören ve Kunduzlar baraj göletlerinden su örnekleri alınarak bor düzeylerini ölçmüştür. Sudaki bor düzeyinin Kunduzlarda ortalama 2 mg/L, Çatörende ise 5,50 mg/L civarında olduğu gözlenmiştir. Çalışmada Çatören ve Kunduzlar Göletlerinde bor düzeyinin yüksek olduğu, içme suyu olarak kullanılmasının sakıncalı olduğu bildirilmiştir. Çatören ve Kunduzlar baraj göletlerindeki sudaki artmış borun suda yaşayan canlılara etkisi incelendiği çalışmada, sudaki borun besin zinciri yoluyla balıklara geçtiği saptanmış, bu göletlerde yaşayan sazan cinsi balıkların dokularındaki bor düzeyinin hayvansal

dokularda borun kabul edilebilir en üst sınırı olan 20 mg/L'nin üzerine çıktığı bildirilmiştir(4). Besin zinciri yoluyla bu balıklarla beslenen insanlar daha fazla bora maruz kalabilirler.

Ülkemizin bor yataklarına yakın bazı yerleşim birimlerinde içme ve kullanma sularının doğal olarak yüksek miktarlarda bor içermekte olduğu bilinmektedir. Bu su kaynakları içme suyu, kullanma suyu olarak kullanılmaktadır. Bor düzeyi yüksek sular bahçe ve tarla sulamasında kullanılmaktadır. Bu sularla sulanan meyve, sebze ve tahıllardaki bor düzeyinin doğal düzeyinin üzerine çıkması beklenmektedir. Ayrıca bor yataklarına yakın bölgelerde topraklardaki bor düzeyi doğal olarak yüksektir. Orta Anadolu'da çeltik tarımı yapılan bölgelerde topraktaki bor düzeyini ölçülmüştür. Topraktaki bor düzeyi 1,36-6,25 mg/kg arasında saptanmıştır. Sonuçta analiz yapılan toprak örneklerinin bor düzeyinin % 40'ının yeterli düzeyde, %55'inin fazla, %5'inin çok fazla olduğu, fazla miktarda bor bulunan toprakların bitki gelişimi üzerine olumsuz etkiler yaptığı ve bora dayanıklı bitki türlerinin bu bölgelerde kullanılması gerektiği bildirilmiştir(38, 95). Ülkemizde bor madeni havzalarında yetiştirilen bitkisel gıdalardaki bor düzeyinin ölçüldüğü çalışmada, örnek alınan bölgelerden biride bizimde çalışmamızı yaptığımız Eskişehir Kırka yöresidir. Çalışmadaki bazı bitkisel örneklere baktığımızda arpa, soğan, erik, incir, taze fasülye, ham elmadaki bor düzeyi literatüre göre yüksek, Kırka bölgesinden alınan buğday örneklerinde bor düzeyi literatüre göre yüksektir, Osmanca bölgesinden alınan siyah üzümdeki bor düzeyi 22,6 mg/L saptanmış olup, bu değerler çok yüksek olduğu belirtilmiştir. Ham vişne ve ham armut için saptanan değerler olağanüstü yüksektir. Yonca ve haşhaş tohumunda saptanan değerler 20 mg/L civarındadır ve bu değerler literatüre göre yüksektir. İnsanların doğal yollardan aldığı borun büyük kısmını kuru gıdalardan, meyvelerden sebzelerden baklagillerden aldığı bilinmektedir(7). Görüldüğü üzere maden havzalarında yetişen bitkiler daha fazla bor içermektedir. Bu besinlerle beslenen bu bölgedeki insanlar daha fazla bor mineraline maruz kalmaktadır

Bor madeni havzalarında yaşayan erişkinlerde ve bor fabrikalarında çalışan işçilerde yapılan kan bor düzeyini belirleyen çalışmalar olmasına rağmen, çocuklardaki veriler kısıtlıdır. Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Tıp Fakültesi hastanesinin bölgede bulunan en büyük sağlık merkezi olması nedeniyle Kırka

bölgesinde yaşayan çocuklar çocuk sağlığı ve hastalıkları bölümümüze tetkik ve tedavi amacıyla başvurmuştur. Bu araştırma ile bu bölgede yaşayan çocukların kan bor düzeyini belirlemeyi ve bor madeni çevresinde yaşamının kan bor düzeyine etkisini incelemeyi amaçladık. Çalışmamız Eskişehir Kırka yöresinde bor madeni çevresinde bulunan ilköğretim okullarındaki 7-14 yaş grubu tüm çocukları kapsadı. Ancak aile onamı olan bu çalışmaya katılmak isteyen çocukların kan bor düzeyleri ölçülerek, bulunan sonuçlar kontrol grubu ile karşılaştırılmış ve bor madeni çevresinde yaşamının kan bor düzeyine etkisi araştırılmıştır.

Çalışmamızda kan bor düzeyi ölçümünde uygulama ve ulaşım kolaylığı, uygun maliyette olması, bor izotoplarının ayrı ayrı ölçümüne gerek olmaması nedeniyle kolorimetrik azomethine-H yöntemi kullanıldı. Yaptığımız bu araştırma sonucunda kolorimetrik azomethine-H yöntemi ile tüm çocuklardaki kan bor düzeyinin 0,19-2,22 mg/L arasında değiştiği, Kırka yöresinde ortalama  $0,85 \pm 0,35$  mg/L ortanca 0,78 mg/L, kontrol grubunda yer alan Eskişehir merkezde yaşayan çocuklarda ise ortalama  $0,79 \pm 0,34$  mg/L ortanca 0,75 mg/L olduğu gözlemlendi.

Kan bor düzeyinin ölçümünde çeşitli metotlar kullanılmaktadır. Bor düzeyi ölçüm yöntemine göre farklılıklar göstermektedir. Bu yüzden dünyada çocuklarda kan bor düzeyi belirleyen ortak bir değer bulunamamıştır. Amerika Birleşik Devletleri halk sağlığı bölümü toksik maddeler ve hastalıklar ajansının bor raporunda çocuklardaki bor maruziyeti ile ilgili bilgilerin kısıtlı olduğu belirtilmiş olup, çocuklarda kan bor düzeyinin 0 - 1,25 mg/L arasında değiştiği bildirilmiştir(96). Bizim çalışmamızdaki çocukların kan bor düzeyinin bu değerler arasında olduğu gözlemlendi. Term 22 yenidoğan bebeğin atomik absorpsiyon yöntemi ile doğumdan sonraki birinci günde kan bor düzeyi ölçüldüğünde kan bor düzeyinin  $0,62 \pm 0,43$  mg/L olduğu, yenidoğanların 3. Gündeki kan bor düzeyinin ise  $0,21 \pm 0,16$  mg/L olduğu belirlenmiştir(97). Sağlıklı erişkinlerde kolorimetrik yöntemle kandaki bor düzeyinin  $1,71 \pm 1,1$  mg/L arasında değiştiği, prematüre bebeklerde yapılan bir çalışmada ise kolorimetrik azomethine-H yöntemi ile kanda bor düzeyi  $1,75 \pm 1,11$  mg/L olarak bulunmuştur(27, 46). Ülkemizde 7-14 yaş grubunda çocuklarda kan bor düzeyini ölçen literatürde çalışma bulunamamıştır. Bizim çalışmamız kolorimetrik yöntemle sağlıklı erişkin ve prematüre bebeklerde ölçülen kan bor düzeyi ile karşılaştırıldığında benzer sonuçlar olduğu görüldü. Bununla birlikte araştırmamızda

bor madeni çevresinde yaşayan çocukların kan bor düzeyi kontrol grubunda yer alan Eskişehir merkezde yaşayan çocukların kan bor düzeyi ile karşılaştırılmıştır. Kırka yöresindeki çocukların kan bor düzeyi normal düzeylerde bulunmakla birlikte, kontrol grubu ile kıyaslandığında daha yüksek değerlerde olduğu görüldü. Ancak bu artış istatistiksel olarak anlamlı değildi. Erişkinlerde kan bor düzeyini belirleyen çalışmalarda ICP-MS yöntemi ile kanda  $0,097 \pm 0,022$  mg/L bor olduğu bildirilmiştir(98). Boraks madeninde çalışan işçilerin kan ve idrar bor düzeyinin ölçüldüğü başka bir çalışmada kan bor düzeyinin 0,11-0,26 mg/L arasında olduğu saptanmıştır(99). Murray (100) Bor madenlerinde çalışan bora yoğun şekilde maruz kalan işçilerin kanlarındaki ortalama bor düzeyinin 0,24 mg/L olduğunu, ayrıca genel popülasyonda kan bor düzeyinin 0,03 ile 0,09 mg/L arasında değiştiğini bildirmiştir.

Ülkemizde Şaylı ve ark. (101) bor yatakları bakımından zengin bölgelerde yaşayanlar ve borik asit fabrikasında çalışanlardan kan ve idrar örnekleri alarak yaptıkları çalışmada 158 kişiden idrar ve kan örneği alınarak bor düzeyi ölçülmüş, araştırma kapsamındaki bölgelerden biride bizim çalışmamızı yaptığımız Kırka bölgesi olarak seçilmiştir. Florimetrik metotla bor tayini yapılan bu çalışmada Kırka bölgesindeki 47 örnekten 7 sinin kan bor düzeylerinin ölçülemeyecek kadar düşük olduğu saptanmıştır. Geriye kalan 40 serumda kandaki bor düzeyi 0,006-0,46 mg/L, ortalama olarak 0,15 mg/L olarak saptanmıştır. Çalışma yapılan diğer bölgelerle kıyaslandığında Kırka'da bor düzeyinin daha yüksek olduğu, Çalışma sonunda serum ve idrar kan bor düzeylerinin çok geniş varyasyon gösterdiği, serum bor konsantrasyonu ve idrar düzeyi arasında ilişki olmadığı, erkek ve kadın olarak cinsiyetler arasında kan bor düzeyi açısından fark olmadığı saptanmış olup, araştırmada kan bor düzeyinin en düşük olanların sadece çalışma ortamında bor bulunan Balıkesir'deki borik asit fabrikasında çalışanlarda olduğu saptanmış olup, çalışmada en yüksek kan bor düzeylerinin hem Kırka'da yaşayıp hem de borik asit fabrikasında çalışanlarda olduğu, yiyecek ve içeceklerdeki mineralin organizmaya giren borun temel kaynağı olduğu sonucu çıkarılmıştır. Dolayısıyla bor madeni çevresinde yaşayanlar bor mineraline daha fazla maruz kalmaktadır. Ayrıca bu çalışmada örneklerin çalışılmasında yöntem olarak florimetrik metod kullanıldığı için bizim çalışma sonuçlarımız ile karşılaştırılmadı. Buna karşılık bizim çalışmamızda bu çalışmaya benzer şekilde Kırka bölgesindeki kan bor düzeyi kontrol

grubuna göre daha yüksek bulundu. Bu iki çalışmada bor madeni çevresinde yaşayanlarda daha fazla bor maruziyeti sonrasında kan bor düzeyinin kontrol gruplarına göre daha yüksek olduğu gösterilmiştir. Usuda ve ark. (102) Japonya’da kentsel bir alanda 980 sağlıklı yetişkinde ICP MS yöntemi ile kan bor düzeyini ölçmüşler, erkeklerde kan bor düzeyini 0,033-0,191 mg/L kadınlarda ise 0,029-0,154 mg/L olarak saptamıştır. Araştırmada erkek bireylerin bor düzeyinin 49 yaşına kadar hızlı arttığı 50 ve 69 yaş arasında platoya ulaştığı kadın bireylerde 70 yaşına kadar kademeli olarak arttığı belirlenmiştir. Biz de çalışmamızda yaşın çocuklardaki kan bor düzeyine etkisini inceledik. Çalışma grubumuzda Kırka’daki 7-8 yaş arasındaki çocukların kan bor düzeyi ortalama  $0,82 \pm 0,39$  mg/L, 9-10 yaş arasında ortalama  $0,81 \pm 0,36$  mg/L, 11-12 yaş arasında ortalama  $0,89 \pm 0,34$  mg/L, 13-14 yaş arasında ortalama  $0,85 \pm 0,31$  mg/L, olarak saptandı. Kırka’daki çocukların 11-14 yaş gruplarında kan bor düzeyinde hafif artış görülmekle beraber, Kırka’daki çocukların yaş gruplarına göre kan bor düzeyleri kendi aralarında ve kontrol grubunda olan aynı yaş grubundaki çocuklarla kan bor düzeyi karşılaştırıldığında yaş grupları arasında istatistiksel olarak fark saptanmadı( $p>0,05$ ).

Borun kandaki düzeyinin artması sonrasında gözlenebilecek etkileri değerlendirmek için yapılmış çalışmalarda, deney hayvanlarına günde 9000 mg/L bor verildiğinde kan bor düzeyinin başlangıçta  $1,94 \pm 0,17$  mg/L olduğu, yüksek dozda bor ile beslenmeye devam edildiğinde 7. Gün sonunda kan bor düzeyinin  $16 \pm 0,71$  mg/L’ye yükseldiği gösterilmiştir(103). Ancak insanlarda borun kandaki artışının tehlikeli sınırlarını belirlemek güçtür. Bununla ilgili yapılan çalışmalar kısıtlıdır. Çocuklarda yanlışlıkla akut olarak yüksek dozda bor alımı sonrasında kan bor düzeyinin ölçüldüğü bir çalışmada kandaki bor düzeyi 20-150 mg/L olduğunda bor alımına bağlı yan etkilerin gözlemlendiği, kandaki bor düzeyi 200-1600 mg/L seviyesine yükselen çocuklarda ise ölümcül olduğu belirlenmiştir(24, 30, 96).

Bor maden havzasındaki Kırka yöresinde yaşayanlar hava yoluyla, besin kaynakları, içme, kullanma suları ile sürekli bora maruz kalırlar. Havada bulunan bor deri ile çok az miktarda vücuda girebilir. Bor elementinin vücuda girişinde temel yol gastrointestinal yoldur. Temel bor kaynakları ise yiyecek ve içeceklerdir. Bu kaynaklarla bor alımı ve etkilerine yönelik literatürde yapılmış olan mevcut çalışmalarda yiyecekler ve içme suyu ile normal bor maruziyeti sonrası insan



sağlığına olumsuz etkiler gözlenmemiştir(104). Sodyum borat ve borik asit formunda besinlerle birlikte alınan bor hızlı ve büyük oranda emilmektedir. Gastrointestinal sistemden emildikten sonra pasif difüzyon yoluyla insan dokuları ve vücut sıvılarında dağılmaktadır. Yumuşak dokudaki bor düzeyi kan bor düzeyine yakındır. Borun dokularda dağılımı ile ilgili deney hayvanları ile yapılan çalışmalarda, ratların içme suyuna altı hafta boyunca borik asit katılarak kan ve dokulardaki bor düzeyi incelenmiş, sonuçta ratların kan bor düzeyleri ile yumuşak dokudaki bor düzeylerinin birbirine yakın değerinde olduğu görülmüştür(5). Bor vücuda alındıktan sonra borun metabolik olarak vücutta aktif formu olan borik asitin bağlarını kırmak için fazla miktarda enerji gerektiği için absorbe olan bor birkaç gün içinde değişmeden idrarla atılır. İdrardan değişime uğramadan elimine edilen borun yarı ömrü 21 saattir(100, 104). Çalışmamızda bor madeni çevresinde yaşayan çocukların kan bor düzeylerinin normal saptanmasının nedeni, borun vücuttan hızlı elimine edilmesine bağlı olabilir. Hayvan çalışmalarında doku düzeyinde bor birikimi değerlendirilmiştir. Diyete bor ilave edildiğinde özellikle kemik dokusunda bor konsantrasyonunun daha fazla arttığı gösterilmiştir(45). Bizim çalışmamızdaki çocukların kan bor düzeyi normal aralıklarda saptanmıştır. Fakat insan dokularındaki bor miktarı hakkında tek başına kan bor düzeyini değerlendirerek yorum yapmamız güçtür.

Bor vücudumuzun dışarıdan alması gereken bir elementtir. İnsan vücuduna birçok yararlı etkisi olduğu bilinmektedir. İnsanlarda sentezlenemeyen borun günlük alınabilecek miktarları erişkinlerde 1-3 mg/gün, çocuklarda 0,5 mg/gün olarak belirlenmiştir(105). Ancak insanlarda borun yüksek dozda akut alımına bağlı iştahsızlık, bulantı, karında dolgunluk hissi, baş ağrısı, baş dönmesi, ishal şeklinde bulgular gözlenir. Diğer bir belirti de vücutta deri döküntüleri ve kızarıklığıdır. Çok ciddi durumlarda ise sürekli ve orta yoğunluklu bor temasına bağlı olarak burunda, gözlerde, boğazda ağrı, hiperemi gözlenebilir. Yüksek dozda akut bor toksikasyonu ölümcül olabilmektedir. Erişkinlerde 10-25 gram, çocuklarda 5-6 gram, infantlarda ise 1 gram borun fatal olabileceği belirtilmektedir(1, 106, 107). Üç çocukta yanlışlıkla akut yüksek dozda bor alımı sonrasında, bor maruziyetine bağlı olarak kandaki bor düzeyleri 0,26-0,85 mg/100 ml olarak saptanmıştır. Kontrol grubu ile kıyaslandığında bu düzeylerin oldukça yüksek olduğu belirtilmiştir(23). Bizim çalışmamızda akut bor maruziyetinden ziyade bor havzasında yaşamaya bağlı olarak

uzun süreli borla temas olmaktadır. Araştırmamızdaki çocuklardaki kan bor düzeyinin normal aralıklarda saptanması ve kontrol grubuna göre bor düzeyleri açısından fark olmaması borun vücuttan hızlı atılmasının sonucu olabilir. Borun vücuda alındıktan sonra ilk 24 saat glomerular filtrasyona uğrayarak hızlı olarak idrar yolu ile % 90'dan fazlasının vücuttan uzaklaştırıldığı bildirilmiştir(108, 109). Ancak sadece kan bor düzeyinin normal olması diğer dokulardaki bor düzeyi hakkında net bilgi vermemektedir. Borun insan sağlığına etkisini araştırmak için daha kapsamlı çalışmalar yapılması doku düzeyinde bor dağılımı hakkında daha fazla bilgi edinmemizi sağlayabilir.

Bor madeni çevresinde yaşayan erişkinlerde maden çevresinde yaşamının sağlığa etkisini değerlendiren çalışmalarda yapılmaktadır. Ünsal ve ark. (91) Kırka yöresinde Kırka sağlık ocağına ve Kırka boraks işletmesi sağlık birimine Kırka'da yaşayan halkın ve Kırka boraks madeninde çalışan işçilerin başvuruları değerlendirilerek yaptığı retrospektif araştırma sonucunda işletme sağlık birimine gastrit duodenit nedeniyle başvurular, Sağlık ocağına yapılan başvurulara göre anlamlı derecede yüksek bulunmuştur. Bunun nedeninin işletmede çalışan işçilerin hem madenden direk maruziyet hem de yiyecek ve içeceklerden bora maruz kalmaya bağlı olarak bu şikayetlerin artmış olabileceği bildirilmiştir. Onrat ve ark. (110) Kırka yöresinde bor madeni çalışanlarının kan örneklerinin sitogenetik incelemesini yapmıştır. Kan örneklerine artan dozlarda bor uyguladıklarında 50 mg/L ve daha yüksek dozlarda kromozomlarda mikronükleus oluşumunun artırdığı ve yüksek dozların genotoksik etki oluşturabileceğini belirtilmiştir.

Ülkemizde Prematüre yenidoğanlarda kan bor düzeyinin tam kan sayımı, biyokimyasal parametreler, beslenme şekli ve büyüme ilişkisinin incelendiği çalışmada, Prematüre yenidoğanlarda kan bor düzeyi ortalama  $1,75 \pm 1,11$  mg/L olarak saptanmıştır. Sonuçta prematüre yenidoğanların kan bor düzeyinin erişkinlerdeki kan bor düzeyi ile benzer olduğu, erkek ve kızlarda bor düzeyinin farklı olmadığı, postnatal malnutrisyonu olan hastaların kan bor düzeyi anlamlı olarak düşük saptanmış olup, bu durumun yetersiz gastrointestinal emilime ve artmış katabolizma hızına bağlı olabileceği bildirilmiştir(46). Bizim çalışmamızla prematüre bebeklerde yapılan bu çalışma karşılaştırıldığında, her iki çalışmada da kolorimetrik yöntemle bor tayini yapılmıştır. Ancak çalışmalardaki yaş grupları farklıdır.

Prematürelde yapılan çalışmada prematüre bebeklerin büyük kısmının total parenteral nutrisyon desteği aldığı ve parenteral destek sıvılarının bor ile kontamine olduğu, sadece parenteral beslenme uygulanan çocukların kan bor düzeyinin sadece anne sütü ve karışık beslenen çocuklardan daha yüksek olduğu saptanmıştır. Bunun nedeninin parenteral beslenme ile borun intravenöz olarak verilmesinden dolayı olduğu düşünülmüştür. Kan bor düzeyleri açısından iki çalışma karşılaştırıldığında prematüre bebeklerin kan bor düzeyinin biraz daha yüksek olduğu görülmüştür.

Çalışmamızda kan bor düzeyine cinsiyetin etkisi araştırılmıştır. Sonuçta erkek ve kız cinsiyetler arasında fark olmadığı saptanmıştır. Literatür de yapılan diğer çalışmalara baktığımızda kız ve erkek cinsiyetler arasında kan bor düzeyi açısından fark bulunmamaktadır(46, 101, 102). Bizim çalışmamızda elde ettiğimiz değerler literatürdeki verileri desteklemektedir. Kan bor düzeyinin cinsiyetten bağımsız olduğunu göstermektedir. Öte yandan çalışmamızda Kırka bölgesinde yaşayan kızların kontrol grubundaki kızlara göre, kontrol grubundaki erkeklerin Kırka bölgesinde yaşayan erkeklere göre kan bor düzeyinin hafif artmış olduğu görülmüştür. Ancak istatistiksel olarak anlamlı değildir( $p>0,05$ ).

Çalışmamızda Kırka yöresinde yaşayan çocukların en fazla 212 kişi ile Kırka merkezde yaşadığını görmekteyiz. Bunu 55 kişi ile Kümbet Köyü, 17 kişi ile Karaören Köyü takip etmektedir. Kan bor düzeyi ölçülen çocukların yaşadıkları yerleşim yerlerine göre kan bor düzeyi karşılaştırıldığında en fazla çocuğun yaşadığı ve bor madenine en yakın yer olan Kırka merkezde kan bor düzeyinin ortalama  $0,85 \pm 0,34$  mg/L, ortanca 0,78 mg/L olduğu, 55 çocuğun yaşadığı Kümbet Köyünde en düşük değerlerin olduğu ortalama  $0,76 \pm 0,30$  mg/L ortanca 0,71 mg/L, en yüksek kan bor düzeyleri ise 17 çocuğun yaşadığı Karaören Köyünde ortalama  $1,13 \pm 0,42$  mg/L ortanca 1,04 mg/L olarak bulunmuştur. Kümbet Köyü ve Karaören Köyü yerleşim yeri açısından Kırka bor madenine eşit mesafede olan aralarında 3,8 km olan benzer iklim ve çevre koşulları olan köylerdir. Su kaynaklarındaki bu iki köydeki bor düzeyinin normal düzeylerde olduğu görülmüştür(90, 91).

Borun insan sağlığına etkisini belirlemek amacı ile yapılan çalışma sayısı azdır. Ancak borun içme suları, sulama suyu, toprak, hayvansal ve bitkisel besinlerdeki düzeyleri önemlidir. Yüksek bor düzeyleri zamana bağlı olarak insan sağlığını etkileyebilir. Çalışmamızda Kırka yöresindeki çocuklarda kan bor düzeyi

ortalama  $0,85 \pm 0,35$  mg/L, kontrol grubunda ise  $0,79 \pm 0,34$  mg/L olarak saptanmıştır. Bulunan değerler çocuklardaki kan bor düzeyinin normal düzeylerde olduğunu gösterdi. Ancak Kırka yöresinde yaşayan çocukların kan bor düzeyi kontrol grubu ile karşılaştırıldığında Kırka yöresindeki çocuklarda kan bor düzeyi daha yüksek saptandı. Fakat bu artış istatistiksel olarak anlamlı saptanmadı ( $p>0,05$ ). Bu artışın nedeni özellikle bitkisel ve hayvansal gıdalardaki yüksek bor içeriğine bağlı olabilir.

Bu çalışma bor madeni çevresinde yaşayan çocukların kan bor düzeyinin belirlenmesi ve kontrol grubu ile karşılaştırılarak fark olup olmaması açısından değerlendirme yapmak amacıyla yapılmıştır. Ancak bu çalışmanın eksik noktaları da vardır. Besinler ve içme suları ile bor alımı sonrası bor insan dokuları kalp, akciğer, kas doku, vücut sıvıları ve özellikle kemiklerde birikim yapabilmektedir. Sadece kanda bor düzeyinin normal olması borun sağlığa etkilerini değerlendirmek açısından yeterli değildir. Buna rağmen çalışmamız bor madeni çevresinde yaşayan çocuklarda kan bor düzeyini belirlemesi açısından önemlidir.

Daha sağlıklı bir yaşam için çevresel bor maruziyetini değerlendirmek çevresel risk faktörlerine karşı çocuklara ve ailelerine bu konuda eğitimler vermek, bor maruziyetine karşı bireylerin bilinçlenmesi için kamu ve özel kuruluşlar tarafından önlemler alınmalıdır.

Sonuç olarak bu çalışmada Kırka yöresinde yaşayan çocuklarda kan bor düzeylerinin literatürde belirlenen toksik düzeylere ulaşmadığı normal düzeylerde olduğu saptandı. Kontrol grubu ile karşılaştırıldığında kan bor düzeyinin maden havzasında yaşayan Kırka'daki çocuklarda daha yüksek olduğu, ancak bu artışın anlamlı olmadığı, yaş gruplarına göre kan bor düzeyi karşılaştırıldığında Kırka'daki çocukların 11-14 yaş gruplarında kan bor düzeyinde hafif artış görülmekle beraber yaş grupları kendi aralarında ve kontrol grubu ile karşılaştırıldığında fark olmadığı, Bor madeni çevresinde yaşamanın muhtemel etkileri açısından çalışmamızın yeni araştırmalar için öncü olabileceği düşünülmektedir.

## 6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Çalışmamızda bor madeni çevresinde Eskişehir Kırka yöresinde yaşayan 7-14 yaş arası 339 kontrol grubunda ise 90 sağlıklı çocuk bulunmaktadır.

1- Çalışma grubundaki çocukların yaş ortalaması  $10,8 \pm 2.19$  kontrol grubundakilerin  $10,4 \pm 2.32$  bulundu.

2- Çalışma grubu ve kontrol grubu arasında yaş ve cinsiyete göre fark saptanmadı( $p>0,05$ ).

3- Çalışma grubunda kan bor düzeyi ortalama  $0,85 \pm 0,35$  mg/L, kontrol grubunda  $0,79 \pm 0,34$  mg/L bulundu. İki grup arasında istatistiksel fark saptanmadı( $p>0,05$ ).

4- Kırkada ve çevresinde yaşayan çocukların kan bor düzeyi açısından yaş grupları arasında istatistiksel fark bulunamadı( $p>0,05$ ). Ancak 11-12 yaş ve 13-14 yaş çocukların kan bor düzeyi artmış bulundu.

5- Kırka yöresindeki yerleşim yerlerine göre çocukların kan bor düzeylerinin en fazla çocuğun yaşadığı Kırka merkezde ortalama  $0,85 \pm 0,35$  mg/L normal ancak Kümbet köyünde daha düşük  $0,76 \pm 0,3$  mg/L, Karaören köyünde  $1,13 \pm 0,42$  mg/L daha yüksek bulundu. İki köy arasında istatistiksel fark saptandı( $p<0,05$ ). ( $p<0,05$ ).

6- Kırka yöresinde yaşayan erkekler ile kızların kan bor düzeyleri karşılaştırıldığında istatistiksel olarak fark saptanmadı( $p>0,05$ ).

7- Kontrol grubundaki erkekler ile kızların kan bor düzeyleri karşılaştırıldığında istatistiksel olarak fark saptanmadı( $p>0,05$ ).

8- Kırka Yöresindeki erkekler ile kontrol grubundaki erkeklerin kan bor düzeyleri karşılaştırıldığında istatistiksel fark saptanmadı( $p>0,05$ ).

9- Kırka Yöresindeki kızlar ile kontrol grubundaki kızların kan bor düzeyleri karşılaştırıldığında istatistiksel fark saptanmadı( $p>0,05$ ).

10- Kırka yerleşim yerlerindeki çocukların kan bor düzeyleri kontrol grubu ile karşılaştırıldı. Karaören köyündeki çocukların kan bor düzeyleri daha yüksek bulundu( $p<0,05$ ).

## KAYNAKLAR

1. Sayılı B.S, İnsan Sağlığı ve Bor Mineralleri, Ankara Üniversitesi Tıp Fakültesi Eti holding araştırma projeleri yayınları. Mayıs 2000, www.bigadic.gov.tr15/9/12.
2. Duman T. Bor madenleri ve Stratejik Bor Ürünleri. Bilim ve Ütopya Dergisi. 2003; 114:18-21.
3. Yılmaz A, Her Derde Deva Hazineimiz Bor. TÜBİTAK Bilim ve Teknik Dergisi 2002; 414: 38-48.
4. Özkurt Ş. Çatören ve Kunduzlar baraj göletlerindeki sazan cinsi balıkların dokularında bor birikimi. TÜBİTAK Bilim ve Teknik Dergisi. 2000; 24: 663-676.
5. Naghii MR, Samman S. The effect of boron supplementation on the distribution of boron in selected tissues and on testosterone synthesis in rats. J Nutritional Biochemistry. 1996; 7: 507-512.
6. Uygan D. Çetin Ö. Borun tarımsal ve çevresel etkileri Seydisuyu su toplama havzası. II. Uluslararası Bor Sempozyumu. 23-25 Eylül. Maden Mühendisleri Odası Yayınları 2004; Ankara
7. Velioglu S, Şaylı BS, Altunsoy S. Bor madeni çevresinde üretilen bazı gıdalarda Bor Miktarının Belirlenmesi. Gıda 1999; 24: 13-19.
8. Samman S, Naghii MR, Lyans Wall PM, Verus AP. The nutritional and metabolic effects of boron in human and animals. Biol Trace Elem Res. 1998; 66: 227-235
9. Kaçar B, Katkat A. V. Bitki Beslemesi Uludağ Üniversitesi Güçlendirme Vakfı Vipaş Yayınları 1998; S:441
10. Nielsen FH, Hunt CD, Mullan LM, Hunt JR. Effect of dietary boron on mineral estrogen and testosterone metabolism in postmenopausal women. FASEB J 1987; 1: 394-7.
11. Hall IH, Strones CO, McPhail AT. Antiinflammatory activity of amine carboxyboranes and related compounds. J Pharm Sci. 1980; 69:1025-1029.

12. Hunt CD. Dietary boron modified the effects of magnesium and molybdenum on mineral metabolism in the cholecalciferol deficient chick. *Biol Trace Elem Res.* 1989; 22:201-220.
13. Naghii MR, Samman S. The effect of boron on plasma testosterone and plasma lipids in rats. *Nutr Research.* 1997; 17:523-531.
14. Nielsen FH. Dietary boron affects variables associated with copper metabolism in humans. *International Trace Element Symposium.* 1989.
15. Hall IH, Chen SY, Rajendren KG, Sood A, Spielvogel BF, Shih J. Hypolipidemic anti-obesity, antiinflammatory, anti-osteoporotic and antineoplastic properties of minicarboxyboranes. *Environmental Health Perspectives.* 1994; 102:133-137.
16. Soskel NT, Watanabe S, Hardie R et al. A new peptide boronic acid inhibitor of elastase induced lung injury in hamsters. *Am Rev Respir Dis.* 1986; 133:639:642.
17. Kettner CA, Shenvi AB. inhibition of serin proteases leukocyte elastase pancreatic elastase, cathepsin G, and chymotrypsin by peptide boronic acids. *J Biol Chem.* 1984; 259:15:106-14.
18. Nielsen FH, Mullan LM, Nielsen EJ. Dietary boron affects blood cell counts and hemoglobin concentrations in humans. *J Trace Elem Exp Med.* 1991; 4: 211-223.
19. Kelly GS. Boron : A review of its nutritional interactions and therapeutic uses. *Altern Med Rev.* 1997; 2: 48-56.
20. Penland JG. Dietary boron brain function and cognitive performance. *Environ Health Perspect.* 1994; 102: 65-72.
21. Ishii Y, Fujizuka N, Takahashi T, Shimizu K, Tsuchida A, Yano S, Noruse T, Crishiro T. A fatal case of acute boric acid poisoning. *Clin Toxicol* 1993; 31: 345-352.
22. Mc Walter JC. Note on the effect of borax on infants. *Lancet* 1907; 11:369
23. O'Sullivan K, Taylor M. Chronic boric acid poisoning in infants. *Arch Dis Childhood* 1983; 58: 737-749.
24. Wong LC, Heimbach MD, Trustcott DR, Duncan BD. Boric acid poisoning report of 11 cases. *CMAJ* 1964; 25: 1018-23.

25. İkinci Ö. Sadece enerji kaynağı değil, vücudumuzda sağlık kaynağı olan bor. Tübitak Bilim ve Teknik dergisi. 2010; 9; 43-47.
26. Kırkamızın Tarihçesi, Kırka Belediyesi sitesi. [www.kırka.bel.tr/tarihce.html](http://www.kırka.bel.tr/tarihce.html).
27. Atabey E. Tıbbi Jeoloji. Ankara, 2005; 103-106
28. T.C Başbakanlık Devlet Planlama Teşkilatı Müsteşarlığı Madencilik Özel İhtisas Komisyonu. Bor mineralleri, trona sodyum sülfat, stronsiyum mineralleri. 1995, [www.ekutup.dpt.gov.tr/15/9/2012](http://www.ekutup.dpt.gov.tr/15/9/2012).
29. Demir C, Bor minerallerinin enerji kaynağı olarak değerlendirilmesi. Fen Bilimleri Enstitüsü Kimya Mühendisliği Yüksek Lisans Tezi. Selçuk Üniversitesi. Konya, 2006.
30. World Health Organisation, international programme on chemical safety enviromental health criteria 204: boron 1998. [www.who.int/15/9/2012](http://www.who.int/15/9/2012)
31. Banuelos, GS., Mackey B., Cook C., Response of Cotton and Kenaf to Boron-Amended Water and Soil. Crop Science,1996: 36:1;158-164.
32. Börekçi M. Borla kirlenen Simav çayının sulamada kullanılmasının toprakta oluşabilecek bor birikimine etkileri 1986; <http://www.tgae.gov.tr/15/9/2012>
33. Sillanpaa M. Micronutrients and the nutrient status of soil. A global study FAO Soils Bulletin 1982: No 48.
34. Pate JS. Exchanges of solutes between phloem and xsylem and circulation in the whole plant. Encylopedia of Plant Physiology. 1975; 1; 451-473.
35. Blevins DG, Lukaszewski KM. Boron in plant structure and function. Annu Rev Plant Physiol Plant Mol Biol 1998; 49: 481-500.
36. Marschner H. Mineral nutrition of higher plants. 2nd eds. Academic Press, 1995, New York, USA pp: 889.
37. Brown PH, Hu H. Phloem mobility of boron is species dependent: Evidence for phloem mobility in sorbitol rich species. Ann Bot 1996; 77: 497-505.
38. Taban S, Erdal İ, Bor uygulamasının değişik buğday çeşitlerinde gelişim ve toprak üstü aksamda bor dağılımı üzerine etkisi. Türk J. Agric. For. 2000;24;255-262
39. Riley M, Robson AD, Pattern of supply affects boron toxicity in barley. Journal of plant nutrition. 1994;17;10,6;1721-1738



40. Bolonos L, Lukaszewski K, Bonilla I, Blevins D. Why Boron? *Plant Physiol Biochem.* 2002; 42: 907-912.
41. Bishop M, Shahid N, Yong F, Barron, AR. Determination of the mode and efficacy of the cross-Linking of guar by borate using MAS 11 BNMR - model systems. *Dalton Trans* 2004; 17: 2621-2634.
42. Guhl W, Ecological aspects of boron. *S.O.F.W. Journal* 1996; 118: 1159-68
43. Özen A, Canberk M, Uyanoğlu M, Arslan N, Çiçek A., İndikatör bir canlı olan *Limnodrilus hoffmeisteri* üzerine ağır metal ve bor bileşiklerinin toksik etkilerinin incelenmesi. 4. Uluslararası bor sempozyumu 15-17 Ekim 2009 Eskişehir.
44. Doğan G, Sabah E, Erkal T. Borun çevresel etkileri üzerine Türkiyede yapılan araştırmalar. Türkiye 19. Uluslararası Madencilik Kongresi. 9-12 Haziran 2005, İzmir.
45. Raine CJ, Nyquist LA, Rainey CJ, Coughlin JR, Downingz RG. Dietary Boron Intake in the United States: CSFII 1994–1996. *J Food Comp Anal* 2002; 15: 237–250.
46. Özkiraz S. Prematüre yenidoğanlarda kan bor düzeyleri. Başkent Üni. Tıp Fak Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları Uzmanlık Tezi 2006, Ankara.
47. Chapin RE, Ku WW, Kenney MA. The effects of dietary boron on bone strength in rats. *Fund Appl Toxicol.* 1997; 35: 205-215.
48. Magour S, Schramel P, Ovcari J. Uptake and distribution of boron in rats: interaction with ethanol and hexobarbital in the brain. *Arch Environ Contam Toxicol.* 1982; 11:521-525.
49. Naghii, M. R, Samman, S. The effect of boron supplementation on its urinary excretion and selected cardiovascular risk factors in healthy male subjects. *Biol Trace Element Res.* 1997; 56:273-286.
50. Eren M. Borun Biyolojik Önemi ve Metabolizma Üzerine Etkileri. Erciyes Üniversitesi Vet. Fak. Dergisi 2004; 102 :55-58
51. Hoffman DJ, Sanderson CJ, Le Captain LJ, Cromatie E, Pendleton GW. Interactive effects of boron, selenium, and dietary protein on survival, growth, and physiology in mallard ducklings. *Arch Environ Contam Toxicol.* 1991; 20: 288-294.

52. Yisheng B, Curtiss H. Dietary Boron enhances humoral immune responses, Agricultural Research Service. 1998; 12-18
53. Armstrong TA, Spears JW. Effect of boron supplementation of pig diets on the production of tumor necrosis factor-alpha and interferon gamma. *J Anim Sci* 2003; 81: 2552-61.
54. Hunt CD, Idso JP. Dietary Boron as a physiological regulator of the normal inflammatory response. A review and current research. *Progress. J. Trace Elem. Exp Med.* 1999; 12: 221-233.
55. Türkez H. Bazı bor bileşiklerinin in vitro şartlarda periferik insan kanı üzerinde genetik ve biyokimyasal etkileri. Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi 2007;26-28/166-167.
56. Rajendron KG, Burnham BS, Sood CA, et al. Anti-inflammatory and antiosteoporotic activities of base-boronated nucleosides and phosphate boronated nucleotides in rodents. *J Pharm Sci* 1994; 83: 1392-1395.
57. Newnham RE. Agriculture practices affect arthritis. *Nutr Health* 1991; 7: 89-100.
58. Rex E. Essentiality of boron healthy bones and joints. *Environ Health Perspect.* 1994; 102: 83-85
59. Haffman DJ, Sanderson C, Le Captain LJ, Cromatie E, Pendleton GW. Interactive effects of boron selenium and dietary protein on survival growth and physiology in mallard ducklings. *Arch Environ Contom Toxicol.* 1991; 20: 288-294.
60. Armstrong TA, Spears JW, Lloyd KE. Inflammatory response, growth, and thyroid hormone concentrations are affected by long-term boron supplementation in gilts. *J Anim Sci.* 2001; 79: 1549-1556
61. Wallace J. M, Hannon-Fletcher M. P, Robson P. J, Gilmore W. S, Hubbard S. A, et al. Boron supplementation and activated factor VII in healthy men. *Eur J Clin Nutr* 2002; 56(11):1102-1107.
62. Wilson J. H, Ruzler P. L, Effects of boron on growing pullets. *Biol Trace Elem Res.* 1997;56:287-294.

63. Volpe SL, Taper LJ, Meachom S. The relationship between boron and magnesium status and bone mineral density in the human. *Magn Res*. 1993; 6:291-296.
64. Naomi AB, Hunt CD. Dietary boron decreases peak pancreatic in situ insulin release in chicks and plasma insulin concentrations in rats regardless of vitamin D or magnesium status. *J Nutr* 2003; 133: 3577-3583
65. Basoglu A, Sevinç M, Güzelbektas H, Civelek T. Short communication: Effect of borax on serum lipid profile in dogs. *Online J Vet Res*. 2000; 4: 153-156.
66. Hall IH, Wong OT, Sood A, Sood CK, Spielvogel BF, et al. Hypolipidaemic activity in rodents of boron analogs of phosphonoacetates and cyanoborane adducts of dialkylaminomethylphosphonates. *Pharmacol Res* 1992; 25(3): 259-270.
67. Nielsen FH, Shuler TR. Studies of interaction between boron and calcium and its modification by magnesium and potassium in rats, effect on growth blood, variables and bone mineral composition. *Biol Trace Elem Res*. 1992; 35: 3225-3238.
68. Fernando AA, Green NR, The effects of boron supplementation on lean body mass, plasma testosterone levels and strength
69. Joensuu H, Kankaanranta L, Tenhunen M, Saarilahti K. Boron neutron capture therapy (BNCT) as cancer treatment. *Duodecim* 2011; 127:1697-703
70. Butterwick L, De Oude N, and Raymond K. Safety assessment of boron in aquatic and terrestrial environments. *Ecotoxicol Environ Saf*. 1989; 17 339-371.
71. Laposata MM, Dunson AW. Effects of boron and nitrate on hatching success of amphibian eggs. *Arch Environ Contam Toxicol* 1998; 35:4: 615-619.
72. Sander JE, Dufour L, Wyatt RD, Bush PB, Page RK. Acute toxicity of boric acid and boron tissue residues after chronic exposure in broiler chickens. *Avian Dis*. 1991; 35:745-749
73. Torkelson TR, Sadek SE, Rowe VK. The toxicity of boron trifluoride when inhaled by laboratory animals. *Am Ind Hyg Assoc J* 1961; 22:263-270
74. Price CJ, Morr MC, Myers CB, Seelay CJ, Heindal JJ, Schwets BA. The developmental toxicity of boric acid in rabbits. *Fundam Appl Toxicol* 1996; 34:2: 176-87

75. Dieter MP. Toxicity and carcinogenicity studies of boric acid in male and female B6C3F1 mice. *Environmental Health Perspectives*.1994; 102: 93-97
76. Weir RJ, Fisher RS. Toxicology studies on borax and boric acid. *Toxicology and Applied Pharmacology* 1972; 23:351-364
77. Mc Dowell L.R, Minerals in animal and human nutrition. Academic Press. inc. London. 1992; 367-370
78. Chapin RE, Ku WW. The reproductive toxicity of boric acid. *Environmental Health Perspectives*. 1994;102:87-92
79. Dixon RL, Sherins RJ, Lee IP. Assessment of environmental factors affecting male fertility *Environ Health Perspect*. 1979; 30:53-68
80. Burukoğlı D, Bayđu C. Borun sığan testis dokusuna etkileri. *Anadolu Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi* 2009 10:1s:145-150
81. Tarasenko NY, Kasparov AA, Strongina CM. Effect of boric acid on the generative function in males. *Ginea Truda i Professionalnye Zabolevaniya*. 1972; 11:13-16
82. Şaylı BS, Tuccar E, Elhan HA. -An assessment of fertility in boron exposed Turkish subpopulations. *Reprod Toxicol*. 1998; 12: 297-304
83. Çöl M, Genç Y, Ocaktan E. Bor minerali bölgesi Bigadiç-İskele beldesinde 50 yaş üstü kadınlarda doğurganlık ve genel sağlık durumuyla ilişkili özellikler. *Medical Network Klinik Bilimler ve Doktor* 2003;9(1):5-12
84. Restuccio A, Martenson ME, Kelley MT. Fatal ingestion of boric acid in an adult. *Am J Emergency Med*. 1992; 10:6: 45-47
85. Sah RN, Brown PH, Techniques for boron determination and their application to the analysis of plant and samples, *Plant and Soil* 1997;193:15-33
86. Yalçın G, Yavuz R, Altınel B, Özgümüş A, Özelkök S. Ayva ağaçlarına uygulanan bor ve kalsiyumun hasat sonrası oluşan fizyolojik bozunmaya ve bazı meyvelerin kalite özelliklerine etkisi. *Toprak ve su araştırma enstitüsü araştırması*.
87. Lopez FJ, Gimanez E, Hernandez F. Analytical study on the determination of boron in environmental water samples. *Fres J Anal Chem*.1993; 346:984-987
88. Wolf B. Improvements in the azomethine-H method for the determination of boron. *Commun Soil Plant Anal Sci*. 1974; 5:1:39-44

89. Helvacı C. Türkiye borat yatakları jeolojik konumu, ekonomik önemi ve bor politikası. Balıkesir Üniversitesi Fen Bil. Enst. Derg. 2003;5.1;4-37
90. Sağlık Bakanlığı Refik Soydan Hıfzıssıhha Merkezi Başkanlığı Gıda Güvenliği ve Beslenme Araştırma Müdürlüğü. 16/8/2011 tarihli analiz raporu protokol no:28858
91. Ünsal A. Metintaş S. Kırkda bora maruz kalan halkın sağlık birimlerine başvurularının değerlendirilmesi. Çev-Kor. 2002;11:44 :7-10.
92. Birge WJ. Toxicity of boron to embryonic and larval stages for rainbow Trout Completion Report.1984
93. Munsuz N, Ataman Y, Ünver I, Oğuz T. Simav çayının Bigadiç yöresi topraklarındayarattığı bor kirliliği ve önlenmesi olanakları. Tübitak,Çağ.1983, Proje No:56, Ankara.
94. Özkurt Ş, Solak K. Kırka yöresi(Eskişehir) sularında bor kirliliğinin tespiti. S.D.Ü. 12. Mühendislik haftası 1993; Isparta.
95. Taban S, Alpaslan M, Hashemi A. G, Eken D. Orta Anadoluda çeltik tarımı yapılan toprakların bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri. Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi. 1997;3:457-466
96. U.S. Departmentof Health and Human Services Public Health Service Agency for Toxic Substances and Disease Registry. [www.atsdr.cdc.gov](http://www.atsdr.cdc.gov).15/9/2012
97. Friss B, AggerBack B, Jansen J. Unaffected blood boron levels in newborn infants treated with a boric asit ointment. Food and Chemical Toxicology 1982; 20-4: 451-454.
98. Clarke WB, Webber CE, Koekebakker M, Barr RD. Lithium and boron in human blood J Lab Clin Med 1987;100:155-158
99. Culver BD, Shen TP, Taylor HT, Feldstein LA, Culver H, Strong P. The Relationship of Blood and Urine Boron to Boron Exposure in Borax Workers and the Usefulness of Urine Boron as an Exposure Marker. Environ Health Perspect. 1994;102(S7):133-137.
100. Murray FJA. Human health assessment of boron. Biol Trace Elem Res. 1998; 66:331-341.

101. Şaylı BS, Elhan HA. Anadolunun bor bölgeleri yaşayanları ve bor fabrikaları çalışanlarının serum ve idrar bor düzeyleri. Türkiye Tıp Dergisi. 1999; 6:157-166.
102. Usuda K, Kono K, Yashida Y. Serum boron concentration from inhabitants of an urban area in Japan. Biol Trace Elem Res. 1997; 56:167-178.
103. Ku WW, Chapin RE, Moseman RF, Brink RE, Pierce KD, Adams KY, Tissue disposition of boron in Fischer rats. Toxicol Appl Pharmacol. 1991; 111:145-151
104. HERA. Human and environmental risk assesment on ingredients of household Cleaningproducts.2005;www.heraproject.com/27;15.09.2012
105. Hunt CD, Meachom SL. Aluminium, boron, calcium copper, iron, magnesium manganese, molybdenium, phosphorus, sodium and zinc concentrations in common western foods and estimated daily intakes by infants toddlers and male and female adolescents adults and seniors in the United States. J.Am Diet Association.2001; 101:9:1058-106
106. Baykut F, Aydın A, Baykut S. Çevre Sorunları ve Koruma. İTÜ yayınları 1987 no:3449:419.
107. Renolds EF. The Extra Pharmacopoeia London 1982:337.
108. Jansen JA, Andersen J, Schou JS. Boric acid single dose pharmacokinetics after intravenous administration to man. Arch Toxicol. 1984; 55:64-67.
109. Schou JS, Jansen JA, Aggerbeck B. Human pharmacokinetics and safety of boric acid. Arch Toxicol. 1984; 7:232-235.
110. Onrat TS, Konuk M. Eskişehir ili Kırka ilçesinde bor madeni çalışanlarından alınan periferik kan örneklerinde sitogenetik değerlendirilmeler. II. Uluslararası Bor Sempozyumu. 2004; 23-25 Eylül Eskişehir

