

TÜRKİYE BİLİMSEL VE
TEKNİK ARAŞTIRMA KURUMU

THE SCIENTIFIC AND TECHNICAL
RESEARCH COUNCIL OF TURKEY

KUZEYDOĞU AKDENİZ'DEKİ
EKONOMİK ÖNEMİ OLAN
BAZI BALIKLARDA AĞIR METAL MİKTARLARI

PROJE NO: YDABÇAG-261/G

Yer Deniz Atmosfer Bilimleri ve
Çevre Araştırma Grubu

Earth Marine Atmospheric Sciences and
Environmental Researches Grant Group

1999-00154

**KUZEYDOĞU AKDENİZ'DEKİ
EKONOMİK ÖNEMİ OLAN
BAZI BALIKLARDA AĞIR METAL MİKTARLARI**

PROJE NO: YDABÇAG-261/G

DOÇ.DR. SEMAL YEMENİCİOĞLU

ODTÜ-Deniz Bilimleri Enstitüsü

ŞUBAT 1999
Erdemli-İÇEL

TEŞEKKÜR

Bu alıŐma Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumu'nun (TÜBİTAK) desteği ile yapılmıştır.

Projenin çeşitli safhalarında emeięi geçen akademik ve teknik personele teşekkür ederiz.

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR.....	2
ÖZET.....	4
GİRİŞ.....	5
YÖNTEM.....	6
ÇÖZELTİLERİN HAZIRLANMASI.....	6
REAKTİFLER.....	6
CİHAZ.....	8
ÖRNEKLERİN TOPLANMASI VE ANALİZ YÖNTEMİ.....	9
ÖRNEKLERİN TOPLANMASI.....	9
ÖRNEKLERİN ANALİZE HAZIRLANMASI.....	9
B. C. R REFERANS ÖRNEKLERİ.....	10
ÖRNEKLERİN ANALİZİ.....	10
CİVA ANALİZİ.....	10
ORGANİZMADA BAKIR (Cu _{ORG}), KADMIYUM (Cd _{ORG}), ÇİNKO (Zn _{ORG}) VE KROM (Cr _{ORG}).....	10
SONUÇLAR VE TARTIŞMA.....	11
CİVA.....	11
KADMIYUM.....	15
KURŞUN (Pb).....	19
KROM.....	23
DEMİR.....	27
BAKIR.....	30
MANGAN.....	34
ÇİNKO.....	38
SONUÇLAR.....	41
REFERANSLAR.....	42

ÖZET

Çevreye atılan ağır metallerin miktarları endüstrileşmenin başlamasıyla birlikte her geçen gün artarak devam etmektedir. Bu metallerin bazıları (civa ve kadmiyum gibi) düşük dozlarda dahi canlılar üzerinde toksik etkiler yapmaktadır. Toksik metallerin organik bileşikleri anorganik tuzlarına oranla daha toksiktirler. Proje kapsamında özet kısmında adı geçen balık türlerinin yenilebilir kısımlarda ağır metal (Hg, Pb, Zn, Cd, Ni, Cr, Cu, Fe, Mn) derişimleri ölçülmüştür. Bu metaller arasında civanın canlıların vücudunda birikme özelliği göstermesi, doğada biyolojik ve biyolojik olmayan yollarla metillenip daha toksik bileşikler vermesi, çevrede atmosfer yoluyla uzak mesafelere taşınabilmesi onu en toksik ve tehlikeli metaller arasında sokmaktadır. Civa doğal ortamda metillenerek normalde tolerans limitlerinin içerisinde olan inorganik formu - organik bileşiklere daha toksik olmasından dolayı - bu metillenme sayesinde tolerans limitlerinin üzerine çıkmaktadır.

Değişik avlanma bölgelerinden yakalanan balıkların analizi yapıp yöresel değişimlerin yanı sıra organizmaların boy (yaş) sınıflarına göre içerdikleri ağır metal derişimleri incelenmiştir. Bazı balık türlerinin (*M. barbatas*, *U. molluccensis* ve *S. solea*) boyları ve içerdikleri bazı ağır metal (örneğin civa) arasında doğru orantılı bir ilişki gözlenmiştir. Bazı türlerde (*M. auratus*, *P. kerathurus*) ise bu ilişki gözlenememiştir.

Analiz edilen balık örnekleri balık pazarına gidecek olan balıklardan fakat daha karaya indirilmeden önce avdan dönen trollerden seçilip alınmıştır. Proje kapsamına alınması düşünülen türlerden *Mullus barbatas*, *Mullus surmuletus* ve *Solea solea* temin edilebilmiştir. *Thunnus thynnus* ise temin edilemediği için analizleri yapılamamıştır. *Thunnus thynnus* yerine *Mugil auratus* ve *Penaus keraturus* temin edilmiş ve bu iki türün analizleri yapılmıştır.

GİRİŞ

Akdeniz'deki kirlilik çalışmaları 1960'lı yılların sonunda başladı. ODTÜ Deniz Bilimleri Enstitüsü tarafından başlatılan çalışmalar 1970'li yılların sonlarına rastlamaktadır ve daha çok Türkiye'nin güney kıyıları ve çok sınırlı alanları kapsamaktaydı. Bu çalışmalarda ölçülen parametreler civa, kadmiyum ve kalay (metilkalay ve inorganik kalay) gibi insan sağlığı açısından oldukça tehlikeli olan ve besin zinciri içerisinde bir üst seviyede zenginleşme özelliği gösteren elementleri kapsamaktadır. Yapılan çalışmalar su kolonu, sediman ve biota matrislerinde kirlilik parametrelerinin derişimlerinin oldukça büyük bir değişim gösterdiğini ortaya koymuştur (Salihoğlu et al., 1987, Yemenciođlu et al., 1987, Salihoğlu ve Yemenciođlu, 1986, Salihoğlu et al., 1984, Yemenciođlu et al., 1993). Biota örnekleri arasında insan sağlığını doğrudan ilgilendirdiği için balık örnekleri önemli bir yer tutmaktadır.

Kirlilik çalışmalarının esas amacı kirlenmeden ilk etkilenecek organizmalardaki kirlenme seviyesinin ölçülmesi ve insan sağlığının karşılaşacağı kirlilik sorunlarının önceden tespit edilip önlem alınmasıdır. Kirlilik araştırmalarını üç ana başlık altında toplayabiliriz.

- insan sağlığıyla ilgili araştırmalar.
- kirlenme seviyelerinin zaman içerisindeki trendinin tesbiti.
- Akademik amaçlı araştırmalar.

Akademik amaçlı araştırmaların bu alanda ilk ve esas adım olduğunu söyleyebiliriz. Araştırmanın yöntemi, araştırma tekniği, örnek toplanması ve sonuçların değerlendirilmesi safhalarında akademik çalışmaya ihtiyaç vardır ve araştırmanın bazını teşkil etmektedir (ICES, 1988).

Kirlilik çalışmalarının amaçlarını ise şöyle özetlemek mümkündür (GESAMP, 1991);

- kirliliğin insan sağlığı açısından riski, tehlikeleri ve insan sağlığının korunması.
- alınan önlemlerin kirliliđi azaltma yönündeki etkisinin tesbiti. Bunun tesbiti ise trend analizi ile mümkündür.

- Kirlenmenin deniz canlıları üzerinde yaptığı tahribatın tesbiti ve denizde yaşayan canlıları korumak.
- kirliliğe sebep olan maddelerin denize girdisi ve kaynaklarının tesbiti.
- var olan kirliliğin tesbiti.

YÖNTEM

ÇÖZELTİLERİN HAZIRLANMASI

Bütün çözeltiler ve örnekler temiz hava kabininde hazırlanmıştır.

Reaktifler

Laboratuvarda standart ve reaktif hazırlamada kullanılan distile deiyonize sular, normal distile suyun milli-Q iyon değiştirici reçinelerinden geçirilerek elde edilmiştir

Kalay (II) klorür çözeltisi

%10'luk(ağırlık/hacim) kalay (II) klorür çözeltisi günlük olarak ve $\text{SnCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 'ün destile-deiyonize suda çözülmesiyle hazırlanır. Her 100 ml çözeltiye 5 ml derişik HCl eklenir ve magnetik karıştırıcıyla karıştırılırken ve civasız azot gazıyla havalandırılır.

Standard stok çözeltiler

Çalışılan bütün ara standartlar günlük olarak stok çözeltilerden kademali olarak seyreltilerek hazırlanmıştır.

Civa (Hg) stok çözeltisi

1000 ppm'lik standard civa stok çözeltisi hazırlamak için, 1.354 g HgCl_2 (Fisher ACS) 25 ml nitrik asit (Merk GR %65) içinde çözülür. Daha sonra hacim deiyonize destile suyla 1000 ml'ye tamamlanır.

Kadmiyum (Cd) stok çözeltisi

1000 ppm'lik standart kadmiyum stok çözeltisi %1 lik HNO₃ içinde 0.22825 g CdSO₄.8H₂O (Fisher) çözülerek, 100ml'ye seyreltilerek hazırlanır.

Krom (Cr) stok çözeltisi

1000 ppm'lik standart kadmiyum stok çözeltisi hazırlamak için 0.28289 g K₂Cr₂O₇ 1:1 HCl içinde çözülür. Daha sonra hacim 100 ml'ye tamamlanır.

Bakır (Cu) stok çözeltisi

1000 ppm'lik standart bakır stok çözeltisi 5ml konsantr HNO₃+5ml deiyonize destile su içinde 0.5 g metalik bakır çözülüp, 500ml'ye seyreltilmesiyle hazırlanır.

Çinko (Zn) stok çözeltisi

1000ppm'lik standart çinko çözeltisi 2ml konsantr HCl+ 2ml deiyonize destile suda 0.1g metalik çinko çözülüp 1000ml'ye seyreltilmesiyle hazırlanır. Çalışılan bütün standartlar günlük olarak stok çözeltilerden.

Kurşun (Pb)

1000 ppm'lik standart kurşun çözeltisi 0.16275 g Pb(NO₃)₂ %1'lik nitrik asit içerisinde çözülerek hacim 100 ml'ye tamamlanmıştır.

Demir (Fe)

1000 ppm'lik standart demir çözeltisi 0.5 g demir metali (toz) 5 ml derişik HCl + 5 ml distile diiyonize su karışımında çözülüp toplam hacim 500 ml'ye tamamlanmıştır.

Manganez (Mn)

1000 ppm'lik standart manganez çözeltisi 0.31390 g $MnSO_4 \cdot H_2O$ 1:1 nitrik asit-distile diiyonize suda çözülerek hacim 100 ml'ye tamamlanmıştır.

Asit'ler

Nitrik asit (Merk %65 suprapure) ve HCl (Merck %34 suprapure) doğrudan kullanıldı.

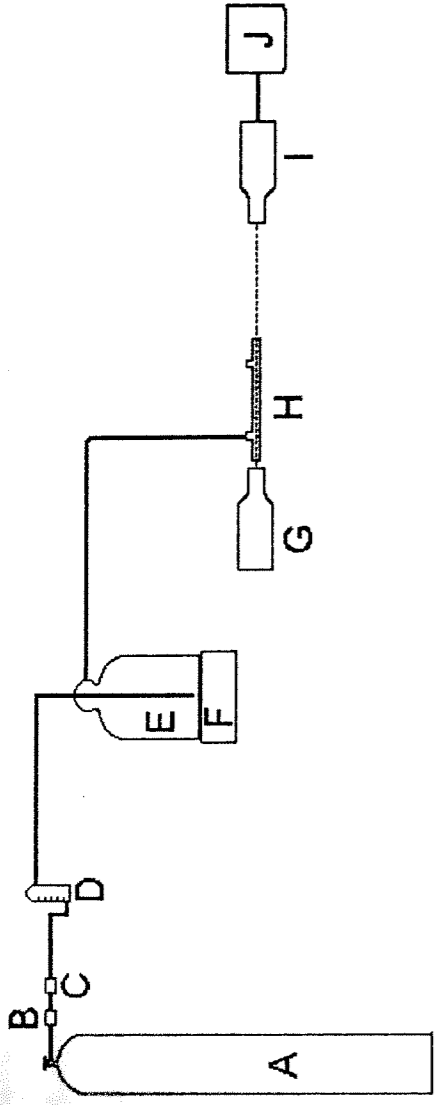
Cihaz

Civa analizleri için hazırlanan deney aparatları Şekil 1'de gösterilmiştir. Bağlantılar için kullanılan borular, ya tygon (0.5 i.ç.) veya teflon'dan (PTFE 0.1 i.ç.) yapılmıştır. Soğurma hücresi penceresi quartz camdan yapılmıştır ve teflon boruyla reaksiyon kabına bağlanmıştır. Civa analizleri için varian oyuk katot lambası donanımlı Varian-techtron AA6 model atomik absorpsiyon spektrofotometresi kullanılmıştır.

Deneysel koşullar aşağıdaki şekilde ayarlanmıştır:

Dalga Boyu: 253.7 nm	Band genişliği: 0.5nm
Lamba akımı: 3 mA	Yazıcı spanı: 5 mV
Yazıcı kağıt hızı: 1cm-dak ⁻¹	Azot gazı akış hızı: 260 ml/dak

Cr, Cu, Zn, Fe, Mn analizleri alevli analiz (hava-asetilen alevi) tekniği ile, bilgisayar kontrollü tam otomatik GBC 906 AAS' de yapılmıştır. Soğuk buhar ve alev analiz yöntemleri ile ölçülemeyen diğer metallerin analizi grafit fırın (elektrotermal atomlaştırma) yöntemi ile gerçekleştirilmiştir. Cihazın kullanıcı kılavuzunda önerilen çalışma koşulları uygulanmıştır.



Civa analizinde kullanılan sistemin şematik diyagramı. **A:** Gaz silindiri. **B:** Gaz arificisi. **C:** Civa tutucu. **D:** Akış ölçer. **E:** İndirgeme kabı. **F:** Vortex. **G:** Işık kaynağı. **H:** Civa soğurma hücresi. **I:** Detektör. **J:** Kaydedici.

ÖRNEKLERİN TOPLANMASI VE ANALİZ YÖNTEMİ

Örneklerin Toplanması

Örnekler balık hal'ine gelmeden önce direkt olarak avlanan trollerden temin edilmiştir. Bunun nedenleri ise hem balıkların balık hal'ine taşınması sırasında meydana gelebilecek kirlenmeyi ortadan kaldırmak hem de balıklar hal'e geldikten sonra değişik bölgelerden yakalanan balıklar karıştırılıp satıldığından, bölgesel analiz yapılabilmesi için balıkların yakalandığı bölgelerin belirsizliğini ortadan kaldırmaktır. Trol teknelerinden temin edilen balık örnekleri temiz plastik torbalara yerleştirilip buz kutusunda laboratuvarımıza nakledilmişlerdir. Örnekler laboratuvara getirildikten sonra boy ve ağırlıkları ölçülüp distile diyonize (milli Q) suyla yıkanmış ve her bir örnek ayrı ayrı temiz plastik torbalara yerleştirilip havası alındıktan sonra ağızları yalıtılmıştır. Her örnek ayrı ayrı kodlanıp analiz edilinceye kadar derin dondurucuda (-20 °C) saklanmıştır.

Örneklerin Analize Hazırlanması

Her örneğin sırt bölümünden derisi sıyrılıp çıkarıldıktan sonra 0.5-1.0 g arası kas dokusu (alt örnek) kesilip alındı. Teflon eritme (parçalama) kaplarına aktarılan alt örneklere her 0.1 g'mına 1 ml gelecek şekilde derişik nitrik asid eklendi. Ağızları açık olarak temiz hava kabininde 2-3 saat bekletilen örnekler daha sonra yüksek

basınç altında eritilecekleri çelik eritme bloğuna yerleştirilip 130 ± 5 °C'ta ısıtılan ısıtıcıya konup 8 saat süreyle ısıtıldı. Sekiz saat sonunda ısıtıcıdan alınan çelik blok soğumaya bırakıldı. Oda sıcaklığına geldikten sonra örnekler çıkarılarak 25 ml'lik balon jolelere aktarıldı. Teflon eritme kapları da distile diyonize (milli Q) su ile üç kez yıkanıp örneğe ilave edildi. Son olarak örnek hacmi distile diyonize (milli Q) su ile 25 ml'ye tamamlanıp önceden yıkanıp temizlenen saklama kaplarına aktarıldı.

B.C.R Referans Örnekleri

Her analiz setiyle birlikte onaylı referans örneği ve kör (blank) hazırlanmıştır. Referans örnekleri organizma örnekleriyle aynı şartlarda hazırlanmıştır.

Örneklerin Analizi

Civa analizi

Civa analizleri soğuk buhar yöntemi kullanılarak gerçekleştirildi. Civa analizi için 4 ml örnek 5 ml kapasiteli indirgeme kabına tek-kullanım uçlu fin-pipetle aktarılıp üzerine 1 ml kalay (II) klorür ekleyerek analiz edildi. İndirgeme süreci genellikle 1-2 dakika içinde tamamlanır. İndirgenmiş civa, civa içermeyen azot gazı ile soğurma hücrelerine taşınır ve soğurma şiddeti ölçüldü. Analitik hesaplamalar, standard kalibrasyon eğrileri kullanılarak yapılmıştır.

Organizmada Bakır (Cu_{ORG}), Kadmium (Cd_{ORG}), Çinko (Zn_{ORG}) ve Krom (Cr_{ORG}):

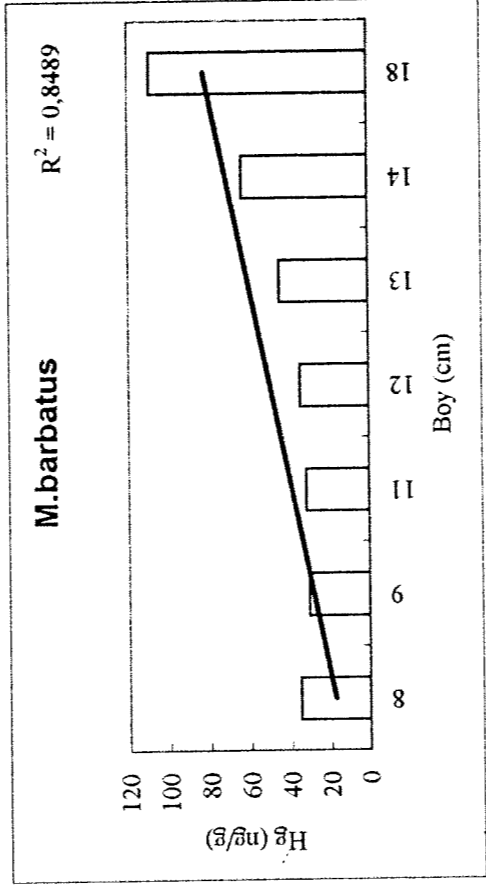
Cr, Cu, Zn, Fe, Mn hava-asetilen AAS alev tekniği kullanılarak $\mu\text{g-g}^{-1}$ seviyesinde ölçüldü. Kadmium, kurşun ve alevli analiz metodu ile ölçülemeyen metaller karbon küvet (electro thermal atomisation) AAS tekniği ile analiz edildi. Analitik hesaplamalar standart kalibrasyon eğrileri kullanılarak yapılmıştır.

4. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

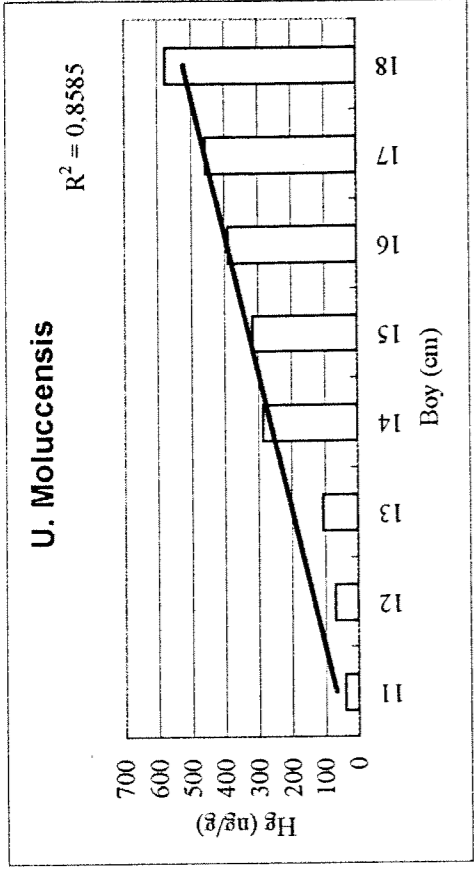
4.1. CİVA

Toplanan balık örneklerinde ölçülen civa miktarları Şekil 1-9'da grafik olarak verilmiştir. Yapılan boy dağılımı analizlerinden görüleceği üzere (Şekil 1-5), *M. barbatus* (Şekil 1), *U. molluccensis* (Şekil 2) ve *S. solea*'da (Şekil 3) boy arttıkça civa miktarı da doğru orantılı olarak artmaktadır. *M. barbatus*'ta boy-civa derişimi arasındaki ilişki kat sayısı (correlation coefficient R^2)= 0.8489 olarak hesaplanmıştır. Aynı şekilde bu ilişki kat sayısı *U. molluccensis*'de 0.8585 *S. solea*'da ise 0.8207 olarak hesaplanmıştır. *Penaus kerathurus* ve *Mugil auratus*'da boy-civa derişimi arasında belirgin bir doğrudan ilişki yoktur.

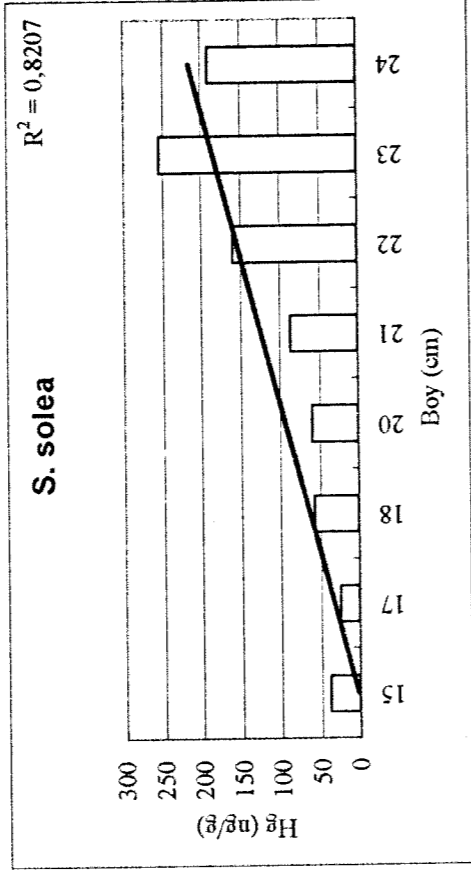
Bölgelere göre balık türlerinin vücutlarında ölçülen civa derişimleri Şekil 6-9'da verilmiştir. *S. solea*'da bölgelere göre belirgin bir değişim yokken (Şekil 7) *M. auratus*'ta zayıf da olsa ($R^2= 0.1332$) doğu-batı yönünde azalan bir eğilim görülmektedir (Şekil 7). Öte yandan *P. kerathurus*'daki ($R^2=0.5539$) ve *U. molluccensis* ($R^2=0.7749$) civa derişimleri doğu-batı yönünde oldukça belirgin ve azalan bir eğilim görülmektedir (Şekil 8, 9).



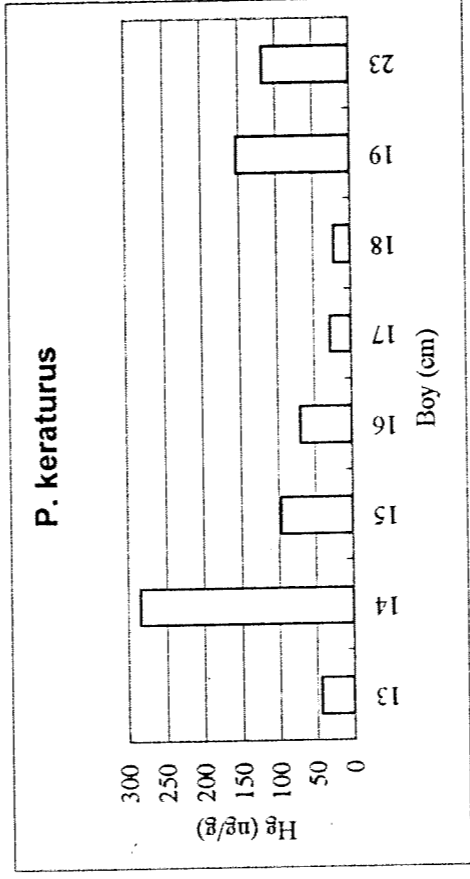
Şekil 1. Mullide ailesinden *Mullus barbatus*'ta civanın organizma boyuna göre dağılımı.



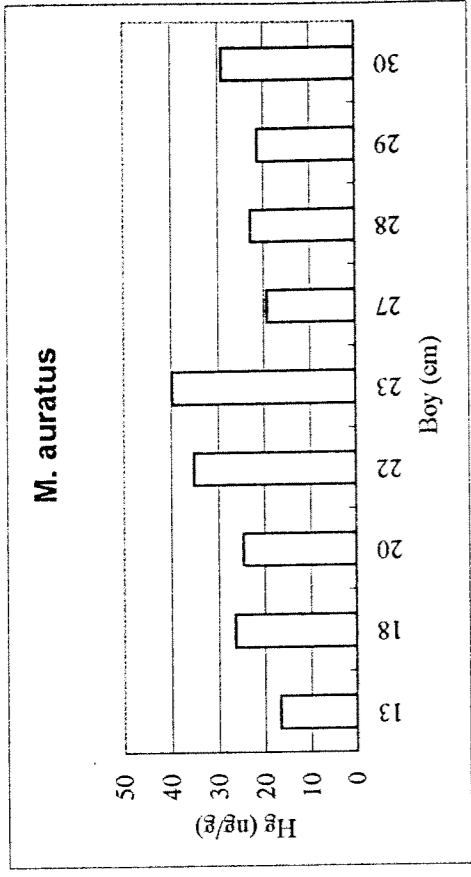
Şekil 2. Muliide ailesinden *Upeneus molluccensis*'de civanın organizma boyuna göre dağılımı.



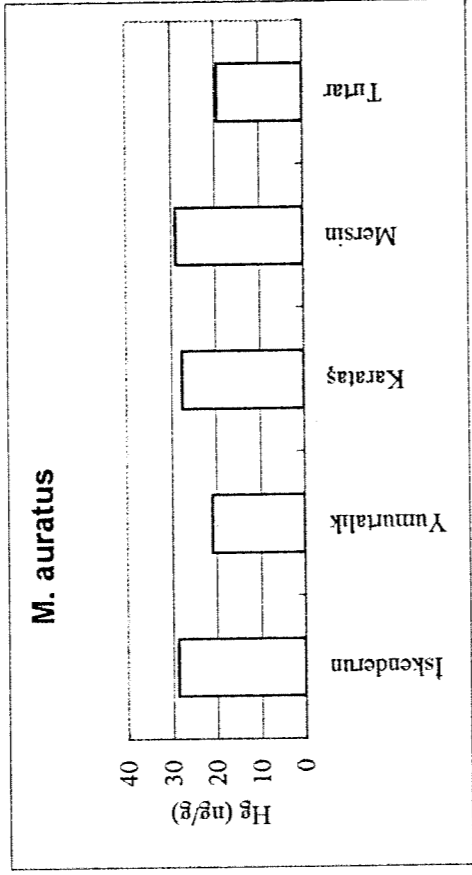
Şekil 3. Solea ailesinden *Solea solea*'da civanın organizma boyuna göre dağılımı.



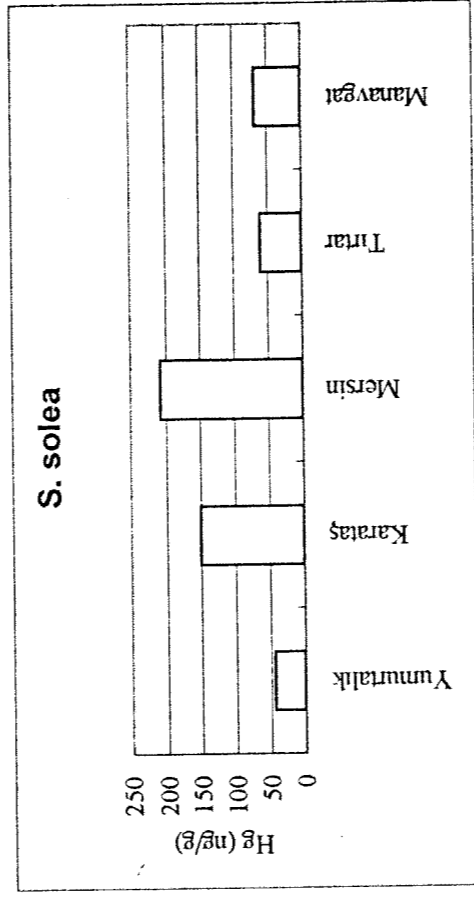
Şekil 4. Crustacean ailesinden *Penaeus keraturus*'da civanın organizma boyuna göre dağılımı.



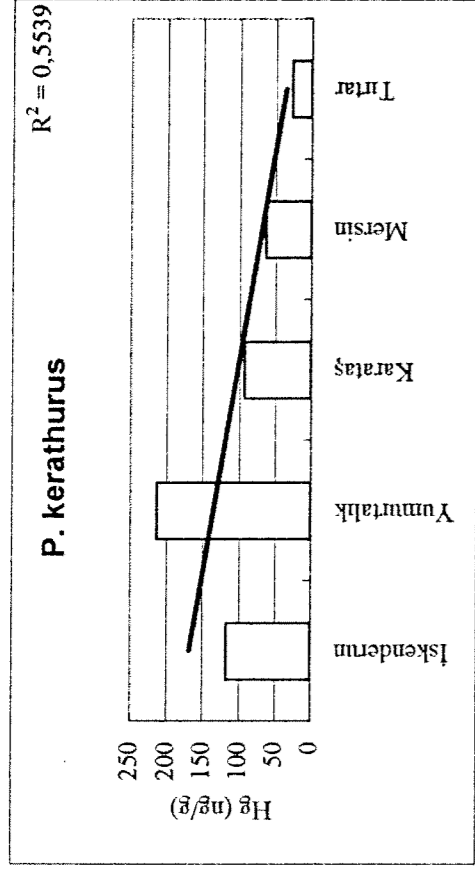
Şekil 5. Mugilidae ailesinden *Mugil auratus*'da civanın organizma boyuna göre dağılımı.



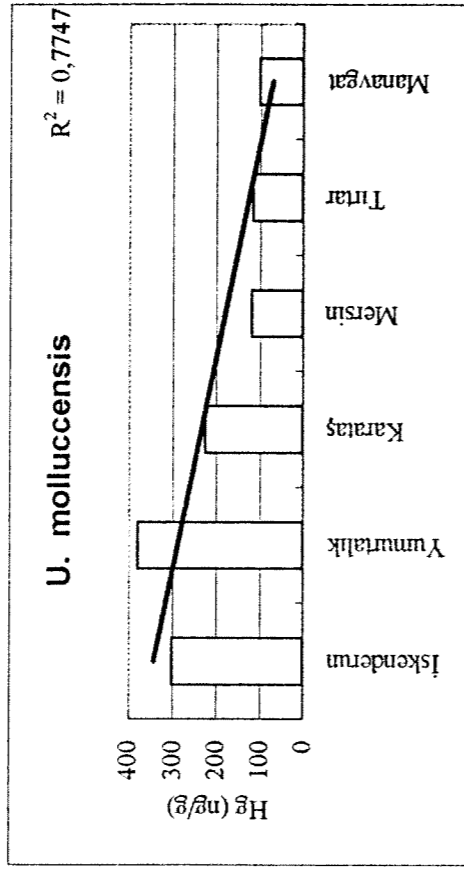
Şekil 6. Değişik bölgelerden alınan *M. auratus* örneklerindeki civa miktarları.



Şekil 7. Değişik bölgelerden alınan *S. solea* örneklerindeki civa miktarları.



Şekil 8. Değişik bölgelerden alınan *P. kerathurus* örneklerindeki Civa miktarları.

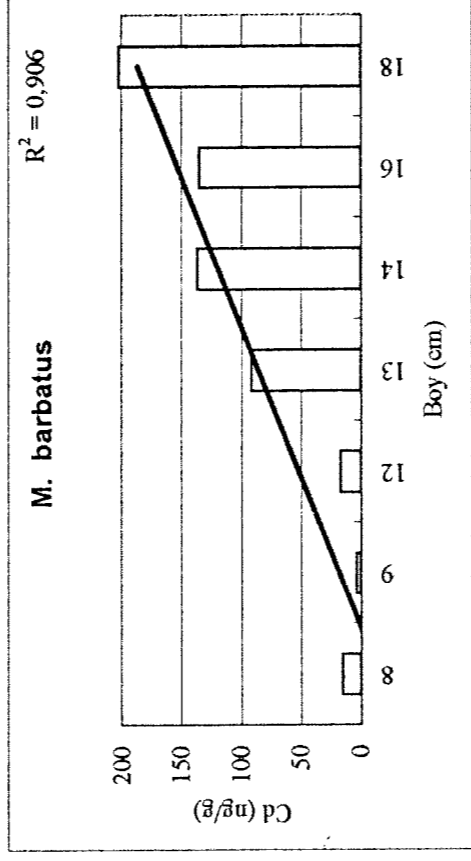


Şekil 9. Değişik bölgelerden alınan *U. molluccensis* örneklerindeki Civa miktarları.

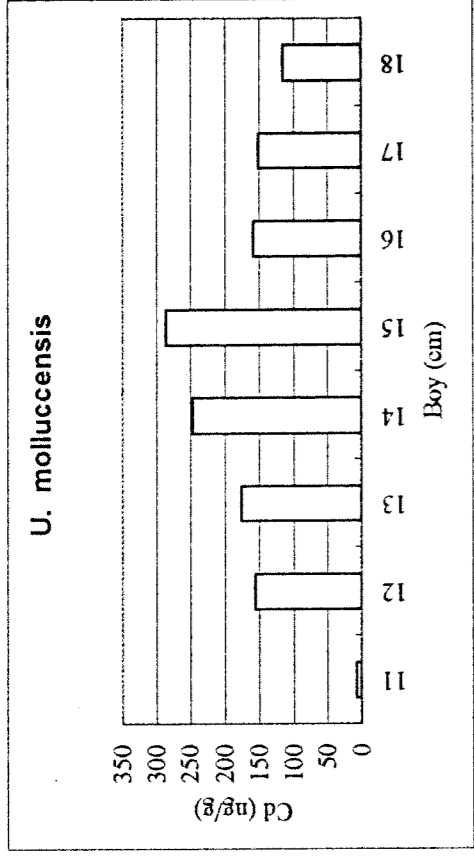
KADMIYUM

Kadmiyum doğal olarak çok düşük seviyelerde bulunmaktadır. Doğa ortamında bulunan kadmiyum derişimleri insanlar tarafından ve sanayileşmenin bir sonucu olarak çevreye verilen atıklardan kaynaklanmaktadır.

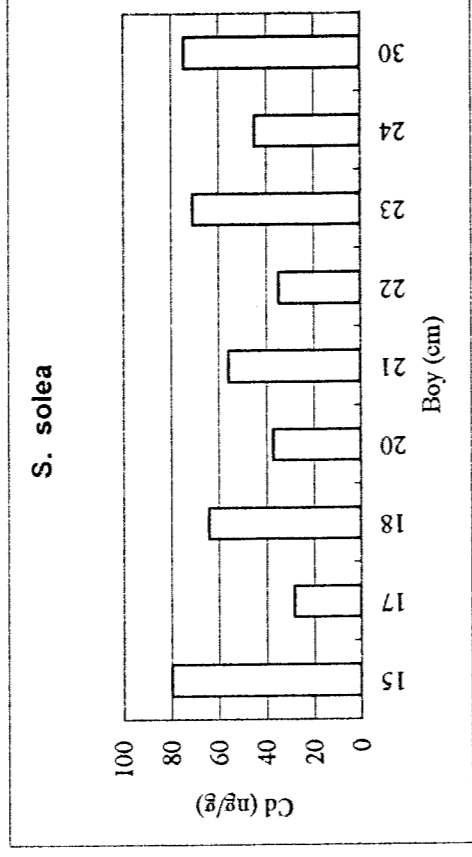
Değişik türlerdeki balıklarda ölçülen kadmiyum derişimleri ile ilgili garfikler Şekil 10-18'de verilmiştir. Organizma boyu ile kadmiyum derişimi arasındaki ilişki incelendiğinde analizi yapılan türler arasında sadece *M. barbatus*'ta metal derişimi ile organizma boyu arasında doğru orantılı bir ilişki olduğu görülmüştür (ilişki katsayısı $R^2=0.906$). Diğer türlerde ise gelişigüzel bir dağılım görülmektedir. Kadmiyum'un değişik bölgelerden yakalanan aynı tür balıklardaki dağılımına bakıldığında *U. molluccensis*'de doğu-batı yönünde metal derişiminde bir düşüş gözlenmektedir. *S. solea*'da ise tam aksi bir trend vardır. Doğu-batı yönünde metal derişiminde bir artış söz konusudur. *M. auratus*'taki kadmiyum derişiminde bölgeler arasında herhangi bir farklılık gözlenmemiştir. *P. kerathurus*'da ise doğu-batı yönünde kadmiyum derişiminde bir azalma gözlenmiştir. Bu türde en yüksek kadmiyum derişimi Karataş bölgesinden yakalanan balıklarda gözlenmiştir.



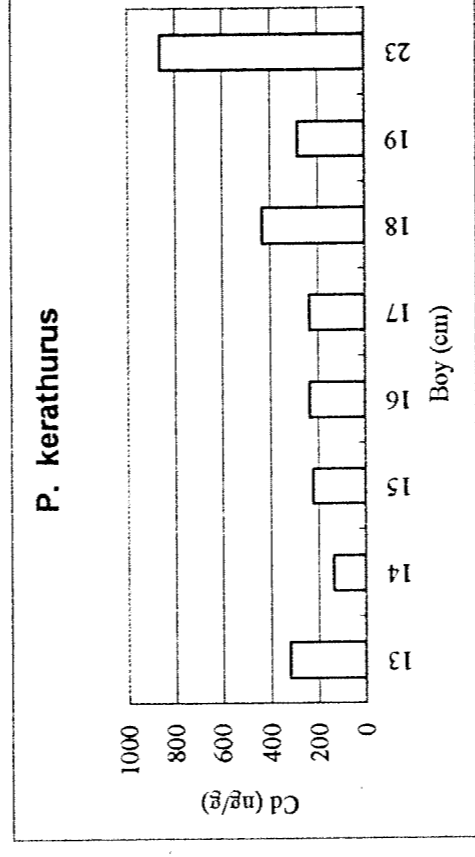
Şekil 10. Mullide ailesinden *Mullus barbatus*'ta kadmiyum'un organizma boyuna göre dağılımı



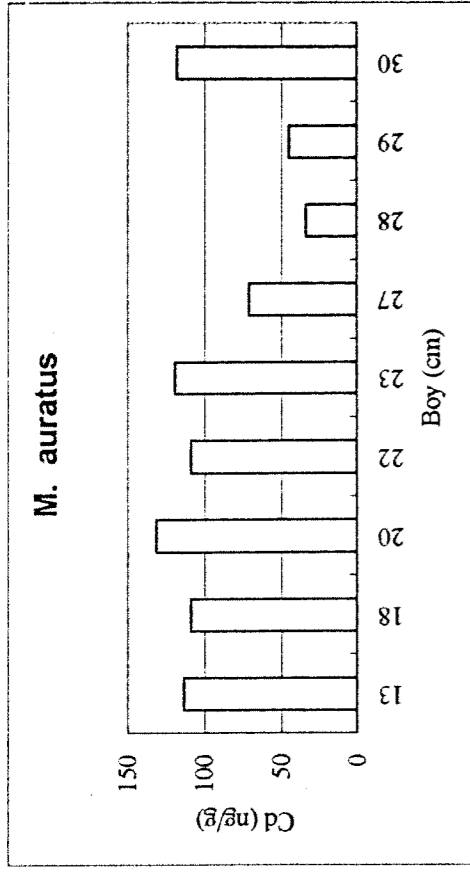
Şekil 11. Mullide ailesinden *U. molluccensis*'de kadmiyum'un organizma boyuna göre dağılımı



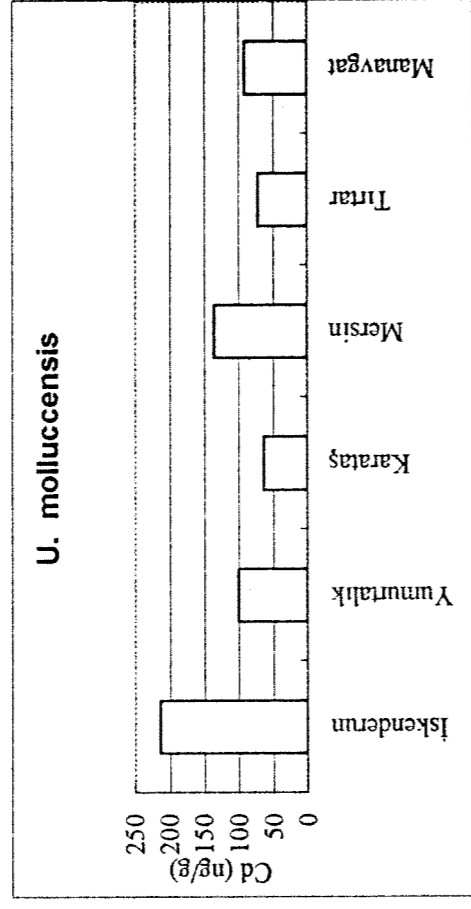
Şekil 12. Solea ailesinden *Solea solea*'da kadmiyum'un organizma boyuna göre dağılımı



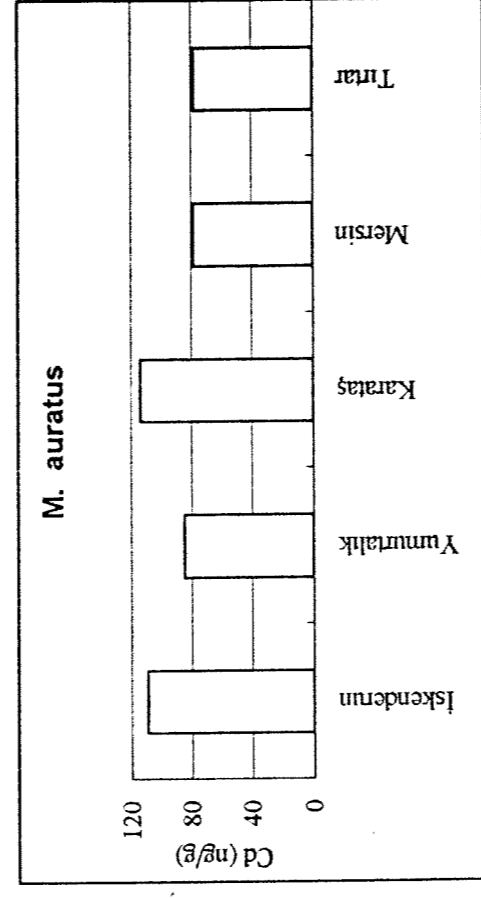
Şekil 13. Crustacean ailesinden *P. kerathurus*'da kadmiyum'un organizma boyuna göre dağılımı.



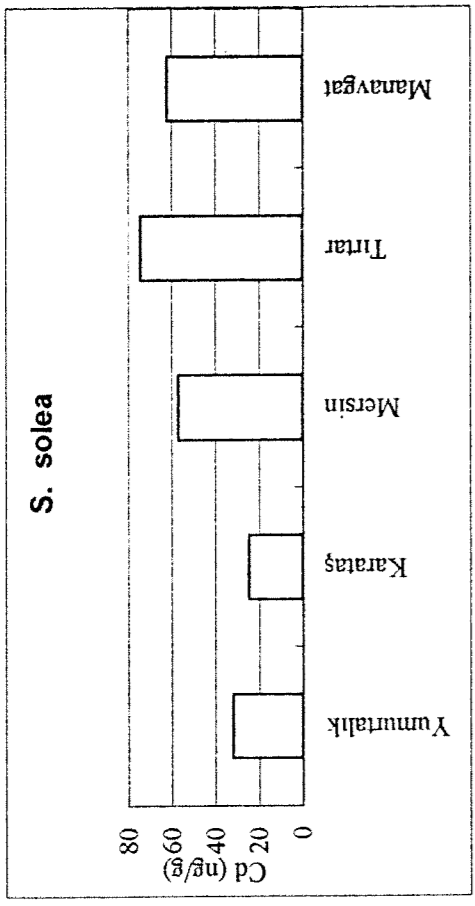
Şekil 14. Mugilidae ailesinden *M. auratus*'da kadmiyum'un organizma boyuna göre dağılımı.



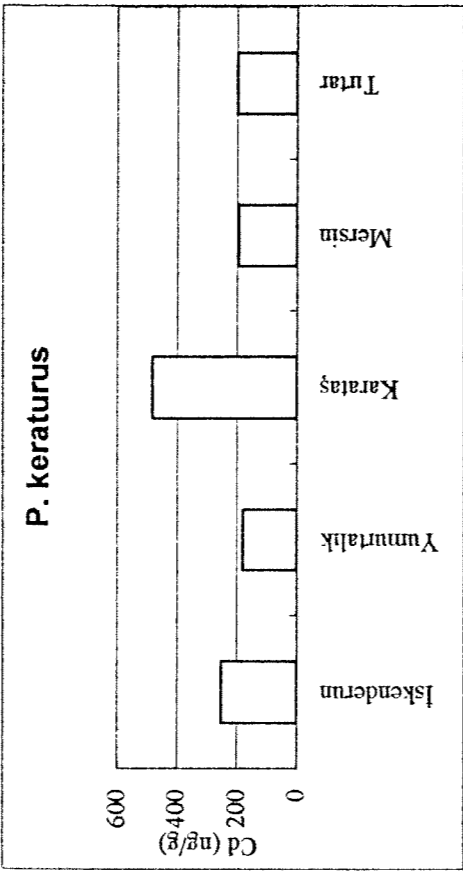
Şekil 15. Değişik bölgelerden alınan *U. molluccensis* örneklerindeki kadmiyum dağılımı.



Şekil 16. Değişik bölgelerden alınan *M. auratus* örneklerindeki kadmiyum dağılımı.



Şekil 17. Değişik bölgelerden alınan *S. solea* örneklerindeki kadmiyum dağılımı.



Şekil 18. Değişik bölgelerden alınan *P. keraturus* örneklerindeki kadmiyum dağılımı.

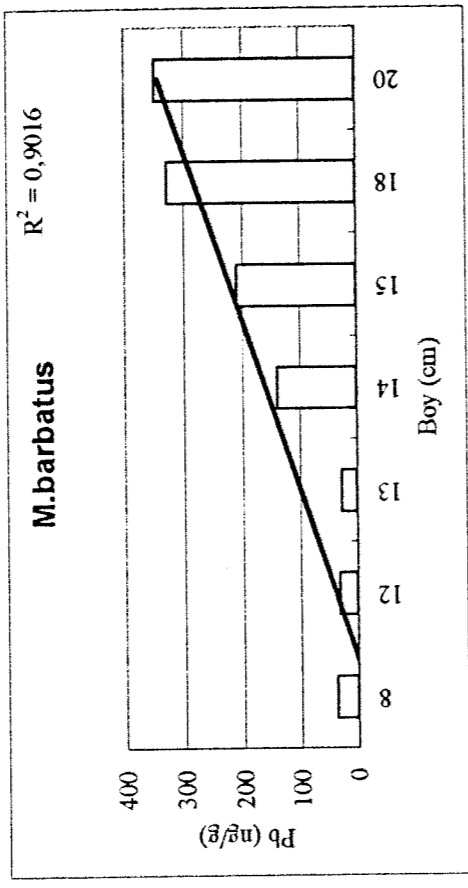
KURŞUN (Pb)

Kurşun, çevreye yoğun bir şekilde atılan metallerden birisidir. İçten yanmalı motorlarda kullanılan yakıtlarda katkı maddesi olarak kullanılan tetraetil kurşun, yakıtın yakılması neticesinde eksoz gazları ile birlikte çevreye atılmakta ve çeşitli taşınım yolları (atmosferden kuru ve yağ çökeltme, sel ve nehir suları gibi) ile deniz ortamına ulaşmaktadırlar.

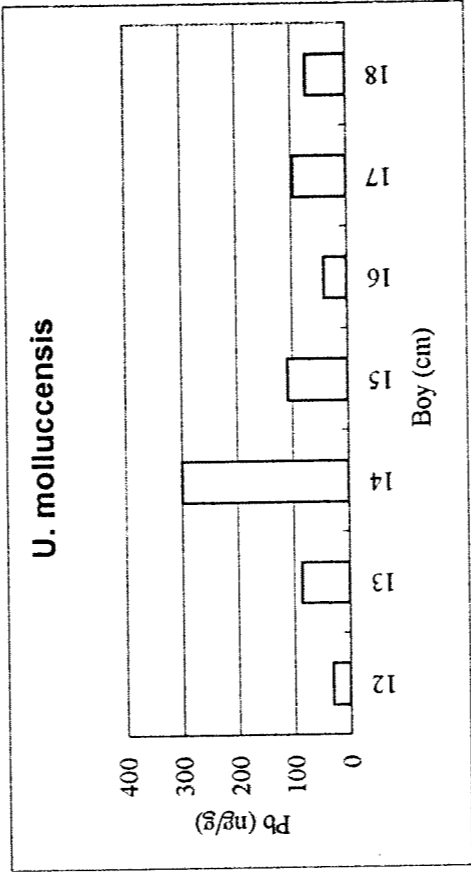
Yapılan analizlerden elde edilen bulgular, *M. barbatus*'un civa ve kadmiyum'da olduğu gibi kurşun'u da vücutlarında biriktirdiğini göstermektedir. Şekil 19'a

bakıldığında balık boyu ile etinin içerdiği kurşun derişimi arasında doğru orantılı ve güçlü bir bağlantı ($R^2 = 0.9016$) olduğu görülebilmektedir. Bu çalışma kapsamında analiz edilen diğer türlerde boy-kurşun derişimi arasında herhangi bir doğrudan ilişki yoktur (Şekil 20, 21, 22, 23). Kurşun derişimi balık boyundan bağımsız olarak değişiklikler göstermektedir.

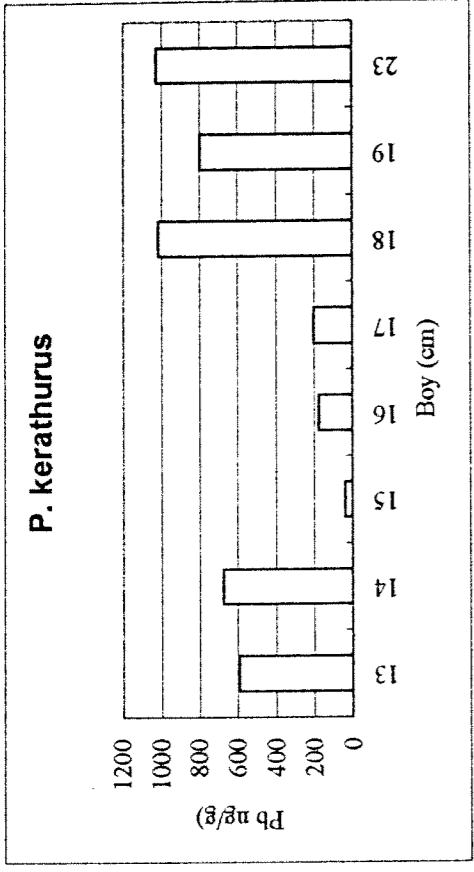
Analiz edilen balıklardaki kurşun dağılımını bölgesel bazda incelediğimizde *M. auratus* haricinde tüm türlerde Karataş bölgesinden yakalanan balıklar diğer bölgelerden yakalananlara oranla daha yüksek kurşun ihtiva etmektedirler. *M. auratus*'ta ise Iskenderun bölgesinden yakalanan bireyler daha yüksek kurşun içermektedirler (Şekil 24-27).



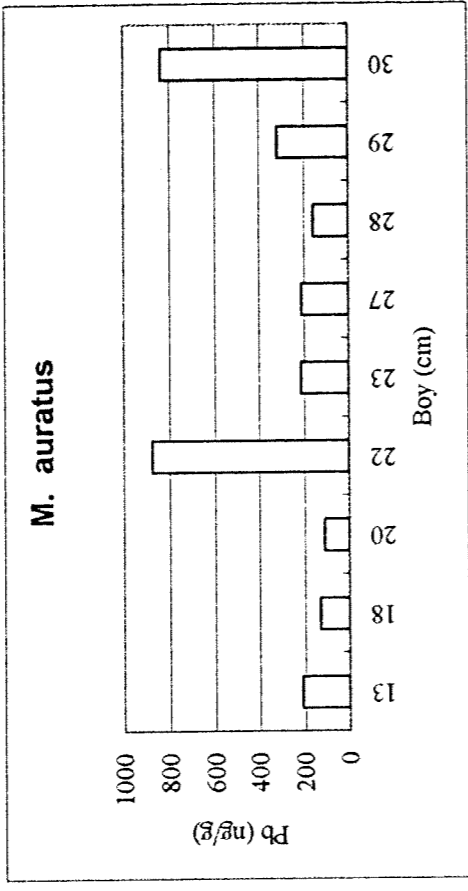
Şekil 19. Değişik bölgelerden alınan *M. barbatus* örneklerindeki kurşun dağılımı.



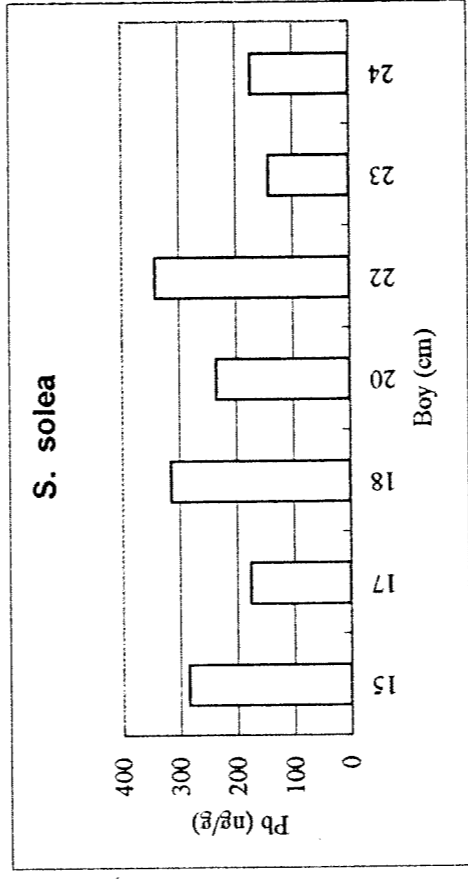
Şekil 20. Değişik bölgelerden alınan *U. molluccensis* örneklerindeki kurşun dağılımı.



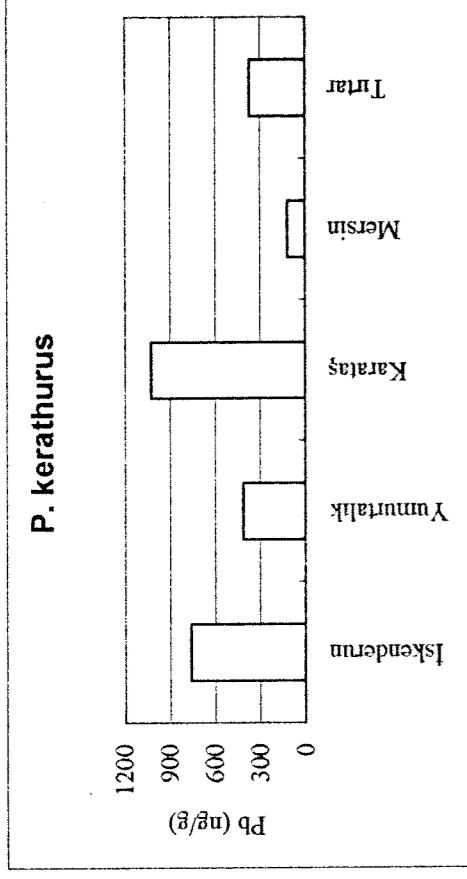
Şekil 21. Crustacean ailesinden *P. kerathurus*'da kurşun'un organizma boyuna göre dağılımı.



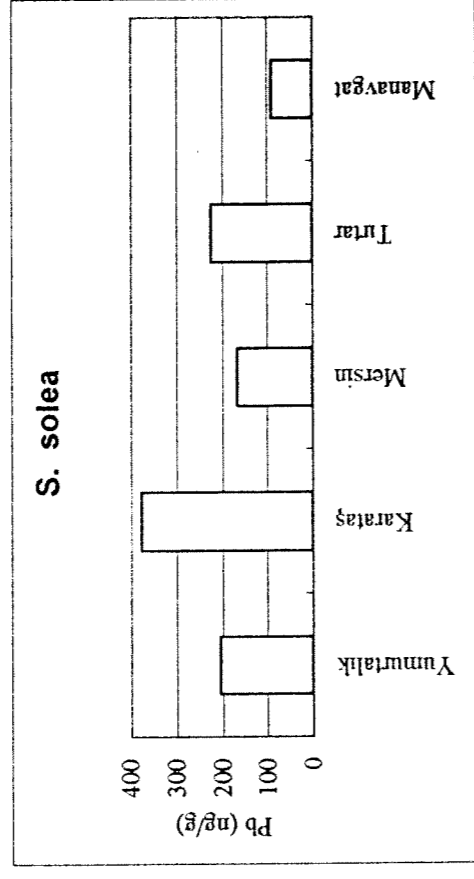
Şekil 22. Mugillidae ailesinden *M. auratus*'da kurşun'un organizma boyuna göre dağılımı.



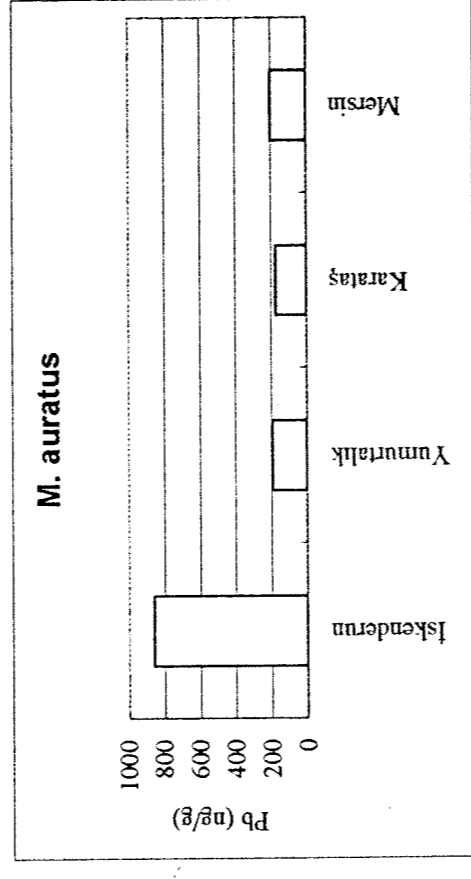
Şekil 23. Solea ailesinden *Solea solea*'da kurşun'un organizma boyuna göre dağılımı.



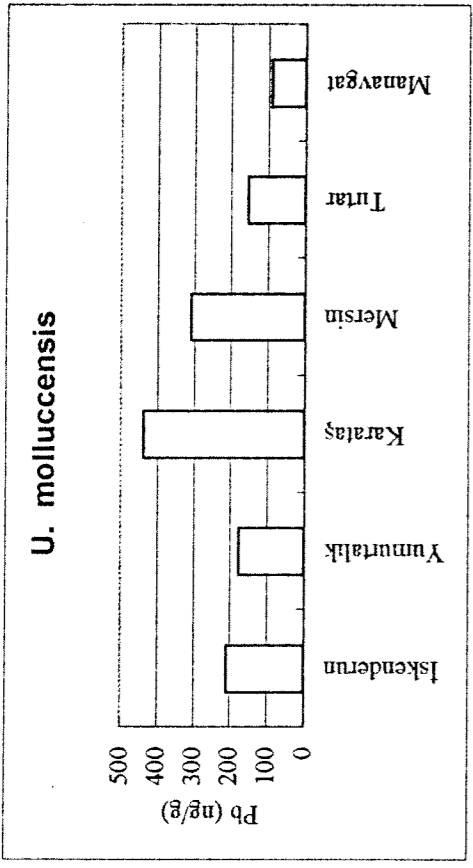
Şekil 24. Değişik bölgelerden alınan *P. kerathurus* örneklerindeki kurşun dağılımı.



Şekil 25. Değişik bölgelerden alınan *S. solea* örneklerindeki kurşun dağılımı.



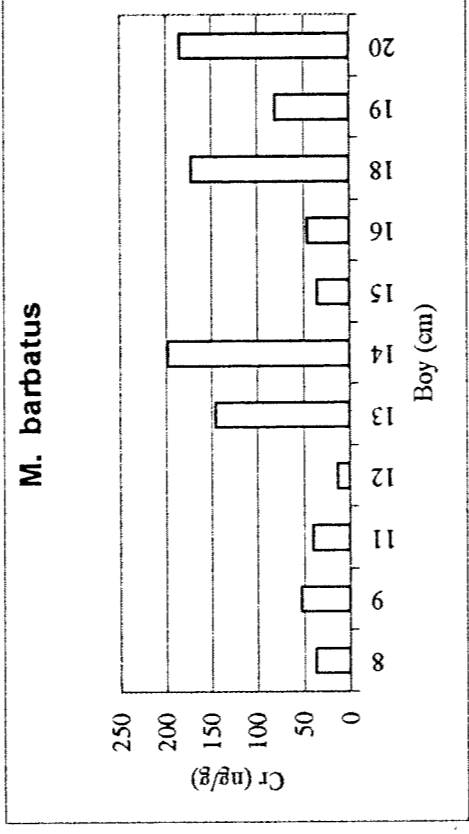
Şekil 26. Değişik bölgelerden alınan *M. auratus* örneklerindeki kurşun dağılımı.



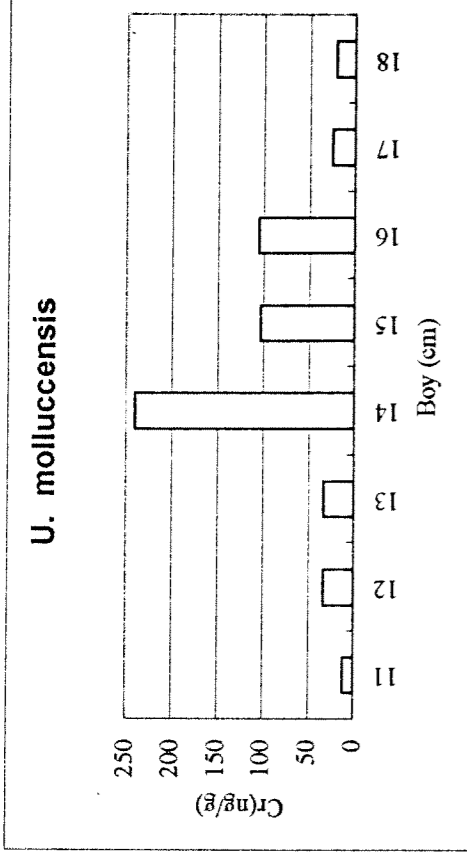
Şekil 27. Değişik bölgelerden alınan *U. molluccensis* örneklerindeki kurşun dağılımı.

KROM (Cr)

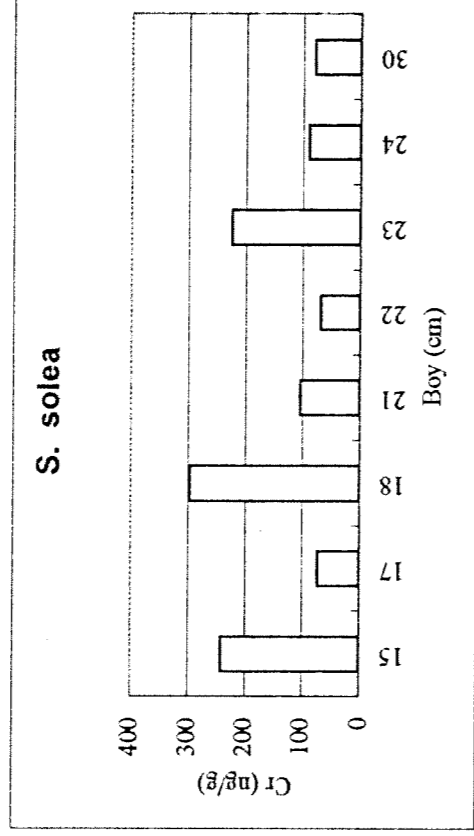
Krom analizinden elde edilen sonuçlar çubuk-grafigi olarak verilmiştir (Şekil 28-36). Elde edilen çubuk-grafikleri incelendiğinde balıkların vücut etlerinde ölçülen krom derişimleri ile organizmaların boyu arasında herhangi bir doğrudan ilişki bulunmadığı görülmektedir (Şekil 28-31). Civa, kadmiyum ve kurşunu vücutlarında biriktirebilen *M. barbatus* türünde organizma boyu arttıkça krom derişiminde de bir artış görülmektedir fakat bu artış çok düzensizdir ve yukarıda da belirtildiği gibi organizma boyu ile metal derişimi arasında doğrudan (linear) bir ilişki yoktur. Şekil 32-36 değişik balık türlerindeki krom derişimlerinin bölgelere göre dağılımını göstermektedir. Genellikle Iskenderun Körfezinden yakalanan balıklarda ölçülen krom derişimi diğer bölgelerden (Mersin, Tirtar ve Manavgat) yakalananlardan daha yüksektir. Mersin körfezinden yakalanan türlerden sadece *U. molluccensis* ve *M. auratus*'ta ölçülen krom derişimleri Iskenderun bölgesinden avlananlardaki krom derişimleri ile kıyaslanabilir seviyelerdedir.



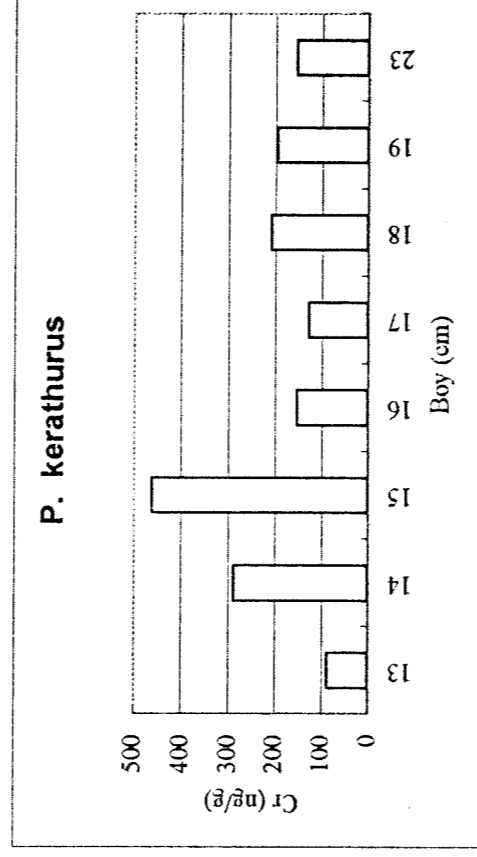
Şekil 28. Mullide ailesinden *M. barbatus*'ta krom'un organizma boyuna göre dağılımı.



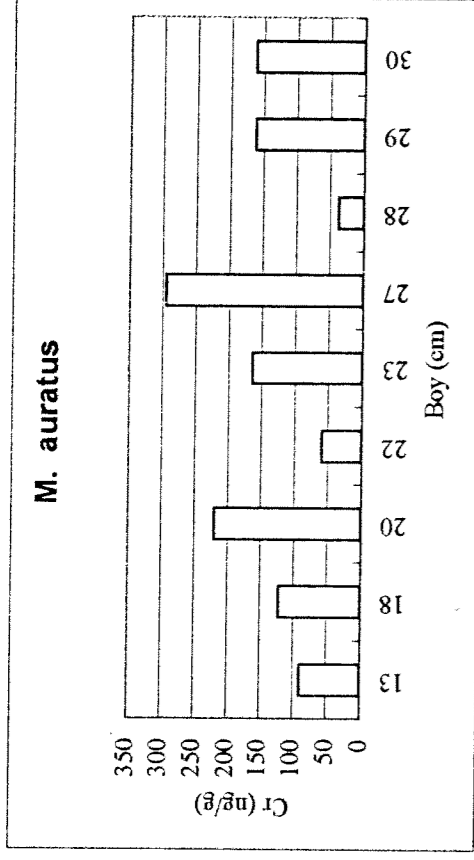
Şekil 29. Mullide ailesinden *U. molluccensis*'de krom'un organizma boyuna göre dağılımı.



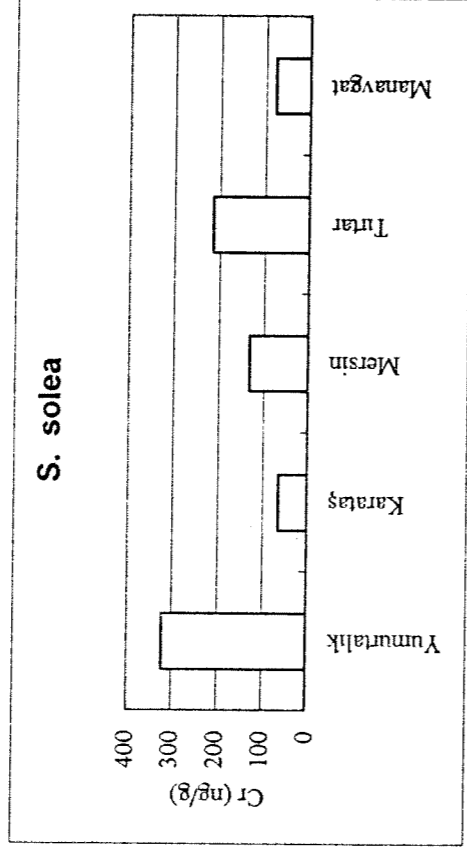
Şekil 30. Solea ailesinden *S. solea*'da krom'un organizma boyuna göre dağılımı.



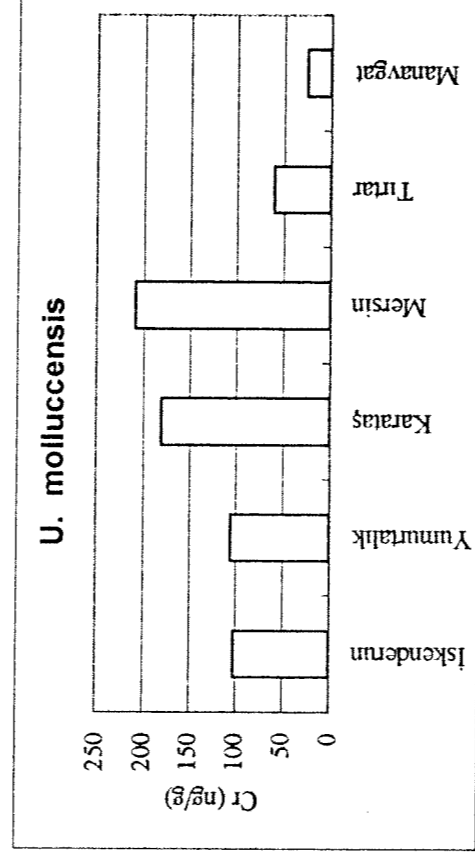
Şekil 31. Crustacean ailesinden *P. kerathurus*'da krom'un organizma boyuna göre dağılımı.



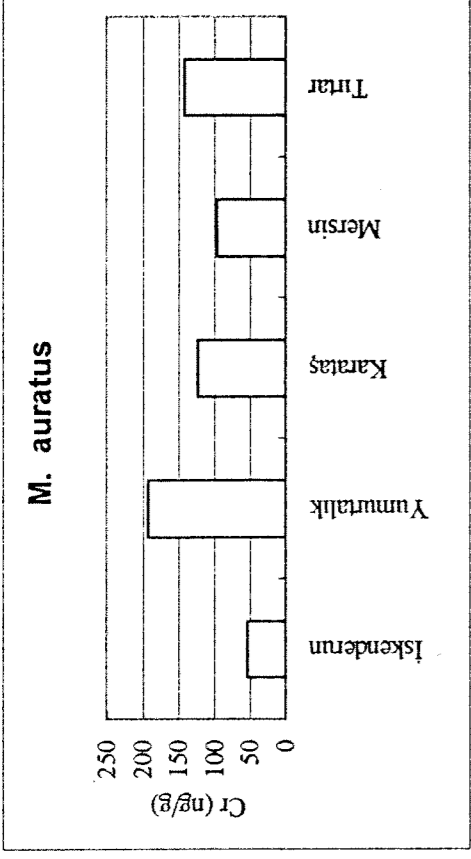
Şekil 32. Mugilidae ailesinden *M. auratus*'da krom'un organizma boyuna göre dağılımı.



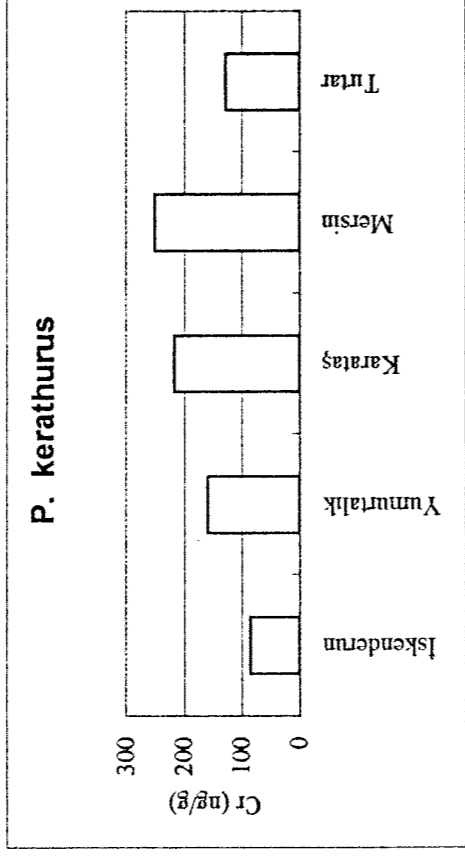
Şekil 33. Değişik bölgelerden alınan *S. solea* örneklerindeki krom derişimleri.



Şekil 34. Değişik bölgelerden alınan *U. molluccensis* örneklerindeki krom derişimleri.



Şekil 35. Değişik bölgelerden alınan *M. auratus* örneklerindeki krom derişimleri.

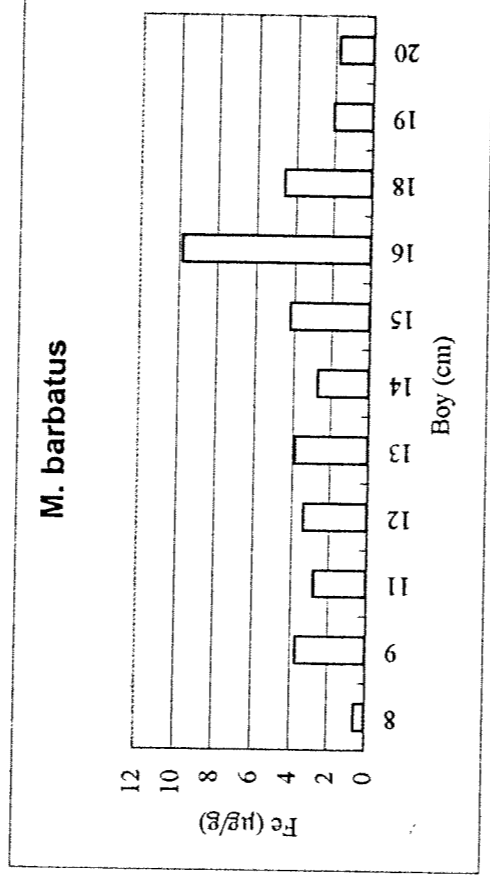


Şekil 36. Değişik bölgelerden alınan *P. kerathurus* örneklerindeki krom derişimleri.

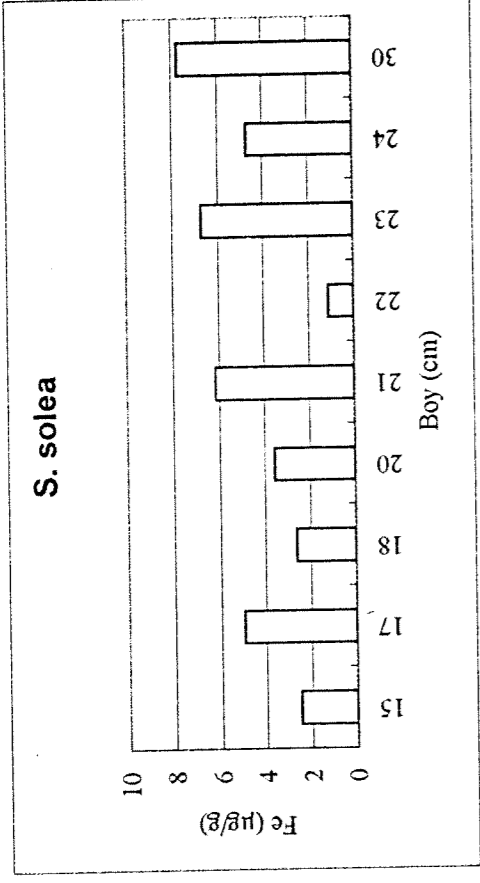
DEMİR (Fe)

Krom'da olduğu gibi demir'de de organizmaların (balıkların) boy uzunluğu ile metal derişimi arasında herhangi bir doğrudan ilişki gözlenememiştir. Şekil 37-41 demirin organizma boyuna göre dağılımını göstermektedir. Şekillerden de açıkça görüleceği gibi demir derişimi ile boy uzunluğu arasında karmaşık (gelişigüzel) bir dağılım vardır.

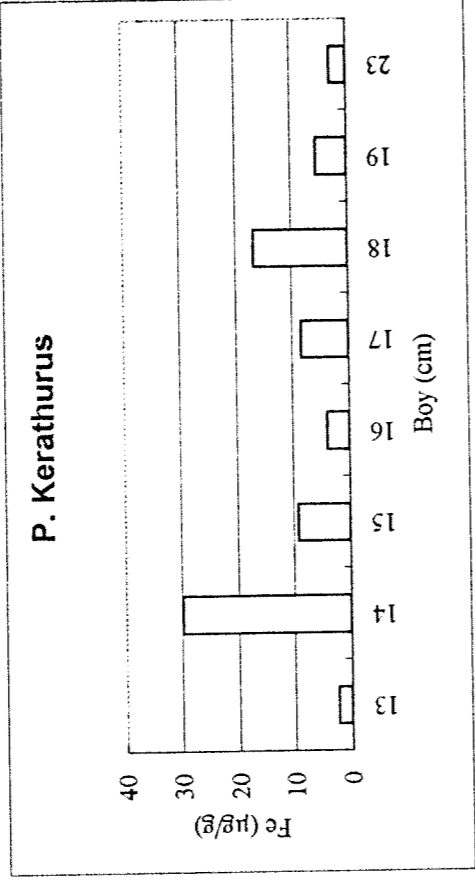
Şekil 42-45'te değişik bölgelerden yakalanan balıklardaki demir derişimlerinin dağılımı bölgesel bazda gösterilmiştir. *M. auratus* ve *P. Kerathurus*'ta İskenderun bölgesinden yakalanan örneklerde demir derişimleri diğer bölgelerdeki örneklerle oranla daha yüksektir (Şekil 43 ve Şekil 44). *U. molluccensis* ve *S. solea*'da ise Mersin ve Manavgat bölgelerinden alınan örneklerdeki demir miktarları diğer bölgelerden alınan örneklerdekinden daha yüksektir. İskenderun bölgesi sanayi faaliyetleri ve nüfus yoğunluğunun yüksek olduğu bir bölgemizdir ve daha fazla kirletilmiş olduğu açıktır. Doğal olarak bu bölgeden alınan örneklerde ağır metal kirleticilerin miktarlarının daha yüksek olması beklenmektedir. Burada beklenenin aksine sonuçlar elde edilmesinin nedeni tam olarak belirlenememiştir. Bunun bir nedeni örneklerin kirletilmiş olabileceğidir. Diğer bir nedeni ise: Bilindiği gibi demir canlılar için gerekli elementlerden birisidir. Bu da demirin sudaki derişimine bağlı olarak az veya çok miktarda alınmasında söz konusu olmadığını; fakat canlıların vücut ihtiyaçları için gerekli miktarlarda demir biriktirdikleri söylenebilir. Yani canlılar hayatsal faaliyetlerinin devamı için ne kadar demire ihtiyaç duyarlarsa o kadarını almaktadırlar.



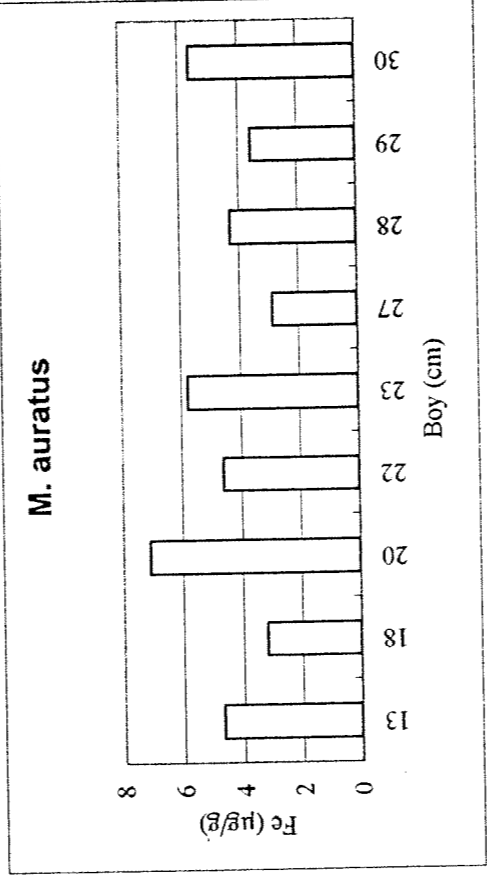
Şekil 37. Mullide ailesinden *M. barbatus*'ta demir'in organizma boyuna göre dağılımı.



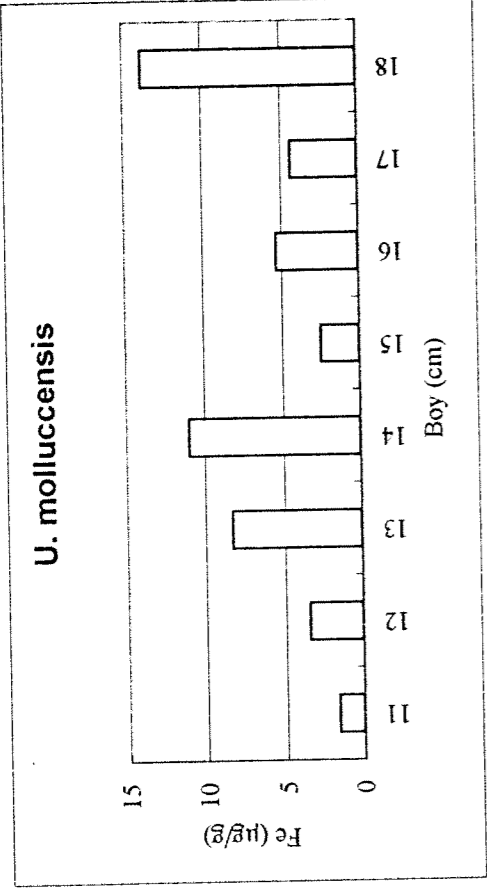
Şekil 38. Solea ailesinden *S. solea*'da demir'in organizma boyuna göre dağılımı.



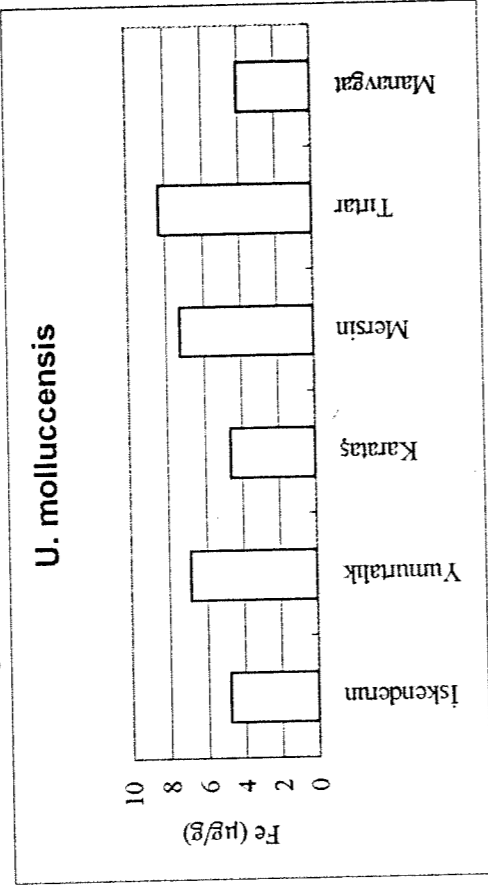
Şekil 39. Crustacean ailesinden *P. kerathurus*'ta demir'in organizma boyuna göre dağılımı.



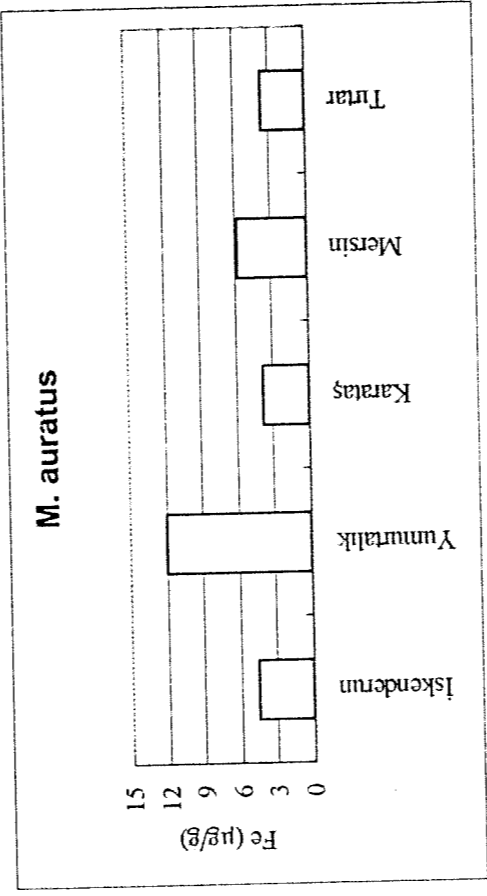
Şekil 40. Mugiidae ailesinden *M. auratus*'da demir'in organizma boyuna göre dağılımı.



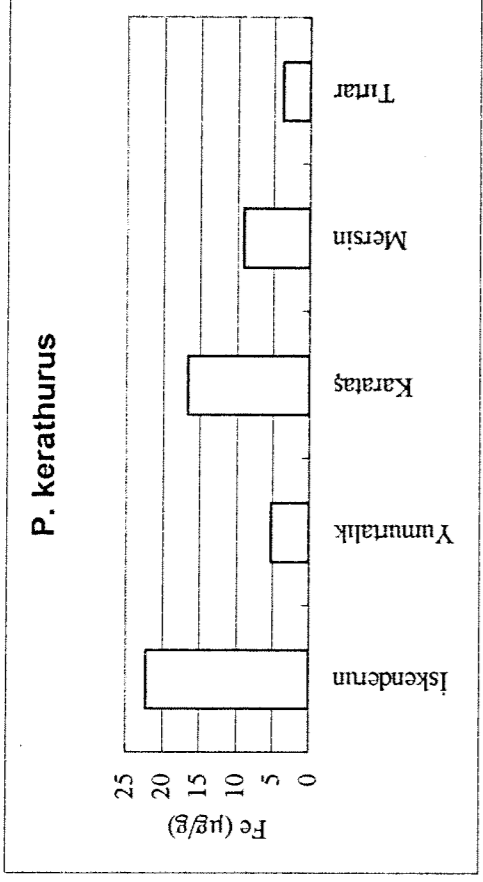
Şekil 41. Mullide ailesinden *U. molluccensis*'de demirin organizma boyuna göre dağılımı.



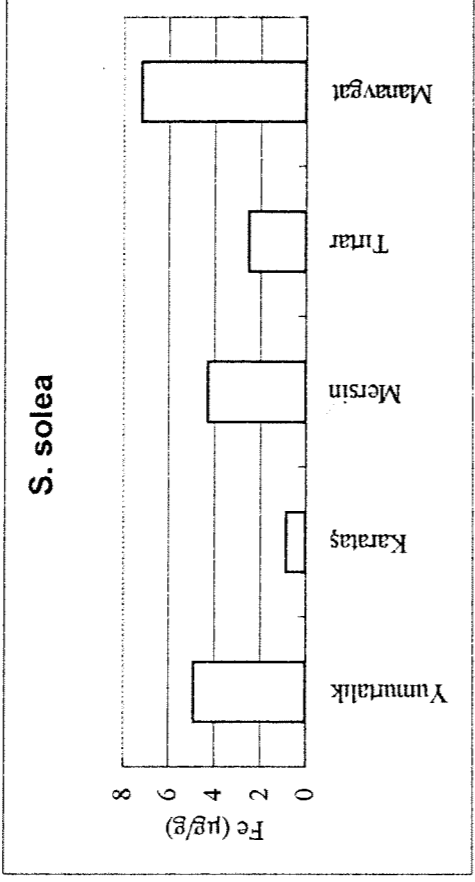
Şekil 42. Değişik bölgelerden alınan *U. molluccensis* örneklerindeki demir derişimleri



Şekil 43. Değişik bölgelerden alınan *M. auratus* örneklerindeki demir derişimleri.



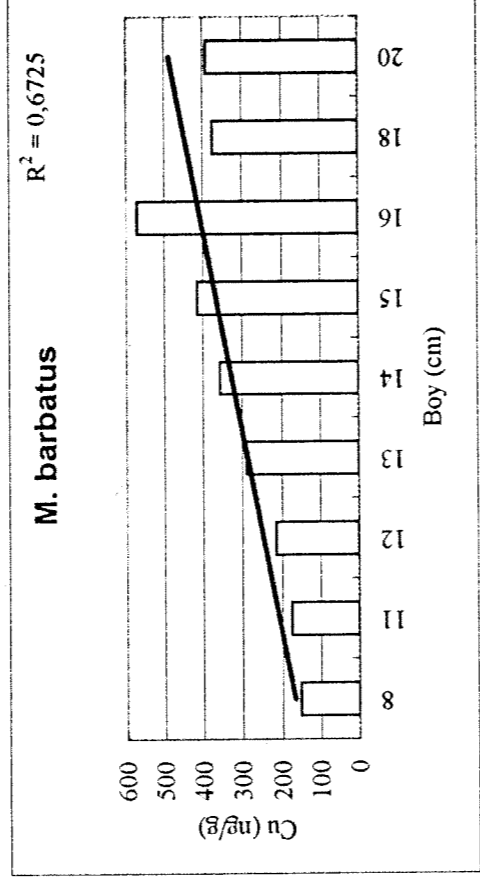
Şekil 44. Değişik bölgelerden alınan *P. kerathurus* örneklerindeki demir derişimleri.



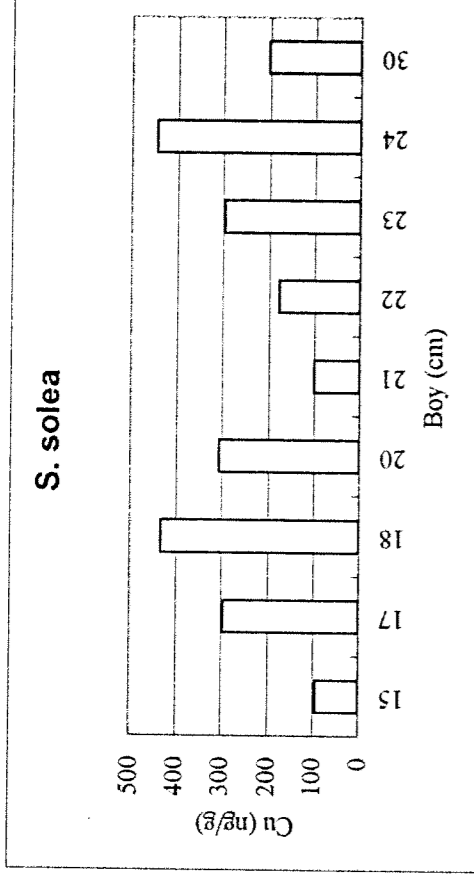
Şekil 45. Değişik bölgelerden alınan *S. solea* örneklerindeki demir derişimleri.

Bakır (Cu)

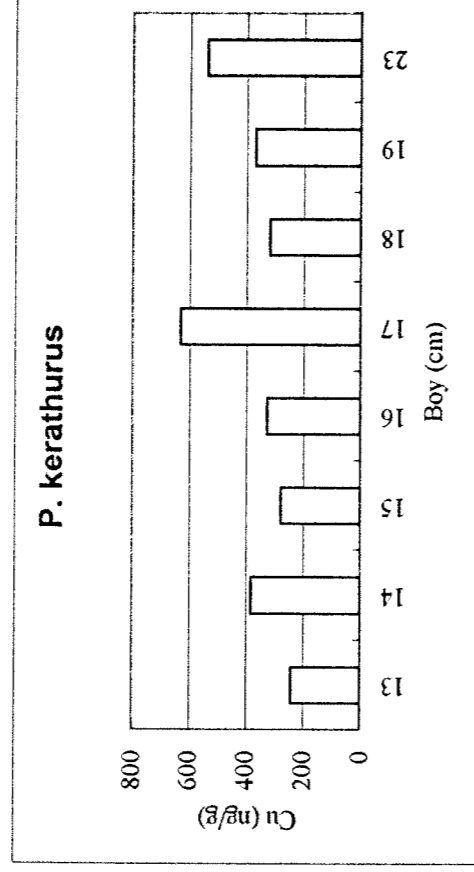
Bakır canlılar için toksik olan elementlerden birisidir. Bu çalışma süresince balıklarda ölçülen bakır miktarları Şekil 46-54'te çubuk grafiği olarak verilmiştir. Şekil 46-50 değişik türlerde organizma boyuna bağlı olarak bakırın kas dokudaki seviyelerini göstermektedir. Organizma boy uzunluğu ve metal derişimleri gözönüne alındığında diğer birçok metalde olduğu gibi sadece *M. barbatus*'ta balık boyu ile kas dokudaki bakır derişimi arasında doğrudan (linear) bir ilişki olduğu görülmektedir. İlişki katsayısı $R^2 = 0.6725$ olarak hesaplanmıştır ki bu katsayı balık boyu-bakır derişimi ilişkisinin oldukça kuvvetli olduğunu göstermektedir. Bu ilişki Şekil 46'da grafiksel olarak gösterilmiştir. Bölgeler arası metal derişimi farklılaşması incelenirse (Şekil 51-54) bütün türlerde bakır derişimi açısından bölgeler arası herhangi bir belirgin farklılık yoktur. Bunda en büyük etken bakırın deniz suyundaki fiziko-kimyasal özellikleridir. Bakır deniz ortamına girdikten sonra hızla partiküler maddelere tutunmakta ve dolayısı ile partikül maddeler ile birlikte çökelerek su kolonundan uzaklaştırılmaktadır. Deniz suyunda kompleks oluşturacak ligandların bulunması da bakırın partiküler maddelere tutunmasını önleyememektedir. Dolayısı ile deniz ortamına çözünmüş halde bakır atığı verilse bile bu çözünmüş bakır süratle çökelerek su kolonundaki derişimi azalmaktadır. Bu da denizde yaşayan canlıların bakır almasını ve bakırla etkileşimini azaltmaktadır.



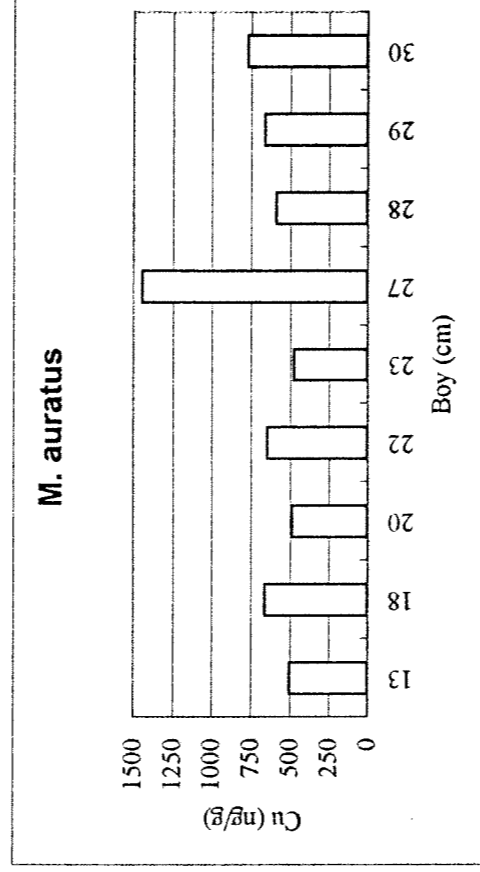
Şekil 46. Mullide ailesinden *M. barbatus*'ta bakırın organizma boyuna göre dağılımı.



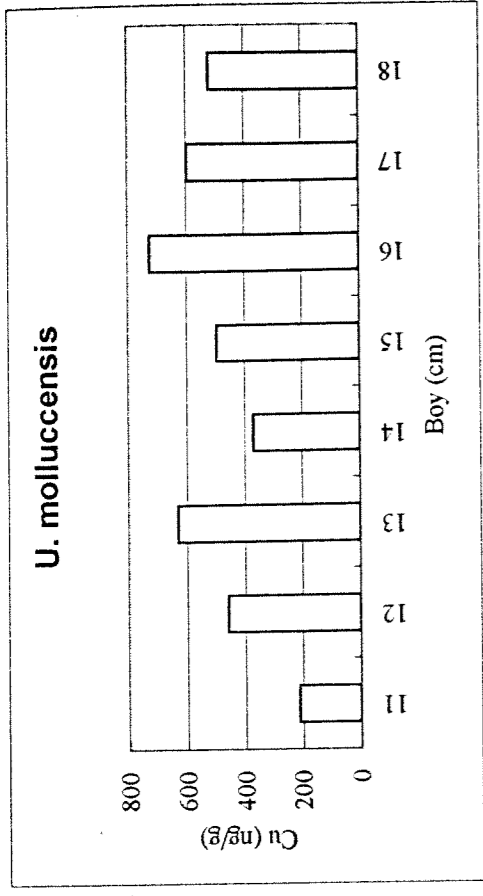
Şekil 47. Solea ailesinden *S. solea*'da bakırın organizmada boyuna göre dağılımı.



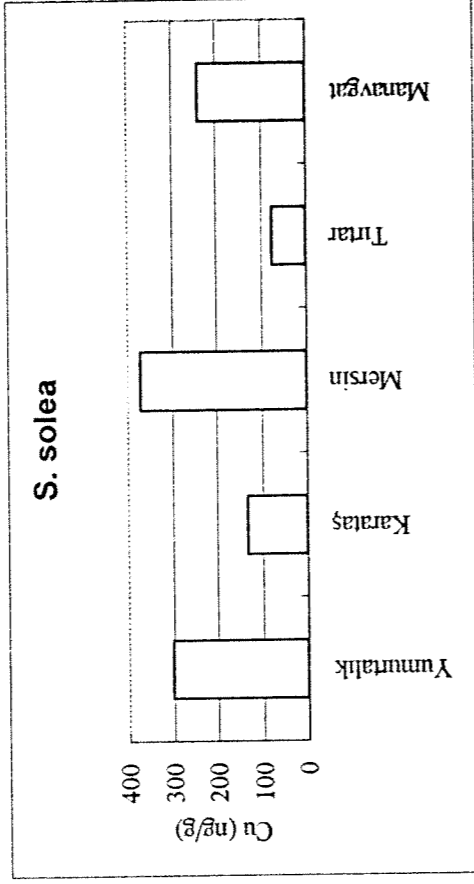
Şekil 48. Crustacean ailesinden *P. kerathurus*'ta bakırın organizmada boyuna göre dağılımı.



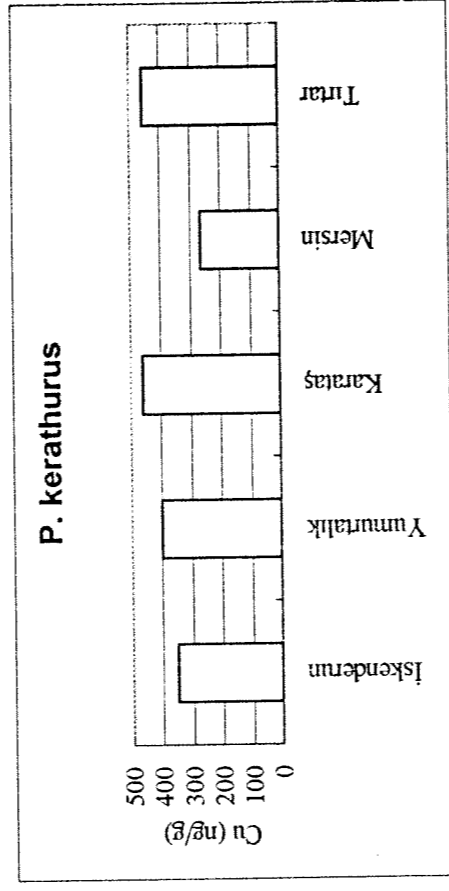
Şekil 49. Mugilidae ailesinden *M. auratus*'ta bakırın organizmada boyuna göre dağılımı.



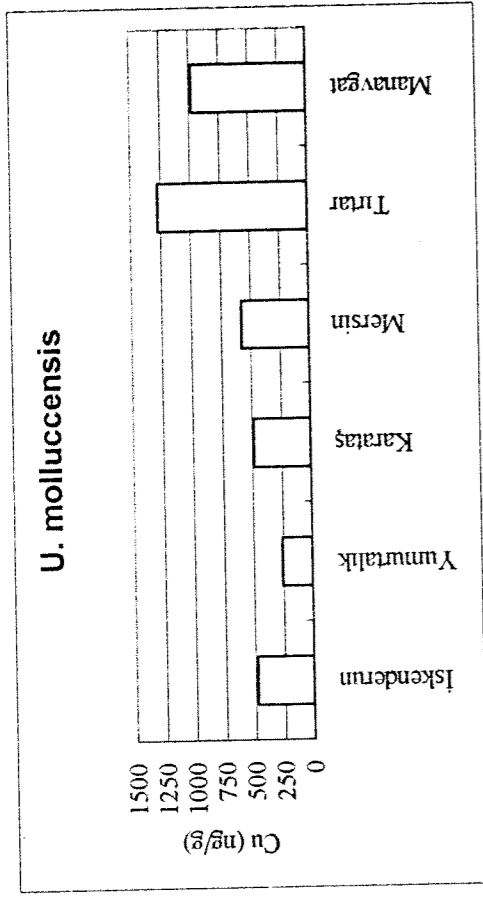
Şekil 50. Mullide ailesinden *U. molluccensis*'de bakırın organizma boyuna göre dağılımı.



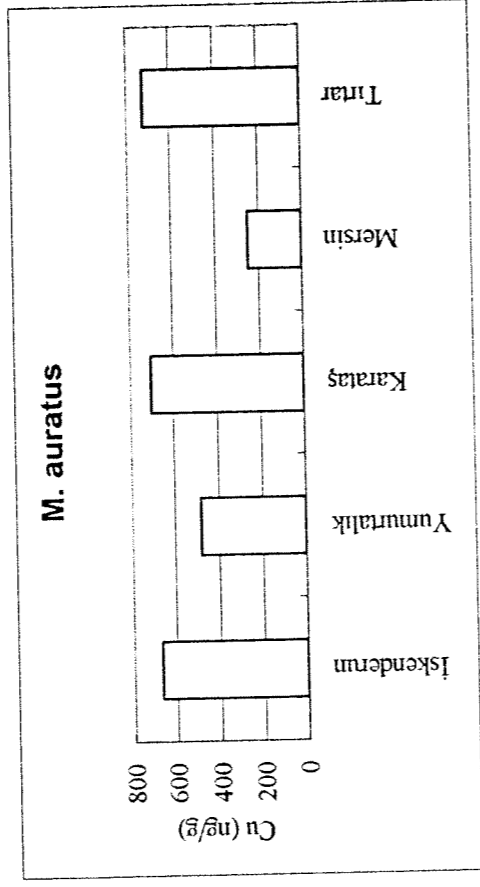
Şekil 51. Değişik bölgelerden alınan *S. solea* örneklerindeki bakır derişimleri.



Şekil 52. Değişik bölgelerden alınan *P. kerathurus* örneklerindeki bakır derişimleri.



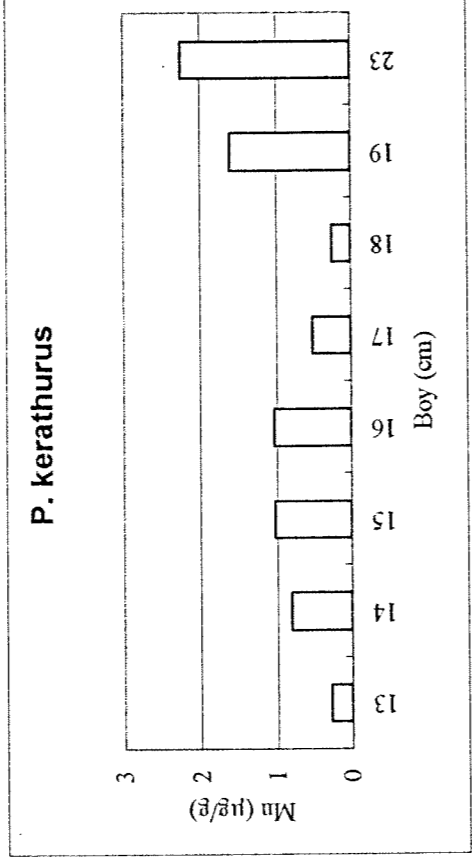
Şekil 53. Değişik bölgelerden alınan *U. molluccensis* örneklerindeki bakır derişimleri.



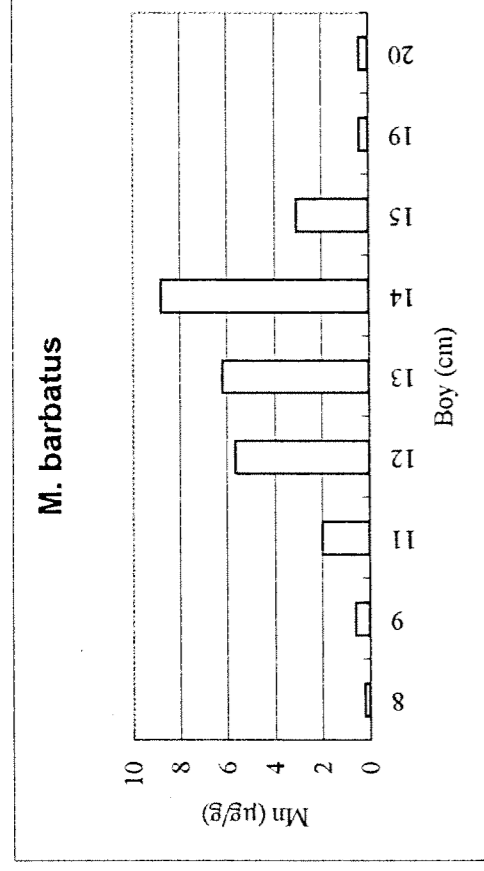
Şekil 54. Değişik bölgelerden alınan *M. auratus* örneklerindeki bakır derişimleri.

MANGAN (Mn)

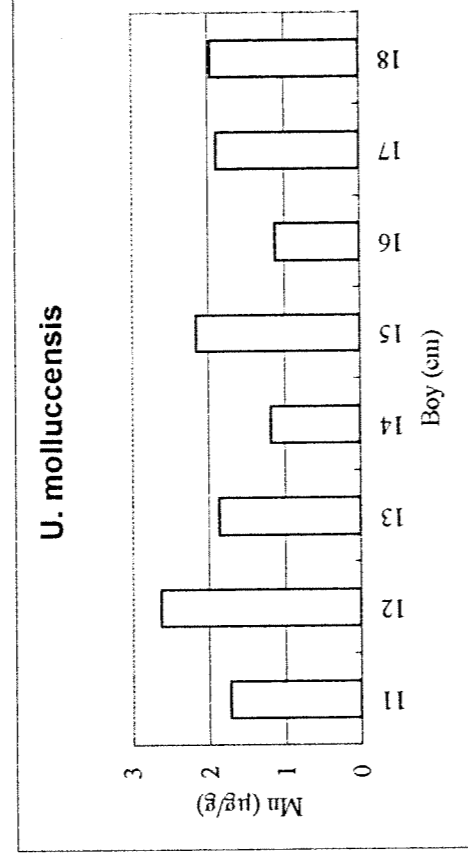
Mangan da demir ve çinko gibi canlıların hayatlarını devam ettirebilmeleri için gerekli elementlerden birisidir. Fakat diğer metaller gibi fazla miktarda alınınca canlılar üzerinde toksik etki yapıp yapmadığı bilinmemektedir. Çalışma süresince analiz edilen balıklardan elde edilen mangan değerleri hem bölgesel bazda hem de analiz edilen organizmaların boyuna bağlı olarak grafik halinde Şekil 55-63'te verilmiştir. Şekil 55- 59 mangan derişimlerinin değişik türlerde analiz edilen organizmaların boyuna göre dağılımını göstermektedir. Şekil 59-63 ise yakalanan balıklardaki değişik bölgelere göre mangan derişimlerini göstermektedir. Yapılan analizlerde mangan derişimi ile organizma boyu arasında herhangi bir doğrudan ilişki bulunamamıştır (Şekil 55-59). Bölgesel bazda yapılan analizlerde ise genelde Iskenderun ve Mersin bölgelerinden yakalanan balıklardaki mangan derişimlerinin diğer bölgelerden yakalanan balıklardan daha yüksek olduğu görülmüştür. Iskenderun ve Mersin bölgesinde yoğun sanayileşme ve kentsel olmasından dolayı bu beklenen bir sonuçtur.



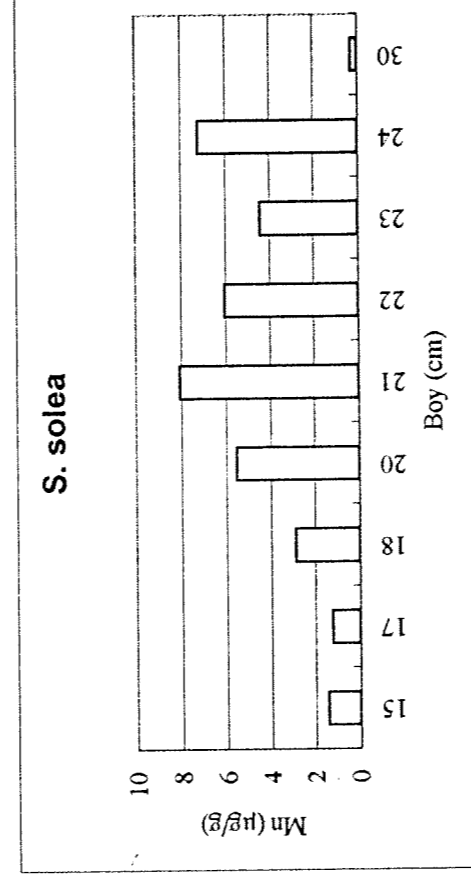
Şekil 55. Crustacean ailesinden *P. kerathurus*'ta mangan'ın organizma boyuna göre dağılımı.



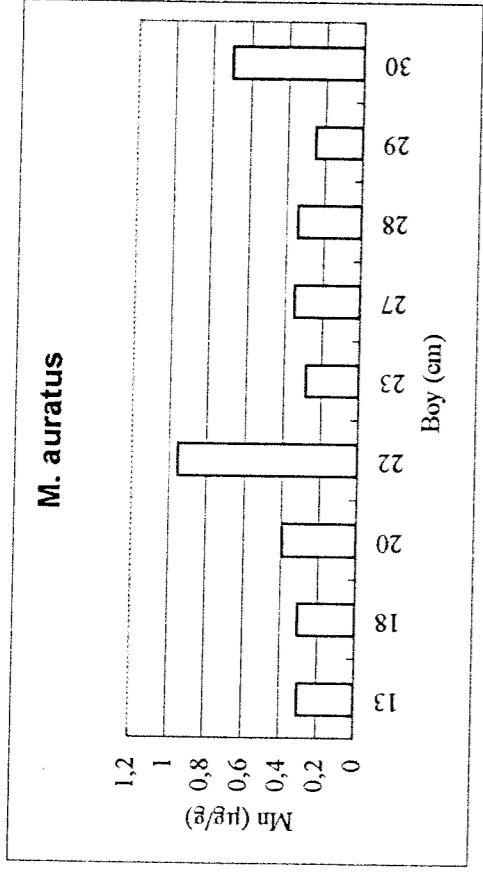
Şekil 56. Mullide ailesinden *M. barbatus*'ta mangan'ın organizma boyuna göre dağılımı.



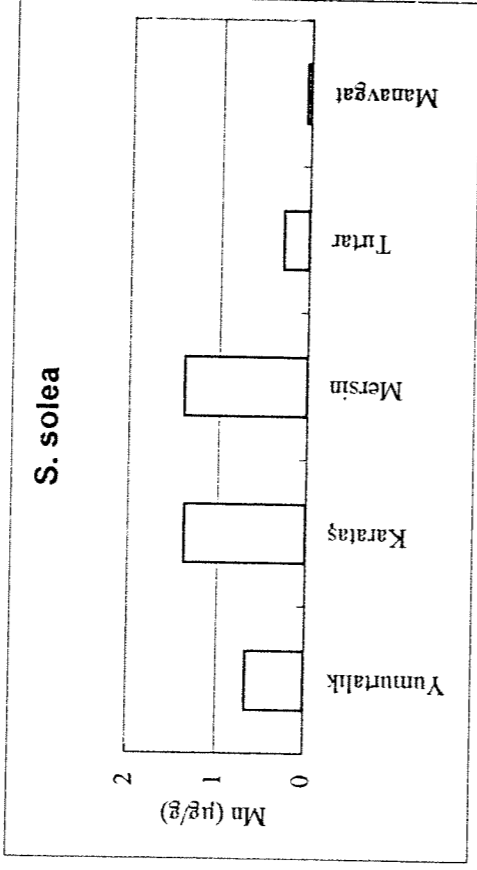
Şekil 57. Mullide ailesinden *U. molluccensis*'de mangan'ın organizma boyuna göre dağılımı.



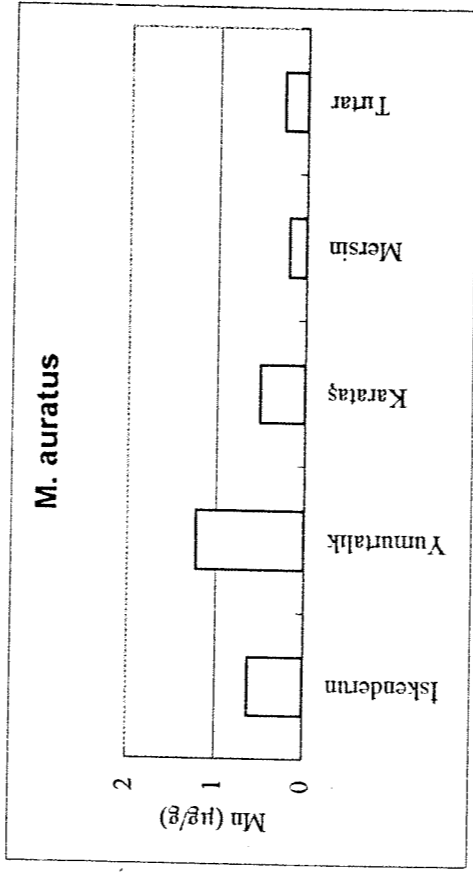
Şekil 58. Solea ailesinden *S. solea*'da mangan'ın organizma boyuna göre dağılımı.



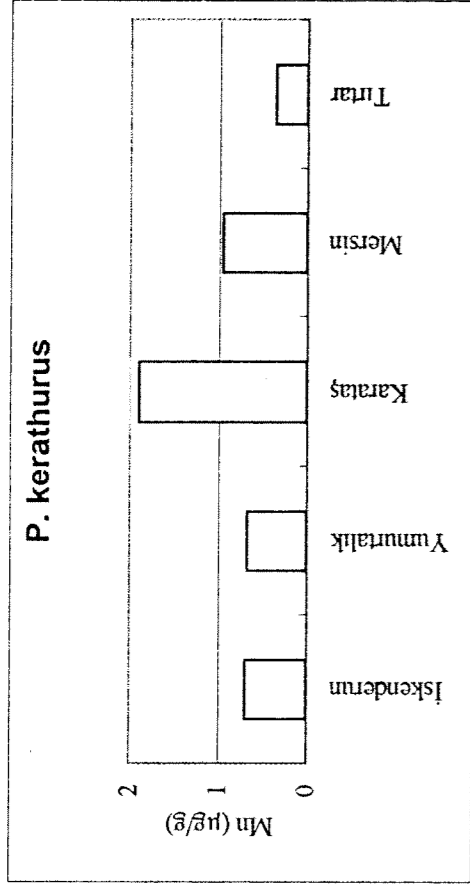
Şekil 59. Mugilidae ailesinden *M. auratus*'ta manganın organizma boyuna göre dağılımı.



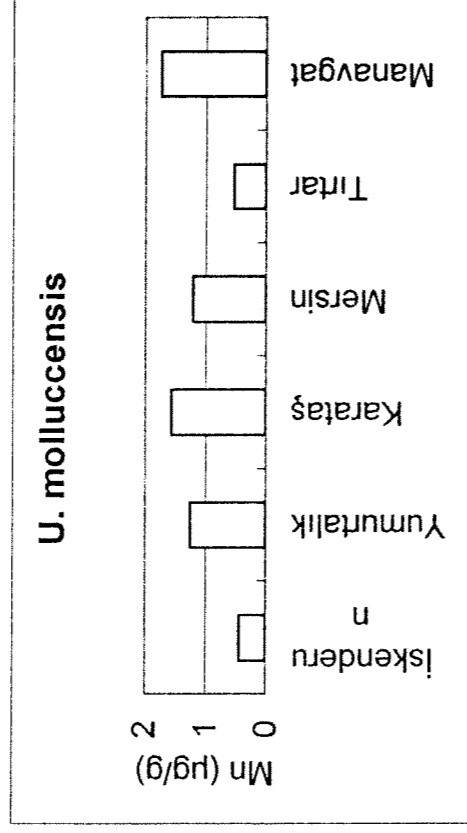
Şekil 60. Değişik bölgelerden alınan *S. solea* örneklerindeki mangan derişimleri.



Şekil 61. Değişik bölgelerden alınan *M. auratus* örneklerindeki mangan derişimleri.



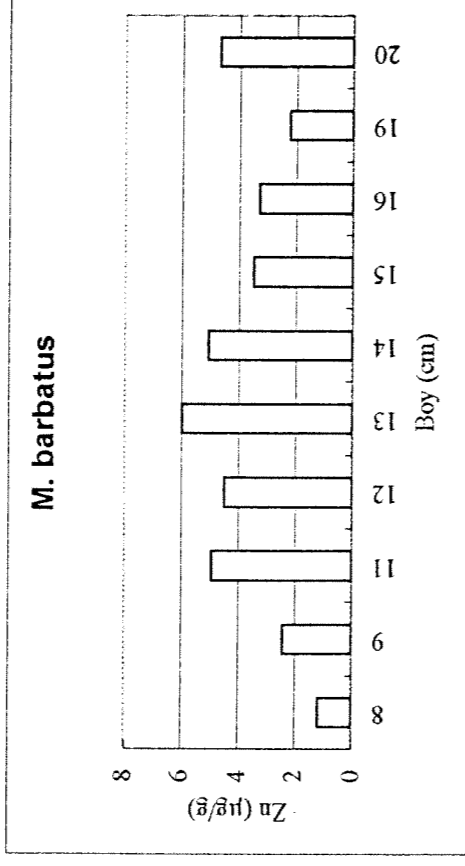
Şekil 62. Değişik bölgelerden alınan *P. kerathurus* örneklerindeki mangan derişimleri.



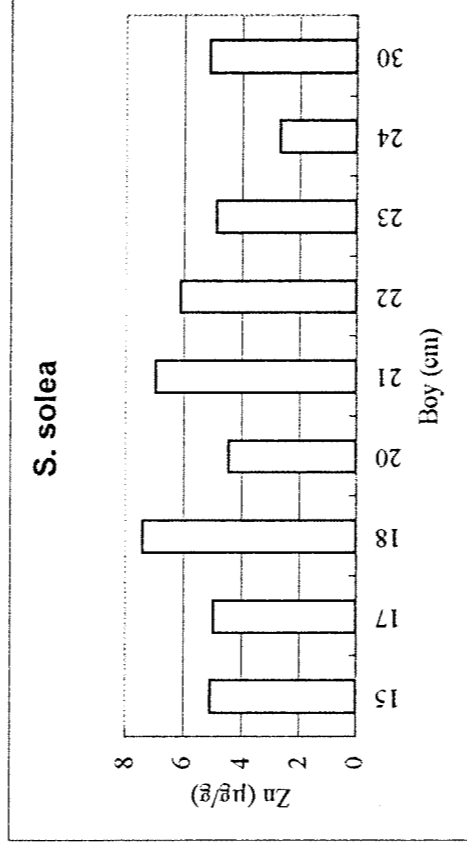
Şekil 63. Değişik bölgelerden alınan *U. molluccensis* örneklerindeki mangan derişimleri.

ÇİNKO (Zn)

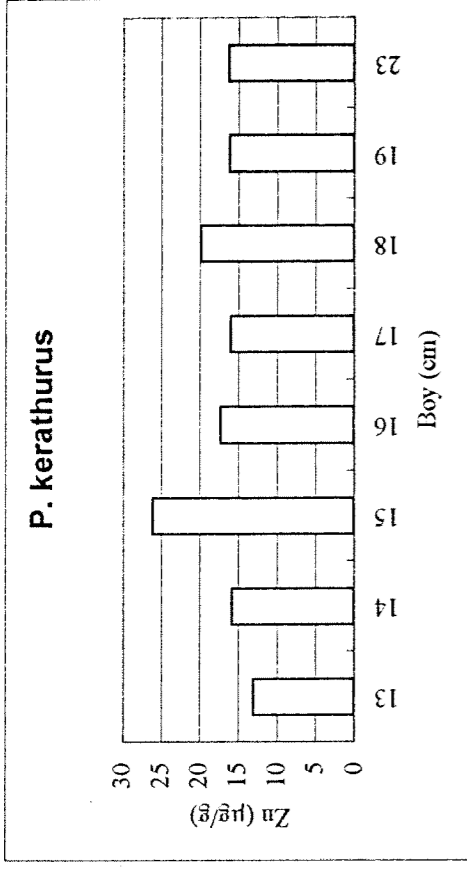
Çinko, canlıların yaşamını sağlıklı olarak idame ettirmesi için gerekli elementlerden birisidir. Fazla miktarlarda alındığı zaman canlılar üzerinde toksik etkilerinin olduğu bilinmektedir. Fakat bu element diğer toksik (Hg, Cd, Pb gibi) elementlere oranla canlılar tarafından tolere edilebilmektedir. Analiz edilen balıklardan elde edilen çinko değerleri Şekil 64-72'de verilmiştir. Şekil 64-68 analiz edilen balık örneklerinin boyuna bağlı olarak vücutlarında (kas dokuda) ihtiva ettikleri çinko derişimlerini göstermektedir. Şekiller incelendiği zaman canlı boyu ile kas dokularında bulunan çinko derişimleri arasında herhangi bir doğrudan ilişki bulunmadığı kolayca görülmektedir. Şekil 69-72'de balıklarda ölçülen çinko derişimleri bölgelere bağlı olarak gösterilmiştir. Yine bu şekiller incelendiğinde bölgeler arası kayda değer bir farklılık olmadığı görülmektedir. Bütün bölgelerde ölçülen çinko derişimleri birbiri ile karşılaştırılabilecek seviyelerdedir.



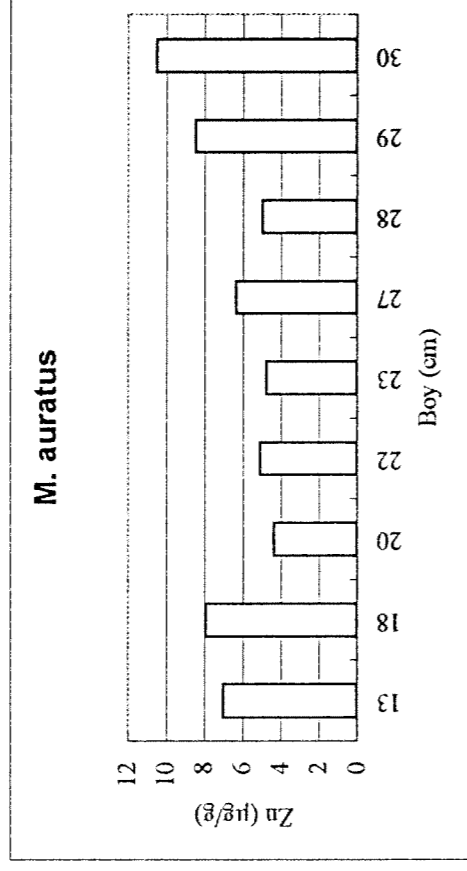
Şekil 64. Mullide ailesinden *M. barbatus*'ta çinko'nun organizma boyuna göre dağılımı.



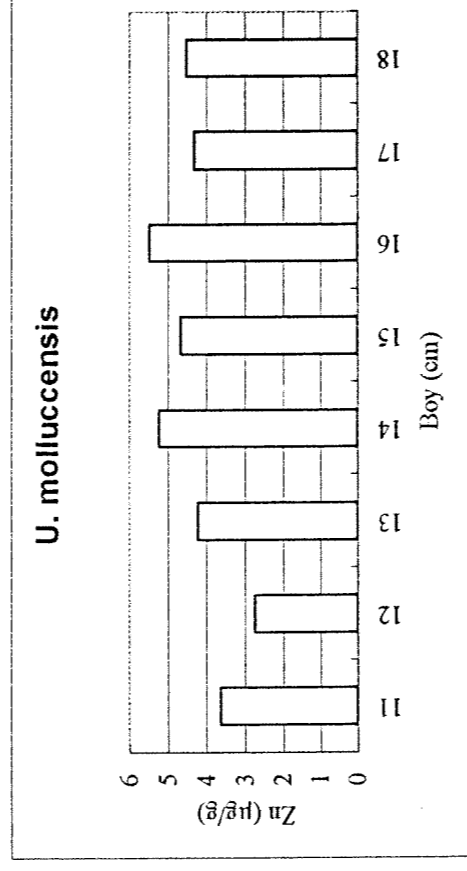
Şekil 65. Solea ailesinden *S. solea*'da çinko'nun organizma boyuna göre dağılımı.



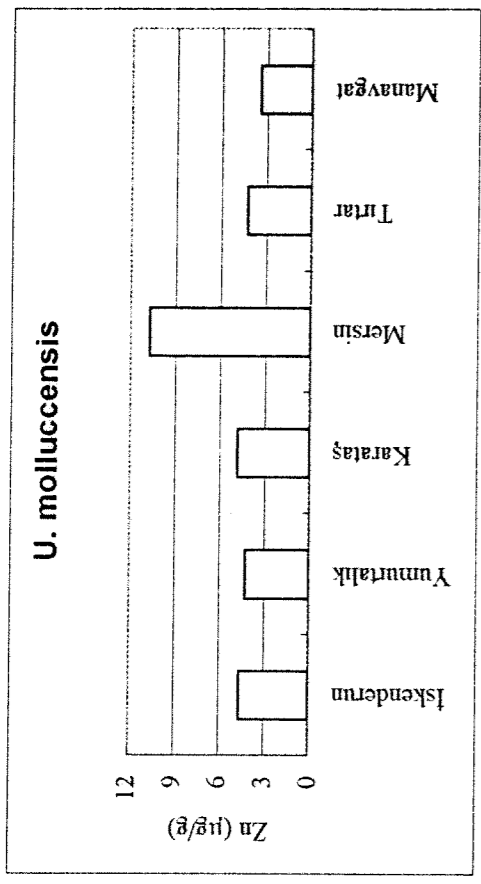
Şekil 66. Crustacean ailesinden *P. kerathurus*'ta çinko'nun organizma boyuna göre dağılımı.



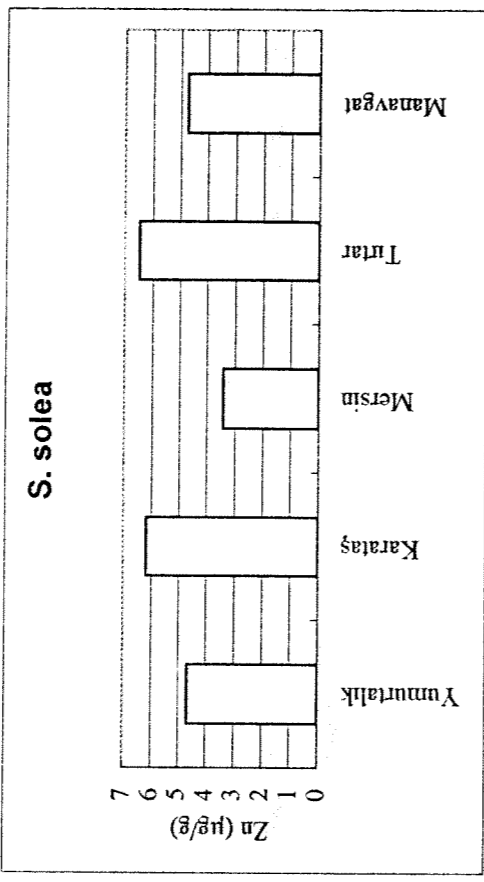
Şekil 67. Mugilidae ailesinden *M. auratus*'ta çinkonun organizma boyuna göre dağılımı.



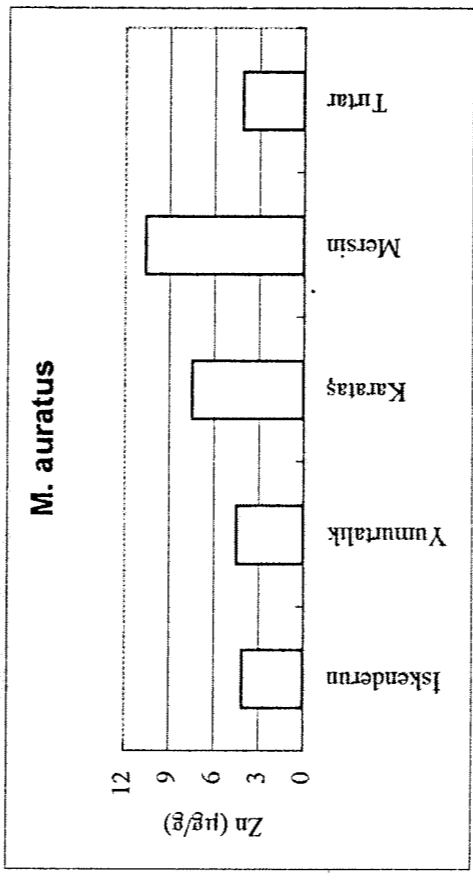
Şekil 68. Mullide ailesinden *U. molluccensis*'de çinko'nun organizma boyuna göre dağılımı.



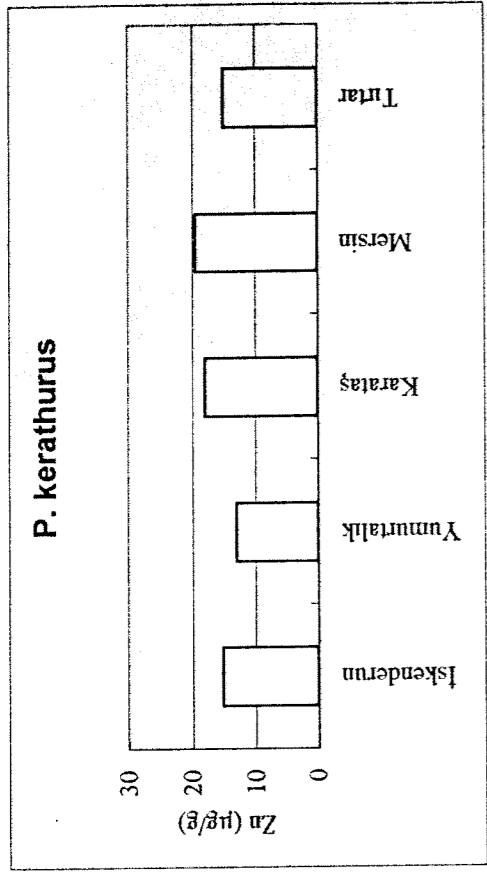
Şekil 69. Değişik bölgelerden alınan *U. molluccensis* örneklerinde ölçülen çinko derişimleri.



Şekil 70. Değişik bölgelerden alınan *S. solea* örneklerinde ölçülen çinko derişimleri.



Şekil 71. Değişik bölgelerden alınan *M. auratus* örneklerinde ölçülen çinko derişimleri.



Şekil 72. Değişik bölgelerden alınan *P. kerathurus* örneklerindeki çinko derişimleri.

SONUÇ

Bir yıllık çalışma neticesinde elde edilen bulgular göstermiştir ki ölçülen iz metallerden Hg, Cd, Pb ve Cu *M. barbatis* tarafından alınan kas dokularında biriktirilebilmektedir. *U. molluccensis* ise civa ve kadmiyum'u kas dokusunda biriktirmektedir. Öte yandan *S. solea* sadece civayı biriktirebilmektedir. Bu organizmalar vücutlarında biriktirdikleri elementler için indikatör olarak kullanılabilirler.

Civa ve kadmiyum derişimleri *U. molluccensis* türünde doğu-batı yönünde azalma trendi göstermektedir. *P. kerathurus*'ta ise yalnız civa derişimlerinde doğu-batı yönünde bir azalma trendi vardır. Diğer metallerde bu trend hiçbir türde gözlenememiştir.

REFERANSLAR

- (GESAMP, 1991). Global strategies for marine environmental protection. GESAMP reports and studies no. 45, 36 sayfa.
- (ICES, 1988), Report of the ICES Advisory Committee on Marine Pollution. ICES cooperative report no: 160, 18-23.
- SALIHOĞLU, İ., C. Saydam, S. Tuğrul, S. Yemenicioğlu, 1984. Kalayın Kuzeydoğu Akdenizdeki Biyolojik ve Kimyasal Dağılımı. **TÜBİTAK Proje Kod no; ÇAG-59 final raporu.** (66 sayfa).
- SALIHOĞLU, İ., C. Saydam, S. Yemenicioğlu, 1987. Two Toxicants, Mercury and Tin in the Gulf of Iskenderun, **Chemosphere, 16: (2-3), 445-458.**
- YEMENİCİOĞLU, S., C. Saydam, İ. Salihoğlu, 1987. Distribution of Tin in the Northeastern Mediterranean. **Chemosphere, 16: (2-3), 429-443.**
- SALIHOĞLU, İ., S. Yemenicioğlu, 1986. Chemical and Biological Distribution of Mercury in the North Levantine. Papers presented at the FAO/UNEP/WHO/IOC/IAEA meeting on the biogeochemical cycle of mercury in the Mediterranean. Sienna, Italy, 27-31 August 1984. **FAO Fish. Rep. (325)Suppl.:** 140-149.
- YEMENİCİOĞLU, S., A. Yılmaz and İ. Salihoğlu, 1993. Synthesis of the MED - POL Phase II data related to northern Levantine basin. DPT için hazırlanmış rapor. (17 sayfa)