



T.C.
DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ
DENİZ BİLİMLERİ VE TEKNOLOJİSİ
ENSTİTÜSÜ



**LADY TUNA'DAN KAYNAKLANAN
PETROL SIZINTISININ ETKİLERİNİN
İLDİRİ KÖRFEZİ (ÇEŞME)'NDE İNCELENMESİ**

YARARLANICI:

T.C. İZMİR VALİLİĞİ
ÇEVRE VE ŞEHİRCİLİK İL
MÜDÜRLÜĞÜ

WANG TAT CORPORATION
PTE, LTD.



Kasım, 2017 / İzmir

ARAŞTIRMA VE DEĞERLENDİRME EKİBİ

Proje Yönetimi

İmza

Prof.Dr. Günay ÇİFÇİ	Proje Başkanı
Prof.Dr. Aynur KONTAŐ	Proje Koordinatörü
Prof.Dr. Gökdeniz NEŐER	Proje DanıŐmanı
AraŐ.Gör.Dr. Enis DARILMAZ	Sefer Koordinatörü

Kimyasal OŞinografi

Prof.Dr. Aynur KONTAŐ
Prof.Dr. Esin SUZER
Dr. Oya ALTAY
AraŐ.Gör.Dr. Enis DARILMAZ
AraŐ.Gör. Hakan ALYÜRÜK
Mustafa BİLGİN (Doktora Öğrencisi)
Selin SEVGİ (Yüksek Lisans Öğrencisi)

Biyolojik OŞinografi

Prof.Dr. Ferah YILMAZ
Prof.Dr. Őermin AÇIK ÇINAR
AraŐ.Gör.Dr. Elif CAN YILMAZ
Uzm.Dr. Sinem ÖNEN
Uzm.Dr. Banu BİTLİS BAKIR
Özge ÖZGEN (Doktora Öğrencisi)
İlkin BAKAL (Yüksek Lisans Öğrencisi)

Fiziksel OŞinografi

Doç.Dr. Murat GÜNDÜZ

Su Altı Görüntüleme

Öğr.Gör.Dr. BarıŐ AKÇALI

İÇİNDEKİLER

1. GİRİŞ.....	8
2. MATERYAL VE METOT	11
2.1. Kimyasal Örnekleme.....	11
2.2. Çözünmüş Oksijen Tayini	12
2.3. Suda BTEX Tayini	12
2.4. Suda PAH Bileşikleri Tayini	12
2.5. Sedimentte TOK Analizi.....	12
2.6. Sedimentte PAH Bileşikleri Tayini.....	12
2.7. Organizmada PAH Bileşikleri Tayini.....	13
2.8. Organizmada Biyoişaretçi Enzimlerin Analizleri	13
2.8.1 CAT Aktivitesi Ölçümü.....	14
2.8.2 AChE Aktivitesi Ölçümü.....	14
2.9. Organizmada Lipid Peroksidasyon Düzeylerinin Tayini.....	14
2.10. Bentik Örnekleme ve Laboratuvar İşlemleri.....	17
2.11. Bentik Türlerin Veri Analizi.....	18
2.12. Sualtı Gözlemleri	21
3. BULGULAR	23
3.1. Deniz Suyunda Fiziksel Ölçümler	23
3.2. Deniz Suyunda Çözünmüş Oksijen.....	24
3.3. Deniz Suyunda BTEX	24
3.4. Deniz Suyunda Polisiklik Aromatik Hidrokarbonlar.....	35
3.5. Sedimentte Toplam Organik Karbon	64
3.6. Sedimentte Hegzanla Ekstrakte Olabilen Organik Madde.....	64
3.7. Sedimentte Polisiklik Aromatik Hidrokarbonlar.....	64
3.8. Organizmada Polisiklik Aromatik Hidrokarbonlar	92
3.9. Organizmada Biyoişaretçi Enzimlerin Analizleri	104
3.10. Organizmada Lipid Peroksidasyon Düzeylerinin Tayini.....	107
3.11. Bentik Türlerin Analizleri	109
3.12. Sualtı Gözlemleri	121
4. SONUÇLAR.....	130
5. REFERANSLAR	135

TABLO LİSTESİ

Tablo 2.1. Örnekleme istasyonlarının koordinatları	11
Tablo 2.2. Haziran döneminde balık çiftliklerinden örneklenen levrek, çipura ve midyelere ait boy ve ağırlık verileri	13
Tablo 2.3. Bentik örnekleme istasyonlarına ait koordinat, derinlik ve biyotop bilgileri	17
Tablo 3.1. Haziran döneminde deniz suyunda ölçülen fiziksel ve kimyasal parametreler	23
Tablo 3.2. Deniz suyunda ölçülen BTEX bileşikleri ve Toplam BTEX değerleri (ng/L) (Y: Yüzey, D: Dip)	26
Tablo 3.3. Sudaki BTEX bileşenlerinin Mart ve Haziran dönemlerindeki değişimleri.	27
Tablo 3.4. Deniz suyunda BTEX bileşiklerinin aralıkları ve limit değerleri.....	27
Tablo 3.5. Haziran döneminde deniz suyunda ölçülen PAH bileşikleri ve Toplam PAH değerleri (ng/L) (Y: Yüzey, D: Dip).	36
Tablo 3.6. Sudaki PAH bileşenlerinin Mart ve Haziran dönemlerindeki değişimleri....	37
Tablo 3.7. Haziran döneminde deniz suyunda PAH bileşiklerinin aralıkları ve limit değerleri.	38
Tablo 3.8. PAH kaynaklarını belirlemede kullanılan oranlar (LMW: Düşük molekül ağırlıklı PAH bileşikleri, HMW: Yüksek molekül ağırlıklı PAH bileşikleri).	39
Tablo 3.9. Haziran döneminde sedimentte ölçülen Polisiklik Aromatik Hidrokarbon değerleri.	65
Tablo 3.10. Sedimentteki PAH bileşenlerinin Mart ve Haziran dönemlerindeki değişimleri.	66
Tablo 3.11. Haziran'da çalışma bölgesi sedimentlerinde ölçülen PAH bileşikleri ile Toplam PAH konsantrasyon aralıkları (ng/g) ve TEL- PEL (ng/g) değerleri (SQAGs,1994).	68
Tablo 3.12. Haziran döneminde levrek, çipura ve midyede ölçülen Polisiklik Aromatik Hidrokarbon konsantrasyonları (ng/g) (nd: saptanamadı).	93
Tablo 3.13. Organizmalardaki PAH bileşenlerinin Mart ve Haziran dönemlerindeki değişimleri.	94
Tablo 3.14. Örnekleme istasyonlarında bulunan türler (Haziran 2017).	109

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 1.1. Örnekleme istasyonları (Google Earth-WGS84-Ölçeksiz)	10
Şekil 2.1. Toplam Organik Karbon Analizörü (DEÜ, ÇEVRE MÜH. LAB.)	15
Şekil 2.2. GC-MS (DEÜ ÇEVRE MÜH. LAB.)	15
Şekil 2.3. GC-MS (DEÜ DBTE)	16
Şekil 2.4. Mikroplaka Okuyucu (DEÜ DBTE)	16
Şekil 2.5. 1 ve 2 nolu istasyonlara ait bentik materyal	18
Şekil 2.6. 4 ve 5 nolu istasyonlara ait bentik materyal	18
Şekil 2.7. 6 ve 7 nolu istasyonlara ait bentik materyal	19
Şekil 2.8. 9 ve 10 nolu istasyonlara ait bentik materyal	19
Şekil 2.9. 11 ve 12 nolu istasyonlara ait bentik materyal	19
Şekil 2.10. 13 ve 14 nolu istasyonlara ait bentik materyal	20
Şekil 2.11. 15 nolu istasyona ait bentik materyal	20
Şekil 2.12. Sualtı görüntüleme ekipmanları	21
Şekil 2.13. Haziran 2017 dönemindeki çalışmalarda tarama yapılan hatlar	22
Şekil 3.1. Çözünmüş Oksijen ve Oksijen Doygunluğu'nun istasyonlara göre dağılımları	24
Şekil 3.2. Deniz suyunda Benzene konsantrasyonlarının istasyonlara göre dağılımları	29
Şekil 3.3. Deniz suyunda Toluene konsantrasyonlarının istasyonlara göre dağılımları	30
Şekil 3.4. Deniz suyunda Ethylbenzene konsantrasyonlarının istasyonlara göre dağılımları	31
Şekil 3.5. Deniz suyunda m+p-Xylene konsantrasyonlarının istasyonlara göre dağılımları	32
Şekil 3.6. Deniz suyunda o-Xylene konsantrasyonlarının istasyonlara göre dağılımları	33
Şekil 3.7. Deniz suyunda Toplam BTEX konsantrasyonlarının istasyonlara göre dağılımları	34
Şekil 3.8. Deniz suyunda Acenaphthylene konsantrasyonlarının istasyonlara göre dağılımları	40
Şekil 3.9. Deniz suyunda Acenaphthene konsantrasyonlarının istasyonlara göre dağılımları	41
Şekil 3.10. Deniz suyunda Fluorene konsantrasyonlarının istasyonlara göre dağılımları	42
Şekil 3.11. Deniz suyunda Phenanthrene konsantrasyonlarının istasyonlara göre dağılımları	43
Şekil 3.12. Deniz suyunda Anthracene konsantrasyonlarının istasyonlara göre dağılımları	44
Şekil 3.13. Deniz suyunda Fluoranthene konsantrasyonlarının istasyonlara göre dağılımları	45
Şekil 3.14. Deniz suyunda Pyrene konsantrasyonlarının istasyonlara göre dağılımları	46
Şekil 3.15. Deniz suyunda Benzo(a)anthracene konsantrasyonlarının istasyonlara göre dağılımları	47
Şekil 3.16. Deniz suyunda Chrysene konsantrasyonlarının istasyonlara göre dağılımları	48

Şekil 3.17. Deniz suyunda Benzo(b)fluoranthene konsantrasyonlarının istasyonlara göre dağılımları	49
Şekil 3.18. Deniz suyunda Benzo(k)fluoranthene konsantrasyonlarının istasyonlara göre dağılımları	50
Şekil 3.19. Deniz suyunda Benzo(a)pyrene konsantrasyonlarının istasyonlara göre dağılımları	51
Şekil 3.20. Deniz suyunda Indeno(1,2,3-cd)pyrene konsantrasyonlarının istasyonlara göre dağılımları	52
Şekil 3.21. Deniz suyunda Dibenzo(a,h)anthracene konsantrasyonlarının istasyonlara göre dağılımları	53
Şekil 3.22. Deniz suyunda Benzo(g,h,i)perylene konsantrasyonlarının istasyonlara göre dağılımları	54
Şekil 3.23. Deniz suyunda Toplam PAH konsantrasyonlarının istasyonlara göre dağılımları	55
Şekil 3.24. Deniz suyunda Karsinojen PAH / Toplam PAH konsantrasyonlarının istasyonlara göre dağılımları	56
Şekil 3.25. Deniz suyunda Ant/(Ant+Phe) oranlarına karşı Flt/(Flt+Pyr) oranlarının istasyonlara göre dağılımı.....	57
Şekil 3.26. Deniz suyunda Phe/Ant oranlarına karşı Flt/Pyr oranlarının istasyonlara göre dağılımı	58
Şekil 3.27. Deniz suyunda BaA/(BaA+Chr) oranlarına karşı Flt/(Flt+Pyr) oranlarının istasyonlara göre dağılımı.....	59
Şekil 3.28. Deniz suyunda BbF/BaP oranlarına karşı BkF/BaP oranlarının istasyonlara göre dağılımı	60
Şekil 3.29. Deniz suyunda LMW/HMW oranlarına karşı InP/(InP+BghiP) oranlarının istasyonlara göre dağılımı.....	61
Şekil 3.30. Sedimentte bulunan toplam organik karbon (TOK) düzeylerinin istasyonlara göre dağılımları	62
Şekil 3.31. Sedimentte hegzanla ekstrakte olabilen madde (HEOM) miktarları	63
Şekil 3.32. Sedimentte Acenaphthylene konsantrasyonlarının istasyonlara göre dağılımları	69
Şekil 3.33. Sedimentte Acenaphthene konsantrasyonlarının istasyonlara göre dağılımları ...	70
Şekil 3.34. Sedimentte Fluorene konsantrasyonlarının istasyonlara göre dağılımları	71
Şekil 3.35. Sedimentte Phenanthrene konsantrasyonlarının istasyonlara göre dağılımları ...	72
Şekil 3.36. Sedimentte Anthracene konsantrasyonlarının istasyonlara göre dağılımları	73
Şekil 3.37. Sedimentte Fluoranthene konsantrasyonlarının istasyonlara göre dağılımları	74
Şekil 3.38. Sedimentte Pyrene konsantrasyonlarının istasyonlara göre dağılımları	75
Şekil 3.39. Sedimentte Benzo(a)anthracene konsantrasyonlarının istasyonlara göre dağılımları	76

Şekil 3.40. Sedimentte Chrysene konsantrasyonlarının istasyonlara göre dağılımları.....	77
Şekil 3.41. Sedimentte Benzo(b)fluoranthene konsantrasyonlarının istasyonlara göre dağılımları	78
Şekil 3.42. Sedimentte Benzo(k)fluoranthene konsantrasyonlarının istasyonlara göre dağılımları	79
Şekil 3.43. Sedimentte Benzo(a)pyrene konsantrasyonlarının istasyonlara göre dağılımları.....	80
Şekil 3.44. Sedimentte Indeno(1,2,3-cd)pyrene konsantrasyonlarının istasyonlara göre dağılımları	81
Şekil 3.45. Sedimentte Dibenzo(a,h)anthracene konsantrasyonlarının istasyonlara göre dağılımları	82
Şekil 3.46. Sedimentte Benzo(g,h,i)perylene konsantrasyonlarının istasyonlara göre dağılımları	83
Şekil 3.47. Sedimentte Toplam PAH konsantrasyonlarının istasyonlara göre dağılımları	84
Şekil 3.48. Sedimentte Karsinojen PAH / Toplam PAH oranlarının istasyonlara göre dağılımları	85
Şekil 3.49. Sedimentte Ant/(Ant+Phe) oranlarına karşı Flt/(Flt+Pyr) oranlarının istasyonlara göre dağılımı	86
Şekil 3.50. Sedimentte Phe/Ant oranlarına karşı Flt/Pyr oranlarının istasyonlara göre dağılımı	87
Şekil 3.51. Sedimentte BaA/(BaA+Chr) oranlarına karşı Flt/(Flt+Pyr) oranlarının istasyonlara göre dağılımı	88
Şekil 3.52. Sedimentte BbF/BaP oranlarına karşı BkF/BaP oranlarının istasyonlara göre dağılımı	89
Şekil 3.53. Sedimentte LMW/HMW oranlarına karşı InP/(InP+BghiP) oranlarının istasyonlara göre dağılımı	90
Şekil 3.54. Mart ve Haziran dönemlerinde istasyonlardaki Suda Toplam BTEX, Suda ve Sedimentte Toplam PAH düzeylerinin 3 boyutlu gösterimi.....	91
Şekil 3.55. Balık çiftliklerinden örneklenen Levrek, Çipura ve Midye'deki Naphtalene konsantrasyonları	96
Şekil 3.56. Balık çiftliklerinden örneklenen Levrek ve Çipura'daki Fluorene konsantrasyonları	97
Şekil 3.57. Balık çiftliklerinden örneklenen Levrek, Çipura ve Midye'deki Phenanthrene konsantrasyonları	98
Şekil 3.58. Balık çiftliklerinden örneklenen Levrek, Çipura ve Midye'deki Anthracene konsantrasyonları	99
Şekil 3.59. Balık çiftliklerinden örneklenen midyelerdeki Fluoranthene konsantrasyonları ..	100
Şekil 3.60. Balık çiftliklerinden örneklenen midyelerdeki Pyrene konsantrasyonları	101

Şekil 3.61. Balık çiftliklerinden örneklenen Levrek, Çipura ve Midye'deki Toplam PAH konsantrasyonları	102
Şekil 3.62. Balık çiftliklerinden örneklenen Levrek, Çipura ve Midye'lerdeki Phe/Ant ve Fit/Pyr oranları	103
Şekil 3.63. Midye, çipura ve levrek örneklerindeki AChE enzim aktivitesinin (mU/ mg protein) balık çiftliklerine göre değişimi	106
Şekil 3.64. Midye, çipura ve levrek örneklerindeki CAT enzim aktivitesinin (U/ mg protein) balık çiftliklerine göre değişimi	106
Şekil 3.65. Midye, çipura ve levrek örneklerindeki MDA konsantrasyonlarının (nmol MDA/ mg protein) balık çiftliklerine göre değişimi	108
Şekil 3.66. Sistematik gruplara ait tür sayıları	115
Şekil 3.67. Sistematik gruplara ait birey sayıları.....	116
Şekil 3.68. İstasyonlarda bulunan tür sayıları	117
Şekil 3.69. İstasyonlarda bulunan birey sayıları	117
Şekil 3.70. İstasyonlarda bulunan baskın türler.....	118
Şekil 3.71. 3 Frekans indeks grubuna göre türlerin dağılımları	118
Şekil 3.72. İstasyonlar arasındaki benzerliği gösteren dendogram.....	119
Şekil 3.73. Ilıca bölgesindeki aletli dalış ile yapılan tarama hatları	121
Şekil 3.74. Üst resimler soldan sağa; <i>P.ocenica</i> çayırıları, Kumluk alan, <i>H. stipulacea</i> topluluğu, Alttaki resimler; bölgede rastlanan katı atıklar	122
Şekil 3.75. Paşalimanı bölgesindeki aletli dalış ile yapılan tarama hattı	123
Şekil 3.76. Soldaki resim serbest dalış; Sağdaki resim aletli dalış ve <i>P.oceanica</i> çayırıları..	124
Şekil 3.77. Paşalimanı serbest dalış sırasında rastlanan yakıt bulaşmış materyaller	125
Şekil 3.78. Paşalimanı koyunda aletli dalış sırasında görülen yakıt parçaları.....	126
Şekil 3.79. Şifne bölgesindeki aletli dalış ile yapılan tarama hatları.....	127
Şekil 3.80. Şifne koyu girişindeki kayalıklarda yakıt kalıntıları	128
Şekil 3.81. Şifne koyu girişinde aletli dalışlarda çekilen görüntüler.....	128
Şekil 3.82. Pırasa adasında yapılan aletli dalış hattı	129
Şekil 3.83. Pırasa Adasında yapılan aletli dalışlardan görüntüler.....	129

1. GİRİŞ

Çeşme Liman Başkanlığı'nın idari sorumluluk sahasında olan İldırı Körfezi'nde, Orkinos çiftliklerinden balık hasadı yapmaya gelen Panama Bayraklı, 9453438 IMO Numaralı, 4538 GRT olan geminin, yükünü yüklemesini müteakip, seyir esnasında İldır Körfezi'nde Ufak Adası batısında bulunan sığıklara 18.12.2016 tarih ve 13:40 sularında oturması ve bu kaza sonrası yakıt tanklarında meydana gelen yırtıklar nedeniyle yakıt sızıntısı oluşmaya başlamış ve çevre kirliliğine sebep olmuştur. İzmir Deniz Gözetim ve Teknik Hiz. Ltd. Şti. tarafından gerçekleştirilen 3 Ocak 2017 tarihli yakıt sörvey raporuna göre geminin yakıt tankından sızan fuel oil miktarının 75.484 ton olduğu bildirilmiştir.

Kazanın hemen ardından İzmir Valiliği, İzmir Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü'nce Zarar Tespit Komisyonu oluşturulmuştur. 18.01.2017 tarihinde yapılan Zarar Tespit Komisyonu toplantısında alınan karar gereğince; Deniz Çevresi Petrol ve Diğer Zararlı Maddelerle Kirlenmesinde Acil Durumlarda Müdahale ve Zararların Tanzimi Esaslarına Dair Kanun Uygulama Yönetmeliği'nin 39 Maddesi uyarınca "canlı kaynaklar ve deniz yaşamına verilen zararları ve ileride meydana getirebileceği tüm ekolojik zararların belirlenmesi" için Dokuz Eylül Üniversitesi Deniz Bilimleri ve Teknolojisi Enstitüsü'ne araştırma yaptırılmasına karar verilmiştir.

Bu kapsamda, petrol sızıntısından etkilenen bölgeden su, sediment ve organizma (balık ve midye) örneklerinin alınarak, aşağıdaki analizlerin gerçekleştirilmesi kararlaştırılmıştır:

- Deniz suyu ve dip çamuru (sediment) örnekleri toplanması,
- Suda çözülmüş oksijen, toplam polisiklik aromatik hidrokarbonlar (PAH) ve BTEX (toplam benzene, tolüen, etilbenzen ve ksilen vb. bileşikleri) analizlerinin yapılması,
- Sedimentte tane boyu analizi, toplam organik karbon, PAH ve hekzan ile ekstrakte olabilen organik madde analizlerinin yapılması,
- Sızıntıdan etkilenen ve etkilenmemiş bölgelerde midyelerin örneklenmesi (yeterli sayıda bulunabilirse),

- Sızıntıdan etkilenen ve etkilenmemiş bölgelerdeki balık çiftliklerinden balıkların örneklenmesi,
- Canlılara olan mevcut ve olası etkileri görebilmek için organizmaların kas dokusunda PAH ve enzim aktivitesi ölçümlerinin yapılması,
- Alandaki makrozoobentik organizmaların (familya bazında) ve toplam birey sayılarının izlenmesi,
- Etkilenen bölgenin video kayıtları ile izlenmesi (*Posidonia oceanica* çayırlarının alt limitine kadar),
- Sıcaklık ve tuzluluk ölçümlerinden bölgenin oşinografik koşulları ve bunun petrol saçılmasına olası etkilerinin de irdelenmesi,
- Mevcut oşinografik (sıcaklık ve tuzluluk), akıntı ve atmosfer verileri kullanılarak petrolün olasılıkla kirlettiği bölgelerin belirlenebilmesine olanak sağlayan petrol saçılım modelinin oluşturulması.

Tüm analizler Dokuz Eylül Üniversitesi'nin Deniz Bilimleri ve Teknolojisi Enstitüsü Kimya, Biyoloji, Jeoloji ve Fiziksel Oşinografi Laboratuvarları ile Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Laboratuvarlarında eş zamanlı olarak yapılmaktadır.

Kazadan etkilenen bölgeler arasında Ildırı Körfezi'nde Paşalimanı ve Şifne koyları ile Ilica Körfezi bulunmaktadır. Ayrıca, Ildırı Körfezi'nde yer alan Pınar A.Ş. ve Agromey A.Ş. de kazadan etkilendiklerini bildirmişlerdir. Bu sebeplerle, örnekleme istasyonları, petrol sızıntısından etkilenen bölgelerde gerçekleştirilen ön saha çalışmasından ve bölgede yapılan dalışlardan sonra belirlenmiştir. Örnekleme istasyonlarına ait harita Şekil 1.1'de verilmiştir.

Proje kapsamında ilk örnekleme seferi 23-27 Mart 2017, ikinci örnekleme seferi ise 13-17 Haziran 2017 tarihleri arasında Dokuz Eylül Üniversitesi'ne bağlı Koca Piri Reis araştırma gemisi ile gerçekleştirilmiştir. Biri referans olmak üzere, toplam 15 istasyon noktasında, su (5 istasyonda yüzey ve dip olmak üzere toplamda 22 örnek) ve sediment (15 örnek) örnekleme yapılmıştır. Ayrıca, üç farklı balık çiftliklerinden (Pınar A.Ş., Agromey A.Ş. ve Abalıoğlu A.Ş.) çipura, levrek ve midye örnekleme ile su örnekleme (referans olan Abalıoğlu A.Ş. hariç) yapılmıştır. Kazadan etkilenen bölgelerde su altı dalışları ve video çekimi yapılmıştır.



Şekil 1.1. Örnekleme istasyonları (Google Earth-WGS84-Ölçeksiz).

2. MATERYAL VE METOT

2.1. Kimyasal Örnekleme

13-17 Haziran 2017 tarihinde gerçekleştirilen ikinci proje seferi Dokuz Eylül Üniversitesi'ne ait K.Piri Reis araştırma gemisi ile Şekil 1.1'de haritada gösterilen ve Tablo 2.1'de koordinatları verilen istasyonlarda yapılmıştır. Su örnekleme 5 istasyonda yüzey ve dip, diğer 10 istasyon ve iki balık çiftliğinde yüzey olmak üzere toplam 22 örnek ile gerçekleştirilmiştir. Sediment örnekleme 15 çalışma istasyonunda yapılmıştır.

Tablo 2.1. Örnekleme istasyonlarının koordinatları

İstasyonlar	Derinlik (m)	Enlem	Boylam
1	1.5	38° 19.159'K	26° 20.812'D
2	1	38° 18.495'K	26° 21.941'D
3	1	38° 20.538'K	26° 23.298'D
4	1.5	38° 20.289'K	26° 23.221'D
5	1	38° 19.305'K	26° 23.719'D
6	1	38° 20.315'K	26° 23.874'D
7	14.5	38° 19.621'K	26° 22.219'D
8	2.5	38° 18.698'K	26° 21.688'D
9	1	38° 20.421'K	26° 23.493'D
10	16.8	38° 20.587'K	26° 24.934'D
11	2	38° 19.588'K	26° 24.168'D
12	18	38° 22.862'K	26° 25.720'D
13	24	38° 38.020'K	26° 21.095'D
14	0.5	38° 20.691'K	26° 23.308'D
15	10	38° 20.627'K	26° 23.422'D

Su örnekleri, 7, 10, 12, 13 ve 15 nolu istasyonlarda üzerinde iletkenlik, sıcaklık ve derinlik (CTD) sensörleri ve 12 adet 10 L kapasiteli Niskin şişesi bulunan bilgisayar kontrollü Rosetta sistemi ile gerçekleştirilmiştir. Geri kalan kıyı istasyonlarında su örnekleri direk saklama kaplarına alınırken, fiziksel ölçümler için mikro-CTD cihazı kullanılmıştır. Sediment örneklemeleri, 7, 10, 12, 13 ve 15 nolu istasyonlarda gemi vinci ile kontrol edilen box-corer ve geri kalan kıyı istasyonlarında Van Veen Grab ile gerçekleştirilmiştir.

2.2. Çözünmüş Oksijen Tayini

Deniz suyunda çözünmüş oksijen Winkler titrasyon metodu ile tayin edilmiştir (Strickland ve Parsons, 1972).

2.3. Suda BTEX Tayini

Suda BTEX tayini, Headspace tipi Gaz Kromatografisi-Kütle Spektrometresi (GC-MS) cihazı ile gerçekleştirilmiştir (EPA 5021A R1, Haziran 2003).

2.4. Suda PAH Bileşikleri Tayini

Bu analiz GC-MS cihazı ile gerçekleştirilmiştir (EPA 3510C, 1996).

2.5. Sedimentte TOK Analizi

Sedimentte yapılan bu analiz Toplam Organik Karbon Analizörü ile gerçekleştirilmiştir (SM 5310 B, Şekil 2.1).

2.6. Sedimentte PAH Bileşikleri Tayini

Kurutulmuş sediment örnekleri uygun çözügen karışımında ekstrakte edildikten sonra GC-MS sistemi ile analizi gerçekleştirilmiştir (EPA 3510C, EPA 8270D, Şekil 2.2).

2.7. Organizmada PAH Bileşikleri Tayini

Balık çiftliklerinden örneklenen levrek, çipura ve midyelere ait boy ve ağırlık verileri Tablo 2.2’de verilmiştir. Kurutulmuş balık ve midye doku örnekleri uygun çözgen karışımında ekstrakte edildikten sonra GC-MS sistemi ile analizi gerçekleştirilmiştir (UNEP 1990; 1991; 1993; Şekil 2.3).

Tablo 2.2. Haziran döneminde balık çiftliklerinden örneklenen levrek, çipura ve midyelere ait boy ve ağırlık verileri.

Balık Çiftlikleri	Organizma	Örnek sayısı	Ortalama boy (mm)	Boy (mm)	Ortalama ağırlık (g)	Ağırlık (g)
Pınar	Levrek	3	230	215-260	162	118-230
	Çipura	6	209	200-220	242	172-300
	Midye	47	57	52-72	-	-
Agromey	Levrek	6	283	230-310	300	142-400
	Çipura	6	234	220-250	281	206-350
	Midye	53	50	38-61	-	-
Abalıoğlu	Levrek	5	334	300-360	488	442-580
	Çipura	5	312	280-340	584	434-744
	Midye	21	80	69-92	-	-

2.8. Organizmada Biyoişaretçi Enzimlerin Analizleri

Yaklaşık 0.1 g doku örneği 0.5 mL tampon ve ultrasonik homojenizatör yardımıyla homojenize edildikten sonra +4 °C’de santrifüjlenmiştir. Elde edilen süpernatantlarda, katalaz (CAT) ve asetilkolinesteraz (AChE) enzim aktiviteleri mikropilaka okuyucu (Biotek Synergy HT)’da ölçülmüştür (Şekil 2.4). Toplam protein miktarı tayini ile spesifik enzim aktiviteleri hesaplanmıştır (Bradford, 1976).

2.8.1. CAT Aktivitesi Ölçümü

Katalaz enzimi, H_2O_2 'nin H_2O ve O_2 'e yıkılmasını katalizler. CAT aktivitesinin ölçümü için; parçalanmamış H_2O_2 'in, dimetil sülfoksit (DMSO) ile reaksiyona girmesi sonucu oluşan renk şiddeti, 25 °C sıcaklıkta ve 570 nm dalga boyunda kolorimetrik olarak ölçülmüştür. Enzim aktivitesi, H_2O_2 standardının transformasyonu üzerinden hesaplanmıştır.

Ünite Tanımı: 1 mU CAT aktivitesi; 4.5 pH'da ve 25 °C ortam koşullarında, dakikada elde edilen 1.0 μ mol H_2O_2 miktarına eşittir.

2.8.2. AChE Aktivitesi Ölçümü

Asetilkolinesteraz enzimi, asetilkolin substratını koline çevirir. Daha sonra kolin, kolin oksidaz tarafından yükseltgenerek ara ürünü oluşturur. Bu ara ürün, dimetil sülfoksit (DMSO) ile reaksiyona girer ve renk oluşturur. Oluşan renk şiddeti, 37 °C sıcaklıkta ve 570 nm dalga boyunda kolorimetrik olarak ölçülmüştür. Enzim aktivitesi, kolin standardının transformasyonu üzerinden hesaplanmıştır.

Ünite Tanımı: 1 mU AChE aktivitesi; 7.4 pH'da ve 37 °C ortam koşullarında, dakikada elde edilen 1.0 nmol Kolin miktarına eşittir.

2.9. Organizmada Lipid Peroksidasyon Düzeylerinin Tayini

Lipid peroksidasyon tayini, organizmalardaki oksidatif stres düzeylerinin belirlenmesi açısından önem taşımaktadır. Lipid peroksidasyonu sonucunda malondialdehit (MDA) ve 4-hydroxynonenal (4-HNE) oluşur. Örnekte bulunan MDA, tiyobarbitürik asit (TBA) ile reaksiyona sokularak MDA-TBA kompleksi oluşturulur. Bu kompleksin oluşturduğu renk şiddeti, kolorimetrik olarak 532 nm dalgaboyunda ölçülmüştür.



Şekil 2.1. Toplam Organik Karbon Analizörü (DEÜ ÇEVRE MÜH. LAB.)



Şekil 2.2. GC-MS (DEÜ ÇEVRE MÜH. LAB.)



Şekil 2.3. GC-MS (DEÜ DBTE)



Şekil 2.4. Mikroplaka Okuyucu (DEÜ DBTE)

2.10. Bentik Örnekleme ve Laboratuvar İşlemleri

Bentik örnekler İldırı ve Ilıca Körfezleri'nde seçilen 13 istasyondan Van Veen grab yardımıyla toplanmıştır (Şekil 1.1). İstasyonlara ait derinlik, koordinat ve biyotop bilgileri Tablo 2.3'de verilmiştir. Toplanan örnekler güvertede 0.5 mm göz açıklığına sahip elekten geçirilmiştir. Elek üzerinde kalan materyaller, dijital bir kamera ile fotoğraflandıktan sonra (Şekil 2.5-11) deniz suyunda hazırlanmış %10'luk formalin çözeltisi içinde şişelere konmuştur. Laboratuvarında, bentik materyal stereomikroskop altında taksonomik gruplarına göre ayrılmış ve saptanan gruplar %70'lik alkol içeren şişelerde saklanmıştır. Daha sonra bireyler tayin edilmiş ve sayılmıştır.

Tablo 2.3. Bentik örnekleme istasyonlarına ait koordinat, derinlik ve biyotop bilgileri.

İstasyonlar	Derinlik (m)	Biyotop	Enlem	Boylam
1	1.5	Kum	38° 19.159'N	26° 20.812'E
2	1	İnce Kum	38° 18.495'N	26° 21.941'E
4	1.5	Kum	38° 20.289'N	26° 23.221'E
5	1	Kum	38° 19.305'N	26° 23.719'E
6	1	İnce Kum	38° 20.315'N	26° 23.874'E
7	14.5	<i>P. oceanica</i>	38° 19.621'N	26° 22.219'E
9	1-1.5	Çakıllı kum	38° 20.421'N	26° 23.493'E
10	16.8	<i>P. oceanica</i>	38° 20.587'N	26° 24.934'E
11	2	Kum- <i>P.oceanica</i>	38° 19.588'N	26° 24.168'E
12	18	<i>P. oceanica</i>	38° 22.862'N	26° 25.720'E
13	24	<i>P. oceanica</i>	38° 38.020'N	26° 21.095'E
14	0-5	Çakıllı kum	38° 20.691'N	26° 23.308'E
15	10	Kavkılı Çamur	38° 20.627'N	26° 23.422'E

2.11. Bentik Türlerin Veri Analizi

Tür sayısı, birey sayısı, bolluk gibi kommunité parametreleri her istasyon için hesaplanmıştır. Türlerin örneklerde bulunmalarına göre türlerin sınıflandırılmaları için Soyer'in (1970) frekans indeksi kullanılmıştır. Bu indekse göre türler, F değeri $\geq 50\%$ ise 'Devamlı', F değeri 25% ve 49% arasında ise 'Yaygın', ve F değeri $< 25\%$ ise 'Seyrek' gruba girmektedir. Faunistik veriler, PRIMER paket programındaki Bray-Curtis benzerliğine dayalı kümelenme analizleri kullanılarak değerlendirilmiştir (Clarke ve Warwick, 2001).



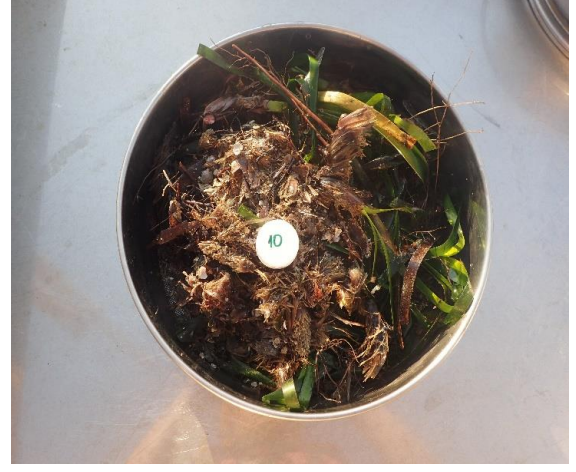
Şekil 2.5. 1 ve 2 nolu istasyonlara ait bentik materyal.



Şekil 2.6. 4 ve 5 nolu istasyonlara ait bentik materyal.



Şekil 2.7. 6 ve 7 nolu istasyonlara ait bentik materyal.



Şekil 2.8. 9 ve 10 nolu istasyonlara ait bentik materyal.



Şekil 2.9. 11 ve 12 nolu istasyonlara ait bentik materyal.



Şekil 2.10. 13 ve 14 nolu istasyonlara ait bentik materyal.



Şekil 2.11. 15 nolu istasyona ait bentik materyal.

2.12. Sualtı Gözlemleri

14-16 Haziran 2017 tarihinde gerçekleştirilen sualtı taraması sırasında özellikle sızan yakıttan etkilendiği tespit edilen Paşalimanı, Şifne ve Ilıca koylarında, kazanın gerçekleştiği alanda (Pırasa adası) ve kaza alanının batısında Karareis bölgesinde gözlem çalışmaları yapılmıştır. Gözlemler, aletli dalış ve serbest dalış teknikleri kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Taranan alanlar dalgıçları yüzeyde takip eden şamandıraya bağlı bir Küresel Yer Belirleme Cihazı (Garmin 60cx GPS) yardımıyla kaydedilmiştir. Gerekli görülen durumlarda sualtı motosikletleri (SEADOO) kullanılarak tarama yapılmıştır. Bu çalışmalarda Sony HDR-XR520VE HD video kamera, Sea&Sea DX-2G sualtı fotoğraf makinası kullanılmaktadır (Şekil 2.12). Tarama yapılan hatlar Şekil 2.13’de gösterilmiştir.



Şekil 2.12. Sualtı görüntüleme ekipmanları.



Şekil 2.13. Haziran 2017 dönemindeki çalışmalarda tarama yapılan hatlar.

3. BULGULAR

3.1. Deniz Suyunda Fiziksel Ölçümler

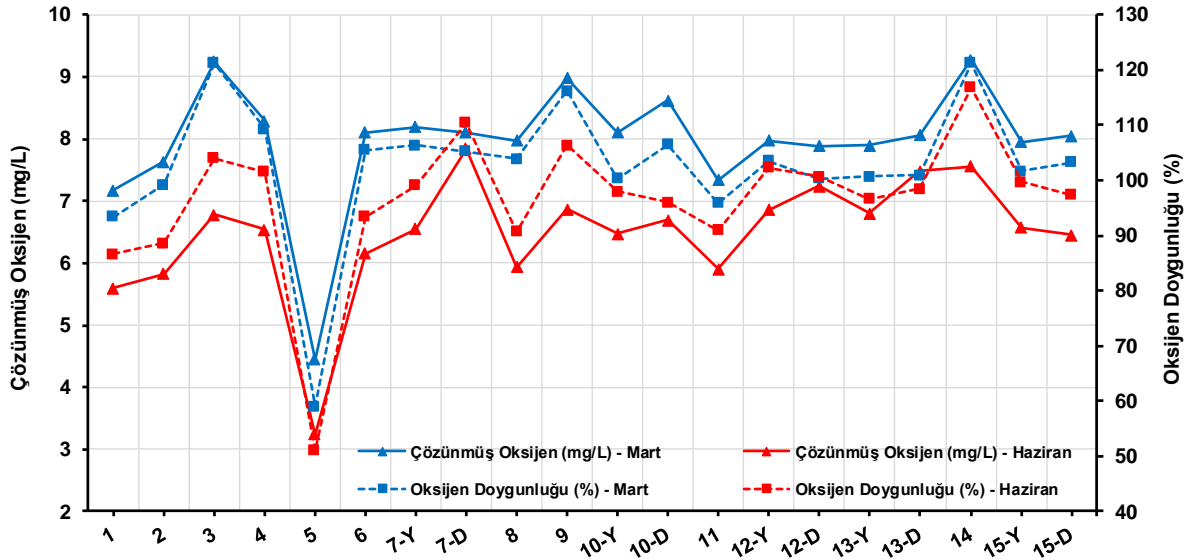
Haziran döneminde deniz suyunda ölçülen fiziksel ve kimyasal parametreler Tablo 3.1'de verilmiştir. Deniz suyu örneklerinde ölçülen sıcaklık 16.3-26.1 °C ve tuzluluk ‰ 39.5-42.6 aralığındadır.

Tablo 3.1. Haziran döneminde deniz suyunda ölçülen fiziksel ve kimyasal parametreler.

İstasyon No	Sıcaklık (°C)	Tuzluluk (‰)	DO (mg/L)	Oksijen Doygunluğu (%)
1	25.3	39.1	5.60	86.6
2	24.2	39.5	5.83	88.7
3	24.7	39.6	6.78	104.0
4	24.8	41.5	6.54	101.5
5	26.1	39.7	3.25	51.0
6	24.1	39.5	6.16	90.4
7-Yüzey	23.9	39.5	6.55	99.0
7-Dip	19.9	39.3	7.84	110.4
8	24.5	39.2	5.94	90.7
9	25.4	39.3	6.87	106.4
10-Yüzey	23.9	39.4	6.48	98.0
10-Dip	21.0	39.3	6.69	96.0
11	25.0	39.3	5.90	90.9
12-Yüzey	23.1	39.4	6.86	102.2
12-Dip	19.3	39.3	7.24	100.7
13-Yüzey	20.4	39.2	6.80	96.6
13-Dip	16.3	39.2	7.49	98.4
14	24.1	42.6	7.56	116.9
15-Yüzey	24.1	39.4	6.57	99.6
15-Dip	23.8	39.4	6.45	97.4

3.2. Deniz Suyunda Çözünmüş Oksijen

Haziran döneminde Çözünmüş Oksijen (DO) değerleri 3.25-7.84 mg/L aralığında ölçülmüştür (Şekil 3.1). Oksijen doygunluğu ise % 51-116.9 aralığında hesaplanmıştır. Her iki dönemde de en düşük çözünmüş oksijen ve oksijen doygunluğu 5 nolu istasyonda gözlenmiştir. Mart döneminde olduğu gibi 1, 8 ve 11 nolu istasyonlarda diğer istasyonlara göre nispeten düşük değerler saptanmıştır. Haziran döneminde diğer istasyonlarda ise çözünmüş oksijen ve oksijen doygunluğunun çok fazla değişmediği ve oksijen doygunluğunun deniz suyu sıcaklığının artması nedeniyle bazı istasyonlarda %100'un altında olduğu görülmüştür.



Şekil 3.1. Çözünmüş Oksijen ve Oksijen Doymunluğu'nun istasyonlara göre dağılımları.

3.3. Deniz Suyunda BTEX

Deniz suyunda analiz edilen Toplam BTEX ve spesifik BTEX bileşenleri (benzene, toluene, ethylbenzene, m-Xylene, o-Xylene ve p-Xylene) Tablo 3.2'de verilmiştir. Benzene: 0.16-0.64; Toluene: n.d.-0.81; Ethylbenzene: n.d.-0.61, m+p-Xylene: n.d.-1.50 ve o-Xylene: n.d.-0.20 ng/L aralığında ölçülmüştür. Toplam BTEX ise 0.64-2.24 ng/L aralığında ölçülmüştür.

Mart döneminde tüm BTEX bileşenleri 2 ve 14 numaralı istasyonlarda tayin sınırının altında gözlenmesine rağmen, Haziran döneminde ise böyle bir duruma rastlanmamıştır. Benzene, Toluene ve m+p-Xylene konsantrasyonları Haziran döneminde daha düşük saptanmış olup, Ethylbenzene ve o-Xylene konsantrasyonlarının ise artış gösterdiği belirlenmiştir.

En yüksek Benzene 10 nolu istasyonun yüzeyinde ve 13 nolu istasyonun dip suyunda, Toluen 10 nolu istasyonun yüzeyinde, Ethylbenzene 2 nolu istasyonda, o-Xylene 4 ve 8 nolu istasyonlarda, m+p-Xylene ve Toplam BTEX ise Pınar Balık Çiftliği istasyonunda saptanmıştır (Şekil 3.2-3.7).

2, 7-Y, 11, 12-Y, 12-D, 13-Y, 13-D, 14, 15-Y, 15-D ve Agromey istasyonlarında yüzey deniz suyunda Benzene konsantrasyonları Mart ayında tayin sınırının altında iken, Haziran'da bu istasyonlarda Benzene konsantrasyonları tayin sınırının üstünde saptanmıştır.

2, 7-Y, 10-Y, 10-D, 12-Y, 12-D, 13-Y, 14, 15-D ve Pınar istasyonlarında yüzey deniz suyunda Toluene konsantrasyonları Mart ayında tayin sınırının altında iken, Haziran'da bu istasyonlarda Toluene konsantrasyonları tayin sınırının üstünde saptanmıştır. Agromey'de ise her iki dönemde de Toluene tayin sınırının altında bulunmuştur. Haziran'da maksimum Benzene ve Toluene konsantrasyonları 10 nolu istasyonda bulunmuştur.

Sadece 2 nolu istasyonda deniz suyunda Ethylbenzene konsantrasyonu Mart ayında tayin sınırının altında iken, Haziran'da bu istasyonda Ethylbenzene konsantrasyonu tayin sınırının üstünde olup, aynı zamanda maksimum konsantrasyonda saptanmıştır. Ayrıca, 12-Y, 12-D, 13-Y, 14 ve 15-D istasyonlarında her iki dönemde de Ethylbenzene konsantrasyonu tayin sınırının altında bulunmuştur.

2, 3, 4, 6, 7-Y, 10, 12-D, 14, 15-D ve Agromey istasyonlarında deniz suyunda m+p-Xylene konsantrasyonları Mart ayında tayin sınırının altında bulunmuştur. Haziran'da sadece 3, 6, 9 ve Pınar istasyonlarında m+p-Xylene konsantrasyonları tayin sınırının üstünde saptanmıştır. En yüksek m+p-Xylene konsantrasyonları her iki dönemde de Pınar istasyonunda saptanmıştır.

Tablo 3.2. Haziran döneminde deniz suyunda ölçülen BTEX bileşikleri ve Toplam BTEX değerleri (ng/L) (Y: Yüzey, D: Dip).

İstasyon	Benzene	Toluene	Ethylbenzene	m+p-Xylene	o-Xylene	Toplam BTEX
1	0.48	0.30	0.33	n.d.	0.12	1.24
2	0.42	0.31	0.61	n.d.	0.15	1.49
3	0.37	0.38	0.26	0.30	0.14	1.44
4	0.58	0.20	0.16	n.d.	0.20	1.14
5	0.41	0.43	0.44	n.d.	0.17	1.44
6	0.38	0.35	0.47	0.42	0.12	1.74
7-Y	0.45	0.27	0.58	n.d.	0.14	1.44
7-D	0.57	0.47	n.d.	n.d.	n.d.	1.04
8	0.33	0.46	0.44	n.d.	0.20	1.44
9	0.28	0.44	0.50	0.63	0.19	2.04
10-Y	0.63	0.81	n.d.	n.d.	n.d.	1.44
10-D	0.46	0.48	n.d.	n.d.	n.d.	0.94
11	0.28	0.49	n.d.	n.d.	0.16	0.94
12-Y	0.43	0.44	n.d.	n.d.	0.18	1.04
12-D	0.40	0.40	n.d.	n.d.	0.14	0.94
13-Y	0.54	0.44	n.d.	n.d.	0.17	1.14
13-D	0.64	0.00	n.d.	n.d.	n.d.	0.64
14	0.43	0.43	n.d.	n.d.	0.18	1.04
15-Y	0.49	0.44	n.d.	n.d.	0.11	1.04
15-D	0.40	0.36	n.d.	n.d.	0.18	0.94
Agromey	0.45	n.d.	n.d.	n.d.	0.19	0.64
Pınar	0.16	0.39	0.33	1.50	0.18	2.24

2, 12-D, 14 ve 15-D nolu istasyonlarda deniz suyunda o-Xylene konsantrasyonları Mart ayında tayin sınırının altında bulunmuştur. Haziran'da ise 7-D, 10-Y, 10-D ve 13-D nolu istasyonlarda o-Xylene konsantrasyonları tayin sınırının altında saptanmıştır. Haziran'da en yüksek o-Xylene konsantrasyonları 4 ve 8 nolu istasyonlarda saptanmıştır.

2, 12-D, 14 ve 15-D nolu istasyonlarda deniz suyunda Toplam BTEX konsantrasyonları Mart ayında tayin sınırının altında iken, Haziran'da bu istasyonlarda Toplam BTEX konsantrasyonları tayin sınırının üstünde saptanmıştır. En yüksek Toplam BTEX konsantrasyonları her iki dönemde de Pınar istasyonunda saptanmıştır (Tablo 3.3).

Tablo 3.3. Sudaki BTEX bileşenlerinin Mart ve Haziran dönemlerindeki değişimleri.

BTEX Bileşenleri	Sudaki Değişim
Benzene	2, 7-Y, 10-Y, 11, 12-Y, 12-D, 13-Y, 13-D, 14, 15-Y, 15-D ve Agromey istasyonlarında artmış, diğerlerinde azalmıştır.
Toluene	4, 8, 13-D ve 15-Y nolu istasyonlarda azalmış, diğerlerinde artmıştır.
Ethylbenzene	1, 2, 3, 5, 6, 7-Y, 8 ve 9 nolu istasyonlarda artmış, diğerlerinde azalmıştır.
m+p-Xylene	3, 6 ve 9 nolu istasyon hariç diğerlerinde azalmıştır.
o-Xylene	2, 7-Y, 12-Y, 12-D, 13-Y, 14, 15-D, Agromey ve Pınar istasyonlarında artmış, diğerlerinde azalmıştır.
Toplam BTEX	2, 3, 7-Y, 10-Y, 12-Y, 12-D, 13-Y, 14, 15-D ve Agromey istasyonlarında artmış, diğerlerinde azalmıştır.

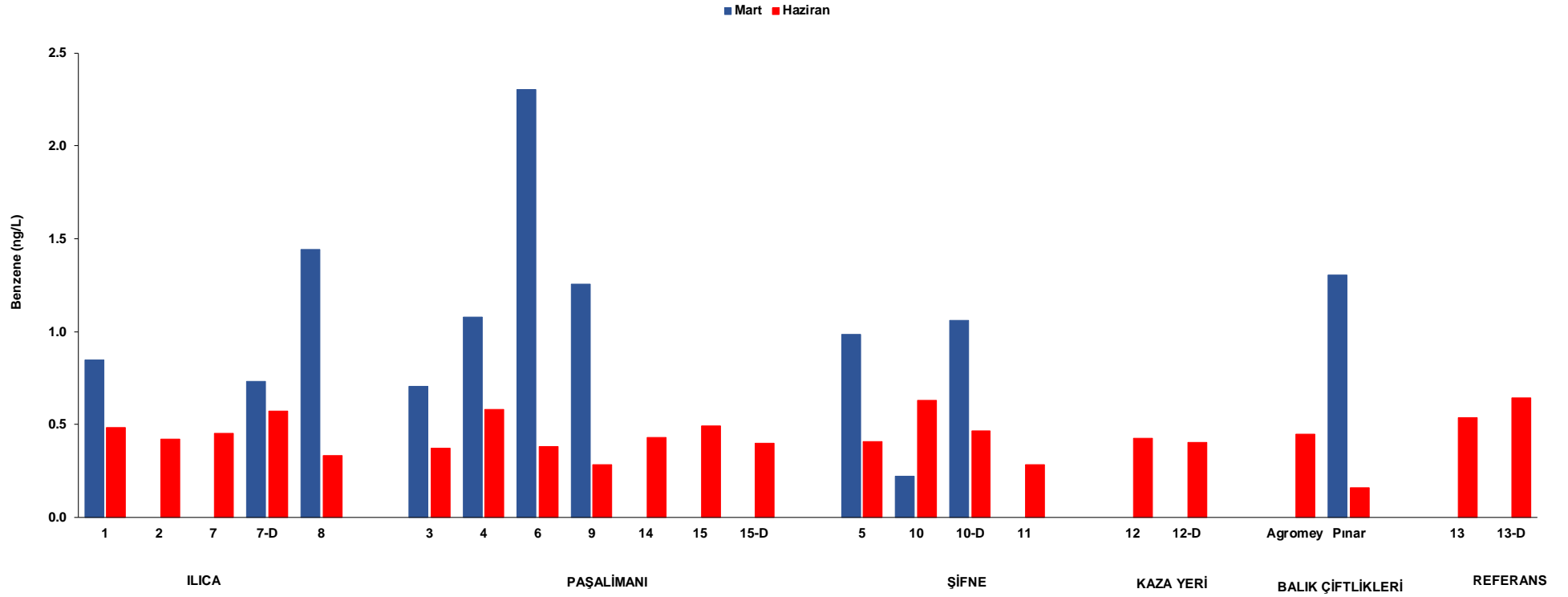
Tablo 3.4. Deniz suyunda BTEX bileşiklerinin aralıkları ve limit değerleri.

	Min (ng/L)	Mak (ng/L)	YO-ÇKS (ng/L)	MAK-ÇKS (ng/L)
Benzene	0.16	0.63	8000	50000
Toluene	n.d.	0.81	-	-
Ethylbenzene	n.d.	0.61	-	-
m+p-Xylene	n.d.	1.50	1400 (m-Xylene)	273000 (m-Xylene)
o-Xylene	n.d.	1.49	1800	585000
Toplam BTEX	0.64	2.24	-	-

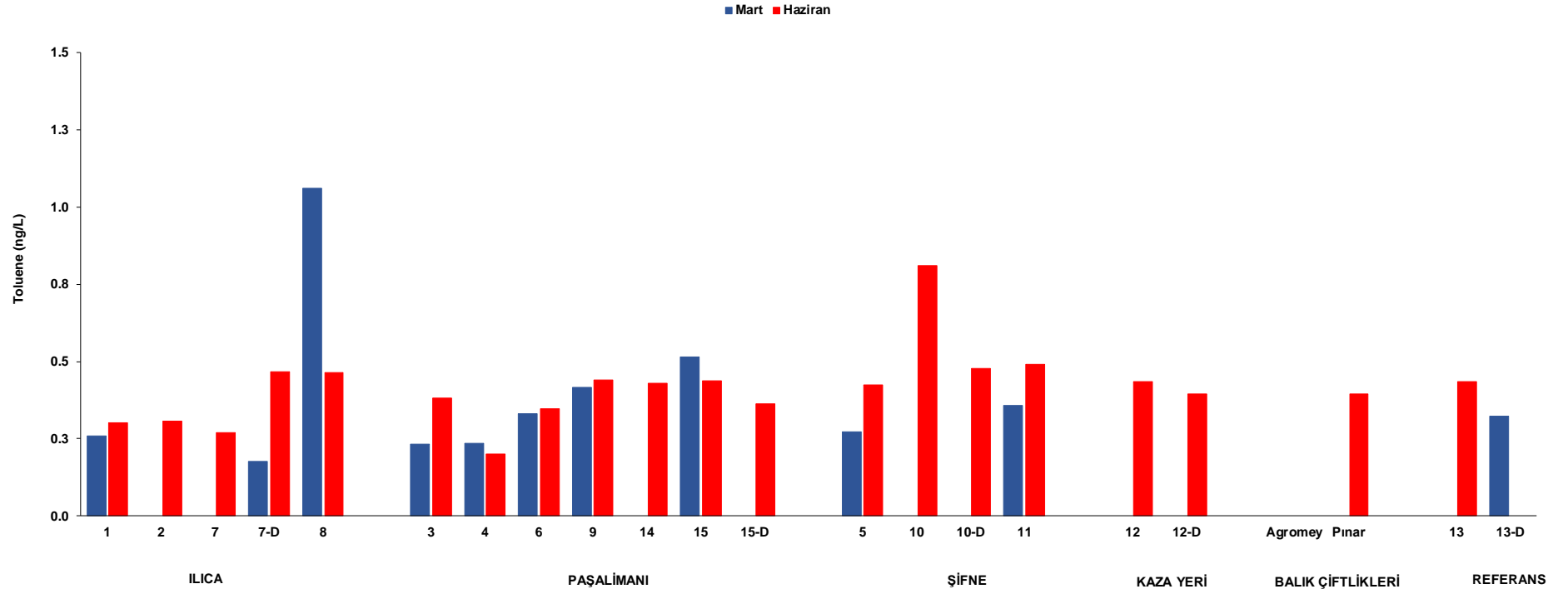
Yer Üstü Su Kalitesi Yönetmeliği (Resmi Gazete, 2016)'nde Kıyı ve Geçiş Suları için belirtilen Çevre Kalite Standardı (ÇKS) verilerine göre (Tablo 3.4), Haziran döneminde deniz suyunda saptanan BTEX bileşiklerinin konsantrasyonları:

- Benzene: Tüm istasyonlarda ölçülen değerler Yıllık Ortalama (YO) ve Maksimum (MAK) ÇKS değerlerinin altında;
- m+p-Xylene: Tüm istasyonlarda ölçülen değerler Yıllık Ortalama (YO) ve Maksimum (MAK) ÇKS değerlerinin altında;
- o-Xylene: Tüm istasyonlarda ölçülen değerler Yıllık Ortalama (YO) ve Maksimum (MAK) ÇKS değerlerinin altında;
- Toluene, Ethylbenzene ve Toplam BTEX için limit değer verilmediğinden bu bileşikler için karşılaştırma yapılamamıştır.

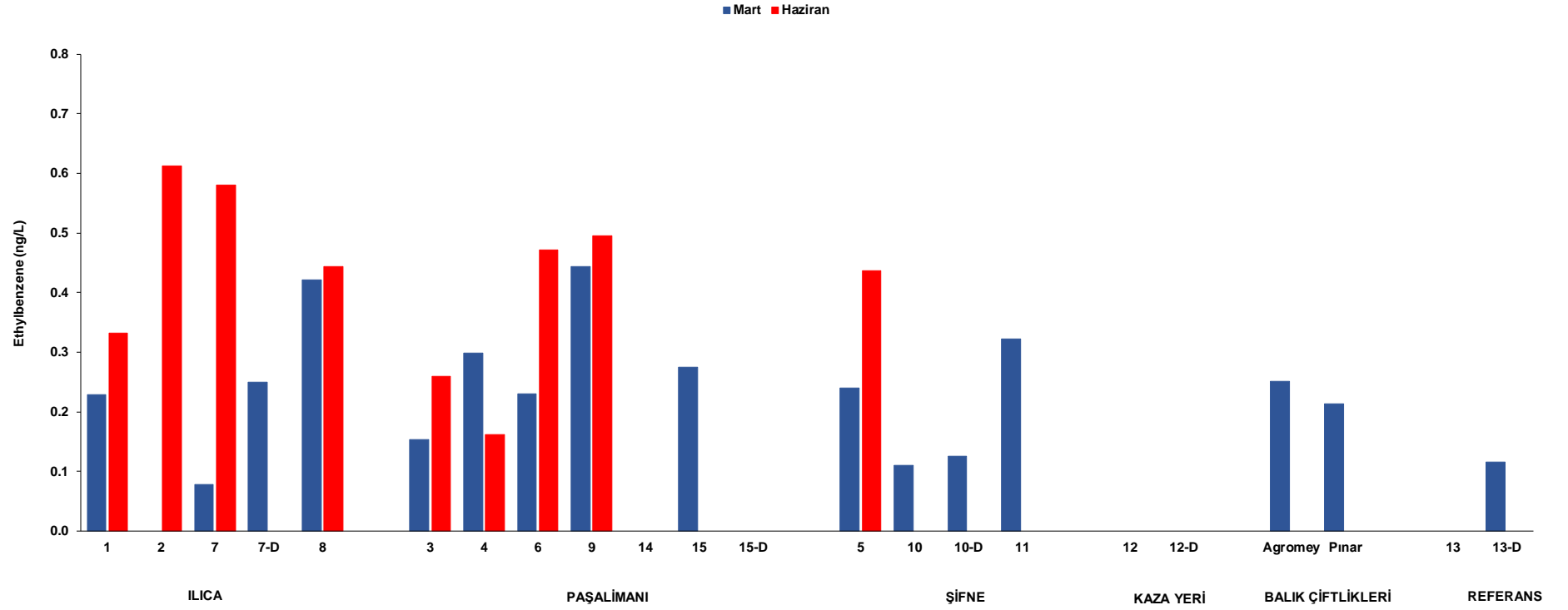
Hem Mart hem de Haziran döneminde ölçülen Benzene, m+p-Xylene ve o-Xylene konsantrasyonları ÇKS sınır değerlerinin altında bulunmuştur.



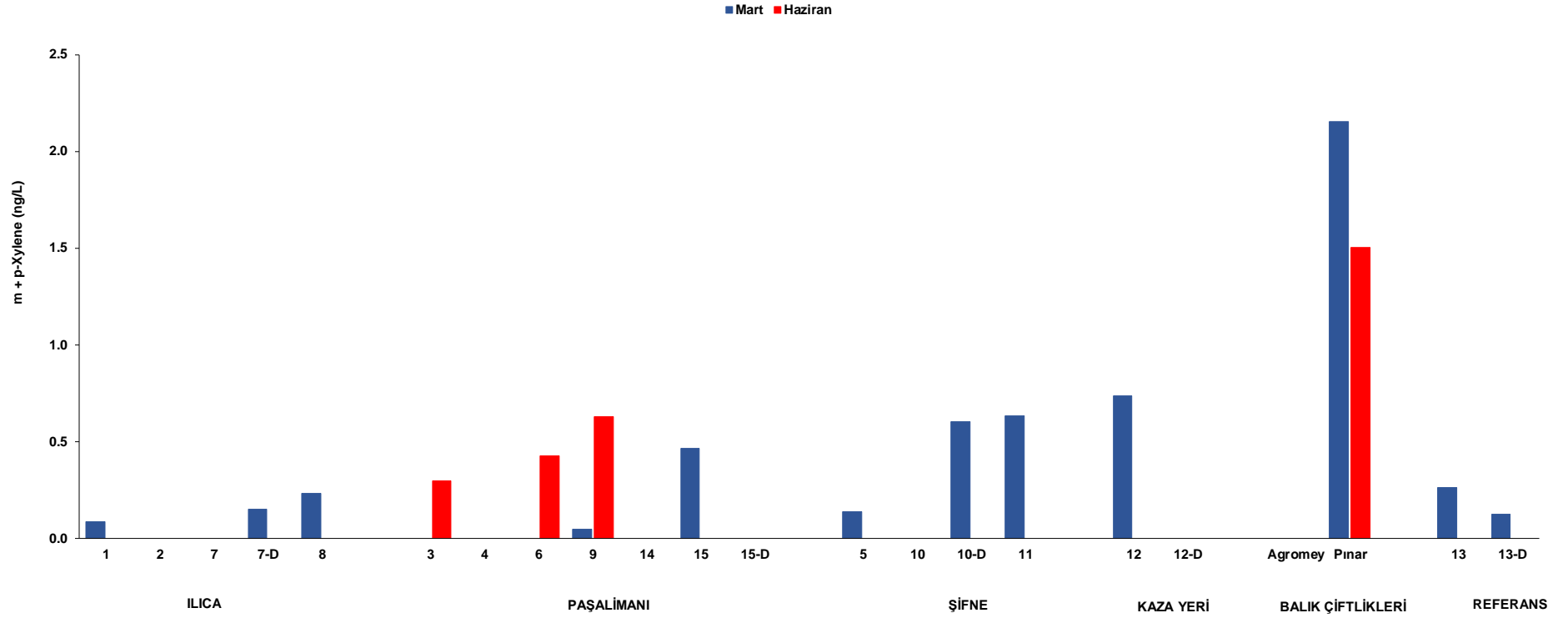
Şekil 3.2. Deniz suyunda Benzene konsantrasyonlarının istasyonlara göre dağılımları.



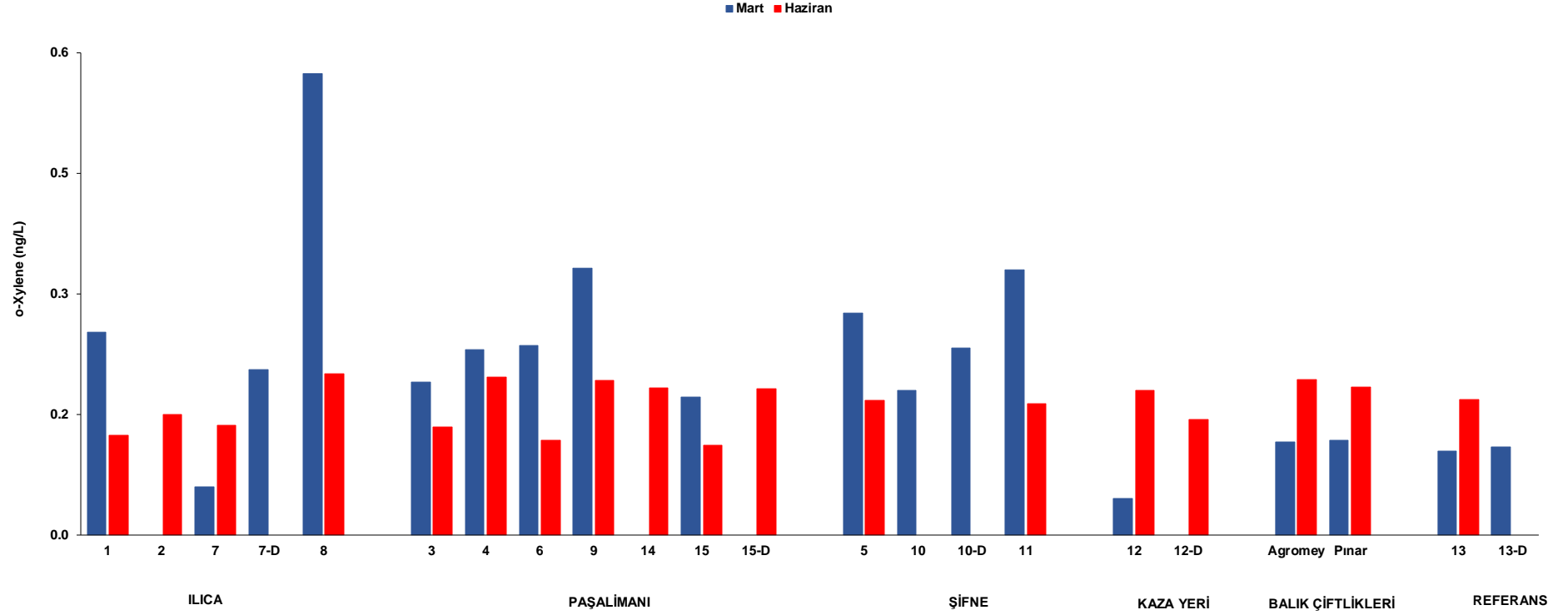
Şekil 3.3. Deniz suyunda Toluene konsantrasyonlarının istasyonlara göre dağılımları.



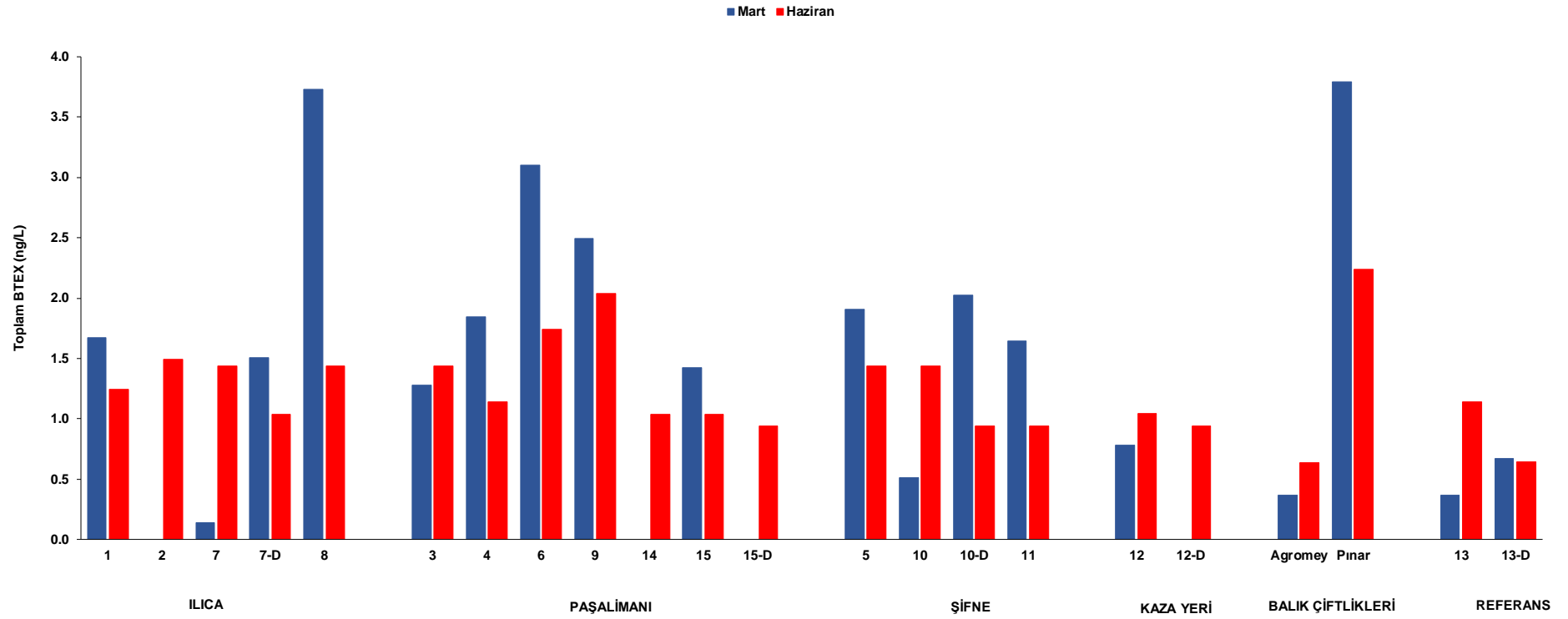
Şekil 3.4. Deniz suyunda Ethylbenzene konsantrasyonlarının istasyonlara göre dağılımları.



Şekil 3.5. Deniz suyunda m+p-Xylene konsantrasyonlarının istasyonlara göre dağılımları.



Şekil 3.6. Deniz suyunda o-Xylene konsantrasyonlarının istasyonlara göre dağılımları.



Şekil 3.7. Deniz suyunda Toplam BTEX konsantrasyonlarının istasyonlara göre dağılımları.

3.4. Deniz Suyunda Polisiklik Aromatik Hidrokarbonlar

Haziran döneminde deniz suyunda analiz edilen Toplam Polisiklik Aromatik Hidrokarbonlar ve spesifik bileşenleri (EPA'nın belirlediği 15 bileşen) Tablo 3.5'te verilmiştir. Acenaphtylene (Acy): 10.5-38.2; Acenaphthene (Ace): 2.7-8.1; Fluorene (Flu): 49.9-101.7; Phenanthrene (Phe): 8.6-38.2; Anthracene (Ant): 0.5-2.6; Fluoranthene (Flt): 5.6-29.3; Pyrene (Pyr): 2.9-17.8; Benzo(a)Anthracene (BaA): 1.1-4.5; Chrysene (Chr): 4.8-33.0; Benzo(b)Fluoranthene (BbF): 0.4-3.2; Benzo(k)Fluoranthene (BkF): 1.3-7.9; Benzo(a)Pyrene (BaP): 1.5-8.4; Indeno(1,2,3-c,d)Pyrene (IcdP): 1.3-8.4; Dibenzo(a,h)Anthracene (DahA): 0.3-2.3; Benzo(g,h,i)Perylene (BghiP): 3.8-23.4 ng/L aralığında ölçülmüştür. Toplam PAH ise 135.2-259.4 ng/L aralığında bulunmuştur.

Haziran'da PAH bileşiklerinden Acy 13 nolu istasyonun dip sularında, Ace ve Flu 10 nolu istasyonun yüzeyinde, Phe, Ant ve BaP 14 nolu istasyonda, Flt ve Pyr 15 nolu istasyonun yüzeyinde, BaA, BbF, BkF, IcdP ve BghiP 2 nolu istasyonda, Chr 8 nolu istasyonda, DahA 7 nolu istasyonun yüzeyinde en yüksek konsantrasyonlarda gözlenmiştir (Şekil 3.8-3.23). En yüksek toplam PAH konsantrasyonları 10 nolu istasyonun yüzeyinde gözlenirken, en düşük düzeyler 11 nolu istasyonda bulunmuştur.

Mart dönemine göre yüzey sularında Ace, Phe ve BbF tüm istasyonlarda azalma gösterirken, BghiP ise tüm istasyonlarda artış göstermiştir. Mart dönemine göre Acy 1 nolu istasyon hariç tüm istasyonlarda artmıştır. Yüzey sularında Flu 1, 4, 11, 12 nolu istasyonlarda; Flt 1 ve 6 nolu istasyonlarda; BaA 1, 6, 14 nolu istasyonlarda; Chr 1, 6, 11 nolu istasyonlarda; IcdP 5, 6 nolu istasyonlarda; DahA 1, 5, 6, 11, 14 nolu istasyonlarda azalırken; diğer tüm istasyonlarda artış gözlenmiştir. Mart döneminde yüzey sularında Ant 3, 8, 10 ve Pınar istasyonlarında, Pyr 8, 9, 10, 15, Agromey ve Pınar istasyonlarında, BkF 2, 3, 4, 10 ve 15 nolu istasyonlarda, BaP 2, 3, 4, 7, 8, 10 ve 15 nolu istasyonlarda, Toplam PAH ise 2, 3, 10 ve Pınar istasyonlarında yüksek konsantrasyonlarda ölçülürken, Haziran döneminde azalma gözlenmiştir.

Tablo 3.5. Haziran döneminde deniz suyunda ölçülen PAH bileşikleri ve Toplam PAH değerleri (ng/L) (Y: Yüzey, D: Dip).

İstasyon	Acy	Ace	Flu	Phe	Ant	Flt	Pyr	BaA	Chr	BbF	BkF	BaP	IcdP	DahA	BghiP	ΣPAH	ΣKarsinojen/ ΣPAH (%)
1	21.7	4.6	49.9	15.9	1.2	12.0	2.9	1.9	12.3	2.8	4.4	2.4	3.6	0.9	8.2	144.5	19.6
2	26.1	6.7	92.2	28.8	1.3	22.9	6.6	4.5	17.3	3.2	7.9	5.3	8.4	2.2	23.4	256.8	19.0
3	28.2	5.8	84.8	28.9	1.2	20.1	5.8	3.6	18.3	3.1	6.4	4.9	3.5	1.9	10.6	227.1	18.3
4	15.9	4.9	53.4	20.0	0.5	17.0	5.2	2.9	10.7	1.5	6.6	3.9	2.3	1.0	8.5	154.3	18.7
5	15.7	5.0	73.0	22.1	0.8	17.6	4.6	2.2	10.7	1.6	4.9	3.3	2.8	1.5	9.6	175.5	15.5
6	15.5	5.3	70.1	21.6	1.1	14.5	4.3	1.8	7.6	0.7	2.0	2.2	2.0	0.7	7.3	157.0	10.9
7-Y	20.0	5.7	90.5	30.7	1.4	22.4	6.2	2.3	12.4	1.1	3.0	4.7	6.5	2.3	14.7	223.9	14.5
7-D	15.2	4.6	67.2	22.2	0.9	17.0	4.5	1.8	8.0	0.9	2.9	3.0	2.7	1.5	5.8	158.2	13.1
8	23.5	2.7	52.8	8.6	0.7	5.6	5.4	2.5	33.0	0.5	1.3	2.3	3.5	1.6	7.5	151.5	29.5
9	19.1	4.6	71.3	21.6	0.6	15.4	4.6	1.4	11.1	0.6	1.6	1.7	2.4	1.3	10.2	167.2	12.0
10-Y	19.3	8.1	101.7	35.7	1.7	28.2	7.9	3.1	14.4	0.9	4.6	4.7	5.3	1.8	21.9	259.4	13.5
10-D	14.3	4.5	56.8	20.8	0.8	17.1	4.8	1.3	6.4	1.4	4.9	2.1	2.8	0.8	7.6	146.3	13.4
11	16.4	5.3	58.7	19.3	0.6	15.0	3.9	1.6	4.8	0.5	2.1	1.5	1.5	0.3	3.8	135.3	9.0
12-Y	11.4	4.8	61.4	17.6	0.8	16.9	6.2	1.9	5.7	1.6	4.8	2.1	3.2	0.8	7.9	147.0	13.6
12-D	10.5	6.1	78.4	36.3	1.5	25.1	7.2	1.7	8.9	2.1	5.4	3.5	2.8	1.2	10.5	201.2	12.8
13-Y	12.7	4.6	68.7	29.4	0.9	17.4	4.6	3.6	10.7	1.3	4.4	3.1	1.8	0.8	7.8	171.9	15.0
13-D	38.2	4.5	65.1	18.1	1.8	14.1	4.0	1.3	5.7	0.5	1.3	1.5	1.3	0.6	5.5	163.5	7.5
14	23.1	7.3	89.8	38.2	2.6	26.3	8.1	2.3	17.0	1.6	4.2	8.4	3.8	1.4	20.4	254.6	15.2
15-Y	15.3	6.5	81.5	35.5	1.4	29.3	17.8	1.7	8.1	1.4	4.3	2.1	2.1	0.7	6.5	214.4	9.5
15-D	17.6	6.6	86.9	37.2	1.3	23.6	7.3	1.3	8.3	0.4	1.7	1.7	2.2	1.0	6.9	204.0	8.2
Pınar	15.9	5.5	74.3	32.9	1.0	23.7	7.4	2.1	9.9	0.8	1.7	1.6	3.4	1.2	12.7	194.0	10.7
Agromey	16.7	6.0	90.8	33.9	1.1	22.6	6.5	1.1	8.5	0.4	1.4	1.8	2.2	0.6	5.0	198.7	8.1

Haziran döneminde tüm istasyonlarda dip sularında Acy, Flu, Flt, Chr, IcdP, DahA ve BghiP artış göstermiştir (Tablo 3.6). Ayrıca, dip sularında Ant, BaP ve Toplam PAH sadece 12 nolu istasyonda, BkF ise sadece 10 ve 12 nolu istasyonlarda artış gösterirken, diğer istasyonlarda azalma gözlenmiştir. BaA ise dip sularında sadece 13 nolu istasyonda azalırken, diğer istasyonlarda artmıştır.

Tablo 3.6. Sudaki PAH bileşenlerinin Mart ve Haziran dönemlerindeki değişimleri.

PAH Bileşenleri	Sudaki Değişim
Acenaphthylene	1 nolu istasyon hariç diğer tüm istasyonlarda artmıştır.
Acenaphthene	Tüm istasyonlarda azalmıştır.
Fluorene	1, 4, 11 ve 12-Y nolu istasyonlarda azalmış, diğerlerinde artmıştır.
Phenanthrene	Tüm istasyonlarda azalmıştır.
Anthracene	3, 8, 10-Y, 12-D ve Pınar istasyonlarında artmış, diğerlerinde azalmıştır.
Fluoranthene	1 ve 6 nolu istasyonlarda azalmış, diğerlerinde artmıştır.
Pyrene	8, 9, 10-Y, 10-D, 12-D, 13-D, 15-Y, 15-D, Agromey ve Pınar istasyonlarında artmış, diğerlerinde azalmıştır.
Benz(a)anthracene	1, 6, 13-D ve 14 nolu istasyonlarda azalmış, diğerlerinde artmıştır.
Chrysene	1, 6 ve 11 nolu istasyonlarda azalmış, diğerlerinde artmıştır.
Benzo(b)fluoranthene	Tüm istasyonlarda azalmıştır.
Benzo(k)fluoranthene	2, 3, 4, 10-Y, 10-D, 12-D ve 15-Y nolu istasyonlarda artmış, diğerlerinde azalmıştır.
Benzo(a)pyrene	2, 3, 4, 7-Y, 8, 10-Y, 12-D ve 15-Y nolu istasyonlarda artmış, diğerlerinde azalmıştır.
Indeno(1,2,3-cd)pyrene	5 ve 6 nolu istasyonlarda azalmış, diğerlerinde artmıştır.
Dibenz(a,h)anthracene	1, 5, 6, 11 ve 14 nolu istasyonda azalmış, diğerlerinde artmıştır.
Benzo(g,h,i)perylene	Tüm istasyonlarda artmıştır.
TOPLAM PAH	2, 3, 10-Y, 12-D ve Pınar nolu istasyonlarda artmış, diğerlerinde azalmıştır.
Karsinojen PAH / Toplam PAH	5, 6, 7-D, 13-D, 14 ve Agromey istasyonlarında azalmış, diğerlerinde artmıştır.

Tablo 3.7’de verilen Yer Üstü Su Kalitesi (Resmi Gazete, 2016)’nde Kıyı ve Geçiş Suları için belirtilen Çevre Kalite Standardı (ÇKS) verilerine göre Haziran döneminde deniz suyunda saptanan PAH konsantrasyonları:

- Flt düzeyleri 8 nolu istasyon hariç diğer istasyonlar/derinliklerde Yıllık Ortalama (YO) - Maksimum (MAK) ÇKS değerleri arasında bulunmuştur.

- BaP düzeyleri tüm istasyonlarda Yıllık Ortalama (YO) - Maksimum (MAK) ÇKS değerleri arasında bulunmuştur.
- BghiP düzeyleri tüm istasyonlarda Maksimum (MAK) ÇKS değerinin üzerinde bulunmuştur.
- Tablo 3.7'te yer alan diğer PAH bileşiklerinden Ace, Flu, Phe, Ant, Pyr, Chr, BbF ve BkF'nin konsantrasyonları Yıllık Ortalama (YO)-ÇKS değerlerinin altında bulunmuştur.

BbF, BkF ve BghiP için YO-ÇKS değeri ve Acy, BaA, DahA, IcdP ile Toplam PAH düzeyleri için hem YO-ÇKS hem de MAK-ÇKS değerleri Yer Üstü Su Kalitesi Yönetmeliği'nde yer almadığından ilgili sınır değerler için bir karşılaştırma yapılamamıştır.

Tablo 3.7. Haziran döneminde deniz suyunda PAH bileşiklerinin aralıkları ve limit değerleri.

	Min (ng/L)	Mak (ng/L)	YO-ÇKS (ng/L)	MAK-ÇKS (ng/L)
Acenaphthylene	10.5	38.2	-	-
Acenaphthene	2.7	8.1	6000	66000
Fluorene	49.9	101.7	3400	47000
Phenanthrene	8.6	38.2	1400	11200
Anthracene	0.5	2.6	100	400
Fluoranthene	5.6	29.3	6.3	120
Pyrene	2.9	17.8	20	400
Benzo(a)anthracene	1.1	4.5	-	-
Chrysene	4.8	33.0	1900	19000
Benzo(b)fluoranthene	0.4	3.2	-	17
Benzo(k)fluoranthene	1.3	7.9	-	17
Benzo(a)pyrene	1.5	8.4	0.17	27
Indeno(1,2,3-cd)pyrene	1.3	8.4	-	-
Dibenzo(a,h)anthracene	0.3	2.3	-	-
Benzo(g,h,i)perylene	3.8	23.4	-	0.82
∑PAH	135.3	259.4	-	-

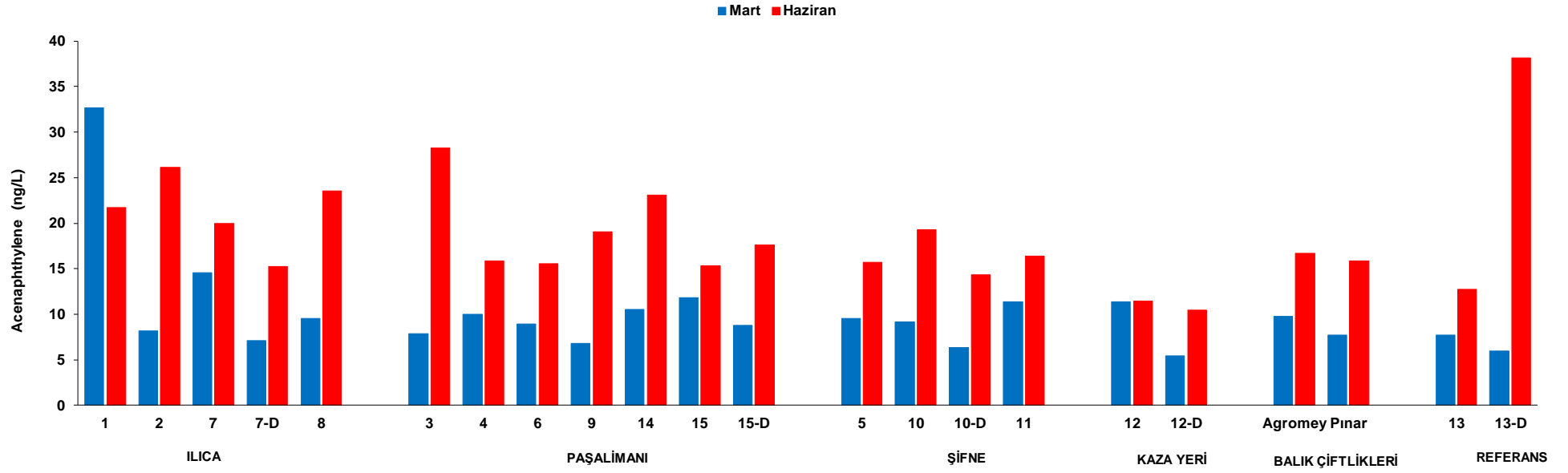
EPA (2008) tarafından 7 PAH bileşiği insanlar için olası karsinojen olarak sınıflandırılmıştır. Bu bileşikler BaA, BaP, BbF, BkF, Chr, DahA ve IcdP'dir. Su örnekleri

için Toplam PAH içindeki karsinojen bileşik yüzdesi Mart ve Haziran'da sırasıyla % 2.9-24.1 ve % 7.5-29.5 aralığında bulunmuştur (Şekil 3.24). En yüksek Toplam PAH içindeki karsinojen bileşik yüzdesi Mart'ta 6, Haziran'da 8 nolu istasyonda, en düşük yüzde ise Mart'ta 4, Haziran'da ise 13-Dip nolu istasyonda saptanmıştır.

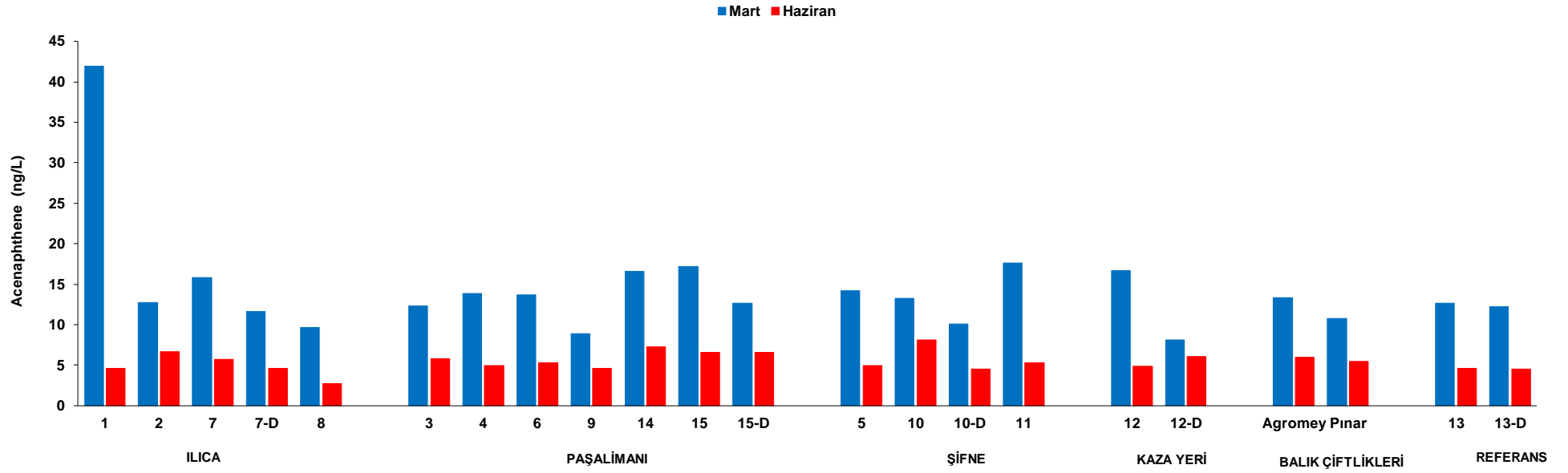
Literatürde PAH bileşiklerinin kaynaklarının belirlenmesinde moleküler indisler sıklıkla kullanılan bir yöntemdir. PAH bileşiklerinin konsantrasyon oranlarıyla hesaplanan bu moleküler indislerden, PAH'ların pirojenik (yanma) veya petrojenik kaynaklı olduğunu saptamak mümkündür. Bu çalışmada kullanılan indisler Tablo 3.8'da verilmiştir. Tüm istasyonlardaki deniz suyu örneklerinde ölçülen PAH bileşiklerine ait Ant/(Ant+Phe), Phe/Ant, BkF/BaP ve LMW/HMW oranlarının petrojenik; Flt/Pyr ve Flt/(Flt+Pyr) oranlarının pirojenik; IcdP/(IcdP+BghiP), BbF/BaP ve BaA/(BaA+Chr) oranlarının ise pirojenik, petrojenik ve karışık kaynaklı olduğu tespit edilmiştir. IcdP/(IcdP+BghiP) oranına göre 9, 10-Y, 13-Y ve 14 nolu istasyonlar petrojenik, diğer istasyonların ise pirojenik kaynaklı olduğu görülmüştür (Şekil 3.25-3.29). BaA/(BaA+Chr) oranına göre 1, 3, 5, 6, 7-Y, 8, 9, 10-Y, 15-Y, Agromey ve Pınar istasyonlarının petrojenik; 7-Dip ve 13-Dip istasyonlarının karışık kaynaklı olduğu bulunmuştur. Genel olarak hesaplanan tüm indislere göre Ildırı ve Ilıca Körfezi deniz suyu örneklerindeki PAH'ların kaynağının petrojenik olduğu bulunmuştur.

Tablo 3.8. PAH kaynaklarını belirlemede kullanılan oranlar (LMW: Düşük molekül ağırlıklı PAH bileşikleri, HMW: Yüksek molekül ağırlıklı PAH bileşikleri).

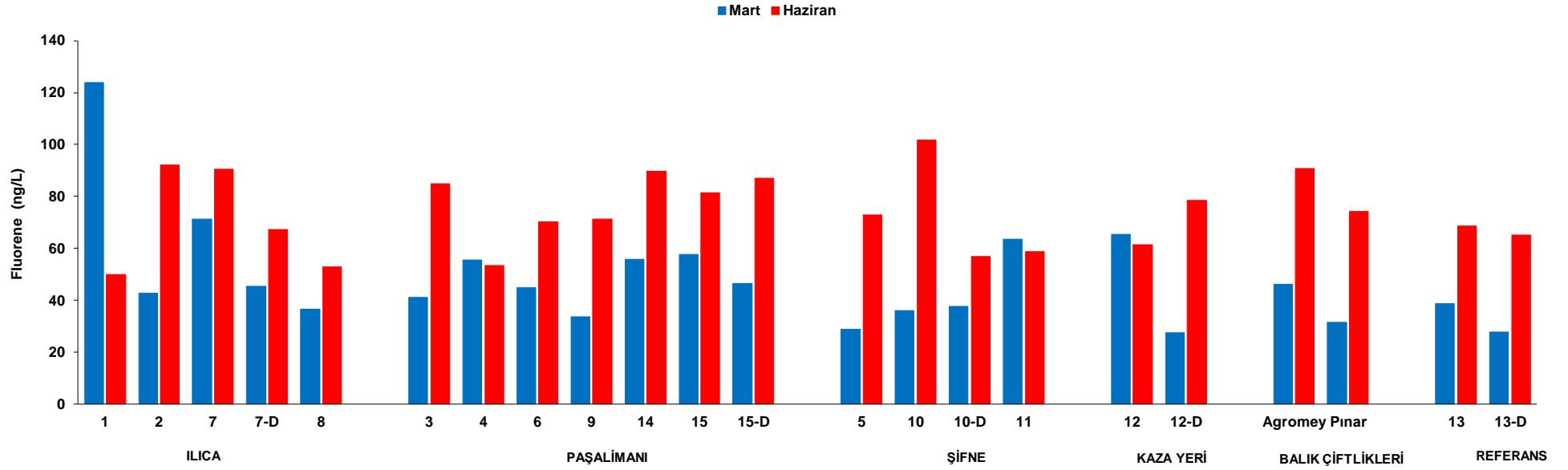
PAH Oranları	Pirojenik	Petrojenik	Referans
Phe/Ant	<10	>10	Baumard ve ark., 1998a,b
Flt/Pyr	>1	<1	Baumard ve ark., 1998a,b
Flt/(Flt + Pyr)	0.4–0.5; >0.5	<0.4	Budzinski ve ark., 1997; Gogou ve ark., 1998
Ant/(Ant + Phe)	>0.1	<0.1	Tsapakis ve ark., 2003
LMW/HMW	<1	>1	Budzinski ve ark., 1997; Yan ve ark., 2009
BaA/(BaA+Chr)	>0.35	<0.2	Yunker ve ark., 2002; Yan ve ark., 2009
IcdP/(IcdP+BghiP)	>0.2	<0.2	Yunker ve ark., 2002; Luo ve ark., 2006
BbF/BaP	<0.5	>0.5	El Deeb ve ark., 2007
BkF/BaP	<0.5	>0.5	El Deeb ve ark., 2007



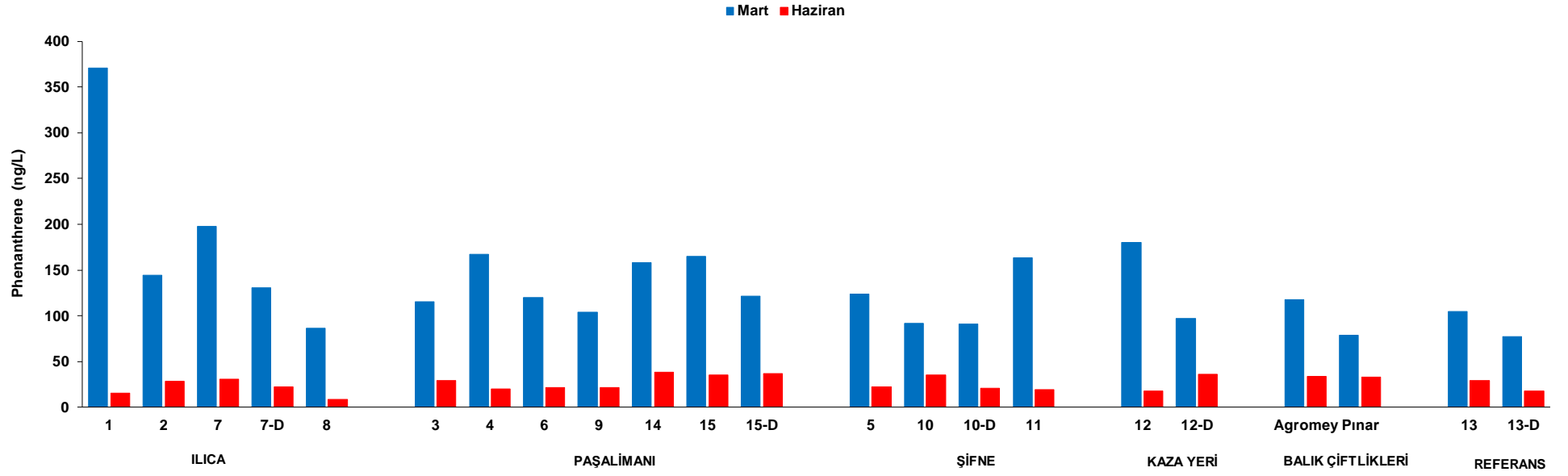
Şekil 3.8. Deniz suyunda Acenaphthylene konsantrasyonlarının istasyonlara göre dağılımları.



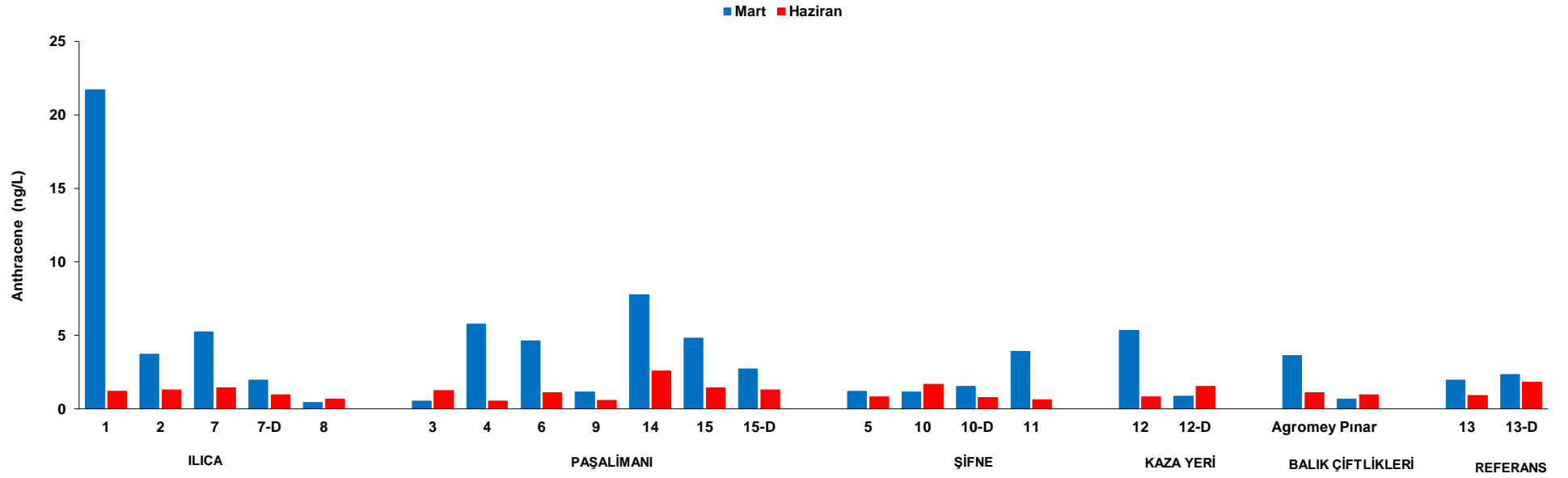
Şekil 3.9. Deniz suyunda Acenaphthene konsantrasyonlarının istasyonlara göre dağılımları.



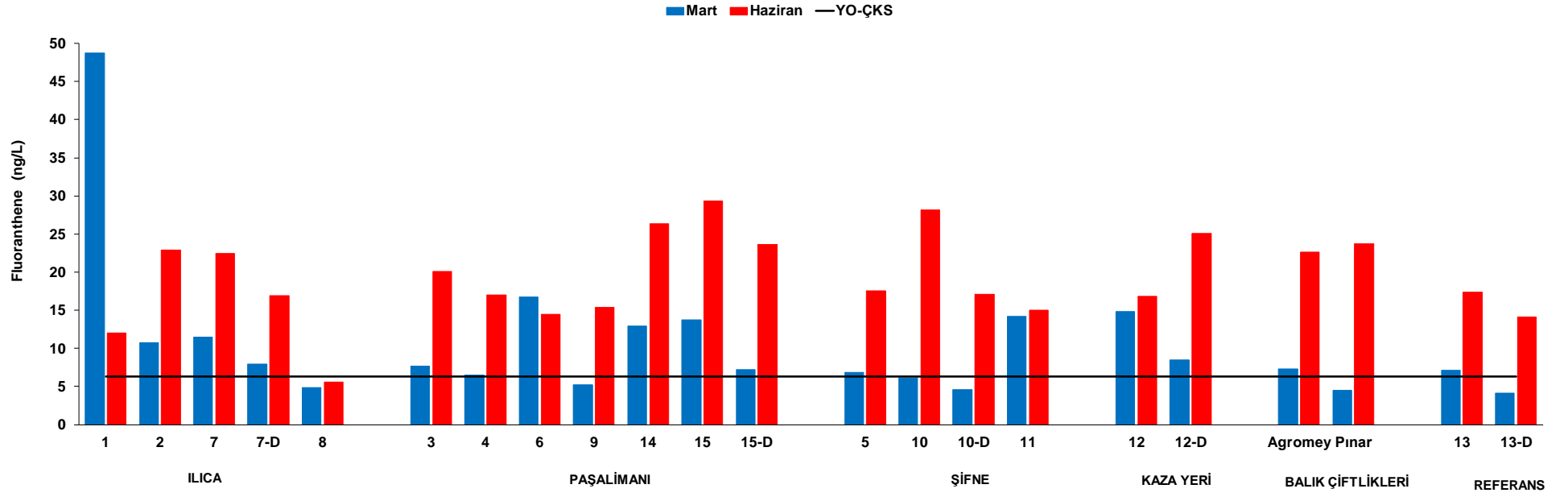
Şekil 3.10. Deniz suyunda Fluorene konsantrasyonlarının istasyonlara göre dağılımları.



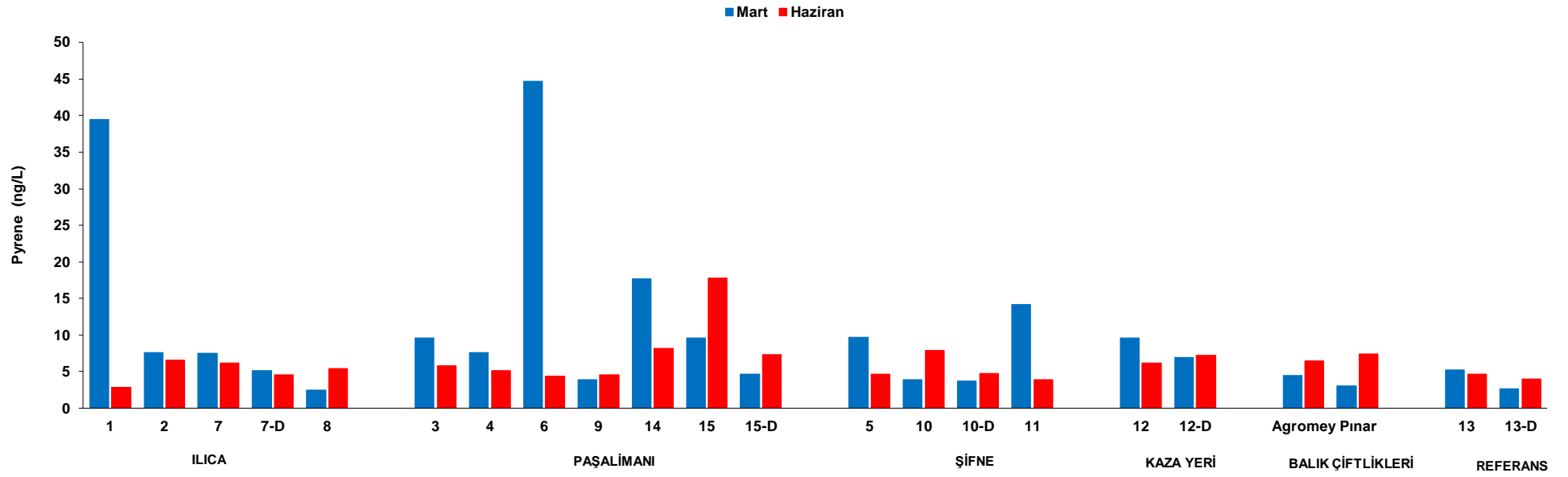
Şekil 3.11. Deniz suyunda Phenanthrene konsantrasyonlarının istasyonlara göre dağılımları.



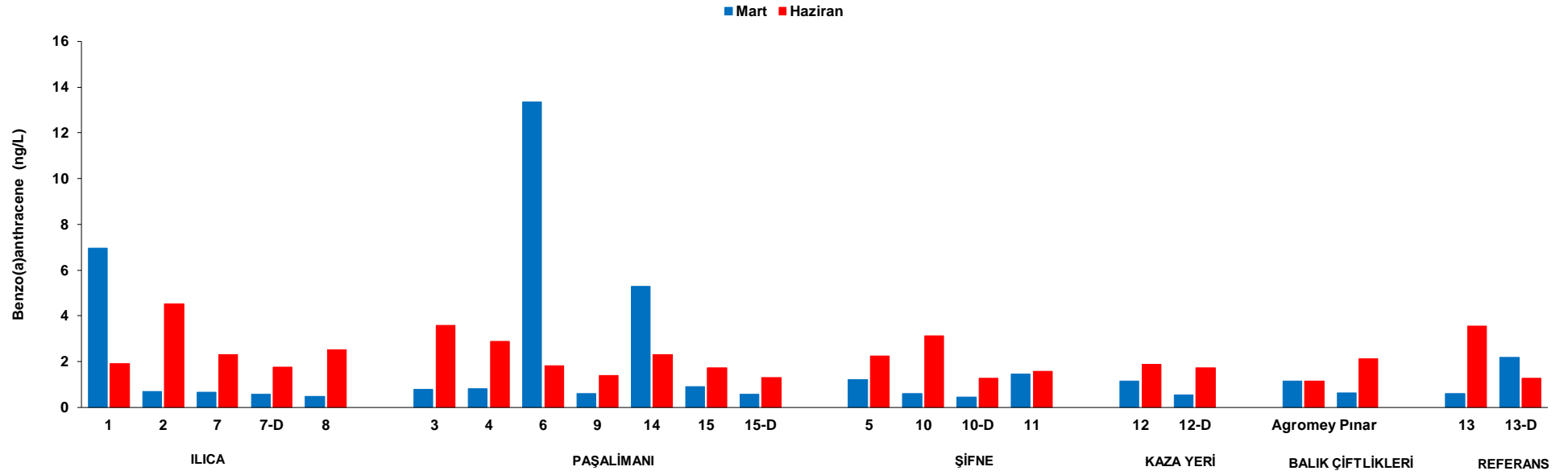
Şekil 3.12. Deniz suyunda Anthracene konsantrasyonlarının istasyonlara göre dağılımları.



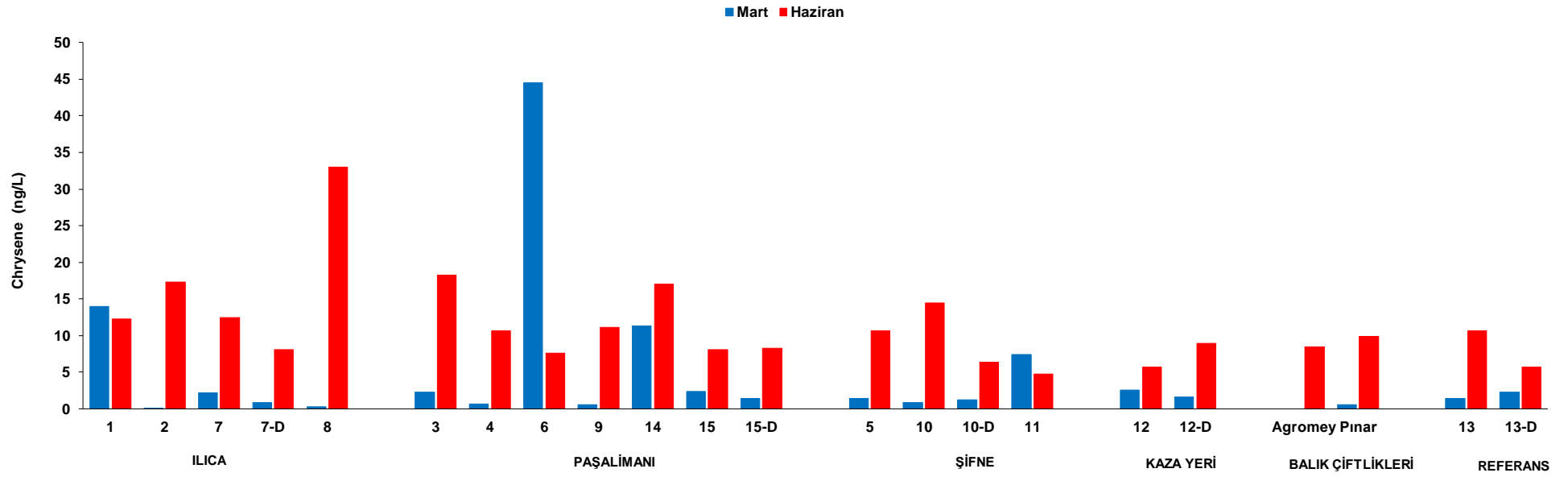
Şekil 3.13. Deniz suyunda Fluoranthene konsantrasyonlarının istasyonlara göre dağılımları.



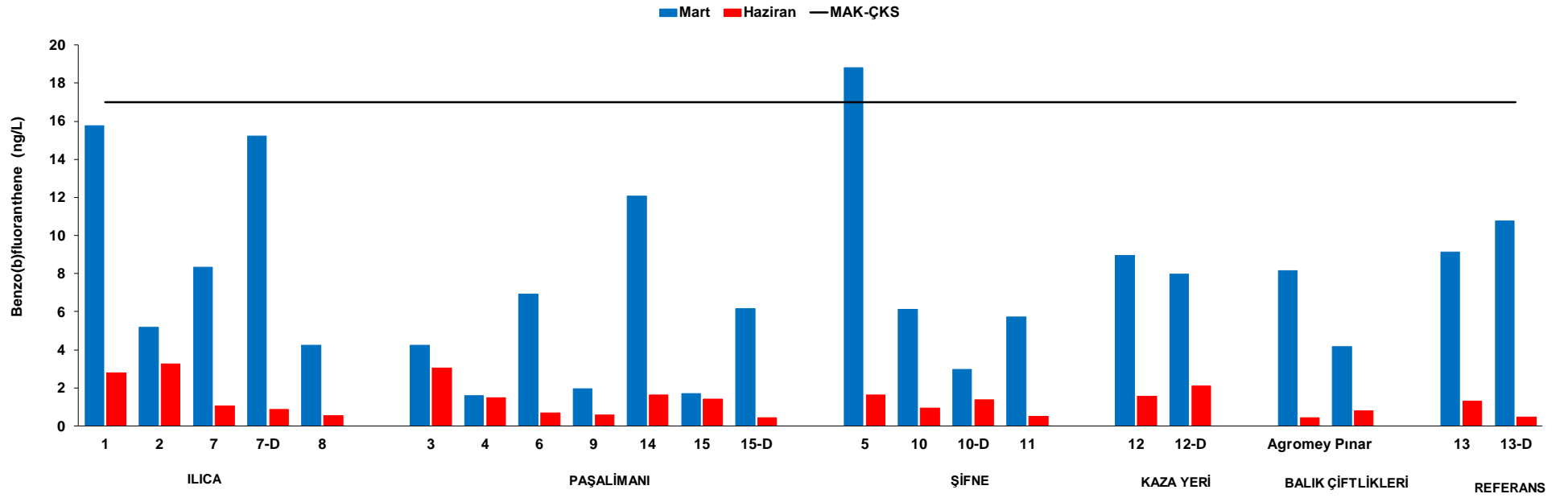
Şekil 3.14. Deniz suyunda Pyrene konsantrasyonlarının istasyonlara göre dağılımları.



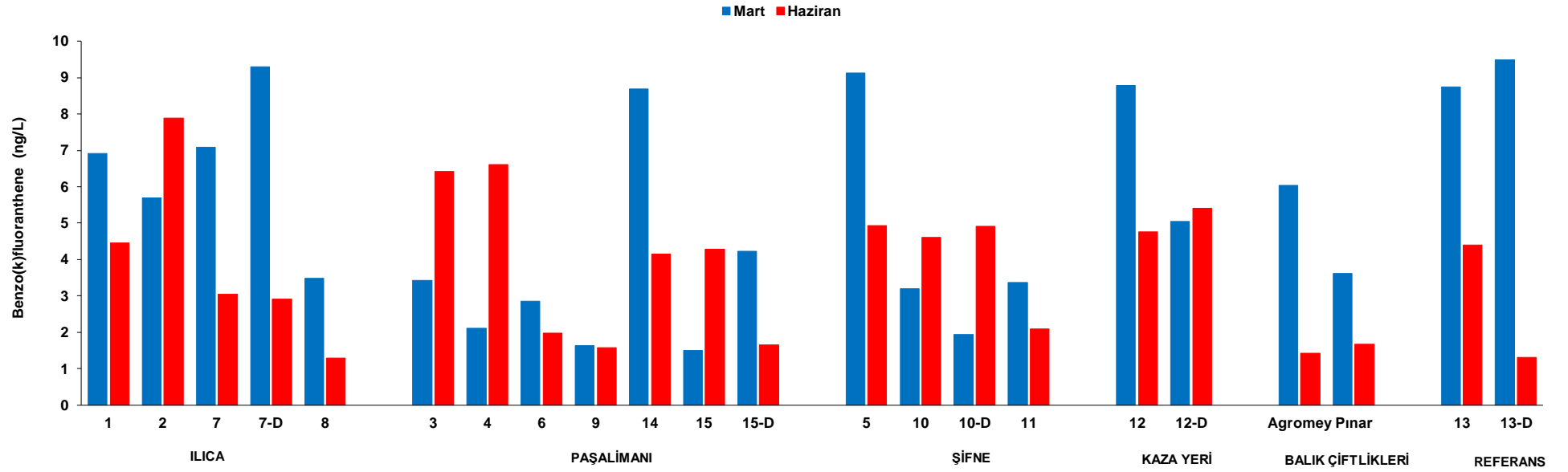
Şekil 3.15. Deniz suyunda Benzo(a)anthracene konsantrasyonlarının istasyonlara göre dağılımları.



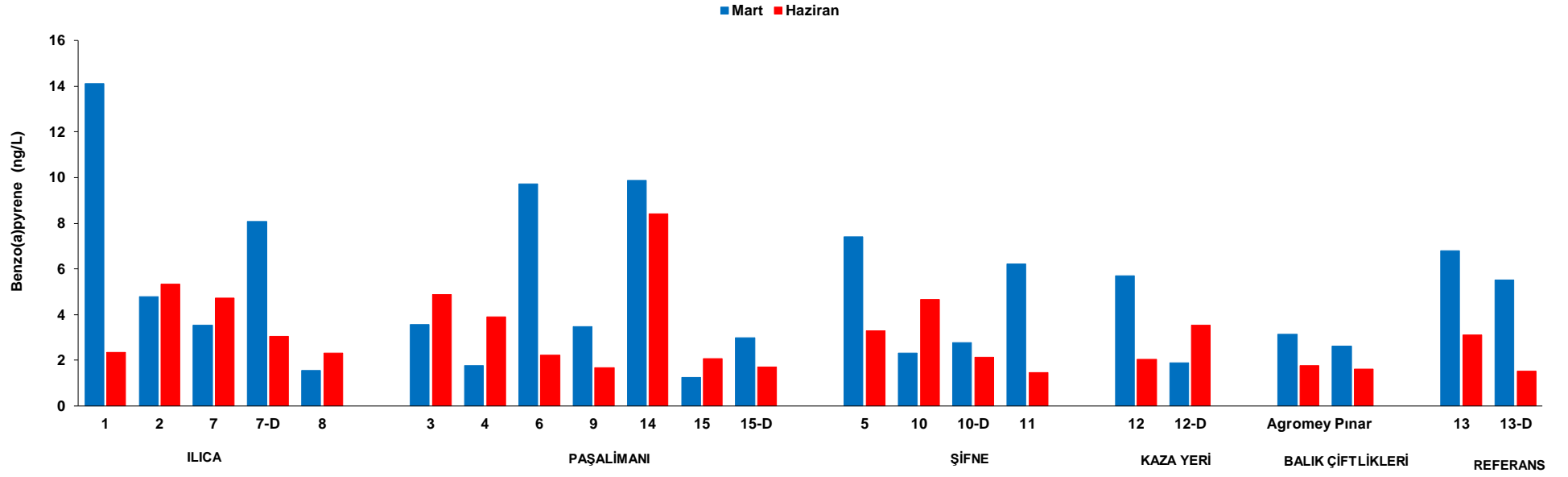
Şekil 3.16. Deniz suyunda Chrysene konsantrasyonlarının istasyonlara göre dağılımları.



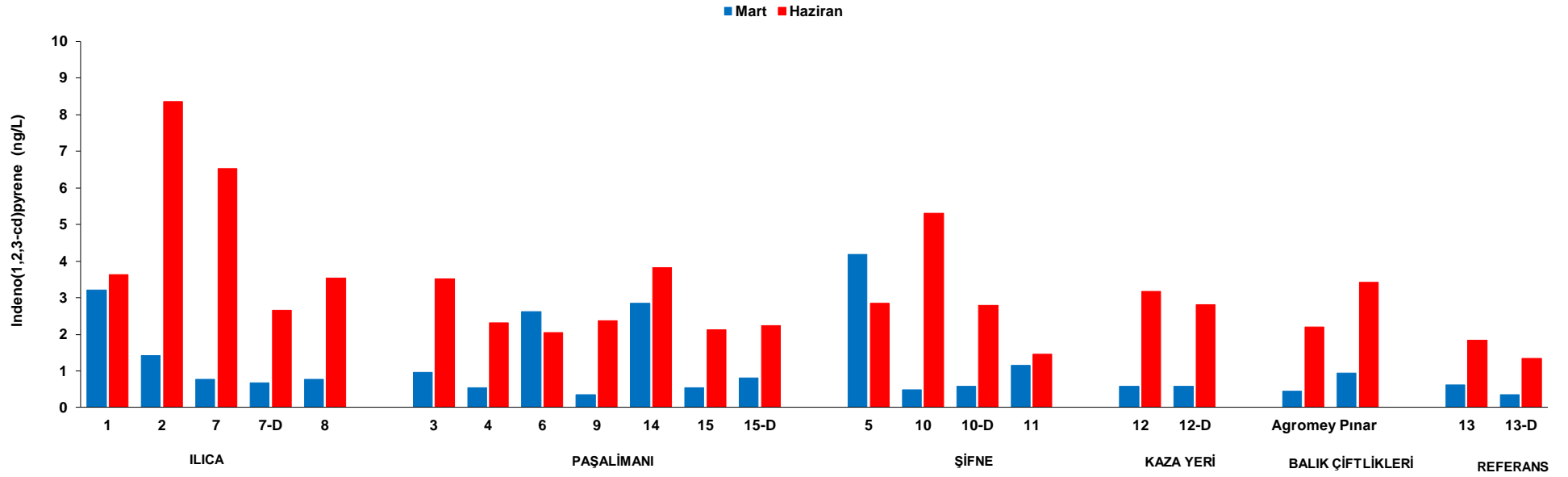
Şekil 3.17. Deniz suyunda Benzo(b)fluoranthene konsantrasyonlarının istasyonlara göre dağılımları.



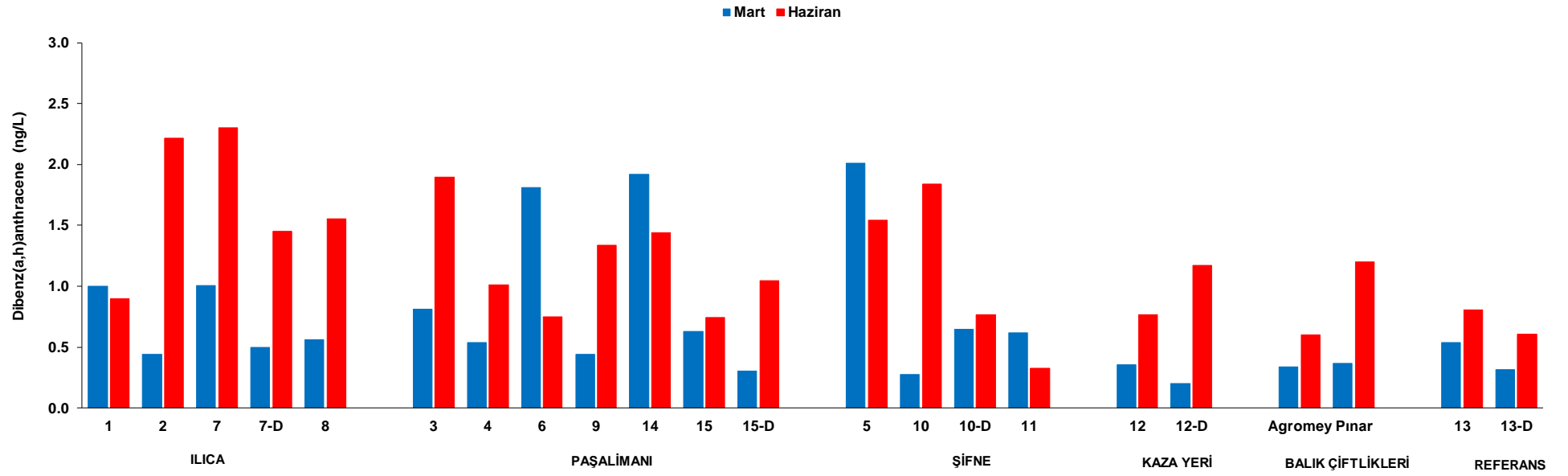
Şekil 3.18. Deniz suyunda Benzo(k)fluoranthene konsantrasyonlarının istasyonlara göre dağılımları.



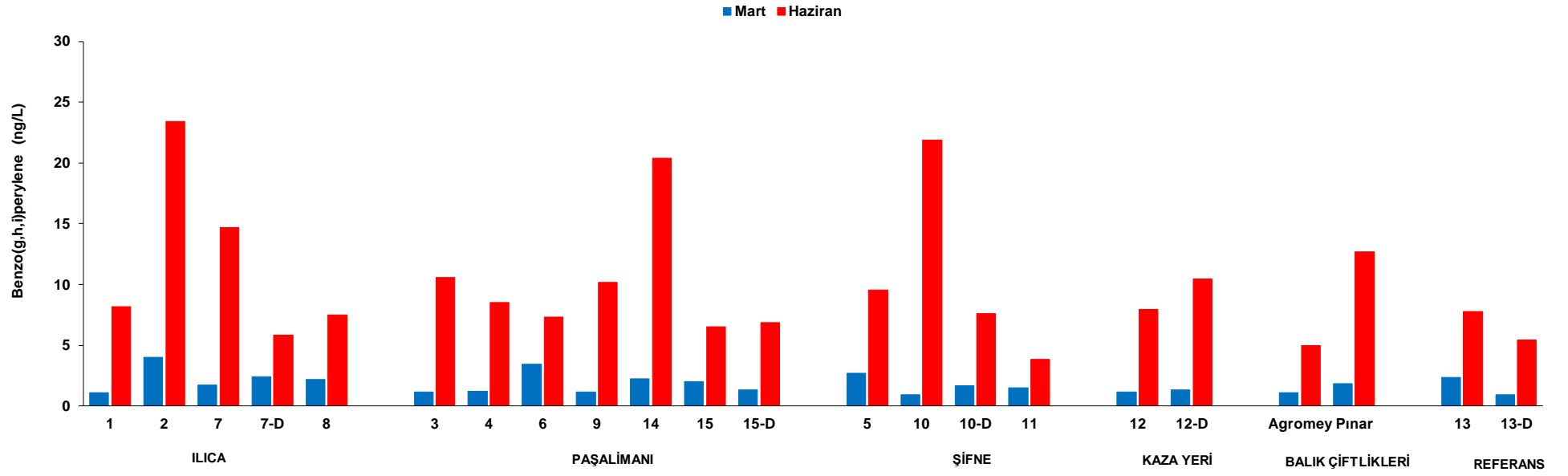
Şekil 3.19. Deniz suyunda Benzo(a)pyrene konsantrasyonlarının istasyonlara göre dağılımları.



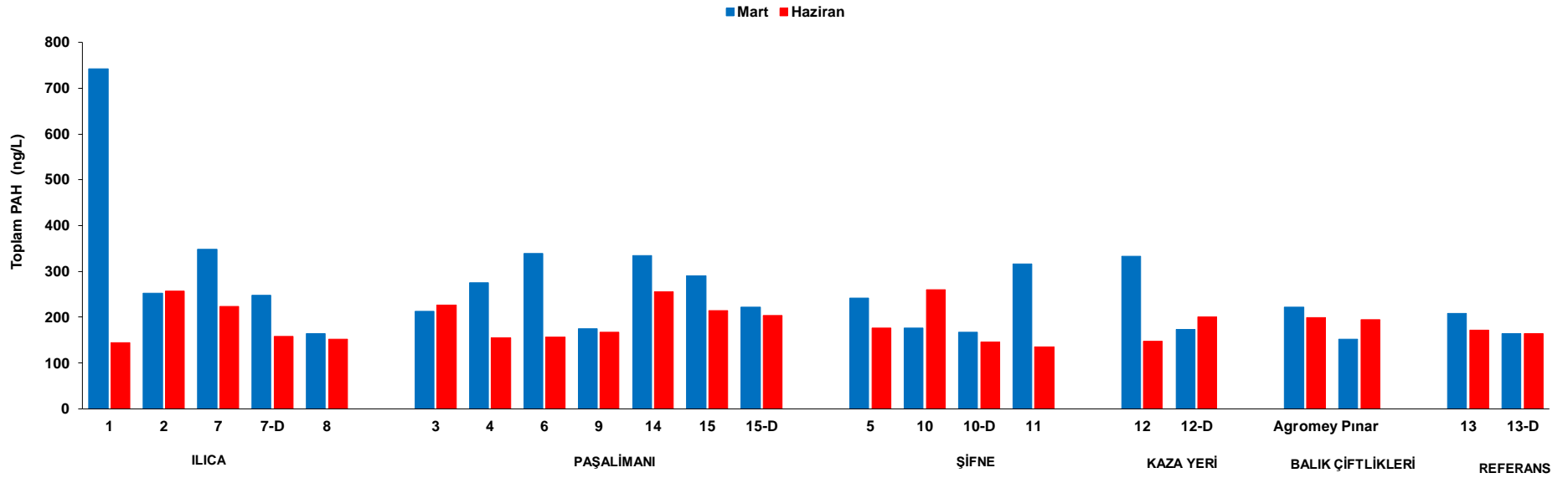
Şekil 3.20. Deniz suyunda Indeno(1,2,3-cd)pyrene konsantrasyonlarının istasyonlara göre dağılımları.



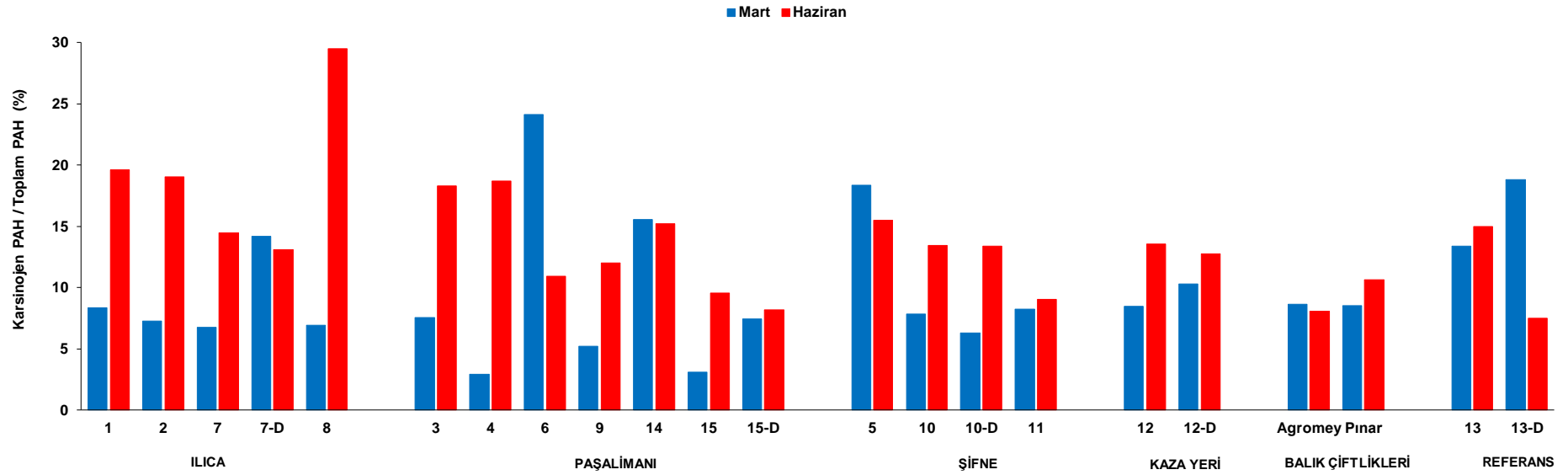
Şekil 3.21. Deniz suyunda Dibenzo(a,h)anthracene konsantrasyonlarının istasyonlara göre dağılımları.



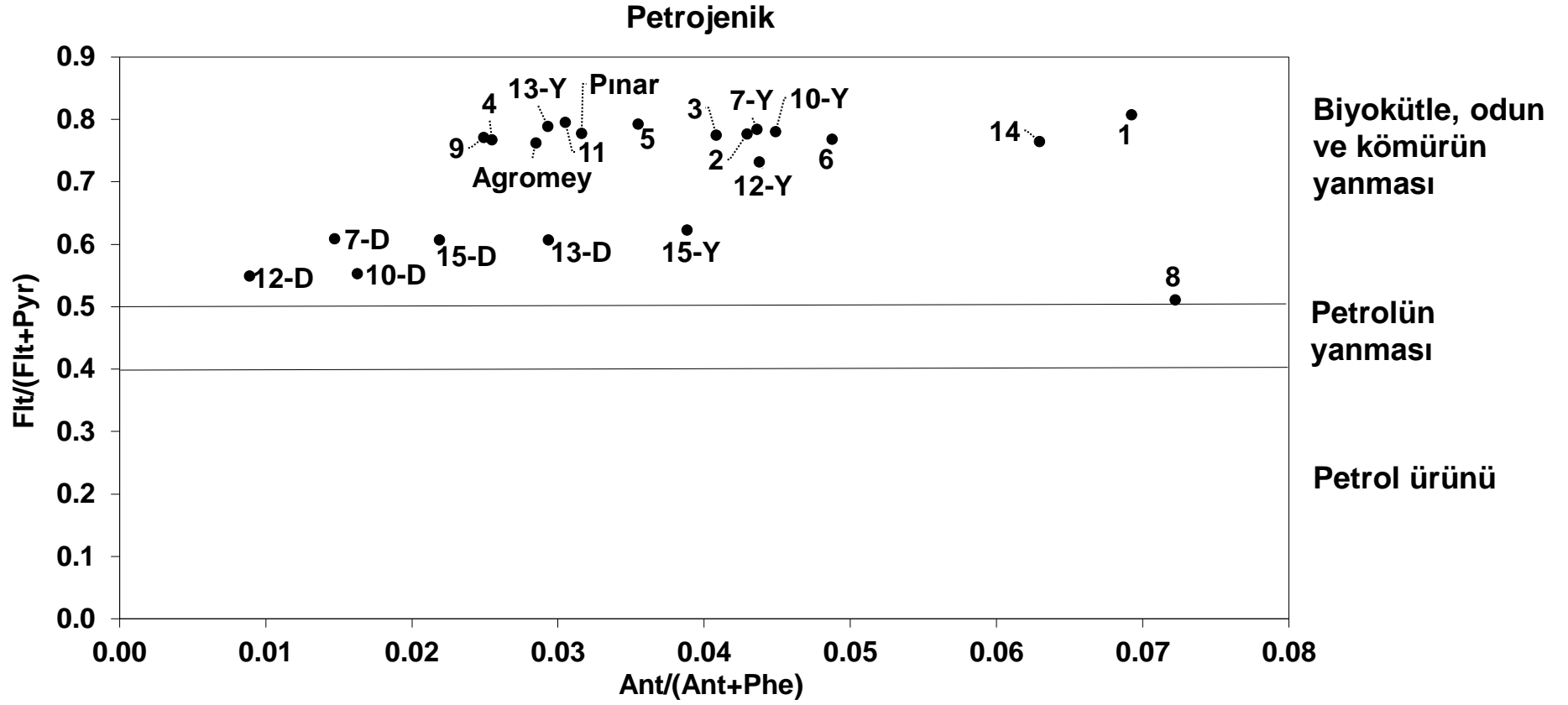
Şekil 3.22. Deniz suyunda Benzo(g,h,i)perylene konsantrasyonlarının istasyonlara göre dağılımları.



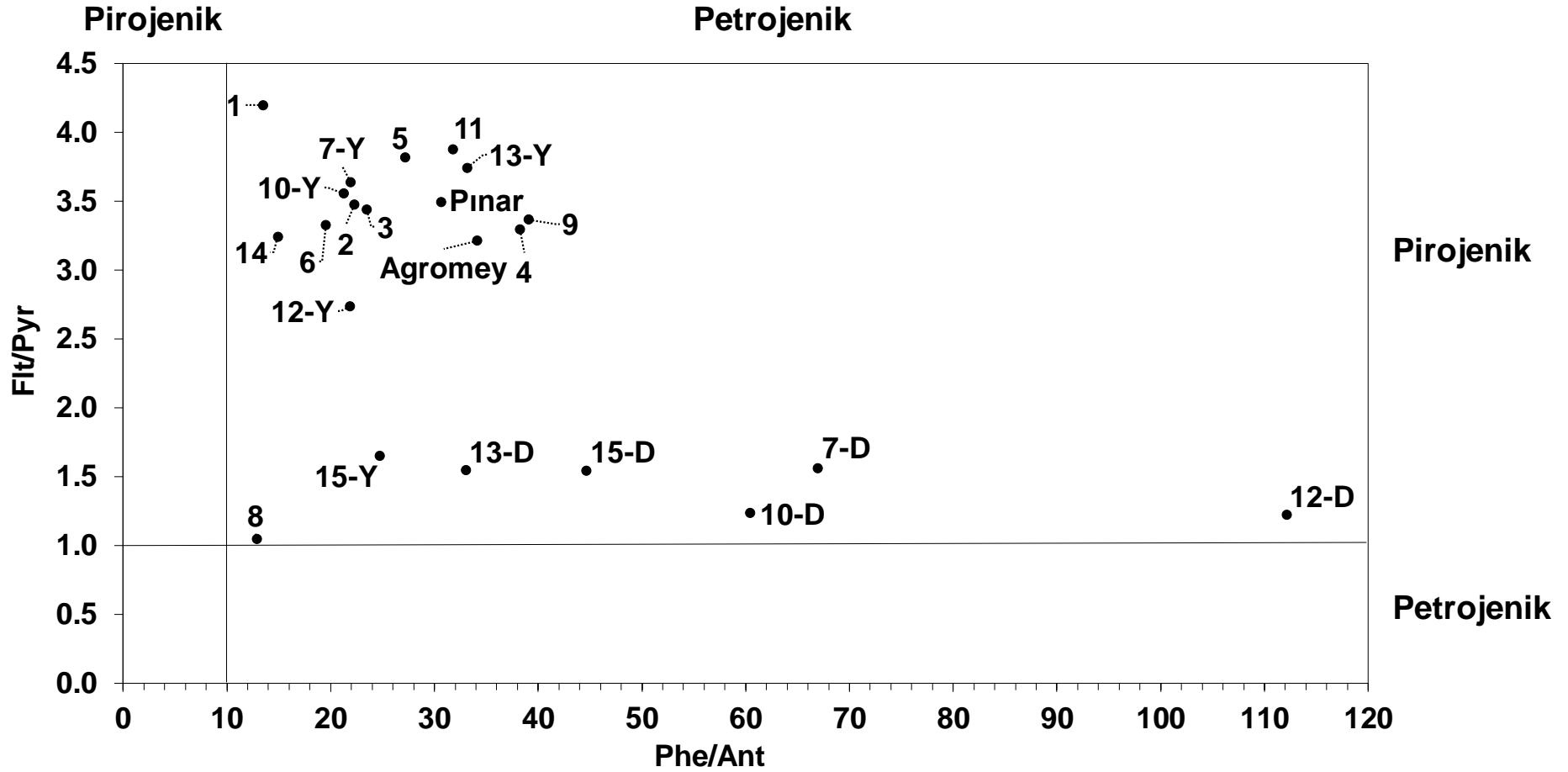
Şekil 3.23. Deniz suyunda Toplam PAH konsantrasyonlarının istasyonlara göre dağılımları.



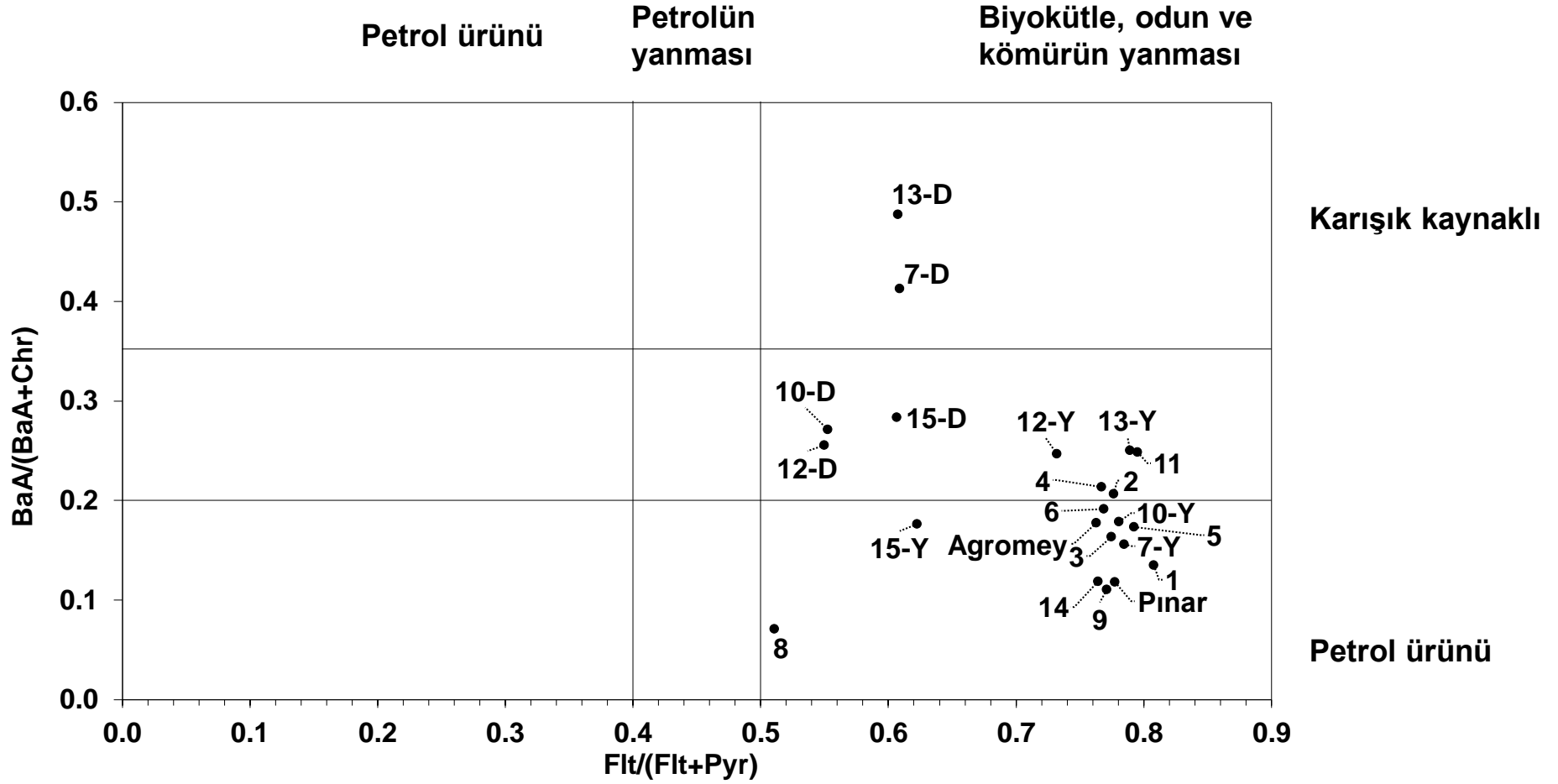
Şekil 3.24. Deniz suyunda Karsinojen PAH / Toplam PAH oranlarının istasyonlara göre dağılımları.



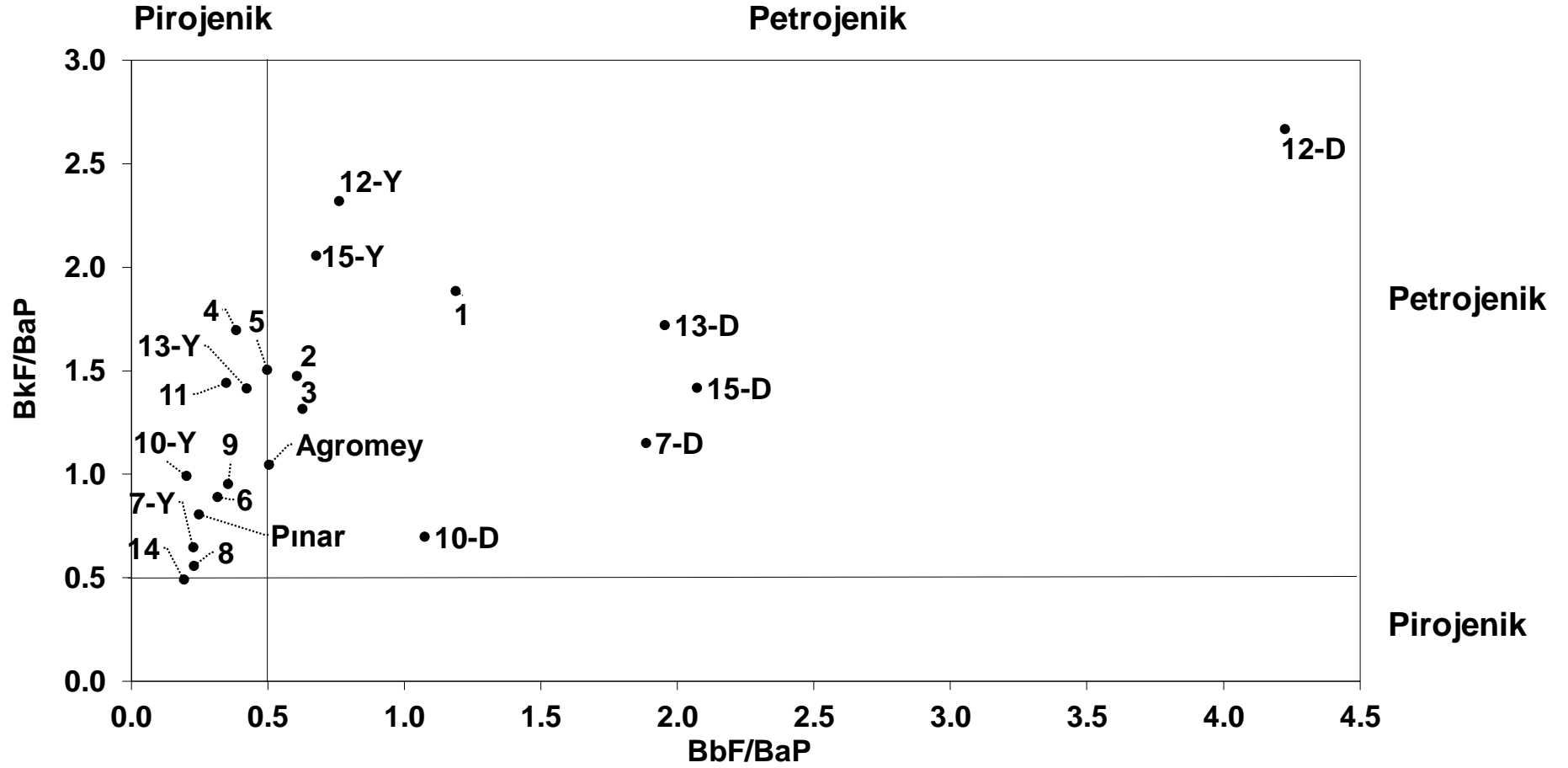
Şekil 3.25. Deniz suyunda Ant/(Ant+Phe) oranlarına karşı FIt/(FIt+Pyr) oranlarının istasyonlara göre dağılımı.



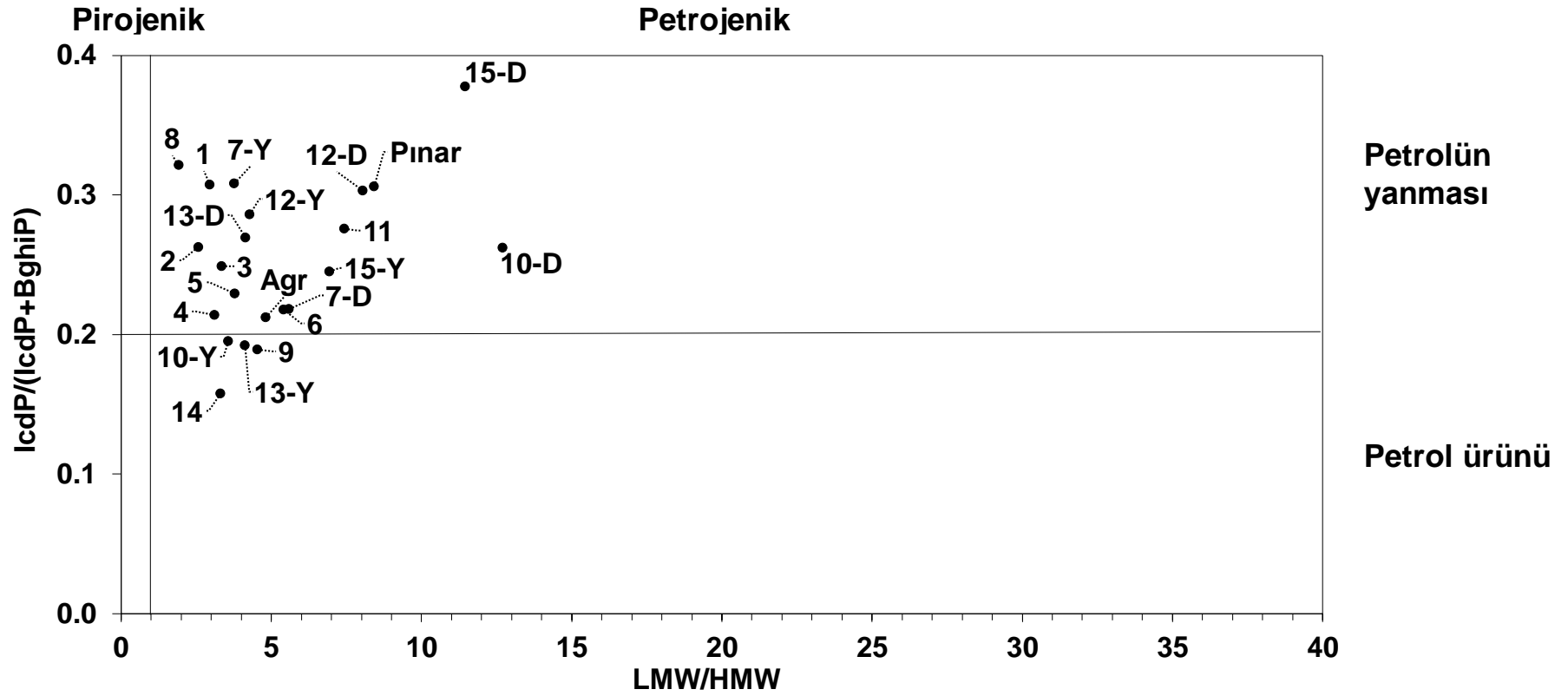
Şekil 3.26. Deniz suyunda Phe/Ant oranlarına karşı Flt/Pyr oranlarının istasyonlara göre dağılımı.



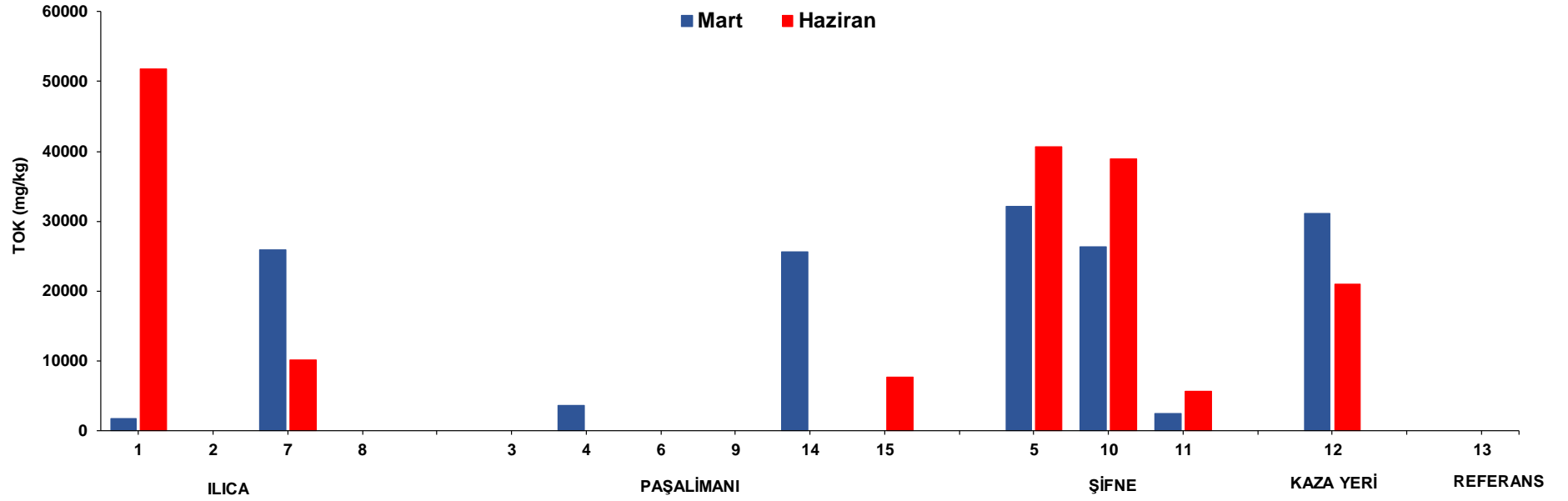
Şekil 3.27. Deniz suyunda BaA/(BaA+Chr) oranlarına karşı Flt/(Flt+Pyr) oranlarının istasyonlara göre dağılımı.



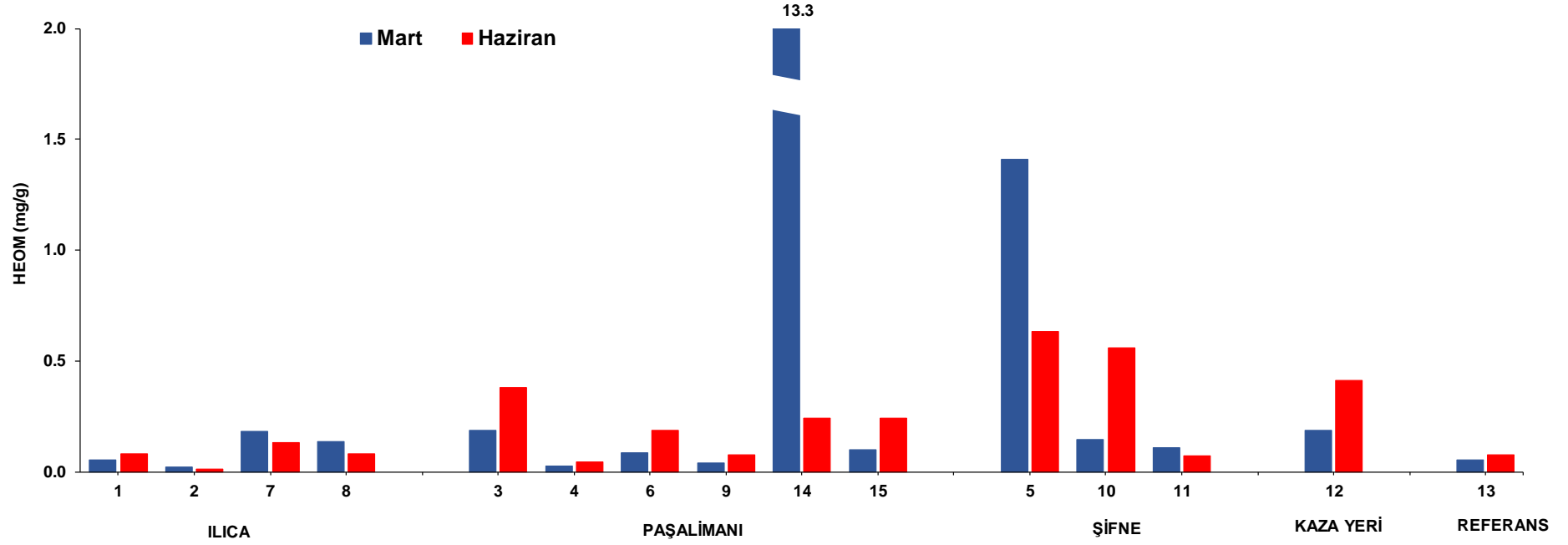
Şekil 3.28. Deniz suyunda BbF/BaP oranlarına karşı BkF/BaP oranlarının istasyonlara göre dağılımı.



Şekil 3.29. Deniz suyunda LMW/HMW oranlarına karşı IcdP/(IcdP+BghiP) oranlarının istasyonlara göre dağılımı.



Şekil 3.30. Sedimentte bulunan toplam organik karbon (TOK) düzeylerinin istasyonlara göre dağılımları.



Şekil 3.31. Sedimentte hegzanla ekstrakte olabilen madde (HEOM) miktarları.

3.5. Sedimentte Toplam Organik Karbon

Sedimentte bulunan toplam organik karbon (TOK) düzeylerinin istasyonlara göre değişimi Şekil 3.30'de verilmiştir. Haziran döneminde en yüksek konsatrasyon 1 nolu istasyonda gözlenmiştir. Haziran döneminde 2, 3, 4, 6, 8, 9, 13 ve 14 nolu istasyonlarda TOK değerleri tayin sınırı (782 mg/kg)'nın altında gözlenmiştir. 1, 5, 10, 11 ve 15 nolu istasyonlarda Mart ayına göre artış gözlenmiştir.

3.6. Sedimentte Hegzanla Ekstrakte Olabilen Organik Madde

Haziran'da sedimentte hegzanla ekstrakte olabilen madde (HEOM) düzeylerinin istasyonlara göre değişimi Şekil 3.31'da verilmiştir. HEOM değerleri tüm istasyonlarda 0.01-0.63 mg/g aralığında bulunmuştur. En yüksek değerler sırasıyla 5, 10 ve 12 nolu istasyonlarda gözlenmiştir. Diğer istasyonlarda gözlenen değerler bu c istasyona kıyasla daha düşük bulunmuştur. 1, 3, 4, 6, 9, 10, 12, 13 ve 15 nolu istasyonlarda Mart ayına göre artış gözlenmiştir.

3.7. Sedimentte Polisiklik Aromatik Hidrokarbonlar

Haziran'da sedimentte analiz edilen Polisiklik Aromatik Hidrokarbonlar ve spesifik bileşenleri (EPA'nın belirlediği 15 bileşen) Şekil 3.32-3.47 ve Tablo 3.9'de verilmiştir. Acenaphtylene: 6.3-8.8; Acenaphthene: 1.7-29.3; Fluorene: 0.5-10.1; Phenanthrene: 7.5-82.8; Anthracene: 4.0-30.0; Fluoranthene: 0.5-6.8; Pyrene: 3.9-34.5; Benzo(a)Anthracene: 1.2-49.7; Chrysene: 0.7-86.9; Benzo(b)Fluoranthene: 2.8-481.5; Benzo(k)Fluoranthene: 0.2-11.0; Benzo(a)Pyrene: 0.5-17.4; Indeno(1,2,3-c,d)Pyrene: 0.3-34.2; Dibenzo(ah)Anthracene: 0.8-14.8; Benzo(g,h,i)Perylene: 0.1-21.9 ng/g aralığında llmştir. Toplam PAH ise 32.9-861.3 ng/g aralığında bulunmuştur. Sedimentteki PAH bileşenlerinin Mart ve Haziran dönemlerindeki değişimleri Tablo 3.10'de verilmiştir.

Tablo 3.9. Haziran döneminde sedimentte ölçülen Polisiklik Aromatik Hidrokarbon konsantrasyonları (ng/g).

PAH Bileşenleri	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Acenaphthylene	6.3	6.5	7.0	6.5	6.7	6.6	7.8	6.4	6.4	8.8	6.9	8.0	7.1	6.9	6.8
Acenaphthene	6.6	4.5	9.9	7.0	21.4	3.2	3.2	1.7	1.9	13.5	4.4	29.3	25.0	10.2	4.3
Fluorene	2.2	1.6	2.8	2.7	3.9	0.5	0.8	0.6	0.5	3.9	0.9	5.3	10.1	1.1	1.2
Phenanthrene	33.3	19.8	37.1	36.0	40.6	7.6	12.3	8.8	7.5	39.9	8.5	54.9	82.8	12.5	13.2
Anthracene	16.1	12.2	19.8	19.7	30.0	4.8	5.0	4.0	4.5	17.2	6.2	23.8	23.0	6.5	7.5
Fluoranthene	1.9	0.7	2.2	1.6	6.8	1.6	0.7	0.5	0.6	4.1	2.5	4.0	4.0	1.0	1.4
Pyrene	11.7	11.3	15.7	13.2	34.5	4.8	6.5	3.9	4.2	21.0	12.2	30.2	20.6	7.5	7.0
Benz(a)anthracene	3.4	3.3	7.6	4.0	49.7	5.1	1.6	1.2	1.4	5.6	14.9	15.2	5.9	5.9	2.6
Chrysene	1.8	2.9	4.1	1.3	86.9	11.1	1.5	0.7	1.0	2.7	5.4	1.8	2.0	5.7	2.0
Benzo(b)fluoranthene	3.3	7.8	40.9	5.7	481.5	66.8	5.6	2.8	9.3	13.0	123.8	13.6	11.3	39.4	11.4
Benzo(k)fluoranthene	0.2	0.7	1.4	0.4	11.0	2.7	1.2	0.2	0.3	1.9	0.7	1.5	1.7	1.5	0.4
Benzo(a)pyrene	0.7	3.1	3.5	0.9	17.4	3.3	3.9	0.6	0.5	5.5	1.7	3.8	4.8	3.3	1.1
Indeno (1,2,3-cd)pyrene	0.3	1.7	3.9	0.4	34.2	9.0	0.9	0.3	0.7	2.1	1.3	1.9	1.5	3.3	1.2
Dibenz(a,h)anthracene	0.8	2.9	3.4	1.1	14.8	3.7	5.3	0.9	1.0	8.8	1.5	8.9	9.4	2.3	1.4
Benzo(g,h,i)perylene	0.1	0.2	1.5	0.2	21.9	6.3	1.1	0.4	0.5	1.7	0.5	1.9	1.5	3.1	1.2
TOPLAM PAH	88.7	79.2	160.9	100.7	861.3	137.0	57.5	32.9	40.5	149.6	191.4	204.2	210.7	110.1	62.8
ΣKarsinojen/ΣPAH (%)	11.8	28.4	40.3	13.7	80.8	74.2	35.0	20.5	34.9	26.4	78.0	22.9	17.4	55.7	32.1

Tablo 3.10. Sedimentteki PAH bileşenlerinin Mart ve Haziran dönemlerindeki değişimleri.

PAH Bileşenleri	Sedimentteki Değişim
Acenaphthylene	6, 12, 15 nolu istasyonlarda artmış, diğerlerinde azalmıştır.
Acenaphthene	3, 12 nolu istasyonlarda artmış, diğerlerinde azalmıştır.
Fluorene	Tüm istasyonlarda azalmıştır.
Phenanthrene	12 nolu istasyon hariç diğerlerinde azalmıştır.
Anthracene	14 nolu istasyon hariç diğerlerinde artmıştır.
Fluoranthene	Tüm istasyonlarda azalmıştır.
Pyrene	5,6,7,8,9 ve 14 nolu istasyonlarda azalmış, diğerlerinde artmıştır.
Benz(a)anthracene	5 ve 14 nolu istasyonlarda azalmış, diğerlerinde artmıştır.
Chrysene	1,2,6,10,11,12 ve 15 nolu istasyonlarda artmış, diğerlerinde azalmıştır.
Benzo(b)fluoranthene	14 nolu istasyon hariç diğerlerinde artmıştır.
Benzo(k)fluoranthene	1,4,5,9,13 ve 14 nolu istasyonlarda azalmış, diğerlerinde artmıştır.
Benzo(a)pyrene	5,9 ve 14 nolu istasyonlarda azalmış, diğerlerinde artmıştır.
Indeno(1,2,3-cd)pyrene	8,9,13 ve 14 nolu istasyonlarda azalmış, diğerlerinde artmıştır.
Dibenz(a,h)anthracene	5 ve 14 nolu istasyonda azalmış, diğerlerinde artmıştır.
Benzo(g,h,i)perylene	6,7,10,12 ve 15 nolu istasyonlarda artmış, diğerlerinde azalmıştır.
TOPLAM PAH	3,6,11 ve 12 nolu istasyonlarda artmış, diğerlerinde azalmıştır.
Karsinojenik PAH / Toplam PAH (%)	Tüm istasyonlarda artmıştır.

Sucul ekosistemdeki kirleticilerin sedimentteki konsantrasyonlarının kabul edilebilir limitlerini belirlemek için kullanılan kalite kriterleri veya standartları (SQAG), birçok toksik madde için (ağır metal, PAH ve PCB) geliştirilmiştir (MacDonald ve ark., 2000). SQAG'ler için "Eşik etki seviyesi" (TEL) ve "Canlılara olası etki seviyesi" (PEL) değerleri belirlenmiştir. TEL ve PEL değerleri, bir kimyasalın üç farklı konsantrasyon aralığını belirlemek için kullanılır. Bunlar, canlıya olumsuz etkinin TEL altında "nadiren", TEL-PEL arasında "ara sıra" ve PEL üstünde "sıklıkla" görülebileceği aralıklardır.

Tablo 3.11'da verilen sediment kalite kriterlerine göre (SQAGs, 1994) Haziran'da sedimentte saptanan PAH konsantrasyonları:

- Acy: Tüm istasyonlarda ölçülen değerler TEL-PEL aralığında;
- Ace: 3, 4, 5, 10, 12, 13 ve 14 nolu istasyonlarda ölçülen değerler TEL-PEL aralığında; diğerleri TEL değerinden küçük;
- Flu: Tüm istasyonlarda ölçülen değerler TEL değerinden küçük;
- Phe: Tüm istasyonlarda ölçülen değerler TEL değerinden küçük;
- Ant: Tüm istasyonlarda ölçülen değerler TEL değerinden küçük;
- Flt: Tüm istasyonlarda ölçülen değerler TEL değerinden küçük;
- Pyr: Tüm istasyonlarda ölçülen değerler TEL değerinden küçük;
- BaA: Tüm istasyonlarda ölçülen değerler TEL değerinden küçük;
- Chr: Tüm istasyonlarda ölçülen değerler TEL değerinden küçük;
- BaP: Tüm istasyonlarda ölçülen değerler TEL değerinden küçük;
- DahA: 5, 10, 12 ve 13 nolu istasyonlarda TEL-PEL aralığında, diğer istasyonlarda TEL'den küçük;
- Toplam PAH: Tüm istasyonlarda ölçülen değerler TEL değerinden küçük.

Toplam PAH ve PAH bileşenlerinden BaA, Chr, BbF, BkF, BaP, IcdP, DahA ve BghiP özellikle 5 nolu istasyonda yüksek konsantrasyonlarda tespit edilmiştir (Şekil 3.47). Toplam PAH, Mart'a göre Haziran döneminde 3, 6, 11 ve 12 nolu istasyonlarda artış gösterirken, diğer istasyonlarda azalma gözlenmiştir.

Sediment örnekleri için Toplam PAH içindeki karsinojen bileşik yüzdesi Mart'ta 1.8-37.3 % aralığında iken, Haziran'da % 11.8-80.8 aralığında bulunmuştur (Şekil 3.48). En yüksek Toplam PAH içindeki karsinojen bileşik yüzdesi hem Mart hem de Haziran'da 5 nolu istasyonda, en düşük yüzde ise Mart ve Haziran'da sırasıyla 7 ve 1 nolu istasyonda saptanmıştır. Toplam PAH içindeki karsinojen bileşik yüzdesi 6, 11 ve 14 nolu istasyonlarda %50'nin üzerinde olduğu görülmüştür.

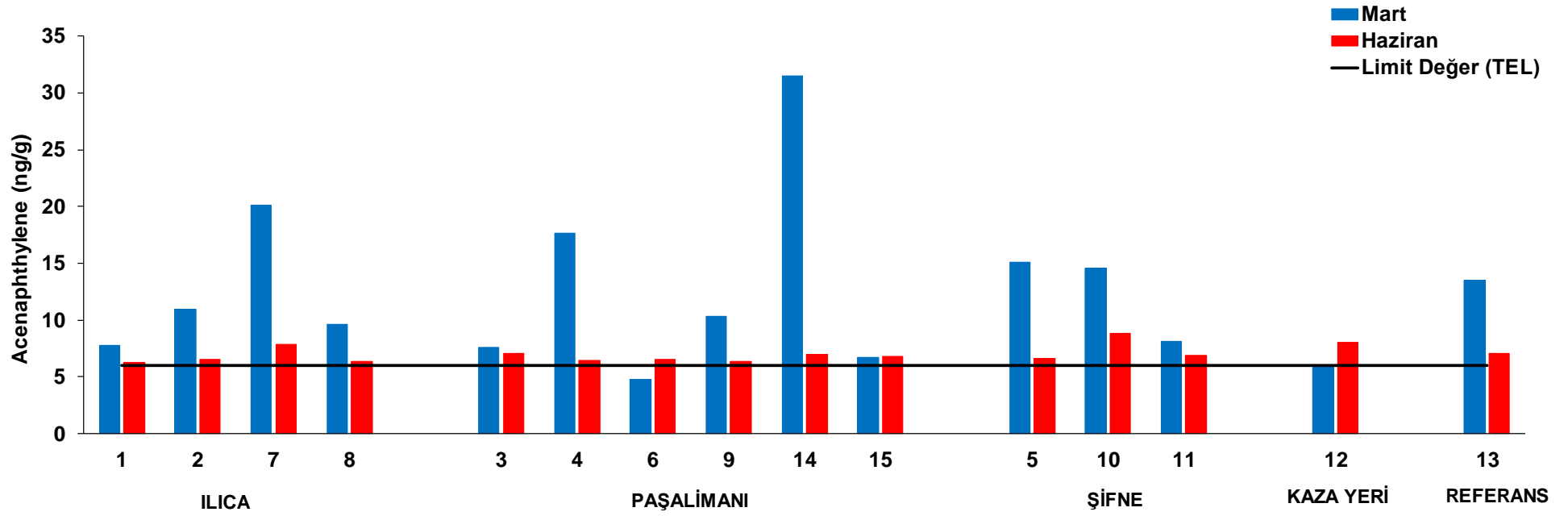
Baumard ve ark. (1998)'in oluşturduğu sediment kirlilik kriterlerine göre 0-100 ng/g düşük, 100-1000 ng/g orta, 1000-5000 ng/g yüksek ve >5000 ng/g çok yüksek olarak tanımlanmaktadır. Bu kriterlere göre, Haziran'da 3, 5, 6, 10, 11, 12, 13 ve 14 nolu istasyonların orta seviyede PAH kirliliği taşıdığı, diğer istasyonların ise düşük kirlilik

seviyesinde olduğu bulunmuştur (Şekil 3.47). Mart dönemine kıyasla, PAH seviyelerinin sadece 6 ve 12 nolu istasyonlarda düşük seviyeden orta seviyeye yükseldiği, öte yandan, 14 nolu istasyonun ise yüksek seviyeden orta seviyeye düştüğü belirlenmiştir.

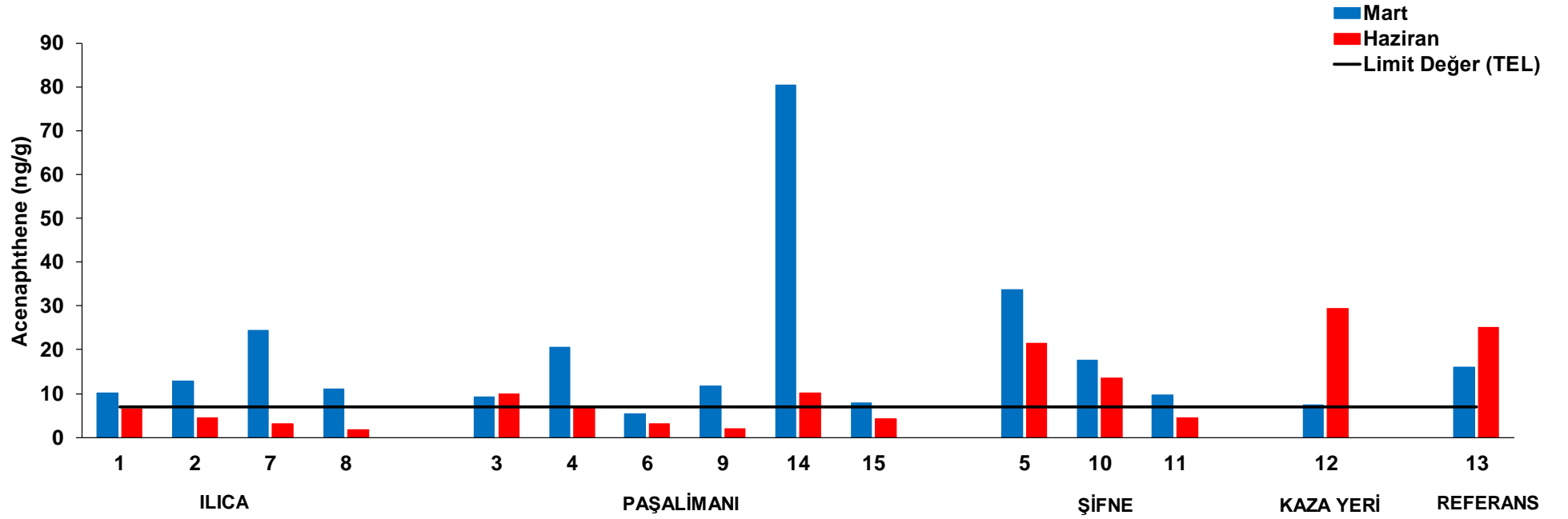
Tablo 3.11. Haziran'da çalışma bölgesi sedimentlerinde ölçülen PAH bileşikleri ile Toplam PAH konsantrasyon aralıkları (ng/g) ve TEL- PEL (ng/g) değerleri (SQAGs, 1994).

PAH Bileşikleri	Konsantrasyon aralığı	TEL	PEL
Acy	6.3-8.8	6	128
Ace	1.7-29.3	7	89
Flu	0.5-10.1	21	144
Phe	7.5-82.8	87	544
Ant	4.0-30.0	47	245
Flt	0.5-6.8	113	1494
Pyr	3.9-34.5	153	1398
BaA	1.2-49.7	75	693
Chr	0.7-86.9	108	846
BaP	0.5-17.4	89	763
DahA	0.8-14.8	6	135
ΣPAHs	32.9-861.3	1684	16770

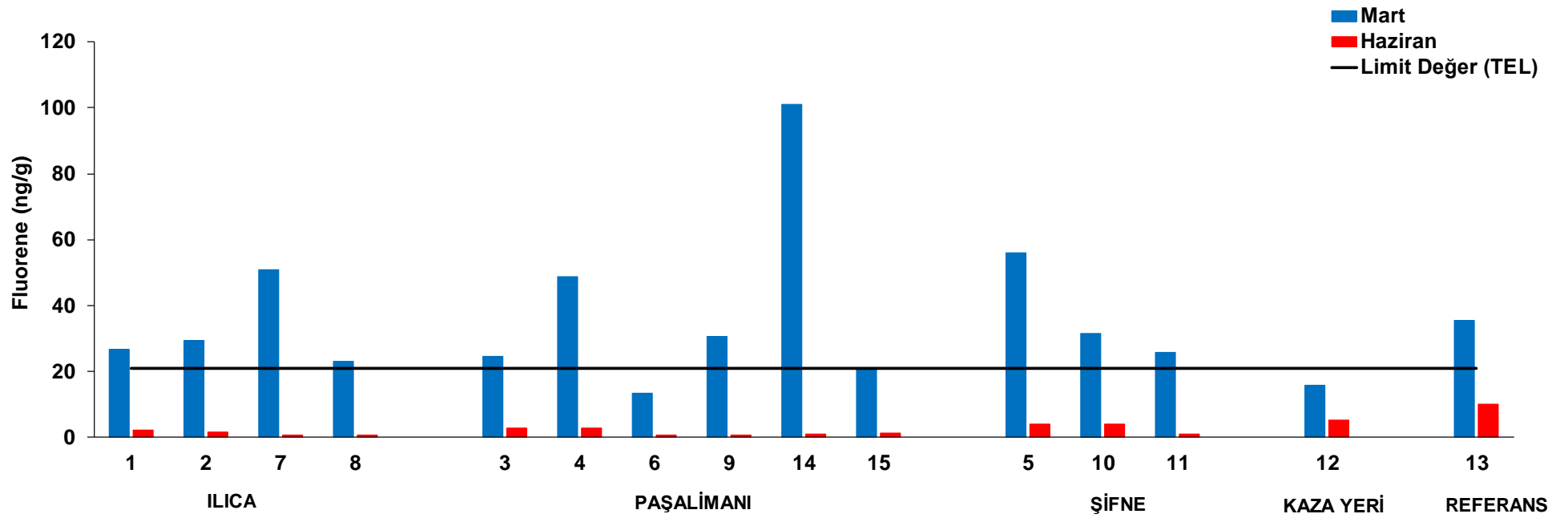
PAH bileşiklerine ait moleküler indislerden (Tablo 3.8) LMW/HMW oranına göre 5, 6, 11 ve 14 numaralı istasyonların pirojenik, diğer istasyonların ise petrojenik kaynaklı olduğu tespit edilmiştir (Şekil 3.49-3.53). Ant/(Ant+Phe), Phe/Ant, BaA/(BaA+Chr) ve IcdP/(IcdP+BghiP) oranlarına göre tüm istasyonların pirojenik kaynaklı olduğu gözlenmiştir. BbF/BaP, Flt/Pyr ve Flt/(Flt+Pyr) oranlarına göre tüm istasyonların petrojenik kaynaklı olduğu gözlenmiştir. BkF/BaP oranına göre 5, 6 ve 9 nolu istasyonlar petrojenik, diğer istasyonların ise pirojenik kaynaklı olduğu gözlenmiştir. Genel olarak hesaplanan tüm indislere göre İldırı ve İlica Körfezi sediment örneklerindeki PAH'ların kaynağının pirojenik ve petrojenik olduğu bulunmuştur.



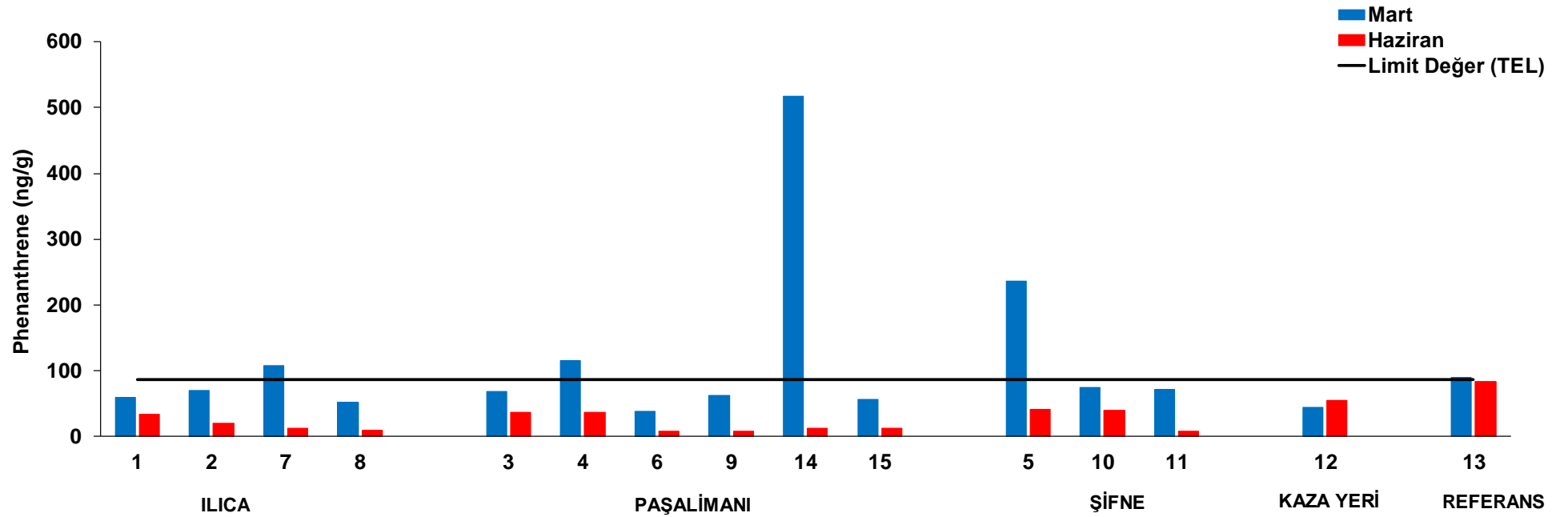
Şekil 3.32. Sedimentte Acenaphthylene konsantrasyonlarının istasyonlara göre dağılımları.



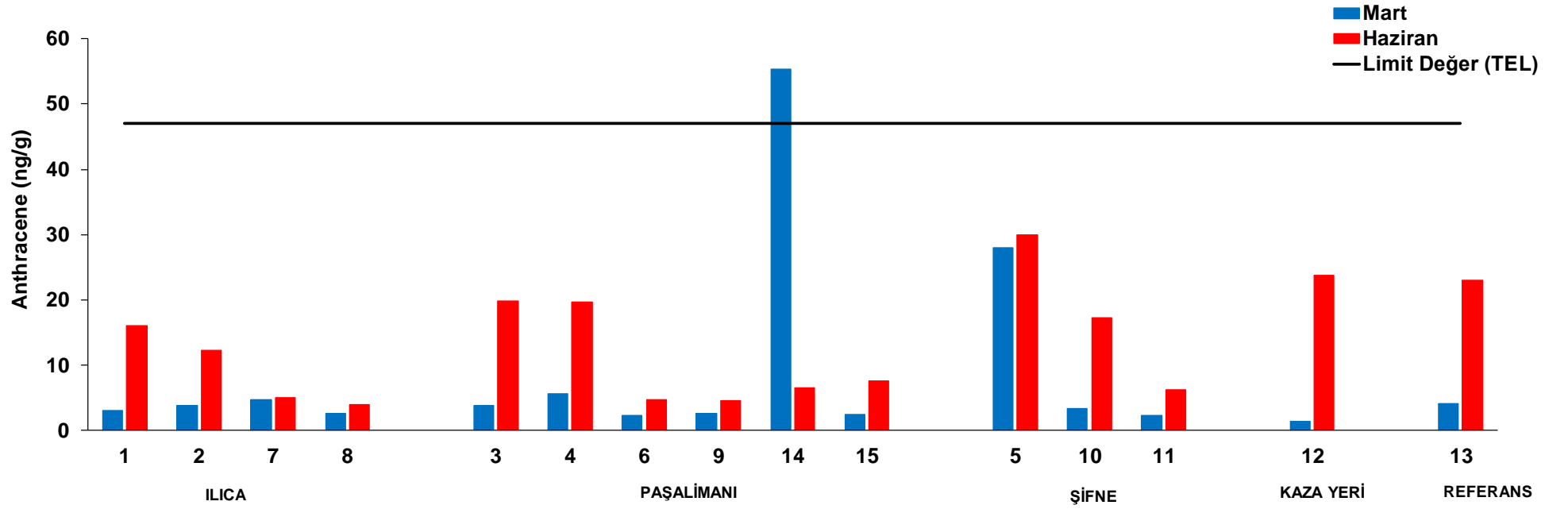
Şekil 3.33. Sedimentte Acenaphthene konsantrasyonlarının istasyonlara göre dağılımları.



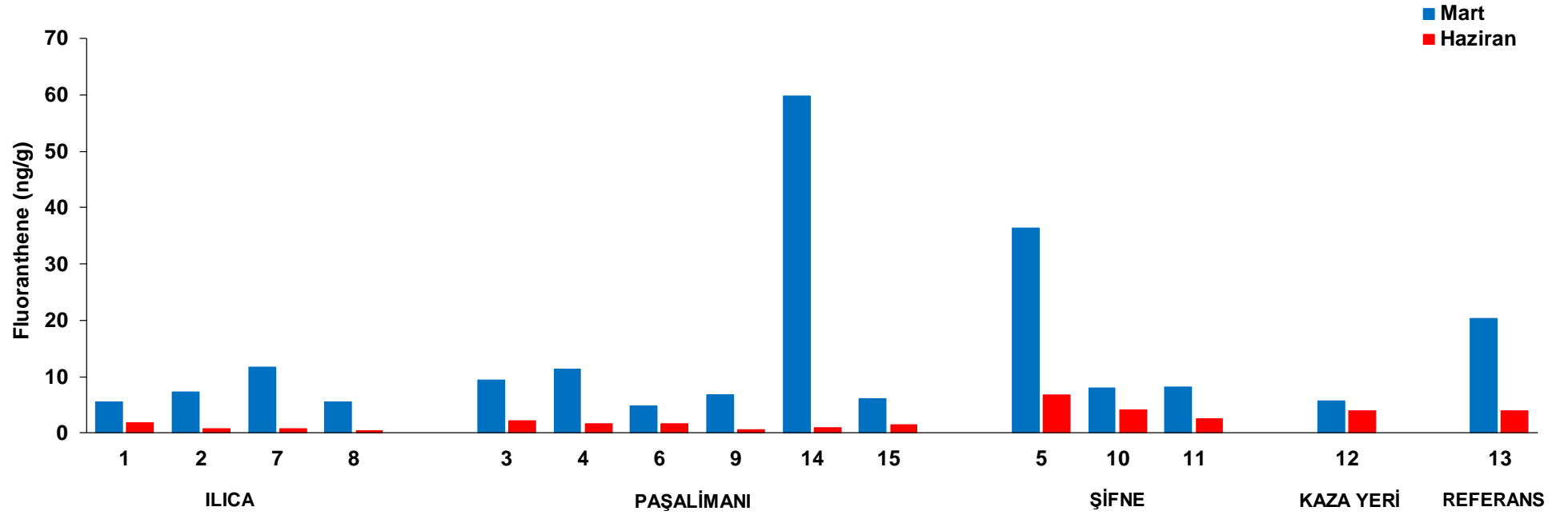
Şekil 3.34. Sedimentte Fluorene konsantrasyonlarının istasyonlara göre dağılımları.



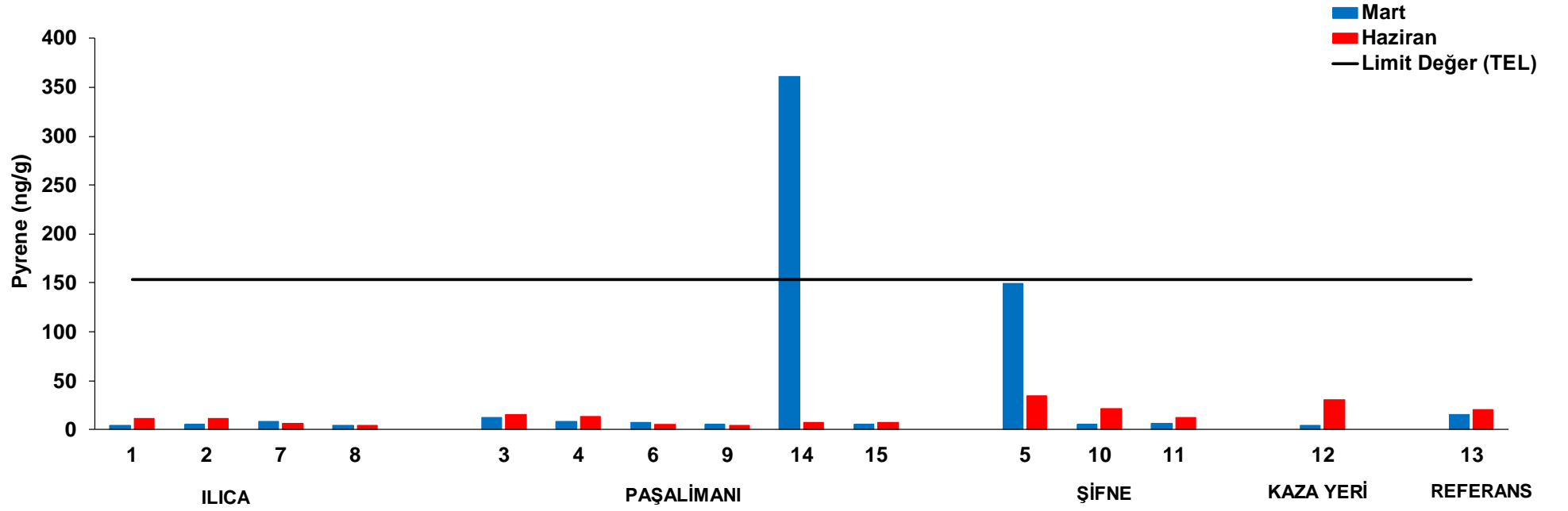
Şekil 3.35. Sedimentte Phenanthrene konsantrasyonlarının istasyonlara göre dağılımları.



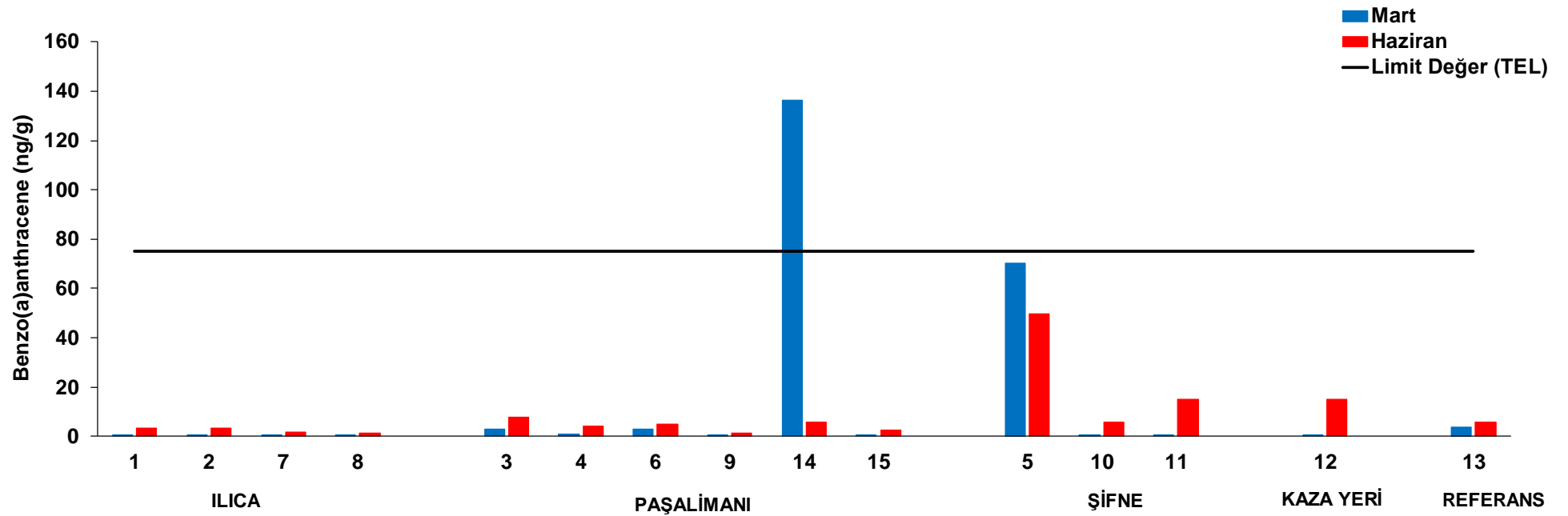
Şekil 3.36. Sedimentte Anthracene konsantrasyonlarının istasyonlara göre dağılımları.



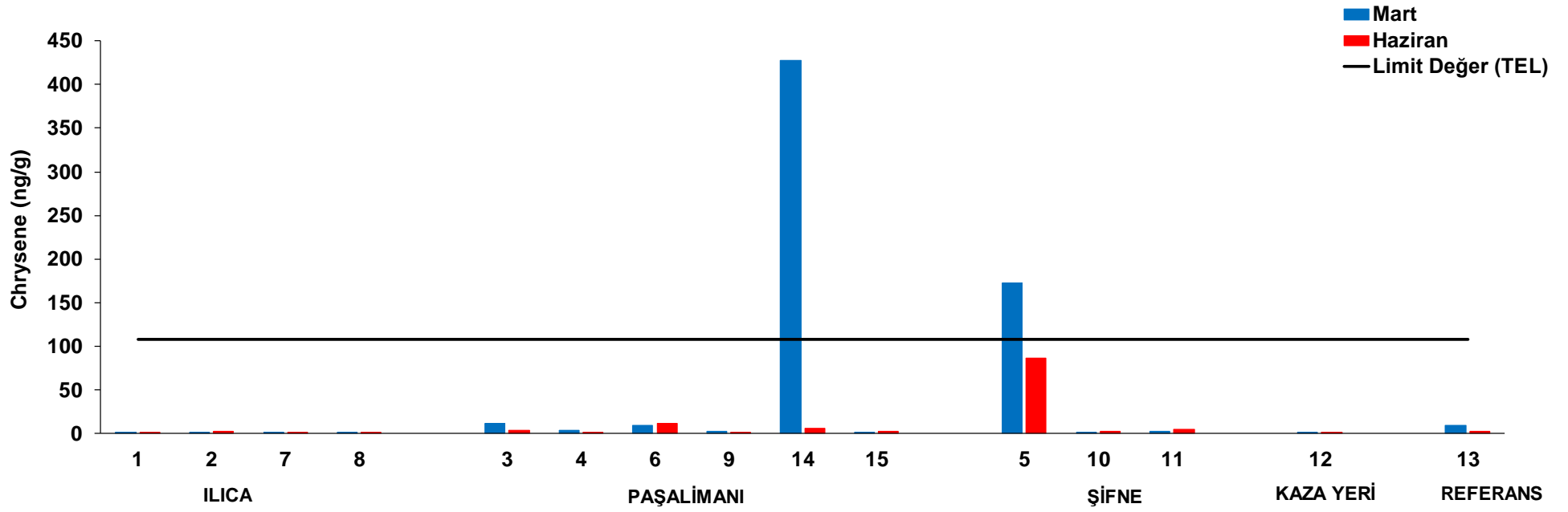
Şekil 3.37. Sedimentte Fluoranthene konsantrasyonlarının istasyonlara göre dağılımları.



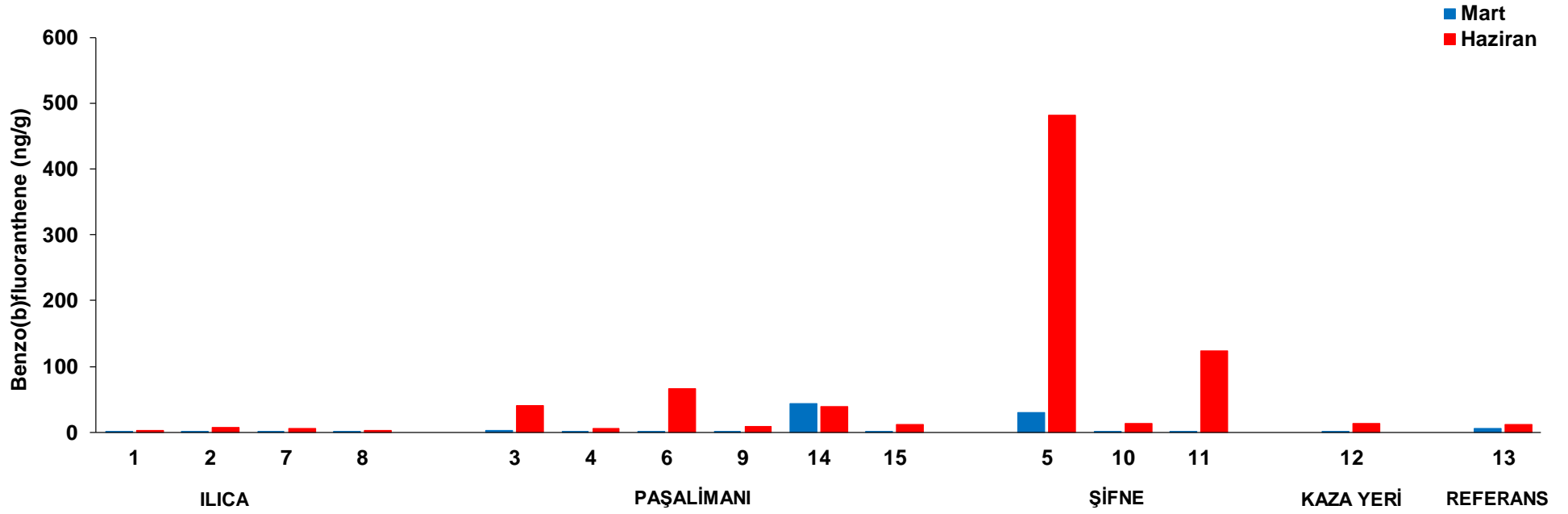
Şekil 3.38. Sedimentte Pyrene konsantrasyonlarının istasyonlara göre dağılımları.



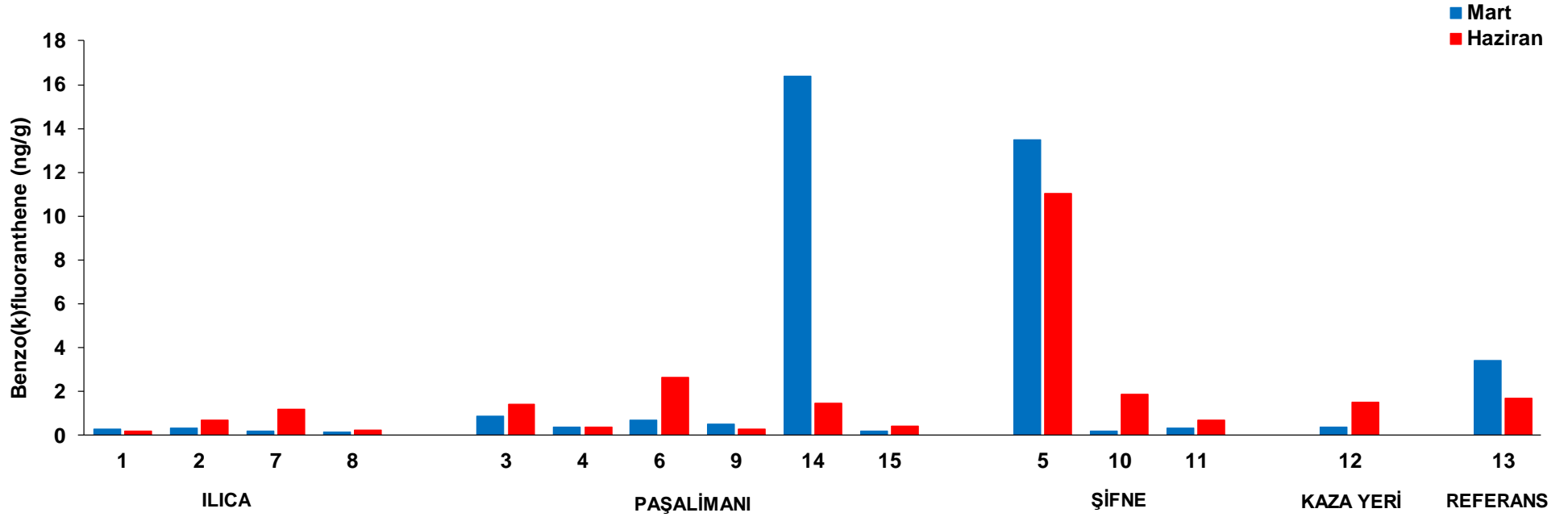
Şekil 3.39. Sedimentte Benzo(a)anthracene konsantrasyonlarının istasyonlara göre dağılımları.



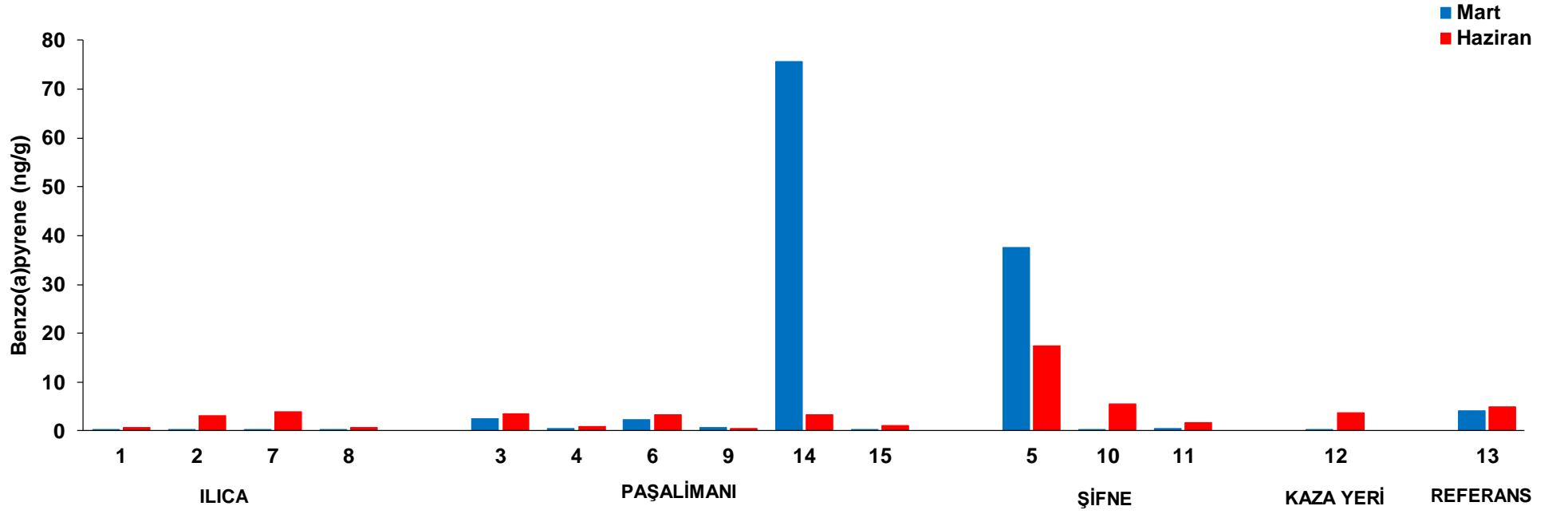
Şekil 3.40. Sedimentte Chrysene konsantrasyonlarının istasyonlara göre dağılımları.



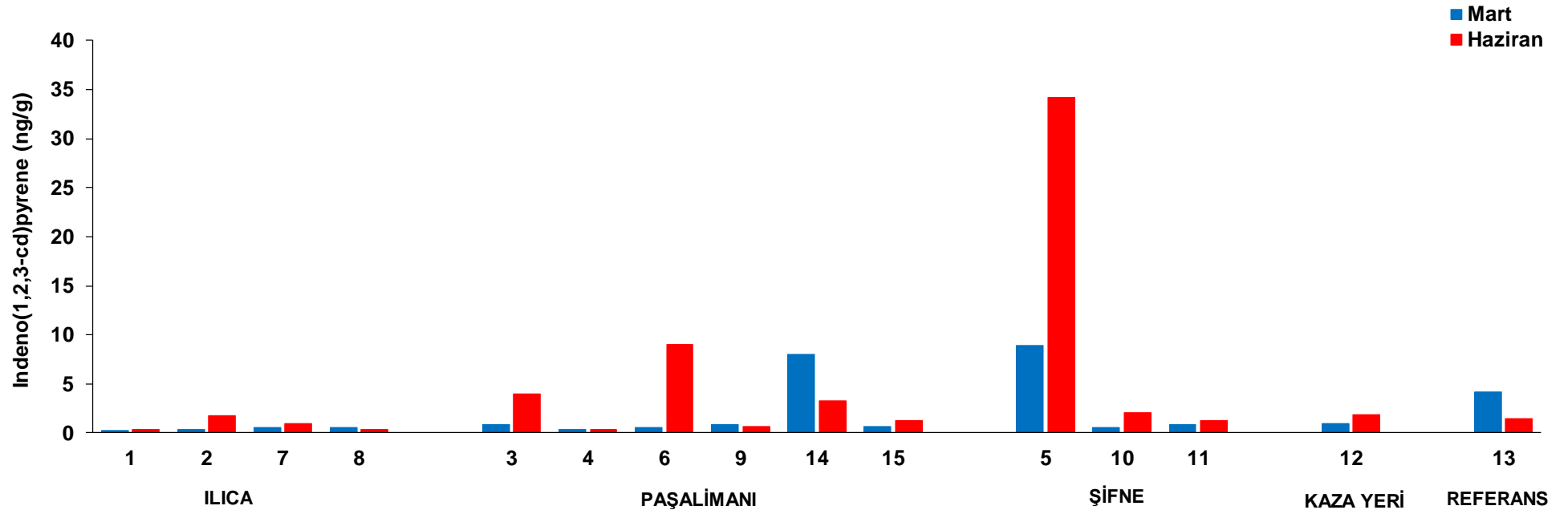
Şekil 3.41. Sedimentte Benzo(b)fluoranthene konsantrasyonlarının istasyonlara göre dağılımları.



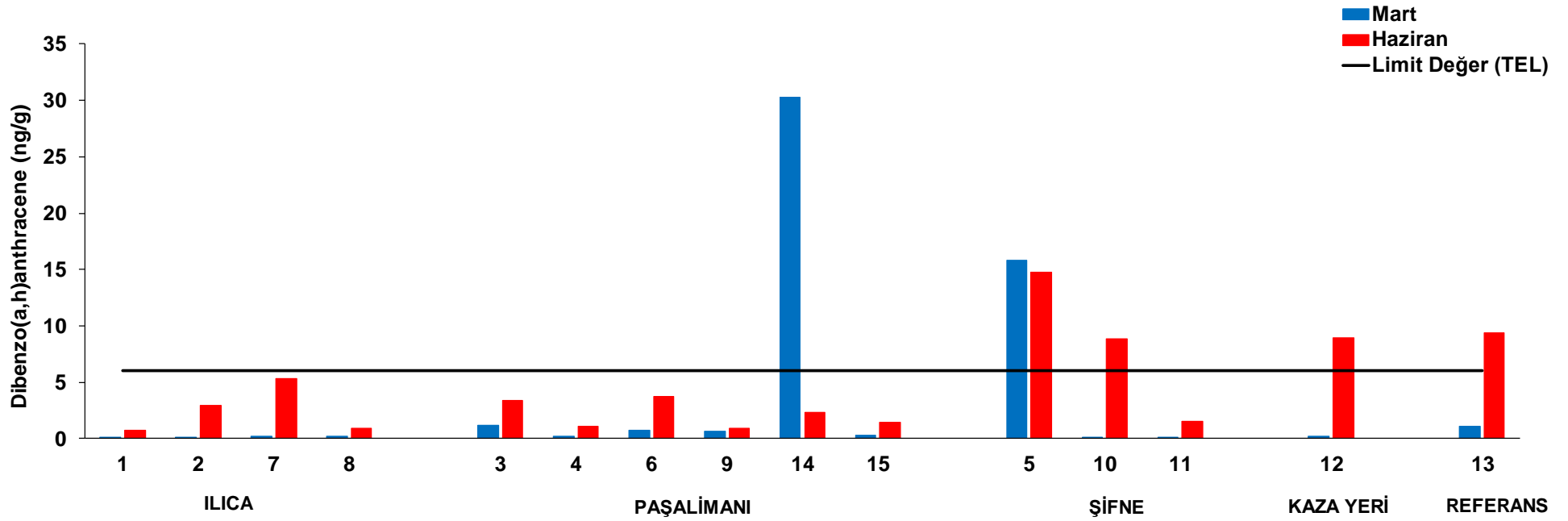
Şekil 3.42. Sedimentte Benzo(k)fluoranthene konsantrasyonlarının istasyonlara göre dağılımları.



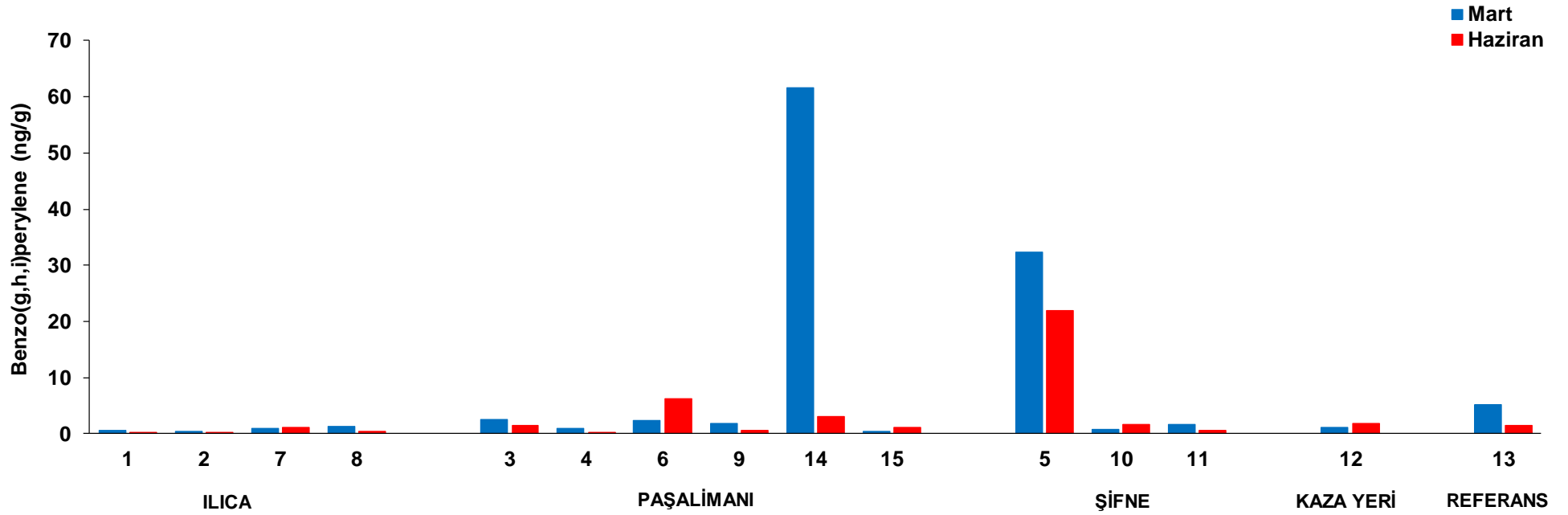
Şekil 3.43. Sedimentte Benzo(a)pyrene konsantrasyonlarının istasyonlara göre dağılımları.



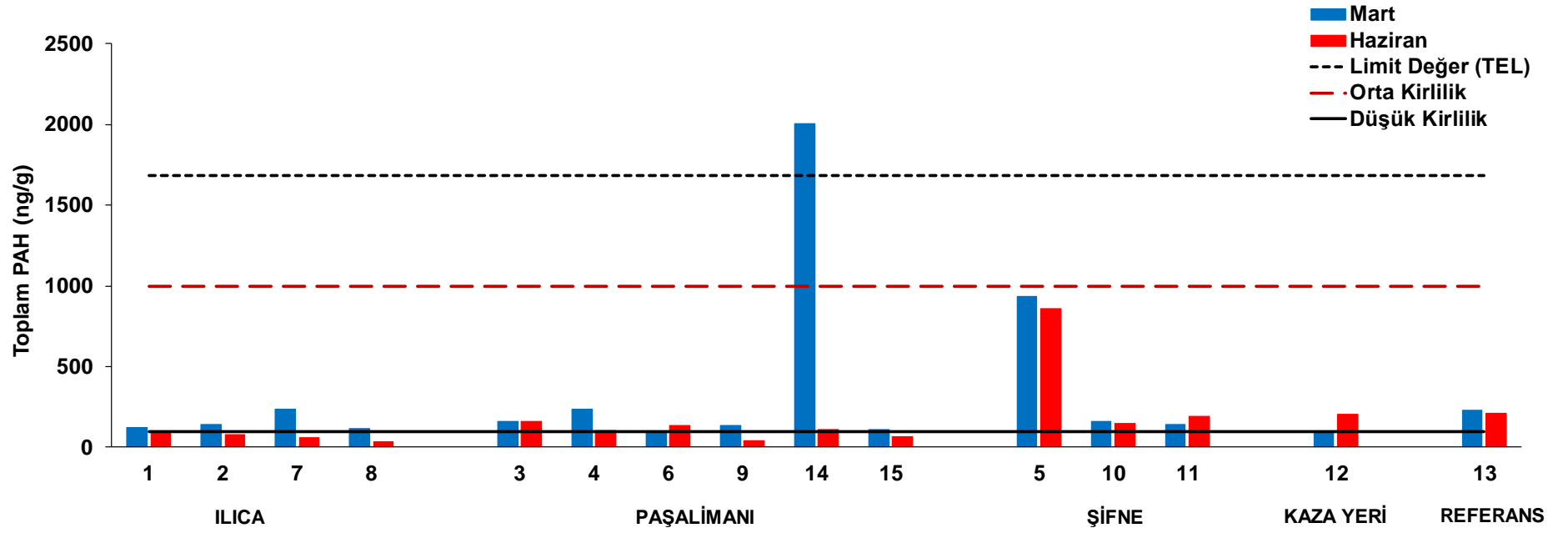
Şekil 3.44. Sedimentte Indeno(1,2,3-cd)pyrene konsantrasyonlarının istasyonlara göre dağılımları.



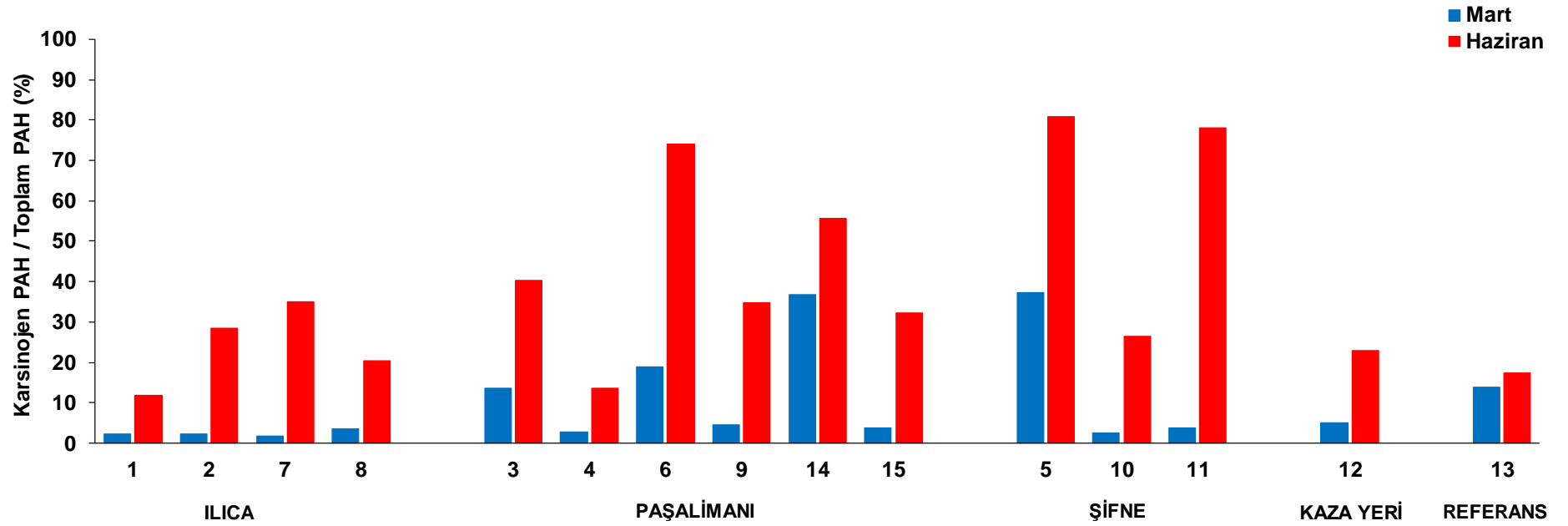
Şekil 3.45. Sedimentte Dibenzo(a,h)anthracene konsantrasyonlarının istasyonlara göre dağılımları.



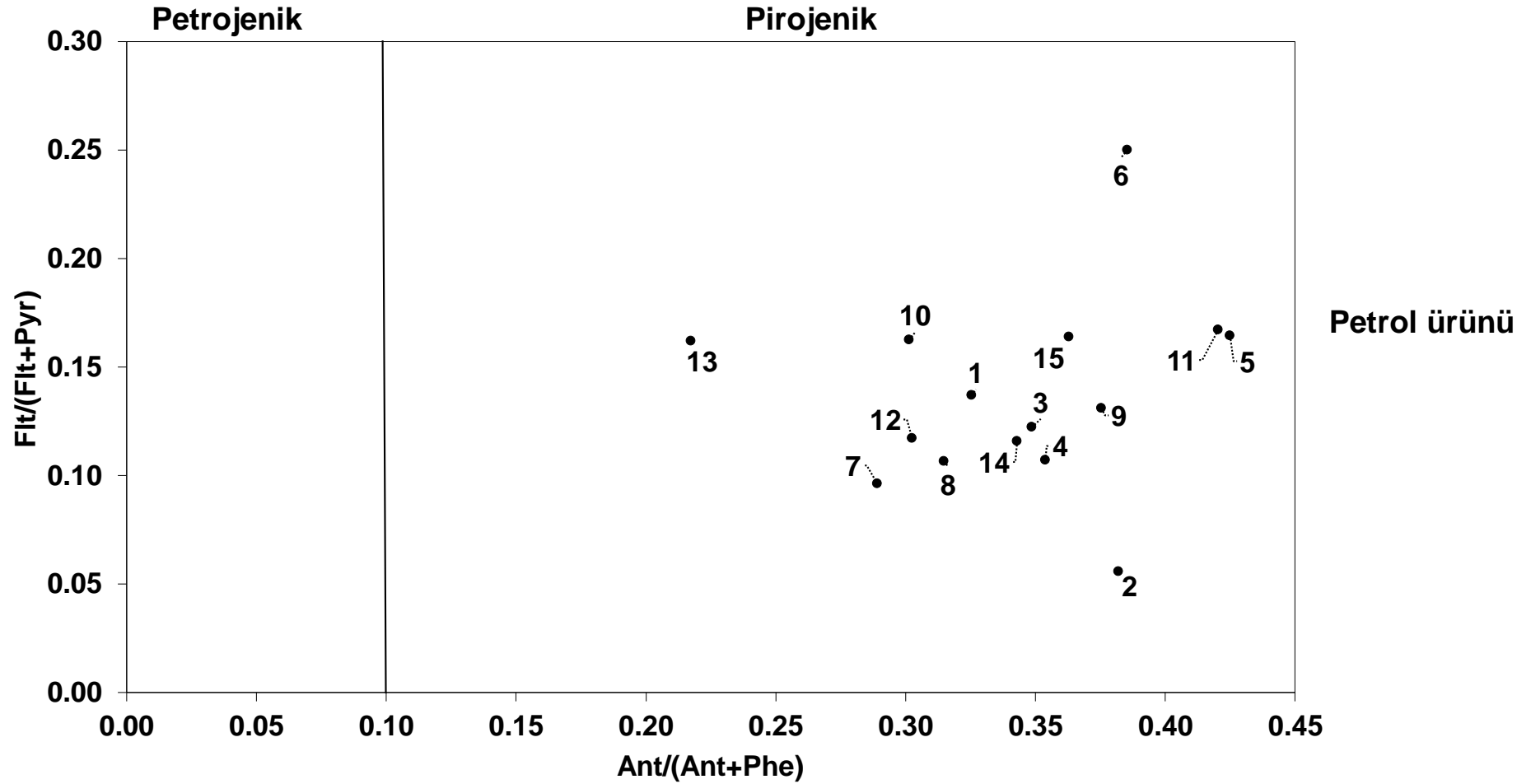
Şekil 3.46. Sedimentte Benzo(g,h,i)perylene konsantrasyonlarının istasyonlara göre dağılımları.



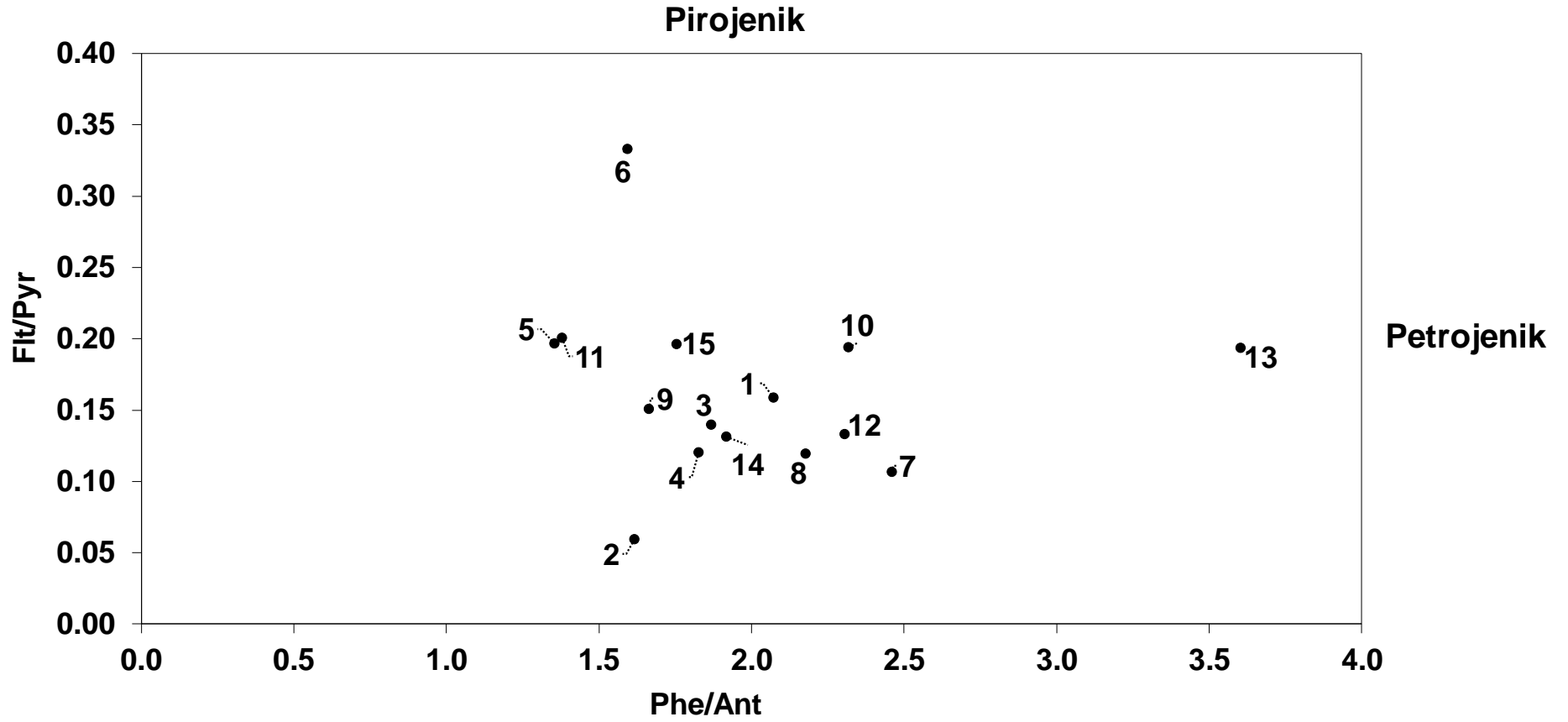
Şekil 3.47. Sedimentte Toplam PAH konsantrasyonlarının istasyonlara göre dağılımları.



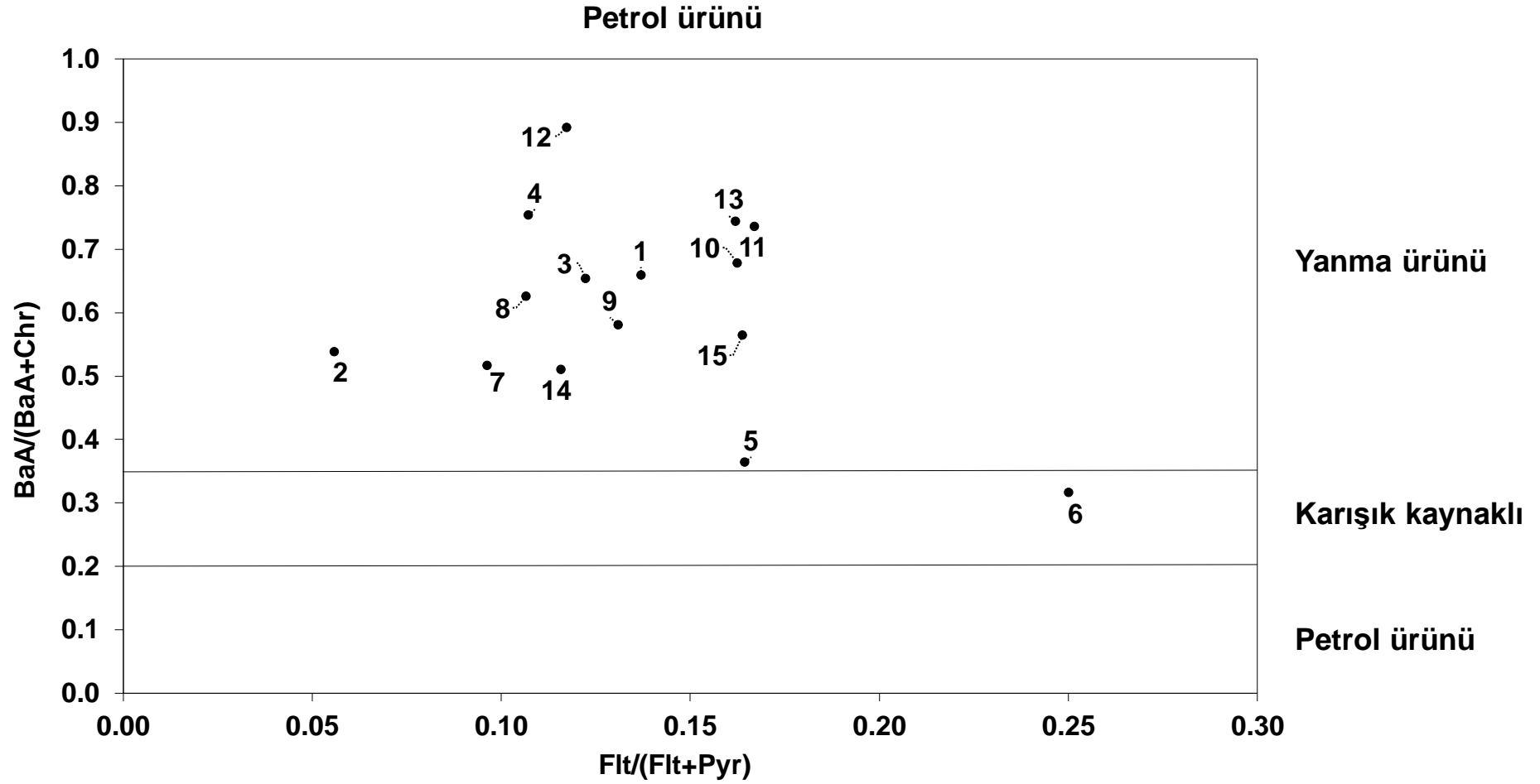
Şekil 3.48. Sedimentte Karsinojen PAH / Toplam PAH oranlarının istasyonlara göre dağılımları.



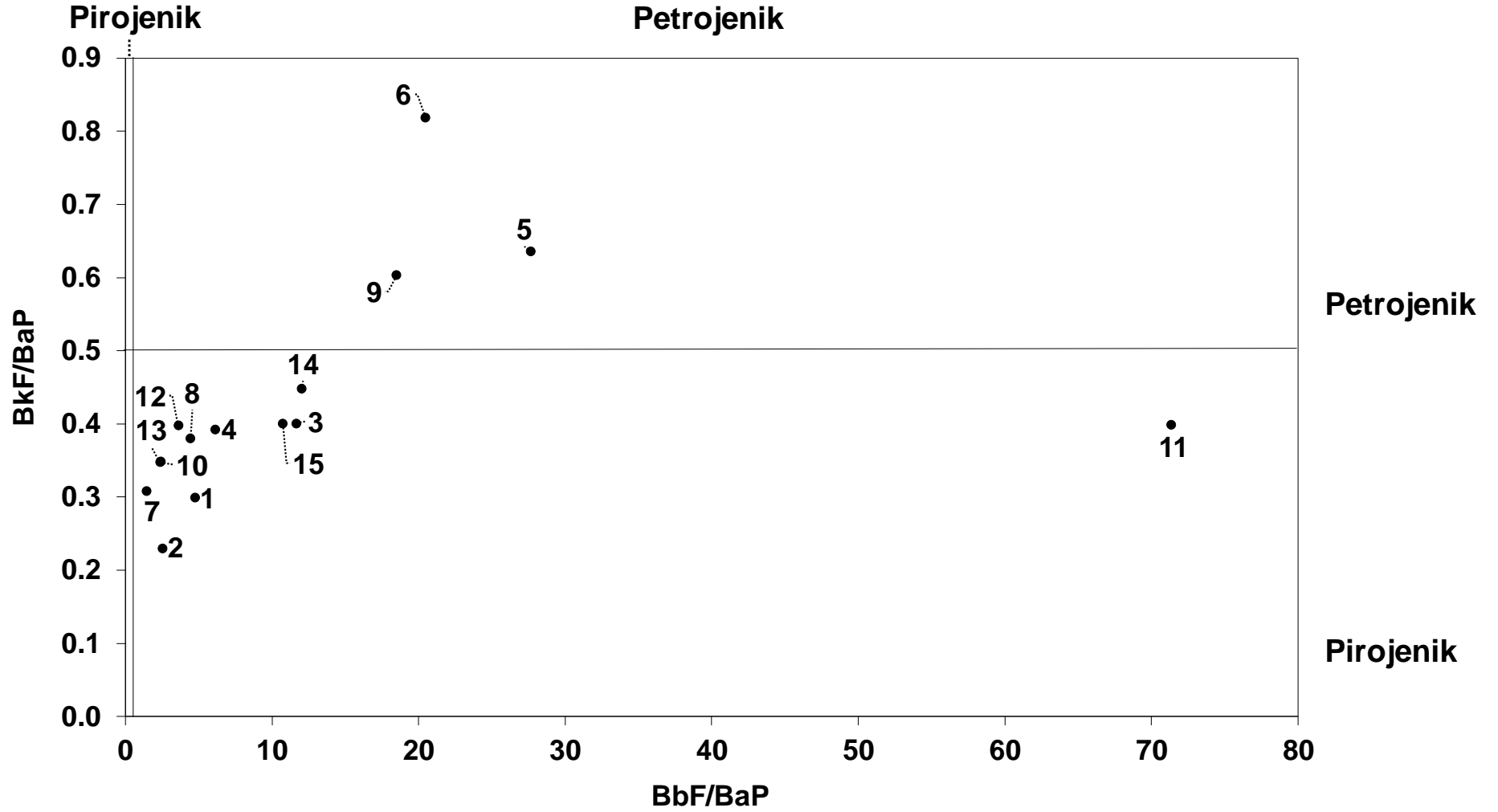
Şekil 3.49. Sedimentte $Ant/(Ant+Phe)$ oranlarına karşı $FIt/(FIt+Pyr)$ oranlarının istasyonlara göre dağılımı.



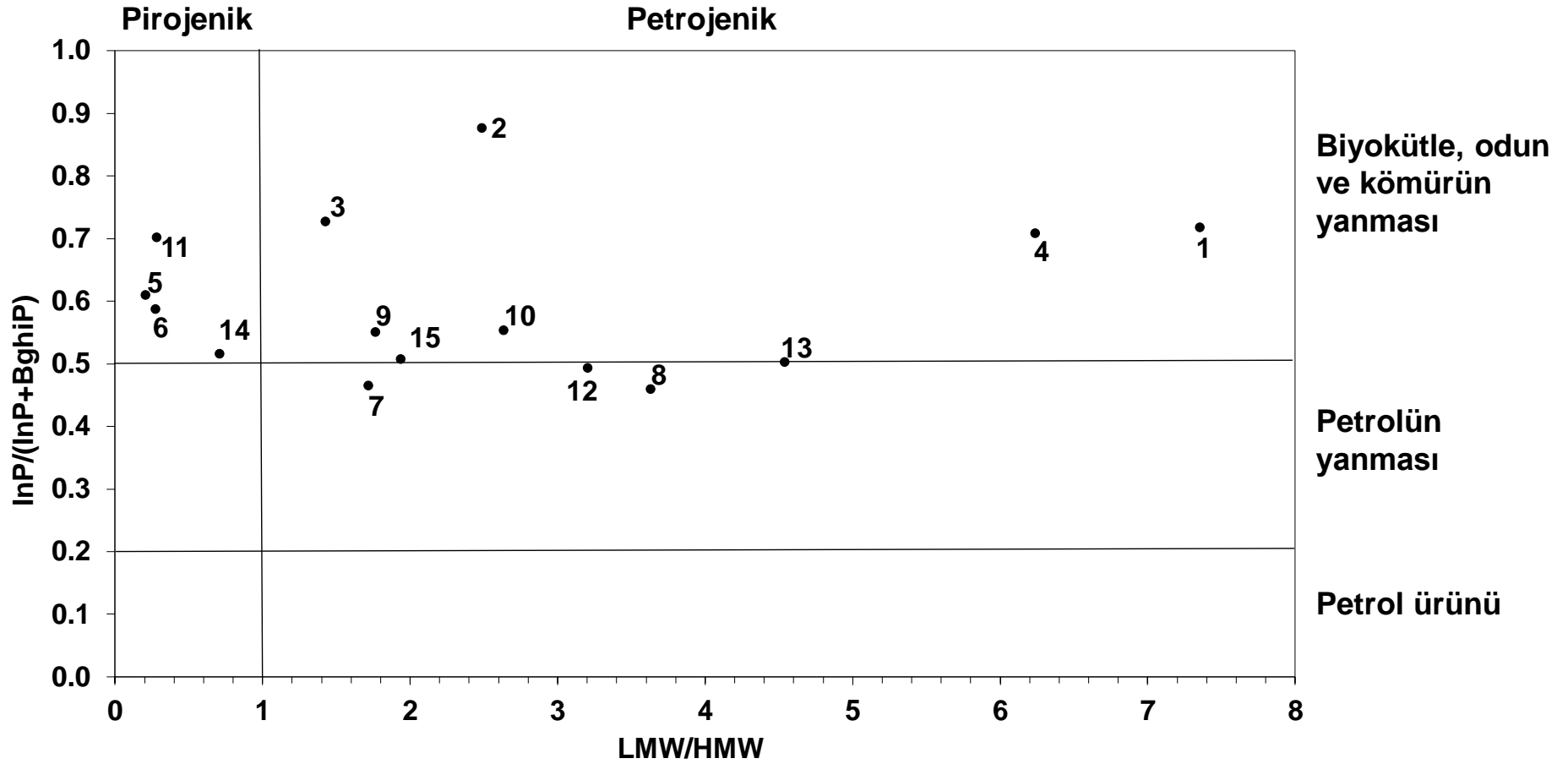
Şekil 3.50. Sedimentte Phe/Ant oranlarına karşı Flt/Pyr oranlarının istasyonlara göre dağılımı.



Şekil 3.51. Sedimentte BaA/(BaA+Chr) oranlarına karşı Flt/(Flt+Pyr) oranlarının istasyonlara göre dağılımı.

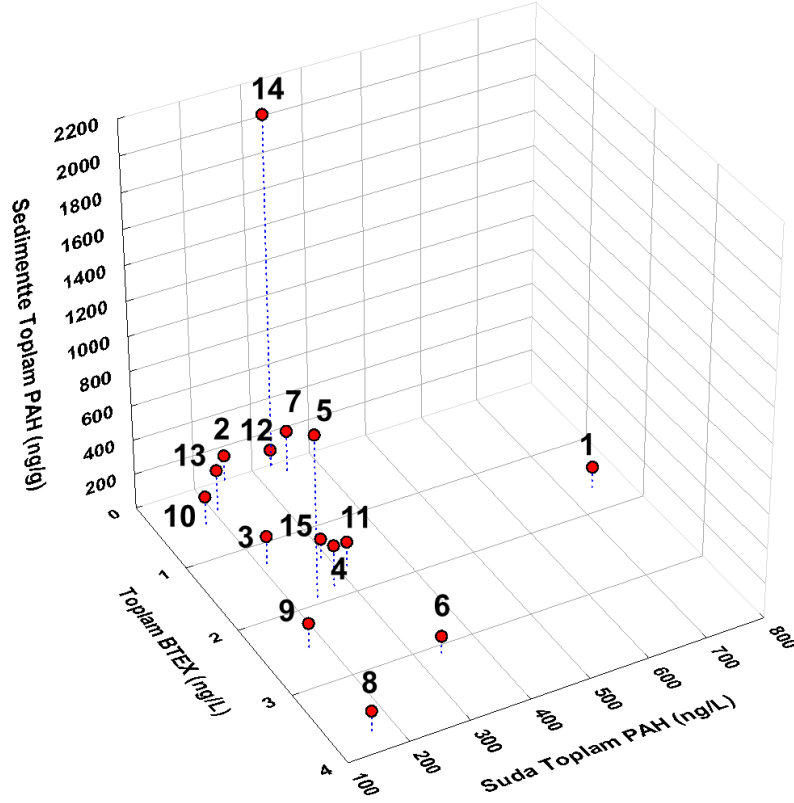


Şekil 3.52. Sedimentte BbF/BaP oranlarına karşı BkF/BaP oranlarının istasyonlara göre dağılımı.

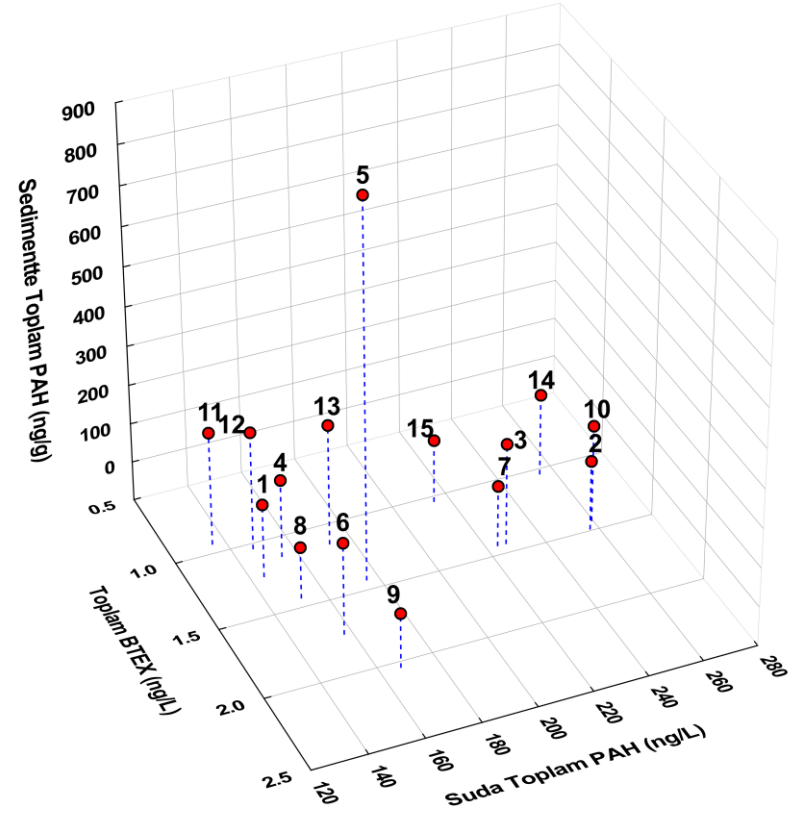


Şekil 3.53. Sedimentte LMW/HMW oranlarına karşı IcdP/(IcdP+BghiP) oranlarının istasyonlara göre dağılımı.

Mart



Haziran



Şekil 3.54. Mart ve Haziran dönemlerinde istasyonlardaki Suda Toplam BTEX, Suda ve Sedimentte Toplam PAH düzeylerinin 3 boyutlu gösterimi.

Şekil 3.54'ye göre sedimentte 5 ve 14 ile suda 1 nolu istasyonda Toplam PAH seviyelerinin diğer istasyonlara göre net bir şekilde daha yüksek oldukları görülmektedir. Aynı şekilde, 6, 8 ve 9 nolu istasyonlarda suda Toplam BTEX düzeyleri diğer istasyonlara kıyasla daha yüksek bulunmuştur.

3.8. Organizmada Polisiklik Aromatik Hidrokarbonlar

Yakıt sızıntısından etkilendiğini belirten Agromey ve Pınar ile etkilenmediği belirtilen Abalıoğlu balık çiftliklerinden haziran döneminde levrek, çipura ve midye örnekleri alınmıştır. Balık çiftliklerinden alınan levrek, çipura ve midye örneklerinde ölçülen Polisiklik Aromatik Hidrokarbon (EPA'nın belirlediği 16 bileşen) konsantrasyonları Şekil 3.55-3.62 ve Tablo 3.12'da verilmiştir.

Levrekte Nap:9.0-13.7, Flu:2.4-24.2, Phe:9.4-46, Ant:1.8-2.2, Flt:1.2-2.1 ve Pyr:1.8-4.9; çipurada Nap:9.3-10.2, Flu:3.3-4.4, Phe:11.4-15.3, Ant:1.9-2.1, Flt:1.0-1.7 ve Pyr:1.8-2.3; midyede ise Nap:7.2-20.7, Flu:nd-2.8, Phe:16.8-37.0, Ant:2.1-3.0, Flt:3.1-9.1 ve Pyr:4.8-8.9 ng/g aralığında ölçülmüştür. Toplam PAH levrekte 26.3-93.2; çipurada 29.3-35.8 ve midyede 38.0-78.4 ng/g aralığında bulunmuştur.

Balık çiftliklerinden alınan levrek örneklerinde en yüksek Nap, Flu, Phe, Ant, Flt ve Pyr konsantrasyonları Abalıoğlu'nda, en düşük Nap, Flt ve Pyr konsantrasyonları Pınar'da, en düşük Flu, Phe ve Ant ise Agromey'de saptanmıştır.

Çipura örneklerinde en yüksek Nap, Phe, Flt ve Pyr konsantrasyonları Agromey'de, Flu Abalıoğlu'nda, Ant ise Pınar'da bulunmuştur. En düşük konsantrasyonlar ise Nap ve Ant için Abalıoğlu'nda, Flu, Phe, Flt ve Pyr ise Pınar örneklerinde bulunmuştur.

Midye örneklerinde ise en yüksek Nap ve Ant konsantrasyonları Abalıoğlu'nda, Flu, Phe ve Flt Pınar'da, Pyr ise Agromey'de ölçülmüştür. En düşük Nap, Flu, Phe, Ant ve Flt konsantrasyonları Agromey'de, Pyr ise Abalıoğlu'nda saptanmıştır.

En yüksek toplam PAH konsantrasyonları Abalıoğlu levrek, Agromey çipura ve Pınar midye örneklerinde bulunmuştur.

Tablo 3.12. Haziran döneminde levrek, çipura ve midyede ölçülen Polisiklik Aromatik Hidrokarbon konsantrasyonları (ng/g) (nd: saptanamadı).

PAH Bileşenleri	Pınar	Agromey	Abalıoğlu	Pınar	Agromey	Abalıoğlu	Pınar	Agromey	Abalıoğlu
	Midye			Çipura			Levrek		
Nap	19.6	7.2	20.7	9.7	10.2	9.3	9.0	9.3	13.7
Acy	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Ace	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Flu	2.8	nd	2.8	3.3	4.1	4.4	3.1	2.4	24.2
Phe	37.0	16.8	34.6	11.4	15.3	11.9	12.1	9.4	46.0
Ant	2.6	2.1	3.0	2.1	2.0	1.9	1.8	1.8	2.2
Flt	9.1	3.1	4.2	1.0	1.7	1.4	1.2	1.4	2.1
Pyr	7.2	8.9	4.8	1.8	2.3	2.1	1.8	2.1	4.9
BaA	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Chr	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
BbF	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
BkF	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
BaP	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
IcdP	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
DahA	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
BghiP	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
∑PAHs	78.4	38.0	70.2	29.3	35.8	31.0	29.0	26.3	93.2

Analiz edilen balık ve midye örneklerinde en yüksek toplam PAH konsantrasyonu Abaloğlu levrekte ölçülürken en düşük Agromey levrekte ölçülmüştür. Organizmalardaki PAH bileşenlerinin Mart ve Haziran dönemlerindeki değişimleri Tablo 3.13’da verilmiştir.

Tablo 3.13. Organizmalardaki PAH bileşenlerinin Mart ve Haziran dönemlerindeki değişimleri.

PAH Bileşenleri	Organizmalardaki Değişim
Naphthalene	Pınar ve Abaloğlu Midye ile Abaloğlu Çipura ve Levrek’te artmış, diğerlerinde azalmıştır.
Fluorene	Pınar ve Abaloğlu Midye ile Abaloğlu Levrek’te artmış, diğerlerinde azalmıştır.
Phenanthrene	Tüm Midyeler ile Agromey ve Abaloğlu Levrek’te artmış, diğerlerinde azalmıştır.
Anthracene	Abaloğlu Çipura ve Pınar Levrek hariç diğerlerinde artmıştır.
Fluoranthene	Agromey ve Abaloğlu Midye hariç diğerlerinde artmıştır.
Pyrene	Tüm örneklerde artmıştır.
TOPLAM PAH	Pınar ve Abaloğlu Midye ile Abaloğlu Levrek’te artmış, diğerlerinde azalmıştır.

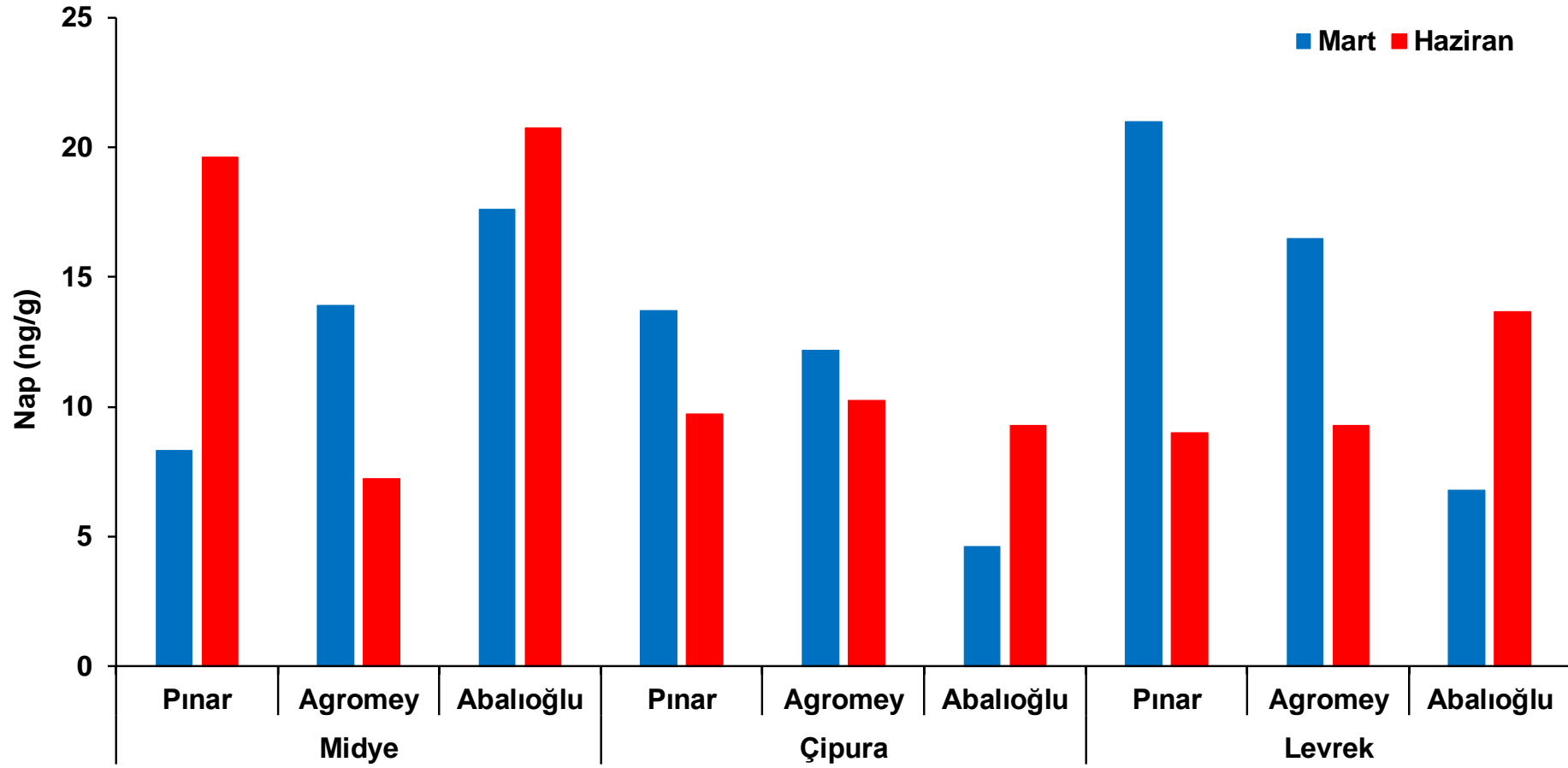
Şekil 3.62’teki Phe/Ant oranlarına bakıldığında levrekte 5.2-20.7; çipurada 5.5-7.5 ve midyede ise 8.1-14.3 aralığında bulunmuştur. Bu oranlar Abaloğlu levrek ve midye ile Pınar midye örneklerindeki PAH bileşiklerinin petrojenik kaynaklı olabileceğini göstermektedir.

Flt/Pyr oranlarına bakıldığında levrekte 0.43-0.67; çipurada 0.57-0.75 ve midyede ise 0.34-1.27 aralığında bulunmuştur. Bu oranlara bakıldığında Pınar midye hariç tüm midye, çipura ve levrek örneklerindeki PAH bileşiklerinin petrojenik kaynaklı olabileceğini göstermektedir.

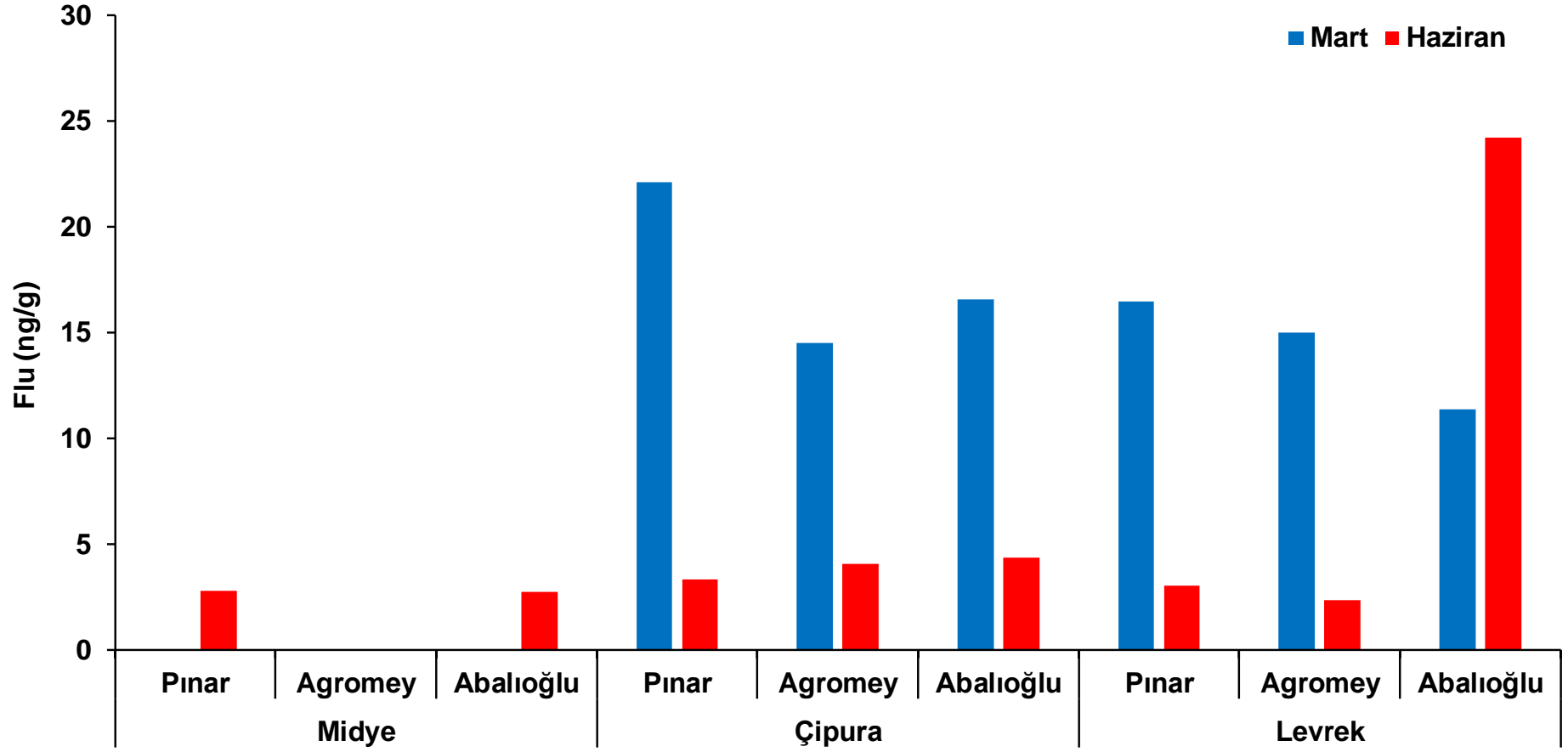
Her iki dönemde de balık çiftliklerinden alınan levrek, çipura ve midyede bulunan toplam PAH seviyeleri NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) kriterlerine göre tamamı “az kirli” olduğu görülmüştür (kirli değil (<10 ng/g), az kirli (10

to 99 ng/g), orta seviyede kirli (100 to 1000 ng/g), and aşırı kirli (>1000 ng/g) (Varanasi ve ark., 1993; Soares-Gomes ve ark., 2010).

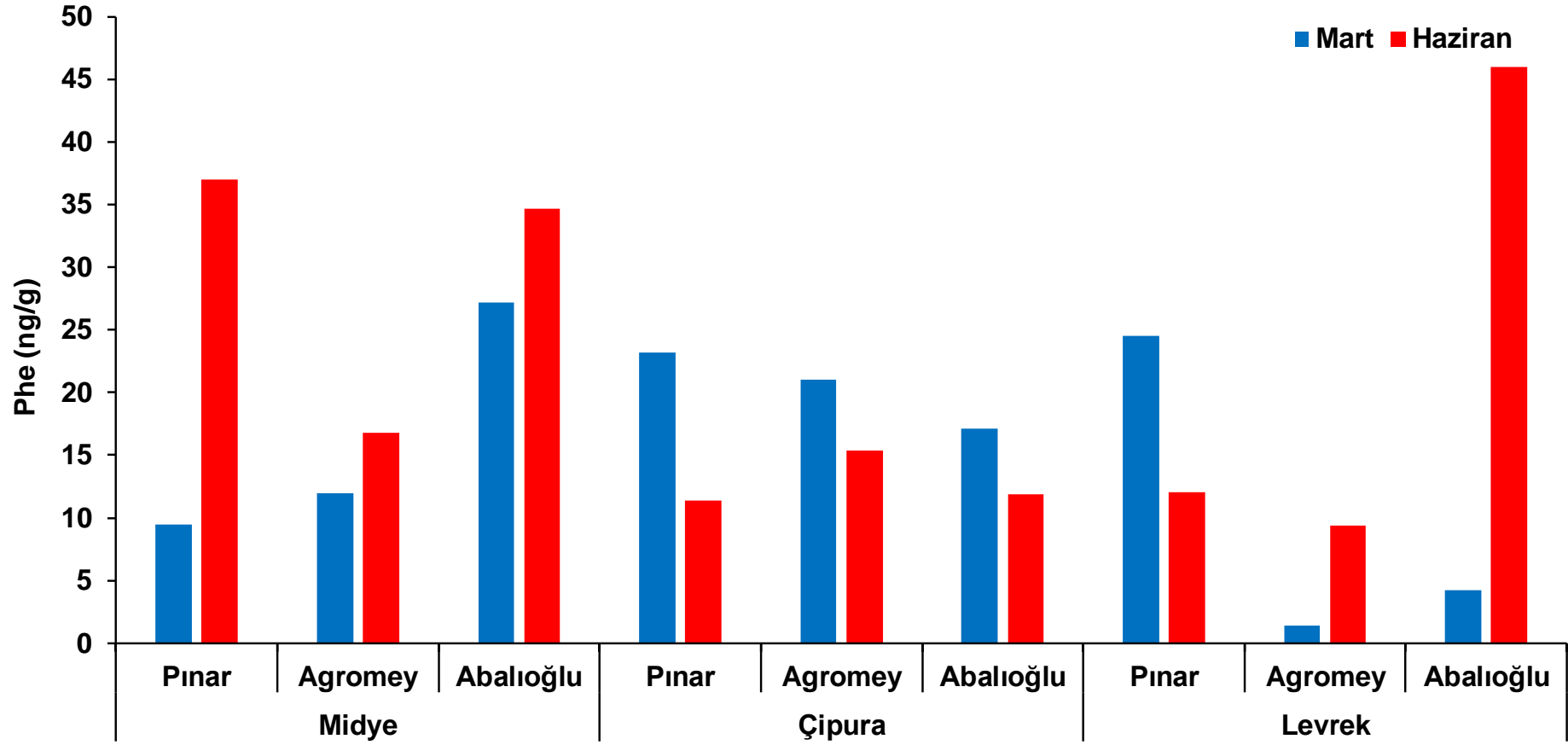
Her iki dönemde de balık çiftliklerinden alınan levrek, çipura ve midyelerde karsinojen olarak sınıflandırılan bileşiklere rastlanmamıştır. Dolayısıyla incelenen organizmalarda herhangi bir sağlık riski gözlenmemiştir.



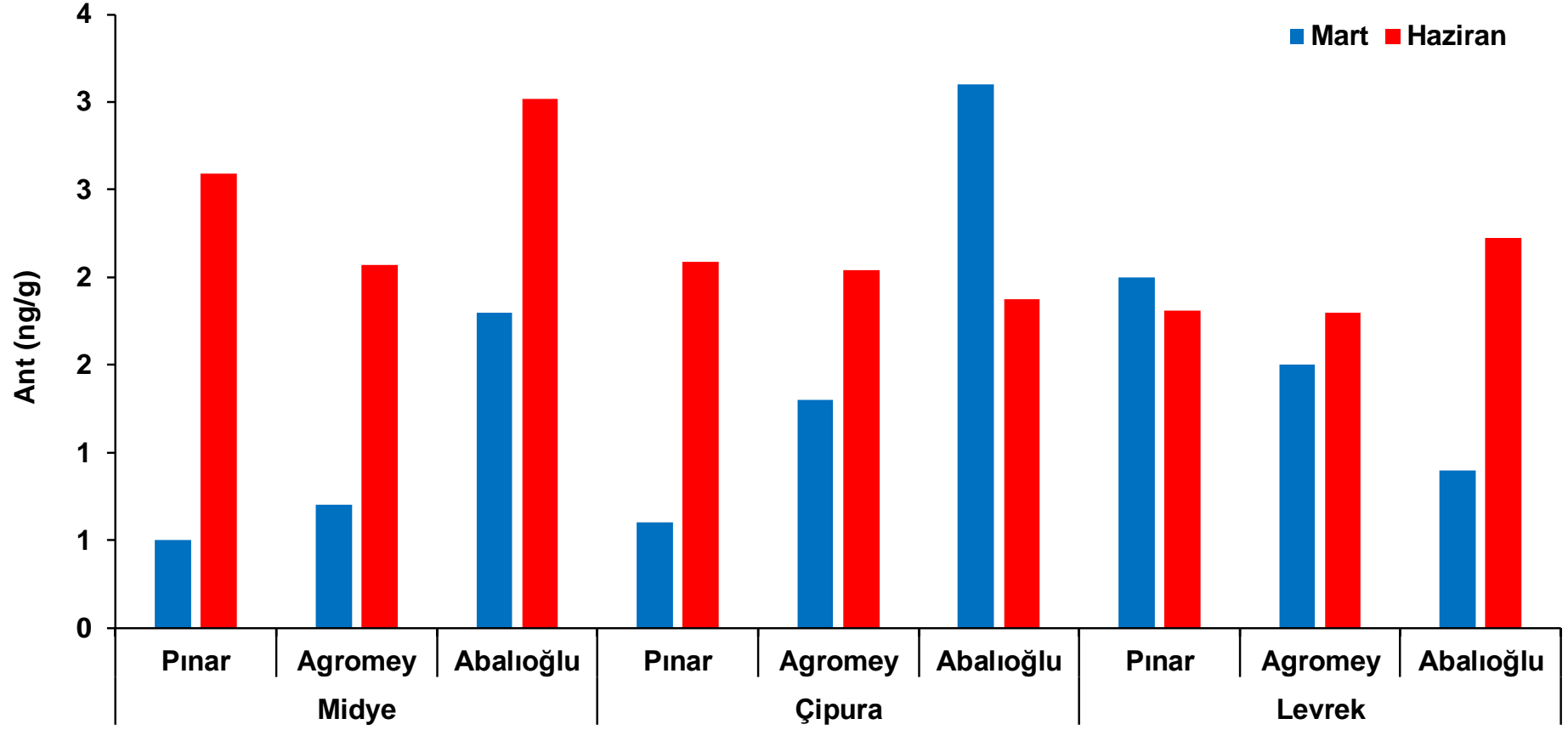
Şekil 3.55. Balık çiftliklerinden örneklenen Levrek, Çipura ve Midye'deki Naphtalene konsantrasyonları.



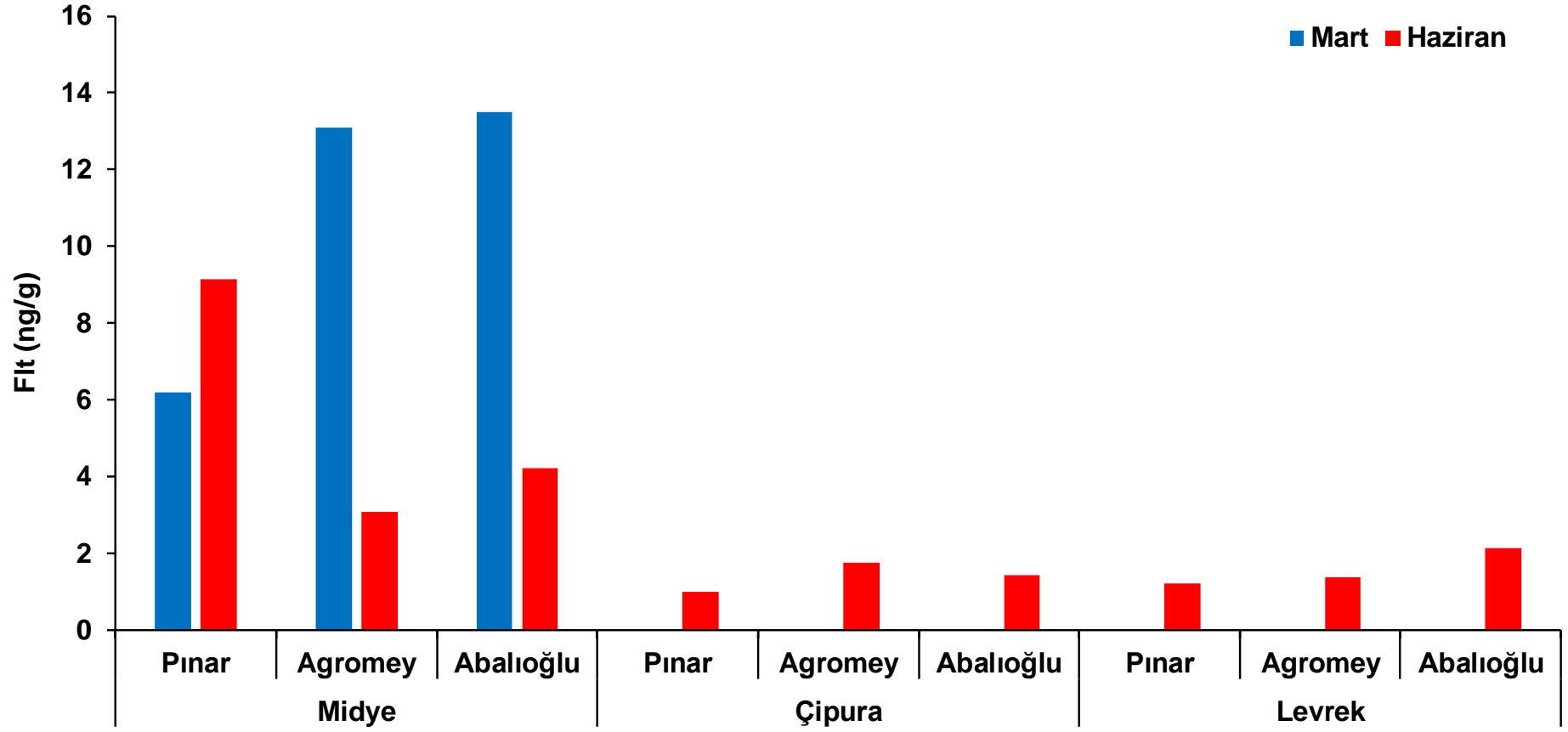
Şekil 3.56. Balık çiftliklerinden örneklenen Levrek, Çipura ve Midye'deki Fluorene konsantrasyonları.



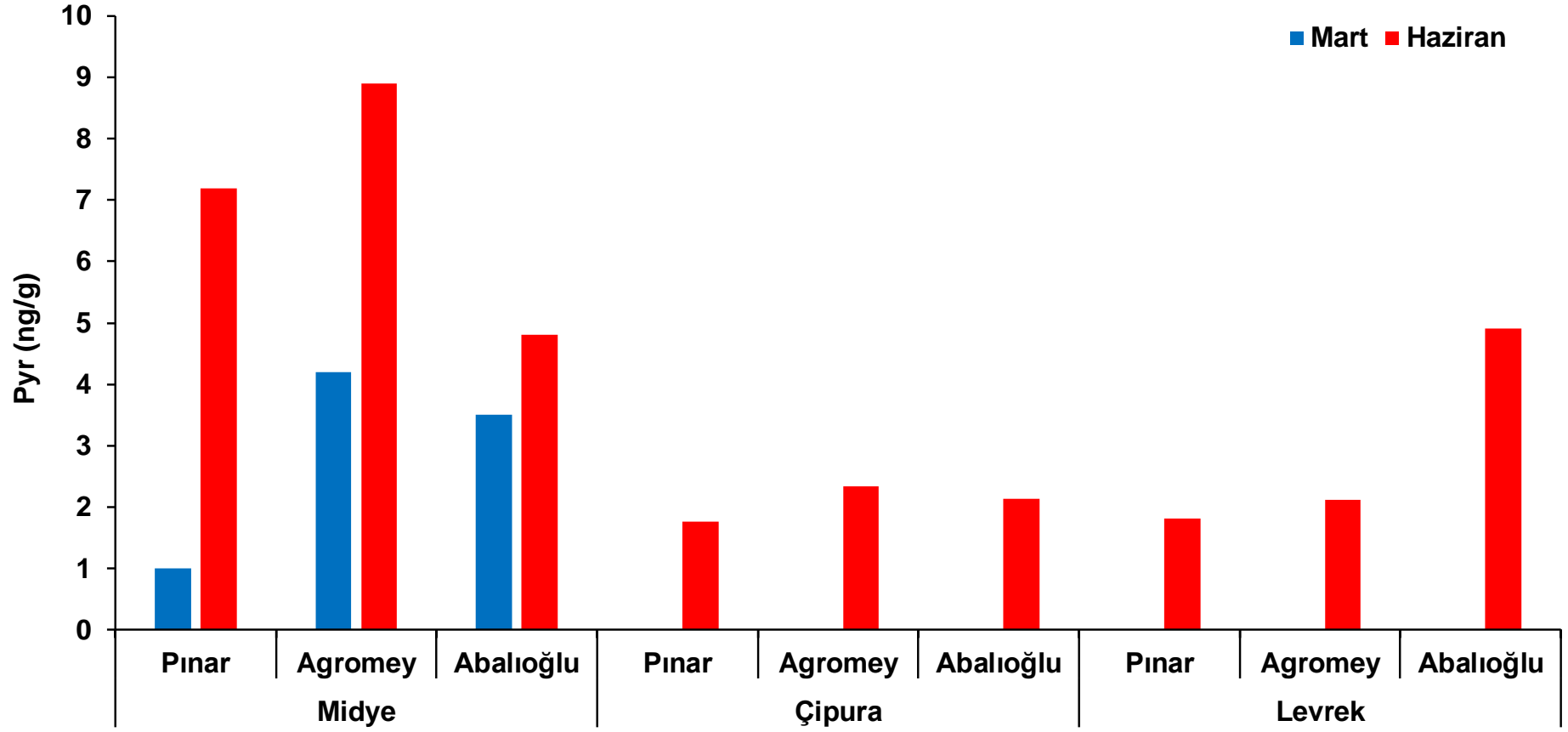
Şekil 3.57. Balık çiftliklerinden örneklenen Levrek, Çipura ve Midye'deki Phenanthrene konsantrasyonları.



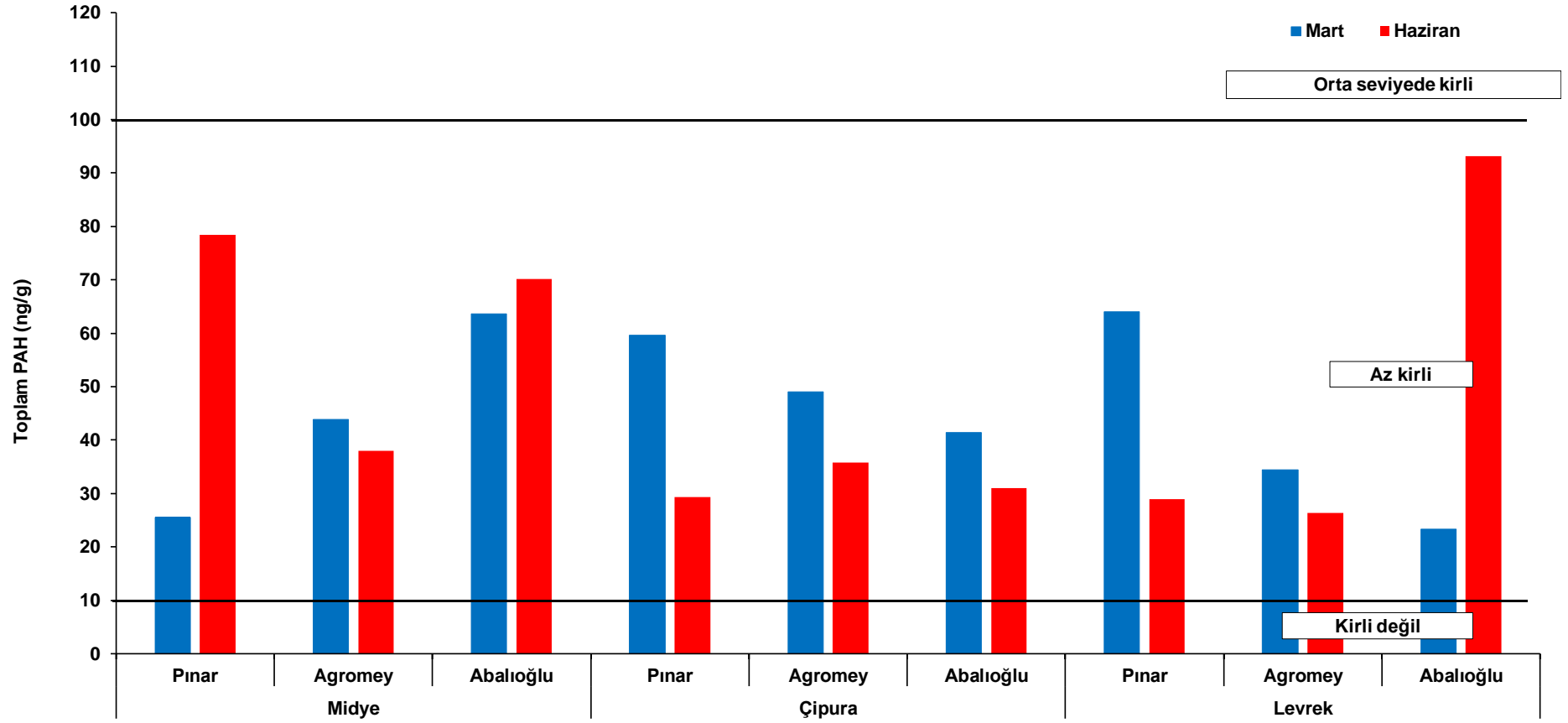
Şekil 3.58. Balık çiftliklerinden örneklenen Levrek, Çipura ve Midye'deki Anthracene konsantrasyonları.



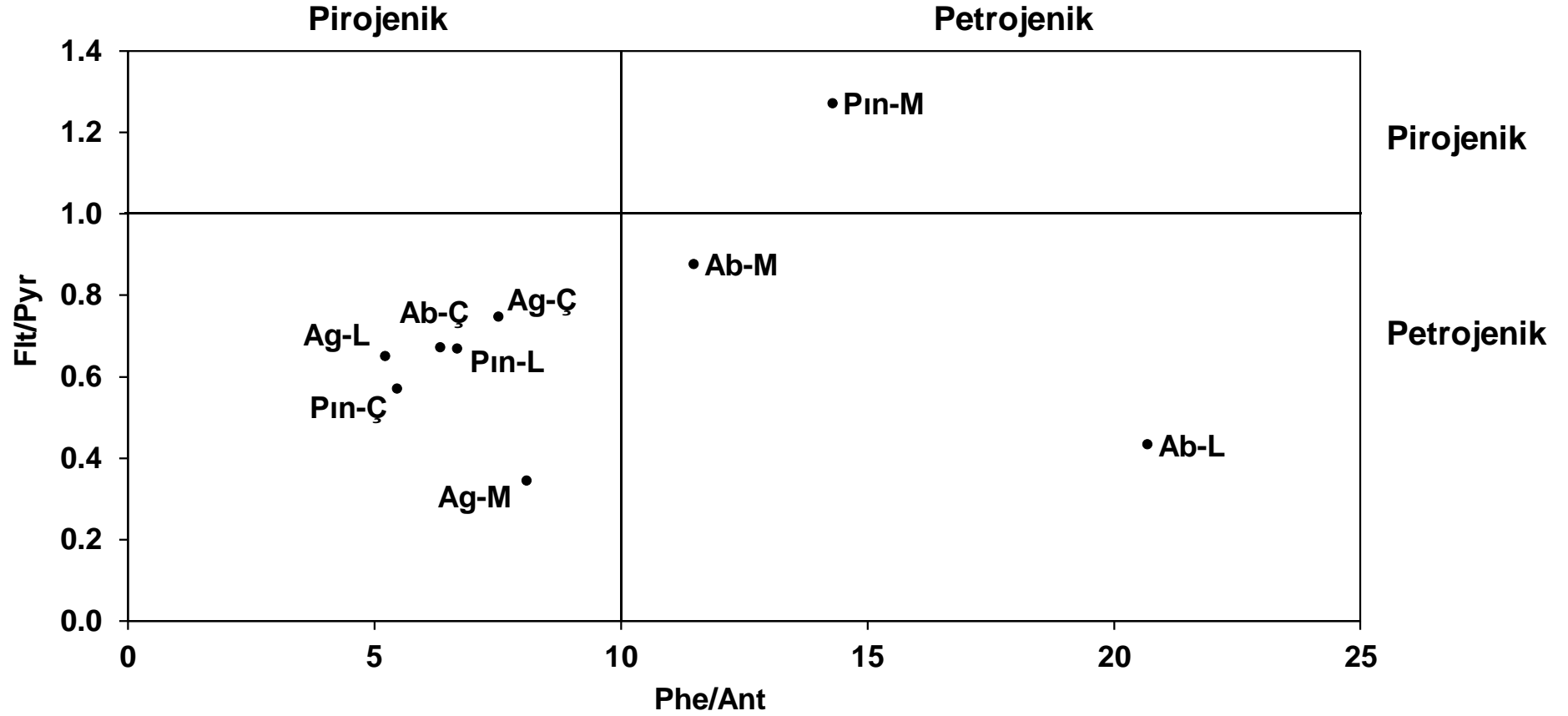
Şekil 3.59. Balık çiftliklerinden örneklenen Levrek, Çipura ve Midye'deki Fluoranthene konsantrasyonları.



Şekil 3.60. Balık çiftliklerinden örneklenen Levrek, Çipura ve Midye'deki Pyrene konsantrasyonları.



Şekil 3.61. Balık çiftliklerinden örneklenen Levrek, Çipura ve Midye'deki Toplam PAH konsantrasyonları.



Şekil 3.62. Balık çiftliklerinden örneklenen Levrek, Çipura ve Midye'lerdeki Phe/Ant ve Flt/Pyr oranları (L: Levrek, Ç: Çipura, M: Midye, Ab: Abalıoğlu, Ag: Agromey, Pın: Pınar).

3.9. Organizmada Biyoişaretçi Enzimlerin Analizleri

İldırı Körfezi'nde Haziran döneminde yer alan 3 farklı balık çiftliğinden örneklenen midyelerin hepatopankreaslarında, çipura ve levreklerin ciğerlerinde saptanan ortalama AChE ve CAT aktiviteleri Şekil 3.63-64'de verilmiştir.

AChE enzim aktiviteleri sonuçlarına göre, Haziran döneminde en düşük aktiviteler çipura için Pınar, levrek için Agromey ile Abalıoğlu ve midyeler için ise Abalıoğlu örneklerinde saptanmıştır. Bunun yanında çipuralarda en düşük aktivite, Pınar'dan alınan örneklerde bulunmuştur. AChE enzim aktivitesi organik kirlilik artışına bağlı olarak azalmaktadır (Funes ve ark., 2006; Fernandez ve ark., 2010). Mart dönemine göre, Haziran'da saptanan AChE enzim aktiviteleri belirgin bir artış göstermiştir.

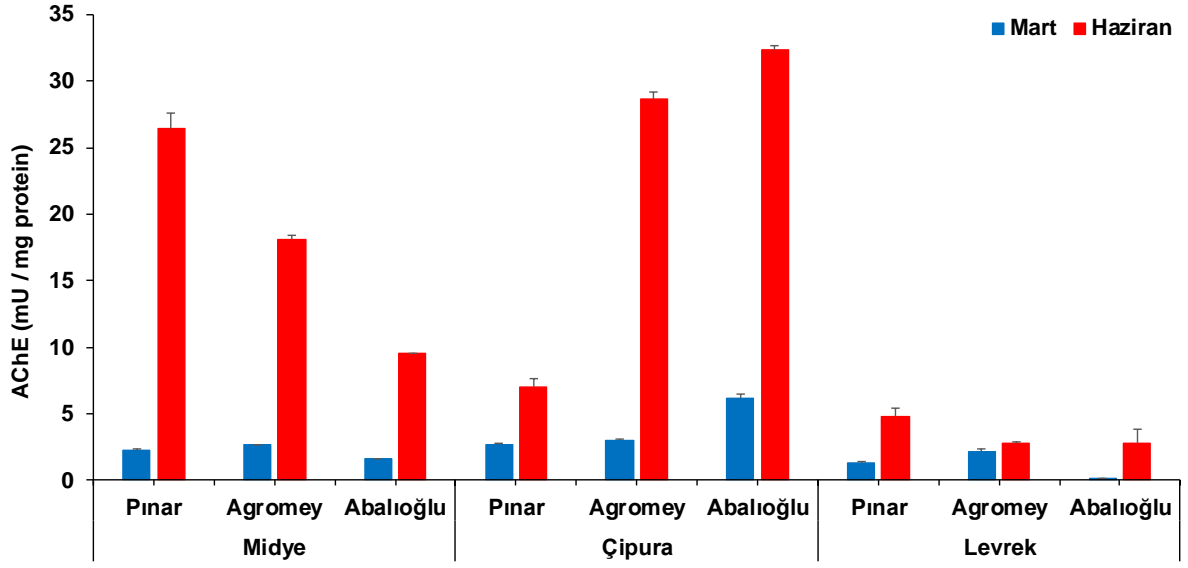
Elde edilen CAT sonuçlarına göre midyelerde, Haziran dönemindeki en yüksek aktivite Agromey'de, çipuralarda ve levrekte ise Pınar'da saptanmıştır. CAT enzim aktivitesinin organik kirlilik etkisi altında artış gösterdiği bilinmektedir (Funes ve ark., 2006; Fernandez ve ark., 2010). Mart dönemine göre, Haziran'da saptanan CAT aktiviteleri genel olarak azalmıştır.

Enzim aktivite sonuçlarına göre, balık türleri ve biyoindikatör olan midyeler üzerindeki organik kirliliğin etkisi Haziran döneminde azalmıştır.

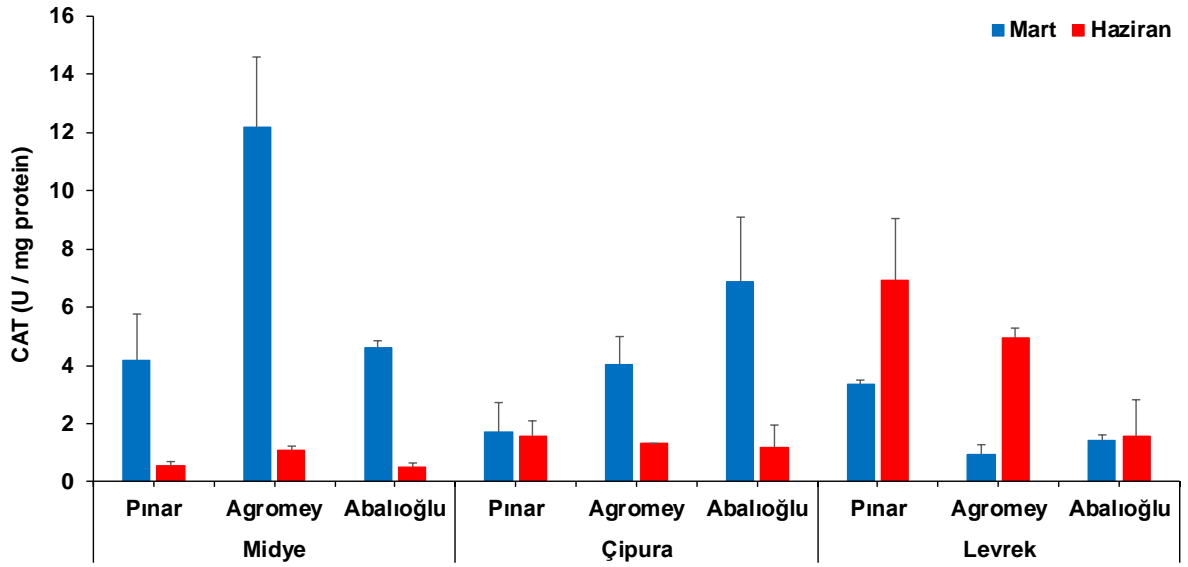
Enzim aktiviteleri ile PAH konsantrasyonları arasındaki ilişki Pearson Korelasyon Testi ile incelenmiştir ($p < 0.05$). AChE, organik kirleticilerin varlığında inhibe olduğu için $R \leq -0.50$ koşulunu sağlayan güçlü negatif ilişki aranmaktadır. Bunun yanı sıra CAT enzim aktivitesi için $R \geq 0.50$ koşulunu sağlayan güçlü pozitif ilişki aranmaktadır. Çiftlik bölgeleri (Agromey, Pınar ve Abalıoğlu) kendi aralarında karşılaştırıldığında, Pınar için AChE aktivitesi ile Flu ($R = -0.88$) arasında negatif ilişki bulunmuştur. Agromey için AChE ve CAT aktiviteleri ile PAH bileşikleri arasında ilişki bulunamamıştır. Abalıoğlu için AChE ile Nap ($R = -0.64$), Flu ($R = -0.62$), Phe ($R = -0.99$), Ant ($R = -0.54$), Flt ($R = -0.52$), Pyr ($R = -0.98$) ve Toplam PAH ($R = -0.99$) arasında negatif ilişkiler saptanmıştır.

CAT aktivitesi ile Flu arasında ($R=0.84$) pozitif bir ilişki saptanmıştır. Enzim aktiviteleri ve PAH bileşikleri ile ilişkileri değerlendirildiğinde, Abalıoğlu ve Pınar'dan alınan örneklerin Agromey'e göre PAH bileşiklerine daha çok tepki gösterdiği gözlenmiştir.

Örneklenen türler kendi aralarında karşılaştırıldığında, midyelerde sadece CAT enzim aktivitesi ile Pyr ($R=0.82$) arasında pozitif ilişki saptanmıştır. Çipura örneklerinde ise Ant ile AChE ($R=-0.93$) ve CAT aktiviteleri ($R=0.99$) arasında ilişki saptanmıştır. Levreklerde ise AChE aktivitesi ile Nap ($R=-0.56$), Ant ($R=-0.51$), Flt ($R=-0.68$) ve Pyr ($R=-0.58$) arasında negatif ilişkiler bulunmuştur.



Şekil 3.63. Midye, çipura ve levrek örneklerindeki AChE enzim aktivitesinin (mU/ mg protein) balık çiftliklerine göre değişimi.



Şekil 3.64. Midye, çipura ve levrek örneklerindeki CAT enzim aktivitesinin (U/ mg protein) balık çiftliklerine göre değişimi.

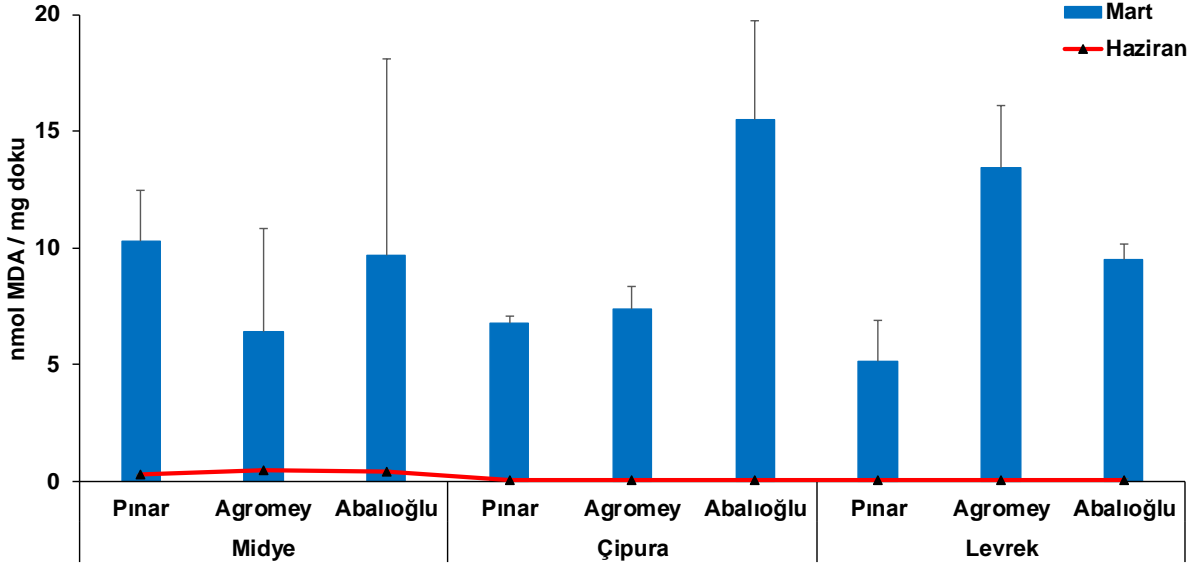
3.10. Organizmada Lipid Peroksidasyon Düzeylerinin Tayini

İldırı Körfezi'nde yer alan 3 farklı balık çiftliğinden Haziran döneminde örneklenen midyelerin hepatopankreaslarında, çipura ve levreklerin ciğerlerinde saptanan MDA konsantrasyonları Şekil 3.65'te verilmiştir.

MDA konsantrasyonları incelendiğinde, midye için en yüksek seviyeler Agromey'de, çipuralar için Pınar ile Agromey'de ve levrekte ise Pınar'da ölçülmüştür. MDA konsantrasyonları, kirliliğin neden olduğu oksidatif strese bağlı gelişen lipid peroksidasyonu sonucu olarak artış göstermektedir (Funes ve ark., 2006; Fernandez ve ark., 2010). Mart dönemine göre, tüm biyota örneklerinde Haziran'da saptanan MDA seviyelerinde belirgin bir azalma gözlenmiştir. Buna bağlı olarak balık türleri ve biyoindikatör olan midyeler üzerindeki organik kirliliğin etkisi Haziran döneminde azalmıştır.

MDA konsantrasyonları ile PAH konsantrasyonları arasındaki ilişki Pearson Korelasyon Testi ile incelenmiştir ($p < 0.05$). MDA konsantrasyonlarının değerlendirilmesinde $R \geq 0.50$ koşulunu sağlayan güçlü pozitif ilişki aranmaktadır. Çiftlik bölgeleri (Agromey, Pınar ve Abalıoğlu) kendi aralarında karşılaştırıldığında, Pınar için Flu hariç diğer PAH bileşenleri ile MDA konsantrasyonları arasında pozitif ilişkiler ($R=0.99$) bulunmuştur. Agromey'de saptanan MDA konsantrasyonu ile Phe ($R=0.70$), Ant ($R=0.76$), Flt ($R=0.99$) Pyr ($R=0.99$) ve Toplam PAH ($R=0.63$) arasında pozitif ilişkiler bulunmuştur. Abalıoğlu için MDA konsantrasyonu ile Nap ($R=0.53$), Ant ($R=0.97$) ve Flt ($R=0.98$) arasında pozitif ilişkiler saptanmıştır.

Örneklenen türler kendi aralarında karşılaştırıldığında, sadece çipuradaki MDA konsantrasyonu, Ant ve Nap (sırasıyla $R=0.90$ ve $R=0.78$) ile pozitif ilişkilidir.



Şekil 3.65. Midye, çipura ve levrek örneklerindeki MDA konsantrasyonlarının (nmol MDA/ mg doku) balık çiftliklerine göre değişimi.

3.11. Bentik Türlerin Analizleri

Çeşme kıyılarında belirlenen 13 istasyondan (0-24 m) Haziran döneminde alınan bentik örneklerin faunistik incelenmesi sonucunda, 14 sistematik gruba ait (Porifera, Plathelminthes, Cnidaria, Nemertini, Nematoda, Polychaeta, Oligochaeta, Sipuncula, Mollusca, Crustacea, Bryozoa, Echinodermata, Tunicata ve Cephalochordata) 243 tür ve bu türlere ait toplam 3995 birey tespit edilmiştir. İstasyonlarda saptanan türler ve türlere ait birey sayıları Tablo 3.14’de verilmiştir.

Tablo 3.14. Örnekleme istasyonlarında bulunan türler (Haziran 2017).

İSTASYONLAR	1	2	4	5	6	7	9	10	11	12	13	14	15
SİSTEMATİK GRUPLAR													
PORIFERA													
<i>Sycon</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-	3	-	-	1	-	-
CNIDARIA													
Anthozoa (spp.)	-	-	-	3	-	1	-	1	1	-	1	-	-
PLATYHELMINTHES													
Plathelminthes (spp.)	-	-	-	-	-	1	-	-	-	2	1	-	2
NEMERTEA													
Nemertini (spp.)	-	-	-	-	6	-	-	2	8	-	12	3	10
NEMATODA													
Nematoda (spp.)	8	-	-	-	1	1	20	10	-	1	22	273	148
POLYCHAETA													
<i>Aphrodita aculeata</i> Linnaeus, 1758	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-
<i>Brania pusilla</i> (Dujardin, 1851)	-	-	-	-	-	2	-	-	-	1	1	-	-
Chrysopetalidae (sp.)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-
<i>Eumida</i> sp.	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-
<i>Exogone</i> sp.	6	-	-	2	-	62	-	19	1	15	18	-	7
<i>Harmothoe</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-
<i>Malmgrenia lilianae</i> (Pettibone, 1993)	-	-	-	-	-	3	2	-	-	5	3	-	-
<i>Paralacydonia paradoxa</i> Fauvel, 1913	-	-	-	-	-	-	-	3	-	22	7	-	-
Phyllodocidae (sp.)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	5
<i>Phyllodoce</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	2	-
<i>Podarkeopsis galangau</i> Laubier, 1961	-	-	-	-	-	8	2	1	-	3	10	-	1
<i>Sigambra tentaculata</i> (Treadwell, 1941)	-	-	-	-	-	2	-	7	-	5	6	-	6
Sphaerodoridae (sp.)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-
<i>Syllis</i> sp. (1)	3	-	-	-	-	76	6	15	3	12	23	-	9
<i>Syllis</i> sp. (2)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	12	-
Nereididae (sp.)	-	-	-	-	-	-	9	-	-	-	-	-	-

<i>Nereis</i> sp.	-	-	-	-	-	17	-	7	-	7	30	-	-
<i>Glycera alba</i> (Müller, O.F.1776)	-	-	-	-	-	2	-	1	7	-	-	-	5
<i>Glycera fallax</i> Quatrefages, 1850	-	-	-	1	-	-	-	-	-	4	14	-	-
<i>Glycera tridactyla</i> Schmarda, 1861	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Micronephthys stammeri</i> (Augener, 1932)	-	-	-	-	-	2	-	2	-	-	1	-	-
<i>Aponuphis brementi</i> (Fauvel, 1916)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	-	1
<i>Drilonereis filum</i> (Claparède, 1868)	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	1	-	-
<i>Eunice vittata</i> (Delle Chiaje, 1828)	-	-	-	-	-	4	2	-	3	-	2	-	3
<i>Lysidice ninetta</i> Audouin & H Milne Edwards, 1833	-	-	-	-	-	9	-	6	-	5	3	-	-
<i>Lysidice unicornis</i> (Grube, 1840)	-	-	-	-	-	11	-	5	-	8	-	-	4
<i>Lumbrineris</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	4	2
<i>Marphysa bellii</i> (Audouin & Milne Edwards, 1833)	-	-	-	-	-	3	-	6	-	-	1	-	-
<i>Protodorvillea kefersteini</i> (McIntosh, 1869)	10	-	-	-	-	9	4	6	9	2	-	-	33
<i>Scoletoma</i> sp.	-	-	-	-	-	5	-	1	5	2	5	-	3
<i>Dipolydora coeca</i> (Ørsted, 1843)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-
<i>Magelona</i> sp.	-	-	-	-	-	3	-	-	-	-	1	-	-
<i>Prionospio steenstrupi</i> Malmgren, 1867	-	-	-	-	-	17	3	10	-	1	-	-	3
Spionidae (sp.)	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Spio filicornis</i> (Müller, 1776)	-	2	-	6	5	9	-	-	21	2	-	62	12
Scalibregmatidae (sp.)	-	-	-	-	-	9	-	1	-	1	-	-	-
<i>Aricidea</i> sp.	-	-	-	1	-	-	-	-	5	-	-	-	4
<i>Cirrophorus furcatus</i> (Hartman, 1957)	-	-	-	-	-	17	-	7	-	9	3	5	-
<i>Levinsenia</i> sp.	-	-	-	-	-	7	-	10	-	5	7	-	-
<i>Paradoneis lyra</i> (Southern, 1914)	6	-	-	5	-	72	57	-	13	36	16	81	-
<i>Cossura</i> sp.	3	-	-	-	-	-	-	14	-	2	28	-	-
Capitellidae (sp.)	-	-	-	-	-	3	-	-	1	-	1	3	-
<i>Heteromastus filiformis</i> (Claparède, 1864)	-	-	-	-	-	-	-	3	-	-	-	-	-
<i>Notomastus</i> sp.	-	13	-	1	-	13	-	11	12	1	8	10	4
<i>Euclymene lombricoides</i> (Quatrefages, 1866)	-	-	-	-	-	18	-	2	1	1	7	-	5
<i>Petaloproctus</i> sp.	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	1	-	-
<i>Rhodine</i> sp.	-	-	-	-	-	6	-	5	-	1	3	-	-
<i>Ophelina</i> sp.	-	-	-	-	-	9	-	-	-	-	1	-	-
<i>Polyopthalmus pictus</i> (Dujardin, 1839)	-	-	-	-	-	3	3	-	-	-	1	-	-
Ampharetidae (sp.)	-	-	-	-	-	-	-	3	-	-	-	-	-
<i>Aphelochaeta</i> sp.	-	-	-	2	-	15	5	9	-	-	7	3	3
<i>Cautleriella</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	55	-	-	-	-
<i>Diplocirrus glaucus</i> (Malmgren, 1867)	-	-	-	-	-	-	-	-	6	2	5	-	-
<i>Pista</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-
<i>Terebellides stroemii</i> Sars, 1835	-	-	-	-	-	1	-	1	-	11	8	2	-
Sabellidae (sp.)	-	-	-	-	-	-	-	-	6	3	4	-	1
<i>Ditrupa</i> sp.	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Fabricia stellaris</i> (Müller, 1774)	2	-	-	-	-	-	3	-	3	-	-	-	3

<i>Galathowenia oculata</i> (Zachs, 1923)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	10	-	-
<i>Vermiliopsis</i> sp.	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	2	-	-	-
<i>Polygordius</i> sp.	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
OLIGOCHAETA														
<i>Limnodrilus</i> sp.	-	1	-	-	1	2	-	-	2	-	-	170	-	-
SIPUNCULA														
<i>Golfingia</i> (<i>G.</i>) <i>vulgaris vulgaris</i> (de Blainville, 1827)	-	-	-	-	-	8	-	5	-	1	3	-	-	1
<i>Phascolion</i> (<i>P.</i>) <i>strombus strombus</i> (Montagu, 1804)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8
<i>Aspidosiphon</i> (<i>A.</i>) <i>muelleri</i> Diesing, 1851	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	2	-	-	-
ARTHROPODA														
CRUSTACEA														
Ostracoda (spp.)	-	-	-	2	1	-	-	-	3	2	6	-	-	-
<i>Nebalia</i> sp.	-	3	-	-	-	-	-	-	1	2	-	-	-	-
<i>Ampelisca pseudosarsi</i> Bellan-Santini & Kaim-Malka, 1977	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	-	-	-	-
<i>Ampelisca pseudospinimana</i> Bellan-Santini & Kaim-Malka, 1977	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
<i>Ampelisca rubella</i> Costa A., 1864	-	-	-	-	-	-	4	-	-	-	-	-	-	-
<i>Ampelisca</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-	5	1	-	3	-	-	-
<i>Ampithoe ramondi</i> Audouin, 1826	-	-	-	-	-	-	4	-	-	-	3	1	-	-
<i>Ampithoe</i> sp.	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Apherusa chiereghinii</i> Giordani-Soika, 1949	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-
<i>Apherusa</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	-	-
<i>Bathyporeia guilliamsoniana</i> (Spence Bate, 1857)	-	1	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Caprella acanthifera</i> Leach, 1814	-	-	-	-	-	-	-	4	-	1	-	2	-	-
<i>Deflexilodes gibbosus</i> (Chevreux, 1888)	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-
<i>Dexamine spiniventris</i> (Costa, 1853)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-
<i>Dexamine spinosa</i> (Montagu, 1813)	-	-	-	-	-	-	4	3	-	4	8	-	-	-
<i>Elasmopus brasiliensis</i> (Dana, 1855)	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-
<i>Erichthonius brasiliensis</i> (Dana, 1853)	-	-	-	-	-	-	6	-	-	-	4	-	-	-
<i>Erichthonius</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-	3	-	-	-	1	-	-
<i>Guernea</i> (<i>Guernea</i>) <i>coalita</i> (Norman, 1868)	-	-	-	-	-	-	1	-	1	-	-	-	-	-
<i>Harpinia dellavallei</i> Chevreux, 1910	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	-	-
<i>Harpinia pectinata</i> Sars, 1891	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-
<i>Hippomedon massiliensis</i> Bellan-Santini, 1965	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Lembos</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-	1	-	4	-	-	-	-
<i>Leptocheirus pectinatus</i> (Norman, 1869)	-	-	-	-	-	-	-	2	-	2	1	-	-	-
<i>Maera grossimana</i> (Montagu, 1808)	-	-	-	-	-	-	8	-	-	-	-	-	-	-
<i>Megaluropus massiliensis</i> Ledoyer, 1976	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
<i>Metaphoxus simplex</i> (Spence Bate, 1857)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6	1	-	-	-
<i>Monoculodes</i> sp.	-	-	-	1	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-
<i>Periculodes aequimanus</i> (Korssman, 1880)	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-
<i>Phoxocephalus</i> (cf.) <i>aquosus</i> Karaman, 1985	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-

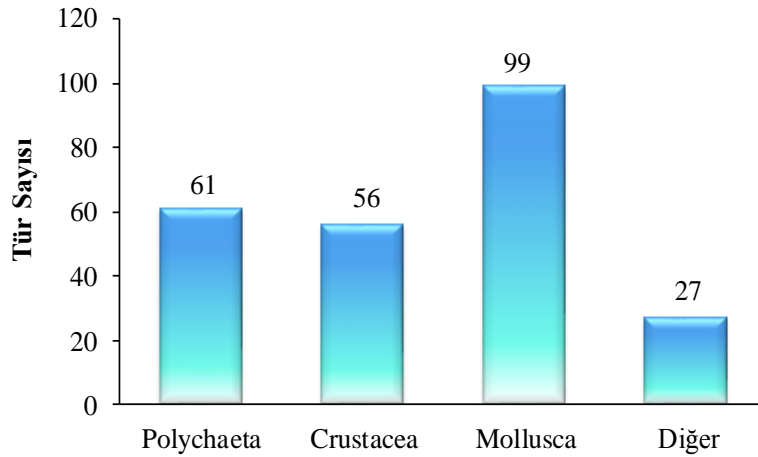
<i>Phthisica marina</i> Slabber, 1769	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-
<i>Cymodoce</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-
<i>Gnathia vorax</i> (Lucas, 1849)	-	-	-	-	-	-	-	3	-	3	-	-	-
<i>Gnathia</i> sp.	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	1	-
<i>Janira maculosa</i> Leach, 1814	-	-	-	-	-	1	-	6	-	-	-	1	-
<i>Linnoria</i> sp.	-	-	-	-	-	2	-	7	-	-	1	2	-
<i>Paranthura</i> sp.	-	-	-	-	-	-	1	-	2	-	-	-	-
<i>Sphaeroma</i> sp.	-	-	-	-	-	-	3	-	-	-	3	1	-
<i>Apseudes</i> sp.	2	-	-	-	-	-	-	-	5	2	-	-	2
<i>Chondrochelia savignyi</i> (Kroyer, 1842)	-	-	-	-	-	21	1	6	1	7	3	21	-
<i>Tanais dulongii</i> (Audouin, 1826)	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-
<i>Cumella</i> (<i>Cumella</i>) (cf) <i>limicola</i> Sars, 1879	-	-	-	-	-	-	-	-	4	2	-	1	-
<i>Iphinoe</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	2	-	-
<i>Achaeus cranchii</i> Leach, 1817	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	3	1	-
<i>Athanas nitescens</i> (Leach, 1813 [in Leach, 1813-1814])	-	-	-	-	-	-	4	3	-	1	-	-	-
<i>Diogenes pugilator</i> (Roux, 1829)	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Eualus cranchii</i> (Leach, 1817 [in Leach, 1815-1875])	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-
<i>Galathea intermedia</i> Lilljeborg, 1851	-	-	-	-	-	1	-	2	-	4	3	-	-
<i>Galathea squamifera</i> Leach, 1814	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	1	-
<i>Hippolyte</i> sp.	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-
<i>Liocarcinus</i> (cf.) <i>depurator</i> (Linnaeus, 1758)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-
<i>Liocarcinus navigator</i> (Herbst, 1794)	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-
<i>Paguristes syrtensis</i> de Saint Laurent, 1971	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Pagurus</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-
<i>Pisidia bluteli</i> (Risso, 1816)	-	-	-	-	-	-	-	13	-	8	1	1	-
<i>Processa</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	2
MOLLUSCA													
<i>Gibbula adansonii</i> (Payraudeau, 1826)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-
<i>Gibbula ardens</i> (Salis Marschlin, 1793)	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	11	-
<i>Gibbula varia</i> (Linnaeus, 1758)	-	-	-	-	-	3	-	-	-	-	-	2	-
<i>Jujubinus exasperatus</i> (Pennant, 1777)	-	-	-	-	-	4	-	4	-	5	3	-	1
<i>Jujubinus striatus</i> (Linnaeus, 1758)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-
<i>Bittium reticulatum</i> (da Costa, 1778)	3	4	30	1	10	-	68	-	-	-	-	4	-
* <i>Cerithium scabridum</i> Philippi, 1848	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	6	-
** <i>Cerithium vulgatum</i> Bruguière, 1792	-	-	-	-	-	5	-	3	-	2	-	-	-
* <i>Finella pupoides</i> Adams A., 1860	-	-	-	2	-	-	-	-	1	-	-	-	-
<i>Marshallora adversa</i> (Montagu, 1803)	-	-	-	-	-	8	-	3	-	6	1	-	1
<i>Cerithiopsis tubercularis</i> (Montagu, 1803)	-	-	-	-	-	3	-	3	-	11	-	-	1
<i>Parvioris ibizenca</i> (Nordsieck, 1968)	-	-	-	-	-	6	-	-	-	-	-	-	-
<i>Alvania beanii</i> (Hanley in Thorpe, 1844)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-
<i>Alvania cimex</i> (Linnaeus, 1758)	-	-	-	-	-	11	1	3	1	3	-	-	-
<i>Alvania datchaensis</i> Amati & Oliverio, 1987	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-

<i>Alvania discors</i> (Allan, 1818)	-	-	-	-	-	-	37	-	-	-	-	-	-
<i>Alvania geryonia</i> (Nardo, 1847)	-	-	-	-	-	-	34	-	4	-	17	4	-
<i>Alvania lactea</i> (Michaud, 1830)	-	-	-	1	-	-	1	-	-	-	-	-	6
<i>Alvania mamillata</i> Risso, 1826	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	3
<i>Manzonina crassa</i> (Kanmacher, 1798)	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	2	-	1
<i>Obtusella intersecta</i> (Wood, S., 1857)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-
<i>Pusillina inconspicua</i> (Alder, 1844)	-	-	-	-	-	-	-	18	-	-	2	-	-
<i>Pusillina lineolata</i> (Michaud, 1830)	-	-	-	-	-	-	39	-	5	-	19	5	1
<i>Pusillina marginata</i> (Michaud, 1830)	-	-	-	4	-	-	-	-	-	14	-	-	-
<i>Pusillina philippi</i> (Aradas & Maggiore, 1844)	-	-	-	-	1	20	-	-	-	11	2	-	-
<i>Pusillina radiata</i> (Philippi, 1836)	-	-	-	7	-	136	5	44	2	68	20	6	6
<i>Rissoa auriscalpium</i> (Linnaeus, 1758)	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	1	-	-
<i>Rissoa guerinii</i> Récluz, 1843	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7
<i>Rissoa lia</i> (Monterosato, 1884)	9	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Rissoa monodonta</i> Philippi, 1836	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-
<i>Rissoa similis</i> Scacchi, 1836	-	-	-	-	-	-	12	-	-	-	-	-	17
<i>Rissoa splendida</i> Eichwald, 1830	-	-	1	1	-	-	9	-	-	-	-	-	32
<i>Rissoa variabilis</i> (Megerle von Mühlfeld, 1824)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
<i>Rissoa ventricosa</i> Desmarest, 1814	-	-	-	1	-	4	-	2	-	2	-	-	-
<i>Rissoa violacea</i> Desmarest, 1814	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-
<i>Setia fusca</i> (Philippi, 1841)	15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Setia turriculata</i> Monterosato, 1884	14	-	-	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Rissoina bruguieri</i> (Payraudeau, 1826)	-	-	-	-	-	4	-	1	1	3	-	7	-
<i>Barleeia unifasciata</i> (Montagu, 1803)	-	-	-	2	-	-	6	-	-	-	-	-	18
<i>Caecum clarkii</i> Carpenter, 1859	-	-	-	-	-	4	-	-	-	-	-	-	-
<i>Caecum trachea</i> (Montagu, 1803)	2	-	2	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-
<i>Hyala vitrea</i> (Montagu, 1803)	-	-	-	-	-	-	-	9	-	-	-	-	-
<i>Truncatella subcylindrica</i> (Linnaeus, 1767)	-	-	-	1	1	-	1	-	-	-	-	-	-
* <i>Ergalatax junionae</i> Houart, 2008	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-
<i>Ocinebrina aciculata</i> (Lamarck, 1822)	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-
<i>Ocinebrina edwardsii</i> (Payraudeau, 1826)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-
<i>Granulina marginata</i> (Bivona Ant, 1832)	-	-	-	-	-	6	-	1	-	-	-	1	-
<i>Pusia granum</i> (Forbes, 1844)	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-
<i>Tritia cuvierii</i> (Payraudeau, 1826)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	12	-
<i>Tritia incrassata</i> (Strøm, 1768)	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-
<i>Columbella rustica</i> (Linnaeus, 1758)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-
<i>Conus ventricosus</i> Gmelin, 1791	-	-	-	2	-	-	1	-	1	-	-	3	-
<i>Sorgenfreispira brachystoma</i> (Philippi, 1844)	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	1	-	2
<i>Bela nebula</i> (Montagu, 1803)	-	-	-	-	-	-	1	1	-	2	-	-	-
<i>Mangelia attenuata</i> (Montagu, 1803)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-
<i>Mangelia costulata</i> Risso, 1826	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
<i>Raphitoma echinata</i> (Brocchi, 1814)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1

<i>Folinella excavata</i> (Philippi, 1836)	-	-	-	-	-	1	-	-	-	1	-	-	-
<i>Eulimella acicula</i> (Philippi, 1836)	-	-	-	-	-	5	1	4	-	-	-	-	-
<i>Liostomia</i> sp.	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-
<i>Odostomella doliolum</i> (Philippi, 1844)	-	-	-	-	-	3	-	-	-	1	-	-	-
<i>Megastomia conoidea</i> (Brocchi, 1814)	-	-	-	1	-	4	-	-	-	2	-	-	-
<i>Ondina vitrea</i> (Brusina, 1866)	-	-	-	-	-	5	-	-	-	1	1	-	-
<i>Parthenina suturalis</i> (Philippi, 1844)	-	-	1	2	-	-	-	-	-	4	-	-	-
<i>Parthenina terebellum</i> (Philippi, 1844)	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-
* <i>Syrnola fasciata</i> Jickeli, 1882	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	5	-
<i>Turbonilla acuta</i> (Donovan, 1804)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	-
<i>Turbonilla gradata</i> Bucquoy, Dautzenberg & Dollfus, 1883	-	-	-	-	-	25	-	4	-	8	-	-	-
<i>Turbonilla pusilla</i> (Philippi, 1844)	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-
<i>Pyrgiscus rufus</i> (Philippi, 1836)	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-
<i>Pyrgostylus striatulus</i> (Linnaeus, 1758)	-	-	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-
<i>Ebala nitidissima</i> (Montagu, 1803)	-	-	-	-	-	1	-	-	-	1	-	-	-
* <i>Acteocina mucronata</i> (Philippi, 1849)	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
* <i>Pyrunculus fourierii</i> (Audouin, 1826)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
<i>Retusa truncatula</i> (Bruguère, 1792)	-	-	-	-	-	5	-	-	-	1	-	-	-
<i>Philine</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-
<i>Musculus discors</i> (Linnaeus, 1767)	-	-	-	-	-	3	4	5	-	2	10	-	-
<i>Glans trapezia</i> (Linnaeus, 1767)	-	-	-	-	-	-	1	-	1	-	-	-	-
<i>Ctena decussata</i> (Costa O.G., 1829)	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Loripinus fragilis</i> (Philippi, 1836)	-	-	-	-	-	6	-	4	-	3	-	1	-
<i>Lucinella divaricata</i> (Linnaeus, 1758)	-	20	-	-	-	-	-	1	4	-	-	1	1
<i>Thyasira flexuosa</i> (Montagu, 1803)	-	-	-	7	-	-	-	-	-	-	1	-	-
<i>Kurtiella bidentata</i> (Montagu, 1803)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6	-	-	-
<i>Parvicardium exiguum</i> (Gmelin, 1791)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-
<i>Papillicardium papillosum</i> (Poli, 1791)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	-	-	1
<i>Spisula subtruncata</i> (da Costa, 1778)	-	1	1	1	-	-	-	-	-	-	-	1	-
<i>Atlantella pulchella</i> (Lamarck, 1818)	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-
<i>Macomangulus tenuis</i> (da Costa, 1778)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-
<i>Abra alba</i> (Wood W., 1802)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-
<i>Chamelea gallina</i> (Linnaeus, 1758)	11	-	1	2	-	-	-	-	4	-	-	-	-
<i>Dosinia lupinus</i> (Linnaeus, 1758)	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Gouldia minima</i> (Montagu, 1803)	-	-	-	-	-	-	1	-	-	6	-	-	-
<i>Pitar rudis</i> (Poli, 1795)	-	-	-	-	-	1	-	1	-	-	-	-	-
<i>Polittapes aureus</i> (Gmelin, 1791)	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-
<i>Polittapes rhomboides</i> (Pennant, 1777)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-
<i>Rocellaria dubia</i> (Pennant, 1777)	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-
<i>Phaxas pellucidus</i> (Pennant, 1777)	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-
<i>Hiatella arctica</i> (Linnaeus, 1767)	-	-	-	-	-	-	-	2	-	2	5	-	-
<i>Fustiaria rubescens</i> (Deshayes, 1825)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1

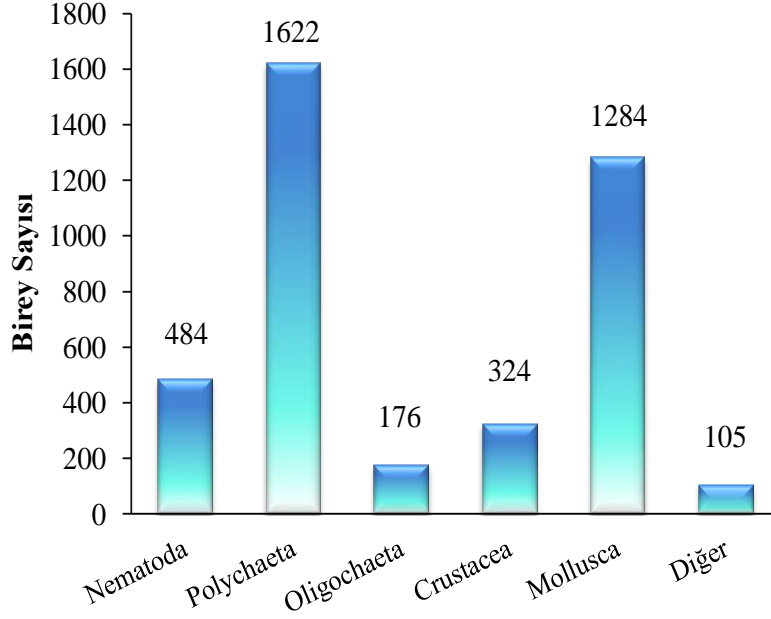
BRYOZOA														
<i>Amathia vidovici</i> (Heller, 1867)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-
<i>Mimosella gracilis</i> Hincks, 1851	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-
<i>Nolella</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-
<i>Aetea</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-
<i>Beania hirtissima</i> (Heller, 1867)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-
<i>Calpensia nobilis</i> (Esper, 1796)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-
<i>Copidozoum tenuirostre</i> (Hincks, 1880)	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	X	-	-
<i>Electra monostachys</i> (Busk, 1854)	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-
<i>Mollia circumcincta</i> (Heller, 1867)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-
<i>Crisia</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-
ECHINODERMATA														
<i>Astropecten</i> sp.	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Amphipholis squamata</i> (Delle Chiaje, 1828)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	1
<i>Amphiura chiajei</i> Forbes, 1843	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	1	-	-
<i>Amphiura filiformis</i> (O. F. Müller, 1776)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-
Echinoidea (sp.)	-	1	3	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-
TUNICATA														
<i>Halocynthia papillosa</i> (Linnaeus, 1767)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-
<i>Microcosmus polymorphus</i> Heller, 1877	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-
CEPHALOCHORDATA														
<i>Branchiostoma</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	1	-	-

Örnekleme istasyonlarında Haziran döneminde saptanan tür sayıları bakımından Mollusca sistematik gruplar içinde 99 türle ilk sırada yer almaktadır. Bu grubu 61 türle Polychaeta ve 56 türle Crustacea izlemektedir. Porifera, Cnidaria, Platyhelminthes, Nemertea, Nematoda, Oligochaeta, Sipuncula, Bryozoa, Echinodermata, Tunicata ve Cephalochordata'dan oluşan diğer sistematik gruplar toplam 27 tür ile temsil edilmektedir (Şekil 3.66).



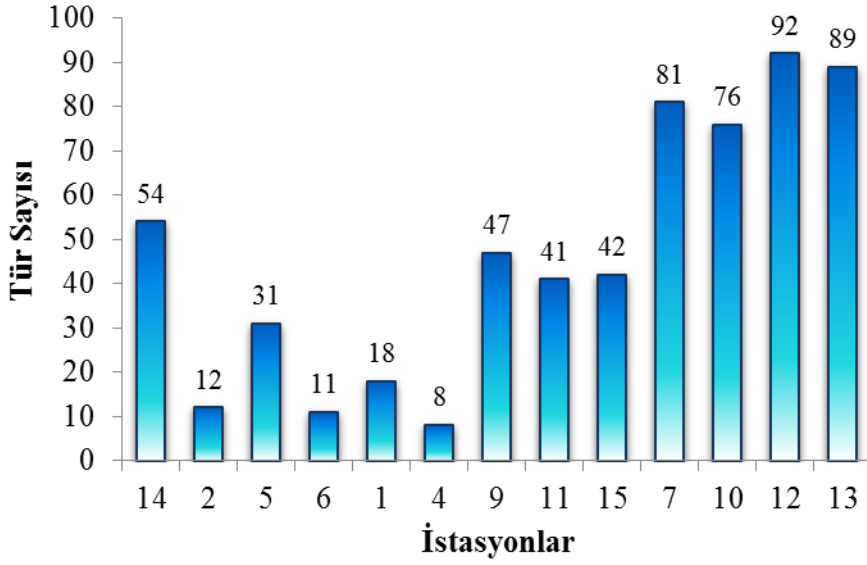
Şekil 3.66. Sistematik gruplara ait tür sayıları

Sistematik gruplar içerdikleri birey sayıları bakımından karşılaştırıldığında Polychaeta'nın (%40.6) 1622 birey ile ilk sırada yer aldığı, bu grubu 1284 bireyle Mollusca (%32.1), 484 bireyle Nematoda (%12.1), 324 bireyle Crustacea (%8.1) ve 176 bireyle Oligochaeta (%4.4) gruplarının takip ettiği görülmektedir. Diğer olarak belirtilen grup içinde en yüksek birey sayısı Nemertea (41 birey) ve Echinodermata (12 birey) gruplarına aittir (Şekil 3.67).



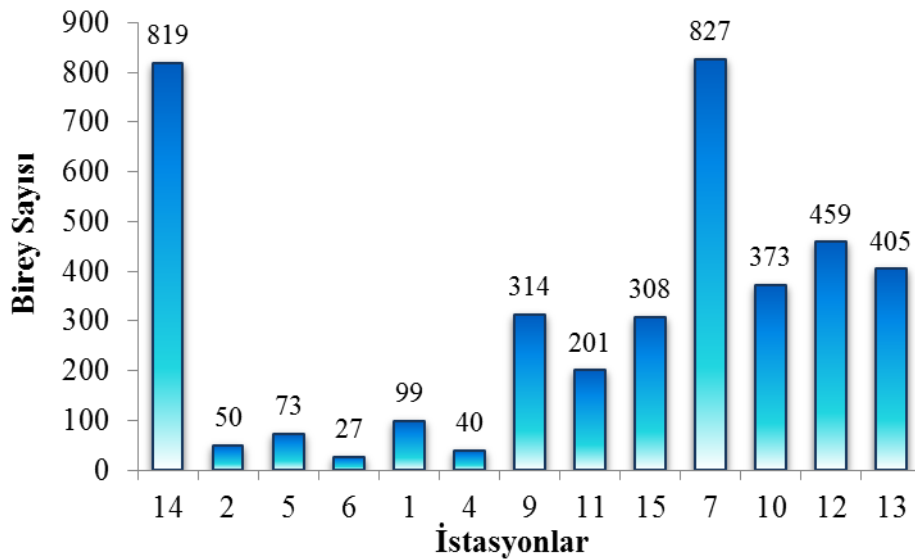
Şekil 3.67. Sistematik gruplara ait birey sayıları.

Araştırma bölgesinde en fazla tür (92 tür) 12 nolu istasyonda, en az tür ise 4 nolu (8 tür) kıyusal istasyonda tespit edilmiştir (Şekil 3.68). Kıyusal istasyonlarda saptan tür sayıları daha derinde yer alan istasyonlara göre düşük bulunmuştur. Bölgede 15 nolu istasyon hariç yüksek tür sayısı ile temsil edilen derin istasyonlar (istasyon 7, 10, 12 ve 13) *Posidonia oceanica* çayırlarının bulunduğu habitatlarda yer almaktadır.



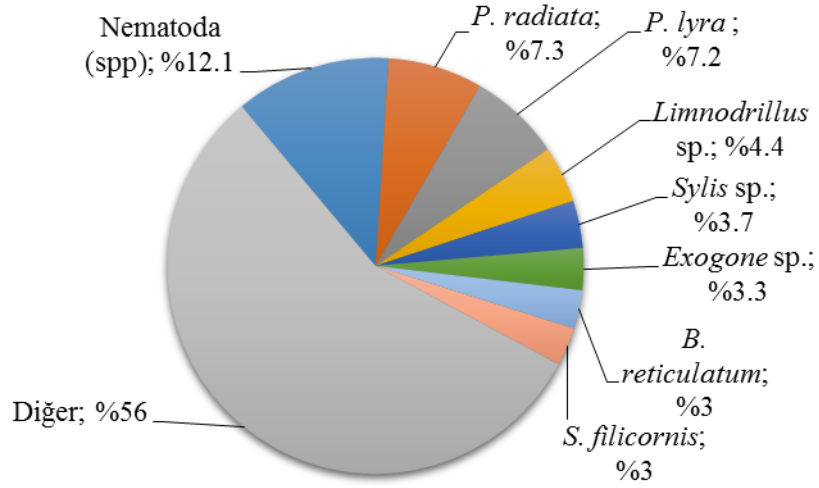
Şekil 3.68. İstasyonlarda bulunan tür sayıları.

İstasyonlarda tespit edilen birey sayılarına göre, en fazla birey (827 birey) 7 numaralı istasyonda belirlenmiştir (Şekil 3.69). Bu istasyonda Polychaeta grubundan *Exogone* sp., *Syllis* sp. ve *Paradoneis lyra*, Mollusca grubundan *Pusillina radiata* türlerine ait bireyler yoğun olarak bulunmuştur (Tablo 3.14). İstasyon 14 yüksek birey sayısı (819 birey) ile temsil edilen bir diğer istasyon olup bu istasyonda Nematoda, Oligochaeta (*Limnodrilus* sp.) ve Polychaeta (*Spio filicornis* ve *Paradoneis lyra*) gruplarına ait türler komünitede önemli bir paya (%26.6) sahiptir. En az birey sayısı 6 (27 birey) ve 4 (40 birey) numaralı istasyonlarda saptanmıştır.



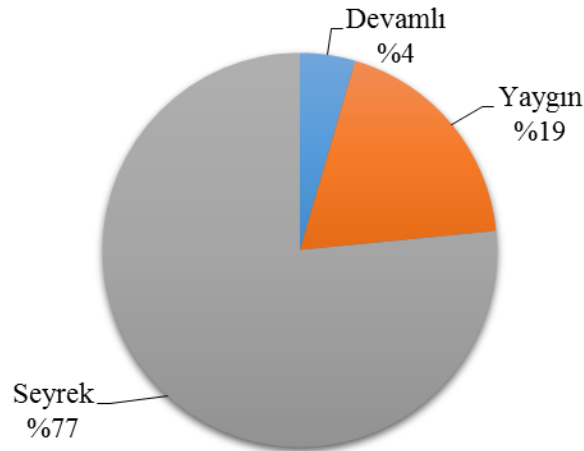
Şekil 3.69. İstasyonlarda bulunan birey sayıları.

Araştırma bölgesinde tespit edilen en baskın türler sırasıyla *Nematoda* (spp.) (Nematoda, toplam birey sayısının %12.1'i), *Pusillina radiata* (Mollusca, %7.3), *Paradoneis lyra* (Polychaeta, %7.2), *Limnodrilus* sp. (Oligochaeta, %4.4), *Sylis* sp. (Polychaeta, %3.7), *Exogone* sp. (Polychaeta, %3.3), *Bittium reticulatum* (Mollusca, %3) ve *Spio filicornis* (Polychaeta, %3)'dir (Şekil 3.70).



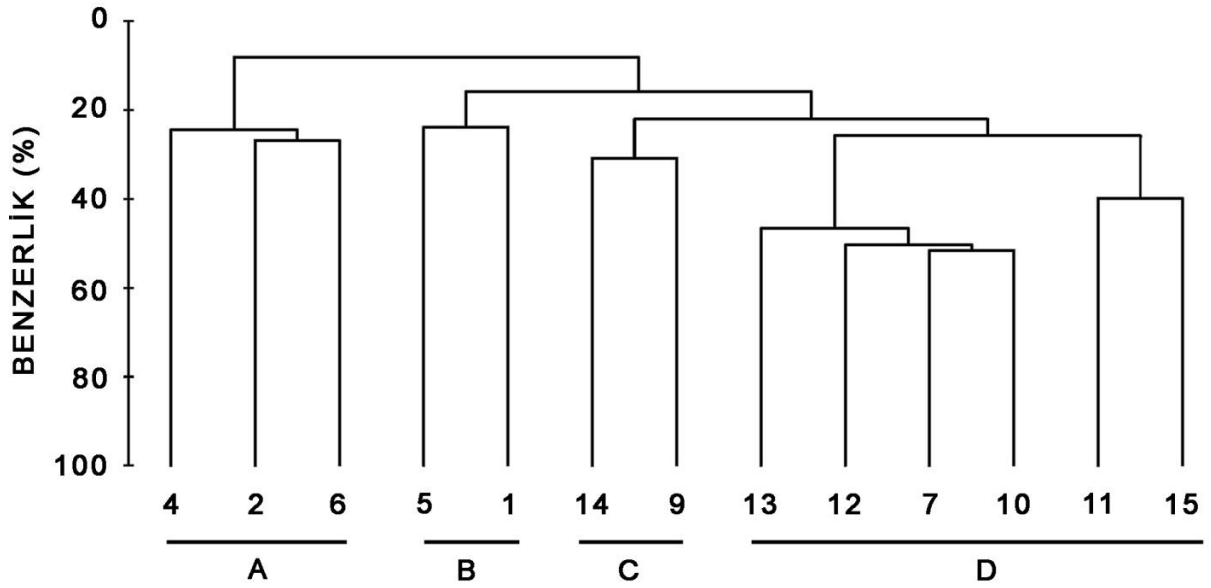
Şekil 3.70. İstasyonlarda bulunan baskın türler.

Frekans indeks değerlerine göre, bölgede saptanan türlerin 186'sı (%77) "Seyrek", 46'sı (%19) "Yaygın" ve 11'i ise (%4) "Devamlı" kategoride yer almaktadır (Şekil 3.71). *Nematoda* (spp.), Polychaeta'dan *Exogone* sp., *Sylis* sp., *Protodorvillea kefersteini*, *Spio filicornis*, *Paradoneis lyra*, *Notomastus* sp., *Aphelochaeta* sp., Crustacea'den *Chondrochelia savignyi*, Mollusca'dan *Bittium reticulatum* ve *Pusillina radiata* türleri devamlı kategorisinde yer almaktadır.



Şekil 3.71. 3 Frekans indeks grubuna göre türlerin dağılımları.

Bray-Curtis benzerlik indeksine göre, istasyonlarda 4 ana grubun (%22) oluştuğu görülmektedir (Şekil 3.72). İlk grup (Grup A) %24'lük benzerlik değerine sahip 2, 4 ve 6 nolu kıyı istasyonları olup bölgede az sayıda tür ve birey sayısı ile temsil edilmektedir. İkinci grubu (Grup B) %24'lük benzerlik ile 1 ve 5 nolu kıyısal istasyonlar, üçüncü grubu (Grup C) ise %31'lik benzerlik ile 9 ve 14 nolu kıyısal istasyonlar oluşturmaktadır. Dördüncü grup (Grup D) 6 derin istasyonlardan (7, 10, 11, 12, 13 ve 15) oluşmakta olup, %23'lük benzerlik değerine sahiptir. Grup D'deki istasyonlar daha fazla birey sayısı ile temsil edilmektedir. Grup D içerisinde en yüksek benzerlik değerine sahip istasyonlar 7 ve 10 nolu (%52) istasyonlardır.



Şekil 3.72. İstasyonlar arasındaki benzerliği gösteren dendrogram.

Çalışmada 6 yabancı Mollusca türü (*Finella pupoides*, *Cerithium scabridum*, *Syrnola fasciata*, *Ergalatax junionae*, *Acteocina mucronata* ve *Pyrrunculus fourierii*) bulunmuştur. Bu türler Kızıldeniz ve Indo-Pasifik orijinli olup, Akdeniz'e gemiler ve Süveyş Kanalı yoluyla giriş yapmışlardır (Çınar ve diğ., 2011).

Çalışma alanında Mart ve Haziran dönemlerinde Mollusca en yüksek tür sayısı ile temsil edilen gruptur. Haziran döneminde tespit edilen Mollusca grubuna ait birey sayılarının Mart dönemine göre daha düşük bulunmasının nedeni *Bittium reticulatum* türünün yoğunluğu ile ilişkilidir. Araştırma bölgesinde her iki dönemde de derin istasyonlarda tür sayıları kıyı istasyonlarına göre daha yüksek olarak belirlenmiştir. Bunun nedeni istasyonlar arasındaki derinlik ve biyotop farklılıklarıdır. Çalışma

bölgesinde her iki dönemde de en düşük tür sayısı 2, 4 ve 6 nolu istasyonlarda belirlenirken, en düşük birey sayısına 6 nolu istasyonda rastlanmıştır. En yüksek tür sayısı ise 12 ve 13 (referans) nolu istasyonlarda bulunmuştur.

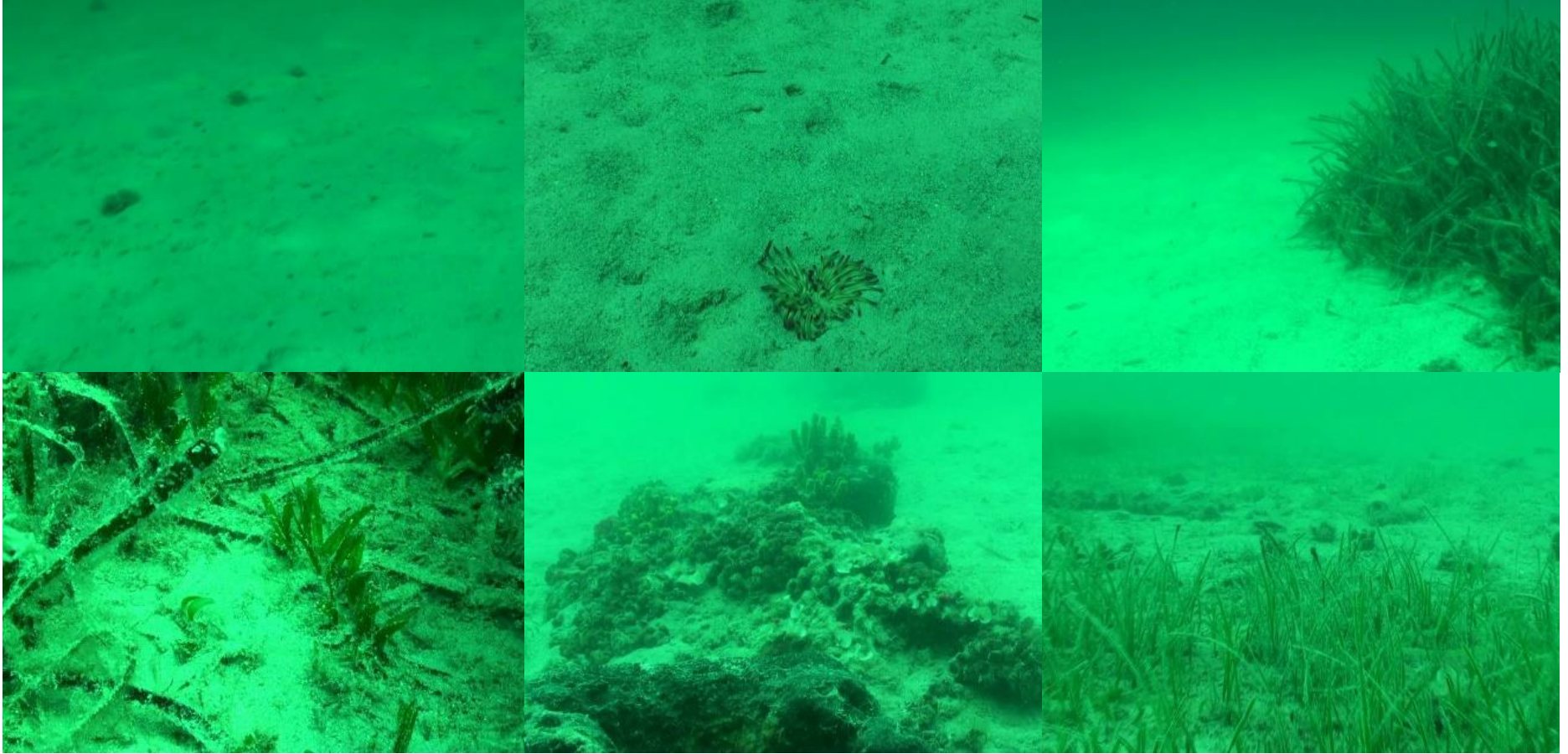
Sedimentte Mart döneminde yüksek, Haziran'da ise orta seviyede PAH kirliliği tespit edilen 14 nolu istasyonda, her iki dönemde de oligochaeta ve nematode gruplarında yüksek birey sayıları gözlenmiştir. Literatüre göre, sedimentte düşük konsantrasyonlarda hidrokarbon bileşiklerinin varlığının Oligochaeta ve Nematoda birey sayılarında artışa neden olduğu belirtilmiştir (Blackburn ve diğ., 2014; Ferrando ve diğ., 2015). Ayrıca, Fleeger ve Chandler (1983) nematoda grubuna ait birey sayılarının sedimentteki petrol kirliliği ile artış gösterdiğini rapor etmişlerdir.

3.12. Sualtı Gözlemleri

İlca bölgesinde gerçekleştirilen çalışmada 15 metre derinlikten başlayarak 2 metre derinliklere kadar tarama yapılmıştır. Bu bölgede kıyıya doğru 2 hat üzerinde gözlem gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.73). Hatların herbirinin uzunluğu 850-1000 metre arasında değişmektedir. Taranan hatlarda fuel-oil kalıntısına rastlanmamıştır. Çalışma yapılan bölgede *Posidonia oceanica* çayırları ve kumluk alanlar yoğunluktadır. Ayrıca, bölgede lesepsiyen göçmen yabancı – yayılmacı deniz çayırı türü *Halophila stipulacea* topluluklarına da rastlanılmıştır (Şekil 3.74).



Şekil 3.73. İlca bölgesindeki aletli dalış ile yapılan tarama hatları.



Şekil 3.74. Üst resimler soldan sağa; Kumluk alanlar, *P. oceanica* çayırları, Alttaki resimler; *H. stipulacea* topluluğu, kayalık alanlar, *Cymodocea nodosa* çayırları.

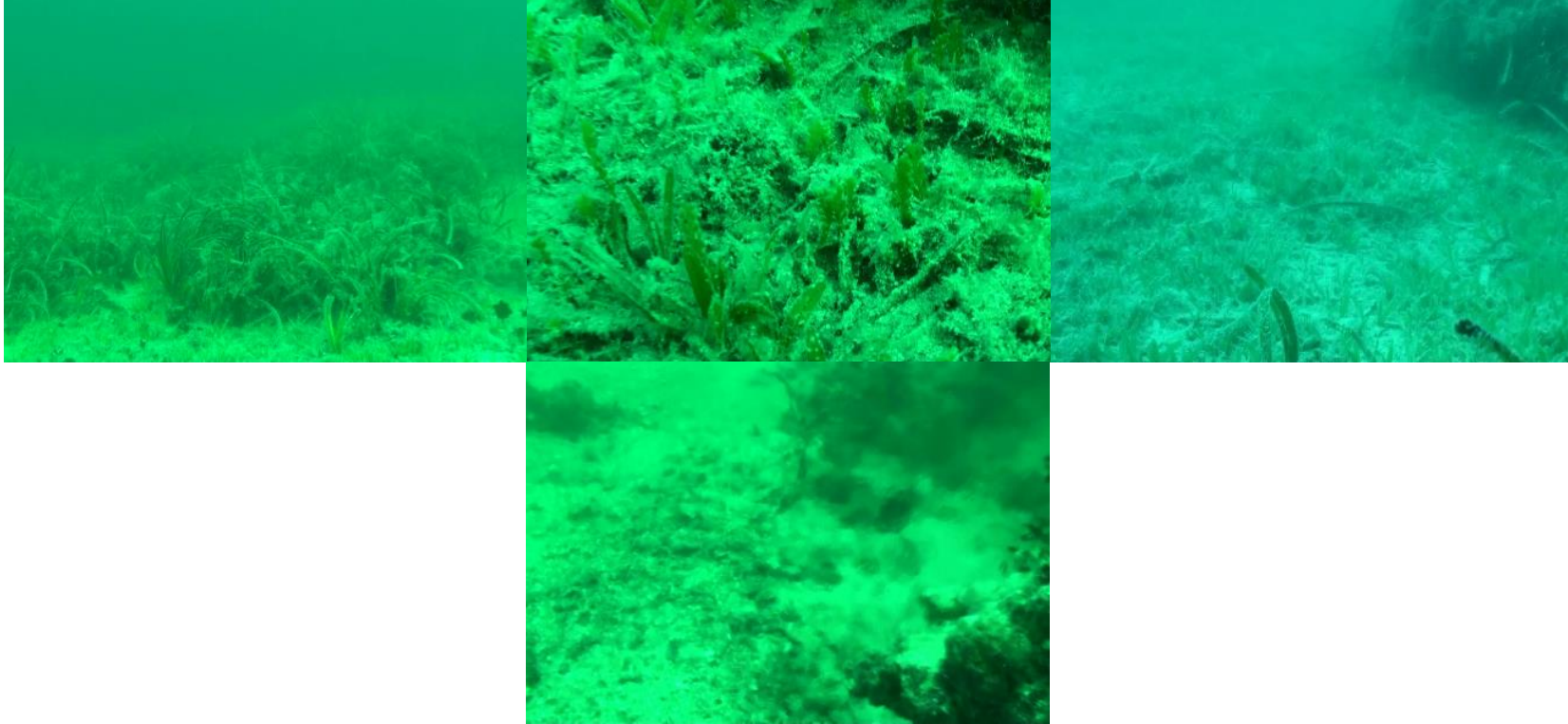


Şekil 3.75. Paşalimanı bölgesindeki aletli dalış ile yapılan tarama hattı.

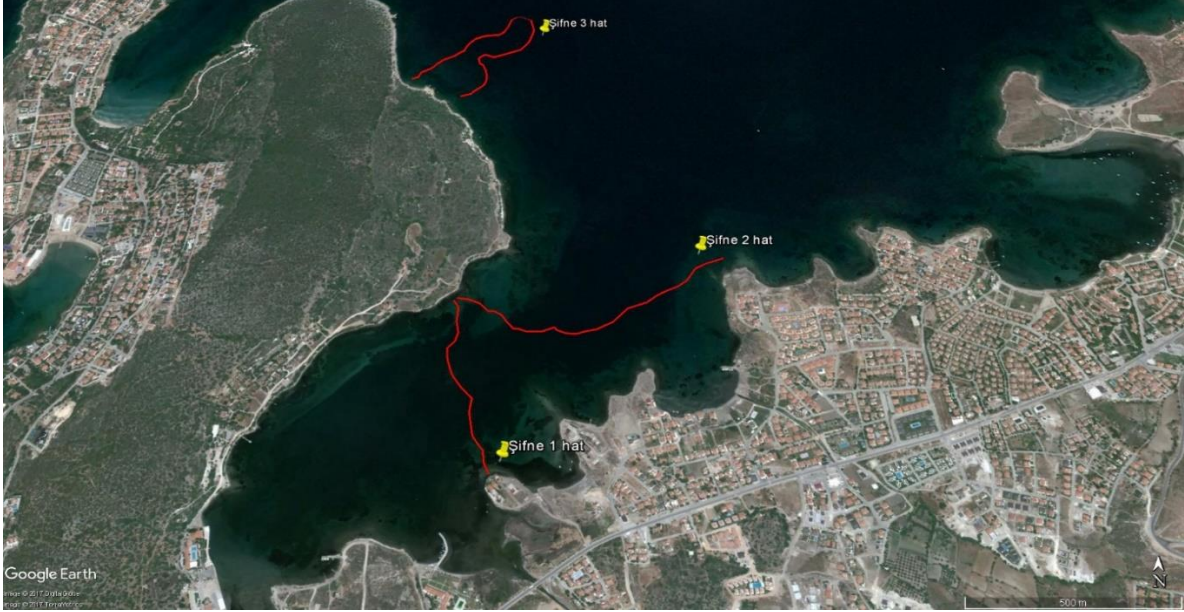
Paşalimanı koyu girişinde aletli dalış yöntemiyle 15 metreden 7 metre derinliğe kadar olan alan 2 dalışta taranmıştır (Şekil 3.75). Aletli dalış ile taranan hattın kıyıya paralel kısımlarında özellikle 7-8 metre derinliklerde çeşitli boyutlarda yakıt parçalarına rastlanmıştır (Şekil 3.76). Ancak büyük miktarlarda ve geniş ölçekte bir bulaşma gözlemlenmemiştir. Alanın genelinde *Posidonia oceanica* çayırlarına rastlanmaktadır. Ayrıca, alanda diğer bir deniz çayırı türü olan *Cymodocea nodosa*, yabancı yayılımcı deniz çayırı *Halophila stipulacea* ve deniz algi *Caulerpa racemosa* var. *cylindracea* topluluklarına rastlanmıştır. Koyun girişinde güneydoğuya doğru kıyıya yakın alanda sıcak su çıkışları tespit edilmiştir (Şekil 3.77, Paşalimanı'na ait Haziran dönemi sualtı videosundan izlenebilir).



Şekil 3.76. Paşalimanı'nda serbest dalış sırasında görülen fuel oil parçaları.

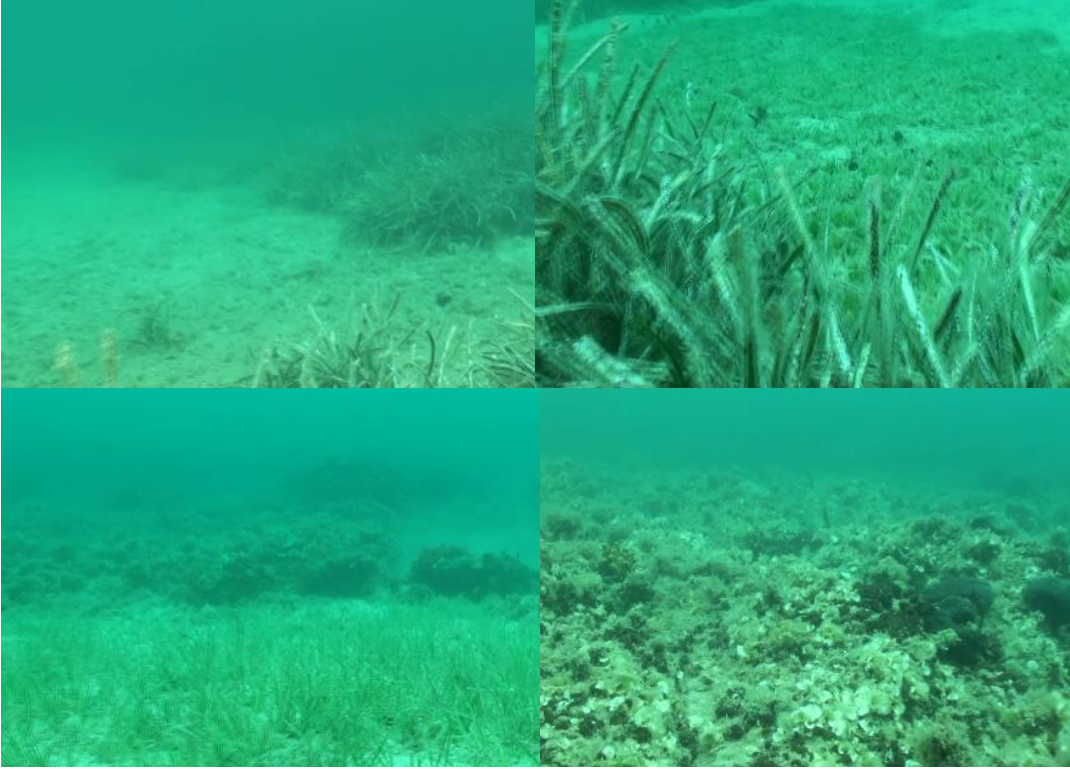


Şekil 3.77. Üst satır soldan sağa; *P. oceanica* çayırları, *C. racemosa* var. *cylindracea*, *H. stipulacea* çayırları; Alt satır: Sıcak su çıkışı.



Şekil 3.78. Şifne bölgesindeki aletli dalış ile yapılan tarama hatları.

Şifne bölgesindeki aletli dalış ile 3 farklı hatta yapılan tarama çalışmaları Şekil 3.78'de verilmiştir. Dalışlar 16 metre derinlikten kıyıya kadar olan alanda yapılmıştır. Üç hattın ikisi körfezin girişinde, üçüncü hat ise körfezin dış tarafındaki kıyıda, Mart döneminde fuel oil kalıntıları rastlanan bölgede gerçekleştirilmiştir. Bu hatlarda yoğun *P. oceanica* çayırları tespit edilmiştir. Alanda yabancı yayılmacı bitki türlerinden olan *Caulerpa racemosa* var. *cylindracea* ve deniz çayırlarından *Halophila stipulacea* topluluklarına rastlanmıştır. Kıyı alanlarının kayalıklar ve diğer bir deniz çayırı türü olan *Cymodocea nodosa* ile kaplı olduğu görülmüştür (Şekil 3.79) (Bkz. Şifne'ye ait Haziran dönemi sualtı videosundan izlenebilir). Alanda herhangi bir fuel oil kirliliğine görsel olarak rastlanılmamıştır. Ancak, kıyı zonundaki kumulların altında fuel oil parçalarının zaman zaman insanların ayağına bulaştığı bildirilmiştir.

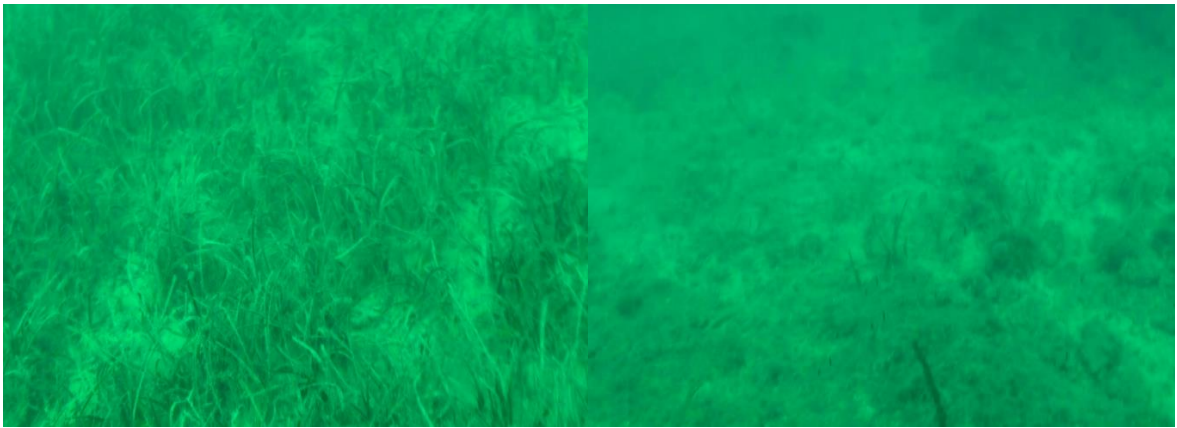


Şekil 3.79. Şifne koyu girişinde aletli dalışlarda çekilen görüntüler.

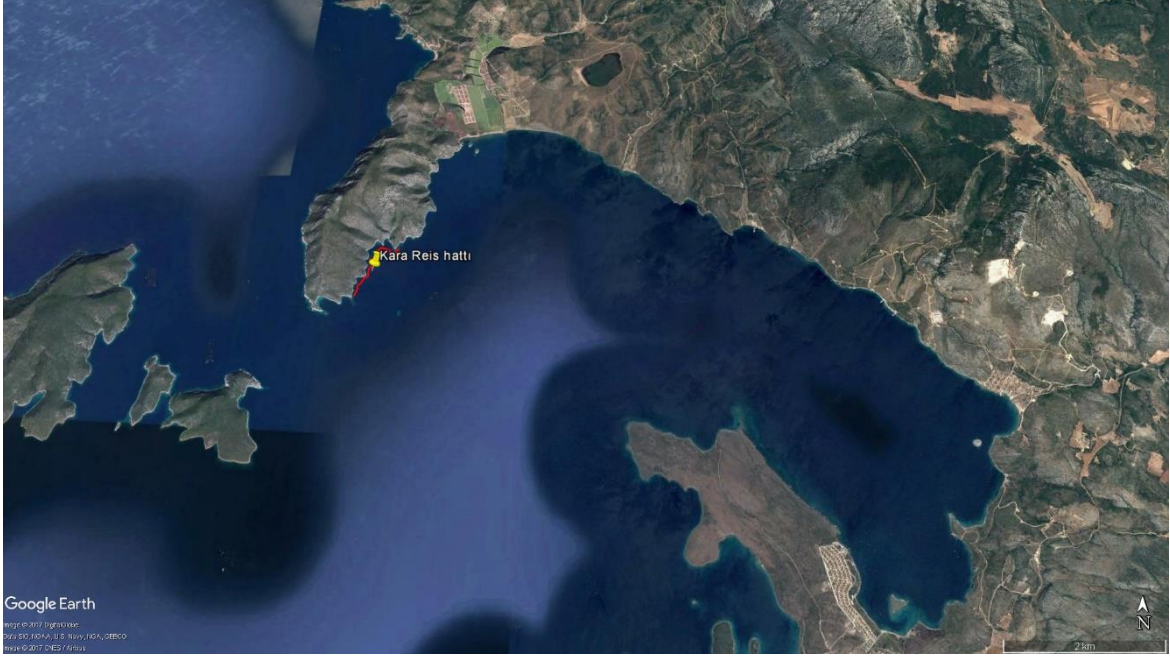


Şekil 3.80. Pırasa adasında güney doğuya doğru yapılan aletli dalış hattı.

Aletli dalışlar, kaza noktasının hemen yanındaki Pırasa adasından Paşalimanı tarafına doğru (Güney batı) izlenen hat üzerinde yapılmıştır. Dalışlar, 5 metre derinlikten başlayarak 30 metre derinliğe kadar gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.80). Bu hatlarda yoğun *P. oceanica* çayırları tespit edilmiştir (Bkz. Kaza Alanı'na ait Haziran dönemi sualtı videosundan izlenebilir) (Şekil 3.81). Herhangi bir yakıt kalıntısına rastlanılmamıştır.



Şekil 3.81. Pırasa Adasından güney batıya doğru olan hatta yapılan aletli dalış hattından görüntüler.



Şekil 3.82. Karareis bölgesinde tarama yapılan dalış hattı.

Kazadan iki hafta sonra esen lodos rüzgarı nedeniyle fuel oil kalıntılarının Karareis bölgesine de ulaşmış olabileceği düşünülerek bu alanda da bir dalış gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.82) (Bkz. Karareis'e ait Haziran dönemi sualtı videosundan izlenebilir). Bu bölgede gerçekleştirilen hattın yaklaşık uzunluğu 1.7 kilometredir. Bu alanda yapılan taramada herhangi bir fuel oil kalıntısına rastlanmamıştır (Şekil 3.83).



Şekil 3.83. Karareis bölgesinin sualtı fotoğrafları.

4. SONUÇLAR

- ✓ Çözünmüş Oksijen, Mart döneminde 4.45-9.28, Haziran döneminde 3.25-7.84 mg/L aralığında ölçülmüştür. Oksijen doygunluğu ise Mart döneminde 59.1-121.3, Haziran döneminde ise % 51-116.9 aralığında bulunmuştur. **Her iki dönemde de en düşük** çözünmüş oksijen ve oksijen doygunluğu **5 nolu** istasyonda gözlenmiştir. Haziran döneminde **oksijen doygunluğunun** deniz suyu sıcaklığının artması nedeniyle çoğu istasyonda **%100'un altında** olduğu görülmüştür.
- ✓ **Haziran döneminde** deniz suyundaki BTEX bileşenlerinden **Benzene ve Toluene** genel olarak **artış gösterirken, Ethylbenzene, m+p-Xylene, o-Xylene ve Toplam BTEX azalma** göstermiştir.
- ✓ **Deniz suyunda saptanan BTEX** (benzene, toluene, ethylbenzene, m-Xylene, o-Xylene ve p-Xylene) ve Toplam BTEX konsantrasyonları, Yer Üstü Su Kalitesi Yönetmeliği'nde Kıyı ve Geçiş Suları için belirtilen Yıllık Ortalama ve Maksimum Çevre Kalite Standardı **limit değerlerinin altında** bulunmuştur.
- ✓ **Haziran döneminde** deniz suyundaki PAH bileşenlerinden **Ace, Phe, BbF** tüm istasyonlarda **azalırken, BghiP** tüm istasyonlarda **artmıştır**.
- ✓ **Haziran döneminde** deniz suyundaki PAH bileşenlerinden **Ant, Pyr, BkF, BaP ve Toplam PAH** genel olarak **azalırken, Acy, Flu, Flt, BaA, Chr, IcdP ve DahA** genel olarak **artmıştır**.
- ✓ Su örnekleri için **Toplam PAH içindeki karsinojen bileşik yüzdesi** Mart ve Haziran'da sırasıyla **% 2.9-24.1** ve **% 7.5-29.5** aralığında bulunmuştur. En yüksek Toplam PAH içindeki karsinojen bileşik yüzdesi Mart'ta 6, Haziran'da 8 nolu istasyonda, en düşük yüzde ise Mart'ta 4, Haziran'da ise 13-Dip nolu istasyonda saptanmıştır.
- ✓ **Deniz suyunda saptanan PAH bileşiklerinin konsantrasyonları**, Yer Üstü Su Kalitesi Yönetmeliği'nde Kıyı ve Geçiş Suları için belirtilen Yıllık Ortalama ve Maksimum Çevre Kalite Standardı limit değerleri ile karşılaştırıldığında; **BghiP** tüm istasyonlarda Çevre Kalite Standardı değerlerinin **üzerinde; Flt** (8 nolu istasyon hariç) ve **BaP** tüm istasyonlarda Yıllık Ortalama - Maksimum Çevre Kalite Standardı **değerleri arasında** bulunmuştur. **Ace, Flu, Phe, Ant, Pyr, Chr,**

BbF ve BkF'nin konsantrasyonları **Yıllık Ortalama (YO)-ÇKS değerlerinin altında** bulunmuştur.

- ✓ Genel olarak, moleküler indislere göre Ildırı ve Ilıca Körfezi **deniz suyu** örneklerindeki PAH'ların kaynağının **petrojenik** olduğu bulunmuştur.
- ✓ **Haziran döneminde** sedimentteki PAH bileşenlerinden **Flu** ve **Flt** tüm istasyonlarda **azalmıştır**.
- ✓ **Haziran döneminde** sedimentteki PAH bileşenlerinden **Acy, Ace, Phe, Chr, BghiP ve Toplam PAH** genel olarak **azalırken, Ant, Pyr, BaA, BbF, BkF, BaP, IcdP ve DahA** genel olarak **artmıştır**.
- ✓ Sediment örnekleri için **Toplam PAH içindeki karsinojen bileşik yüzdesi** Mart'ta **% 1.8-37.3** aralığında iken, Haziran'da **% 11.8-80.8** aralığında bulunmuştur. **En yüksek** Toplam PAH içindeki karsinojen bileşik **yüzdesi** hem Mart hem de Haziran'da **5** nolu istasyonda, **en düşük** yüzde ise **Mart ve Haziran'da** sırasıyla **7 ve 1** nolu istasyonda saptanmıştır. Toplam PAH içindeki karsinojen bileşik yüzdesi 6, 11 ve 14 nolu istasyonlarda %50'nin üzerinde olduğu görülmüştür.
- ✓ **Sedimentte saptanan PAH bileşiklerinin konsantrasyonları**, TEL-PEL limit değerleri ile karşılaştırıldığında; **Acy, Ace** sadece 3, 4, 5, 10, 12, 13 ve 14 nolu istasyonlarda ve **DahA** ise sadece 5, 10, 12 ve 13 nolu istasyonlarda **TEL-PEL aralığında** bulunmuştur. **Flu, Phe, Ant, Flt, Pyr, BaA, Chr, BaP ve Toplam PAH** tüm istasyonlarda **TEL** değerlerinin **altında** olduğu görülmüştür.
- ✓ Genel olarak, hesaplanan tüm indislere göre Ildırı ve Ilıca Körfezi **sediment** örneklerindeki PAH'ların kaynağının **pirojenik ve petrojenik** olduğu bulunmuştur.
- ✓ Sediment kirlilik kriterlerine göre, Haziran'da **3, 5, 6, 10, 11, 12, 13 ve 14** nolu istasyonların **orta seviye**de PAH kirliliği taşıdığı, **diğer istasyonların** ise **düşük kirlilik seviyesinde** olduğu bulunmuştur. Mart dönemine kıyasla, PAH seviyelerinin sadece 6 ve 12 nolu istasyonlarda düşük seviyeden orta seviyeye yükseldiği, öte yandan, 14 nolu istasyonun ise yüksek seviyeden orta seviyeye düştüğü belirlenmiştir.

- ✓ **Phe/Ant** oranlarına göre, **Abaloğlu levrek ve midye** ile **Pınar midye** örneklerindeki PAH bileşiklerinin **petrojenik** kaynaklı; **Flt/Pyr** oranlarına göre **Pınar midye hariç tüm midye, çipura ve levrek** örneklerindeki PAH bileşiklerinin **petrojenik** kaynaklı olabileceğini göstermektedir.
- ✓ **Mart ve Haziran dönemlerinde** balık çiftliklerinden alınan **levrek, çipura ve midyede** bulunan **toplam PAH** seviyeleri NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) kriterlerine göre tamamı "**az kirli**" olduğu görülmüştür.
- ✓ Mart ve Haziran dönemlerinde balık çiftliklerinden alınan **levrek, çipura ve midyelerde karsinojen PAH bileşiklerine rastlanmamıştır**. Dolayısıyla incelenen organizmalarda insan sağlığını olumsuz etkileyecek herhangi bir sağlık riski gözlenmemiştir.
- ✓ Mart dönemine göre, **Haziran'da** saptanan **ACHE** enzim aktiviteleri **artarken**, **CAT** enzim aktiviteleri ve **MDA** seviyeleri **azalma göstermiştir**. Enzim aktivite sonuçlarına göre, balık türleri ve biyoindikatör olan midyeler üzerindeki organik kirliliğin etkisi Haziran döneminde azalmıştır.
- ✓ **Bentik örneklerin faunistik incelenmesi sonucunda**,
 - i. **Mart** döneminde **258 tür** ve bu türlere ait **toplam 12597 birey**;
 - ii. **Haziran** döneminde **243 tür** ve bu türlere ait **toplam 3995 birey** tespit edilmiştir.
- ✓ Örnekleme istasyonlarında, **Mart** döneminde **123 tür** ve **Haziran** döneminde **99 tür** ile **Mollusca** tür sayısı bakımından ilk sırada yer almıştır. **Mart** döneminde **Mollusca 10299 birey** ile; **Haziran** döneminde ise **1622 birey** ile **Polychaeta** ilk sırada yer almıştır. Tür sayılarının Haziran'da daha düşük bulunmasının nedeni *Bittium reticulatum* türünün yoğunluğu ile ilişkilidir.
- ✓ **Mart** döneminde araştırma bölgesinde **en yüksek tür sayısı** (116 tür) **13** nolu istasyon (referans)'da, **en az tür sayısı** ise (3 tür) **6** nolu istasyonda belirlenmiştir. **Haziran** döneminde ise araştırma bölgesinde **en fazla tür** (92 tür) **12** nolu istasyonda, **en az tür** ise **4** nolu (8 tür) kıyısız istasyonda tespit edilmiştir.
- ✓ **Mart** döneminde devamlı kategoride yer alan **Bittium reticulatum** (Mollusca, toplam birey sayısının %56'sı) bölgedeki **en dominant tür** iken, **Haziran**

döneminde **en baskın tür Nematoda (spp.)** (Nematoda, toplam birey sayısının %12.1'i) olmuştur.

- ✓ İstasyonlar arasındaki **derinlik ve biyotop farklılıkları nedeniyle** her iki dönemde de **derin istasyonlarda tür sayıları** kıyı istasyonlarına göre daha **yüksek** olarak belirlenmiştir.
- ✓ Sedimentte Mart döneminde **yüksek**, Haziran'da ise **orta seviyede PAH kirliliği** tespit edilen **14** nolu istasyonda, her iki dönemde de **oligochaeta ve nematode** gruplarında **yüksek birey sayıları** gözlenmiştir.
- ✓ Sualtı dalışlarında, **Ilıca** bölgesinde Mart ve Haziran'da yakıt kalıntısına **rastlanmamıştır**. *Posidonia oceanica* çayırları ve kumluk alanlar yoğunluktadır.
- ✓ **Paşalimanı** bölgesinde, Mart ve Haziran'da yaygın ve geniş olmamakla beraber **bazı noktalarda** değişen büyüklüklerde fuel-oil kalıntılarına **rastlanmıştır**.
- ✓ **Şifne** koyu girişinde, **Mart** döneminde **kıyıda**ki taşların üzerinde yakıt kalıntıları **tespit edilmişken**, **su kesiminde** herhangi bir kalıntı **gözlenmemiştir**. **Haziran**'da ise bölgede görsel olarak herhangi bir fuel-oil kalıntısına **rastlanmamıştır**. Ancak, kıyıda fuel oil parçalarının zaman zaman insanların ayağına bulaştığı bildirilmiştir.
- ✓ Mart ve Haziran'da kaza noktasının hemen yanındaki **Pırasa adası**nda, *P. oceanica* çayırları tespit edilmiş, herhangi bir yakıt kalıntısına **rastlanmamıştır**.
- ✓ Haziran'da **Karareis**'te yapılan dalışlarda herhangi bir yakıt kalıntısına **rastlanmamıştır**.

Mart ve Haziran dönemine ait su ve sedimentteki PAH bileşenlerinin istasyonlara ve örnekleme dönemine göre farklılık gösterdiği saptanmıştır. Ayrıca, her iki dönemde su ve sedimentteki PAH bileşenlerinden bazılarının limit değerlerin üzerinde oldukları tespit edilmiştir. Bu nedenlerle, su ve sedimentteki PAH bileşenlerinin gelecek çalışma dönemlerinde de izlenmeleri önerilmektedir.

Mart ve Haziran dönemine ait deniz suyunda saptanan Benzene, Toluene, Ethylbenzene, m-Xylene, o-Xylene, p-Xylene ve Toplam BTEX konsantrasyonları, Kıyı ve Geçiş Suları için belirlenen limit değerlerin altında bulunduğundan gelecek

dönemlerde suda BTEX analizinin proje kapsamındaki izleme listesinden çıkarılması önerilmektedir.

Mart dönemine göre, Haziran'da saptanan AChE enzim aktiviteleri artarken, CAT enzim aktiviteleri ve MDA seviyeleri azalma göstermiştir. Enzim aktivite sonuçlarına göre, balık türleri ve biyoindikatör olan midyeler üzerindeki organik kirliliğin etkisi Haziran döneminde azalmıştır. Bu nedenle enzim aktivite ölçümlerinin proje kapsamındaki izleme listesinden çıkarılması önerilmektedir.

Mart ve Haziran dönemlerinde balık çiftliklerinden alınan levrek, çipura ve midyelerde karsinojen PAH bileşiklerine rastlanmamıştır. Dolayısıyla incelenen organizmalarda herhangi bir sağlık riski gözlenmemiştir. Bu nedenle, balık çiftliklerinden sadece biyoindikatör tür olan midyelerin örneklemesine ve midyelerde PAH analizlerinin proje kapsamında yapılmasına devam edilmesi önerilmektedir.

Bentik örneklerin faunistik incelenmesi sonucunda, Mart döneminde 258 tür ve bu türlere ait toplam 12597 birey; Haziran döneminde ise 243 tür ve bu türlere ait toplam 3995 birey tespit edilmiştir. Ayrıca, sedimentte Mart döneminde yüksek, Haziran'da ise orta seviyede PAH kirliliği tespit edilen 14 nolu istasyonda, her iki dönemde de oligochaeta ve nematode gruplarında yüksek birey sayıları gözlenmiştir. Bu nedenle, bentik örneklerin faunistik incelenmesine proje kapsamında devam edilmesi önerilmektedir.

Mart döneminde, Ildırı Körfezi'nde meydana gelen kaza sonrası yakıt sızıntısının lokal olarak Paşalimanı, Şifne ve Ilıca Körfezi'nin belirli bölgelerinde etkili olduğu görülmüştür. Haziran dönemindeki dalış çalışmaları sırasında Paşalimanı bölgesinde, Mart ve Haziran'da yaygın ve geniş olmamakla beraber bazı noktalarda değişen büyüklüklerde fuel-oil kalıntılarına rastlanmıştır. Ayrıca, Şifne'de kıyıda fuel oil parçalarının zaman zaman insanların ayağına bulaştığı duyumu alınmıştır. Sualtı gözlemlerinin proje kapsamında devam edilmesi önerilmektedir.

5. REFERANSLAR

- Baumard P., Budzinski H., Garrigues P., Polycyclic aromatic hydrocarbons in sediments and mussels of the western Mediterranean Sea. *Environmental Toxicology and Chemistry* 17, 765–776, (1998).
- Blackburn M., Mazzacano C.A.S., Fallon C., Black S.H., *Oil in Our Oceans. A Review of the Impacts of Oil Spills on Marine Invertebrates*. 152 pp. Portland, OR: The Xerces Society for Invertebrate Conservation (2014).
- Bradford M.M., A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Anal Biochem* 72: 248-254, (1976).
- Budzinski H., Jones I., Bellocq J., Pierard C., Garrigues P., Evaluation of sediment contamination by polycyclic aromatic hydro-carbons in the Gironde estuary, *Marine Chemistry*, 58, 85–97, (1997).
- Clarke K.R., Warwick R.M., *Change in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation*. Prime-E Ltd, Plymouth, (2001).
- Çinar M.E., Bilecenoglu M., Öztürk B., Katagan T., Yokeş, M.B., Aysel V., Dagli E., Açık S., Özcan T. and Erdogan H., An updated review of alien species on the coasts of Turkey, *Mediterranean Marine Science*, 12, 257–315, (2011).
- El Deeb K.Z., Said T.O., El Naggar M.H., Shreadah M.A., Distribution and Sources of Aliphatic and Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Surface Sediments, Fish and Bivalves of Abu Qir Bay (Egyptian Mediterranean Sea). *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology* 78, 373–379, (2007).
- EPA, Method 3510C, Separatory Funnel Liquid-Liquid Extraction, Revision 3, (1996).
- EPA, Method 5021A, Volatile Organic Compounds in Various Sample Matrices Using Equilibrium Headspace Analysis, Revision 1, (2003).
- EPA, Method 8270D, Semivolatile Organic Compounds By Gas Chromatography/Mass Spectrometry (GC/MS), Revision 4, (2007).
- EPA, Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) - EPA fact sheet. Washington, DC: National Center for Environmental Assessment, Office of Research and Development, (2008).
- Fernandez B., Campillo J.A., Martinez-Gomez C., Benedicto J., Antioxidant responses in gill of mussel (*Mytilus galloprovincialis*) as biomarkers of

- environmental stress along the Spanish Mediterranean coast. *Aquatic Toxicology*, 99, 186-197, (2010).
- Ferrando A., Gonzalez E., Franco M., Commendatore M., Nievas M. Milton C., Stora, G., Gilbert F., Esteves J.L., Cuny P., Oil spill effects on macrofaunal communities and bioturbation of pristine marine sediments (Caleta Valdés, Patagonia, Argentina): experimental evidence of low resistance capacities of benthic systems without history of pollution, *Environmental Science and Pollution Research*, 22, 15294–15306, (2015).
- Fleeger J.W., Chandler G.T., Meiofauna responses to an experimental oil spill in a Louisiana salt marsh, *Marine Ecology Progress Series*, 11, 257-264, (1983).
- Funes V., Alhama J., Navas J.I., López-Barea J., Peinado J., Ecotoxicological effects of metal pollution in two mollusc species from the Spanish South Atlantic littoral. *Environmental Pollution* 139 (2), 214-223, (2006).
- Gogou A., Apostolaki M., Stephanou E.G., Determination of organic molecular markers in marine aerosols and sediments: one-step flash chromatography compound class fractionation and capillary gas chromatographic analysis, *Journal of Chromatography A* 799, 215–231, (1998).
- Luo X., Chen S., Mai B., Yang Q., Sheng G., Fu J., Polycyclic aromatic hydrocarbons in suspended particulate matter and sediments from the Pearl River Estuary and adjacent coastal areas, China. *Environmental Pollution*, 139, 9-20, (2006).
- MacDonald D.D., Di Pinto L.M., Field J., Ingersoll C.G., Long E.R., Swartz RC., Development and evaluation of consensus-based sediment effect concentrations for polychlorinated biphenyls. *Environmental Toxicology and Chemistry* 19, 1403–1413, (2000).
- Resmi Gazete, 2016, Sayı: 29797, Yerüstü Su Kalitesi Yönetimi Yönetmeliği, Ek-5, Tablo-2, (10.08.2016).
- SM 5310B, Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, (2005)
- Soares-Gomes A., Neves R.L., Aucélio R., Van Der Ven P.H., Pitombo F.B., Mendes C.L.T., Ziulli R.L., Changes and variations of polycyclic aromatic hydrocarbon concentrations in fish, barnacles and crabs following an oil spill in a mangrove of Guanabara Bay, Southeast Brazil. *Marine Pollution Bulletin* 60 (8), 1359-1363, (2010).

- Soyer J., Bionomie benthique du plateau continental de la cote catalana Française. III: Les peuplements de Copepodes Harpacticoides (Crustacea). *Vie Milieu*, 21: 377-511, (1970).
- SQAGs. Florida Sediment Quality Assessment Guidelines (SQAGs), Volume 6. (http://www.dep.state.fl.us/waste/quick_topics/publications/pages/default.htm), (1994).
- Strickland, J.D.H., Parsons, T.R., A practical handbook of seawater analysis, Fisheries Research Board of Canada Bulletin, 167, Ottawa, (1972).
- Tsapakis M.; Stephanou E.G.; Karakassis I., Evaluation of atmospheric transport as a nonpoint source of polycyclic aromatic hydrocarbons in marine sediments of the Eastern Mediterranean, *Marine Chemistry*, 80, 283-298, (2003).
- UNEP/FAO/IAEA/IOC, Reference Method No 12, Rev.2, Sampling of selected marine organisms and sample preparation for the analysis of chlorinated hydrocarbons, (1991).
- UNEP/FAO/IOC/IAEA, Reference Method No 6, Guidelines for monitoring chemical contaminants in the sea using marine organisms, (1993).
- UNEP/IOC/IAEA/FAO, Reference Method No 57, Contaminant monitoring programs using marine organisms: Quality assurance and good laboratory practice, (1990).
- Varanasi U., Brown D.W., Hom T., Burrows D.G., Sloan C.A., Field L.J., Stein J.E., Tilbury K.L., McCain B.B., Chan S., Survey of Alaskan Subsistence Fish, Marine Mammal, and Invertebrate Samples Collected 1989–91 for Exposure to Oil Spilled from the Exxon Valdez, vol. 1. NOAA Technical Memorandum NMFS-NWFSC-12, (1993).
- Yan W., Chi J., Wang Z., Huang W., Zhang G., Spatial and temporal distribution of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in sediments from Daya Bay, South China. *Environmental Pollution* 157 (6), 1823-1830, (2009).
- Yunker M.B., Backus S.M., Pannatier E.G., Jeffries, D.S., Macdonald, R.W., Sources and Significance of Alkane and PAH Hydrocarbons in Canadian Arctic Rivers, *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 55 (1), 1-31, (2002).