



**T.C.
RECEP TAYYIP ERDOĞAN ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
SU ÜRÜNLERİ ANABİLİM DALI**

**KARADENİZ'DE HAMSİNİN (*Engraulis encrasicolus* Linnaeus,
1758) ÜREME BİYOLOJİSİ VE POPULASYON YAPISI**

(Doktora Tezi)

Muhammet EMANET

**Danışman
Prof. Dr. Cemalettin ŞAHİN**

**RİZE
2025**

KABUL VE ONAY

Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Su Ürünleri Anabilim Dalında, Prof. Dr. Cemalettin ŞAHİN danışmanlığında, Muhammet EMANET tarafından hazırlanan *Karadeniz’de Hamsinin (Engraulis encrasicolus Linnaeus, 1758) Üreme Biyolojisi ve Populasyon Yapısı* adlı bu tez çalışması, 19/11/2025 tarihinde yapılan savunma sınavı sonucunda oy birliğiyle/~~oy çokluğuyla~~ başarılı bulunarak jürimiz tarafından **Doktora Tezi** olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri	Ünvanı, Adı Soyadı	İmza
Başkan	: Prof. Dr. Cemalettin ŞAHİN	
Üye	: Prof. Dr. Ferhat KALAYCI	
Üye	: Prof. Dr. Serkan GÜL	
Üye	: Prof. Dr. Cengiz MUTLU	
Üye	: Dr. Öğr. Üyesi Ahmet ŞAHİN	

ETİK BEYAN

Su Ürünleri Doktora Programından mezun olmak üzere teslim ettiğim “Karadeniz’de Hamsinin (*Engraulis encrasicolus* Linnaeus, 1758) Üreme Biyolojisi ve Populasyon Yapısı” adlı tezim, bilim ve araştırma etiği prensiplerine riayet edilerek tarafımdan yazılmıştır.

Tez çalışmamda, başka kaynaklardan aktarılan bütün bilgi ve alıntılar, Enstitünüz Tez Yazım Kılavuzuna uygun olarak açıkça gösterilmiştir. Kaynağı gösterilenler dışında kalan bütün bilgiler uygun araştırma yöntemi kullanılarak tarafımdan edinilmiş ve esere bu şekilde yansıtılmıştır. Şahsıma ait olmayan hiçbir bilgi, kasıt veya kusurlar, şahsıma aitmiş gibi gösterilmemiştir. İnternet kaynakları dâhil, sahibine/kaynağına atıf yapılmaksızın hiçbir bilgi kullanılmamıştır. Aksinin ortaya çıkması halinde doğacak bütün hukuki, idari, akademik ve etik sorumluluk tarafıma ait olacaktır. Eserin tesliminden sonra herhangi bir zamanda, bilim etiğine aykırılık tespit edilmesi ve / veya eserimle ilgili intihal veya intihal şeklinde anlaşılabilecek bir durumun ortaya çıkması halinde; Üniversiteniz ve eğitim kadronuzun hiçbir şekilde sorumlu tutulmayacağını hür irademle kabul, beyan ve taahhüt ederim.

19/11/2025

Muhammet EMANET

ÖN SÖZ

Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Su Ürünleri Anabilim Dalı'nda doktora tezi olarak hazırlanan bu çalışma, Türkiye balıkçılığı açısından ekonomik ve ekolojik öneme sahip olan Karadeniz hamsisinin (*Engraulis encrasicolus* Linnaeus, 1758) üreme biyolojisi ve populasyon yapısını belirlemek amacıyla gerçekleştirilmiştir. Bu tez ile, hamsi türünün Karadeniz ekosistemindeki durumunun daha iyi anlaşılması ve uzun vadeli kaynak yönetimi için güçlü bilimsel dayanakların sağlanması hedeflenmiştir.

Tez çalışmam süresinceengin bilgi birikimi, değerli rehberliği ve sürekli desteğiyle bana yol gösteren danışmanım Sayın Prof. Dr. Cemalettin ŞAHİN'e en içten teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca, tez izleme komitemde yer alan kıymetli hocalarım Prof. Dr. Ferhat KALAYCI ve Prof. Dr. Serkan GÜL'e, yapıcı eleştirileri, yönlendirmeleri ve katkılarıyla tezimin şekillenmesine sağladıkları destekten dolayı teşekkür ederim.

Bu tez çalışması, Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü tarafından FDK-2021-1302 numaralı doktora projesi kapsamında desteklenmiştir. Sağlanan bu değerli katkıdan dolayı Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi BAP birimine içten teşekkürlerimi sunarım.

Tezimin laboratuvar çalışmaları ve yazım süreci boyunca değerli katkılarıyla yanımda olan Doç. Dr. Yusuf CEYLAN, Doç. Dr. Hatice ONAY, Dr. Öğr. Üyesi Mert MİNAZ, Dr. Öğr. Üyesi Akif ER ve Dr. Tuğba KAYA'ya bilimsel desteklerinden dolayı en içten teşekkürlerimi sunarım. Örnek temin sürecinde özverili yardımlarını esirgemeyen Emanet Kardeşler Balıkçılık, Sayın Osman EMANET, Sayın Dursun EMANET, Şahin Balıkçılık ve Sayın Ahmet ŞAHİN'e şükranlarımı sunarım. Ayrıca, manevi destekleriyle her zaman yanımda olan Derapazarı İlçe Tarım ve Orman Müdürlüğü'ndeki değerli mesai arkadaşlarıma, sevgili eşim Züleyha Emanet başta olmak üzere, kızıma, beni yetiştiren annem ve babama, desteğini esirgemeyen kardeşlerime sonsuz teşekkür ederim.

Muhammet EMANET
RİZE/2025

İÇİNDEKİLER

KABUL VE ONAY	I
ETİK BEYAN.....	II
ÖN SÖZ.....	III
İÇİNDEKİLER	IV
ÖZET.....	VII
ABSTRACT.....	VIII
KISALTMALAR	IX
TABLolar LİSTESİ	X
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	XII
GİRİŞ.....	1
1. GENEL BİLGİLER.....	7
1.1. Hamsi (<i>Engraulis encrasicolus</i> , Linnaeus, 1758) Balığının Sistematikteki Yeri	7
1.2. Hamsinin Morfolojik Özellikleri	7
1.3. Hamsinin Coğrafik Dağılımı ve Yaşadığı Ortam Özellikleri.....	9
1.4. Hamsinin Üreme Özellikleri.....	10
1.5. Karadeniz'in Genel Özellikleri	11
1.6. Litaratür Özeti.....	13
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR	32
2.1. Materyaller	32
2.2. Metod	32
2.2.1. Çalışma Sahası.....	32
2.2.2. Araştırma Planı	33
2.2.3. Biyometrik Ölçümler	34
2.2.4. Yaş ve Büyüme Özellikleri	34
2.2.4.1. Yaş Tayini.....	34
2.2.4.2. Yaş kompozisyonu	35
2.2.4.3. Boy-Ağırlık İlişkisi ve Yaş-Boy, Yaş-Ağırlık Ortalamaları.....	36
2.2.4.4. Büyüme Parametrelerinin (VBBD) Hesaplanması	36
2.2.4.5. Ölüm Oranlarının Hesaplanması	37
2.2.4.6. Kondisyon Faktörü	39
2.2.5. Cinsiyet Tespiti.....	39

2.2.6. Üreme Özellikleri	39
2.2.6.1. Gonadosomatik İndeks (GSI).....	39
2.2.6.2. Hepatosomatik İndeks (HSİ).....	40
2.2.6.3. Gonadların Makroskopik Değerlendirmesi	41
2.2.6.4. Gonadların Mikroskopik Safhalandırma	42
2.2.6.5. Fekondite (Yumurta Verimi)'nin Hesaplanması.....	45
2.2.6.6. Yumurta Çaplarının Ölçülmesi	47
2.2.6.7. Yumurta Bırakma Saatlerinin Belirlenmesi.....	47
2.2.7. İlk Üreme Boyu (L ₅₀)	48
3. BULGULAR	49
3.1. Boy Kompozisyonları	49
3.1.1. İlk Yıl (Eylül 2020-Ağustos 2021) Örneklenen Hamsi Bireylerinin Boy Kompozisyonu	49
3.1.2. İkinci Yıl (Eylül 2021-Eylül 2022) Örneklenen Hamsi Bireylerinin Boy Kompozisyonu	50
3.2. Cinsiyet Kompozisyonları	52
3.2.1. İlk Yıl (Eylül 2020-Ağustos 2021) Örneklenen Hamsi Bireylerinin Aylara ve Boya göre Cinsiyet Kompozisyonu	52
3.2.2. İkinci Yıl (Eylül 2021-Eylül 2022) Örneklenen Hamsi Bireylerinin Aylara ve Boya Göre Cinsiyet Kompozisyonu	54
3.3. Büyüme Parametreleri.....	57
3.3.1. Boy ve Ağırlık İlişkisi.....	57
3.3.2. Kondisyon Faktörü	59
3.3.3. Yaş ve Büyüme Parametreleri	62
3.3.4. Yaş-Boy ve Yaş-Ağırlık İlişkisi	67
3.3.5. Ölüm Oranları.....	69
3.4. Üreme	70
3.4.1. Gonadosomatik İndeks (GSI)	70
3.4.2. Hepatosomatik İndeks (HSİ)	73
3.4.3. Makroskopik Uygulamalarla Gonadların Safhalandırılması.....	76
3.4.4. Mikroskopik Uygulamalarla Gonadların Safhalandırılması	81
3.4.5. Yumurta Verimliliği (Fekondite).....	94
3.4.6. Yumurta Çapları	96
3.4.7. Yumurta Bırakma Saatleri.....	99
3.5. İlk Üreme Boyu (L ₅₀)	99

4. TARTIŞMA VE SONUÇ	101
4.1. Boy ve Cinsiyet Kompozisyonu	101
4.2. Büyüme Parametreleri.....	103
4.3. Üreme	109
4.4. Genel Değerlendirme ve Öneriler	117
KAYNAKÇA.....	120



Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Anabilim Dalı : Su Ürünleri

Tez Türü : Doktora

Danışman : Prof. Dr. Cemalettin ŞAHİN

Hazırlayan : Muhammet EMANET

Yıl : 2025

Sayfa Sayısı : 131

ÖZET

KARADENİZ'DEKİ HAMSI (*Engraulis encrasicolus* Linnaeus, 1758) ÜREME BİYOLOJİSİ VE POPULASYON YAPISI

Bu doktora tezinde, Karadeniz genelinde yayılış gösteren ve Türkiye balıkçılığı açısından ekonomik değeri yüksek olan Avrupa hamsisinin (*Engraulis encrasicolus*, Linnaeus, 1758) üreme biyolojisi ve populasyon yapısı iki yıllık (2020–2022) bir dönem boyunca kapsamlı biçimde incelenmiştir. Çalışma kapsamında Karadeniz'in farklı bölgelerinden aylık olarak toplanan hamsiler değerlendirilmiştir. Gonad histolojisi, eşeyssel olgunluk safhaları, ilk eşeyssel olgunluk boyu (L_{50}), Gonadosomatik Index (GSI), Hepatosomatik Index (HSI), kondiyon faktörü, fekondite parametreleri, yumurta bırakma saatleri, yumurta çapı büyüklükleri ölüm oranları, boy kompozisyonları, cinsiyet oranları, yaş ve büyüme parametreleri her yıl için ayrı ayrı analiz edilmiştir. Çalışmanın ilk yılında ortalama boy ve ağırlık sırasıyla $9,33 \pm 1,746$ cm ve $5,54 \pm 3,054$ gram olarak ikinci yılında ise $10,58 \pm 1,33$ cm ve $7,66 \pm 2,649$ gram olarak bulunmuştur. Dişi erkek oranı ilk yıl 1:1,02 ikinci yıl 1:1,06 hesaplanmış dişilerin her iki yılda da daha baskın olduğu görülmüştür. Boy ağırlık ilişkisi tüm bireylerde ilk yıl için $W = 0,0038 L^{3,2135}$ ($r^2 = 0,9287$) olarak ikinci yıl için ise $W = 0,0102 L^{2,7869}$ ($r^2 = 0,9146$) olarak hesaplanmıştır. Büyüme parametreleri von Bertalanffy büyüme denklemi kullanılarak hesaplanmış, tüm bireyler için $L_{\infty} = 14,67$ cm, $k = 0,551 \text{ yıl}^{-1}$ ve $t_0 = -1,850$ (2020-2021) ve $L_{\infty} = 14,25$ cm, $k = 0,499 \text{ yıl}^{-1}$ ve $t_0 = -2,126$ (2021-2022) olarak bulunmuştur. Ölüm oranlarına dayalı olarak her yıl için ayrı ayrı hesaplanan işletme oranlarını ($E = 0,73$ ve $E = 0,69$) av baskısının yüksek olduğunu göstermektedir. Histolojik analizler, hamsinin asenkron yumurtlama özelliği taşıdığını ve üremenin ilk yıl Mayıs-Ağustos ayları arasında, ikinci yıl Haziran-Eylül ayları arasında gerçekleştiğini ortaya koymuştur. GSI ve HSI değerleri üreme zamanının belirlenmesinde histolojik analizleri desteklemiştir. Dişi bireyler için L_{50} değerleri tüm bireylerde 9,82 cm (2020–2021) ve 9,81 cm (2021–2022), olarak hesaplanmıştır. Bu çalışma, hamsinin üreme ve stok özelliklerine dair ayrıntılı veriler sunarak Karadeniz balıkçılığında sürdürülebilir avcılık yönetimi için bilimsel dayanak oluşturmakta ve şimdiye kadar bu tür üzerine yapılmış en kapsamlı bölgesel araştırmalardan biri olma özelliğini taşımaktadır.

Anahtar Kelimeler: *Engraulis encrasicolus*, üreme biyolojisi, populasyon dinamiği, gonad histolojisi, Karadeniz

Recep Tayyip Erdogan University Institute of Graduate Studies

Department : Department of Fisheries

Thesis Type : Doctoral Thesis

Supervisor : Prof. Dr. Cemalettin ŞAHİN

Author : Muhammet EMANET

Year : 2025

Pages : 131

ABSTRACT

REPRODUCTIVE BIOLOGY AND POPULATION STRUCTURE OF ANCHOVY (*Engraulis encrasicolus* Linnaeus 1758) IN THE BLACK SEA

In this doctoral dissertation, the reproductive biology and population structure of the European anchovy (*Engraulis encrasicolus*, Linnaeus, 1758), a species widely distributed throughout the Black Sea and of high economic importance to Turkish fisheries, were comprehensively investigated over a two-year period (2020–2022). Anchovy specimens were collected monthly from various regions of the Black Sea. Gonadal histology, sexual maturity stages, length at first sexual maturity (L_{50}), gonadosomatic index (GSI), hepatosomatic index (HSI), condition factor, fecundity parameters, spawning times, oocyte diameter, mortality rates, length composition, sex ratio, and age-growth parameters were analyzed separately for each year. The mean total length and weight were found to be $9,33 \pm 1,746$ cm and $5,54 \pm 3,054$ g in the first year, and $10,58 \pm 1,33$ cm and $7,66 \pm 2,649$ g in the second year, respectively. The female-to-male ratio was calculated as 1:1,02 in the first year and 1:1,06 in the second year, indicating a slight dominance of females in both years. The length-weight relationships were estimated as $W = 0,0038 L^{3,2135}$ ($r^2 = 0,9287$) for 2020–2021 and $W = 0,0102 L^{2,7869}$ ($r^2 = 0,9146$) for 2021–2022. Growth parameters were estimated using the von Bertalanffy growth model, with $L_{\infty} = 14,67$ cm, $k = 0,551 \text{ year}^{-1}$, $t_0 = -1,850$ (2020–2021) and $L_{\infty} = 14,25$ cm, $k = 0,499 \text{ year}^{-1}$, $t_0 = -2,126$ (2021–2022). Based on mortality rates, the calculated exploitation rates for each year ($E = 0,73$ and $E = 0,69$) show that fishing pressure is high. Histological findings confirmed that *E. encrasicolus* exhibits asynchronous spawning, with the spawning season occurring between May and August in the first year and June and September in the second year. GSI and HSI values supported the histological assessments regarding the timing of reproduction. The length at first sexual maturity (L_{50}) for females was calculated as 9,82 cm and 9,81 cm for the first and second year, respectively. This study provides detailed insights into the reproductive and stock characteristics of European anchovy, offering valuable data for the sustainable management of Black Sea fisheries. It stands out as one of the most comprehensive regional investigations conducted on this species to date.

Keywords: *Engraulis encrasicolus*, reproductive biology, population dynamics, gonad histology, Blacksea

KISALTMALAR

ağ.	:	Ağırlık
cm	:	Santimetre
FAO	:	Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü
g	:	Gram
H ₂ S	:	Hidrojen sülfür
kg	:	Kilogram
Max.	:	Maksimum
Min	:	Minimum
mm	:	Milimetre
Ort.	:	Ortalama
O ₂	:	Oksijen
SS	:	Standart Sapma
Top.	:	Toplam
Tuik	:	Türkiye İstatistik Kurumu
vd.	:	ve diğerleri
°C	:	Derece
χ^2	:	Ki kare
μm	:	Mikron

TABLÖLAR LİSTESİ

Tablo 1. Dişi ve erkek gonadlarında makroskobik safhalandırma	41
Tablo 2. Dişi ve erkek gonadlarda mikroskobik safhalandırma	42
Tablo 3. Histolojik doku takibi aşamaları	43
Tablo 4. Hematoksilen-Eozin (H&E) Boyama Prosedürü	45
Tablo 5. İlk yıla ait aylara göre örneklenen hamsilerin boy frekans dağılımları	49
Tablo 6. İkinci yıla ait aylara göre örneklenen hamsilerin boy frekans dağılımları ..	51
Tablo 7. İlk yıla ait hamsi örneklerinin boy gruplarına göre cinsiyet dağılımı	53
Tablo 8. İkinci yıla ait hamsi örneklerinin boy gruplarına göre cinsiyet dağılımı	56
Tablo 9. Eylül 2020-Ağustos 2021 ve Eylül 2021-Eylül 2021 yılları arasında örneklenen hamsi balıklarının boy ağırlık ilişkisi sabitleri, büyüme şekli ve korelasyon katsayısı	59
Tablo 10. İlk yıl elde edilen hamsi örneklerinin cinsiyetlere göre aylık kondisyon değerleri	60
Tablo 11. İkinci yıl elde edilen hamsi örneklerinin cinsiyetlere göre aylık kondisyon değerleri	61
Tablo 12. Örnekleme yıllarında yaş ve boy sınıfına karşılık düşen birey sayısı	64
Tablo 13. Yaşlara karşılık gelen ortalama boy, ortalama ağırlık, standart sapma, boyca ve ağırlıkça büyüme oranları	65
Tablo 14. Her iki yıl için tahmin edilen büyüme sabitleri	67
Tablo 15. Her yıl için tahmin edilen ölüm oranları ve işletme oranları	70
Tablo 16. İlk yıl örneklenen hamsilerin cinsiyetlere göre aylık GSİ değerleri	71
Tablo 17. İkinci yıl örneklenen hamsilerin cinsiyetlere göre aylık GSİ değerleri	72
Tablo 18. İlk yıl örneklenen hamsilerin cinsiyetlere göre aylık HSİ değerleri	74
Tablo 19. İkinci yıl örneklenen hamsilerin cinsiyetlere göre aylık HSİ değerleri	75
Tablo 20. İlk yıla ait hamsilerin aylara göre gonad safhalarında dağılımı	78
Tablo 21. İkinci yıla ait hamsilerin aylara göre gonad safhalarında dağılımı	80
Tablo 22. İlk yıl örnekleri için mikroskobik safhalarda aylık birey sayısı	82
Tablo 23. İkinci yıl örnekleri için mikroskobik safhalarda aylık birey sayısı	88
Tablo 24. Üreme dönemi boyunca aylara göre fekonditeler	95
Tablo 25. Üreme dönemlerinde ölçülen aylık yumurta çapları	96

Tablo 26. Hamsinin boy dağılımı ve cinsiyet oranı üzerine yapılan çalışmalar	102
Tablo 27. Hamsi boy-ağırlık üzerine yapılan çalışmaların sonuçları	103
Tablo 28. Hamsinin büyüme parametreleri üzerine yapılan çalışmalar	107
Tablo 29. Hamsinin ölüm ve işletme oranları üzerine yapılmış çalışmalar	109
Tablo 30. Hamsinin üremesi periyodu üzerine yapılmış bazı çalışmalar	113
Tablo 31. Hamsinin kısmi fekonditesi üzerine yapılmış çalışmalar	115
Tablo 32. Hamsinin ilk üreme boyu (L_{50}) üzerine yapılmış çalışmalar	116



ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1. Dünya balıkçılık ve su ürünleri yetiştiriciliğinin durumu	2
Şekil 2. Türkiye’de yıllara göre deniz balıkları ve hamsi üretimi	4
Şekil 3. Balıklarda üreme döngüsü	6
Şekil 4. Hamsi balığının genel görünümü	7
Şekil 5. Hamsi balığının genel görünümü	8
Şekil 6. Hamsi (<i>Engraulis encrasicolus</i>) dağılım alanları	9
Şekil 7. Karadeniz’in genel görünümü.....	12
Şekil 8. Kullanılan hamsi materyali ve hamsiyi elde etme şekilleri	32
Şekil 9. Çalışma sahası.....	33
Şekil 10. Biyometrik ölçümler.....	34
Şekil 11. Hamsi otoliti çıkarılması ve saklanması.....	35
Şekil 12. Dişi (A) ve erkek (B) hamsilerin gonadları	39
Şekil 13. Karaciğerin vücuttaki konumu ve hamsi karaciğeri.....	40
Şekil 14. Histolojik kesit hazırlığına yönelik ön işlemler	43
Şekil 15. Histolojik kesit hazırlık sürecine ait görseller.....	44
Şekil 16. Fekondite belirlenmesi	46
Şekil 17. Yumurta çaplarının ölçümü	47
Şekil 18. İlk yıla ait hamsi örneklerinin boy gruplarına göre yüzde dağılımı	50
Şekil 19. İkinci yıla ait hamsi örneklerinin boy gruplarına göre yüzde dağılımı	51
Şekil 20. İlk yıla ait hamsi örneklerin aylık boy frekans dağılımları.....	53
Şekil 21. İlk yıla ait hamsi örneklerinin boy gruplarına göre cinsiyetlerin % dağılımı	54
Şekil 22. İkinci yıla ait hamsi örneklerin aylık boy frekans dağılımları	55
Şekil 23. İkinci yıla ait hamsi örneklerinin boy gruplarına göre cinsiyetlerin % dağılımı.	57
Şekil 24. Örneklem yıllarına göre hamsi balıklarının boy ağırlık ilişkileri.....	58
Şekil 25. İlk yıl örneklerinde aylık kondisyon faktörü dağılımı.....	61
Şekil 26. İkinci yıl örneklerinde aylık kondisyon faktör dağılımları.....	62
Şekil 27. Yıllık örneklemelerde elde edilen en yaşlı bireylerin otolit görünümü	63
Şekil 28. Boyca ve ağırlıkça büyüme oranlarının dağılımları (%)	66

Şekil 29. İlk yıl yaş boy ve yaş ağırlık ilişkileri	68
Şekil 30. İkinci yıl yaş boy ve yaş ağırlık ilişkileri.....	69
Şekil 31. İlk yıl örneklerinde aylık gonadasomatik indeks dağılımları	71
Şekil 32. İkinci yıl örneklerinde aylık gonadasomatik indeks dağılımları.....	73
Şekil 33. İlk yıl örneklerinde aylık hepatosomatik indeks dağılımları	74
Şekil 34. İkinci yıl örneklerinde aylık hepatosomatik indeks dağılımları.....	76
Şekil 35. Hamsi gonad safhalarının makroskopik görünümü	77
Şekil 36. İlk yılki örneklerin gonadlarının makroskopik safhalandırılması.....	79
Şekil 37. İkinci yılki örneklerin gonadlarının makroskopik safhalandırılması	81
Şekil 38. İlk yılki örneklerin gonadlarının mikroskopik evrelendirmeleri	83
Şekil 39. Eylül 2020-Ağustos 2021 ayları arasındaki ovaryum ve oosit yapıları	85
Şekil 40. İkinci yılki örneklemelerin gonadlarının mikroskopik evrelendirmeleri ...	89
Şekil 41. Eylül 2021-Eylül 2022 ayları arasındaki ovaryum ve oosit yapıları	91
Şekil 42. Kısmi fekondite-boy ve kısmi fekondite-ağırlık ilişkileri	95
Şekil 43. Her iki yılın aylara göre yumurta çapı dağılımları.....	97
Şekil 44. Hamsinin yumurta bırakma saatleri	99
Şekil 45. Her iki yıl için tahmin edilen ilk üreme boyları (L_{50})	100
Şekil 46. Her iki yılın aylık kondisyon dağılımı.....	105
Şekil 47. Dişi hamsilerin aylık GSI, HSI ve sıcaklık dağılım ilişkileri	110
Şekil 48. Erkek hamsilerin aylık GSI, HSI ve sıcaklık dağılım ilişkileri.....	111
Şekil 49. Aylara göre fekonditenin dağılımı	114

GİRİŞ

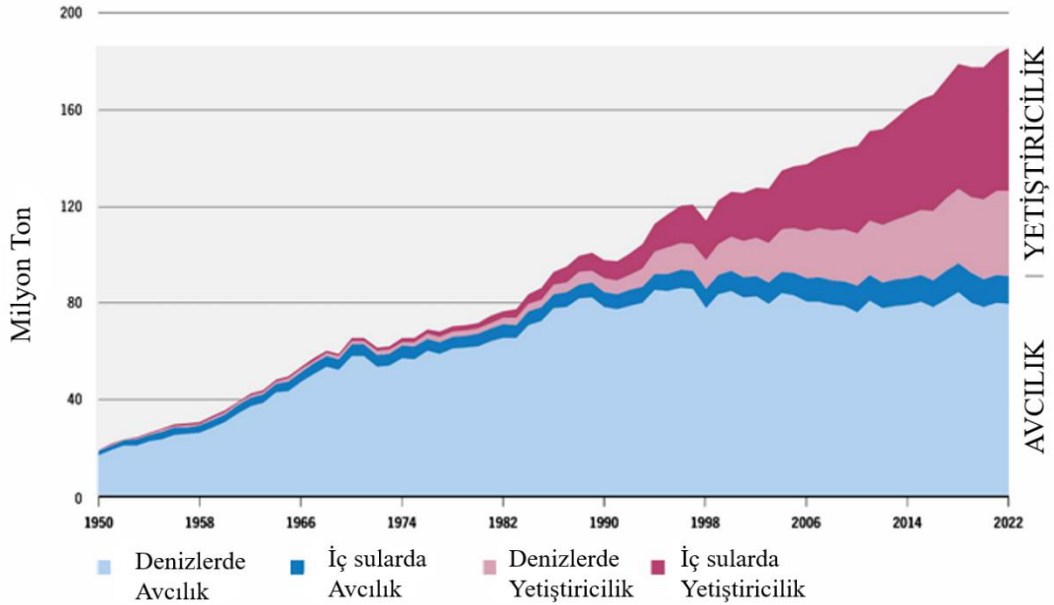
Tarih boyunca sucul kaynaklar, insanlığın temel besin ihtiyaçlarını karşılamada vazgeçilmez bir rol oynamıştır. İnsanlık tarihi, nehirler, göller, denizler ve okyanuslar gibi sucul ekosistemlerden sağlanan besinlerin hem biyolojik çeşitliliği koruma hem de insan sağlığına fayda sağlama amacıyla nasıl kullanıldığını gözler önüne sermektedir. Doğal kaynaklar, insan yaşamının sürdürülebilirliği açısından vazgeçilmezdir ve bu kaynakların doğru şekilde kullanımı insan hayatını doğrudan etkiler. Beslenme, bireyin yaşamını devam ettirmesi için temel bir gereksinimdir ve bu ihtiyaç, karasal ile sucul kaynaklardan elde edilmektedir. Özellikle balık ve diğer sucul canlılar, içerdikleri yüksek kaliteli protein, omega-3 yağ asitleri ve temel minerallerle insan sağlığını desteklemekte, kalp-damar hastalıklarından nörolojik gelişime kadar geniş bir yelpazede sağlık faydaları sunmaktadır. FAO'nun 2024 yılı raporuna göre, sucul ürünler, dünya genelinde tüketilen hayvansal proteinin yaklaşık %15'ini sağlayarak özellikle gelişmekte olan ülkelerde temel protein kaynağı olarak öne çıkmaktadır (Arıman Karabulut ve Yandı, 2006; Turan vd., 2006; FAO, 2024).

Balıkçılık, sucul kaynaklardan sağlanan bu besin ihtiyacını karşılamak için tarih boyunca farklı avlanma araç ve yöntemleriyle gelişmiştir. Özellikle deniz balıkçılığı, yalnızca kültürel ve geleneksel değerler açısından değil, aynı zamanda ekonomik kalkınma, kıyı topluluklarının refahı, gıda güvenliği ve geçim kaynakları bakımından kritik bir öneme sahiptir (World Bank, 2013; Bene vd., 2016). Balık ve balıkçılık ürünleri, dünya genelinde milyarlarca insan için temel protein kaynağı olup, özellikle düşük gelirli ülkelerde hayvansal proteinin önemli bir kısmını karşılamaktadır. Ancak bu kaynakların sürdürülebilir şekilde yönetilmesi, balık stoklarının korunması ve aşırı avlanmanın önlenmesi hem ekolojik hem de ekonomik açıdan büyük bir sorumluluk gerektirmektedir. Bu bağlamda, uluslararası balıkçılık kuruluşları sürdürülebilir avcılık politikaları geliştirmek ve bu politikaları etkin şekilde uygulamak adına stratejiler belirlemektedir (Mora vd., 2009; FAO, 2024).

Günümüzde balıkçılık ve akuakültür faaliyetleri, sucul kaynakların sürdürülebilir kullanımını sağlamada önemli bir yer tutmaktadır. Son yıllarda balıkçılıkla elde edilen üretimdeki azalmanın aksine kültür balıkçılıkla elde edilen

üretimlerdeki artış dikkati çekmektedir. Bu, akuakültürün sürdürülebilir üretim stratejilerinde artan önemini vurgulamaktadır. Ancak, aşırı avlanma, iklim değişikliği ve kirlilik gibi tehditler, sucul kaynakların uzun vadeli sürdürülebilirliğini ve avlama çabalarını zorlaştırmaktadır. Bu nedenle, uluslararası işbirlikleri ve etkili yönetim politikaları, sucul gıda sistemlerinin çevresel, ekonomik ve sosyal boyutlarda sürdürülebilirliğini artırmada kritik bir rol oynamaktadır (Troell vd., 2014; Bene vd., 2016; Barange vd., 2018; FAO, 2024).

Son 70 yılda, dünyadaki balıkçılık ve su ürünleri yetiştiriciliği sektörlerinde kayda değer gelişmeler yaşanmıştır. 1950 yılında toplam dünya balık üretimi yalnızca 19,3 milyon ton olarak gerçekleşirken, 2022 yılı itibarıyla bu miktar 185 milyon tona ulaşmıştır. Denizlerden avcılık yoluyla elde edilen üretim, balıkçılık tarihinde her zaman en büyük katkıyı sağlamış ancak bu katkının dünya genelindeki payı son yıllarda azalmıştır. 1950 yılında denizlerden elde edilen avcılık üretimi toplam balık üretiminin %86'sını oluştururken, 2022 yılında bu oran %44'e gerilemiştir (FAO 2024), (Şekil 1).

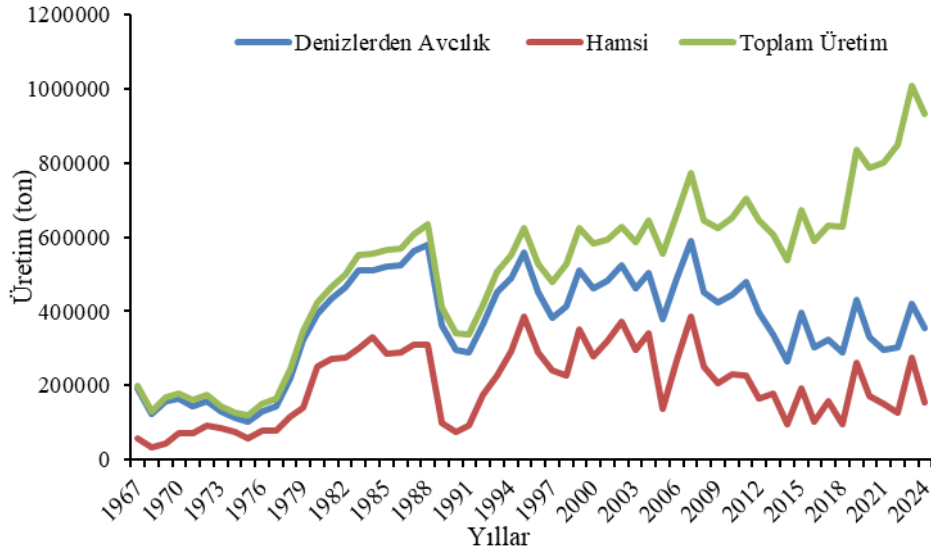


Şekil 1. Dünya balıkçılık ve su ürünleri yetiştiriciliğinin durumu (FAO, 2024)

Avlanma teknolojilerindeki ilerlemeler sayesinde, denizlerden elde edilen balık üretimi 1950'deki 16,7 milyon ton seviyesinden 1996'da 87,7 milyon tona kadar yükselmiş, bu yıl balıkçılık tarihinde zirveye ulaşılmıştır. Ancak, üretim

miktarı son yıllarda dalgalanarak 2022 itibarıyla 82 milyon ton seviyesine gerilemiştir. (FAO, 2024) (Şekil 1). FAO'nun ticari balık stoklarına ilişkin analizleri, deniz kaynaklarının sürdürülebilir kullanımında yaşanan zorlukları açıkça ortaya koymaktadır. 1970'lerin sonlarından itibaren sürdürülemez seviyelerde avlanan stokların oranındaki hızlı artış dikkat çekmektedir. Bu oran 1970'lerde %10 iken, 1989 yılında %26'ya çıkmıştır. 1990'lardan itibaren sürdürülemez düzeyde avlanan stokların sayısındaki artış hızı yavaşlamış olsa da sorun devam etmektedir. 1974 yılında balık stoklarının %90'ının biyolojik olarak sürdürülebilir seviyelerde bulunduğu bildirilirken, 2013 yılında bu oran %68,6'ya düşmüştür. Bu dramatik azalma, balık stoklarının %31,4'ünün biyolojik olarak sürdürülemez seviyelerde avlandığını göstermektedir. Özellikle aşırı avlanma sonucu sömürülen stoklar ve çevresel değişiklikler, bu düşüşün başlıca nedenleri arasında yer almaktadır. Bu durum, aşırı avlanma sorununu küresel balıkçılık sektörünün en önemli zorluklarından biri haline getirmiştir (Mora vd., 2011; FAO, 2016, FAO, 2024).

Dünyada ki balık stoklarının sağlıklı işletilmesi olumsuz yönde ilerlerken, ülkemiz stoklarının işletilmesi de olumsuz yönde ilerlemektedir. Akdeniz ve Karadeniz gibi bölgelerde balıkçılık üretiminde önemli düşüşler yaşanmaktadır. (Tsikliras vd., 2015; Ulman vd., 2020). 2007'den itibaren bu bölgelerde toplam üretimde yaklaşık üçte bir oranında bir azalma kaydedilmiş, bu düşüş en çok hamsi ve sardalye gibi pelajik türlerde görülmüştür. 1980'li yılların sonuna kadar üretim verilerinde artış eğilimi gözlemlenirken, 1988 yılından itibaren hem deniz balıkları hem de hamsi üretiminde dalgalı bir seyir izleyen azalmalar dikkat çekmektedir (Şekil 2). Bu durumun, Karadeniz ekosisteminde uzun süredir devam eden değişimlerle bağlantılı olduğu belirtilmektedir. Söz konusu değişimlerin, aşırı avlanma, insan kaynaklı atıkların artışı ve iklim değişikliği gibi faktörlerden kaynaklandığı ifade edilmektedir (Prodanov vd., 1997; Daskalov, 2002; Akoğlu vd., 2014). Bu etkenlerin Karadeniz'in ekolojik dengesinde dönüşümlere yol açtığı ve ekosistemdeki canlıların hayati öneme sahip beslenme ve üreme davranışlarını olumsuz etkilediği vurgulanmaktadır. Ekosistemdeki bu değişimlerin balıkçılık ve deniz kaynaklarının sürdürülebilir kullanımı açısından önemli riskler doğurduğu düşünülmektedir (Bat vd., 2007; Halpern vd., 2008).



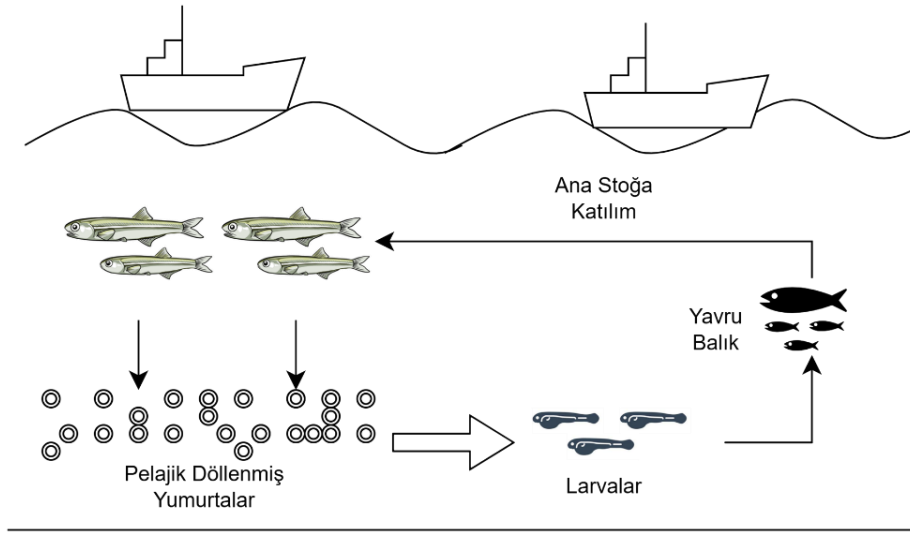
Şekil 2. Türkiye’de yıllara göre deniz balıkları ve hamsi üretimi

Hamsi üretimi 1967 yılında yaklaşık 57 bin ton olarak kaydedilmiş ve bu miktar, av filosundaki tekne sayısının artması, avcılık ekipmanlarındaki teknolojik ilerlemeler ve kapasitedeki büyüme ile 1980’li yılların sonlarına kadar kademeli olarak 300 bin tonun üzerine çıkmıştır. Ancak, bu dönemden sonra, aşırı avcılığın artması ve Karadeniz’de meydana gelen biyolojik ve ekolojik değişimlerin etkisiyle hamsi üretiminde önemli bir düşüş yaşanmıştır. Alınan bazı önlemler sayesinde hamsi stokları 1990’lı yılların sonlarına doğru tekrar toparlanmıştır. Bununla birlikte, bilinçsiz avlanmanın devam etmesi ve Karadeniz ekosistemindeki olumsuz değişikliklerin sürmesi nedeniyle balık üretiminde zaman zaman yükselmeler olsada dalgalı bir şekilde azalma devam etmiş ve 2018 yılında hamsi av miktarı 96 bin tona gerilemiştir. Bu düşüş, aşırı avcılık, ekosistemdeki biyolojik ve ekolojik değişimlerle ilişkilendirilmektedir. (Bat vd., 2005; Şahin vd., 2006; Oğuz ve Gilbert, 2007; TÜİK, 1967; TÜİK, 2019). 2023 yılında denizlerden avcılık yoluyla elde edilen balık üretim miktarı 387 115 ton iken denizlerden üretilen hamsi miktarı (237 915 ton) bu oranın yaklaşık %71’ini, 2024 yılında ise avcılık yoluyla elde edilen balık üretim miktarı 290 068 ton iken avlanan hamsi miktarı (153 175 ton) bu miktarın %52,81’ini oluşturmaktadır. Bu yüzden hamsi avcılığı ülkemizin avcılık yoluyla denizlerden üretilen balık miktarı üzerinde doğrudan etkilidir (TÜİK, 2025), (Şekil 2).

Balıkçılık kaynaklarının sürdürülebilir yönetimi açısından popülasyon dinamiği çalışmaları hayati öneme sahiptir. Balık popülasyonları doğaları gereği

dinamik sistemlerdir ve bu sistemlerdeki değişim; doğum, ölüm, büyüme ve göç gibi temel biyolojik süreçlerin etkileşimiyle şekillenir. Bu nedenle, bir türün popülasyonuna ait bolluk, biyokütle, yaş yapısı, cinsiyet oranı ve boy-ağırlık ilişkileri gibi verilerin analiz edilmesi, sadece mevcut durumun değerlendirilmesi için değil, aynı zamanda gelecekteki olası senaryoların öngörülmesi açısından da büyük önem taşımaktadır. Popülasyon dinamiklerine ilişkin doğru ve kapsamlı veriler, av baskısının tür üzerindeki etkilerinin belirlenmesinde ve etkili yönetim stratejilerinin geliştirilmesinde temel teşkil eder (Hilborn ve Walters, 1992; King, 2007). Bu kapsamda, balıkçılığa konu olan türlerin biyolojik özelliklerinin yanı sıra, av istatistikleri, çevresel faktörler ve uygulanan kontrol mekanizmalarının birlikte değerlendirilmesi gerekmektedir. Özellikle türlerin üreme potansiyelinin anlaşılması ve stokların yenilenme kapasitesinin belirlenmesi, sürdürülebilir balıkçılık politikalarının temel dayanaklarından biridir. Dolayısıyla popülasyon dinamiğine dair yürütölen çalışmalar, ekosistem temelli yaklaşımların bilimsel zeminini oluşturarak su ürünleri kaynaklarının korunmasına ve uzun vadeli kullanımına katkı sağlamaktadır (Pope vd., 2010; Pauly ve Froese, 2020).

Balıklarda üreme biyolojisi hem ekosistem dengesi hem de balıkçılık yönetimi için temel bir öneme sahiptir. Üreme stratejileri, fekondite, yumurta gelişimi, üreme dönemi ve ilk olgunluk boyu gibi parametreler, balık popülasyonlarının sürdürülebilirliğini anlamada kritik bilgiler sağlar. Bu parametreler, aşırı avlanma gibi tehditlerin azaltılması ve türlerin stoklarının korunması amacıyla bilimsel rehberlik sağlar. (Lowerre-Barbieri vd., 2011; Amponsah vd., 2016). Çevresel faktörlerin, özellikle sıcaklık, besin mevcudiyeti ve habitat koşullarının, üreme başarısı üzerindeki etkilerinin değerlendirilmesi, iklim değişikliği ve kirlilik gibi küresel sorunlara karşı türlerin adaptasyon kapasitelerinin belirlenmesinde önemlidir (Sinovocic ve Zorica 2006; Zuyev ve Skuratovskaya 2023). Üreme biyolojisi çalışmaları, yalnızca stok yönetimi ve sürdürülebilir balıkçılık politikalarının oluşturulmasına değil, aynı zamanda ekosistemlerin biyolojik çeşitliliğinin korunmasına da katkı sağlar (El qendouci vd., 2020; Ferreri vd., 2021). Bu bağlamda, balıkların üreme özelliklerinin detaylı bir şekilde incelenmesi, denizel ve tatlı su ekosistemlerinin uzun vadeli sağlığını ve işlevselliğini desteklemek için hayati bir araçtır (FAO, 2024) (Şekil 3).



Şekil 3. Balıklarda üreme döngüsü

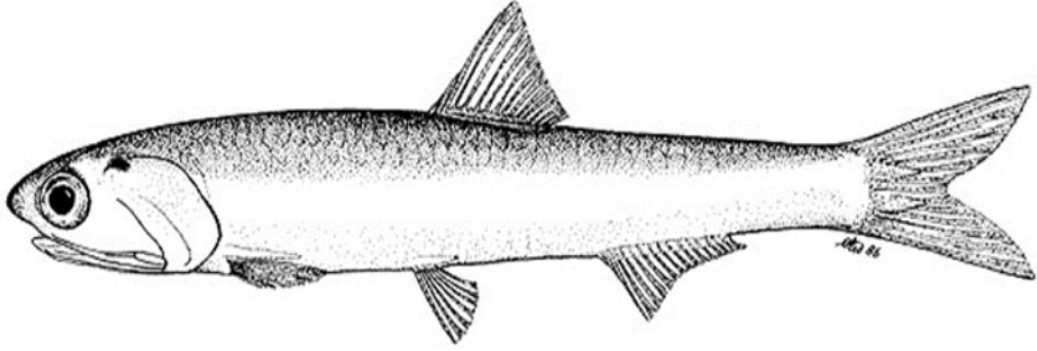
Bu araştırmada Karadeniz’de yaşayan hamsinin (*Engralius encrasicolous* Linnaeus, 1758) 25 ay boyunca örnekleme yapılarak üreme stratejileri ve özellikleri, bilimsel yöntemler kullanılarak incelenmiştir. Bu yöntemler arasında Gonadosomatik İndeks (GSI), Hepatosomatik İndeks (HSİ), fekondite, makroskobik ve mikroskobik analizler yer almaktadır. Bu çalışma ile birlikte hamsinin Karadeniz’de literatürde eksik olan üreme döngüsünün detaylı bir şekilde ortaya konulması hedeflenmiştir. Ayrıca, stokların sürdürülebilir şekilde yönetilmesi için kritik bir parametre olan ilk eşeysel olgunluk boyunun belirlenmesi, popülasyon dinamiklerini anlamada ve türlerin uzun vadeli korunmasında önemli bir adım olarak değerlendirilmiştir. Bunun dışında hamsi türünün devamlılığı ve daha iyi yönetilebilmesi için gerekli olan yaş kompozisyonu, cinsiyet oranları, büyüme (yaş-boy ve yaş-ağırlık ilişkisi), kondisyon faktörü (K), boy-ağırlık ilişkisi, ölüm oranları ve işletme oranı (E) gibi biyolojik ve balıkçılık açısından önemli parametrelerinin de detaylı olarak araştırılması amaçlanmaktadır.

1. GENEL BİLGİLER

1.1. Hamsi (*Engraulis encrasicolus*, Linnaeus, 1758) Balığının Sistematikteki Yeri

Hamsi balığı (*Engraulis encrasicolus*, Linnaeus) tarafından 1758 yılında tanımlanmış ve bilimsel taksonomiye kazandırılmıştır. Bu türün sınıflandırması, taksonomik hiyerarşi çerçevesinde şu şekilde yapılmaktadır (Şekil 4).

Alem (Kingdom)	: Animalia
Şube (Phylum)	: Chordata
Alt Şube (Subphylum)	: Vertebrata
Sınıf (Classis)	: Actinopterygii
Takım (Ordo)	: Clupeiformes
Aile (Familia)	: Engraulidae
Cins (Genus)	: <i>Engraulis</i>
Tür (Species)	: <i>Engraulis encrasicolus</i>



Şekil 4. Hamsi balığının genel görünümü (Schneider,1990)

1.2. Hamsinin Morfolojik Özellikleri

Hamsi (*Engraulis encrasicolus*), ince ve uzun vücut yapısıyla pelajik balıklar arasında sınıflandırılan bir türdür. Ortalama vücut uzunluğu 10-14 cm arasında değişmekle birlikte, bireylerin büyüklüğü bölgesel çevresel koşullara bağlı olarak farklılık gösterebilir (Khemiri vd., 2007; Zuyev ve Skuratovskaya 2023). Yanlardan basık ve aerodinamik bir yapıya sahip olan hamsiler, hızlı yüzme kabiliyetine ve sürü oluşturma davranışına sahiptir (Palomera 1992; Ferreri vd., 2021). Alt dudağı

bulunmazken, üst çene kısa bir premaksilla ve uzun bir maksilladan oluşur. Maksillanın arka ucu, gözün arka sınırını oldukça geçecek şekilde geride yer alır. Çenelerinde küçük boyutlu, ancak kesme veya delme özelliklerine sahip olmayan dişler bulunur. Operkulumlar çizgiden yoksundur. Vücudunda büyük ve ince pullar mevcuttur; bu pullar parlak gümüş renginde olup kolayca dökülme eğilimindedir (Mutlu 1994; Solak 2013), (Şekil, 5).



Şekil 5. Hamsi balığının genel görünümü (Orijinal)

Türün sırt kısmı mavi-yeşil bir renge sahipken, yan tarafları parlak gümüş renklidir ve bu yapı, ışığı yansıtarak avcılardan korunmayı sağlar. Karın bölgesi ise beyaz renktedir. Pulları küçük ve dökülebilir bir yapıda olup, vücudu kaplayan bu pullar savunma ve hareket kabiliyetini destekler (Zuyev ve Skuratovskaya, 2023; Laso vd., 2018). Baş kısmı büyüktür ve terminal konumda yer alan geniş bir ağız yapısına sahiptir. Alt çene üst çeneye oranla hafif çıkıntılıdır ve bu özellik, beslenme sırasında türün plankton avlamasını kolaylaştırır (Sinovocic ve Zorica 2006). Gözleri başın üst kısmına yakın konumlanmış ve oldukça büyüktür; bu, düşük ışık koşullarında etkin avlanmaya olanak tanır (Zuyev ve Skuratovskaya, 2023). Sırt yüzgeci vücudun ortasında yer alırken, anal yüzgeç bu yapı ile uyumlu bir şekilde konumlanmıştır. Kuyruk yüzgeci çatallı yapısıyla yüksek manevra kabiliyeti sağlar. Solungaç kapakları ince ve esnektir; bu özellik, türün yüksek oksijen ihtiyaçlarını karşılamasına yardımcı olur. Hamsinin morfolojik özellikleri, pelajik ekosistemlerdeki çevresel koşullara adaptasyonunu sağlamaktadır. Bu özellikler,

türün avlanma davranışını ve popülasyon dinamiklerini de doğrudan etkiler (Khemiri vd., 2007; Ferreri vd., 2021).

1.3. Hamsinin Coğrafik Dağılımı ve Yaşadığı Ortam Özellikleri

Hamsi (*Engraulis encrasicolus*), geniş bir coğrafik dağılıma sahip olup, Kuzeydoğu Atlantik Okyanusu'ndan Akdeniz, Adriyatik ve Karadeniz'e kadar uzanan denizlerde yayılım gösteren pelajik bir balık türüdür. Tür, genellikle ılıman denizlerin kıyı bölgelerinde ve açık denizlerin üst su tabakasında bulunur. Tuzluluk toleransı geniş olan hamsi, farklı habitatlara uyum sağlayarak hem okyanus hem de yarı kapalı deniz sistemlerinde hayatta kalabilir (Whitehead vd., 1984; Zuyev ve Skuratovskaya, 2023). Karadeniz'deki hamsi popülasyonu, özellikle kış aylarında Türkiye ve Gürcistan kıyılarında yoğunlaşır ve bu bölgeleri kışlama alanı olarak kullanır. Yaz aylarında ise üreme amacıyla kuzeydeki daha sıg, plankton açısından zengin alanlara göç eder. Bu göç dinamikleri, türün yaşam döngüsü ve popülasyon sürdürülebilirliği açısından kritik öneme sahiptir (Sinovocic ve Zorica 2006; Whitehead vd., 1984).



Şekil 6. Hamsi (*Engraulis encrasicolus*) dağılım alanları (Fishbase, 2025)

Hamsi, optimum yaşam koşulları için 8-24 °C arasındaki su sıcaklıklarını ve ‰10-40 tuzluluk seviyelerini tercih eder. Türün beslenmesi ve üremesi, planktonik üretimin yüksek olduğu alanlarda daha başarılıdır. Özellikle, Karadeniz gibi besin açısından zengin denizler, hamsi için ideal yaşam alanları sunar. Bununla birlikte,

çevresel faktörlerdeki değişimler, örneğin deniz suyu sıcaklığındaki artış veya kirlilik, türün dağılımını ve popülasyon dinamiklerini doğrudan etkileyebilir (Palomera 1992; FAO, 2024).

Hamsinin yaşadığı ortamlar, yüksek oksijen seviyesi ve zengin besin kaynakları ile karakterizedir. Bu özellikler, türün hem ekosistemdeki rolünü hem de avlanabilir stoklarının yönetimini etkileyen temel unsurlardır. Bu nedenle, hamsi popülasyonlarının korunması ve yönetimi hem ekolojik hem de ekonomik açıdan büyük önem taşır (Sinovocic ve Zorica, 2006; Laso vd.,2018).

1.4. Hamsinin Üreme Özellikleri

Hamsi, yüksek fekonditeye sahip, çoklu üreme döngüsü gösteren bir balık türüdür. Bu özellik, türün popülasyon dinamiklerini ve ekosistem içindeki rolünü şekillendiren önemli bir biyolojik adaptasyondur. Hamsiler, genellikle ilk yaşında eşeyssel olgunluğa ulaşırken ilk yaşlarına gelmeden de eşeyssel olgunluğa ulaşabilirler. Üreme dönemleri nisan ile eylül ayları arasında yoğunlaşır (Lisovenko ve Andrianov, 1996; Kideys vd., 1999; Satılmış vd., 2010). Dişiler, üreme döneminde birkaç batından 50 batına kadar yumurta bırakabilir ve yumurta sayısı bireyin boyutuna ve yaşına bağlı olarak değişir. Daha önceki çalışmalar, cinsel olgunluğa erişmiş bir dişi hamsinin üreme sezonu boyunca yaklaşık 5000 ila 40.000 yumurtayı 4-5 parti halinde bıraktığını göstermiştir (Slstenenko, 1956). Ancak Karadeniz'de yapılan bir araştırma, bu rakamların çok daha yüksek olduğunu ortaya koymuş ve bir dişi hamsinin yaklaşık 50 parti halinde toplamda 138 000 ila 230 000 yumurta bıraktığını bildirmiştir (Lisovenko ve Andrianov, 1996). Bu sonuçlar, hamsinin yaklaşık beş aylık bir süreçte günde 2-3 kez yumurtlama davranışı sergileyebileceğini göstermektedir. (Lisovenko ve Andrianov, 1996; Sinovocic ve Zorica 2006; Khemiri vd., 2007).

Hamsiler, yumurtlama için genellikle 15-24 °C arasındaki sıcaklıklara sahip, plankton bakımından zengin kıyısız suları tercih eder. Bu sıcaklık aralığı, yumurta gelişimi ve larva hayatta kalma oranı açısından ideal koşulları sağlar (Lisovenko ve Andrianov, 1996; Laso vd.,2018). Yumurtalar pelajik özellikte olup su sütununda serbestçe yüzer ve çevresel faktörlerden, özellikle de sıcaklık ve tuzluluktan

doğrudan etkilenir. Yumurtaların gelişim süresi, sıcaklığa bağlı olarak değişir ve genellikle 2-4 gün arasında tamamlanır (Palomera 1992; Durovic vd., 2018).

Üreme sürecinde, hamsiler plankton açısından zengin, sıg ve sıcak kıyı sularını tercih eder. Bu ortamlar, yumurta ve larvaların gelişimi için uygun besin kaynakları ve çevresel koşulları sağlar. Üreme dönemi boyunca, dişi hamsiler pek çok kez yumurta bırakabilir. Her bir döngüde bırakılan yumurta sayısı, dişinin boyutuna ve yaşına bağlı olarak değişiklik gösterir. Bu çoklu üreme döngüsü, popülasyonların çevresel değişimlere karşı daha dirençli olmasını sağlar (Whitehead vd., 1984; Lisovenko ve Andrianov, 1996; Millan, 1999; Ferreri vd., 2021).

Gonadosomatik İndeks (GSİ) analizleri, hamsilerin üreme dönemlerinde gonad ağırlıklarının maksimum seviyeye ulaştığını göstermiştir. Dişi bireyler, yüksek enerji gereksinimleri nedeniyle üreme dönemlerinde karaciğer rezervlerini de kullanır, bu da Hepatosomatik İndeks (HSİ) ölçümleriyle doğrulanmıştır (Giraldez ve Abad, 1995; Nunes vd., 2011; Zuyev ve Skuratovskaya, 2023). Hamsilerin yumurtaları pelajik özellikte olup, su sütununda serbestçe yüzebilir. Bu yumurtalar, genellikle sıcaklık ve tuzluluk gibi çevresel faktörlere duyarlıdır ve bu faktörler yumurta gelişim hızını doğrudan etkiler (Giraldez ve Abad, 1995; Basilone vd., 2005)

Karadeniz gibi üretken sularda yapılan çalışmalar, hamsilerin üreme başarısının çevresel değişkenlerle güçlü bir şekilde ilişkilendirildiğini göstermiştir. Su sıcaklığındaki artış veya besin zincirindeki bozulmalar, yumurtlama dönemlerini ve üreme verimliliğini etkileyebilir. Bu nedenle, hamsi popülasyonlarının korunması için üreme biyolojisi üzerindeki çevresel etkilerin izlenmesi büyük önem taşımaktadır (Lisovenko ve Andrianov, 1996; Zuyev ve Skuratovskaya, 2023).

1.5. Karadeniz'in Genel Özellikleri

Karadeniz, 423.000 km² yüzey alanına sahip ve dünyanın en büyük kapalı denizlerinden biri olarak bilinir. Kuzeyde Ukrayna, doğuda Rusya ve Gürcistan, güneyde Türkiye, batıda ise Bulgaristan ve Romanya ile çevrili olan bu deniz, biyolojik üretkenlik açısından oldukça verimli olmasına rağmen, son yıllarda insan kaynaklı faaliyetlerin olumsuz etkileri ile karşı karşıya kalmaktadır. Karadeniz'in en geniş noktası 1200 km olup, en derin noktası 2212 m'ye kadar ulaşırken, ortalama

derinliği 1300 m'dir. Kıyı şeridi ise yaklaşık 4340 km uzunluğundadır. Karadeniz'in ekosisteminde yer alan yaklaşık 160 balık türü ve 3.700'den fazla deniz canlısı bulunmaktadır (Zaitsev ve Mamaev, 1997; Bat vd., 2005; Bat vd., 2007), (Şekil 7).



Şekil 7. Karadeniz'in genel görünümü

Karadeniz son yıllarda çevresel tehditlerle karşı karşıya kalmaktadır. Bu tehditlerin başında aşırı besin yüklemesi (eutrofikasyon) gelmektedir. Tarım, sanayi ve evsel atıkların denize karışması, planktonların aşırı çoğalmasına yol açmakta, bu da denizde oksijen yetersizliğine ve canlılar için yaşanabilir alanların kaybına neden olmaktadır. Eutrofikasyon, aynı zamanda denizdeki organik madde birikimini artırarak deniz canlılarının yaşamını zorlaştırmaktadır. Karadeniz'e akan başlıca kirleticiler arasında azot ve fosfor gibi besin maddeleri bulunmaktadır. Bu maddeler, özellikle Tuna, Dinyeper, Dinyester, Don ve Kızılırmak gibi büyük nehirlerle denize taşınmaktadır (Bat vd., 2007; Borysova vd., 2009; Moncheva vd., 2016).

Karadeniz'in dikkat çekici diğer bir özelliği ise, fiziksel yapısı suyun sınırlı yenilenme kapasitesine sahip olması nedeniyle onu çevresel tehditlere karşı savunmasız kılmıştır. Su karışımının zayıf olduğu bu denizde, derin su katmanlarında oksijen yetersizliği ve 150-200 metre altındaki sularda hidrojen sülfür (H_2S) birikimi görülmektedir. Bu durum, deniz yaşamını sürdüren birçok tür için

olumsuz sonuçlar doğurmakta ve burada yaşayan organizmaların sınırlı olmasına neden olmaktadır (Balkas vd., 1990; Borysova vd., 2005; Moncheva vd., 2016).

Karadeniz'in tuzluluk oranı, diğer denizlere kıyasla oldukça düşüktür; ortalama tuzluluk seviyesi ‰17-18 civarındadır. Bu durum, büyük nehirlerin (örneğin Tuna, Dinyeper, Dinyester ve Don) Karadeniz'e büyük miktarda tatlı su taşımasından kaynaklanmaktadır. Aynı zamanda denizin yüzey sıcaklığı yaz aylarında 24-28 °C'ye kadar çıkarken, kış aylarında 6-8 °C'ye kadar düşmektedir (Kayışoğlu, 2016; MGM, 2024).

Karadeniz'in korunması ve sürdürülebilir şekilde yönetilmesi, yalnızca bölge ülkeleri için değil, küresel çevre için de büyük bir önem taşımaktadır. Karadeniz'in korunması için ulusal ve uluslararası düzeyde güçlü bir işbirliği, çevre koruma önlemlerinin sıkı bir şekilde uygulanması ve deniz yönetiminin iyileştirilmesi gerekmektedir. Aksi takdirde, Karadeniz, bir zamanlar zengin olan ekosistem yapısını kaybedebilir ve deniz çevresinde yaşayan milyonlarca insanın geçim kaynaklarını tehdit edebilir (Bat vd., 2009; Bat vd., 2018).

1.6. Literatür Özeti

Türkiye'de Hamsi ile ilgili yapılmış çalışmalar;

Erkoyuncu ve Özdamar (1989), Karadeniz'deki hamsi (*Engraulis encrasicolus* L.) popülasyonunun bazı temel özelliklerinin tahmin edildiği çalışmada cinsiyet, yaş ve boy dağılımı, boy-ağırlık ilişkisi, kondisyon faktörü ve büyüme oranı yer almaktadır. Kasım ve Aralık aylarında yapılan avlarda en bol bulunan yaş grubu II olurken, bu dönemden sonra daha genç ve küçük bireylerin sayısında artış gözlenmiştir. Boy-ağırlık ilişkisi ve büyüme denklemi sırasıyla $W = 0.002314 L^3.4157$ ve $L_t = 16.7679 [1 - e^{-0.3235 (t+2.0695)}]$ olarak tahmin edilmiştir. Cinsiyet oranı %39,09 erkek ve %60,91 dişi olarak belirlenmiştir.

Karaçam ve Düzgüneş (1990), tarafından yürütülen araştırmada, 1986-1987 av sezonuna ait Karadeniz hamsi popülasyonuna ilişkin bazı temel biyolojik parametreler ve büyüme özellikleri değerlendirilmiştir. Çalışmada elde edilen veriler doğrultusunda, örneklenen bireylerin %20,14'ü 0+ yaş, %51,55'i I+ yaş, %22,54'ü II+ yaş ve %5,77'si III+ yaş grubuna ait olarak belirlenmiştir. Bu yaş gruplarının sırasıyla ortalama total boyları 8,71 cm (0+), 10,32 cm (I+), 13,14 cm (II+) ve 13,80

cm (III+) olarak ölçülmüştür. Yaş-boy verileri kullanılarak yapılan analizler sonucunda von Bertalanffy büyüme eğrisine ait parametreler şu şekilde hesaplanmıştır: asimptotik boy (L_{∞}) 16,85 cm, büyüme katsayısı (K) 0,32 yıl⁻¹ ve teorik yaş (t_0) -1,9882 yıl. Ayrıca, popülasyona ilişkin ölüm oranları incelendiğinde; toplam ölüm oranı (Z) 1,97 yıl⁻¹, doğal ölüm oranı (M) 0,45 yıl⁻¹ ve avcılığa bağlı ölüm oranı (F) 1,52 yıl⁻¹ olarak bulunmuştur. Bu verilere dayanarak stoktan yararlanma oranı (E) ise 0,77 olarak tahmin edilmiştir.

Mutlu (1994), yaptığı çalışmasında popülasyona ilişkin temel parametrelerin tahminini yapmayı amaçlamıştır. Çalışmasında ortalama aralığının 7,24-14,40 cm arasında olduğunu ortalama boyun ise 10,43 olarak bulunduğunu belirtmiştir. Ağırlık aralığının 1,99-16,49 arasında olduğunu ortalama ağırlığın ise 6,77 gram olduğunu söylemiştir. Çalışmada elde edilen balıkların %59,58'inin dişi, %40,42'sinin ise erkek olduğunu ortaya koymuştur.

Özdamar vd., (1994), tarafından gerçekleştirilen araştırmada, Doğu Karadeniz'deki Avrupa hamsisi (*Engraulis encrasicolus*, L. 1758) popülasyonunun bazı temel biyolojik parametreleri, 1987–1988 ve 1988–1989 av sezonları için değerlendirilmiştir. Her yaş grubuna ait ortalama total boy değerleri ilk sezonda sırasıyla 8,50 cm, 10,50 cm, 13,10 cm ve 14,10 cm; ikinci sezonda ise 8,98 cm, 10,60 cm, 11,90 cm ve 12,80 cm olarak tespit edilmiştir. Bu boy verilerinden yola çıkılarak von Bertalanffy büyüme parametreleri hesaplanmış ve 1987–1988 sezonu için $L_{\infty} = 17,99$ cm, $K = 0,29$ yıl⁻¹, $t_0 = -2,1314$; 1988–1989 sezonu için ise $L_{\infty} = 15,65$ cm, $K = 0,28$ yıl⁻¹, $t_0 = -3,0224$ olarak belirlenmiştir. Ayrıca, popülasyona ait ölüm oranları da analiz edilmiş ve toplam ölüm (Z), doğal ölüm (M) ve avcılık ölüm (F) oranları sırasıyla 1987–1988 sezonunda 1,06 yıl⁻¹, 0,46 yıl⁻¹ ve 0,60 yıl⁻¹; 1988–1989 sezonunda ise 1,23 yıl⁻¹, 0,45 yıl⁻¹ ve 0,78 yıl⁻¹ olarak hesaplanmıştır. Bu veriler ışığında stoktan yararlanma oranları (E) ilk sezonda 0,57, ikinci sezonda ise 0,63 olarak tahmin edilmiştir.

Özdamar vd. (1995), 1994–1995 av sezonunda Karadeniz'in Sinop–Samsun kıyıları arasında yoğun olarak gerçekleştirilen hamsi (*Engraulis encrasicolus*) avcılığına yönelik stok yapısını incelemiş ve bu kapsamda bazı temel balıkçılık biyolojisi parametrelerini belirlemiştir. Araştırma kapsamında toplam 3891 adet birey örneklenmiş; bu bireyler üzerinden ortalama total boy $9,02 \pm 0,03$ cm ve

ortalama ağırlık $4,79 \pm 0,05$ g olarak hesaplanmıştır. Popülasyonun yaş yapısı incelendiğinde, örneklerin %63,28'ini 0+ yaş, %23,24'ünü I+ yaş, %10,86'sını II+ yaş ve %2,62'sini III+ yaş grubuna ait bireyler oluşturmuştur. Elde edilen yaş-boy verileri kullanılarak von Bertalanffy büyüme eğrisi parametreleri hesaplanmış; asimptotik boy (L_{∞}) 16,83 cm, büyüme katsayısı (K) $0,3102 \text{ yıl}^{-1}$ ve teorik yaş (t_0) -2,2093 yıl olarak bulunmuştur. Ayrıca, toplam ölüm oranı (A) 0,71 ve stoktan yararlanma oranı (E) 0,62 olarak tahmin edilmiştir. Çalışmada, Karadeniz hamsi stokunun sürdürülebilirliği açısından her av sezonunda düzenli izleme çalışmalarının yapılmasının gerekliliği vurgulanmıştır.

Kayalı (1998), tarafından Doğu Karadeniz kıyılarında 1996–1997 av sezonunda yürütülen çalışmada, hamsi (*Engraulis encrasicolus*) popülasyonuna ilişkin çeşitli biyolojik özellikler değerlendirilmiştir. Araştırma kapsamında elde edilen örnekler doğrultusunda, bireylerin maksimum boyu 13,5 cm, minimum boyu ise 6,2 cm olarak ölçülmüştür. Yaş gruplarına göre ortalama boy uzunlukları sırasıyla 0+ yaş grubu için 7,93 cm, I+ yaş grubu için 9,99 cm ve II+ yaş grubu için 12,13 cm olarak belirlenmiştir. Çalışmada, hamsi türünün boy-ağırlık ilişkisi $W = 0,00569 \times L^3$.¹¹⁷ denklemi ile ifade edilmiştir. Ayrıca, bireylerin eşeyssel olgunluk düzeyleri incelenmiş ve dişi bireylerin yaklaşık 9,3 cm ($L_{50} = 9,3 \pm 0,017$ cm), erkek bireylerin ise 8,9 cm ($L_{50} = 8,9 \pm 1,66$ cm) boyda cinsel olgunluğa ulaştıkları tespit edilmiştir.

Gözler ve Çiloğlu (1998), tarafından yürütülen bu çalışma, 1997–1998 av sezonunda Rize–Hopa açıklarında avlanan hamsi (*Engraulis encrasicolus*) bireylerinin popülasyon dinamiklerini incelemiştir. Araştırma sonucunda bireylerin ortalama total boyu 11,22 cm, ortalama ağırlığı ise 8,67 g olarak hesaplanmıştır. İncelenen bireylerin ortalama kondisyon faktörü 0,59 olarak tespit edilmiş; cinsiyet oranı ise %72,79 dişi ve %27,21 erkek şeklinde saptanmıştır. Boy-ağırlık ilişkisine ait regresyon katsayıları $a = 0,0057$ ve $b = 3,015$ olarak belirlenmiştir. Popülasyonun büyüme özelliklerini yansıtan von Bertalanffy parametreleri ise şu şekilde hesaplanmıştır: asimptotik boy (L_{∞}) 16,97 cm, büyüme katsayısı (K) $0,260 \text{ yıl}^{-1}$, asimptotik ağırlık (W_{∞}) 29,08 g ve teorik yaş (t_0) -6,145 yıl. Ek olarak, 1997–1998 sezonuna ait ölüm ve yaşam parametreleri değerlendirilmiş ve yıllık ortalama yaşam

oranı (S) 0,42, anlık toplam ölüm oranı (Z) 1,37 yıl⁻¹, doğal ölüm oranı (M) ise 0,49 yıl⁻¹ olarak tahmin edilmiştir.

Mutlu (2000), 1996-1997 ve 1997-1998'de Doğu Karadeniz'de yapılan çalışmada hamsi (*Engraulis encrasicolus*)'nin popülasyon büyüme ve ölüm parametreleri çalışılmıştır. 1996-1997 av sezonunda ortalama boy ve ağırlık 10,12 cm ve 6,59 g bulunurken 1997-1998 av sezonunda 10,81 cm ve 7,89 g bulunmuştur. Ortalama kondisyon faktörü her iki sezon içinde 0,59 olarak belirlenmiştir. 1996-1997 av sezonunda toplam, avcılık, doğal ölüm ve işletme oranları sırasıyla Z=1,67, F=1,10, M=0,56 ve E=0,66 olarak ikinci av sezonunda ise Z=2,07, F=1,40, M=0,67 ve E=0,68 olarak tespit edilmiştir.

Artüz (2003), tarafından 2002–2003 av sezonunda Karadeniz Bölgesi'nde gerçekleştirilen araştırmada, hamsi (*Engraulis encrasicolus*) bireylerinin yaş, boy ve ağırlık kompozisyonları değerlendirilmiştir. Çalışma kapsamında 5500 birey üzerinde yapılan ölçümler sonucunda, bireylerin total boylarının 8,4 cm ile 12,4 cm arasında değiştiği tespit edilmiştir. Bu boy aralığında yer alan bireylerin, incelenen tüm stokun yaklaşık %73'ünü oluşturduğu belirtilmiştir. Ağırlık ölçümleri dikkate alındığında, bireylerin vücut ağırlıklarının $6,75 \pm 0,09$ g ile $8,60 \pm 0,09$ g arasında değiştiği belirlenmiştir. Bu veriler, o sezon Karadeniz hamsi stokunun büyük oranda belirli bir boy ve yaş aralığında yoğunlaştığını göstermektedir.

Uçkun vd., (2005), tarafından 1997 yılında yapılan çalışma İzmir Körfezi'nde yürütülmüş olup, ekonomik öneme sahip hamsi türünün (*Engraulis encrasicolus* L., 1758) yaş ve büyüme özelliklerini belirlemeyi amaçlamıştır. Ocak-Aralık 1997 tarihleri arasında ticari gırgır tekneleri aracılığıyla toplanan 1161 birey üzerinde yapılan analizlerde, çatal boy uzunlukları 6,2–14,0 cm, ağırlıkları ise 1,46–22,47 g arasında değişmiştir. Dişi bireylerin %71,95 oranı ile baskın çıkmış ve yaş tayininde maksimum yaş III olarak belirlenmiştir. Elde edilen verilere göre, dişi bireylerde pozitif allometrik, erkek bireylerde ise negatif allometrik büyüme gözlenmiştir. Kondisyon faktörü değerleri mevsimsel değişkenlik göstermekte olup, en yüksek değerler ilkbahar aylarında, en düşük değerler ise kış mevsiminde tespit edilmiştir. Bu sonuçlar, İzmir Körfezi'ndeki hamsi popülasyonlarının biyolojik yapısının belirlenmesi ve ileriye dönük stok değerlendirme çalışmalarına temel teşkil etmesi açısından önemli katkılar sunmuştur.

Bilgin vd., (2005), tarafından yürütülen çalışmada, 2004 yılı Kasım ayı ile 2005 yılı Mayıs ayı arasında Karadeniz'den toplanan 1245 bireyden oluşan hamsi (*Engraulis encrasicolus* L. 1758) örnekleri üzerinden yaş, büyüme ve ölüm oranları analiz edilmiştir. Yaş grupları Bhattacharya yöntemi kullanılarak belirlenmiş ve buna dayanarak büyüme parametreleri tahmin edilmiştir. Elde edilen veriler doğrultusunda örneklerin yaş gruplarına göre ortalama boy uzunlukları sırasıyla $7,90 \pm 0,05$ cm (0 yaş), $9,91 \pm 0,04$ cm (I yaş), $11,66 \pm 0,02$ cm (II yaş) ve $13,86 \pm 0,03$ cm (III yaş) olarak tespit edilmiştir. Popülasyonun cinsiyet dağılımı incelendiğinde, %57'sinin dişi, %43'ünün ise erkek bireylerden oluştuğu belirlenmiştir. Boy dağılımı 6,5 ile 15,2 cm arasında değişirken, ağırlık değerleri 0,98 ile 20,8 g aralığında bulunmuştur. Kondisyon faktörü (KF), genel popülasyon için $0,616 \pm 0,002$, dişiler için $0,612 \pm 0,003$ ve erkekler için $0,624 \pm 0,003$ olarak hesaplanmıştır.

Bilgin (2006), tarafından yürütülen çalışmada, 1985–2005 yılları arasında Karadeniz'in Türkiye kıyılarında hamsi (*Engraulis encrasicolus*) üzerine yapılan popülasyon dinamiği araştırmaları kapsamlı şekilde değerlendirilmiştir. Farklı dönemlerde gerçekleştirilen çalışmalardan elde edilen veriler ışığında, popülasyonun genel durumu ve değişim süreci ortaya konmuştur. Genel ortalama boy değeri ise $10,26 \pm 0,19$ cm olarak hesaplanmıştır. Bilgin, çalışmasının sonunda Karadeniz ekosisteminde gözlenen kontrolsüz çevresel değişikliklerin ve yoğun av baskısının, hamsi stokları üzerinde olumsuz etkiler yarattığını ve bu durumun stoklarda ciddi azalışlara yol açtığını vurgulamıştır.

Şahin vd., (2006), tarafından gerçekleştirilen çalışmada, Doğu Karadeniz kıyılarında 2004–2005 ve 2005–2006 av sezonlarında hamsi (*Engraulis encrasicolus*) popülasyonuna ilişkin bazı temel biyolojik ve balıkçılık parametreleri incelenmiştir. 2004–2005 sezonunda, toplam 1499 birey örneklenmiş ve yaş yapısı analiz edilmiştir. Ortalama boy $11,36 \pm 0,031$ cm, ortalama ağırlık ise $9,28 \pm 0,066$ g olarak hesaplanmıştır. Von Bertalanffy büyüme parametreleri ise $L_{\infty} = 16,114$ cm, $K = 0,2919$ yıl⁻¹, $W_{\infty} = 23,889$ g ve $t_0 = -2,5626$ yıl olarak tahmin edilmiştir. Bu sezona ait ölüm oranları analiz edildiğinde, yıllık yaşam oranı $S = 0,39$, toplam ölüm oranı $Z = 0,93$ yıl⁻¹, doğal ölüm oranı $M = 0,39$ yıl⁻¹ ve avcılık ölüm oranı $F = 0,54$ yıl⁻¹ olarak bulunmuştur. 2005–2006 sezonunda ise 1485 birey incelenmiştir. Bu dönemde ölçülen ortalama boy 10,05 cm, ortalama ağırlık ise 6,80 g olarak

kaydedilmiştir. Büyüme parametreleri ise $L_{\infty} = 15,272$ cm, $K = 0,284$ yıl⁻¹ ve $t_0 = -3,530$ yıl olarak hesaplanmıştır. Aynı sezonda elde edilen ölüm oranları, $Z = 1,56$ yıl⁻¹, $M = 0,54$ yıl⁻¹ ve $F = 1,02$ yıl⁻¹ olarak tahmin edilmiştir. Her iki sezonun bulguları birlikte değerlendirildiğinde, popülasyon yapısında genç bireylerin baskın olduğu ve avcılık baskısının giderek arttığı yönünde bir eğilim gözlenmiştir.

Sağlam (2012), tarafından yürütülen bu çalışma, 2010–2011 av sezonunda Eylül-Mart ayları arasında Orta Karadeniz kıyılarında avlanan hamsi (*Engraulis encrasicolus*, Linnaeus, 1758) popülasyonuna ait çeşitli biyolojik ve balıkçılık parametrelerini ortaya koymayı amaçlamıştır. Araştırma kapsamında, örneklenen bireylerin yaş kompozisyonu, cinsiyet oranı, yaşa bağlı boy ve ağırlık ilişkileri, boy-ağırlık bağlantısı, kondisyon faktörü (K), ölüm ve yaşama oranları detaylı şekilde analiz edilmiştir. İncelenen bireylerin ortalama boyu $11,63 \pm 0,02$ cm, ortalama ağırlığı ise $9,98 \pm 0,04$ g olarak hesaplanmıştır. Popülasyonda dişi-erkek oranı 1,73:1 olup, dişi bireylerin sayıca baskın olduğu görülmüştür. Yaş analizlerine göre bireylerin 0–3 yaş grubu arasında dağılım gösterdiği belirlenmiştir. Ortalama kondisyon faktörü $K = 0,63$ olarak saptanmıştır.

Solak (2015) tarafından yürütülen bu çalışma, Doğu Karadeniz kıyılarında Eylül 2013 ile Nisan 2014 tarihleri arasında avlanan hamsi (*Engraulis encrasicolus* Linnaeus, 1758) popülasyonuna ait büyüme özellikleri, yaş yapısı ve işletme oranlarının belirlenmesi amacıyla gerçekleştirilmiştir. Sekiz aylık saha çalışması süresince toplam 5485 birey örneklenmiş; bunların 3336'sı dişi, 2149'u ise erkek olarak kaydedilmiştir. Boy dağılımı açısından, dişi bireylerin 5,9 ila 13,8 cm arasında, erkek bireylerin ise 6,0 ila 13,2 cm arasında değişen uzunluklara sahip olduğu gözlemlenmiştir. Av eğrisi yöntemi kullanılarak yapılan analizlerde anlık toplam ölüm katsayısı (Z) dişilerde 3,4491 yıl⁻¹, erkeklerde ise 3,3011 yıl⁻¹ olarak tahmin edilmiştir. Popülasyona uygulanan işletme oranı (E) değerinin 0,5'in üzerinde olduğu tespit edilmiş ve bu durumun, popülasyonun av baskısı altında olduğunu gösterdiği ifade edilmiştir.

Gücü vd., (2016) tarafından yapılan bu çalışmada, Karadeniz'in güneyinde bulunan hamsi (*Engraulis encrasicolus*) yumurtlama stoklarının güncel durumu, geçmişle karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir. 1980'li yılların sonlarına doğru, Karadeniz'in kuzeybatı şelfindeki (NWS) geleneksel yumurtlama alanları

ötrifikasyon ve istilacı denizaneleri, özellikle *Mnemiopsis leidyi*'nin etkisiyle ciddi şekilde bozulmuştur. Bu dönemde gerçekleştirilen uluslararası ölçekteki ihtiyoplankton taramaları, hamsilerin yumurtlama faaliyetlerinde Karadeniz'in güney yarısına doğru bir kayma olduğunu ortaya koymuştur. Yapılan tarama sonucunda, yumurta yoğunluklarının geçmiş tüm araştırmalardan çok daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Yumurtaların daha geniş bir alana yayılması, bazı bireylerin bilinen yumurtlama alanlarının dışına sürüklendiğini işaret etmektedir. Bununla birlikte, güneyde gözlenen artmış üreme aktivitesi, burada yerleşik ve göç etmeyen bir hamsi stokunun gelişmekte olduğuna işaret etmektedir. Bu durum, Karadeniz'in güneyinde bağımsız bir hamsi stokunun oluştuğu ve giderek güçlendiği yönünde önemli bir kanıt sunmaktadır.

Özdemir vd., (2018), Karadeniz'in önemli küçük pelajik balık türleri olan hamsi (*Engraulis encrasicolus*, L.) ve tirsi (*Sprattus sprattus*, L.) üzerine yürüttükleri bu çalışmada, her iki türün boy kompozisyonu, büyüme parametreleri ve ölüm oranlarını belirlemeyi amaçlamışlardır. Araştırma kapsamında, 13 adet orta su trolü avı sonucunda toplam 225 ton balık (150 ton hamsi, 75 ton tirsi) avlanmıştır. Bu örneklemelerden 1516 hamsi ve 4214 tirsi bireyinin boy uzunlukları ölçülmüştür. Yapılan ölçümler sonucunda, hamsilerin boy uzunluğu 5,2 ile 15,2 cm arasında değişirken, ortalama boy $11,28 \pm 0,04$ cm olarak belirlenmiştir.

Doğu (2019), tarafından yürütülen araştırmada, 2017/2018 ve 2018/2019 balıkçılık sezonlarında Marmara Denizi'nde hamsi (*Engraulis encrasicolus*) avcılığı yapan balıkçı filosunun yapısal özellikleri, av verimliliği ve hedeflenen türün bazı popülasyon parametreleri detaylı olarak incelenmiştir. Çalışma kapsamında 2017/2018 sezonunda 112, 2018/2019 sezonunda ise 79 balıkçı teknesi aktif şekilde hamsi avcılığı gerçekleştirmiştir. Ortalama birim çaba başına av miktarı (CPUE) incelendiğinde, 2017/2018 sezonunda en yüksek av verimi Mart ayında 2,167 ton/gün olarak gerçekleşmiş, diğer aylarda bu değer 0,160–1,589 ton/gün aralığında kalmıştır. Buna karşın 2018/2019 sezonunda Aralık ayında 14,950 ton/gün ile en yüksek verim elde edilmiş, diğer aylar ise 1,725–11,066 ton/gün aralığında sonuçlar vermiştir. Bu bulgular, 2017/2018 sezonunun düşük av verimliliğine sahip olduğunu göstermektedir.

Emanet vd. (2020) tarafından yapılan araştırma, Ekim 2019 ile Ocak 2020 tarihleri arasında Güney Doğu Karadeniz’de avlanan hamsi balığı popülasyonunun temel parametrelerini incelemiştir. Çalışmada toplamda 1269 birey analiz edilmiştir. Bireylerin boy ve ağırlık ölçümleri sırasıyla 5,2-13 cm ve 0,8-13,32 g arasında değişkenlik göstermektedir. Ortalama boy $9,66 \text{ cm} \pm 1,18 \text{ cm}$ ve ortalama ağırlık ise $5,97 \text{ g} \pm 1,84 \text{ g}$ olarak hesaplanmıştır. Tüm bireyler için boy-ağırlık ilişkisi şu şekilde belirlenmiştir: $W = 0,0063L^{0,0033}$ ($R^2=0,96$). İncelenen bireylerin yaş aralığı 0-III arasında yer alırken, bu örneklerin yaklaşık %49,9’unun 0 yaşında olduğu gözlemlenmiştir. Ayrıca, büyüme parametreleri şu şekilde bulunmuştur: $L_{\infty} = 12,846$, $k = 0,508$, $t_0 = -2,295$ ve $W_{\infty} = 13,458$. Hamsi popülasyonundaki asgari avlanabilir boyun (9 cm’den küçük) altında kalan bireylerin oranı ise %21,36 olarak hesaplanmışlardır.

Akkuş, (2023), tarafından gerçekleştirilen çalışmada Karadeniz hamsi stoklarının sürdürülebilir şekilde yönetilebilmesi amacıyla, yaş ve büyüme parametrelerine ilişkin belirsizliklerin azaltılması ve bu sayede stoku daha doğru yansıtan verilerin elde edilmesi hedeflenmiştir. Özellikle Karadeniz’de var olduğu düşünülen farklı hamsi stoklarının ayrımı, büyüme özellikleri temel alınarak sorgulanmıştır. Bu kapsamda, bireylerin yaş ve büyüme analizlerinde kullanılan en güvenilir yapılar olan otolitler (balıkların işitme ve denge organlarında yer alan küçük kalsiyum karbonat kristalleri) incelenmiştir.

Taylan ve Bayhan, (2024), İzmir Körfezi’nde (Ege Denizi) balıkçılardan mevsimsel olarak temin edilen Avrupa hamsisinin (*Engraulis encrasicolus*) üreme biyolojisini incelemeyi amaçlamıştır. İncelenen bireylerin toplam boyları 9,0 ile 15,7 cm arasında değişmekte olup cinsiyeti belirlenen 750 örneğin %34’ü erkek, %66’sı dişi olarak sınıflandırılmış ve bu durum 1,91:1 dişi/erkek oranı ile sonuçlanmıştır. İlk cinsel olgunluk boyu dişi bireyler için 10,47 cm, erkekler için ise 9,95 cm olarak hesaplanmışlardır. Gonadosomatik indeks (GSI) değerleri dikkate alındığında, bu türün üreme döneminin yaz mevsimine denk geldiği sonucuna varmışlardır. Türün yumurta verimi (batch fecundity) 2 123 ile 6 951 oosit arasında değişmiş; boy-verim ilişkisi ise $F = 1134,4 \times TL - 10034$ ($R^2 = 0,84$) şeklinde ifade etmişlerdir. Dişi bireylerin yumurtalıklarında yapılan histolojik incelemeler, farklı gelişim evrelerinde

oositlerin varlığını ortaya koymuş ve bu durum, üreme mevsimi boyunca çoklu yumurtlama (multiple spawning) gerçekleştiğini söylemişleridir.

Dünyada hamsi üzerine yapılan çalışmalar;

Palomera (1992) tarafından gerçekleştirilen bu çalışma, Avrupa hamsisi (*Engraulis encrasicolus*) için Kuzeybatı Akdeniz’de (İspanya, Katalonya kıyıları) gözlemlenen üreme süresindeki enlemsel farklılıkları ortaya koymakta ve bu farklılıkların sıcaklık döngüsü ile hidroğrafik özelliklerle ilişkili olduğunu kanıtlamaktadır. Araştırmada, biri Katalonya’nın kuzeyinde, diğeri güneyinde olmak üzere iki ana yumurtlama alanı tespit edilmiştir. Toplam yumurta üretimi her iki bölgede benzer düzeyde olmasına rağmen, kuzeydeki bölge, daha kısa bir yumurtlama döngüsüne (yaklaşık 2 ay) sahip olmasına rağmen, biraz daha yüksek yumurta üretimi göstermiştir. Yumurta bolluğunun en yüksek olduğu alanlar, kıyıda 10–30 deniz mili açıkta, 50 ila 1000 m arasındaki farklı derinliklerde konumlanmış olduğu söylenmiştir.

Lisovenko ve Andrianov (1996) tarafından gerçekleştirilen bu çalışma, 1987–1992 yılları arasında Karadeniz’in kuzeybatısında, bu türün başlıca üreme alanında yürütülen hamsi (*Engraulis encrasicolus*) üreme biyolojisine ilişkin uzun dönemli bulguları özetlemektedir. Araştırmada, yumurtlama faaliyetlerinin yaz aylarında, 16–28 °C arasındaki sıcaklıklarda ve genellikle üst sıcak yüzey tabakalarında gerçekleştiği belirtilmiştir. Üreme genellikle kıyısal sularda, özellikle de tuzluluk oranı düşük (7–18‰) haliç bölgelerinde yoğunlaşmaktadır. Embriyonik dönem, 22,0–23,4 °C sıcaklıkta yaklaşık 24 saat sürmektedir. Hamsinin pelajik yumurtaları eliptik formda olup, uzun eksen 1,5–1,9 mm, kısa eksen ise 0,8–1,2 mm arasında ölçülmüştür. Çalışmada, hamsi yumurtlamasının günlük ritme sahip olduğu vurgulanmaktadır: Saat 21:00 civarında olgunlaşma ve ovulasyon, 21:00–00:00 arası yumurtlama, 00:00–06:00 arası dinlenme, 06:00–21:00 arası yeni yumurta partilerinin oluşumu gözlemlenmiştir. Yumurtlama sıklığı, mevsim boyunca su sıcaklığına bağlı olarak değişim göstermekte ve haziran ayının ikinci yarısında günlük yumurtlama sıklığına ulaşarak maksimuma çıkmaktadır. Ortalama olarak, her bir dişi birey yılda 50’den fazla yumurtlama gerçekleştirmektedir. Yumurtlama partisi başına düşen bireysel fekondite, besin mevcudiyeti, su sıcaklığı ve bireyin vücut boyutuna bağlı olarak değişkenlik göstermektedir. Bu bulgular, hamsi

popülasyonlarının Karadeniz’de yüksek adaptasyon kabiliyetiyle çevresel faktörlere duyarlı üreme stratejileri geliştirdiğini belirtmiştir.

Motos (1996) tarafından yapılan bu derleme çalışmasında, 1987–1992 yılları arasında Biskay Körfezi’nde gerçekleştirilen Avrupa hamsisinin (*Engraulis encrasicolus*) üreme biyolojisi ve fekonditesine ilişkin saha araştırmalarının bulguları sunulmuştur. Araştırmaya göre, üreme sezonu boyunca popülasyonun neredeyse %100’ü eşeyssel olgunluğa ulaşmakta, ancak bir yaşındaki en küçük bireyler biraz daha geç olgunlaşmaktadır. Buna rağmen, üreme döneminin zirvesinde, bir yaşındaki bireylerin vücut ağırlığı başına düşen yumurta üretimi, daha yaşlı bireylerle benzer seviyededir. Hamsiler, akşam 19:00 ile sabah 06:00 (GMT) arasında yumurtlamakta, yumurtlamanın zirvesi gece yarısı (00:00 GMT) civarında gerçekleşmektedir. Aynı gece yumurtlayacak dişilerde, yumurta partisine ait oositlerin son olgunlaşma süreci bir önceki gece başlamaktadır. Çekirdek göçü gece boyunca devam eder ve ertesi günün ilk saatlerinde tamamlanır. Oosit hidrasyonu, yumurtlamanın gerçekleşeceği gün öğleden sonra başlar; hidrasyon seviyesi, akşam karanlığı ve gece başında maksimuma ulaşır. Yumurtlamanın başladığına işaret eden postovulatuvar foliküller, daha gün batmadan gözlenebilmektedir. Avrupa hamsisi, belirsiz fekonditeli ve partiler hâlinde yumurtlayan (batch spawner) bir türdür. Üreme sezonu boyunca, olgunlaşmamış oositlerde de novo vitellogenesis devam etmektedir. Yıllık fekondite, hem parti başına düşen yumurta sayısı hem de mevsim boyunca gerçekleşen yumurtlama sıklığına bağlı olarak belirlenmektedir. Parti fekonditesi, sezon ilerledikçe artış gösterdiğini ve Nisan ayında yaklaşık 200 yumurta/g, Mayıs’ta 500 yumurta/g, Haziran’da ise 650 yumurta/g. bıraktığını belirtmiştir. Günlük olarak yumurtlayan dişi oranı %18 ile %33 arasında değişmekte ve sezon ilerledikçe bu oran artmaktadır. Bu yüksek yumurtlama sıklığı, hamsilerin göreceli olarak kısa süren üreme sezonuna bir adaptasyon olarak değerlendirilmektedir. İki ay süren bir yumurtlama dönemi varsayıldığında, gonad ağırlığı hariç tutulmuş vücut ağırlığı başına yumurta üretimi, yaklaşık 9 000 ila 11 000 yumurta arasında değiştiğini söylemiştir.

Maack ve George (1999), Endonezya’nın Batı Sumatra kıyılarında ekonomik açıdan büyük öneme sahip bir tür olan *Encrasicholina punctifer*’in üreme biyolojisini incelemiştir. Balıkların boy-ağırlık ilişkisi $W = 6,3 \times 10^{-6} L^{3,125}$ ($r^2 = 0,96$; $n = 2550$)

formülüyle tanımlamıştır. Bu türün asenkron oosit gelişimi gösteren çoklu yumurtlayıcı (multiple spawner) bir tür olduğunu ortaya koymuştur. Oosit gelişimi, tek bir yumurtlama sezonu boyunca sürekli olarak gerçekleşmekte ve tüm evrelerdeki oositler yumurtalıkta aynı anda bulunmaktadır. Bu durum, tek modlu oosit boyu-frekans dağılımı (OSFD) ile açıkça gösterilmiştir. Yumurtlamadan önce yeni oosit partileri, kalan oositlerden net şekilde ayrılmış ve OSFD’de boşluk olarak tanımlanmışlardır. Yumurtlamadan sonra postovulatuvar foliküller gözlemlenmiştir. Gonadosomatik indeks (GSI) değeri 5,5’in üzerine çıktığında yumurtalıklarda hidrate oositler görülmekte, bu durum yumurtlama öncesi dönemi işaret etmektedir. Popülasyonun belli bir kısmı her zaman yumurtlama durumundadır. Göreli fekondite, her gram dişi vücut ağırlığı başına ortalama 985 ± 359 yumurta olarak hesaplanmıştır. Oosit gelişimi yumurtalığın tüm bölgelerinde eş zamanlı olarak gerçekleşmektedir. İlk cinsel olgunluk, 57,5 mm total boyda kazanılmaktadır. Araştırmada, bireylerin fiziksel kondisyonu ile gonad ağırlığı arasında anlamlı bir ilişki olmadığı saptanmıştır. Bu durum, gonad gelişimi için gerekli enerjinin vücut yağından değil, doğrudan yem tüketimiyle sağlandığını göstermektedir.

Millan (1999) tarafından gerçekleştirilen bu çalışma, İspanya'nın Cadiz Körfezi'nde yaşayan *Engraulis encrasicolus* (hamsi) popülasyonunun üreme biyolojisine ilişkin çeşitli parametreleri değerlendirmek amacıyla yürütülmüş ve 1989–1992 yılları arasında aylık örneklerle veri toplanmıştır. Çalışma bulgularına göre, hamsinin üreme dönemi kış sonundan sonbahar başına kadar uzanmakta, ancak tüm popülasyon için en yoğun yumurtlama dönemi Haziran–Ağustos ayları arasında gerçekleşmektedir. Üreme döneminde bireylerin boylarına göre farklılık gösteren yumurtlama zamanlaması dikkat çekicidir: büyük bireyler (14–18,5 cm) ilkbahar–yaz döneminde yumurtlarken, ilk kez üreyen küçük bireyler (11–13,5 cm) esas olarak yaz aylarında yumurtlamaktadır. Cinsiyet oranı, yıl bazında teorik olarak 1:1 dengesini sağlasa da, sezonluk ve boy bazında değişiklik göstermekte, büyük bireylerde dişilerin erkeklere oranla daha fazla olduğu tespit edilmiştir. İlk cinsel olgunluk boyu, erkeklerde 11,09 cm, dişilerde 11,20 cm olarak belirlenmiştir. Ancak bu eşeyssel olgunluk boyunda yıllar arasında dalgalanmalar gözlenmiş, bu da çevresel faktörlere bağlı yüksek üreme esnekliği olduğunu düşündürmektedir. Mevsimsel kondisyon değişimleri hem primer üretimdeki dalgalanmalara hem de balıkların

üreme döngüsüne bağlı olarak şekillenmektedir. Araştırma, boya bağlı enerji yatırımı farklarının, bireylerin somatik büyüme ve üreme stratejilerini etkilediğini önermektedir. Ayrıca, düşük vücut kondisyonunun yumurtalık ağırlığı döngüsü üzerindeki olumsuz etkileri de tartışılmıştır.

Basilone vd., (2005), Sicilya'nın güney kıyılarında yer alan başlıca üreme alanında, altı yıllık bir süre boyunca (ticari av verilerine dayalı olarak) Avrupa hamsisi (*Engraulis encrasicolus*) popülasyonunun üreme biyolojisine ilişkin çeşitli parametreleri incelemişlerdir. Çalışma kapsamında; gonadosomatik indeks (GSI), kondisyon faktörü (CF), ilk cinsel olgunluk boyu (L_{50}), cinsiyet oranı ve boy-ağırlık ilişkilerinin hem yıllık hem de aylık düzeydeki değişimleri değerlendirilmiştir. Elde edilen GSI değerlerine ve gonad olgunluk evrelerine göre, üreme dönemi mart sonu–nisan başından başlayarak ağustos-eylül aylarına kadar sürmekte; temel yumurtlama aktivitesi ise temmuz–ağustos aylarında yoğunlaşmaktadır. İlk eşeysel olgunluğa ulaşma boyu erkekler için $11,27 \pm 0,09$ cm, dişiler için ise $11,24 \pm 0,09$ cm olarak hesaplanmıştır. Cinsiyet oranı yıllık düzeyde 1:1 beklenen dağılımdan istatistiksel olarak sapma göstermiş ve dişiler lehine bir baskınlık belirlenmiştir. Aylık bazda da benzer bir eğilim gözlenmiş; özellikle üreme döneminde dişi bireylerin sayısı erkeklere göre anlamlı biçimde yüksek bulunmuştur. Ayrıca, 12 cm üzerindeki bireylerde erkek sayısının azaldığı, yani büyük boylu bireyler arasında dişilerin daha baskın olduğu saptanmıştır. Kondisyon faktörü değerlendirildiğinde, en yüksek değerler üreme döneminin başında ve haziran ayında elde edilmiş, bu durum hamsilerin enerji rezervlerinin üreme için hazırlandığını göstermektedir. Ancak kondisyon seviyesi, yumurtlamanın zirveye ulaştığı ağustos ayında belirgin biçimde azaldığını belirtmişlerdir.

Sinovic ve Zorica (2006), Avrupa hamsisinin (*Engraulis encrasicolus*) üreme döngüsünü incelemek amacıyla, Hırvatistan'da Novigrad Denizi'ne dökülen Zrmanja Nehri haliç bölgesinde, Ocak–Aralık 2003 tarihleri arasında aylık rastgele örneklerle yürütülen bir çalışmayı rapor etmiştir. Örneklem, ticari gırgır avcılığı ile elde edilen toplam 1477 birey üzerinden gerçekleştirilmiştir. Bireylerin total boyları 4,5–14,5 cm, ağırlıkları ise 0,56–19,80 g arasında değişmiştir. Cinsiyet oranı, teorik 1:1 orana yakın olup, dişi bireylerin sayısal olarak hafif baskın olduğu gözlenmiştir (Dişi/Erkek = 0,99). Üreme aktivitesi, gonad ağırlığı, gonad evreleri ve

gonadosomatik indeks (GSI) değerleri doğrultusunda Nisan–Eylöl ayları arasında tespit edilmiştir. İlk cinsel olgunluk boyunu (L_{50}) hesaplamak amacıyla, Mayıs–Temmuz ayları arasında 454 bireyden oluşan alt örneklem kullanılmış ve %50’sinin olgunlaştığı boy 8,2 cm olarak bulunmuştur. Bu değer, bölgedeki popölasyonun erken yaşta üremeye başladığını gösterdiğini belirtmişlerdir.

Alday vd., (2008) tarafından yürütölen çalışmada, Biskay Körfezi’ndeki hamsilerde (*Engraulis encrasicolus*) yumurtlamadan sonra oluşan postovulatuvar foliküllerin (POF) zamana ve sıcaklığa bağlı olarak gösterdiği dejenerasyon süreci araştırılmıştır. Araştırmada, yalnızca histolojik dejenerasyon özelliklerine dayanarak tanımlanmış 7 evreden oluşan bir POF sınıflandırma anahtarı kullanılmıştır. Bu yaklaşımın yeniliği, POF evrelemesini yaşlandırma sürecinden ayırmasıdır. Çalışma hem laboratuvar ortamında hem de denizden toplanan örneklerle gerçekleştirilmiştir. Laboratuvar deneylerinde kullanılan tanklardaki su sıcaklığı genel olarak 17–21°C aralığında tutulmuş, sadece bir denemede gündüz ve gece sıcaklıkları farklı ayarlanmıştır. Çeşitli araştırma seferlerinde elde ettikleri toplam 11 948 dişi hamsiye ait 472 örnek değerlendirilmiştir. Bu örneklerden 126 tanesi (3348 birey) yüksek yüzey sıcaklığına sahip bölgelerden (ortalama = 17,76°C), 131 tanesi (3181 birey) ise düşük sıcaklıklı bölgelerden (ortalama = 14,42°C) alınmıştır. Araştırma sonucunda, laboratuvar ve saha örneklerinde POF evrelerinin zamana bağlı sıralanmasında büyük ölçüde uyum gözlemlenmişlerdir. İlk dört evre 24 saatten kısa sürede tamamlanırken, birinci günün sonunda POF’lerin çoğu evre V’e ulaşmıştır. Evre VI genellikle ikinci günün ilk yarısında, Evre VII ise ikinci günün ikinci yarısında en sık gözlenmiştir. Tüm foliküllerin tamamen rezorpsiyonu ise 55–60 saat içinde gerçekleşmiştir. Ayrıca, ileri evre dejenerasyonlar günün her saatinde gözlemlendiğini, bu da ardışık yumurtlama kohortlarının akışabileceğini gösterdiğini belirtmişlerdir.

Bacha ve Amara (2012), tarafından yürütölen çalışmada, Avrupa hamsisinin (*Engraulis encrasicolus*) üreme sezonunun altı aydan uzun sürmesi nedeniyle, Cezayir kıyısındaki Béjaia Körfezi’nde (Güneybatı Akdeniz) 2007 yılının yaz ve sonbahar aylarında doğmuş iki farklı kohorta (yaz ve sonbahar) ait juvenil bireylerin büyüme, kondisyon ve beslenme özellikleri karşılaştırılmıştır. Büyüme parametreleri incelemişler veya kohortuna ait bireylerin daha yüksek somatik ve otolit büyümesi

ile daha iyi kondisyon sergilediği görülmüşlerdir. Günlük büyüme oranı yaz kohortunda 0.74 mm/gün, sonbahar kohortunda ise 0.59 mm/gün olarak tespit edilmiştir. Ayrıca, otolitlerdeki günlük halka genişlikleri de yaz kohortunda daha geniş bulunmuştur. Bulgular, iki kohort arasındaki büyüme ve kondisyon farklılıklarının esas olarak larval ve juvenil dönemlerde karşılaşılan sıcaklık farklarından kaynaklandığını söylemişlerdir. Yaz döneminde doğan bireylerin daha yüksek büyüme oranları ve daha iyi fizyolojik durumu, ekolojik avantajlar sağlayarak hayatta kalma olasılıklarını artırmış olabileceğini belirtmişlerdir. Çalışmada geç dönemlerde (sonbahar) yumurtlayan bireylerin, yetişkin popülasyona katılım oranının daha düşük olabileceğini öne sürmüşlerdir.

Manzo vd., (2013), tarafından gerçekleştirilen çalışmada, Avrupa hamsisinin (*Engraulis encrasicolus*) Lesina Lagünü'ndeki temel biyolojik özelliklerini tanımlayarak, türün lagün ekosistemlerindeki ekolojisine dair bilgi sağlamayı amaçlamışlardır. Örneklemeler Mayıs–Kasım 2012 tarihleri arasında tırvırı yöntemi ile yapılmış ve her örneklemede 100 birey ölçülüp tartılmıştır. Bireylerin cinsiyetleri belirlenmiş, gonadları makroskobik olarak sınıflandırılmış, boy-ağırlık ilişkileri, kondisyon faktörleri ve boy-frekans histogramları oluşturulmuştur. Çalışma sonuçları, Lesina Lagünü'nde yakalanan hamsilerin görece küçük boyutlara sahip olduğunu göstermiştir. Bununla birlikte, bireylerin büyümesi genellikle pozitif allometrik ($b > 3$) olup, büyüme katsayısı (b) Adriyatik Denizi'ndeki aynı dönem bireylerine kıyasla daha yüksek bulmuşlardır. Cinsiyet oranı, örnekleme dönemlerinin büyük bölümünde dişiler lehine sapma göstermiştir. Gonadların makroskobik analizine göre, üreme faaliyeti ilkbahar-yaz döneminde başlamış ve dişilerde ekim ayına kadar uzamıştır. Özellikle Haziran ve Ağustos-Eylül aylarında olgunlaşmış dişiler ve erkek bireylerde iki ayrı yumurtlama zirvesi tespit etmişlerdir.

Mezedjri vd., (2013), Avrupa hamsisinin (*Engraulis encrasicolus*) cinsel döngüsünü incelemek amacıyla Cezayir'in doğu kıyılarında bir yıllık bir çalışma yürütmüşlerdir. (Temmuz 2008 – Haziran 2009). Araştırmada yıllık cinsiyet oranı değerlendirilmiş ve ortalama erkek oranı %39,35 olarak hesaplanmışlar, bu da dişiler bireylerin baskın olduğunu göstermiştir. Çalışmaya göre, üreme dönemi Nisan–Ekim ayları arasında gerçekleşmekte olup, yumurtlama aktivitesi en yüksek seviyeye sıcak aylar olan yaz döneminde ulaşmaktadır. Aylık olarak güncellenen gonadosomatik

indeks (GSI) verileri ışığında, hamsilerin yıllık üreme döngüsü dört evrede incelenmiştir: Yavaş olgunlaşma evresi (kış sonu – ilkbahar başı), Cinsel aktivitenin arttığı evre, Yumurtlama evresi (en sıcak aylarla örtüşmektedir), Cinsel istirahat evresi (en soğuk aylarda gözlenmektedir). Ayrıca, hepatosomatik indeks (HSI) ve mezenterik yağ rezervlerinin aylık değişimi de incelenerek, gonad gelişiminde kullanılan enerji kaynaklarının kökeni hakkında bilgi edinilmiştir. Bu enerji rezervlerinin gonad gelişimi açısından özellikle önemli olduğu belirtilmiştir. Araştırmada hem dişi hem de erkek bireyler için ilk cinsel olgunluk boyu 12,5 cm total boyda belirlenmiştir. Bu değer, türün bölgesel üreme stratejilerinin sıcaklıkla güçlü biçimde ilişkili olduğunu ve enerji yönetiminin gonad gelişiminde kritik rol oynadığını belirtmişlerdir.

Zorica vd., (2013), tarafından gerçekleştirilen çalışmada, Avrupa hamsisi (*Engraulis encrasicolus*) üreme faaliyetlerinin çevresel değişkenlerle ilişkisini ortaya koymayı amaçlamışlardır. Araştırma, Doğu Adriyatik Denizi'nde (Akdeniz'in en kuzeyindeki yarı kapalı havza) Ocak 1999 – Aralık 2010 tarihleri arasında yürütülmüş ve bu süre zarfında aylık biyolojik örneklemeler yapılmıştır. Hamsinin üreme sezonu, bireylerin aylık olgunluk evreleri ve gonadosomatik indeks (GSI) değişimleri ile belirlenmişlerdir. Bulgulara göre, yumurtlama mart ayında başlamakta ve eylüle kadar sürmekte, üreme etkinliği nisan–temmuz arasında zirveye ulaşmaktadır. İstatistiksel analizler sonucunda, GSI ile yüzey tuzluluğu arasında anlamlı bir korelasyon saptanmışlardır. Özellikle, yumurtlamadan önceki iki ayda gözlenen düşük yüzey tuzluluğu, GSI üzerinde belirgin bir etki göstermektedir. Buna karşılık, gecikmeli rüzgâr-karışım indeksi ve yüzey suyu sıcaklığı GSI ile düşük düzeyde ilişki göstermiştir. Çalışma, nehir kaynaklı besin açısından zengin tatlı su girişlerinin, yüzey tuzluluğunu azaltarak birincil üretimi artırdığı, bunun da hamsinin doğurganlığı üzerinde özellikle geç sezonlarda (temmuz) olumlu etkiler yarattığını ortaya koymaktadır. Bu durum, hamsi üremesinin çevresel koşullara duyarlılığını ve üreme döneminin başarısının hidrolojik parametrelerle öngörülebileceğini söylemişlerdir.

Amponsah vd., (2016), Gana'nın doğu kıyılarında avlanan *Engraulis encrasicolus* (hamsi) stoklarının populasyon dinamiklerini, Temmuz 2014 – Ocak 2015 tarihleri arasında elde edilen aylık boy-frekans verileri temelinde

değerlendirmiştir. Çalışmada, bireylerin standart boylarına dayalı olarak büyüme parametreleri asimptotik boy (L_{∞}) = 11,03 cm, büyüme katsayısı (K) = 0,58 yıl⁻¹, büyüme performans indeksi (Φ) = 1,849, teorik doğum yaşı (t_0) = -0,37 yıl ve maksimum yaşam süresi = 5 yıl olarak tahmin edilmiştir. Powell-Wetherall grafiği kullanılarak hesaplanan Z/K oranı = 3.90, stokun ölüm oranlarının baskın olduğunu göstermektedir. Toplam ölüm oranı (Z) 3,40 yıl⁻¹, doğal ölüm oranı (M) 1,59 yıl⁻¹ ve balıkçılık kaynaklı ölüm oranı (F) 1,81 yıl⁻¹ olarak bulunmuştur. Bu değerler, mevcut balıkçılık baskısının optimum seviye olan $F_{opt} = 0,64$ 'ün oldukça üzerinde olduğunu ve stokun aşırı avlandığını ortaya koymuştur. Şu anki sömürü oranı (E) = 0,53 maksimum sömürü seviyesi ($E_{max} = 0,58$) değerine çok yakın bulunmuş, bu da sürdürülemez düzeyde yüksek av baskısını işaret etmektedir. Ayrıca, hamsi stoklarında ilk cinsel olgunluk boyu (L_{m50}) = 7,4 cm olarak hesaplanmışlardır.

Baali vd., (2017) tarafından gerçekleştirilen çalışma, Avrupa hamsisinin (*Engraulis encrasicolus*) Cezayir Atlantik kıyılarındaki cinsel döngüsünü değerlendirmeyi amaçlamaktadır. Araştırma Ocak 2013 – Aralık 2013 tarihleri arasında gerçekleştirilmiş olup, bu bölgedeki *E. encrasicolus* popülasyonuna ait üreme özelliklerinin incelendiği ilk bilimsel çalışmadır. Çalışmada tüm örnekler bazında cinsiyet oranı dişi lehine (%56,9 dişi, oran 1:1.32) olarak tespit etmişlerdir. Gonadların makroskobik incelemesine göre, bu türün yıl boyunca üreme yetkinliğini koruduğu, yani her mevsimde olgun bireylerin var olduğu belirlemiştir. Gonadosomatik indeks (GSI) değerleri Nisan – Eylül ayları arasında en yüksek seviyeye (yaklaşık %4–7) ulaşmış, bu dönem üreme sezonunu işaret etmiştir. GSI değerleri Kasım ayında minimum düzeye (%1–2) gerileyerek, üreme aktivitesinin azaldığı döneme işaret etmiştir. İlk eşeyssel olgunluk boyu (L_{50}) erkek bireylerde 9,82 cm, dişi bireylerde ise 9,96 cm olarak hesaplanmıştır. Bu veriler, Atlantik kıyısındaki hamsi popülasyonunun yıl boyunca üreme kapasitesine sahip olduğunu ve cinsiyetlere göre farklı olgunluk boyları sergilediğini gösterdiğini belirtmişlerdir.

Durović vd., (2018), tarafından gerçekleştirilen çalışmada, Adriyatik Denizi'nin güneyinde yer alan Karadağ'a bağlı Boka Kotorska Körfezi'nde, Temmuz 2006 ile Haziran 2007 tarihleri arasında plaj sürütmeleri kullanılarak yakalanan hamsi (*Engraulis encrasicolus*) bireylerinde gonad morfolojisindeki yıllık değişimi incelemiştir. Araştırma kapsamında her ay örnekleme yapılmış, bireylerin total

boyları 6,6–12,2 cm, ağırlıkları ise 1,58–11,27 g arasında değiştiği görülmüştür. Dişi bireylerden alınan gonadlar tartılmış ve histolojik analiz için doku örnekleri hazırlanmıştır. Gonadosomatik indeks (GSI) değerleri en düşük seviyeye Kasım ayında ulaşmış ve bu düşüklük Nisan ayına kadar devam ederek gonat istirahat dönemini işaret etmiştir. GSI değerlerinde Nisan ve Mayıs aylarında gözlenen artış, üreme sezonunun başlangıcına denk gelmiştir. Histolojik bulgulara göre, birincil oositler (evre I) tüm yıl boyunca mevcut olup Ekim'den itibaren yüzdeleri artmış ve özellikle Kasım–Mart döneminde %100 oranına ulaşmıştır. Olgunlaşmış oositler (evre IV) ise Nisan–Ekim ayları arasında gözlenmiş, en yüksek oran Mayıs ayında (%12,3) tespit edilmiştir. Yolk veziküllü (evre II) ve yolk içerikli oositlerin (evre III) oranı Nisan ayından itibaren artış göstermiş ve Ekim ayına kadar sabit kalmıştır. Bu veriler ışığında hamsi popülasyonlarında gonad gelişiminin mevsimsel döngüler gösterdiğini ve üreme döneminin ilk işaretlerinin ilkbahar aylarında başladığını ortaya koymuşlardır.

Maza vd.. (2016) tarafından kuzeybatı Akdeniz’de yürütülen çalışmada, *Engraulis encrasicolus* stoklarının sağlık durumu; birey boyu, fertilité (yumurta verimliliği), enerji rezervleri (lipid içerikleri) ve parazit bulaşıklığı arasındaki ilişkiler çerçevesinde değerlendirilmiştir. Çalışma, bu ilişkilerin birlikte analiz edildiği ilk araştırmalardan biri olma özelliğini taşımaktadır. Bulgular, küçük bireylerin daha düşük yumurta verimliliğine ve daha az yağ rezervine sahip olduğunu, ayrıca bazı parazit türlerine karşı daha yüksek düzeyde enfekte olduklarını göstermiştir. Günümüzde popülasyonda küçük bireylerin baskın olduğu dikkate alındığında, bu durumun stok sağlığı üzerinde olumsuz etkileri olabileceği vurgulanmıştır. Araştırmacılar, büyük birey eksikliğinin hem üreme başarısını hem de bireysel sağlık durumunu olumsuz etkilediğini belirterek, bu eğilimin sürdürülebilir balıkçılık açısından kritik bir risk oluşturduğunu ifade etmişlerdir.

Benchikh vd., (2018), Cezayir’in doğusundaki Annaba Körfezi’nde yaşayan Avrupa hamsisinin (*Engraulis encrasicolus*) yaş yapısı, büyüme özellikleri, üreme dönemi, kondisyon faktörü ve ölüm oranlarını incelemiştir. Popülasyonun yaş dağılımı %59,1 dişi, %33,5 erkek ve %7,4 cinsiyeti belirlenemeyen bireylerden oluşmaktadır. Boy-frekans analizine göre popülasyonda dört farklı kohort tespit edilmiş olup, en baskın grup %69,73 oranıyla yaş grubu 3’tür. Bunu sırasıyla yaş

grupları 4 (%19,73), 2 (%9,66) ve 1 (%0,88) takip etmektedir. Von Bertalanffy büyüme eğrisi parametreleri $L_{\infty} = 17,89$ cm, $K = 0,6$ yıl⁻¹ ve $t_0 = -0,008$ olarak hesaplanmıştır. Teorik maksimum yaş (t_{max}) ise 4,92 yıl olarak bulunmuştur. Bireylerin uzunluk-ağırlık ilişkisi, tüm popülasyon için pozitif allometrik büyümeye işaret etmektedir. Türün üreme dönemi Mayıs ayında yoğunlaşmakta olup, bu dönemde gonadosomatik indeks (GSI) ortalama %4,28 olarak hesaplanmıştır. Yıllık ortalama kondisyon faktörü 0,72 olarak bildirilmiştir. Toplam ölüm oranı (Z) 2,31 yıl⁻¹, doğal ölüm oranı (M) 0,56 yıl⁻¹ ve balıkçılık kaynaklı ölüm oranı (F) 1,75 yıl⁻¹ olarak hesaplanmış; bunun sonucunda sömürü oranı ($E = F/Z$) 0,76 ile optimum sömürü düzeyi olan 0,50'nin oldukça üzerinde bulunmuştur.

El qendouci vd., (2020), tarafından gerçekleştirilen çalışmada, Fas Atlantik kıyılarının merkezi bölgesinde yaşayan hamsi (*Engraulis encrasicolus*) popülasyonuna ait üreme parametrelerini değerlendirmek amacıyla yürütülmüştür. Araştırma, Ocak–Aralık 2016 tarihleri arasında gerçekleştirilmiş ve toplamda 1633 birey üzerinde analiz yapılmıştır. Bu bireylerin 850'si dişi, 783'ü erkek olarak sınıflandırılmış, elde edilen cinsiyet oranı %46,51 erkek lehine olup istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık göstermemiştir. Gonadosomatik indeks (GSI) verilerine göre, üreme faaliyeti Nisan–Kasım ayları arasında gerçekleşmiş ve en yüksek GSI değerleri Haziran–Ağustos döneminde tespit edilmiştir. İlk eşeyssel olgunluk boyu hem erkek hem de dişi bireylerde yaklaşık 10,5 cm olarak belirlenmiştir. Araştırmada bireylerin mutlak fekonditesi (yumurta verimi) 7323 ile 21230 arasında değişmiş ve boy ve ağırlıkla pozitif korelasyon göstermiştir. Bu durum, daha büyük ve ağır bireylerin daha fazla yumurta ürettiğini ortaya koymuştur.

Ferreri vd., (2021) tarafından yürütülen çalışma, ilk cinsel olgunluk boyunun (L_{50}) balıkçılık yönetiminde kritik bir yaşam döngüsü özelliği olduğunu vurgulamakta ve Akdeniz ile Karadeniz'de yaşayan *Engraulis encrasicolus* (Avrupa hamsisi) popülasyonlarında L_{50} değerlerinin coğrafi farklılıklara göre değişimini incelemektedir. Çalışmada yumurtlama dönemi sırasında toplanan hamsi örneklerinden elde edilen boy ve cinsel olgunluk verilerini değerlendirmiştir. Veriler, Akdeniz ve Karadeniz'e ait farklı coğrafi alt alanlardan toplanmışlardır. L_{50} tahminleri, bireylerin total boyu, kondisyon faktörü, cinsiyeti ve bölgesel konumu (GSA) dikkate alınarak lojistik regresyon modeli ile hesaplanmıştır. Kondisyon

faktörünün anlamlı bir etkisi olduğunu, daha iyi kondisyondaki bireylerin daha erken cinsel olgunluğa ulaştığını söylemişlerdir. Ayrıca, erkeklerin dişilere göre daha küçük boyda olgunlaştığı ve L_{50} değerlerinin bölgelere göre önemli farklılıklar gösterdiği tespit edildiği belirtilmiştir.

Zuyev ve Skuratovskaya (2023) tarafından sunulan çalışmada, Avrupa hamsisi (*Engraulis encrasicolus*) üzerine Azak–Karadeniz Havzası’nda son 100 yılı aşkın süredir yapılan araştırmalardan elde edilen bulguları derleyerek, türün içsel (intraspesifik) heterojenliğini kapsamlı biçimde incelemektedir. Çalışmada, Karadeniz hamsisi ile Azak Denizi hamsisi arasındaki taksonomik, morfobiyojik, biyokimyasal, genetik ve ekolojik farklılıklar detaylı olarak değerlendirilmiş; bu iki popülasyonun coğrafi dağılımı ve üreme ilişkileri, tarihsel bir perspektif içinde analiz edilmiştir.

2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

2.1. Materyaller

Bu tez çalışmasında hamsi (*Engraulis encrasicolus*) materyal olarak kullanılmıştır. 5835 adet hamsi avcılık sezonunda genellikle gırgır avcılığı yapan teknelerden elde edilmiştir. Gırgır avcılığının yanı sıra avcılık sezonunda ve avcılık sezonu olmayan zamanlarda uzatma ağlarına tesadüfen yakalanan hamsiler balıkçılardan toplanmıştır. Gırgır teknelerinden elde edilen hamsiler ağın boci kısmından hiçbir şekilde eleme işlemi olmadan kepçeyle rastgele örnekleme yöntemiyle elde edilmiştir. Ayrıca hamsi elde etmek için kıyı sürütme ağları ve serpme ağı kullanılmıştır (Şekil 8).



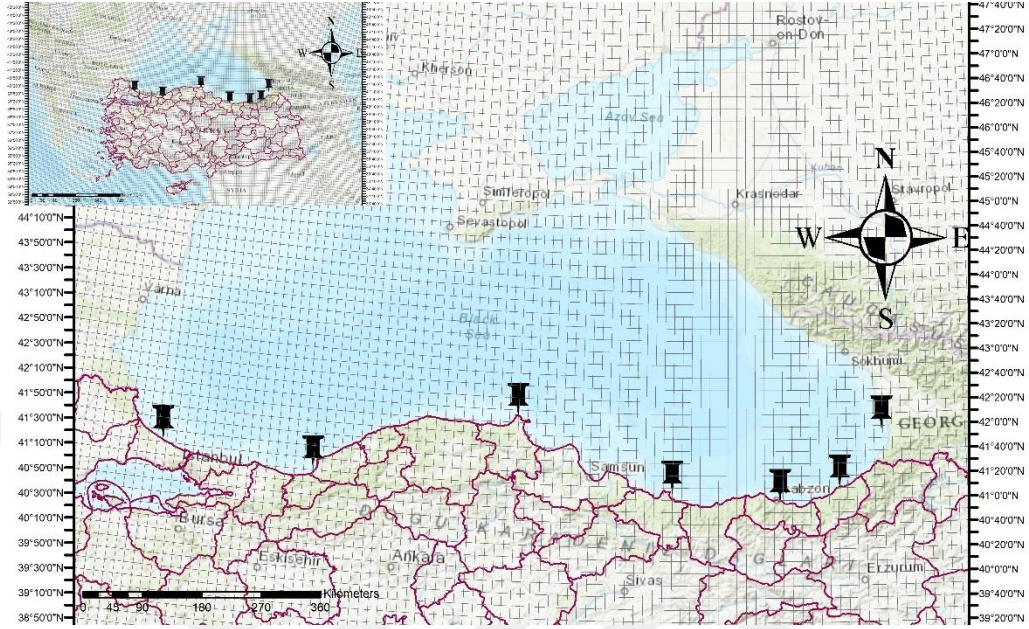
Şekil 8. Kullanılan hamsi materyali ve hamsiyi elde etme şekilleri

2.2. Metod

2.2.1. Çalışma Sahası

Çalışma Karadeniz’de yürütülmüştür. Kırklareli’ nin Demirciköy ilçesine bağlı İğneada beldesinden, Artvin’nin Kemalpaşa ilçesine kadar Ülkemizin tüm Karadeniz kıyılarında yürütülmüştür. Ayrıca Gürcistan kıyılarına avcılık amacıyla giden gırgır teknelerimizden de hamsi örneği toplanmıştır (Şekil 9). Karadenizin

ülkemiz kıyısında kalan her bölgesinden dengeli olarak örnek toplanarak örneklemenin tüm Karadeniz’i temsil etmesi sağlanmaya çalışılmıştır.



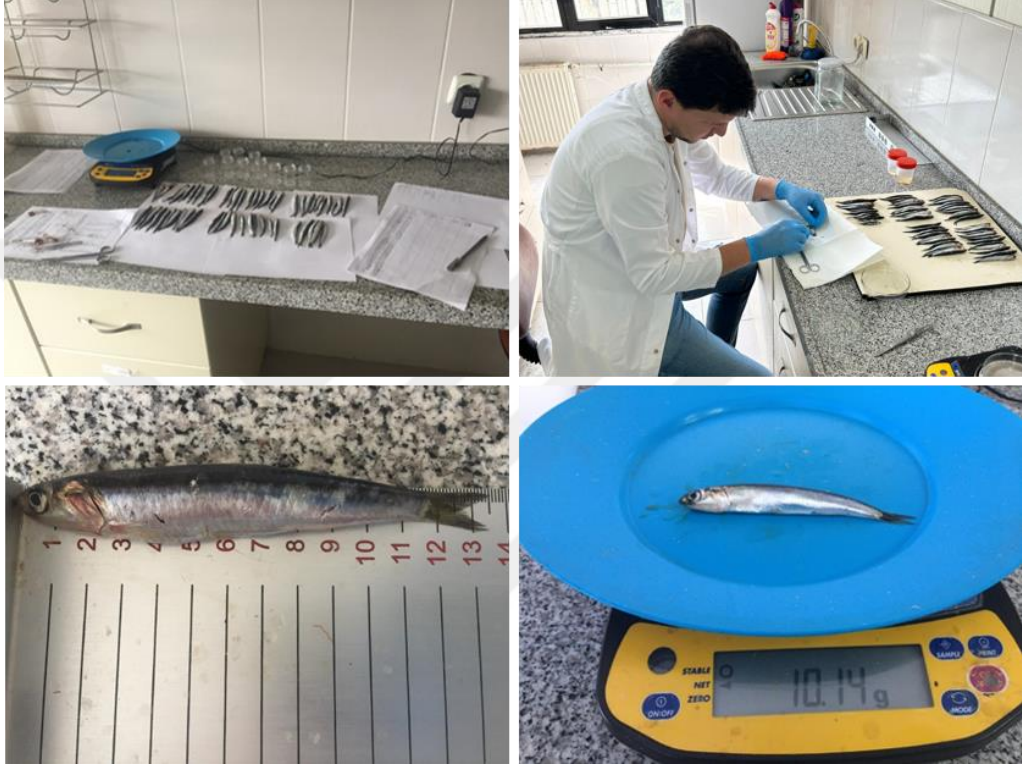
Şekil 9. Çalışma sahası

2.2.2. Araştırma Planı

Eylül 2020 de başlayan örnekleme hamsinin üreme periyodunu belirlenmek için 24 ay olarak planlanmıştır. Ancak son ayda üreme periyodu bitmediği için üreme periyodunun sonunu görmek amacıyla 25 ay örnekleme yapılmıştır. Örnekleme hamsinin bol olduğu aylarda ayın başında ortasında ve sonunda olacak şekilde planlanmış hamsiye ulaşmanın zor olduğu aylarda hamsi örneklerinin elde edildiği zamanda çalışılması planlanmıştır. Eylül 2020’den başlayarak Ağustos 2021 sonuna kadar olan on iki aylık kısım, çalışmamızın ilk yılı olarak kabul edilmiştir. Eylül 2021’ den başlayan ve Eylül 2022’de sonunda biten on üç aylık kısım ise çalışmanın ikinci yılı olarak ortaya konulmuştur. Çalışmada örneklenen hamsiler Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesine ait balıkçılık biyolojisi laboratuvarına getirilmiştir. Yakın mesafeden alınan örnekler taze olarak çalışılmıştır. Uzak bölgelerden donmuş bir şekilde getirilen örnekler çözündükten hemen sonra biyometrik ölçümler yapılmıştır.

2.2.3. Biyometrik Ölçümler

Laboratuvara getirilen örneklerin toplam boyları 0,1 cm hassasiyetindeki ölçüm cetveli kullanılarak belirlenmiş, ağırlık, gonad ve karaciğer ağırlıkları ise 0,01 gram duyarlılığa sahip bir hassas terazi ile ölçülmüştür (Gonzalez vd., 2006; Kokokiris, 2014; Saborido-Rey, 2015), (Şekil 10).



Şekil 10. Biyometrik ölçümler

2.2.4. Yaş ve Büyüme Özellikleri

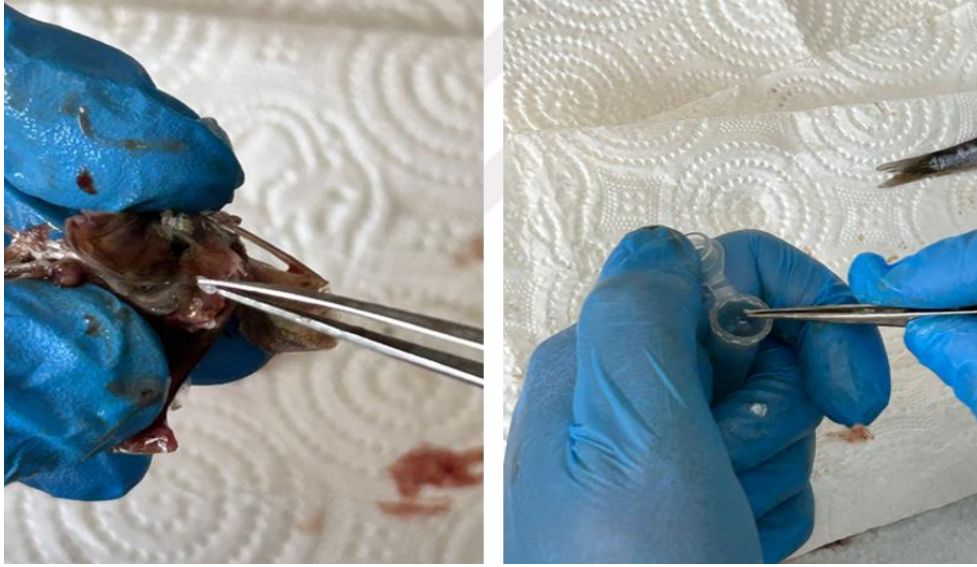
2.2.4.1. Yaş Tayini

Balıklarda büyüme özelliklerinin belirlenebilmesi için yaş tespiti büyük bir öneme sahiptir. Her balık türünün yaş belirleme özellikleri farklılık göstermektedir ve yaşın okunabileceği en uygun kemiksi yapı türe bağlı olarak değişmektedir. Bu yapılar arasında pul, yüzgeç ışını, solungaç kapağı, omur veya otolit bulunabilir. Deniz balıklarında otolitler, genellikle yaş okuma için en uygun kemiksi yapı olarak kabul edilmektedir (Avşar, 2005).

Yaş tespiti için çalışmamızın ilk yılında 507 adet, ikinci yılında ise 497 adet hamsi kullanılmıştır. Başın her iki tarafında bulunan sagitta otolitler pens yardımıyla

ıkarılmıştır. Çıkarılan otolitler kan ve doku kalıntılarından temizlenmiş, üzerlerinde numara ve tarih bilgileri bulunan 70'lik alkol içeren ependorf tüplerine yerleştirilmiştir (şekil 11).

Otolitlerin görüntülenmesi, Nikon SMZ1000 marka stereomikroskop ve büyütme oranı $\times 0,8$ ile $\times 8,0$ arasında değişen Nikon DSFI1 dijital kamera kullanılarak yapılmıştır. Otolitlerin zerine parlaklığı artırmak amacıyla bir damla gliserol damlatılmıştır. Otolitin merkezindeki çekirdekten itibaren görülen açık halkayı takip eden koyu halka, bir yaşın göstergesi olarak kabul edilmiştir (ICES 2009). Yaş belirleme, otolit merkezinden rostral uca doğru her bir annulustaki opak ve hiyalin halkaların sayılmasıyla gerçekleştirilmiştir. İlk yaş halkasının oluşum zamanı göz önüne alınarak, yalancı halkalar değerlendirme dışı bırakılmış ve en doğru yaş belirlenmeye çalışılmıştır.



şekil 11. Hamsi otoliti çıkarılması ve saklanması

2.2.4.2. Yaş kompozisyonu

Popülasyonun yaş kompozisyonunu belirlemek amacıyla, biyometrik örneklerden elde edilen yaş-boy verileri kullanılarak boy frekansı örneklemindeki hamsilerin yaş frekansları hesaplanmıştır. Her bir yaş grubundaki birey sayısı tespit edilmiş ve bu grupların toplam örnek sayısına oranı yüzdelik olarak hesaplanmıştır. Bu yöntemle, popülasyonda baskın olan yaş grubu ya da grupları belirlenmiştir. Yaş kompozisyonu her yıl için ayrı ayrı belirlenmiştir.

2.2.4.3. Boy-Ağırlık İlişkisi ve Yaş-Boy, Yaş-Ağırlık Ortalamaları

Yaş ve biyometrik ölçümleri yapılan hamsilerin yaş-boy ve yaş-ağırlık ortalamaları ile tanımlayıcı istatistikleri, cinsiyetlere ve tüm örneklem grubuna göre ayrı ayrı hesaplanmıştır. Yaş-boy ve yaş-ağırlık ortalamaları, popülasyondaki yaş dağılımı özelliklerini anlamak için önemli bir veri kaynağıdır. Bu ortalamalar hesaplanırken yıl sınıfı değerlendirmesi dikkate alınmıştır. Yaşa göre hesaplanan ortalama boy ve ağırlık değerleri, balıkların yıl boyunca sergilediği büyümenin bir göstergesidir. Boy-ağırlık ilişkisi aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır.

$$W=a \times L^b \quad (1)$$

W: Vücut ağırlığı

L: Total boy,

a ve b: Regresyon katsayıları

2.2.4.4. Büyüme Parametrelerinin (VBBD) Hesaplanması

Bir popülasyondaki bireylerin zamana bağlı büyüme oranlarının belirlenebilmesi için büyüme parametrelerinin hesaplanması gereklidir. Boy ve ağırlık açısından büyüme oranlarının hesaplanmasında Von Bertalanffy büyüme modeli kullanılmıştır (King, 1995; Sparre ve Venema, 1998). Von Bertalanffy büyüme modeli (VBBD) parametreleri, Sparre ve Venema (1992) tarafından açıklanan Ford-Walford yöntemine dayalı yaş-boy ilişkisiyle hesaplanmıştır:

$$L_t = L_{\infty} [1 - e^{-k(t-t_0)}] \text{ formülüyle hesaplanmıştır.} \quad (2)$$

Bu denklemde:

L_t = t yaşındaki balığın boyu,

L_{∞} = t sonsuz kabul edildiğinde maksimum boy,

k = büyüme katsayısı,

t_0 = balık boyunun teorik olarak sıfır olduğu yaş anlamına gelir

Büyüme performansı indeksi ($\emptyset'$) değeri aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır (Pauly ve Munro, 1984).

$$\emptyset' = 2\text{Log}L_{\infty} + \text{Log}K \quad (3)$$

Bu formülde L_{∞} ve k Von Bertalanffy büyüme modelinin parametreleridir. Çalışmamızın ilk yılında 507 adet, ikinci yılında 497 adet otolit okumalarından elde edilen yaş bilgilerine dayalı olarak hamsi balığının yaş-boy ve yaş-ağırlık verileri kullanılarak Von Bertalanffy büyüme modeli için uygun parametreler hesaplanmıştır (Pauly, 1980a). Hesaplamalar, tüm örneklerin yaş-boy verileri modele dahil edilerek yapılmıştır. Ayrıca, bu verilerin diğer çalışmalarla karşılaştırılabilirliğini sağlamak için Munro'nun büyüme performansı indeksi hesaplanmıştır (Pauly ve Munro, 1984). Parametreler, her yıl için erkek, dişi ve tüm örneklem grupları için ayrı ayrı belirlenmiştir.

2.2.4.5. Ölüm Oranlarının Hesaplanması

Çalışmamızda Toplam ölüm oranı (Z), doğal ölüm oranı (M) ve balıkçılık ölüm oranı (F) aşağıdaki formüller kullanılarak hesaplanmıştır (Beverton ve Holt, 1957).

$$Z = k * (L_{\infty} - L_{\text{ort}}) / (L_{\text{ort}} - L^1) \quad (4)$$

Z =Toplam ölüm oranı

k =Büyüme katsayısı (yıl^{-1})

L_{∞} =Balığın sonușmaz kuramsal boyu (cm)

L_{ort} =kullanılan ortalama boy

L^1 =veri setinde kullanılan en küçük balık boyu

L_{ort} =büyüme sabitlerinde kullanılan balıkların ortalama boyu

Doğal ölüm oranı (M), Pauly (1980b) tarafından geliştirilen deneysel modele dayanarak hesaplanmıştır. Bu model, balık türlerinin yaşam süresi boyunca doğal nedenlerle meydana gelen ölümlerin tahmin edilmesinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Hesaplama, yaş verilerinden elde edilen büyüme parametreleri (von Bertalanffy büyüme denklemi: L_{∞} , k) ve türün yaşadığı ortamın ortalama sıcaklığı esas alınarak gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada, hamsi için ortalama deniz

suyu sıcaklığı çalışmamızın ilk yılı için 15,8 °C ikinci yılı için ise 15,5 °C olarak kabul edilmiştir. Deniz suyu sıcaklıkları her ayın ortasında başında ve sonunda alınan yüzey suyu sıcaklıklarının ortalaması alınarak bulunmuştur. Bu parametreler kullanılarak M değeri, Pauly 1980'nin aşağıdaki formülü kullanılarak tahmin edilmiştir:

$$M=0,8 \exp(-0,0152-0,279 \ln(L_{\infty})+0,6543\ln(k)+0,463 \ln(T)) \quad (5)$$

M=Doğal ölüm katsayısı (yıl⁻¹)

L_∞=Balığın sonușmaz kuramsal boyu (cm)

k=Büyüme katsayısı (yıl⁻¹)

T=Habitatın yıllık ortalama sıcaklığı (°C)

Balıkçılığa bağı ölüm oranı (F), toplam ölüm oranı (Z) ile doğal ölüm oranı (M) arasındaki fark alınarak hesaplanmaktadır. Bu ilişki, popülasyon üzerindeki insan kaynaklı av baskısının belirlenmesi açısından temel bir göstergedir. Söz konusu verilerden yola çıkılarak işletme oranı (E) ise, balıkçılıkla gerçekleşen ölüm oranının toplam ölüme oranı olarak tanımlanır. Eğer bu oran 0,5'ten büyükse, bu durum popülasyonun aşırı av baskısı altında olduğunu; 0,5'e eşit olması ise balıkçılığın biyolojik olarak sürdürülebilir ve optimum düzeyde yürütüldüğünü gösterir (Pauly, 1983).

$$F=Z-M \quad (6)$$

$$E=F/Z \quad (7)$$

Z=Toplam ölüm oranı (yıl⁻¹)

M=Doğal ölüm oranı (yıl⁻¹)

F=Balıkçılık ölüm oranı (yıl⁻¹)

E=İşletme oranı

2.2.4.6. Kondisyon Faktörü

Kondisyon faktörü, aynı stok veya farklı stoklar arasındaki beslenme farklılıklarını belirlemede kullanılan bir göstergedir. Yıllık değişimlerin tespit edilmesi amacıyla bu faktör, aylık olarak hesaplanmıştır. Hesaplamalar, Fulton'un kondisyon faktörü yöntemi kullanılarak gerçekleştirilmiştir (Avşar, 2005). Kondisyon Faktörü çalışmanın her iki yılı için dişi ve erkek olarak ayrı ayrı belirlenmiştir.

$$KF=(W/L^b)*100 \quad (8)$$

KF : Kondisyon faktörü

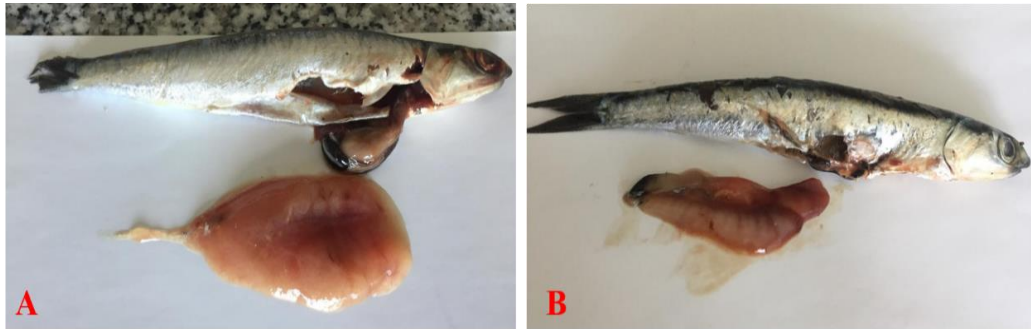
W : Balık ağırlığı (g)

L : Toplam boy (cm)

b : Boy ağırlık ilişkisi sabiti

2.2.5. Cinsiyet Tespiti

Hamsilerde cinsiyet belirlemek amacıyla karın bölgesi, göğüs yüzgeci hizasından anüse kadar makas yardımıyla kesilerek açılmıştır. İç organlar çıkarıldıktan sonra gonadlar dikkatlice ayrılmıştır. Cinsiyet tespiti, gonadların renk ve şekil gibi morfolojik özellikleri çıplak gözle incelenerek yapılmıştır (Şekil 12).



Şekil 12. Dişi (A) ve erkek (B) hamsilerin gonadları

2.2.6. Üreme Özellikleri

2.2.6.1. Gonadosomatik İndeks (GSI)

Balıkların üreme dönemlerinde gonad ağırlıklarında meydana gelen değişimler, üreme periyodu ve mevsimi hakkında önemli bilgiler sağlar. Hamsinin yumurtlama dönemini belirlemek amacıyla her ay gonadlar tartılmıştır. Elde edilen

ağırlıklar kullanılarak gonadosomatik indeks (GSI) aşağıdaki formülden hesaplanmıştır (Hunter vd., 1985; Avşar, 2005; Gonzalez vd., 2006). Bu çalışmada her yıl için dişi ve erkek GSI değerleri ayrı ayrı ortaya konulmuştur.

$$GSI = (GA/(CA-GA)) * 100 \quad (9)$$

GSI : Gonadosomatik index

GA : Gonad ağırlığı

CA : Canlı ağırlık

2.2.6.2. Hepatosomatik İndeks (HSİ)

Hepatosomatik indeks (HSİ), balık popülasyonlarının genel durumunu ve enerji rezervlerini değerlendirmek için kullanılan biyolojik bir göstergedir (Bolger ve Connolly, 1989; Nunes vd., 2011). Üreme dönemi öncesinde karaciğerlerinde yağ biriktiren balıklar, üreme sırasında gonadların gelişimi için gerekli enerjiyi sağlar. Hamsi balığının hepatosomatik indeksini belirlemek amacıyla, her ay alınan örneklerin karaciğer ağırlıkları ölçülmüştür (Şekil 13). Karaciğer ve vücut ağırlığı arasındaki ilişki, üreme dönemi öncesi ve sonrası durumları değerlendirmek üzere, aylık olarak aşağıdaki formüle dayanarak hesaplanmıştır. HSİ çalışmamızın ilk on iki ayı ve ikinci on üç aylık kısmımızda ayrı ayrı dişi ve erkek olarak tespit edilmiştir.



Şekil 13. Karaciğerin vücuttaki konumu ve hamsi karaciğeri

$$HSI = ((KA/CA-KA)) * 100 \quad (10)$$

HSİ : Hepatosomatik index

KA : Karaciğer ağırlığı

CA : Canlı ağırlık

2.2.6.3. Gonadların Makroskopik Değerlendirmesi

Balıkların üreme fizyolojisinin değerlendirilmesinde kullanılan makroskopik gonad safhalandırması, pratik ve yaygın bir yöntemdir. Bu teknik, dişi (ovaryum) ve erkek (testis) gonadların çıplak gözle incelenmesi yoluyla, bireylerin üreme döngüsündeki evrelerini belirlemeyi amaçlar. Gonadların büyüklüğü, rengi, damarlanma durumu ve içeriği gibi morfolojik özellikler temel alınarak yapılan bu sınıflandırma, doğal stokların yönetimi açısından önemlidir. Özellikle yumurtlama dönemlerinin belirlenmesi ve populasyonların üreme başarısının izlenmesi gibi çalışmalarda makroskopik evreleme sıklıkla tercih edilmektedir. Bu çalışmada, hamsi ovaryumları makroskopik olarak beş safhada (Dinlenme (I), Gelişme (II), Olgunlaşma (III), Olgun (IV), Yumurtlama sonrası (V)) değerlendirilmiştir. (Murua ve Rey, 2003; Peterson vd., 2011).

Tablo 1. Dişi ve erkek gonadlarında makroskopik safhalandırma

Evre No	Dişi Bireyler	Erkek Bireyler
I <i>Olgunlaşmamış</i>	Ovaryum çok küçüktür, ipliksi yapıdadır. Renk soluk pembe veya şeffafa yakın olabilir. Gözle görülebilir yumurta bulunmaz. Gonad düz ve yumuşaktır.	Testis küçüktür ve ipliksi yapıdadır. Renk soluk beyaz veya şeffaf olabilir. Damar yapısı zayıftır, sperme dair iz yoktur.
II <i>Gelişme</i>	Ovaryum hacmi artar. Küçük ve opak yumurtalar gözle seçilebilir. Renk grimsi veya sarımsı tonlara döner. Gonad hafif sertleşmiştir. Damarlaşma başlar.	Testis hacmi artar, süt beyazı renk kazanır. Damarlar gözle görülür hâle gelir. Gonad daha sıkı ve elastik yapıdadır.
III <i>Olgunlaşma (Yumurtlama başlangıcı)</i>	Yumurta çapı artmıştır, daha belirgin ve saydamlaşmaya başlamıştır. Ovaryum hacimli ve damarlı görünür. Gonadlar dolgun ve sıkı yapıdadır.	Testisler dolgunlaşır ve belirgin şekilde beyazlaşır. Gonadlar sıkı, damar yapısı iyice gelişmiştir.
IV <i>Yumurtlama</i>	Yumurtalar tamamen saydam veya yarı saydamdır. Hafif baskı uygulandığında yumurta çıkışı gözlemlenebilir. Ovaryum parlak, gergin ve damarlı yapıdadır.	Testis maksimum hacmindedir. Hafif baskı ile sperm çıkışı gözlemlenebilir. Gonad gergin, parlak beyaz ve geniş yapıdadır.
V <i>Yumurtlama Sonrası (Dinlenme ve yenilenme)</i>	Ovaryum sarkık, buruşmuş ve boşalmış görünümündedir. Renk solmuştur. İçerikte birkaç yumurta kalıntısı olabilir. Damarlar daha belirgin hale gelmiştir.	Testis hacmi azalmış, buruşuk ve gevşek yapıdadır. Renk solmuş ve damarlaşma belirginleşmiştir. İçeride sperm kalmamıştır ya da çok azdır.

2.2.6.4. Gonadların Mikroskopik Safhalandırma

Gonad dokularından alınan histolojik kesitler aracılığıyla, üreme döneminden önce, üreme dönemi sırasında ve sonrasındaki gonadal değişimler detaylı biçimde analiz edilmiştir. Bu analizlerde, oosit gelişim düzeyleri, vitellogenik yapıların varlığı, sulanmış ya da atretik oositlerin görünümü ve folliküler organizasyon gibi histolojik göstergelere göre gonadların evreleri sınıflandırılmıştır (West, 1990; Peterson vd., 2011).

Tablo 2. Dişi ve erkek gonadlarda mikroskopik safhalandırma

Safha No	Dişi Bireyler	Erkek Bireyler
I <i>Olgunlaşmamış</i>	Primer oositler (PO) ve bazofilik çekirdek belirgindir. Kortikal alveol yoktur. Ovaryum duvarları incedir. Atretik (A) yapılar yoktur.	Seminifer tüpler dar, spermatogonyum veya boşluk görülür. Germ hücresi yok denecek kadar azdır.
II <i>Gelişime</i>	Kortikal alveoller belirir. Oosit çapı artar. Zar kalınlaşmaya başlar. Sitoplazma hala bazofiliktir.	Spermatogonyum ve az sayıda spermatosit görülür. Tüpler genişlemeye başlamıştır.
III <i>Olgunlaşma (Yumurtlama başlangıcı)</i>	Yumurtalıkta vitellüs birikimi başlar. Sitoplazma asidofilik görünür. Follikül tabakası çok katlıdır. Kortikal alveoller azalır. Vitellogenesis 1 (Vtg-1), Vitellogenesis 2 (Vtg-2) ve Vitellogenesis 3 (Vtg-3) görülür. Nükleus göçü oluşur.	Spermatositler, spermatid ve olgun spermatozoa oluşmaya başlar.
IV <i>Yumurtlama</i>	Oositlerde hidrasyon (su alma) görülür. Çekirdek kaybolur. Ovulasyona hazırdır. Yumurtlama sınırı foliküler (Ysf) fazlaca görülür. Atretik yapılar mevcuttur. Vtg-1, Vtg-2 ve Vtg-3 (hidratlı) görülür.	Lumen spermatozoa ile doludur. Spermatogenezin tüm evreleri tamamlanmıştır.
V <i>Yumurtlama Sonrası (Dinlenme ve yenilenme)</i>	Yumurtlanmayan oositler atretik yapıya dönüşür. Follikül hücreleri dejenere olur. YSF ler fazladır. Hücre yenilenmesi başlar.	Spermatositler kaybolur, tüpler boşalır. Lumen küçülür. Rezorptif hücreler görülebilir.

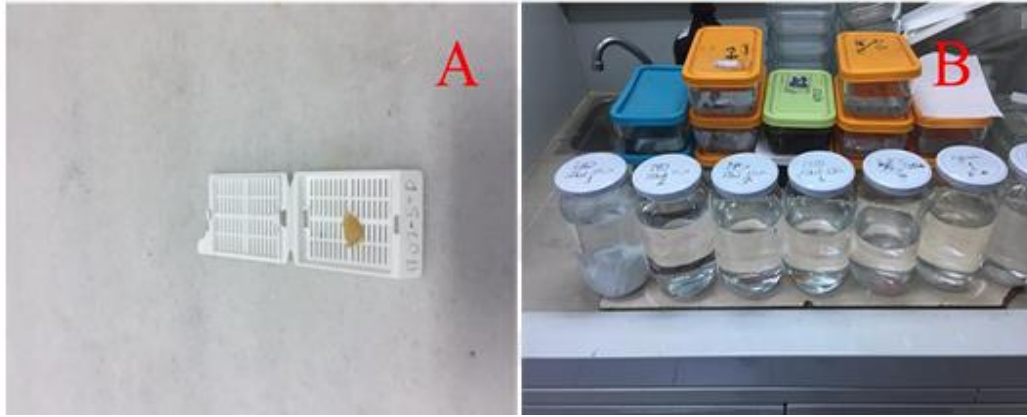
Aylık olarak elde edilen örnekler arasından, cinsiyetleri makroskopik olarak belirlenmiş ve her boy grubunu temsilen cinsel olgunluğa ulaşmış dişi ve erkek bireyler seçilmiştir. Bu bireylerin gonadları, histolojik inceleme amacıyla özenle çıkarılmıştır. Gonad dokularının dağılmasını önlemek ve yeterli sertliğe ulaşmasını sağlamak amacıyla, örnekler %10'luk nötral tampon formalin (NBF) çözeltisi içinde

24 saat boyunca fikse edilmiştir. Fiksasyonun ardından saklamak için örnekler %70 etanol çözeltisine aktarılmıştır.

Histolojik analizlerde kullanılmak üzere, alkolde bekletilen gonad örneklerinden ön, orta ve arka bölümlerini temsil edecek şekilde uygun büyüklükte dokular alınarak, önceden hazırlanmış plastik kasetlere yerleştirilmiştir. Alkol kalıntılarının uzaklaştırılabilmesi amacıyla bu kasetler, akan musluk suyu altında 24 saat bekletilmiştir. Daha sonra gonad dokularındaki suyun uzaklaştırılması için doku takip işlemlerine geçilmiş ve örnekler sırasıyla belirli dehidratasyon ve gömme aşamalarından geçirilmiştir (Şekil 14).

Tablo 3. Histolojik doku takibi aşamaları

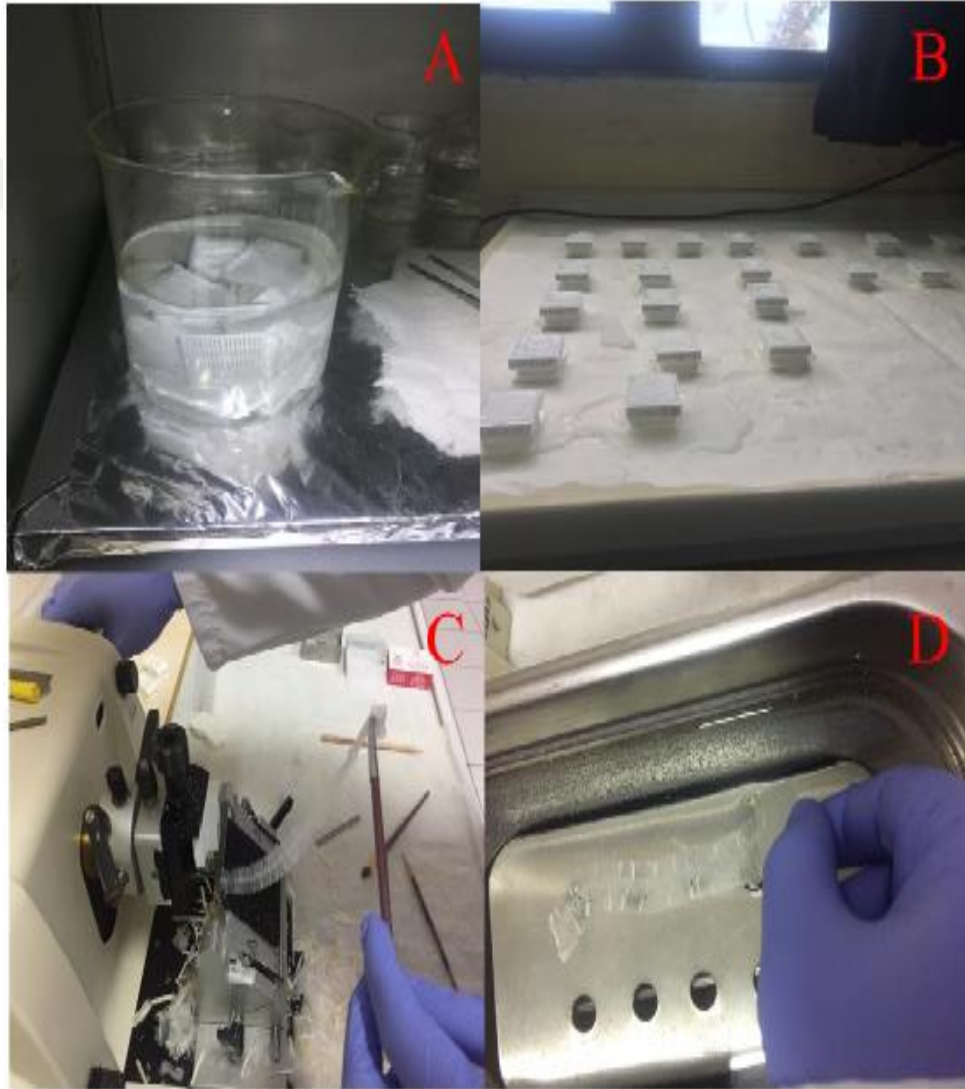
Adım No	İşlem Çözeltisi	Süre	Açıklama
1	%80 Alkol	15 dakika	Su içeriğinin kademeli uzaklaştırılmasına başlanır
2	%90 Alkol	15 dakika	Dehidratasyon devam eder
3	%95 Alkol	15 dakika	Su büyük ölçüde uzaklaştırılır
4	%100 Alkol	10 dakika × 2	Tam dehidratasyon sağlanır
5	Xylene	10 dakika × 2	Alkolün uzaklaştırılması ve parafinle geçirgenlik sağlanması (şeffaflaştırma)



Şekil 14. Histolojik kesit hazırlığına yönelik ön işlemler
(A) Gonad dokusunun plastik kasete yerleştirilmiş hâli, (B) Dehidratasyon amacıyla kullanılan artan dereceli alkol serileri.

Xylene ile şeffaflaştırma işlemi tamamlanan doku örnekleri, hafifçe kurutulduktan sonra 65 °C sıcaklıktaki etüvde, temiz parafin içerisinde bir gece boyunca bekletilerek parafinle infiltrasyonu sağlanmıştır. Ertesi gün, dokular erimiş parafin içerisine yerleştirilerek parafin blokları hâline getirilmiş ve tamamen

sertleşmeleri amacıyla bir gece daha bekletilmiştir. Oluşturulan parafin bloklarından, Leica RM2125RT marka mikrotom kullanılarak 5–10 µm kalınlığında kesitler alınmıştır. Alınan kesitler, 38 °C sıcaklıktaki su banyosuna aktarılmış, böylece parafinin oluşturduğu yüzey kırışıklıkları giderilmiştir. Yüzeyi düzgün hâle gelen kesitler, mikroskop lamalarına dikkatlice yerleştirilmiş ve etüvde bir gece bekletilerek parafinden tamamen arındırılmıştır. Bu işlemlerin ardından, dokular boyamaya hazır hâle getirilmiştir (Şekil 15).



Şekil 15. Histolojik kesit hazırlık sürecine ait görseller

(A) Etüvde parafin infiltrasyonu için bekletilen doku örnekleri, (B) Parafin bloklarına gömülmüş doku örnekleri, (C) Mikrotom cihazında gerçekleştirilen kesit alma işlemi, (D) Alınan kesitlerin mikroskop lamına aktarılması.

Boyama işlemi için aşağıdaki prosedür gerçekleştirmiştir (Tablo 4).

Tablo 4. Hematoksilen-Eozin (H&E) Boyama Prosedürü

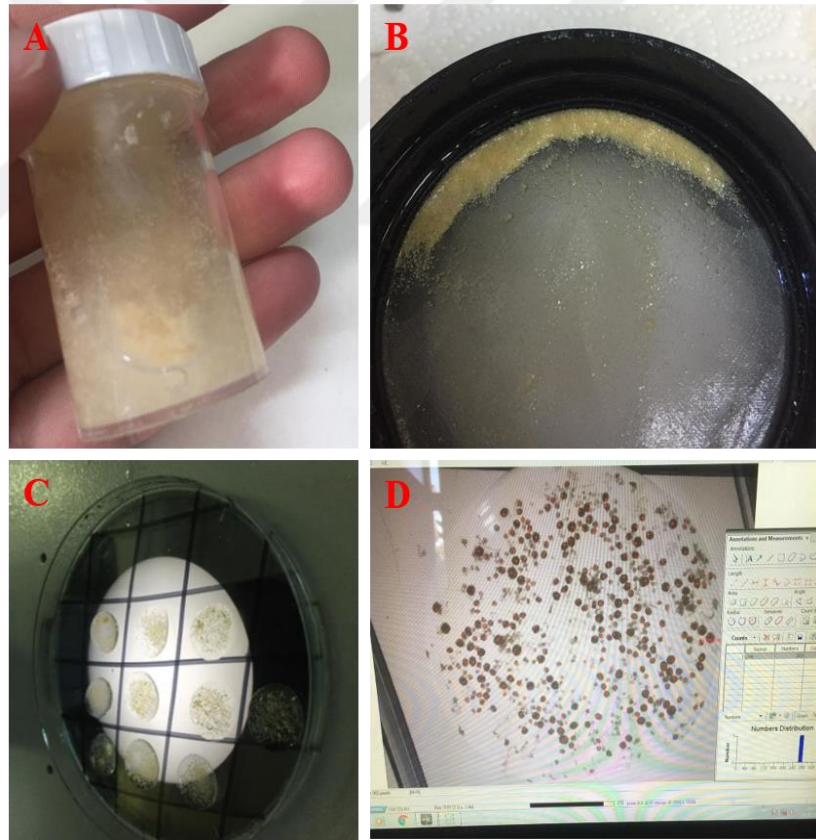
Adım No	İşlem	Süre	Açıklama
1	Xylene 1	1,5 saat	Parafinin uzaklaştırılması (şeffaflaştırma)
2	Xylene 2	1,5 saat	Parafin uzaklaştırmanın devamı
-	Hafif kurutma	—	Fazla çözücü uçurulur
3	%100 Alkol	1 dakika	Rehidrasyona başlama
4	%96 Alkol	1 dakika	
5	%96 Alkol	1 dakika	
-	Akan su altında	5–10 dakika	Doku suya adapte edilir
6	Hematoksilen	5–10 dakika	Çekirdeği boyar (nükleer boyama)
-	Akan su altında	30 dakika	Boyanın sabitlenmesi ve arındırılması
7	Eozin	5 dakika	Sitoplazmayı boyar (asitofilik yapılar)
-	Akan su altında	3–5 dakika	Fazla boyanın uzaklaştırılması
8	%96 Alkol	1 dakika	Dehidrasyon aşaması
9	%96 Alkol	1 dakika	
10	%100 Alkol	1 dakika	Tam dehidratasyon
-	Hafif kurutma	—	Fazla alkol uçurulur
11	Xylene 1	1,5 saat	Şeffaflaştırma
12	Xylene 2	1,5 saat	Kalıcı lam hazırlığı için son adım

Xylene işlemi tamamlanan preparatlar hafifçe kurutulduktan sonra, entellan kullanılarak kapatma işlemi gerçekleştirilmiştir. Bu aşamada, lam ve lamel arasında hava kabarcığı oluşmamasına özen gösterilmiş, düzgün bir kaplama sağlanmıştır. Entellanın tamamen donması için preparatlar bir gece boyunca oda sıcaklığında bekletilmiştir. Kapatma işleminin ardından, histolojik olarak boyanmış preparatlar Leica ICC50 model ışık mikroskobu kullanılarak detaylı şekilde incelenmiş ve gerekli mikrograflar dijital ortamda kaydedilmiştir.

2.2.6.5. Fekondite (Yumurta Verimi)’nin Hesaplanması

Balık popülasyonlarının sürdürülebilir yönetimi açısından, stokların üreme potansiyelinin doğru biçimde değerlendirilmesi büyük önem taşımaktadır. Bu bağlamda, üreme döneminde yapılan biyolojik analizler, özellikle de yumurta verimliliği (fekondite) üzerine çalışmalar, stokların gelecekteki üretkenliğini ve popülasyon dinamiklerini anlamak için vazgeçilmezdir. Yumurtlama kapasitesinin belirlenmesi, bir stokun üreme stratejisini karakterize etmede temel göstergelerden biridir (Hunter ve Macewicz, 1985; Murua vd., 2003; Avşar 2005).

Bu çalışmada, fekondite her yıl için ayrı ayrı hesaplanmıştır. 2020-2021 yılında üreme döneminde (Mayıs, Haziran, Temmuz ve Ağustos) elde edilen otuz beş adet yumurtalı gonad tartılmış ve daha sonra yumurta zarlarından ayrılmalrı için Gilson solüsyonunda iki ile üç hafta bekletilmiştir. Aynı işlem 2021-2022 yılında Haziran, Temmuz, Ağustos ve Eylül aylarında yine otuz beş adet gonad alınarak tekrarlanmıştır. Solüsyondan çıkartılan yumurtalar filtre yardımı ile saf suyla yıkanmış ve 0,050 gram hamsi yumurtası hassas terazide tartılılarak alt örnek olarak alınmıştır. Alınan alt örnekteki yumurtalar pipet yardımıyla eşit bir şekilde cam petri kabına dağıtılmış ve Nikon SMZ 1000 marka streomikroskopta $\times 0,8$ ve $\times 8,0$ büyütme oranı olan Nikon DSF11 dijital kamera kullanılarak görüntü sağlanmıştır. Sağlanan görüntü ile hamsi yumurtaları olgunlaşmış ve olgun olmayanlar olarak ayrı ayrı sayılmıştır (Şekil 16).



Şekil 16. Fekondite belirlenmesi

A: Gilson solüsyonunda yumurtalar, B: Zarından ayrılmış Yumurtalar, C: Alınan alt örneklerin ayrılması D: Yumurta Sayımı

Hamsilerin kısmi (Batch fekondite; Fb) ve bağıl (Relative fekondite; Fk) yumurta verimliliklerini hesaplamak için aşağıdaki bağıntılar kullanılmıştır (Murua & Saborido-Rey, 2003; Avşar 2005).

$$Fk=(n_i*G_i)/g_i \quad (11)$$

n_i : Gonaddan alınan alt örnekteki olgun yumurta sayısı

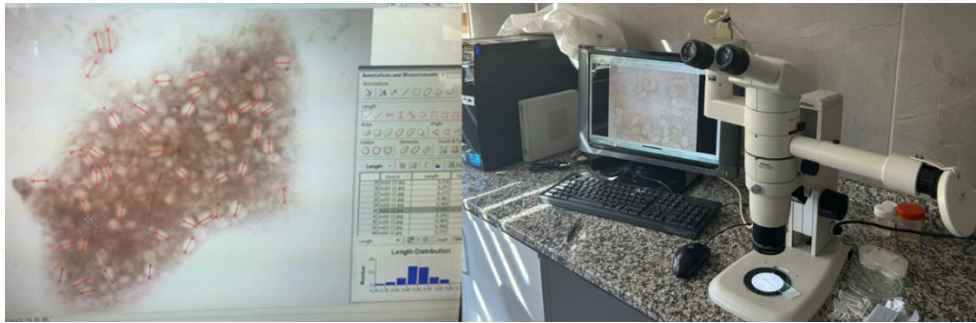
G_i : Yumurta ağırlığı

g_i : Gonaddan alınan alt örneğin ağırlığı

$$Fb= Fk/ \text{Vücut Ağırlığı} \quad (12)$$

2.2.6.6. Yumurta Çaplarının Ölçülmesi

Yumurta çaplarının belirlenmesi üreme zamanı ve üreme stratejisini ortaya koymak için gerekli parametrelerdendir (Miller ve Kendall, 2009). Hamsilerin yumurta çapı ölçümleri gonadlar balıktan alındıktan hemen sonra Nikon SMZ 1000 marka stereomikroskopunda Nikon DSF11 dijital kamera ile herhangi bir işleme tabi tutmadan taze olarak ve gonadın başından ortasından ve sonundan alt örnek alınarak yapılmıştır. Yumurta çapları üreme dönemi öncesi, üreme dönemi ve üreme dönemi sonrası her iki yıl için de ölçülmüş ve ayrı olarak hesaplanmıştır. Olgunlaşmış yumurta çapları ve olgun olmayan yumurta çapları ayrı ayrı ölçülmüştür (Şekil 17).



Şekil 17. Yumurta çaplarının ölçümü

2.2.6.7. Yumurta Bırakma Saatlerinin Belirlenmesi

Balıkların yumurta dökme saatinin belirlenmesi, balıkçılık yönetimi açısından büyük öneme sahiptir. Yumurtlama zamanı, balıkların üreme başarıları ve

popülasyonlarının sürdürülebilirliği için kritik bir faktördür. Yumurtlama zamanlaması, balıkların çevresel koşullara, besin kaynaklarına ve predatör baskılarına nasıl tepki verdiğini yansıtır (Motos, 1996; van Overzee ve Rijnsdorp, 2015). Bu çalışmada, Temmuz 2022 tarihinde saat 15:00'te başlatılan ve her üç saatte bir örnekleme yapılacak şekilde 48 saat boyunca sürdürülen örnekleme programı kapsamında elde edilen hamsi bireylerinin kısmi fekondite analizleri gerçekleştirilmiştir. Bu analizler sonucunda, hamsinin yumurtlamada en yoğun aktivite gösterdiği zaman dilimleri belirlenmiştir.

2.2.7. İlk Üreme Boyu (L_{50})

Balık stoklarının sürdürülebilir şekilde yönetilebilmesi için, bireylerin ilk eşeyssel olgunluk yaşının ve boyunun doğru şekilde belirlenmesi büyük önem taşımaktadır. Bu bağlamda, bir popülasyonda yakalanan bireylerin %50'sinin cinsel olgunluğa ulaştığı yaş veya boy, ilk eşeyssel olgunluk kriteri olarak kabul edilmektedir (Erkoyuncu, 1995). Bu tahminin yapılabilmesi için bireyler belirli boy sınıflarına ayrılmış ve her bir boy grubundaki olgun bireylerin (makroskobik olarak gonad gelişim evresi III ve üzeri) frekansları hesaplanmıştır. Elde edilen verilere dayanarak, %50 olgunluk oranına karşılık gelen boy, popülasyonun L_{50} değeri yani ilk eşeyssel olgunluk boyu olarak tanımlanır. Dişi, erkek ve tüm bireyler için olgunlaşma oranları ve L_{50} değerleri, lojistik regresyon yaklaşımına dayanan eşitliklerden faydalanılarak hesaplanmıştır. (Bakhayokho, 1983; King, 1995; King, 2007).

$$P=1/(1+\exp(a-b*L)) \text{ ve} \quad (13)$$

$$L_{50}=-(a/b) \quad (14)$$

P : Olgunlaşma oranı

a ve b : Regresyon sabitleri

L_{50} : %50 eşeyssel olgunluk boyu

.

3. BULGULAR

3.1. Boy Kompozisyonları

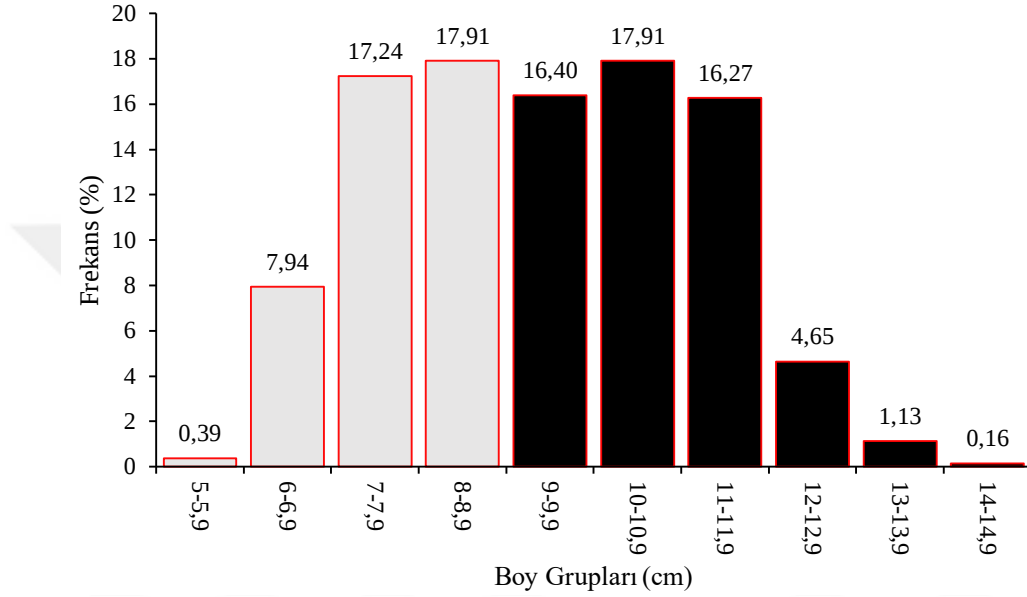
3.1.1. İlk Yıl (Eylül 2020-Ağustos 2021) Örneklenen Hamsi Bireylerinin Boy Kompozisyonu

Araştırma, 2020 yılının Eylül ayından başlayarak 2022 yılının Eylül ayı dahil olmak üzere 25 aylık örnekleme yapılarak gerçekleştirilmiştir. Çalışmada elde edilen veriler yıllık ve yıl içerisindeki her ay için değerlendirilmiştir. 2020-2021 döneminde toplam örneklenen 3098 hamsi bireylerinin aylık boy frekans dağılımları Tablo 5’de verilmiştir. 2020-21 döneminde örnekleri için yapılan boy analizinde; en küçük boylu birey 5 cm ve 0,9 gr, en büyük boylu birey ise 14,3 cm ve 15,78 gr olarak tespit edilmiştir. Bu yıl için tüm örnekler göz önüne alındığında boy ve ağırlık ortalamaları sırasıyla $9,33 \pm 1,746$ cm ve $5,54 \pm 3,054$ gr olarak belirlenmiştir. Yapılan boy gruplandırmasında boy grupları arasında en fazla bireyin bulunduğu boy grupları 8-8,9 cm (555 birey) ve 10-10,9 cm (555 birey) olarak ortaya konmuştur. Bu yıllık örneklemede bireylerin en fazla yoğunlaştığı boy grupları 7-11,9 cm arasında olup toplam örneklerin %85,73’ünü oluşturduğu belirlenmiştir. Aylık boy frekans tabloları incelendiğinde en az (5 birey) rastlanan boy grubu 14-14,9 cm olarak bulunmuştur. 2020-2021 yılı örnekleme döneminde en büyük bireyler şubat ve mart aylarında gözlemlenmiştir.

Tablo 5. İlk yıla ait aylara göre örneklenen hamsilerin boy frekans dağılımları

Boy Grup (cm)	Eylül N	Ekim N	Kasım N	Aralık N	Ocak N	Şubat N	Mart N	Nisan N	Mayıs N	Haziran N	Temmuz N	Ağustos N	Top. N
5-5,9		1	4	1	2	3						1	12
6-6,9		15	30	30	102	12	29		6		2	20	246
7-7,9	5	13	85	108	74	54	84	11	8	41	25	26	534
8-8,9	18	17	46	87	67	56	55	27	31	40	74	37	555
9-9,9	51	36	32	67	50	36	46	41	56	12	25	56	508
10-10,9	51	86	7	42	19	103	51	65	47	27	33	24	555
11-11,9	21	15	25	79	52	67	76	75	23	35	17	19	504
12-12,9	5	6	13	25	22	13	14	12	10	10	5	9	144
13-13,9			3	1	1	9	10	4	3	1	1	2	35
14-14,9						2	3						5
Toplam	151	189	245	440	389	355	368	235	184	166	182	194	3098

Yapılan örnekleme sonuçları aylık % boy dağılımları incelendiğinde Tarım ve Orman Bakanlığının 6/1 Numaralı Ticari Amaçlı Su Ürünleri Avcılığının Düzenleyen Tebliğ’de belirlenen avlanabilir boy olan 9 cm altında kalan hamsi bireylerinin oranı 2020-2021 yılındaki tüm örneklerin %43,48’ ini (n=1347) ini oluşturmuştur (Şekil 18).



Şekil 18. İlk yıla ait hamsi örneklerinin boy gruplarına göre yüzde dağılımı

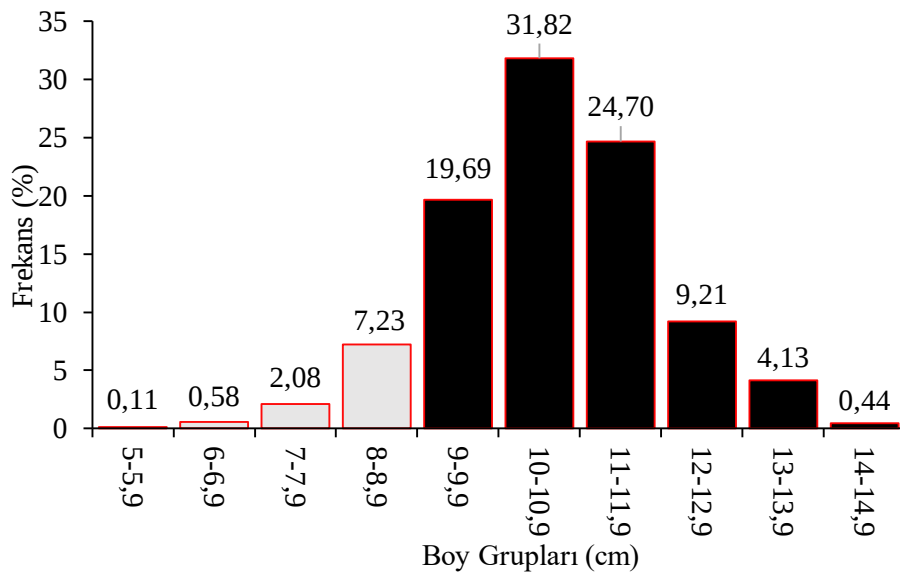
3.1.2. İkinci Yıl (Eylül 2021-Eylül 2022) Örneklenen Hamsi Bireylerinin Boy Kompozisyonu

Eylül 2021 ve Ekim 2022 arasında yapılan on üç aylık örnekleme sonucu toplam 2737 hamsi bireyi elde edilmiş olup aylık boy frekans dağılımları Tablo 6 ’da sunulmuştur. Tüm örnekler içerisinde en küçük bireyin boyu. 5,8 cm, ağırlığı 1,08 gr iken en büyük bireyin boyu 14,5 cm ağırlığı ise 15,95 gr olarak saptanmıştır. 2021-2022 dönemi için toplam örnekler göz önüne alındığında hamsi bireylerinin boy ve ağırlık ortalamaları sırasıyla $10,58 \pm 1,33$ cm ve $7,66 \pm 2,649$ gr. olarak hesaplanmıştır. Bu dönem örnekleme sonuçlarında frekansın yoğunlaştığı boy grubu için 10-10,9 cm olup, bu boy grubundaki bireyler (874 birey) toplam örneklerin %31,83’ünü oluşturmaktadır. Yapılan on üç aylık örneklemede en büyük bireylere eylül, ekim, ocak, şubat ve mart aylarında rastlanmıştır. Bu yılda örneklerin yoğunlaştıkları boy grupları 9-12,9 cm arasında olup toplam örneklerin %85,44’ünü oluşturduğu tespit edilmiştir (Tablo 6).

Tablo 6. İkinci yıla ait aylara göre örneklenen hamsilerin boy frekans dağılımları

Boy Grup (cm)	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Top. N
5-5,9		3												3
6-6,9	2	14												16
7-7,9	24	20			2							11		57
8-8,9	26	25	23	17	38	13	13	9	6	4	5	20		199
9-9,9	53	22	45	74	40	39	44	38	54	18	37	54	17	535
10-10,9	46	76	62	81	114	136	65	75	63	48	42	32	34	874
11-11,9	35	64	44	81	77	67	87	89	37	37	25	20	13	676
12-12,9	9	14	33	28	25	26	22	25	20	15	12	15	8	252
13-13,9	5	4	17	8	14	13	11	11	11	8	4	4	3	113
14-14,9	2	3			3	1	3							12
Toplam	202	245	224	289	313	295	245	247	191	130	125	156	75	2737

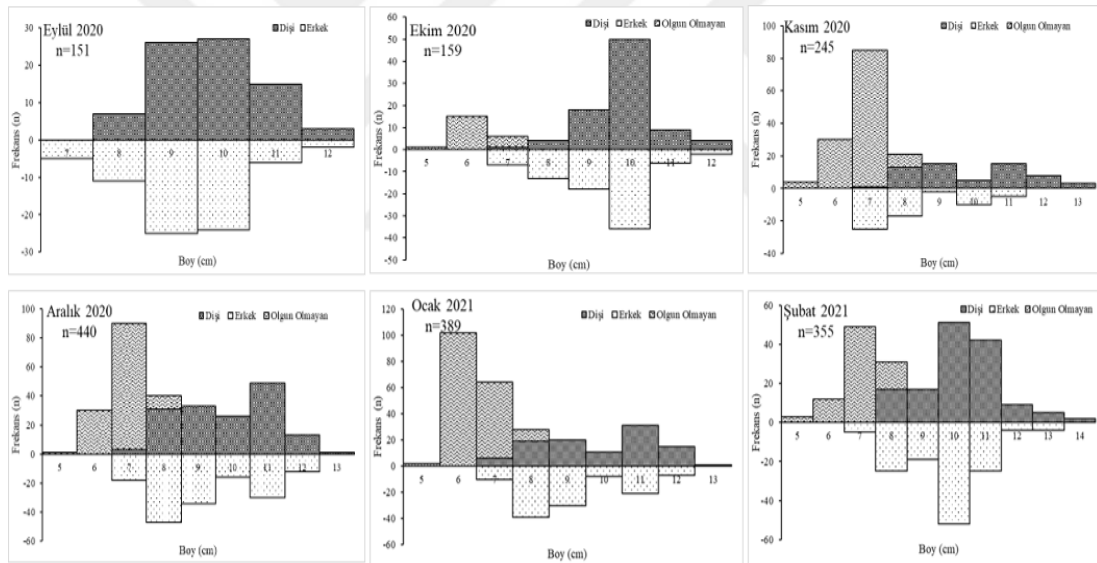
Çalışmada yapılan örneklemeler sonucu aylık boy dağılımları dikkate alındığında Tarım ve Orman Bakanlığının 6/1 Numaralı Ticari Amaçlı Su Ürünleri Avcılığının Düzenleyen Tebliğ’de belirlenen avlanma boyu olan 9 cm altında kalan hamsilerin oranı 2021-2022 dönemi için aylık olarak örneklenen tüm bireylerin %10,05 (n=275) ini oluşturmuştur (Şekil 19).

**Şekil 19.** İkinci yıla ait hamsi örneklerinin boy gruplarına göre yüzde dağılımı

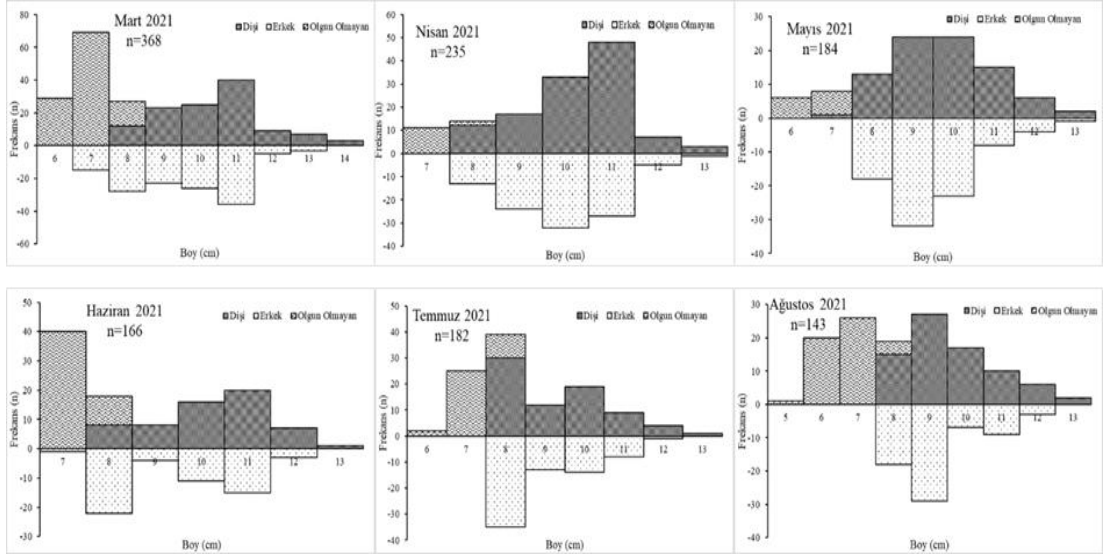
3.2. Cinsiyet Kompozisyonları

3.2.1. İlk Yıl (Eylül 2020-Ağustos 2021) Örneklenen Hamsi Bireylerinin Aylara ve Boya göre Cinsiyet Kompozisyonu

Araştırmada bu yıllar içerisinde alınan örnekler incelenerek boy ve cinsiyet dağılımlarına göre aylık olarak Şekil 20’de sunulmuştur. Bu yıl içerisinde elde edilen 3098 adet hamsi örneğinin 1162’si (%37,51) dişi, 1137’si (%36,70) erkek ve 799’u (%25,79) ise olgun olamayan bireyler olarak tespit edilmiştir (Tablo 7). Erkek dişi oranı (E/D) 1:1,02 olarak bulunmuştur. Cinsiyetler arası yapılan ki kare (χ^2) testi sonucu farkın önemli olmadığı tespit edilmiştir ($p>0,05$). Bu dönem içerisindeki örneklerde aralık, ocak, mart ve nisan aylarında erkekler baskın iken diğer aylarda dişiler daha baskın olarak bulunmuştur (Şekil 20).



Şekil 20. İlk yıla ait hamsi örneklerin aylık boy frekans dağılımları



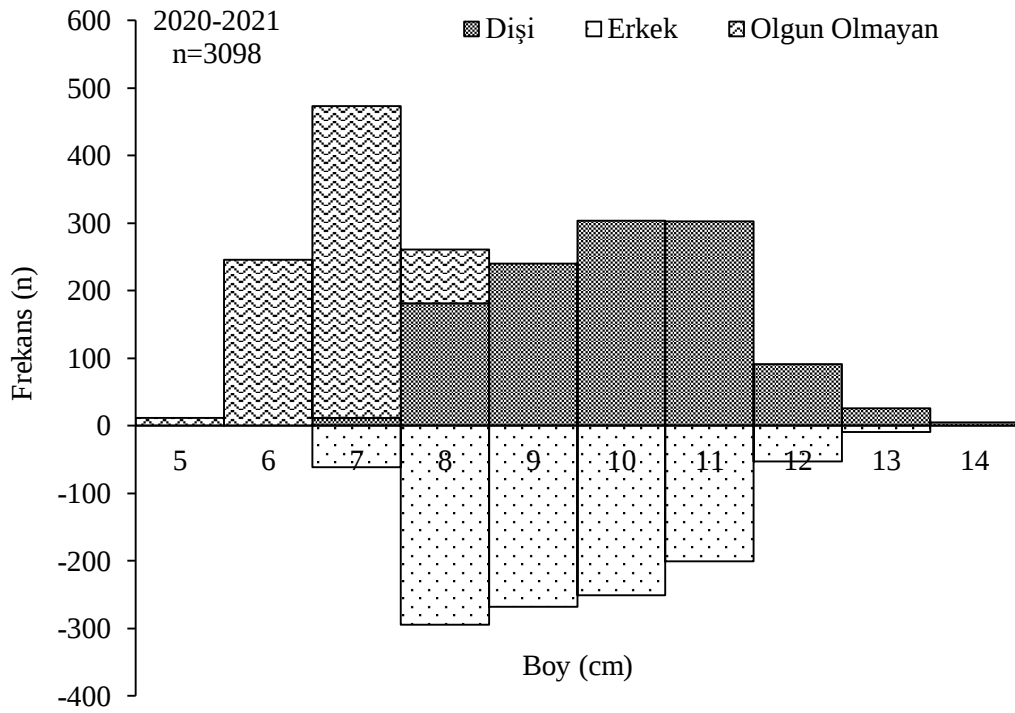
Şekil 20 (Devam). İlk yıla ait hamsi örneklerin aylık boy frekans dağılımları

Bu dönemdeki örneklerde cinsiyetlere göre dişi bireylerin boyu 7,3-14,3 cm, ağırlık ise 1,95-15,78 gr arasında dağılım gösterirken ortalama boy $10,36 \pm 1,298$ cm ve ortalama ağırlık ise $7,30 \pm 2,598$ gr olarak bulunmuştur. Erkek bireyler için boy 7,1-13,7 cm ve ağırlık 1,81- 13,60 gr arasında iken ortalama boy ve ağırlık sırasıyla $9,79 \pm 1,312$ cm ve $6,19 \pm 2,45$ gr olarak hesaplanmıştır. Tüm örnekler dikkate alındığında boy 7,1-14,3 cm, ağırlık 1,81-15,78 gr aralığında olduğu, ortalamalar ise boy $9,33 \pm 1,746$ cm ve ağırlık $5,54 \pm 3,054$ gr olarak tespit edilmiştir.

Tablo 7. İlk yıla ait hamsi örneklerinin boy gruplarına göre cinsiyet dağılımı

Boy Grup (cm)	Dişi	Dişi %	Erkek	Erkek %	Olgunlaşmamış	Olgunlaşmamış %	Toplam
5-5,9	0	0,00	0	0,00	12	0,39	12
6-6,9	0	0,00	0	0,00	246	7,94	246
7-7,9	12	0,39	61	1,97	461	14,88	534
8-8,9	181	5,84	294	9,49	80	2,58	555
9-9,9	240	7,75	268	8,65	0	0,00	508
10-10,9	304	9,81	251	8,10	0	0,00	555
11-11,9	303	9,78	201	6,49	0	0,00	504
12-12,9	91	2,94	53	1,71	0	0,00	144
13-13,9	26	0,84	9	0,29	0	0,00	35
14-14,9	5	0,16	0	0,00	0	0,00	5
Toplam	1162	37,51	1137	36,70	799	25,79	3098

Bu örnekleme yılları içerisinde av sezonunda (Eylül-Mart) aylık olarak boy frekans dağılımları değerlendirildiğinde altı aylık toplam örnek sayısı 1611, avlanabilir boy olan 9 cm'nin altındakilerin sayısı ise 636 hamsi bireyi olarak bulunmuştur. Av sezonunda 9 cm'nin altındakilerin oranı %39,47 olarak hesaplanmıştır. Bu dönem incelenen tüm hamsilerin boy gruplarındaki birey sayısı, cinsiyet oranları ve frekans dağılımları Tablo 7' de verilmiştir. Cinsiyetler dikkate alındığında boy gruplarına göre yoğunlaşmanın erkeklerde 8,0- 11,9 cm arasında (%32,73) iken dişilerde 8,0-12,9 cm arasında (%36,12) olduğu tespit edilmiştir. Araştırmada dişi bireylerin erkek bireylerden büyük olduğu görülmüştür (Şekil 21). Dişi ve erkek bireyler için boy gurupları arasında gerçekleştirilen Kolmogorov-Simirnov Z testi sonucu farkın önemli olmadığı belirlenmiştir ($p>0,05$).

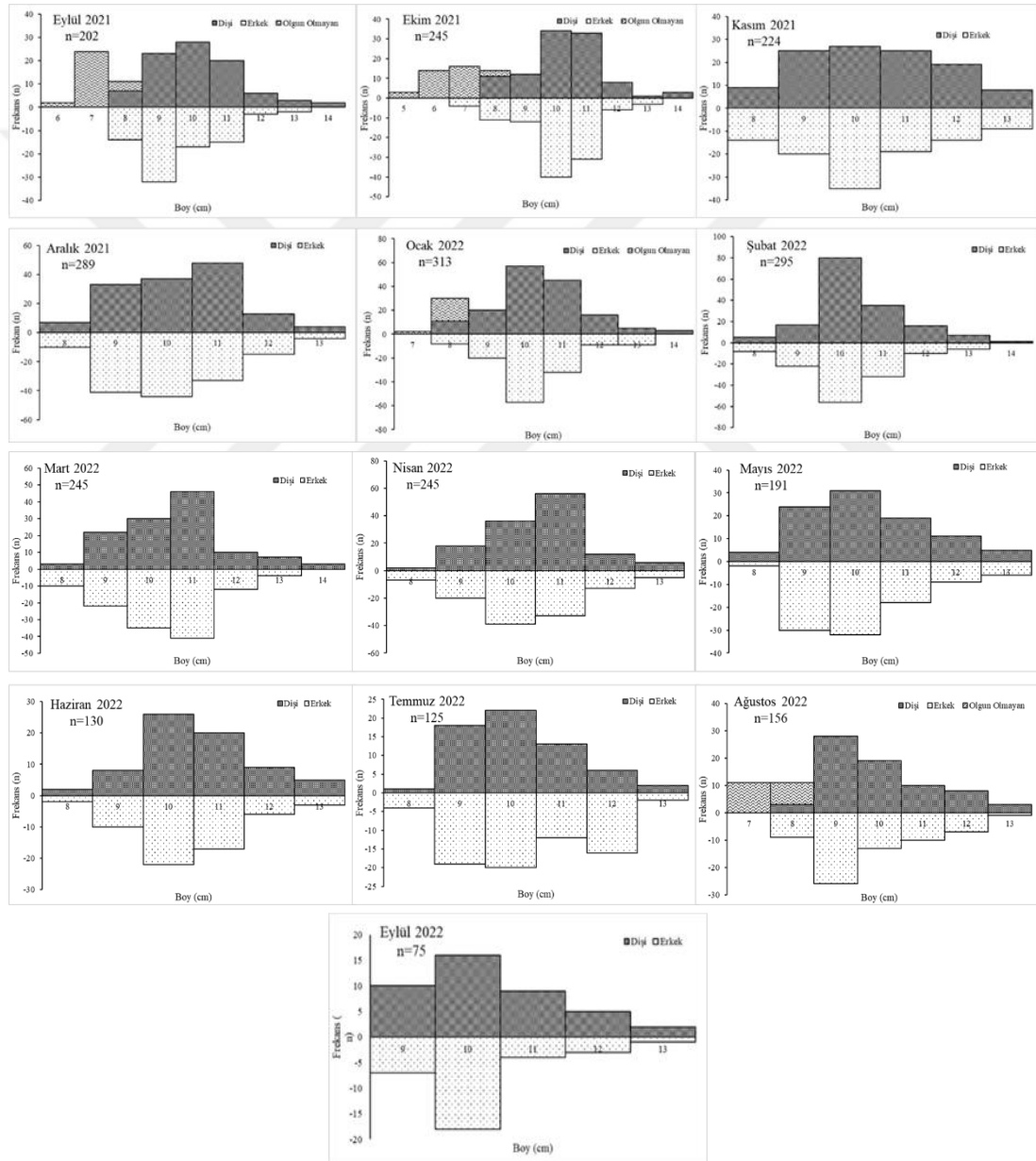


Şekil 21. İlk Yıla ait hamsi örneklerinin boy gruplarına göre cinsiyetlerin % dağılımı

3.2.2. İkinci Yıl (Eylül 2021-Eylül 2022) Örneklenen Hamsi Bireylerinin Aylara ve Boya Göre Cinsiyet Kompozisyonu

İkinci yıl belirlenen tarihler arasında (Eylül 2021-Eylül 2022) yapılan aylık örneklemede elde edilen hamsi bireylerinin cinsiyet ve boylara göre dağılımları

incelenerek Şekil 22’de verilmiştir. Elde edilen toplam 2737 adet hamsi bireyinin 1354’ü (%49,47) dişi, 1277’si (%46,65) erkek ve 106’sı ise (%3,87) olgunlaşmamış olarak tespit edilmiştir (Tablo 8). Bu dönemdeki örneklemelerde erkek dişi oranı (E/D) 1:1,06 olarak hesaplanmıştır. Örneklenen hamsi bireylerinde ekim, aralık, mayıs ve temmuz aylarında erkekler diğer aylarda dişiler daha baskın bulunmuştur (Şekil 22). Toplam örnekler içerisinde cinsiyetler arası yapılan ki kare (χ^2) testi sonucu farkın önemli olmadığı tahmin edilmiştir ($p>0,05$).



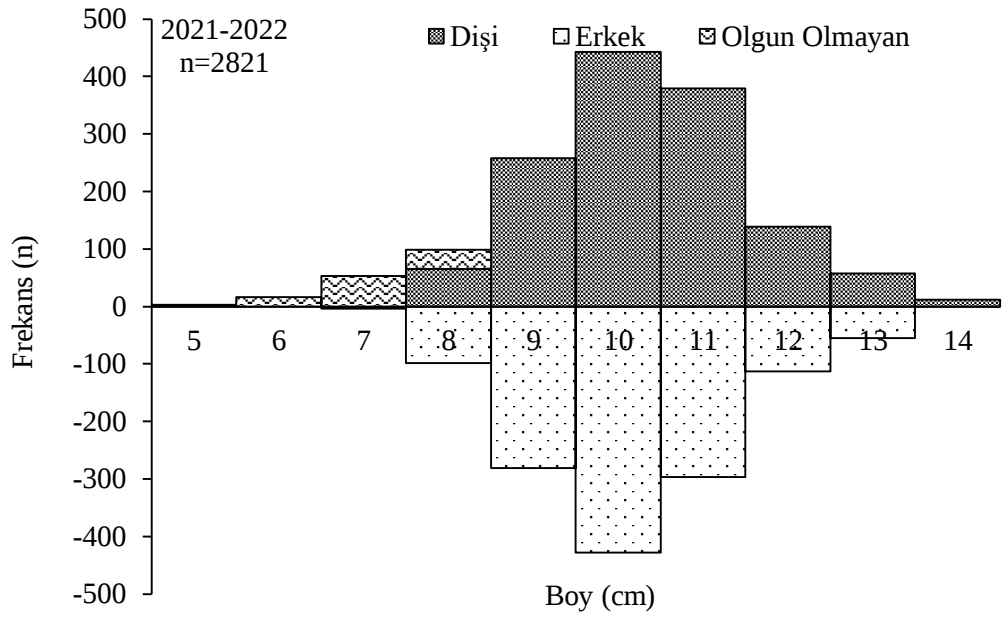
Şekil 22. İkinci yıla ait hamsi örneklerin aylık boy frekans dağılımları

Bu yıllarda incelenen örneklerde dişilerde boy ve ağırlık aralığı sırasıyla 8,1-14,5 cm, 3,91-14,95 g arsında dağılım gösterdiği, ortalama boy $10,81 \pm 1,196$ cm, ortalama ağırlık ise $8,16 \pm 2,527$ g olarak belirlenmiştir. Erkek bireylerde ise boy 7,8-13,9 cm, ağırlık ise 3,07-13,95 g arasında tespit edilmiş olup ortalama boy $10,60 \pm 1,203$ cm ve ortalama ağırlık ise $7,55 \pm 2,430$ g olarak tahmin edilmiştir. Bu yılın toplam örnekleri dikkate alındığında boy 7,8-14,5 cm, ağırlık 3,07-14,95 gr aralığında olduğu, ortalamalar boy $10,71 \pm 1,204$ cm ve ağırlık $7,86 \pm 2,499$ gr olarak tespit edilmiştir.

Tablo 8. İkinci yıla ait hamsi örneklerinin boy gruplarına göre cinsiyet dağılımı

Boy Grup (cm)	Dişi	Dişi %	Erkek	Erkek %	Olgunlaşmamış	Olgunlaşmamış %	Toplam
5-5,9	0	0,00	0	0,00	3	0,11	3
6-6,9	0	0,00	0	0,00	16	0,58	16
7-7,9	0	0,00	4	0,15	53	1,94	57
8-8,9	65	2,37	99	3,62	34	1,24	198
9-9,9	258	9,43	281	10,27	0	0,00	539
10-10,9	443	16,19	428	15,64	0	0,00	871
11-11,9	379	13,85	297	10,85	0	0,00	676
12-12,9	139	5,08	113	4,13	0	0,00	252
13-13,9	58	2,12	55	2,01	0	0,00	113
14-14,9	12	0,44	0	0,00	0	0,00	12
<i>Toplam</i>	<i>1354</i>	<i>49,47</i>	<i>1277</i>	<i>46,66</i>	<i>106</i>	<i>3,87</i>	<i>2737</i>

Örnekleme dönem içerisindeki av sezonunda (Eylül-Mart) aylık olarak boy frekans dağılımları değerlendirildiğinde altı aylık toplam örnek sayısı 1568, avlanabilir boy olan 9 cm'nin altındakilerin sayısı ise 208 olarak belirlenmiştir. Av sezonunda 9 cm'nin altındakilerin oranı %13,27 olarak hesaplanmıştır. İncelenen tüm hamsi örneklerinin boy gruplarındaki birey sayısı, cinsiyet oranları ve frekans dağılımları Tablo 8' de verilmiştir. Örnekler içerisinde cinsiyetler dikkate alındığında boy gruplarına göre yoğunlaşmanın erkeklerde 9- 12,9 cm arasında (%40,88) iken dişilerde 9-12,9 cm arasında (%44,53) olduğu tespit edilmiştir. Araştırmada dişi bireylerin ilk dönemki örneklerde olduğu gibi erkek bireylerden daha büyük olduğu görülmüştür (Şekil 23). Bu dönemki verilerin dişi ve erkek boy gurupları arasında gerçekleştirilen Kolmogorov-Smirnov Z testi sonucu farkın önemli olmadığı belirlenmiştir ($p > 0,05$).

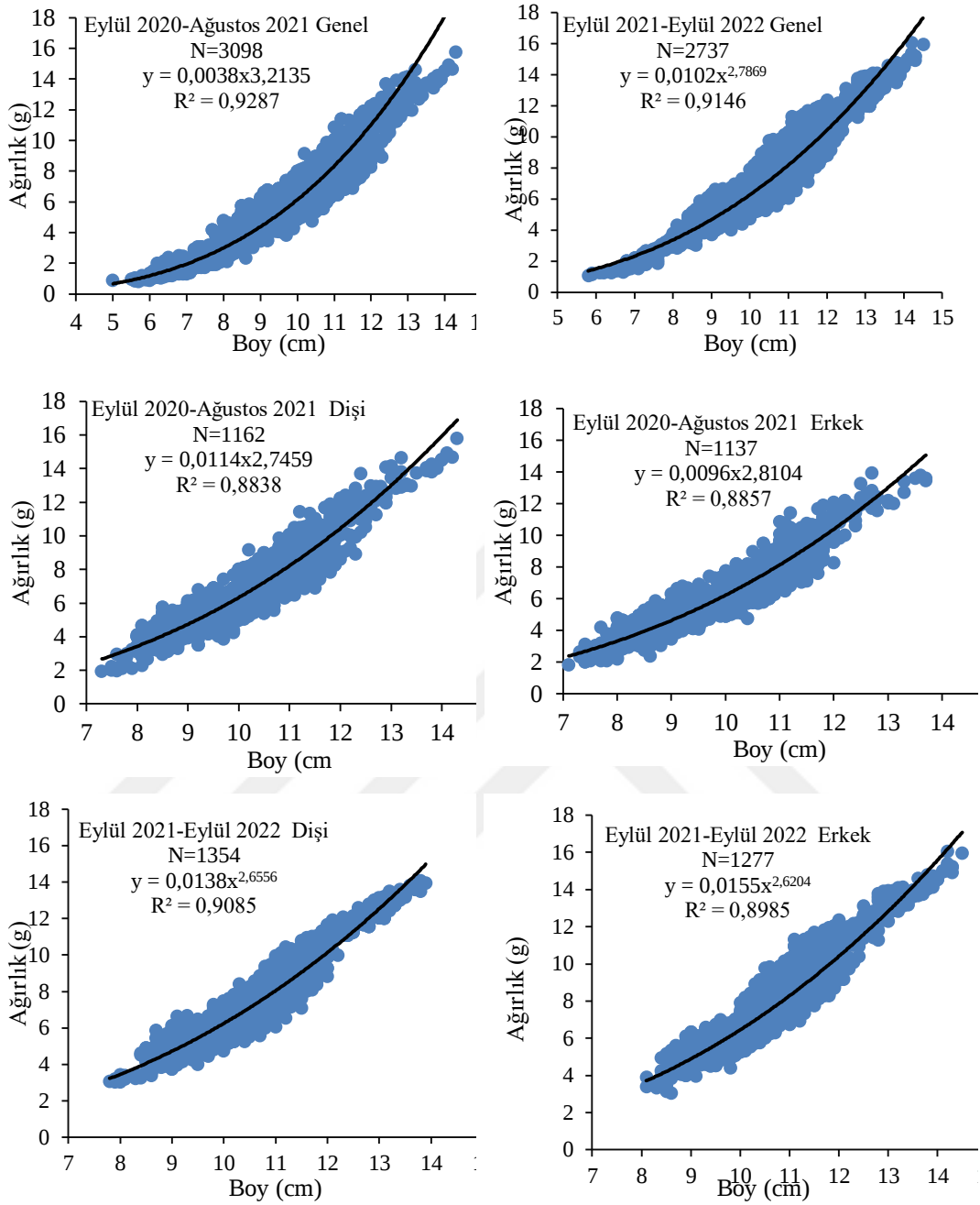


Şekil 23. İkinci yıla ait hamsi örneklerinin boy gruplarına göre cinsiyetlerin % dağılımı.

3.3. Büyüme Parametreleri

3.3.1. Boy ve Ağırlık İlişkisi

Yapılan iki yıllık örneklemeden (Eylül 2020-Ağustos 2021 ve Eylül 2021-Eylül 2022) elde edilen hamsi bireylerinin her dönem için cinsiyet ve toplam örneklere göre boy-ağırlık ilişkileri incelenerek ilişki grafikleri Şekil 24'te verilmiştir.



Şekil 24. Örnekleme yıllarına göre hamsi balıklarının boy ağırlık ilişkileri

Ayrıca örnekleme yıllarına ait hamsi bireylerinden cinsiyet ve toplam bireylere göre belirlenen ilişki fonksiyonları Tablo 9’da sunulmuştur. Birinci ve ikinci yılın toplam örneklerine ait boy ağırlık ilişkileri sırasıyla $W = 0,0038 * L^{3,2135}$ ($r^2 = 0,92$) ve $W = 0,0102 L^{2,7869}$ ($r^2 = 0,91$) şeklinde tahmin edilmiştir.

Tablo 9. Eylül 2020-Ağustos 2021 ve Eylül 2021-Eylül 2021 yılları arasında örneklenen hamsi balıklarının boy ağırlık ilişkisi sabitleri, büyüme şekli ve korelasyon katsayısı

Yıl	Cinsiyet	a	b	Büyüme şekli	r ²	p değeri
2020-2021	Dişi	0,0114	2,7459	(-) Allometrik	0,8838	p<0,05
	Erkek	0,0096	2,8104	(-) Allometrik	0,8857	p<0,05
	Genel	0,0038	3,2135	(+) Allometrik	0,9287	P>0,05
2021-2022	Dişi	0,0138	2,6556	(-) Allometrik	0,9085	p<0,05
	Erkek	0,0155	2,6204	(-) Allometrik	0,8985	p<0,05
	Genel	0,0102	2,7869	(-) Allometrik	0,9146	p<0,05

Boy-ağırlık ilişkilerinde tahmin edilen “b” değerlerinin izometrik büyümeden (b=3) farklı olup olmadığı *t*-testi uygulanarak belirlenmiştir. Birinci yıl dişi ve erkek bireylerde negatif allometrik, tüm bireylerde ise pozitif allometrik bir büyüme gösterirken, ikinci yılda ise dişi, erkek ve tüm bireylerde negatif allometrik büyüme göstermiştir (Tablo 9).

3.3.2. Kondisyon Faktörü

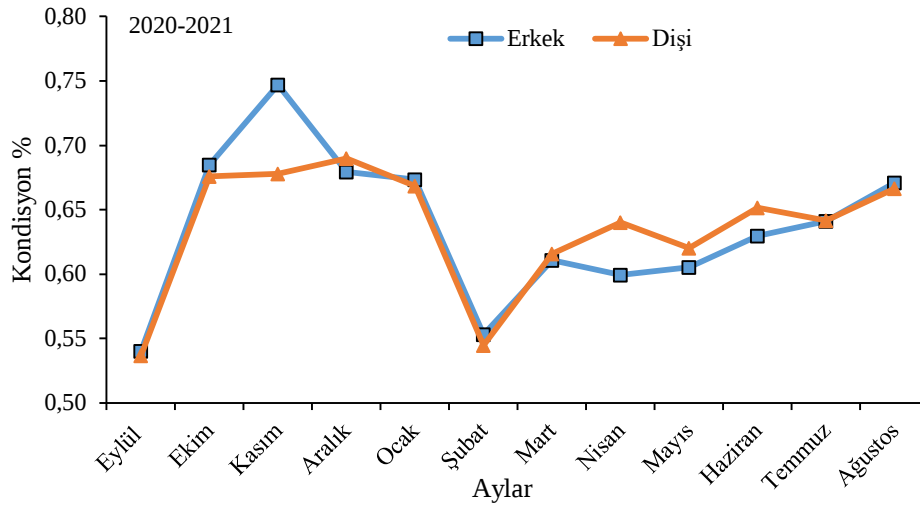
Kondisyon faktörü, balıklarda aylık ve mevsimsel olarak beslenmenin farklılığını ortaya çıkaran önemli parametrelerden biridir. Araştırmada kondisyon faktörü, her yıl için dişi ve erkek olarak aylara göre ayrı ayrı hesaplanmıştır. İlk yıl için tahmin edilen kondisyon faktörü değerleri Tablo 10’de verilmiştir. İlk yılki (Eylül 2020-Ağustos 2022) örneklemelerde aylık olarak tahmin edilen kondisyon faktörlerinde dişi ve erkeklerde en düşük olduğu ay Eylül ayı (Dişi:=0,54±0,046; Erkek:=0,54±0,036) olarak tespit edilmiştir. Bu dönemde kondisyonun en yüksek olduğu aylar ise dişiler için aralık ayı (0,69±0,070), erkekler için ise Kasım ayı (0,75±0,083) belirlenmiştir. Bu yılın aylık kondisyonları arasında uygulanan Tukey testi sonucu; dişi ve erkeklerde en düşük kondisyona sahip olan Eylül ve Şubat ayları diğer aylardan (Dişi: $F_{(sd:11)}=54,711$; $p=0,0001$, Erkek: $F_{(sd:11)}=53,942$; $p=0,0001$) farklı olduğu tahmin edilmiştir. İlk yıl için elde edilen kondisyon değerlerinin aylık dağılımı Şekil 25’de sunulmuştur.

İkinci yıl için (Eylül 2021-Eylül 2022) on üç aylık kondisyon faktörleri hesaplanmıştır (Tablo 11). Bu yıl içerisinde dişilerde en düşük kondisyon faktörü

şubat ayında ($0,57\pm0,032$), erkeklerde ise ekim ayında ($0,57\pm0,070$) tespit edilmiştir. En yüksek değerler ise dişilerde haziran ($0,72\pm0,079$) ve erkeklerde ise ağustos ($0,70\pm0,057$) ayları olarak tahmin edilmiştir. Bu yıl için her iki cinsiyette de elde edilen aylık kondisyon dağılımları Şekil 26'da verilmiştir. Dişi ve erkek aylık kondisyonları arasında yapılan Tukey testi analizi sonucu dişilerde en düşük olan ay şubat ve en yüksek olan ay haziran ($F_{(sd:11)}=54,711$; $p=0,0001$) ayları diğer aylardan farklılık gösterirken, erkeklerde ise ağustos ayı ($F_{(sd:11)}=36,376$; $p=0,0001$) diğer ayların tamamından farklılık göstermiştir. İlk yıl için dişilerde tahmin edilen ortalama kondisyon değeri $0,64\pm0,071$ iken erkekler için $0,64\pm0,074$ olarak benzer bulunmuştur. İkinci yılda dişilerde ortalama kondisyon faktörü $0,64\pm0,061$ ve erkeklerde $0,62\pm0,058$ olarak tahmin edilmiştir.

Tablo 10. İlk yıl elde edilen hamsi örneklerinin cinsiyetlere göre aylık kondisyon değerleri

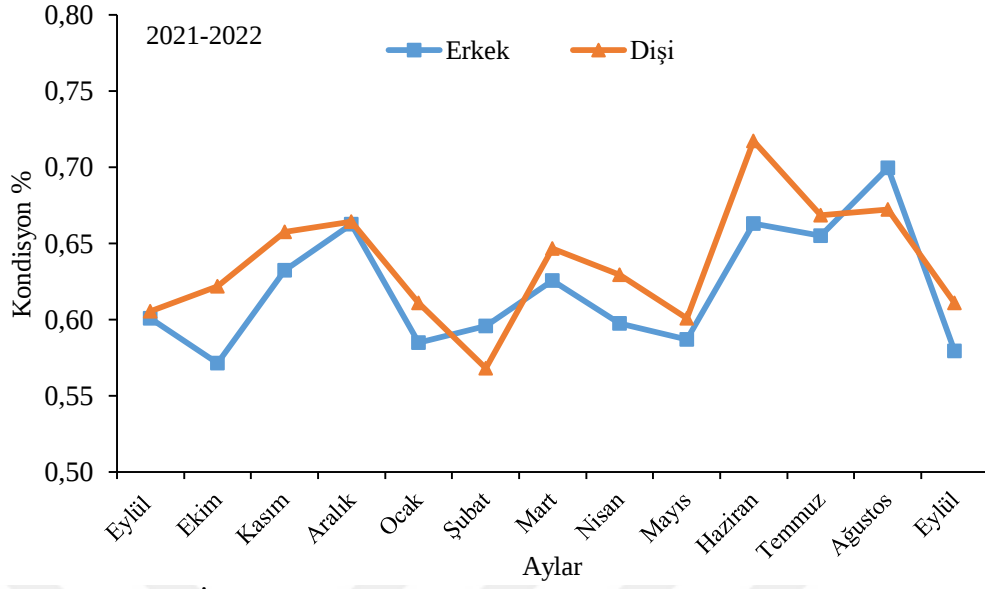
Cinsiyet/Yıllar	Aylar	Frekans	Ort. Boy $\pm$ SS	Ort. Ağ. $\pm$ SS	Kondisyon Fak. $\pm$ SS
Dişi 2020-2021	Eyl.20	78	10,22 $\pm$ 0,965	5,95 $\pm$ 2,053	0,54 $\pm$ 0,046
	Eki.20	86	10,29 $\pm$ 0,811	7,48 $\pm$ 1,683	0,68 $\pm$ 0,055
	Kas.20	60	10,42 $\pm$ 1,573	8,07 $\pm$ 3,288	0,68 $\pm$ 0,085
	Ara.20	156	10,22 $\pm$ 1,327	7,61 $\pm$ 2,606	0,69 $\pm$ 0,070
	Oca.21	103	10,27 $\pm$ 1,504	7,70 $\pm$ 3,181	0,67 $\pm$ 0,095
	Şub.21	143	10,68 $\pm$ 1,282	6,83 $\pm$ 2,347	0,54 $\pm$ 0,050
	Mar.21	119	10,77 $\pm$ 1,419	7,96 $\pm$ 2,845	0,62 $\pm$ 0,066
	Nis.21	120	10,61 $\pm$ 1,119	7,81 $\pm$ 2,297	0,64 $\pm$ 0,074
	May.21	85	10,20 $\pm$ 1,274	6,71 $\pm$ 2,294	0,62 $\pm$ 0,100
	Haz.21	60	10,65 $\pm$ 1,232	8,15 $\pm$ 2,556	0,65 $\pm$ 0,058
	Tem.21	75	9,69 $\pm$ 1,287	6,18 $\pm$ 2,619	0,64 $\pm$ 0,046
	Ağu.21	77	10,07 $\pm$ 1,233	6,97 $\pm$ 2,127	0,67 $\pm$ 0,073
	Top./Ort.	1162	10,34 $\pm$ 1,253	7,28 $\pm$ 2,491	0,64 $\pm$ 0,071
Erkek 2020-2021	Eyl.20	73	9,68 $\pm$ 1,093	5,08 $\pm$ 1,768	0,54 $\pm$ 0,036
	Eki.20	82	9,75 $\pm$ 1,159	6,59 $\pm$ 2,161	0,68 $\pm$ 0,081
	Kas.20	59	9,58 $\pm$ 1,343	6,72 $\pm$ 2,456	0,75 $\pm$ 0,083
	Ara.20	157	9,58 $\pm$ 1,466	6,34 $\pm$ 2,811	0,68 $\pm$ 0,073
	Oca.21	115	9,53 $\pm$ 1,364	6,18 $\pm$ 2,755	0,67 $\pm$ 0,110
	Şub.21	134	10,11 $\pm$ 1,305	5,88 $\pm$ 2,059	0,55 $\pm$ 0,060
	Mar.21	136	9,91 $\pm$ 1,482	6,36 $\pm$ 2,866	0,61 $\pm$ 0,067
	Nis.21	102	10,33 $\pm$ 1,123	6,83 $\pm$ 2,381	0,60 $\pm$ 0,075
	May.21	86	9,87 $\pm$ 1,062	5,93 $\pm$ 1,918	0,61 $\pm$ 0,091
	Haz.21	56	9,85 $\pm$ 1,451	6,51 $\pm$ 2,953	0,63 $\pm$ 0,066
	Tem.21	71	9,41 $\pm$ 1,169	5,59 $\pm$ 2,242	0,64 $\pm$ 0,042
	Ağu.21	66	9,71 $\pm$ 1,094	6,20 $\pm$ 1,766	0,67 $\pm$ 0,075
	Top./Ort.	1137	9,78 $\pm$ 1,260	6,18 $\pm$ 2,343	0,64 $\pm$ 0,074



Şekil 25. İlk yıl örneklerinde aylık kondisyon faktörü dağılımı

Tablo 11. İkinci yıl elde edilen hamsi örneklerinin cinsiyetlere göre aylık kondisyon değerleri

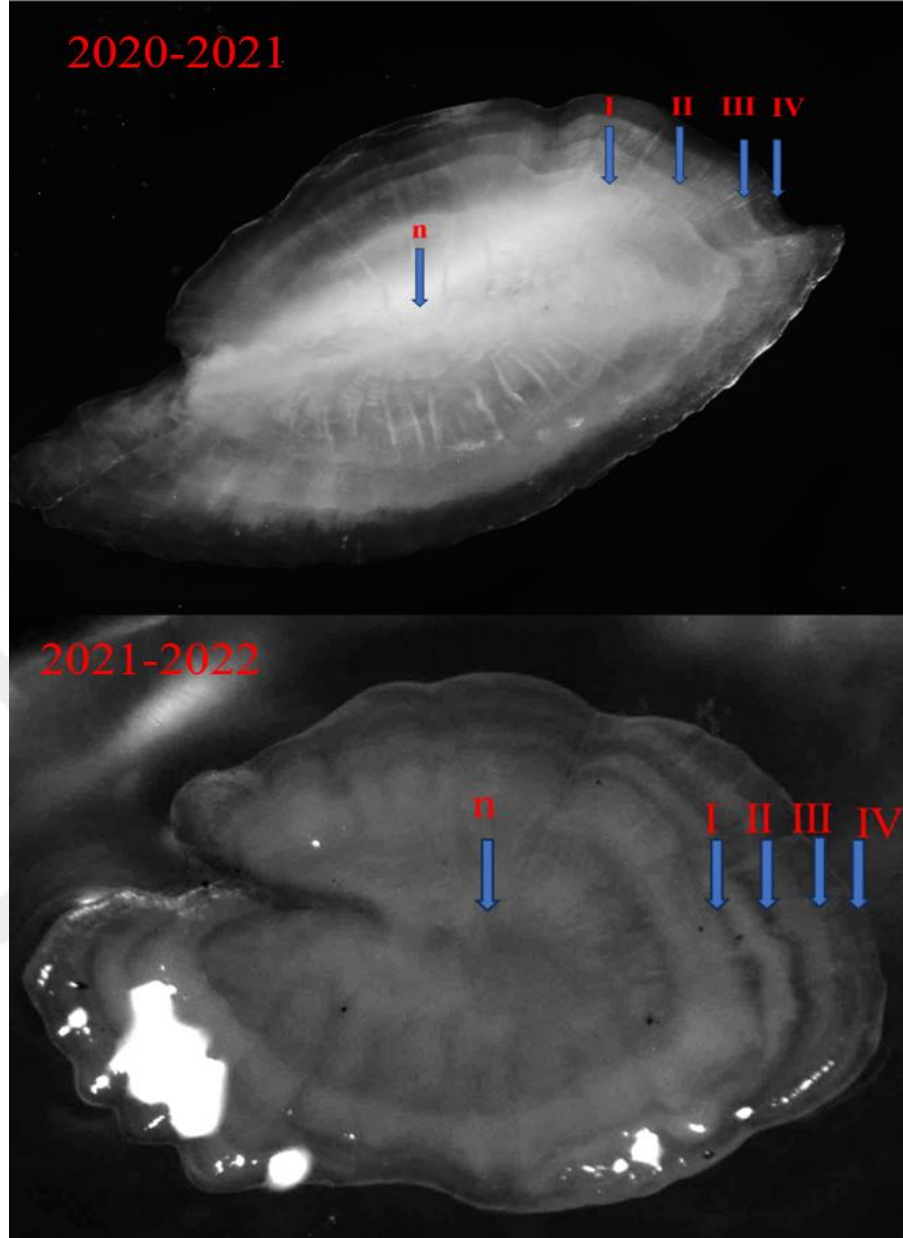
Cinsiyet/Yıllar	Aylar	Frekans	Ort. Boy±SS	Ort. Ağ.±SS	Kondisyon Fak.±SS
Dişi 2021-2022	Eyl.21	89	10,55±1,32	7,46±2,978	0,61±0,065
	Eki.21	102	10,71±1,269	7,80±2,544	0,62±0,085
	Kas.21	113	10,95±1,362	8,87±2,921	0,66±0,074
	Ara.21	142	10,66±1,130	8,22±2,340	0,66±0,059
	Oca.22	157	10,86±1,183	7,93±2,160	0,61±0,060
	Şub.22	161	10,86±1,072	7,42±2,123	0,57±0,032
	Mar.22	121	11,06±1,230	9,01±2,823	0,65±0,064
	Nis.22	130	11,02±1,026	8,60±2,290	0,63±0,051
	May.22	94	10,72±1,219	7,55±2,406	0,60±0,064
	Haz.22	70	11,04±1,135	9,71±2,228	0,72±0,079
	Tem.22	62	10,58±1,146	8,13±2,497	0,67±0,040
	Ağu.22	71	10,42±1,243	7,74±2,317	0,67±0,062
	Eyl.22	42	10,80±1,109	7,84±2,302	0,61±0,058
	Top./Ort.	1354	10,79±1,188	8,17±2,456	0,64±0,061
Erkek 2021-2022	Eyl.21	83	10,01±1,188	6,30±2,575	0,60±0,077
	Eki.21	107	10,50±1,242	6,79±2,235	0,57±0,070
	Kas.21	111	10,71±1,423	7,86±2,515	0,63±0,091
	Ara.21	147	10,53±1,175	7,90±2,349	0,66±0,067
	Oca.22	135	10,73±1,193	7,34±2,233	0,58±0,062
	Şub.22	134	10,68±1,123	7,38±2,092	0,60±0,051
	Mar.22	124	10,75±1,138	8,00±2,429	0,63±0,042
	Nis.22	117	10,82±1,165	7,88±2,746	0,60±0,053
	May.22	97	10,63±1,143	7,24±2,362	0,59±0,051
	Haz.22	60	10,90±1,110	8,73±2,278	0,66±0,047
	Tem.22	63	10,54±1,160	7,90±2,452	0,66±0,040
	Ağu.22	66	10,25±1,211	7,67±2,306	0,70±0,057
	Eyl.22	33	10,59±1,023	7,07±2,315	0,58±0,043
	Top./Ort.	1277	10,59±1,176	7,55±2,376	0,62±0,058



Şekil 26. İkinci yıl örneklerinde aylık kondisyon faktör dağılımları

3.3.3. Yaş ve Büyüme Parametreleri

Yapılan iki yıllık (Eylül 2020-Ağustos 2021 ve Eylül 2021-Eylül 2022) hamsi balığı örneklemlerden her boy grubunu tam olarak temsil edecek şekilde birinci yılda 507 adet otolit, ikinci yıl ise 497 adet hamsi balığı otoliti metotta belirtildiği gibi mikroskop altında okunarak yaşlandırılmıştır. Her iki yıl için okunan otolitlerde yaş aralığı 0-4 yaş arasında olduğu tespit edilmiştir. Bu yıllarda örneklenen bireylerde en büyük yaş grubunun 4 yaş olduğu ortaya konmuştur (Şekil 27).



Şekil 27. Yıllık örneklemelerde elde edilen en yaşlı bireylerin otolit görünümü (IV yaş)

Her iki yıl için belirlenen yaş ve boy gruplarına karşılık gelen birey sayısı Tablo 12’de verilmiştir. Yaş gruplarında hamsi bireylerinin birinci yılda en yoğun olarak 9,0-12,9 cm arasında boy dağılımı gösteren ve yaşları belirlenen toplam bireyler arasında %43,2 ile temsil edilen 0. yaş grubu olarak bulunmuştur. İkinci yıl için ise 9,0-13,9 cm arasında boy dağılımı gösteren ve %35,8 oranla temsil edilen birinci yıla benzer şekilde I. yaş grubu belirlenmiştir (Tablo 12).

Tablo 12. Örnekleme yıllarında yaş ve boy sınıfına karşılık düşen birey sayısı

Yıllar	Boy Grupları	0 yaş N	I yaş N	II yaş N	III yaş N	IV yaş N	Toplam
2020-2021	5-5,9	7					7
	6-6,9	14					14
	7-7,9	29					29
	8-8,9	66					66
	9-9,9	72	15				87
	10-10,9	31	53	9			93
	11-11,9		61	28	5	1	95
	12-12,9		32	36	13		81
	13-13,9			16	14		30
	14-14,9				2	3	5
	<i>Toplam</i>	<i>219</i>	<i>161</i>	<i>89</i>	<i>34</i>	<i>4</i>	<i>507</i>
2021-2022	5-5,9	1					1
	6-6,9	2					2
	7-7,9	8					8
	8-8,9	42					42
	9-9,9	86	6				92
	10-10,9	16	66	17	2		101
	11-11,9		62	25	7		94
	12-12,9		43	34	12	2	89
	13-13,9		1	33	21	3	59
	14-14,9				4	4	9
	<i>Toplam</i>	<i>155</i>	<i>178</i>	<i>109</i>	<i>46</i>	<i>9</i>	<i>497</i>

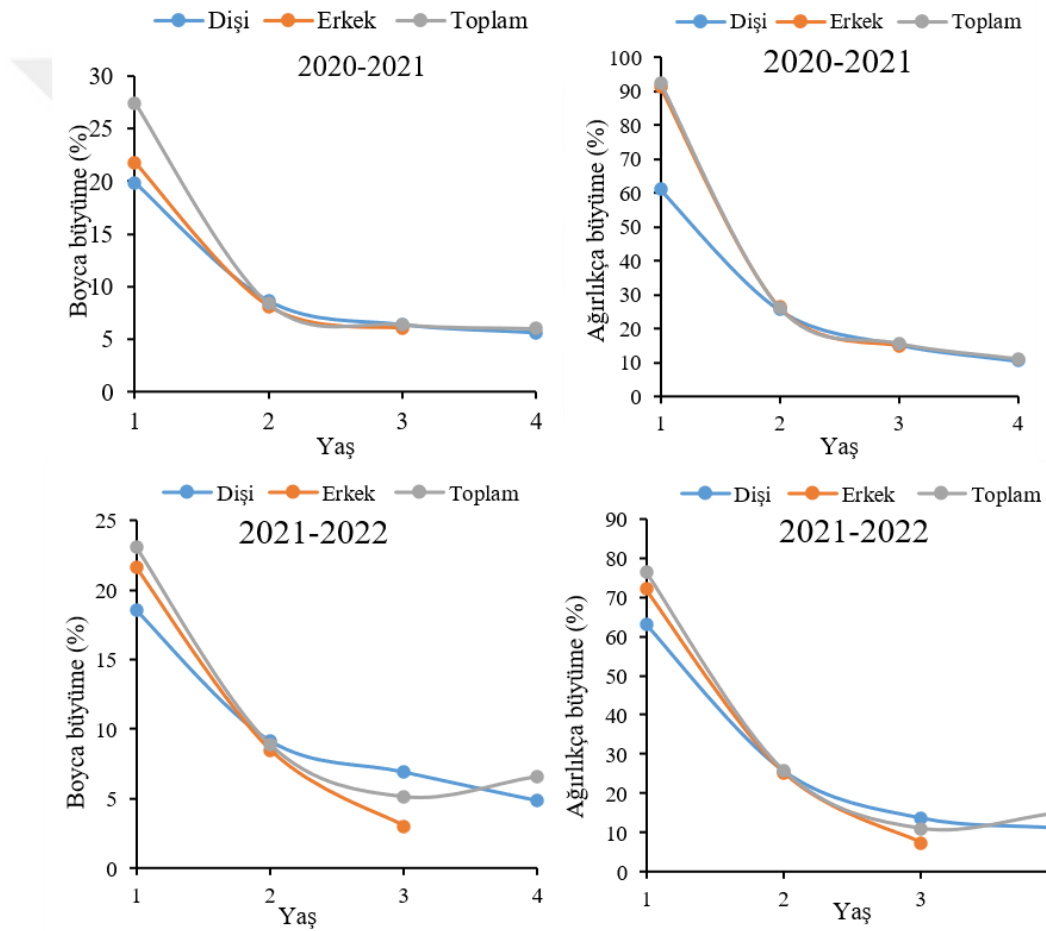
Araştırmada her iki yıla ait (Eylül 2020-Ağustos 2021 ve Eylül 2021-Eylül 2022) yaşları belirlenmiş örneklerin cinsiyet ve toplam bireylere göre yaşlara karşılık gelen ortalama boy, ortalama ağırlık, standart sapma, boyca büyüme (BB) ve ağırlıkça büyüme (AB) oranları Tablo 13’de verilmiştir.

Tablo 13. Yaşlara karşılık gelen ortalama boy, ortalama ağırlık, standart sapma, boyca ve ağırlıkça büyüme oranları

Yıllar	Yaş	Cinsiyet	N	Ort. Boy $\pm$ SS	Ort. Ağ. $\pm$ SS	BB (%)	AB (%)
2020-2021	0	Dişi	80	9,33 $\pm$ 0,698	5,45 $\pm$ 1,331	-	-
		Erkek	90	9,15 $\pm$ 0,836	4,99 $\pm$ 1,413	-	-
		Olgunlaşmamış	49	7,12 $\pm$ 0,793	2,09 $\pm$ 0,759	-	-
		Top./Ort.	219	8,76 $\pm$ 1,175	4,51 $\pm$ 1,822	-	-
	I	Dişi	80	11,18 $\pm$ 0,810	8,78 $\pm$ 1,957	19,83	61,10
		Erkek	81	11,14 $\pm$ 0,779	8,59 $\pm$ 1,770	21,75	91,31
		Top./Ort.	161	11,16 $\pm$ 0,793	8,68 $\pm$ 1,862	27,40	92,46
	II	Dişi	49	12,14 $\pm$ 0,891	11,02 $\pm$ 2,193	8,59	25,51
		Erkek	40	12,04 $\pm$ 0,707	10,85 $\pm$ 1,583	8,08	26,31
		Top./Ort.	89	12,09 $\pm$ 0,811	10,94 $\pm$ 1,934	8,33	26,04
	III	Dişi	25	12,91 $\pm$ 0,780	12,70 $\pm$ 1,533	6,34	15,25
		Erkek	9	12,76 $\pm$ 0,880	12,47 $\pm$ 1,583	5,98	14,93
		Top./Ort.	34	12,86 $\pm$ 0,796	12,64 $\pm$ 1,526	6,37	15,54
	IV	Dişi	4	13,63 $\pm$ 1,667	14,03 $\pm$ 2,247	5,58	10,47
		Erkek	0	-	-	-	-
		Top./Ort.	4	13,63 $\pm$ 1,667	14,03 $\pm$ 2,247	5,99	11,00
2021-2022	0	Dişi	67	9,38 $\pm$ 0,492	5,54 $\pm$ 0,858	-	-
		Erkek	71	9,29 $\pm$ 0,507	5,14 $\pm$ 0,750	-	-
		Olgunlaşmamış	17	7,61 $\pm$ 0,688	2,79 $\pm$ 0,867	-	-
		Top./Ort.	155	9,15 $\pm$ 0,752	5,06 $\pm$ 1,15	-	-
	I	Dişi	85	11,22 $\pm$ 0,827	9,03 $\pm$ 1,929	18,55	63,00
		Erkek	93	11,30 $\pm$ 0,844	8,84 $\pm$ 2,010	21,64	71,98
		Top./Ort.	178	11,26 $\pm$ 0,834	8,92 $\pm$ 1,969	23,06	76,28
	II	Dişi	57	12,25 $\pm$ 0,951	11,35 $\pm$ 2,241	9,18	25,69
		Erkek	52	12,26 $\pm$ 1,009	11,07 $\pm$ 2,148	8,50	25,23
		Top./Ort.	109	12,26 $\pm$ 0,975	11,22 $\pm$ 2,192	8,88	25,78
	III	Dişi	26	13,10 $\pm$ 0,955	12,90 $\pm$ 2,171	6,94	13,66
		Erkek	21	12,63 $\pm$ 1,026	11,88 $\pm$ 2,202	3,02	7,32
		Top./Ort.	47	12,89 $\pm$ 1,053	12,46 $\pm$ 2,334	5,14	11,05
	IV	Dişi	9	13,74 $\pm$ 0,675	14,33 $\pm$ 1,365	4,89	11,09
		Erkek	-	-	-	-	-
		Top./Ort.	9	13,74 $\pm$ 0,675	14,33 $\pm$ 1,365	6,59	15,01

Araştırmanın ilk yılı için (Eylül 2020-Ağustos 2021) yaşları belirlenen bireylerden 507 adet balığın 238'i (%46,94) dişi, 220'si (%43,39) erkek ve 49'u (%9,66) olgun olmayan olarak belirlenmiştir. İkinci yılda (Eylül 2021-Eylül 2022) ise 244'ü dişi (%49,09), 236'sı erkek (%47,48) ve 17'si olgunlaşmam birey olarak

toplam 497 bireyin yaş tespiti yapılmıştır. Her iki yıl örnekleri için yaşları tespit edilmiş bireylerin cinsiyetleri arasında yapılan χ^2 test sonucu fark olmadığı ($p>0,05$), ancak her iki yıl için yaş grupları arasında farkın önemli olduğu (Eylül 2020-Ağustos 2021: $\chi^2_{(Sd:4; 0,05)}=311,294$; $p<0,0001$; Eylül 2021-Eylül 2022: ($\chi^2_{(Sd:4; 0,05)}=205,082$; $p<0,0001$) belirlenmiştir. Araştırmada gözlenen yaşlara karşılık gelen ortalama boy ve ağırlıklarla tahmin edilen boy ve ağırlıklar arası eşlenik *t-testi* uygulanarak $p=0,05$ önem seviyesinde farkın önemli olmadığı tespit edilmiştir. Her iki yıl için elde edilen büyüme oranlarındaki % dağılım Şekil 28’de sunulmuştur.



Şekil 28. Boyca ve ağırlıkça büyüme oranlarının dağılımları (%)

Yıllara göre örneklerdeki büyüme oranları arasında fark olup olmadığı tek yönlü varyans analizi uygulanarak belirlenmiştir. Her iki yıl için dişi, erkek ve toplam bireylerin büyüme oranları arasında yapılan istatistiki analiz sonucu farkın önemli olmadığı tespit edilmiştir ($p>0,05$).

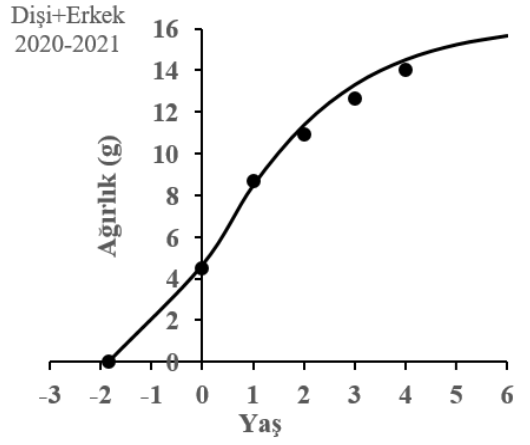
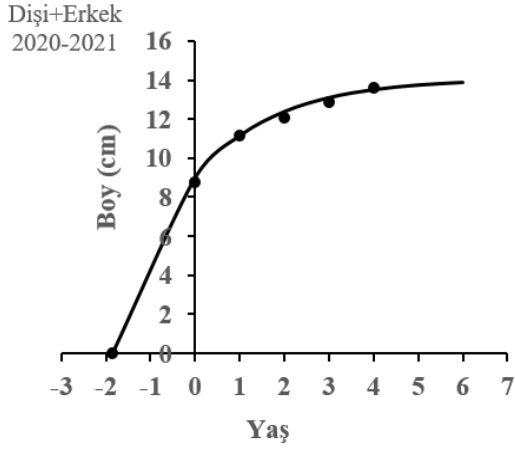
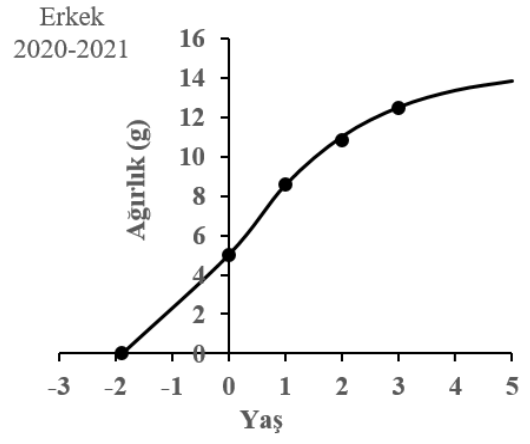
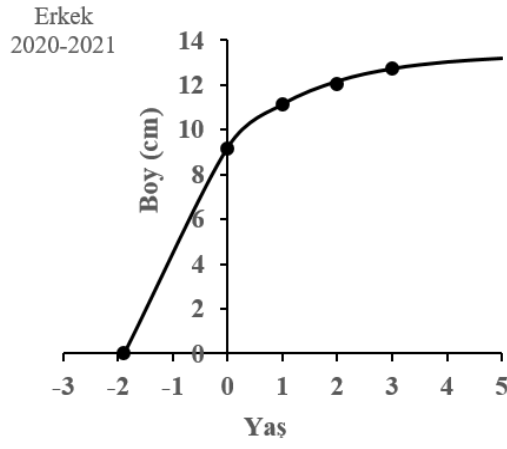
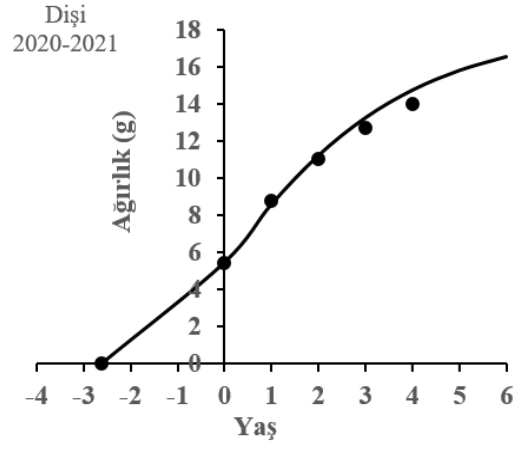
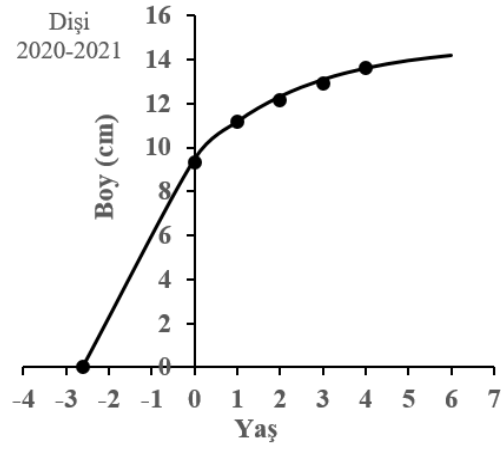
Yapılan iki yıllık örneklemede Tablo 13’de belirlenen yaşlara karşılık gelen ortalama boy ve ortalama ağırlıklardan yararlanarak metotta belirtilen yönteme göre büyüme sabitleri (L_{∞} , k , t_0 , W_{∞} ve $\emptyset'$) tahmin edilmiştir. Büyüme sabitleri her iki yıl için dişi, erkek ve toplam bireylerden belirlenerek Tablo 14’de sunulmuştur. En düşük sonuçmaz ortalama kuramsal boy (L_{∞}) ikinci yıl erkek bireylerde ($L_{\infty}=12,98$ cm) iken en büyük ise aynı yılın dişilerinde ($L_{\infty}=14,88$ cm) tespit edilmiştir. Sonuçmaz ortalama ağırlık yine ikinci yıl örneklerinden en küçük ve en büyük olarak erkek ve dişilerde sırasıyla $W_{\infty}=12,47$ gr ve $W_{\infty}=18,31$ gr tahmin edilmiştir.

Tablo 14. Her iki yıl için tahmin edilen büyüme sabitleri

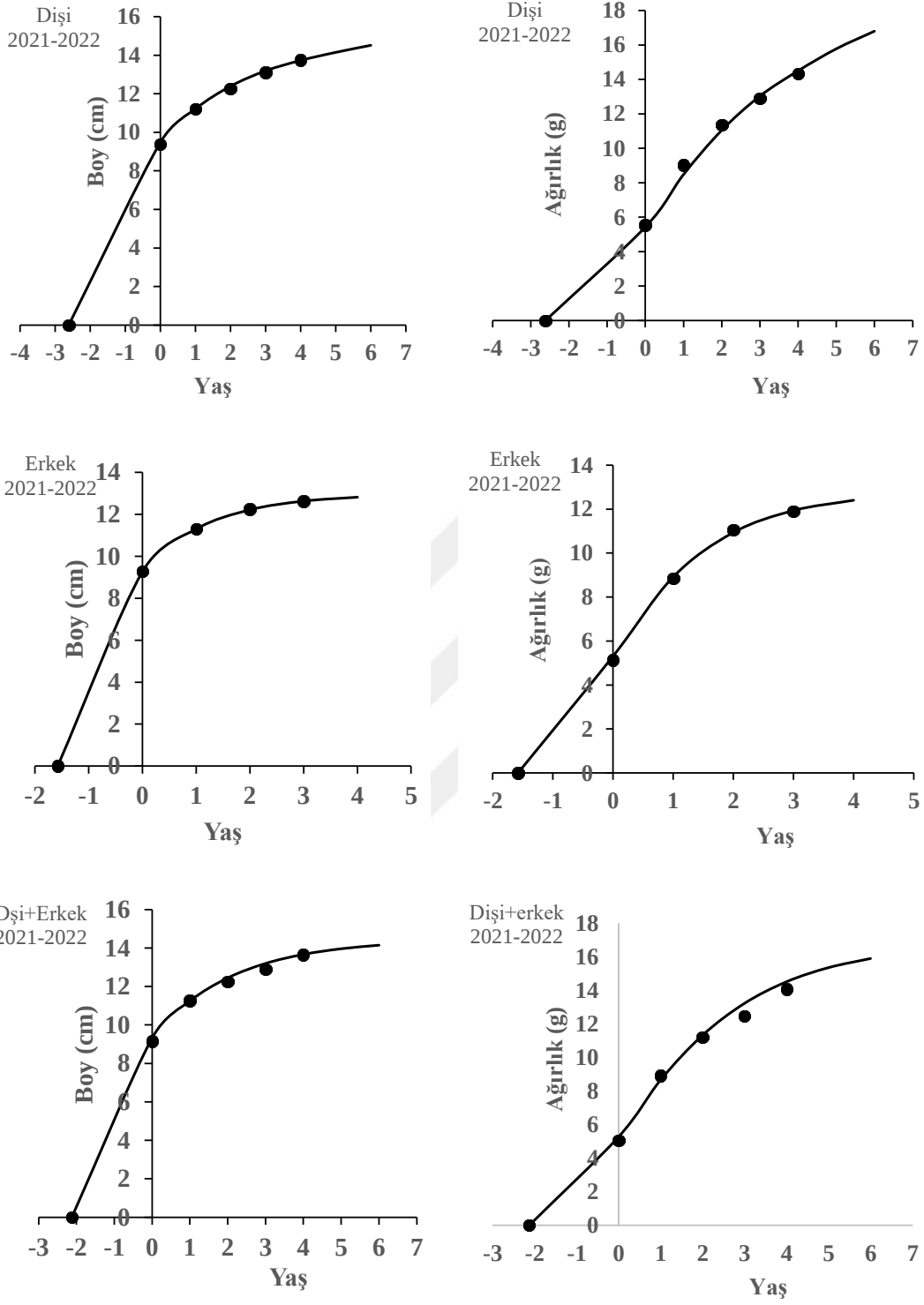
Yıllar	Cinsiyet	L_{∞} (cm)	k	t_0	W_{∞} (gr)	$\emptyset'$
2020- 2021	Dişi	14,67	0,397	-2,617	17,54	1,931
	Erkek	13,39	0,618	-1,891	14,08	2,044
	Top	14,09	0,551	-1,85	18,7	2,039
2021- 2022	Dişi	14,88	0,388	-2,615	18,31	1,934
	Erkek	12,98	0,795	-1,577	12,47	2,126
	Top	14,25	0,499	-2,126	16,86	2,006

3.3.4. Yaş-Boy ve Yaş-Ağırlık İlişkisi

Otolitlerden yapılan yaşlandırmalar sonucunda her iki yılda da yaş sınıfları (dişi 0-4 yaş; erkek: 0-3 yaş) benzer bulunmuştur (Tablo 12). Belirlenen yaşlardaki ortalama boy ve ortalama ağırlıklarla kurulan ilişkiler grafiklerle sunulmuştur (Şekil 29, Şekil 30).



Şekil 29. İlk yıl yaş boy ve yaş ağırlık ilişkileri



Şekil 30. İkinci yıl yaş boy ve yaş ağırlık ilişkileri

3.3.5. Ölüm Oranları

Ölüm stokların azalmasına neden olan temel faktörlerden biridir. Yapılan iki yıllık örnekleme sonucu hamsi stoklarında meydana gelen anlık toplam ölüm oranlıları (Z) ve doğal ölüm oranları (M) hesaplanmıştır. Elde edilen bu değerler

aracılığıyla balıkçılığa bağlı ölüm oranı (F) ile işletme oranı (E) da bu çalışmada her yıl için tahmin edilmiştir. En yüksek değerler ilk yılki (Eylül 2020-Ağustos 2022) örneklemelerden elde edilmiştir. (Tablo 15).

Tablo 15. Her yıl için tahmin edilen ölüm oranları (Z, M, F) ve işletme oranları (E)

Yıllar	Z	M	F	E
2020-2021	1,41 yıl ⁻¹	0,37 yıl ⁻¹	1,03 yıl ⁻¹	0,73 yıl ⁻¹
2021-2022	1,19 yıl ⁻¹	0,37 yıl ⁻¹	0,81 yıl ⁻¹	0,69 yıl ⁻¹

3.4. Üreme

Balıklarda üreme aktiviteleri erken dönem içerisinde gerçekleşir. Üreme aktiviteleri gonadosomatik ve hepatosomatik indeksler gibi bazı deneysel çalışmaların yanı sıra gonadlarda makroskopik ve mikroskopik gözlemler yapılarak ortaya konmaktadır. Bu araştırmada bahsedilen yöntemler kullanılarak hamsinin erken yaşam dönemindeki bazı aktiviteler tahmin edilmiştir.

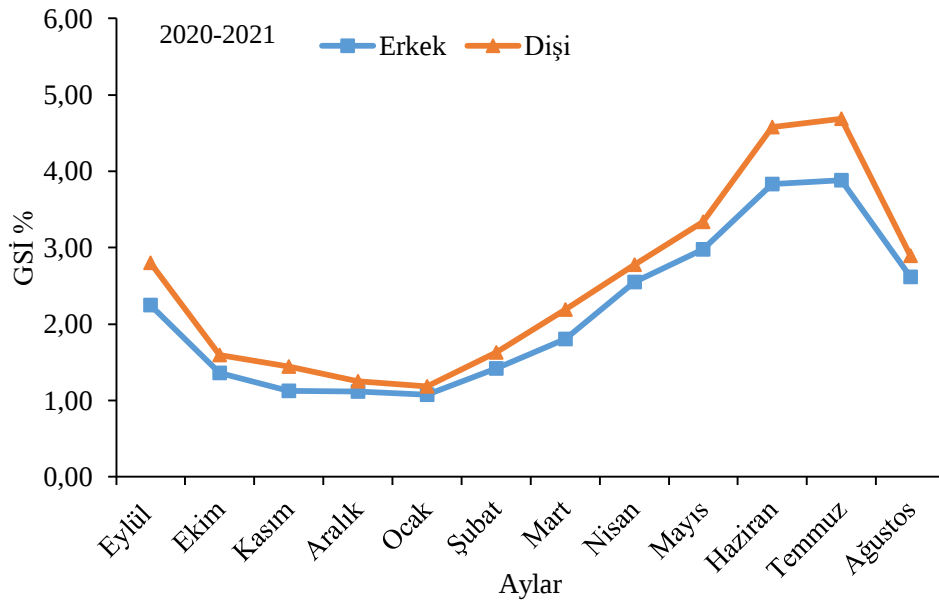
3.4.1. Gonadosomatik İndeks (GSI)

Eylül 2020-Ağustos 2022 yılları arasında yapılan örneklemede hamsi balığının dişi ve erkek olarak aylık Gonadosomatik İndeksleri (GSI) hesaplanmıştır (Tablo 16). Bu yıla ait veriler dikkate alındığında dişilerden en düşük gonadosomatik indeks ocak ayında ($GSI=1,18\pm0,864$) bulunmuşken erkeklerde de en düşük değerse ocak ayında ($GSI=1,08\pm0,429$) tahmin edilmiştir. Gonadosomatik indeksin dişilerde en yüksek olduğu ay temmuz ($GSI=4,69\pm3,894$), erkeklerde de temmuz ayı ($GSI=4,69\pm3,894$) olarak tespit edilmiştir. Bu yıl için dişi ve erkek bireylerin aylık GSI dağılımları Şekil 31’de verilmiştir.

Bu yıl için aylık erkek ve dişi GSI değerleri arasında Tukey testi uygulanmıştır. Test sonucu olarak erkelerde ($F_{(sd:11)}=41,327$; $p=0,0001$), ve dişilerde de ($F_{(sd:11)}=33,840$; $p=0,0001$) haziran ve temmuz ayları diğer ayların tümünden farklılık göstermiştir.

Tablo 16. İlk yıl örneklenen hamsilerin cinsiyetlere göre aylık GSİ değerleri

Cinsiyet/Yıllar	Aylar	Frekans	Gonad Ağ.±SS	Ort. Ağ.±SS	GSİ±SS
Dişi 2020-2021	Eyl.20	78	0,19±0,203	5,95±2,053	2,80±2,073
	Eki.20	86	0,12±0,070	7,48±1,683	1,59±0,573
	Kas.20	60	0,14±0,139	8,07±3,288	1,45±0,913
	Ara.20	156	0,10±0,070	7,61±2,606	1,25±0,484
	Oca.21	103	0,11±0,116	7,70±3,181	1,18±0,864
	Şub.21	143	0,11±0,104	6,83±2,347	1,63±1,082
	Mar.21	119	0,20±0,195	7,96±2,845	2,19±1,386
	Nis.21	120	0,24±0,193	7,81±2,297	2,78±1,549
	May.21	85	0,26±0,318	6,71±2,294	3,34±2,859
	Haz.21	60	0,42±0,431	8,15±2,556	4,58±3,945
	Tem.21	75	0,35±0,401	6,18±2,619	4,69±3,894
	Ağu.21	77	0,22±0,203	6,97±2,127	2,90±1,871
	Top./Ort.	1162	0,21±0,203	7,28±2,491	2,53±1,791
Erkek 2020-2021	Eyl.20	73	0,14±0,146	5,08±1,768	2,25±1,691
	Eki.20	82	0,10±0,070	6,59±2,161	1,36±0,588
	Kas.20	59	0,09±0,081	6,72±2,456	1,13±0,612
	Ara.20	157	0,08±0,062	6,34±2,811	1,11±0,479
	Oca.21	115	0,07±0,045	6,18±2,755	1,08±0,429
	Şub.21	134	0,10±0,116	5,88±2,059	1,42±1,121
	Mar.21	136	0,14±0,134	6,36±2,866	1,81±1,057
	Nis.21	102	0,19±0,138	6,8±2,381	2,55±1,130
	May.21	86	0,20±0,213	5,93±1,918	2,97±2,106
	Haz.21	56	0,29±0,283	6,51±2,953	3,84±2,592
	Tem.21	71	0,26±0,265	5,59±2,242	3,89±2,839
	Ağu.21	66	0,18±0,187	6,20±1,766	2,62±1,925
	Top./Ort.	1137	0,15±0,145	6,18±2,345	2,17±1,381

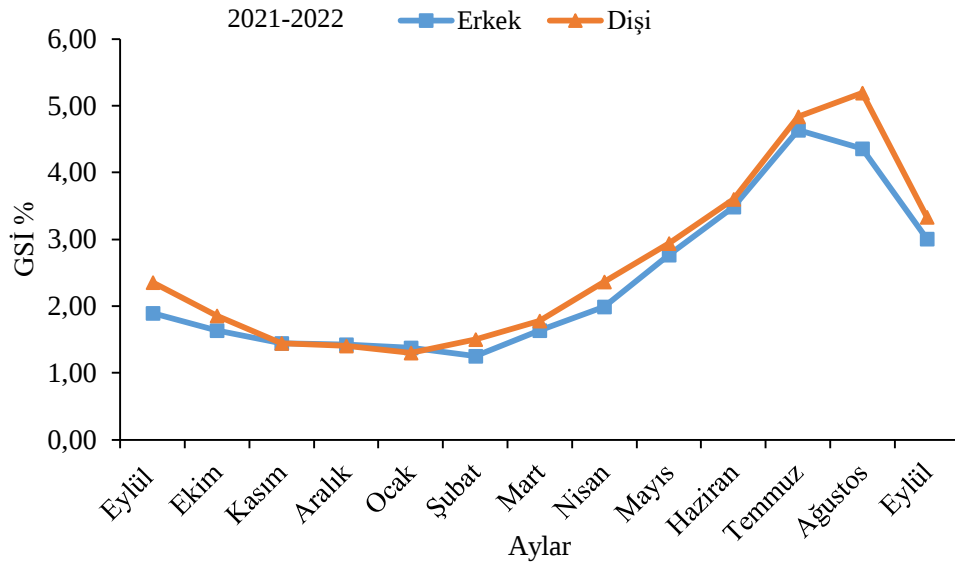


Şekil 31. İlk yıl örneklerinde aylık gonadasomatik indeks dağılımları

İkinci yıla ait (Eylül 2021-Eylül 2022) hamsi balığı için yapılan örneklemelerden dişi ve erkekler için aylık olarak hesaplanan GSİ değerleri Tablo 17’de sunulmuştur. Bu veriler dikkate alındığında bu yılda dişilerde en düşük GSİ değeri ($GSİ = 1,30 \pm 0,837$) ocak ayında, erkeler için ise ($GSİ = 25 \pm 0,591$) şubat ayında tespit edilmiştir. En yüksek değerler ise dişilerde ağustos ayında ($GSİ = 5,19 \pm 3,571$) erkeklerde ise temmuz ayında ($GSİ = 4,63 \pm 2,503$) tahmin edilmiştir (Şekil 32). İkinci yıl için aylık erkek ve dişi GSİ değerleri arasında ayrı ayrı uygulanan Tukey testi sonucunda; erkelerde ($F_{(sd:12)} = 74,817$; $p = 0,0001$) mayıs, haziran, temmuz, ağustos ayları farklılık gösterirken, dişilerde ise ($F_{(sd:11)} = 68,106$; $p = 0,0001$) haziran, temmuz ve ağustos ayları farklılık göstermiştir.

Tablo 17. İkinci yıl örneklenen hamsilerin cinsiyetlere göre aylık GSİ değerleri

Cinsiyet/Yıllar	Aylar	Frekans	Gonad Ağ.±SS	Ort. Ağ.±SS	GSİ±SS
Dişi 2021-2022	Eyl.21	89	0,20±0,194	7,46±2,978	2,35±1,298
	Eki.21	102	0,16±0,138	7,80±2,544	1,86±0,916
	Kas.21	113	0,14±0,096	8,87±2,921	1,45±0,612
	Ara.21	142	0,12±0,073	8,22±2,340	1,40±0,483
	Oca.22	157	0,12±0,117	7,93±2,160	1,30±0,837
	Şub.22	161	0,12±0,083	7,42±2,123	1,51±0,514
	Mar.22	121	0,17±0,130	9,01±2,823	1,78±0,779
	Nis.22	130	0,21±0,114	8,60±2,290	2,37±0,775
	May.22	94	0,24±0,191	7,55±2,406	2,94±1,520
	Haz.22	70	0,37±0,319	9,71±2,228	3,60±2,465
	Tem.22	62	0,43±0,383	8,13±2,497	4,83±2,998
	Ağu.22	71	0,44±0,419	7,74±2,317	5,19±3,571
	Eyl.22	42	0,27±0,170	7,84±2,302	3,33±1,541
	Top./Ort.	1354	0,23±0,190	8,17±2,460	2,61±1,410
Erkek 2021-2022	Eyl.21	83	0,14±0,135	6,30±2,575	1,89±1,110
	Eki.21	107	0,12±0,107	6,79±2,235	1,63±0,852
	Kas.21	111	0,12±0,084	7,86±2,515	1,44±0,526
	Ara.21	147	0,12±0,071	7,90±2,349	1,42±0,440
	Oca.22	135	0,11±0,068	7,34±2,233	1,38±0,464
	Şub.22	134	0,10±0,084	7,38±2,092	1,25±0,591
	Mar.22	124	0,14±0,109	8,00±2,429	1,63±0,755
	Nis.22	117	0,16±0,112	7,88±2,746	1,99±0,694
	May.22	97	0,22±0,170	7,24±2,362	2,77±1,235
	Haz.22	60	0,32±0,248	8,73±2,278	3,49±1,849
	Tem.22	63	0,39±0,314	7,90±2,452	4,63±2,503
	Ağu.22	66	0,37±0,347	7,67±2,306	4,35±2,895
	Eyl.22	33	0,17±0,110	7,07±2,315	3,01±1,324
	Top./Ort.	1277	0,19±0,154	7,55±2,381	2,38±1,170



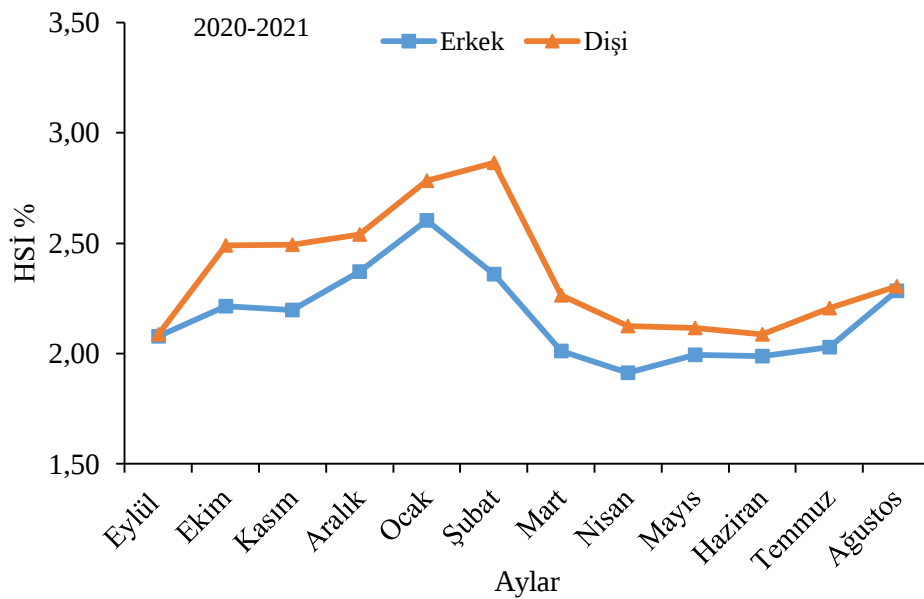
Şekil 32. İkinci yıl örneklerinde aylık gonadasomatik indeks dağılımları

3.4.2. Hepatosomatik İndeks (HSİ)

İlk yılda (Eylül 2020-Ağustos 2021) elde edilen örneklerden metotta belirlenen yöntemle aylık hepatosomatik indeksler (HSİ) dişi ve erkek olarak hesaplanmıştır (Tablo 18). Bu yılda hepatosomatik indeksin dişilerde en düşük olduğu ay eylül ($2,09 \pm 1,604$) ayı, erkeklerde ise haziran ayı ($1,91 \pm 1,469$) olduğu tahmin edilmiştir. Diğer taraftan dişi ve erkeklerde hepatosomatik indeksin en yüksek olduğu aylar sırasıyla şubat ($2,86 \pm 1,383$) ve ocak ($2,60 \pm 1,148$) ayları olduğu belirlenmiştir (Şekil 33). Aylık dişi ve erkek HSİ değerleri arasında Tukey testi uygulanmıştır. Test sonucu dişilerde HSİ'si en yüksek olan şubat ayı HSİ'si en düşük olan eylül, nisan, mayıs ve haziran aylarından ($F_{(sd:11)}=3,579$; $p=0,0001$) farklılık göstermiştir. Erkeklerde ise HSİ'si en yüksek olan ocak ayı HSİ'si en düşük olan Nisan ayından ($F_{(sd:11)}=2,058$; $p=0,021$) farklılık göstermiştir.

Tablo 18. İlk yıl örneklenen hamsilerin cinsiyetlere göre aylık HSI değerleri

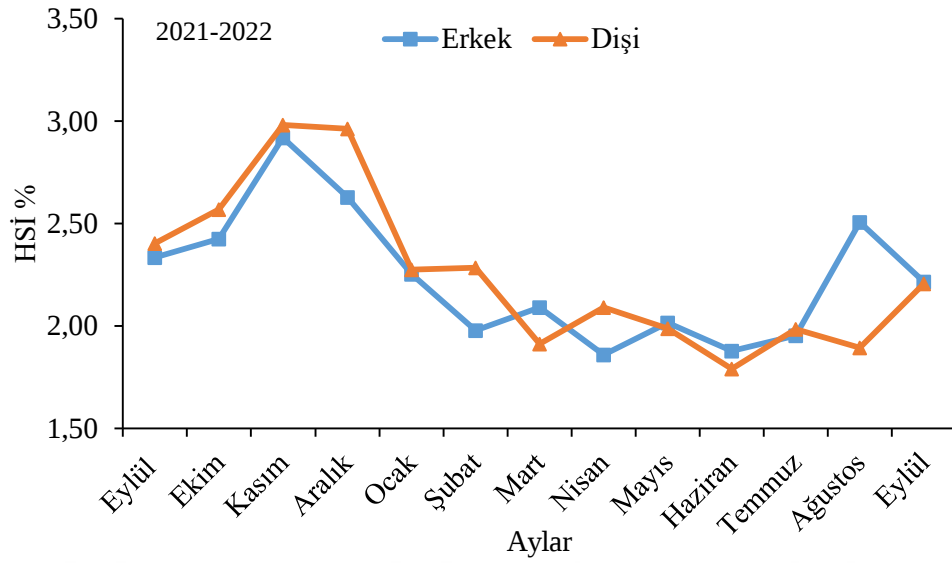
Cinsiyet/Yıllar	Aylar	Frekans	Karaciğer Ağ.±SS	Ort. Ağ.±SS	HSİ±SS
Dişi 2020-2021	Eyl.20	78	0,15±0,160	5,95±2,053	2,09±1,604
	Eki.20	86	0,20±0,162	7,48±1,683	2,49±1,615
	Kas.20	60	0,24±0,221	8,07±3,288	2,49±1,535
	Ara.20	156	0,22±0,186	7,61±2,606	2,54±1,499
	Oca.21	103	0,25±0,221	7,70±3,181	2,78±1,737
	Şub.21	143	0,22±0,176	6,83±2,347	2,86±1,383
	Mar.21	119	0,20±0,184	7,96±2,845	2,26±1,260
	Nis.21	120	0,19±0,190	7,81±2,297	2,12±1,614
	May.21	85	0,16±0,176	6,71±2,294	2,12±1,533
	Haz.21	60	0,19±0,171	8,15±2,556	2,09±1,347
	Tem.21	75	0,16±0,156	6,18±2,619	2,20±1,212
	Ağu.21	77	0,18±0,156	6,97±2,127	2,31±1,245
	Top./Ort.	1162	0,19±0,182	7,28±2,491	2,36±1,477
Erkek 2020-2021	Eyl.20	73	0,12±0,137	5,08±1,768	2,08±2,059
	Eki.20	82	0,16±0,138	6,59±2,161	2,21±1,193
	Kas.20	59	0,18±0,200	6,72±2,456	2,20±1,643
	Ara.20	157	0,17±0,138	6,34±2,811	2,37±1,069
	Oca.21	115	0,18±0,143	6,18±2,755	2,60±1,148
	Şub.21	134	0,16±0,185	5,88±2,059	2,36±1,930
	Mar.21	136	0,16±0,179	6,36±2,866	2,01±1,490
	Nis.21	102	0,15±0,166	6,83±2,381	1,91±1,469
	May.21	86	0,14±0,156	5,93±1,918	1,99±1,662
	Haz.21	56	0,15±0,145	6,51±2,953	1,99±1,189
	Tem.21	71	0,13±0,140	5,59±2,242	2,03±1,249
	Ağu.21	66	0,16±0,137	6,20±1,766	2,28±1,364
	Top./Ort.	1137	0,16±0,163	6,18±2,340	2,17±1,461

**Şekil 33.** İlk yıl örneklerinde aylık hepatosomatik indeks dağılımları

İkinci yıl için yapılan örneklemlerden hamsinin aylık HSI değerleri cinsiyetlerine göre aylık olarak hesaplanmıştır (Tablo 19). Elde edilen aylık değerler göz önüne alındığı zaman dişi ve erkeklerde en düşük değerler sırasıyla her iki cinsiyet için nisan ayı ($1,91 \pm 1,469$, $=1,88 \pm 0,980$) olarak belirlenmiştir. Bu yıl için aylık HSI dağılımlar Şekil 34’de verilmiştir.

Tablo 19. İkinci yıl örneklenen hamsilerin cinsiyetlere göre aylık HSI değerleri

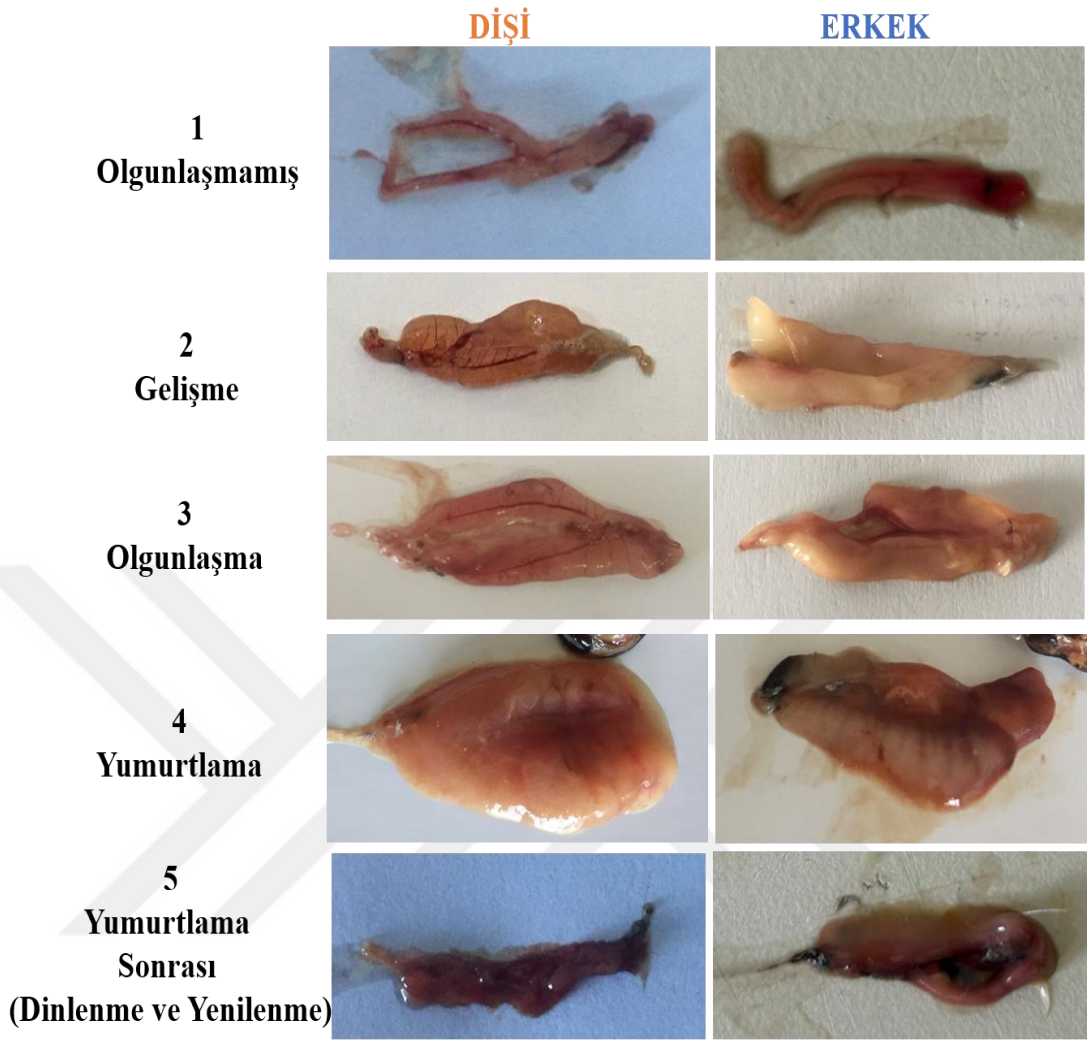
Cinsiyet/Yıllar	Aylar	Frekans	Karaciğer Ağ.±SS	Ort. Ağ.±SS	HSİ±SS
Dişi 2020-2021	Eyl.20	73	0,12±0,137	5,08±1,768	2,08±2,059
	Eki.20	82	0,16±0,138	6,59±2,161	2,21±1,193
	Kas.20	59	0,18±0,200	6,72±2,456	2,20±1,643
	Ara.20	157	0,17±0,138	6,34±2,811	2,37±1,069
	Oca.21	115	0,18±0,143	6,18±2,755	2,60±1,148
	Şub.21	134	0,16±0,185	5,88±2,059	2,36±1,930
	Mar.21	136	0,16±0,179	6,36±2,866	2,01±1,490
	Nis.21	102	0,15±0,166	6,83±2,381	1,91±1,469
	May.21	86	0,14±0,156	5,93±1,918	1,99±1,662
	Haz.21	56	0,15±0,145	6,51±2,953	1,99±1,189
	Tem.21	71	0,13±0,140	5,59±2,242	2,03±1,249
	Ağu.21	66	0,16±0,137	6,20±1,766	2,28±1,364
	Top./Ort.	1137	0,16±0,163	6,18±2,340	2,17±1,461
Erkek 2021-2022	Eyl.21	83	0,18±0,200	6,30±2,575	2,34±1,580
	Eki.21	107	0,12±0,107	6,79±2,235	2,43±1,430
	Kas.21	111	0,25±0,204	7,86±2,515	2,92±1,618
	Ara.21	147	0,22±0,139	7,90±2,349	2,63±0,942
	Oca.22	135	0,18±0,157	7,34±2,233	2,25±1,342
	Şub.22	134	0,16±0,152	7,38±2,092	1,98±1,246
	Mar.22	124	0,18±0,151	8,00±2,429	2,09±1,085
	Nis.22	117	0,17±0,137	7,88±2,746	1,86±0,986
	May.22	97	0,16±0,118	7,24±2,362	2,02±0,815
	Haz.22	60	0,18±0,129	8,73±2,278	1,88±0,980
	Tem.22	63	0,16±0,102	7,90±2,452	1,95±0,693
	Ağu.22	66	0,20±0,132	7,67±2,306	2,51±0,934
	Eyl.22	33	0,22±0,142	7,07±2,315	2,22±0,768
	Top./Ort.	1277	0,18±0,141	7,55±2,380	2,25±1,119



Şekil 34. İkinci yıl örneklerinde aylık hepatosomatik indeks dağılımları

3.4.3. Makroskopik Uygulamalarla Gonadların Safhalandırılması

Bu çalışmada, elde edilen hamsi gonadları metot kısmında belirtilen kriterlere göre makroskopik olarak beş safhada (Olgunlaşmamış I, Gelişme II, Olgun: yumurtlama başlangıcı III, Yumurtlama IV, Yumurtlama sonrası: dinlenme ve yenilenme V) değerlendirilmiştir. Alınan gonad örnekleri dişi ve erkek olarak tasnif edildikten sonra gonadlar görünümüne göre safhalandırılarak görselleştirilmiş ve Şekil 35’de sunulmuştur.



Şekil 35. Hamsi gonad safhalarının makroskopik görünümü

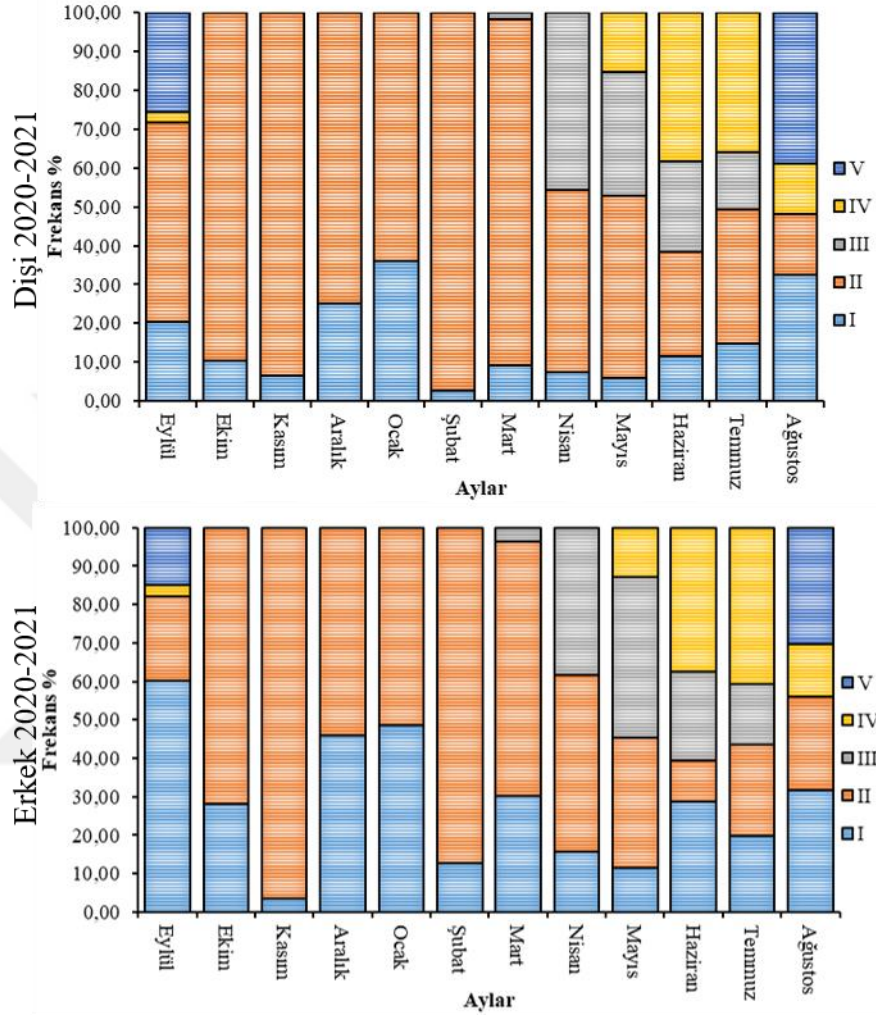
Çalışmada her iki yıl için dişi ve erkek bireylerin gonadlarında aylık olarak yapılan makroskopik safhalandırma sonucunda bireylerin sayısal olarak olgunluk safhalarında dağılımları Tablo 20’de verilmiştir.

Tablo 20. İlk yıla ait hamsi bireylerinin aylara göre gonad safhalarında dağılımı

		Gonad Safhaları					Toplam
Cinsiyet/Yıl	Aylar	I	II	III	IV	V	
		N	N	N	N	N	N
Dişi 2020-2021	Eylül	16	40		2	20	78
	Ekim	9	77				86
	Kasım	4	56				60
	Aralık	39	117				156
	Ocak	37	66				103
	Şubat	4	139				143
	Mart	11	106	2			119
	Nisan	9	56	55			120
	Mayıs	5	40	27	13		85
	Haziran	7	16	14	23		60
	Temmuz	11	26	11	27		75
	Ağustos	25	12		10	30	77
	<i>Toplam</i>	<i>177</i>	<i>751</i>	<i>109</i>	<i>75</i>	<i>50</i>	<i>1162</i>
Erkek 2020-2021	Eylül	44	16		2	11	73
	Ekim	23	59				82
	Kasım	2	57				59
	Aralık	72	85				157
	Ocak	56	59				115
	Şubat	17	117				134
	Mart	41	90	5			136
	Nisan	16	47	39			102
	Mayıs	10	29	36	11		86
	Haziran	16	6	13	21		56
	Temmuz	14	17	11	29		71
	Ağustos	21	16		9	20	66
	<i>Toplam</i>	<i>332</i>	<i>598</i>	<i>104</i>	<i>72</i>	<i>31</i>	<i>1137</i>

Bu yılda dişilerde döküm safhasında mayıs ayında 13 birey görülmüş haziran, temmuz, ağustos ve eylüle kadar bu safhada hamsi bireyleri bulunmuştur. Erkeklerde spermlerini döktükleri ilk ay mayıs ayı olduğu ve eylüle kadar devam ettiği tespit edilmiştir. Dişi hamsilerde gonad gelişim safhaları incelendiğinde I. ve II. safhanın yıl boyunca her ay bulunduğu ancak eylül-mart arasında daha yoğun olduğu görülmüştür. III. safhaya mart-temmuz ayları arasında, IV. Safhaya ise mayıs-eylül ayları arasında rastlanmıştır. V. Safha ise ağustos ve eylül aylarında bulunmuştur (Şekil 36). Erkek testislerinde makroskobik olarak ovaryum gelişim safhaları incelendiğinde I. ve II. safhanın tüm aylarda olduğu ve dişilere benzer bir şekilde sonbahar ve kış aylarında daha yoğun olduğu bulunmuştur. III. safha mart-temmuz

ayları arasında, IV. safha ise mayıs-eylül ayları arasında olduğu görülmüştür. V. safhaya ağustos ve eylül aylarında rastlanmıştır (Şekil 36).



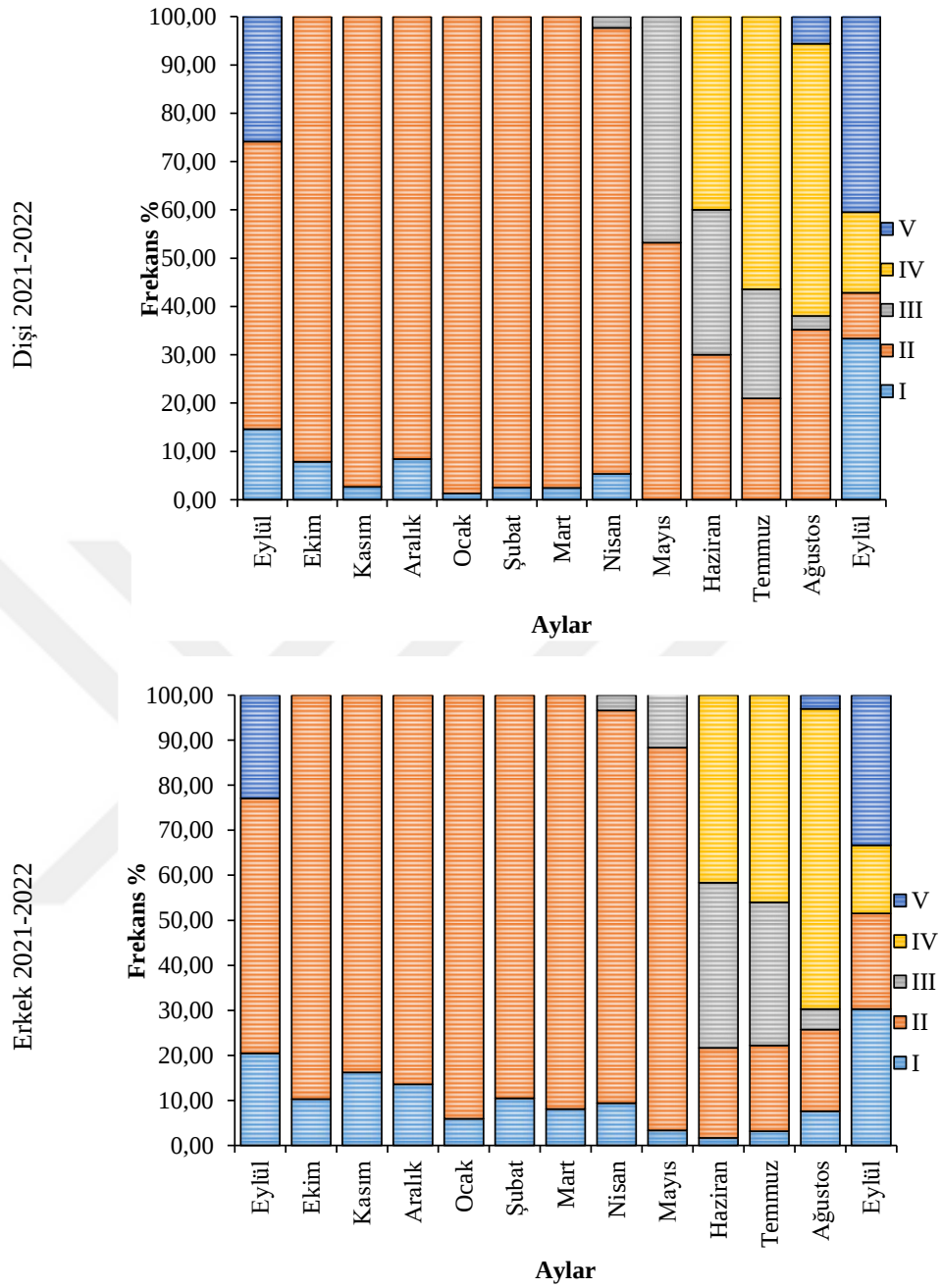
Şekil 36. İlk yılki örneklerin gonadlarının makroskopik safhalandırılması

Çalışmanın ikinci yılını kapsayan kısımda örneklemler, aylık olarak dişi ve erkek bireylerin gonad olgunluk safhalarının yanı sıra safhalardaki birey sayıları Tablo 21’de ortaya konulmuştur.

Tablo 21. İkinci yıla ait hamsi bireylerinin aylara göre gonad safhalarında dağılımı

		Gonad Safhaları					Toplam
Cinsiyet/Yıl	Aylar	I N	II N	III N	IV N	V N	
Dişi 2021-2022	Eylül	5	12			13	30
	Ekim	4	26				30
	Kasım	2	28				30
	Aralık	4	26				30
	Ocak	1	29				30
	Şubat	2	28				30
	Mart	2	28				30
	Nisan	1	29				30
	Mayıs		19	11			30
	Haziran		8	19	23		50
	Temmuz		4	10	36		50
	Ağustos		8	1	39	2	50
	Eylül	6	1		3	10	20
	<i>Toplam</i>	<i>27</i>	<i>246</i>	<i>41</i>	<i>101</i>	<i>25</i>	<i>440</i>
Erkek 2021-2022	Eylül	4	10			6	20
	Ekim	8	12				20
	Kasım	5	15				20
	Aralık	3	17				20
	Ocak	1	19				20
	Şubat	4	16				20
	Mart	1	19				20
	Nisan	2	16	2			20
	Mayıs	1	7	12			20
	Haziran		6	11	13		30
	Temmuz		5	9	16		30
	Ağustos	2	7	2	15	4	30
	Eylül	6	4		6	14	30
	<i>Toplam</i>	<i>37</i>	<i>153</i>	<i>36</i>	<i>50</i>	<i>24</i>	<i>300</i>

Dişi hamsilerde gonad gelişim safhaları incelendiğinde II. Safhanın her ay bulunduğu ancak sonbahar ve kış aylarında daha yoğun olduğu görülmüştür. III. safhaya nisan-ağustos ayları arasında, IV. safhanın ise haziran-eylül ayları arasında tespit edilmiştir. V. safhaya ise ağustos-eylül arası aylarında rastlanmıştır. (Şekil 39). Erkek testislerinin makroskobik gelişim safhaları incelendiğinde, I. safhanın temmuz ayı dışında her ay, II. safha ise tüm aylarda görülmüş ve dişilere benzer bir şekilde sonbahar ve kış aylarında daha yoğun olduğu bulunmuştur. III. safha mart-ağustos ayları arasında, IV. safha ise haziran-eylül ayları arasında görülürken V. safhaya ağustos-eylül aylarında rastlanmıştır. (Şekil 37).



Şekil 37. İkinci yılki örneklerin gonadlarının makroskopik safhalandırılması

3.4.4. Mikroskopik Uygulamalarla Gonadların Safhalandırılması

Mikroskopik düzeyde ovaryum safhalarının incelenmesi, ovaryumdaki oositlerde meydana gelen değişimleri daha gerçekçi takip ederek bırakılabilecek yumurta miktarının yanı sıra balıkların üreme dönemlerinin doğru şekilde belirlenmesini sağlar ve stok yönetimi açısından kritik biyolojik veri sunar. Mikroskopik analizler, gonad gelişim evrelerinin daha hassas sınıflandırılmasına

olarak tanıyarak, üreme başarısının değerlendirilmesinde önemli rol oynar (West, 1990).

Bu çalışmanın ilk yılında, 640 adet (360 dişi, 280 erkek) hamsi gonadlarından histolojik kesit alınmıştır. Her ay kesiti alınan gonadlar (dişi, erkek) safhalandırılmış ve her safhadaki birey sayısı belirlenmiştir (Tablo 22).

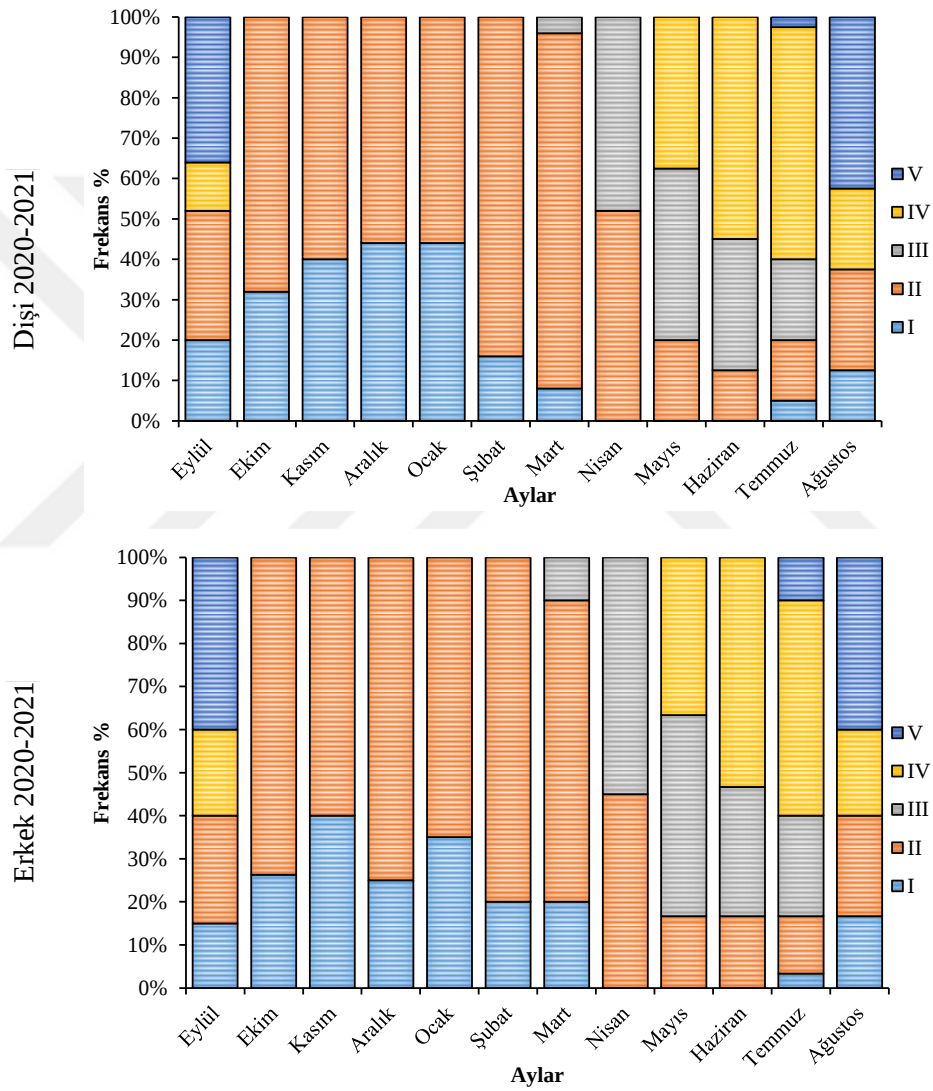
Tablo 22. İlk yıl örnekleri için mikroskopik safhalarda aylık birey sayısı

Cinsiyet	Aylar	I N	II N	III N	IV N	V N	Toplam N
Dişi 2020-2021	Eylül	5	8		3	9	25
	Ekim	8	17				25
	Kasım	10	15				25
	Aralık	11	14				25
	Ocak	11	14				25
	Şubat	4	21				25
	Mart	2	22	1			25
	Nisan		13	12			25
	Mayıs		8	17	15		40
	Haziran		5	13	22		40
	Temmuz	2	6	8	23	1	40
	Ağustos	5	10		8	17	40
	Toplam	58	153	51	71	27	360
Erkek 2020-2021	Eylül	3	5		4	8	20
	Ekim	5	14			1	20
	Kasım	8	12				20
	Aralık	5	15				20
	Ocak	7	13				20
	Şubat	4	16				20
	Mart	4	14	2			20
	Nisan		9	11			20
	Mayıs		5	14	11		30
	Haziran		5	9	16		30
	Temmuz	1	4	7	15	3	30
	Ağustos	5	7		6	12	30
	Toplam	42	119	43	52	24	280

Histolojik kesitlerden ovaryum evreleri incelendiğinde nisan, mayıs, haziran ayları hariç diğer aylarda olgunlaşmamış evre (I) bulunurken, gelişme evresi (II) araştırma boyunca tüm aylarda bulunmuştur. Yumurtlama başlangıcı (III) mart-temmuz arası ve yumurta dökümü evreleri (IV) mayıstan başlayarak eylüle kadar

ovaryumlarda görülmüştür. Dinlenme/yenilenme evresi (V) temmuz, ağustos, eylül aylarında tespit edilmiştir (Şekil 38).

Erkek testislerinde ise olgunlaşmamış evre (I) nisan, mayıs, haziran ayları hariç diğer aylarda belirlenmiştir. Gelişme evresi (II) tüm aylarda, başlangıç evresi (III) mart-temmuz arasında ve döküm evresi (IV) mayıs-eylül arası görülmüştür. Dinlenme/yenilenme evresi temmuz-eylül ayları arası tespit edilmiştir (Şekil 38).

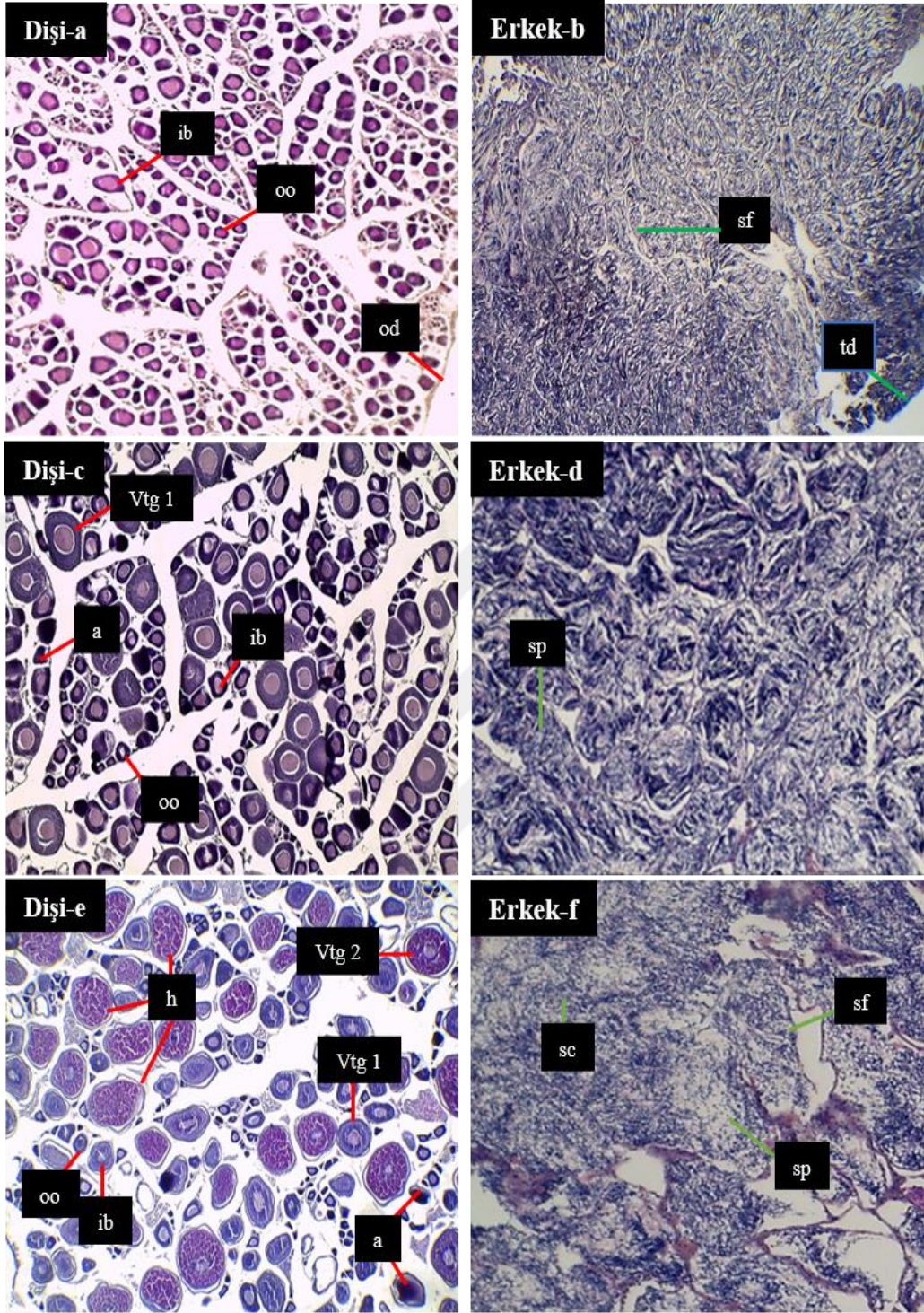


Şekil 38. İlk yılki örneklerin gonadlarının mikroskopik evrelendirmeleri

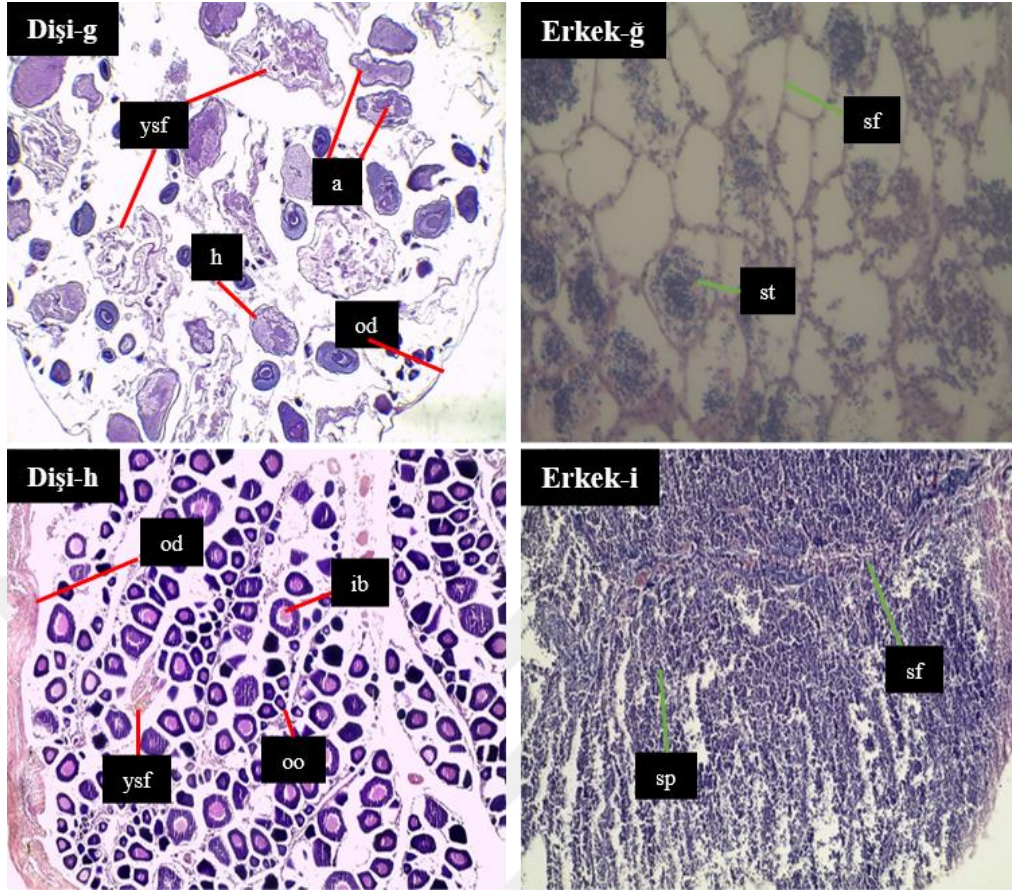
İlk yıl örneklemelerinde (Eylül 2020-Ağustos 2021) yapılan histolojik kesitler sonucu ovaryum ve testislerde beş gelişmiş evre (olgunlaşmamış I, gelişme

II, yumurta döküm başlangıç III, döküm IV, yenilenme/dinlenme V) tespit edilmiştir (Şekil 38). Eylül ile Mart ayları arasında dişi bireylerin ovaryumları olgunlaşmamış ve gelişme (Evre I-II) evrelerinde olduğu belirlenmiştir. Bu dönemde sitoplazmanın bazofilik özellik taşıdığı, oogonial hücrelerin küçük, çokgen formlarda olduğu ve ilk büyüme (ib) evresindeki oositlerin varlık gösterdiği tespit edilmiştir. Ovaryum duvarı (od) belirgin yapıdadır, çekirdek hacim olarak büyük olup ovaryum dokusunda henüz aktif bir gelişim gözlenmemiştir (Şekil 39a).

Erkek testisleri de eylül-mart ayları arasında olgunlaşmamış (I) ve gelişim (II) evrelerinde oldukları tespit edilmiştir. Bu dönemde seminifer tüplerinde spermatogonyumlar küçük ve yuvarlak, çoğunlukla çokgen şekilli olup, spermatositlerin ilk oluşumu gözlemlenmiştir. Bağ dokusu belirgindir ve seminal tüpler arasında düzenli bir yapı mevcuttur. Çekirdekler büyük ve belirgin olup, testis dokusunda henüz aktiflik gözlenmemiştir (Şekil 39b).



Şekil 39. Eylül 2020-Ağustos 2021 ayları arasındaki ovaryum ve oosit yapıları (40 x-10 x büyütme)



Şekil 39 (Devam). Eylül 2020-Ağustos 2021 ayları arasındaki ovaryum ve oosit yapıları (40 x-10 x büyütme),

(ib: ilk büyüme, oo:oogenium, od:ovaryum duvarı, vtg1-vtg2: vitellogenesisin birinci ve ikinci safhaları, a:atretik yapı h:hidartlı oosit, ysf: yumurtlama sonrası folikül, sf: seminifer tüpler, sp: spermatogonyumlar td: testis duvarı, sc: spermatositler)

Nisan ayına ait histolojik değerlendirmeler sonucunda, dişi bireylerin ovaryumlarında bağ doku yoğunluğunun azaldığı, sitoplazmik hacmin belirgin şekilde arttığı ve çekirdek çaplarında küçülme eğilimi görüldüğü tespit edilmiştir. Ayrıca, bazı oositlerde vitellogenesis sürecinin erken (Vtg1) ve orta (Vtg2) evrelerine özgü granül birikimlerinin başladığı gözlemlenmiştir. Bu bulgular doğrultusunda, incelenen ovaryumların gelişme (II) ve yumurta döküm başlangıç (III) evrelerinde bulunduğu değerlendirilmiştir (Şekil 39c).

Nisan ayında erkek bireylerin testislerinde bağ doku yoğunluğunun azaldığı, seminefir tüplerde (sf) hücresel hacmin belirgin şekilde arttığı ve spermatogenezle ilgili hücrelerin (spermatogonyumlar (sp) ve spermatositler (sc) büyüdüğü tespit edilmiştir. Ayrıca, bazı tüplerde spermatogenez sürecinin erken (spermatositlerin

ilk evresi) ve orta spermatidlerin (st) gelişimi) evrelerine özgü hücresel değişikliklerin başladığı gözlemlenmiştir. Bu bulgular doğrultusunda, incelenen testislerin gelişme (II) ve sperm döküm başlangıcı (III) evrelerinde bulundukları tahmin edilmiştir (Şekil 39d, 39f).

Mayıs ayına ait dişilerin ovaryumların histolojik kesitler incelendiğinde, bireylerin ovaryumlarında bulunan oositlerin büyük bir bölümünün vitellogeniz evrelerini (Vtg1, Vtg2, Vtg3 veya h) tamamladığını ve bazı bireylerde ovulasyonun başladığını (III) ortaya koymuştur. Bu döneme ait kesitlerde, yumurtlama sonrası folikül kalıntıları (IV) ile birlikte, dejenerasyona uğramış atretik (a) ve yapısal bütünlüğünü kaybetmiş oosite rastlanmıştır (Şekil 39e, 39g).

Mayıs ayında erkek bireylerin testislerinin histolojik kesitler dikkate alındığında spermatogenez evrelerinin büyük bir kısmının olgunlaşmaya başladığını ve bazı bireylerde sperm döküm sürecinin (III) başladığını göstermektedir. Bu dönemdeki kesitlerde, spermatogenez sonrası seminifer tüplerinde (sf) bozulmuş yapılarla birlikte, dejenerasyona uğramış ve yapısal bütünlüğünü kaybetmiş çok sayıda spermatozoid (st) gözlemlenmiştir (Şekil 39f, 39g).

Haziran, Temmuz, Ağustos ve Eylül aylarında ovaryum kesitleri incelendiğinde, oositlerin büyük çoğunluğunda vitellogenik evreden geçerek granülasyonun tamamlandığı belirlenmiştir. Bu dönemde, gonadların önemli bir kısmının yumurtlama başlangıcı (III), yumurta dökümü (IV) ve dinlenme/yenilenme (V) evrelerinde bulunduğu tespit edilmiştir. Ayrıca bu evrelerde atretik oositlere rastlanmıştır (Şekil 39e, 39g, 39h).

Erkek bireylerin histolojik kesitleri Haziran, Temmuz, Ağustos ve Eylül aylarında dikkate alındığında, spermatogenez sürecindeki spermatidlerin (st) çoğunluğunun olgunlaştığını ve spermatozoa (sz) üretiminin maksimum seviyeye ulaştığı tespit edilmiştir. Bu dönemde, testislerin önemli bir kısmının başlangıç evresi (III) ve yumurtlama (IV) aşamalarında bulunduğu belirlenmiştir. Bu süreçte bazı bireylerin testis dokularında yeniden yapılanma sürecine başladığı yani yumurtlama sonrası dinlenme/yenilenme (V) evresine geçişlerin başladığı tespit edilmiştir (Şekil 39f, 39g, 39i).

Araştırmanın ikinci yıl örneklemelerinde 740 adet (440 dişi, 300 erkek) hamsi gonadlarından histolojik kesit alınmıştır. Kesiti alınan gonadlar (dişi, erkek) her ay evrelendirilmiştir ve her evredeki birey sayısı belirlenmiştir (Tablo 23).

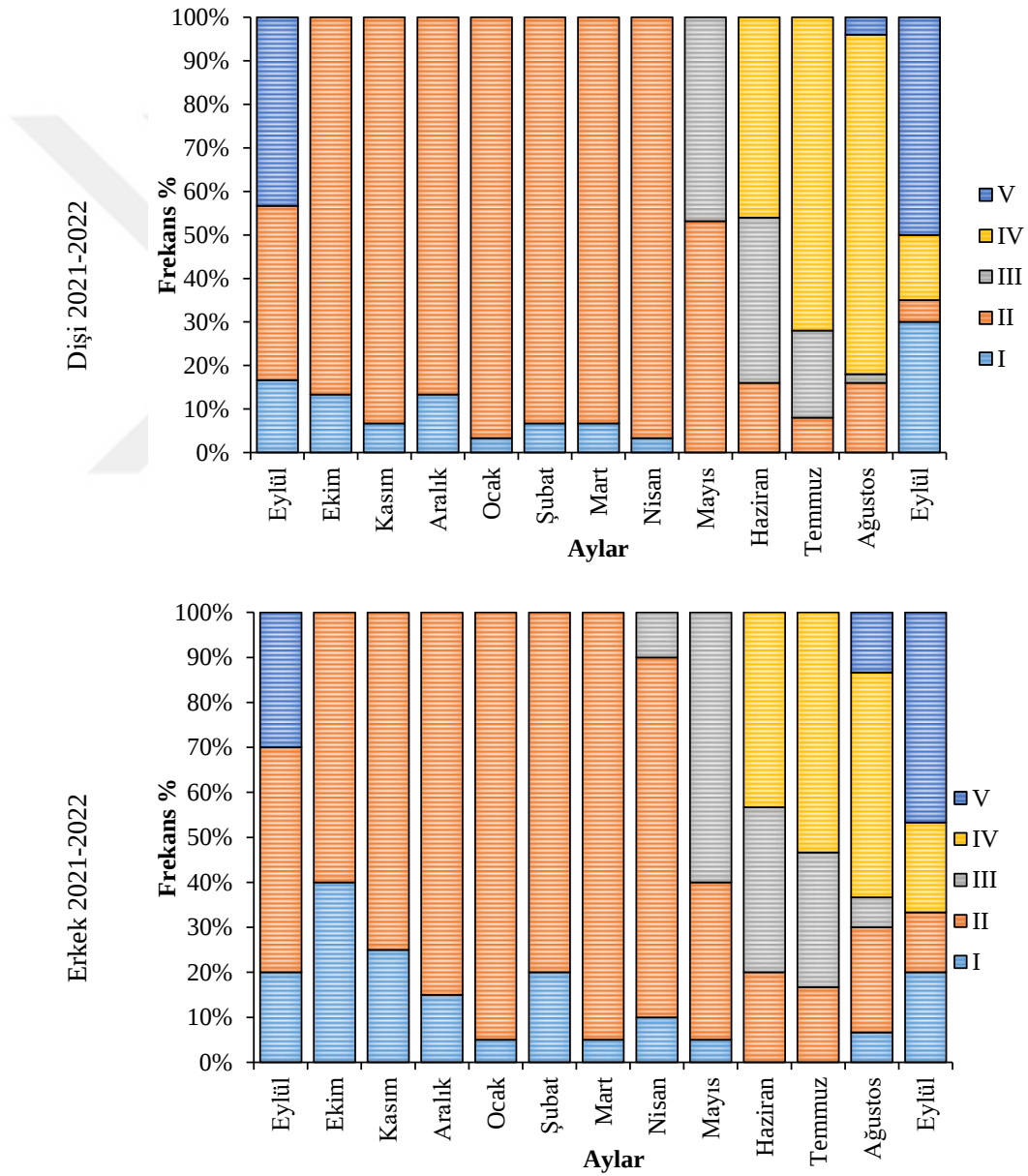
Tablo 23. İkinci yıl örnekleri için mikroskopik safhalarda aylık birey sayısı

		Gonad Evreleri					Toplam N
Cinsiyet/yıl	Aylar	I N	II N	III N	IV N	V N	
Dişi 2021-2022	Eylül	5	12			13	30
	Ekim	4	26				30
	Kasım	2	28				30
	Aralık	4	26				30
	Ocak	1	29				30
	Şubat	2	28				30
	Mart	2	28				30
	Nisan	1	29				30
	Mayıs		19	11			30
	Haziran		8	19	23		50
	Temmuz		4	10	36		50
	Ağustos		8	1	39	2	50
	Eylül	6	1		3	10	20
	<i>Toplam</i>	<i>27</i>	<i>246</i>	<i>41</i>	<i>101</i>	<i>25</i>	<i>440</i>
Erkek 2021-2022	Eylül	4	10			6	20
	Ekim	8	12				20
	Kasım	5	15				20
	Aralık	3	17				20
	Ocak	1	19				20
	Şubat	4	16				20
	Mart	1	19				20
	Nisan	2	16	2			20
	Mayıs	1	7	12			20
	Haziran		6	11	13		30
	Temmuz		5	9	16		30
	Ağustos	2	7	2	15	4	30
	Eylül	6	4		6	14	30
	<i>Toplam</i>	<i>37</i>	<i>153</i>	<i>36</i>	<i>50</i>	<i>24</i>	<i>300</i>

Ovaryum kesitlerinin evreleri incelendiğinde dişilerde Mayıs, Haziran, Temmuz, Ağustos ayları hariç diğer aylarda olgunlaşmamış evre (I) bulunurken gelişme evresi (II) çalışma boyunca tüm aylarda bulunmuştur. Yumurtlama başlangıcı (III) Mayıs-Ağustos arası ve yumurta dökümü evreleri (IV) Hazirandan

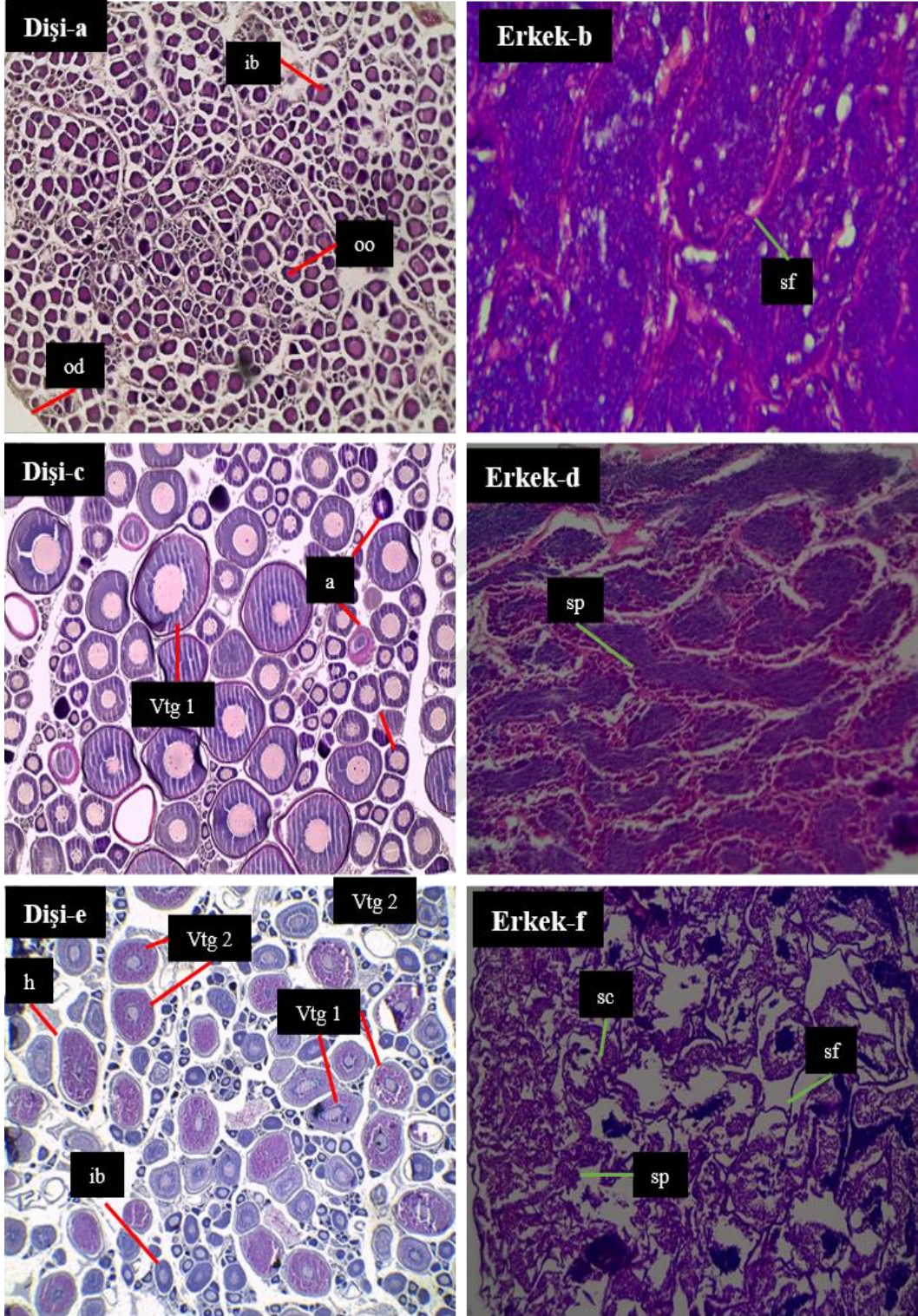
başlayarak eylüle kadar ovaryumlarda görülmüştür. Dinlenme/yenilenme evresi (V) ağustos ve eylül aylarında tespit edilmiştir (Şekil 40).

İkinci yılda testislerde ise olgunlaşmamış evre (I) haziran, temmuz ayları hariç diğer aylarda belirlenmiştir. Gelişme evresi (II) tüm aylarda, üreme başlangıç evresi (III) mayıs-ağustos arasında ve döküm evresi (IV) mayıs-eylül arası görülmüştür. Dinlenme/yenilenme evresi temmuz-eylül ayları arası tespit edilmiştir (Şekil 40).

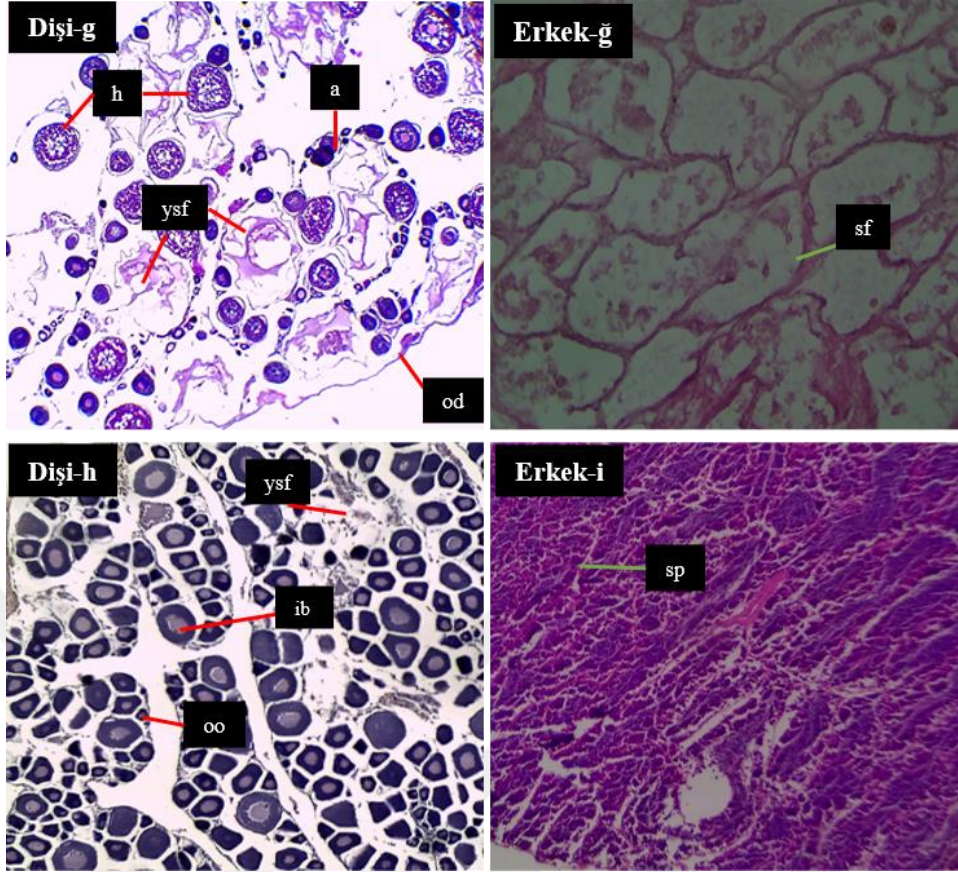


Şekil 40. İkinci yılki örneklemelerin gonadlarının mikroskopik evrelendirmeleri

İkinci yıl örneklemelelerinde (Eylül 2021-Eylül 2022) yapılan histolojik kesitler sonucu ilk yılda olduğu gibi ovaryum ve testislerde beş gelişmiş evre (olgunlaşmamış I, gelişme II, yumurta döküm başlangıç III, döküm IV, yenilenme/dinlenme V) belirlenmiştir (Şekil 41). Eylül ile Mart ayları arasında dişi bireylerin ovaryumları olgunlaşmamış (I) ve gelişme (II) evrelerinde olduğu belirlenmiştir. Bu dönemde de oositlerdeki sitoplazmanın bazofilik özellik taşıdığı, oogonial hücrelerin küçük, çokgen formlarda olduğu ve ilk büyüme (İb) evresindeki oositlerin varlık gösterdiği tespit edilmiştir. Ovaryum duvarı (od) belirgin yapıdadır, çekirdek hacim olarak büyük olup ovaryum dokusunda henüz aktif bir gelişim gözlenmemiştir (Şekil 41a).



Şekil 41. Eylül 2021-Eylül 2022 ayları arasındaki ovaryum ve oosit yapıları (40 x-10 x büyütme)



Şekil 41 (Devam). Eylül 2021-Eylül 2022 ayları arasındaki ovaryum ve oosit yapıları (40 x-10 x büyütme)

(ib: ilk büyüme, oo:oogenium, od:ovaryum duvarı, vtg1-vtg2: vitellojenesisin birinci ve ikinci safhaları, a:atretik yapı h:hırtarlı oosit, ysf: yumurtlama sonrası folikül, sf: seminifer tüpler, sp: spermatogonyumlar td: testis duvarı, sc: spermatositler)

Eylül dahil mart ayına kadar hamsi bireylerinin erkek testislerin de olgunlaşmamış (I) ve gelişim (II) evreleri tespit edilmiştir. Seminifer tüplerinde spermatogonyumlar mevcut, çoğunlukla çokgen şekilli olup, spermatositlerde gözlemlenmiştir. Bağ dokusu belirgindir ve seminal tüpler arasında düzenli bir yapı mevcuttur. Oosit içerisinde büyük olan çekirdekler oldukça belirgin olup, testis dokusunda henüz aktiflik gözlenmemiştir (Şekil 41b).

İkinci yıl nisan ayı histolojik kesitleride, dişi bireylerin bağ dokunun ovaryumlarda azaldığı, oositteki stoplazmanın hacminin arttığı ve çekirdek çaplarında küçülmenin başladığı tespit edilmiştir. Bu dönemde bazı oositlerde vitellojenesis evrelerinin (Vtg1, Vtg2) ve granulasyonun başladığı gözlenmiştir. Bu

ayda, incelenen ovaryumların gelişme (II) ve yumurta döküm başlangıç (III) evrelerinde bulunduğu tespit edilmiştir (Şekil 41c, 41e).

Bu ayda (Nisan) erkek bireylerin testislerinde bağ doku yoğunluğunun azaldığı, seminefir tüplerde (sf) hücresel hacmin şekilde arttığı ve spermatogenezle ilgili hücrelerin spermatogonyumlar (sp) ve spermatositler (sc) büyüdüğü tespit edilmiştir. Bazı seminefir tüplerde spermatogenez sürecinin erken (spermatositlerin ilk evresi) ve orta (spermatidlerin (st) gelişimi) evrelerine özgü hücresel değişikliklere rastlanmıştır. Bu aydaki hamsi bireylerin testisleri gelişme (II) ve sperm döküm başlangıcı (III) evrelerinde bulundukları gözlemlenmiştir (Şekil 41d, 41f).

Mayıs'taki dişi hamsi bireylerinin ovaryumlarının histolojik kesitler incelendiğinde, oositlerin büyük bir bölümünün vitellogenez evrelerini (Vtg1, Vtg2, Vtg3 veya H) tamamladığını ve bazı bireylerde yumurtlamanın (ovulasyonun) başladığı (evre III) ortaya konuştur. Bu döneme ait kesitlerde, yumurtlama sonrası foliküllere (evre IV) ve atretik (a) yapılarla rastlanmıştır (Şekil 41e, 41g).

Mayıs ayında erkek bireylerin testislerinin histolojik kesitler dikekte alındığında spermatogenez evrelerinin büyük bir kısmının olgunlaşmaya başladığı ve bazı bireylerin sperm döküm sürecine (III) girdiği görülmüştür. Bu dönemdeki kesitlerde, spermatogenez sonrası seminefir tüplerinde (sf) bozulmuş yapılarla birlikte, dejenerasyona uğramış ve yapısal bütünlüğünü kaybetmiş çok sayıda spermatosit (st) gözlemlenmiştir (Şekil 41f, 41g).

İkinci yıla ait Haziran, Temmuz, Ağustos ve Eylül aylarındaki ovaryumlarda, oositlerin büyük çoğunluğunda vitellogenik evrede ve granülasyonun tamamlandığı belirlenmiştir. Bu süreçte, gonadların önemli bir kısmının yumurtlama başlangıcı (III), yumurta dökümü (IV) ve dinlenme/yenilenme (V) evrelerinde bulunduğu tespit edilmiştir. Ayrıca bu evrelerde atretik oositlere rastlanmıştır (Şekil 41e, 41g, 41h).

Erkek bireylerin histolojik kesitleri Haziran, Temmuz, Ağustos ve Eylül aylarında dikkate alındığında, spermatogenez sürecindeki spermatidlerin (st) çoğunluğunun olgunlaştığını ve spermatozoa (sz) üretiminin maksimum seviyeye ulaştığı tespit edilmiştir. Bu dönemde, testislerin önemli bir kısmının başlangıç evresi (III) ve yumurtlama (IV) aşamalarında bulunduğu belirlenmiştir. Ayrıca bazı bireylerde testis dokularının yeniden yapılanma sürecine girdiği ve yumurtlama

sonrası dinlenme/yenilenme (V) evresine geçişlerin başladığı gözlemlenmiştir (Şekil 41f, 41g, 41i).

3.4.5. Yumurta Verimliliği (Fekondite)

Araştırmada iki yıllık örneklemlerden çok batınlı (kısmi) üreyen hamsi balığının üreme dönemlerinde elde edilen örnek bireylerden yumurta verimliliği tahmin edilmiştir. Çalışmada üreme dönemi boyunca aylık kısmi fekonditeler (Fk) ve bağıl fekonditeler (Fb) hesaplanmıştır (Tablo 24).

Çalışmanın ilk yılında üreme döneminde yumurta verimliliğini tespit etmek için farklı boy gruplarından oluşan 35 adet ovaryumdan yararlanılmıştır. Alınan örnekler arasında en büyük boya sahip balık mayıs ayında 13,7 cm ve 13,86 g olup kısmi fekonditesi $F_k=5658$ hidratlı yumurta ve bağıl fekondite $F_b=408,19$ hidratlı yumurta/g olarak tahmin edilmiştir. En küçük boya sahip balık ise temmuz ayında 8,9 cm ve 5,16 g olup kısmi fekonditesi $F_k=1331$ adet hidratlı yumurta, bağıl fekondite ise $F_b=258,02$ hidratlı yumurta/g olarak hesaplanmıştır. İncelenen örnekler arasında yumurta verimi en yüksek olan birey, (13,2 cm ve 13,80 g) temmuz ayında $F_k=15115$ adet hidratlı yumurta, $F_b=1095,3$ hidratlı yumurta/g belirlenmiştir. Üreme dönemi boyunca ortalama kısmi yumurta verimi $F_k=4180,99\pm3572,214$ hidratlı yumurta ve bağıl fekondite $F_b=477,64\pm303,92$ hidratlı yumurta/g olarak tespit edilmiştir (Tablo 24).

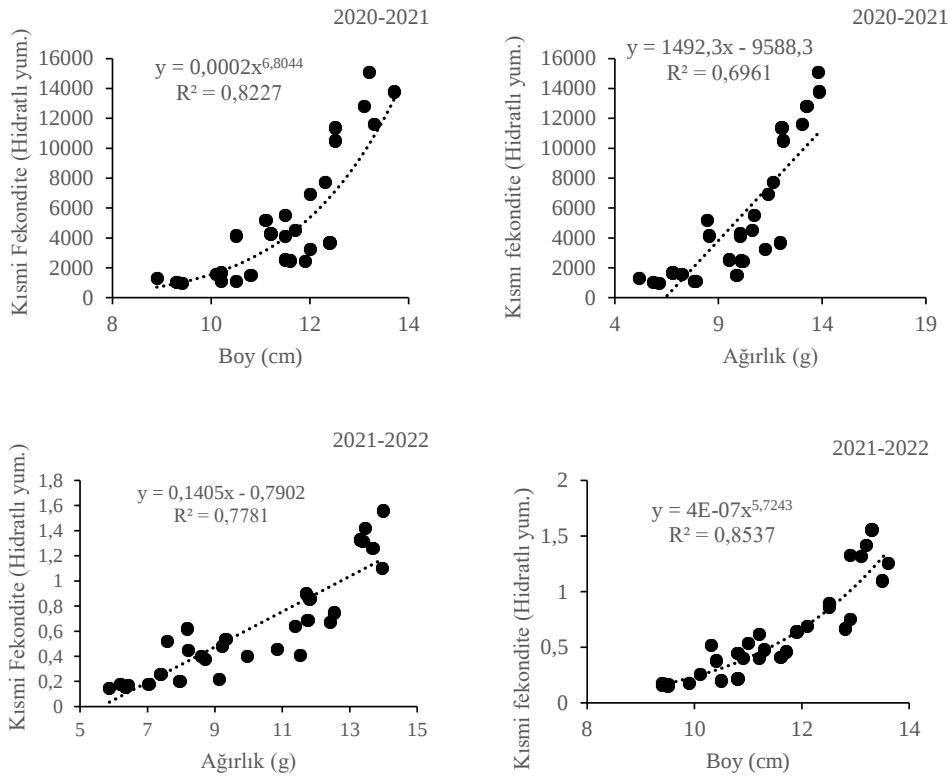
Araştırmanın ikinci yılında elde edilen en büyük bireyin haziran ayında (13,6 cm ve 13,67 g) bulunduğu, kısmi fekonditesi $F_k=6124$ hidratlı yumurta ve bağıl fekonditesi $F_b=447,95$ hidratlı yumurta/g tahmin edilmiştir. Bu yılda en küçük bireyin temmuz ayında tespit edilmiş olup boyu 9,4 cm, ağırlığı 6,18 g, kısmi fekonditesi $F_k=1278$ hidratlı yumurta ve bağıl fekonditesi ise $F_b=206,79$ hidratlı yumurta/g olarak hesaplanmıştır. Üreme dönemi içerisinde incelenen örnekler arasında en yüksek yumurta verimine sahip birey 13,3 cm boy ve 13,98 g ağırlığında olup, temmuz ayında kısmi fekonditesi $F_k=12854$ hidratlı yumurta ve bağıl fekonditesi $F_b=919,48$ hidratlı yumurta/g olarak belirlenmiştir. Üreme dönemi boyunca ortalama kısmi yumurta verimi $F_k=3882,17\pm3246,58$ hidratlı yumurta ve bağıl fekondite $F_b=352,36\pm223,96$ hidratlı yumurta/g olarak tespit edilmiştir (Tablo 24). İlk yılda temmuz'da ikinci yılda ağustos ayında kısmi yumurta ve bağıl yumurta

verimlilikleri pik yapsada, her ki yılın ayları arasında yapılan Tukey testi sonucu farkın önemli olmadığı tahmin edilmiştir ($p>0,05$).

Tablo 24. Üreme dönemi boyunca aylara göre fekonditeler

Yıllar	Aylar	Kısmi Fekondite (Fk)	Bağlı Fekondite (Fb)
2020-2021	Mayıs	3509,82±1193,07	300,96±58,40
	Haziran	4877,3±4192,78	437,05±306,85
	Temmuz	5401,98±4686,05	518,22±311,74
	Ağustos	2371,65±1706,15	263,04±100,96
	Ortalama	4180,99±3572,21	393,25±249,83
2021-2022	Haziran	2436,96±1900,99	202,83±123,56
	Temmuz	4726,16±4024,85	428,01±249,05
	Ağustos	5277,64±3612,69	493,96±230,79
	Eylül	2293,68±788,76	216,92±43,26
	Ortalama	3882,17±3246,58	352,36±223,96

Araştırmada birinci yıl (Eylül 2020-Ağustos 2021) ve II. Yıl (Eylül 2020 – Eylül 2021) üreme dönemlerinde yapılan örneklemeler sonucu elde edilen kısmi fekondite-boy, kısmi fekondite-ağırlık ilişkileri Şekil 42’de verilmiştir.



Şekil 42. Kısmi fekondite-boy ve kısmi fekondite-ağırlık ilişkileri

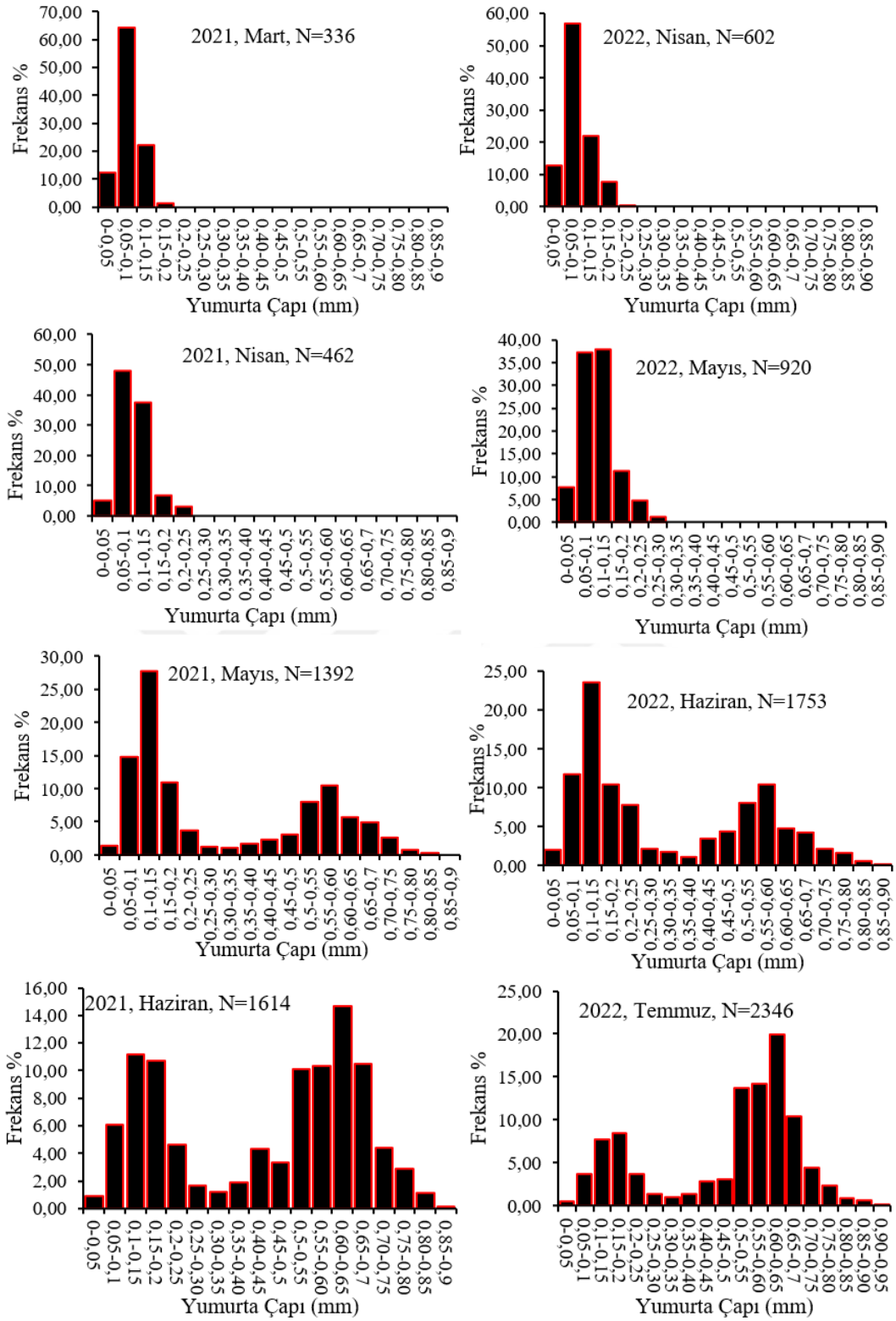
3.4.6. Yumurta apları

Bu çalışmada, üreme döneminde, öncesinde ve sonrasında yumurta çapları her yıl için ayrı ayrı ölçülmüştür. Yumurta apı ölçümler ilk yıl için Mart 2021'den Eyll 2021 sonuna kadar, ikinci yıl için Nisan 2022'den Ekim 2022 sonuna kadar taze olarak gerçekleştirilmiştir (Tablo 25).

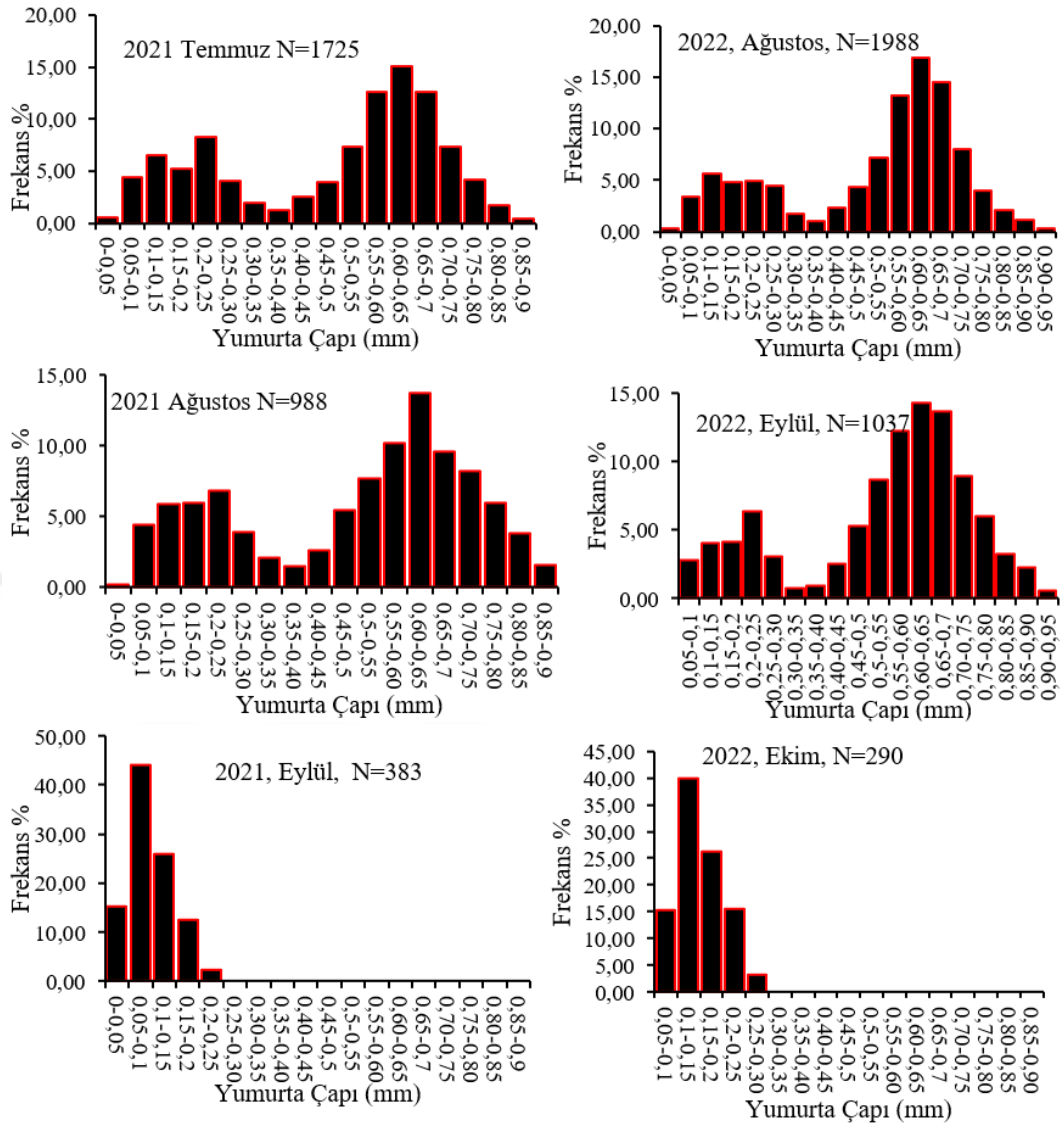
Tablo 25. Üreme dönemlerinde ölçülen aylık yumurta çapları

Yıllar	Aylar	Olgun Yumurta Sayısı (N)	Olgun Yumurta apı (mm) $\pm$ SS	Toplam Yumurta Sayısı(N)	Toplam Yumurta apı (mm) $\pm$ SS
2020-2021	Mart			336	0,08 $\pm$ 0,027
	Nisan			462	0,10 $\pm$ 0,038
	Mayıs	578	0,57 $\pm$ 0,105	1392	0,31 $\pm$ 0,228
	Haziran	1061	0,59 $\pm$ 0,111	1614	0,44 $\pm$ 0,231
	Temmuz	1259	0,60 $\pm$ 0,119	1725	0,48 $\pm$ 0,220
	Ağustos	748	0,61 $\pm$ 0,140	988	0,50 $\pm$ 0,229
	Eyll			383	0,10 $\pm$ 0,050
	<i>Toplam/Ort.</i>	<i>3646</i>	<i>0,59$\pm$0,119</i>	<i>6900</i>	<i>0,29$\pm$0,146</i>
2021-2022	Nisan			602	0,09 $\pm$ 0,036
	Mayıs			920	0,11 $\pm$ 0,048
	Haziran	785	0,55 $\pm$ 0,123	1753	0,32 $\pm$ 0,224
	Temmuz	1794	0,59 $\pm$ 0,106	2346	0,48 $\pm$ 0,211
	Ağustos	1609	0,60 $\pm$ 0,132	1988	0,51 $\pm$ 0,213
	Eyll	846	0,62 $\pm$ 0,126	1037	0,54 $\pm$ 0,210
	Ekim			290	0,10 $\pm$ 0,047
	<i>Toplam/Ort.</i>	<i>5034</i>	<i>0,59$\pm$0,122</i>	<i>8936</i>	<i>0,31$\pm$0,141</i>

Birinci yılda mart ve nisan aylarında olgun yumurta bulunmadığı için ölçülen yumurta çapları olgunlaşmamıştır ve bu aylardaki yumurta çapları (mart: 0,08 $\pm$ 0,027 mm; nisan:0,10 $\pm$ 0,038 mm) oldukça düşük bulunmuştur. Bu yılın üreme döneminde olgun yumurtalara mayıs (0,57 $\pm$ 0,105 mm) ayında rastlanırken yumurta çaplarının en yüksek olduğu ay ağustos (0,61 $\pm$ 0,140 mm) bulunmuştur. Ekim ayında ise yumurta çap oldukça düşmüş (ekim: 0,10 $\pm$ 0,050 mm) ve olgun yumurta bu ayda bulunmamıştır. Aylık yumurta çapı dağılımları şekil 43'te verilmiştir. Bu yılın aylık ölçülen toplam yumurta çapları arası yapılan test sonucu ($F_{(:0,05;sd:6)}=545,55$) farkın önemli olduğu ve bu farklılığı temmuz ve ağustos ayları oluşturduğu tahmin edilmiştir. Aylık olgun yumurtalar arası yapılan istatistiki analizde de ($F_{(:0,05;sd:3)}=16,201$) farklılığı mayıs ayının oluşturduğu tespit edilmiştir.



Şekil 43. Her iki yılın aylara göre yumurta çapı dağılımları

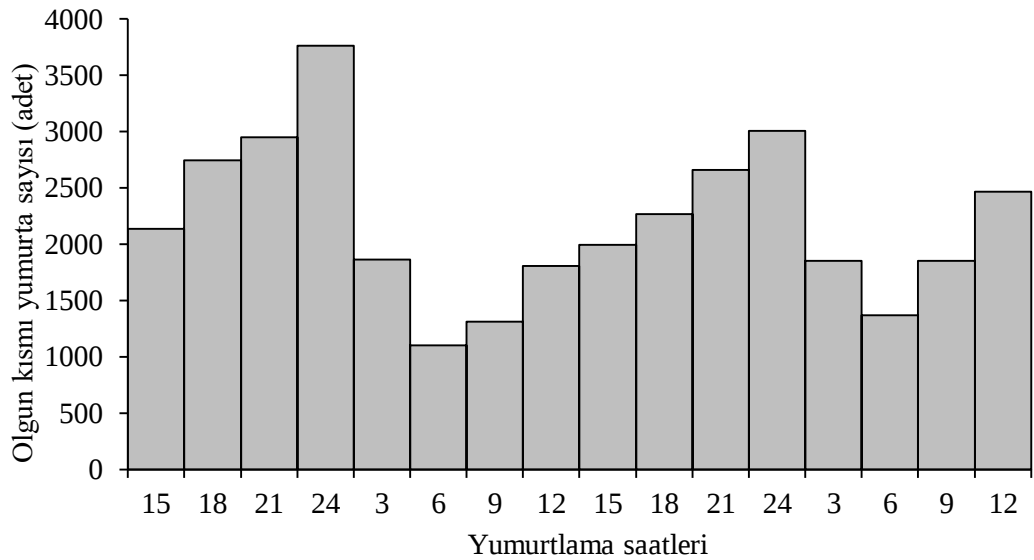


Şekil 43 (Devam). Her iki yılın aylara göre yumurta çapı dağılımları

İkinci yılda nisan ayında yumurtalar ölçülebilmemiş ve çapları ($0,09 \pm 0,036$ mm) olarak belirlenmiştir. İlk olgun yumurtalar haziran ($0,55 \pm 0,123$ mm) ayında belirlenirken en yüksek yumurta çapları eylül ayında ($0,62 \pm 0,126$ mm) tespit edilmiştir. Ekim ayında olgun yumurtaya rastlanmazken bu ayda yumurta çapları ($0,10 \pm 0,047$ mm) önemli, derecede küçülmüştür. Bu yılın aylık yumurta çapları dağılımları Şekil 45'te sunulmuştur. Bu yılda üreme döneminde aylık ölçülen toplam yumurta çapları arası yapılan test sonucu ($F_{(4;0,05;sd:6)} = 1052,35$) farkın önemli olduğu ve bu farklılığı temmuz, ağustos, eylül aylarının oluşturduğu tahmin edilmiştir. Ayrıca aylık olgun yumurtalar arası yapılan istatistiki analizde de ($F_{(4;0,05;sd:3)} = 16,201$) farklılığı haziran ve ekim ayları oluşturduğu tahmin edilmiştir.

3.4.7. Yumurta Bırakma Saatleri

Bu çalışmada hamsinin yumurta bıraktığı saat aralığını tespit etmek için 3 saat aralıklarla 48 saat boyunca örnekleme yapılmış ve örneklenen hamsilerin olgun yumurtaları sayılmıştır. Hamsilerin gonadlarında bulunan olgun yumurtaların saat 22:00'den sonra artış gözlenmiştir. Her iki günde olgun yumurtaların en çok olduğu saat 00:00 olarak bulunmuştur. Bu saatten sonra gonadlarda olgun yumurtaların sabah 06:00'ya kadar azaldığı, daha sonra ise tekrar artışa geçtiği gözlemlenmiştir (Şekil 44).

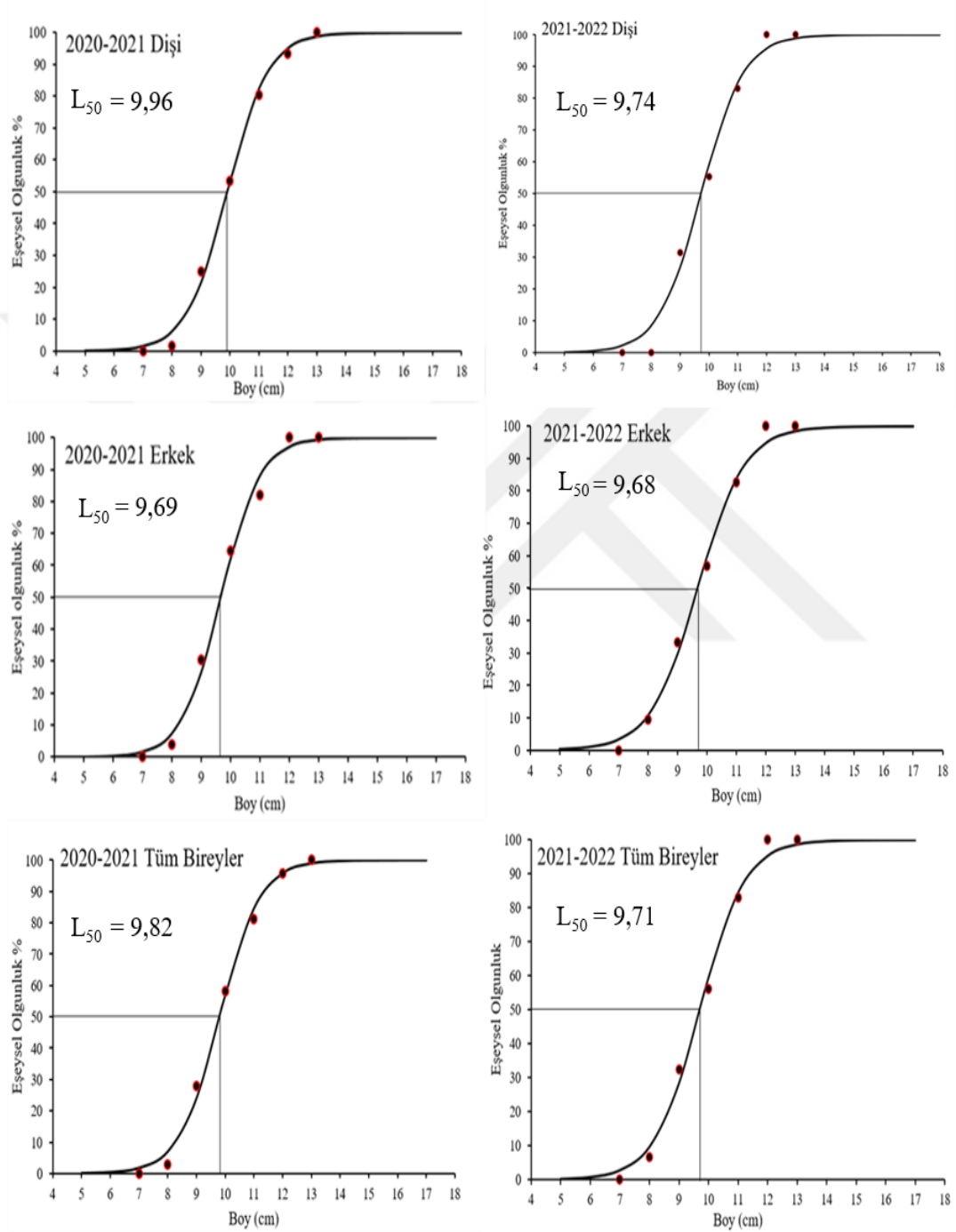


Şekil 44. Hamsinin yumurta bırakma saatleri

3.5. İlk Üreme Boyu (L_{50})

Her iki yılda üreme dönemlerinde yapılan örneklemelemlerde cinsi olgunluğa ulaşmış hamsi bireylerinden en küçük bireyden en büyük bireylere kadar her boy grubundan yeterince örnek alınarak cinsiyet ve toplam örneklere göre ilk üreme boyları (L_{50}) tahmin edilmiştir (Şekil 45). İlk yılki örneklemelemlerde elde edilen 402 dişi (200 olgun) ve 380 erkek (164 olgun) bireylerden yararlanarak L_{50} değerleri tahmin edilmiştir. İlk üreme boyu dişi hamsilerde $L_{50}= 9,94$ cm erkek hamsilerde $L_{50}= 9,69$ cm ve tüm hamsilerde $L_{50}= 9,82$ cm olarak bulunmuştur.

İkinci yılda ise 344 (207 olgun) dişi ve 349 (203 olgun) erkek bireyinden L_{50} değerleri tahmin edilmiştir. Belirlenen ilk üreme boyları dişilerde $L_{50}= 9,74$ cm, erkek $L_{50}= 9,68$ ve tüm bireylerde $L_{50}= 9,71$ cm olarak bulunmuştur.



Şekil 45. Her iki yıl için tahmin edilen ilk üreme boyları (L_{50})

4. TARTIŞMA, SONUÇ VE ÖNERİLER

İnsanlık tarihiyle birlikte başladığı kabul edilen avcılık faaliyetleri, günümüzde küresel ölçekte yaygınlaşmış olup hem dünya genelinde hem de Türkiye'de neredeyse işletilmemiş balık stokları kalmamıştır. 20. yüzyılın sonlarına doğru yaklaşık 90 milyon ton düzeyine ulaşan dünya toplam avcılık miktarının, yeni stokların ve bölgelerin avcılığa açılması ile teknolojik gelişmelerin hız kazanmasına rağmen son yıllarda durağan bir seyir izlediği gözlemlenmektedir. Bununla birlikte, avcılık baskısına bağlı olarak aşırı derecede sömürülmüş stokların oranı her geçen yıl artmaktadır (FAO, 2024). Aşırı avlanma sonucu zarar görmüş stokların yeniden toparlanabilmesi ve sürdürülebilir balıkçılık yönetim politikalarının oluşturulabilmesi, ancak sağlam bilimsel verilere dayalı analizlerle mümkün olabilmektedir.

Karadeniz ekosistemi son 50 yıldır üst seviyede insan kaynaklı (avcılık, kirleticiler vb.) etkileşimlere maruz bırakılmaktadır. Bu etkileşimler Karadeniz'in trofik seviyesinde hayati önem taşıyan hamsi balığını hem biyolojik yönden hem de sürdürülebilirliğini olumsuz yönde etkilediği bildirilmiştir (Prodanov vd., 1997; Crowder 2008). Karadeniz'deki hamsi stoklarının sürdürülebilirliğinin sağlanması için erken hayat evreleri, büyüme evreleri ve ölüm evreleri iyi bilinmelidir. Bu bağlamda, hamsi balığının yaşam evrelerinde meydana gelen değişimleri ve özellikle erken hayat dönemindeki gelişimleri ortaya koymak için iki yıl boyunca (25 ay) aylık örneklemeler yapılarak toplam 5835 adet hamsi bireyi incelenmiş, popülasyon yapısı ve üreme biyolojisi ortaya koyulmaya çalışılmıştır.

4.1. Boy ve Cinsiyet Kompozisyonu

Balık popülasyonlarının biyo-ekolojik özelliklerinin anlaşılması ve sürdürülebilir bir şekilde yönetilebilmeleri açısından, boy ve cinsiyet yapılarının belirlenmesi büyük önem taşımaktadır. Boy ve cinsiyet kompozisyonlarının analiz edilmesiyle, işletilen stokların boy dağılımında ve cinsiyet oranlarında meydana gelen değişimler ortaya konmaktadır. Araştırmada elde edilen bulgularla geçmişten günümüze kadar bu konuda yapılan bazı çalışma sonuçları Tablo 26'da verilmiştir. Karadeniz'de yapılan çalışmalarla belirlenen ortalama boylar karşılaştırıldığında

istatistiksel olarak bu çalışmadaki ilk yılın ortalaması farklılık gösterirken ($t_{(a:0,05; sd:9)} = 5,449$), ikinci yıl için fark olmadığı tahmin edilmiştir ($p < 0,05$). Cinsiyet oranları karşılaştırıldığında da ilk yıl ($t_{(a:0,05; sd:9)} = 2,598$) ve ikinci yıl ($t_{(a:0,05; sd:9)} = 2,406$) arasında farkın olması Karadeniz’de hamsi stoklarının tarihsel süreç içerisinde uzun dönem işletilmesine, ekolojik değişiklikler nedeniyle boy kompozisyonun cinsiyet oranında (dişi) olumsuz yönde meydana gelen değişimler nedeniyle bu stokların yönetilmesinde yeni bir bakış açısı geliştirilmesi gerektiğini ortaya koymaktadır. Balık stoklarının aşırı işletilmesi, iklimsel ve ekolojik değişiklikler popülasyonların boy kompozisyonunu, yaş kompozisyonunu, üreme kabiliyetini, katılım gücü ve ölüm oranlarını olumsuz yönde etkilediği ifade edilmiştir (Erkoyuncu, 1995; Shiganova ve Bulgakova, 2000; Daskalov, 2002; Avşar, 2005; Akoğlu vd., 2014; Gücü vd., 2016).

Tablo 26. Hamsinin boy dağılımı ve cinsiyet oranı üzerine yapılan çalışmalar

Litaratür	Ort. Boy (cm)	Boy aralığı (cm)	Cinsiyet D/E	Çalışma Bölgesi
Erkoyuncu ve Özdamar, 1989	11,3	6,7-16,1	1:1,55	Karadeniz
Karaçam ve Düzgüneş, 1990	10,83	4,9-16,9	1:0,85	Karadeniz
Mutlu, 1994	10,43	7,2-14,4	1:1,48	Doğu Karadeniz
Kayalı, 1998	9,51	6,2-13,5		Doğu Karadeniz
Gözler ve Çiloğlu, 1998	11,2	7,0-13,8	1:2,68	Doğu Karadeniz
Sinovic, 2000	13	5,3-17,7	1:1	Kuzey Adriyatik
Uçkun vd., 2005		6,2-14	1:2,57	Ege
Sinovic ve Zorica, 2006	9,3	4,5-14,5	1:1,01	Adriyatik denizi
Şahin vd., 2006	11,36	6,0-15,0	1:1,43	Doğu Karadeniz
Şahin vd., 2006	10,05	4,0-15,0	1:1,38	Doğu Karadeniz
Sağlam, 2012	11,63	5,8-14,8	1:1,73	Orta Karadeniz
Yankova, 2014	12,13		0,82:1	Bulgaristan Kıyıları
Solak, 2015	10,05	5,9-13,8	1:1,55	Doğu Karadeniz
Baali vd., 2017		8,5-13,5	1:1,32	Atlantik Kıyıları Fas
Benchikh vd., 2018	13,72	6,9-17,7	1:1,76	Doğu Cezayir
Durović vd., 2018	9,58	6,6-12,2	1:1,25	Adriyatik denizi
Özdemir vd., 2018	11,28	5,2-15,2		Karadeniz
El qendouci vd., 2020		7-17	1:1,09	Atlantik Kıyıları Fas
Emanet vd ., 2020	9,66	5,2-13		Doğu Karadeniz
Taylan ve Bayhan, 2024	11,42	9-15,7	1:1,94	Ege
Bu Çalışma, 2020-2021	9,33	5-14,3	1:1,02	Karadeniz
Bu Çalışma, 2021-2022	10,58	5,8-14,5	1:1,06	Karadeniz

Balık stokunun boy yapısı popülasyonun sürdürülebilirliğinin sağlanmasında önemli rol oynamaktadır (YiTu vd., 2018). Balıkçılıkta boy seçiciliği ve yüksek ölüm oranı uygulanarak sömürülen popülasyonlarda boy küçülmesinin yanı sıra cinsiyet oranlarında da değişimlerin olduğu ve bunların evrimsel bir değişimi yansıttığı olabileceği bildirilmiştir (Robinson, O.J vd., 2017; Uusi-Heikkilä, S., 2020).

Her iki yıllık örneklemelerde av sezonunda avlanabilir boyun altındakilerin oranları dikkate alındığında birinci yılın ikinci yıla oranla çok daha yüksek olduğu, ilk yılki hamsi stoklarının boy dendogramının daha düşük olması küçük bireylerin av baskısına maruz kaldığının göstergesidir.

4.2. Büyüme Parametreleri

Her iki yıl için elde edilen hamsi bireylerinde dişi, erkek ve toplam olarak belirlenen boy-ağırlık ilişkileri negatif allometrik olarak tahmin edilmiştir (Şekil 24; Tablo 9). Karadeniz ve diğer denizlerde hamsi üzerine yapılan bazı çalışmalarda boy-ağırlık ilişkisi sonuçlarının bir kısmı benzer olduğu tespit edilmiştir (Tablo 27).

Tablo 27. Hamsi boy-ağırlık üzerine yapılan çalışmaların sonuçları

Yazar-Yıl	a	b	r ²	Çalışma Alanı
Mutlu 1994	0,0051	3,048	0,97	Doğu Karadeniz
Millan,1999	0,0034	3,2503	0,99	Cadiz Körfezi
Basilone vd., 2004	0,002	3,5298	0,96	Sicilya Körfezi
Sinovic ve Zorica, 2006	0,0035	3,196	0,99	Adriyatik Denizi
Kalaycı vd., 2007	0,0174	2,6014	0,85	Orta Karadeniz
Şahin vd., 2008	0,0049	3,0922	0,93	Doğu Karadeniz
Veiga vd., 2009	0,0039	3,19	0,98	Güneydoğu Portekiz
Sağlam 2012	0,0011	2,742	0,94	Orta Karadeniz
Benchikh vd., 2018	0,0033	3,221	0,96	Doğu Cezayir
Durovic vd., 2018	0,0032	3,2537	0,95	Güney Adriyatik
Bilgin ve Solak, 2020	0,012	2,876	0,86	Karadeniz
Şenbahar vd., 2020	0,0019	3,4207	0,87	İzmir Körfezi
Dağtekin vd., 2022	0,006	2,954	0,98	Orta Karadeniz
Bu Çalışma 2020-2021	0,0038	3,2135	0,93	Karadeniz
Bu Çalışma 2021-2022	0,0102	2,7869	0,91	Karadeniz

Boy-ağırlık ilişki sabitlerinden “a” canlının beslilik durumunu “b” ise büyüme şeklini (pozitif allometrik, negatif allometrik, izometrik) gösterir. İlk yıl örneklemelerinde dişi ve erkek bireyler $b < 3$ olduğu için negatif allometrik büyüme

gösterirken, tüm bireylerde ise $b > 3$ olduğundan pozitif allometrik olarak yorumlanmıştır. İkinci yıl için dişi, erkek ve tüm bireylerde $b < 3$ tahmin edildiği için büyüme negatif allometrik olarak ifade edilmiştir. Tarihsel süreç içerisinde günümüze kadar (Tablo 27) yapılan çalışmalarda “b”ye göre yıllar içerisinde büyüme şekillerinin pozitif ve negatif allometrik olarak değişken olduğu görülmüştür. Bu farklı büyüme durumu örnekleme şekli, olgunluk, cinsiyet, yaş, biyotik (beslenme, rekabet) ve abiyotik faktörlerdeki değişimler, insan kaynaklı etkileşimler (aşırı avcılık, kirlilik), mevsimsel ve iklimsel değişimlerden kaynaklandığı ifade edilmektedir (Sparre ve Venema, 1992; Avşar, 2005; Manzo vd., 2013; Bilgin ve Solak, 2020; Schismenou, vd., 2024).

Kondisyon faktörü, balıklarda aylık ve mevsimsel olarak beslenmenin farklılığını meydana çıkaran önemli parametrelerden biridir. Aynı zamanda besin rezervlerindeki değişiklikleri de gösterir (Bolger ve Connolly, 1989; King, 1995; Avşar, 2005; Ferreri, vd., 2021). Çalışmada her iki yıl için dişi, erkek ve toplam olarak aylık kondisyon faktörleri değerlendirildiğinde, ilk yılda dişilerde kasım erkeklerde ise aralık aylarında zirve yapan kondisyon faktörü şubatta her iki cinsiyette de minimuma inmiş ve şubat ayından sonra kademeli olarak ağustos’a kadar yükselmiştir (Şekil 25). İkinci yıl için kondisyon faktörü her iki cinsiyette aralık ayında zirve yaptıktan sonra şubat ayında minimuma inerek daha sonra dalgalı bir şekilde olarak ağustos ayna kadar yükselmiş ve eylül ayında tekrar düşüşe geçmiştir (Şekil 26). Her iki yıl dikkate alındığı zaman aylık kondisyon dağılımları benzerlik göstermiştir (Şekil 46).



Şekil 46. Her iki yılın aylık kondisyon dağılımı

Her iki yılın dişilerinin ve erkeklerinin aylık kondisyonları arasında yapılan istatistiki analizler sonucu farkın önemli olduğu tespit edilmiştir ($p < 0,05$). Karadeniz ve diğer denizlerimizde geçmişte on iki aylık kondisyon çalışmaları bulunmadığı için mevcut durum karşılaştırılamamıştır. Ancak iki yıllık aylık kondisyon dağılımları dikkate alındığında sonbahar ve yaz aylarında popülasyondaki bireylerin kondisyonları üst seviyede olduğu söylenebilir. Bu durum sonbahardaki kondisyon yükselmesinin beslenme piki, ağustos ayındaki yükselmenin ise üreme pikinin olduğu düşünülmektedir. *E. encrasicolus* türü ile ilgili dünya denizlerinde yılı kapsayacak çalışmalar olmasa da Adriatik denizinde Manzo vd., 2013 tarafından yapılan üreme dönemi aylarını (mayıs-kasım) kapsayan bir çalışmada kondisyonun bu aylarda arttığı ve eylülde pik yaptığını ifade etmiştir.

Bir balık popülasyonunun yaş dağılımını bilmek, o popülasyon içindeki bireyleri maksimum ulaşılan yaşı, yaş aralıklarındaki büyüklükleri, cinsi olgunluk yaşı, üreme veriminin en yüksek olduğu yaşlar, yaş sınıfındaki nispi miktarları, yaş sınıfları arasındaki büyüme ivmeleri, büyüme parametreleri ve ölüm oranları hakkında bilgi edinilmesini sağlayarak popülasyonların izlenmesini, değerlendirmesini ve yönetilmesine yardımcı olur. Ayrıca ekosistemdeki biyolojik ve ekolojik faktörlerdeki değişimlerle iklimsel değişimin canlı üzerinde hayat

boyunca oluşturduğu olumlu ve olumsuz etkilerin anlaşılmasına katkı sağlar (Sparre ve Venema, 1992; Avşar, 2005; Akkuş, 2023).

Araştırmada her iki yıl için hamsi otolitlerinden yararlanarak (I. yıl:507 otolit; ikinci yıl: 497 otolit) belirlenen yaş metoduna göre yaşlar okunmuş ve her iki yıl için yaş sınıf aralıkları “0-IV” yaş olarak belirlenirken her iki yıl örneklemelerinde de IV yaşlı (şekil 27) bireylerin bulunması yaş dendogramlarının benzer olduğunu göstermiştir. Hamsi zerine yapılan yaş çalışma sonuçları Tablo 28’de verilmiştir. Karadeniz’de hamsi ile ilgili yapılan çalışmaların hemen hemen hepsinde yaş sınıfları 0-III yaş arasında olduğu söylenebilir. Bu çalışmada yılın her ayında örnekleme yapılırken diğer çalışmalarda ise mevsimsel ya da avcılık sezonu içerisinde örneklemeler gerçekleştirildiğinden yaş kompozisyonu farklılığının bu nedenden kaynaklandığı düşünülmektedir. Bu araştırmada ilk yılda belirlenen yaş sınıflarından hamsi bireylerinin en yoğun bulunduğu yaş sınıfı “0.” yaş (Tablo 12), ikinci yılda ise “I.” yaşların (Tablo 12) olduğu dolayısıyla hamsi stoklarının yıl içinde olumsuz yönde etkileyen faktörlere göre (av baskısı, katılım gücü, biyotik, abiyotik faktörler) temsil yoğunluğunda değişim olduğu düşünülmektedir. Yapılan nceki çalışmalarda ise stokları yoğunluk olarak temsil eden yaşın büyük oranda I. yaş olduğu bildirilmiştir (Tablo 27).

Balıklarda büyüme, yumurta çıkışından lme kadar tüm hayat evrelerinde aktif olan bir eylemdir. Balıklar yaşlandıkça büyüme eylemi yavaşlar ancak ömrünü sonuna kadar büyüme devam eder. Balıkçılık bilimi ve yönetimi, balık popülasyonlarındaki yaş ve büyümenin doğru değerlendirilmesine dayanır. Bu parametreler, balıkların yaşam öyküsünü anlamak için temel teşkil eder ve sürdürülebilir balıkçılık yönetimi, koruma stratejileri ve ekosistem temelli yaklaşımlarda önemli bir rol oynarlar. Büyümenin modellenmesi, hem popülasyonlar içinde hem de popülasyonlar arasında büyümeyi etkileyen değişkenleri anlamamızı sağlarken, diğer taraftan balıkçılığı etkili bir şekilde yönetme becerimiz için kritik öneme sahiptir Dolayısıyla somatik büyüme hızı, özellikle balıklar gibi yaşamları boyunca büyüyen türlerde, yaşam öyküsünün temel bir parametresidir. Büyüme parametreleri, balıkçılık yönetimi veya balıkçılığın korunması için popülasyon dinamiği analizlerinde kilit öneme sahiptir (Sparre, ve Venema, 1992; Erkoyuncu, 1995; Avşar, 2005; Stawitz, ve Essington 2018; Froese 2022).

Tablo 28. Hamsinin büyüme parametreleri üzerine yapılan çalışmalar

Çalışma Alanı	Yazar-Yıl	Yaş Aralığı	C	L_{∞}	k	t_0	Φ'
Karadeniz	Erkoyuncu ve Özdamar, 1989	0-III	Σ	16,77	0,320	-2,069	1,96
Karadeniz	Karaçam ve Düzgüneş, 1990	0-III	Σ	16,85	0,320	-1,988	1,96
Doğu Karadeniz	Mutlu, 1994	0-III	♀	16,34	0,307	-2,340	
			♂	17,47	0,228	-2,887	
			Σ	15,82	0,340	-2,144	
Kayalı 1998	Doğu Karadeniz	0-III	♀	17,2	0,284	-2,108	
			♂	16,44	0,275	-2,336	
			Σ	17,42	0,284	-2,108	
Cadiz Körfezi	Bellido vd., 2000	0-V	Σ	18,95	0,9	-0,001	2,51
Karadeniz	Mutlu, 2000	0-III	♀	17,26	0,287	-2,540	1,93
			♂	14,85	0,460	-1,964	1,99
			Σ	15,57	0,417	-1,826	2,00
Sicilya Boğazı	Basilone vd., 2004	0-III	Σ	18,6	0,3	-1,81	
Ege	Uçkun vd., 2005	0-III	♀	14,88	0,648	-0,667	
			♂	15,10	0,575	-0,827	
			Σ	14,93	0,628	-0,710	
Tunus sahili	Khemiri vd., 2007	0-IV	Σ	19,16	0,32		2,028
Doğu Karadeniz	Şahin vd., 2008	0-III	♀	16,04	0,312	-2,334	
			♂	15,12	0,370	-2,094	
			Σ	16,11	0,292	-2,562	
Batı Cezayir	Bacha vd., 2010	0-IV	♀	15,76	0,75	-1,2	2,29
			♂	15,36	0,79	-1,28	2,26
			Σ	15,61	0,78	-1,32	2,26
Orta Karadeniz	Sağlam, 2012	0-III	♀	15,96	0,471	-1,440	2,06
			♂	15,39	0,590	-0,830	2,15
			Σ	15,37	0,425	-1,350	2,05
Bulgaristan, Karadeniz	Yankova, 2014	0-IV	Σ	14,60	0,479	-1,544	2,01
Doğu Karadeniz	Solak, 2015	0-III	♀	11,10	2,060	-0,611	2,408
			♂	10,80	1,030	-1,197	2,078
Gana	Amponsah vd., 2016	0-V	Σ	11,03	0,58	-0,37	1,849
Doğu Cezayir	Benchikh vd., 2018	I-IV	Σ	17,89	0,6	-0,008	2,283
Karadeniz	Bu Çalışma	0-IV	♀	14,67	0,397	-2,617	1,931
	İlk Yıl		♂	13,39	0,618	-1,891	2,044
			Σ	14,09	0,551	-1,85	2,039
Karadeniz	İkinci Yıl	0-IV	♀	14,88	0,388	-2,615	1,934
			♂	12,98	0,795	-1,577	2,126
			Σ	14,25	0,499	-2,126	2,006

Çalışma her iki yıl için belirlenen yaşlar ve yaşlara karşılık gelen ortalama boylardan (Tablo 13) yararlanarak büyüme oranları (Şekil 27), büyüme sabitleri ve

büyüme performansı (Tablo 14) tespit edilmiş Karadeniz’de gerçekleştirilen önceki çalışmalarla elde edilen bulgular karşılaştırılmıştır (Tablo 27). Yapılan istatistiksel değerlendirmeler neticesinde, bu çalışmada hesaplanan sonuçmaz boy değerleri ile daha önce bildirilen değerler arasında anlamlı farklılıklar olduğu ortaya çıkmıştır (*I. yıl için L_{∞} : $t_{(sd=5)}=5,850$, $p<0,002$; II. yıl için L_{∞} : $t_{(sd=5)}=5,350$, $p<0,002$). Benzer şekilde büyüme katsayıları açısından da istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar tespit edilmiştir (*I. yıl için k : $t_{(sd=6)}=-6,850$, $p<0,0001$; II. yıl için k : $t_{(sd=6)}=-4,885$, $p<0,003$). Bu farklılıkların, stok yapısındaki değişimler, zamana bağlı av baskısı ve çevresel-fizyolojik koşulların (özellikle beslenme) etkilerinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Buna karşın, büyüme performans indeksleri (Φ') arasındaki istatistiksel değerlendirmede anlamlı bir fark bulunmaması ($p>0,05$), türün tarihsel süreçte benzer büyüme eğilimleri gösterdiğini ortaya koymaktadır.**

Her iki yılda cinsiyet ve tüm bireylerde yaş-boy, yaş-ağırlık arasındaki elde edilen ilişkiler (Şekil 29; Şekil 30) dikkate alındığında boyca ve ağırlıkça yaşlar arasında büyüme hızlarının aynı olması her iki yılın stoklarının aynı habitat ve benzer ekolojik koşullarda olduğunu göstermektedir. Populasyon içersindeki bireylerde ilk yaş evrelerinde büyümenin hızlı olduğu yaşlandıkça büyümenin yavaşladığı ifade edilmiştir (Sparre, ve Venema, 1992; Erkoyuncu, 1995; Avşar, 2005).

Stoklarda azalmayı etkileyen faktörler doğal ölüm ve avcılık ölümü olarak bilinmektedir (Sparre, ve Venema, 1992; Erkoyuncu, 1995; Avşar, 2005). Çalışmada her iki yıl içersinde gerçekleşen anlık ölüm (Z), doğal ölüm (M), avcılık ölüm (F) ve işletme oranları (Tablo 15) dikkate alındığında hamsi stokları üzerine aşırı avlanmanın olduğu söylenebilir. Burada işletme oranına (E) bakıldığında her iki yılda da 0,5 oranından büyük bulunmuştur. Bu durum her iki yıl içi hamsi stokları aşırı av baskısı nedeniyle yıpratıldığı ifade edilebilir. Bu sonuçlar Karadeniz’de yapılan önceki çalışmalarla karşılaştırıldığında tarihsel süreç içerisinde hamsi stoklarının sürekli olarak av baskısına maruz olduğu anlaşılmaktadır (Tablo 28).

Tablo 29. Hamsinin ölüm ve işletme oranları üzerine yapılmış çalışmalar

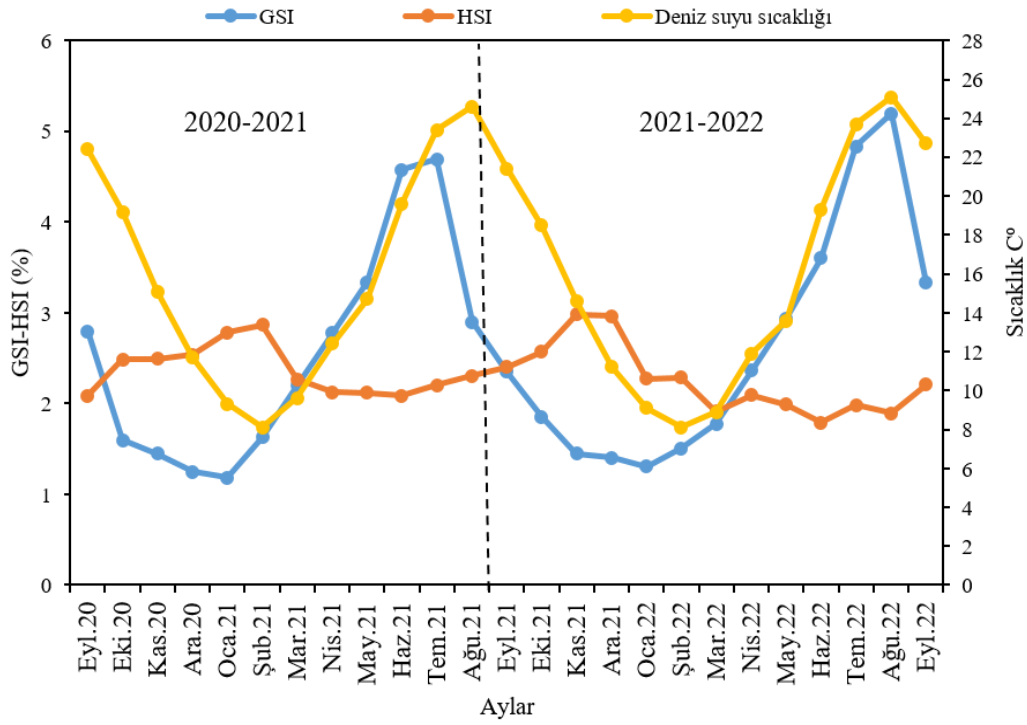
Araştırmacı	Z	M	F	E	Çalışma Alanı
Erkoyuncu ve Özdamar, 1989	1,56	0,46	1,1	0,71	Karadeniz
Karaçam ve Düzgüneş, 1990	1,97	0,45	1,52	0,77	Karadeniz
Gözler ve Çiloğlu, 1998	1,37	0,49	0,88	0,64	Doğu Karadeniz
Sinovic, 2000	1,18	0,65	0,53	0,45	Kuzey Adriyatik
Mutlu, 2000	1,66	0,56	1,1	0,66	Karadeniz
Mutlu, 2000	2,07	0,67	1,4	0,68	Karadeniz
Samsun vd., 2004	1,44	0,49	0,95	0,66	Karadeniz
Bilgin vd., 2005	1,85	0,34	1,51	0,82	Orta Karadeniz
Şahin vd., 2006	0,93	0,39	0,54	0,58	Doğu Karadeniz
Şahin vd., 2008	1,56	0,54	1,02	0,65	Doğu Karadeniz
Sağlam, 2012	2,84	0,82	2,02	0,71	Orta Karadeniz
Fedja & Bouaziz 2015	2,63	0,61	2,02	0,77	Cezayir
Amponsah vd., 2016	3,4	1,59	1,81	0,53	Gana
Benchikh vd., 2018	2,31	0,56	1,75	0,76	Doğu Cezayir
Bu Çalışma	1,41	0,37	1,03	0,73	Karadeniz
Bu Çalışma	1,19	0,37	0,81	0,69	Karadeniz

4.3. Üreme

Balık popülasyonlarının sürdürülebilirliği açısından erken hayat evreleri büyük önem taşımaktadır. Erken hayat evreleri içerisinde üreme biyolojisinin bilinmesi stokların geleceği ile ilgili tahminleri kolaylaştırır. Üreme başarısı, popülasyonun kendini yenileyebilme kapasitesinin temel belirleyicisidir. Balıklarda üreme biyolojik faaliyetler üreme dönemi içerisinde yoğun olarak gerçekleşir. Bu bağlamda çalışmada öncelikle aylık GSI indeksleri belirlenerek üreme dönemini, aynı zamanda üreme dönemi ve öncesi enerji rezerv durumu ve akışını aylık HSI indekslerle belirlenmiştir. Bu parametrenin incelenmesi, balıkların fizyolojik durumunu bütüncül olarak ortaya koyarak hem üreme faaliyetleri hem de çevresel koşullara verilen biyolojik yanıtları anlamada önemli katkılar sağlamaktadır.

Bu çalışmada, her iki yıl için aylık olarak belirlenen GSI, HSI ve 25 aylık deniz suyu sıcaklığıyla karşılaştırılarak Karadeniz’de yaşayan hamsi (*E. encrasicolus*) popülasyonunun üreme dönemine ve fizyolojik durumuna dair önemli bulgular sunmuştur (Tablo 16, 17; Şekil 31, 32; Tablo 18, 19; Şekil 33, 34). Her iki yılda da üreme döneminin yüksek deniz suyu sıcaklıkları (19–25 °C) ile çakışması, sıcaklığın gonad gelişimi üzerindeki belirleyici rolünü ortaya

koymaktadır. HSI değerleri her iki yılda da genellikle kış ve erken ilkbahar aylarında yüksek seyretmiş, yaz aylarında ise düşüş göstermiştir. Bu durum, karaciğerin enerji depolama işlevinin kış aylarında arttığını, yaz döneminde ise bu enerji rezervlerinin gonad gelişimi için mobilize edildiğini düşündürmektedir. HSI'nin azaldığı dönemlerin GSI'nin yükseldiği aylarla çakışması, gonad gelişiminin enerji gereksinimlerini büyük bir kısmı karaciğerdeki enerji rezervleri tarafından karşılandığını desteklemektedir. Çalışmada her iki cinsiyet için elde edilen aylık GSI değerleri dikkate alındığında birinci yılda GSI Temmuz ayında pik yaparken, ikinci yılda ise Ağustos ayında pik yapmıştır (Şekil 47, 48). HSI değerleri ise her iki yılda da dişiler için yumurtlama öncesi ilk yıl için Şubat ayında, ikinci yıl için Aralık ayında pik yapmıştır (Şekil 47).

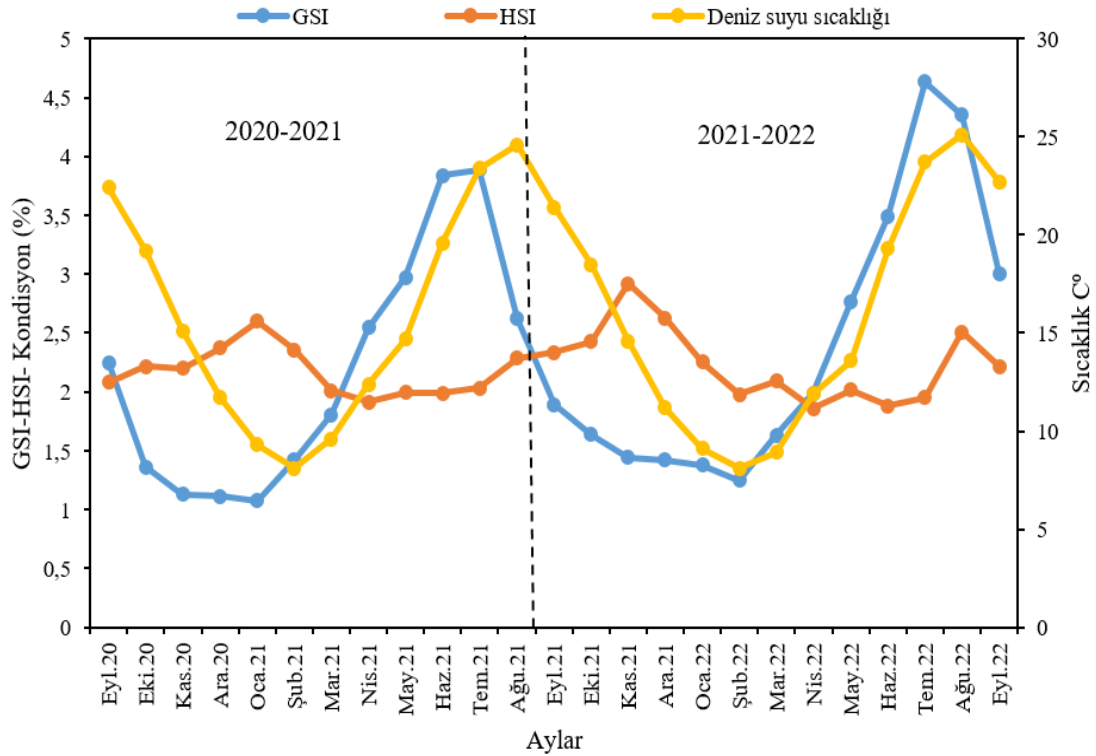


Şekil 47. Dişi hamsilerin aylık GSI, HSI ve sıcaklık dağılım ilişkileri

Dişi hamsilerde her yılın aylık GSI değerleri arasında yapılan Tukey testi sonucunda ilk yılın GSI değerleri için mayıs, haziran, temmuz ve ağustos ayları, ikinci yıl için haziran, temmuz, ağustos ve eylül ayları farklılık göstermiştir. Dişi hamsi bireylerinin GSI değerlerinin yüksek olduğu dönemle istatistiki analizlerde farklılık gösteren ayların eşleşmesi hamsinin üreme dönemleri birinci yıl için mayıs-

ağustos ikinci yıl için ise haziran-eylül olduğu söylenebilir. Ayrıca bu durum hamsinin gonad gelişimi üreme dönemi sıcaklık artışıyla senkronize gerçekleştiğini desteklemektedir.

Erkek hamsi bireylerin GSI değerleri için benzer analizler (Tukey testi) yapılarak farklılık gösteren aylarla her iki yılda da yüksek GSI değerlerine sahip olan ayların eşleştiği görülmüştür. Bu durum erkek bireylerde de ilk yıl için Mayıs-ağustos ve ikinci yıl için ise haziran-eylül arasında üremenin gerçekleştiğini göstermektedir (Şekil 48). Erkek HSI değerleri ilk yıl için Ocak ayında pik yaparken, ikinci yıl için Kasım ayı olarak gözlemlenmiştir.



Şekil 48. Erkek hamsilerin aylık GSI, HSI ve sıcaklık dağılım ilişkileri

Geçmişten günümüze kadar Karadeniz ve diğer denizlerimizde ayrıca dünya denizlerinde *E. Encrasicolus* üzerine aylık GSI ve HSI değerlendirmelerle bir yılı temsil edecek uzun periyodik çalışmalar olmadığı için iki yıllık yapılan elde edilen parametreler değerlendirilmiş ve yorumlanmıştır.

Çalışmada iki yıl boyunca aylık elde edilen hamsilerin gonadları makroskopik ve histolojik olarak, gonadların dış görünüşündeki değişimler dikkate

alınarak evrelendirilmiş ve her iki yıl için hamsinin bu yöntemle üreme dönemleri belirlenmiştir (Şekil 35, Tablo 20, Şekil 36, Tablo 21, Şekil 37). Gonadlardaki görsel bulgulara göre yumurtlama başlangıcı (III) ve yumurta döküm (IV) evrelerinin bulunduğu aylar I. yıl mayıs-eylül iken, ikinci yıl için haziran-eylül olarak belirlenen bu zaman dilimleri üreme dönemi olarak düşünülmektedir.

Hamsinin erken hayat dönemlerini daha sağlıklı belirleyebilmek için gonadlardan histolojik kesitler alınarak mikroskobik olarak değerlendirilmiş. Bu yöntemle her iki yıl için aylık olarak alınan histolojik kesitler yumurtlama öncesi, yumurtlama dönemi ve yumurtlama sonrası ovaryumlardaki oosit yapılarında ve testislerdeki sperm yapılarında meydana gelen değişimler belirlenip evrelendirilerek hamsi balığının üreme stratejisi ortaya konmaya çalışılmıştır (Tablo 22, Şekil 38, 39, Tablo 23, Şekil 40, 41). Bu sonuçlar bir arada değerlendirildiğinde hamsi gonadlarında üreme faaliyetlerinin başlangıcı ilk yıl için nisan ayında (evre III), yumurta dökümü ise mayıs-ağustos ayında gerçekleştiği anlaşılmaktadır. İkinci yılın üreme faaliyetin başlangıcı mayıs ayında (evre III) olduğu tespit edilirken yumurta dökümü ise haziran-eylül olarak gerçekleştiği söylenebilir. HSI, makroskopik ve mikroskobik yöntemlerle belirlenen üreme periyodu eşleşebilir, ancak yumurta döküm farklılık gösterebilir. Bu nedenle yumurtlayan stoku belirlerken bu dönemdeki bireyler dikkate alınmalıdır. Bu iki yılda yumurta döküm periyodunun farklı periyodlarda gerçekleşmesinin nedeni sıcaklık değişimindeki farklılıktan kaynaklandığı düşünülmektedir. Balıkların üreme faaliyetleri üzerine yapılan bazı çalışmalarda özellikle gonadların gelişimi üzerine birçok faktörlerden (habitat, tuzluk, pH, bulanıklık vb.) bahsederken sıcaklık en etken faktör olduğu bildirilmiştir (Hunter ve Roderick 1981; Donelson vd., 2010; Luo, vd., 2017; Guzman, vd., 2023). Hamsinin üreme periyodu üzerine yapılan bazı çalışmalar Tablo 30'da verilmiştir.

Tablo 30. Hamsinin üremesi periyodu üzerine yapılmış bazı çalışmalar

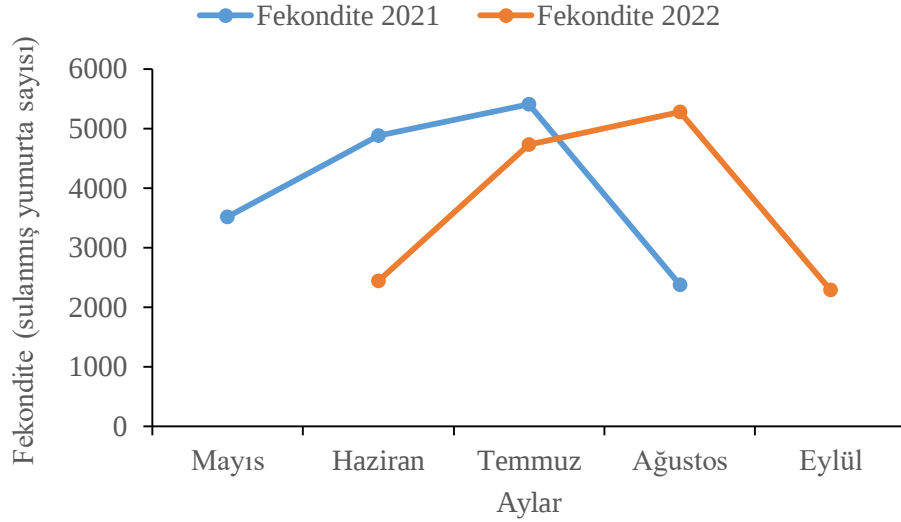
Çalışma Alanı	Araştırmacılar	Üreme Zamanı
Biskay Körfezi	Sanz ve Uriarte, 1989	Nisan-Temmuz
Kuzeybatı Karadeniz	Lisovenko ve Andrianov 1996	Mayıs-Ağustos
Biskay Körfezi	Motos 1996	Mart-Ağustos
Cadiz Körfezi	Millan 1999	Mayıs-Eylül
Güney Sicilya	Basilone vd., 2005	Nisan-Eylül
Adriyatik denizi	Sinovic ve Zorica 2006	Nisan-Eylül
Cezayir	Mezedjri vd., 2013	Nisan-Ekim
Adriyatik Denizi	Zorica vd., 2013	Mart-Eylül
Kuzey Batı Akdeniz	Maza vd., 2016	Nisan-Ağustos
Cezayir	Baali vd., 2017	Nisan-Eylül
Fas	El qendouci vd., 2020	Nisan-Kasım
Ege	Taylan ve Bayhan, 2024	Yaz Mevsimi
Karadeniz	Bu Çalışma, 2020-2021	Mayıs-Ağustos
Karadeniz	Bu Çalışma, 2021-2022	Haziran-Eylül

Türkiye kara sularında hamsinin yumurtlama periyodu üzerine çalışmalar bulunamamıştır. Bu bağlamda karşılaştırmalar ve değerlendirmeler diğer deniz ve bölgelerdeki çalışmalarla yapılmıştır. Tablo 30'daki üreme periyodu üzerindeki verilen zaman dilimi aralıkları bu çalışmanın üreme periyodu aralıklarıyla farklılık göstermektedir. Bunun nedeni çalışmaların farklı ekolojik ve farklı coğrafik bölgelerde gerçekleştiğinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Ancak Lisovenko ve Andrianov 1996 tarafından Karadeniz'de hamsi popülasyonları üzerine yapılan çalışmada belirlenen üreme periyoduyla bu çalışmadaki üreme periyodu benzerlik göstermektedir (Tablo 30).

Balıklarda yumurtlayan biyoması tahmin etmek için yumurta verimliliğini (fekondite) belirlemek gerekir. Fekonditeyi belirlemek, katılım gücü ve katılımdaki değişkenlik hakkında bilgi sunar. Stokun yumurtlama oranını doğru şekilde hesaplamak için yumurta verimliliği verilerine ihtiyaç duyulur (Murua ve Rey, 2003; Kokokiris vd., 2014).

Araştırmada hamsi balığının yumurta verimliliği durumu, üreme dönemi boyunca değerlendirilmiştir. Hamsinin üreme özellikleri üzerine yapılan çalışmalarda asenkron ve kısmi yumurtlayan balık olduğu bildirilmiştir (Hunter & Macewicz, 1985; Lisevenko ve Andrianov, 1996). Çalışmada her iki yıl için aylık alınan örneklerde belirlenen kısmi ve bağıl fekondite değerleri (Tablo 24) aylarla

ilişkilendirildiğinde en verimli ayların (ilk yıl için Temmuz:5401,98 hidratlı yumurta, İkinci yıl için Ağustos: 5277,64 hidratlı yumurta) farklı olması abiyotik faktörlerdeki değişim (sıcaklık, tuzluluk pH, tuzluluk vb.) ve yumurtlama döküm dönemlerinin farklılığından kaynaklandığı ifade edilebilir (Şekil 49) (Lisevenko ve Andrianov, 1996, Basilone vd., 2005; Maza vd., 2016).



Şekil 49. Aylara göre fekonditenin dağılımı

Diğer denizlerde (Akdeniz ve Atlantik) hamsi popülasyonları üzerine yapılan çalışmalarla karşılaştırıldığında (Tablo 31) Karadeniz'deki hamsi popülasyonunun yumurta verimliliği yönünde daha düşük olduğu, ancak Ege Denizindeki hamsi popülasyonunun yumurta verimliliğinden daha yüksek olduğu söylenebilir. Fekondite üzerine yapılan çalışmalarda biyotik, abiyotik faktörleri oluşturan olumsuzluklar, metabolizma ve balık davranışındaki etkileşim ile kondisyon etkilenebilir. Balıklarda kondisyonun düşük olması fekonditeyi azaltarak üreme döneminde daha az sayıda oositin gelişmesine yol açabilir. Cinsel olgunluğa ulaşmış bireyler, yetersiz kondisyon nedeniyle yumurtlamada başarısız olabilir ve hatta bazı bireyler tüm yumurtlama sezonunu atlayabilir (Sanz ve Uriarte, 1989; Murua ve Rey, 2003; Basilone vd., 2005).

Tablo 31. Hamsinin kısmi fekonditesi üzerine yapılmış çalışmalar

Çalışma Alanı	Araştırmacı	Kısmi Fekontide (Adet)
Biskay Körfezi	Sanz ve Uriarte, 1989	16772
Kuzey Batı Akdeniz	Maza vd., 2016	981-21750
Fas	El qendouci vd., 2020	7323-21320
Ege	Taylan ve Bayhan, 2024	2123-6951
Karadeniz	Bu Çalışma, 2020-2021	1331-15115
Karadeniz	Bu Çalışma, 2021-2022	1118-12854

Bir balık popülasyonunun yumurta çaplarının belirlenmesi, o popülasyonun yumurta bırakma stratejisi hakkında fikir sunar (Hunter, vd., 1985). Araştırmada her iki yıl için alınan ovaryum örneklerinden ölçülen yumurta çaplarının (Tablo 25), ilk yıl için mart ayından eylül ayına kadar, ikinci yıl için nisan ayından ekim ayına kadar aylık yumurta çapları ölçülmüş ve frekans dağılımları değerlendirilmiştir (Şekil 43). İlk yılda mart ve nisan ayında tek kohort olup hidratlı yumurta yoktur. Mayıs, haziran, temmuz ve ağustosta yumurta frekans dağılımları iki kohortlu ve hidratlı yumurta bulunmuştur. Eylül ayında ise yumurtaların frekans dağılımı tek kohortlu hidratlı yumurta yoktur. İkinci yıl dada yumurta frekans dağılımları benzerlik göstermiştir (Şekil 45). Nisan ve mayıs ayında hidratlı yumurta yokken haziran, temmuz, ağustos ve eylül aylarında hidratlı yumurta bulunmakta ancak ekim ayında yumurta frekans dağılımlarında hidratlı yumurta bulunmamıştır (Şekil 45). Kısmi yumurtlayan ve asenkron yumurtlayan türlerin yumurta çapları üzerine yapılan çalışmalarda yumurtalar ovaryum içerisinde heterojen dağılım gösterdiği, frekans dağılımlarında ferkans dağılımlarında hidratlı oosit khortlar hidratsız kohortlardan tamamen ayrılmadığı bildirilmiştir. Araştırmadaki hamsi yumurta khort dağılımı benzer özellik gösterdiği için Karadeniz hamsisinin yumurtlama stratejisi asenkron ve kısmi yumurtlayan türlerden olduğu teyit edilmiştir. Ege Deniz’inde Taylan ve Bayhan (2024) tarafından yapılan çalışmada hamsi yumurta çapları 0,25-0,60 mm arasında dağılım gösterdiği, bu çalışmada ise birinci yıl için hidratlı yumurtalar 0,57-0,64 mm arasında, ortalama $0,59\pm0,119$ mm iken ikinci yıl için 0,55-0,62 mm arasında ortalama $0,59\pm0,122$ mm olması Karadeniz hamsisinin yumurta çaplarının Ege hamsisinin yumurta çaplarından daha büyük olduğunun göstergesidir.

Bu çalışmada Karadeniz hamsisinin yumurta bırakma saatinin 21:00-24:00 arasında gerçekleştiği belirlenmiştir. Aynı saat aralığı, Kuzeybatı Karadeniz’de

Lisovento ve Andrianov (1996) tarafından da rapor edilmiştir. Biskay Körfezi'nde ise Motos (1996), yumurtlamanın 00:00'da pik yaptığını belirtmiştir. İncelenen tüm çalışmalarda yumurta bırakma aktivitesinin pik yaptığı zamanın gece yarısına yakın olduğu görülmektedir. Bu durum, türün ışık rejimi ve çevresel koşullara verdiği benzer tepkiden kaynaklandığı değerlendirilebilir.

Balık popülasyonlarının sürdürülebilir yönetimi açısından ilk eşeysel olgunluk boyunun (L_{50}) belirlenmesi büyük önem taşımaktadır. L_{50} değeri, stokların aşırı av baskısından korunması, bireylerin en az bir kez üreme şansı bulmasını sağlayan ve balıkçılıkta yönetim planı oluşturulmasında kullanılan önemli parametrelerden biridir (Froese, 2004; King, 2007). Araştırmada her iki yıl için dişi, erkek ve tüm bireyler için L_{50} değerleri tahmin edilmiştir (Şekil 47). Elde edilen L_{50} değerleri ile diğer bölgelerde *E. encrasicolus* için L_{50} değerleri karşılaştırılmıştır (Tablo 32).

Tablo 32. Hamsinin ilk üreme boyu (L_{50}) üzerine yapılmış çalışmalar

Çalışma Alanı	Araştırmacı	İlk üreme boyu (cm)
Cezayir	Djabali ve Hemida, 1988	11,06 ♀
		11,20 ♂
		11,09 ♀
Cadiz Körfezi	Millan 1999	11,20 ♂
		11,24 ♀
		11,27 ♂
Güney Sicilya	Basilone vd., 2005	8,8 ♀
		8,4 ♂
		8,3 ♀
Fildişi Sahili	Ouattara vd., 2008	8,2 ♂
		12,5 ♀
		12,5 ♂
Kuzey Tunus	Khemiri and Gaamour 2009	9,96 ♀
		9,82 ♂
		10,5 ♀
Cezayir	Baali vd., 2017	10,5 ♂
		10,47 ♀
		9,95 ♂
Fas	El qendouci vd., 2020	9,94 ♀
		9,69 ♂
		9,74 ♀
Ege	Taylan ve Bayhan, 2024	9,68 ♂
Karadeniz	Bu Çalışma, 2020-2021	
Karadeniz	Bu Çalışma, 2021-2022	

Literatürdeki diğer araştırmalarla karşılaştırıldığında, bu değerlerin özellikle Akdeniz ve Atlantik kıyılarında yapılan çalışmalarla kıyaslandığında daha düşük olduğu dikkat çekmektedir. Örneğin, Cezayir kıyılarında Djabali ve Hemida (1988) tarafından dişi bireylerde 11,06 cm, İspanya Cadiz Körfezi'nde Millan (1999) tarafından 11,09 cm olarak bildirilmiştir. Benzer şekilde, Güney Sicilya'da Basilone vd. (2005) tarafından 11,24 cm ve Mezedjri vd. (2013) tarafından 12,5 cm gibi daha yüksek L₅₀ değerleri rapor edilmiştir. Öte yandan, Kuzey Afrika kıyılarında (Fildişi Sahili, Tunus) bildirilen L₅₀ değerleri (örneğin 8,3–8,8 cm) ise bu çalışmada elde edilen sonuçlardan daha düşüktür (Tablo 32). Bu farklılıklar, coğrafik konum, su sıcaklığı, besin bolluğu ve stokların genetik yapısına bağlı olarak üreme stratejilerindeki değişkenliğe işaret etmektedir.

4.4. Genel Değerlendirme ve Öneriler

Bu doktora çalışması, Karadeniz'de yayılış gösteren hamsinin (*Engraulis encrasicolus*) üreme biyolojisi ve popülasyon dinamiğini iki yıl boyunca gerçekleştirilen kesintisiz bir örnekleme programı ile ayrıntılı biçimde ortaya koymuştur. Toplam 5835 bireyin değerlendirilmesiyle elde edilen biyolojik veriler, bölgesel hamsi stoklarının mevcut statüsü ve sürdürülebilir yönetimi açısından oldukça değerli bilgiler sunmaktadır. Çalışmanın en önemli katkılarından biri, hem makroskobik hem de mikroskobik (histolojik) gonad kesitlerinin birlikte değerlendirilmesiyle üreme dönemi ve yumurtlama periyodunu net, objektif ve bilimsel olarak doğrulanmış şekilde ortaya konmasıdır. Bu yönüyle çalışma, yalnızca GSI/HSI gibi dolaylı üreme göstergelerine dayanmamış; gonadın dokusal yapısındaki değişimleri doğrudan inceleyerek hamsinin üreme stratejisini ayrıntılı olarak açıklamıştır.

Elde edilen bulgular, hamsinin 'asen kron' bir yumurtlama stratejisine sahip olduğunu doğrulamış; birinci yıl üreme periyodunun Mayıs–Ağustos, ikinci yıl ise Haziran–Eylül arasında gerçekleştiği belirlenmiştir. Bu bir aylık gecikme, muhtemelen yıllar arası sıcaklık farklılıkları, plankton üretkenliği ve çevresel değişkenlerden kaynaklanmaktadır. Histolojik kesitlerde tespit edilen olgunlaşma evreleri, yumurta veriminin ve oosit gelişim sürecinin mevsimsel ritmini açıkça

göstermiştir. Bu sonuçlar, hamsi stoklarının üreme başarısını etkileyen faktörlerin daha iyi anlaşılması açısından önemli bir biyolojik temel sunmaktadır.

Çalışmada elde edilen büyüme parametreleri, hamsinin maksimum boy potansiyelinde bir düşüş eğilimi olduğunu göstermektedir. Bu durum, önceki yıllarda rapor edilen değerlere göre daha düşük olup, aşırı avcılık ve ekosistemdeki olumsuz koşullar büyüme üzerinde negatif bir etki oluşturdukları düşünülmektedir. Bununla birlikte, ölüm oranlarının ayrıntılı hesaplamaları, stok üzerindeki av baskısının en kritik yönünü ortaya koymaktadır. Doğal ölüm oranının (M) ekosistemde hamsinin doğal mortalite açısından aşırı bir risk altında olmadığını gösterirken; balıkçılık ölüm oranının (F) oldukça yüksek bulunması ve hesaplanan işletme oranlarının ($E=0,73$ ve $E=0,69$) sürdürülebilir sınırların üstünde olması, stok üzerindeki gerçek baskının balıkçılıktan kaynaklandığını güçlü biçimde ortaya koymaktadır.

Avcılık tarihsel süreci içerisinde günümüze kadar ülkemizde hamsinin ilk üreme boyu belirleyen bir çalışma bulunmamıştır. Bu çalışmada hamsinin üreme döneminde iki yıllık örnekleme sonucunda ilk üreme boyları (L_{50}) tespit edilmiştir. Araştırmada dişi bireylerde L_{50} değeri ilk yıl 9,74 cm, ikinci yıl 9,82 cm, erkeklerde ise ilk yıl 9,68 cm ve ikinci yıl için 9,81 cm olarak hesaplanmıştır. Hamsi stokları için oluşturulacak yeni bir yönetim planında bu anahtar kriterler dikkate alınması gerekir.

Sonuç olarak, bu tez çalışması Karadeniz hamsisinin biyolojik yapısına ilişkin güncel ve güçlü bir veri seti sunmaktadır. Elde edilen bulgular, hamsi stoklarının yönetimine yönelik kararların bilimsel temelde revize edilmesi için kritik öneme sahiptir.

Bu tez çalışması sonucunda öneriler;

- Mikroskobik ve makroskobik bulgular, hamsinin eylül ayında hâlâ üreme döneminde olduğunu göstermektedir. Bu nedenle, bu süreci dikkate alarak av sezonu başlangıç tarihinin yeniden gözden geçirilmesi gerekir.
- Bu çalışmada hesaplanan ilk üreme boylarının Tarım ve Orman Bakanlığı'nın belirlediği 9 cm avlanabilir boy sınırının üzerinde olması, hamsilerin bir kısmının üreme fırsatı bulamadan avlandığını göstermektedir. Buda gelecek stoklara katılım gücünü zayıflatırken hem balıkçılığın hemde hamsi popülasyonunun sürdürülebilirliğini olumsuz yönde etkilediği

düşünülmektedir. Bu nedenle araştırmada tespit edilen ilk üreme boyları, hamsi stokları ile ilgili oluşturulacak yeni yönetim planında dikkate alınması gereklidir.

- Balıkçılık ölüm oranının yüksek bulunması, stoklar üzerindeki baskının avcılıktan kaynaklandığını göstermektedir. Bu nedenle filo kapasitesi ve ağ boyutları, stokların ve balıkçılığın sürdürülebilir şekilde standartlaştırılmalıdır.
- Sürdürülebilir stok yönetimi için yıllık av miktarını sınırlandıran bilimsel temelli kota uygulamasının mevcut sınırlarının bilimsel çalışmalar ışığında tüm paydaşlarla birlikte yeniden gözden geçirilmesi gereklidir.
- Yıllık av miktarlarındaki dalgalanmaların nedenlerini tespit sağlıklı bir şekilde tespit edebilmek için uzun vadeli izleme programları oluşturulmalıdır.
- Karadeniz'deki besin değişimleri, ağır metal yükleri, mikroplastikler ve kıyı kirliliği gonad gelişimi ve üreme başarısını olumsuz etkileyebilir. Kirlilik parametreleri ile gonad histolojisinin birlikte değerlendirileceği çalışmalar yapılmalı ve kirliliği azaltmaya yönelik bölgesel politikalar güçlendirilmelidir.
- Hamsi Karadeniz kıyısı olan ülkeler tarafından ortak olarak değerlendirilen bir popülasyon olduğu için, bu ülkelerle beraber ortak izleme ve veri paylaşım mekanizmaları geliştirmesi ve hamsi üzerine ortak karar alması önemlidir.
- Makroskobik incelemeler üreme dönemine dair genel bir fikir verse de özellikle hamsi gibi asenkron yumurtlayan türlerde tek başına yeterli değildir. Yumurtlama periyodunu ve yumurtlayan bireylerin oranlarının doğru ve güvenilir biçimde belirlenebilmesi için mikroskobik (histolojik) analizlerin yapılması gereklidir.
- Sonuç olarak ülkemiz balıkçılığı için son derece önemli olan hamsi stoklarının, devamlılığını sağlayan ekosisteme dayalı bir yönetim planı oluşturulması elzem olduğu düşünülmektedir.

KAYNAKÇA

- Akkus, G. (2023). *The Effects of the Environment on the Black Sea Anchovy – Signals on the Growth*. Doctoral dissertation. Institute of Marine Sciences, Middle East Technical University, Mersin, Turkey, 198 p.
- Akoğlu, E., Salihoglu, B., Özgür Özbakır, D., & Daskalov, G. M. (2014). Overfishing and climate warming lead to a collapse of anchovy stock in the Black Sea. *Marine Ecology Progress Series*, 500, 157–168. <https://doi.org/10.3354/meps10683>
- Alday, A., Uriarte, A., dos Santos, M. M., Martín, I., Martínez de Murguía, A., & Motos, L. (2008). Degeneration of postovulatory follicles of the Bay of Biscay anchovy (*Engraulis encrasicolus* L.). *Scientia Marina*, 72(3), 565–575.
- Amponsah, S. K. K., Ofori-Danson, P. K., & Nunoo, F. K. E. (2016). Population dynamics of *Engraulis encrasicolus* (Linnaeus, 1758) within Ghana's coastal waters. *International Journal of Fisheries and Aquatic Studies*, 4(5), 258–263.
- Arıman Karabulut, G., & Yandı, İ. (2006). Balıkların insan beslenmesindeki yeri ve önemi. *Fırat Üniversitesi Sağlık Bilimleri Veteriner Dergisi*, 20(1), 59–64.
- Artüz, M.L. 2003. Hamsi balıkları (*Engraulis Cuvier*, 1816) popülasyonlarındaki incelme ve incelmenin sebepleri. *Fisheries Advisory Commission Technical Paper*, 147s.
- Avşar, D. (2005). *Balıkçılık Biyolojisi ve Popülasyon Dinamiği*. Nobel Yayın Dağıtım, Adana.
- Baali, A., Bourassi, H., Falah, S., Abderrazik, W., El Qoraychy, I., Amenzoui, K., & Yahyaoui, A. (2017). Study of reproduction of anchovy *Engraulis encrasicolus* (Actinopterygii, Engraulidae) in the central area of the Moroccan Atlantic coast. *Journal of Materials and Environmental Sciences*, 8(12), 4467–4474.
- Bacha, M., Moali, A., Benmansour, N.E., Brylinski, J-M., Mahe, K., & Amara, R. 2010. Relationship between age, growth, diet and environmental parameters for anchovy (*Engraulis encrasicolus* L.) in the Bay of Benisaf (SW Mediterranean, west Algerian coast). *Cybium*, 34, 47-57.
- Bakhayokho, M., 1983. Biology of the cuttlefish *Sepia officinalis hierredda* off the Senegal coast. *FAO Fish Technical Paper*, 231, 204-263.
- Balkas T., Mihnea R., Serbanescu O., & Ünlüata U., 1990. State of Marine Environment in the Black Sea Region, UNEP Regional Seas Report and Studies. FAO, Rome s. 124.

- Barange, M., Bahri, T., Beveridge, M. C. M., Cochrane, K. L., Funge-Smith, S., & Poulain, F. (Eds.). (2018). Impacts of climate change on fisheries and aquaculture: Synthesis of current knowledge, adaptation and mitigation options. *FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper No. 627*. Rome: FAO.
- Basilone, G., Patti, B., Mazzola, S., Cuttitta, A., Bonanno, A., & Buscaino, G. (2005). Reproductive aspects of the European anchovy (*Engraulis encrasicolus*): six years of observations in the Strait of Sicily. Technical Report, Istituto per l'Ambiente Marino Costiero (IAMC-CNR), Napoli, Italy.
- Bat, L., Gökkurt Baki, O., Satılmış, H. H., & Şahin, F. (2005). A review of the fishery resources and their environment in the Turkish Black Sea. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 5, 75–95.
- Bat, L., Şahin, F., & Satılmış, H. H. (2007). Değişen Karadeniz ekosistemi ve sürdürülebilir balıkçılık. *Sinop Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi*, 1(1), 1–9.
- Bellido, J.M., Pierce, G.J., Romero, J.L., & Millian M. 2000. Use of frequency analysis methods to estimate growth of anchovy (*Engraulis encrasicolus* L., 1758) in the Gulf of Cadiz (SW Spain). *Fisheries Research*, 48, 107-115.
- Bene, C., Arthur, R., Norbury, H., Allison, E. H., Beveridge, M., Bush, S., & Williams, M. (2016). Contribution of fisheries and aquaculture to food security and poverty reduction: assessing the evidence. *Food Security*, 8, 119–133. <https://doi.org/10.1007/s12571-015-0525-z>
- Benchikh, N., Diaf, A., Ladaimia, S., Bouhali, F. Z., Dahel, A., & Djebbar, A. B. (2018). European anchovy *Engraulis encrasicolus* (Linnaeus, 1758) from the Gulf of Annaba, east Algeria: Age, growth, spawning period, condition factor and mortality. *African Journal of Marine Science*, 40(1), 53–62.
- Beverton, R. J. H., & Holt, S. J. (1957). On the dynamics of exploited fish populations (Fishery Investigations Series II, Vol. 19). London: Ministry of Agriculture, Fisheries and Food.
- Bilgin, S., Samsun, N., Samsun, O., & Kalaycı, F. (2005). Orta Karadeniz’de 2004 2005 av sezonunda avlanan hamsi (*Engraulis encrasicolus* L., 1758) balığının yaş, büyüme ve ölüm oranlarının tahmini. XIII. Ulusal Su Ürünleri Sempozyumu, Çanakkale, 01-04 Eylül, 64s.
- Bilgin, S. 2006. Türkiye sularında (Karadeniz) avlanan (1985 – 2005 av sezonu) hamsi balığının, *Engraulis encrasicolus* (L., 1758), balıkçılık biyolojisi yönünden değerlendirilmesi. *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 22, 213 222. ISSN 1012-2354.
- Bilgin, S., & Solak, E. (2020). Weight - Length Relationships (WLRs) of Anchovy, *Engraulis encrasicolus* with the Evaluation of Overfishing Effects on the

- Slope (b) in the Black Sea (Turkey). *Journal of Anatolian Enviromental and Animal Sciences*, 5 (2), 253-259.
- Bolger, T., & Connolly, P.L., 1989. The selection of suitable indices for the measurement and analysis of fish condition. *Journal of Fish Biology* 34, 171–182.
- Borysova, O., Kondakov, A., Paleari, S., Rautalahti-Miettinen, E., Stolberg, F., & Daler, D. (2005). Eutrophication in the Black Sea region: Impact assessment and Causal Chain Analysis. University of Kalmar, Kalmar, Sweden: GRID-Arendal.
- Crowder, L. B., Hazen, E. L., Avissar, N., Bjorkland, R., Latanich, C., & Ogburn, M. B. (2008). The impacts of fisheries on marine ecosystems and the transition to ecosystem-based management. *The Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics* 39, 259–278. doi: 10.1146/annurev.ecolsys.39.110707.173406
- Dağtekin, M., Genç, Y., Kasapoğlu, N., Erik, G., Misir, D.S., İlhan, S., Ok, M., Altuntaş, C., Özsandıkçı, U., Büyükdeveci, F., Kaya, T., Cebeci, A., Saltan, A.N., Haşimoğlu, A., Firidin, Ş., & Özdemir, M.D. (2022). Length-weight relationships of 28 fish species caught from demersal trawl survey in the Middle Black Sea, Turkey. *Turkish Journal of Zoology* 46, <http://dx.doi.org/10.3906/zoo-2109-21>.
- Daskalov, G. M. (2002). Overfishing drives a trophic cascade in the Black Sea. *Marine Ecology Progress Series*, 225, 53–63. <https://doi.org/10.3354/meps225053>
- Djabali, I., Mouloud, F., & Hemida, F. (1988). Résultats des travaux réalisés sur les stocks de sardines et des anchois des côtes algéroises. *FAO Rapp. Pêches*, 395, 112–120.
- Doğu, S. (2019). *Marmara Denizi'nde Hamsi (Engraulis encrasicolus, L. 1758) Avcılığı Üzerine Bir Araştırma*. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 104 s.
- Donelson, J. M., Munday, P. L., McCormick, M. I., & Nilsson, G. E. (2010). Effects of ocean acidification on the performance of juvenile fish. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 107(29), 12930–12934. <https://doi.org/10.1073/pnas.1004519107>
- Durovic, M., Joksimovic, A., Pesic, A., Markovic, O., Regner, S., Mandic, M., & Ikica, Z. (2018). Reproductive pattern of the anchovy, *Engraulis encrasicolus* (Linnaeus, 1758), in the Boka Kotorska Bay (Montenegro, southern Adriatic Sea). *Acta Adriatica*, 59(2), 173–184.
- El Qendouci, M., Amenzoui, K., & Yahyaoui, A. (2020). Size at maturity, fecundity and spawning period of anchovy *Engraulis encrasicolus* (Linnaeus, 1758) in

- the central area of the Moroccan Atlantic coast. *International Aquatic Research*, 12(3), 171–181.
- Emanet, M., Ceylan, Y., & Şahin, C. (2020). 2019-2020 Av sezonunda güney doğu karadeniz'deki hamsi'nin (*Engraulis encrasicolus* L., 1758) bazı populasyon parametrelerinin belirlenmesi. 4. Çukurova uluslararası bilimsel araştırmalar kongresi, 21-23 Şubat 2020 / Adana
- Erkoyuncu, İ., & Özdamar, E. (1989). Estimation of the age, size and sex composition and growth parameters of anchovy, *Engraulis encrasicolus* (L.) in the Black Sea. *Fisheries Research*, 7(3), 241–247.
- Erkoyuncu, İ. (1995). *Balıkçılık biyolojisi ve popülasyon dinamiği*. Sinop: Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Sinop Su Ürünleri Fakültesi Yayınları
- FAO (2016). The State of World Fisheries and Aquaculture 2016: Contributing to food security and nutrition for all. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.
- FAO (2024). The State of World Fisheries and Aquaculture 2024: Blue transformation in action. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome. <https://doi.org/10.4060/cc9612en>
- Fedja K. & Bouaziz A. (2015.) Is the Target Reference Point (F0.1) vulnerable to changes of natural mortality (M)? Case of the European anchovy *Engraulis encrasicolus* (Linnaeus, 1758) from the eastern coast of Algeria. Frontiers in Marine Science Conference Abstract: XV European Congress of Ichthyology. doi: 10.3389/conf.FMARS.2015.03.00199.
- Ferreri, R., Genovese, S., Barra, M., Biagiotti, I., Bourdeix, J.-H., De Felice, A., Gašparević, D., Hattab, T., Iglesias, M., Juretić, T., Leonori, I., Malavolti, S., Raykov, V. S., Saraux, C., Tičina, V., Ventero, A., & Basilone, G. (2021). Variability in size at maturity of the European anchovy (*Engraulis encrasicolus*) in the Mediterranean Sea. *Mediterranean Marine Science*, 22(4), 858–870.
- Fishbase (2025). Distribution Maps for European Anchovy (*Engraulis engrasicolus*). https://www.aquamaps.org/receive.php?type_of_map=regular&map=cached
- Froese, R. (2004). Keep it simple: three indicators to deal with overfishing. *Fish and Fisheries*, 5(1), 86–91.
- Froese, R., Papaioannou, E., & Scotti, M (2022). Climate Change or Mismanagement?. *Environmental Bioogy Fisheries*, 105, 1363–1380.
- Giraldez, A., & Abad, R. (1995). Aspects on the reproductive biology of the western Mediterranean anchovy from the coasts of Málaga (Alborán Sea). *Scientia Marina*, 59, 15–23.

- Gonzalez, M.G.D.J., Lorente M.J., & Tuset, V.M. (2006). Spawning season, maturity sizes, and fecundity in blacktail comber (*Serranus atricauda*) (Serranidae) from the eastern-central Atlantic. *Fish. Bull.*, (104), 159–166.
- Gözler, A.M., & Çiloğlu, E. (1998). Rize-Hopa açıklarında 1997-1998 avlanma sezonunda avlanan hamsi (*Engraulis encrasicolus* L., 1758) balığının bazı popülasyon parametreleri üzerine bir araştırma. *Doğu Anadolu Bölgesi III. Su Ürünleri Sempozyumu*, Erzurum, 10-12 Haziran, 373-383.
- Guzman, J. M., Shafiei Sabet, S., Ibarra, J., & Killen, S. S. (2023). Experimental evidence for temperature-dependent changes in metabolic performance in marine fish. *Global Change Biology*, 29(4), 1034–1046. <https://doi.org/10.1111/gcb.16512>
- Gücü, A. C., İnançmaz, Ö. E., Ok, M., & Sakinan, S. (2016). Recent changes in the spawning grounds of Black Sea anchovy, *Engraulis encrasicolus*. *Fisheries Oceanography*, 25(1), 67–84. <https://doi.org/10.1111/fog.12135>
- Halpern, B. S., Walbridge, S., Selkoe, K. A., Kappel, C. V., Micheli, F., D'Agrosa, C., & Fujita, R. (2008). A global map of human impact on marine ecosystems. *Science*, 319(5865), 948–952. <https://doi.org/10.1126/science.1149345>
- Hilborn, R., & Walters, C. J. (1992). *Quantitative Fisheries Stock Assessment Choice, Dynamics & Uncertainty*. Chapman & Hall, New York
- Hunter, J. R., & Macewicz, B. J. (1985). Measurement of spawning frequency in multiple spawning fishes. In *An egg production method for estimating spawning biomass of pelagic fish: application to the northern anchovy, Engraulis mordax*. NOAA Technical Report NMFS 36.
- Hunter, J. R., & Leong, R. (1981). The spawning energetics of female northern anchovy, *Engraulis mordax*. *Fishery Bulletin*, 79(2), 215–230.
- ICES. (2009). *Report of the Workshop on Age Reading of European Anchovy and Sardine (WKARA)*.
- Kalaycı F., Bilgin, S., Samsun, O., & Samsun, N. (2007). Length- weight relationship of 10 fish species caught by bottom trawl and midwater trawl from the Middle Black Sea, Turkey. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 7, 33-36.
- Karaçam, H., & Düzgüneş, E. (1990). Karadeniz hamsi balıklarında (*Engraulis encrasicolus* L., 1758) bazı popülasyon parametrelerinin tahmini. *İstanbul Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi*, 4(1), 63–72.
- Kayalı, E. (1998). Doğu Karadeniz ekosistemindeki hamsi (*Engraulis encrasicolus* L.,1758) ve istavrit (*Trachurus mediterraneus*) balıklarının biyolojik özellikleri üzerine bir araştırma. Yüksek Lisans Tezi. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, Türkiye, 238s.

- Kayısoğlu, M. (2016). *Karadeniz ve Marmara Denizi Etkileşiminin Aylık Sıcaklık ve Tuzluluk Zaman Serileri ile İncelenmesi*. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi Deniz Bilimleri ve İşletmeciliği Enstitüsü, İstanbul, Türkiye, 75s.
- Khemiri S., Gaamour A., Meunier F. & Zylberberg I. (2007). - Age and growth of *Engraulis encrasicolus* (Clupeiformes: Engraulidae) in the Tunisian waters. *Cah. Biol. Mar.*, 48, 259-269.
- Khemiri, S., & Gaamour, A. (2009). Relation taille–masse, condition relative et cycle sexuel des anchois et des sardines des cotes tunisiennes. *Bulletin de l'Institut National des Sciences et Technologies de la Mer de Salambo*, 36, 45–57.
- Kıdeys, A.E., Gordina, A.D., Bingel, F., & Niermann, U., (1999). The effect of environmental conditions on the distribution of eggs and larvae of anchovy (*Engraulis encrasicolus*) in the Black Sea. *ICES Journal of Marine Science*, 56, 58-64. DOI:10.1006/jmsc
- King, M. (1995). *Fisheries Biology Assessment and Management*, Editorial Office, Osney Mead, Oxford OX2 0EL, Printed and Bound in Great Britannia by Hartnolls Ltd., Bodmin
- King, M. (2007). *Fisheries Biology, Assessment and Management* (2nd ed.). Wiley-Blackwell.
- Kokokiris, L., Stamoulis, A., Monokrousos, N., & Doulgeraki, S. (2014). Oocytes development, maturity classification, maturity size and spawning season of the red mullet (*Mullus barbatus* Linnaeus, 1758). *Journal of Applied Ichthyology*, 30, 20–27. DOI: 10.1111/jai.12292
- Laso, J., Pérez, J., & García, M. (2018). Life cycle assessment of European anchovy (*Engraulis encrasicolus*) landed by purse seine vessels in northern Spain. *Environmental Impact Assessment Review*, 71, 51-62. <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2018.05.004>
- Le Cren, E. D. (1951). The length-weight relationship and seasonal cycle in gonad weight and condition in the perch (*Perca fluviatilis*). *Journal of Animal Ecology*, 20(2), 201–219.
- Lisovenko, L. A., & Andrianov, D. P. (1996). Reproductive biology of anchovy (*Engraulis encrasicolus ponticus* Alexandrov 1927) in the Black Sea. *Scientia Marina*, 60(2), 209–218.
- Lowerre-Barbieri, S. K., Ganas, K., Saborido-Rey, F., Murua, H., & Hunter, J. R. (2011). Reproductive timing in marine fishes: Variability, temporal scales, and methods. *Marine and Coastal Fisheries*, 3(1), 71–91.
- Luo, Y., Gao, Z., Wang, W., Zhang, Z., & Chen, Q. (2017). Effects of temperature on growth performance, digestive enzymes, and metabolic responses of

- juvenile grass carp (*Ctenopharyngodon idella*). *Aquaculture Reports*, 5, 70–75. <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2017.01.002>
- Maack, G., & George, M. R. (1999). Contributions to the reproductive biology of *Encrasicholina punctifer* Fowler, 1938 (Engraulidae) from West Sumatra, Indonesia. *Fisheries Research*, 44(2), 113–120. [https://doi.org/10.1016/S0165-7836\(99\)00058-3](https://doi.org/10.1016/S0165-7836(99)00058-3)
- Manzo, C., Cilenti, L., Fabbrocini, A., & D’Adamo, R. (2013). Population size structure, growth and reproduction of the European anchovy (*Engraulis encrasicolus*, L.) in the Lagoon of Lesina (south-western Adriatic Sea, Italy). *Transitional Waters Bulletin*, 7,(2),41-52.
- Maza, E., Agostini, S., Grau, A., Chiesa, J. J., & Quetglas, A. (2016). Linking individual size, fecundity, energy reserves and parasitism to the health of European anchovy (*Engraulis encrasicolus*) stocks in the northwestern Mediterranean. *Marine Ecology Progress Series*, 562, 167–178. <https://doi.org/10.3354/meps11957>
- Mezedjri, L., Kerfouf, A., & Tahar, A. (2013). Reproductive cycle of the European anchovy *Engraulis encrasicolus* (Linnaeus, 1758) (Clupeiformes: Engraulidae) in the Gulf of Skikda (Algerian East coasts). *Biodiversity*, 4(2), 269-274.
- MGM, (2024). Deniz Suyu sıcaklık verileri. Meteroloji Genel Müdürlüğü, Ankara
- Millan, M. (1999). Reproductive characteristics and condition status of anchovy *Engraulis encrasicolus* L. from the Bay of Cadiz (SW Spain). *Fisheries Research*, 41, 73-86.
- Miller, B. S., & Kendall, A. W. (2009). *Early Life History of Marine Fishes*. 1st ed. University of California Press.
- Moncheva, S., Doncheva, V., Slabakova, N., & Todorova, V. (2016). Recent status of eutrophication in the Black Sea: the Bulgarian coastal zone. *Comptes Rendus de l’Académie Bulgare des Sciences*, 69(2), 235–244.
- Mora, C., Myers, R. A., Coll, M., Libralato, S., Pitcher, T. J., Sumaila, U. R., & Worm, B. (2009). Management effectiveness of the world’s marine fisheries. *PLoS Biology*, 7(6), e1000131. <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.1000131>
- Mora, C., Tittensor, D. P., Adl, S., Simpson, A. G. B., & Worm, B. (2011). How many species are there on Earth and in the ocean? *PLOS Biology*, 9(8), e1001127. <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.1001127>
- Motos, L. (1996). Reproductive biology and fecundity of the Bay of Biscay anchovy population (*Engraulis encrasicolus* L.). *Scientia Marina*, 60(2), 195–207.

- Murua, H., & Saborido-Rey, F. (2003). Female reproductive strategies of marine fish species of the North Atlantic. *Journal of Northwest Atlantic Fishery Science*, 33, 23–31. <https://doi.org/10.2960/J.v33.a2>
- Murua, H., Kraus, G., Saborido-Rey, F., Witthames, P. R., Thorsen, A., & Junquera, S. (2003). Procedures to estimate fecundity of marine fish species in relation to their reproductive strategy. *Journal of Northwest Atlantic Fishery Science*, 33, 33–54
- Mutlu, C. (1994). *Doğu Karadeniz'deki Hamsi (Engraulis encrasicolus L., 1758) Balıklarının Bazı Popülasyon Özellikleri Üzerine Bir Araştırma*. Yüksek Lisans Tezi. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, Türkiye, 44 s.
- Mutlu, C. (2000). *Doğu Karadeniz'de Hamsi Popülasyonunun Özellikleri ve Stok Miktarının Tahmininde Analitik Yöntemlerin Uygulanması*. Doktora Tezi. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, Türkiye, 113s.
- Nunes C., Silva A., & Soares E. (2011). The Use of Hepatic and Somatic Indices and Histological Information to Characterize the Reproductive Dynamics of Atlantic Sardine *Sardina pilchardus* from the Portuguese Coast. *School of Biology, Aristotle University of Thessaloniki*, 127–144.
- Oğuz, T., & Gilbert, D. (2007). Abrupt transitions of the top-down controlled Black Sea pelagic ecosystem during 1960–2000: Evidence for regime-shifts. *Marine Ecology Progress Series*, 350, 169–183. <https://doi.org/10.3354/meps07133>
- Özdamar, E., Khiara, K., Sakuramoto, K. & Erkoyuncu, İ., (1994). Variation in the population structure of European Anchovy, *Engraulis encrasicolus* L. in the Black Sea. *Journal of the Tokyo University of Fisheries*, 8, 123-134
- Özdamar, E., Samsun, O., & Erkoyuncu, İ. (1995). Karadeniz' de (Türkiye) 1994 1995 av sezonunda hamsi (*Engraulis encrasicolus* L.) balığına ilişkin popülasyon parametreleri tahmini. *Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi, Su Ürünleri Dergisi*, 12, 135-144.
- Özdemir, S., Erdem, Y., Özdemir, Z.B., Erdem, E., & Aksu H. (2018). Karadeniz'de avlanan çaça (*Sprattus sprattus* L.) ve hamsi (*Engraulis encrasicolus*, L.) balıklarının büyüme parametreleri ve ölüm oranlarının tahmini. *Türk Denizcilik ve Deniz Bilimleri Dergisi*, 4, 2, 106-115.
- Palomera, I. (1992). Spawning of anchovy *Engraulis encrasicolus* in the northwestern Mediterranean relative to hydrographic features in the region. *Marine Ecology Progress Series*, 79, 215–223.
- Pauly, D. (1980a). A selection of simple methods for assessment of tropical fish stocks. *FAO Fisheries Circulars*, 729, 54.

- Pauly, D. (1980b). On the interrelationships between natural mortality, growth parameters, and mean environmental temperature in 175 fish stocks. *ICES Journal of Marine Science*, 39(2), 175–192.
- Pauly, D. (1983). Some simple methods for the assessment of tropical fish stocks. FAO Fisheries Technical Paper No. 234. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome. <https://www.fao.org/3/x6845e/x6845e00.htm>
- Pauly, D., & Munro, J. L. (1984). Once more on the comparison of growth in fish and invertebrates. *Fishbyte*, 2(1), 21–22.
- Pauly, D., & Froese, R. (2020). MSY needs no epitaph-but it was abused. *ICES Journal of Marine Science*, 77(7), 2284–2290. <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsaa224>
- Peterson, N. J., Wyanski, D. M., Saborido-Rey, F., Macewicz, B. J., & Lowerre-Barbieri, S. K. (2011). A standardized terminology for describing reproductive development in fishes. *Marine and Coastal Fisheries*, 3(1), 52–70. <https://doi.org/10.1080/19425120.2011.555724>
- Pope, K. L., Lochmann, S. E., & Young, M. K. (2010). Inland Fisheries Management in North America, American Fisheries Society, Bethesda, 3rd Edition, ISBN: 9781934874165, 780 p., Hubert, W. A., Quist, M. C. (Eds), 325–351.
- Prodanov, K., Mikhailov, K., Daskalov, G., Maxim, K., Chashchin, A., Arkhipov, A., & Shlyakhov, V. (1997). Environmental management of fish resources in the Black Sea and their rational exploitation. FAO Fisheries Report, No. 578, FAO, Rome.
- Robinson, O. J., Jensen, O. P., Provost, M. M., Huang, S., Fefferman, N. H., Kebir, A., & Lockwood, J. L. (2017). Evaluating the impacts of fishing on sex-changing fish: A game-theoretic approach. *ICES Journal of Marine Science*, 74(3), 652–659. <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsw222>
- Saborido-Rey, F., Dominguez-Petit, R.D., & Sigurdsson, S.F. (2015). Fecundity of *Sebastes mentella* and *Sebastes norvegicus* in the Irminger Sea and Icelandic Waters *Ciencias Marinas*, 41 (2), 107-124.
- Sağlam, C. (2012). *Orta Karadeniz'deki hamsi (Engraulis encrasicolus, Linnaeus, 1758) balıklarının bazı populasyon parametreleri üzerine bir araştırma*. Yüksek Lisans Tezi, Ordu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ordu, Türkiye, 53s.
- Sanz, A., & Uriarte, A. (1989). Reproductive cycle and batch fecundity of the Bay of Biscay anchovy (*Engraulis encrasicolus* L.) in 1987. *CalCOFI Report*, 30, 127-135
- Satılmış, H.H., Erdem, Y., Özdemir, S., & Sümer, Ç. (2010). Hamsinin (*Engraulis encrasicolus ponticus*) kondisyon faktörü ve gonadosomatik indeksinin aylık

- değişimi ile fekonditesi. 1. Ulusal Hamsi Çalıştayı: Sürdürülebilir Balıkçılık, Trabzon, 17-18 Haziran, Su Ürünleri Merkez Araştırma Enstitüsü, 118-121.
- Schismenou, E. S., Chatzifotis, Tsiaras, K., & Somarakis, S. (2024). Anchovy and Sardine Condition and Energy Content in the North Aegean Sea (Eastern Mediterranean) in Relation to Their Contrasting Reproductive Strategies. *Journal of Fish Biology* 105 (4), 1178–1188. <https://doi.org/10.1111/jfb.15872>.
- Schneider, W. (1990). FAO Species Identification Sheets for Fishery Purposes: Field Guide to the Commercial Marine Resources of the Gulf of Guinea. Prepared and published with support of the FAO Regional Office for Africa, Rome. 268 pp.
- Shiganova, T. A. & Bulgakova, Y. V. (2000). Effects of gelatinous plankton on Black Sea and Sea of Azov fish and their food resources. *ICES Journal of marine Science*. 57, 641–648.
- Sinovicic, G. (2000). Anchovy, *Engraulis encrasicolus* (Linnaeus, 1758): biology, population dynamics and fisheries case study. *Acta Adriat.* 41(1):3-53.
- Sinovčić, G., & Zorica, B. (2006). Reproductive cycle and minimal length at sexual maturity of *Engraulis encrasicolus* (L.) in the Zrmanja River estuary (Adriatic Sea, Croatia). *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 69(3–4), 439–448. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2006.04.003>
- Slatanenko, E., (1956). Karadeniz havzası balıkları. Çev. H. Altan. EBK Umum Müdl. Yay. İstanbul, 711 s.
- Sparre, P., & Venema, S.C. (1992). Introduction to tropical fish stock assessment Part 1. Manual. *FAO Fisheries Technical Paper*, 405.
- Sparre, P.J., & Venema, S.C. (1998). Introduction to tropical fish stock assessment. Part 1. Manual (Rev. 2). *FAO Fisheries Technical Reports*, 407.
- Solak, E. (2015). *Doğu karadeniz’ de 2013-2014 av sezonunda avlanan hamsi (Engraulis encrasicolus Linnaeus, 1758)’ nin popülasyon dinamiği*. Yüksek Lisans Tezi, Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Rize Türkiye, 79s.
- Stawitz, C. C., & Essington, T. E. (2018). Somatic growth contributes to population variation in marine fishes. *Journal of Animal Ecology* 88, 315–329. doi: 10.1111/1365-2656.12921
- Şahin, C., Gözler, A.M., & Hacımurtazaoğlu, N. (2006). 2004–2005 Av Sezonunda Doğu Karadeniz'deki Hamsi (*Engraulis encrasicolus* L., 1758) Popülasyonunun Yapısı. *Ege Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi* 23, 497–503.
- Şenbahar, A. M., Güleç, Ö., Tosunoğlu, Z., & Özaydın, O. (2020). Length-Weight Relationship of the Most Landed Pelagic Fish Species European Pilchard

- (*Sardina pilchardus* Walbaum, 1792) and European Anchovy (*Engraulis encrasicolus* Linnaeus, 1758) in the Izmir Bay (Aegean Sea, Turkey) Purse Seine Fishery. *Marine Science and Technology Bulletin*, 9(1), 32-37. <https://doi.org/10.33714/masteb.673318>
- Taylan, B. ve Bayhan, B. (2024). Reproductive biology of the European anchovy *Engraulis encrasicolus* (Linnaeus, 1758) in the Turkish Aegean Sea. *Oceanological and Hydrobiological Studies*, 53(1), 7-15.
- Troell, M., Naylor, R. L., Metian, M., Beveridge, M., Tyedmers, P. H., Folke, C., & Gren, A. (2014). Does aquaculture add resilience to the global food system. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 111(37), 13257–13263
- Tsikliras, A.C., Dinouli, A., Tsiros, V., & Tsalkou, E. (2015). The Mediterranean and Black Sea fisheries at risk from overexploitation. *Mediterranean Marine Science*, 16(1), 219-232. <https://doi.org/10.12681/mms.1064>
- Turan, F., Ergüden, D., Gürlek, M., & Gürlek, M. (2006). Protein quality of fish flesh and its importance in human nutrition. *Journal of Animal and Veterinary Advances*, 5(7), 600–604.
- TÜİK (1967-2010). Su Ürünleri İstatistikleri 2018. Türkiye İstatistik Kurumu. <https://data.tuik.gov.tr>
- TÜİK (2019). Su Ürünleri İstatistikleri 2018. Türkiye İstatistik Kurumu. <https://data.tuik.gov.tr>
- TÜİK (2024). Su Ürünleri İstatistikleri 2023. Türkiye İstatistik Kurumu. <https://data.tuik.gov.tr>
- Uçkun, D., Akalın, S. & Toğulga, M. (2005). İzmir Körfezi’nde Hamsi (*Engraulis encrasicolus* L., 1758)’nin Yaş ve Büyüme Özellikleri Üzerine Araştırmalar. *Ege Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi*, 22, 281-285.
- Ulman, A., Bekişoğlu, Ş., Zengin, M., Knittweis, L., & Pauly, D. (2020). Reconstruction of marine fisheries catches for the Republic of Turkey in the Black Sea and the Sea of Marmara, 1950–2015. *Frontiers in Marine Science*, 7, 131. <https://doi.org/10.3389/fmars.2020.00131>
- Uusi-Heikkilä, S. (2020). Implications of size-selective fisheries on sexual selection. *Evolutionary Applications*, 12(3), 487–500. <https://doi.org/10.1111/eva.12988>
- van Overzee, H. M. J., & Rijnsdorp, A. D. (2015). Effects of fishing during the spawning period: implications for sustainable management. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 25(1), 65-83. <https://doi.org/10.1007/s11160-014-9370-x>
- Veiga P., Machado D., Almeida C., Bentes L., Monteiro P., Oliveira F., Ruano M., Erzini K., & Gonçalves J. M. S. (2009). Weight–length relationships for 54

- species of the Arade estuary, southern Portugal. *Journal Applied Ichthyology* 25, 493–496.
- World Bank (2013). Fish to 2030: Prospects for fisheries and aquaculture (Report No. 83177-GLB). Washington, DC: World Bank.
- Yankova, M., 2014. Preliminary estimates of the population parameters of four species in the Bulgarian Black Sea coast. *International Journal of Scientific & Technology Research*, 3(5), 46-52.
- Tu, C.-Y., Chen, K.-T. & Hsieh, C.-H. (2018). Fishing and temperature effects on the size structure of exploited fish stocks. *Scientific Reports*, 8, 7132. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-25403-x>
- West, G. (1990). Methods of assessing ovarian development in fishes: a review. *Australian Journal of Marine and Freshwater Research*, 41(2), 199–222.
- Whitehead, P.J.P. (1984). Clupeidae In: Fishes of the north-eastern Atlantic and the Mediterranean Vol. 1, UNESCO, 268-281.
- Zaitsev, Y., & Mamaev, V. O. (1997). Marine Biological Diversity in the Black Sea: A Study of Change and Decline. Black Sea Environmental Series No. 3. United Nations Publications, New York, 208 pp
- Zorica, B., Vilibic, I., Cikes Kec, V., & Sepic, J. (2013). Environmental conditions conducive to anchovy (*Engraulis encrasicolus*) spawning in the Adriatic Sea. *Fisheries Oceanography*, 22(1), 32–40. <https://doi.org/10.1111/fog.12002>
- Zuyev, G., & Skuratovskaya, E. (2023). Population structure of European Anchovy *Engraulis encrasicolus* (L.) (Engraulidae: Pisces) in the Azov-Black Sea Basin. *Thalassas: An International Journal of Marine Sciences*, 39(1), 115–124.