



T.C.

TOKAT GAZİOSMANPAŞA ÜNİVERSİTESİ

LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

SU ÜRÜNLERİ MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI

ZİNAV GÖLÜNÜN SUCUL BESİN AĞI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

HALİT TURAN

Danışman: Dr.Öğretim Üyesi Ekrem BUHAN

**TOKAT
ARALIK - 2024
Her Hakkı Saklıdır.**

ETİK SÖZLEŞME

Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü tez yazım kılavuzuna göre, Dr.Öğretim Üyesi Ekrem BUHAN danışmanlığında hazırlamış olduğum “Zinav Gölünün Sucul Besin Ağı” adlı Yüksek Lisans tezinin bilimsel etik değerlere ve kurallara uygun, özgün bir çalışma olduğunu, aksinin tespit edilmesi halinde her türlü yasal yaptırımını kabul edeceğimi beyan ederim.

27/12/2024
Halit TURAN



Halit TURAN tarafından hazırlanan ‘**Zinav Gölünün Sucul Besin Ağı**’ adlı tez çalışmasının savunma sınavı 28.11.2024 tarihinde yapılmış olup aşağıda verilen Jüri tarafından Oy Birliği ile Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Su Ürünleri Mühendisliği Ana Bilim Dalı’nda Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

İmza

Danışman Dr.Öğretim Üyesi Ekrem BUHAN

Üye Prof.Dr.Nihat YEŞİLAYER

Üye Doç.Dr.Zafer KARSLI

ONAY

...../...../.....

Doç.Dr. Ercan ÇAÇAN

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Müdürü

ÖNSÖZ

Tez çalışmam sırasında yanımda olan değerli danışman hocalarım Dr.Öğretim Üyesi Ekrem BUHAN ve Nehir KAYMAK (2.danışmanım)'a teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca değerli bilgilerini bizlerle paylaşmaktan çekinmeyen Prof.Dr. Şenol AKIN'a da minnet duygularıyla saygılarımı sunarım. Yüksek lisans bursiyeri olarak görev aldığım 110Y117 nolu TÜBİTAK projesi mali destekçisi TÜBİTAK'a tez verileri için ayrıca şükranlarımı sunar teşekkür ederim.

Tez çalışmalarım boyunca sabırla beni destekleyen sevgili eşime şükranlarımı sunarım.

Halit TURAN

ÖZET

ZİNAV GÖLÜNÜN SUCUL BESİN AĞI

Turan, Halit

Yüksek Lisans, Su Ürünleri Mühendisliği Ana Bilim Dalı

Tez Danışmanı: Dr.Öğretim Üyesi Ekrem BUHAN

Aralık 2024, ix + 48 sayfa

Dimiktik-ötrofik bir gölde (Zinav Gölü, Türkiye) yerli ve istilacı sazan balıklarını destekleyen bazal kaynakların hangilerinin önemli olduğunu belirlemek için kararlı izotop analizi kullanılmıştır. 2013 ilkbahar ve yaz aylarında gölün kıyısal ve pelajik bölgelerinden potansiyel birincil üreticileri (kıyısal, pelajik kaynaklar ve detritus), balıkları ve makro omurgasızları örneklenmiştir. İstilacı (*Carassius* spp.) ve yerli balıklar (*Squalius cephalus*, *Capoeta banarescui* ve *Cyprinus carpio*) tarafından asimile edilen bazal kaynakların göreceli önemi SIAR karıştırma modeli kullanılarak tahmin edilmiştir. Toplayıcı-toplayıcı (1) (-35.33 ‰) ve *S. cephalus*, *Carassius* spp. ve *C. carpio* gibi tüketiciler daha fazla ^{13}C tükenmişliğine (sırasıyla -32.12, -31.09, -31.54 ‰) sahipken, *C. banarescui*, toplayıcı-toplayıcı (2) vb. daha fazla ^{13}C zenginleştirilmiş değerlere (sırasıyla -25.03, -26.55 ‰) sahip olduğu saptanmıştır. SIAR ve bağırsak içerikleri, ana enerji kaynaklarının balıklar arasında oldukça değişken olduğunu, üç ana kaynağın istilacı balıklara katkıda bulunduğunu, ancak *C. banarescui* için kıyı kaynakları, *S. cephalus* için pelajik kaynaklar ve detritus ve *C. carpio* için ise pelajik kaynakların daha önemli olduğunu tespit edilmiştir. Tüketicinin biyokütlesi de kısmen detritusla bağlantılı bulunmuştur. Çalışmamız, tüm türlerin pelajik ve kıyısal bölgelerin birleşmesini teşvik ettiğini ve istilacı ve yerli balıklar arasındaki kaynaklar için rekabetin kaynak paylaşımına ve optimum olmayan kaynaklara doğru kaymaya neden olabileceğini ortaya koymuştur.

Anahtar Kelimeler: Zinav Gölü, Kararlı izotop analizleri, Mide içeriği, İstilacı balıklar, Sazangiller

ABSTRACT
AQUATIC FOOD WEB OF ZİNAV LAKE

Turan, Halit
Master's Thesis, Department of Animal Science
Advisor: Asst.Prof.Dr. Ekrem BUHAN
December 2024, ix + 48 page

Stable isotope analysis was used to determine which basal sources are important in supporting native and invasive carp fishes in a dimictic-eutrophic lake (Zinav Lake, Turkey). Potential primary producers (littoral, pelagic sources and detritus), fish and macroinvertebrates were sampled from the coastal and pelagic zones of the lake during spring and summer 2013. The relative importance of basal resources assimilated by invasive (*Carassius* spp.) and native fishes (*Squalius cephalus*, *Capoeta banarescui* and *Cyprinus carpio*) was estimated using the SIAR mixing model. Forager-accumulator (1) (-35.33‰) and *S. cephalus*, *Carassius* spp. and consumers such as *C. carpio* had more ¹³C depletion (-32.12, -31.09, -31.54 ‰, respectively), while *C. banarescui*, forager-gatherer (2) etc. had more ¹³C enriched values (-25.03, -26.55 ‰, respectively). SIAR and gut contents showed that the main energy sources were highly variable among fish, with three main sources contributing to invasive fish, but coastal resources were more important for *C. banarescui*, pelagic resources and detritus for *S. cephalus* and pelagic resources for *C. carpio*. The biomass of the consumer was also partially linked to detritus. Our study revealed that all species promote the merging of pelagic and coastal zones and that competition for resources between invasive and native fish may lead to resource partitioning and shifts towards suboptimal resources.

Keywords: Zinav Lake, Stable isotope analysis, Gut content, Invasive fish, Cyprinids

ÇİZELGE LİSTESİ

Çizelge 2.3.3.1. Örnek bir besin ağ matrisi.....	13
Çizelge 2.3.3.2. Matriks kullanılarak hesaplanan besin ağ parametreleri.....	14
Çizelge 2.3.3.3. Niş çatışmasının hesaplanmasını açıklayıcı tablo.	17
Çizelge 2.4.1. Çeşitli elementlere ait izotop oranları ve doğada bulunma yüzdeleri.....	19
Çizelge 4.1.Bazal kaynaklar ve makro omurgasızlar için ölçülen $\delta^{13}\text{C}$ ve $\delta^{15}\text{N}$ değerleri	30



ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1.1. Göllerde Besin Zinciri ve Besin Ağı.....	5
Şekil 2.1.2. Besin piramidi ve besin ağlarında enerji ve madde akışı.....	6
Şekil 2.1.3. Göllerde besin ağı	8
Şekil 2.1.4. Tipik sucul besin ağı	9
Şekil 2.3.3.1. Yukarıdaki matriksin şekil üzerinde gösterilmesi.....	13
Şekil 2.4.2. Azot her trofik seviyede %3 oranında artar.....	21
Şekil 3.1.1. Zinav Gölü'ndeki çalışma alanlarının konumu.	25
Şekil 4.1. Zinav Gölünde birincil üretim kaynaklarına.....	32
Şekil 4.2. SIAR karıştırma modelinde kararlı izotop analizinden türetilen kutu grafikleri	34



KISALTMALAR VE SİMGELER

KISALTMA

AÇIKLAMA

Klo-a/Chl-a	Klorofil-a
COD	Kimyasal oksijen ihtiyacı
BOD	Biyolojik oksijen ihtiyacı
TSI	Trofik Durum indeksi
SD	Seki diski derinliği
TP	Toplam fosfor
TN	Toplam azot
CBS	Coğrafik Bilgi Sistemleri
UA	Uzaktan Algılama
EPA	Amerikan Çevre Ajansı
AB / EU	Avrupa Birliği
ABD / US	Amerika Birleşik Devletleri
APHA	Amerikan Halk Sağlığı Birliği
DEFRA	İngiltere Çevre Gıda ve Kırsal İşler Bölümü
DWAF	Güney Afrika Su İşleri ve Orman Bölümü

SİMGELER

AÇIKLAMA

^{13}C	karbon izotopu
^{15}N	azot izotopu
$\delta^{13}\text{C}$	tüketici karbon izotopu
$\delta^{15}\text{N}$	tüketici azot izotopu
T	sıcaklık
mg	miligram
μg	mikrogram
C	karbon
N	azot
P	fosfor
$\text{NH}_4\text{-N}$	Amonyum azotu
$\text{NO}_2\text{-N}$	nitrit azotu
$\text{NO}_3\text{-N}$	nitrat azotu
$\text{PO}_4\text{-P}$	çözünmüş reaktif fosfor

İÇİNDEKİLER

ETİK SÖZLEŞME.....	i
ÖNSÖZ.....	iii
ÖZET	iv
ABSTRACT	v
ÇİZELGE LİSTESİ.....	vi
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	vii
KISALTMALAR VE SİMGELER	viii
İÇİNDEKİLER	ix
1. GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER VE LİTERATÜR BİLDİRİŞLERİ	5
2.1. Göllerde Besin Ağı	5
2.2. Göllerde Besin Ağı Metotları	10
3. MATERYAL ve METOT	25
3.1. Materyal.....	25
3.2. Metot	26
3.2.1. Besin Ağı Bileşenleri	20
3.2.2. Balık Mide İçeriği.....	21
3.2.3. Veri Analizleri	22
4. BULGULAR	30
4.1. Tüketicilerin kararlı İzotop Kompozisyonu	31
4.2. Balık Besinlerine Genel Bakış	33
4.3. Sucul Tüketicilerini Destekleyen Birincil Üretim Kaynakları	33
5. TARTIŞMA ve SONUÇ	35
6. KAYNAKÇA	40
7. ÖZGEÇMİŞ.....	48

1. GİRİŞ

Ekolojinin bilimsel olarak kurucuları olan Darwin (1859) ve Elton (1927) ilk kez topluluktaki bireyler arasındaki av-avcı etkileşimini besin ağı olarak tanımlamışlardır. Ekolojinin temel araştırma konusu olan türler arasındaki etkileşimi anlayabilmek bu bilim adamlarından sonraki ekolojistlerin de hedefi olmuştur. Bir organizma topluluğu içerisindeki beslenme ilişkileri topluluk besin ağı olarak tanımlanır ve besin ağı belirli bir alan ve zamanda bulunan organizmaların beslenme özelliklerini tanımlar (Briand ve Cohen 1987).

Topluluk besin ağı, ekolojide merkezi bir genel kavram olarak kabul edilmektedir (Winemiller ve Polis 1996). İyi çalışılmış bir besin ağı pratik çevresel problemleri çözmede ve toplulukların organizasyonları hakkında çeşitli soruları cevaplayabilmektedir. Tüketmek için besinlerin varlığı ve tüketilme riski birçok türün evrimini ve populasyon dinamiğini etkileyen önemli faktörlerden birisidir. Besin ağı birçok ekolojik ve çevresel problemleri çözmede başvurulacak bir araç olmuştur. Örneğin toksik ve kirleticilerin balık ve diğer organizmalarda birikmesi besin ağının çok iyi çalışması ile daha iyi açıklanabilmektedir. Zirai mücadele, hastalığın kontrol altına alınması, endüstriyel atık su arıtılması ve yaban hayatının korunması gibi konulardaki problemlerin çözümünde de besin ağı çalışmaları büyük önem arz etmektedir. Besin ağı özellikle de balıkçılık yönetiminde kullanılan vazgeçilmez bir unsur olmuştur. Örneğin son yıllarda aşırı avcılıktan dolayı dünya denizlerindeki balık stoklarında görülen azalmalar Pauly ve ark. (1998)'nin yapmış oldukları besin ağı çalışmaları ile açıklanabilmektedir.

Besin ağı dinamiği teorik, deneysel ve gözlemsel olmak üzere üç şekilde çalışılır (Schoenly ve Cohen 1991). Besin ağı teorik çalışmaları May (1973)'in çalışmasından sonra artarak devam etmiştir. Cohen (1978), Pimm (1980, 1982), Briand (1983), Sugihara ve ark. (1989) ve Cohen (1990) tarafından daha önce yayınlanmış besin ağı çalışmaları derlenerek teorik olarak incelenmiştir. Bu toplanan çalışmalardan çıkan teoriler, besin

ağında yer alan türler arasındaki karmaşık olarak görünen av-avcı ilişkisini; rastgele değil bilakis belli bir düzen içinde sürdüğünü göstermektedir. Ekolojistler bu çalışmalardan hareketle besin ağının genel özelliklerini aşağıdaki gibi belirlemişlerdir;

- Besin zinciri kısadır. Bir zincir en fazla üç veya dört beslenme (trofik) seviyeden oluşur. Altıdan fazla trofik seviyesi olan besin zinciri doğada nadiren bulunur (Pimm 1982; Cohen ve ark. 1986; Newmann ve Cohen 1986; Briand ve Cohen 1987).
- Besin ağında en üst, orta ve alttaki bireylerin oranları ağdaki birey sayısı ile değişmez (Briand ve Cohen 1984; Sugihara ve ark. 1989; Cohen ve ark. 1990).
- Bireylerin etkileşim derecesini belirleyen besin ağı ilişki bağlantısı ile ağdaki birey sayısı arasında ters orantı vardır (May 1972, 1973; Briand ve Cohen 1984; Lawton 1989).
- Doğada omnivor bireylere rastlama sıklığı azdır (Pimm 1982; Pimm ve Kitching 1987).
- Av avcı tür sayıları arasındaki oran sabittir bu genelde 0.8 ile 1 arasındadır (Briand ve Cohen 1984; Cohen ve ark. 1985; Jeffries ve Lawton 1985).

Yukarıda sıralanan özellikler, bu özelliklerin elde edildiği besin ağlarının kurulmasında izlenen metodlarda ortak bir standartın olmamasından dolayı eleştirilmiştir (Paine 1983, 1988; Pimm ve Kitching 1988; Winemiller 1989; Martinez 1991, 1992; Polis 1991,1994; Hall ve Raffaelli 1993; Yodzis 1993; ve ark.).

Bir bölgenin besin ağını tüm ayrıntılarıyla ortaya koyabilmek için ağdaki bütün organizmaların mümkün olan en küçük taksonomik seviyede tanımlanması gerekmektedir. Örneğin 10 farklı bir türün sadece sınıfını belirtmek suretiyle besin ağına dahil edilmesi besin ağındaki birey sayısında azalmaya, bu durum ise ilgili türler arasındaki etkileşimlerin göz ardı edilmesine neden olacak ve ortaya konulan besin ağı gerçekleri göstermeyebilecektir (Polis 1991; Goldwasser ve Roughgarden 1993). Bu gibi eksiklikler yukarıda sunulan besin ağı özelliklerinin doğruluğu üzerinde şüphe uyandıracaktır. Bu gibi problemleri ortadan kaldırmak için Cohen ve ark. (1993)'de "besin ağının geliştirilmesi" isimli eserlerinde çeşitli öneriler getirmiştir. Bu yazarlar besin ağ verilerinin toplanması ve sunulmasında belli standartların olmamasının büyük

bir problem olduğunu belirterek, besin ağındaki bireylerin mümkün olduğunca en küçük taksonomik seviyede tanımlanmasını ve böylece besin ağı hakkında genellemelerin daha sağlıklı olacağını bildirmişlerdir. 1990 yılların başından itibaren yapılan besin ağı çalışmaları (Kitching 1987; Warren 1989; Winemiller 1990, 1996; Schoenly ve Cohen 1991; Closs ve Lake 1994; Tavares-Cromar ve Williams 1996; Peterson 1997; and Akin 2001) yukarıda belirtilen eksikliklerden dolayı ilk besin ağı çalışmalarında elde edilen genellemelerin değişebileceğini göstermiştir.

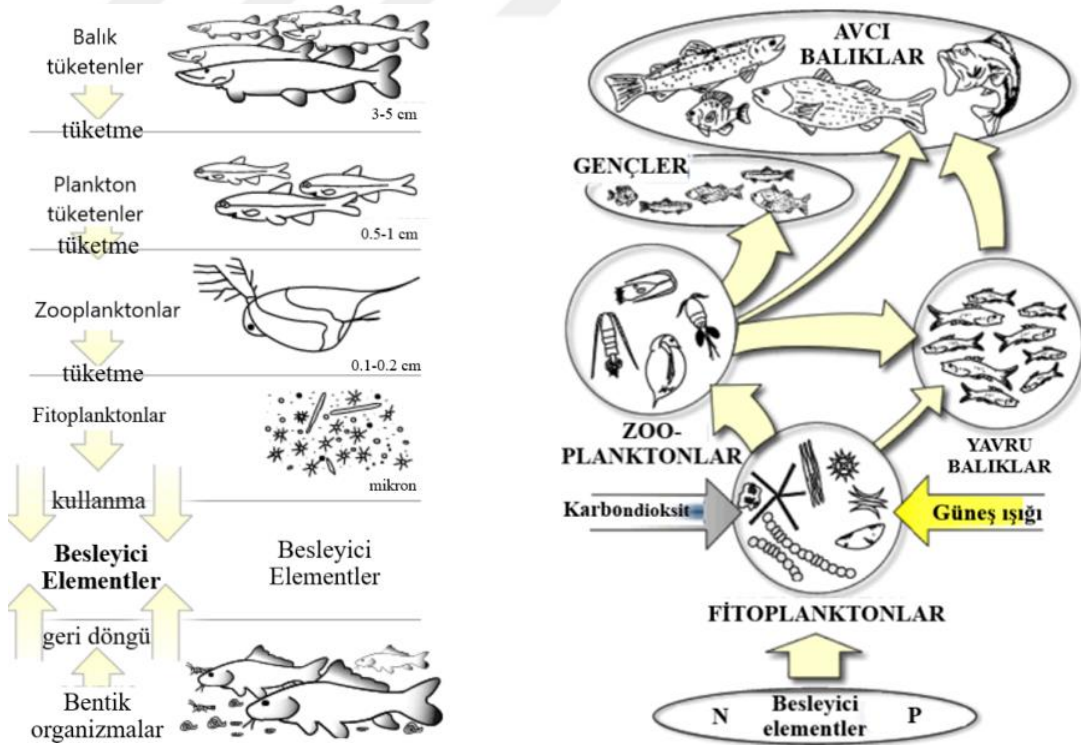
İlk besin ağı çalışmalarından elde edilen yukarıda sıralanan özellikler alan ve zaman kavramı verilmeksizin toplanan verilerin bir araya getirilmesi sonucu elde edilmiştir. Halbuki ekosistemlerin biyotik ve abiyotik birimleri sabit değil hem alansal hemde mevsimsel olarak değişim gösterdiği uzun yıllardan beri bilinen bir gerçektir. Ayrıca balıklar yaşlanma ile beslenme özelliklerini değiştirmektedirler (Werner ve Gilliam 1984; Winemiller 1989b; 1990). Beslenmedeki bu gibi ontojenik değişimler besin ağındaki önemli değişimlere neden olacaktır (Winemiller 1996). Besin ağının tam anlamıyla bütün bireyleri arasındaki gerçek etkileşimi elde etmek için besin ağı verilerinin toplanmasında zaman ve alan kavramını dikkate almak ve veri toplama metodunu buna göre ayarlamak büyük önem arz etmektedir. Kararlı izotop analizi, farklı su ekosistemlerinin besin ağlarındaki enerji akışlarını ve besin yollarını belirlemek için yaygın olarak kullanılan güçlü bir araçtır (Opsahl ve ark.,2010; Iglesias ve ark.,2017). Örneğin, çalışmalarda besin ağları için diyet değişkenliğini, beslenme stratejisini, trofik pozisyonu, trofik niş kaymasını ve besin kaynağını belirlemek için $\delta^{13}\text{C}$ ve $\delta^{15}\text{N}$ 'nin kararlı izotopları kullanılmıştır (Sepúlveda-Lozada ve ark.,2015). ^{15}N 'nin kararlı izotopu , organizmaların trofik pozisyonunu belirlemek için kullanılmıştır (Bouwman ve ark., 2012)., Organik madde transferlerinin bir göstergesi olarak $\delta^{13}\text{C}$ 'nin kararlı izotopu , genellikle orijinal karbon kaynağını izlemek için kullanılmıştır (Manetta ve ark.,2003). Ek olarak, $\delta^{13}\text{C}$ ve $\delta^{15}\text{N}$ 'nin kararlı izotoplarıyla birlikte Bayes karıştırma modelleri ve toplum çapındaki ölçümlerin geliştirilmesi, olası av öğelerinin katkısının ve belirli bir besin ağındaki tüketicilerin işgal ettiği izotopik niş alanının tahmin edilmesine olanak sağlamıştır (Layman ve ark.,2012).

Zinav Gölü, Tokat ilinin dimiktik ve en büyük heyelan gölü olup, doğal yapısı, biyolojik çeşitliliği ve eşsiz peyzajı nedeniyle bölgesel ve ulusal öneme sahiptir. Gölün ötrofik yapıda olduğu belirlenmiştir. Göl suyu kalitesinin organik maddeyle giderek zenginleşmesi nedeniyle bozulması, ötrofikasyona ve alg çoğalmalarına neden olmaktadır. Sıcaklık tabakalaşması ilkbaharda gelişmeye başlar ve yaz aylarında zirveye ulaşmaktadır. Gölün karıştırma dönemi Ocak-Nisan ayları arasında gerçekleşir. Çözünmüş oksijen konsantrasyonu yaz aylarında anoksik koşulları gösteren 5 m derinlikte (0,08 mg/l) minimum değere sahiptir (Buhan ve ark., 2013). Anoksik durum nedeniyle balıklar, gölün giriş ve çıkışında yalnızca makrofitlerin hakim olduğu kıyı bölgesinde yaşarlar. Taksonlar *Carassius* spp. gibi Cyprinidae familyasına aittir. Türkiye'de Asya ve Avrupa'da en yaygın olarak dağılan istilacı balıklardır ve Zinav Gölü'ne çeşitli insan faaliyetleri yoluyla kasıtlı veya bilinçsiz olarak taşınmıştır. Bu istilacı balık bentopelajik ve omnivordur ve diğer sazangillerde (*C. carpio*, *S. cephalus*, *C. banarescui*) olduğu gibi çoğunlukla Gastropodları, Dipteranları, Cladoceransları, Copepodları ve Ostracodları (Balık ve ark., 2003) tüketir. Yakın zamana kadar Zinav Gölünde *C. carpio* oldukça bol miktarda bulunuyordu. *Carassius* spp.'nin ortaya çıkışından sonra gölde *C. carpio* bolluğu büyük ölçüde azaldı (Balıkçı gözlemi). *Carassius* spp. anahtar tür olma eğilimindedir ve tür kompozisyonu ile avcı-av bağlantıları ve besin rekabeti gibi trofik bağlantılar üzerinde güçlü bir etkiye sahiptir. Bu nedenle besin kaynaklarının diğer sazangillerle örtüşmesi beklenebilir. İstilacı türlerin trofik ekolojisinin anlaşılması, istilanın etkilerini azaltmak ve sağlam risk değerlendirmesi açısından çok önemlidir. Kararlı izotopların doğal bolluğu, trofik yapının izleyicisi olarak ve besin kaynağı ve organik madde işlenmesi hakkında önemli bilgiler sağlayabilir (Peterson ve Fry, 1987). Bu çalışmanın amaçları (1) Zinav Gölü'nün besin ağını destekleyen birincil üretim kaynaklarının göreceli önemini, (2) Zinav Gölü'ndeki istilacı ve yerli balıklar arasındaki trofik etkileşimi belirlemektir.

2. GENEL BİLGİLER VE LİTERATÜR BİLDİRİŞLERİ

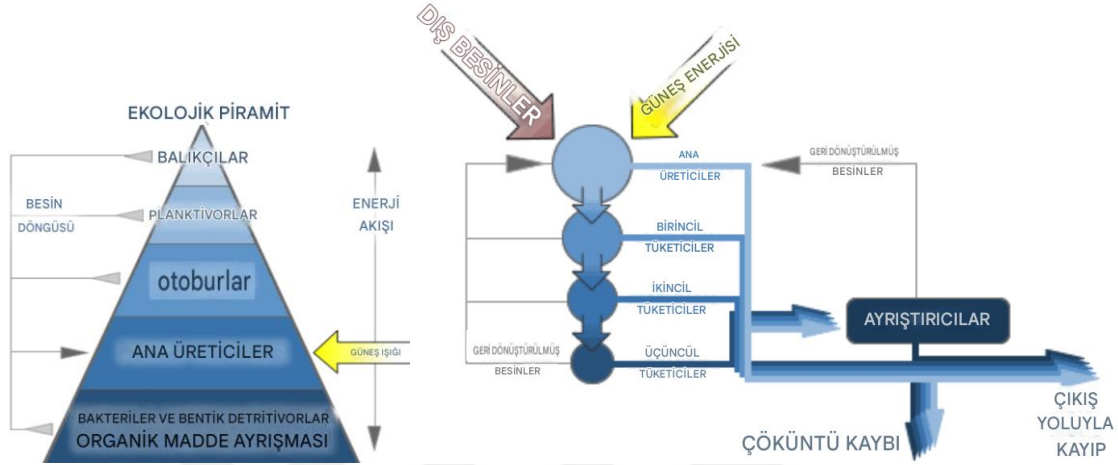
2.1.Göllerde Besin Ağı

Göllerdeki biyolojik topluluklar, ekosistemin nasıl işlediğini anlamamıza yardımcı olmak için kavramsal olarak besin zincirleri ve besin ağları halinde düzenlenebilir (Şekil 2.1.1). Bir ekosistemdeki organizmaların organizasyonunun en basit örneği ekolojik piramittir (Şekil.2.1.2). Birincil üreticilerin geniş tabanı, üstteki otçulları (zooplankton), planktivorları ve çok daha az sayıda etoburları (avcılar) destekler. Bu bireysel trofik seviyeler bir besin zinciri olarak idealize edilebilir, ancak aslında birçok organizma hepçildir (omnivor) ve belirli bir seviye ile karakterize edilmemiştir. Dahası, özellikle tüketiciler yaşam döngüleri boyunca sıklıkla seviyeleri değiştirirler. Örneğin, bir balık larvası başlangıçta algler , bakteriler ve detritus içeren ince parçacıklı materyal yiyebilir. Daha sonra daha büyük zooplanktonları otlayabilir ve olgunluğa ulaştığında nihayetinde "yem balığı" veya hatta genç av balıklarıyla (en üst avcılar) beslenebilir (Anonim, 2004).



Şekil 2.1.1. Göllerde Besin Zinciri (sol) ve Besin Ağı (sağ) (Anonim, 2004'den değiştirilerek).

Besin ağıları hem enerji hem de besin elementleri (karbon, azot veya fosfor) akışları açısından tanımlanabilir (Şekil 3). Süreç tipik olarak algler ve bitkiler tarafından güneş ışığıyla sağlanan fotosentezle başlasa da , yaşamı sürdürmek için dengeli beslenme de gereklidir (Anonim, 2004).



Şekil 2.1.2. Besin piramidi (sol) ve besin ağlarında enerji ve madde akışı (sağ) (Anonim, 2004).

Göllerde, tıpkı karada olduğu gibi, iki temel yaşam sürdürme süreci vardır; fotosentez ve solunum . Yeşil bitkiler, cansız, inorganik kimyasalları (karbondioksit , su ve mineral bileşikleri) canlı, organik bitki dokusuna dönüştürmek için güneş ışığından enerji alır. Göl fotosentezcileri arasında algler ve makrofitler bulunur . Birlikte, birincil üreticilerdir, çünkü çoğu diğer organizmanın besin ve enerji için ihtiyaç duyduğu organik maddeyi yaratırlar. Fotosentezin atık ürünü olan oksijen, atmosfer tarafından göle sağlanan oksijene eklenir . Fotosentez oranlarının çok yüksek olduğu su katmanlarında, örneğin bir alg patlaması sırasında, su aşırı doymuş hale gelebilir. Yani oksijen içeriği, atmosferle dengeye gelmesine izin verilirse suyun tutabileceği miktara göre doygunluğun % 100'ünü aşabilir. Bu doygunluk değeri, sırayla, suyun sıcaklığına bağlıdır. Daha soğuk su, daha sıcak sudan daha fazla O₂ tutabilir. Tabakalaşma dönemlerinde , gölün daha derin bölgelerine O₂'nin tek potansiyel kaynağı fotosentezdir. Bu yalnızca ışık termoklinin altına nüfuz ederse gerçekleşir . Işğın termoklinin altına nüfuz etmediği göllerde, daha derin sulara oksijenin dahili bir kaynağı yoktur (Anonim, 2004).

Işık dışında, algler ve daha yüksek bitkiler hayatta kalmak ve büyümek için oksijene, karbondioksit (CO₂) ve mineral besin elementlerine ihtiyaç duyarlar. Çok az sayıda mavi-yeşil alg türü hariç, çoğu anoksik (O₂ olmayan) suda yaşayamaz. CO₂ neredeyse

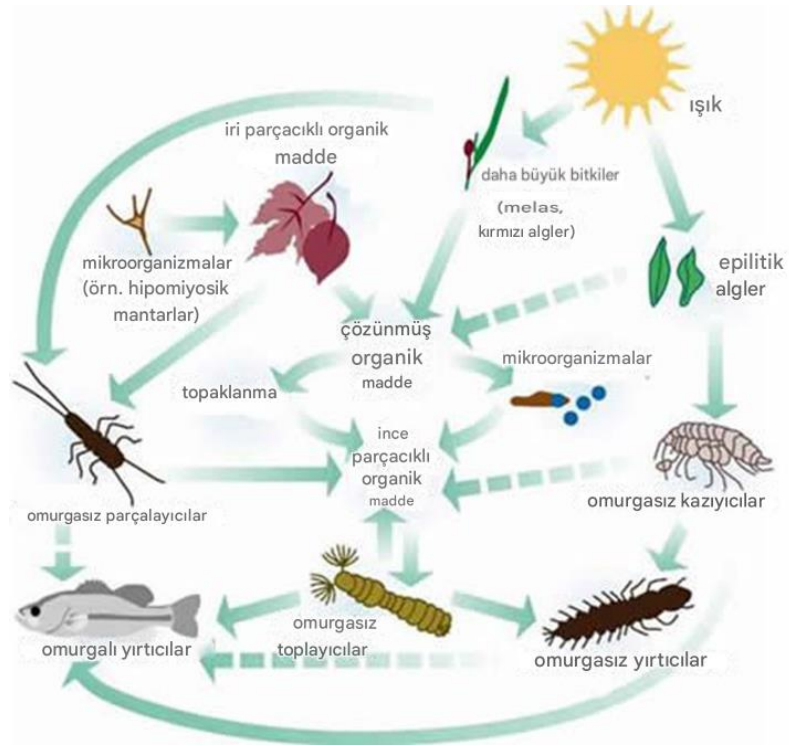
her zaman mevcuttur ve havzadaki kireç taşı gibi karbonat kayalarının aşınmasından , atmosferden difüzyondan (yumuşak su , asit yağmuruna duyarlı göllerde çok önemlidir) ve göldeki tüm organizmaların organik madde solunumundan gelir. Çözünmüş mineral besin elementleri algler tarafından sudan ve daha yüksek bitkiler tarafından sudan ve tortulardan emilir. Tipik olarak, en önemli besin maddeleri fosfor ve azottur, çünkü kirlilik kaynakları olmadığı sürece çok düşük konsantrasyonlarda bulunurlar ve genellikle alglerin büyümesini sınırlayacak kadar düşüktürler. Yaşam için gerekli olan diğer mineraller, örneğin majör iyonlar (kalsiyum, magnezyum, sodyum ve potasyum) ve belirli eser metaller (demir, kobalt, molibden, manganez, bakır, bor ve çinko) genellikle yeterli konsantrasyonlarda bulunur. Silisyum, diatomlar ve birkaç başka alg grubu tarafından gereklidir ve genellikle, her zaman olmasa da, yeterli seviyelerde bulunur. Tüm canlıların ihtiyaç duyduğu bir diğer mineral olan kükürt (sülfat formunda) göllerde genellikle bulunur (Anonim, 2004).

Bitkiler, hayvanlar ve mikroorganizmalar tarafından fotosentez ve solunumun tüm etkileşimi besin ağını temsil eder. Besin ağları genellikle çok karmaşıktır ve herhangi bir göl ekosisteminde yüzlerce farklı tür yer alabilir. Mevcut enerji her trofik seviyede azaldığından, nispeten az sayıda büyük balığı desteklemek için birincil üreticilerden (çoğunlukla bitkilerden) oluşan büyük bir besin tabanı gereklidir (Anonim, 2004).

Bu bitkiler ölebilir ve parçalanabilir veya birincil tüketiciler tarafından yenebilir - ikinci trofik seviye. Besin zincirindeki bu bağlantı tipik olarak alglerle otlayan zooplanktonu içerir, ancak ayrıca zooplankton yiyen balık larvaları ve bağlı algleri (perifiton) ve daha yüksek bitkileri yiyen çeşitli omurgasızları da içerir. Küçük balıklar, ikincil tüketiciler (üçüncü trofik seviye) gibi diğer hayvanlar birincil tüketicileri yerler ve bu nedenle ikincil tüketiciler olarak kabul edilirler. Büyük balıklar, balık kartalları ve insanlar gibi daha büyük tüketiciler ise üçüncül tüketicilerdir (dördüncü trofik seviye). Bu nedenle, biyokütle ve enerjinin fotosentetik üretiminden kaynaklanan enerji ve besinler besin ağı boyunca kademelenir (Şekil 2.1.3). Kademe boyunca bir miktar besin maddesi geri dönüşümü olur. Solunum, organik materyalin oksidasyonu, başlangıçta fotosentez yoluyla güneş ışığından yakalanan enerjiyi serbest bırakır. Hem bitkiler hem de hayvanlar yaşamlarını sürdürmek için solunum yaparlar ve bunu yaparken oksijen tüketirler. Mikroorganizmalar (bakteri ve mantarlar) atılan ve ölen organik maddelerin ayrışması sırasında mevcut oksijenin büyük bir kısmını tüketirler (Anonim, 2004).

Ayrıştırıcılar bitki ve hayvan atıklarının havuzudur, ancak aynı zamanda fotosentez için besin elementlerini geri dönüştürürler. Bir göldeki ölü madde miktarı canlı madde miktarını çok aşar. Detritus, ölü maddenin organik kısmıdır ve küçük bitki ve hayvan parçaları veya çözünmüş organik madde şeklinde olabilir. Son yıllarda bilim insanları, detritusla beslenen zooplanktonların ve ilişkili bakteri topluluğunun göllerde ek bir önemli trofik yol oluşturduğunu bulmuşlardır (Anonim, 2004).

Bir besin ağı, çeşitli besin zincirlerinden oluşan karmaşık bir sistemdir. Besin ağları, bir ekosistemde veya belirli bir yaşam alanında yaşayan türler arasındaki yeme ilişkilerini gösterir. Bir besin zincirinin temel bir parçası, her bir organizmanın ekosistem için eşit öneme sahip olmasıdır. Bu nedenle, organizmalar birbirine bağımlıdır (Anonim, 2024). Basit bir besin zincirinde, su böcekleri bitkileri yer ve küçük balıklar böcekleri yer. Büyük balıklar küçük balıkları yer ve insanlar büyük balıkları yakalayıp yerler. Ancak, organizmalar genellikle birden fazla türle beslenir. Bu etkileşim önemlidir çünkü bir organizma azalırsa veya ortadan kaybolursa, onunla beslenen organizmalar mutlaka kaybolmaz; başka yiyecek kaynakları bulabilirler (Anonim, 2024).



Şekil 2.1.3. Göllerde besin ağı (USDA: Anonim, 2024'den değiştirilerek)

Göller ve göletler, su bitkileri ve hayvanları tarafından işgal edilen doğal yaşam alanlarının mozaikleridir. Doğanın diğer âlemleri gibi, yaşam ve ölüm güçleri bu yaşam alanlarında sürekli olarak iş başındadır. Bir su bitkisi yaprağı bir böcek tarafından otlatılır ve bu böcek de bir balık tarafından alınır ve bu balık, geçen bir turna balığı için öğle yemeği olur. Enerji üretimi ve dönüşümünün modellerini kontrol eden veya değiştiren bu bağlantılar, genellikle kavramsal olarak diyagramatik besin ağı ilişkileri (Şekil 1) olarak tasvir edilir (David ve Mitchell,2024).

Şekil 2.1.4. Tipik sucul besin ağı. (USEPA 2010; David ve Mitchell,2024'den değiştirilerek;).

Besin Ağları Neden İlgi Çekicidir? Ekologlar için bu besin ağları, enerjinin (karbon formunda) ve besin maddelerinin su ekosisteminde nasıl değiştirildiği, değiştirildiği veya ihraç edildiği temel araçları özetlemek için kullanışlı kavramsal araçlardır. Besin ağlarının kesin biçimi ve bileşenleri göl türüne, coğrafi bölgeye ve mevsime göre farklılık gösterebilir ve karşılaştırmalı limnoloji genellikle bu farklılıklarda içgörü bulur. Besin zincirinde yukarı ve aşağı doğru doğrudan ve dolaylı popülasyon etkilerinin yayılmasına ve etkileşimine bakıldığında, "trofik kaskadlar" olarak adlandırılan bir süreç, göl yöneticilerine ekosistem restorasyonu için ilginç biyolojik seçenekler sunar (Carpenter ve ark., 1985). Balıkçılar için besin ağları, kurnaz bir levreği yabani ot yataklarından çıkarmak için en iyi sineği veya yemi seçmek için yararlı tavsiyeler sağlar. Yerel göl kenarı sakini için besin ağları bilgisi, kıyıdan hemen açıkta meydana gelen doğal dramının daha iyi anlaşılmasını ve yerel kıyı şeridi yaşam alanlarının korunmasının önemini daha iyi anlaşılmasını sağlar. Sucul besin ağları çizgi filmlerde genellikle birbirini çılgınca kapana daha büyük ve daha büyük balıkların ardışıklığı olarak tasvir edilirken, gerçeklik çok daha sıradandır. En çok çalışılan sucul besin ağı, dört trofik seviyeyi içeren açık sularda bulunandır: fitoplankton (birincil üretici), zooplankton (birincil tüketici), yılın genç veya yem balıkları (ikincil tüketici), göl alabalığı veya kartal gibi büyük piscivorlar (üçüncül tüketici). Sığ sularda, benzer trofik seviyeler köklü sucul bitkileri (makrofitler), salyangozlar, kerevitler ve küçük ağızlı levrekleri içerebilir. İzotopik belirteçler aracılığıyla besin kaynaklarını izleyen araştırmalar, birçok gölde bentik besin zincirlerinin balık diyetleri için açık sudan daha önemli olabileceğini göstermiştir (Vander Zanden ve Vadeboncouer 2002).

2.2.Göllerde Besin Ağı Metotları

Literatürde sucul toplulukların bireyleri arasındaki av-avcı beslenme ilişki ağı olarak tanımlanan ve balıkçılık yönetiminden sudaki kirletici kaynakların yapmış oldukları etkilere ve daha birçok konunun anlaşılması için bir araç olarak kullanılan besin ağ yapısının ortaya konulmasında izlenecek yol ve yöntemler tanıtılmıştır. Besin ağ yapısı mide analiz ve durağan (stable) izotop yöntemleri ile belirlenir. Mide içeriği analiz yöntemi geleneksel olarak kullanıla gelen ve çok zahmetli ve zaman isteyen bir yöntemdir. Buna karşın azot ve karbon denge izotop oranlarını kullanarak yapılan besin

ağ çalışmaları, her bir bireyin sadece sindirdiği besinleri anlamada kolaylıklar sunması bakımından son yıllarda tercih gören bir yöntem olmuştur. Karbon izotop oranı bireylerin tükettiği besinin kaynağının ne olduğunu anlamada, buna karşın azot izotop oranı bireylerin ağıdaki beslenme seviyelerini (üreticiler, birincil tüketiciler, ikincil tüketiciler, yırtıcılar) belirlemede kullanılmaktadır. Bir bireyin topluluktaki yerini denge izotop oranları ile hızlı ve doğru olarak belirlenmesine karşın, bu yöntem bireylerin farklı zaman ve alanlarda tüketmiş oldukları besin kaynaklarını tam olarak belirlemede ise yetersiz kalmaktadır. Pahalı ve yorucu olmasına karşın iki yöntemin birlikte kullanılması ile elde edilecek besin ağ yapısı daha sağlıklı sonuçlar verecektir.

2.3. Besin ağı veri toplama ve analizi

Bir topluluk arasındaki trofik etkileşim genelde direkt olarak her bir bireyin midesinin analiz edilmesinden veya karbon ve azot izotoplarının analizinden tahmin edilir.

2.3.1 Mide analizi yöntemi

Bu yöntem doğrudan organizmaların midesine bakılarak beslenme özellikleri ile ilgili bilgi toplanmasıdır. Mide analiz yöntemi uzun zaman gerektiren zahmetli bir iş olmasının yanında, bu şekilde toplanan verilerin yorumlanmasında da karşılaşılabilen çeşitli zorluklar bulunmaktadır. Bunlar şöyle sıralanabilir. Bazı durumlarda yutulan yem sindirilen materyal olmayabilir ve hızlı şekilde hazmedilen yem maddesi midede görünmeyebilir. Bu yöntemde uzun süre boyunca veri toplanmadığı takdirde, mide içeriği analizi sadece toplanmış alanın ve zamanın besin ağı hakkında bilgi sunacak, besin ağındaki mevsimsel ve alansal değişimlerin bilinmesine olanak sağlamayacaktır. Yine bu yöntemle özellikle çürümüş (dekompose) bitki ve hayvan artıklarıyla beslenen balıkların mide içeriğini birbirinden ayırmak ve sınıflandırmak oldukça zordur. Buna karşın mide analiz yöntemi ile besin ağ yapısının mevsimsel ve alansal değişimleri kolayca belirlenebilmektedir.

2.3.2.Mide analizi

Mide analizinde dikkat edilmesi gerekli hususlar aşağıda verilmiştir.

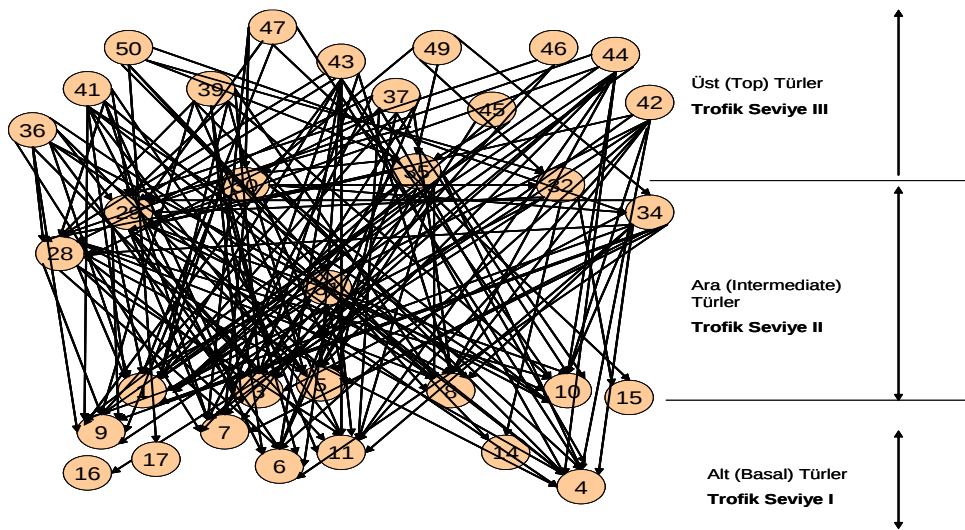
- Mümkünse her türden en az 30 adet bireyin mide muhteviyatı analiz edilmelidir. Eğer bir türden 30'dan fazla birey yakalanmış ve sadece 30 bireyin mide analizi yapılacaksa toplanan bütün bireyler her boyu temsil edecek şekilde seğilmelidir.
- Yakalanan bütün yırtıcı balıkların mideleri analiz edilmelidir.
- Midenin n yarısındaki bütün materyal alınmalı ve materyalin büyüklüğüne göre stereo veya normal mikroskopla bakılarak tanımlanmalıdır.
- Besin ağındaki bütün bireyler (midedeki dahil) mümkün olan en kğk taksonomik sınıfa ayrılmalıdır.
- 0.1 mililitreden büyük yemlerin lęl bir silindir iğerisine doldurulmuş suyu ne kadar taşırdığını belirlemek suretiyle hacim lęm yapılır (Akin, 2001).
- 0.1 mililitreden kğk yemlerin hacimleri yemlerin bir lam üzerine konularak, pipetle hacmi lęlen su damlası ile görsel olarak karşılaştırmak suretiyle tespit edilir (Akin, 2001).
- Detritus ve alg ile beslenen bireylerin mide muhteviyatının hacmi farklı olarak belirlenir. Böyle bir bireyin bütün midesi alınır ve midenin n kısmından alınan örnek bir lam üzerine konularak mikroskop altında incelenir. Su ile dolu lęl bir silindire bırakılan midenin taşırmış olduğu su miktarıyla hacim lęlr. Mikroskop altında ayırt edilen bir yem materyalin oranı ile midenin toplam hacminin ęarpılması sonucu o materyalin midedeki hacmi saptanır.

2.3.3. Topolojik besin ağ matriksinin oluşturulması

Mide muhteviyatı bilgileri besin ağının özelliklerini hesaplamak için bir matris şeklinde düzenlenir (Cohen ve ark. 1990). Aşağıda böyle bir şekilde hazırlanmış bir matriks görülmektedir. Bu matrikste 1 rakamı ilgili bireyler arasındaki av-avcı etkileşimini, 0 rakamı ise bu etkileşimin olmadığını ifade etmektedir.

Çizelge 2.3.3.1. Örnek bir besin ağ matrisi

		Avcı (Predatör)																		
Av (Prey)		28	29	30	31	32	34	35	36	37	39	41	42	43	44	45	46	47	49	50
	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0
	3	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0
	4	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	0	0
	5	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0
	6	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0
	7	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	0	0
	8	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0
	9	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0
	10	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0
	11	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0
	14	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	15	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	16	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
	28	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0
	29	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	0
	30	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
	31	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
	32	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
	34	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1
	35	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1



Şekil 2.3.3.1. Yukarıdaki matrisin şekil üzerinde gösterilmesi

Çizelge 2.3.3.2. Matriks kullanılarak hesaplanan besin ağ parametreleri

Özellik	Açıklama	Hesaplama
Linkler, L	Matriste 1 lerin toplamı	180
Bireyler, S	Matriste yer alan tüm bireyler	33
Bağlantı (Link) yoğunluğu, d	Linklerin bireylere olan oranı (L/S)	$180/33=5.42$
Trofik Bağlantı, CT	$CT=L/(S(S-1))$	$180/(33(33-1))=0.17$
Üst (Top) Tür Sayısı, T	36.37.39.41.42.43.44.45.46.47.49.50. bireyler 12	
(En üstte yer alan ve başka bir tür tarafından av olarak tüketilmeyen bireylerin)		
Ara (İntermediate) Tür Sayısı, I	28, 29, 30, 31, 32, 34, 35. bireyler	7
(Ortada yer alan hem av hemde avcı olarak ağda işlevi olan bireyler)		
Alt (Basal) Tür Sayısı, B	1.3.4.5.6.7.8.9.10.11.14.15.16.17. bireyler	14
(Ağın en alt kısmında yer alan ağın üstte ve ortada yer alan bireylere yem olan bireyler)		
Avcı/av (yem oranı)	Ağdaki tüm avcılarının tüm avlara olan oranı	$19/21=0.91$
Üst (Top) tür oranı, %T	$\%T=100(T/S)$	$100(12/33)=36.37$
Orta (Intermediate) tür oranı, %I	$\%I=100(I/S)$	$100(7/33)=21.21$
Alt (Basal) tür oranı, %B	$\%B=100(B/S)$	$100(14/33)=42.42$

2.3.4. Bağlantılar (Linkler)

Linkler besin ağındaki av ile avcı arasındaki ilişkiyi ifade eden ‘1’ lerin toplam sayısını ifade eder. İlk besin ağ çalışmalarının ortalama link sayısı 34 civarındaydı. Daha sonra yapılan besin ağ çalışmalarında bu sayı giderek artmıştır. İlk zamanlarda yapılan çalışmalarda link sayısının az olması ağlarda yer alan bireylerin çok geniş taksonomik sınıflara (pelajik balıklar, invertebralar, algler vs.) ayrılmasından dolayıdır. Halbuki son zamanlarda yapılan çalışmalarda ağdaki bireyler mümkün olan en küçük taksonomik sınıfa ayrılmış olmasından dolayı ile link sayısında bir artış görülmüştür. Örneğin Winemiller (1990)’da mide analiz yöntemiyle çalışmasında tropikal bir nehrin besin ağının link sayısını 1300 bulmuştur. Konsültasyon yöntemiyle yani arazi çalışmasından ziyade ağda yer alan bireylerin beslenme ekolojisi alanında uzmanlaşmış kişilere danışılması sonucu oluşturulan Martinez (1991)’in Little Rock Gölü’nün link sayısı 1100 civarındadır. Akin (2001)’de kıyısız bir lagünün toplam link sayısını 700 ve Hall ve Raffaelli (1993) ise İngiltere’deki Ythan Lagünü’nün link sayısını 500 olarak bulmuşlardır. Buradan görüldüğü gibi son yıllarda yapılan çalışmalarda link sayısında ilk yapılan çalışmalara oranla büyük bir artış söz konusudur. Link sayısının az veya çok olması ağdaki bireylerin beslenme ekolojileri hakkında da bir miktar bilgiler vermektedir.

Ağın link sayısının az olması bireylerin beslenme yönünden seçici (specialist) olduklarını buna karşın çok olması ise genel (generalist) olabilecekleri hakkında bilgi vermektedir.

2.3.5. Ağda yer alan birey sayısı

Linklerde olduğu gibi, ağda yer olan birey sayısında da son yıllarda yapılan besin ağı çalışmalarda büyük bir artış görülmüştür. Bu artıştaki en büyük etmen linklerde olduğu gibi ilk besin ağı çalışmalarındaki ağlarda yeralan bireylerin çok geniş taksonomik sınıflara ayrılmasından dolayıdır (pelajik balıklar, invertebrate, algler vs.). İlk zamanlarda yapılan çalışmaların ortalama tür sayısı 17 adet iken bu son yıllarda yapılan çalışmalarda Havens (1993) 75 adet, 93, Hall and Raffaelli (1991) ve Akin (2001)' 93'er adet, Winemiller (1990) 105 adet ve Martinez (1991) 150 adete kadar yükselttiği saptanmıştır.

2.3.6. Trofik bağlantı (Connectance)

Ekosistem kompleksliğinin ölçüsü olarak görünen trofik bağlantı (connectance) teorik besin ağı çalışmalarında üzerinde durulan önemli bir parametredir. İlk besin ağı çalışmalarda trofik bağlantı'nın artan tür sayısı ile hiperbolik bir şekilde azalmasına karşın son yıllarda yapılan çalışmalar trofik bağlantı'nın sabit kaldığını (Warren 1989; Martinez 1992; Martinez et al. 1999) veya arttığını (Winemiller 1989; Akın 2001) göstermiştir.

Trofik bağlantı ağdaki bireylerin birbirleriyle olan etkileşiminin derecesini belirleyen ve bu bireylerin beslenme yönünden seçici (specialist) veya geneli (generalist) olup olmadıkları konusunda bilgiler sunmaktadır (Winemiller 1990). Warren (1994)'de trofik bağlantı sayısının büyük olduğu ağlardaki bireylerin generalist, buna karşın düşük trofik bağlantı sayısının ağdaki bireylerin specialist olduklarını ifade etmişlerdir. Örneğin Tavares-Cromar ve Williams (1996)'in nehir besin ağı çalışmasında elde ettikleri düşük trofik bağlantı değerinin ağdaki bireylerin büyük oranda detritus tüketmelerinden kaynaklandığını savunmuşlardır. Bununla birlikte Winemiller (1990)'da besin ağı çalışmalarında, ilk besin ağı çalışmalarında gözlenen metodla ilgili problemlerden dolayı sadece trofik bağlantı ile ağdaki bireylerin generalist veya specialist olduklarına karar vermenin biraz hatalı olduğunu belirtmiştir. Winemiller (1990) specialist ve generalist

kavramlarının loca (guild) seviyesinde daha doğru olarak belirlenebileceğini ileri sürmüştür.

2.3.7. Üst, orta ve alt seviyelerdeki birey sayıları

İlk ağ çalışmalarında üst (top), ara (intemediate) ve alt (basal) tür sayısının ağdaki toplam birey sayısına oranı sırasıyla 0.29, 0.19, ve 0.52 olduğu bulunmuştur. Bu rakamların elde edilmesinde izlenen yol ve yöntem birçok ekolog tarafından eleştirilmiştir (Winemiller 1990; Hall and Raffaelli 1991). Hall ve Raffaelli (1991) özellikle basal türlerin daha geniş taksonomik kategorilere konulmasından ve alt türlerin av olarak tüketmiş oldukları bireylerin ağa yansıtılmamasından dolayı yukarıda bahsedilen oranların doğruluğunun tartışmalı olduğunu belirtmişlerdir. Bununla birlikte Winemiller (1990), Polis (1991), ve Havens (1993)'de bir türü üst olarak tanımlamanın zor olduğunu belirtmişlerdir. Örneğin Winemiller (1990)'da en yırtıcı üst bireylerin bile bazı durumlarda av olabileceğini belirtmiştir.

2.3.8. Trofik seviyenin hesaplanması

Mide analiz yöntemiyle bir türün besin ağında hangi seviyede yer aldığını hesaplamak için değişik formüller vardır. Bunlar içerisinde en yaygın olarak kullanılanı Adams ve ark. (1983)'na aittir. Formül

$$T_i = 1.0 + \sum_{j=1}^n T_j (p_{ij})$$

Burada T_j av j 'nin trofik seviyesi, p_{ij} j avının i avcısının midesindeki tüm avcı bireylerin toplamına olan oranıdır. Bu formüle göre fitoplanktonun trofik seviyesi $T=0$, sadece bitkisel yemlerle beslenen birincil tüketiciler (zooplanktonlar vs.)'in trofik seviyesi $T=1.0$, omnivorların $T=1.5$ olarak kabul edilir. Herbivorların trofik seviyesi 1 ile 1.5 arasında değişirken, omnivorların trofik seviyesi 1.5 ile 2.0 arasındadır. Birincil yırtıcı türlerin trofik seviyesi 2.0-2.5 ve en üstte yer alan yırtıcıların trofik seviyesi ise 2.5'den büyüktür (Winemiller 1990; Hall and Raffaelli 1993).

2.3.8. Niş çatışması ve hesaplanması

İki bireyin aynı tür avlarla beslenip beslenmediğini anlamak için kullanılan niş çatışması (niche overlap) hesaplamak için çeşitli metodlar mevcut olmakla birlikte, burada yaygın olarak kullanılan Pianka (1973) metodu tanıtılacaktır. Pianka niş çatışma formülü,

$$O_{jk} = \frac{\sum_{i=1}^n p_{ij}p_{ik}}{\sqrt{\sum_{i=1}^n p_{ij}^2 \sum_{i=1}^n p_{ik}^2}}$$

Burada O_{jk} j ile k türleri arasındaki niş çatışması,

p_{ij} j nin avı i'nin j'nin midesindeki tüm avlara olan oranı,

p_{ik} k'nin avı i'nin k'nin midesindeki tüm avlara olan oranı,

n toplam av tür sayısı'dır.

Çizelge 2.3.3.3. Niş çatışmasının hesaplanmasını açıklayıcı tablo.

Av	1	2	3	4	5	Toplam
P _{ij}	0.1	0.55	0.05	0.05	0.25	1
P _{ik}	0.2	0	0.5	0.3	0	1
P _{ij} *P _{ik}	0.02	0	0.025	0.015	0	0.06
P _{ij} ²	0.01	0.3025	0.0025	0.0025	0.0625	0.38
P _{ik} ²	0.04	0	0.25	0.09	0	0.38
Overlap						0.16

Buradaki örnekte 5 adet av bulunmaktadır. P_{ij} ve P_{ik}'ler j ve k avcı türlerin midesindeki 5 adet avın oralarını göstermektedir. Dikkat edilirse bu sayıların toplamının 1 olduğunu görülecektir. İkinci av türünün j'nin midesindeki oranı 0.55 iken, k'nin midesindeki oranı 0'dır. Overlap değeri 0.16 bulunmuştur. Overlap değeri 0 ile 1 arasında değişmektedir. Overlap değerinin sıfıra yakın olması iki tür arasında av için rekabetin söz konusu olmadığı ve bu iki türün farklı avlarla beslendiği anlamını taşımaktadır. Overlap

değerinin 1'e yakın olması ise iki türün aynı besinlerle beslendiği ve aralarında bir rekabetin söz konusu olabileceğini ifade etmektedir.

Balıkların beslenme alışkanlıkları yaş arttıkça değişkenlik gösterir. Bu değişim “ontogenetik diet shift” olarak adlandırılmaktadır. Akın (2001) bu değişimi anlayabilmek için farklı zamanlarda yakalanmış aynı tür balıklar arasında overlap hesaplamış ve aynı tür balıkların farklı zamanlarda hangi tür besinlerle beslendiğini açıklamaya çalışmıştır.

2.4. Durağan karbon ve azot izotopu yöntemi ile besin ağ yapısının belirlenmesi

Ekolojik toplulukların dinamiğini ve yapısını değerlendirmek için karbon ve azot izotoplarını kullananların sayısında hızlı bir artış görülmektedir (Peterson and Fry 1987; Kling ve ark. 1992; France 1995; Vander Zanden ve ark. 1999; Post ve ark. 2000). Bu yöntemin kullanmadaki artışın nedeni metodun mide analizine göre kolay uygulanabilir olmasından dolayıdır. Durağan (stable) izotop oranları organik materyalin orijini ve dönüşümü hakkında ip uçları sunmaktadır. Besin ağı çalışmalarında en çok Karbon (K), Azot (N), ve Sülfür (S) kullanılmaktadır. İzotopların besin ağı çalışmalarında nasıl kullanıldığını açıklamadan önce terminoloji ve ölçümünü açıklamakta fayda vardır.

2.4.1. Terminoloji ve ölçüm

Atom ağırlıkları farklı aynı elementin atomlarına izotop adı verilmektedir. Aşağıdaki şekilde görüldüğü üzere 6 Proton ve 6 Netronu olan karbon atomuna ^{12}C izotopu ve 6 proton ve 7 Netronu olan karbon karbon atomuna ^{13}C karbon izotopu olarak adlandırılmaktadır. Aşağıda Çizelge 2.4.1'de çeşitli elementlerin izotopik ağırlıkları verilmiştir. Tablo 4'den görüleceği üzere elementlerin izotopik değerlerinin doğada varlıkları çok düşüktür. Bununlar birlikte bazı canlılar bu çok düşük sıklıkla rastlanan izotopları ortamdan almak eğilimindedirler. Birçok ekolojik çalışmada izotopik kompozisyonları δ değeri ile ifade edilir. Bir materyalin izotopik değeri aşağıdaki formül ile hesaplanır.

$$\delta X = [(R_{\text{sample}}/R_{\text{standard}}) - 1] \times 10^{-3},$$

Burada X ^{13}C , ^{15}N , veya ^{34}S , ve R ise $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$, $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$ veya $^{34}\text{S}/^{32}\text{S}$ dır. δ değerleri bir örnekteki hafif veya ağır izotopların ölçümleridir. Bu değerlerdeki artış ağır izotoplarda bir artışın olduğu anlamına gelmektedir. Yine aynı şekilde bu değerlerdeki azalmalar ağır izotoplarda azalma olduğunu ifade etmektedir. Standart olarak kullanılan malzemeler karbon için PeeDee kireçtaşı, azot için atmosferdeki azot gazı, Sülfür için Canyon Diabale meteorundan alınan sulfur örnekleri kullanılır.

Birçok reaksiyon hafif izotopun ağır izotopa olan oranını değiştirebilir (fractionate). Bu fraksiyon yani değişim oldukça küçüktür. Tepkenlerle ürünler arasında ‰ 100 (‰10) gibi oldukça büyük değişimler azot, karbon, ve sülfür ağır izotoplarında ‰ 0.04, ‰0.11, ve ‰0.44 gibi çok küçük değişimlere neden olacaktır. Bu küçük değişimleri ortaya koyabilmek için kütle spektrofotometresi (Kütle Spektrosu) ve gaz örnekleri gerekmektedir.

Çizelge 2.4.1. Çeşitli elementlere ait izotop oranları ve doğada bulunma yüzdeleri

Element	İzotop oranı	Doğal bolluk (abundance, %)
Hidrojen	$^2\text{H}/^1\text{H}$	$^1\text{H}=99.985$ $^2\text{H}=0.015$
Karbon	$^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$	$^{13}\text{C}=98.89$ $^{12}\text{C}=1.11$
Azot	$^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$	$^{15}\text{N}=99.633$ $^{14}\text{N}=0.366$
Oksijen	$^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$	$^{16}\text{O}=99.759$ $^{17}\text{O}=0.037$ $^{18}\text{O}=0.204$
Sülfür	$^{34}\text{S}/^{32}\text{S}$	$^{32}\text{S}=95.000$ $^{33}\text{S}=0.760$ $^{34}\text{S}=4.220$ $^{36}\text{S}=0.014$
Stronyum	$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$	$^{84}\text{Sr}=0.560$ $^{86}\text{Sr}=9.860$ $^{87}\text{Sr}=7.020$ $^{88}\text{Sr}=82.560$
Kurşun	$^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{204}\text{Pb}=1.400$ $^{206}\text{Pb}=24.100$ $^{207}\text{Pb}=22.100$ $^{208}\text{Pb}=52.400$

Durağan izotop iki tür bilgiyi sunmaktadır. Bunlardan birincisi fiziksel ve kimyasal reaksiyonların durağan izotopları değiştirdiği alanların neler olduğu, ikincisi ise organik materyalin kaynağı hakkındadır. Organik materyal kaynağına güzel bir örnek fotosentez sırasında karbon izotopunun ayımsallaşmasıdır. Troughton 1974'deki bir çalışmasında karasal bir C₃ bitkisinin karbon izotopunun -‰27.8 olduğunu belirtmiştir. Bu rakam yaklaşık olarak havadaki CO₂'den (δ¹³CO₂) ‰20 kadar eksi'dir. Bu bitkinin izotop kompozisyonu hem kaynak (havadaki CO₂) hemde farklılaşmasını içerir. Yani bitkinin karbon izotop değeri -27.8 bitki=-7.4 kaynak-20.4 farklılaşma.

2.4.2. Karbon izotopunun besin ağında kullanılması

Azot izotop oranı (δ¹⁵N) bir topluktaki predatörlerin (avcı) δ¹⁵N'sı preylerin (av) δ¹⁵N'ne göre yaklaşık ‰3-4 oranında zenginleşmesinden dolayı trofik seviyenin belirlenmesinde kullanılmaktadır (DeNiro ve Epstein 1981, Minagawa ve Wada 1984, Peterson ve Fry 1987). Buna karşın karbon izotop (δ¹²C) oranı karbonun besin ağı boyunca hareketiyle çok küçük değişimlere maruz kalır (Rounick ve Winterbourn 1986, Peterson ve Fry 1987, France ve Peters 1997), ve bu yüzden karbon izotopu organizmaların nelerle beslendiği hakkında bilgileri vermesi için kullanılır. Predatörlerin karbon izotop oranı preyelerine oranla kabaca ‰1 oranında zenginleşmektedir. Örneğin, bir fitoplaktonun karbon izotop değeri -14.4 ise bunun hemen üstünde yer alan ve bu fitoplanktonla beslenen bir zooplanktonun karbon izotop değeri -13.4 civarında bir rakam olması beklenmektedir. Yalnız burada bu zooplanktonun sadece bu fitoplanktonla beslendiğini varsayarak bu sonuca ulaşılması beklenmelidir. Ancak, bu zooplankton birden fazla fitoplanktonla besleniyor ve bu fitoplanktonların izotop değerleri birbirinden farklı ise sorusu ile karşılaşılabılır. Bunun için besin ağı ekologları çeşitli modeller geliştirmişlerdir. Bunlara genel olarak karma modeller (mixing models) olarak adlandırılır. Şimdi bunlara inceleyelim.

Eğer bir predatör iki farklı preyle besleniyorsa ve sonuçta predatörün izotopik değeri hesaplanmak isteniyorsa aşağıdaki formüller kullanılır (Kwak and Zedler 1997).

$$\delta X_{\text{tüketici}} = p\delta X_{\text{üretici1}} + (1-p)\delta X_{\text{üretici2}}$$

$$\delta X_{\text{tüketici}} = p\delta X_{\text{üretici1}} + (1-p-q)p\delta X_{\text{üretici2}} + q\delta X_{\text{üretici3}}$$

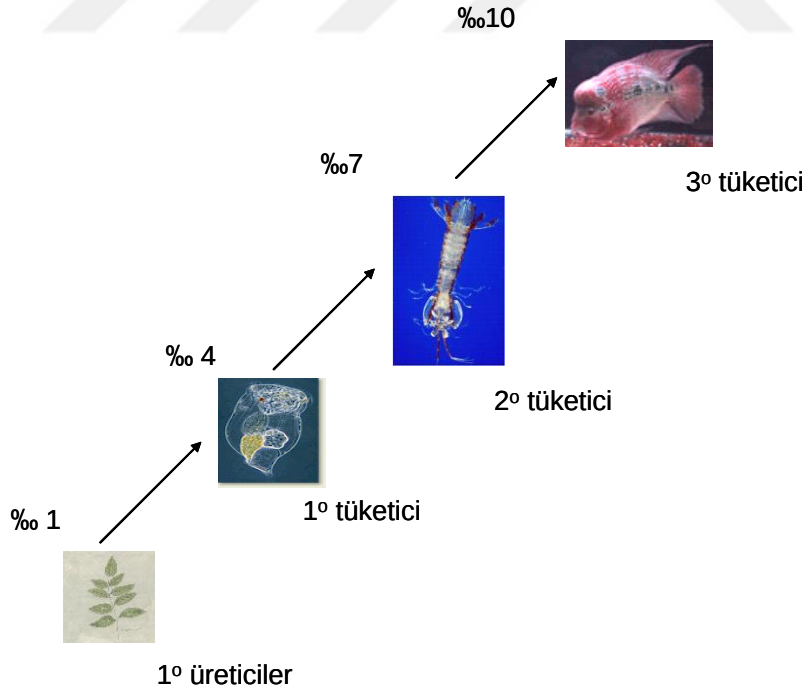
Burada üreticilerin veya tüketicilerin ortalama δX ¹³C veya ³⁴S değerleri, ve p ve q ise üreticilerin oransal girdilerini ifade etmektedir. Aşağıda bu ayrıntılarıyla anlatılacaktır.

2.4.3. Azot izotopunun trofik seviyenin belirlenmesinde kullanılması

Yukarıda kısaca bahsetildiği gibi azot izotopu bir ekosistemde yer alan bireylerin besin ağındaki seviyelerini hesaplamak için kullanılmaktadır. Azotun besin zinciri boyunca hareket etmesiyle ağır olan ^{15}N tüketicilerde birikir. Sonuçta en yukarıdaki tüketiciler en alttakilere oranla daha fazla ^{15}N 'e sahip olacaklardır. Yukarıda da bahsetildiği gibi azot her trofik seviyede 3 ile 4 arasında bir artış göstermektedir. Vander Zanden ve Rasmussen (1996) bu rakamın çeşitli hayvan gruplarında yapılan deneyler sonucu ‰3.4 olduğunu belirtmiştir. Post (2002) se tıpkı Zanden ve Rasmussen'in belirttiği gibi bu rakamın ‰3.4 olduğunu göstermiştir. Jepsen ve Winemiller (2002)'de besin ağında yer alan herbir bireyin trofik seviyesini aşağıdaki formülü kullanarak elde etmişlerdir.

$$\text{TP} = ((\delta^{15}\text{N}_{\text{balık}} - \delta^{15}\text{N}_{\text{referans}}) / 2.8) + 1$$

Burada $\delta^{15}\text{N}$ referans sediment ve alglerin $\delta^{15}\text{N}$ 'un ortalama değeri, 2.8 sayısı ise balık ile onun preyinin arasındaki ortalama trofik değişimi ifade etmektedir. Bu 2.8 rakamı detrivor olan Rineloricaria ve onun preyi olan alglerin $\delta^{15}\text{N}$ değerlerinin arasındaki farktır.



Şekil 2.4.2. Azot her trofik seviyede ‰3 oranında artar.

2.4.4. Karbon ve azot izotoplarının belirlenmesinde örnek temini

Karbon ve Azot izotopu örneklerinin alınmasında izlenecek yöntem aşağıda belirtildiği gibidir;

- Balıklar: Büyük balıklardan (30mm<) izotop analizi dorsal yüzgecin hemen altından kılcsız 5 gram ağırlığındaki et örneği, bir buzdolabı poşeti içerisinde buzdolabında saklanmalıdır. Yakalanan küçük balıklar (<30mm) tüm olarak buzdolabı poşetlerine konularak buzdolabında muhafaza edilir. Laboratuvarda örnekler saf su ile yıkanıp temizlendikten sonra 60°C’de iki gün (48 saat) boyunca fırında kurutulur. Et örneklerinde deri, kılçık veya kemiksi yapıların olmamasına dikkat etmek gerekir. Örnekler kurutuluktan sonra havanda dövülerek un haline getirilir. Sonra bu örnekler 5-10 ml’lik ağzı kapaklı tüpler içerisinde oda sıcaklığında muhafaza edilir. Tüplerin ağız kısmına alüminyum folyo ile kapatılıp sonra kapak sıkıca kapatılır. Bu örneklerden daha sonra 2 mg alınarak küçük alüminyum folyo dan yapmış küçük kapsüllere konularak aşağıdaki şekilde paketlenerek numaralı hücreli kaplarda saklanır.
- Kabuklular: İstiritye ve midyelerin iç kasında birikir, yengeçlerin kısıkaç, karideslerin mide kaslarından alınan et örnekleri balıklarda olduğu gibi saf su ile temizlenip yıkanır daha sonra 60°C da iki gün boyunca fırında kurutularak havanda dövülerek un haline getirilir. Sonraki işlemler aynen balıklarda olduğu gibidir.
- Bitkiler: Bitkilerin yaprakları el ile toplanarak bir buzdolabı poşeti içerisinde derin dondurucuda muhafaza edilir. Laboratuvarda bitkiler saf su ile yıkandıktan sonra 60°C de iki gün boyunca fırında kurutulur ve havanda dövülerek un haline getirilir. Sonraki işlemler balıklarda olduğu gibidir.
- Alg ve Periphytonlar: Makroalgler el ile toplanır. Toplanan örnekler arazide örneklerin alındığı su ile yıkanarak içerisindeki mikroorganizmalar uzaklaştırılır. Örnekler bir buzdolabı poşeti içerisinde derin dondurucuda muhafaza edilir. Laboratuvarda örnekler saf su ile yıkanıp üzerinde olabilecek diğer materyaller temizlenir. Sonra örnekler bir Petri kutusuna konularak 60°C’de iki gün boyunca fırında kurutulur, sonra havanda dövülerek un haline getirilir. Sonraki işlemler balıklarda olduğu gibidir.
- Mikroalgler: Mikroalgler bulundukları yerden spatula ile kazınarak alınırlar. Sonra örnekler (450 °C de 24 saat)’de kompost olan GF/C filtrelerden süzülür. Sonra

süzülmüş filtre kağıtları 60°C’de iki gün boyunca fırında kurutulur, sonra havanda dövülerek un haline getirilir. Sonraki işlemler aynı balıklarda olduğu gibidir.

- Detritus and sedimentler: Detrituslar bozulmamış göl veya nehir tabanından toplanır. Yüzeydeki material dikkatlice alınıp bir buzdolabı poşeti içerisinde muhafaza edilir.
- Zooplanktonlar: Araziden alınan su örnekleri GF/C filtresi ile süzülür. Işık mikroskobu altında zooplanktonlar filtre üzerinden cımbızla alınır. Sonra zooplanktonlar saf su içerisinde bekletildikten sonra kopost edilmiş GF/C filterden süzülür. Sonra zooplanktonlu filtreler 60°C da iki gün boyunca fırında kurutulduktan sonra havanda dövülerek un haline getirilir. Sonraki işlemler aynı balıklarda olduğu gibidir.

2.4.5. Verilerin yorumlanması

Elde edilen azot ve karbon izotop oranları, azotu Y aksis ve karbon x aksisinde olacak şekilde grafiklendirilir (Şekil 3). Şekil 2’de üçgen balıkları, artı ve daireler primer üreticileri, eksi (-) su bitkilerini, dolu kare mavi yeşil algleri, çarpı (x) karasal bitkileri, boş karelerde diotomu ifade etmektedir. Karbon izotopunun her trofik seviyede -1 oranında zenginleştiğini (enriched) olduğu kabul edilirse, bu örnekte balıklara organik meddeler daha çok alglerden geldiği kolayca görülür. Fakat bazı durumlarda, yani iki veya daha fazla potansiyel organik madde kaynağı olduğu durumlarda organik madde kaynağını belirlemek bu kadar kolay olmayabilir. Bu durumda, yani iki potansiyel organik kaynak olması durumunda, karma modeller (mixing models) devreye girererek hangi organik materyalin önemli olduğu belirlenir. $\delta X_{tüketici} = p\delta X_{üretici1} + (1-p)\delta X_{üretici2}$ formülü kullanılarak hangi balığın ne ile beslendiği kolayca tespit edilebilir. Örneğin, solucan (SO) karbon izotop değeri yaklaşık -23 dir. Solucan için mavi algler (MALG) ve su bitkileri (SBIT) sırasıyla birinci ve ikincil üreticilerdir. Birincil üreticilerin ortalama karbon değeri yaklaşık -19.1, buna karşın ikincil üreticilerin -27.5 civarındadır.

$$-23 = p(-19.1) + (1-p)(-27.5)$$

$$-23 = -19.1p - 27.5 + 27.5p$$

$$4.75 = 8.4p$$

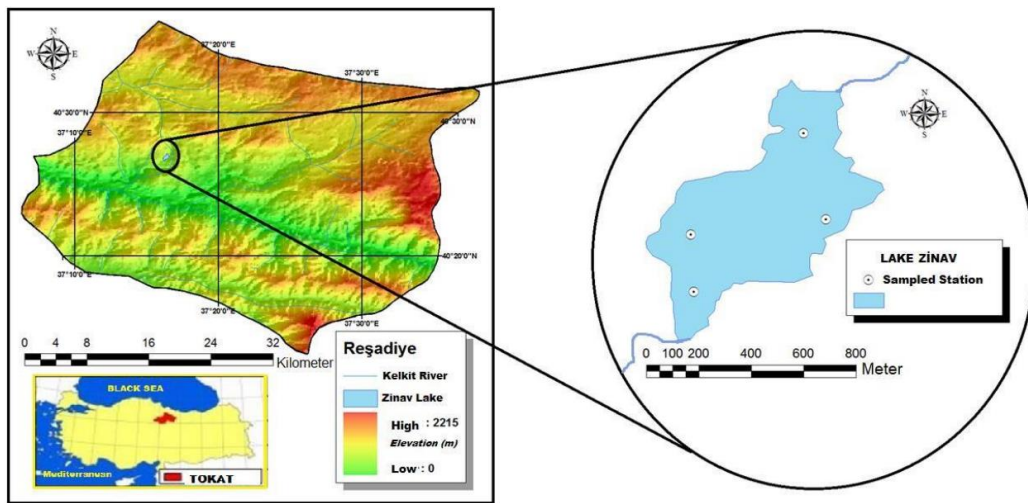
$$p = 0.56$$

0.56 değeri, bu balığın organik madde ihtiyacının %56’nın su bitkilerinden, %44’nün ise yeşil alglerden geldiğini ifade etmektedir.

3. MATERYAL ve METOT

3.1. Materyal

Zinav Gölü, 37° 13'-37° 21' kuzey enlemleri ve 40° 32'-40° 23' doğu boylamları arasında Şekil 1'de gösterildiği üzere Türkiye'nin Orta Karadeniz Bölgesi'nde, Tokat ili Reşadiye ilçesinin kuzeybatısında yer alır . Zinav Gölü, Yeşilırmağın büyük kolu Kelkit Irmağı Havzasının en büyük doğal gölüdür (Şekil 3). Toplam 0.61 km² yüzey alanına ve en derin 20 m ortalama 15 metre derinliğe sahiptir. Türkiye'nin kuzeydoğu bölgesi, sıcaklıklarda büyük mevsimsel değişimlerin olduğu yarı kurak bir iklime sahiptir (Kundell, 2009). Su sıcaklığı en düşük değeri olan 0,77 °C ile Mart ayında, en yüksek değeri ise 24,91 °C ile Ağustos ayında ulaşmaktadır (Buhan ve ark., 2013). Zinav Gölü, ilkbahar ve sonbaharda sirkülasyon yaşayan, yazın ise termal olarak katmanlanan dimiktik bir göldür. Göl ötrofik yapıda olup çok sık ötrofikasyon yaşamaktadır (Buhan ve ark., 2013). Göl ve havzası evsel atık su, tarımsal gübreler ve tarımsal atıklar ile orman tahribatı tehdidi altındadır. Gölün ekolojisini etkileyen diğer önemli faktörler ise hidroelektrik santral inşaatı ve göle akan derenin kanalizasyon edilmesidir. Ötrofik Zinav Gölü havzası iki ana alana ayrılabilir: gölün giriş (kuzeydoğu kıyısı) ve çıkışından (güneybatı kıyısı) korunaklı, makrofitlerin hakim olduğu bir kıyı bölgesi ve gölün kuzeybatı ve güneydoğu kıyılarını kaplayan bitki örtüsü olmayan kıyı bölgesidir.



Şekil 3.1.1. Zinav Gölü'ndeki çalışma alanlarının konumu.

3.2. Metot

3.2.1. Besin Ağı Bileşenleri

Kararlı izotop analizleri için birincil üretim kaynakları ve tüketiciler (balıklar, pelajik ve bentik makroomurgasızlar), 2013 yılının ilkbahar ve yaz aylarında Zinav Gölü'nden toplanmıştır. Karasal ve sudaki organik maddelerden elde edilen çeşitli bazal kaynak grupları, gölün kıyı ve pelajik bölgesinden toplanmıştır. Karasal bitki örtüsünün ölü veya yakın zamanda düşmüş yapraklarından kaynaklanan döküntüler alt tabakadan toplanmıştır. Baskın batık ve yüzen yapraklı makrofitin yeşil yaprakları elle toplanmış ve makrofitler ve ilgili epifitler, bitki kırpıntılarından ve su hattının altındaki gövdelerden örneklenmiştir. Bu nedenle iki kaynak, $\delta^{13}\text{C}$ değerlerinin benzerliği nedeniyle birleştirilmiş ve “kıyı kaynakları” (epifiton ve makrofit kaynaklı enerji kaynağı) olarak adlandırılmıştır. Su numuneleri 5 L'lik opak şişelerde toplanmıştır ve zooplanktonu uzaklaştırmak için 60 μm 'lik bir elekten süzölmüştür. Dibe çöken kalan parçacıklar, fitoplanktonun hakim olduğu seston örnekleri (< 60 μm) olarak değerlendirilmiştir. Seston'dan her iki mevsimde de yüzeyden ve yaklaşık 10 m derinlikten örnek alınmış ancak ilkbaharda yüzeyden, yazın ise 10 m'den alınan seston örnekleri kütle spektrometresinde yeterli düzeyde okunamamıştır. Bundan dolayı sestona “pelajik kaynaklar” adı verilmiştir. Mikroskobik gözlemler, sestonun baskın türlerinin çeşitli kistler, diatomlar protozoa (siliat) olduğunu ve ilkbaharda daha az siyanobakteri olduğunu, yaz aylarında ise siyanobakterilerin (*Anabaena* sp., *Aphanizomenon* sp.) daha fazla seston taksonu olduğunu, bunu dinoflagellatların (*Ceratium* sp. ve *Peridinium* sp.), *Euglena* spp., *Scenedesmus* spp., *Peridinium* sp. ve diatomlardan ibarettir. Laboratuvarıda seston ve epifiton örnekleri önceden yakılmış (450°C'de 4 saat) Whatman GF/F cam elyaf filtrelerle filtre edilerek hemen dondurulmuştur.

Zooplankton, standart plankton ağı (60 μm) kullanılarak gölün açık alanından toplanmıştır. Zooplankton örnekleri yalıtımlı bir kutuya konularak tanımlama ve analiz için laboratuvara nakledilmiştir. Zinav Gölü'ndeki zooplankton topluluğuna *Diffugia* spp hakim oldu. (*Arcellinida*, *Amoebozoa*) baskın takson olmuş ve *Keratella* ve *Filinia* spp. (Rotifera), cladocera'ya da ilkbaharda göl yüzeyinde rastlanmıştır. Ancak *Keratella* spp.'li

rotiferler ve *Asplanchna* spp. ve cyclopoida, calanoida ve nauplii içeren kopepodlar yaz aylarında en çok bulunanlardır.

Chironomidae (Diptera larvaları) göl tabanından (bitkisiz güneydoğu kıyısının sublittoral bölgesi, ~5m) Ekman kepçesi ile toplanmıştır ve Chironomidae örneklerinin büyük çoğunluğunu Chironomus (Kan kırmızısı Chironomidae) oluşturmuştur. Baetidae (*Baetis* spp.) ve Nematoda, gölün bitki örtüsü olmayan güneydoğu kıyısının yalnızca kıyı bölgesinden örneklenmiştir. Makrofitlerin hakim olduğu kıyı bölgesinde yaşayan diğer bentik omurgasızlar, hem makrofit hem de bentos bir havuz ağıyla süpürülerek toplanmıştır. Örnekler canlı olarak laboratuvara nakledilmiş ve daha sonra doku örnekleri almak için önce bağırsaklarını boşaltmalarını sağlamak üzere 24 saat boyunca bir buzdolabının içindeki nehir suyuyla dolu kaplarda tutulmuşlardır. Yaygın olarak sularda yaşayan omurgasızlar, Bouchard (2004) tarafından sağlanan anahtarlar kullanılarak sıra veya cinse göre tanımlanmıştır.

Balıklar, gölün makrofit ağırlıklı kıyı bölgesinde, 25, 30, 40, 50, 60, 70 ve 80 mm ağ gözlü panellere sahip deneysel uzatma ağları kullanılarak şafak vakti (05:00 - 08:00) toplanmıştır. Tüm çalışma dönemlerinde yalnızca 2 adet *C. carpio* bireyi yakalanabilmiştir. Balık örnekleri bir buz banyosunda ötenazi uygulanmış ve türlerinin tanımlandığı, tartıldığı ve standart uzunluk için ölçüldüğü laboratuvara nakledilmek üzere karlı buz dolu taşıma kabı içerisinde muhafaza edilmiştir. Bu balık türlerinin ne tükettiğini anlamak için bazı bireylerin bağırsak içeriğini stereomikroskop veya ışık mikroskobu kullanarak analiz edilmiştir.

3.2.2. Balık Mide İçeriği

Analizlerde makroomurgasız örneklerinden mide içeriği çıkarılmamıştır. Mide içeriği analizi için 30 adet balık türlerine ait birey (*Carassius* spp. 8 adet, *S. cephalus*: 13 adet, *C. banarescui*: 7 adet, *C. carpio*: 2 adet) parçalara ayrılmış ve bunların miktarı Akin (2001) yöntemi kullanılarak hacimsel olarak belirlenmiştir. Veriler, balıkların midelerindeki gıda maddelerinin orantılı hacimsel tüketimi olarak rapor edilmiştir. Daha sonra mideler açılmış ve içerik, sayım ve tanımlama için petri kaplarında toplanmıştır.

Tüm av öğeleri midenin ön yarısından çıkarılmış ve bir diseksiyon mikroskobu veya bileşik mikroskop altında incelenmiştir. Her av öğesi mümkün olan en düşük taksonomik seviyeye göre tanımlanmıştır.

3.2.3. Veri Analizleri

Bentik omurgasız taksonları beslenme tarzlarına göre 3 fonksiyonel beslenme grubuna (FFG) sınıflandırılmıştır (Mandaville, 2002): toplayıcı c –toplayıcı g (cg), kazıyıcı (scr) (Gyraulus sp., Gastropoda) ve avcılar (prd) (Hirudinea, Odonata larvaları). Besin, toplayıcı için dip döküntülerinden, avcı için canlı bentik omurgasızlardan ve kazıyıcı için perifitondan veya bağlı alglerden elde edilmiştir. Toplayıcı c –toplayıcılar g $\delta^{13}\text{C}$ değerlerine göre iki alt gruba ayrıldı: ^{13}C 'den yoksun c-g (1) (*Chironomus* sp. (Chironomidae), *Baetis* sp. (Baetidae) larvaları, Nematoda) ve ^{13}C 'den zenginleştirilmiş (*Gammarus*) c-g (2) (Amphipoda), *Physella* türü (Gastropoda), *Lumbricina* sp. (Annelida).

Suda yaşayan tüketiciler tarafından asimile edilen birincil üretim kaynaklarının göreceli katkısı, R istatistiksel yazılımında Bayesian kararlı izotop karıştırma modeli SIAR (Parnel, Inger, Bearhop & Jackson, 2010) kullanılarak ortak birincil üreticilerden ve tüketicilerden alınan dokuların $\delta^{13}\text{C}$ ve $\delta^{15}\text{N}$ değerlerine dayalı olarak tahmin edildi (version 3.0.2, R Project for Statistical Computing). Bu model, tüketici dokuları tarafından asimile edilen alternatif birincil üretim kaynaklarının orantılı katkıları için uygun çözümlerin bir kombinasyonunu üretir. SIAR, girdi verileriyle (yani kaynak imzaları ve trofik zenginleştirme faktörleri (TEF)) ilişkili belirsizlikleri hesaba katarak tüketici dokusuna kaynak katkılarının olasılık dağılımlarını tahmin eden Bayes yaklaşımına dayanmaktadır (Parnell ve ark., 2010). İlk etapta balıklardan ve omurgasızlardan (tüketiciler) asimile olan besin kaynakları (birincil üreticiler) SIAR kullanılarak tahmin edilir. Girdiler, her 3 potansiyel birincil üretim kaynağı ve bunlarla ilişkili standart hatalar, bir trofik zenginleşme değeri (TEF'ler) ve bunların standart hataları ve tüketici izotop işaretleri için $\delta^{13}\text{C}$ ve $\delta^{15}\text{N}$ 'dir (Franca ve ark., 2011). Tüm uç üyeler için $\delta^{13}\text{C}$ için $0,4 \pm 1,3$ ve $\delta^{15}\text{N}$ için $3,4 \pm 1$ (Post 2002) TEF değeri kullanılır. Bu çalışmada kazıyıcı grup (*Gyraulus* sp.) için yalnızca tek veri noktamız (çoğaltılmamış

veri) olduğundan, SIAR karıştırma modelinde “siarmcmcdirichletv4” komutu yerine artık hata terimi içermeyen özel SIAR fonksiyonu “siarsolomcmcv4” kullanılmıştır (Inger, Jackson, Parnell ve Bearhop, 2010).



4. BULGULAR

Birincil Üretim Kaynaklarının Kararlı İzotop Kompozisyonu Kıyı kaynağı, diğer birincil üretim kaynaklarına kıyasla her zaman ^{13}C açısından zengindi (ilkbahar: -26.45‰ , yaz: -27.10‰). Detritus için ortalama $\delta^{13}\text{C}$ değerleri -29.16‰ (ilkbahar) ile -29.09‰ (yaz) arasında değişiyordu (Tablo 1, Şekil 2). Pelajik kaynak, -37.13‰ (ilkbahar) ile -33.18‰ (yaz) arasında değişen, ^{13}C 'si en fazla tükenmiş potansiyel bazal kaynaktı. Potansiyel birincil üretim kaynaklarının $\delta^{13}\text{C}$ değeri, yaz aylarında ilkbahara kıyasla nispeten daha yüksek $\delta^{13}\text{C}$ değerlerine sahip olan pelajik kaynak hariç, mevsimsel olarak farklılık göstermiyordu (Çizelge 5, Şekil 2). İlkbaharda tüm birincil üretim kaynaklarının $\delta^{15}\text{N}$ ortalama imzaları benzer olmasına rağmen ($\text{‰}4,11$ 'den $\text{‰}5,10$ 'a), yaz aylarında detritus ve pelajik kaynakların ortalama $\delta^{15}\text{N}$ değerleri ($\text{‰}4,56$ ve $\text{‰}4,94$), kıyasal kaynakların değerlerinden ($\text{‰}3,33$) daha yüksekti (Çizelge 4.1).

Çizelge 4.1. Bazal kaynaklar ve makro omurgasızlar için ölçülen $\delta^{13}\text{C}$ ve $\delta^{15}\text{N}$ değerlerinin özeti ve Zinav Gölü'nden ilkbahar (Mayıs 2013) ve yaz (Temmuz 2013) mevsimlerinde örneklenen balıklar için ölçülen standart uzunluk (SL), $\delta^{13}\text{C}$ ve $\delta^{15}\text{N}$ değerleri (N: kararlı izotop analizleri için analiz edilen birey sayısı; SD: standart sapma).

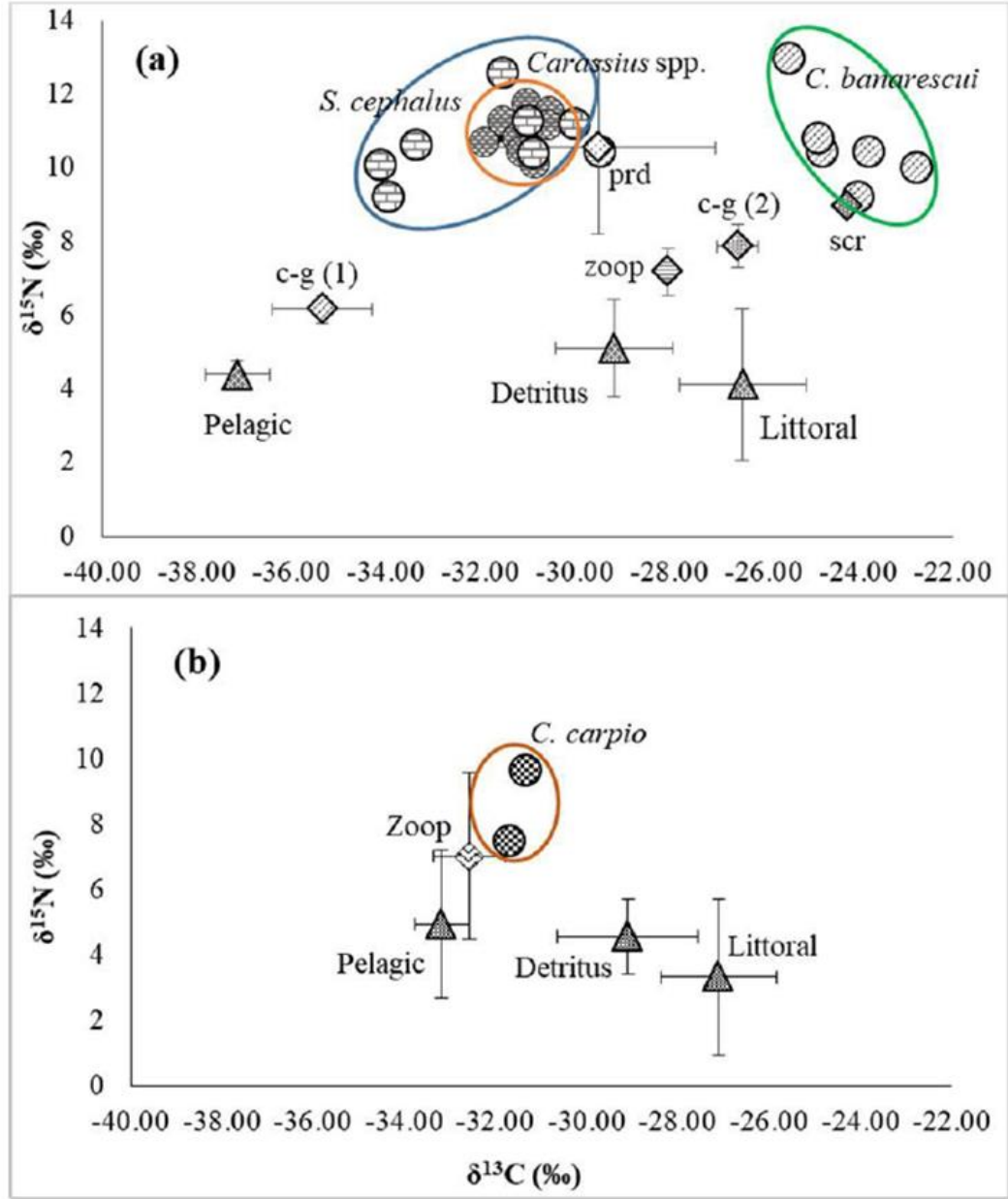
				İlkbahar		Yaz	
	Kodu	N	SB ±SS	δ ¹³ C ±SS	δ ¹⁵ N ±SS	δ ¹³ C ±SS	δ ¹⁵ N ±SS
Temel Kaynaklar							
Detritus		6		-29,16±1,25	5,10±1,31	-29,09±1,54	4,56±1,16
Pelajik source		13		-37,13±0,67	4,38±0,37	-33,18±0,60	4,94±2,25
Littoral source		5		-26,45±1,34	4,11±2,06	-27,10±1,27	3,33±2,39
FFG Omurgasızlar							
Toplayıcı-gatherer (1)	c-g (1)	3		-35,33±1,06	6,16±0,37		
Toplayıcı-gatherer (2)	c-g (2)	3		-26,55±0,49	7,86±0,58		
Predator/Avcı	prd	4		-29,50±2,49	10,54±2,34		
Kazıcılar	scr	1		-24,24±0,10	8,97±0,000		
Zooplankton	zoop	6		-28,02±0,18	7,17±0,64	-32,57±0,78	7,02±2,54
Balıklar							
<i>C.banarescui</i>		7	25,36 ±10,52	-25,03±2,15	10,64±1,15		
<i>S.cephalus</i>		7	12,10 ± 1,09	-32,12±1,66	10,78±1,07		
<i>Carassius spp.</i>		8	18,63 ± 1,37	-31,09±0,47	-10,97±0,56		
<i>C.carpio</i>		2	29,15 ± 4,31			-31,54±0,26	8,58±1,53

Not: Bir izotop örneği için birkaç küçük omurgasız birey birleştirildi

4.1. Tüketicilerin Kararlı İzotop Kompozisyonu

Altı adeti toplayıcı-toplayıcı, 4'ü avcı ve 1'i ilkbaharda kazıyıcı olmak üzere toplam 11 bentik omurgasız taksonu analiz edildi (Tablo 5). c-g'nin (1) ortalama $\delta^{13}\text{C}$ değerleri *Chironomus* spp. için -36,29‰ ile *Baetis* sp. için -34,18‰ arasında değişirken, c-g'nin (2) $\delta^{13}\text{C}$ değerleri *Gammarus* sp. için -26,85‰ ile *Physella* sp. için -26,06‰ arasındaydı ve c-g'nin (1) $\delta^{15}\text{N}$ değerleri (5,78 – 6,52‰) c-g'nin (2) değerlerinden daha düşüktü. c-g (1) üyeleri, c-g (2) üyelerine göre daha düşük $\delta^{13}\text{C}$ değerlerine sahipti (7,20 - 8,31‰). Predatör örneklerinin $\delta^{13}\text{C}$ değerleri, *Libellulidae* nimfinde (Odonata) -32,46‰ ile *Hirudinea*'da -27,37‰ arasında değişti. Sülüklerin (*Hirudinea*) en yüksek $\delta^{15}\text{N}$ değeri, bu taksonu besin ağının en üstüne yerleştirdi. Zooplanktonun $\delta^{13}\text{C}$ 'sinde mevsimsel farklılıklar vardı ancak $\delta^{15}\text{N}$ 'de yoktu. Zooplanktonun $\delta^{13}\text{C}$ değeri ilkbaharda (-28,02‰) yazda (-32,57‰) göre nispeten daha yüksek bulunmuştur (Tablo 5, Şekil 4).

Zinav Gölü'nden yakalanan tek balık taksonu Sazangiller'di. Sazangiller arasında *Capoeta banarescui*, *Squalius cephalus* ve *Carassius* spp. sadece ilkbaharda toplanırken, Sazangiller sadece yaz aylarında gölde toplandı. $\delta^{13}\text{C}$ değerleri balık türleri arasında farklıydı, ancak $\delta^{15}\text{N}$ değerleri farklı değildi ve 10.64‰ ile 11.05‰ arasında değişiyordu (Tablo 1, Şekil 2). *S. cephalus* ve *Carassius* spp. benzer $\delta^{13}\text{C}$ değerlerine (-32.12‰ ve -31.12‰) sahipken, *C. banarescui* daha fazla ^{13}C açısından zengin olma eğilimindeydi (-25.03‰) ve diğer balıklara kıyasla $\delta^{13}\text{C}$ 'de daha yüksek varyasyona sahipti (-22.78 ila -29.49‰ $\pm$ 2.15 SD). Yaz aylarında yakalanan *C. carpio* nispeten hafif karbon (-31.54‰) ve azot (8.58‰) oranlarına sahipti (Tablo 1). Balıkların izotop ikili çizimi, balıkların karbon izotopik kompozisyonunun değiştiğini açıkça göstermektedir, *S. cephalus* ve *Carassius* spp. ilkbahardan itibaren ve *C. carpio* yazdan itibaren *C. banarescui*'ye göre ^{13}C 'de en çok tükenen türlerdir (Tablo 5, Şekil 4).



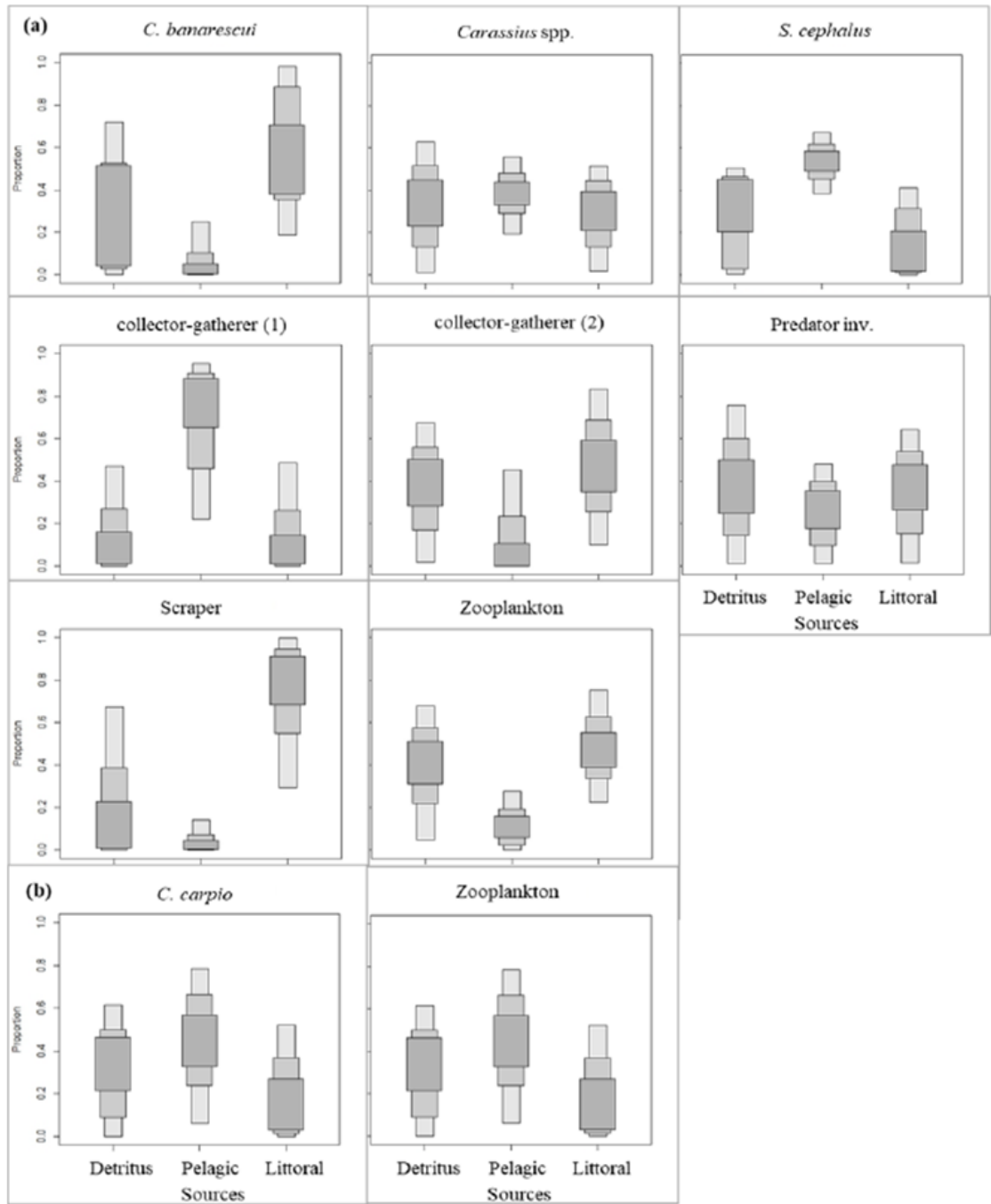
Şekil 4.1. Zinav Gölünde birincil üretim kaynaklarına (üçgen sembolleri (▲), omurgasızlara ve zooplanktonlara (elmas sembolleri (◆) ve balıklara (daire sembolleri (●) ait kararlı izotop imzaları ($\delta^{13}\text{C}$ ve $\delta^{15}\text{N}$), (a) 2013 ilkbaharında ve (b) 2013 yaz mevsimlerinde. Kod farklı taksonları belirtmektedir (anahtar için Çizelge 5'e bakınız). Daireler her balık taksonunun ilkbahar ve yaz aylarındaki izotopik alanını temsil etmektedir.

4.2. Balık Besinlerine Genel Bakış

Tüm balıkların bağırsaklarında toplam 16 farklı av türü bulundu, 4 balık taksonu tarafından tüketilen başlıca av maddeleri (toplam çıkarılan hacmin yüzdesi olarak) detritus (%35), pelajik kabuklular (cladocera, calanoida, cyclopoida, harpacticoida) (%20), filamentli algler (Cladophora, Spirogyra, Ulothrix sp. gibi), (%18), chironomid larvaları (%13), chironomid yetişkinleri (%5), böcek parçaları (%4), diatomlar (%2). Diğer av maddelerinin yüzde hacimleri %1'den azdı. Filamentli algler (%63 hacim olarak diyetin) ve chironomid larvaları (%22), diatomlar (%5), pelajik kabuklular (%5), diğer böcek parçaları (%3) ve simuulidae larvaları (%2) *C. banarescui* tarafından tüketildi. En fazla sayıda farklı av ögesini tüketen. Calanoida (%28), cyclopoida (%22), chironomid yetişkinleri (%20) ve larvaları (%18), cladocera (%10) ve su bitkileri (%2) *S. cephalus*'un diyetini oluşturuyordu. *Carassius* spp. diyetinin önemli bir kısmı detritus (%58) tarafından karşılanırken, daha küçük bir kısmı filamentli algler (%11), pelajik kabuklular (%15), chironomid larvaları (%9) ve diatom (%7) tarafından karşılandı. Detritus (%84), bazı böcek parçaları (%11) ve chironomid larvaları (%5) *C. carpio* tarafından tüketildi.

4.3. Sucul Tüketicilerini Destekleyen Birincil Üretim Kaynakları

İlkbaharda, SIAR karıştırma modeli sonuçları kıyı kaynaklarının (% 61) *C. banarescui*'nin büyük bir kısmını oluşturduğunu ve detritusun da önemli bir katkıda bulunduğunu (%34) gösterdi (Şekil 2, Şekil 3). *S. cephalus* çoğunlukla pelajik kaynaklardan ve detritustan türetilen organik maddeyi asimile etti ve sırasıyla %57 ve %30'unu oluşturdu. Detritus, pelajik ve kıyı kaynakları istilacı balıkların, *Carassius* spp. biyokütlesine eşit şekilde katkıda bulundu. Pelajik kaynak (%64) c-g'yi destekleyen başlıca kaynaktı (1). Kıyı kaynağı (%47) ve detritus (%37) görünüşe göre önemli oranda c-g'yi destekledi (2) (Şekil 2, Şekil 3). Yırtıcı omurgasızlar ve zooplankton, kıyısal kaynak ve detritustan materyali asimile ediyor gibi görünürken, kıyısal kaynak (%69) ilkbaharda kazıyıcının biyokütlesini destekleyen ana kaynaktı (Şekil 2, Şekil 3). Yaz boyunca, pelajik kaynak *C. carpio* tarafından asimile edilen karbonun %46 - %44'üne kadar katkıda bulundu ve zooplankton biyokütlesi, detritus (%28-%30) ve kıyısal kaynak (%26-%27) ikincil olarak önemliydi (Şekil 4, Şekil 5).



Şekil 4.2. SIAR karıştırma modelinde kararlı izotop analizinden türetilen kutu grafikleri, üç temel kaynağın tüm tüketicilerin (balıklar ve omurgasızlar) ilkbahar (a) ve yaz (b) aylarındaki diyetlerine katkısını göstermektedir. Oranlar, %95, %75 ve %25 güvenilirlik aralıklarında çizilen güvenilirlik aralıklarını göstermektedir.

5. TARTIŞMA ve SONUÇ

Kararlı izotoplar ve diyetle dayalı sonuçlar, kıyı trofik yollarının toplam omurgasızların biyokütlesinin yarısından fazlasını oluşturduğunu, balıkların ise farklı trofik yollar (kıyı, pelajik veya detrital) kullandığını göstermektedir. Ancak, genellikle pelajik olduğu düşünülen balıklar kısmen zoobentos (chironomidae larvaları veya yetişkinleri) tüketmektedir, bu da zincirler arası omnivorluk ve bentik ve pelajik yollar arasında trofik birleşme olduğunu göstermektedir (Vander Zanden & Vadeboncoeur, 2002). Wagner, Volkmann ve Dettinger-Klemm (2012), tortudan su yüzeyine yükselen chironomid pupalarının, pelajik balıklar tarafından avlanma yoluyla bentik ve pelajik besin ağı arasında trofik bir bağlantı oluşturduğunu bildirmiştir.

Pelajik kaynak $\delta^{13}\text{C}$, Zinav Gölü'nde mevsimsel olarak değişti ve bu değişim, farklı kaynakların sestona olan göreceli katkısı, karbon fiksasyonu sırasında izotopik fraksiyonlaşma derecesi, fitoplankton tür bileşimi, sıcaklık, lipid üretim derecesi (McCusker, Ostrom, Ostrom, Jeremiason & Baker, 1999), çözünmüş inorganik karbon (DIC) bileşimi (CO_2 veya HCO_3^-) ve pH (Zeng, Kong, Zhang, Tan & Wul, 2008; Caroni, Free, Visconti & Manca, 2012) ve ayrıca askıda ince partikül organik madde havuzlarındaki karasal detritus fraksiyonları (Kendall, Silva & Kelly, 2001) ile bağlantılı olabilir. Rautio ve Vincent (2007), yüksek pH'lı (>8) arktik su kütlelerinin, düşük pH'lı (< 7) subarktik sulara kıyasla DIC'de daha yüksek HCO_3^- konsantrasyonuna sahip olduğunu bildirmiştir. HCO_3^- , CO_2 'ye göre ^{13}C 'de ~10‰ oranında zenginleştirildiğinden, birincil üreticiler Arktik'te subarktikten daha izotopik olarak ağırdı. Bu çalışmada, pelajik kaynak yaz aylarında yüzeyden ve yaklaşık 10 m derinlikten örnekledi ve ilkbaharda oldukça negatif (-37.13‰). Zinav Gölü'nde yapılan önceki bir çalışma, yüzey suyunun yazın yüksek pH'a (8.36) ve düşük bulanıklığa (5.05 NTU) ve ilkbaharda ~10 m derinlikte düşük pH'a (6.95) ve yüksek bulanıklığa (8.40 NTU) sahip olduğunu (Buhan vd., 2013), yazın çoğunlukla siyanobakteri çiçeklenmelerinden oluştuğunu, ilkbaharda ise diatom ve protozoaların baskın olduğunu göstermiştir. Son çalışmalar, siyanobakterilerin RubisCO tip IB'nin çok düşük CO_2 afinitesi ile ilişkilendirilen HCO_3^- için güçlü bir tercih gösterdiğini bulmuştur (Hoins vd., 2016). Bu nedenle, pelajik kaynağın $\delta^{13}\text{C}$ değerlerindeki mevsimsel farklılıkların pH, alg bileşimi

ve daha yüksek bulanıklığa dayalı karasal kaynaklı organik maddenin katkısı ile açıklandığını öne sürdük. Zinav Gölü'ndeki pelajik kaynak (seston), bu güncel çalışmanın gerçekleştirildiği Orta Karadeniz bölgesindeki nehir ve baraj göllerinden (Akin vd., 2010; Kaymakci vd., 2015) ve diğer ötrofik göllerden (Zhou vd., 2011; Mao vd., 2012; Gao, Zhong, Ning, Liu ve Jeppesen, 2017) daha önce ölçülen değerlere kıyasla daha fazla ^{13}C tükenmişti. Bu, karbonun Zinav Gölü su sütunundaki bakteriyoplanktonlar tarafından mikrobiyal döngüden türetildiği, örneğin nitrifikasyon (Kelley ve Coffin, 1998), kükürt (Doi ve diğerleri, 2006) ve metan oksidasyonu (Jones ve Grey, 2011) gibi reaksiyonlardan kaynaklandığı ileri sürülebilir.

Zooplanktonun $\delta^{13}\text{C}$ değerlerinde mevsimsel değişim gözlemlendi ve bu değer yazın ilkbahara göre %5 daha düşüktü. Zooplanktonun karbon izotopik oranının incelenmesi ve karıştırma modeli, zooplanktonun yazın pelajik kaynaktan (çoğunlukla siyanobakteriler) ve detritustan organik maddeyi özümlediğini, buna karşın kıyasal kaynak ve detritusun ilkbaharda zooplanktonun besininin önemli bir kısmını oluşturduğunu gösterdi. Buhanet al., (2013) fitoplankton biyokütlesinin (klorofil-a) ilkbaharda ($19\mu\text{g/l}$) yazıya göre ($53\mu\text{g/l}$) daha düşük olduğunu, bunun Zinav Gölü'ndeki zooplanktona yansıyan çok fazla ^{13}C zenginleşmesiyle ilişkili olduğunu buldu. Kararlı izotop analizi kullanan birkaç çalışma, ilkbaharda zooplanktonda $\delta^{13}\text{C}$ 'deki göreceli zenginleşmenin, zooplankton biyokütlesine makrofitlerin ve ilişkili perifitonun katkısının artmasıyla ilişkili olduğunu göstermiştir (Jones ve Waldron 2003; De Kluijver ve diğerleri, 2015). Makrofitler ve ilişkili perifiton, fitoplanktonla karşılaştırıldığında genellikle daha yüksek $\delta^{13}\text{C}$ değerlerine sahiptir (Fry, 2006). Zooplanktonun öncelikle fitoplanktonla beslendiği bilinmektedir, ancak bazen organik maddeyi allohton kaynaklardan (Cole ve diğerleri, 2011) ve/veya detritus oluşumu sırasında makrofitlerden ve bağlı perifitondan türetilen çözünmüş organik karbonu elde edebilirler (Findlay ve diğerleri, 1986). Bazı yazarlar, bakteri veya mantarların floküle olmuş partikül organik maddelere bağlandığını ve doğrudan heterotrofik kamçılı hayvanlar ve Amoebozoa tarafından otlandığını bildirmiştir (Kankaala, Taipale, Li ve Jones, 2010; Jassey, Shimano, Dupuy, Toussaint ve Gilbert, 2012) ve bunlar Zinav Gölü'ndeki zooplanktonun baskın taksonlarıdır. Bu nedenle, makrofitler ve ilişkili perifiton, mikrobiyal yolla zooplankton biyokütlesini destekleyebilir (De Kluijver ve ark., 2015). Buna karşılık, klorofil-a konsantrasyonu yaz

aylarında daha yüksek olduğunda, zooplankton ve pelajik kaynağın $\delta^{13}\text{C}$ değerleri çok benzerdi ve bu, zooplanktonun pelajik kaynaktan daha fazla ve makrofit-perifitonlardan türetilen kıyasal kaynaktan gelen karbon sübvansiyonunda daha az asimile olduğunu düşündürmektedir. Gölde yaz aylarında zooplanktonun ana bileşenini oluşturan kopepodlar seçici besleyicilerdir ve genellikle fitoplankton gibi yüksek kaliteli büyük parçacıkları tüketirler.

Chironomus sp., Baetis sp. ve nematod gibi bitki örtüsü olmayan alanlardan gelen bazı toplayıcı taksonlar (c-g (1)), kıyıdan kıyı altına doğru derinliğe bağlı olarak $\delta^{13}\text{C}$ değerlerinde ciddi bir azalma gösterdi. Bu taksonlar detritivor olarak sınıflandırıldı ve fitoplankton ve fitodetritus kullandıkları, su sütunundan tortu yüzeyine yerleştikleri düşünüldü (Jones & Grey 2011). Bu çalışmadaki izotopik değerlere ve karıştırma modeline dayanarak, pelajik kaynak bu taksonlarda görülen ^{13}C tükenmesinden sorumluydu. Bu nedenle, bentik-pelajik eşleşme süreci göl besin ağlarında önemli kabul edildi. Öte yandan, makrofitlerin hakim olduğu kıyı şeridinde yaşayan diğer toplayıcı taksonlar (c-g (2)) (Oligochaeta, Physella sp., Gammarus sp.), genellikle c-g formundaki taksonlardan (1) daha fazla ^{13}C ile zenginleştirilmiş olup, bu da kıyı bitkileri ve makrofitlerden ve kıyı şeridinden ilişkili perifitonlardan gelen detrituslara daha güçlü bir bağımlılık olduğunu göstermektedir. Benzer sonuçlar, bu taksonların otokton sucul vasküler bitkilerden ve epifitlerden elde edilen enerjiyi özümlediğine dair diğer çalışmalarda da bildirilmiştir (Cremona vd., 2010; Boll vd., 2012).

Bu çalışmada, gölün derin kısımlarındaki hakim anoksik koşullar nedeniyle balıklar sadece 2 m'yi geçmeyen derinlikteki kıyı şeridinde yaşamışlardır. Kararlı izotop ikili parselimiz, yerli balıkların (*S. cephalus* ve *C. carpio*) istilacı balıklarla (*Carassius* spp.) benzer trofik niş gösterdiğini, yerli *C. banarescui*'nin ise farklı trofik niş gösterdiğini göstermiştir. Yerli balıklar arasında örtüşen kaynaklar yoktur, ancak ilkbaharda yerli *S. cephalus* ve istilacı *Carassius* spp. arasında bazı kaynak örtüşmeleri gözlemlenmiştir. Kararlı izotop ve bağırsak içeriği analizi, yerli *S. cephalus*'un çoğunlukla zooplankton tükettiğini, diyetinin çoğunun pelajik kökenli olduğunu, *C. banarescui* için kıyı kaynaklı filamentöz algler ve allohton veya otokton kaynaklardan kaynaklanan detritus, filamentöz algler ve omurgasızların ilkbaharda *Carassius* spp. için yaygın bir besin maddesi

olduğunu göstermiştir. Bu sonuçlar istilacı balıkların fırsatçı besleyiciler olduğunu, yani ağızlarına sığabilen her şeyi yediklerini gösterdi. Yaz aylarında *C. carpio*, *Carassius* türlerinden daha fazla detritus tüketti ve bu, kararlı izotop değerlerine dayanarak iki balık türünün planktonik alglerin sedimantasyonundan kaynaklanan detritustan yararlanma olasılığının yüksek olduğunu gösterdi. Bu balık taksonlarının diyetlerinde bu tür düşük enerjili gıdaların yüksek oranı, rekabetin neden olduğu, optimum olmayan gıda kaynaklarına doğru bir niş kaymasının göstergesi olabilir (Didenko&Kruzhylina, 2015). Habitat kaynaklarında uzmanlaşma ve gıda paylaşımı, türler arası rekabeti azaltmanın ve ilgili türlerin bir arada bulunmasını kolaylaştırmanın birincil mekanizmalarından biridir (Guo vd., 2014). İstilacı ve yerli balıklar arasında kaynaklar için artan rekabet, enerji gereksinimlerini karşılamak için optimum olmayan kaynaklara kaymaya neden olabilir. Diğer çalışmalar da yerel ve istilacı balıkların, türler arası rekabetin bir sonucu olarak, diyetlerine bir arada bulunan istilacıları dahil ederek ve/veya diyetlerini yeni kaynaklara kaydırarak trofik nişlerini değiştirebileceğini öne sürmektedir (Jackson vd. 2012; Jackson ve Britton, 2014). Tüm sazan balıkları benzer diyet öğelerini farklı oranlarda tüketmiş ve farklı trofik yollardan (kıyusal veya pelajik) enerji özümsemiştir, ancak bir dereceye kadar mikrobiyal yollar aracılığıyla karasal ve/veya sucul kaynaklardan gelen detritus, Zinav Gölü'ndeki tüm tüketicileri desteklemiştir. Genellikle pelajik veya kıyusal olduğu düşünülen türler bile sırasıyla zoobentos veya zooplankton tarafından kısmen desteklenmiştir; bu da kıyusal ve pelajik yollar arasındaki trofik eşleşmeyi göstermektedir. Pelajik ve kıyı habitatlarının birleştirilmesi, balıkların habitatlar arasında doğrudan hareket etmesiyle ve dolaylı olarak zooplanktonların pelajik bölgeden balık avından korunmak için kıyı bölgesine yatay göçleri yoluyla gerçekleşebilir (Vesterinen, 2013).

Zinav Gölü'nde yakalanan *C. banarescu*'nun bireyleri arasında $\delta^{13}\text{C}$ 'de bulunan daha büyük varyans, balıklar arasındaki kaynak örtüşmesini en aza indirmek ve türler arası rekabeti önlemek için birincil üretim kaynaklarında daha fazla karmaşıklık veya habitat kullanımında çeşitlilik olduğunu göstermektedir. Daha geniş bir diyet yelpazesi tüketen ve çeşitli coğrafi alanlarda yiyecek arayan popülasyonlar daha geniş bir izotopik çeşitlilik gösterebilir (Bearhop, Adams, Waldrons, Fuller ve Macleod, 2004). Gölde toplanan örneklerde karşılaşmamış olsak da, bu türün bağırsaklarında simuliidae larvaları bulundu. Buhanet al. (2013) koldaki simuliidae larvalarının ve filamentli alglerin $\delta^{13}\text{C}$ değerini

zenginleştirdiğini ve tükettiğini (sırasıyla -25.64 ve -30.13%) bildirmiştir, bu nedenle *C. banarescui*'nin bazı bireyleri beslenmek için göl ve kol arasında hareket etmektedir ve koldaki diyetlerin karbon imzalarını yansıtmış olabilir.

Sonuç olarak, bu çalışma, makrofitlerin baskın olduğu kıyı bölgesinin besin ağı yapısının işleyişini etkilediğini göstermiştir. Pelajik kaynak ve fitodetritusun zooplankton, yazın *C. carpio* ve ilkbaharda *S. cephalus*, *Carassius* spp. ve toplayıcı toplayıcı omurgasızlar, örneğin chironomid larvaları ve nematodlar tarafından kullanılması muhtemeldir. İlkbaharda, detritus, makrofitler ve ilişkili perifiton, özellikle *C. banarescui* ve çoğu bentik omurgasız ve zooplankton için önemli bir katkı sağlamıştır. Kıyı kaynaklarının üretimi yalnızca kıyı topluluklarını desteklemekle kalmaz, aynı zamanda pelajik tüketicilerin diyetini de destekler (Vander Zanden, Vadeboncoeur & Chandra, 2011) ve balıklar kıyı ve pelajik besin ağlarının birleşmesini teşvik eder. Her ne kadar tüm yerli ve istilacı sazan balıkları sadece gölün kıyı bölgesinde baskın olsa da, diyet oranları türler arasında farklılık gösteriyordu ve bu da sazan balıkları arasında rekabeti önlemek için yüksek derecede kaynak paylaşımı olduğunu gösteriyordu. Ancak, hidrolojideki mevsimsel ve mekansal değişimin üreticilerin ve tüketicilerin kararlı izotop değerlerini nasıl etkilediğini ve göl besin ağının işlevi ve yapısı üzerindeki etkisini anlamak, ayrıca bakteri biyokütlesinin nitel ve nicel verilerini ortaya çıkarmak ve göl besin ağının göreceli katkısını tahmin etmek için daha fazla çalışmaya ihtiyaç vardır.

6. KAYNAKÇA

- Adams, S. M., Kimmel, B. L. and Ploskey, G. R., 1983. Sources of organic carbon for reservoir fish production: a trophic-dynamics analysis. *Canadian Journal of Fisheries Aquatic Sciences* 40: 1480-1495.
- Akin, S., 2001. Ecological dynamics of the aquatic community in a Texas coastal salt marsh. PhD dissertation, Texas A&M University, College Station.
- Akin, S., Verep, B., Turan, D., Sahin, C., Celik, K., Bozkurt, A. & Gozle, A. M., 2010. Barajların Nehir Besin Ağı ve Balıkların Beslenme Alışkanlıkları Üzerine Etkilerinin Duraylı Karbon ($\delta^{13}\text{C}$), Azot ($\delta^{15}\text{N}$) ve Mide Analiz Yöntemleriyle Belirlenmesi: Suatve Hasan Uğurlu Barajlar Örneği (Report No. 1070519). Tokat, Türkiye, 313 sf.
- Anderson, D.M., Glibert, P.M. & Burkholder, J.M., 2002. Harmful algal blooms and eutrophication: nutrient sources, composition, and consequences. *Estuaries Coasts*, 25, 704– 726.
- Anonim, 2004. http://www.waterontheweb.org/under/lakeecology/11_foodweb.html, Erişim tarihi: 9.10.2024
- Anonim, 2024. Dengeli Bir Ekosistemi Korumak, Erişim tarihi: 09.13.2024. <https://lakegeorgeassociation.org/science-protection/citizen-science/lake-george-food-webs>
- Balik, I., Karasahin, B., Ozkok, R., Cubuk, H. & Uysal, R. 2003. Diet of silver crucian carp *Carassius gibelio* in lake Eğirdir. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 3 (2), 87-91.
- Bearhop, S., Adams, C.E., Waldron, S., Fuller, R.A. & Macleod, H., 2004. Determining trophic niche width: a novel approach using stable isotope analysis. *Journal of Animal Ecology*, 73, 1007–1012.
- Briand, F., 1983. Environmental control of food web structure. *Ecology* 64: 253-263.
- Briand, F. and Cohen, J. E., 1987. Environmental correlates of food chain length. *Science*, 238: 956-960.
- Briand, F. and Cohen, J. E., 1984. Community food webs have scale invariant structure. *Nature* 307: 264-266.
- Boll, T., Johansson, L. S. Lauridsen, T. L. Landkildehus, F. Davidson, T. A. Søndergaard, M. Andersen, F. Ø. & Jeppesen, E., 2012. Changes in benthic macroinvertebrate abundance and lake isotope (C, N) signals following biomanipulation: an 18-year study in shallow Lake Vaeng, Denmark. *Hydrobiologia*, 686, 135– 145.
- Bouchard, R.W. Jr. 2004. Guide to aquatic macroinvertebrates of the Upper Midwest. Water Resources Center, University of Minnesota, St. Paul, MN, 208 p.
- Bouwman, A.; Bierkens, M.F.P.; Griffioen, J.; Hefting, M.; Middelburg, J.; Middelkoop, H.; Slomp, C.P., 2012. Nutrient Dynamics, Transfer and Retention along the Aquatic Continuum from Land to Ocean: Towards Integration of Ecological and Biogeochemical Models. *Biogeosci. Discuss.*, 9, 8733–8782.

- Buhan, D.S., Bektaş, N., Koçer, M.A.T., Dogan H.M., Buhan E., Polat, F., 2015. Trophic Status and Risks of Zinav Lake Tokat Turkey. *Fresenius Environmental Bulletin*, 24(1A), 203-207.
- Buhan, E., Dogan, H. M., Polat, F., 2013. Zinav Gölü ve Havzasında Balık Toplulukları ve Su Kalitesinin Zamansal ve Alansal Değişimleri ile Ekolojik Risklerin Belirlenmesi (Report No. 110Y117), Tokat, Turkey, 184 pp.
- Buhan E., Akın, S., Kaymak, N., Turan, H., 2018. Trophic Pathways from Pelagic and Littoral Sources Supports Food Web in an Eutrophic Natural Lake (Lake Zinav, Turkey). *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 19(2), 99-107
- Caroni, R., Free, G., Visconti, A. & Manca, M., 2012. Phytoplankton functional traits and seston stable isotopes signature: a functional-based approach in a deep, subalpine lake, Lake Maggiore (N. Italy). *Journal of Limnology*, 71, 84-94.
- Carpenter, S.R., J.F. Kitchell and Hodgson, J.R., 1985. Cascading trophic Interactions and lake productivity. *BioScience* 35:634-639.
- Closs, G. P. and Lake. P. S., 1994. Spatial and temporal variation in the structure of an intermittent-stream food web. *Ecological Monographs* 64(1): 1-21.
- Cohen, J. E., 1978. Food webs and niche space, Princeton University Press, Princeton, New Jersey.
- Cohen, J. E., C. M. Newman, and Briand. F., 1985. A stochastic theory of community food webs. II. Individual webs. *Proceedings of the Royal Society of London B* 224: 449-461.
- Cohen, J. E., F. Briand, and Newman. C. M., 1986. A stochastic theory of community food webs. III. Predicted and observed lengths of food chains. *Proceedings of the Royal Society of London B* 228: 317-353.
- Cohen, J. E., F. Briand, and Newman. C. M., 1990. Community food webs: data and theory. Springer-Verlag, New York.
- Cohen, J. E., R. A. Beaver, S. H. Cousins, D. L. Angelis. L. Goldwasser, K. L. Heong, R. K. Holt, A. J. Kohn, J. H. Lawton, N. Martinez, R. O'Malley, L. M. Page, B. C. Pattern, S. L. Pimm, G. A. Polis, M. Rejmanek, T. W. Schoener, K. Schoenly, W. G. Sprules, J. M. Teal, R. E. Ulanowicz, P. H. Warren, H. M. Wilbur, and. Yodzis P., 1993. Improving food webs. *Ecology* 74: 252-258.
- Cole, J.J., Carpenter, S.R., Kitchell, J., Pace, M.L., Solomon, C.T. & Weidel, B., 2011. Strong evidence for terrestrial support of zooplankton in small lakes based on stable isotopes of carbon, nitrogen, and hydrogen. *PNAS*, 108, 1975-1980. <https://dx.doi.org/10.1073/pnas.1012807108>
- concepts. Blackwell Scientific, Oxford.
- Cremona, F., Timm, H., Agasild, H., Tönno, I., Feldmann, T., Jones, R., & Nöges, T., 2014. Benthic foodweb structure in a large shallow lake studied by stable isotope analysis. *Freshwater Science*, 33 (3), 885-894. <http://dx.doi.org/10.1086/677540>
- Darwin, C., 1859. The origin of species by means of natural selection. Murray, London,
- David, F. ve Mitchell, C.L.M. The Complexity of Aquatic Food Webs, Erişim tarihi: 22.10.2024. <https://www.nalms.org/wp-content/uploads/2018/09/31-2-5.pdf>

- DeNiro, M. J. and Epstein, S., 1978. Influence of diet on the distribution of carbon isotopes in animals. *Geochimica et Cosmochimica* 45: 495-506.
- Didenko, A.V. & Kruzhylina, S.V., 2015. Trophic interaction between topmouth gudgeon (*Pseudorasbora parva*) and the co-occurring species during summer in the Dniprodzerzhynsk reservoir. *Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems*, 416, 13. <https://dx.doi.org/10.1051/kmae/2015009>
- Doi, H., Takagi, A., Mizota, C., Okano, J.I., Nakano, S.I. & Kikuchi, E., 2006. Contribution of Chemoautotrophic Production to Freshwater Macroinvertebrates in a Headwater Stream Using Multiple Stable Isotopes. *International Review of Hydrobiology*, 91, 501– 508. <https://dx.doi.org/10.1002/iroh.200610898>
- Elton, C., 1927. *Animal ecology*. Sidgwick & Jackson. London.
- Findlay, S., Carlough, L., Crocker, M. T., Gill, H. K., Meyer, J. L. & Smith P. J., 1986. Bacterial growth on macrophyte leachate and fate of bacterial production. *Limnology and Oceanography*, 31, 1335–1341. <https://dx.doi.org/10.4319/lo.1986.31.6.1335>
- Franca, S., Vasconcelos, R. P., Tanner, S., Maguas, C. Costa, M. J. & Cabral, H. N., 2011. Assessing food web dynamics and relative importance of organic matter sources for fish species in two Portuguese estuaries: a stable isotope approach. *Marine Environmental Research*, 72, 204– 215.
- France, R. L., 1995. Carbon-13 enrichment in benthic compared to planktonic algae: food web implications. *Marine Ecology and Progress Series* 124; 307-312.
- France, R. L. and Peters, R. H., 1997. Ecosystems differences in the trophic enrichment of ^{13}C in aquatic food webs. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 54: 1255-1258.
- Fry, B., 2006. *Stable Isotope Ecology*. Springer, New York. Gao, J., Zhong, P., Ning, J., Liu, Z., & Jeppesen, E. (2017). Herbivory of omnivorous fish shapes the food web structure of a chinese tropical eutrophic lake: Evidence from stable isotope and fish gut content analyses. *Water*, 9 (1), 69. <http://dx.doi.org/10.3390/w9010069>
- Goldwasser, L. and Roughgarden, J. 1993. Construction and analysis of a large Caribbean food web. *Ecology* 74: 1216-1233.
- Grey, J., 2016. The Incredible Lightness of Being Methane Fuelled: Stable Isotopes Reveal Alternative Energy Pathways in Aquatic Ecosystems and Beyond. *Frontier in Ecology and Evolution*, 4, 8. <https://dx.doi.org/10.3389/fevo.2016.00008>
- Grey, J., Jones, R.I. & Sleep, D., 2000. A stable isotope analysis of the origins of zooplankton carbon in lakes of differing trophic state. *Oecologia*, 123, 232–240. <https://dx.doi.org/10.1007/s004420051010>
- Guo, Z., Liu, J., Lek, S., Li, Z., Zhu, F., Tang, J., Cucherousset, J., 2014. Trophic nichedifferences between two congeneric goby species: evidence for ontogenetic diet shift and habitat use. *Aquatic Biology*, 20, 23- 33.
- Hall, S. J. and Raffaelli D. G., 1993. Food webs. Theory or reality. Pages 187-239 in M. Begon and A. H. Fitter editors. *Advances in ecological research*, Academic Press, London.

- Havens, K. E., 1993. Pelagic food web structure in Adirondack Mountain, USA, lakes of varying acidity. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science* 50:149-155.
- Hershey, A. E., Beaty, S. Fortino, K. Kelly, S. Keyse, M. Luecke, C. O'Brien, W. J. & Whalen, S. C., 2006. Stable isotope signatures of benthic invertebrates in arctic lakes indicate limited coupling to pelagic production. *Limnology and Oceanography*, 51, 177–188. <https://dx.doi.org/10.4319/lo.2006.51.1.0177>
- Hoins, M., Eberlein, T., Van de Waal, D. B., Sluijs, A., Reichart, G.-J., & Rost, B., 2016. CO₂ dependent carbon isotope fractionation in dinoflagellates relates to their inorganic carbon fluxes. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 481, 9-14. <https://dx.doi.org/10.1016/j.jembe.2016.04.001>
- Inger, R., Jackson A., Parnell A. & Bearhop S., 2010. SIAR V4: Stable Isotope Analysis in R. An Ecologist's Guide, 14 pp. Jackson, M. C., Jackson, A. L., Britton, J. R., Donohoe, I., Harper, D. M. & Grey, J., 2012. Population level metrics of trophic structure based on stable isotopes and their application using invasion ecology. *PLoS One*, 7(2), e31757. <https://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0031757>
- Jackson, M. C., & Britton, J. R., 2013. Variation in the trophic overlap of invasive *Pseudorasbora parva* and sympatric cyprinid fishes. *Ecology of Freshwater Fish*, 22, 654–657. <https://dx.doi.org/10.1111/eff.12063>
- Jassey, V.E.J., Shimano, S., Dupuy, C., Toussaint, M.L. & Gilbert, D., 2012. Characterizing the feeding habits of the testate amoebae *Hyalosphenia papilio* and *Nebelatincta* along a narrow “fen-bog” gradient using digestive vacuole content and ¹³C and ¹⁵N isotopic analyses. *Protist*, 163, 451–464.
- Jeffries, M. J. and Lawton, J. H., 1985. Predator-prey ratios in communities of freshwater invertebrates: the role enemy and-free space. *Freshwater Biology* 15:105-112.
- Jepsen, D. B. and Winemiller, K. O., 2002. Structure of tropical food webs revealed by stable isotope ratios. *Oikos* 96: 46-55.
- Jones J.I. & Waldron, S., 2003. Combined stable isotope and gut content analysis of food webs in plant-dominated, shallow lakes. *Freshwater Biology*, 48, 1396–1407. <https://dx.doi.org/10.1046/j.1365-2427.2003.01095.x>
- Jones, R.I., Grey, J., Sleep, D. & Arvola, L., 1999. Stable isotope analysis of zooplankton carbon nutrition in humic lakes. *Oikos*, 86, 97-10. <https://dx.doi.org/10.2307/3546573>
- Jones, R.I. & Grey, J. (2011). Biogenic methane in freshwater food webs. *Freshwater Biology*, 56, 213– 229. <https://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2427.2010.02494>
- Kankaala, P., Taipale, S., Li, L. & Jones, R.I., 2010. Diets of crustacean zooplankton, inferred from stable carbon and nitrogen isotope analyses, in lakes with varying allochthonous dissolved organic carbon content. *Aquatic Ecology*, 44, 781–795. <https://dx.doi.org/10.1007/s10452-010-9316-x>
- Kaymak, N., Winemiller, K.O., Akin, S., Altuner, Z., Polat, F. & Dal, T. 2015. Stable isotope analysis reveals relative influences of seasonal hydrologic variation and impoundment on assimilation of primary production sources by fish in the Upper

- Yesilirmak River, Turkey. *Hydrobiologia*, 753, 131-147.
<https://dx.doi.org/10.1007/s10750-015-2201-9>
- Kelley, C.A. & Coffin, R.B., 1998. Stable isotope evidence for alternative bacterial carbon sources in the Gulf of Mexico. *Limnology and Oceanography*, 43 (8), 1962– 1969.
<https://dx.doi.org/10.4319/lo.1998.43.8.1962>
- Kendall, C., Silva, S. R. & Kelly, V. J., 2001. Carbon and nitrogen isotopic compositions of particulate organic matter in four large river systems across the United States. *Hydrological Processes*, 15, 1301– 1346. <https://dx.doi.org/10.1002/hyp.216>
- Kitching, R. L., 1987. Spatial and temporal variation in food webs in water-filled tree-holes. *Oikos* 48: 280-288.
- Kling, G.B., B. Fry, and W. J. O'Brien (1992). Stable isotopes and planktonic food web structure in arctic lakes. *Ecology* 73: 195-207.
- Kluijver, A., Ning, J., Liu, Z., Jeppesen, E., Gulati, R.D., Middelburg, J.J., 2015. Macrophytes and periphyton carbon subsidies to bacterioplankton and zooplankton in a shallow eutrophic lake in tropical China. *Limnology and Oceanography*, 60(2), 375–385. <https://dx.doi.org/10.1002/lno.10040>
- Kundell, J. 2009. "Water Profile of Turkey," In: C. J. Cleveland, Ed., *Encyclopedia of Earth*, Environmental Information Coalition, National Council for Science and the Environment, Washington DC.
- Kwak, T. J. and Zedler, J. B., 1997. Food web analysis of southern California coastal wetlands using multiple stable isotopes. *Oecologia* 110:262-277.
- Lau, D.C.P., Sundh, I., Vrede, T., Pickova, J. & Goedkoop, W., 2014. Autochthonous resources are the main driver of consumer production in dystrophic boreal lakes. *Ecology*, 95, 1506– 1519. <https://dx.doi.org/10.1890/13-1141.1>
- Lawton, J. H., 1989. Food webs. Pages 43-78 in J. M. Cherrett, editor. *Ecological concepts*. Blackwell Scientific, Oxford.
- Mandaville, S. M., 2002. Benthic Macroinvertebrates in Freshwaters-Taxa tolerance values, Metric and Protocols. (Project H-1). New York, USA, 128 pp.
- Mao, Z.G., Gu, X.H., Zeng, Q.F., Zhou, L.H. & Sun, M.B., 2012. Food web structure of a shallow eutrophic lake (Lake Taihu, China) assessed by stable isotope analysis. *Hydrobiologia*, 683, 173– 183. <https://dx.doi.org/10.1007/s10750-011-0954-3>
- Martinez, N. D., 1991. Artifacts or attributes? Effects of resolution on the Little Rock Lake food web. *Ecological Monographs* 61: 367-392.
- Martinez, N. D., 1992. Constant connectance in community food webs. *American Naturalist* 139: 1208-1218.
- Martinez, N. D., Hawkins, B. A., Dawah, H. A. and Feifarek, B. P., 1999. Effects of sampling effort on characterization of food-web structure. *Ecology* 80(3): 1044-1055.
- May, R. M. 1972. Will a large complex system be stable? *Nature* 238: 413-414.
- May, R. M., 1973. *Stability and complexity in model ecosystems*, Princeton University Press, Princeton, New Jersey.

- McCusker, E.M., Ostrom, P.H., Ostrom, N.E., Jeremiason, J.D. & Baker, J.E., 1999. Seasonal variation in the biogeochemical cycling of seston in Grand Traverse Bay, Lake Michigan. *Organic Geochemistry*, 30, 1543-1557.[http://dx.doi.org/10.1016/S0146-6380\(99\)001291](http://dx.doi.org/10.1016/S0146-6380(99)001291)
- Minagawa, M. and Wada, E., 1984. Stepwise enrichment of ^{15}N along food chains: further evidence and the relation between ^{15}N and animal age. *Geochimica et Cosmochimica* 48: 1135-1140.
- Newman, C. M. and Cohen, J. E., 1986. A stochastic theory of community food webs. IV. Theory of food chain lengths in large webs. *Proceedings of the Royal Society of London B* 228: 355-377.
- Paine, R. T., 1983. Intertidal food webs: Does connectance describe their essence? Pages 11-15 in D. L. DeAngelis, W. M. Post, and G. Sugihara, editors. *Trends in food web theory. Report on food web workshop, ORNL-5983, Oak Ridge National Laboratory, Oak Ridge, Tennessee.*
- Paine, R. T., 1988. Food webs: road maps of interactions or grist for theoretical development? *Ecology* 69(6): 1648-1654.
- Parnell, A. C., Inger, R., Bearhop, S., & Jackson, A. L., 2010. Source Partitioning Using Stable Isotopes: Coping with Too Much Variation. *PLoS one*, 5(3), e9672. <http://doi.org/10.1371/journal.pone.0009672>
- Pauly, D., V. Christensen, J. Dalsgaard, R. Froese and F.C. Torres Jr. , 1998. Fishing down marine food webs. *Science* 279:860-863.
- Peterson, B.J. & Fry, B. 1987. Stable isotopes in ecosystem studies. *Annual Review of Ecology and Systematic*, 18, 293-320.
- Peterson, C. C., 1997. Food webs of two Venezuelan clear-water streams with seasonal fluctuations in hydrology. M. S. Thesis, Texas A&M University, College Station, Texas.
- Pianka, E. R., 1973. The structure of lizard communities. *Annual Review of Ecology and Systematics* 4: 53-74.
- Pimm, S. L., 1980. Properties of food webs. *Ecology* 61: 219-225.
- Pimm, S. L., 1982. *Food webs*. Chapman and Hall. London, England.
- Pimm, S. L. and Kitching R.L., 1987. The determinants of food chain of food chain length. *Oikos* 50: 302-307.
- Pimm, S. L. and Kitching, R.L., 1988. Food web patterns: trivial flaws or basis of an active research program? *Ecology* 69: 1669-1672.
- Polis, G.A., 1991. Complex trophic interactions in deserts: an empirical critique of food web theory. *American Naturalist* 138: 123-155.

- Polis, G.A., 1994. Food webs, trophic cascade, and community structure. *Australian Journal of Ecology* 19: 121-136.
- Post, D.M., 2002. The long and short of food-chain length. *Trends in Ecology and Evolution*, 17, 269- 277. [https://doi.org/10.1016/S0169-5347\(02\)02455-2](https://doi.org/10.1016/S0169-5347(02)02455-2)
- Post, D. M., 2002. Using stable isotopes to estimate trophic position: models, methods, and assumptions. *Ecology* 83(3): 703-718.
- Post, D. M., Pace, M. L. and Hairston, N.G., 2000. Ecosystem size determines food-chain length in lakes. *Nature* 405:1047-1049.
- USEPA: United States Environmental Protection Agency, 2010. National Lakes Assessment: A Collaborative Survey of the Nation's Lakes. EPA 841-R-09-001. U.S. Environmental Protection Agency, Office of Water and Office of Research and Development, Washington, D.C. April 2010.v
- Rautio, M. & Vincent, W. F., 2007. Isotopic analysis of the sources of organic carbon for zooplankton in shallow subarctic and arctic waters. *Ecography*, 30, 77-87. <http://dx.doi.org/10.1111/j.0906-7590.2007.04462.x>
- Rounick, J. S. and Winterbourn, M. J., 1986. Stable carbon isotopes and carbon flow in ecosystems. *BioScience* 36: 171-177.
- Schindler, D. E. & Scheurell, M., 2002. Habitat coupling in lake ecosystems. *Oikos*, 98, 177– 189.
- Schoenly, K. and Cohen, J. E., 1991. Temporal variation in food web structure: sixteen empirical cases. *Ecological Monographs* 61: 267-298.
- Solomon, C. T., Carpenter, S. R., Clayton, M. K., Cole, J. J., Coloso, J. J., Pace, M. L., Vander Zanden, M. J. & Weidel, B.C., 2011. Terrestrial, benthic, and pelagic resource use in lakes: results from a three-isotope Bayesian mixing model. *Ecology*, 92, 1115–1125.
- Sugihara, G., K. Schoenly, and Trombla, A., 1989. Scale invariance in food webs properties. *Science* 245: 48-52.
- Tavares-Cromar, A. F. and Williams, D.D., 1996. The importance of temporal resolution in food web analysis: evidence from a detritus-based stream. *Ecological Monographs* 66(1): 91-113.
- Vander Zanden, M. J. and Rasmussen, J.B., 1996. A trophic position model of pelagic food webs: impact on contaminant bioaccumulation in lake trout . *Ecological Monographs* 66: 451-457.
- Vander Zanden, M.J. and Vadeboncouer, Y., 2002. Fishes as integrators of benthic and pelagic food webs in lakes. *Ecology* 83:2152-2161.
- Vander Zanden, M. J. B. J. Shuter, N. Lester, and Rasmussen, J.B., 1999. Patterns of food chain length in lakes: a stable isotope study. *American Naturalist* 154: 406-416.
- Warren, P.H., 1989. Spatial and temporal variation in the structure of a freshwater food web. *Oikos* 55: 299-311.

- Werner, E.E. and Gilliam, J.F., 1984. The ontogenetic niche and species interactions in size structured populations. *Annual Review of Ecology and Systematics* 15: 393-425.
- Winemiller, K.O., 1989a. Must connectance decrease with species richness? *American Naturalist* 134: 960-968.
- Winemiller, K.O., 1989b., Ontogenetic diet shifts and resource partitioning among piscivorous fishes in the Venezuelan llanos. *Environmental Biology of Fishes* 26: 177-199.
- Winemiller, K.O., 1990. Spatial and temporal variation in tropical fish trophic networks. *Ecological Monographs* 60: 331-367.
- Winemiller, K.O., 1996. Factors driving temporal and spatial variation in aquatic floodplain food webs. Pages 298-312 in G. A. Polis and K. O. Winemiller, editors. *Food webs: integration of patterns and dynamics*. Chapman and Hall, New York.
- Winemiller, K.O. and Polis, G.A., 1996. What can they tell us about world? Pages 1-22 in G. A. Polis and K. O. Winemiller, editors. *Food webs: integration of patterns and dynamics*. Chapman and Hall, New York.
- Yodzis, P., 1993. Environmental and trophic diversity. Pages 26-38 in R. E. Ricklefs and D. Schluter, editors. *Species diversity in ecological communities*. University of Chicago Press, Chicago.
- Akin, S. 2001. Ecological dynamics of the aquatic community in a Texas coastal salt marsh (PhD Thesis). Texas A&M University, Texas, USA.
- Zanden, M. J. & Weidel, B.C., 2011. Terrestrial, benthic, and pelagic resource use in lakes: results from a three-isotope Bayesian mixing model. *Ecology*, 92, 1115–1125. <http://dx.doi.org/10.1890/10.1185.1>
- Opsahl, S.P.; Golladay, S.W.; Smith, L.L.; Allums, S.E., 2010. Resource-Consumer Relationships and Baseline Stable Isotopic Signatures of Food Webs in Isolated Wetlands. *Wetlands*, 30, 1213–1224.
- Iglesias, C.; Meerhoff, M.; Johansson, L.S.; González-Bergonzoni, I.; Mazzeo, N.; Pacheco, J.P.; Mello, F.T.-d.; Goyenola, G.; Lauridsen, T.L.; Søndergaard, M.; et al. 2017. Stable isotope analysis confirms substantial differences between subtropical and temperate shallow lake food webs. *Hydrobiologia*, 784, 111–123.
- Sepúlveda-Lozada, A.; Mendoza-Carranza, M.; Wolff, M.; Saint-Paul, U.; Ponce-Mendoza, A., 2015. Differences in food web structure of mangroves and freshwater marshes: Evidence from stable isotope studies in the Southern Gulf of Mexico. *Wetl. Ecol. Manag.*, 23, 293–314.
- Manetta, G.; Benedito-Cecilio, E.; Martinelli, M., 2003. Carbon sources and trophic position of the main species of fishes of Baía River, Paraná River floodplain, Brazil. *Braz. J. Biol.*, 63, 283–290.
- Layman, C.A.; Araujo, M.S.; Boucek, R.; Hammerschlag-Peyer, C.M.; Harrison, E.; Jud, Z.R.; Matich, P.; Rosenblatt, A.E.; Vaudo, J.J.; Yeager, L.A.; et al., 2012. Applying

stable isotopes to examine food-web structure: An overview of analytical tools.
Biol. Rev., 87, 545–562.



ÖZGEÇMİŞ

