

Balık Geçitleri ve Tasarımı Üzerine Genel Bir Bakış

Esra ÜÇÜNCÜ¹, Ahmet ALTINDA²

¹Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı, Ankara

²Ankara Üniversitesi, Fen Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Ankara

Geliş Tarihi (Received) : 22.02.2012

Kabul Tarihi (Accepted) : 24.05.2012

Özet: Günümüzde sucul sistemler üzerine, artan taleplerin karşılanabilmesi için pek çok bent, regülatör, baraj ve hidroelektrik santral gibi yapılar kurulmaktadır. Bu yapılar özellikle sucul canlıların memba ve mansaba olan doğal göçlerini olumsuz etkilemekte ve pek çok canlı için tehlike oluşturmaktadır. Sucul sistemler üzerindeki doğal yada; regülatör, baraj, hidroelektrik santral, bent gibi insan yapımı engellerin üzerine yada çevresine, diadrom balıkların doğal göçlerine yardımcı olacak hidrolik yapıların kurulması gerekmektedir. Bu derlemenin amacı, balık geçitleri olarak adlandırılan bu hidrolik yapıların ne olduğu hakkında genel bilgi vermek, bu konu üzerinde önceden yapılmış çalışmaları incelemek ve balık geçitlerinin önemini vurgulamaktır.

Anahtar Sözcükler: Balık geçitleri, Denil geçidi, dikey yarıklı geçit, havuz-tipi geçit, menfez tipi geçit

An Overview on Fishways and Their Designs

Abstract: Many structures established such as embankment, the regulator, dams and hydroelectric power plants in order to supply the increasing demands on aquatic systems nowadays. These structures especially affect the natural migration of aquatic organism to upstream and downstream adversely and constitutes a danger for many organism. Hydraulic structures should be established on or around the natural or man-made barriers such as regulators, dams, hydroelectric power plants on the aquatic systems that will help natural migrations of diadrom fish. The purpose of this review that give general information about what these hydraulic structures called fish passages review prior studies on this subject and emphasize the importance of them.

Keywords: culvert fishway, fishway, Denil fishway, pool-type fishway, vertical slot fishway,

GİRİŞ

Günümüzde nüfus artışı ve sanayinin gelişmesi paralel olarak pek çok enerji üretim ve çevrim sistemleri kurulmuştur. Bu sistemler doğal su yollarında değişikliğe sebep olmakta ve ekolojik dengeyi olumsuz etkilemektedir.

Artan taleplerin karşılanabilmesi için su kurulları tarafından kurulan baraj, bent yada regülatör gibi yapılar su berraklığı, su kalitesi ve miktarı, ısı derecesi ve tür çeşitliliğine kadar her şeyi değiştirebilir; nehirlerde ekosistem genelinde değişikliğe sebep olmakta ve sucul organizmalar üzerinde dikkate değer bir etki oluşturmaktadır (Schilt, 2007).

Günümüzde, yenilenebilir olması, işletim ve bakım giderlerinin düşük olması ve fiziki ömürlerinin uzun olması sebebiyle çok sayıda hidroelektrik santral kurulmaya başlanmıştır. Özellikle Doğu Karadeniz bölgesinde 430'un üzerinde nehir tipi HES projesi planlanmaktadır (Aksungur ve ark. 2011). Kurulması planlanan ve şu anda inşaat halinde olan hidroelektrik santralleriyle Türkiye; Avrupa'da, Norveç'ten sonra en fazla yıllık hidroelektrik enerji üretim potansiyeline sahip ikinci ülke konumundadır (Berkün ve ark. 2008). Diğer enerji üretim yöntemlerine kıyasla çevre dostu olarak değerlendirilen HES projelerinin de, su kalitesi ve sucul ekosistem üzerinde olumsuz etkileri mevcuttur.

Kurulan bu yapılar akarsuların doğal akışını bozmakta; yumurtlama ve beslenme gibi pek çok sebeple göç eden anadrom ve katadrom balık türleri üzerinde olumsuz etki oluşturmaktadır.

Göçlerinin akarsu üzerine yapılan bent, regülatör, baraj gibi yapılarla engellenmesi sebebiyle Karadeniz alabalığı, Mersin balıkları, yılan balıkları gibi katadrom ve anadrom göç yapan pek çok türün popülasyonlarında, önemli düşüşler meydana gelmiştir. Aynı zamanda bu yapılar, göç eden balıklar üzerine larvalarını yapı taşı haline getiren molluskları ve larvalarını sürüklenmelerini önlemek için nehirlerin üst kısmına bırakan Trichoptera ve Ephemeroptera gibi sucul böceklerin de göç hareketlerini engellemektedir (Aksungur ve ark. 2011). Akarsularda bulunan çeşitli bitki toplulukları da, kurulan bu yapılar sebebiyle değişen su kalitesinden olumsuz etkilenmektedir. Bu nedenlerden dolayı; baraj, bent ve HES gibi yapılar ekolojik bir yaklaşımla tasarlanmalıdır (Mitsch ve Jorgensen, 2003).

Kurulan bu yapıların, tatlı su ile deniz ya da memba ile mansab arasında göç eden türler üzerindeki olumsuz etkilerinin, çevre dostu yapılar olan balık geçitlerinin kurulması ile önlenebileceği düşünülmektedir. Balık türlerinin beslenme ve yumurtlama göçleri için baraj vb. yapılardan geçişine sadece balık geçitleri olanak sağlayabilmektedir (Eruz ve Duzgunes, 2010). Bu geçitlerin kurulmasıyla, ticari ve rekresyonel olarak önemli taşıyan balık türleri popülasyonlarının baltalarını geliştirmelerine katkıda bulunacaktır (Lucas ve Baras, 2001), popülasyonlardaki düşüşlerin azalması ve ekosisteme verilen zararın en aza indirilebileceği düşünülmektedir.

Bu sebeple, pek çok kurulu ortak çalımlar yürütmekte ve habitatlar arasındaki göçleri kolaylaştıracak balık geçitleri ve benzeri yapıların kurulması için çalışılmaktadır (Anonim, 2009). Özellikle, anadrom balık türleri üzerinde baraj vb. yapıların etkisini sınırlamak için son zamanlarda çok çeşitli balık geçitleri geliştirilmiştir (Larinier, 2002; Croze ve ark. 2008). Sucul göçmen türlerin geçitleri için her biri ayrı hidrolojik ve ekolojik tasarım fonksiyonu içeren çoklu balık geçitleri de inşa edilebilmektedir (Barrett ve Mallen-Cooper, 2006).

Günümüzde çok sayıda baraj ve HES gibi hidrolik yapıların kurulmasıyla birlikte, sucul ekosisteme verilecek zararın en aza indirgenmesi için balık geçitleri büyük önem taşımaktadır. Bu çalışmada, son zamanlarda önem kazanan balık geçitlerinin ne olduğu, dünyada ve ülkemizde en çok tercih edilen balık geçidi tiplerinin özellikleri ve balık geçitlerinin ülkemizdeki durumu hakkında bilgi verilmiştir.

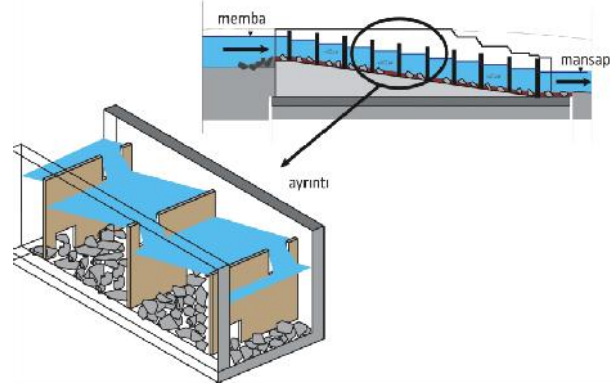
BALIK GEÇİT TİPLERİ

Boiten (2002) tarafından balık geçitleri; doğal ve insan yapımı engellerin, balıkların doğal göçlerini engellediği nehirlerde, mansap ve membaya olan göçlerine olanak sağlayan hidrolik yapılar olarak tanımlanmıştır. Balık geçitleri genellikle, açılmasıyla birlikte balıkların geçide doğru yüzmesini sağlayan; su bentleri, perdeler, bölmeler ya da pervanelerle bölümlenmiş emli kanallardan oluşur. Bu kanal içi yapılar; balıkların geçebilmesi için uygun akı koşullarını sağlamak üzere, birlikte hidrolik olarak hareket ederler. Çeşitli balık geçitleri geliştirilmiş olup, bu geçitler kanal içi yapıların düzenine göre ayırtılırlar. Her bir balık geçidi birçok varyasyon içermesine rağmen, 4 ana tip balık geçidi vardır (Katopodis, 1992). Bunlar; havuzlu balık geçitleri, Denil balık geçitleri (Larinier tipi, Alaskan steppass), dikey yarıklı balık geçitleri ve menfez tipi balık geçitleridir.

Havuzlu Balık Geçitleri

En eski ve en sık kullanılan balık geçidi tiplerinden birisidir. Bu tip balık geçidi, genellikle güçlü yüzme yeteneğine sahip türler için inşa edilmektedir (Larinier, 2002). Rajaratnam ve ark. (1986), Wu ve ark. (1999) ve Puertas ve ark. (2004), balık geçidi havuzlarındaki hız alanlarının geniş kapsamlı ölçümlerini içeren çalışmaları yapmışlardır. Havuz-tipi geçitlerde; balıkların engellerden geçebilmelerini sağlayacak uzun ve emli kanallar oluşturmak üzere, küçük ve düzenli boyutlarda perdeler, havuzlar, bentler ve bu bentler üzerinde problem bölgeleri vardır (ekil 1) (Heimerl ve ark. 2008). Havuzları ayıran duvarlar; çentik, emli ya da orifis (delik) içerirler. Orifisler, her bir havuzdaki su seviyesini kontrol etmektedir (Larinier, 2002). Emli bölme üzerlerine ve birbirlerine çarpacak şekilde emli yerleştirilmektedir (Anonim, 1987). Bu tip balık geçitlerindeki havuzların iki seviye vardır. Bunlar; geçide doğru olan su akı enerjisini düzgün bir şekilde

dağıtmak ve balıklar için dinlenme bölgesi oluşturur (Larinier, 2002).



ekil 1. Havuzlu balık geçidi (Jens, 1982; Anonim 2009).

Havuzlu ve bölmeli balık geçitleri, balık merdivenleri olarak da adlandırılır. Su akışıyla etkilenen balıklar; engelleri ana kadar, havuzdan havuza atlayarak ya da yüzerek (su derinliğine bağlı olarak) hareket ederler (Katopodis, 1992). Bazı türler, iyi bir yüzme kapasitesi ya da sıçrama yeteneğine sahip değildir. Bu nedenle; bazı havuzlu balık geçidi tiplerinde, bölmelerin su altı kısmına orifisler eklenebilir. Bu durum su bendi üzerinden yüzmesi ve sıçraması mümkün olmayan türlerin, su altındaki orifislerden, dolayısıyla balık geçidinden geçmesine olanak sağlar.

Havuzlu balık geçitlerinin yapımında; havuzların ve bölmelerin, dalgalanan su seviyelerine duyarlı oldukları dikkate alınmalı ve ayarlamalar buna göre yapılmalıdır. Havuzlar arasındaki su seviyeleri, genellikle yeti kin somon balıkları için 300 mm, yeti kin tatlı su balıkları için 200 mm olarak ayarlanmaktadır. Bu balık geçidi tipi genellikle % 10'luk bir eğime sahiptir (Katopodis, 1992). Bu tip balık geçitlerinin çoğu, Avustralya'da geliştirilmiştir.

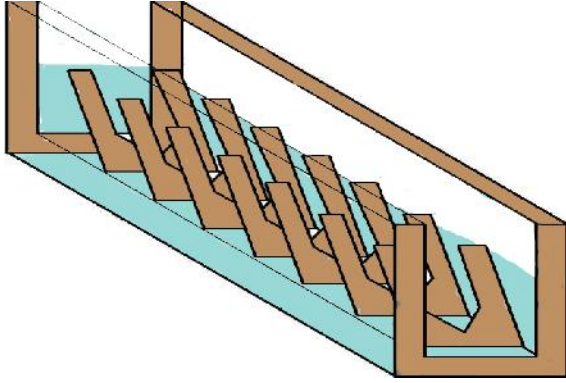
Denil Balık Geçitleri

Havuzlu balık geçitlerinde dinlenme bölgesi olmasına rağmen, baffle (yönlendirici) tipi denilen bölmeli balık geçidi tiplerinde dinlenme bölgelerine ihtiyaç duyulmamaktadır. Bu tip balık geçitlerinin çok değişik tasarımları vardır. Bu tasarımlardan en önemlisi, ismini mucidinden almış olan Denil tipi balık geçitleridir. Denil tipi balık geçidi, Belçikalı bir bilim adamı olan G. Denil tarafından, 1909'da geliştirilmiştir (Anonim, 2010a).

Denil tipi balık geçitleri; dip ve kenarlar boyunca uzanan, sıkı sıkı aralıklarla dizilmiş perdeler ya da pervanelerle, dikdörtgen bir oyuktan oluşmaktadır (Katopodis, 1992). Kenarlarda ve alt kısımlardaki bu bölmeler; akışın bir kısmını kendi üzerinde geri çevirerek su hızını azaltırlar (McLeod ve Nemenyi, 1941; Clay, 1961; Rajaratnam ve Katopodis, 1984). Enerjiyi dağıtan sarmal akımlar oluştururlar. Bunun sonucunda su hızının azalmasıyla birlikte, balıklar yukarı çıkmak zorunda kalır (Larinier, 2002). Denil

tipi geçitlerde, yeti kin somon balıkları için her 10-15 m'de bir dinlenme havuzları bulunmaktadır. Bu geçitlerde e im; somon balıkları için %15-25 iken, di er tatlı su balıkları için %10-15 arasındadır (Katopodis, 1992).

Günümüzde balık geçi leri için, Denil tipi balık geçidinin de i ik versiyonları geli tirilmekte ve kullanılmaktadır (ekil 2). Bunlardan biri; prefabrik bir Denil balık geçidi çe idi olan ve Alaska'daki uzak sapa bölgeler için özellikle dizayn edilen Alaskan steppass geçitleridir (Anonim, 2010a). Di er bir Denil tipi geçit ise, geçit zeminiyle 45 derecelik açı yapan ve memba yönüne do ru olan bir seri düzlemsel bölme içeren Düz Denil tipi geçittir. Düz Denil tipi geçitte; oluktaki su, yukarıda hızlıyken dip kısımda daha dü ük bir hızda akmaktadır. Steppass tipinde ise; balık geçidinin dip kısmına yakın yerlerde (dü ük derinliklerde), hız daha yüksek olma ve su yüzeyine do ru azalma e ilimidir (Katopodis, 1992).



ekil 2. Denil tipi bir balık geçidi (Lonnebjerg, 1980; Anonim, 2009)

Dikey Yarık Balık Geçitleri

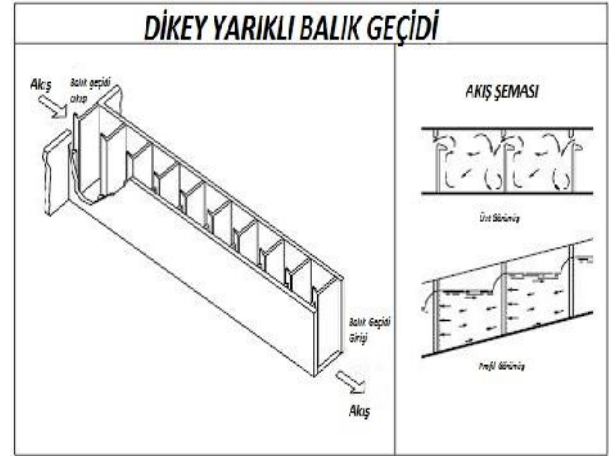
Dikey yarık balık geçitleri, havuzlu balık geçitleriyle aynı sisteme sahip olup, bir seri havuz olu turmak üzere, geçit uzunlu u boyunca düzenli aralıklarla yerle tirilmi perdelerden olu maktadır. Bu perdeler su akı mı yönlendirmektedir (Clay, 1961; Clay, 1995; Rajaratnam ve ark. 1986). Bu tip geçitlerin, havuzlu balık geçitlerinden farkı, her bir perde üzerinde, tabandan tavana uzanan dikey, dar bir yarı n bulunmasıdır. Bu yarıklar; balıkların, engeller üzerinden atlamadan akıntıya kar ı yüzebilmelerini sa lamakla birlikte, mevsimsel de i mler sonucu her bir perdede olu an su seviyesi de i imleriyle de ba a çıkılmasını sa lamaktadır (ekil 3-4).

Özellikle su hızının ve türbülansının azaltılması oldu u dikey yarık balık geçitleri, orta yükseklikteki engellerin, balık komüniteleri üzerindeki etkilerini en aza indirmek için kullanılmaktadır (Stuart ve Berghuis, 2002). Bu tip üzerindeki ilk sistemli çalı ma, dikey yarık balık geçidinin 7 farklı tasarımı üzerinde çalı malar yürüten Rajaratnam ve ark. (1986) tarafından gerçekleştirilmi tir (Ya cı, 2010). Dikey yarık balık geçitlerinin avantajı, balıkların her derinlikte geçi ine olanak sa lamasıdır. Ayrıca, bu geçitler sayesinde

balıklar, su seviyelerindeki büyük farklılıkların üstesinden gelebilmektedirler.



ekil 3. Dikey yarık balık geçidi (Anonim, 2010b)



ekil 4. Dikey yarık bir geçidinin içinden görüntü (Katopodis, 1992)

Bu tip balık geçitlerinde genellikle su seviyeleri arasındaki fark, pe pe e gelen havuzlarda, yeti kin somon balıkları için 300 mm, di er yeti kin tatlı su balıkları için 200 mm' dir. Dikey yarık balık geçitleri genellikle %10'luk bir e ime sahiptir (Katopodis, 1992).

Menfez Tipi Balık Geçitleri

Menfezler bir karayolunda, yolun bir kenarından di er kenarına suyu iletmek için kullanılan kanallardır. Eliptik, dikdörtgen, dairesel, boru-kemer ya da kare kesitler ekinde in a edilmektedirler (ekil 5). Ço unlukla karayolu yapısıyla da ili kili olarak, bu tip geçitler % 0.5-5 arasında bir e ime sahiptir (Katopodis, 1992).

Balık geçi i için menfezin gerekli oldu u durumlarda; balıkların geçide giri i, buradan geçi leri, gereksiz gecikmeler olmadan ve zarar görmeden geçitten çıkabilmeleri için özel yapılara ihtiyaç duyulmaktadır. Ço u durumlarda menfezler, akarsu yataklarının a a ı kısmına yerle tirilmekte ve menfez

tipi balık geçidi olu turmak için özel yapılar (bloklar, perdeler, bentler, dolgular, plakalar) kullanılmaktadır.



ekil 5. Menfez tipi balık geçidine bir örnek (Anonim, 2010b)

Diğer Balık Geçidi Tipleri

Bu 4 tip geçidin günümüzde çoğu ülkede kullanılan iki versiyonları da geliştirilmiştir. Bunlar; balık asansörü, kayalık balık rampaları, kilit tipi balık geçitleri, tuzaklı ve taımalı balık geçitleri, yan geçit kanalları, yılanbalığı geçitleridir.

1. Balık Asansörü

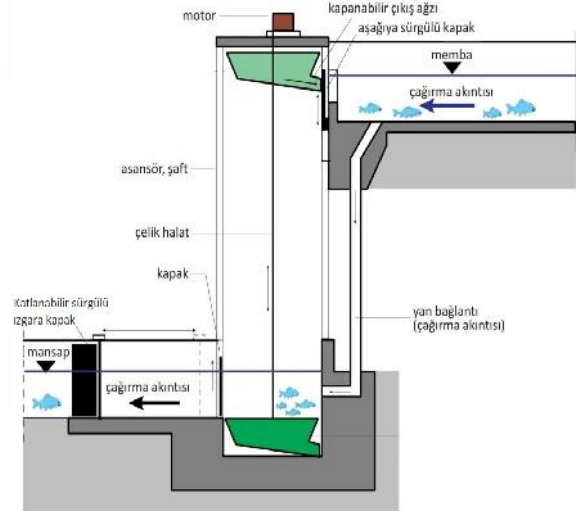
Fish lift olarak bilinen balık asansörleri, balık merdivenlerinden farklı bir tasarıma sahip olup, dünya çapında pek çok ülkede inşa edilmiştir (Oldani ve Baigu'n, 2002; Santos ve ark. 2002, Croze ve ark. 2008). Balık asansörleri yüksek barajlar için hem ekonomik hem de biyolojik anlamda maliyeti en aza indiren yapılar olarak dünülmektedir. (Croze ve ark. 2008). Bu tip geçitlerde, bir çit asansör yardımıyla balıkların bariyer üzerine taınması sağlanmaktadır (ekil 6). Balık asansörleriyle balıklar, engellerin merkezindeki toplanma (yığın) bölgesine yüzerler. Bu bölgede yeterli balık toplandı nda, balıklar önce dürtülerek bir olu a oradan da yapay bir su yolu içine taınır ve bariyer üzerinden nehre boşaltılırlar.

2. Kayalık Balık Rampaları

Bu tip geçitlerde, doğal yapıların benzeri havuzlar ve elaleler olu turmak üzere geniş kayalar ve kalaslar kullanılır. Böyle yapılar daha çok balık geçidi olmayan kısa bariyerler için uygundur (Anonim, 2010e). Balık rampaları doğal yapılarla benzer şekilde tasarlanmaktadır.

3. Kilit Tipi Balık Geçitleri

Kilit tipi balık geçitleri; havuz tipi balık geçidine benzer bir şekilde, balıkları giri e do ru çekme yöntemiyle çalışır. Fakat bir kanala yüzmek yerine bu tip geçitlerde balıklar, bir toplanma bölgesinde yığılırlar. Bu bölge bir süre sonra bariyerin su akı ma e it seviyeye ulaşabilmesi için tıkanır ve suyla doldurulur. Balıklar ardından kilitli bölge dışına yüzmeye başlar (Anonim, 2010e).



ekil 6. Balık asansörü (Larinier 1992)

4. Tuzaklı ve Taımalı Balık Geçitleri

Bu tip balık geçitlerinde, balıklar bir engel altına çekilerek tuza a dünürlür (ekil 7). Sonrasında bariyerleri a tırmak için karayolu kullanılarak kamyon vb. araçlarla taınırlar (Anonim, 2010a).



ekil 7. Tuzaklı geçit (Anonim, 2010c)

5 Yan Geçit Kanalları

Yan yol balık geçitlerinde; uygun zemin, su hareketleri, morfoloji ve eğim olu turularak doğal akarsu yapılarının benzeri olacak şekilde kanallardan ya da topraktan yapılmış bir yan kanal olu turulur (Jungwirth, 1996; Eberstaller ve ark. 1998). Nehrin yukarısından aşağıya kanallar kazılır. Bu kanallar; set, taı bloklar ya da alüvyal materyaller gibi doğal engeller içerir. Ancak; uzunluğu nedeniyle bu tip balık geçidinin kurulması sınırlı alanlarla kısıtlanmıştır. Diğer yandan da, çevreyle çok iyi uyum içerisindedir (Larinier, 2002). Bu nedenle genellikle doğal seven (nature-like) balık geçitleri olarak adlandırılırlar.

Bu tip balık geçidi ilk olarak; 1980-90 yılları arasında Avusturya (Jungwirth, 1996; Schmutz ve ark. 1998), Danimarka (Aarestrup ve ark. 2003) ve Fransa'da (Larinier, 1998); 1990'ın başlarında ise İsveç'te Hebrand (1998) inşa edilmiştir (Calles ve Greenberg, 2005). Bu kanalları, tüm türler ve bu türlerin tüm yaşam

dönemlerinde geçilebilir kılmak için emin %1-5 ile sınırlı olması gerekmektedir (Larinier, 2002).

6. Yılanbalı Geçitleri

Diğer balık geçidi tipleri, geçitlerin uygunsuz olduğu yerlerde balık geçitini sağlamak için geliştirilmiştir (ekil 8). Yılanbalı geçitleri ise, juvenil yılanbalıklarının göçünü sağlamak için kurulmaktadır. Warragamba barajı üzerinde bir örneği mevcuttur.



ekil 8. Yılanbalı geçidine bir örnek (Anonim, 2010d)

Bu geçitlerde, mansaptan membaya geçi sağlayan beton, çelik ya da plastik maddeler kullanılmakta ve yılanbalıklarının membaya doğru kıvrılarak ilerlemesine yardımcı olacak düzeneklerden oluşan kanallar bulunmaktadır.

Yılanbalı geçitlerinin üst kısmı martı gibi çetirli yırtıcılara karşı kapalı olmakla birlikte, kanallar içindeki nemli ortamı sağlamak için de suyun kanal içerisine azar azar akması sağlanmalıdır. Yılanbalı geçitlerinin çıkışı her zaman kıyıda olmalı ve genç yılanbalıkların zayıf yüzme yeteneklerinden dolayı geçidin membaya çıkış kısmının akıntının hafif olduğu yerlere yerleştirilmesi gerekmektedir (Anonim, 2009).

GEÇİTLERİN KAYI İLE TIRILMASI

Her bir balık geçidi tipinin farklı fiziksel ve hidrolik özellikleri; bu geçitleri bazı balıklar için uygun yapabildiği gibi, bazı türler için de uygunsuz kılabilir. Etkili bir balık geçidi, balıkları kolaylıkla kendisine çeken, balıkların minimum enerji ve zamanla geçide girmesine, geçite ve güvenli bir şekilde çıkmasına izin veren ve kabul edilebilir bir gecikmeyle yumurtlama bölgelerine erişmelerini sağlayan geçittir.

Guiny ve ark. (2005); dikey yarıklı, havuzlu, orifisli ve bu üçünün kombinasyonları üzerinde çalışmalar yapmışlardır. Önemli oranda balık türünün çoğunun su bendi üzerinden çok, su altındaki orifislere ve dikey yarıklara doğru hareket ettiklerini saptamışlar, orifislerin dikey yarıklara göre daha uygun olacağını belirlemişlerdir. Çünkü dikey yarıklarda orifislere göre daha yüksek oranda hız kaybının olduğu belirlenmiştir (Yaşar, 2010).

Balıkların izledikleri yollar türlere göre de değişiklik göstermektedir. Bates'e göre (2000); juvenil kral

somonları orifislerden geçmeyi tercih ederken, yeti kral somonları ve kızıl somonlar su bentlerini (savak) tercih etmektedir. Bu tip havuzlardaki akı modeli ve hidrolik koşulların anlaşılabilmesi için, geçmişte önemli araştırmalar yapılmıştır (Rajaratnam ve ark. 1988; Kim, 2001; Ead ve ark. 2004; Guiny ve ark. 2005).

Yılanbalı geçitleri sadece membaya göçüne olanak sağlamakla birlikte, seçici bir geçit özelliği taşımaktadır. Engeli ağırlığı gereken diğer balık türleri bu geçitleri kullanamadığından tek başına kullanılması yeterli değildir.

BALIK GEÇİTLERİNDE TASARIM

Balık geçitleri; baraj ve su bentleri gibi yapıların üzerine ya da etrafına kurulmakta, balıkların engeller üzerinden yüzerek ya da sıçrayarak geçişine olanak sağlayacak şekilde tasarlanmaktadır.

Bir balık geçidi tasarımı yapılırken; balık türlerinin yüzme performansları ve davranışlarının yanı sıra, geçit tipinin hidrolik özellikleri de dikkate alınmalıdır. Geçit tasarımları için gerekli biyolojik ve hidrolojik karakterler, balık boyutları ve türlerine göre çeşitlilik gösterir (Katopodis, 1992). Balık geçitlerinin verimliliği; çekim gücüne bağlı olmasının yanı sıra, balıkların güvenli ve hızlı taşınmasına da bağlıdır.

Geçit girişine balıkların çekilmesi çok önemlidir ve bu durum tür davranışlarına bağlıdır. Geçit girişlerinde balıkları çekebilmek için; yaygın olarak akıntılar ve uygun su hızları kullanılır. Akıntıların ya da su hızının, balıkların geri sürüklenmesine ya da yorulmasına sebep olarak nehrin yukarısına doğru olan göçlerini engellememesi için çok yüksek olmaması gerekmektedir. Geçitlerdeki su hızları türlerin yüzme kapasitesiyle uyumlu olmalı ve tüm bireylerin geçişine izin vermelidir. Bazı türler özel akı rejimlerine ve koşullarına oldukça duyarlı olabilmektedir.

Bunun yanı sıra, balıkların geçitlere girişini kolaylaştırmak ve balıkların geçide girmesini sağlamak amacıyla geçide bir boru ilave edilmekte ve buradan su akışı sağlanmaktadır. Kullanılan bu boruya balık geçidi ırlıtı borusu, bu borudan akan suya ise çamaşır suyu denmektedir (Anonim, 1987).

Geçit havuzlarındaki su seviyeleri farklılık göstermektedir ve bu havuzların çok büyük olması, aırı havalandırma, türbülans veya düşük hız, balıklar için bir bariyer görevi yapabilmektedir. Hidrolik faktörlerin yanı sıra, balıkların diğer çevresel parametrelere (çözünmüş oksijen, sıcaklık, gürültü, koku vb.) de duyarlıdır. Aynı zamanda balıkların, ortamın ılık iddeti için gereklilikleri ve tercihleri vardır (Larinier, 2002).

Yeni tasarlanmış bir geçitte, balıklar girişini bulabilmeli ve stres, yaralanma ya da gecikme olmaksızın geçitlerden geçebilmelidir. Bu durum balık geçitlerinde dikkate alınması gereken önemli bir husustur; çünkü geçite yaralanmaları ya da gecikmeleri membaya olan göçlerini olumsuz etkilemektedir.

Bir balık geçidinin tasarımı, göçmen türlerin davranışları dikkate alınarak yapılmalıdır (Larinier, 2002). Balık popülasyonlarının korunması için, balık

geçitlerinin yapımında tüm hususlar sa lanmalıdır. Tür çe itlili i ve göçün boyutları balık komünitelerinde alandan alana de i iklik göstermektedir. Genelde daha küçük olan balık türleri zayıf yüzücülerdir ve daha büyük balıkların geçebildi i geçitler üzerindeki hızlı akı bölgelerinden geçememektedirler. Yüzme kabiliyeti türlere ve boyutlara göre de i iklik göstermesinin yanı sıra; su sıcaklığı, tuzluluk, oksijen ve pH'a da ba lıdır. Su hızı; kanal e imine, su derinli ine ve balık geçidi tipine göre de i kenlik gösterir. Bu sebeple, geçitlerde hidrolik durumlar ayarlanmalıdır. Bir yandan büyük balıklar için yeterli derinlik sa lanırken, di er yandan da daha küçük balıklar için uygun akı hızı sa lanmalıdır.

Balık geçidi tipinin seçiminde kullanılabilecek en önemli faktör; geçi e istekli olan türlerle yapılan denemelerdir. Denil ve dikey yarıklı balık geçitleri çok çe itli anadrom balıklar ve tatlı su balıkları tarafından ba arıyla kullanılmaktadır. Aynı zamanda menfez tipi geçitler de çe itli balık türleri için ba arılı bir geçi sa lamaktadır. Anadrom somon balıkları için su bendi tipi, orifisli ve orifisli-havuzlu balık geçitleri kullanılmaktadır. Fakat su altı orifislerine do ru yüzen ya da nadiren engeller üzerinden zıplayan tirsiv b balıklar için bu geçitler rahatlıkla kullanılamamaktadır (Katopodis, 1992).

Dikey yarıklı ve Denil tipi geçitlerin ikisi de balıkların tercih ettikleri derinliklerde yüzmesine olanak sa layan geçitlerdir. Balıklar, Denil tipi geçitlerde, dikey yarıklı ve su bendi tipi geçitlere göre daha hızlı hareket etmektedirler. Denil tipi geçitler; dikey yarıklı balık geçitlerine göre daha az masraflıdır (Katopodis, 1992).

Menfez tipi geçitler, ekonomik sebeplerden ötürü di er alternatifler arasında en popüler olan akarsu geçididir. Ancak; bu geçitler düzgün tasarlanmazsa balık geçi lerinde ba arılı sonuçlar elde edilememektedir. Menfez tipi geçitlerde esas problem; göçmen balıklar için menfez varili içinde, giri inde veya çıkı ındaki hız engellerini düzenlemektir. E er bu üç menfez bölgesinde su derinli i çok dü ükse ya da su hızı balıkların yüzme kabiliyetini a cacak seviyedeysen, bu durum balıkların yumurtlama alanlarına ulaşmasını engelleyebilmektedir. Bir menfez; e er düzgün tasarlanmı ve kurulmu sa, çevresel ve ekonomik kabul edilebilmektedir (Katopodis, 1992).

Taban Tasarımı

Balık geçidinin tabanı, nehir malzemesinden olu acak ekilde en az 0,2 m kalınlı nda bir tabaka halinde kaba malzeme ile kaplanmalıdır. Erozyona dirençli bir taban için kaba malzemeye ihtiyaç duyulmaktadır. Ayrıca taban tasarımı do ala benzer yapıda olmalı ve küçük, yavru ve dip omurgasızlarının akıntı etkisinden korunmak için sınımlanabilecek farklı büyüklüklerde ara bo luklar içermelidir (Anonim, 2009).

En Uygun Balık Geçidi Konumu

Baraj ve benzeri yapıların bulunmadığı akarsularda balıklar, göç yolu için akarsuyu tüm genişli i boyunca kullanabilirken; bu yapıların kuruldu u yerlerdeki balık geçitleri, göç eden canlıları dar bir bölgeye sıkı tırmaktadır. Geçitlerin; göç eden canlıların büyük bir kısmı tarafından bulunabilecek bir yerde olması gereklidir. Balıklar ve su omurgasızları genellikle ana akıntı boyunca göç ettiklerinden dolayı; geçit girişinin akıntının en yüksek oldu u nehir kıyısına konumlandırılması gerekir.

Su çıkı yapısının baraja veya türbin çıkı ına olabildi ince yakın bir yere konumlandırılması da önemlidir. Bu durum; membaya do ru yüzen ve geçit girişini bulamayan balıkların hapsedildi ü bölgenin olumsuzunu en aza indirmektedir (Anonim, 2009). Mamba tarafındaki akımın çok düşük olması nedeniyle balıkların geçidi bulmalarının güçleşmesi ve balık geçidindeki su hızının ayarlanmasındaki zorluklar, mamba tarafına yapılan balık geçitlerinin batıklı mın, ekinin ve yerinin çok iyi ayarlanmasını gerektirmektedir (Berkün ve ark. 2008).

Balık Geçidindeki Su Debisi ve Akıntı Artları

Özellikle suyun az oldu u dönemlerde göçmen canlıların engelsiz geçi ine imkan tanımak için tahsis edilen debinin tamamı balık geçidinden bırakılmalıdır. E er; balık geçidinde kullanılan su, mevcut veya planlanan balık geçidinin do ru bir ekilde çalması için gerekenden fazla düzeydeyse, genişli i daha fazla olan kayalık rampa gibi farklı tasarımlar de erlendirilmelidir. Debiyi artırmak amacıyla, balık geçidinin oldu u nehirde alınmayan di er suların kullanımından kaçınılmalıdır. Fizikokimyasal özellikleri birbirinden farklı olan suların karıştırılması, balıkların oldukça hassas olan kokuyla yön bulma kabiliyetleri üzerinde olumsuz etki yapar ve göçe devam etme dürtülerini azaltır. Tüm su canlılarının balık geçidinden göç edebilmesi için, geçitteki türbülans oldukça düşük olmalıdır (Anonim, 2009).

Genel olarak balık geçitlerindeki akıntı hızı, orifis gibi en dar olan kısımlarda 2,0 m/s' yi geçmemelidir. Geçitlerde; yüzme kabiliyeti zayıf olan türlerin mamba göçü sırasında dinlenebilmeleri için yeterli dinlenme alanı sa layan yapılar bulunmalıdır (Anonim, 2009).

Tasarım Süreci

Baraj, savak ya da menfez tipi balık geçidi tasarımları için ihtiyaç duyulan amalar unlardır:

- Projenin yapılacağı alan ve drenaj havzasının haritası, önerilen ya da mevcut baraj, savak ya da menfezlerin profillerinin ve görünümünün planları ve elde edilebilirse hava foto rafları temin edilmelidir.

- Projenin yapıldığı yerde nehir yukarısındaki habitata, yumurtlama amacıyla erişmeleri gereken balıkların tür listesi belirlenmeli, türlerin minimum ve maksimum uzunlukları tespit edilmelidir.

- Göçmen sayısının en yoğun olduğu dönem tahminleri ve su sıcaklıklarıyla ilgili olarak mümkün olan yerlerde her bir tür için göç periyotları (göçün başlama tarihleri, en yoğun olduğu dönem, göçün sonlanması) tanımlanmalıdır.

- Proje bölgesinde, akarsuyun yukarı ve aşağı kısmında; balıkların üreme, yetiştirme ve beslenme alanları belirlenmelidir.

- Mevcut veya önerilen baraj, su bendi ya da menfezler için uygun akış frekansları belirlenmelidir.

- Bölge koşulları, baraj, bent ve menfezlerin özellikleri, balık türleri ve boyutları, su seviyeleri ve akımlar, balıkların davranışları ve dayanıklılıkları, birikmiş parçalar, buz ve sedimentasyon göz önünde bulundurularak uygun seçeneklerin bir listesi hazırlanmalı ve çeşitli tasarım alternatifleri test edilmelidir.

- Her bir uygulanabilen seçenek için bir derece erişimi ve karakteristik hız profilleri (düşük, ortalama ve yüksek akışlar için) hazırlanmalıdır.

- Ön mühendislik raporu ve çizimler hazırlanmalı ve tahmini maliyet belirlenmelidir.

- Hidrolojik ve biyolojik parametreleri içeren uygun bir yerde, izleme ve değerlendirme programı geliştirilmeli, özellikle enkaz ve buz sorunlarını hafifletmek için, düzenli bir bakım programı uygulanmalıdır (Katopodis, 1992).

Bunlara ek olarak; havzada yapılacak markalama çalışmaları ile birlikte geçitlere sayaçlar koyularak, geçitlerden geçen balık sayısı tespit edilebileceği gibi, geçitlerin barajı da belirlenebilir. Yapılacak geçitlerin balıkların hem memba hem de mansap yönünde hareketine olanak sağlayacak şekilde tasarlanmasına dikkat edilmelidir. Geçitlerin giriş ve çıkış bölümleri ve suyun akışı balıkların hareketlerini engelleyecek şekilde olmamalı ve su akışı geçitte doruk olmalıdır. Ayrıca, balık geçidinin çıkış kısmına debi ölçer koyularak bırakılan su miktarı düzenli olarak kontrol edilmelidir.

BALIK GEÇİTLERİNİN ÜLKEMİZDEKİ DURUMU

Cumhuriyet döneminde, 1936 yılında ilk olarak Ankara yakınında Çubuk 1 Barajı ve Seyhan Nehri üzerine de Seyhan regülatörünün inşaatı edilmiştir. Seyhan regülatörü sol sahilinde bulunan ve halen çalışmayan balık geçidi ülkemizde ilk inşaat edilen balık geçididir (Anonim, 1987). Dünya genelinde yaygın olarak havuzlu ve bölmeli, havuzlu ve orifisli, Denil tipi ve dikey yarık balık geçidi yapılmakta iken, ülkemizde ise havuzlu ve orifisli geçitler daha çok tercih edilmektedir (Anonim, 2012).

Ülkemizde kurulmuş ve kurulmakta olan ve kurulması planlanan çok sayıda baraj, regülatör ve HES vb. hidrolik yapılar mevcuttur. Özellikle Doğu Karadeniz Bölgesi başta olmak üzere (430'un üzerinde), Türkiye genelinde çok sayıda nehir tipi hidroelektrik santral projesi yapılmış ve değerlendirilmeye başlanmıştır (Aksungur ve ark. 2011). Bu yapıların hepsinde balık geçidi mevcut değildir. Türkiye'deki 26 ana su toplama

haznasından biri olan Doğu Karadeniz Havzası'nda Türkiye'deki diğer havzalarda olduğu gibi pek çok sorun ve tehdit mevcuttur (Ak ve ark. 2009). Kurulan hidroelektrik santraller, plansız altyapı, plansız işletilen taş ocakları, bu bölgelerdeki başlıca sorunlardır (Tabak ve ark. 2001).

Aksungur ve ark. (2011) tarafından yapılan, Doğu Karadeniz bölgesinde nehir tipi HES'lerin sucul ekosisteme verdiği zararlar ilgili çalışmada, bu bölgedeki HES projelerinden 16 tanesinin ÇED raporları incelenmiş ve planında balık geçidi yer almamış, ancak suyu miktarı hesaplanmamış proje oranı %37.5 olarak belirlenmiştir.

Ülkemizdeki çoğu hidrolik yapıda balık geçidi bulunmamakta, kurulan balık geçitlerinin de çoğu, amaca uygun inşaat edilmemektedir. Geçidin kurulduğu bölgedeki göç eden türler dikkate alınmamakta ve geçitler aktif olarak kullanılmamaktadır (ekil 9).



ekil 9. Dere yatağına bırakılan ancak su miktarı yetersiz olan ve balık geçidi aktif kullanılmayan bir bent (Aksungur ve ark. 2011)

Ülkemizde kurulan ve balık geçidi bulunmayan baraj ve setlerin, dünyada kırmızı listede bulunan ve yok olma tehlikesi içinde olan Mersin balığının yumurtlama göçlerini engellediği tespit edilmiştir (Berkün ve ark. 2008). Bunun dışında Güneydoğu Karadeniz kıyılarındaki en önemli endemik türü olan Karadeniz alabalığı (*Salmo trutta labrax*), özellikle dere ıslah çalışmaları ve kum çakıl ocakları için malzeme alınması sonucunda akarsu havzalarının tahrip edilmesi, baraj, nehir tipi hidroelektrik santral gibi yapıların kurulması gibi pek çok sebeple tehlike altındadır (Aksungur, 2009). Alp ve Büyükçaparı'nın (2006)'da yapıldıkları çalışmada; sazan (*Cyprinus carpio*), inci balığı (*Alburnus orontis*), dağ alabalığı (*Salmo trutta macrostigma*) gibi balık türlerinin yanında yılan balıklarının da (*Anguilla anguilla*), kurulan barajlarda balık geçitlerinin olmamasından dolayı, üreme göçü yapamadıklarını, akarsularda yumurta bırakan balık stoklarının azaldığını ya da yok olduklarını tespit etmişlerdir.

SONUÇ

Günümüzde çoğu ülkede ve Türkiye’de hidroelektrik enerjinin önem kazanmasıyla birlikte kurulan çok sayıda baraj, bent, HES gibi hidrolik yapılar, su canlılarının memba ve mansaba olan hareketlerinde engel teşkil etmektedir. Bu engellerin bu canlılar tarafından aşılabilmesini mümkün kılan tek yol hidrolik yapılar üzerine kurulan balık geçitleridir.

Sucul sistemler üzerindeki doğal ya da yapay tüm engeller üzerine balık geçitlerinin kurulması balık ve diğer sucul canlıların göçlerinin devamlılığını sağlamak açısından büyük önem taşımaktadır. Bu nedenle, balık geçitlerinin kurulmasına ve bakımına önem verilmeli ve sucul ekosisteme verilen zararın en aza indirgenmesi esastır. Balık geçitlerinin tasarımında ve yapımında gerekli kurallara uyulmalı, kurulan balık geçitlerinin takibi yapılmalıdır.

KAYNAKLAR

- Anonim, 1987. Balık geçitleri. T.C Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü İşletme ve Bakım Dairesi Başkanlığı, DS yayını, 97s. Ankara.
- Anonim, 2009. Balık Geçitleri Tasarım, Boyutlandırma ve İzleme, DS yayını, 118s., Ankara.
- Anonim, 2012. http://www2.cedgm.gov.tr/cedsureci/ced_basvuru_dosyasi/520_ptd.pdf. (Erişim Tarihi: 20.05.2012)
- Anonim, 2010a. http://en.wikipedia.org/wiki/Fish_ladder, (Erişim tarihi: 02.03.2010).
- Anonim, 2010b. http://www.uwec.edu/jolhm/Past_Classes/1998/491Class/nov6/nov6b/FISHWAY.jpg, (Erişim tarihi: 02.03.2010).
- Anonim, 2010c. www2.mdbc.gov.au/.../yearinreview.htm (Erişim tarihi: 02.03.2010).
- Anonim, 2010d. http://www.fhwa.dot.gov/engineering/hydraulics/pubs/07033/image_041_1, (Erişim tarihi: 02.03.2010).
- Anonim, 2010e. Web sitesi. <http://www.dpi.nsw.gov.au/fisheries/habitat/rehabilitating/fishways>. (Erişim tarihi: 02.03.2010).
- Anonim, 2010f. <http://www.milieuinc.com/gallery1.htm>, (Erişim tarihi: 02.03.2010).
- Aarestrup K., Lucas M.C., Hansen J.A. 2003. Efficiency of a nature-like bypass channel for sea trout (*Salmo trutta*) ascending a small Danish stream studied by PIT telemetry. *Ecology of Freshwater Fish* 12: 160–168.
- Ak, O., Aksungur, M., Özdemir, A. 2009. Nehir Tipi Hidroelektrik Santrallerinde Çed Süreci ve Sucul Ekosisteme Etkide Doğal Alabalıkların Yeri. Doğal Alabalık Çalışayı: Sürdürülebilir Yetiřtiricilik, Koruma ve Balıklandırma. 22-23 Ekim 2009. Trabzon.
- Aksungur, M. 2009. Deniz Alabalıklarında Stok Yönetimi ve Koruma Stratejileri. Doğal Alabalık Çalışayı: Sürdürülebilir Yetiřtiricilik, Koruma ve Balıklandırma. 22-23 Ekim 2009. Trabzon.
- Aksungur, M., Ak, O., Özdemir, A. 2011. Nehir Tipi Hidroelektrik Santrallerinin Sucul Ekosisteme Etkisi: Trabzon Örneği. *Journal of Fisheries Sciences.com*, 5(1): 79-92.
- Alp, A., Büyükçapar, H.M. 2006. Kahramanmarařta Su Ürünleri Sektörünün Geliřimi ve Balıkçılığa Uygun Su Kaynakları. *KSÜ. Fen ve Mühendislik Dergisi*, 9(1): 104-110.
- Barrett, J., Mallen-Cooper, M. 2006. The Murray River’s ‘Sea to Hume Dam’ Fish Passage program: Progress to Date and Lessons Learned. *Ecological Management & Restoration*, 7 (3): 173–183.
- Bates, K. 2000. Fishway Guidelines for Washington State. Draft report, Washington Department of Fish and Wildlife, 53 pp.
- Berkün, M., Aras, E., Koç, T. 2008. Barajların ve Hidroelektrik Santrallerin Nehir Ekolojisi Üzerinde Oluřturduđu Etkiler. *Türkiye Mühendislik Haberleri*, 452: 41-48.
- Boiten, W. 2002. Flow Measurement Structures. *Flow Measurement and Instrumentation*, 13(5-6): 203–207.
- Calles, E.O. and Greenberg, L.A. 2005. Evaluation of Nature-Like Fishways for Re-Establishing Connectivity in Fragmented Salmonid Populations in The River Eman. *River Research and Applications*, 21: 951-960.
- Clay, C.H. 1961. Design of Fishways and Other Fish Facilities. Dept. of Fisheries of Canada, Ottawa, 301p.
- Clay, C.H. 1995. Design of Fishways and Other Fish Facilities. Department of Fisheries of Canada, Ottawa.
- Croze, O., Bau, F., Delmouly, L. 2008. Efficiency of A Fish Lift for Returning Atlantic Salmon at A Large-Scale Hydroelectric Complex in France. *Fisheries Management and Ecology*, 15:467–476.
- Ead, S.A., Katopodis, C., Sikora, G.J., Rajaratnam, N., 2004. Flow Regimes and Structure in Pool and Weir Fishways. *J. Environ. Eng. Sci.*, 3 (5): 379–390.
- Eberstaller, J., Hinterhofer, M., Parasiewicz, P. 1998. The Effectiveness of Two Nature-Like Bypass Channels in an Upland Austrian River. In *Migration and Fish Bypasses*, Jungwirth M, Schmutz S, Weiss S (eds). Fishing News Books: Oxford; 363–383.
- Eruz, C., Duzgunes, E. 2010. Ecological Impacts of Hydro Electrical Power Stations on Mountain Stream Ecosystems in South West Caucasus. *Energyonline*, 1(2) : 1-8.
- Guiny, E., Ervine, D.A., Armstrong, D., 2005. Hydraulic and Biological Aspects of Fish Passes for Atlantic Salmon. *J. Hydraul. Eng.*, ASCE 13 (7): 542–555.
- Hebrand, M. 1998. Fořrslag Till Utformning Av Ny Fiskvař. *Fiskevařrdsteknik i Sverige AB* 1–24 (in Swedish).
- Heimerl, S., Hagemeyer, M., Echter, C. 2008. Numerical Flow Simulation of Pool-Type Fishways: New Ways with Well-Known Tools. *Hydrobiologia*, 609:189–196.

- Jens, G. 1982. Der Bau von Fischwegen: Fischtreppe, Aaleitern und Fischschleusen. Hamburg und Berlin, Verlag Paul Parey. 93s.
- Jungwirth, M. 1996. Bypass Channels at Weirs As Appropriate Aids for Fish Migration in Rhithral Rivers. Regulated Rivers: Research and Management, 12: 483–492.
- Katopodis, C. 1992. Introduction to fishway design. Freshwater Institute, Central and Arctic Region, Department of Fisheries and Ocean. Working Document. 70p.
- Katopodis, C. and N. Rajaratnam. 1984. Similarity of scale models of Denil fishways. p. 2.8-1 to 2.8-6 In H. Kobus (Ed.) IAHR Symposium on Scale Effects in Modeling Hydraulic Structures, September 3-6, 1984. Technische Akademie Esslingen, W. Germany.
- Katopodis, C., Rajaratnam, N., Wu, S., Tovell, D. 1997. Denil Fishways of Varying Geometry. Journal of Hydraulic Engineering, ASCE 123: 624±631.
- Kim, J.H. 2001. Hydraulic Characteristics by Weir Type in A Pool-Weir Fishway. Ecol. Eng., 16: 425–433.
- Larinier, M. 1992. Ecluses et ascenseur à poisson. – Bull. Fr. Pêche Piscic. 326/327, 95-110.
- Larinier, M. 1998. Upstream and Downstream Fish Passage Experience in France. In: M. Jungwirth, S. Schmutz & S. Weiss (eds) Fish Migration and Fish Bypasses. Fishing News Book. Blackwell Science, pp. 127-146.
- Larinier, M. 2002. Fishways—General considerations. Bulletin Francais De La Peche Et De La Pisciculture, 364: 21–27.
- Lonnebjerg, N. 1980. Fiskepas af Modströms-typen. Ingeniörhöjskolen Horsens Teknikum.
- Lucas, M.C., Baras, E. 2001. Migration of Freshwater Fishes. Oxford: Blackwell Science, pp. 420.
- McLeod, A.M., Nemenyi, P. 1941. An Investigation of Fishways. University of Iowa, Studies in Engineering, Bulletin No. 24: 63 pp.
- Mitsch, W. J., Jorgensen, S.E., 2003. Ecological Engineering: A field Whose Time Has Come. Ecological Engineering, 20: 363–377.
- Morita, K., Yokota, A., 2002. Population Viability of Stream-Resident Salmonids Alter Habitat Fragmentation: A Case Study With White-Spotted Charr (*Salvelinus eucomaenis*) by An Individual Based Model. Ecol. Model, 115: 85–94.
- Oldani, N.O., Baigu'n, C.R.M. 2002. Performance of a Fishway System in A Major South American Dam on the Parana River (Argentina–Paraguay). River Research and Applications, 18:171–183.
- Puertas, J., Pena L., Teijeiro T. 2004. Experimental Approach to the Hydraulics of Vertical Slot Fishways. Journal of Hydraulic Engineering 130(1): 10–23.
- Rajaratnam, N., Katopodis, C. 1984. Hydraulics of Denil Fishways. J. Hydraulic Engineering, ASCE 110 (9): 1219-1233.
- Rajaratnam, N., G. Van der Vinne and C. Katopodis. 1986. Hydraulics of Vertical Slot Fishways. J. Hydraulic Engineering, ASCE 112 (10): 909-927.
- Rajaratnam, N., C. Katopodis and S. Lodewyk. 1988. Hydraulics of Offset Baffle Culvert Fishways. Can. J. Civil Engineering 15(6): 1043-1051.
- Rajaratnam, N., Katopodis, C., Mainali, A. 1988. Plunging and Streaming Flows in Pool and Weir Fishways. J. Hydraulic Engineering, ASCE 114 (8): 939-944.
- Santos, J.M., Ferreira, M.T., Godinho, F.N., Bochechas, J. 2002. Performance of Fish Lift Recently Built at the Touvedo Dam on the Lima River, Portugal. Journal of Applied Ichthyology, 18: 118–123.
- Schilt, C.R. 2007. Developing Fish Passage and Protection at Hydropower Dams. Applied Animal Behaviour Science, 104: 295-325.
- Schmutz, S., Giefing, C., Wiesner, C. 1998. The efficiency of A Nature-Like Bypass Channel for Pike-Perch (*Stizostedion lucioperca*) in the Marchfeldkanalsystem. Hydrobiologia, 372: 355–360.
- Stuart, I. G., Berghuis, A.P. 2002. Upstream Passage of Fish Through A Vertical-Slot Fishway in An Australian Subtropical River. Fisheries Management and Ecology, 9: 111-122.
- Tabak, ., Aksungur, M., Zengin, M., Yılmaz, C., Aksungur, N., Alkan, A., Zengin, B., Mısır, D.S. 2001. Karadeniz Alabalı mın Biyoeolojik Özelliklerinin Tespiti ve kültüre alınabilirli inin araştırılması projesi. TAGEM/HAYSUD/98/12/01/2007. Sonuç Raporu. 193s. Trabzon.
- Wu, S., Rajaratnam, N., Katopodis C., 1999. Structure of Flow in Vertical Slot Fishways. Journal of Hydraulic Engineering, 125(4): 351–360.
- Ya cı, O. 2010. Hydraulic Aspects of Pool-Weir Fishways as Ecologically Friendly Water Structure. Ecological Engineering, 36: 36-46.