

# Su Yapılarında Balık Eleklere Tasarımı

**Necati Ağırlioğlu, Mustafa Nuri Balov**

İTÜ İnşaat Mühendisliđi Bölümü, Maslak, İstanbul

Tel: 0542 253 81 56; 0534 925 25 67

[necati@itu.edu.tr](mailto:necati@itu.edu.tr); [mustafanuribalov@gmail.com](mailto:mustafanuribalov@gmail.com).

**Abdüselam Altunkaynak, Mehmet Özger**

İTÜ İnşaat Mühendisliđi Bölümü, Maslak İstanbul

Tel: 0532 254 22 23; 0532 495 75 81

[altunkay@itu.edu.tr](mailto:altunkay@itu.edu.tr); [ozgerme@itu.edu.tr](mailto:ozgerme@itu.edu.tr)

## Öz

Su yapılarında, balıkların su alma ağızlarından türbinlere, içme ve sanayi suyu ile sulama suyu kanallarına girmeleri sonucunda balıklar yaralanmakta veya ölmektedirler. Ayrıca soğutma suyu girişlerinde, pompalardan su almalarda ve gemi geçitlerinde balıklar telef olmaktadır. Öte yandan dolu savak, enerji kırıcı ve balık geçidi gibi baraj tesislerinde de balıklar önemli zararlar görmektedirler. Su ürünlerindeki bütün bu kayıplar, sadece ekolojik zarar açısından değil, gıda çeşitliliği ve güvenliği bakımından ve dolayısıyla ülkelerin ekonomileri yönünden da büyük kayıplara sebep olmaktadır. Su yapılarındaki bu tür tesislerde balıkların zarar görmemesi için suda balıkları belli kesimlere yönlendirmek veya belli kısımlara girişlerini önlemek üzere balık türlerine uygun balık eleklere tasarlanması gerekir.

Bu çalışmada, balık eleklere tasarımı çerçevesinde önce su yapılarında balıkların yaralanmalarına ve ölümlerine sebep olan mekanizmalar belirtilmiştir. Sonra tasarımda dikkate alınan balık büyüklükleri, balık yüzme hızları ve yüzme enerjileri üzerinde durulmuştur. Bu arada eleklere akımın yaklaşım hızı ve süpürme hızı bileşenleri için kriterler verilmiştir. Ayrıca eleklere ortaya çıkacak enerji yük kayıpları ve elek aralıkları ile ilgili hidrolik hesaplamalar da açıklanmıştır. Elek tasarımı ile ilgili olarak elek açıklıkları, elek şekilleri ve elek malzemeleri ortaya konduktan sonra balık elek tasarımı ile ilgili diğer tasarım kriterleri özetlenmiştir. Balık eleklere tasarımında 25- 30 mm boyundan daha büyük balıkların ve özellikle yavru balıkların korunması esas alınmıştır.

**Anahtar Sözcükler:** Balık eleklere, Su alma yapıları, Su yapıları, Tasarım kriterleri, Hidrolik hesaplamalar

## Giriş

Balık ve yavrularının korunması için (1) Balıkların girişini engelleyen eleklere, (2) Balık davranış yönlendiricileri, (3) Balıkları yakalama ve serbest bırakma sistemleri kullanılır (Ağırlioğlu ve diğerleri, 2014; Ekren, 2015). Burada balık eleklere tasarım kriterleri üzerinde durulacaktır.

Balık elekleriyle, yetişkin ve yavru balıkların çevirme yapılarına, pompa girişlerine, su alma ağızlarına, borulara ve cebri boruları su akımı ile birlikte girişi önlenir. Pek çok eleme tesisi, çevirme yapılarına, pompalara, cebri borulara yavru balıkların girişini önlemek için tasarlandığı halde, yetişkin balık elekleri de aynı sebeplerle inşa edilebilir (NEH, 2007). Ayrıca sonu ölümlü olan akımlara balıkların geçişini caydırmak için de elekler kullanılır. Balık elekleri bir sabit bağlamada çevirme yapısının girişine veya doğrudan pompa girişine bitişik olarak yapılırlar. Su alma yapılarında bir geri dönüş sistemi ile balıklar yaşadıkları akarsuya döndürülürler. Özellikle bu durum çevirme kanalından veya hendekten yeterince mansapta yer alan elekler için geçerlidir.

### **Balık Elek Türleri**

Planlamalarda kullanılan pek çok balık elek türü vardır. Farklı akım şartları ve yapı türleri için elek türler ve onların bakım ve işletilmeleri de farklıdır. Balık elekleri iki gruba ayrılabilir: Bunlar 1. Balık çevirme sistemleri, 2. Fiziki engellerdir (WDFW, 2009).

Kullanılan balık eleklerinin ana türleri aşağıda verilmiştir.

1. Düşey elekler: Bunlar düşey veya düşeye yakın yerleştirilirler. Fiziki bir engel vazifesi görürler. Hareketli veya mekanik kısımları yoktur. Endüstri suları veya tarım için sulama suları temin için akarsu kıyı boyunca yerleştirilirler. Böylece bir dönüş kanalı ihtiyacı ortaya çıkmaz. Pek çok projede suda yüzen cisimleri tutmak için elekten önce ızgaralar yerleştirilir. Su seviyesi değişimlerine uygundur. Diğerlerine göre ilk maliyetleri düşük, işletmeleri daha pahalıdır.

2. Yatay elekler: Bunların hareketli kısımları yoktur. Yatay veya hafif eğimli yerleştirilebilirler. İlk maliyetleri yüksek, işletmeleri ucuzdur.

3. Tambur elekler: Bu türde, bir metal veya polimer levha silindir haline getirilir. Yavru balıkların elenmesi için çok verimlidirler. Tek veya çok sayıda kullanılabilirler. Bunlar herhangi bir enerji türü ile çalıştırılabilirler.

4. Hareketli elekler: Bunlar üzerinde buldukları bir çerçeve üzerinde hareket ettirilebilirler.

Bu dört temel elek türünden başka aşağıda belirtilen bazı özel elek türleri de imal edilmiştir (Clay, 2000).

1. Batmış elekler: Yukarıda genel türleri açıklanan elekler bazen batmış akım için kullanılır. Bunlar da (a) silindirik elekler, (b) eğimli elekler ve (c) yatay düz elekler şeklinde sınıflandırılabilir.

2. Coanda elekleri: Bu tür su alma tesislerinde kullanılır. Hareketli kısmı yoktur ve işletme maliyeti diğerlerine göre azdır. İnşaat işi de azdır; enerjiye ihtiyacı yoktur. Elekten geçen yüzen cisimler su ile aşağıya akarlar.

3. Eicher elekleri: Eicher Eleği, 1980'den beri bazı barajlara uygulanmıştır. Klasik sistemlerden çok ucuz ve çok verimli sonuçlar vermiştir. **Şekil 1**'de bu tür gösterilmiştir.

4. Modüler eğimli elekler: Modüler Eğimli Elekler, (Modular Incined Screens, MIS) yüksek hızlı eleme prensibine dayanıyorlar. Verimleri yüksektir. Niagara Mohawk gibi bazı barajlarda uygulanmış bir türdür. **Şekil 2**'de gösterilmiştir.

5. Su alma ağızı çevirme elekleri: Bunlar batmış hareketli elek ve sabit çubuklu elek şeklinde iki gruba ayrılırlar. 1970'den beri McNary, Lower Monumental ve Rocky Reach gibi barajlarda uygulanmıştır. Bu türde yüksek akım hızları balık ölümlerine sebep olabiliyor. **Şekil 3**'de gösterilmiştir.

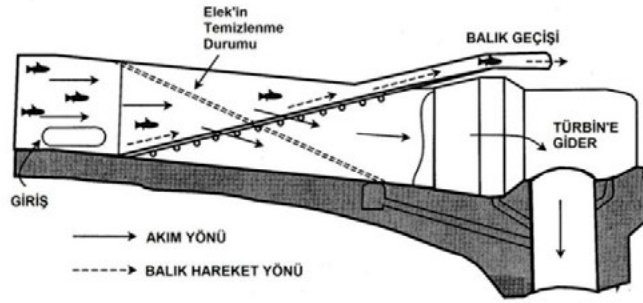
6. Pompalı su alma elekleri: Bu tür, balıkların pompa ile emilerek pompa borusuna çekilmesini önlemek için tasarlanırlar. Bunlar kutu veya silindir odası şeklinde planlanır ve telden bir ağ ile oluştururlar. Bu tür çoğunlukla suya gömülüdür. Ya hava jeti veya suyu geri püskürtmekle temizlenir. Çeşitli debilerde kullanılabilir. En büyük sakıncası sistemin tamamıyla suya gömülü olmasıdır. Bu durum onların muayene ve bakımın zorlaştırır. Geri yıkama sistemleri istendiği şekilde çalıştırılmaz. Bunun için yoğun temizleme ve bakım sistemleri gerekir.

7. İnfiltrasyon (Süzme) galerileri: Bunlar doğal olarak pompalı su almalarda veya çevirmeli su almalarda kullanılırlar. Su, akarsuyun alt tabakalarına yerleştirilen iri malzemelerden süzülür ve bu tabandaki iri çakıl tabakası bir balık eleği vazifesi görür.

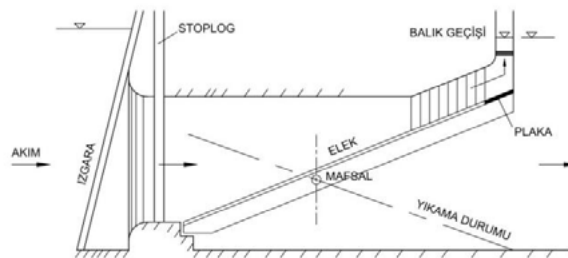
Elek türlerinin kullanıldıkları yerler ve tercih edildikleri şartlar **Tablo 1** de gösterilmiştir.

**Tablo 1** Elek türlerinin kullanıldıkları yerler ve tercih edildikleri şartlar.

Elek Türleri	Kullanıldıkları Yerler	Tercih Şartları
Düz Levha Elekleri	Akarsu, kanal ve çevirme yapıları	Akarsularda yaygın kullanılır. Değişik debilerde su çevirmelerde de uygundur.
Tambur Elek	Kanal ve çevirme yapıları	Su seviyesi az değişirse uygundur. Küçük akarsularda tercih edilir.
Hareketli Elek	Akarsularda ve geri dönüşlerde 2. eleme için	Pahalı oldukları için küçük akarsularda tercih edilir.
Silindirik Elek	Akarsu ve çevirme yapıları	Pompa girişlerinde yaygın kullanılır.
Eğimli Elek	Kanal, akarsu, geri dönüş ve çevirme yapılarında 2. eleme için	Ters eğim mümkündür. En iyi akarsu şevlerinde uygulanır.
Yatay Düz Elek	Kanal ve akarsularda	Debisi $3 \text{ m}^3/\text{s}^2$ 'den az olan çevirme yapılarında tercih edilir.
Coanda Eleği	Akarsu ve kanallarda	Debisi $4 \text{ m}^3/\text{s}^2$ 'den az olan çevirme yapılarında tercih edilir.
Eicher Eleği	Kapalı mecra çevirme yapıları	Daha çok HES cebri borularında kullanılır.
Modüler Eğimli Eleği	Kapalı mecra çevirme yapıları	Daha çok HES cebri borularında kullanılır.



**Şekil 1** Eicher Elekleri Plan ve Kesiti.



**Şekil 2** Modüler Eğimli Elek Plan ve Kesiti.



Şekil 3 Su Alma Ağzı (Türbin) Yapısında Elek.

### Balık Eleklere Biyolojik Tasarım Kriterleri

Yüzmede balıkların harcadığı enerji suyun akım hızının karesi ile orantılıdır. Balığın yüzmek için harcayacağı kuvvet (Nordlund, 2008),

$$F = C_d \gamma A [V^2 / (2g)] \quad (1)$$

bağıntısından hesaplanır. Burada;  $F$  = Gerekli kuvvet,  $C_d$  = Balık direnç (sürüklenme) katsayısı (Alabalıklar için 0,2 alınabilir),  $A$  = Balığın gövde en kesit alanı,  $\gamma$  = Suyun özgül ağırlığı,  $V$  = Akım hızına göre balığın rölatif yüzme hızı,  $g$  = Yerçekimi ivmesidir.

Suyun sıcaklığı yavru balıkların en düşük hızı ile orantılıdır. Balık büyüklüğü arttıkça kritik yüzme hızı azalır. Sudaki çözülmüş oksijen de balık hızına etki eder. Balık eleklerinin hedefi, balık yaralanma ve ölme mekanizmalarından balıkları korumaktır. Balık elekleri su çevirme yapısına veya pompaya balıkların girişine engel olarak balıkların ölümlerini veya yaralanmaları sınırlamak üzere tasarlanırlar. Balıkların zarar gördüğü mekanizmalar ve bir balık eleği tasarlanırken dikkate alınacak biyolojik tasarım kriterleri aşağıda gösterilmiştir.

- Balıkların eleklerle çarpması: Balıkların elekle fiziki teması önlenmelidir.
- Eleklerde sıkışma: Balıkların eleklerde sıkışıp kalması yok edilmelidir.
- Elek ağından geçme: Balıkların balık ağlarından girişi önlenir.
- Balığın uzun süre geri tutulması: Balıkların kısa bir sürede kendi akarsu yatağına dönüşleri sağlanmalıdır.
- Balıkların yırtıcıların saldırısına uğraması: Su alma yapısı önünde, geri dönüş kanalında veya geri dönüş çıkışında balıkların yırtıcılardan zarar görmesi en aza indirilmelidir.
- Yüzen cisimlerin ön kapak ve ızgaralarda yığılması: Geri dönüş borusunda, giriş kapaklarında veya eleklerde yığılan yüzen cisimler temizlenmelidir.
- Su kalitesi: Su alıcı veya su boşaltıcı ortamlarda bulanıklık, sıcaklık, kirlilik ve oksijen açılardan su kalitesinin balıklara zarar vermeyecek seviyelerde tutulması gerekir.
- Zayıf hidrolik şartlardan (akımlardan) dolayı balıkların aşırı gecikmesi önlenmelidir.

Biyolojik tasarım kriterleri ve arazi incelemeleri uygun elek yeri, türü ve tasarımı belirlenirken mutlaka değerlendirilmelidir. Bunun için balık türleri yaşlarına göre boyları ve vücut şekilleri, yüzme hızları ve varsa sıçrama yükseklikleri ortaya konmalıdır. Seçilen balık türlerinin yüzme ve sıçrama yetenekleri ve herhangi yöresel cezp ediciler veya caydırıcılar önceden belirlenmelidir. Türkiye'deki pek çok derede bol olan alabalıklar temiz ve az siltli suları severler ve iyi havalanmış çakıllarda yumurtalarını bırakırlar.

### **Hidrolik Tasarım Kriterleri**

Balık eleme tesislerindeki kriterler, 1. Elek yapısının yeri, 2. Akımın yaklaşım hızı, 3. Akımın süpürme hızı, 4. Elek açıklık Alanı, 5. Elekten geçen debi, 6. Yaygın elek şekilleri, 7. Elek çapları, 8. Geri dönüş kanalı tasarımı başlıkları altında toplanabilir (USBR, 2006 ve 2009).

#### **Elek Yapısının Yeri**

Elek yapısının yeri hidrolik şartlar bakımından değerlendirilmeli ve aşağıdaki hidrolik şartların sağlanmasına çalışılmalıdır:

- Akım sürekli aşağıya doğru olacak ve akımda ölü bölgeler meydana gelmeyecektir.

- Akımın hız bileşenleri en aza indirilmelidir.
- Akımda türbülans en aza indirilmelidir.

Balık elek tasarımında elek, akım yönü ile bir açı yapacak şekilde düzenlenir. Eleklerin yapıya yerleştirilmesinde şu hususlara yer verilmelidir: Akarsu ve nehirlerde, eleklerin yüzü akıma paralel seçilir. Kanallarda, elekler pratik olarak akarsu kaynağına yakın yerleştirilir. Böylece yaklaşım kanalı uzunluğu en aza indirilir ve balık dönüş kanalı kısa olur. Küçük pompalı su çevirme yapılarında, debisi 1 m<sup>3</sup>/s'den az su çevirmelerinde, genellikle prefabrik ve bağımsız elekler kullanılır. Haliçler, göller veya baraj hazneleri gibi durgun sularda, balık elekleri kıyıdan uzak ve yeterince derine yerleştirilir. Böylece balıkların çevirme yapısı ile temas etme ihtimali azalır.

#### **Yaklaşım Hızı**

Şekil 4'den görüldüğü gibi balık eleklerinde akım hızı (V) ikiye ayrılır: Elek yüzeyine dik hız ( $V_a = V \sin\alpha$ ) ve elek yüzeyine paralel hız ( $V_s = V \cos\alpha$ ).

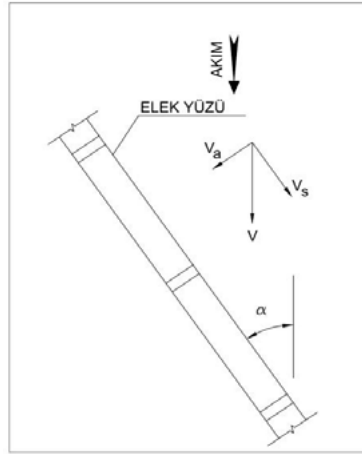
Akımın elek yüzeyine dik olan hız bileşenine yaklaşım hızı adı verilir. Eleğe dik akım hızı  $V_a$  (m/s) ile hedef seçilen balık boyu L (mm) arasında

$$V_a = 0,02 L^{0,56} \quad (2)$$

bağıntısı kullanılır.

Alabalıklarda  $V_a = 0,12$  m/s alınmalıdır. Eleklerden geçme süresi 60 saniyeden az olmalıdır.

Genellikle yavru balıkların akarsularda göçünde boyu 25 mm den büyük balıklar göçebilmesi için bunların eleklerle korunması gerekir. Elek yüzü önündeki yaklaşım hızı üniform bir akım sağlanacak şekilde olmalıdır.



**Şekil 4** Balık elek planı ve akımın hız bileşenleri.

#### *Kendiliğinden Temizlenen Elekler*

Akarsu ve nehirlerde yaklaşım hızı 0,10 m/s'yi geçmemelidir. Ayrıca balıkların elekten geçiş süresi bir dakikayı aşmamalıdır. Pompalı su çevirmelerde, yaklaşım hızı 0,12 m/s'yi geçmemelidir. Pompalanan debi 1 m<sup>3</sup>/s'den az ise prefabrik ve bağımsız elekler kullanılır. Kanallarda yaklaşım hızı 0,12 m/s'yi aşmamalıdır. Bu durumda her bir dakikalık yüzme süresine uygun mesafede bir yıkama kanalı (geri dönüş) yapılır.

Haliçler, göller ve baraj hazneleri gibi durgun sulara, her bir tesis için özel bir yaklaşım hızı belirlenmelidir. Bu belirlemede korunmak istenen balık türleri ve onların hayat safhaları dikkate alınır.

#### *Kendiliğinden Temizlenmeyen Elekler*

Kendiliğinden temizlenmeyen eleklerde, yaklaşım hızı, kendiliğinden temizlenen eleklerde belirtilen hızların dörtte biri kadar alınır.

#### **Süpürme Hızı**

Akımın elek yüzeyine paralel olan hız bileşenine süpürme hızı adı verilir. Akarsu ve nehirlerde, süpürme hızı yaklaşım hızının en az iki katı olmalıdır. Kanallarda, süpürme hızı, izin verilen yaklaşım hızından daha fazla olmalıdır. Tecrübeler göstermiştir ki 0,6 m/s veya daha büyük süpürme hızları tercih edilmelidir (CDFW, www.dfg.ca.gov).

#### **Eleklerde Açık Alan ve Etkili Alan**

Bir elek yüzeyinin en az %27'si açık alan olmalıdır. Alabalık türleri için elek açık alanları debiye bağlıdır. Su debisi Q (l/s) ile elek açık alanı A (m<sup>2</sup>) arasında alabalıklar için aşağıdaki bağıntı kullanılabilir.

$$A = k(Q/100) = 0,92(Q/100) \quad (3)$$

Buna göre; 20 l/s su debisi için elek açık alanı 0,18 m<sup>2</sup>; 100 l/s su debisi için elek açık alanı 0,92 m<sup>2</sup>; 200 l/s su debisi için elek açık alanı 1,84 m<sup>2</sup>; 400 l/s su debisi için elek açık alanı 3,68 m<sup>2</sup>; 1000 l/s su debisi için elek açık alanı 9,20 m<sup>2</sup> olacaktır. Etkili elek alanı, (A<sub>e</sub>), açık alan yüzdesi seçilerek

$$A_e = \text{Açık elek alanı}/(\text{açık alan yüzdesi}/100) \quad (4)$$

bağıntısından hesaplanır. Elek alanı ise

$$A_s = Q_{\max}/V_a \quad (5)$$

bağıntısından bulunur. Burada;  $A_s$  = Elek alanı ( $m^2$ ),  $V_a$  = Yaklaşım hızı (m/s),  $Q_{\max}$  = Maksimum geçen debi ( $m^3/s$ )'dir. Genellikle  $V_a$  0,12 m/s seçilerek gerekli elek alanı bulunur.

Elek maksimum uzunluğu: Balığın elek yanından geçiş süresi en fazla 60 saniye alınarak hesap yapılır. Buna göre maksimum elek uzunluğu

$$L_{\max} = V_s \times 60 \quad (6)$$

bağıntısından hesaplanır. Burada;  $L_{\max}$  = Maksimum elek uzunluğu (m),  $V_s$  = Elek önünde alkımın sürüklenme hızı (m/s)'dir. Böylece eleklerle geri dönüş borusu arasındaki en büyük uzunluk bulunabilir.

Elek alanı ve uzunluğu bulunduktan sonra seçilen elek geometrisine bağlı alan formülünden elek boyutları belirlenir.

### **Elekten Geçen Debi**

Çevrilen suyun %90'nına, (bypass) geri dönüş debisi eklenir. Söz gelişi kanaldaki debi  $30 m^3/s$  ve geri dönüş debisi  $2 m^3/s$  ise proje debisi  $32 m^3/s$  olarak alınır.

### **Yaygın Elek Şekilleri**

Eleklerin geometrisi yapıldıkları yapıya göre değişir. Yaygın kullanılan elek şekilleri şunlardır: 1. Daire enkesitli elek, 2. Kare enkesitli elek 3. Silindir yüzeyli elek, 4. Kutu elek. Bu eleklerin alanları geometri formüllerinden bulunur (NEH, 2007).

Daire enkesitliler, boru ucu eleklerinde delikli levha veya dairesel ağ elek kullanılabilir. Kare enkesitlilerde, kare ağ veya kama çubuklar (yarıklar) uygulanır. Kare ağ yerine bazen örgü ağ seçilebilir. Silindir yüzeylilerde, delikli boru tercih edilir. Kutu tipi eleklerde, kutu tipi ağ seçilir.

### **Elek Çapları (Aralığı)**

Yuvarlak Aralıklar: Eleklerde yuvarlak aralıklar (çaplar)  $3,96 \text{ mm}$ 'den (5/32 parmak) büyük olmamalıdır. Küçük balıklarda bu değer  $2,38 \text{ mm}$ 'yi (3/32 parmak) geçmemelidir.

Kare Aralıklar: Eleklerde kare aralıklar köşeden köşeye ölçümde  $3,96 \text{ mm}$ 'yi (5/32 parmak) aşmamalıdır.

Yarık Aralıklar: Eleklerde yarık aralıkların genişliği  $2,38 \text{ mm}$ 'den (3/32 parmak) fazla olmamalıdır. Ayrıca yavru balıkları koruma söz konusu ise genişlik  $1,75 \text{ mm}$ 'yi (2,2/32 parmak) aşmamalıdır.

### Geri Dönüş Kanalı Tasarımı

En kesit alanı: Geri dönüş boru veya kanalla sağlanır. Geri dönüş borusu balıkların geçişine uygun boyutta olmalıdır. Bunların çapı 0,30 m ile 0,60 metre arasında değişir. Bazı ülkelerde bu çapın en az 0,45 m alınması tavsiye edilmektedir.

Hız: Geri dönüş borusundaki hızların kanaldaki akım hızına oranları çeşitli balık türleri için literatürde verilmektedir. Kahverengi alabalıklar için bu oran

$$V_b/V_c > 0,7 \quad (7)$$

olarak verilmiştir. Burada;  $V_b$ : Geri dönüş borusundaki hız,  $V_c$ : Kanaldaki hızdır. Debi: Geri dönüş kanalındaki debi, elek yapısına yaklaşan akımın %5-10'u kadar olmalıdır. Debi için

$$Q_b = (b \times d) V_c \quad (8)$$

süreklilik bağıntısı geçerlidir. Burada;  $b$  = geri dönüş kanalının genişliği,  $d$  = geri dönüş kanalındaki su derinliğidir. Buradaki hız 0,60 m/s' den büyük olmalıdır. Bazen bu hız 3,0 m/s'ye çıkabilmektedir.

### Eleklerde Yük Kayıpları

Balık eleklerindeki hidrolik yük kayıpları dört gruba ayrılabilir: 1. Izgaralarda yük kayıpları, 2. Eleklerde yük kayıpları, 3. Sakinleştiricilerde yük kayıpları, 4. Geri dönüş kanalında yük kayıpları.

#### Izgaralardan Geçişte Yük Kayıpları

Izgaralardaki yük kayıpları aşağıdaki bağıntı ile hesaplanır:

$$H = 7,07 (T/D)^2 (\sin A / \cos B)^{1,875} [(V^2 / (2g))] \quad (9)$$

Burada;  $H$  = Yük kaybı (m),  $T$  = Izgara çubuğu kalınlığı (mm),  $V$  = Akım hız (m/s),  $A$  = Izgaraların yatayla yaptığı açı ( $45^\circ$  'den  $90^\circ$  'ye kadar),  $B$  = Her çubuğun yönü ile yataktaki akım yönü arasındaki açı,  $D$  = Izgara çubuklarında eksenden eksene mesafe (mm)'dir. Maksimum yük kayıplarını tahmin için ızgaraların %50 tıkanacağı düşünülerek hesapta akım hızının iki katı alınabilir. Izgaralar elle temizleniyorsa ızgara kayıpları için **Tablo 2** deki değerler alınabilir.

**Tablo 2** Izgaralar elle temizleniyorsa ızgara kayıpları.

Akım hız (m/s)	Izgara yük kaybı (m)
0,30	0,03
0,45	0,09
0,60	0,15

#### Balık Eleklerinde Yük Kaybı

Balık eleklerindeki yük kaybı

$$H_l = k (V_a^2 / (2g)) \quad (10)$$

bağıntısından bulunur. Burada;  $H_l$  = Elektteki yük kaybı (m),  $k$  = Kayıp katsayısı,  $V_a^2 / (2g)$  = Elek yüzeyine dik hız yüksekliği (m) 'dir.



**Örgü Ağ Eleklerde k Değeri:** Örgü eleklerde k değeri **Tablo 3**'ten bulunabilir.

**Tablo 3** Örgü ağ eleklerde k kayıp katsayısı.

Elek açıklık alanı oranı	Kayıp katsayısı, k
0,4	3,0
0,6	1,0
1,0	0,0

**Delikli Levhalarda k Değeri:** Delikli levhalarda k değeri **Tablo 4**'ten alınabilir.

**Tablo 4** Delikli levha için k yük kayıp katsayısı.

Elek açıklık alanı oranı	Kayıp katsayısı, k
0,15	100
0,35	10
0,70	1,0
0,9	0,1

**Kama Profil Eleklerde k Değeri:** Kama profil eleklerde k değeri **Tablo 5**'den alınabilir.

**Tablo 5** Kama profil eleklerde k kayıp katsayısı.

Elek açıklık alanı oranı	Kayıp katsayısı, k
0,1	100
0,3	10
1,0	0,65

**Açılı Yerleştirmede k Değeri:** Akıma göre açılı yerleştirilen eleklerde yük kayıp katsayısı k, 1,0 den küçük bir sayısı ile çarpılması gerekir. Bu çarpım katsayıları **Tablo 6**'te verilmiştir.

**Tablo 6** Akım yönüne göre elek açısına bağlı kayıp katsayısı düzeltme çarpanı.

Akım yönüne göre açı değeri, (derece)	Kayıp katsayısı düzeltme çarpanı
0	0,50
30	0,45
60	0,75
90	1,00

### **Geri Dönüş Borusu İçindeki Yük Kayıpları**

Geri dönüş borusu açık veya kapalı olabilir.

Kapalıda Yük Kaybı: Bu durumda giriş kaybı, çıkış kaybı ve sürtünme kayıpları vardır. Ayrıca düşümler, dirsekler, genişleme ve daralmaların da kayıpları söz konusudur.

Giriş kaybı hız yüksekliğinin 0,5 katı, çıkış kaybı hız yüksekliğinin 1,0 katı alınabilir. Sürtünme kayıpları ise Manning, Chezy gibi herhangi bir sürtünme formülü ile bulunabilir.

### **Elek Yerleştirme İnşaatı**

Elekler akarsu tabanından en az 3 m yüksekte olmalıdır. Eleklerin yerlerinde sağlam durmaları için taşıyıcı bir kafes sistemi gibi bir sistemle desteklenmeleri gerekir. Elekler yıl boyunca balıkların az yoğunlaşacakları yerlerde ve derinliklerde yerleştirilmelidir.

Elek malzemeleri delikli, örgülü veya yarıklı olmak üzere sağlam bir malzemeden seçilir. Bunlar su geçişini sağlarken balık geçişini fiziksek olarak engeller. Elekte olabildiğince büyük açık alan seçmek diğer proje kriterlerinden daha önemlidir.

Paslanma sebebiyle eleğin tıkanmasına karşı paslanmaz çelik veya diğer paslanmaya dayanıklı malzemelerin seçimi tavsiye edilmektedir. Ayrıca elek malzemesi ultraviyole ışınlarına karşı da dayanıklı olmalıdır. Ayrıca fouling'e (biyolojik kirlenme) karşı onu engelleyen malzemeler tercih edilerek biyolojik fouling problemi azaltılır.

## Sonuç

Dünyadaki gelişmiş ülkelerde balık elekleri ile ilgili mevzuatın tarihi 1890'lara kadar uzanmaktadır. O tarihlerden beri bu konudaki hukuki mevzuatlarını ve teknik kriterlerini sürekli güncelleştirmektedirler. Örnek olarak Oregon Eyaletinde balık eleği mevzuatı 1896'da çıkarılmış ve zaman içinde devamlı güncelleştirilmiştir.

Bu çalışmada, Türkiye'de balık elekleri ile ilgili teknik kriterlerin belirlenmesine ve proje standartlarının ortaya konmasına katkı sağlamak ümidiyle balık eleklerinin teknik özellikleri ve projelendirme kriterleri incelenmiştir.

## Kaynaklar

Ağralıoğlu, N., Altunkaynak, A., Özger, M., Balov, M.N. (2014) Konaktepe Barajı Ve HES I-II Projesi Balık Geçitleri Fizibilite Çalışması Ön Planlama Raporu, İTÜ İnşaat Fakültesi.

CDFW (California Department of Fish and Wildlife), Inland Fisheries, Engineering Fish Screening Criteria.. [www.dfg.ca.gov](http://www.dfg.ca.gov) > Inland Fisheries > Engineering, Fish Screening Criteria -

Clay, C.H. (2000) Design of Fishways and Other Fish Facilities, Lewis Publishers.

Ekren, M. G. (2015) Evaluation of fish passage design: A case study in Vereingate Weiberitz river, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans tezi.

NEH (National Engineering Handbook) (2007) Technical Supplement 14N, Fish Passage and Screening Design, Part 654, 56 p.

Nordlund, B. (2008) Design of Fish screens for fish protection at water diversions, National Marine Fisheries Service, 56 p.

USBR (U.S. Department of the Interior | Bureau of Reclamation), (2006) Fish Protection at Water Diversions, A Guide for Planning and Designing Fish Exclusion Facilities.

USBR (U.S. Department of the Interior | Bureau of Reclamation), (2009) Guidelines for Performing Hydraulic Field Evaluations at Fish Screening Facilities, Water Resources Technical Publication.

WDFW (Washington Department of Fish and Wildlife), (2009) Fish Passage Barrier and Surface Water Diversion Screening Assessment and Prioritization Manual, 240 p.