

EGE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

(YÜKSEK LİSANS TEZİ)

**KÂĞIT ENDÜSTRİSİ ATIK SULARININ
DENİZ KESTANESİ EMBRİYONİK GELİŞİMİ
ÜZERİNE ETKİLERİNİN ARAŞTIRILMASI**

Başak BEYAZKAYA

Su Ürünleri Temel Bilimler Anabilim Dalı

Bilim Dalı Kodu: 504.02.01

Sunuş Tarihi: 02/02/2007

Tez Danışmanı : Yrd. Doç. Dr. Rahime ORAL

Bornova-İZMİR

III

Başak BEYAZKAYA tarafından **Yüksek Lisans tezi** olarak sunulan “**Kağıt Endüstrisi Atık Sularının Deniz Kestanesi Embriyonik Gelişimi Üzerine Etkilerinin Araştırılması**” başlıklı bu çalışma E.Ü. Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliği ile E.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Eğitim ve Öğretim Yönergesi'nin ilgili hükümleri uyarınca tarafımızdan değerlendirilerek savunmaya değer bulunmuş ve 02/02/2007 tarihinde yapılan tez savunma sınavında aday oybirliği/oyçokluğu ile başarılı bulunmuştur.

Jüri Üyeleri

İmza

Jüri Başkanı: Yrd. Doç. Dr. Rahime ORAL

Raportör Üye: Prof. Dr. Tuncer KATAĞAN

Üye: Prof. Dr. Aynur LÖK

ÖZET**KÂĞIT ENDÜSTRİSİ ATIK SULARININ DENİZ KESTANESİ
EMBRYONİK GELİŞİMİ ÜZERİNE ETKİLERİNİN
ARAŞTIRILMASI****BEYAZKAYA, Başak**

Yüksek Lisans Tezi, Su Ürünleri Temel Bilimler A.B.D.

Tez Yöneticisi: Yrd. Doç. Dr. Rahime ORAL

Şubat 2007, 84 Sayfa

Bu çalışmada ham madde ve arıtım prosesleri farklı olan iki kağıt fabrikası atık sularının kimyasal kompozisyonu ve deniz kestanesi embriyonik gelişimi üzerine olası etkileri araştırılmıştır. Bu amaçla, her iki kağıt fabrikasından arıtma sistemine girmeden ve arıtma sonrası çıkış suları alınmıştır. Ayrıca bu iki fabrikanın çıkış sularının deşarj edildiği Nif Çayı'ndan da su örneği alınmıştır. Su örneklerinin kimyasal analizleri standart metotlara göre yapılmıştır. Toksikite ise deniz kestanesi embriyo ve spermleri filtre edilmiş deniz suyunda belli oranlarda seyreltilmiş kağıt fabrikası atık sularına maruz bırakılarak belirlenmeye çalışılmıştır. Sonuçlar ham atık suların arıtılmış atık sulara oranla deniz kestanesi embriyonik gelişimi üzerine daha toksik ve fabrikalar arasında da farklılıklar olduğunu göstermiştir. Atık su konsantrasyonu arttıkça embriyotoksik etkinin de artığı gözlenmiştir.

Anahtar sözcükler: Kağıt fabrikası, deniz kestanesi, spermiyotoksikite, embriyotoksikite

ABSTRACT

**INVESTIGATION OF PAPER MILL EFFLUENTS'
EFFECTS ON SEA URCHIN EMBRYONIC
DEVELOPMENT**

BEYAZKAYA, Başak

MSc in Faculty of Fisheries

Supervisor: Assistant Prof. Dr. Rahime ORAL

February 2007, 84 pages

In this study waste water from two paper mills' which differs from each other with raw material and treatment process, chemical compositions and possible effects on sea urchin embryonic development has been studied. For this purpose waste water samples from two paper mill before entering treatment system and after treatment have been collected. Besides this water samples from Nif Stream which is discharge water for these two paper mills have been taken. For making chemical analyses of water samples standard methods has been followed. Toxicity has been determined by rearing sea urchin embryos and sperms into paper mill effluents that diluted with certain amounts of filtered sea water. The sea urchin bioassay results were pointed out that raw wastewater toxicity is higher than treated one. With the increase of effluent concentration, increase of embriotoxicity was observed, too.

KEYWORDS: Paper industry, deniz kestanesi, spermiotoxicity, embriyotoxicity

TEŞEKKÜR

Bu alıőma konusunu bana öneren, çalıőmalarım sırasında her türlü desteği ve yardımı esirgemeyen danıőmanım, Sayın Hocam Yrd. Doç. Dr. Rahime ORAL 'a her Őeyden önce teőekkürlerimi sunarım.

Arazi çalıőmalarımızda bize elinden geldiği kadar destek olmaya alıőan Sayın Hocam Yrd. Doç. Dr. Vildan GÜNDOğDU' ya, yine laboratuar ve arazi çalıőmalarımda bana yardımcı olan sevgili arkadaşım Bulut MERT' e de teőekkürleri bir borç bilirim.

Bu noktaya gelene kadar maddi ve manevi her konuda benim arkamda olan ve desteklerini hep hissettiren sevgili Annem Nermin BEYAZKAYA, Babam Őükrü BEYAZKAYA ve manevi desteğinin yanı sıra literatür çalıőmalarımda da bana destek olan biricik kardeőim Beyza BEYAZKAYA' ya sonsuz teşekkür ve minnetlerimi sunmak isterim.

İÇİNDEKİLER DİZİNİ

| | <u>Sayfa</u> |
|---|--------------|
| ÖZET | V |
| ABSTRACT | VII |
| TEŞEKKÜR | IX |
| ŞEKİLLER DİZİNİ | XIII |
| ÇİZELGELER DİZİNİ | XV |
| 1. GİRİŞ | 1 |
| 2. MATERYAL VE METOT | 21 |
| 2.1. <i>Paracentrotus lividus</i> 'un Karakteristik Özellikleri | 21 |
| 2.2. Numune Alma Yerlerinin Tanımı | 31 |
| 2.2.1. K1 Kağıt Fabrikası | 31 |
| 2.2.2. K2 Kağıt Fabrikası | 33 |
| 2.3. Numune Alma ve Saklama | 34 |
| 2.4. Test Canlısının Toplanması | 34 |
| 2.5. Biyotestler | 37 |
| 2.5.1. Spermiyotoksisite Denemeleri | 37 |
| 2.5.2. Embriyotoksisite Denemeleri | 39 |
| 2.6. Kimyasal Analizler | 41 |
| 2.6.1. Kimyasal Oksijen İhtiyacı | 41 |
| 2.6.2. Toplam Askıda Katı Madde | 44 |
| 2.6.3. Toplam Çökebilir Katı Madde | 45 |
| 2.6.4. Metaller | 46 |

İÇİNDEKİLER DİZİNİ (devam)

| | <u>Sayfa</u> |
|---|---------------------|
| 2.6.5. Atomik Absorbsiyon Spektrofotometrik Metodu | 46 |
| 2.6.6. Balık Biyodeneyi | 47 |
| 3. BULGULAR | 49 |
| 3.1. Spermiyotoksisite Bulguları | 49 |
| 3.1.1. K1 Fabrikası Spermiyotoksisite Bulguları | 49 |
| 3.1.2. K2 Fabrikası Spermiyotoksisite Bulguları | 51 |
| 3.2. Embriyotoksisite Bulguları | 54 |
| 3.2.1. K1 Fabrikası Embriyotoksisite Bulguları | 54 |
| 3.2.2. K2 Fabrikası Embriyotoksisite Bulguları | 56 |
| 3.3. Kimyasal Bulgular | 59 |
| 3.3.1. K1 Fabrikası Kimyasal Bulgular | 60 |
| 3.3.2. K2 Fabrikası Kimyasal Bulgular | 62 |
| 3.3.3. Nif Çayı Kimyasal Bulgular | 64 |
| 4. SONUÇ VE TARTIŞMA | 67 |
| 5. ÖNERİLER | 77 |
| KAYNAKLAR | 78 |
| ÖZGEÇMİŞ | 84 |

ŞEKİLLER DİZİNİ

| <u>Sekil</u> | <u>Sayfa</u> |
|---|---------------------|
| 1.1. Pişirme sonrası uygulanan beyazlatma aşamaları | 10 |
| 2.1. Doğal yaşama ortamında gruplar halinde bulunan <i>P. lividus</i> bireyleri | 21 |
| 2.2. <i>P. lividus</i> 'un coğrafik dağılımı | 22 |
| 2.3. <i>P. lividus</i> ' da normal embriyonik gelişim | 29 |
| 2.4. Ektodermal iskeleti kesilmiş <i>P. lividus</i> . A) Dişi birey, B) Erkek birey | 34 |
| 2.5. <i>P. lividus</i> gonadları. A) Dişi Birey, B) Erkek birey | 35 |
| 3.1. K1 fabrikası atık sularına 30 dakika süre ile maruz kalan <i>P. lividus</i> spermelerinin % Döllenen Yumurta Değerleri | 49 |
| 3.2. K2 fabrikası atık sularına 30 dakika süre ile maruz kalmış <i>P.lividus</i> spermelerinin % Döllenen Yumurta Değerleri | 51 |
| 3.3. K2 fabrikası atık sularına 30 dakika süre ile maruz kalmış <i>P.lividus</i> spermelerinin fertilizasyon oranları (FO) ve düzeltilmiş endeks (DE) değerleri | 54 |

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

| <u>Şekil</u> | <u>Sayfa</u> |
|---|---------------------|
| 3.4. Embriyogenezis süresince K2 fabrikası atık suyuna maruz kalan <i>P.lividus</i> bireylerinde görülen patolojik plutei frekansı (aritmetik ortalama±standart hata) | 57 |
| 4.1. K1 ve K2 fabrikalarının % patolojik plutei değerlerinin karşılaştırılması | 70 |

ÇİZELGELER DİZİNİ

| <u>Çizelge</u> | <u>Sayfa</u> |
|---|---------------------|
| 1.1. Çeşitli ülkelerin kişi başına kağıt tüketimi | 5 |
| 1.2. Kağıt-Karton kapasitesinin ülkemiz bölgelerine göre dağılımı..... | 6 |
| 1.3. Kağıt sektöründeki önemli kamu kuruluşları | 7 |
| 1.4. Kağıt sektöründeki önemli özel kuruluşlar | 8 |
| 1.5. Kağıt hamuru ve kağıt makinesi atıklarının bileşimi | 13 |
| 1.6. Selüloz ve kağıt tesislerinde kullanılan başlıca maddeler | 15 |
| 1.7. Deniz kestanesi biyotestleri ile embriyotoksitesite test edilen başlıca ajanlar | 20 |
| 2.1. <i>P. lividus</i> ' un embriyonik gelişmesinin kronolojisi | 28 |
| 2.2. Larval gelişimsel anormalliklerin belirlenmesinde kullanılan morfolojik ölçütler | 40 |
| 2.3. Woelke (1965) tarafından önerilen toksisite değerlendirme kriteri | 41 |
| 2.4. Çeşitli numune hacimleri ve KOI deneyinde kullanılacak reaktif miktarları ve normaliteleri | 44 |
| 2.5. K1 kağıt fabrikası atık sularının kimyasal analizlerinde kullanılan cihaz ve yöntemler | 48 |

ÇİZELGELER DİZİNİ (devam)

| <u>Çizelge</u> | <u>Sayfa</u> |
|---|---------------------|
| 3.1. K1 fabrikası atık sularına 30 dakika süre ile maruz kalmış <i>P.lividus</i> spermelerinin fertilizasyon oranları (FO) ve düzeltilmiş endeks (DE) değerleri | 51 |
| 3.2. K2 fabrikası atık sularına 30 dakika süre ile maruz kalmış <i>P.lividus</i> spermelerinin fertilizasyon oranları (FO), düzeltilmiş endeks (DE) değerleri | 53 |
| 3.3. Embriyogenezis süresince K1 fabrikası atık sularına maruz kalan <i>P.lividus</i> 'un Embriyonik analizi. (aritmetik ortalama±standart hata). Kısaltmalar N: % Normal pluteus; R: % Prepluteus; P1: % larval bozukluk; P2: % gelişim durması (blastula ve gastrula safhası); D: % ölü larva ya da embriyo | 56 |
| 3.4. Embriyogenezis süresince K1 fabrikası atık sularına maruz kalan <i>P.lividus</i> 'un Embriyonik analizi. (aritmetik ortalama±standart hata). Kısaltmalar N: % Normal pluteus; R: % Prepluteus; P1: % larval bozukluk; P2: % gelişim durması (blastula ve gastrula safhası); D: % ölü larva ya da embriyo | 59 |
| 3.5. Kimyasal değerleri ile K1 fabrikası Giriş ve Çıkış sularının değerleri ve Alıcı Ortama Deşarj Standartları | 62 |

ÇİZELGELER DİZİNİ (devam)

| <u>Çizelge</u> | <u>Sayfa</u> |
|---|---------------------|
| 3.6. Kimyasal değerleri ile K2 fabrikası Giriş ve Çıkış sularının değerleri ve Alıcı Ortama Deşarj Standartları..... | 63 |
| 3.7. Nif Çayı sularının Kimyasal Analiz Değerleri (İZSU,2006) ve Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği'nde belirtilen “Kıtaçi Su Kaynaklarının Sınıflarına Göre Kalite Kriterleri” tablosuna göre sınıflandırılması | 66 |
| 4.1. Atık su örneği alınan K1 ve K2 fabrikalarının Çıkış suları ile Nif çayı suyu kimyasal parametrelerinin karşılaştırılması | 75 |

1. GİRİŞ

1950’li yıllardan beri endüstrileşme ivme kazanarak gelişmekte ve buna paralel olarak büyük miktarlarda ve çeşitte kimyasal madde her gün çevreye atılmaktadır. Çevreye direkt olarak giriş yapan bu kimyasallar beraberinde birçok sorunu da beraberinde getirmektedir. Günümüzde sucul ekosistemle ilgili sorunların başında bu endüstriyel kaynaklı kimyasal girişi gelmektedir (Anonymus, 2005).

Kâğıt endüstrisi diğer tüm sanayi dalları arasında endüstriyel su kullanımında birinci sırada, çevreye toksik kimyasal bırakımında üçüncü sırada ve solunum yolu ile insan sağlığını bozan hava emisyonu bakımından da dördüncü sırada yer almaktadır. Aynı şekilde kâğıt endüstrisinde çok büyük miktarda enerji tüketimi de söz konusudur. Bir ton kâğıt üretimi esnasında 7600 kWh elektrik enerjisi tüketilmektedir. Bir ton kâğıt üretimi esnasında 2.4 ton odun, 440 ton su gerekmektedir eğer odun yerine geri dönüşüm sayesinde kâğıttan üretim yapılırsa; 1.2 ton kullanılmış kâğıt, 1.2 ton su ve 2800 kWh elektrik enerjisi gerekmektedir. Eğer 1 ton kullanılmış kâğıt çöpe atılmayıp geri kazanılırsa, 17 adet yetişmiş çam ağacı kesilmesi, 36 ton sera gazı CO₂’ nin atmosfere atılması, 4100 kWh elektrik enerjisinin israf edilmesi, 267 kg kirletici gazın atmosfere atılması, 1750 litre fuel-oil’ in israf edilmesi, 3-4 m³ depolama alanının israf edilmesi, 85 m²’ lik orman alanın tahrip edilmesi ve 38,8 ton suyun israf edilmesi önlenmiş olur (Öztürk, 2005).

Kelime anlamı olarak baktığımızda; kâğıt, bitkisel selülozun mekanik veya kimyasal yollarla liflendirilmesiyle elde edilen hamurdan üretilen, üzerine baskı yapmaya elverişli tabakadır. Karton ise çok katlandırılmış kâğıt olarak tanımlanabilir. Kâğıt ya da karton üretiminde kullanılacak olan hamurun kalitesine ve katkı maddelerine göre kâğıt ve kartonun kalitesi de değişir.

Kâğıt, kültürel ve sanayi alanındaki yeri ile insanlığın en önemli ihtiyaç maddelerinden biridir. İnsanoğlu yazılarını önce taşlar üstüne çizdikleri şekillerle oluşturmuş, daha sonra bu amaçla ağaç kabuğu, metaller, tahta levhalar, kabuklar ve deriler kullanmıştır. Kâğıt ilk olarak M.S. 105 yılında Çin'de icat edilmiştir. Çinliler uzun yıllar kâğıt yapımını sır olarak tuttuklarından, kâğıt yapımı Kore ve Japonya'ya ancak M.S. 7. yüzyılda geçebilmiş ve aynı yılda Türkistan'da da öğrenilmiştir. VIII. yüzyıldan itibaren Semerkant yüzyıllar boyunca kâğıt yapım merkezi olarak bilinmiştir. Kâğıt yapımı Semerkant'tan Bağdat'a oradan da Mısır üzerinden Fas'a (1200 yıllarında) geçmiştir. XII. yüzyılda da İspanya'nın Valensiya şehrinde, 1276 yılında ise İtalya'da kâğıt yapıldığı bilinmektedir. Almanya'da ise kâğıt ilk kez 1390 yılında Nürnberg kentinde yapılmıştır.

Kâğıt sektörü; odun, yıllık bitkiler ve atık kâğıt hammaddelerinden selüloz, odun hamuru, eski kâğıt hamuru üretilmesiyle bu ara ürünlerin değişik mekanik ve kimyasal işlemlerle kâğıda dönüştürülmesine kadar geçen aşamaları içeren sanayi koludur. Selülozlar ara ürünleri, kâğıt – kartonlar ve konfeksiyon ürünleri

(defter, dosya, kutu, torba, havlu, peçete, tuvalet kâğıdı vs.) ise son ürünleri oluşturur (Koçak, 2006).

Kâğıt–karton grupları uluslar arası literatürde genel olarak aşağıdaki gibi sınıflandırılmaktadır.

A) Kültürel Kâğıtlar

- 1) **Yazı Tabı Kâğıtları:** Üzerine yazı yazılabilir ve baskı yapılabilir nitelikteki kâğıtlardır. Kompozisyon itibari ile kimyasal selülozdan veya kimyasal selüloz ile mekaniksel odun hamurundan oluşmaktadır. Ayrıca, bu kâğıtlara kullanım amacına bağlı olarak kaplama (kuşeleme) işlemi de uygulanmaktadır.
- 2) **Gazete Kâğıdı:** Yüksek oranda mekaniksel odun hamuru ile düşük oranlarda kimyasal selüloz ihtiva eden ve özellikle gazete basımı için kullanılan bir kâğıt türüdür. Yüzeyin düzleştirilmesi ve parlatılması için ayrıca bir işlem yapılmaz. Bu kâğıt % 75 odun, %10 dolgu maddesi, %15 selülozdan oluşur. Odun oranı çok olduğu için çabuk sararır. Gazete kâğıtları, çok az tutkallandıkları için emicilikleri çok fazla olur.

B) Endüstriyel Kâğıtlar

- 1) **Sargılık Kâğıtlar:** Selüloz, atık kâğıt ve odun hamurundan elde edilen, ambalaj malzemesi olarak kullanılan kâğıtlardır.
- 2) **Temizlik Kâğıtları:** Selüloz ve atık kâğıt kâğıttan oluşan, az miktarda odun hamuru içeren düşük gramajlı kâğıtlardır.
- 3) **Kraft Torba Kâğıdı:** Beyazlatılmış ya da beyazlatılmamış kraft selülozundan yapılan çok dayanıklı ambalaj kâğıdıdır.

- 4) **Oluklu Mukavva Kâğıtları:** Bir veya daha fazla oluklu tabakanın (oluk haline getirilmiş, fluting kâğıdı) alt ve/veya üst yüzeylerinin düz tabaka (kraft liner) ile kaplanmasıyla meydana gelen bir üründür. Ambalajlama kutularının imalinde ve kırılğan eşyanın paketlenmesinde seperatör ve destekleyici olarak kullanılır.
- 5) **Kartonlar:** Yüksek gramajlı, kalın, tek veya çok katlı olabilen kâğıtlardır. Kullanım amacına bağlı olarak çok çeşitli adlarda ve özelliklerde üretim yapılmaktadır.
- 6) **Sigara ve İnce Özel Kâğıtlar:** Genellikle kendir, keten, jüt ve paçavra selülozundan üretilen, yüksek mukavemetli ve düşük gramajlı kâğıtlardır.

Hızlı nüfus artışı, kentleşme, okuma alışkanlığının artması, matbaacılığın ve ambalajlama sanayisinin gelişmesi kâğıt-karton tüketimini arttırmaktadır. Ülkelerin kâğıt tüketimi gelir seviyeleri ile değişmektedir. Bir ülkede kâğıt tüketim hızı, kişi başına tüketilen kâğıt miktarı ile belirlenmektedir. Bugün ülkelerin kalkınmışlık göstergelerinden biri de kişi başına düşen kâğıt – karton tüketim miktarıdır. Çeşitli ülkelerde kişi başına kâğıt tüketimi Çizelge.1.1’ de verilmiştir.

Çizelge 1.1. Çeşitli Ülkelerin Kişi Başına Kâğıt Tüketimi
(Öztürk, 2005)

| ÜLKELER | KÂĞIT TÜKETİMİ (Kg/kişi/yıl) |
|-------------------------|---------------------------------|
| ABD | 332 |
| ALMANYA | 187.7 |
| JAPONYA | 239 |
| HOLLANDA | 203.2 |
| İNGİLTERE | 163.5 |
| A.B. TOPLULUĞU ÜLKELERİ | 190 |
| DİĞER BATI ÜLKELERİ | 190 |
| ASYA ÜLKELERİ | 26 |
| AFRİKA ÜLKELERİ | 5.5 |
| DÜNYA ORTALAMASI | 50.4 |
| TÜRKİYE ORTALAMASI | 42.0 |

Türkiye’de çağdaş kâğıtçılığın ilk örneği Sümerbank tarafından İzmit’te 1934 yılında temeli atılan kuruluşunda ‘Sümerbank Selüloz Sanayi Müessesesi’ adı ile faaliyet gösteren SEKA ile olmuştur. SEKA üretime 1936 yılında 10.000 ton/yıl kapasite ile başlamış, aradan geçen süre içinde devreye sokulan 7 fabrika ile SEKA’nın toplam üretim kapasitesi 2002 yılında 268.294 ton/yıl’a yükselmiştir. Özel sektör 1970 yılından itibaren kâğıt – karton üretim tesislerini hızla devreye sokarak, 38 fabrika ile üretim kapasitesini 2002 yılı verilerine göre 1.375.072 ton/yıl’a çıkarmıştır. Böylelikle Türkiye’nin 2002 yılı

verilerine göre toplam kâğıt – karton üretim kapasitesi 1.643.366 ton/yıl'a çıkmıştır (SEKA, 2005).

Ülkemizde kâğıt-karton üretim kapasitesi bölgeler bazında incelendiğinde yoğunluğun Trakya-Marmara Bölgesinde olduğu görülmektedir. Bunun sebebi; Trakya ve Marmara Bölgesinde yoğun orman alanlarının ve sulak bölgelerin geniş yer kaplamasıdır. Toplam kapasitede önemli payı olan diğer bölümler Akdeniz ve Ege'dir (Çizelge 1.2).

Çizelge 1.2. Kâğıt-Karton Kapasitesinin Ülkemiz Bölgelerine Göre Dağılımı (Selüloz ve Kâğıt Sanayi Vakfı, 2001)

| Bölge | Fabrika Sayısı | Toplam Kapasite (ton/yıl) | % |
|-----------------|-----------------------|--------------------------------------|------------|
| Trakya-İstanbul | 7 | 295.000 | 16.2 |
| Marmara | 6 | 522.886 | 28.7 |
| B.Karadeniz | 2 | 85.200 | 4.7 |
| D.Karadeniz | 1 | 82.500 | 4.5 |
| Ege | 9 | 317.000 | 17.4 |
| Orta Anadolu | 6 | 130.500 | 7.2 |
| Akdeniz | 4 | 265.000 | 14.5 |
| G.D. Anadolu | 3 | 124.000 | 6.8 |
| TOPLAM | 38 | 1.822.086 | 100 |

Kâğıt –karton sektöründe önceleri, yatırım yapılırken ülkenin ‘kendi kendine yeterli olma’ politikası esas alınmıştır. Bu nedenle SEKA en yaygın olan kâğıt-karton üretim kuruluşudur (Çizelge 1.3).

Çizelge 1.3. Kâğıt Sektöründeki Önemli Kamu Kuruluşları (Selüloz ve Kâğıt Sanayi Vakfı, 2001)

| Kuruluş | Fabrika Yeri | Kurulu Kapasite (ton/yıl) | Ürün Çeşidi |
|----------------|---------------------|--------------------------------------|-------------------------------|
| SEKA | İzmit | 150.000 | Sargılık ve Yazı Tabı, Karton |
| SEKA | Aksu | 83.000 | Gazete Kâğıdı |
| SEKA | Çaycuma | 75.000 | Kraft Torba Kâğıdı |
| SEKA | Dalaman | 75.000 | Yazı Tabı, Karton |
| SEKA | Afyon | 50.000 | Saman Kamış Selülozu |
| SEKA | Balıkesir | 100.000 | Gazete Kâğıdı |
| SEKA | Akdeniz | 155.000 | Oluklu Mukavva Kâğıdı |
| SEKA | Bolu | 5,9 milyon m ² | Lamine ve Lif Levha |
| SEKA | Kastamonu | 7.000 | Sigara Kâğıdı |

Kâğıt – karton sektöründe SEKA'nın dışında üretim yapan özel sektör firmaları arasında yazı tabı kâğıdında Toprak, Viking, Meteksan, Alkim; sargılık kâğıtlarda Viking; oluklu mukavva kâğıdında Omluksa, Tire Kutsan, Marmara, Meteksan, Modern Karton, Copikas, Dentaş, Selkasan, Kahramanmaraş, Akasan; kartonlarda Kartonsan, Meteksan; temizlik kâğıtlarında İpek Kâğıt, Toprak ve Viking sayılabilir (Çizelge 1.4).

Çizelge 1.4. Kâğıt Sektöründeki Önemli Özel Kuruluşlar (Selüloz ve Kâğıt Sanayi Vakfı, 2001)

| Kuruluşun Adı | Yeri | Üretim Konusu | Sermaye (Milyon TL) |
|----------------------|------------------|----------------------|--------------------------------|
| İpek Kâğıt | Karamürsel | Temizlik | 450.000 |
| Kartonsan | Kullar-İzmit | Karton | 2.025.000 |
| Omluksa | Edirne | Oluklu Mukavva | 2.000.000 |
| Toprak Kâğıt | Bozüyük | Yazı Tabı-Temizlik | 2.002.000 |
| Viking | Aliğa | Çeşitli | 840.000 |
| Tire Kutsan | İzmir | Oluklu Mukavva | 2.342.094 |
| Meteksan | Murathı-Tekirdağ | Yazı Tabı | 23.359.969 |
| Modern Karton | Çorlu-Tekirdağ | Oluklu Mukavva | 4.050.000 |
| Alkim | İzmir | Oluklu Mukavva | 1.190.000 |

Kâğıt Üretim Aşamaları

Kâğıt ya da karton üretmek amacı ile kesilen odun % 20–25 oranında serbest su içermesi için 10–15 gün sulu ortamda bekletilir. Su ortamında yeterince bekletildikten sonra alınan odunlar işlemeye verilir ve kabuk soyma makinesi ile odunların kabukları soyulur.

Kâğıt üretiminde ilk aşama kâğıt hamuru elde etmektir. Kâğıt imalinde kullanılan 4 tip hamur vardır. Bunlar; odun hamuru (öğütülmüş hamur), soda, kraft (sülfat) ve sülfite hamuru'dur. Ham fiberi hamura dönüştürmek için iki metot vardır. Bunlar mekanik ve kimyasal metotlardır. Mekanik metot ile kâğıt hamuru üretim işleminde disk aşınma ve kütikleme gibi metotlarla odun fiberlerine ayrıştırılır. Muhtelif eleklerden geçirildikten sonra, kâğıt makinesi hamur hazırlama kısmına istenen yoğunlukta verilerek stoklanır. Bu metotta amaç; saf hamurdan ziyade daha fazla ürün elde etmektir. Kullanılan hammaddenin katı ağırlığının % 95'i ürüne dönüştürülür ve oluşan atık çevre açısından daha az kirlilik içerir.

Kimyasal kâğıt hamurları ise sülfat (kraft) ve sülfite işlemleri kullanılarak ligninin hamurdan ayrıştırılması işlemidir. Minimum bozulma ile selüloz fiberler ayrıştırılır. Kullanılan katı maddenin ham ağırlığının % 50'si ürüne dönüştürülür. Müteakip ağartma kademesinin sıvı bakiyesine ek olarak sülfat ya da sülfite atık likörü (siyah likör) kâğıt üretiminde atık suyun ana kaynağını oluşturur.

Mekanik kâğıt hamurları için ham kâğıt hamurdaki orijinal ligninin çoğu alıkonur fakat ağartma peroksitler ve hidrosülfürler ile yapılır. Kimyasal kâğıt hamurları halinde (kraft ve sülfite) ağartmanın amacı, pişirmeden sonra geri kalan az miktardaki lignini bertaraf etmektir. Oksijen, hidrojen peroksit, ozon, perasetik asit, sodyum hipoklorür, klordioksit, klor ve diğer kimyasallar lignini alkali ile çözünür forma dönüştürmek için kullanılır. Sodyum hidroksit gibi alkaliler ligninin alkali çözünür forma ekstrakte etmek için ağartma işleminde gereklidir. Kâğıt hamuru, ağartma işleminden sonra su ile yıkanır.



Şekil 1.1. Pişirme sonrasında uygulanan beyazlatma aşamaları

Modern tesislerde ağartmanın ilk kademesinde normal olarak oksijen kullanılır. TCF (Totally Chlorine Free) yani Elementel Klorini kullanmadan yapılan beyazlatma işlemleri, ağartma suyunun buhar üretimi için geri kazanma buharına karışmasına müsaade eder. Buhar daha sonra elektrik enerjisi elde etmek için kullanılabilir. Böylece deşarj edilen kirletici miktarı azalır. Kâğıt hamurunu beyazlatmak için

hiçbir klorinil bileşik kullanılmaz. Bunun yerine oksijen ve peroksit kullanılır. TCF beyazlatma yöntemi ile atık sudan klorlu bileşikler tamamen uzaklaştırılmış olur.

Elementel klor serbesti 'ECF' (Elemental Chlorine Free) işlemlerinde ise beyazlatıcı madde olarak bazı beyazlatmaya yarayan bitkiler ile klor (Cl_2) ve hipoklorit kullanılır. Klor elementi ve hipoklorit lignine ulaştığında kloroform, dioksin ve furanlar gibi klorlu kirleticiler haline dönüşür (Anonymus, 2006).

Ağartma işlemlerinin çeşitli kademelerinde hamur imalat metoduna göre çeşitli kimyasal maddeler kullanılır (Şekil 1.1). Bu kimyasal maddeler; klor, klordioksit, hipoklorit ve peroksitler'dir. Klorlu olan bu organik maddelerin bazıları toksiktir. Bunlar; dioksinler, klorlu fenoller ve diğer bazı kimyasallardır. Klor içeriği aşırı korozyona sebep olmadığı sürece atık sulardaki klorlu organik maddeleri geri kazanmak pratik değildir. Ağartılmış kâğıt hamuru döner çubuk ızgaralar üzerinden geçirilerek suyun dren edilmesi sağlanır. Presleme işleminden sonra kâğıt hamurundaki su miktarı % 56 – 60 oranında indirilir. Kurutma işlemi içinden sıcak su geçen seri silindirler arasından geçirilerek yapılır. Kurutulan kâğıt rulolar arasından geçirilerek düzgün hale getirilir ve levha ya da rulo halinde satışa sunulur (Öztürk, 2005).

Kâğıt ve kartonlar, bakiye fibriller ile dolgu maddelerinin hamurlarından elde edilir. Hamurdan su giderilir. Islak kâğıtta geriye kalan su presle ve daha sonra kurutma ile giderilir. Kâğıda spesifik

özelliik vermek için kimyasal maddeler ilave edilir. Renk için pigmentler ilave edilir. Kil, CaCO₃, ZnO, TPO₂, BaSO₄, CaSO₄, talk ve reçine vs. gibi kimyasal maddeler kağıda gerekli fiziksel özellikler (parlaklık, mukavemet, rutubete dayanıklılık) kazandırmaktadır. İlave edilen kimyasal maddelerin miktarı kâğıdın cinsine göre % 10'a kadar çıkmaktadır (Çevre Orman Bakanlığı, 2004).

Atık su arıtma tesisinde oluşan çamur 50–150 kg/ton kurutulmuş kâğıt hamuru (ADP) katı madde içerir. Kireç çamuru ve kül uygun depolama alanlarında depolanmalıdır. Kâğıt fabrikası çamuru oldukça kompleks bir karışımdır ve yüzlerce hatta binlerce değişebilen bileşik karışımı içerdiği bilinmektedir. Ağır metaller, dioksin ve diğer organoklorinler bunlar içinde en çok bilinenleridir. İşleme havuzlarında oluşan bakteriler gibi bazı kontaminantların muhtemel kirleticilerden olduğu düşünölmektedir (Öztürk, 2005).

Kâğıt hamuru hazırlama atık suları 'siyah su', kâğıt yapma kısmı atık suları ise 'beyaz su' olarak adlandırılır. Kâğıt hamuru atık suları pişirme, yıkama, ağartma, kalınlaştırma, elyaflarına ayırma işlemlerinden gelir. Bu atıklar sülfite sıvısı, ince hamur, ağartma için kullanılan kimyasal maddeler, merkaptanlar, sodyum sülfite, karbonat hidroksiller, kâğıt, kazein, kil, mürekkep boyları, yağ-gres ve elyafları içermektedir. Kâğıt yapısında meydana gelen kirliliğin büyük kısmı kâğıt hamuru hazırlama proseslerinde oluşur (Anonymus, 2006).

Kâğıt makinesi atıkları ise eleklerden, duşlardan, kâğıt makinesinden karıştırma tanklarına geçen sulardan oluşur. Kâğıt yapımında çeşitli dolgu maddeleri kullanıldığından bunlar da atık

sulara karışmaktadır. Kâğıt makinesi atık sularına ‘beyaz su’ denir. Kâğıt hamuru yapan tesislerde Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı (BOI₅) ve Askıda Katı Madde içeriği yüksek atıklar oluşur. Atık su debileri kâğıt hamuru atıklarında 100–200 lt/kg kâğıt hamuru ve BOI₅’ i ise 1000–2000 mg/lt’ dir. Kâğıt yapma işlemlerinden gelen atıkların hacmi de yaklaşık diğeri kadardır. Ancak BOI ’si kâğıt hamuru atığının BOI ’sinin 1/10’ u kadardır. Kâğıt üretiminde yaklaşık 400–600 m³ su/ton kâğıt kullanılır. En iyi cins kâğıt üretiminde 1000 m³ atık su/ton ürün oluşur. Genel olarak kağıt hamuru ve kağıt makinesi atıklarının ihtiva ettiği atık bileşimi Çizelge 1.5.’ da verilmiştir.

Çizelge 1.5. Kâğıt hamuru ve kâğıt makinesi atıklarının bileşimi (Şengül, 1989)

| Ürün | BOI (mg/l) | Askıda katı madde (mg/l) |
|---------------------|------------|--------------------------|
| <u>Kâğıt Hamuru</u> | | |
| Öğütülmüş odun | 645 | 1720 |
| Soda | 110 | |
| Sülfat | 123 | |
| Sülfıt | 433 | |
| <u>Kâğıt</u> | | |
| Kullanılmış kâğıt | 300 | 660 |
| Mukavva | 121 | |

Ağartma yapılan tesislerde selüloz üretiminden kaynaklanan atık sulara pişirmeden gelen kirlilik yükünün yanı sıra selüloz hamurunun klor ile ağartılması sırasında ortaya çıkan uçuk saman renkli, düşük pH'lı, yüksek miktarlarda organik madde içeren atıksular da katılmaktadır (Çizelge 1.6.). Bu atık sular özellikle içerdikleri toksik, kanserojen ve mutajen klorlu organik bileşikler nedeniyle çevre açısından önemli bir problem teşkil etmektedir. Kâğıt üretiminde oluşan atıkların arıtılması için kullanılan arıtma metodunun seçiminde atık su özellikleri, deşarj standartları ve alıcı ortam durumu göz önünde tutulmaktadır. Kâğıt hamuru hazırlayan ve üreten tesislerin arıtılmasında, Askıda Katı Madde (AKM) uzaklaştırmak için fiziksel çöktürme ve yüzdürme, rengi açmak için kimyasal çöktürme, biyolojik oksijen ihtiyacı (BOI) oluşturan maddeleri uzaklaştırmak için aktif çamur, depolama, çökeltme, dengeleme ve organik maddenin biyolojik parçalanması için lagünleme gibi biyolojik, fiziksel yöntemler ve ayrıca rengin arıtılmasında fizikokimyasal arıtım etkin olarak kullanılmaktadır. Kâğıt sanayi atıklarının üretim işlemlerinin bir sonucu olarak organik içerikli olmaları nedeniyle BOI, KOI, AKM, N ve P gibi parametreler temel kontrol parametreleri olarak kullanılmaktadır. Dolayısıyla biyolojik arıtım, kâğıt sanayi atık suları için çoğunlukla en uygun arıtım teknolojisi olarak kabul edilmektedir. Kâğıt sanayi atıklarının arıtılmasında aktif çamur ve mekanik havalandırılmalı havuzlar yaygın olarak kullanılmaktadır. Ancak lignin, reçine vb. zor ayrışan maddelerin proseste ortaya çıkması biyolojik arıtmada sorunlar yaratmaktadır (Çevre ve Orman Bakanlığı, 2004).

Çizelge 1.6. Selüloz ve Kâğıt Tesislerinde Kullanılan Başlıca Maddeler (Karpuzcu ve ark., 1984).

| İşlem | Kullanılan Materyal |
|--|--|
| Odun Hazırlama | Kabuk, taş, çakıl, kum |
| Yongalama | Toz, kıymık, iri odun parçaları |
| Kostikleşme | Yeşil likör tankı ve kostikleştirme tankı çamuru |
| Kimyasal Uygulaması | Asid/alkalin, sülfirik asit, sodyum hidroksit, sodyum sülfat, kireç |
| Beyazlatma | Beyazlatma klorinleri, beyazlat sülfatları, kloroform, çözücüler |
| Kâğıt Yapımı | Pigment maddeleri |
| Ebatlama ve Kolalama | Mum, yapışkan maddeler, sentetik reçine, hidrokarbonlar |
| Tabakalama, Renklendirme ve Kurutma | Boyalar, mürekkepler, kauçuk |

Sucul ekosistemdeki kirlilik son zamanlarda oldukça tehlikeli sonuçlar doğurabilecek boyutlara ulaşmıştır. Sucul ortamın kirlenmesinde endüstriyel kuruluşların atık sularının etkisi oldukça fazladır. Endüstriyel kuruluşların atık sularında bazı organik ve inorganik maddeler çevreye bırakıldığında toksik olabilecek miktarlara ulaşabilmektedirler. Geleneksel olarak bu maddelerin tek başına veya kompleks karışımlarının kimyasal, fiziksel ve biyokimyasal

yöntemlerle analizi yapılarak zararlı kimyasalların kontrolü yapılmaktadır. Sadece bu yöntemler ile sucul biyota üzerine kirleticilerin olası zararlı etkisini belirlemek ve bu konuda bir yargıya varabilmek yetersiz olmaktadır. Birçok bilinmeyen kimyasalın ve kompleks karışımın analizi bugünün teknolojisi ile yapılamamaktadır ve bunların biyota üzerine olası birlikte etkileri ancak biyotestler ile belirlenebilmektedir.

Endüstriyel atıksuların deşarj limitlerinin belirlenmesinde birçok ülke toksisite testlerini de kullanmakta fakat ülkemizde balık biyodenyi dışında başka bir canlı ile biyotestler Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği'nde yer almamakta ve zorunlu olarak istenmemektedir (Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği, 2004).

Endüstriyel atıkların sucul biyota üzerine toksisitesinin belirlenmesinde deniz kestanelerini de içine alan çok çeşitli organizma grupları ile denemeler yapılmakta ve anlamlı sonuçlar elde edilmektedir.

Kungolos ve arkadaşları, metal endüstrisi, gıda endüstrisi ve boya endüstrisi olmak üzere üç farklı endüstriden alınan atık sularla yapmış oldukları bir araştırmada *Daphnia magna* ile *Vibrio fisheri*' yi kullanmışlardır. Gerçekleştirilen biyotestler sonucunda metal endüstrisinin *D. magna*' da %83, *V. fisheri*' de ise %64 oranında olumsuz etkilere neden olduğu ve yüksek toksisite sergilediği gözlenmiştir. Bulunan bu değer *D. magna* türünün *V. fisheri*' ye göre

metal toksisitesine karşı daha duyarlı olduğu sonucunu da göstermektedir (Kungolos et al., 2002).

Birbirinden farklı beş kimyasal endüstriden alınan atık su örneği kullanılarak yapılan çalışmada toksisiteyi belirlemek amacıyla *Daphnia magna*, *Scenedesmus subspicatus* ve *Vibrio fisheri* kullanılmıştır. Alınan bütün atık su örnekleri bu üç farklı test canlısının üçünde de toksik etkiler göstermiştir (Geller, 2000).

Meriç ve arkadaşları (2005) tarafından deri endüstrisi atıklarının deniz kestanesi (*P. lividus*) ve denizel mikroalg (*Dunaliella tertiolecta*) üzerine olası etkilerini belirlemek amacıyla denemeler yapılmıştır. Deniz kestanesi ile gerçekleştirilen embriyotoksisite ve spermiyotoksisite denemeleri sonucunda toksisite sıralaması; çamur > koagüle atık ≥ işlenmemiş atık > biyolojik arıtma sonrası alınmış atık şeklindedir. Döl kalitesi spermlerin atık sulara maruz kalmasıyla herhangi bir değişikliğe uğramamıştır. Denizel mikroalgler ile yapılan biyotestler sonucunda da algal büyümenin çamur ve koagülasyon sonrası atık suların etkisi ile inhibisyona uğradığı, biyolojik arıtma sonrası atık sular ile ise toksisitenin azaldığı bulunmuştur (Meriç et al., 2005).

Pagano ve arkadaşları (2001) tarafından boksit endüstrisi yan ürünlerinin deniz kestanesi üzerine olası etkilerini belirlemek için yapılan çalışmada ise kırmızı çamurdan örnek alınmış ve *Sphaerechinus granularis* kullanılarak denemeler yapılmıştır. Denemeler sonucunda % 2 oranında seyreltilmiş kırmızı çamurun bile

çok yüksek embriyotoksik ve genotoksik etkiye neden olduğu bulunmuştur (Pagano *et al.*, 2001).

Deniz kestanesi türleri sağladıkları avantajlar nedeniyle embriyoloji ve toksikoloji ile ilgili araştırmalarda uzun yıllardır yaygın olarak kullanılmaktadır (Guidice, 1973; Hörstadius, 1973; Czihak, 1975).

Deniz kestanesi embriyo ve gametleri ile çalışmanın avantajları;

- Metazoon organizma ile çalışma imkanı vermektedir,
- Üreme başarısı, mitotik aktivite ve emriyogenez üzerine çok sayıda biyolojik sonuç gözlenebilmektedir,
- Hemen hemen tüm yıl boyunca test canlısı bulma imkanı vardır,
- Yüksek üreme kabiliyeti nedeniyle her bir testte çok miktarda embriyo elde etmek mümkündür,
- Testler çok kısa zamanda gerçekleşir ve hızlı-duyarlı cevaplar alınabilmektedir,
- Maliyeti düşüktür,
- Kozmopolit bir test canlısıdır,
- Sub-letal toksisitenin belirlenmesini sağlar,
- Elde edilen veriler istatistiki analizler için uygundur,
- Temel olarak alınacak literatür oldukça fazladır.

Deniz kestanesi biyotesti sadece kimyasal ajanlara değil fiziksel ajanlara ve kompleks karışımlara karşı da oldukça duyarlıdır ve yaygın olarak kullanılmaktadır (Çizelge 1.7.).

Çevresel kirleticilerin embriyotoksik, spermiyotoksik ve genotoksik etkilerinin belirlenmesinde *P. lividus* embriyo ve gametlerinin kullanılması bazı toksikologlar tarafından araştırılmış, bu türün de diğer deniz kestanesi türleri gibi kirleticilere karşı oldukça duyarlı olduğu tespit edilmiştir (Pagano et al.,1993; Warnau ve Pagano, 1994). Genel olarak biyotestlerde kullanılan test canlılarına bakıldığında en hassas oldukları dönemin embriyonik ve larval evrelerdir. Embriyo ve larvalar kirleticilere karşı aynı türün yetişkinlerine göre toleransları daha azdır ve daha hassas cevaplar vermektedir (Connor, 1972; Stebbing et al., 1980).

Yapılan literatür çalışmasında *P. lividus* türü deniz kestanesi kullanılarak kâğıt endüstrisi atıksularının olası toksik etkilerini belirlemek için yapılan hiçbir çalışmaya rastlanmamıştır. Bu nedenle çalışmanın amacı, kâğıt endüstrisi atıklarının ham ve artılmış sularının embriyotoksik ve spermiyotoksik etkilerinin olup olmadığını deniz kestanesi (*P. lividus*) embriyoları ve gametleri kullanılarak ortaya konulması olarak belirlenmiştir.

Çizelge 1.7. Deniz kestanesi biyotestleri ile embriyotoksitesitesi test edilen başlıca ajanlar (Oral, 1997'den uyarlanmıştır).

| AJANLARIN SINIFI | AJANLAR | REFERANSLAR | |
|---|--|---|-----------------------------|
| I.FİZİKSEL AJANLAR | X Işınları | Rustad, 1959 | |
| | Y Işınları Görünür ışık | Giordano <i>et al.</i> , 1983 Paul <i>et al.</i> , 1970; | |
| II.KİMYASAL AJANLAR A. İnorganik | Kadmiyum | Pagano <i>et al.</i> , 1982 | |
| | Krom | Pagano <i>et al.</i> , 1983 | |
| | Bakır | Ringwood, 1992 | |
| | Civa | Kobayashi, 1980 | |
| | Çinko | Giordano <i>et al.</i> , 1983, | |
| | Selenyum | Oral and Uysal, 1996 | |
| | Alüminyum | Pagano <i>et al.</i> , 1996 | |
| | B. Organik 1.Endüstriyel Kirleticiler | Petrol- dispersant | Lönning and Hagström, 1976; |
| | | Organoklorinli pestisidler | Bresch and Arendt, 1977 |
| | 2. Karsinojenler | Akridinler | Brachet, 1968 |
| Benzo(a)piren | | Hose <i>et al.</i> , 1983 | |
| TPA (forbolester) | | Bresch and Arendt, 1978 | |
| 3. İlaçlar | Antitümör ilaçlar | Graillet <i>et al.</i> , 1993 | |
| | Allopurinol | Graillet <i>et al.</i> , 1993 | |
| | Klapramfenikol | Hagström and Lönning, 1976 | |
| | Povidon-iodin | Rozenkranz <i>et al.</i> , 1980 | |
| III. ATIK SULAR | | Kobayashi, 1971; Oshida <i>et al.</i> , 1981; Dinnel <i>et al.</i> , 1981; Trieff <i>et al.</i> , 1995 | |
| VI. SEDİMENTLER | | Pagano <i>et al.</i> , 1993; Iaccarino, <i>et al.</i> , 1995; Oral ve Uysal, 1996 | |

2. MATERYAL VE METOT

2.1. *Paracentrotus lividus*'un Karakteristik Özellikleri

Kâğıt fabrikası atıklarının çevre üzerine olası etkilerini belirlemek amacıyla *P. lividus* türü deniz kestanesi kullanılmıştır.

Bu tür Karadeniz sahillerimiz dışında tüm sahillerimizde bol olarak bulunmaktadır ve yerel olarak 'Taş deniz kestanesi' olarak adlandırılmaktadır (Artüz, 1968; Ünsal 1973; Özaydın ve diğ., 1995).

P. lividus ' un sistematikteki yeri Nosonov (1969)'a göre şu şekildedir;

Filum: Echinodermata

Klasis: Echinoidea

Ordo: Regularia

Subordo: Echinina

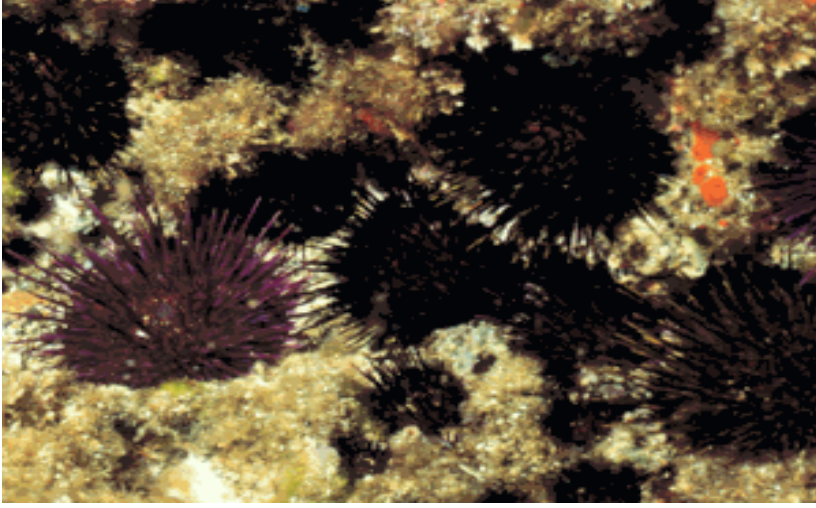
Familya: Echinidae

Genus: Paracentrotus

Paracentrotus lividus (Lamarck, 1816)

P. lividus, 0-80 metreler arasındaki derinliklerde yaşayan bentik bir formdur. Tipik bir infralittoral tür olmasına rağmen bazen mediyolittoral bölgede de bulunduğu belirtilmiştir (Vatova, 1950).

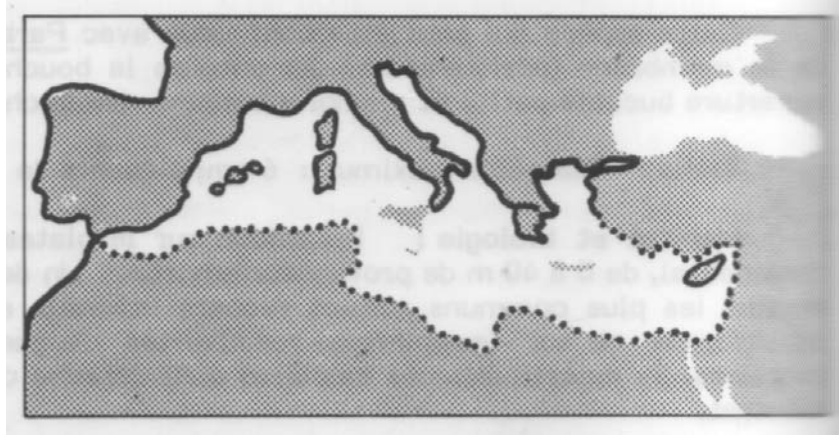
Özellikle çıplak ya da yosunlarla örtülmüş kayalar üzerinde, *Posidonia* çayırlarında, kumlu substratumlarda dağılım göstermektedir. Genellikle gruplar halinde bulunurlar ve Akdeniz’de *Arbacia lixula* ile birlikte yaşamaktadır (Şekil 2.1).



Şekil 2.1. Doğal yaşama ortamında gruplar halinde bulunan *P. lividus* bireyleri

Bazen sünger gibi hayvansal besinleri almalarına rağmen genellikle *Posidonia* türleri ile beslenirler ve beslenmeleri gece olmaktadır (Fisher et al., 1987). Vücut çapı en fazla 7 cm, dikenlerinin uzunluğu ise 3cm büyüklüğündedir. Dikenlerin renkleri menekşe, yeşil, zeytuni ve kırmızımsı kahverengi olup rengi alkolde sabittir. Dermal iskeletin rengi soyulduktan sonra yeşil, periprokt ise mordur (Ünsal, 1973).

Tüm Akdeniz’de ve Atlantik Okyanusu’nun kuzeydoğu kısmına (İrlanda ve İskoçya’dan Kanarya Adaları’na kadar) dağılım göstermekte olan (Şekil 2.2) bu türün gonadları besin olarak tüketildiği için ekonomik öneme sahiptir (Fisher et al., 1987). Bu nedenle dikkat çekici bir türdür (Zavodnik, 1987).



Şekil 2.2. *P. lividus*'un coğrafik dağılımı (Fisher et al.1987) (**Koyu çizgi:** Yoğun bulunan bölgeler, **Kesik çizgi:** Seyrek bulunan bölgeler)

P. lividus'un üreme periyodu dağılım gösterdiği alanlarda farklılıklar arz etmektedir. Roskoff (Fransa) 'da hayvanlar olgun üreme hücrelerine yaz aylarında (Nisan – Ağustos) sahip olmaktadır. Bununla birlikte Akdeniz’de örneğin Napoli (İtalya) 'da bu ürünler yıl boyunca elde edilebildiği halde kış (Şubat – Haziran) ve sonbahar (Eylül – Kasım) mevsimleri en iyi periyotlardır. Akdeniz'in Fransa kıyılarında ise en iyi periyot Mart ayından Temmuz ayına kadardır (Hörstadius, 1973). İzmir Körfezi'nde yaşayan ergin *P. lividus* bireyelerine tüm yıl boyunca rastlanıldığı halde en iyi periyodun Ekim –

Haziran ayları arasında olduğu denemeler esnasında ortaya çıkmıştır (Oral ve Uysal, 1997). Kuvvetli fırtınalar süresince bu türde tüm bireyler üreme hücrelerini bırakırlar fakat bir ya da iki hafta içinde gonadlar tekrar dolmaktadırlar.

P.lividus' da eşeyssel dimorfizm görülür. Erkek bireylerde genital açıklık dişî bireylerde bulunmayan ya da çok kısa olan papilla üzerinde bulunur (Hörstadius, 1973). Buna rağmen erkek-dişî ayrımını dışarıdan çıplak gözle yapabilmek çok zordur.

Üreme ve Embriyonik Gelişim;

P. lividus türü de dâhil olmak üzere deniz kestaneleri sağladığı avantajlar nedeniyle yumurtaların dölllenmesi ve embriyonik gelişme ile ilgili araştırmalarda çok eskiden beri kullanılan bir materyaldir. Bu nedenle *P.lividus*'un embriyonik gelişimi çok iyi bir şekilde bilinmektedir.

P.lividus türünün gelişiminde dört safha görülür;

a – Dölllenme

b – Segmenasyon

c – Gastrulasyon

d – Organogenez

a) Dölllenme;

P.lividus'ta olgun yumurtalarla dolu ovaryum kahverengimsi veya kırmızımsı, testisler ise az ya da çok beyazımsıdır. *P.lividus*'un tek üreme hücresini çıplak gözle görmek zordur. Çünkü spermatozoidin boyu 10 µm, oositin çapı ise 93.2 µm dır. Oosit, deniz suyunda yaklaşık 20 µm kalınlığında şişecek bir jelatin tabaka ile çevrilidir. Bu jelatin kılıf deniz suyunda görülmez fakat renkli suda belirgin duruma gelir (Hörstadius, 1973; Oral, 1997). Yumurtalar alesital tipte olup sitoplazma, çekirdek ve hücre zarından oluşur ve vitellus hücrenin her yanına homojen olarak dağılmıştır.

P.lividus yumurtalarında bir çeşit pigmentasyon gözlenmektedir. Yumurtaların dış yüzeyi eşit olarak dağılan az sayıda kırmızımsı pigment tanecikleri ile kaplıdır. Olgunlaşmayı takiben pigmentler animal kutuptayken vejetal kutba doğru göç ederler ve ekvator altında bir bant oluştururlar (Hörstadius, 1973).

P.lividus'ta dahil olmak üzere tüm deniz kestanelerinde döllenme, dış döllenme, şeklinde olup yumurta ve spermler su içine bırakılarak gerçekleşir. Yumurtaların olgunlaşması ovaryumda tamamlanır ve daha sonra bu yumurtalar serbest kalır. Serbest kalan döllenmemiş yumurtalar dinlenme halindedir. Bu sırada zar geçirgenliği, solunum ve sentez aktiviteleri çok zayıftır.

Fertilizasyonun ilk işareti fertilizasyon (vitelin) zarının oluşmasıdır. Fertilizasyon zarının oluşması spermin yumurtaya girdiği

noktadan birkaç saniye sonra başlar. Tamamlanması sıcaklığa ve yumurtanın fizikokimyasal durumuna bağlı olarak yaklaşık bir iki dakika içinde gerçekleşir. Fertilizasyon zarı en az 20 µ kalınlığında olup jelatinimsi bir yapıdadır. Ayrıca fertilizasyon zar ile yumurta yüzeyi arasında '*perivitellin boşluk*' adı verilen bir boşluk vardır. Fertilizasyon ile sperm ve yumurta çekirdekleri birleşmekte ve mitotik aktivite artarak yumurta aktif hale gelmektedir.

Fertilizasyon olayının yumurta üzerinde iki etkisi vardır. Birinci etki spermin yumurta ile birleşmesi sonucunda yumurta ve sperm nükleusların birleşmesidir. İkinci etki ise, mitotik aktivitenin başlaması ve metabolizmanın artışı ile yumurtanın aktif hale gelmesidir. Güçlü asitlerin geçici olarak üretilmesi, solunumun artması, protein ve nükleik asit sentezinin artışı ile enzimatik aktiviteler döllenmiş yumurtadaki aktivitelere örnek olarak verilebilir (Hörstadius, 1973).

b) Segmentasyon;

Fertilizasyonun başlamasından yaklaşık olarak bir saatte bir bölünme gerçekleşir ve segmentasyon hızı bir şekilde devam eder. İlk iki bölünme animal ve vejetal eksene dik olarak gerçekleşir. 2 ve 4 hücreli safhalardaki blastomerler birbirine eşittir ve hücre aynı miktarda animal ve vejetal sitoplazma içerir. Bütün bölünmeler ard arda embriyonun toplam hücre hacminde artış olmadan gerçekleşir. Üçüncü bölünme animal – vejetal eksene paralel olarak gelişir. Sonuçta 4 animal ve 4 vejetal blastomere sahip 8 hücreli safha oluşur. Bu hücrelerin de boyut ve şekilleri aynıdır, fakat birbirlerinden farklı

sitoplazma içerirler. Beşinci bölünmede 4 mikromerin bölünmesi geciktiği için 32 hücreli safhadan önce 28 hücreli safha oluşur. 64 hücreli safhada blastomerlerin beş ayrı planda yerleştikleri gözlenir ve animal kutuptan vejetal kutba doğru an_1 ve an_2 olarak adlandırılan 32 mesomer, veg_1 ve veg_2 olarak adlandırılan 16 makromer ve 16 mikromer bulunmaktadır. Yedinci bölünmede 128 blastomer oluşur ve bunu izleyen sekizinci bölümde blastosölün oluşumu gerçekleşir. Blastomerler blastosölün etrafında sillerle örtülü tek bir epitel tabakası şeklinde dizilirler.

Bölünmeler, 250 hücreye ulaşana kadar sabit bir hızla devam eder. Döllenmeden 8 saat sonra segmentasyon sona erer. Bu safhaya '*blastula*' adı verilir. Blastula fertilizasyon zarı içinde harekete başlar ve zar enzimlerin yardımıyla ereyince yüzmeye başlar, nihayetinde gerçek larva oluşur (Çizelge 2.1).

Blastula animal kutupta hareketli sil kümesi içerirken diğer siller hareketizdir. Bu safhada larva yaklaşık 500 hücre içerir. Bu sil kümesi blastula ve gastrula süresince prizma safhasına kadar kalır. Bu organın görevinin su yüzeyi ile kontak kurmak olduğu düşünülmektedir.

Çizelge 2.1. *P. lividus*'un embriyonik gelişmesinin kronolojisi
(Graillet, 1994)

| SAFHALAR | DÖLLENMEDEN SONRA ZAMAN (Saat) |
|---------------------------------|--------------------------------------|
| • 2 hücreli | 1,5 – 2 |
| • 4 hücreli | 2,5 - 3 |
| • 8 hücreli | 3,5 - 4 |
| • 16 hücreli | 4,5 - 5 |
| • 64 hücreli | 5,5 - 6 |
| • 128 hücreli | 6,5 - 7 |
| • erken blastula | 8 |
| • hareketin görülmesi | 9 - 10 |
| • yumurtadan çıkma | 10 - 11 |
| • yüzen blastula (500 hücre) | 12 |
| • blastulada mezenşim | 15 |
| • primer spinküllerin görülmesi | 25 - 27 |
| • geç gastrula | 27 - 30 |
| • prizma aşaması | 30 - 35 |
| • pluteus (4 kol, 1500 hücre) | 30 – 55 |
| • metamorfoz (50.000 hücre) | 6 hafta |

c) Gastrulasyon;

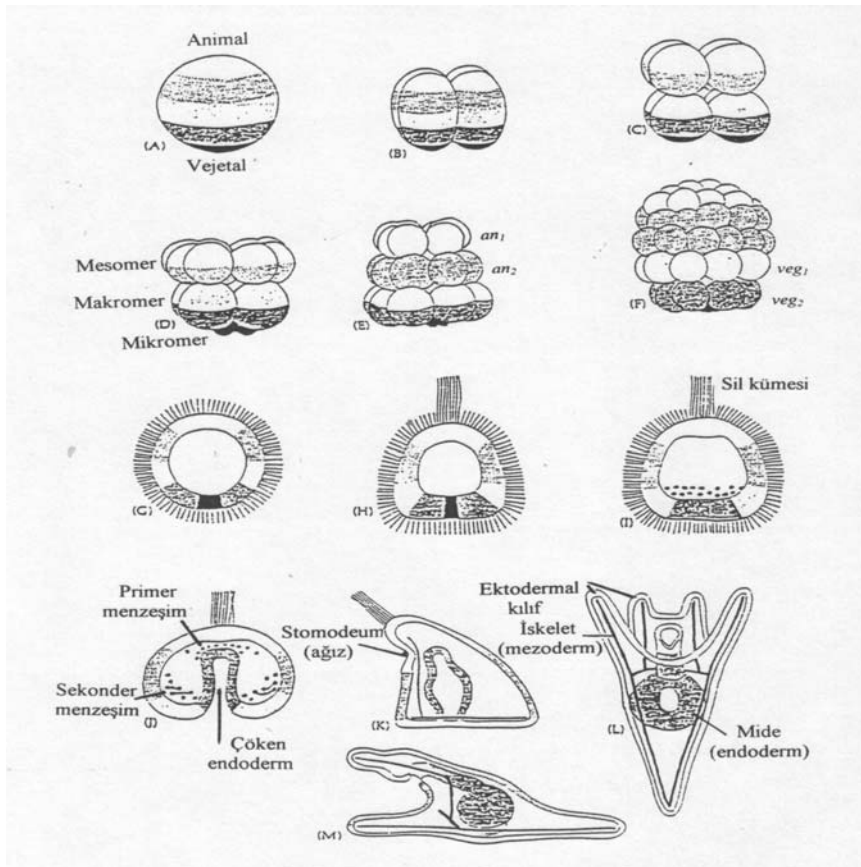
Gastrulasyon blastoderm hücrelerinin embriyodaki yeni pozisyonları için hareket etmelerini kapsayan karmaşık bir işlemdir. Bu karmaşık safha vejetal kutuptaki hücrelerin blastula içine doğru göçü ile başlar ki bu hücreler daha sonra iskeleti oluşturacak primer mezenşim hücreleridir. Primer mezenşim hücrelerinin göçünden sonra vejetal duvar içeriye doğru çöker ve bu safha '*gastrula*' safhası adını alır. Gastrula safhasındaki embriyoda üç farklı tabaka oluşur. Bunlar ektoderm, mezoderm (mezenşim hücreleri) ve endoderm (arkenteron) tabakalarıdır.

e) Organogenez;

Endoderm yani arkenteron çevresindeki primer mezenşim hücreleri daha çok ventral tarafın köşelerinde yoğunlaşarak iskeletin başlangıcı sayılan spikülleri oluştururlar. Endoderm özofagus, mide ve barsakları oluşturur. Bazı sekonder mezenşim hücreleri ise hazım borusunun kas borusunu oluşturur. İskeletin gelişmesi ile larva '*prizma safhası*' olarak adlandırılan safhaya geçer. Bu arada bacaklar belli olmaya başlar.

Prizma aşamasını takiben iki bacaklı pluteus safhasına geçilir. Bu safhada bacaklar dar ve kısadır, sindirim sistemi, özofagus ve barsaklar belirgindir. Deniz kestanesi larvası larval bacakları oluşturacak birkaç spinkülden oluşan basit bir iskelet sistemine sahiptir.

Fertilizasyondan 48 saat sonra dört kollu pluteus larvası oluşur. bu safhada pluteus 1500 hücreden oluşur. *P.lividus* döllenenmeden 6 hafta sonra 50.000 hücreye ulaşır ve metamorfoz geçirerek küçük bir kestaneyi oluşturacak şekle gelir (şekil 2.3).



Şekil 2.3. *P. lividus*'da normal embriyonik gelişim (18 ° C).

A : Zigot; **B:** 4 - hücreli safha; **C :** 8 - hücreli safha; **D :** 16 - hücreli safha; **E :** 32 - hücreli safha; **F :** 64 - hücreli safha; **G :** Genç blastula; **H :** Animal kutupta sil kümesi içeren blastula; **İ :** Primer mezenşime sahip blastula; **J :** Gastrula; **K :** Prizma safhası; **L - M :** Pluteus larvası (Graillet, 1994)

2.2. Numune Alma Yerlerinin Tanımı

2.2.1. K1 Kağıt Fabrikası

Örnek alınan K1 fabrikasında, kâğıt üretimi için beyazlatılmış uzun elyaf ve kısa selüloz kullanılmaktadır. Kâğıt üretiminin ana maddesi olan selüloz çok pahalı olduğundan, üretim sırasında selüloz kayıplarını minimuma indirecek şekilde elyaf geri kazanım sistemleri ile elyafın ve yardımcı madde olarak kullanılan CaCO_3 , reçine ve nişasta gibi kimyasal maddelerin arıtma tesisine gitmeden sistem içinde geriye dönüşü yapılmaktadır. Yani arıtma tesisine giden debi, AKM, BOI_5 ve KOI değerleri aşağıya çekilerek arıtma tesisine giren yük miktarı düşürülmekte, arıtma tesisi verimli ve daha az yükle çalışmaktadır.

K1 fabrikasının arıtma tesisi başlıca aşağıdaki ünitelerden oluşmaktadır;

- 1) Fiziksel Arıtma Ünitesi
- 2) Biyolojik Arıtma Ünitesi
- 3) Çamur Susuzlaştırma Ünitesi

Fiziksel arıtma ünitesi kaba ızgara, dengeleme havuzu, ince ızgara ve ön çökeltim tankından oluşmaktadır. Atıksu tesise girmeden önce içerisinde bulunan kaba partiküllerin tutulması için kaba ızgaradan geçirilmektedir. Kaba maddelerden arınmış olan atıksular buradan dengeleme tankına alınmaktadır. Sistemin devamlı bir sistem olmasından dolayı gelebilecek maksimum debi süspanse edilerek

atıksuyun homojen olarak biyolojik arıtmaya aktarılması sağlanmaktadır.

Atıksu dengeleme havuzundan ince ızgaraya pompa ile basılarak askıda katı maddelerin bir kısmını tutulmaktadır. İnce ızgaradan geçen atıksu biyolojik arıtma öncesi Ön Çökeltim Tankı'na alınmaktadır, bu kısımda da bir miktar çamur çökeltilmekte ve atık su biyolojik arıtma havuzunda bekletilmektedir.

Havalandırma havuzundan alınan atık su Son Çökeltim Havuzu'na alınarak çamur havuz dibinden çamur pompaları yardımı ile Çamur Yoğunlaştırma Haznesi'ne verilmektedir. Çamurun bir kısmı tekrar Havalandırma Havuzu'nda ki bakteri konsantrasyonunun sabit kalması için havalandırma havuzuna geri verilmektedir.

Son Çökeltim Havuzu'nda arıtılması tamamlanmış su havuzun üst kısmından savaklanarak arıtılmış su olarak alıcı ortama deşarj edilmektedir.

Çamur Yoğunlaştırma Havuzuna alınan çamur pompa ile Belt Press'e gönderilerek % 20-25'lik çamur keki oluşturarak katı atık olarak uygun bir yere uzaklaştırılmakta, süzüntü suyu ise arıtma tesisi girişine geri devir yapılmaktadır.

2.2.2. K2 Kâğıt Fabrikası

Örnek alınan K2 fabrikası ise; 1982 yılında 2,5 ton/gün ile başladığı üretime kapasitesine 2001 yılı verilerine göre 105 ton/gün'e çıkararak devam etmektedir. K2 fabrikası geri dönüşümlü kâğıt ve selülozu aynı anda işleyebilen fabrikalardan biridir. Ambalaj, endüstriyel kâğıt ve temizlik kâğıdı üretimini geniş bir gramaj ağırlığında gerçekleştirmektedir.

Fabrikanın ham maddesini oluşturan selüloza hamur hazırlama ünitesine alındıktan sonra burada % 3-3,5 oranında temel kimyasal katkı maddeleri ilave edilir. Bu temel kimyasal katkı maddeleri; dolgu (kalsit), tutkal, optik beyazlatıcılarıdır. Oluşan hamur kâğıt makinesine alınmadan önce ince temizleme ünitesine alınır. İnce temizleme ünitesinden kâğıt makinesine verilen hamura alüminyum sülfat, nişasta, köpük söndürücü ve retensiyon gibi kimyasallar ilave edilir. Kâğıt makinesinin keçe grupları presleme ünitesinden çıkan atık suyun içinde bulunan elyaf direkt olarak geri kazanıma gider.

Kaba ızgaraya gelen atıksu burada elekten geçirildikten sonra dengeleme ve terfi havuzuna pompalanır. Dengeleme ve terfi havuzunda tambur elek yardımıyla atıksu hızlı ve yavaş karıştırma havuzlarına gönderilir ve burada koagülant madde ilavesi gerçekleştirilir. Yavaş karıştırma havuzundan kimyasal çöktürme havuzuna alınan atıksuyun bir kısmı direkt yoğunlaştırma havuzuna giderken bir kısmı da havalandırma havuzuna gönderilir. Havalandırma havuzundan biyolojik çöktürme havuzuna alınan atıksu bir süre

bekletildikten sonra üstte kalan kısım savaklanarak alıcı ortama deşarj edilir.

Biyolojik çöktürme havuzunda çöken çamur önce yoğunlaştırma havuzuna daha sonra da statik mikser yardımıyla Belt Press'e gönderilir. Belt Press'de oluşan çamur keki uygun bir ortama katı atık olarak uzaklaştırılırken oluşan süzüntü suyu ise pompalar yardımıyla dengeleme ve terfi havuzuna geri gönderilir.

2.3. Numune Alma ve Saklama

İzmir ilinde bulunan iki kâğıt endüstrisinden değişik zamanlarda ham atık su ve biyolojik arıtma çıkışından numuneler alınmıştır. Numuneler cam şişelerde ve $+4^{\circ}\text{C}$ ' de saklanmıştır, en geç bir hafta içinde denemelerde ve 24 saat içinde kimyasal analizlerde kullanılmıştır.

2.4. Test Canlısının Toplanması

Bu çalışmada kullanılan test hayvanı deniz keşanesinin (*P. lividus*) ergin bireyleri İzmir-Seferihisar bölgesindeki evsel ve endüstriyel atık sulara maruz kalmayan temiz bölgeden, canlının doğal ortamından Nisan-Haziran ayları arasında el ile toplanmıştır.

Biyotestlerde kullanılacak gonadların elde edilmesinde ve embriyoların kültüre alınmasında Pagano ve diğ., (1986) tarafından daha önce rapor edilen metot esas alınmıştır. Embriyoların kültüre

alınması ve tüm denemelerde *P. lividus*'un doğal yaşama ortamından (Seferihisar) alınan filtre edilmiş deniz suyu (FDS) kullanılmıştır. Deniz suyu her denemeden hemen önce alınmış ve taze olarak kullanılmıştır.

Gametleri elde etmek için hayvanın ektodermal iskeleti sivri uçlu makas yardımıyla periferal olarak kesildikten sonra barsaklar temizlenerek peristomal duvardaki gonadlar kaşık ile dışarı çıkartılmıştır (Şekil 2.4).



A)



B)

Şekil 2.4. Ektodermal iskeleti kesilmiş *P. lividus* A) Dişi birey, B) Erkek birey

Yumurtalar FDS içine alınırken spermier kuru olarak saklanmıştır (Şekil 2.5). Ovaryumlar deniz suyu içinde döllenabilirliklerini birkaç saat koruyabildiği halde spermier deniz suyunda canlılıklarını çok kısa sürede kaybetmektedir. Fakat kuru yani deniz suyu ilave edilmemiş spermier oldukça stabildir ve kalitesi düşmeden buzdolabında günlerce kalabilmektedir (Hörstadius, 1973).



A)

B)

Şekil 2.5. *P. lividus* gonadları A)Dişi birey, B) Erkek birey

Dişi bireylerin sperm ile kontaminasyonunu önlemek için kullanılan aletler, her kullanımdan önce spermleri hemen öldüren temiz tatlı su ile yıkanmıştır. Aletlerin temizliği daha sonraki çalışmalar içinde bu şekilde sağlanmıştır. Mikroskop altında incelenerek bu yumurta gruplarından en iyi olgunluğa erişmiş olan 4 tanesi denemelerde kullanılmıştır. Denemeler 6 tekrarlı olarak yapılmıştır.

Yumurtalar 100 µm göz açıklığındaki naylon filtreden geçirilerek 250 ml 'lik cam beherlerde toplanmıştır. Bunu takiben ovaryum sıvısı fertilizasyonu inhibe ettiği için (Hörstadius, 1973) yumurtalar iki defa FDS ile yıkanmıştır. Böylece gametler (yumurta ve sperm) biyotestler için hazır hale gelmiştir.

2.5. Biyotestler

Kağıt endüstrisi atık sularının *P. lividus* üzerine embriyotoksik etkilerini değerlendirebilmek için düzenlenen denemelerde negatif kontroller (blank) sadece filtre edilmiş deniz suyu ile, pozitif kontroller ise 2.5×10^{-4} M CdSO₄ ile gerçekleştirilmiştir (Pagano ve diğ., 1982; 1986).

2.5.1. Spermiyotoksisite denemeleri;

Spermiyotoksisite denemelerinde olgun gametlere sahip 6 dişi ve 6 erkek birey kullanılmıştır. 30 µm göz açıklığındaki filtreden süzölmüş konsantre sperm kitlesinden 50 µl alınarak yaklaşık 1 saat önce hazırlanan ve artan konsantrasyonlarda (1/10000, 1/1000, 1/100) toksikant içeren, toksikant içermeyen (negatif kontrol) ve CdSO₄ içeren (pozitif kontrol) filtre edilmiş deniz suyuna (FDS) bırakılmıştır.

Spermiler bu ortamlarda 30 dakika bekletilmiş ve bu sperm solösyonlarından 100 µl alınarak toksikantların etkisinde kalmamış yumurta içeren 20 ml FDS içine ilave edilmiştir (yaklaşık 50 yumurta/ml).

Spermiyotoksisite denemelerinde 50 ml hacminde polistiren bardaklar kullanılmış ve bu materyaller kontaminasyona sebebiyet vermemek amacıyla ikinci kez kullanılmamıştır.

Spermlerin fertilizasyon başarısına bakılarak spermiyotoksisite sonuçları değerlendirilmiştir. Fertilizasyon başarısını belirleyebilmek için her bir örnekten rastgele 100 yumurta ya da embriyo ışık mikroskobu altında incelenerek döllenmiş ve döllenmemiş yumurta sayıları belirlenmiştir. Döllenmiş yumurtalar döllenme zarının oluşumu ile diğerlerinden ayrılmaktadır. Başarılı fertilizasyon, döllenme zarının oluşumu ile anlaşılmaktadır.

Fertilizasyon başarısı belirlenirken Fertilizasyon Oranı (FO = % döllenmiş yumurta) dikkate alınmıştır. Negatif kontrol grubunda gözlenen fertilizasyon oranı (FO kont) ve toksikant grubunda gözlenen fertilizasyon oranı (FO göz) karşılaştırılarak düzeltilmiş endeks (DE) değeri hesaplanmıştır (Pagano et al., 1986).

$$DE = \frac{FO \text{ göz} - FO \text{ kont}}{FO \text{ kont}} \times 100$$

Düzeltilmiş endeks ile her bir örnekteki fertilizasyon başarısındaki nispi artış (DE > 0) veya depresyon (DE < 0) kolaylıkla görülebilmektedir.

2.5.2. Embriyotoksisite Denemeleri

Deniz kestanesi (*P.lividus*) embriyoları ile yapılan embriyotoksisite denemelerinde 10 ml hacminde kontrol suyu (FDS) ya da belli oranlarda seyreltilmiş kâğıt fabrikası atık sularını içeren küçük hacimli her birinde 6 odacık bulunan polistiren (Nunc, Danimarka) kaplar kullanılmıştır.

Testler fertilizasyon gerçekleşikten 10 dakika sonra başlamış ve 72 saat sonunda pluteus larval safhasında sona ermiştir. Uygun sıcaklıkta ($18^{\circ}\text{C} \pm 2$) *in-vitro* döllenen yaklaşık 10 dakika sonra yumurtaların hepsi döllenecek şekilde zigot oluşumu gerçekleşmektedir. Bunun için öncelikle 20 µl konsantre (kuru) sperm 50 ml FDS içinde seyreltilmiş ve bu sperm solüsyonunda 1 ml alınarak 100 µm naylon filtreden geçirilerek yıkanmış 250 ml FDS içinde bulunan yumurtalara eklenmiştir.

Bu gamet karışımı yumurtaların zarar görmemesi için hafifçe karıştırılarak zigot oluşumu sağlanmıştır. Oluşan zigot süspansiyonundan 1 ml alınarak daha önceden hazırlanmış negatif kontrol grubu ve belli oranlarda toksikant içeren 9 ml FDS içine ilave edilmiştir.

Kültür ortamında 1 ml' de yaklaşık olarak 30 embriyo bulunmaktadır. Embriyolar 72 saatlik pluteus larval aşamasına kadar $18 \pm 1^{\circ}\text{C}$ de inkübe edilmiştir. Bu sürenin bitiminde 10^{-4} M Krom

sülfat ile hareketleri yavaşlatılmış ve yavaş hareket eden bu canlı bireyler üzerinde gözlemler yapılmıştır.

Her bir örnekten rast gele seçilen 100 birey Çizelge 2.2.' de gösterilen morfolojik ölçütlere bağlı kalınarak ışık mikroskopunda incelenmiş ve gelişim bozukluklarının sayısı belirlenerek embriyotoksisite değerlendirilmiştir.

Çizelge 2.2. Larval gelişimsel anormalliklerin belirlenmesinde kullanılan morfolojik ölçütler (Oral, 1997)

| GELİŞİMSEL BOZUKLUKLAR | MORFOLOJİK ÖLÇÜTLER |
|-------------------------------|--|
| G (GECİKMİŞ) | Boyut \leq ½ normal larva |
| P1 (PATOLOJİK) | İskelet ve sindirim sistemi bozuklukları |
| P2 (PATOLOJİK 2) | Anormal blastula veya gastrula |
| Ö (ÖLÜ) | Ölü embriyo veya larva |

P. lividus üzerine test edilen maddelerin sub-lethal etkilerini belirleyebilmek için, Woelke (1965)' in toksisite değerlendirmesi için kullandığı kriterlere bağlı kalınmıştır (Oral, 1997) (Çizelge 2.3).

Çizelge 2.3. Woelke (1965) tarafından önerilen toksisite değerlendirme kriterleri (Oral, 1997)

| % ANORMAL LARVA | TOKSİSİTE |
|------------------------|------------------|
| < %5 | Toksik değil |
| %5-15 | Az toksik |
| > %15 | Toksik |
| > % 50 | Letal eşik |
| > %90 | Letal |

2.6. Kimyasal Analizler

2.6.1. Kimyasal Oksijen İhtiyacı

a) 50 mg/lit veya daha büyük KOI içeren numunelere uygulanan işlem:

50 ml veya destile su ile 50 ml'ye seyreltilmiş numune 500 ml'lik KOI balonuna konmuştur ve 1 g civa sülfat ile karıştırılmıştır. 5 ml sülfürik asit reaktifi katılmış, civa sülfat çözünene kadar karıştırılmış, soğutulmuş ve 25 ml 0.25 N $K_2Cr_2O_7$ çözeltisi ilavesi ile karıştırılmıştır (Çizelge 2.4). KOI balonu geri soğutucuya bağlanmıştır ve soğutma suyu devresi açılmıştır. Kalan 70 ml sülfürik asit KOI balonunun ağzından ilave edilmiş ve hemen geri soğutucu kapatılarak kaynatmaya başlanmıştır.

50 ml numune hacmi için, maksimum 100 mg klorür ile reaksiyona girip kompleks yapmak üzere (2000 mg/l Cl⁻) 1 g HgSO₄ kullanılmıştır.

Karışım geri soğutucu altında 2 saat süre ile kaynatılmıştır. Kaynatma tamamlanınca kondenser soğutulmuş ve yıkanmıştır. KOI balonunun içindeki çözelti hacmi distile su ile yaklaşık iki katına kadar seyreltilmiştir ve oda sıcaklığına kadar soğutulmuştur. Daha sonra hacmi 0.10-0.15 ml (2-3 damla) ferroin ilavesi ile demir amonyum sülfat titrasyon çözeltisi ile titre edilmiştir. Titrasyon dönüm noktası olarak mavi yeşilden, kırmızı-kahverengiye doğru ilk renk değişiminin olduğu an esas alınmış ve titrasyona son verilmiştir.

Aynı şekilde destile su ile şahit numune hazırlanmış, benzer şekilde reaktifler katılmış ve geri soğutucu altında kaynatılmıştır. Destile su ile aynı hacme kadar seyreltilip, demir amonyum sülfat ile titre edilmiştir.

b- 50 mg/l'den daha düşük KOI içeren numunelere uygulanan işlem:

a bölümünde tanımlanan işlemler aynen uygulanmıştır. Ancak deney sırasında 0.025 N K₂Cr₂O₇ ve titrasyonda 0.025 N demir amonyum sülfat kullanılmamıştır. Bu deney sırasında çok hassas davranmak gerekir. Kaptan veya havadan gelebilecek herhangi bir organik madde önemli hatalara neden olabilir. 50 ml'den daha büyük hacimdeki numuneye tüm reaktifler ilave edilir ve toplam hacim, atmosfere açık KOI balonunda ısıtılmak suretiyle 150ml'ye kadar

azaltılmıştır. 10:1, HgSO₄:Cl oranı esas alınarak ilave edilmesi gereken HgSO₄ miktarı hesaplanmıştır. Aynı işlem şahit numune ile tekrarlanmıştır.

c-Standart çözeltinin KOI' sini belirlemek üzere standart potasyum hidrojen fitalat çözeltisi ile yukarıda anlatılan deney tekniği aynen kullanılmıştır (Şengül ve Türkman, 1998).

Sonucun Hesaplanması;

$$\text{mg KOI/l} = \frac{(A-B) \times N \times 8000}{\text{ml numune}}$$

Burada;

A: Şahit numune için kullanılan demir amonyum sülfat çözeltisi miktarı, ml

B: Numune için kullanılan demir amonyum sülfat çözeltisi miktarı, ml

N: Demir amonyum sülfat çözeltisinin normalitesi.

Çizelge 2.4. Çeşitli numune hacimleri ve KOI deneyinde kullanılacak reaktif miktarları ve normaliteleri (Şengül ve Türkman, 1998).

| Numune Miktarı MI | 0.25N Standart Dikromat ml | Sülfirik Asit Reaktifi ml | HgSO ₄ ,g | DAS'ın Normalitesi | Titrasyon Öncesi Son Numune Hacmi, ml |
|-------------------|----------------------------|---------------------------|----------------------|--------------------|---------------------------------------|
| 10.0 | 5.0 | 15 | 0.2 | 0.05 | 70 |
| 20.0 | 10.0 | 30 | 0.4 | 0.10 | 140 |
| 30.0 | 15.0 | 45 | 0.6 | 0.15 | 210 |
| 40.0 | 20.0 | 60 | 0.8 | 0.20 | 280 |
| 50.0 | 25.0 | 75 | 1.0 | 0.25 | 350 |

2.6.2. Toplam Askıda Katı Madde

Filtreden geçmeyen katı maddeler olarak ifade edilen askıda katı maddeler, su numunesinin filtre kâğıdından geçmeyen kısmının; 103°C' de etüvde 1 saat kurutulması, desikatörde soğutulup, tartılması suretiyle tayin edilmiştir. Bu tayinde su numunesi önce filtre edilmiş, daha önce sabit tartıma getirilmiş olan filtre kâğıdı üzerinde kalan maddelerle birlikte 103°C de kurutulduktan sonra tekrar tartılmıştır. Bu iki tartım arasındaki farktan toplam askıda madde konsantrasyonu tayin edilmiştir (Şengül ve Türkman, 1998).

$$\text{Askıda katı madde} = \frac{(A-B) \times 1000}{\text{(numune hacmi, ml)}}$$

Bu formülde,

A: Filtre kâğıdı + filtre edilebilen katı madde, mg

B: Filtre kâğıdının ağırlığı, mg

Askıda katı madde değeri, toplam katı madde ve filtre edilebilen katı madde verileri yardımı ile aşağıdaki bağıntıya göre de hesaplanabilir;

$$\text{Askıda katı madde (mg/l)} = \text{Toplam katı madde (mg/l)} - \text{Filtre edilebilen katı madde (mg/l)}$$

2.6.3. Toplam Çökebilin Katı Madde

Bunlar, ağırlıkları etkisi ile kendiliğinden çökebilin katılardır. Çökelme hızı, parçacıkların büyüklüğüne ve yoğunluğuna bağlıdır. Çökebilin katıların tayini; evsel, endüstriyel ve yüzeysel sularda önem taşır. ml/l olarak hacimce veya mg/l olarak ağırlık şeklinde ifade edilebilir. Çoğunlukla hacimsel olarak ölçülür. Bu amaçla İmhoff konileri kullanılmıştır. İyice karıştırılmış, 1 litrelik numune İmhoff konisine alınarak, 45 dakika çökelmeye bırakılmıştır. Sonra koninin kenarlarına yapışanlar yavaşça karıştırılmış ve 15 dakika daha bekletilmiş ve çökebilin kısmının hacmi ölçülmüş, ml/l.saat olarak ifade edilmiştir. Pratik olarak alt sınır 1 ml/l.saat'tir. Eğer sonuç mg/l cinsinden verilmek istenirse, numunenin askıda katı madde konsantrasyonu ölçülür. Daha sonra kaba 1 litre su numunesi alınarak 1 saat bırakılmış, çökelmemiş kısmından 250 ml numune alınarak bu

numunenin askıda katı maddesi ölçülmüştür. Çökelen katı madde konsantrasyonu aşağıdaki formül yardımıyla bulunmuştur:

$$\begin{array}{l} \text{Çökebilir katı madde} = \text{Toplam askıda katı madde} - \text{Çökeltmeyen katı} \\ \text{madde} \end{array}$$

$(\text{mg/l}) \qquad \qquad \qquad (\text{mg/l}) \qquad \qquad \qquad (\text{mg/l})$

2.6.4. Metaller

Her iki kağıt fabrikasından alınan atık su numunelerinin metal içerikleri asit ekstrasyon metoduna göre Atomik Absorbsiyon Spektrofotometre ile ölçülmüştür.

2.6.5. Balık Biyodenevi

Balığa dokunulduğunda kendi canlılığından ileri gelen herhangi bir hareketlilik izlenmiyorsa balık ölü olarak tanımlanır. Testte yapılan değerlendirmede, atık sudaki maddelerin seyreltme suyu ile belirli oranlarda seyreltiğinde 48 saatlik süre içinde canlı kalıp kalmadığı esas alınır. Atık su içeriği, balığın yüzgeçlerine yapışarak solunum epitellerinin şişmesine ve parçalanmasına neden olarak balıklara zarar verir. Ayrıca yüzgeçlere alınan zararlı maddeler deriye veya sindirim sistemlerine geçerek zehirlenmelere neden olur. Toksik etki atıksuyun seyreltme suyu ile seyreltiği hacimle orantılı olarak saptanabilir. Buna göre tüm balıkların canlı kalabildiği en küçük seyreltme değeri esas alınarak, atıksuyun balıklara toksik etkisi zehirlilik seyrelme faktörü (ZSF) ile ifade edilir. ZSF faktörü, kullanılan birim atık su hacmine

göre bağıl seyrelme suyu hacimlerinin toplamıdır. Tüm balıkların yaşadığı (ölmediği) seyrelmenin en küçük değerine ZSF (Zehirlilik Seyreltme Faktörü) adı verilir. Seyreltme faktörü; kaç hacim atık suyun kaç hacim seyreltme suyu ile seyreltilmesini ifade eder. Örneğin; seyreltme faktörü (ZSF) = 5 denildiğinde, 1 hacim atık su + 4 hacim seyreltme suyu kullanıldığında balıkların ölmediği, 1 hacim atık su + 3 hacim atık su kullanıldığında ise ölmüş olduğu anlaşılmaktadır (Şengül ve Türkman, 1998).

2.6.6. pH

Kağıt fabrikası atık sularının pH' sı TS 3263 ISO 10523: 1999 yöntemine göre pH metre ile ölçülmüştür.

Çizelge 2.5. K1 Kağıt Fabrikası Atık sularının Kimyasal Analizlerinde kullanılan cihaz ve yöntemler

| Analizi Yapılan Parametreler | Cihaz | Yöntem |
|-------------------------------------|---------------------------|---------------------------------|
| Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ) | Geri Soğutucu Tertibat | TS 2789 ISO 6060: Nisan 2000 |
| Askıda Katı Madde (AKM) | Vakumlu Süzme Cihazı | TS 7094 EN 872: 1999 |
| Kadmiyum (Cd) | Aquamate Spectrofotometre | Fotometrik |
| Bakır (Cu) | Aquamate Spectrofotometre | Fotometrik |
| Çökebilir Katı Madde | İmhoff Hunisi | Çöktürme Metodu |
| Krom (Cr ⁺⁶) | Aquamate Spectrofotometre | Fotometrik |
| Toplam Krom | Aquamate Spectrofotometre | Fotometrik |
| Kurşun (Pb) | Aquamate Spectrofotometre | Fotometrik |
| Demir (Fe) | Aquamate Spectrofotometre | Fotometrik |
| Çinko (Zn) | Aquamate Spectrofotometre | Fotometrik |
| Balık Biyodeneyi (ZSF) | - | Lepistes Balık Yöntem |
| pH | Ph metre | TS 3263 ISO 10523: 1999 |

3. BULGULAR

3.1. SpermİYotoksisite Bulguları

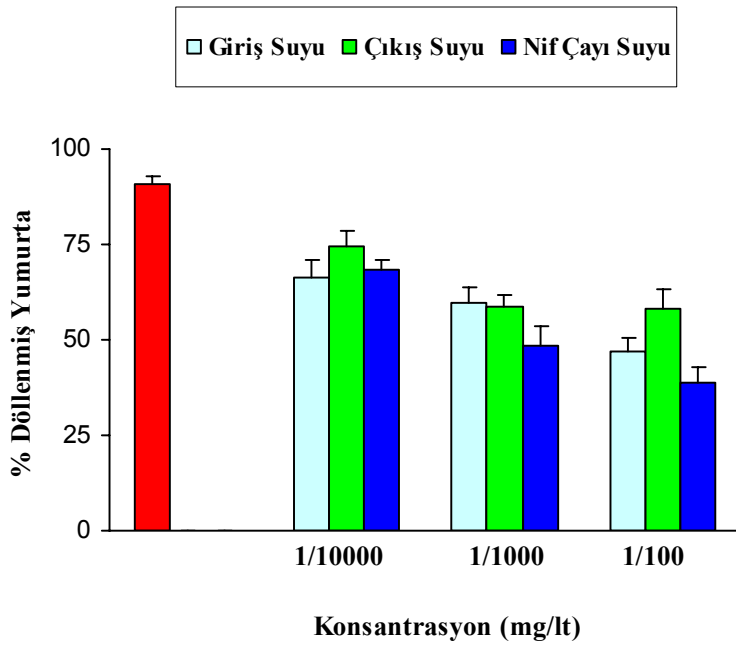
SpermİYotoksisiteyi belirleyebilmek için kâğıt fabrikasına ait atık suların *P. lividus* spermeleri üzerine olası etkileri çeşitli seyreltilerde Giriş ve Çıkış suları içeren FDS' ye spermeler 30 dakika süre ile maruz bırakılmışlardır. Daha sonra işlem görmemiş yumurtaların bulunduğu ve atık su içermeyen FDS içine ilave edilmişlerdir. Sonuçlar % Fertilize olmuş yumurta olarak verilmiştir. Denemeler 6- tekrarlı olarak gerçekleştirilmiş ve her bir tekrardan 100 yumurta incelenmiş olup toplamda her bir örnekten 600 yumurta incelenmiştir.

3.1.1. K-1 Fabrikası SpermİYotoksisite Bulguları

K-1 fabrikası atık suları ile yapılan spermİYotoksisite testleri sonucunda negatif kontrol grubunda dölleme oranı (FO) % 91.0 iken % 0,01' lik seyreltideki Giriş suyu örneğinde dölleme oranı yaklaşık olarak % 25 oranında bir azalma ile % 66'ya düşmüştür (DE= -27.3). Aynı seyreltideki Çıkış suyu örneğinde dölleme oranı % 74.3, düzeltilmiş endeks oranı ise - 18.4 olarak saptanmıştır. Nif Çayı suyu örneğinde ise aynı seyrelmede dölleme oranı % 68.3 olarak belirlenmiştir.

İkinci grup olan % 0,1' lik Giriş suyu örneğinde dölleme oranının ilk konsantrasyona göre daha da düştüğü (%60) gözlenmiştir

ve – 34'lük düzeltilmiş endeks oranına ulaşmıştır. Çıkış suyunda da dölleme oranının negatif kontrol grubu ile karşılaştırıldığında yaklaşık %32,2 oranında azaldığı ve dölleme oranının %58,8 olarak gerçekleştiği gözlenmiştir. Nif çayı suyunda ise dölleme oranı daha da azalmış ve % 48,7 oranına inmiştir (Şekil 3.1).



Şekil 3.1. K1 fabrikası atık sularına 30 dakika süre ile maruz kalan *P. lividus* spermelerinin % Döllemiş Yumurta Değerleri.

Bu çalışmada test edilen en büyük seyrelmede (% 1 seyrelme) de ikinci konsantrasyon grubunda süregelmekte olan azalmanın devam ettiği belirlenmiştir. Giriş suyunda dölleme oranı %47,0, Çıkış suyunda % 58,0 ve Nif suyunda ise % 39,0 olarak tespit edilmiş ve Nif

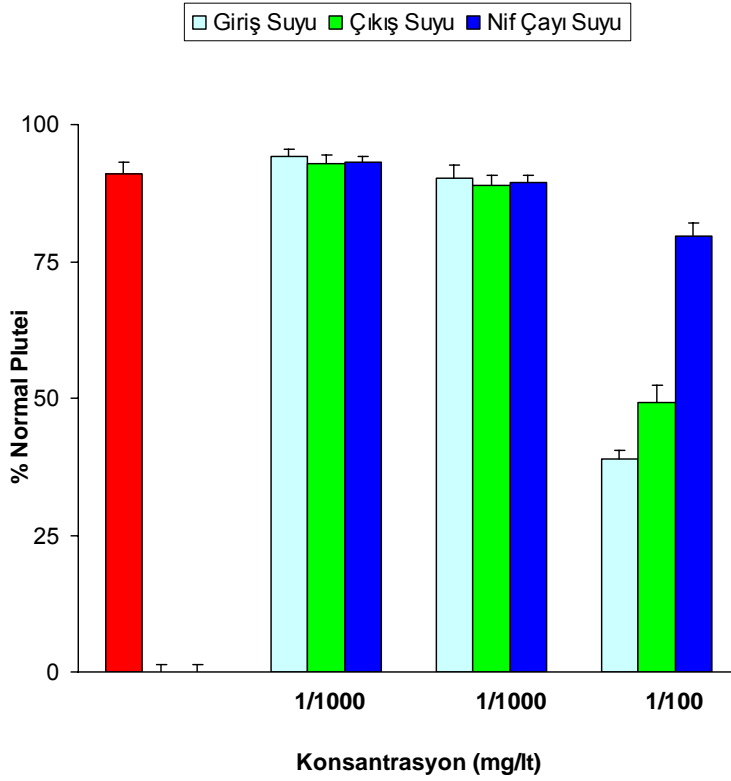
suyu örneğinde DE oranının da – 57’ye yükseldiği ve fertilizasyonu sınırlayıcı etkinin çok fazla arttığı belirlenmiştir.

Çizelge 3.1. K1 fabrikası atık sularına 30 dakika süre ile maruz kalmış *P.lividus* spermelerinin fertilizasyon oranları (FO), düzeltilmiş endeks (DE) değerleri ve Woelke’nin toksisite sınıflandırması değerleri.

| İŞLEM | FERTİLİZASYON ORANI (% FO) | DÜZELTİLMİŞ ENDEKS (DE) | WOELKE’NİN SINIFLANDIRMASI |
|---|----------------------------|-------------------------|----------------------------|
| Kontrol | 91.0 ± 1.7 | | |
| Cd(SO ₄) 2.5x10 ⁻⁴ M | 0.0 ± 0.0 | - 100 | |
| Giriş (1/10000) | 66.2 ± 4.6 | - 27,3 | Az toksik |
| Giriş (1/1000) | 59.8 ± 4.2 | - 34,3 | Toksik |
| Giriş (1/100) | 47.0 ± 4.0 | - 48,4 | Toksik |
| Çıkış (1/10000) | 74.3 ± 4.3 | - 18,4 | |
| Çıkış (1/1000) | 58.8 ± 3.2 | - 35,4 | Toksik |
| Çıkış (1/100) | 58.0 ± 5.0 | - 36,3 | Toksik |
| Nif (1/10000) | 68.3 ± 2.6 | - 25,0 | Toksik |
| Nif (1/1000) | 48.7 ± 5.0 | - 46,5 | Toksik |
| Nif (1/100) | 39.0 ± 4.0 | - 57,1 | Letal eşik |

3.1.2. K2 Fabrikası Spermiyotoksisite Bulguları

K2 Fabrikasının %0,01’lik seyrelme değerlerine baktığımızda kontrol grubunda % 88,0 olan döllenme oranı değerinin Giriş suyunda % 75,7 değerine indiğini görülmüştür. Aynı miktar kullanılarak değerlendirilen Çıkış suyu örneğinde Giriş suyuna oranla döllenme oranında meydana gelen azalmanın daha az olduğu görülmüştür (% 83,7). Bu seyrelmede Nif suyu örneğinde ise döllenme oranı % 69,5’e Düzeltilmiş Endeks değeri ise – 21.0’e inmiştir.



Şekil 3.2. K2 fabrikası atık sularına 30 dakika süre ile maruz kalmış *P.lividus* spermelerinin % Dölllenmiş Yumurta Değerleri

Seyrelme oranı % 0.1' olan Giriş suyu ile yapılan testler sonucunda döllenme oranı önemli bir şekilde azalma göstermiş ve % 64,0 değeri görülmüştür. Aynı seyrelmedeki Çıkış suyu ile yapılan testler sonucunda döllenme oranı % 70,8 olarak gerçekleşmiş, Nif suyunda ise bu oran % 48,5 olarak tespit edilmiştir.

Bu çalışmada test edilen en büyük seyrelme oranında (% 1) ise Giriş suyunda döllenme oranı % 45,0 değerine inmiştir ve Giriş suyu

konsantrasyonları arasında en düşük Düzeltilmiş Endeks değeri ile (Çizelge 3.2) (- 48.9) çok ciddi bir etkinin olduğu görülmüş ve letal eşiğe yaklaşmıştır. Çıkış suyunda da bir önceki konsantrasyona oranla yaklaşık % 20 oranında bir azalma meydana gelmiştir. Nif suyunda da Düzeltilmiş Endeks değerinin – 55.7 olarak saptanması çok önemli bir toksik etkinin varlığı göstermiştir. Test edilen en büyük seyrelme oranında *P.lividus* fertilizasyonu üzerine en fazla toksik etkiye Nif çayı sularının neden olduğu bunu sırası ile Giriş ve Çıkış suları izlediği görülmüştür (Şekil 3.2).

Çizelge 3.2. K2 fabrikası atık sularına 30 dakika süre ile maruz kalmış *P.lividus* spermelerinin fertilizasyon oranları (FO) ve düzeltilmiş endeks (DE) değerleri ve Woelke'nin toksisite sınıflandırma değerleri.

| İŞLEM | FERTİLİZASYON ORANI (% FO) | DÜZELTİLMİŞ ENDEKS (DE) | WOELKE'NİN SINIFLANDIRMASI |
|---|----------------------------|-------------------------|----------------------------|
| Kontrol | 88.0 ± 2.3 | | |
| Cd(SO₄) 2.5x10⁻⁴ M | 0.0 ± 0.0 | - 100 | |
| Giriş (1/10000) | 75.7 ± 3.1 | - 14,0 | Az toksik |
| Giriş (1/1000) | 64.0 ± 2.3 | - 27,3 | Toksik |
| Giriş (1/100) | 45.0 ± 3.0 | - 48,9 | Toksik |
| Çıkış (1/10000) | 83.7 ± 1.8 | - 4,9 | Toksik değil |
| Çıkış (1/1000) | 70.8 ± 3.0 | - 19,6 | Toksik |
| Çıkış (1/100) | 52.0 ± 2.0 | - 40,9 | Toksik |
| Nif (1/10000) | 69.5 ± 4.4 | - 21,0 | Toksik |
| Nif (1/1000) | 48.5 ± 4.3 | - 44,9 | Toksik |
| Nif (1/100) | 39.0 ± 4.0 | - 55,7 | Letal eşik |

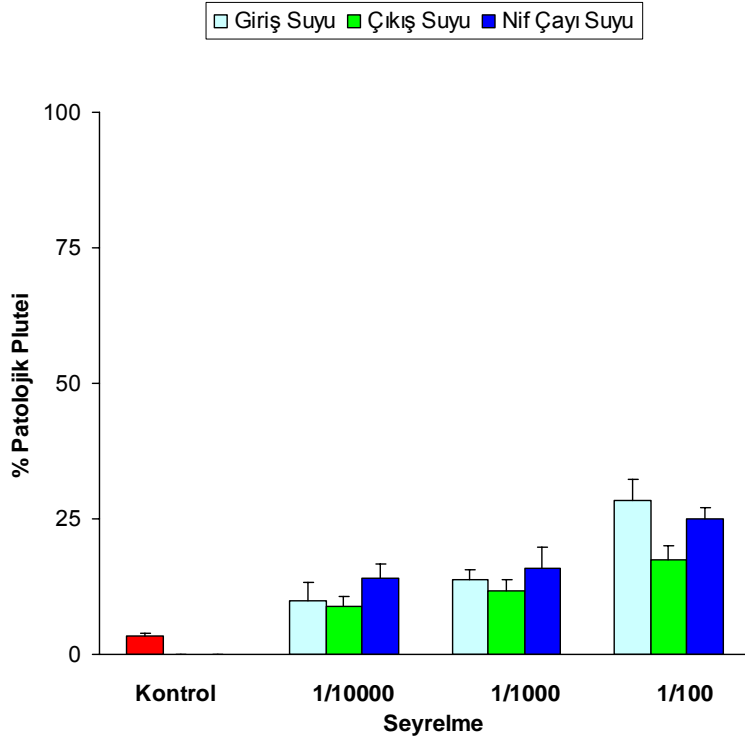
3.2. Embriyotoksisite Bulguları

Kağıt endüstrisi atık sularının *P.lividus* embriyonik gelişimi üzerine olası etkilerini belirleyebilmek için gerçekleştirilen biyotestler döllenmeden 10 dakika sonra başlamış (zigot) ve 72 saat sonra (pluteus) sona ermiştir. Denemeler 6- tekrarlı olarak gerçekleştirilmiş ve her bir tekrardan 100 embriyo ya da larva (toplam 600 birey) mikroskop altında incelenmiş ve gelişim bozukluklarına göre sınıflandırılmışlardır.

3.2.1. K1 Fabrikası Embriyotoksisite Bulguları

K1 endüstrisi numuneleriyle yürütülen embriyotoksisite test bulgularına göre (Çizelge 3.3) atık su konsantrasyonu arttıkça zehirlilik artmış fakat bu artışlar non-linear olarak gerçekleşmiştir. Arıtma sistemine giren ham atık suyu Arıtma Sonrası Çıkış suyuna göre daha toksik bulunmuş ve konsantrasyon arttıkça aradaki fark daha önemli hale gelmiştir. Örneğin, %0.01 seyreltide değişmeden kalan pluteus (N) Giriş suyunda % 80,5 olarak kalırken Çıkış suyunda %88,0 olarak gözlenmiştir. Buna karşılık bu çalışmada test edilen en büyük seyrelti olan % 1 seyreltide ise patolojik embriyo (P1) sayılarında belirgin artışlar gerçekleşmiş (Şekil 3.3) ve buna bağlı olarak değişmeden kalan pluteus sayısı giriş suyunda % 67,8 oranına düşmüştür. Arıtma sonrası çıkış suyunda ise bu oran % 80,3 olarak bulunmuştur. Bu deneme serisinde kontrol grubunda normal pluteus sayısı ortalama %93,6 olarak bulunmuş ve arıtılmış atık suyun *P.lividus* embriyonik gelişimi

üzerine önemli sayılabilecek zararlı etkisinin olmadığı sonucuna varılmıştır.



Şekil 3.3. Embriyogenezis süresince K1 fabrikası atık suyuna maruz kalan *P.lividus* bireylerinde görülen patolojik plutei frekansı (aritmetik ortalama±standart hata)

K1 fabrikası atıklarının boşaldığı Nif Çayı suyu ile gerçekleştirilen embriyotoksisite sonuçları ise K1 Fabrikasının ham atık suları ile elde edilen sonuçlarla çok benzerlik göstermektedir. Nif Çayı sularının % 0,01 oranında seyreltilmesi ile yapılan testler sonucunda *P.lividus* ait embriyoların değişmeden kalan pluteus oranı % 85,5 ve en büyük seyrelme oranında ise bu değer 73,0 olarak bulunmuş ve toksik seviyeye yükselmiştir.

Çizelge 3.3. Embriyogenezis süresince K1 fabrikası atık sularına maruz kalan *P.lividus*'un Embriyonik analizi. (aritmetik ortalama±standart hata). Kısaltmalar N: % Normal pluteus; R: % Prepluteus; P1: % larval bozukluk; P2: % gelişim durması (blastula ve gastrula safhası); D: % ölü larva ya da embriyo; W: Woelke'nin toksisite sınıflandırması.

| MADDE | N | R | P1 | P2 | D | W |
|---|------------|-----------|------------|-------------|-----------|-----------|
| Kontrol | 93.6 ± 0.8 | 0.0 ± 0.0 | 3.3 ± 0.6 | 3.1 ± 0.5 | 0.0 ± 0.0 | |
| Cd(SO ₄) 2.5x10 ⁴ M | 0.0 ± 0.0 | 0.0 ± 0.0 | 0.0 ± 0.0 | 100.0 ± 0.0 | 0.0 ± 0.0 | |
| Giriş(1/10000) | 86.2 ± 2.8 | 0.0 ± 0.0 | 10.0 ± 3.2 | 1.67 ± 0.8 | 3.0 ± 0.8 | Az toksik |
| Giriş (1/1000) | 80.5 ± 1.6 | 0.5 ± 0.5 | 13.8 ± 1.9 | 3.8 ± 0.7 | 1.3 ± 0.6 | Az toksik |
| Giriş (1/100) | 67.8 ± 1.6 | 0.5 ± 0.5 | 28.5 ± 3.7 | 2.5 ± 0.7 | 1.3 ± 0.6 | Toksik |
| Çıkış(1/10000) | 88.0 ± 2.0 | 0.0 ± 0.0 | 8.8 ± 1.9 | 1.7 ± 0.7 | 1.5 ± 1.1 | Az toksik |
| Çıkış (1/1000) | 84.8 ± 2.4 | 0.0 ± 0.0 | 11.7 ± 2.2 | 2.5 ± 0.8 | 0.7 ± 0.5 | Az toksik |
| Çıkış (1/100) | 80.3 ± 2.5 | 0.0 ± 0.0 | 17.5 ± 2.5 | 2.2 ± 0.9 | 0.0 ± 0.0 | Az toksik |
| Nif (1/10000) | 85.5 ± 2.8 | 0.0 ± 0.0 | 14.0 ± 2.6 | 0.5 ± 0.5 | 0.0 ± 0.0 | Az toksik |
| Nif (1/1000) | 81.2 ± 4.2 | 0.0 ± 0.0 | 16.0 ± 3.9 | 2.8 ± 0.9 | 0.0 ± 0.0 | Az toksik |
| Nif (1/100) | 73.0 ± 2.4 | 0.0 ± 0.0 | 25.0 ± 2.0 | 2.0 ± 0.9 | 0.0 ± 0.0 | Toksik |

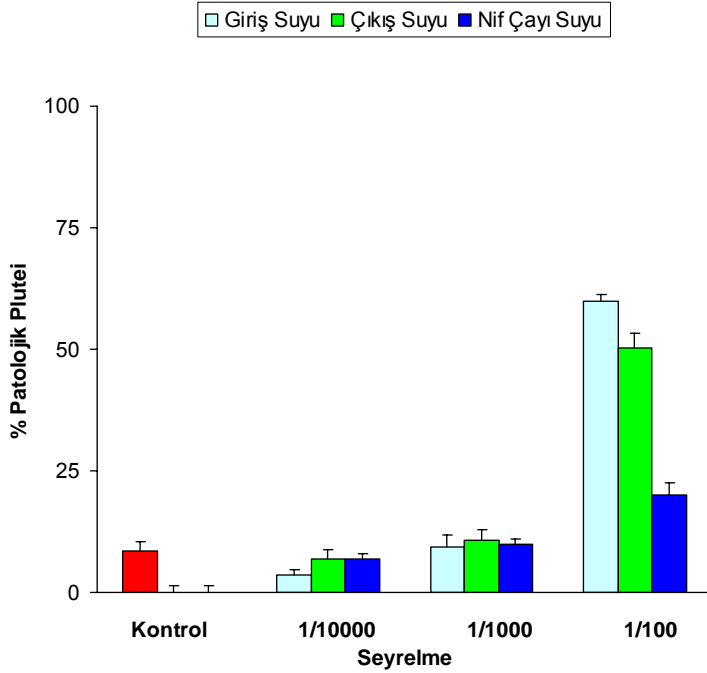
3.2.2. K2 Fabrikası Embriyotoksosite Bulguları

İkinci örnek alınan tesis olan K2 atık su örnekleri *P.lividus* embriyoları ile 72 saat süreyle (zigottan pluteus larval safhasına kadar) maruz bırakılmış ve optimum ortamda gelişmelerine izin verilmiştir. %0.01 seyreltideki Giriş suyunda da normal olarak kalan pluteus oranı %94,2 olarak tespit edilirken Çıkış suyunda bu oran %92,8 olarak belirlenmiştir. Bu seyrelme de yapılan biyotestler sonucunda hem giriş ve hem de çıkış suyunda gelişmesine izin verilen embriyoların

değişmeden kalan oranları kontrol gurubundan daha büyük olmuştur. İstatistiki açıdan pek önemli sayılmasa da burada pozitif yönde ve embriyo kalitesini artıran bir etki görülmüştür (Hormesiz).

% 0.1 seyreltide ise Giriş suyundaki normal pluteus frekansı %90,2 buna karşılık Çıkış suyunda ise bu frekans %88,8 olarak belirlenmiştir. Bu değerlere bakıldığında; bu seyrelmede de Giriş ve Çıkış sularının *P.lividus* erken gelişimi üzerine önemli sayılabilecek bir toksik etkisi görülmemiştir.

En yüksek seyrelme değeri olan %1' lik seyreltide ise iskelet sisteminde bozukluklar olan pluteus (P1) miktarında artmalar gözlenmiştir. Buna bağlı olarak normal pluteus frekansı Giriş suyunda kontrol gurubuna oranla yaklaşık olarak % 50 oranında azalma göstermiş ve toksik etki çevresel açıdan çok önemli sayılan değerlere ulaşmıştır.



Şekil 3.4. Embriyogenezis süresince K2 fabrikası atık suyuna maruz kalan *P. lividus* bireylerinde görülen patolojik plutei frekansı (aritmetik ortalama±standart hata)

K1 fabrikası gibi K2 fabrikasında atık sularını Nif çayı suyuna boşaltmaktadır. Nif çayı sularının embriyotoksisite sonuçlarına bakıldığında en küçük seyrelme oranında normal pluteus frekansı % 93,0 olarak gözlenmiş ve kontrol gurubu ile karşılaştırdığımızda yine pozitif yönde bir etki görülmüştür.

%0,1' lik seyrelme oranında ise Normal pluteus oranı %89,5 olarak bulunmuş ve zararlı olabilecek bir etki görülmemiştir.

En büyük seyrelme oranında (%1) ise normal pluteus %79,5 olarak bulunmuş, patolojik pluteus oranı ise %20,0 oranında görülmüştür (Çizelge 3.4).

Çizelge 3.4. Embriyogenezis süresince K2 fabrikası atık sularına maruz kalan *P.lividus*'un Embriyonik analizi. (aritmetik ortalama±standart hata). Kısaltmalar N: % Normal pluteus; R: % Prepluteus; P1: % larval bozukluk; P2: % gelişim durması (blastula ve gastrula safhası); D: % ölü larva ya da embriyo; W: Woelke' nin toksisite sınıflandırması.

| | N | R | P1 | P2 | D | W |
|---|------------|-----------|------------|-----------|-----------|--------------|
| Kontrol | 91.0 ± 2.0 | 0.0 ± 0.0 | 8.4 ± 2.0 | 0.3 ± 0.2 | 0.0 ± 0.0 | |
| Cd(SO₄) 2.5 x 10⁻⁴ M | 2.0 ± 1.4 | 0.0 ± 0.0 | 93.3 ± 1.5 | 4.7 ± 2.0 | 0.0 ± 0.0 | |
| Giriş (1/10000) | 94.2 ± 1.2 | 0.0 ± 0.0 | 3.7 ± 1.1 | 1.3 ± 0.6 | 0.3 ± 0.3 | Hormesiz |
| Giriş (1/1000) | 90.2 ± 2.4 | 0.0 ± 0.0 | 9.3 ± 2.5 | 0.2 ± 0.2 | 0.0 ± 0.0 | Toksik değil |
| Giriş (1/100) | 39.0 ± 1.5 | 0.0 ± 0.0 | 59.8 ± 3.1 | 1.2 ± 0.8 | 0.0 ± 0.0 | Letal eşik |
| Çıkış(1/10000) | 92.8 ± 1.7 | 0.0 ± 0.0 | 6.8 ± 1.9 | 0.2 ± 0.2 | 0.0 ± 0.0 | Hormesiz |
| Çıkış (1/1000) | 88.8 ± 2.0 | 0.0 ± 0.0 | 10.8 ± 2.0 | 0.3 ± 0.3 | 0.0 ± 0.0 | Toksik değil |
| Çıkış (1/100) | 49.3 ± 3.0 | 0.0 ± 0.0 | 50.2 ± 3.1 | 0.5 ± 0.2 | 0.0 ± 0.0 | Toksik |
| Nif (1/10000) | 93.0 ± 1.1 | 0.0 ± 0.0 | 6.8 ± 1.0 | 0.2 ± 0.3 | 0.0 ± 0.0 | Hormesiz |
| Nif (1/1000) | 89.5 ± 1.2 | 0.0 ± 0.0 | 10.0 ± 1.1 | 0.5 ± 0.3 | 0.0 ± 0.0 | Toksik değil |
| Nif (1/100) | 79.5 ± 2.5 | 0.0 ± 0.0 | 20.0 ± 2.5 | 0.5 ± 0.3 | 0.0 ± 0.0 | Az toksik |

3.3. Kimyasal Bulgular

25687 sayılı Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği'nin 'Selüloz, Kâğıt, Karton ve Benzeri Sanayilerin Atık Sularının Alıcı Ortama Deşarj Standartları'na göre bu çalışmaya konu olan kâğıt

endüstrilerinden K-1 Fabrikası Tablo 13.8 (Selüloz, Kâğıt, Karton ve Benzer Sanayi-Yüzey Kaplamalı, Dolgulu Kâğıt)'e, K2 Fabrikası ise Tablo 13.7 (Selüloz, Kâğıt, Karton ve Benzer Sanayi-Saf Selülozdan Elde Edilen Çok İnce Dokulu Kâğıt)'e göre yorumlanmaktadır. Alıcı Ortama Deşarj Standartlarının belirtildiği tablolara göre Kompozit numuneler için sadece Kimyasal Oksijen İhtiyacı ve Çökelebilir Katı Madde standartlarını sağlanması gerekmektedir. Ancak biz bu çalışmamızda öncelikle standartlarca bakılması gereken bu iki parametreyi yorumladık daha sonra da bazı ağır metaller, Askıda Katı Madde, Balık Biyodenyi ve pH gibi fiziksel, kimyasal ve biyolojik parametrelere de yer verilmiştir.

Her iki kâğıt fabrikasının deşarj edildiği alıcı ortam olan Nif Çayı Suyunda ise 25687 sayılı Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği'nin Tablo 1'de belirtilen "Kıta içi Su Kaynaklarının Sınıflarına Göre Kalite Kriterleri" tablosundaki parametrelerden bu çalışma için önem arz eden ve kâğıt fabrikası atık sularında da bakılan özellikler dikkate alınarak seçilmiş ve İZSU tarafından ölçülmüş değerler biyotestlerde karşılaştırma olanağı vermesi ve yoruma katkıda bulunacağı için yer verilmiştir (IZSU, 2006).

3.3.1 K1 Fabrikası Kimyasal Bulgular

Tüm kimyasal analizler standart metotlara göre yapılmıştır (APHA 1998). K1 Fabrikası için yapılan Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOI) analizi sonucunda KOI değeri Giriş suyunda 13,2 mg/lit, Çıkış suyunda ise 10,7 mg/lit olarak kaydedilmiştir. Bu değerler, Su Kirliliği

Kontrolü Yönetmeliği'ne göre kompozit numuneler için belirlenmiş Alıcı Ortam Deşarj Standardı olan 75 mg/lt' nin oldukça altındadır.

Çöktürme Metodu yöntemi ve İmhoff Hunisi kullanılarak tespit edilen Çökelebilir Katı Madde miktarı Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliğine göre alıcı ortam deşarj standartları içinde yer almaktadır. Çökelebilir Katı Madde değeri arıtım öncesi Giriş suyunda 15 mg/lt iken Çıkış suyunda 6 mg/lt değerine inmiştir. Ancak standartlara göre Anlık Numuneler için kabul edilebilir limit olan 0,5 mg/lt' nin oldukça üstündedir.

Diğer parametrelerden biri olan Askıda Katı Madde (AKM) Giriş değeri 444,2 mg/lt iken arıtım sonrası Çıkış suyunda bu değer oldukça azalmıştır ve 61,8 mg/lt değerine inmiştir.

Cd, Cu, Cr⁺⁶, Pb, Fe, Zn ve Toplam Krom miktarı ölçümleri sonucunda Giriş ve Çıkış sularındaki metal değerlerinde önemli bir azalma gözlenmemiştir. En büyük değişim Giriş suyundaki değeri 0.01 mg/lt olan Cu' da gözlenmiştir ve arıtım sonrası Çıkış suyunda değeri 0.001 mg/lt olarak tespit edilmiştir. Cr⁺⁶ değeri de Giriş suyunda 0.01 mg/lt iken Çıkış suyunda saptama limitlerinin altında bulunmuştur.

K1 fabrikası atık suları ile yapılan balık biyodenyeleri sonucunda ne Giriş ne de Çıkış suyunda yetiştirilen balıklarda ölüm gözlenmiştir (Çizelge 3.5).

K1 fabrikası atık sularında pH değeri Giriş suyunda 8.00, Çıkış suyunda ise 7.82 olarak ölçülmüş ve önemli bir değişiklik bulunmamıştır.

Çizelge 3.5. Kimyasal değerleri ile K1 fabrikası Giriş ve Çıkış sularının değerleri ve Alıcı Ortama Deşarj Standartları.

| Parametreler | Konsantrasyon (Giriş) | Konsantrasyon (Çıkış) | Alıcı Ortama Deşarj Standardı |
|---------------------------------|-----------------------|-----------------------|-------------------------------|
| Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOI) | 13.2 mg/lt | 10.56 mg/lt | 75 mg/lt (Kompozit Numune) |
| Askıda Katı Madde (AKM) | 444.2 mg/lt | 61.8 mg/lt | - |
| Kadmiyum (Cd) | 0.03 mg/lt | 0.01 mg/lt | - |
| Bakır (Cu) | 0.01 mg/lt | 0.001 mg/lt | - |
| Çökebilir Katı Madde | 15 mg/lt | 6 mg/lt | 0,5 mg/lt (Anlık Numune) |
| Krom (Cr ⁺⁶) | 0.01 mg/lt | - | - |
| Toplam Krom | 0.07 mg/lt | 0.04 mg/lt | - |
| Kurşun (Pb) | 0.74 mg/lt | 0.60 mg/lt | - |
| Demir (Fe) | 0.07 mg/lt | 0.05 mg/lt | - |
| Çinko (Zn) | 0.004 mg/lt | 0.002 mg/lt | - |
| Balık Biyodeneyi (ZSF) | ölmedi | ölmedi | - |
| pH | 8.00 | 7.82 | - |

3.3.2. K2 Fabrikası Kimyasal Bulgular

25687 sayılı Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği'nin öngördüğü Alıcı Ortam Deşarj Standartlarına göre Kompozit numuneler için 120 mg/lt olan KOI değeri arıtım öncesi giriş suyunda 1464 mg/lt' dir ki bu değer standartların yaklaşık 12 katı kadar daha fazladır. K2 fabrikası

Çıkış suyunda ise KOI değeri 316,8 mg/l'te inmiştir ancak yine de standart limitlerin çok üstünde kalmıştır (Çizelge 3.6).

K2 fabrikası arıtmaya Giriş suyunda 325 mg/l, Çıkış suyunda ise 2 mg/l olan Çökebilir Katı Madde miktarı anlık numuneler için belirlenen 0,5 mg/l' nin üstünde kalmaktadır.

Askıda Katı Madde (AKM) miktarı da Giriş suyunda 585,2 mg/l iken arıtım sonrası Çıkış suyunda 69,4 mg/l değerine inmiştir ancak önemli bir parametre olan AKM için yönetmeliğimizde deşarj standartları arasında yer almamaktadır.

Cd, Pb, Zn, Al gibi metallerin analizi sonucunda K1 fabrikasında olduğu gibi giriş ve çıkış suları arasında çok önemli farklılıklar olmamıştır.

pH metre kullanılarak ölçülen pH değeri ise Giriş suyunda 7.05 iken Çıkış suyunda 7.68'e yükselmiştir.

Lepistes Balık Yöntemi ile yapılan Balık Biyodeneyi (ZSF) sonucunda Giriş suyu kullanıldığında balıkların öldüğü ancak arıtım sonrası Çıkış suyunda balıkların ölmediği gözlenmiştir.

Çizelge 3.6. Kimyasal değerleri ile K2 fabrikası Giriş ve Çıkış sularının değerleri ve Alıcı Ortama Deşarj Standartları.

| Parametreler | Konsantrasyon (Giriş) | Konsantrasyon (Çıkış) | Alıcı Ortama Deşarj Standardı |
|---------------------------------|-----------------------|-----------------------|-------------------------------|
| Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ) | 1464 mg/l | 316.8 mg/l | 120 mg/l (Kompozit Numune) |
| Kadmiyum (Cd) | 0.18 mg/l | 0.18 mg/l | - |
| Kurşun (Pb) | 1.81 mg/l | 1.43 mg/l | - |
| Çinko (Zn) | 0.28 mg/l | 0.20 mg/l | - |
| Alüminyum (Al) | 0.20 mg/l | 0.10 mg/l | - |
| Çökelebilir Katı Madde | 325 mg/l | 2 mg/l | 0,5 mg/l (Anlık Numune) |
| Askıda Katı Madde (AKM) | 585.2 mg/l | 69.4 mg/l | - |
| Balık Biyodeneyi (ZSF) | öldü | ölmedi | - |
| pH | 7.05 | 7.68 | - |

3.3.3. Nif Çayı Kimyasal Bulgular

Her iki kâğıt fabrikasının arıtılmış atık sularının deşarj edildiği Nif çayı suyunda İZSU tarafından rutin ve periyodik olarak yapılan araştırma sonuçları ve bu sonuçların 5687 sayılı Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği'nde belirtilen "Kıtaıçi Su Kaynaklarının Sınıflarına Göre Kalite Kriterleri"ne göre sınıflandırılması Çizelge 3.7' de verilmiştir. Tablodan da açıkça görüldüğü gibi Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliğine göre hemen hemen ölçülen tüm parametreler genel olarak III ve IV. kalitedeki su sınıfında yer almaktadır. Yönetmeliğe göre kıtaıçi yüzeysel suların kalitelerine göre Sınıf III "Kirli suya", Sınıf IV ise "Çok kirlenmiş "suya tekabül etmektedir.

Analizi yapılan inorganik kirlenme parametrelerinden özellikle Pb, Toplam Krom, Zn, Hg, Cd, Fe, Ni, Al ve Toplam Fosfor değerleri standartların oldukça üzerindedir ve tespit edilen değerlere göre hepsi çok kirlenmiş su limitlerindedir.

nemli parametrelerden biri olan Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı (BOİ) 150 mg/l olarak ölçülmüştür ve bu değerle kıtaıi yüzey suyu olan Nif ayı çok kirlenmiş su sınıfına girmektedir. Yine benzer şekilde 246 mg/l olarak llen KOİ değeri de standartlara göre 70 mg/l' yi geçtiği için IV. Sınıf su değerine denk gelmektedir. Arıtımda çok fazla değişime uğramayan yağ ve gres değeri de 13 mg/l ile çok kirlenmiş su sınıfına dahil olmaktadır ki yağ ve gres için bu sınıfa dahil olma alt limiti 0.5 mg/l' dir. Bu limit yağ ve gres oranının istenen limitlerin ne kadar üstünde olduğunun göstergesidir.

Azot değerlerine bakıldığında Amonyum azotu, Nitrit azotu ve Nitrat azotu değerlerinin çok küçük olduğu sonucuna varılır ve Nif ayı suyu bu değerler ile yüksek kaliteli su sınıfına girdiği görülmüştür.

Çizelge 3.7. Nif Çayı sularının Kimyasal Analiz Değerleri (İZÇEV, 2006) ve Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği'nde belirtilen “Kıtaiçi Su Kaynaklarının Sınıflarına Göre Kalite Kriterleri” tablosuna göre sınıflandırılması.

| PARAMETRE | NİF II KÖPRÜSÜ | SU KALİTE SINIFI |
|---|-------------------|---------------------|
| Klorür (mg Cl ⁻ /L) | 200 | II |
| Sülfat (mg SO ₄ ⁻² /L) | 90 | I |
| Kurşun (Pb) (µgPb/L) | 500 | IV |
| Toplam Krom (µg Cr/L) | 220 | III |
| Çinko (Zn) (µg Zn/L) | 570 | IV |
| Cıva (Hg) (µg Hg/L) | 14 | III |
| Kadmiyum (Cd) (µg Cd/L) | 20 | IV |
| Bor (B) (µg B/L) | 400 | I |
| Demir (Fe) (µg Fe/L) | 1870 | III |
| Nikel (Ni) (µg Ni/L) | 370 | IV |
| Alüminyum (Al) (mg Al/L) | 2,04 | IV |
| Toplam Fosfor (mg P/L) | 1,2 | IV |
| Askıda Katı Madde (AKM) | 299 | - |
| Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı (BOİ) (mg/L) | 150 | IV |
| Amonyum Azotu (mgNH ₄ ⁺ -N/L) | 0 | I |
| Nitrit Azotu (mg NO ₂ ⁻ -N/L) | 0 | I |
| Nitrat Azotu (mg NO ₃ ⁻ -N/L) | 0,5 | I |
| Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ) (mg/L) | 246 | IV |
| Sodyum (mg Na ⁺ /L) | 155 | I |
| Yağ ve Gres (mg/L) | 13 | IV |
| Sıcaklık | 19,06 | I |
| pH | 8,0 | I |
| Çözünmüş Oksijen | 7,1 | II |
| Bulanıklık | 21 | II |

4. SONUÇ VE TARTIŞMA

Bu çalışma farklı şekillerde üretim yapan ve birbirinden farklı arıtım sistemlerine sahip olan iki farklı kağıt fabrikasının *P. lividus*'un erken gelişimi üzerine olası toksik etkilerini belirlemek amacıyla yapılmıştır.

Spermilerin belli oranlarda fabrikalardan alınan atık su örneklerine maruz bırakılması ile yapılan fertilizasyon başarısı denemelerinde doza bağlı olarak monotonik bir eğilim gözlenmiştir. İki fabrikanın giriş ve çıkış sularında gözlenen bu eğilim Nif çayı suyunda da benzer şekilde gerçekleşmiştir. Atık su miktarı arttıkça fertilizasyon başarı yüzdesi azalmış ve çok belirgin bir doz-cevap ilişkisi gözlenmiştir.

Çizelge 3.1 ve Çizelge 3.2' den açıkça görüleceği gibi iki farklı özellikte kağıt fabrikası atık suları ile yapılan fertilizasyon başarı deneyleri sonucunda her iki fabrikanın arıtılmış atık sularının bile *P.lividus* spermelerinin fertilizasyon başarısını azalttığı bulunmuştur. Seyrelme oranı arttıkça spermiyotoksik etki giderek artmış ve popülasyonu etkileyecek çok ciddi seviyeye ulaşmıştır. Örnek olarak K1 fabrikası atık suları ile yapılan denemeler sonucunda kontrol grubunda % 91,0 olan fertilizasyon başarısı yüzdesi Çıkış numunesinin % 1'lik seyrelmesinde % 58,0 değerini elde edilmiştir ki bu konsantrasyonda *P. lividus*' un fertilizasyon başarısı üzerinde sınırlayıcı etkisi oldukça artmıştır. K2 numuneleri ile yapılan spermiyotoksisite denemeleri sonucunda ise K1 fabrikası değerlerine

benzer sonuçlar bulunmuştur. Kontrol grubunda % 88,0 fertilizasyon başarısı gözlenirken K2 Fabrikası giriş suyunun % 1'lik seyrelmesinde gözlenen değer % 52,0'dır. Aynı sınırlayıcı etkinin K2 fabrikasında da söz konusu olduğu görülmektedir. Bunlara ilave olarak Nif çayı numunesinin % 1 oranında seyreltilmesi ile yapılan denemeler sonucunda fertilizasyon başarı yüzdesi 39,0 olarak bulunmuştur. Bu değer Nif çayı sularının kirliliğinin ne kadar ciddi boyutlarda olduğunun bir göstergesidir.

Spermiyotoksisite denemeleri sonucunda iki fabrikanın da fertilizasyon başarısı oranlarına karşılaştırdığımızda aralarında çok önemli farklar olmamakla birlikte ilk iki seyrelmede K1 fabrikasının K2 fabrikasından daha toksik özellik sergilediği buna karşılık en büyük seyrelmede ise spermiyotoksik etkinin K2 fabrikasında daha fazla olduğu bulunmuştur.

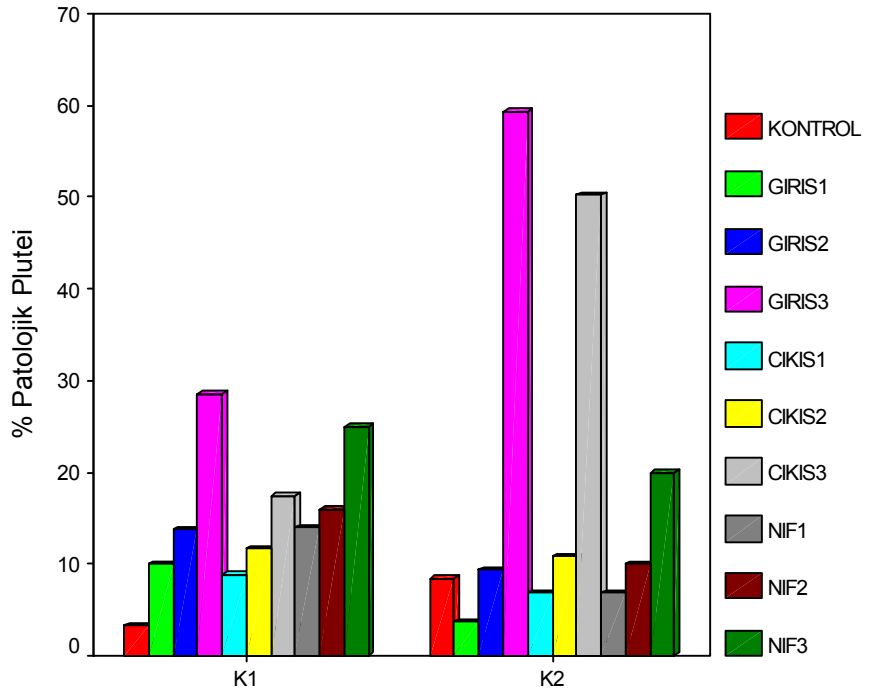
Kağıt fabrikası atık suları ile yapılan Embriyotoksisite denemeleri sonucunda iki kağıt fabrikası arasında farklılıklar gözlenmiştir. Her iki kağıt fabrikası atık suları deniz keşanesi embriyonik gelişim kalitesini seyrelme oranı arttıkça azaltmaktadır. Fakat bu etki K 1 fabrikasında monotonik olarak gerçekleşirken, K2 fabrikasında non-monotonik bir eğilim göstermiştir. Şöyle ki; *P.lividus* ile yapılan embriyotoksisite sonuçlarına göre K1 fabrikasının %0.01'lik seyrelmedeki çıkış örneğinde değişmeden kalan plutei (normal embriyo=N) yüzdesi % 88,0 ve larval bozukluğa sahip plutei (P1) yüzdesinin de % 8,8 olduğu bulunmuştur. Bu değer kontrol grubunda elde edilen %93,6 normal embriyo ve % 3,3 patolojik plutei

değerlerinden düşüktür. Buna ilave olarak embriyoksisitenin atık su seyrelme oranı büyüdükçe artığı görülmüştür. % 0.1 'lik seyrelmede P1, %11,7 olarak bulunmuşken % 1' lik seyrelmede %17,5 olarak gerçekleşmiştir. Oral ve arkadaşları tarafından yine *P.lividus* ile deri fabrikası atık sularında yapılan zehirlilik araştırmaları sonucunda çok farklı sonuçlar bulunmuştur. Deri fabrikası arıtılmış atık sularının % 1 seyrelmesi ile % 100 erken safhada ölüm gözlenmiştir ki, bu bizi deri fabrikası atık sularının kağıt fabrikası atık sularından çok daha fazla toksik olduğu sonucuna götürmüştür (Oral ve ark., 2004).

K2 fabrikası atık suları ile yapılan embriyotoksisite sonuçları K1 fabrikasına oranla daha toksik özellikler sergilemiştir (Şekil 4.1). Bu denemelerde kontrol gurubunda normal pluteus larvası yüzdesi 91,0 olarak gerçekleşmiştir. Buna karşılık K2 fabrikası hem giriş ve hem de çıkış suyunun en küçük seyrelmesi ile yapılan denemeler sonucunda bulunan değerler kontrol gurubundan daha fazla bulunmuştur. Şöyle ki; normal pluteus larvası yüzdesi giriş suyunda 94,2 ve çıkış suyunda 92,8 olarak bulunmuştur. Burada pozitif yönde iyileştirici bir etki söz konusu olmuştur. Seyrelme oranı artıkça etki negatif yöne kaymıştır. Örneğin, normal plutei değeri % 0.1'lik seyrelmede % 88,8 olarak bulunmuştur. En büyük seyrelmede (% 1) ise normal plutei değeri % 49,3'e düşerken patolojik plutei değeri % 50,2'ye yükselmiştir.

K2 fabrikası ile yapılan *P. lividus* ile yapılan embriyotoksisite denemelerinin sonucunda hem giriş hem de çıkış suyunun en küçük seyrelme oranlarında normal pluteus larvası oranları kontrol grubundan daha büyük olmuştur ve bu istatistiki olarak çok önemli sayılmasa da

pozitif yönde ve embriyo kalitesini artıran bir hormetik etkinin var olduğunu göstermiştir. Bu hormetik etkinin varlığı daha önce yapılan çalışmalarla benzerlik göstermesi nedeniyle önemli bir sonuçtur (Oral, 1997; De Nicola *et al.*, 2004). Yapılan literatür araştırmaları sırasında Echinidae familyası bireyleri üzerine kağıt endüstrisi atıklarının toksisitesinin değerlendirildiği çalışmaya rastlanmamıştır. Ancak deniz kestanesi kullanılarak diğer endüstriler ile yapılan çalışmalardan deri endüstrisi ile De Nicola *et al.* (2004) tarafından gerçekleştirilen denemenin sonuçları bizim verilerimizle benzerlik göstermektedir. Aynı non-monotonik doz-cevap ilişkisi bu denemede kullanılan test canlılarından hem deniz kestanelerinde (*Sphaerechinus granularis* ve *Paracentrotus lividus*) ve hem de alglerde (*Dunaliella tertiolecta* ve *Selenastrum capricornutum*) gözlenmiştir. Bu çalışmada kontrol gurubu sub-optimal denilen seviyede (normal plutei yüzdesi 50-70) tutulsaydı hormetik etkiyi daha belirgin olarak görmek mümkün olacaktı. Geleneksel olarak tüm denemelerde kontrol gurubunda normal plutei yüzdesinin 80'in üzerinde (optimal) olması istenmektedir. Bundan sonraki çalışmaların kontrol gurubunu sub-optimal seviyede tutularak da gerçekleştirilmesi gerektiği ve çevre üzerine olası etkinin daha gerçekçi olarak ortaya konması açısından önem taşımaktadır.



Şekil 4.1. K1 ve K2 fabrikalarının patolojik plutei değerlerinin karşılaştırılması.

Doza bağlı olarak fazlalaşan toksik etki burada bir doz-cevap ilişkisinin olduğunu gösterir ki bu deniz kestanesi ile yapılan diğer denemelerin sonuçları ile de benzerlik göstermektedir (Oral, 1997; Pagano, 2001; Çakal, 2005). Gözlenen bu doz-cevap ilişkisi, deniz kestanesinin diğer endüstri atıklarının toksik etkilerinin araştırılmasında uygun bir test canlısı olduğunu göstermektedir. Aynı zamanda deniz kestanesinin erken safhadaki etkilerin ne olduğunu gösterme özelliği sayesinde de bireylerin yüzde kaçının yaşama şansının olduğu ve populasyon gelişimini nasıl etkilediği kolaylıkla gözlenebilmektedir.

Çünkü canlıların erken gelişim safhalarının kirleticilere karşı erginlere oranla daha hassas cevaplar verdiği birçok yayında belirtilmiştir.

Kağıt endüstrisi tüm endüstri dalları arasında su kullanımında birinci sıradadır ve bir ton kağıt üretimi için 440 ton su kullanılmaktadır (Öztürk, 2005). Bu nedenle bu çalışmada elde edilen sonuçlar bu atıkların çok küçük miktarları ile gerçekleştirildiği düşünüldüğünde bu etkinin çevrede nasıl gerçekleşeceğini tahmin etmek hiç de zor değildir. Ayrıca bu kimyasalların birikme özelliği ve çevrede bulunan diğer kimyasallarla oluşturduğu kompleks karışımların etkisinin de bu çalışmada bulunan değerlerden daha fazla olacağı kesindir. Örneğin bizim test ettiğimiz her iki kağıt fabrikası da Nif Çayı'na deşarj edilmektedir. Çizelge 3.7 Nif Çayı sularının fizikokimyasal kompozisyonu göstermektedir ki; bu çizelge incelendiğinde çok sayıda kirletici madde içerdiği ve Su Kirliliği ve Kontrolü Yönetmeliğinde belirtilen “ Kıtaiçi su kaynaklarının sınıflarına göre kalite kriterleri tablosuna göre çoğunlukla IV. ya da V. sınıflara dahil edilmektedir. Bu kirleticilere kağıt fabrikası atıkları da dahil edildiğinde fizikokimyasal kompozisyonun değişeceği ve buna bağlı olarak da biyota üzerine etkilerin de farklılaşacağı muhakkaktır.

Genel olarak baktığımızda *P. lividus* ile her iki kağıt fabrikası atık suları ile yapılan denemeler sonucunda spermiyotoksik etkinin embriyotoksik etkiden daha fazla olduğu sonucuna varılmaktadır. Bu da bize kağıt fabrikası atık sularının *P. lividus* spermlerinin aktivasyonunu etkilediğini ancak yumurtalarda döllenme sonrası oluşan

fertilizasyon zararının kirletici maddelerin embriyoya ulaşmasını bir süre de olsa engellediğini göstermektedir.

Bu çalışmanın sonuçlarına göre iki kağıt fabrikasının atık sularının fizikokimyasal kompozisyonları arasında çok belirgin farklar bulunmuştur (Çizelge 4.1). Yapılan fizikokimyasal analizler sonucunda atık su deşarj standartları açısından bakılması gereken en önemli kriter olan Kimyasal Oksijen İhtiyacı değeri iki fabrika arasında çok büyük farklılık göstermektedir. K1 fabrikasında 10.56 mg/lt olan KOI değeri K2 fabrikasında 31 kat daha fazla (316.8 mg/lt) Ölçülmüştür. Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliğinin “Kıtaçi su kaynaklarının sınıflandırılması” tablosuna göre de elde edilen bu KOI değerleri K1 fabrikası için I. sınıf suya girmektedirken K2 fabrikası değeri IV. sınıf sulara girmektedir. Bizim değerlendirmemize göre atık sularda bulunan organik madde miktarının deniz kestanesi erken gelişimi üzerine etkilerin oluşmasında en önemli parametredir. Benzer sonuçlar Oral ve arkadaşları tarafından İzmir İç Körfeze dökülen derelerin *P. lividus* üzerine etkilerinin araştırıldığı çalışmada rapor edilmiştir. Bu çalışmada dere sedimentlerinin organik madde içeriği ile bu derelerin *P.lividus* embriyonik gelişimi üzerine toksik etkisi arasında çok güçlü korelasyon bulunmuştur (Oral ve ark., 2006)

K2 fabrikasında Al değeri 0.10 mg/lt iken K1 fabrikasında Al değerine rastlanmadığı görülmektedir. Bunun nedeninin K2 fabrikasının kağıt üretimi sırasında kağıt makinesine gelen hamura eklediği alüminyum sülfat ve arıtım sisteminin dengeleme ve terfi havuzu aşamasında koagülant madde olarak ilave edilen

$Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$ 'dir. K1 fabrikasında da rastlanan Fe oranının K2 fabrikasında hiç gözlenmemesinin nedeni de arıtım aşamasında koagülant madde olarak kullandıkları $FeSO_4$ olduğu düşünülmektedir. Daha önce yapılan araştırmalarda bu miktarlardaki alüminyum ve demirin deniz kestanesi ve midyelerin erken gelişimi üzerine toksik etkisi olmadığı görülmüştür (Pagano et al., 1996).

Yapmış olduğumuz çalışmada Cr^{+6} metali içeriği saptanmıştır ancak bu oran (0.04 mg/l) Oral (2004) tarafından deri endüstrisi atıkları ile ilgili olarak yapılan araştırmada bulunan Cr^{+6} değerine (8.82 mg/l) göre oldukça azdır. Bu nedenle bu orandaki Cr^{+6} 'nın deniz kestanesi embriyolojik gelişimi üzerinde olumsuz bir etkisinin olamayacağı düşünülmektedir.

Atık su deşarj kriterlerinden birisi olan Balık Biyodenyi (ZSF) denemeleri sonucunda hiçbir seyreilmeye uğramamış olan atıksular kullanılarak yapılan denemeler sonucunda hiçbir canlının ölmediği ancak deniz kestanesi ile yapılan denemeler sonucunda en küçük konsantrasyonlarda bile K1 fabrikası için Çıkış suyunda patolojik plutei (P1) değerinin %10,0, K2 fabrikasında ise aynı konsantrasyondaki Çıkış suyunda P1 değerinin % 6,8 olduğunu görürüz. Bu veriler bize canlıların erken gelişim safhalarının erginlerine oranla daha hassas cevaplar verdiğini bir kez daha kanıtlamaktadır.

Çizelge 4.1. Atık su örneği alınan K1 ve K2 fabrikalarının Çıkış suları ile Nif çayı suyu kimyasal parametrelerinin karşılaştırılması.

| Parametreler | K1 Fabrikası Çıkış Suyu Değerleri (mg/l) | K2 Fabrikası Çıkış Suyu Değerleri (mg/l) | Nif Çayı Suyu Değerleri (mg/l) |
|---------------------------------|---|---|---------------------------------------|
| Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ) | 10.56 | 316.8 | 246 |
| Askıda Katı Madde (AKM) | 61.8 | 69.4 | 299 |
| Kadmiyum (Cd) | 0.01 | 0.18 | 0.02 |
| Bakır (Cu) | 0.001 | - | - |
| Çökebilir Katı Madde | 6 | 2 | BAKILMADI |
| Toplam Krom | 0.04 | - | 0.22 |
| Kurşun (Pb) | 0.60 | 1.43 | 0.50 |
| Demir (Fe) | 0.05 | - | 1.87 |
| Çinko (Zn) | 0.002 | 0.20 | 0.57 |
| Balık Biyodeneyi (ZSF) | ÖLMEDİ | ÖLMEDİ | BAKILMADI |
| pH | 7.82 | 7.68 | 8.0 |
| Alüminyum (Al) | - | 0.10 | 2.04 |

Bu çalışmada deniz kestanesi erken gelişimi üzerine her iki fabrikanın da ham atık sularının arıtılmış atık sulardan daha fazla spermiyotoksik ve embriyotoksik etkilere neden olduğu bulunmuştur ki bu arıtmanın çevresel açıdan ne kadar önemli olduğunu göstermektedir. Ülkemizde arıtma tesisi bulunan sanayi tesislerinin sayısının ne kadar az olduğu düşünüldüğünde çevresel bozulmanın daha hızlı gerçekleşmesi kaçınılmazdır. Türkiye Devlet İstatistik Enstitüsü tarafından yapılan anket kapsamında değerlendirilen 58 organize sanayi bölgesinin % 15,5'inin atıksu deşarj izninin olduğu, bu oranın 2000 ve 2001 yılları için sırasıyla %17 ve %15 olduğu tespit edilmiştir. Organize Sanayi Bölgesi'nde yapılan araştırma sonuçlarına göre organize sanayi bölgelerinde atıksular yoğunluklu olarak biyolojik arıtma ile arıtılmaktadır. Organize Sanayi Bölgelerinden kaynaklanan atıksular (evsel+endüstriyel) ortak arıtma tesisinde arıtılmaktadır. 2000 yılında yapılan anket kapsamında yer alan organize sanayi bölgelerinin % 21'i, 2001 yılında % 24'ü ve 2002 yılında ise % 27,59'unun arıtma tesisi kullandığı belirlenmiştir (DİE, 2000).

Bu çalışma kağıt fabrikası atık sularının hem hormetik hem de toksik olmak üzere gerçek çevresel etkilerini göstermesi açısından önemlilik arz etmektedir. Bundan sonraki ekotoksikolojik çalışmalara yön verirken toksik etkinin yanında hormetik etkinin olup olmadığının da araştırılması da planlanmalıdır ki kirleticilerin biyota üzerine olan gerçek etkisi ortaya konabilsin, açıklanabilsin.

5. ÖNERİLER

Yapılan denemeler sonrası elde edilen sonuçlara göre kağıt endüstrisinden kaynaklanan kirliliği yok etmek ya da en azından azaltmak için şu öneriler göz önünde bulundurulmalıdır.

- Kağıt fabrikasında kullanılan materyale ve kağıt yapımı sırasında kullanılan proseslere göre uygun arıtımın yapılması,
- Çevresel açıdan su kullanımı konusunda ilk sırada olan bu endüstri dalının atıksularının alıcı ortama deşarj standartlarının yeniden uygun şekilde gözden geçirilmesi ve fabrikaların bu deşarj standartlarına uygunluğunun sağlanması,
- Deşarj standartları arasında yer alan balık biyodenyinin yanı sıra denizel ortamı temsil eden canlılarında toksisite denemelerinde kullanılmasının sağlanması,
- Deniz keşanesi ile yapılan denemeler sonucunda elde edilen kontrol seviyesi sub-optimal seviyede tutularak çevresel açıdan en az toksik etki kadar önemli olan hormetik etkinin araştırılması,

gerekmektedir.

KAYNAKLAR DİZİNİ

- Anonymus, 2005.** Science, Technology & Health Hazards of Incineration. Dioxin facts sheet. <http://www.noharm.org>. December, 2005.
- Anonymus, 2006.** Environmental guidelines. Export-Import of the us. <http://www.exim.gov/products/policies/enviroment/envtbl2.cfm>. December, 2006.
- Anonymus, 2006.** <http://www.newleafpaper.com/ecopaper.html>. May, 2006.
- APHA, AWWA, WPC, 1992.** Standard methods for the examination of water and wastewater, 16th Edition, Washington D.C., USA.
- Artüz, M. I., 1968.** Türkiye denizlerinde rastlanan deniz kestaneleri (Echinoidea), Balık ve Balıkçılık, XVI:1-8.
- Connor, P. M., 1972.** Acute toxicity of heavy metals of some marine larvae, *Marine Pollution Bulletin*, 3:190-192.
- Czihak, G., 1975.** The sea urchin embryo. In biochemistry and morphogenesis (G.Czihak (Ed.)), New York, *Springer-Verlag*, 700 pp.
- Çakal Ö., 2005.** Nonilfenol, Oktilfenol ve Bisfenol'ün Deniz Kestanesi (*Paracentrotus lividus*) Embriyo Gelişimi Üzerine Etkileri. Doktora Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir 128-130.
- Çevre ve Orman Bakanlığı, 2004.** Çevresel Etki Değerlendirmesi Yönetmeliği, 16 Aralık 2004 Tarih ve 23028 Sayılı Resmi Gazete.

KAYNAKLAR DİZİNİ (Devam)

- De Nicola, E., Gallo, M., Iaccarino, M., Meriç, S., Oral, R., Russo, T., Sorrentino, T., Tünay, O., Vuttariello, E., 2004.** Hormetic versus toxic effects of vegetable tannin in a multitest study, *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 46, 336-344.
- DİE, 2000.** Devlet İstatistik Enstitüsü, Yıllık Sanayi ve Çevre İstatistikleri, 2000.
- Fisher, W. L. and Bauchot et M. Schneider (rédacctteurs), 1987.** Fishes FAO D'identifications des espèces pour les besoins de la peché. (Revision 1). Méditerranée et mer noire. Zone de peche 37. Volume I. *Végétaus et Invertébrés*. Publication prepare par la FAO, resultat d' un accord entre la FAO et la Commision des Communautés Européennes (Project GCP/INT/422/EEC) financée conjointment par ces deux organization. Rome, FAO, Vol. 1:760 p.
- Geller, G., 2000.** Relationship between summarizing chemical parameters like AOX, TOC, TN_b and toxicity tests for effluents from the chemical production, *Bulletin Enviromental Contamination Toxicology*. 65: 508-513.
- Giudice, G., 1973.** Development biology of the sea urchin embryo, New York, *Academic Press*, 4669 pp.
- Graillet, C., 1994.** Utilisation de l' embryon d'oursin pour l' etude des mécanismes cellulaires de molécles tératogènes, *These De doctorat En Toxicologie Fondamentale Et Appliquee*. Universite De Paris 7.
- Hörstadius, S., 1973.** Experimental Embryology of Echinoderms, *Oxford University Press*, Ely House, London W. 1., 192 pp.

KAYNAKLAR DİZİNİ (Devam)

- İZSU Genel Müdürlüğü, 2006.** Gediz havzasının İzmir Büyükşehir Belediyesi sınırları içinde kalan kirlilik etüdü projesi, İZSU-Sumer-2006.
- Karpuzcu, M., Kınacı, C., Şeneş, Ş., 1984.** Endüstriyel atıksuların kontrol ve kısıtlama esasları projesi, Kağıt hamur ve kağıt endüstrisi projesi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Basımevi*, 1984.
- Koçak, H., 2006.** Türk kağıt-karton sanayi ve Asya krizi, *T.C. Başbakanlık Dış Ticaret Müsteşarlığı Basımevi*, Ankara. 1-10.
- Kungolos, A., Petala, M., Tsiridis, V., Hadjispirou, S., Samaras, P., and Sakellaropoulos, G. P., 2002.** Toxic properties of metals and organotin compounds and their interactions on *D. Magna* and *V. Fisheri*, *6th International Conference on Protection and Restoration of the Enviroment*, Skiathos Island, Greece, Vol 2: 816-823 pp.
- Meriç, S., Nicola, E. D., Iaccarino, M., Gallo, M., Gennaro, A. D., Morrone, G., Warnau, M., Belgiorno, V., and Pagano, G., 2005.** Toxicity of leather tanning wastewater effluents in sea urchin early development and in marine microalgae, *Chemosphere*, 61 (2005) 208-217.
- Nosonov, N. V., 1969.** Echinodermata, Echinoidea. Vol. 1., 221-229.
- Oral, R., Uysal, H., 1996.** İzmir Körfezi'ne dökülen bazı akarsuların su ve sedimentinin neden olduğu mitotik bozukluklar, *XIII. Ulusal Biyoloji Kongresi*, 17-20 Eylül 1996, İstanbul, 146-157.
- Oral, R., 1997.** Selenat, Selenit ve Seleno-Dl- metionin'in *Paracentrotus lividus* L. Üzerine embriyotoksik ve genotoksik etkilerinin araştırılması, Doktora Tezi, 99s. Ege Üniversitesi, İzmir.

KAYNAKLAR DİZİNİ (Devam)

- Oral, R., Meriç, S., Tünay, O., Nicola, E. De., Petruzzelli, D., and Pagano, G., 2004.** Multi-species toxicity monitoring in a chromium-based leather tannery wastewater, *Proceeding of the 9th International Conference on Enviromental Science and Technology*, Rhodes Island, Greece. 1-3.
- Oral, R., 2006.** An assessment of sediment quality at the streams flowing into Izmir bay, Aegean sea, Turkey, *Pakistan Journal of Biological Sciences*, (in press)
- Özaydın, O., Katağan, T., Ünsal, S., 1995.** The echinoderms of the Turkish seas, *Israel Journal of Zoology*, 41: 57-68.
- Öztürk, M., 2005.** Kullanılmış kağıtların geri kazanılması ve kullanılmış kağıttan kağıt üretimi, *Çevre ve Orman Bakanlığı*, Ankara. 1-24.
- Pagano, G., Cipollaro, M., Corsale, G., Esposito, A., Ragucci, E., Giordino, G. G., Trief, N. M., 1986.** The sea urchin: Bioassay for the assesment of damage from enviromental contaminants, Community Toxicity Testing, ASTM STP 920, John Cairns, Jr., Ed., *American Society for Testing and Materials*, Philadelphia, 66-92.
- Pagano, G., Anselmi, B., Dinnel, P. A. Esposito, A., Guida, M., Iaccarino, M., Melluso, G., Pascale, M., and Trieff, N. M., 1993.** Effects on sea urchin fertilization and emryogenesis of water and sediment from two rivers in Campania, Italy, *Archives of Enviromental Contamination and Toxicology*, 25: 20-26.

KAYNAKLAR DİZİNİ (Devam)

Pagano, G., His, E., Beiers, R., De Biase, A., Korkina, L. G., Laccarino, M., Oral, R., Quiniou, F., Warnau, M., Trieff, N. M., 1996. Cytogenetic, developmental and biochemical effects of aluminium, iron and their mixture in sea urchins and mussels, *Archives of Enviromental Contamination and Toxicology*, 3: 466-474.

Pagano, G., Meriç, S., De Biase, A., Iaccarino, M., Petruzzelli, D., Tünay, O., and Warnau, M., 2001. Toxicity of bauxite manufacturing by-products in sea urchin embryos, *Ecotoxicology and Enviromental Safety*, Enviromantal Research, Section B, 51: 28-34.

SEKA, 2005. Türkiye Kağıt Sanayi Sektörü Genel Durumu, 3-7.

Selüloz İş., 2006. Kağıt-karton sanayiinin Dünya ve Türkiye’de ki yeri, Türkiye Selüloz, Kağıt ve Mamülleri İşçileri Sendikası. 1-5.

Stebbing, A. R. D., Akesson, B., Calabrese, A., Gentile, J. H., Jensen, A., and Llyod, R., 1980. The role of bioassays in marine pollution monitoring. Bioassay panel report, *Reports et Proces-Verbaux des Réunionis du Conseil Internationel pour l’Exploration de la Mer*, 179: 322-332.

Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği, 2004. Farklı endüstriler için alıcı ortama deşarj standartları 25687 Sayılı Resmi Gazete. *Lebib Basımevi*, Ankara, 31 Aralık 2004

Şengül, F., 1989. Endüstriyel atıksuların özellikleri ve arıtılması. Dokuz Eylül Üniversitesi Mimamlık Fakültesi Yayınları, MMF/ÇEV-89 EY 172.

Şengül, F., Türkman, A., 1998. Su ve Atıksu Analizleri, *TMMOB Çevre Mühendisleri Odası*, İzmir.

KAYNAKLAR DİZİNİ (Devam)

- Ünsal, S., 1973.** Ege Denizi Türkiye karasularında yaşamakta olan derisi dikenliler (Echinodermata) üzerine bio-ekolojik araştırmalar. Doktora tezi, 137 s., Ege Üniversitesi, İzmir.
- Vatova, A., 1950.** Gli Echinodermi della Laguna, Venetta, *Nova Thalassia, Italia*, 1. (7): 1-13.
- Warnau, M., Pagano, G., 1994.** Developmental toxicity of PbCl₂ in the Echinoid *Paracentrotus lividus* (Echinodermata), *Bulletin of Enviromental Contamination and Toxicology*. Vol. 67, pages 106-112.
- Woelke, C. E., 1965.** Bioassay with bivalve larvae, *Rep. Pac. Mar. Fish. Comm.* 18: 33-35.
- Zavodnik, D., 1987.** Synopsis on the sea urchin *Paracentrotus lividus* (Lamarck, 1816) in the Adriatic Sea, Coleque international sur *Paracentrotus lividus* et les oursins comestibles, C. F. BOUDOURESQUE edit., *GIS Posidonie publ.*, Marseille, Fr., 221-224.

6. ÖZGEÇMİŞ

Başak BEYAZKAYA 1982 yılında BALIKESİR ilinin Gönen ilçesinde doğmuş, ilköğrenimini 5. sınıfa kadar Amasya ilinde okumuş, geri kalan orta ve lise öğrenimini de Kırklareli ilinin Lüleburgaz ilçesinde tamamlamıştır. 2000 yılında kazandığı Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi'nde lisans öğrenimine aynı yıl başlamış ve 2004 yılında mezun olmuştur.

Aynı sene Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'ne kayıt yaptırmış ve yine aynı sene yüksek lisans eğitimine başlamıştır. Halen Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünün kayıtlı öğrencisidir.