

# DOFEBD

DOĞU FEN BİLİMLERİ DERGİSİ  
JOURNAL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES OF EAST

Vol/Cilt: 3

Issue/Sayı: 2

Year/Yıl: 2020

ISSN 2667-6958



**HAKKARI ÜNİVERSİTESİ FEN  
BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ DOĞU  
FEN BİLİMLERİ DERGİSİ**



Yılda 2 kez yayımlanır.

<https://dergipark.org.tr/tr/pub/dfbd>

[dofebd@hakkari.edu.tr](mailto:dofebd@hakkari.edu.tr)

**Sahibi**

Prof. Dr. Ömer PAKIŞ  
Rektör

**Sorumlu Müdür**

Doç. Dr. Can YILMAZ

**Editörler**

Dr. Öğr. Üyesi Metin ERTAŞ  
[metinertas@hakkari.edu.tr](mailto:metinertas@hakkari.edu.tr)

Dr. Öğr. Üyesi Erkan AZİZOĞLU  
[erkanazizoglu@hakkari.edu.tr](mailto:erkanazizoglu@hakkari.edu.tr)

Dr. Öğr. Üyesi Mehmet Macit ERTUŞ  
[mehmetmacitertus@hakkari.edu.tr](mailto:mehmetmacitertus@hakkari.edu.tr)

**Mizanpajcı**

Dr. Öğr. Üyesi Metin ERTAŞ

**Editör Kurulu**

Doç. Dr. Can YILMAZ  
Dr. Öğr. Üyesi Erkan AZİZOĞLU  
Dr. Öğr. Üyesi Mehmet Macit ERTUŞ

Doç. Dr. Mehmet Sait TAYLAN  
Dr. Öğr. Üyesi Melek ERDEK  
Dr. Öğr. Üyesi Metin ERTAŞ

**Alan Editörleri**

Prof. Dr. Mehmet Nuri BODUR  
Doç. Dr. Şevket ŞİMŞEK  
Doç. Dr. Hakan GÜNDOĞMUŞ  
Doç. Dr. Abdulahad DOĞAN  
Dr. Öğr. Üyesi Şule YÜCELBAŞ  
Dr. Öğr. Mustafa Emre AKÇAY  
Dr. Öğr. Üyesi Melek ERDEK  
Dr. Öğr. Üyesi Erkan AZİZOĞLU

Dr. Öğr. Üyesi Şengal BAĞCI TAYLAN  
Dr. Öğr. Üyesi Muzaffer MÜKEMRE  
Dr. Öğr. Üyesi Metin ERTAŞ  
Dr. Öğr. Üyesi Gülistan KAYA GÖK  
Dr. Öğr. Üyesi Mehmet YURDERİ  
Dr. Öğr. Üyesi Selçuk EŞSİZ  
Dr. Öğr. Üyesi Emrah ÇELİK

**Sekreter**

Cemalettin BUĞUTEKİN

## İÇİNDEKİLER

### Sayfa

Streptozotosin (STZ) İle Diyabet Oluşturulan Sıçanlarda Zakkum ( <i>Nerium oleander</i> L.) Çiçek Ekstresinin Akciğer ve Dalak Dokularında Antioksidan ve İmmünotoksik Etkilerin Araştırılması Investigation of the Antioxidant and Immunotoxic Effects of Oleander ( <i>Nerium oleander</i> L.) Flower Extract on Lung and Spleen Tissue on STZ- Induced Diabetes in Rats <b>Abdulahad DOĞAN, İsmail ÇELİK</b> .....	73
17 $\beta$ -Ethinylestradiol ve 4- <i>n</i> -Nonilfenol'e Maruz Bırakılan İnci Kefali ( <i>Chalcalburnus tarichi</i> , Pallas 1811) (Cyprinidae)'nin Hepatositlerinde Sitokrom P4501A'nın İmmunohistokimyasal Boyanmasındaki Değişimler Alterations in the Immunohistochemical Staining of Cytochrome P4501A in the Hepatocytes of <i>Chalcalburnus tarichi</i> (Pallas 1811) (Cyprinidae) Exposed to 17 $\alpha$ -Ethinylestradiol and 4- <i>n</i> -Nonylphenol <b>Burak Kaptaner, Güler Ünal</b> .....	83
Güneş Enerji Santralleri Kurulum Aşamasında Alınacak Olan İş Sağlığı ve Güvenliği Önlemleri Occupational Health and Safety Measures To Be Taken During The Installation Phase of Solar Power Plants <b>Burak ACAR, İbrahim SÖNMEZ</b> .....	95

## Streptozotosin (STZ) İle Diyabet Oluşturulan Sıçanlarda Zakkum (*Nerium oleander* L.) Çiçek Ekstresinin Akciğer ve Dalak Dokularında Antioksidan ve İmmünotoksik Etkilerin Araştırılması

Abdulahad DOĞAN<sup>1\*</sup>, İsmail ÇELİK<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Eczacılık Fakültesi, Biyokimya Anabilim Dalı, Van, Türkiye

<sup>2</sup>Moleküler Biyoloji ve Genetik Bölümü, Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Van, Türkiye

\*e-mail: abduhaddogan@yyu.edu.tr

ORCID ID: A.Dogan: <https://orcid.org/0000-0002-5438-8560>, I.Celik: <https://orcid.org/0000-0003-2199-6348>

Geliş tarihi/Received: 18/07/2020

Kabul tarihi/Accepted: 02/09/2020

### Özet

Bu çalışmada streptozotosin (STZ) ile diyabet oluşturulan sıçanlarda zakkum (*N. oleander* L.) çiçeği etanolik liyofilize ekstre (Nole)'nin akciğer ve dalak dokularındaki antioksidan ve immünotoksik etkileri araştırıldı. Toksikite testi yapıldıktan sonra 49 adet sıçan 7 gruba ayrıldı. Gruplar, kontrol, Nole-50 mg/kg, DM, DM+ Glibenklamid (Gly) -3 mg/kg, DM+Nole-25 mg/kg, DM+Nole-75 mg/kg ve DM+Nole-225 mg/kg grubu şeklinde oluşturuldu. Yirmi bir günlük tedavi sonrası anestezide alınan sıçanlardan alınan akciğer ve dalak doku supernatantlarında malondialdehid (MDA) içeriği, redükte glutasyon (GSH) düzeyi, glutasyon S-transferaz (GST), glutasyon redüktaz (GR), katalaz (CAT), glutasyon peroksidaz (GPx), süperoksid dismutaz (SOD), myeloperoksidaz (MPO) ve adenosin deaminaz (ADA) aktiviteleri ölçüldü. Elde edilen bulgulara göre, akciğer ve dalak MDA düzeyi DM grubunda diğer gruplara göre anlamlı artışlar gösterdi ( $P<0.05$ ). DM grubu GSH düzeyi ise kontrol gruplarına göre anlamlı düşüş gösterdi. Akciğer GPx aktivitesi Nole ile tedavi edilen gruplarda, DM grubuna göre anlamlı artış gösterdi. Akciğer MPO aktivitesi DM, DM+Gly ve DM+Nole-25 gruplarında kontrol grubuna göre anlamlı artış gösterirken, DM+Nole-225 grubu MPO düzeyi kontrol gruplarına yakın bulundu. Dalak MPO düzeyi tüm tedavi gruplarında kontrol grubuna göre anlamlı artış gösterirken DM+Gly ve DM+Nole-225 gruplarında ise DM grubuna göre anlamlı düşüş gösterdi. Akciğer ADA düzeyi DM ve DM+Gly gruplarında kontrol gruplarına göre anlamlı artış gösterirken yüksek dozlu gruplar (75 ve 225 mg/kg) ise düşük tedavi doz (25 mg/kg) grubuna göre anlamlı düşüşler gösterdi. Dalak ADA aktivitesi ise yüksek dozlu tedavi gruplarında (75 ve 225 mg/kg) Nole-50, DM+Gly ve DM+Nole-25 mg/kg gruplarına göre düşük bulundu. Elde edilen sonuçlara göre zakkum çiçeği ekstresi genel olarak 75 ve 225 mg/kg dozlarında kullanımının lipidperoksidasyonunu düşürücü, antioksidan ve anti-immünotoksik aktivitelere sahip olabileceği sonucuna varılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Zakkum (*N.oleander*), Diyabet, Antioksidanlar, İmmünotoksik etki, Sıçan

### Investigation of the Antioxidant and Immunotoxic Effects of Oleander (*Nerium oleander* L.) Flower Extract on Lung and Spleen Tissue on STZ-Induced Diabetes in Rats

#### Abstract

The present study investigated the antioxidant and immunotoxic effects of lyophilized extract (Nole) obtained from oleander (*Nerium oleander* L.) in lung and spleen on STZ-induced diabetes in rats. After the toxicity test, 49 rats were divided to 7 groups. The groups were stated following: Groups,

Control, Nole-50 mg/kg, DM, DM+ Glibenclamide (Gly) -3 mg/kg, DM+Nole-25 mg/kg, DM+Nole-75 mg/kg and DM+Nole-225 mg/kg. After the twenty one days treatment period, malondialdehyde (MDA) content, glutathione (GSH) levels, and the activities of glutathione S-transferase, glutathione reductase (GR), catalase (CAT), glutathione peroxidase (GPx), superoxide dismutase (SOD), myeloperoxidase (MPO), adenosine deaminase (ADA) were evaluated in lung and spleen supernatants obtained from anesthetized rats. According to the our results, the MDA levels of DM group in lung and spleen were significantly ( $P<0.05$ ) increased compared to the other groups. In DM group of GSH levels were decreased compared to the control groups. The GPx activities in lung were increased in DM+Nole-25 mg/kg, DM+Nole-75 mg/kg and DM+Nole-225 mg/kg groups compared to the DM group. Whereas lung MPO activities were significantly increased in DM, DM+Gly ve DM+Nole-25 groups compared to the control group, lung MPO activity of DM+Nole-225 was close to that of control group. Spleen MPO activities of all treatment groups were increased compared to the control group however spleen MPO activities of DM+Gly and DM+Nole-225 groups were significantly decreased compared to the DM group. Lung ADA activities were increased in DM and DM+Gly groups ompared to the control group whereas lung ADA activities of high dose groups (75 and 225 mg/kg) were significantly decreased compared to the low dose group (25 mg/kg). Spleen ADA activities of high dose treatment groups (75 and 225 mg/kg) were significantly diminished compared to the Nole-50, DM+Gly and DM+Nole-25 mg/kg groups. According to our results, oleander flower extract at the doses of 75 and 225 mg/kg caused to the decrease in lipid peroxidation and also it was concluded that this extract has antioxidant and anti-immunotoxic properties.

**Keywords:** Oleander (*Nerium oleander*), Diabetes, Antioxidants, Immunotoxic effect, Rat

## Giriş

Diabetes mellitus (DM), pankreasın Langerhans adacıklarındaki  $\beta$ - hücrelerinden insülin salınımının azlığı/mutlak eksikliği veya glikozun hücre içine taşınmasında görevli glikoz taşıyıcıların (GLUT) glikoza olan ilgisinin azlığı/yokluğu sonucu dolaşımdaki açlık kan glikoz düzeyinin  $\geq 126$  mg/dL olması ile karakterize endokrinolojik ve metabolik bir bozukluktur. DM'nin başlamasında ve ilerlemesinde artmış serbest oksijen radikallerinin ve lipid peroksidasyonun rolü vardır (Dogan ve ark., 2015; Doğan ve Çelik, 2016). Oksidatif strese en duyarlı yapılardan  $\beta$  hücrelerinde gözlenen hasarın, hipergliseminin toksik etkilerinden kaynaklandığı düşünülmektedir (Robertson ve ark., 2004). Hidrojen peroksidin ( $H_2O_2$ ), yüksek reaktiviteye sahip bir ROS ürünü olan hidroksil ( $OH\cdot$ ) radikaline dönüşmesi sonrası insülin reseptör sinyal sistemi üzerinde etkili olduğu ve insülin tarafından reseptör aracılığı ile düzenlenen sinyal transdüksiyon yollarında önemli rol oynayabileceği vurgulanmıştır (Houslay, 1991). DM karbohidrat, lipit ve protein metabolizmasını olumsuz etkileyerek (Doğan ve Çelik, 2016) doku ve organlarda istenmeyen biyokimyasal, morfolojik ve fonksiyonel değişikliklere neden olmaktadır. Uzun süreli hiperglisemik durum nöropati, nefropati, kardiyovasküler ve serebrovasküler komplikasyonlar (Strojek, 2003) kılcal kan damarları, kalp, sinir, böbrek, göz ve nihayetinde organ yetmezliği ve ölüm ile sonuçlanabilmektedir (Huang ve ark., 2005).

İmmünotoksik parametrelerinden adenozin deaminaz (ADA) yapısal geni 20. kromozomda olan ADA1 ve ADA2 olmak üzere 2 fonksiyonel formu bulunan adenosinin inosine dönüşümünü katalizleyen bir enzimdir (Reçper, 2007). Adenozin deaminaz (ADA)'nın esas biyolojik fonksiyonu lenfositlerde immun fonksiyonların azalmasına yol açan adenozin, deoksiadenozin trifosfat (dATP) ve deoksiadenozin difosfat'ın (dADP) toksik etkilerinden lenfositleri korumaktır (Senesi, 1990). Vücuda herhangi bir şekilde giren yabancı bir ajana karşı mücadele eden ve onu etkisiz hale

getirmeye çalışan bağışıklık sisteminin etkili enzimlerinden biri miyelo peroksidaz (MPO) enzimidir. MPO, (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> oksidoredüktaz) tanımlanmış 3 tipi (I, II ve III) bulunan memeli nötrofillerinin granüllerinde yer alan bir enzimdir ve fagosite edilmiş bakterilerin öldürülmesinde önemli rol oynar.

Sentetik antidiyabetik ilaçlar yerine, doğal ürünlerin iyileştirici gücünü kullanım yolları gün geçtikçe tüm dünyada artmaktadır. Fonksiyonel gıdalar kendi özel bileşenleri yoluyla hastalıklardan koruyucu veya tedavi edici etkiye sahip olduğu bilinmektedir. Zakkum (*Nerium oleander* L.) Apocynaceae familyasında yer alan çok yıllık zehirli bir bitki türü olup, dünyanın pek çok bölgesinde yayılışı olan, bahar ve yaz mevsimlerinde pembemsi çiçekler açan mızraklı yapraklara ve bakla şeklinde meyvelere sahiptir (Baytop ve ark., 1989). Zakkum'un yapısında bulunan neriin, oleandrin ve diğer digitoksin benzeri glikozitler kardiyak bozuklukların tedavisinde kullanılırken, oleandrinin ise kardiyookaktif ve diüretik etkiye sahip olduğu bildirilmiştir (Ergun, 1992). *N.oleander* antioksidan, antidiyabetik, antinosiseptif, antikanser, antienflamatuar, antiastmatik, antilösemi, antibakteriyel, antidiyareik, antimikrobiyal, hepatoprotektif, diüretik, immünomodülatör ve larvisidal (Hase ve ark., 2016) ve antihemoliz etkilere sahiptir (Dogan, 2020). *N.oleander* bitki infüzyonları cüzzam, kalp yetmezliği, hazımsızlık, sıtma, saçkıran, düşük tedavisinde, zihinsel hastalıklarda halk hekimliğinde yaygın olarak kullanılmaktadır (Bandara ve ark., 2010; Botelho ve ark., 2017).

Bu çalışmada *N.oleander* bitki çiçeği etanolik liyofilize ekstresinin üç farklı dozunun (25, 75 ve 225 mg/kg), pozitif kontrol grubu olarak kullanılan oral antidiyabetik ilaç olan glibenklamid (3 mg/kg) ile kıyaslanarak diyabetik ratların akciğer ve dalak dokularında lipid peroksidasyonu, antioksidan belirteçler ve immünotoksik parametreler üzerindeki etkilerinin araştırılması amaçlanmıştır.

## Materyal ve Yöntem

### Bitki Meteryali ve Ekstre Hazırlanması

Zakkum (*N.oleander* L.) bitki çiçekleri 2016 Temmuz ayında Doç. Dr. Abdulahad DOĞAN tarafından Mardin'nin Dargeçit ilçesi yöresinden toplandı. Toplanan bitki örneği Doç. Dr. Süleyman Mesut tarafından teşhis edildi. Teşhis edilen bitki örneği Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Herbaryum (VANF)'da saklandı (Herbaryum no: 164212). Etanolik liyofilize ekstre hazırlanması Dogan ve ark. (2015) metodunda yapılan bazı değişikliklere göre hazırlandı.

### Kimyasal Maddeler ve Kısaltmalar

Streptozotosin (STZ), Süperoksid dismutaz (SOD) enzim kiti (Ransod, SD125), Glutasyon peroksidaz (GSH-Px) enzim kiti (Ransel, RS504), Redükte glutasyon (GSH), Okside glutasyon (GSSG), Bütillenmiş hidroksitolüen (BHT),Tiyobarbitürik asit (TBA), 5-5'-Ditiobis 2- nitrobenzoik asit (DTNB), Hidroksi metil amino metan (Tris), Hidroklorik asit (HCl), Sodyum sülfat (Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>), Beta Nikotinamid Adenindinükleotit fosfat (NADPH), Metafosforik asit (HPO<sub>3</sub>), Triklor asetik asit (TCA), Sodyum klorür (NaCl), Sodyum hidroksit (NaOH), Disodyum hidrojen fosfat (Na<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub>), Sodyum dihidrojen fosfat (NaH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>), Etilen diamin tetra asetik asit (EDTA), Sodyum sitrat

(Na<sub>3</sub>C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>O<sub>7</sub>), Sulfosalisilik asit (SSA), disodyum karbonat (Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>), Etanol, Ketamin (%10 luk), Glibenklamid (Gly), 2-(4-iodophenyl)-3-(4-nitrophenol)-5-phenyltetrazolium chloride (INT).

## Deney Hayvanı

Çalışmamızda Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Deney Hayvanları Ünitesinden temin edilen 2-5 aylık, 200-350 gr ağırlığındaki 18+49=67 adet erkek rat (*Wistar albino*) kullanıldı. Ratların 18 tanesi akut toksisite testi için kullanılırken, geri kalan 49 tanesi ise her grupta 7 sıçan olacak şekilde kronik çalışmada kullanıldı. Ratlar 25±1 °C oda sıcaklığında 12 saat aydınlık/12 saat karanlık ışık periyodunda standart plastik kaplarda, *ad libitum* olarak beslenmeleri sağlandı. Yapılan çalışmada parametrelere olumsuz etki edecek faktörlerin en aza indirilmesi için gerekli bütün önlemler alındı.

## Toksisite Testi ve Deney Uygulaması

Deneye başlamadan önce kullanılan bitki ekstraktının olası toksik etkilerinin belirlenmesi için 18 adet rat toksisite testinde kullanılmıştır. Onsekiz adet hayvan 6 grup (n=3) olarak (OECD, 2002) düşük dozdan yüksek doza doğru (20, 100, 250, 500, 1000 ve 2000 mg/kg) gavaj yolu ile bitki ekstresine maruz bırakıldı. Uygulamanın, 0.5, 2., 4., 8., 24., 48., 72., 96. ve 120., saatlerinde olası klinik ve toksikolojik semptomlar, belirlendi. Toksisite testi sonrasında, kronik çalışmada uygulanacak dozlar tespit edildi. Yirmibir günsürdürülen çalışmada 49 adet sıçan aşağıdaki gibi her grupta 7 sıçan olacak şekilde gruplandırıldı.

**1. Kontrol grubu:** Ratlar *ad libitum* beslendi ek bir uygulama yapılmadı.

**2. *Nerium oleander* (Nole -50 mg/kg) grubu:** Ratların *ad libitum* beslenmelerine ek olarak günde tek doz Nole (50 mg/kg) ekstre gavaj ile verildi.

**3. Diabetes mellitus (DM) grubu:** Ratların *ad libitum* beslenmelerine ek olarak streptozotosin (STZ) [Belirlenen STZ miktarı 0.1 M soğuk sitrat tamponu (pH:4.5) içinde çözündürüldü] ile canlı ağırlıklarına göre tek doz (50 mg/kg, intraperitoneal) yapıldı (Dogan ve ark., 2015). STZ verilen ratların açlık kan glukoz değerleri 72 saat sonra Accu-Chek Go (Roche) strip ile ölçüldü ve 200 mg/dL üzerindeki açlık kan glukoz değerleri diyabet olarak kabul edildi.

**4. Diabetes mellitus + glibenklamid (DM+Gly -3 mg/kg) grubu:** Ratların *ad libitum* beslenmelerine ek olarak günde tek doz Gly (3 mg/kg) gavaj ile verildi (Rabbani ve ark., 2010).

**5. Diabetes mellitus + *N.oleander* (DM+Nole -25 mg/kg, ekstre) grubu:** Ratların *ad libitum* beslenmelerine ek olarak günde tek doz NO-25 (25 mg/kg, ekstre) gavaj ile verildi.

**6. Diabetes mellitus + *N.oleander* (DM+Nole -75 mg/kg, ekstre) grubu:** Ratların *ad libitum* beslenmelerine ek olarak günde tek doz NO-75 (75 mg/kg, ekstre) gavaj ile verildi.

**7. Diabetes mellitus + *N.oleander* (DM+Nole -225 mg/kg, ekstre) grubu:** Ratların *ad libitum* beslenmelerine ek olarak günde tek doz NO-225 (225 mg/kg, ekstre) gavaj ile verildi.

## Kan ve Doku Örneklerinin Alınması

Uygulama sonunda sıçanlar %10'luk ketamin ile anesteziye tabi tutuldu. Daha sonra akciğer ve dalak dokuları fizyolojik suyla yıkandı ve analizlerin yapılacağı

zamana kadar derin dondurucuda (-80 °C) muhafaza edildi. Homojenizasyon tamponu (0.32 mol/L sukroz, 1mmol/L EDTA, 10nm/L Tris HCl (pH 7.4) kullanılarak 9500 rpm'de 30 dk boyunca santrifüj edilmesi ile elde edilen doku supernatantları, süperoksit dismutaz (SOD), glutatyon peroksidaz (GPx), glutatyon S-transferaz (GST), glutatyon redüktaz (GR) ve katalaz (CAT), immün sistemin indikatör enzimleri olan adenozin deaminaz (ADA) ve miyeloperoksidaz (MPO) aktiviteleri ve GSH ile MDA ölçümlerinde kullanıldı.

### **Antioksidan, İmmünotoksik ve MDA Düzeyinin Okunması**

İndirgenmiş glutatyon (GSH) sülfidril gruplarının DTNB (5,5'-2-ditiobis nitrobenzoik asit) ile reaksiyonu sonucu oluşan sarı rengin, köre karşı 412 nm'de ölçülmesiyle tespit edildi (Beutler ve ark, 1963). Glutatyon S-Transferaz (GST) aktivitesi glutatyonun 1-chloro-2,4-dinitrobenzene (CDNB) bağlanma şiddetinin 340 nm dalga boyunda spektrofotometrik olarak ölçülmesi ile belirlendi (Mannervik ve Guthenberg, 1981). (Mannervik ve Guthenberg, 1981). Glutatyon redüktaz (GR) aktivitesi 340 nm'de NADPH'nin absorbansındaki azalış esasına dayanan, Carlberg ve Mannervik'in (1975) geliştirmiş oldukları metoda göre yapıldı. Glutatyon peroksidaz (GPx) aktivitesi Paglia ve Valentine (1971)'nin geliştirmiş oldukları GSH'in kümen hidroperoksid ile glutatyon oksidasyonunun GPx katalizleme esasına dayalı metoda göre gerçekleştirildi. Superoksit dismutaz (SOD) aktivitesi: ksantin ve ksantin oksidaz kullanılarak süperoksit radikalının INT ile kırmızı boya formuna dönüşümünden sonra SOD tarafından bu reaksiyonun inhibisyon derecesi ile ölçülerek tespit edildi (McCord ve Fridovich, 1969). Doku süpernatant adanozin deaminaz (ADA) aktivitesi Giusti (1974)'ye göre yapıldı. Miyeloperoksidaz (MPO) aktivite ölçümü Bradley ve ark (1982) tarafından geliştirilen yöntemine göre yapıldı. Doku lipid peroksidasyon ürünü olan malondialdehid (MDA) seviyesi, tiyobarbitürik asit (TBA) reaktifi ile meydana gelen menekşe renk oluşumunun 532 nm'de spektrofotometrik ölçüme dayalı metoda göre yapıldı (Jain ve ark., 1989).

### **İstatistiksel Analiz**

Çalışmada elde edilen verilerin istatistik analizinde Minitab 14 paket programı kullanılmıştır. Gruplar arası farklılıkların belirlenmesinde tek yönlü varyans analizi (ANOVA) Tukey testi kullanıldı. Gruplar arasında yapılan karşılaştırmalarda  $P<0.05$  değerleri istatistik olarak anlamlı kabul edildi.

### **Bulgular ve Tartışma**

*N.oleander* (Nole) bitki çiçeği etanolik liyofilize ekstresinin, diyabetik hayvanlardaki akciğer ve dalak dokularına ait MDA içeriği ve antioksidan enzim parametreleri üzerindeki etkileri Tablo 1'de gösterilmiştir. DM grubu akciğer ve dalak MDA düzeyi diğer gruplara göre önemli artış gösterirken, DM grubu GSH düzeyi ise kontrol gruplarına göre önemli düşüş göstermiştir. Akciğer GPx aktivitesinin Nole ile tedavi edilen gruplarda DM grubuna göre önemli artış gösterdiği gözlemlendi. Serbest radikaller doymamış yağ asitlerin çift bağlarına saldırarak lipid peroksidasyonunun majör ürünü olan MDA oluşumuna sebep olur (Dogan, 2020). Oksidatif stres diyabete bağlı komplikasyonlarının oluşmasında önemli rolü olan ve hiperglisemide serbest



radikal oluşumunu artırarak endojen ve eksojen antioksidanların etkisini azalttığı bilinmektedir (Dogan ve ark., 2015). SOD moleküler oksijenin ( $O_2$ ) bir elektron alarak oluşan süperoksit radikalının ( $O_2^{\cdot-}$ ) hidrojen peroksitine ( $H_2O_2$ ) katalizini spontan olarak sağlayan bir antioksidan enzimdir.  $H_2O_2$  düşük konsantrasyonlarda glutatyon varlığında GPx enzimi ile  $H_2O$ 'ya ve GSSG dönüşürken; yüksek konsantrasyonlarda ise CAT enzimi ile  $H_2O$  ve  $O_2$ 'ye dönüşmektedir. GST hücre içi bağlayıcı ve taşıyıcı rolü olan ve detoksifikasyonda rol oynayan etkili bir enzimdir. GSH yabancı maddeleri katalitik olarak sisteine ait -SH grubu ile bağlayarak onların elektrofilik bölgelerini nötralize eder ve ürünün daha fazla suda çözünür hale gelmesini sağlar (Dogan ve ark., 2015; Doğan ve Çelik, 2016). 50 ve 200 mg/kg *Nerium oleander* bitki yaprak ekstre dozları ile tedavi edilen diyabetik farelerin 10 ve 20'nci günlerde ölçülen kan glukoz, HbA1c ve MDA düzeyi normal diyabetik grubuna göre önemli azalma gösterirken, insülin, GSH ve CAT ise önemli artışa neden olduğu rapor edilmiştir (Dey ve ark., 2015). Dört hafta boyunca günde tek doz diyabetik ratlara 0.1 mg/kg glibenklamid ve 250 mg/kg *Nerium oleander* çiçek etanolik liyofilize ekstrenin önemli hipoglisemik etki ve karaciğer koruma sağladığı rapor edilmiştir (Mwafy ve Yassin, 2011).

**Tablo 1.** STZ ile diyabet oluşturulan sıçanlarda (*N.oleander* L.) çiçek ekstresinin MDA, GSH ve antioksidan enzim düzeyleri üzerindeki etkisi.

Doku	Parametre	Kontrol	Nole-50 mg/kg	DM	DM+Gly-3 mg/kg	DM+Nole-25 mg/kg	DM+Nole-75 mg/kg	DM+Nole-225 mg/kg
Akciğer	MDA	11.00±3.22	12.86±2.71	16.45±2.08 <sup>ab</sup>	14.18±1.08	13.33±2.07 <sup>c</sup>	11.10±2.82 <sup>e</sup>	10.97±2.77 <sup>ab</sup>
	GSH	63.91±9.47	61.03±7.87	50.05±6.35 <sup>ab</sup>	62.13±11.42	55.71±13.71	61.72±10.62	62.80±12.18
	GST	5.11±1.15	5.14±0.82	4.09±1.02	4.47±0.70	4.56±0.79	4.55±0.46	4.35±0.50
	GR	0.28±0.05	0.27±0.05	0.27±0.07	0.29±0.06	0.26±0.03	0.27±0.05	0.28±0.08
	CAT	26.74±5.19	26.27±4.52	21.27±3.50	29.35±6.25 <sup>c</sup>	24.02±6.09	24.76±5.45	25.43±4.28
	GPx	28.12±5.61	29.31±5.61	18.38±2.91 <sup>ab</sup>	22.84±4.91	27.25±6.13 <sup>c</sup>	26.98±4.11 <sup>c</sup>	24.79±2.79 <sup>f</sup>
	SOD	2288.62±35.80	2279.42±24.49	2264.04±54.83	2298.23±28.46	2282.53±27.89	2312.24±14.59	2276.53±27.62
Dalak	MDA	15.54±2.55	16.84±3.33	21.24±3.70 <sup>a</sup>	16.06±3.02 <sup>e</sup>	15.03±2.40 <sup>f</sup>	14.77±2.57 <sup>e</sup>	12.56±2.36 <sup>bc</sup>
	GSH	81.89±7.71	79.82±6.81	59.78±14.77 <sup>ab</sup>	62.79±11.13 <sup>ab</sup>	72.06±10.72	76.91±9.73	80.36±21.93
	GST	5.72±0.56	6.00±0.41	6.31±1.03	5.90±1.17	5.49±0.36	5.10±0.64	5.01±0.94
	GR	0.18±0.02	0.19±0.04	0.18±0.04	0.17±0.04	0.17±0.06	0.17±0.03	0.21±0.05
	CAT	47.77±8.87	47.98±3.84	38.13±6.71	43.35±7.46	46.70±4.41	47.31±8.66	49.95±9.68
	GPx	42.20±9.43	43.96±10.36	34.59±9.94	31.75±7.13	45.10±10.16	39.76±11.16	41.87±12.26
	SOD	2281.28±39.19	2276.09±31.99	2231.93±59.10	2288.78±26.50	2249.17±61.47	2245.67±56.24	2262.27±33.23

İstatistiksel analizler Minitab 14 One-Way ANOVA Tukey testi kullanılarak yapılmıştır. Gruplar arasında yapılan karşılaştırmalarda  $P<0.05$  değerleri istatistiksel olarak anlamlı değişiklikler olarak değerlendirilmiştir.

a: Kontrol grubu ile diğer gruplar arasındaki fark önemlidir ( $P<0.05$ ).

b: Nole-50 grubu ile diğer gruplar arasındaki fark önemlidir ( $P<0.05$ ).

c: DM grubu ile diğer gruplar arasındaki fark önemlidir ( $P<0.05$ ).

d: DM+Gly-3 grubu ile diğer gruplar arasındaki fark önemlidir ( $P<0.05$ ).

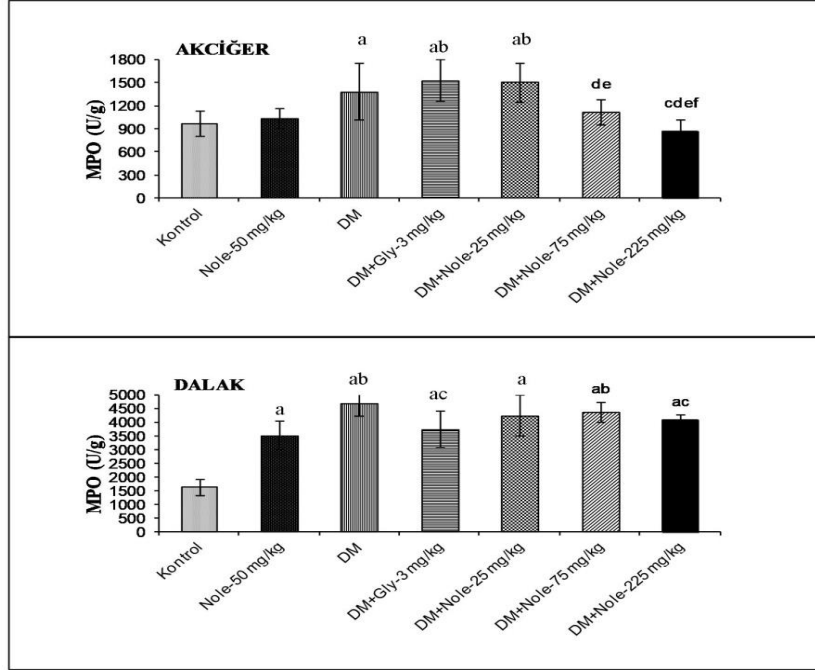
e: DM+Nole-25 grubu ile DM+Nole-75 ve DM+Nole-225 grupları arasındaki fark önemlidir ( $P<0.05$ ).

f: DM+Nole-75 grubu ile DM+Nole-225 grubu arasındaki fark önemlidir ( $P<0.05$ ).

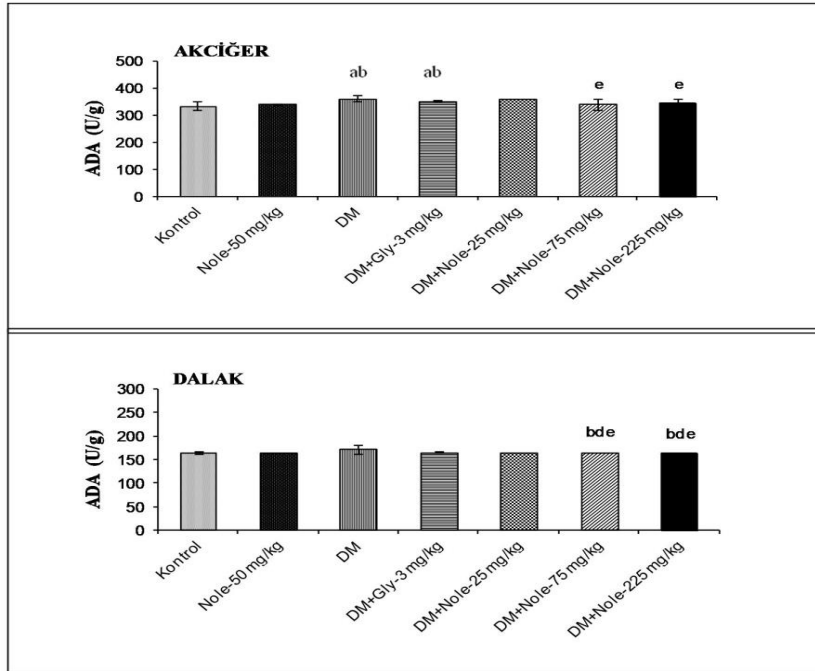
DM: Diabetes mellitus; Nole: *Nerium oleander*; Gly: Glibenklamid; MDA: Malondialdehid; GSH: Redükte glutatyon; GST: Glutatyon s-transferaz; GR: Glutatyon reduktaz; CAT: Katalaz; GPx: Glutatyon peroksidaz; SOD: Süperoksit dismutaz.

MPO önemli immünotoksik parametrelerden biridir. MPO kemik iliğindeki myeloid farklılaşması sırasında sentezlenen ve 150-165 kDa molekül ağırlığına sahip, glikozillenmiş bir hem proteindir (Günkur, 2019). MPO güçlü katyonik özelliği sayesinde hücre kompartımanlarındaki protein ve lipid hedef biyomoleküllerin yapı ve fonksiyonunda değişime neden olur (Salavej ve ark., 2006; Tirupathi ve ark., 2004). *Nerium oleander* ekstraktı ratlarda yara iyileştirilmesinde MPO ve tümör nekrozis faktörü düzeylerinin kontrol grubuna göre önemli artışa neden olduğu bildirilmiştir (Akgun ve ark., 2017). Şekil 1'de görüldüğü gibi akciğer MPO aktivitesi DM, DM+Gly ve DM+Nole-25 gruplarında kontrol grubuna göre önemli artış gösterirken DM+Nole-

225 grubu MPO düzeyi ise kontrol gruplarına yakın olduğu ve anti-immünotoksik etkiye sahip olabileceğini düşündürmektedir. Dalak MPO düzeyi tüm tedavi gruplarında kontrol grubuna göre önemli artış gösterirken DM+Gly ve DM+Nole-225 grupları ise DM tedavisinde MPO aktivitesinin baskılanmasında etkin rolü olabileceği görülmektedir.



Şekil 1. *N.oleander* bitki ekstresinin akciğer ve dalaktaki MPO aktivitesi üzerindeki etkisi.



Şekil 2. *N.oleander* bitki ekstresinin akciğer ve dalaktaki ADA aktivitesi üzerindeki etkisi.

Yapılan çeşitli toksikolojik çalışmalarda *N.olenader*'in farklı kısımlarından hazırlanan ekstrelerin antioksidan, antibakteriyal ve antihiperglisemik etkilerinin ve enflamasyonu engelleyici rolünün bitki içindeki çeşitli fitokimyasal bileşenlerin bir sonucu olabileceği belirtilmiştir (Dey ve ark., 2015; Dey ve ark., 2016). Purin katabolizmasının bir ürünü olan ADA, lenfositlerin, özellikle de T-lenfositlerin farklılaşmasında ve proliferasyonunda önemli rol oynayan ve adenozinin inozine dönüşümünü katalize eden bir enzimdir (Carson ve Seegmiller, 1976; Shore ve ark., 1981).

Şekil 2'de görüldüğü gibi, akciğer ADA düzeyi, DM ve DM+Gly gruplarında kontrol gruplarına göre önemli artış gösterirken, yüksek dozlu gruplar (75 ve 225 mg/kg) ise düşük tedavi doz (25 mg/kg) grubuna göre önemli düşüş göstermiştir. Dalak ADA aktivitesi ise yüksek dozlu tedavi gruplarında (75 ve 225 mg/kg) Nole-50, DM+Gly ve DM+Nole-25 mg/kg gruplarına göre önemli düşüşlere neden olduğu tespit edilmiştir. Diyabet oluşturma modellerinde *N.oleander* bitkisinin ADA aktivitesi üzerindeki etkisine dair çalışmaya rastlanılmadığından karşılaştırma yapılamamıştır. Ancak yapılan bazı diyabet çalışmalarında, ADA (total ADA, ADA1 ve ADA2) düzeyinin diyabet gruplarında önemli artış gösterdiği rapor edilmiştir (Hoshino ve ark., 1994). Çalışmamızdan elde edilen bulgular, Bottini, ve Gloria-Bottini (1999)'nin diyabetik bozukluklarda metabolik kontrolü güçlendirmek için adenosin reseptörünün farmakolojik modülasyonuna dayanan çalışmalarını destekler niteliktedir.

## Sonuç

Sonuç olarak *N.oleander* bitki çiçeği liyofilize ekstresinin diyabetik rat modelinde antioksidan etkilerinin yanı sıra immun sistem parametreleri üzerinde de olumlu etkiler gösterdiği belirlenmiştir. Bu olumlu etkilerin altında, bitkinin içeriğinde yer alan zengin vitamin ve fitokimyasal bileşiklerin (fenoller, flavonoidler ve glikozidler) olmasının yattığı kanaatine varılmıştır.

## Teşekkür

Bu araştırmaya maddi destek sağlayan, Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Başkanlığı'na (Proje no: TSA-2016-5097) ve bitki örneklerinin teşhis edilmesinde yardımlarını esirgemeyen Doç. Dr. Süleyman Mesut PINAR'a teşekkürlerimizi sunarız.

## Kaynaklar

- Akgun, S. G., Aydemir, S., Ozkan, N., Yuksel, M., Sardas, S. (2017). Evaluation of the wound healing potential of Aloe vera-based extract of Nerium oleander. *Northern Clinics of Istanbul*, 4(3), 205.
- Baytop, T., Baytop, A., Mat, A., Sun, S. (1989). Türkiyede zehirli bitkiler, bitki zehirlenmeleri ve tedavi yöntemleri. İstanbul Üniversitesi Yayınları, 3560, 975-404-111-3.
- Beutler, E, Dubon, O. B., Kelly, M. (1963). Improved method for the determination of blood glutathione. *J. Lab. Clin. Med.*, 61, 882-888.
- Bottini, E., Gloria-Bottini, F. (1999). Adenosine deaminase and body mass index in non—insulin-dependent diabetes mellitus. *Metabolism*, 48(8), 949-951.

- Bradley, P. P., Priebe, D. A., Christensen, R. D., Rothstein, G. (1982). Measurement of cutaneous inflammation: estimation of neutrophil content with an enzyme marker. *J. Invest. Dermatol*, 78, 206-209.
- Carlberg, I., Mannervik, B. (1975). Purification and characterization of the flavoenzyme glutathione reductase from rat liver. *J. Biol. Chem.* 250, 5475-5480.
- Carson, D. A., Seegmiller, J. E. (1976). Effect of adenosine deaminase inhibition upon human lymphocyte blastogenesis. *J Clin Invest*, 57, 274-82.
- Dey, P., Dutta, S., Biswas-Raha, A., Sarkar, M. P., Chaudhuri, T. K. (2016). Haloalkane induced hepatic insult in murine model: amelioration by Oleander through antioxidant and anti-inflammatory activities, an in vitro and in vivo study. *BMC Complementary and Alternative Medicine*, 16(1), 280.
- Dey, P., Saha, M. R., Chowdhuri, S. R., Sen, A., Sarkar, M. P., Haldar, B., Chaudhuri, T. K. (2015). Assessment of anti-diabetic activity of an ethnopharmacological plant Nerium oleander through alloxan induced diabetes in mice. *Journal of Ethnopharmacology*, 161, 128-137.
- Dogan, A., Celik, I., Kaya, M. S. (2015). Antidiabetic properties of lyophilized extract of acorn (*Quercus brantii* Lindl.) on experimentally STZ-induced diabetic rats. *Journal of Ethnopharmacology*, 176, 243–251.
- Dogan, A., Celik, İ. (2012). Hepatoprotective and antioxidant activities of grapeseeds against ethanol-induced oxidative stress in rats. *British Journal of Nutrition (BJN)*. 107(1), 45-51.
- Doğan, A. (2020). Diyabetik Ratlarda Zakkum (*Nerium oleander* L.) Çiçeği Etanolik Liyofilize Ekstresinin Eritrosit Frajilite, Hematolojik ve Antioksidan Etkilerinin Araştırılması. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi*, 23(6), 1495-1502.
- Ergun, B. (1992). *Nerium oleander'in Bazı Suda Çözünen Bileşiklerinin in vitro Biyolojik Etkileri*. Doktora Tezi, Anadolu Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Farmakoloji Anabilim Dalı, Eskişehir.
- Giusti, G., Bergmeyer, H. U. (1974). Handbook of enzymatic methods of analysis. New York Academic Press NO:2, pp. 1092–1099. New York-USA.
- Günkür K. (2019). *Preeklampside Trombosit Aktive Edici Faktör Asetil Hidrolaz, Paraoksonaz, Myeloperoksidaz ile Serum Amiloid A Düzeylerinin Belirlenmesi ve Aralarındaki İlişkinin İncelenmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Ordu Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Ordu.
- Hase, G. J., Deshmukh, K. K., Murade, V. D., Pokharkar, R. D., Phatanagre, N. D., Hase, D. P., Dichayal, S., Gosavi, A. B. (2016). Phytopharmacology of *Nerium oleander* L. A review. *International Journal of Phytopharmacology*, 7 (2), 0975-9328.
- Hoshino, T., Yamada, K., Masuoka, K., Tsuboi, I., Itoh, K., Nonaka, K., Oizumi, K. (1994). Elevated adenosine deaminase activity in the serum of patients with diabetes mellitus. *Diabetes Research and Clinical Practice*, 25(2), 97-102.
- Houslay, M. D. (1991). Crosstalks: a pivotal role for protein kinase C in modulating relationships between signal transduction pathways. *European Journal of Biochemistry*, 195(1), 9-27.
- Huang, T. H. W., Peng, G., Kota, B. P., Li, G. Q., Yamahara, J., Roufogalis, B. D., Li, Y. (2005). Anti-diabetic action of *Punica granatum* flower extract: activation of PPAR-c and identification of an active component. *Toxicol. Appl. Pharmacol.* 207, 160–169.

- Jain, S. K., McVie, R., Duett, J., Herbst, J. J. (1989). Erythrocyte membrane lipid peroxidation and glycolylated hemoglobin in diabetes. *Diabetes*, 38, 1539-1543.
- Mannervik, B., Guthenberg, C. 1981. Glutathione S-transferase (human placenta). *Methods Enzymol*, 77, 231-235.
- McCord, J. M., Fridovich, I. (1969). Superoxide dismutase, an enzymatic function for erythrocuprein (hemocuprein). *J. Biol. Chem*, 244, 6049-6053.
- Mwafy, S., Yassin, M. (2011). Antidiabetic activity evaluation of glimepiride and Nerium oleander extract on insulin, glucose levels and some liver enzymes activities in experimental diabetic rat model. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 14 (21), 984-990.
- Paglia, D. E., Valentine, W. N. (1967). Studies on quantitative and qualitative characterization of erythrocyte glutathione peroxidase. *J. Lab. Clin. Med.*, 70, 158-169.
- Rabbani, S.I., Devi, K., Khanam, S. (2010). Protective role of glibenclamide against nicotinamide-streptozotocin induced nuclear damage in diabetic Wistar rats. *Journal of Pharmacology & Pharmacotherapeutics*, 1(1), 18-23.
- Reçper, M. (2007). *Tüberküloz Plörezide Plevra Sıvısı ve Serumda Ölçülen Adenosin de Aminaz, Gama İnterferon ve İnterlökin-18 Düzeylerinin Tanısal Değeri*. Uzmanlık Tezi, T.C Sağlık Bakanlığı Süreyyapaşa Göğüs Hastalıkları ve Göğüs Cerrahisi Eğitim ve Araştırma Hastanesi, İstanbul.
- Senesi, S. (1990). Questioning the role of adenosine deaminase in the development of B lymphocytes in chicken bursa. *Developmental and Comp. Immunology*, 14, 95–104.
- Shore, A., Dosch, H. M., Gelfond, E. W. (1981). Role of adenosine deaminase in the early stages of precursor T cell maturation. *Clin Exp Immunol*, 44, 152-155.
- Strojek, K., (2003). Features of macrovascular complications in type 2 diabetic patients. *Acta Diabetologica*, 40, 334–337.

## 17 $\alpha$ -Ethinylestradiol ve 4-*n*-Nonilfenol'e Maruz Bırakılan İnci Kefali (*Chalcalburnus tarichi*, Pallas 1811) (Cyprinidae)'nin Hepatositlerinde Sitokrom P4501A'nın İmmunohistokimyasal Boyanmasındaki Değişimler

Burak Kaptaner<sup>1\*</sup>, Güler Ünal<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen Fakültesi Biyoloji Bölümü, 65080 Tuşba, Van, Türkiye

<sup>2</sup> Aydın Adnan Menderes Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Çocuk Gelişimi, Bölümü, Aydın, Türkiye

\*e-mail: bkaptaner@yyu.edu.tr

ORCID ID: B.Kaptaner: <https://orcid.org/0000-0003-2366-6756>, G. Unal: <https://orcid.org/0000-0001-5920-6693>

Geliş tarihi/Received: 02/08/2020

Kabul tarihi/Accepted:15/09/2020

### Özet

Bu çalışmada, 17 $\alpha$ -Ethinylestradiol (EE<sub>2</sub>; 1, 10 ve 100 ng/l) ve 4-*n*-Nonilfenolün (NP; 10, 60 ve 200  $\mu$ g/l) nominal konsantrasyonlarına, semistatik koşullarda kronik olarak (32 gün), maruz bırakılan inci kefalinin hepatositlerinde, sitokrom P4501A (CYP1A) enziminin immunohistokimyasal lokalizasyonu, incelendi. Deneysel uygulamalar sonrasında, karaciğer kesitleri immunohistokimya yöntemi ile boyandı ve değerlendirildi. CYP1A immunreaktivitesi, kontrol grubuna ait bireylerde hepatositlerin sitoplazmasında, gözlenmedi. NP uygulanan gruplarda, CYP1A'nın immunohistokimyasal boyanmasında kontrol bireylerine kıyasla, bir farklılık belirlenmedi. EE<sub>2</sub> uygulaması sonucunda, hepatositlerin sitoplazmasında nükleus membranından plazma membranına doğru artan ve orta şiddetli olan immunboyanma gözlemlendi. Elde edilen sonuçlar bu zenoöstrojenlerin, hepatositlerdeki CYP1A immunboyanması üzerine farklı etkiler gösterdiklerini ortaya koymuştur.

**Anahtar Kelimeler:** *Chalcalburnus tarichi*, CYP1A, karaciğer, hepatosit, 17 $\alpha$ -ethinylestradiol, 4-*n*-nonilfenol

### Alterations in the Immunohistochemical Staining of Cytochrome P4501A in the Hepatocytes of *Chalcalburnus tarichi* (Pallas 1811) (Cyprinidae) Exposed to 17 $\alpha$ -Ethinylestradiol and 4-*n*-Nonylphenol

#### Abstract

In the present study, immunohistochemical localization of cytochrome P4501A (CYP1A) in the hepatocytes of *Chalcalburnus tarichi* (Cyprinidae) that were chronically exposed (32 days) to nominal concentrations of 17 $\alpha$ -ethinylestradiol (EE<sub>2</sub>; 1, 10, and 100 ng/l) and 4-*n*-nonylphenol (NP; 10, 60, and 200  $\mu$ g/l) under semistatic conditions was conducted. After the experimental exposure, the liver sections were stained using immunohistochemistry and then evaluated. No CYP1A immunoreactivity was detected in the cytoplasm of the hepatocytes in the controls. Moreover, no difference in the CYP1A immunohistochemical staining was observed in the NP-treated groups when compared to the controls. The EE<sub>2</sub> treatment resulted in moderate CYP1A immunostaining in the cytoplasm of the hepatocytes, which extended from the nuclear membrane to the plasma membrane. The results showed that those xenoestrogens had different effects on the CYP1A immunostaining in the hepatocytes.

**Key words:** *Chalcalburnus tarichi*, CYP1A, liver, hepatocyte, 17 $\alpha$ -ethinylestradiol, 4-*n*-nonylphenol

## Giriş

Sitokrom P450 bağımlı monooksijenaz enzimleri apısal ve fonksiyonel olarak hem proteinleri ile ilişkili olan bir familyayı kapsar. Sitokrom P450 sisteminin temel fonksiyonu, poliaromatik hidrokarbonlar (PAH), poliklorlu bifeniller (PCB), dioksinler, halojenli aromatik hidrokarbonlar gibi eksojen kimyasalların yanısıra ilaçlar, steroidler, nörohormonlar, yağ asitleri ve prostaglandinler gibi endojen bileşiklerden oluşan çok geniş bir substrat aralığının oksitatif metabolizasyonudur. Biyotransformasyon basamağının genellikle birincisini oluşturan bu oksitatif süreç, terminolojide “Faz I” metabolizması olarak adlandırılır. Sitokrom P4501A (CYP1A) alt ailesi yukarıda sözü edilen birçok yabancı maddenin biyotransformasyonunda rol oynamasından dolayı daha fazla dikkat çekmektedir. Memeli ve teleost CYP1A formlarının karakteristik özelliği zenobiyotikler tarafından uyarılabilir olmasıdır. Uyarıcıya yanıt, sitosolik ligand aktiviye transkripsiyon faktörü olarak bilinen aril-hidrokarbon reseptör (AHR)’ü aracılığıyla gerçekleştirilir. Ligand olarak zenobiyotiğin reseptöre bağlanması ile ısı şok proteini 90’nın ayrıldığı transformasyon süreci, daha sonra ise AHR-ligand altbirimi ve AHR nüklear translokator proteini arasında heterodimer oluşum süreci meydana gelir. Transkripsiyonel olarak aktif olan heterodimer, DNA üzerinde CYP1A geninin promotör bölgesinin yanındaki spesifik AHR-yanıt elementleri ile etkileşmek üzere nukleusa geçer. Etkileşim, CYP1A gen transkripsiyonu, mRNA sentezi, protein sentezi ve son olarak katalitik aktivitesi ile sonuçlanır (Sarasquete ve Segner 2000).

Zenobiyotiklere maruz kalma sonucunda CYP1A’nın uyarılabilirliği, akuatik çevredeki kirlilik izleme çalışmalarında bir biyomarkır olarak kullanımını ortaya çıkarmıştır (Goksöyr ve Förllin 1992). CYP1A ile yapılan sitotoksikolojik ve ekotoksikolojik çalışmalar, enzimin katalitik aktivitesi [7-etoksiresorufin *O*-deetilaz (EROD), aril hidrokarbon hidroksilaz vb.], gen ve protein ekspresyonu ve dokulardaki immunohistokimyasal lokalizasyonu gibi farklı yöntemlere dayanmaktadır (Sarasquete ve Segner 2000; Fent 2001; Mortensen ve ark. 2006). Balıklarda PAH’lar (örn., benzo[*a*]piren) (Malmström ve ark. 2004) ve PCB’lere (örn., 2,3,7,8-tetraklorodibenzo-*p*-dioksin (TCDD)) (Arellano ve ark. 2001) maruz kalma sonrasında, CYP1A’nın güçlü bir şekilde uyarıldığı, geçmişte yapılan immunohistokimyasal çalışmalarda, gösterilmiştir.

17 $\alpha$ -Etinilestradiol (EE<sub>2</sub>), kontraseptif ilaçların temel bileşeni olup güçlü bir sentetik östrojendir (Larsson ve ark. 1999). Nonilfenol (NP) ise deterjanların yapımında noniyonik surfaktan olarak kullanılan alkilfenol etoksilatların bir indirgenme ürünüdür ve zayıf östrojenik etkiye sahiptir (Jobling ve Sumpter 1993). Hem EE<sub>2</sub> hem de NP arıtma atık suyunda, sedimentlerde ve akuatik çevrede belirlenmişlerdir (Ahel ve ark. 1994; Ternes ve ark. 1999; Kannan ve ark. 2003). Endokrin sistemi etkileyen bu kimyasalların, balıklarda üreme ve gelişmeyi engelleme (Van Den Belt ve ark. 2002; Weber ve ark. 2003), hormonal bozulma (Labadie ve Budzinski 2006a,b), faz I ve faz II biyotransformasyon enzim seviyelerinde değişim (Vaccaro ve ark. 2005; Kaptaner ve ark. 2009) gibi zararlı etkilere yol açtığı, farklı deneysel çalışmalarda gösterilmiştir.

İnci kefalı (*Chalcalburnus tarichi*, Pallas 1811) (Cyprinidae), Van Gölü Havzası’nda yaşayan endemik bir türdür. Anadrom karakterli olan bu balık türü, gölün ekstrem pH seviyelerinde (9.8) yaşayabilme özelliğinden dolayı biyolojik olarak oldukça dikkat çekicidir (Danulat ve Selcuk 1992). Son yıllarda yapılan histolojik, biyokimyasal ve moleküler seviyedeki çalışmalar, balığın gonadlarının histolojisinde, endokrin ve antioksidan savunma sisteminde değişimlerin meydana geldiğini ve bu

değişimlerin endokrin bozucu çevresel kirleticilerden kaynaklanabileceğini rapor etmişlerdir (Ünal ve ark. 2007; Kaptaner ve ark. 2014; Unal ve ark. 2014; Kaptaner 2015; Kaptaner ve ark. 2016).

EE<sub>2</sub> ve NP'nin, balık dokularında CYP1A enziminin immunohistokimyasal lokalizasyonu üzerine olan etkileri ile ilgili bilimsel çalışmalar nadirdir. Bu çalışmada, inci kefalinin karaciğerinde, EE<sub>2</sub> ve NP'nin hepatositlerdeki CYP1A immun boyanması üzerine olan etkileri araştırılmıştır.

## **Materyal ve Yöntem**

### **Balık temini**

Çalışmada kullanılan inci kefalleri Van Gölü'ne dökülen Karasu Çayı'ndan elektroşok ile yakalandıktan sonra 1000 l hacimli ve hava motorları ile havalandırılan fiberglas tanklara aktarıldı. Balıklar daha sonra su sıcaklığının ortalama 16 °C olduğu tanklarda ve doğal fotoperiyot altında, bir ay aklimatizasyon sürecine bırakıldı. Bu süreç sırasında balıkların ticari alabalık yemine alıştırılması ve yem almaları sağlandı.

### **Deneysel dizayn ve kimyasal uygulama**

Bir aylık aklimatizasyon periyodundan sonra stok tankında bulunan balıklar, 60 l su hacimli cam akvaryumlara, her akvaryumda 10 balık olacak şekilde dağıtıldı. Görsel stresi önlemek için akvaryumların etrafı kağıtla kapatıldı. Çalışmada 9.72 ± 0.70 cm (Ortalama ± Standart Sapma; Ort. ± S.S.) çatal boylu ve 8.92 ± 2.07 g (Ort. ± S.S.) vücut ağırlıklı balıklar kullanıldı. Akvaryumlara aktarılan balıklara 5 gün sonra kimyasal uygulaması başlatıldı. 17 $\alpha$ -Ethinilestradiol (EE<sub>2</sub>, saflık: %98, Sigma, Kat. No: E4876) ve 4-*n*-Nonilfenol (NP, saflık: %99, Riedel-de Häen, Kat. No: 46405)'lün stok solüsyonları aseton solvent (HPLC derece, Sigma) içinde hazırlandıktan sonra EE<sub>2</sub> için 1, 10, 100 ng/l ve NP için 10, 60, 200 µg/l nominal konsantrasyonlarda olacak şekilde akvaryum sularına manuel olarak eklendi. Akvaryum suyundaki aseton konsantrasyonu % 0.001'den düşük olacak şekilde ayarlandı. Balıklar üzerine solventin etkisi hakkında bilgi edinmek için bir kontrol akvaryumuna ek olarak ikinci bir kontrol akvaryumuna, yalnızca aseton solvent, eklendi. Balıklara kimyasal uygulaması semistatik-yenileme sistemi ile 32 gün boyunca, 12:12 fotoperiyot altında yapıldı. Uygulanan test kimyasalları, akvaryum suyunun % 80'inin değişimi ile 24 saatte bir yenilendi. Çalışma sekiz grup ile gerçekleştirildi ve her grup için bir tekerrür akvaryumu oluşturuldu. Çalışmada dinlendirilmiş ve kloru uzaklaştırılmış şebeke suyu kullanıldı. Yemleme günde bir kez yapıldı. Yenilmeyen yemler ve balık atıkları her gün sifonlama yapılarak temizlendi. Uygulama süreci boyunca akvaryumlarda su sıcaklığı (Ort.±S.S.: 14.08 ± 0.8 °C), pH (Ort. ± S.S.: 8.78 ± 0.1), çözülmüş oksijen (Ort. ± S.S.: 4.41 ± 0.44 mg/l) ve kondüktivite (Ort. ± S.S.: 638.62 ± 57.8 µMHOS/cm) gibi su kalitesi kriterleri, her gün düzenli olarak ölçüldü. CaCO<sub>3</sub> cinsinden sertlik, dinlendirilmiş stok musluk suyu tankında çalışmanın başında ve sonunda olmak üzere iki kez ölçüldü. Bu değerlerin sırasıyla 198 ve 216 mg/ml olduğu belirlendi.



## **Doku Alınımı ve Histolojik Prosedür**

Kimyasal uygulaması tamamlandıktan sonra balıklar MS-222 (200 mg/l, 3-aminobenzoik asit etil ester, Sigma) ile anestezi edildi. Balıklar daha sonra disekte edilerek karaciğerleri çıkartıldı. Karaciğer dokusu % 10'luk nötral tamponlu formalin fiksatif ile tespit edildi. Tespit edilen dokular, fosfat tuz tamponu (PBS; pH: 7.4) ile yıkandıktan sonra, dereceli etanol (% 70, % 80, %96 ve absölü) serilerinden geçirilerek dehidrate edildi ve ksilende şeffaflaştırıldıktan sonra parafine gömüldü.

## **CYP1A enziminin immuno-histokimyasal olarak boyanması ve değerlendirilmesi**

Her gruba ait 6 bireyin, parafine gömülmüş karaciğer dokularından 4 µm kalınlığındaki kesitler alınıp polilizin kaplı lamlara aktarıldı. Kesitler, deparafinize ve rehidrate edildikten sonra metanol ile hazırlanan % 3'lük H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> ile oda sıcaklığında 5 dk. inkübe edilerek, endojen peroksidaz aktivitesi, inaktif hale getirildi. PBS ile yıkanan kesitler, sitrat tamponu (0.1 M, pH: 6) ile 100 °C'de 15 dk muamele edildi daha sonra PBS ile birkaç kez yıkandı. Spesifik olmayan bağlanmaların engellenmesi için at serumu ile oda sıcaklığında 20 dk. inkübasyona bırakılan kesitler, PBS ile üç kez beşer dk. yıkandıktan sonra PBS ile 1:100 oranında sulandırılan primer antikor (fare anti balık CYP1A peptid monoklonal antikor, C10-7, Biosense Lab., Norveç) ile 4 °C'de nemli ortamda, bir gece inkübasyona bırakıldı. Daha sonraki boyama basamaklarında, biyotinli anti-fare sekonder antikorlu içeren ABC kit (Fare UniTect ABC Kit, Kat. No: XHC01, Calbiochem, Merck, ABD) protokollerine uyuldu. Özet olarak; kesitler PBS ile yıkandıktan sonra biyotinli sekonder antikor ile oda sıcaklığında 30 dk. inkübasyona bırakıldı. Lamlar PBS ile yıkandıktan sonra avidin-biyotin horradış peroksidaz kompleks karışımı ile 30 dk. inkübe edildi. Daha sonra doku geçirgenliğini artırmak için PBS ile hazırlanan %1'lik Triton X-100 ile 30 saniye yıkandı. Kesitler, DAB (3,3'-diaminobenzidin) ile inkübe edildikten sonra bidistile su ile yıkandı. Zemin boyaması, Mayer'in Hematoksilen boyası ile yapıldı. Lamlar dereceli etanolden (%95, %100) ve ksilenden geçirilerek, entellan ile kapatıldı. Negatif kontrollerde primer antikor yerine PBS kondu. Preparatlar, Nikon Eclipse E600 marka araştırma mikroskopu ile incelendikten sonra görüntüleri alındı.

Kesitlerin değerlendirilmesi ve puanlanması Husøy ve ark. (1996)'ına göre aşağıdaki şekilde yapıldı:

1. Hücrenin sitoplazmik alanında boyanmanın dağılımına göre; sitoplazmik alanda boyanma yok ise, (%0, -); sitoplazmik alanda kısmen boyanma varsa (%50, +), sitoplazmik alanda büyük oranda boyanma varsa (%80-90, ++), sitoplazmik alan tamamen boyanmış ise (%100, +++).

2. Sitoplazmik alandaki boyanmanın yoğunluğuna göre; Negatif, (-); hafif şiddetli (+), orta şiddetli (++) , kuvvetli (+++) ve çok kuvvetli (++++).

3. 1. ve 2. kriterlere göre incelenen hücrelerin kesitteki dağılımına göre; Homojen, (a); heterojen, (b) olmak üzere üç kritere göre yapıldı.

## **Bulgular**

Kontrol gruplarındaki ve NP ile EE<sub>2</sub>'ye maruz bırakılan gruplardaki CYP1A enziminin immunohistokimyasal değerlendirilmesi Tablo 1'de gösterilmiştir. Kontrol gruplarında, CYP1A immunboyanmasının hepatosit nükleus zarının hemen üzerindeki

(perinükleer) alanlarda olduğu gözlemlendi ancak sitoplazmik alanda meydana gelmediği belirlendi bununla birlikte hepatositlerin sinüzoidde bakan plazma membranı altında da boyanmanın olduğu gözlemlendi (Şekil 1a,b).

NP'ye maruz bırakılan gruplarda ise boyanmanın kontrol gruplarına benzer olarak nükleus membranı etrafında ve hepatositlerin sinüzoidde bakan plazma membranı altında olduğu belirlendi (Şekil 2a,b,c). Kontrol gruplarında ve NP'ye maruz bırakılan gruplarda hepatositlerde sitoplazmik alanda boyanma gözlenmedi.

EE<sub>2</sub>'nin 1 ng/l konsantrasyonuna maruz bırakılan grupta da boyanmanın kontrol grubundakine benzer olduğu bununla birlikte bazı hücrelerde nükleus etrafındaki boyanmanın daha belirgin olduğu gözlemlendi (Şekil 3a). Bu gruba ait bir bireyde kısmen ve granüllü boyanmanın meydana geldiği belirlendi. EE<sub>2</sub>'nin 10 ng/l konsantrasyonuna maruz bırakılan grupta genel olarak sitoplazmik alandaki boyanmanın kısmen (+) ve orta şiddetli (++) olduğu, bununla birlikte az sayıdaki hücrede sitoplazmik alanın büyük oranda ve orta şiddetli boyandığı gözlemlendi (Şekil 3b). EE<sub>2</sub>'nin 100 ng/l konsantrasyonuna maruz bırakılan grupta sitoplazmik alanın genel olarak, nükleus membranından başlamak üzere, yaygın olarak büyük oranda (++) ve orta şiddetli (++) boyandığı, seyrek de olsa bazı hücrelerin tamamen ve orta şiddetli boyandığı belirlendi. Hücrelerdeki boyanmanın sinüzoidde ve komşu hücrelere bakan yan sitoplazmik bölgelerde meydana geldiği ancak sinüzoidin karşı tarafındaki bölgenin boyanmadığı gözlemlendi (Şekil 3c). Bu gruba ait iki bireyde hücrelerde sitoplazmik alanın tamamen ve orta şiddetli boyandığı, seyrek olarak bazı hücrelerde ise boyanmanın kuvvetli olduğu görüldü. EE<sub>2</sub>'ye maruz bırakılan gruplarda sitoplazmik boyanma alanının konsantrasyon artışı ile birlikte arttığı ve orta şiddetli bir boyanma meydana geldiği belirlendi. Hepatositlerde CYP1A enzimi ile boyanan hücrelerin homojen dağılım gösterdiği yani kesit içinde merkezi ven veya büyük damarlar etrafında yoğunlaşmadığı gözlemlendi.

**Tablo 1.** NP ve EE<sub>2</sub>'ye maruz bırakılan inci kefalinde CYP1A enziminin hepatositlerdeki immunohistokimyasal değerlendirilmesi.

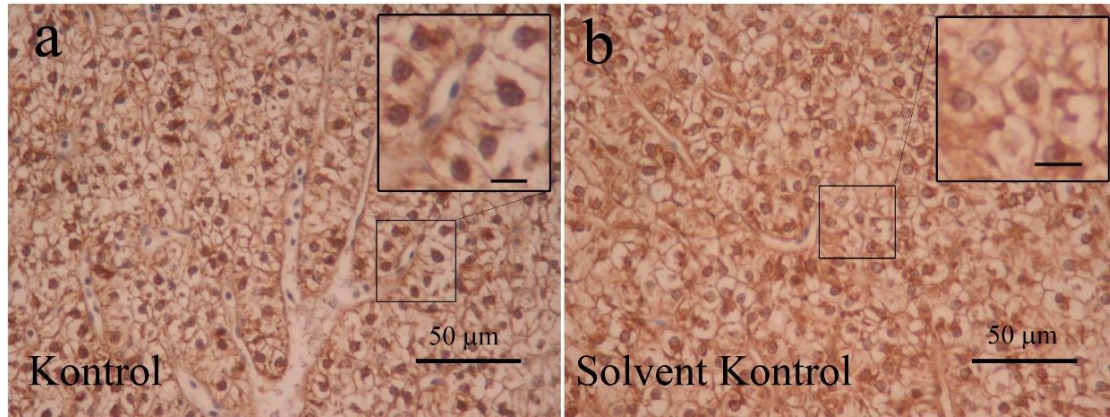
Uygulama Grubu	n	1	2	3
Kontrol	6	–	–	a
Solvent Kontrol	6	–	–	a
NP 10 µg/l	6	–	–	a
NP 60 µg/l	6	–	–	a
NP 200 µg/l	6	–	–	a
EE <sub>2</sub> 1 ng/l	6	–	–	a
EE <sub>2</sub> 10 ng/l	6	+ / ++	++	a
EE <sub>2</sub> 100 ng/l	6	++	++	a

**n:** Birey sayısı; **1:** Hücrenin sitoplazmik alanının boyanmasının dağılımına göre değerlendirme: Sitoplazmik alanda boyanma yok ise, (%0, –); sitoplazmik alanda yarıyarıya boyanma varsa (%50, +), sitoplazmik alanda büyük oranda boyanma varsa (%80-90, ++), sitoplazmik alan tamamen boyanmış ise (%100, +++). **2:** Sitoplazmik alandaki boyanmanın yoğunluğuna göre değerlendirme: Negatif, (-); hafif şiddetli (+), orta şiddetli (++) , kuvvetli (+++) ve çok kuvvetli (++++). **3:** 1. ve 2. kriterlere göre incelenen hücrelerin kesitteki dağılımına göre değerlendirme: Homojen, (a); heterojen, (b).

## Tartışma ve Sonuç

Kontrol gruplarına ait kesitlerde CYP1A immun-reaktivitesi, sadece nukleus membranına ve plazma membranına bitişik alanda gözlemlendi bununla birlikte sitoplazmik alanda boyanma görülmedi benzer boyanma, hepatik patolojiye sahip olmayan *Pseudopleuronectes americanus*'ta da gözlemlenmiştir (Smolovitz ve ark. 1989). Benzer şekilde Lester ve ark. (1993), gökkuşuğu alabalığı hepatositlerinde yaptıkları elektron mikroskop incelemesinde, CYP1A enziminin perinükleolar alanda bulunan granüllü endoplazmik retikulum içerisinde lokalize olduğunu bildirmişlerdir.

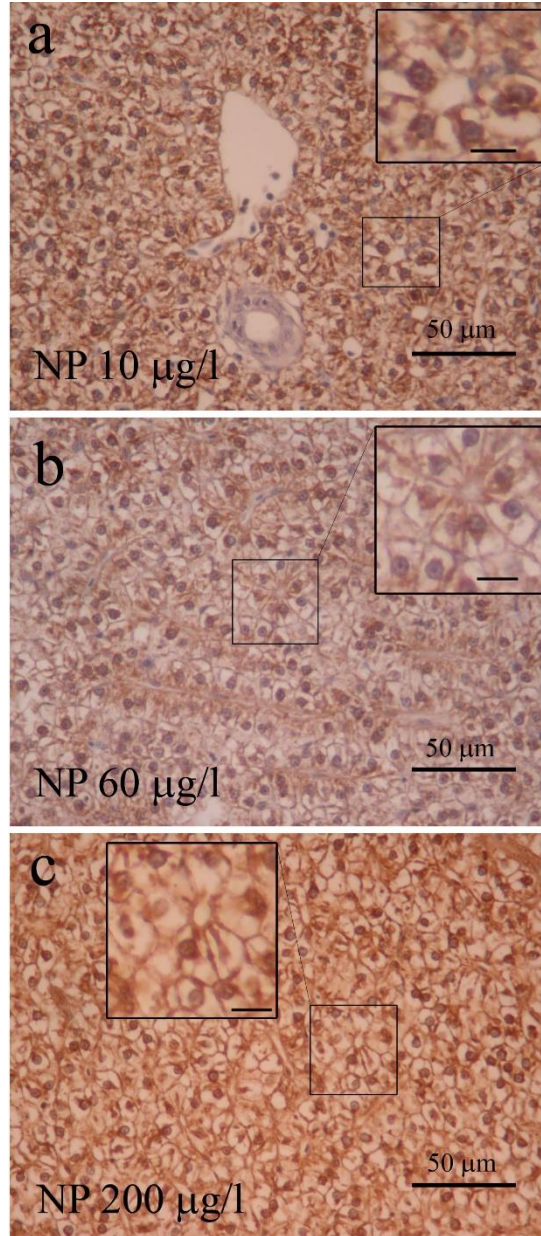
Çalışmamızda NP uygulanan gruplarda, kontrol gruplarında olduğu gibi, hepatosit sitoplazmasında, CYP1A immunreaksiyonu gözlemlenmedi ve kontrol gruplarına kıyasla belirgin bir fark olmadığı belirlendi. NP'nin sıçanda EROD aktivitesini düşürdüğü ve CYP1A ifadesini azalttığı (Lee ve ark. 1996), *Salmo salar*'da CYP1A ifadesini baskıladığı (Arukwe ve ark. 1997), *Gadus morhua*'da, CYP1A seviyesinde azalmaya ve EROD aktivitesinde düşüşe neden olduğu (Sturwe ve ark. 2006) bildirilmiştir. Bu çalışmada NP'ye maruz bırakılan bireylerde, hepatosit sitoplazmasında CYP1A enzimine ait immunboyanma gözlemlenmemesi, NP'nin CYP1A'yı uyarmamasından veya CYP1A'yı baskılamasından kaynaklanabilir.



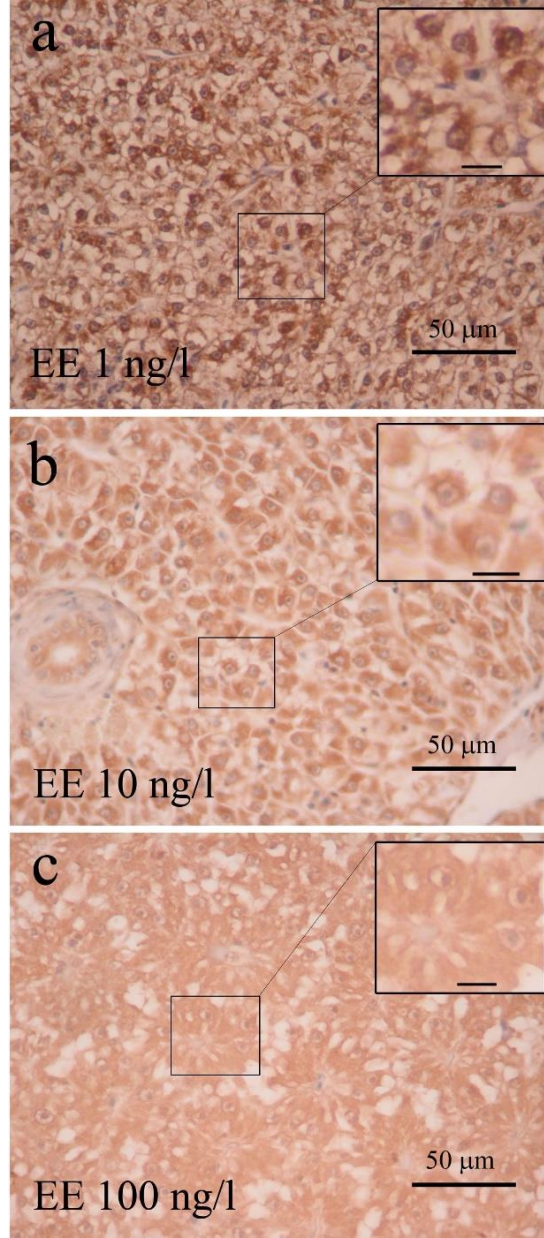
**Şekil 1.** İnci kefalinde kontrol (a) ve solvent kontrol (b) grubu bireylerinin karaciğer dokusundan alınan kesitlerde CYP1A enzimine ait immun boyama. CYP1A immunreaksiyonu hepatositlerin sadece perinükleolar alanlarında gözlemlenirken, sitoplazmik alanlarında gözlemlenmemiştir (inset bar: 10 µm).

Doğal östrojen 17 $\beta$ -östradiolün alabalık karaciğer hücre kültüründe bazal EROD aktivitesini inhibe ettiği, (Navas ve Segner 2000), CYP1A mRNA seviyesini düşürdüğü, (Navas ve Segner 2001) ve CYP1A ifadesini baskıladığı (Elskus, 2004) belirlenmiştir. EE<sub>2</sub> enjekte edilen *Cyprinus carpio*'da EROD aktivitesinin ve CYP1A protein ifadesinin belirlenmediği bildirilmiştir (Solé ve ark. 2000). Sentetik östrojen EE<sub>2</sub>'ye 7 gün süre ile maruz bırakılan *Salmo salar*'da ise CYP1A ifadesinin zamana ve doza bağımlı olarak azaldığı gözlemlenmiştir (Mortensen ve Arukwe 2007). Bu bulgulardan farklı olarak çalışmamızda EE<sub>2</sub>'ye maruz bırakılan balıklarda hepatositlerin sitoplazmasında CYP1A immunboyanmasının konsantrasyon yükselişi ile birlikte arttığı ancak boyanmanın güçlü olmadığı gözlemlendi. Benzer olarak, Hasselberg ve ark. (2004), alkilfenol karışımına (C4-C7) ve 17 $\beta$  östradiole maruz bırakılan *Gadus morhua*'nın

erkek bireylerinde, hepatik CYP1A protein ifadesinin doza bağımlı olarak arttığını gözlemlemişlerdir. EE<sub>2</sub>'nin, benzo(a)piren (BaP)'e maruz bırakılan *Clarias gariepinus*'un solungaçlarında EROD aktivitesini, BaP ile antagonistik olarak, inhibe ettiği ve tek başına solungaç EROD aktivitesini iki kat arttırdığı belirlenmiş, bununla birlikte aynı etki karaciğerde gözlenmemiştir (Mdegela ve ark. 2006). Son ve ark. (2002) ise 17β-östradiol'ün fare ovaryum kanser hücre hattında TCDD ile uyarılan CYP1A protein ve mRNA ifadesini arttırdığını bildirmişlerdir. Balıklarda yapılan çalışmalarda, CYP1A enziminin uyarımı-



**Şekil 2.** NP'nin 10 µg/l (a), 60 µg/l (b) ve 200 µg/l (c) konsantrasyonlarına maruz bırakılan inci kefaline ait karaciğer kesitlerinde CYP1A immün boyaması. Kontrollere benzer olarak hepatositlerin sadece perinükleer alanında CYP1A immün reaksiyonu gözlenirken; sitoplazmik alanda gözlenmedi (inset bar: 10 µm).



**Şekil 3.** EE<sub>2</sub>'nin 1 ng/l (a), 10 ng/l (b) ve 100 ng/l (c) konsantrasyonlarına maruz bırakılan inci kefaline ait karaciğer kesitlerinde, hepatosit sitoplazmasında gözlenen CYP1A immun boyanması (inset bar: 10 µm).

nın uyarıcının dozuna, uyarım yoluna, türe, yaşa ve üreme siklusuna (Snowberger ve ark. 1991; Smolowitz ve ark. 1992; Sleiederink ve ark. 1994; Arukwe ve Goksöyr 1997; Van Veld ve ark. 1997; Anulacion ve ark. 1998) bağlı olarak farklılık gösterebildiği bildirilmiştir.

Dolayısıyla diğer türlerde EE<sub>2</sub>'nin CYP1A üzerine olan baskılayıcı etkisine rağmen, inci kefalinin hepatositlerinde CYP1A immunboyanmasının gözlenmesi, deney süresinin uzun olmasından kaynaklanabilir. Bu çalışmaya benzer olarak Madureira ve ark. (2012), farklı farmasötiklerin zebra balığı karaciğerinde CYP1A immunboyanmasını değiştirdiğini veya uyardığını bildirmişlerdir. Öte yandan, P450

izozimlerinin 17β-östradiol (Lee ve ark. 2003) ve EE<sub>2</sub>'nin (Wang ve ark. 2004) oksitativ metabolizasyonunu katalizleyebildikleri de rapor edilmiştir.

Sonuç olarak, EE<sub>2</sub>'ye 32 gün süre ile maruz bırakılan inci kefalinde, CYP1A'nın hepatositlerdeki varlığı immunohistokimyasal olarak belirlenmesine rağmen, NP'ye maruz kalan bireylerde böyle bir etki gözlenmemiştir. Bu bulgular zenoöstrojenlerin, CYP1A uyarımında, farklı etkilere sahip olduğunu göstermektedir. EE<sub>2</sub>'nin CYP1A immun boyanmasını uyarıcı etkisinin altında yatan nedenlerin aydınlatılması için de daha detaylı çalışmalara ihtiyaç vardır.

## Teşekkür

Bu çalışma Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Başkanlığı tarafından desteklenmiştir (Proje No: 2007-FED-B42). Desteginden dolayı Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Başkanlığı'na teşekkür ederiz.

## Kaynaklar

- Ahel, M., Giger, W., Koch, M., (1994). Behaviour of Alkylphenol Polyethoxylate Surfactants in the Aquatic Environment-I. Occurrence and Transformation in Sewage Treatment. *Water Research*, 28, 1131-1142.
- Anulacion, B.F., Myers M.S., Willis, M.L., Collier, T.K., (1998). Quantitation of CYP1A Expression in Two Flatfish Species Showing Different Prevalences of Contaminant-Induced Hepatic Disease. *Marine Environmental Research*, 46:7-11.
- Arellano, J.M., Ortiz, J.B., Luisa Gonzales de Canales, M., Sarasquete, (2001). Histopathological Alterations and Induction of Cytochrome P-450 1A in the Liver and Gills of the Gilthead Seabream (*Sparus aurata*) Exposed to 2,3,7,8-Tetrachlorodibenzo-*p*-dioxin. *The Histochemical Journal*, 33, 663-674.
- Arukwe, A., Förlin, L., Goksøyr, A., (1997). Xenobiotic and Steroid Biotransformation Enzymes in Atlantic Salmon (*Salmo salar*) Liver Treated with an Estrogenic Compound, 4-Nonylphenol. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 16, 2576-2583.
- Arukwe, A., Goksøyr, A., (1997). Changes in Three Hepatic Cytochrome P450 Subfamilies During a Reproductive Cycle in Turbot (*Scophthalmus maximus* L.). *Endocrinology*, 277, 313-325.
- Danulat, E., Selcuk, B. (1992). Life history and Environmental Conditions of the Anadromous *Chalcalburnus tarichi* (Cyprinidae) in the Highly Alkaline Lake Van, Eastern Anatolia, Turkey. *Archiv für Hydrobiologie*, 126,105–125.
- Fent, K., (2001). Fish Cell Lines as Versatile Tools in Ecotoxicology: Assessment of Cytotoxicity, Cytochrome P4501A Induction Potential and Estrogenic Activity of Chemicals and Environmental Samples. *Toxicology in Vitro*, 15, 477-488.
- Goksøyr, A., Förlin, L., (1992). The Cytochrome P-450 System in Fish, Aquatic Toxicology and Environmental Monitoring. *Aquatic Toxicology*, 22, 287-312.
- Hasselberg, L., Meier, S., Svardal, A., Hegelund, T., Celander, M.C., (2004). Effects of Alkylphenols on CYP1A and CYP3A Expression in First Spawning Atlantic Cod (*Gadus morhua*). *Aquatic Toxicology*, 67, 303-313.
- Husøy, A.-M., Myers, M.S., Goksøyr, A., 1996. Cellular Localization of Cytochrome P450 (CYP1A) Induction and Histology in Atlantic Cod (*Gadus morhua* L.) and

- European Flounder (*Platichthys flesus*) after Environmental Exposure to contaminants by caging in Sørfjorden, Norway. *Aquatic Toxicology*, 36, 53-74.
- Jobling, S., Sumpter, J.P., (1993). Detergent Components in Sewage Effluent are Weakly Oestrogenic to Fish: An in vitro Study Using Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*) Hepatocytes. *Aquatic Toxicology*, 27, 361-372.
- Kannan, K., Keith, T.L., Naylor, C.G., Staples, C.A., Snyder, S.A., Giesy, J.P., (2003). Nonylphenol and Nonylphenol Ethoxylates in Fish, Sediment, and Water from the Kalamazoo River, Michigan. *Archives of Environmental Contamination Toxicology*, 44:77-82.
- Kaptaner, B., Kankaya, E., Ünal, G., (2009). Effects of 17 $\alpha$ -Ethinylestradiol on Hepatosomatic Index, Plasma Vitellogenin Levels and Liver Glutathione-S-transferase Activity in Lake Van Fish (*Chalcalburnus tarichi* Pallas, 1811). *Fresenius Environmental Bulletin*, 18, 2366–2372.
- Kaptaner, B., Kankaya, E., Doğan, A., Çelik, İ. (2014). Histopathology and Oxidative Stress in the Liver of *Chalcalburnus tarichi* Living in Lake Van, Turkey. *Life Science Journal*, 11, 66–77.
- Kaptaner, B. (2015). Relation Between Increased oxidative stress and Histological Abnormalities in the Ovaries of *Alburnus tarichi* in Lake Van, Turkey. *Environmental Monitoring and Assessment*, 187, 702.
- Kaptaner B., Kankaya E., Dogan A., Durmuş A., (2016). Alterations of Histology and Antioxidant Defense System in the Testes of the Lake Van Fish (*Alburnus tarichi* GÜldenstädt, 1814). *Environmental Monitoring and Assessment*, 188, 474, 1–15.
- Labadie, P., Budzinski, H., (2006a). Alteration of Steroid Hormone Balance in Juvenile Turbot (*Psetta maxima*) Exposed to Nonylphenol, Bisphenol A, Tetrabromodiphenyl Ether 47, Diallylphthalate, Oil, and Oil Spiked with Alkylphenols. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 50, 552-561.
- Labadie, P., Budzinski, H., (2006b). Alteration of Steroid Hormone Profile in Juvenile Turbot (*Psetta maxima*) as a Consequence of Short-Term Exposure to 17 $\alpha$ -Ethinylestradiol. *Chemosphere*, 64, 1274-1286.
- Larsson, D.G.J., Adolfsson-Erici, M., Parkkonen, J., Pettersen, M., Berg, A.H., Olsson, P.-E., Förlin, L., (1999). Ethinylestradiol-an Undesired Fish Contraceptive?. *Aquatic Toxicology*, 45, 91-97.
- Lee, P.C., Patra, S.C., Stelloh, C.T., Lee, W., Struve, M., (1996). Interaction of Nonylphenol and Hepatic CYP1A in Rats. *Biochemical Pharmacology*, 52, 885-889.
- Lester, S.M., Braunbeck, T.A., Teh, S.J., Stegeman, J.J., Miller, M.R., Hinton, D.E., (1993). Hepatic Cellular Distribution of Cytochrome P-450 IA1 in Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*): An Immunohisto- and Cytochemical Study. *Cancer Research*, 53, 3700-3706.
- Malmström, C.M., Koponen, L., Seppa-Lindstrom, P., Bylund, G., (2004). Induction and Localization of Hepatic CYP4501A in Flounder and Rainbow Torut Exposed to Benzo[a]pyrene. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 58, 365-372.
- Mdegela, R.H., Braathen, M., Correia, D., Mosha, R.D., Skaare, J.U., Sandvik, M., (2006). Influence of 17 $\alpha$ -Ethinylestradiol on CYP1A, GST and Biliary FACs Responses in Male African Shaptooth Catfish (*Clarias gariepinus*) Exposed to Waterborne Benzo[a]Pyrene. *Ecotoxicology*, 15, 629-637.

- Madureira, T. V., Rocha, M. J., Cruzeiro, C., Rodrigues, I., Monteiro, R. A., Rocha, E., (2012). The toxicity potential of pharmaceuticals found in the Douro River estuary (Portugal): evaluation of impacts on fish liver, by histopathology, stereology, vitellogenin and CYP1A immunohistochemistry, after subacute exposures of the zebrafish model. *Environmental Toxicology and Pharmacology*, 34(1), 34-45.
- Mortensen, A.S., Arukwe, A., (2007). Effects of 17 $\alpha$ -Ethinylestradiol on Hormonal Responses and Xenobiotic Biotransformation System of Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Aquatic Toxicology*, 85, 113-123.
- Mortensen, A.S., Tølfesen, C.C., Arukwe, A., (2006). Gene Expression Patterns in Estrogen (Nonylphenol) and Aryl Hydrocarbon Receptor Agonists (PCB-77) Interaction Using Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*) Primary Hepatocyte Culture. *Journal of Toxicology and Environmental Health*, 69, 1-19.
- Navas, J.M., Segner, H., (2000). Modulation of 7-Ethoxyresorufin-O-deethylase (EROD) Activity by Estradiol and Octylphenol. *Marine Environmental Research*, 50, 157-162.
- Navas, J.M., Segner, H., (2001). Estrogen-Mediated Suppression of Cytochrome P4501A (CYP1A) Expression in Rainbow Trout Hepatocytes: Role of Estrogen Receptor. *Chemico-Biological Interactions*, 138, 285-298.
- Sarasquete, C., Segner, H., Cytochrome P4501A (CYP1A) in Teleostean Fishes 2000. A Review of Immunohistochemical Studies. *The Science of the Total Environment*, 247, 313-332.
- Sleiderink, H. M., Oostingh, I., Goksøyr, A., Boon, J. P., (1995). Sensitivity of Cytochrome P450 1A Induction in Dab (*Limanda limanda*) of Different Age and Sex as a Biomarker for Environmental Contaminants in the Southern North Sea. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 28, 423-430.
- Smolowitz, R.M., Moore, M.J., Stegeman J.J., (1989). Cellular Distribution of Cytochrome P-450E in Winter Flounder Liver with Degenerative and Neoplastic Disease. *Marine Environmental Research*, 28, 441-446.
- Smolowitz, R.M., Schultz, M.E., Stegeman, J.J., 1992. Cytochrome P4501A Induction in Tissues, Including Olfactory Epithelium, of Topminnows (*Poeciliopsis* spp.) by Waterborne benzo[a]pyrene. *Carcinogenesis*, 13, 2395-2402.
- Snowberger, E.A., Woodin, B.R., Stegeman, J.J. (1991). Sex Differences in Hepatic Monooxygenases in Winter Flounder (*Pseudopleuronectes americanus*) and Scup (*Stenotomus chrysops*) and Regulation of P450 Forms by Estradiol. *Journal of Experimental Zoology*, 259, 330-342.
- Solé, M., Porte, C., Barceló, D., (2000). Vitellogenin Induction and Other Biochemical Responses in Carp, *Cyprinus carpio*, After Experimental Injection with 17 $\alpha$ -Ethinylestradiol. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 38, 494-500.
- Son, D.-S., Roby, K.F., Rozman, K.K., Terranova, P.F., (2002). Estradiol Enhances and Estriol Inhibits the Expression of CYP1A1 Induced by 2,3,7,8-Tetrachlorodibenzo-p-dioxin in a Mouse Ovarian Cancer Cell Line. *Toxicology*, 176, 229-243.
- Sturve, J., Hasselberg, L., Fälth, H., Celander, M., Förlin, L., (2006). Effects of North Sea Oil and Alkylphenols on Biomarker Responses in Juvenile Atlantic Cod (*Gadus morhua*). *Aquatic Toxicology*, 78, 73-78.



- Ternes, T.A., Stumpf, M., Mueller, J., Haberer, K., Wilken, R.D., Servos, M., (1999). Behavior and Occurrence of Estrogens in Municipal Sewage Treatment Plants. I. Investigations in Germany, Canada and Brazil. *The Science of the Total Environment*, 225, 81-90.
- Ünal, G., Türkoğlu, V., Oğuz, A. R., Kaptaner, B. (2007). Gonadal Histology and Some Biochemical Characteristics of *Chalcalburnus tarichi* (Pallas, 1811) Having Abnormal Gonads. *Fish Physiology and Biochemistry*, 33, 153–165.
- Unal, G., Marquez, E. C., Feld, M., Stavropoulos, P., Callard, I.P., (2014). Isolation of Estrogen Receptor Subtypes and Vitellogenin Genes: Expression in Female *Chalcalburnus tarichi*. *Comparative Biochemistry and Physiology C*, 172–173, 67–73.
- Vaccaro, E., Meucci, V., Intorre, L., Soldani, G., Di Bello, D., Longo, V., Gervasi, P.G., Pretti, C., (2005). Effects of 17 $\beta$ -estradiol, 4-Nonylphenol and PCB 126 on the Estrogenic Activity and Phase 1 and 2 Biotransformation Enzymes in Male Sea Bass (*Dicentrarchus labrax*). *Aquatic Toxicology*, 75, 293-305.
- Van Den Belt, K., Wester, P.W., Van Der Ven, L.T.M., Verheyen, R., Witters, H., (2002). Effects of Ethinylestradiol on the Reproductive Physiology in Zebrafish (*Danio rerio*): Time Dependency and Reversibility. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 21, 767-775.
- Van Veld, P.A., Vogelbein, W.K., Cochran, M.K., Goksøyr, A., Stegeman, J.J., (1997). Route-Specific Cellular Expression of Cytochrome P4501A (CYP1A) in Fish (*Fundulus heteroclitus*) Following Exposure to Aqueous and Dietary Benzo[a]pyrene. *Toxicology and Applied Pharmacology*, 142, 348-359.
- Wang, B., Sanchez, R.I., Franklin, R.B., Evans, D.C., Huskey, S.-E.W., (2004). The Involvement of CYP3A4 and CYP2C9 in the Metabolism of 17 $\alpha$ -Ethinylestradiol. *Drug Metabolism and Disposition*, 32, 1209-1212.
- Weber, L.P., Kiparissis, Y., Hwang, G.S., Nimi, A.J., Janz., D.M., Metcalfe., C.D., 2002. Increased Cellular Apoptosis after Chronic Aqueous Exposure to Nonylphenol and Quercetin in Adult Medaka (*Oryzias latipes*). *Comparative Biochemistry and Physiology*, 131, 51-59.

## Güneş Enerji Santralleri Kurulum Aşamasında Alınacak Olan İş Sağlığı ve Güvenliği Önlemleri

Burak ACAR<sup>1\*</sup>, İbrahim SÖNMEZ<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Okan Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İş Sağlığı ve Güvenliği Bölümü

\*e-mail: burakacar88@gmail.com

ORCID ID: B. Acar: <https://orcid.org/0000-0003-4518-1098>, I. Sönmez: <https://orcid.org/0000-0001-7705-8639>

Geliş tarihi/Received: 19/08/2020

Kabul tarihi/Accepted: 18/09/2020

### Özet

Güneş enerji santralleri kurulumu öncesi, projelendirmede yapılacak olan planlamalar ve buna bağlı olarak alınan İş Sağlığı ve Güvenliği tedbirleri, santralin kurulum aşamasında yaşanabilecek kazaların önüne geçilmesi için önemlidir. Kurulum aşamasına geçmeden belirlenen tehlikeler, tehlike kavramının içerisinde barınan riskler ve bu risklerin bağlı olduğu faktörlerin tamamen önüne geçilmesi ya da önüne geçilemeyecek olan hadiselerin minimum risk seviyesine indirilmesi alınacak olan tedbirlerle doğru orantılıdır. İş Sağlığı Güvenliği önlemleri deneyimlere bağlı olarak reaktif yaklaşımdan çok proaktif yaklaşımı benimsemiş ve bu yaklaşımı ön plana çıkarmıştır. Bu çalışmanın amacı, güneş enerji santrallerinin kurulum aşamasında yaşanabilecek iş kazalarının barındırdığı riskleri ele almak, riskleri ortadan kaldırmak, kabul edilebilir seviyeye indirmek ve yaşanan kazalar sonrasında alınabilecek tedbirler hakkında bilgi vermektir.

**Anahtar Kelimeler:** Güneş Enerji Santrali, İş Sağlığı ve Güvenliği, Yenilenebilir, Enerji

## Occupational Health and Safety Measures To Be Taken During The Installation Phase of Solar Power Plants

### Abstract

The planning to made in the project before the installation of solar power plants and the occupational health and safety measures taken accordingly are important in order to prevent accidents that may occur during the installation phase of solar power plants. The dangers identified before the installation phase, the risk contained in the concept of danger and factors that these risk are related to are completely prevented or the incidents that cannot be prevented are in direct proportion to the measures to be taken. Occupational health and safety measures have adopted a proactive approach rather than a reactive approach, depending on the experiences and highlighted this approach. This study aimed guide the removal of the risk of occupational accidents that way occur during the installation phase of solar power plants, to reduce them to an acceptable level and to the measures that can be taken after accidents.

**Keywords:** Solar Power Plant, Occupational Health and Safety, Renewable, Energy

## **Giriş**

Güneş enerji santralleri yenilenebilir enerji sistemlerine bağlı temiz enerji kaynaklarıdır. Karbon salınımı yapmayan, doğa dostu güneş enerji santralleri kurulu bulunduğu ülkelere maddi ve ekolojik açıdan pozitif yönde değer katmaktadır. Özellikle yenilenebilir enerji sistemlerine bağlı olarak kullanılan Güneş Enerji Santrallerinin kullanımı ülkelerin gelişmişlik düzeyleri, kültür ve bilinçlendirme şekilleri ile doğru orantılıdır. Güneş Enerjisi sektöründe dünyanın çeşitli ülkelerinde son 15 senede yaşanan bu büyüme devletlerin gösterdiği idari destek ve toplumsal farkındalıkla çoğalmaktadır.

2019 yılı yılsonu verilerine göre, ‘‘Dünyada kurulu güneş kapasitesinin 2019 yılsonu itibarı ile Çin’de 208 GW’a çıktığı, toplamda 629 GW ulaştığı, bu kapasitenin, 2018 yılına göre ise %12,5 artış ile ABD’de 69 GW, %12,5 artışla Japonya’da 63 GW’ ye yükseldiği tespit edilmiştir. Almanya ve Hindistan da ise, 52 GW ve 29 GW kurulu güç gözlenmiştir (URL-1).

Dünya’nın en büyük enerji santrallerine sahip ülkelerin yanında, Türkiye güneş enerji sistemlerinin kullanılmasında son 5 senede büyük bir atılım yapılmıştır. Kurulu güneş enerji santralleri kapasitesi 2014 yılında 40,2 MW iken, 2019 yılı aralık ayın da bu değer 5987 MW olduğu bildirilmiştir. 2023 yılı hedeflerine göre ülkemiz, yenilenebilir enerji sistemleri içerisinde bulunan güneş enerji santralleri hedefini 63000 MW olarak belirlemiştir (IEA, 2018).

## **İş Sağlığı ve Güvenliği Tanımı**

İş Sağlığı ve Güvenliği (İSG), çalışanların iş kazaları ve meslek hastalıklarına karşı korunmalarının sağlanmasıdır. İş yerlerinde işlerin yürütülmesi sırasında, çeşitli nedenlerden kaynaklanan, sağlığa zararlı durumlardan korunmak amacı ile yapılan sistemli ve bilimsel çalışmalardır (Yağimli ve Tozan, 2017).

## **Kaza Kavramı ve İş Kazası**

Uluslararası Sağlık Örgütü (İLO)’ne göre kaza; Belirli bir zarar veya yaralanmaya yol açan önceden planlanmamış beklenmedik olaydır. Dünya Sağlık Örgütü (WHO)’ne göre kaza, önceden planlanmamış çoğu kişisel yaralanmalara, makinelerin ve araç gereçlerin zarara uğratılmasına, üretimin bir süre durmasına yol açan olaydır (Yağimli ve Tozan, 2017).

İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu 6331’e göre iş kazası; İş yerine veya işin yürütümü nedeniyle meydana gelen, ölüme sebebiyet veren veya vücut bütünlüğünü ruhen ya da bedenen engelli hale getiren olaydır (İSG 6331 Numaralı Kanunu, 2012).

## **İş Sağlığı ve Güvenliği Uygulamalarının Amacı ve Hedefi**

Günümüzde iş hayatının sürekliliğini ve kalitesini arttırmak için İş Sağlığı ve Güvenliği önemli bir faktördür. İş doğru yapabilmek, çalışanın yüksek yaşam ve iş kalitesinden geçer. Bu nedenlerden dolayı amacı ve hedefi olmayan bir İSG stratejisi başarılı sonuçlar getirmeyecektir. İş sağlığı ve güvenliği amaçları ve hedefleri ise ana çerçevede şu şekildedir;

- Çalışanların korunması

- Üretim güvenliğinin sağlanması
- İşletme güvenliğinin sağlanması
- Sağlıklı ve güvenilir çalışma ortamı
- Üretim süresince güvenliği ve devamlılığı sağlamak
- Sağlanan sağlık/güvenlik şartları altında kaliteli üretim ve verimlilik (Meroğlu, 2018).

Güneş enerji santrallerinde, İş Sağlığı ve Güvenliğinin gerektirdiği her alanda olduğu gibi sürdürülebilirliği sağlamak önemlidir. Kurulacak ve işletmeye alınacak bu santrallerin, İSG teknikleri yardımıyla tehlikeyi kaynağında belirleyip, riskleri ortaya çıkarılması ve çözüme ulaştırılması gerekmektedir. Santralin iş başlangıcı öncesinden, kurulum sırasına kadar ve kurulum sonrası işletmeye alınan tesisin her türlü tehlike, risk ve sağlık analizi göz önünde bulundurulmalıdır (OSEIA, 2012).

İş sağlığı ve güvenliği önlemlerinde tehlikelerin belirlendiği ana unsurlar dikkate alındığı zaman çalışılan alan/mesken, bu alan ve meskenlerde yapılan iş ve yürütülen faaliyetler, iş yapımı ve üretim sürecinde kullanılan teknikler, kişisel koruyucu donanımlar, iş ekipmanları ve üretim makineleri, ayrıca bu makinelerin periyodik olarak yapılan bakımları, işin sonucunda ortaya çıkan atık veya atık maddelerin durumu, çalışılan ortamda bulunan çalışanların görev ve yetki alanları, sağlık kayıtları ayrı ayrı incelenmelidir. Eksik görülen kısımlarda İş sağlığı güvenliği ve iş yeri hekiminin belirlediği durumlarda gereken müdahaleler işvereninde göstermesi gerektiği dikkatle birlikte ivedilikle yapılmalıdır (Solar Power Europe, 2018).

İş sağlığı ve güvenliğinde hedeflere amaçlanan şekilde ulaşmak için katkı sağlayacak yardımcı sistem ön görülen tehlikeler sonucunda ortaya çıkacak olan risklerin değerlendirilmesidir. Risk değerlendirmesi sonucunda tehlikelerden kaynaklanabilecek riskler çalışılan yerin ulusal veya uluslararası standartlara uygun olarak belirlenen ölçülere göre derecelendirilmelidir. Buna uygun risk analiz tabloları oluşturularak toplanan bilgiler ışığında, çalışma ortamında oluşabilecek tehlikelerden kaynaklanan riskler derecesine göre belirlenmelidir (Dündar ve Ertem, 2016). Ortaya çıkan sonuçlar neticesinde, riskler şiddetine göre analiz edildikten sonra, kaynağında çözmek veya çözülmesi zor olan risk durumlarını kabul edilebilir seviyeye indirmek yine iş sağlığı ve güvenliği biriminde çalışan iş sağlığı güvenliği uzmanının ve iş yeri hekiminin doğru yönlendirmesi ile olmalıdır (TEİAŞ Yönetmeliği, 2016).

## **Türkiye’de İş Sağlığı ve Güvenliği Üzerine Yasa ve Kanunlar**

Ülkemizde güncel olarak yürürlükte olan iş güvenliği, iş sağlığı, işçi güvenliği ve işçi sağlığını koruyan ve geçerliliği devam eden kanunlar sırası ile şu şekildedir. 6331 sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu, 4857 sayılı İş Kanunu, 5510 sayılı Sosyal Sigortalar ve Genel Sağlık Sigortası Kanunu gibi kanunlar ile birlikte hem işçi hem işveren yasal olarak güvence altına alınmış, bu kanunlar ile birlikte görev tanımları ayrıntılı bir şekilde belirlenmiştir. Hem işçi, hem işveren hem de devlet kurumları, bu yasalar altında ki bu kanunlar ile birlikte hukuki açıdan kendisini güvence altına almış ve tüm tarafların haklarını bu şekilde korumuş olmaktadır (Aslantaş, 2018).

Güneş enerji santralleri 6131 sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanununun da belirtilen yönetmelik gereğince elektrik enerjisi üretimi olarak tanımlanan ve Avrupa Birliği'nde Ekonomik Faaliyetlerin İstatistikî Sınıflaması (NACE) anlamına gelen iş yerlerinin çalıştıkları alanlara göre tehlike sınıflarını belirleyen sistemin oluşturduğu altı haneli

35.11.19 bir NACE koduna sahiptir (Çelik ve Utlı, 2013). Çok tehlikeli işyeri sınıfına giren bu kodlama gereği işinde uzman bir iş sağlığı güvenliği uzmanı ile deneyimli bir işyeri hekimi hizmet vermek zorundadır. İlgili yönetmeliklerde ve resmi gazetede yayınlanan çok tehlikeli iş sınıfı durumuna sahip güneş enerji santrallerinde iş güvenliği uzmanlarının ve işyeri hekimlerinin görev, yetki, sorumluluk ve eğitimleri hakkında çalışma saatleri şu şekilde tanımlanmıştır;

- Çok tehlikeli sınıfta yer alan iş yerlerinde A sınıfı iş güvenliği uzmanı ayda en az 36 saat görev yapmalı, buna ilave olarak işçi başına ayda en az 10 dakika çalışma alanında bulunmalıdır. Ayrıca, işyeri hekimi işçi başına ayda en az 15 dakika görevini yapmakla ve bu tehlikeli sınıfta bulunan kurumlarda bu hizmeti almakla yükümlü olduğu açıkça belirtilmiştir (URL-2).

### **Güneş Enerji Santralleri Kurulum Aşamasında Alınacak Olan İş Sağlığı ve Güvenliği Önlemleri**

Güneşin sonsuz enerjisinden faydalanmak ve bunu kullanılabilir bir enerji haline çevirmek için kurulumu yapılan ve yenilenebilir enerji kaynaklarından biri olan güneş enerji santralleri, yapımının her aşaması ile tehlikeli işler sınıfına girme konumunu hak etmektedir. Projelerin kurulum aşaması öncesinde iş sağlığı ve güvenliği hakkında yapılması gereken istişareler ve planlar, kurulum sırasında ortaya çıkma ihtimali taşıyan her bir risk etmenini önlemek, önlenemese dahi kabul edilebilir seviyeye indirmek zorundadır. Bu detaylı ve sistematik çalışma şekli kurulum aşamasında da alınacak olan iş sağlığı ve güvenliği yaklaşım tarzını da etkileyecektir (TÜV NORD, 2017).

İş sağlığı ve güvenliği bilinci toplum ve bireyler üzerinde kabul görene dek yaklaşım tarzı hep reaktif olmuştur. Reaktif yaklaşımlarda bir hadise yaşandıktan sonra olmuş olan durumu düzeltmeye çalışma çabası maddi ve manevi büyük kayıplara yol açmıştır. Fakat toplumun ve bireylerin iş sağlığı ve güvenliği üzerine bilgisi, deneyimi arttıkça proaktif yaklaşımın etkinliği artmıştır. Proaktif yaklaşım bir hadise yaşanmadan önce sorunun kaynağına yönelik, ortama yönelik ve kişiye yönelik herhangi bir kaza riskini ortadan kaldırma ve kabul edilebilir seviyeye getirme yöntemidir (URL-3). Güneş enerji santrallerinde de diğer alanlarda alınan iş sağlığı ve güvenliği önlemleri gibi proaktif yaklaşım her zaman etkin olmalıdır.

### **Yaban Hayatıyla Mücadele, Yaban Hayatının Korunması ve Buna Hazırlık**

Enerji ihtiyacını karşılamak üzere kurulan elektrik üretim merkezleri ve buna benzer santraller, şehir merkezlerinden uzak, kırsal konumlarda ve doğa içerisinde yaban hayatının merkezinde yapılandırılmaktadır. Güneş enerji santrallerinin kurulumunda yabancı hayatı korumak önemli olup, bu santrallerin kurulumunda iş sağlığı ve güvenliğinin gerekliliği de göz ardı edilemez bir gerçektir.

Bu konuda devlet kurumları ile istişare yaparak gerekli iş sağlığı ve güvenliği planlarını kurgulamak önemlidir. Özellikle yaban hayatın korunması ve yaban hayat ile mücadelede Orman Genel Müdürlüğüne bağlı bulunan Orman Koruma Şube Müdürlükleri tek yetkili kurumdur. Kurulum yapılacak olan arazi üstünde ki korunması gereken habitatı ve bu habitata bağlı olarak bulunan ortamda yaşayan yaban hayvanlarının tanımlanması konusunda yapılacak olan istişareler iş sağlığı ve güvenliği

planlamaları konusunda arazi üzerinde yapılan çalışmalarda yardımcı olacaktır (ÇSB, 2017).

Yaşanabilecek tüm durumlar için eğitilmiş ve profesyonel bir ekibin müdahalesinin gerekliliği kaçınılmaz bir gerçektir. Göz önünde bulundurulması gereken bu sebepten dolayı arazinin şehir merkezine olan uzaklığı göz önünde bulundurularak acil çağrı ve yardımlar için gereken telefon numaraları belirlemeli, telefon ve GSM alt yapısının yetersiz olduğu konumlarda sağlık birimleri ve kolluk kuvvetleri ile iletişime geçebilmek için telsizle iletişim sistemi kurulmalıdır. Ayrıca yine, bulunan alanın şehir merkezinde ki en yakın sağlık merkezine, ulaşım güzergâhı belirlenmeli ve bu kurumlarla paylaşılmalıdır (Acar, 2020)

### **İnşaat ve Saha Hazırlama Süreci**

Güneş enerji santrallerinin kurulum safhasında, yapılacak olan iş, çalışacak olan personel, personelin kullanması gereken tüm saha gereçleri ve materyalleri ayrıca üstünde çalışma yapılan arazi bir bütünü oluşturmaktadır. Bu bütünün tüm parçaları birbiri ile etkileşim içindedir ve bu etkileşim sürecinde iş sağlığı ve güvenliği sistemi faaliyetlerin daha da sağlıklı yürütülmesini sağlayan yapı taşlarından biridir.

Kurulum aşamasında olan bir güneş enerji santralinin başlangıcı, kazı çalışmaları ve zemin güçlendirme ile olmaktadır. Sürecin bu kısmında kazı alanları ve güçlendirme sahaları etrafında kullanılacak olan uyarıcı şeritler, barikatlar, güvenlik levhaları çalışma alanında yaşanabilecek olan kazaların önüne geçecektir. Kazalar yaşanmadan önce kurgulanan ve risk analizleri ile birlikte ortaya çıkan yüksek risk taşıyan çalışmalar içinde acil eylem ve müdahale planları iş güvenliği uzmanı tarafından sürekli güncellenmelidir (Cusi, 2018).

### **Saha Çalışma Ekibinin Sağlığı ve Güvenliği**

Olası kaza, yaralanma ve ölüm potansiyeli taşıyan risk faktörlerini öngörüler ve daha önce güneş enerji santrallerinde yaşanan hadiseler ile birleştirip analiz etmek, belirlenen risk faktörlerine göre proaktif bir yaklaşım sergilemek gerekmektedir. Kesintisiz sürdürülebilirlik ancak bu şekilde sağlanabilir. Güneş enerji santrallerinde karşılaşılabileceğimiz personeli ilgilendiren bazı durumlar şu şekilde belirtilmiştir;

- Ölüm
- Yaralanma / Travma / Beyin sarsıntısı / Çeşitli sakatlamalar
- Kırık / Çatlak / Kemik Çıkmaları
- Vücut dışında meydana gelen yaralanmalar
- Akciğer rahatsızlıkları
- İç kanama
- Elektrik Çarpması
- Yanma
- Sıcak/Güneş Çarpması
- Kesikli yaralanmalar
- Sırt ve Boyun sakatlanmaları
- Yüksekten düşme
- Göz yaralanmaları

- Merdiven ya da İskele sebebiyle yaralanmalar

Belirtilen bu 14 madde güneş enerji santrallerinin kurulumu sırasında oluşabilecek durumları ana hatları ile bize göstermektedir. Yapılması gereken bu olaylar karşısında güvenlik stratejisini iyi oluşturmak, kaza riskini azaltmak ve alınacak önlemleri sürekli takip etmektir (Cusi, 2018).

Arazi şartlarında yapılan çalışmalarda inşaat yapım işleri ve enerji santrallerinin temelini oluşturan elektrik işleri bir arada yürütülmektedir. Özellikle çalışan personelin güvenliğini sağlamak için kişisel koruyucu donanımlar, koruyucu materyaller, uyarı/ikaz levhaları ve bunların doğru kullanımı önemlidir. Sahada çalışacak ve arazide sürekli montaj kısmında bulunacak olan bir personel için olmazsa olmaz kişisel koruyucu donanımlar şunlardır; Göz ve göz çevresini koruyucu iş gözlüğü, başa alınacak olan darbeleri ve sıcaklığı önlemek için baret, koruyucu iş kıyafetleri, koruyucu iş eldiveni, koruyucu iş ayakkabıları, fosforlu iş yeleği, tozlu alanlarda ve boya/antipas kısmında çalışacak olan personele koruyucu iş maskesi, yüksek ses ve ses yoğunluğunun olduğu bölgelerde işitme kaybını engellemek için kulak tıkacı veya iş kulaklığı güneş enerji santrallerinde çalışan saha personeli için kesinlikle kullanılması gereken ekipmanlardandır (Cusi, 2018).



**Şekil 1.** Güvenlik Ekipmanları

Kişisel koruyucu donanımlar dışında şantiye sahasında güvenliği sağlayan bir diğer husus güvenlik ve uyarı levhaları/etiketleridir. Gerek şantiye içinde sürekli çalışan personel ve ekipler için gerekse şantiye dışından ziyarete gelen ziyaretçiler için iş sağlığı ve güvenliği uzmanının belirlediği risk barındıran her noktaya şantiye giriş kapısından itibaren saha içinde bulunan her stratejik ve görülebilir noktaya konumlandırılmalıdır. Ayrıca iş sağlığı ve güvenliği kanunu içerisinde mevzuatın belirlediği standartlarda kullanılması gereken bu uyarıcı levha/etiketler silinmez,

görülebilir, deforme olmayan, sökülemeyen, sabit, kurulumu yapılan sistemin o alanda kalacağı sürece kalıcı olmalı ve okunaklı olacak şekilde kullanılmalıdır (Ekol, 2018).

Sahada görev yapan personel için alınan güvenlik önlemleri ne kadar önemliyse çalışanların sağlığı da o kadar önemlidir. Güneş enerji santrallerinde çalışmakta olan personelin ve daha sonradan ekibe dahil olacak personelin işin başlangıcından bitişine kadar düzenli sağlık taramalarından geçmesi, saha çalışanlarının sağlık kalitesini istenilen seviyede tutmakla beraber, olası işe bağlı meslek hastalıklarının erken teşhisi içinde önemlidir (TEİAŞ Yönetmeliği, 2016).



Şekil 2. Koruyucu Malzeme Uyarı Levhası.

İş yerlerinde 'İşyeri Hekimi ve Diğer Sağlık Personelinin Görev, Yetki, Sorumluluk ve Eğitimleri Hakkında Yönetmelik'e göre hareket edilir. Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı'nın yayınlamış olduğu 'Meslek Hastalıkları Rehberine' göre çalışanların sağlık durumu takibi yapılır. Çalışan personel işe girişinde, iş değişikliğinde, iş kazası geçirdikten sonra ya da meslek hastalıkları nedeni ile işten ayrılıp işe geri dönüş yapmak istediğinde işyeri hekimi tarafından muayenesi ve kontrolünü yaptırmak zorundadır. Muayene ve kontrol sonuçları sicil dosyalarında tutulmalı ve muhafaza edilmelidir (TEİAŞ Yönetmeliği, 2016).

### Sahada Kullanılan Ağır Tonajlı Araçlar ve Güvenli Sürüş Teknikleri

Arazi şartlarında ve inşaat sahasında kurulum aşamasından sonuna kadar farklı ebat ve büyüklüklerde araçlar işin başından sonuna kadar kullanılmaktadır. Bu araçların



içinde sahada aktif kullanımda olan ağır tonajlı vasıtalar iş sağlığı ve güvenliği sistemi içerisinde daha hassas davranılması gereken bir konudur. Arazide ve inşaat ortamında kullanılan bu araçlarda kullanıcı şoför ya da operatörün yapacağı en ufak hata büyük kayıplara neden olabilmektedir.

Hacmi büyük olan bu ağır vasıtaların kullanım hakkını kazanmak isteyen her şoföre/operatöre çeşitli yazılı, uygulamalı ve psikanaliz testleri uygulanmakta, sınavları başarı ile geçen kullanıcılar bu araçları kullanmaya hak kazanmaktadır. Özellikle şantiye ortamında dikkat edilmesi gereken durum, şoförün ya da operatörün kendi uzmanlık alanı dışında kalan ve devletin vermiş olduğu lisanslı araç dışında araçları kullanmasına izin verilmemesidir (Ekol, 2018). Devletin belirlemiş olduğu trafik kanunlarına göre de bu tarz kullanım şekilleri kesinlikle yasaklanmıştır ve ağır cezaları vardır. Riskleri tahmin edilemeyecek sonuçlar doğurması olası olan bu durum, iş güvenliği uzmanının sıkı denetiminde olmalıdır.

Arazi ve yol şartlarına uygun araçlar, iklim ve doğa şartlarına uygun lastikler kullanılmalı, sürücülerin/operatörlerin psikoteknik muayeneleri yapılmalı, araçların bakımları yetkili servis tarafından periyodik olarak yapılmalı, sürücülere güvenli sürüş eğitimi verilmelidir. Yoğun kar yağışı, buzlanma, çığ, erozyon gibi doğal afetler de santral yollarının en hızlı şekilde açılabilmesi için yerel idari birimlerle acil durum eylem planları hazırlanmalıdır (Çelik ve Utlu, 2013).

### **Panel Sevkiyat ve Montaj Dönemi**

Güneş enerji panellerinin taşınması ve montaj işleri yine iş sağlığı ve güvenliği alanında önlem alınması gereken dönemlerden biridir. Güneş panelleri sahaya ulaştıktan sonra, özellikle kapalı alanda ya da güneş ile direk şekilde teması olmayacak bir biçimde muhafaza edilmelidir. Açık alanda bulunan her güneş paneli tehlike arz etmektedir ve bu tehlikelere bağlı riskler ile birlikte iş kazalarının ortaya çıkması, sağlık problemlerinin yaşanması muhtemeldir. (Acar, 2020) Güneş enerji panelleri kapalı alanda muhafaza edilmez ve açık alanda güneşe maruz kalırsa montaj için taşıma sırasında panel sıcaklığından dolayı cilt yanıkları ve bu yanıklara bağlı yaralanmalara sebep olmaktadır.

Panellerin sahada dağıtımını üstlenen personelin yaralanma riskini önlemek için, kişisel koruyucu donanımlara sahip olması gerekmektedir. Koruyucu kıyafet, koruyucu eldiven, koruyucu iş gözlüğü, baret olası risklerden ve kazalardan korunmak için kesinlikle kullanılmalıdır. (OSEIA, 2012)

ÇSGB mevzuatına göre, kişisel çalışma alanlarında toplu koruma önlemleri alınamadığı vakit veya yeterli olmadığında çalışanlar düştükten sonra yere çarpmalarını engelleyen, yüksekte çalışacak olan personelin tam vücut emniyet kemeri diğer adıyla paraşüt tipi emniyet kemeri olarak bilinen kişisel koruyucuyu kullanma zorunluluğu vardır. Kullanılmayan alanlarda meydana gelen kazaların sonuçları ağır olmakla beraber yaralanmalara, sakatlanmalara hatta ölümlere yol açmaktadır (ÇSBH Eylem Planı, 2014).



**Şekil 3.** Paraşüt Tipi Emniyet Kemerini Kullanma Talimatı.

### **PV Panel Elektrik Hatları Bağlama Süreci**

Kurulum yapılan ve sıfırdan başlanan her inşaat işi tehlike barındırmaktadır. Fakat güneş enerji santralleri ve buna benzer santrallerin önemli bir farkı daha açığa çıkmaktadır buda güneş enerji santrallerinde inşaat yapım sürecinin elektrik işleri ile birlikte yürütülmesidir. Bu durum güneş enerji santrallerini çok tehlikeli iş sınıfına sokmaktadır (Solar Power Europe, 2018).

Tamamlanan montaj işleri sonrası panellere enerji nakil kabloları bağlanmaktadır. Bu kablolar, belirtilen ve hesaplanan standartlar dahilinde, uzun ömürlü, dayanıklı ve güvenli olmalıdır. Tercih edilen iletken kablolar zorlu arazi koşullarında ve dış ortam şartlarında sorunsuz çalışmalıdır. Güneş enerji santrallerinde hem güvenlik amaçlı hem de yüksek verimlilik için iletim kabloları yer altından götürülmelidir (Ekol, 2018).

Güneş enerji santrallerinde enerji transferi sağlamak, dağıtım yapmak ve kablolama işlemleri tamamlanırken, TEİAŞ'ın belirttiği standartlarda uygun trafolar kurulmak zorundadır. Bu kurulumların öncesinde bağlantı sürecinden işletim ve dağıtım sürecine kadar geçen tüm adımların risk analizleri iş güvenliği uzmanı tarafından yapılmalıdır (Kocakuşak, 2018).

### **Kurulum Sırasında Çıkabilecek Yangını Önleme**

Şehirden uzak alanlarda ve tarım arazisine uygun olmayan bölgelerde kurulumu yapılan güneş enerji santralleri, her hangi bir yangın çıktığında profesyonel müdahale için dezavantajlı bir konumdadır. Arazide ve saha üzerinde yangın riski barındıran her alanda analiz yapmak, gereken güvenlik önlemlerini almak, öncelikle personelin ve

doğada yaşayan varlıkların can sağlığını, sonra, saha içinde kurulumu yapılan veya yapılmakta olan güneş enerji sistemlerini ve panellerini muhakkak koruyacaktır (URL-4).

Oluşabilecek bir yangın durumu için, sahadan sorumlu iş sağlığı ve güvenliği ekibinin yapması gereken acil durum planını oluşturmak ve bu planı şantiye ilerleyişine göre periyodik olarak güncellemektir. Bu acil durum planı yangın ve buna benzer olası durumlar için saha personelinin de yardımı ile ilk müdahale, koruma, arama-kurtarma ve ilk yardım konularında ekiplerin ve kişilerin hangi müdahaleyi yapacağını belirttiği eylem planı hazırlanmalıdır. Öte yandan bu planlar dahilinde sahada çalışan ve görev yapan personelin iş güvenliği uzmanının belirlediği toplanma alanı her çalışana dönemsel olarak hatırlatıcı şekilde bildirilmeli, müdahaleler için görevlendirilen personel dışında tüm çalışanlar acil toplanma noktasında kendini güvence altına almalıdır (Yağimli ve Tozan, 2017)

Kaza oluşumu sonrasında yapılacak olan ilk müdahale, kazanın sonuçlarını hafifleten en önemli unsur, ilk müdahaledir. Özellikle yangın riski taşıyan ortamlarda iş güvenliği uzmanının güneş enerji santrali içinde belirlediği noktalarda bulunacak olan yönetmeliklere uygun yangın müdahale ekipmanları müdahale edecek personelin kolay erişebileceği noktalarda olmalıdır. Müdahale araçları gereken periyodik bakım onarım cetveline göre yetkili servisler tarafından düzenli kontrol ettirilmeli, mekanik kontrolleri yapılmalıdır (Cusi, 2018).

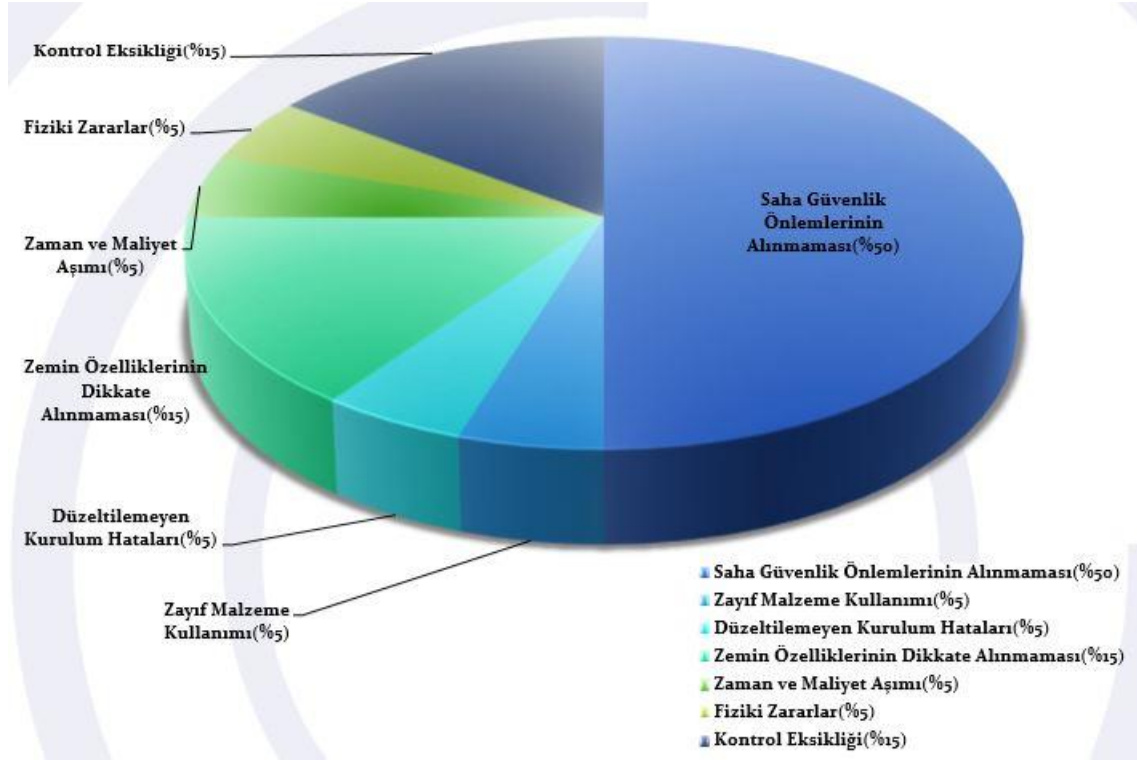
Yangın fark edilir edilmez öncelikle çevredekilerin ve çalışan personelin dikkati o noktaya çekilmeli. Sonrasında ilk müdahale ekiplerinin duruma müdahale etmesi ve bu müdahale ile birlikte en kısa süre içerisinde profesyonel müdahale için acil çağrı arazi konumuna en yakın noktada bulunan orman genel müdürlüğü müdahale ekipleri, itfaiye, sağlık birimi ve güvenlik kuvvetleri ile iletişime geçilmesi gerekmektedir. Özellikle arazi ortamında çoğu zaman GSM operatörlerinin alt yapısı yetmediği için alternatif olarak telsiz iletişim sistemi kurulmalıdır.

1. Yangında “Can Kurtarmak” ilk yapılacak iş olacaktır. Bu yapılırken kendisinin ve başkalarının canı lüzumsuz hareketlerle tehlikeye atılmayacaktır.
2. Duman yakıcı ve boğucu etkisine karşı ağız ve burun ıslak bez ile kapatılacaktır.
3. Elektrik akımını kesmeden su veya sulu cihazlı yangın söndürücü kullanılmayacaktır.
4. Yangının yayılmasını önlemek, yangını boğmak için kapı ve pencereler kapatılacaktır.
5. Yanıcı, parlayıcı ve patlayıcı maddeler yangın yerinden uzaklaştırılacaktır.
6. Yangını söndürürken lüzumsuz tahribatlarda, gereksiz kırma ve yıkmalarda bulunulmayacaktır (TEİAŞ Yönetmeliği, 2016).

### **Kurulum Sırasında Saha Güvenliği (Hırsızlıkla Mücadele)**

Ülkemiz genelinde sigorta şirketlerinin yaptığı tespitler neticesinde hasar frekansının en yüksek olduğu zaman dilimi montaj dönemidir. Montaj döneminde sahaya hazır halde gelmiş olan güneş enerji santrali gereksinimleri hırsızların ilgisini çekmekte ve santraller en büyük maddi zararı hırsızlık durumlarında görmektedir (URL-5).

Şantiye kurulumu devam ederken meydana gelen hırsızlıklar genellikle iletim ve aktarım kabloları sebebi ile olmaktadır. Kabloların çalınma yöntemleri iki farklı şekilde olmaktadır. İlki makara üzerinde sarılı halde kullanılmayı bekleyen kablolar, bir diğeri ise iletim hatları için döşenmiş olan kabloların yerinden çıkarılarak çalınmasıdır. Bir sigorta analiz şirketinin yapmış olduğu risk unsurları tablosunda belirlenen unsurlardan en büyük payı saha güvenlik önlemlerinin alınmaması olmuştur. İşin güvenlik noktasında, hırsızlık faktörüne karşı alınacak olan güvenlik ve koruma, işçi sağlığı ve güvenliği alınmış gibi alınmalıdır (Ekol, 2018).



Şekil 4. Montaj Aşamasında Risk Unsurları.

Hasar frekansının azaltılması amacı ile yaşanan hırsızlık vakalarından dolayı çıkarılan dersler sonucu özel sigorta firmaları şu tavsiyelerde bulunmuştur;

- Kablolar montaja en yakın zaman aralığında şantiyeye getirilmeli kablo montajı ivedilikle yapılmalı, montaj sonrası kablo kanallarının üzeri kapatılmalıdır.
- Makaralar şantiye içerisinde oluşturulacak depo içinde saklanmalıdır. Depoyu açıkça göreceğ konumda güvenlik kameraları konuşlandırılmalı, aydınlatma yapılmalı ve deponun yanına bekçi bulundurulmalıdır.
- Saha genelinde gece aydınlatması mutlaka yapılmalıdır. Bekçilerin sürekli olarak sahayı gözlem altında tutması sağlanmalıdır.
- Mümkün ise Özel Şirketten Güvenlik Hizmeti alınmalıdır. Özel şirketten hizmet alınması rücu hususu içinde önem arz etmektedir.

- Günlük saha kontrolleri yapılması gerekmektedir. Gerçekleşen hırsızlık hadisesi aynı gün fark edilmezse kesilen tel çit hırsızlar tarafından tekrar örülmektedir, bir sonraki gün 2. Hırsızlık hadisesi gerçekleşebilir (Ekol, 2018).

•

## **Bulgular ve Öneriler**

Dünya genelinde halk güvenliği ve bilinci oluşmuş tüm devlet yapılarında olduğu gibi ülkemizde de dünya standartlarına uyum gösterilmesi gereken konulardan biri iş sağlığı ve güvenliğidir. İş sağlığı ve güvenliği önlemleri, oluşabilecek iş kazaları ve meslek hastalıklarının önüne geçmek veya kabul edilebilir seviyeye indirmek için vardır. İşin ve işçinin olduğu her alanda çalışanların sosyal güvenlik hakları ülkemiz yasaları ve kanunları ile birlikte güvence altındadır.

Oluşabilecek olan iş kazalarının önüne geçmek sadece uygulanan yasalarla başılamayacak olduğu yaşanan iş kazaları, meslek hastalıkları ve ölümlerle artık anlaşılır duruma gelmiştir. İlgili yönetmelik ve mevzuatlar iş sağlığı güvenliği uygulamalarının ilk adımıdır fakat unutulmamalıdır ki yapılacak olan denetimler, verilecek olan eğitimler ve çalışana sağlık ve güvenlik konusunda verilecek olan destekler bu konuda kanunlarımızı destekleyecek olan yardımcı enstrümanlardır.

Bu kapsamlı çalışmada geniş bir literatür taramasıyla birlikte yurt dışında yapılmış olan güneş enerji santralleri kurulumu sırasında özellikle Cusi'nin (2012) yapmış olduğu çalışmadan faydalanılmış ve ülkemizde kurulumu yapılan santrallerle alınan güvenlik önlemlerinin benzer olduğu görülmüştür. Ayrıca araştırma sonucu IEA (Uluslararası Enerji Ajansı)'nın, Avrupa'da tüm enerji kuruluşlarını tek çatı altında toplayan Solap Power Europe'nin, Amerika Birleşik Devletlerinde bulunan iş sağlığı ve güvenliği kurumu OSEIA (Oregon Solar Energy Industries Association)'nın kurumsal ve uluslararası kuruluşların yapmış olduğu çalışmalardan faydalanılmıştır. Yurtdışı kaynaklı bu referanslar ülkemizde kurulumu yapılacak olan GES'lerde İSG çalışmalarına pozitif yönde katkı sağlayacağı belirlenmiştir.

Yurt içinde iş sağlığı ve güvenlik önlemlerinin riskleri minimuma indirerek en doğru şekilde nasıl çalışılacağı konusunda kanunlarımız ve yönetmeliklerimiz bu çalışmada rehber olmuştur. Özellikle Çevre ve Şehircilik Bakanlığı ve Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlıklarımızın yapmış oldukları eylem planları ile GES'lerde İSG'nin önemi vurgulanmıştır. Güneş enerji santralleri elektrik üretimi yapan bir üretim tesisi olduğu için belirlenen mevzuatlar gereğince çok tehlikeli iş kolu olarak belirlenmiştir. Belirtilen tehlike sınıfında yaşanabilecek kazaların sonucu da maddi ve manevi ağır olmaktadır. Bundan ötürü kurulum aşaması öncesinde yapılan geniş çaplı ve bilime dayalı ön görülme çalışmaları bu kazaları engelleyecek, riskleri minimuma indirecektir. Amerika Birleşik Devletlerinde ulusal büyüklükte bir İSG kuruluşu olan OSEIA üzerinden yapılan literatür taramaları sonucunda ülkemiz güneş enerji santrallerinde uygulanan iş sağlığı ve güvenliği önlemlerinin yüksek oranda örtüştüğü görülmektedir. Hali hazırda ülkemizde kurulumu yapılan santrallerde teorik olarak yeterli bilgiye sahip olsak da Ekol Sigorta ve Ekspertiz şirketinin 2018 yılında yapmış olduğu risk değerlendirme rehberi çalışmasında uygulama aşamasında eksiklikler yaşandığı belirlenmiştir.

Literatür taraması ile birlikte kaynaklar üzerinde yabancı kaynaklardan faydalandığı gibi yerli kaynaklarda bu çalışmanın tamamlanmasında etkili olmuştur.

Yerli kaynaklarımızdan İSG uygulamalarında Çelik ve Utlu (2013) ayrıca güneş enerji santrallerinde risk değerlendirilmesi konusunda Dünder ve Ertem (2016) desteği ile bu çalışma tamamlanmıştır. Güneş enerji santralinin kurulum safhasında dikkat edilmesi gereken hususlar derlendiğinde aşağıda belirtilen yol haritasının takip edilmesi yapılacak olan işin sürdürülebilirliği açısından daha sağlıklı olacaktır.

- Güneş enerji santralleri kurulum öncesinde gerekli risk analizlerini yapmak ve saha hakkında detaylı bilgi toplamak,
- Kurulum yapılacak olan bölgeye yakın noktalarda kurulumu yapılmış olan güneş enerji santrallerinden yaşanmış tehlikeler ve kazalar hakkında bilgi alıp ön görülere bağlı olarak risk derecelendirmesi yapmak,
- Santralde görev alacak olan ekibin iş sağlığı ve güvenliği hakkında ve çalışacağı iş kapsamında eğitiminin mevzuatta belirtilen eğitim zaman dilimine sadık kalınarak eğitilmesi,
- Arazide kurulum aşamasında inşaat bölgesinde saha hazırlık süreçlerinin takibi, gerekli iş güvenliği ekipmanlarının ve kişisel koruyucu donanımların sağlanması
- Yaban hayatla mücadele konusunda kamu kurum ve kuruluşları ile istişareli bir şekilde çalışmak ve bilgi aktarımında bulunmak,
- Sahada kullanılacak olan iş araç ve gereçleri için gerekli kontrolleri yapmak, periyodik bakım ve kontrollerini aksatmamak,
- İnşaat alanında kullanılacak olan ağır tonajlı araçların operatör veya şoförlerinin araç kullanım lisanslarının takibi ve araçların periyodik bakımlarının takibi,
- Güneş enerji panellerinin sevkiyatında ve montaj aşamasında iş güvenliği uzmanının iş sağlığı ve güvenliği mevzuatına uygun olarak sürecin takip edilmesi,
- Devam eden süreçle birlikte kurulum sırasında meydana gelebilecek olan hırsızlıklar için gerekli güvenlik önlemlerinin alınması,
- Yapım süreci devam ederken ve kurulum sırasında meydana gelecek yangın risklerine karşı mevzuatın belirlediği standartlara uygun şekilde sahada görev dağılımının yapılması ve müdahale materyallerinin sağlanması,
- Güneş enerji panellerinin elektrik hatlarının bağlanma süresinde ve kurulumu sırasında iş sağlığı ve güvenliği kanununa bağlı kalınarak bu riskli sürecin güneş enerji santrali aktif olana dek sevk ve idaresinin yapılması,

Yatırımcılarımızın ülkemizde yapmış olduğu güneş enerji santrallerinin maddi bedelleri oldukça büyüktür. Büyük çapta yapılan bu yatırımlardan iş sağlığı ve güvenliği adına ayrılan ödenekler de aynı şekilde büyük olmalıdır. 6131 sayılı iş sağlığı ve güvenliği kanununda belirtilen kişisel koruyucu donanımlar, iş aletleri ve iş makinelerinin bakım/onarımları, uyarıcı levhalar, saha içi güvenlik önlemleri ve bu kalemlere ayrılan her bütçenin, eksikliklerin tamamlanması için kullanılması iş sağlığı ve güvenliğinin ana amacını oluşturan proaktif yaklaşıma fayda sağlayacaktır.

Yeni kurulacak olan güneş enerji santrallerimizde iş sağlığı ve güvenliği adına yapılacak olan yatırımların, alınacak tedbirlerin ve buna bağlı olarak yapılan bilimsel çalışmaların önemi göz ardı edilmemelidir. Yaptığımız çalışma ve benzer çalışmaların ileriye dönük atılacak olan adımlara katkı sağlayacağını, yeni kurulacak olan güneş enerji santrallerine bir rehber niteliğinde olacağını umuyoruz.

## Kaynaklar

- Acar B. (2020). *GES santrallerinde kurulum aşamasında ve sonrasında iş sağlığı ve güvenliği*. Yayımlanmamış Yüksek Lisans. Okan Üniversitesi, İstanbul
- Aslantaş, E. (2018). *İSG 504 - İSG mevzuat, ILO tarihçesi ders notları*. İstanbul: Okan Üniversitesi.
- Best practice guidelines / version 3.0.* (2018). Brüksel: Solar Power Europe.
- Cusi, G. A. (2012). *Solar safety, health and environment code of practice*. Metro Manila: Fort Bonifacio Institute.
- Çed alanında kapasitenin güçlendirilmesi için teknik yardım projesi.* (2017). Ankara: ÇSB Avrupa Birliği Yatırım Dairesi Başkanlığı.
- Çelik Ö., Utlu, Z. (2013). Rüzgâr enerji santrallerinde iş sağlığı ve güvenliği uygulamaları. *İstanbul Aydın Üniversitesi Dergisi, Yıl; 5, Sayı; 19*, ss. 57/64.
- Dündar U., Ertem, M. (2016) *Güneş enerjisi santrallerinin kurulumu için risk değerlendirme rehberi*. Ankara: TMMOB.
- İş sağlığı ve güvenliği kanunu 6331.* (2012). Ankara: ÇSHB.
- İş sağlığı ve güvenliği yönetmeliği.* (2016). Ankara: TEİAŞ Genel Müdürlüğü.
- Kocakuşak, R. (2018). Yenilenebilir enerji kaynaklarından güneş enerjisinin Türkiye'deki önemi ve GES kurulum aşaması. İstanbul: T.C Maltepe Üniversitesi.
- Mertoğlu, B. (2018) *İSG 501 – İş güvenliği mühendisliği ders notları*. İstanbul: Okan Üniversitesi.
- Risk değerlendirme bülteni.* (2018). Çankaya: Ekol Sigorta Ekspertiz Hiz. Ltd. Şti.
- Saha denetimlerindeki uygulama örnekleri. (2017). İstanbul: TÜV NORD.
- Snapshots of global photovoltaic markets 2017.* (2018). A.B: Becquerel Institute, IEA PVPS.
- Solar construction safety.* (2012). Portland, Amerika Birleşik Devletleri: OSEIA
- Ulusal iş sağlığı ve güvenliği politika belgesi – III ve eylem planı 2014-2018.* (2014) Ankara, ÇSGB.
- URL-1. (2020). *Solar power by county.* 28.06.2020, [https://en.wikipedia.org/wiki/Solar\\_power\\_by\\_country](https://en.wikipedia.org/wiki/Solar_power_by_country)
- URL-2. (2017). İş güvenliği uzmanı ve işyeri hekimi çalışma süresi. 21.04.2020, [https://www.calismamevzuati.com/2017/01/isg\\_profesyonellerinin\\_calisma\\_sureleri\\_haber141-html/](https://www.calismamevzuati.com/2017/01/isg_profesyonellerinin_calisma_sureleri_haber141-html/)
- URL-3. (2018). İş sağlığı güvenliğinde proaktif yaklaşım ve risk analizinin önemi. 28.03.2020, <http://www.bilgiosgb.com/haber-detay/is-sagligi-ve-is-guvenliginde-proaktif-yaklasim-ve--risk-analizinin-onemi.html>
- URL-4. (2019). Solar panel sistemlerde yangın riskleri. 06.03.2020, [https://www.allianz.com.tr/tr\\_TR/faaliyetlerimiz/risk-muhendisligi/risk-muhendisligi-konulari/enerji-tesislerindeki-riskler/solar-panel-sistemlerde-yanigin-riskleri.html](https://www.allianz.com.tr/tr_TR/faaliyetlerimiz/risk-muhendisligi/risk-muhendisligi-konulari/enerji-tesislerindeki-riskler/solar-panel-sistemlerde-yanigin-riskleri.html)
- URL-5. (2020). Solar panel theft and security, anti-theft devices. 14.05.2020, <https://www.energymatters.com.au/panels-modules/solar-panel-security/>
- Yağımlı M., Tozan, H, (2017). *İş sağlığı ve güvenliği temel eğitimi*. İstanbul: Beta Basım Yayım Dağıtım.