

Tatların Baraj Gölündeki Su Kirliliğinin *Carassius gibelio* ve *Carassius auratus* Türlerine Genotoksik Etkisinin Mikronükleus Testi ile Belirlenmesi

Selen KUTOĞLU^{ID}, Erdoğan ÇİÇEK*^{ID}

Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü, 50300 Nevşehir, Türkiye

*Sorumlu Yazar: erdogancicek@nevsehir.edu.tr

Araştırma Makalesi

Geliş 03 Ağustos 2019; Kabul 24 Ekim 2019; Basım 01 Mart 2020.

Alıntılama: Kutoğlu, S., & Çiçek, E. (2020). Tatların Baraj Gölü'ndeki su kirliliğinin *Carassius gibelio* ve *Carassius auratus* türlerine genotoksik etkisinin mikronükleus testi ile belirlenmesi. *Acta Aquatica Turcica*, 16(1), 94-98. <https://doi.org/10.22392/actaquatr.601087>

Özet

Bu çalışma Tatların Baraj Gölünün fiziko-kimyasal özelliklerini ortaya koymak ve kirliliğin balıklar üzerine genotoksik etkisini ortaya koymak amacıyla yapılmıştır. Çalışma Nisan 2013-Mayıs 2014 tarihleri arasında aylık periyotlarla yürütülmüştür. Ölçümü yapılmış olan fizikokimyasal parametrelere ait yıllık ortalama değerlerden; su sıcaklığı 15,5 °C, çözülmüş oksijen 6,44 mg/L, elektriksel iletkenlik 622,9 µmho/cm, toplam çözülmüş madde 0,519 mg/L, tuzluluk 0,40 mg/L, pH 10,67, nitrit 0,77 mg/L, nitrat 1,14 mg/L, amonyak 2,67 mg/L, amonyum 1,54 mg/L, potasyum 17,56 mg/L, sülfat 63,7 mg/L, flor 0,57 mg/L, klor 48,23 mg/L, askıda katı madde 44,75 mg/L, sertlik 10,82 mg/L, CaCO₃ 195,67 mg/L, fosfat 2,96 mg/L, kimyasal oksijen ihtiyacı 74,05 mg/L ve biyolojik oksijen ihtiyacı 12,5 mg/L olarak belirlenmiştir. Çalışma sonunda barajın Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği kirlilik sınıflamasına göre “çok kirli sular” kategorisine yakın olduğu sonucuna varılmıştır. Kirli suya sahip baraj gölünde yaşayan *Carassius gibelio* ve *C. auratus* bireylerine ait mikronükleus frekansları ile kromozom anomalilerinden tomurcuklu nükleus, çentikli nükleus, loblu nükleus ve binükleus frekansları belirlenmiştir. Barajda yaşayan *C. gibelio* ve *C. auratus* türlerinin eritrositlerinde mikronükleus frekansı sırasıyla 6,12±3,61 ve 5,57±2,3 olarak belirlenmiş olup bu sonuçlara göre su kirliliğinin balıklar üzerinde genotoksik etki gösterdiği sonucuna varılmıştır.

Anahtar kelimeler: *Carassius gibelio*, *Carassius auratus*, genotoksisite, Nevşehir

Determination of the Genotoxic Effect of Water Pollution on *Carassius gibelio* and *Carassius auratus* by Micronucleus Test in Tatların Dam Lake

Abstract

This study was conducted to identify physico-chemical features of water of Tatların Dam Lake and if water pollution is intended to reveal the genotoxic effect on aquatic fish. This study carried out from April 2013 to May 2014 by monthly intervals. The measured physicochemical parameters were given as following: for Tatların Dam Lake: water temperature 15.5 °C, dissolved oxygen 6.44 mg/L, conductivity 622.9 µmho/cm, total dissolved solution 0.519 mg/L, salinity 0.40 mg/L, pH 10.67, nitrite 0.77 mg/L, nitrate 1.14 mg/L, ammonia 2.67 mg/L, ammonium 1.54 mg/L, potassium 17.56 mg/L, sulphate 63.7 mg/L, fluorine 0.57 mg/L, chlorine 48.23 mg/L, suspended solids 44.75 mg/L, hardness 10.82 mg/L, CaCO₃ 195.67 mg/L, phosphate 2.96 mg/L, chemical oxygen demand 74.05 mg/L, biological oxygen demand 12.5 mg/L. According to the results, it was identified that Tatların Dam Lake which, according to the classification of Water Pollution Control Regulation is said to be very close to the polluted waters category. Micronucleus frequency was found to be 6.12±3.61 in *C. gibelio* and was found to be 5.57±2.34 in *C. auratus* in Tatların Dam Lake. The water pollution in Tatların Dam Lake can say that showed genotoxic effects.

Keywords: *Carassius gibelio*, *Carassius auratus*, genotoxicity, Nevşehir

GİRİŞ

Sucul ortamlar çoğunlukla insan faaliyetleri sonucu ortaya çıkan etmenler nedeniyle kirlenmekte ve kirlilik tehdidi günden güne artış göstermeye devam etmektedir. Kirlenen sularda bulunan canlıların yaşamsal faaliyetleri de doğrudan veya dolaylı olarak etkilenmektedir. Stahl (1991) endüstriyel atık suların %30'unun genotoksik kimyasallarla kirlendiğini belirtmiştir (Tucker ve Preston, 1996). Günümüzde bu durumun çok yüksek seviyelere ulaşmış olduğunu tahmin etmek zor değildir.

Yağmur suları atmosferi temizlemekte ve bunun bir sonucu olarak bu yağmur suları çözünmüş asitler ve organik bileşikler ile birlikte bakır, kurşun, cıva vb. gibi ağır metalleri de bünyesinde almaktadır. Nehirler, akarsular ve göller gibi suların toplandığı rezervuarlar yağmur sularının birikmesi ile kirlenmektedir.

Tarımsal faaliyetler sonucu suya patojenler, besin maddeleri, herbisit, pestisitler vb. gibi kimyasallar karışarak su kaynaklarını kirletmektedir. Kümes ve ahır gibi küçük bir alanda çok sayıda hayvan yetiştirilmesi sonucu birim alana düşen hayvan artıklarının miktarı normal sınırı aşarak patojenlerin birikmesine ve bunların suya karışmasına sebep olmaktadır (Gross vd., 1998).

Kentsel yüzeysel akış dünyanın çoğu yerinde su kirliliğinin başlıca sebeplerinden biridir. Bu yüzeysel akış sular patojenler, hidrokarbonlar (PAH içeren), pestisitler, ağır metaller (kadmiyum, bakır, krom, kurşun, çinko ve demir içeren) içeren toksinleri ihtiva ederler (Walker vd., 1999; Hwang ve Foster, 2006; Stein vd., 2006; Markiewicz-Patkowska vd., 2005; Rocher, 2004).

Temizlik maddeleri, kozmetik ürünler, deodorantlar, dezenfektanlar, ev ve bahçede kullanılan pestisitler, ilaçlar, boya ve boya ürünleri, koruyucular ve sabunlar gibi ev ve kişisel bakım ve temizlikte kullanılan ürünlerin içerdiği kimyasal maddeler de suya karışarak su kirliliğine sebep olmaktadır (Hathaway, 1980).

Genetik toksikoloji, kimyasallar ve radyasyonun kalıtsal materyaller, DNA ya da hücreler üzerindeki toksik etkilerini incelemekte olup mikronükleus formasyon, kromozomal anormallikler, kromozomal aneuploidiler ve memeli hücrelerindeki morfolojik ve neoplastik transformasyonlar, kimyasal karsinojenler ve bunların onkogenleri aktivasyonu, tümör supresör genlerindeki kötü huylu mutasyonları incelemektedir (Landolph, 2014). Mikronükleus, 19. yüzyılın sonunda Howell ve Jolly'nin, kedilerden ve sıçanlardan alınan kanda küçük inklüzyonları bulmasıyla tanındı. Howell-Jolly cisimleri olarak adlandırılan küçük inklüzyonlar, şiddetli anemi hastalarının periferik kanın eritrositlerinde de görülmektedir (Hayashi, 2016).

Mikronükleus testi, *in vivo* ve *in vitro* olarak uygulanabilen bir test olmakla beraber sitogenetik hasarı tespit etmede, kromozom analizlere kıyasla kolay uygulanabilmesi, daha fazla hücre sayımı yapılması ve istatistiki açıdan daha anlamlı sonuç elde edilmesi gibi avantajlardan dolayı kullanım alanı yaygındır (Şekeroğlu ve Atlı-Şekeroğlu, 2011).

Tatların Barajı hemen hemen her yaz döneminde toplu balık ölümleri ile gündeme gelmektedir. Baraj gölünün suyunda kirlilik yükü oldukça yüksek olup hemen hemen her yıl alg patlaması yaşanmakta ve ötrofikasyona bağlı balık ölümleri sorunu ortaya çıkmaktadır. Bu nedenle söz konusu tez çalışması ile Tatların Barajı'nın yıl boyunca aylık olarak su kalitesi parametrelerinin belirlenerek kirliliğin balıklar üzerine etkilerinin ortaya konması amacıyla mikronükleus analizi yapılmıştır.

MATERYAL ve YÖNTEM

Tatların Barajı (38°37'2,18'' K-34°29'30,91'') Nevşehir ilinde, Derinöz Çayı üzerinde, sulama amaçlı olarak 1964-1966 yılları arasında inşa edilmiştir. Bu çalışma Nisan 2013-Mayıs 2014 tarihleri arasında aylık olarak gerçekleştirilmiş olup göl suyunun fiziksel ve kimyasal özelliklerini belirlenmiştir. Yüzeysel su sıcaklığı (°C), pH, çözünmüş oksijen miktarı (mg/l), tuzluluk ve elektriksel iletkenlik değerleri YSI Professional Plus model multiparametre ile yerinde ölçülmüştür. Diğer analizler için ise temiz pet şişeler içerisine bir litre yüzeyden su numunesi alınarak Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Hidrobiyoloji Araştırma Laboratuvarına getirilmiştir. Analizler kitler (Hach Lange) kullanılarak Masa Tipi Vis Spektrofotometre (Hach Lange marka DR 3900 RFID) ile yapılmıştır. Barajın su kalitesi ölçülen kirlilik parametrelerinin değerlendirilmesi Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği (SKKY)'ne göre yapılmıştır (SKKY, 2004).

Balık örnekleri 18, 24, 32, 36, 44, 60 ve 70 mm göz açıklığına sahip 100 m uzunluğunda galsama ağlar kullanılarak profesyonel balıkçılar yardımıyla temin edilmiştir. Canlı haldeki balıkların kuyruk kısmından, heparinli enjektörlere çekilerek, kan alındıktan sonra balıklar göle salıverilmiştir. Alınan numuneler testler yapılncaya kadar +4°C'de soğutucuda saklanmıştır.

Periferik eritrositlerin incelenmesi amacıyla alınan her bir kan numunesinden üçer adet yayma preparat hazırlanmıştır. Hazırlanan preparatlar havada kurutulduktan sonra %95'lik etanolde 20 dk. süresince fikse edilmiştir. Fikse edilen preparatlar tekrar havada kurutulduktan sonra %5'lik Giemsa solüsyonunda 20 dk. süre ile boyanmıştır. Boyama işleminden sonra preparatlar, saf sudan geçirilerek

fazla boyanın uzaklaştırılması sağlandıktan sonra, mikroskop altında değerlendirmeye alınmışlardır. Her preparattan 1000 hücre sayılarak mikronükleus değerlendirmesi yapılmıştır.

Morfolojik nükleus düzensizlikleri periferik yayma ile Carrasco vd. (1990) göre; çentikli nükleus, tomurcuklu nükleus, loblu nükleus ve binükleus olmak üzere başlıca dört grup altında toplanarak değerlendirilmiştir.

BULGULAR ve TARTIŞMA

Tatların Baraj fiziko-kimyasal özelliklerin aylık değişimi Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 1. Tatların Baraj Gölü Bazı Su Kalitesi Parametreleri

Ölçülen Parametreler	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekin	Kasım	Aralık	Ocak	Şubat	Mart	Ortalama±Std Sapma
Hava Sıcaklığı (°C)	18	24	28	23	23	20	6	14	-6	10	13	13	15,5±8,97
Su sıcaklığı (°C)	12,5	19,5	23,1	22,7	21,6	19,1	11,4	8	2,5	5,2	9,2	7,5	13,53±7,32
Çözülmüş Oksijen (mg/L)	7,13	6,94	6,22	5,39	4,91	4,48	5,97	6,23	7,96	7,55	7,32	7,18	6,44±1,09
Elektriki İletkenlik (µS/cm)	582	602	689	712	703	687	630	605	542	493	626	604	622,9±66,84
TÇM (mg/L)	0,49	0,44	0,47	0,48	0,49	0,50	0,55	0,58	0,53	0,51	0,58	0,59	0,52±0,05
Tuzluluk (mg/L)	0,38	0,33	0,35	0,36	0,37	0,38	0,42	0,44	0,43	0,39	0,44	0,45	0,40±0,04
pH	10,7	10,9	11,1	11,1	10,6	10,4	10,4	10,2	10,2	10,2	10,1	10,7	10,57±0,36
Nitrit (mg/L)	1,24	0,13	0,08	0,05	0,05	0,08	0,03	0,29	1,12	1,96	3,98	0,26	0,77±1,19
Nitrat (mg/L)	1,26	0,84	0,86	0,55	0,53	0,51	0,56	1,24	1,25	1,27	3,16	1,61	1,14±0,74
Amonyak (mg/L)	1,2	1,01	0,5	0,46	0,55	0,61	4,63	6,63	4,72	3,97	5,45	2,27	2,67±2,27
Amonyum (mg/L)	0,33	0,22	0,07	0,05	0,08	0,09	3,76	3,41	3,23	3,12	2,81	1,26	1,54±1,58
Potasyum (µg/L)	12,6	10,4	17,1	12,9	13,3	15,6	23,8	30,4	22,7	18,8	17,6	15,5	17,56±5,69
Sülfat (mg/L)	90,7	65,3	63,5	51,2	57,9	63,8	70,1	62,4	58,2	54,8	65,3	61,2	63,7±9,92
Florür (µg/L)	0,37	0,31	0,75	0,65	0,54	0,59	0,51	0,67	0,69	0,69	0,65	0,38	0,57±0,15
Klor (mg/L)	46,7	39,8	29,9	33,6	39,9	43,3	65,6	56,9	55,4	54	57,6	56,1	48,23±10,99
AKM (mg/L)	73	79	46	31	29	26	30	29	30	35	59	70	44,75±19,96
Sertlik (Fransız)	9,2	9,5	8,87	8,63	9,27	9,93	11,7	12,6	12,4	12,1	12,1	13,5	10,82±1,73
CaCO ₃ (mg/L)	198	169	158	154	170	177	209	225	217	216	215	240	195,67±28,8
Fosfat (mg/L)	1,36	1,21	1,14	1,23	1,77	1,94	4,21	4,51	4,26	3,9	5,08	4,92	2,96±1,63
KOİ (mg/L)	83,4	81,1	58,3	62,8	66,4	71,7	92,9	58	68,7	76,8	87,3	81,23	74,05±11,49
BOİ (mg/L)	16	22	17	9	8	6	14	32	6	5	8	7	12,5±8,14

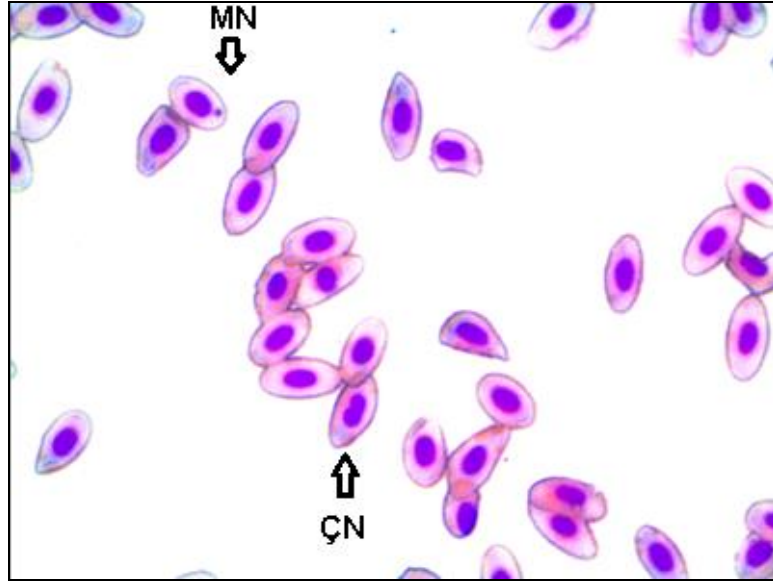
Su Kalitesi Parametrelerinin Değerlendirilmesi

Elde edilen verilerle Tatların Baraj Gölünde meydana gelen kimyasal kirliliğe neden olan etkenler araştırılmış ve su kalitesinin akuakültür için elverişli olmadığı anlaşılmıştır.

SKKY’ye göre genel olarak Tatların Barajı suyunun kirliliği olarak değerlendirilebileceği sonucuna varılmıştır. Nitekim hemen hemen her yıl yaz aylarında toplu balık ölümlerinin yaşandığı göz önüne alınacak olursa bu ölümlerin kirlilikle bağlantılı olarak ortaya çıktığı kolaylıkla söylenebilir. Söz konusu kirliliğin evsel ve tarımsal kaynaklı olarak daha çok besleyici elementlerden kaynaklandığı, endüstriyel bir kirliliğin söz konusu olmadığı da ortaya çıkmış olmaktadır. Nitekim kış aylarında ortaya çıkan besleyici elementlerden kaynaklı kirlilik yükü iklim ve su koşullarının iyileşmesine bağlı olarak ilkbahar-sonbahar dönemlerinde alg patlamasına ve buna bağlı olarak ötrofikasyona sebep olmaktadır. Bu nedenle baraj gölüne dökülen akarsuya evsel kirlleticilerin girişinin engellenmesi veya arıtıldıktan sonra deşarjının sağlanması durumunda kirliliğin önemli ölçüde engelleneceği söylenebilir.

Mikronükleus Analizi ve Nükleus Düzensizlikleri

Boyama yapılmış olan preparatların mikroskop altında incelenmesi sonucunda Mikronükleus (MN) frekansları ile kromozom anomalilerinden tomurcuklu nükleus (TN), çentikli nükleus (ÇN), loblu nükleus (LN) ve binükleus (BN) frekansları belirlenmiştir (Şekil 1).



Şekil 1. Mikronükleus (MN) ve Çentikli nükleusların (ÇN) görünümü

Tatların Baraj Gölü'ndeki *Carassius gibelio* ve *C. auratus*'a ait Mikronükleus (MN) frekansları ile kromozom anomalilerinden tomurcuklu nükleus (TN), çentikli nükleus (ÇN), loblu nükleus (LN) ve binükleus (BN) frekansları belirlenmiştir.

Carassius gibelio'ya ait MN, TN ve ÇN frekansları *C. auratus*'taki frekanslarla karşılaştırıldığında daha yüksek bulunmuştur (Şekil 4.22). LN ve BN frekansları ise *C. auratus*'ta *C. gibelio*'dan daha yüksek olduğu belirlenmiştir.

Çentikli nükleus frekansları *C. gibelio* için $6,12 \pm 3,61$ ve *C. auratus* için ise $5,57 \pm 2,34$ olarak hesaplanmıştır. Ergene vd. (2007) *C. gariepinus* ve *A. orontis* türlerinde bu değeri sırasıyla Akgöl'de (Mersin) $4,75 \pm 0,08$ ve $4,15 \pm 0,50$, Paradeniz'de (Mersin) $4,90 \pm 0,09$ ve $3,45 \pm 0,87$ olarak bildirmişlerdir.

Bunun yanı sıra *C. gibelio* ve *C. auratus* için sırasıyla tomurcuklu nükleus frekansları $3,58 \pm 1,99$ ve $2,69 \pm 1,84$, loblu nükleus frekansları $1,47 \pm 0,83$ ve $1,50 \pm 0,58$, binükleus frekansları $1,46 \pm 0,97$ ve $1,60 \pm 0,89$ olarak hesaplanmıştır.

Bu farklılıkların nedeni sudaki kirlenme seviyelerinin, balık türlerinin, türlerin beslenme alışkanlıklarının, habitatların, balık davranışlarının farklılığından kaynaklandığı düşünülmektedir (Ergene vd., 2007).

Tatların Baraj Gölü'ndeki oranın yüksek bulunmasının sebebi olarak suyun yüksek bir kirlilik yüküne sahip olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Nitekim fiziksel ve kimyasal analiz verileri değerlendirildiğinde, Tatların Baraj Gölünde ortalama su sıcaklığı, TÇM, nitrit, florür ve sülfat değerlerine göre su kalitesi I. sınıftır (yüksek kaliteli su). Ortalama çözünmüş oksijen ve klorür değerleri bakımından II. sınıf (az kirlenmiş su), amonyum ve BOİ değerlerine göre de III. sınıf (kirlenmiş su), pH, nitrit, fosfat ve KOİ değerleri bakımından IV. sınıf (çok kirli su) kalite özelliği göstermiştir. Su kalitesi I-IV arasında değişim gösteren Tatların Baraj Gölü, SKKY'de belirtilen uygun su ihtiyaçları için değerlendirilebilir nitelikte olmadığı görülmektedir. Baraj gölünün su kalitesinin içme, kullanma ve akuakültür için uygun şartların olmadığı görülmektedir. Tatların Baraj Gölündeki sonuçlar bu alanda yüksek bir genotoksik kirliliğin olduğunu gözlenmektedir. Bu kimyasal kirliliğin Acıgöl ilçesi ile Tatların Baraj Gölü arasında kalan bölgedeki antropojenik ve zirai faaliyetlerden kaynaklanmaktadır. Benzer şekilde kimyasal maddelerle kirlenmiş tatlı su ekosistemlerinde MN frekanslarında önemli artışlar olduğu; bu artışlara *Barbus plebejus* (Minissi vd.,

1996), *Salmo trutta* (Sanchez-Galan vd., 1998) ve *Carassius* sp. (Hayashi vd., 1998) gibi türlerde rapor edilmiştir.

Doğal balıklarda nükleus anomalilerinin sayılması kimyasalların sağlığa etki gücünü anlamak için yararlı olduğu ispatlanmıştır (Rodriguez-Cea vd., 2003). Aynı zamanda bu anomaliler balıklarda sitotoksik/genotoksik hasarın indikatörü olarak kabul edilir. Tatların Baraj Gölü'nün fazla miktarda şehirsal atıklara maruz kaldığından dolayı her iki türde çentikli nükleus oranlarının yüksek olduğu görülmektedir.

Teşekkür: Ayrıca bu çalışma materyallerinin Doç. Dr. Ramazan MERT'in yürütücüsü olduğu NEÜBAP-13F40 nolu BAP projesi kapsamında elde edilmiş olması nedeniyle Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimine de teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

- Carrasco, K.R., Tilbury, K.L., & Myers, M.S. (1990). An assessment of the piscine micronucleus test as an in-situ biological indicator of chemical contaminant effects. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 47, 2723-2136.
- Ergene, S., Çavaş, T., Çelik, A., Köleli, N., Kaya F., & Karahan, A. (2007). Monitoring of nuclear abnormalities in peripheral erythrocytes of three fish species from the Goksu Delta (Turkey): genotoxic damage in relation to water pollution. *Ecotoxicology*, 16, 385-391.
- Gross, M.J., Barry, D.A.J., & Rudolph, D.L. (1998). Contamination of Ontario farmstead domestic wells and its association with agriculture. 1. Results from drinking water wells. *Journal of Contaminant Hydrology*, 32, 267-293.
- Hathaway, S.W. (1980). Toxic compounds in household wastewater." U.S. EPA Report, No. EPA/600/2-80-128, Cincinnati.
- Hayashi, M. (2016). The micronucleus test-most widely used in vivo genotoxicity test. *Genes and Environment*, 38 (1), 1-18.
- Hayashi, M.T., Ueda, T., Uyeno, K., Wada, K., Kinae, N., Saotome, K., Tanaka, N., Takai, A., Sasaki, Y.F., Asano, N., Sofuni, T., & Ogima, Y. (1998). Development of genotoxicity assay systems that use aquatic organisms. *Mutation Research*, 399 (2), 217-225.
- Hwang, H.M., & Foster, G.D. (2006). Characterization of polycyclic aromatic hydrocarbons in urban stormwater runoff flowing into the tidal Anacosta River, Washington, DC. *Environmental Pollution*, 140 (3), 416-426.
- Landolph, Jr, J.R. (2014). Genetic Toxicology. Encyclopedia of Toxicology 3rd ed., *Academic Press*, Oxford. S. 715-725.
- Markiewicz-Patkowska, J., Hursthouse, A., & Przybyla-Kij, H. (2005). The interaction of heavy metals with urban soils: sorption behavior of Cd, Cu, Cr, Pb and Zn with a typical mixed brownfield deposit. *Environ. International*, 31(4), 513-521.
- Minissi, S., Ciccotti, E., & Rizzoni, M. (1996). Micronuclei test in erythrocytes of *Barbus plebejus* (teleostei, Pisces) from two natural environments: a bioassay for the in situ detection of mutagens in freshwater. *Mutation Research*, 367 (4), 245-251.
- Rocher, V., Azimi, S., Moilleron, R., & Chebbo, G. (2004). Hydrocarbons and heavy metals in the different sewer deposits in the "Le Marais" catchment (Paris, France): stocks, distributions and origins. *Science of the Total Environment*. 323 (1-3), 107-122.
- Sanchez-Galan, S., Linde, A.R., Izquierdo, J.I., & Garcia, V.E. (1998). Micronuclei and fluctuating asymmetry in brown trout (*Salmo trutta*): complementary methods of biomonitor freshwater ecosystems. *Mutation Research*, 412 (3), 219-225.
- Şekeroğlu, V., & Atlı-Şekeroğlu, Z. (2011). Genotoksik hasarın belirlenmesinde mikronükleus testi. *Türk Hijyen ve Deneysel Biyoloji Dergisi*, 68 (4), 241-52.
- Stahl, R.G. (1991). The genotoxicity of organic compounds in natural waters and waste waters. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 22, 94-125.
- Stein, E.D., Tiefenthaler, L.L., & Schiff, K. (2006). Watershed-based sources of polycyclic aromatic hydrocarbons in urban storm water. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 25 (2), 373-385.
- Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği (SKKY). 2004. Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği, Resmi Gazete Sayısı: 25687, Tarihi: 31.12.2004.
- Tucker, J.D., & Preston, R.J. (1996). Chromosome aberrations, micronuclei, aneuploidy, sister chromatid exchanges, and cancer risk assessment. *Mutation Research*, 365, 147-159.
- Walker, W.J., McNutt, R.P., & Maslanka, C.K. (1999). The potential contribution of urban runoff to surface sediments of the Passaic River: sources and chemical characteristics. *Chemosphere*, 38 (2), 363-377.