



# DAMACANA SULARINDA BPA'YA ETKİ EDEN FAKTÖRLER

**Dr. Mehmet BİNGÖL**  
**Gıda Mühendisi**

**10. Gıda Mühendisliği Kongresi**  
**9-11 Kasım 2017-Antalya**

# Su ve Saęlık

Su hayatın temelini oluşturmakta ve hayatın sürdürülebilirliği açısından vücut sisteminin belli oranlarda su alışverişi yapması gerekmektedir.

Sağlıklı ve güvenli içme suyuna ulaşabilme toplumda yaşayan her birey için **temel bir insan** hakkıdır.

İnsan sağlığının korunmasında sağlıklı ve güvenli suya erişim büyük önem taşımaktadır. Dünyada hastalıkların hemen hemen yarısı sularla ilişkilidir.



✓Yaklaşık 1,1 milyar insan **temiz içme** ve kullanma suyundan yoksun.

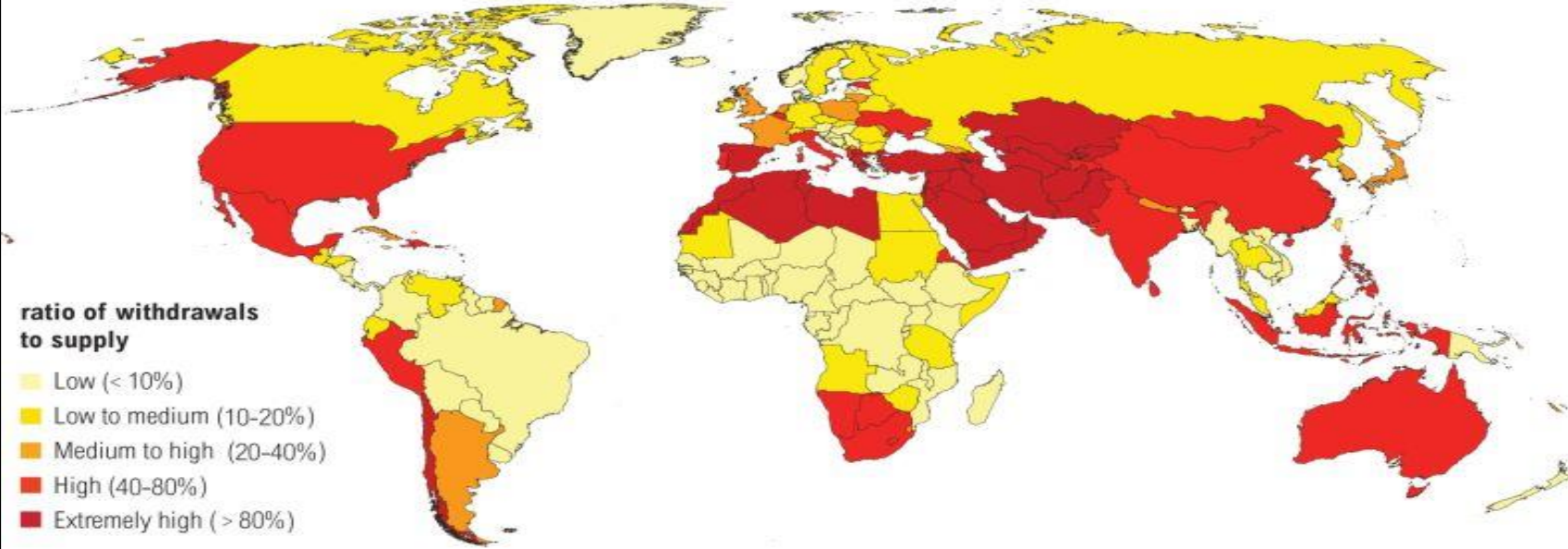
✓2015 yılında, küresel nüfusun % 71'i (5.2 milyar insan) güvenli bir içme suyu hizmetini (şebeke sistemleri)kullandığı,

✓Küresel olarak, en az 2 milyar kişi dışkıyla kirlenmiş bir içme suyu kaynağını kullandığı,

✓**2025'te** şehirlerde yaşayan insan sayısının 4,5 milyara yükseleceği, şehirlerde yaşayanların temiz su sıkıntısı yaşayacağı tahmin edilmektedir..

# Su Stresi Haritası

Water Stress by Country: 2040



**NOTE:** Projections are based on a business-as-usual scenario using SSP2 and RCP8.5.

For more: [ow.ly/RiWop](http://ow.ly/RiWop)

 WORLD RESOURCES INSTITUTE

Ülkemizde kişi başına düşen yıllık kullanılabilir su miktarı 1.519 m<sup>3</sup> civarındadır.

# Suyun kalitesini ve miktarını etkileyen faktörler

- ✓ Küresel ısınma ve iklim değışikliği
- ✓ Endüstriyel Kirlenme
- ✓ Tarımsal Kirlenme
- ✓ Evsel Kirlenme
- ✓ Suyun hor kullanılması
- ✓ Su israfı

## Hangi Sular Tercih Edilmeli?

- ❖ A-Musluk suyu
- ❖ B-Ambalajlanmış su
- ❖ C-Ev tipi arıtma cihazlarında arıtılmış su





## Ambalajlı Sular

Ülkemizde 2015 yılında yıllık kişi başı ortalama ambalajlı su tüketimi **143 litre** olarak hesaplanmıştır. Bunun **81 lt damacana** olmuştur.

Kişi başı ambalajlı su tüketimi AB ülkelerindeki düzeylerdedir.



## Ambalajlı Su Tercih Nedenleri

- ❖ Teknolojik gelişmeler ve sanayileşmeyle birlikte kırsal yerlerden kentlere yoğun göç olması,
- ❖ Endüstriyel faaliyetler sonucu şehir şebeke sularının kirlenmesi
- ❖ Güvenilir suya ulaşma talebi,
- ❖ Tüketim alışkanlıklarının değişmesi
- ❖ Gelir düzeyindeki artış





## Ambalaj Materyali ve Bisfenol A (BPA)

Ambalajlı sularda plastik malzeme oldukça geniş kullanım alanına sahiptir.

**Bisfenol A (BPA)** polikarbonat ve epoksi reçinelerin yapısında yer alan bir monomerdur.

Epoksi reçineler ve Polikarbonatlar; Gıda ambalajlarında, Damacanalarda ve birçok alanda kullanılmakta.

BPA, polikarbonat plastiklerinin daha güçlü ve esnek olmasını sağlamaktadır.

Polikarbonat malzemenin hammadesi olan **BPA, damacanadan suya** geçebilmektedir.

# BPA'nın Sağlık Üzerine Etkisi

BPA endokrin bozucu etki gösteren kimyasal maddelerdendir.

Vücutta hormon sistemini taklit ederek vücut gelişimini, doğurganlığı ve hücre metabolizmasını bozmaktadır.

Özellikle östrojen gibi davranıp erkeklerde kısırlık, feminizasyon, üreme başarısızlığı hatta meme kanserine yolaçtığı belirtilmektedir.

# Çalışmanın Amacı

Ambalajlı su tüketiminin artması ve damacanalarda BPA'nın kullanılması tartışmalara neden olmaktadır.

Ambalaj materyalinden içme suyuna BPA geçişine suların kimyasal ve mikrobiyolojik özelliklerinin etkisi araştırılmıştır.



Çalışmalar, Türkiye Halk Sağlığı Kurumu  
Başkanlık Makamının 07.06.2012 tarih ve 12218  
sayılı onayıyla Tüketici Güvenliği Laboratuvarları  
Daire Başkanlığı laboratuvarlarında  
gerçekleştirilmiştir.



# **Materyal Metot**

# Örneklerin Seçimi

10 markaya ait 19 Llik damacanalara kullanılmıştır. A, B, C, D, E, F, G, H, I ve K ile kodlanmış. Her markadan birer adet olmak üzere;

- ✓ Güneş ışığında 10 adet (Ort 31 °C)
- ✓ Laboratuvarda 10 adet (Ort 25 °C)
- ✓ Karanlıkta 10 adet (Ort 25 °C)





# Damacana Sularında Yapılan Çalışmalar

1. Hafta	Mikrobiyoloji, Katyon ve Anyon Analizleri	pH	İletkenlik	BPA
2. Hafta	-	pH	İletkenlik	BPA
3. Hafta	-	pH	İletkenlik	BPA
4. Hafta	-	pH	İletkenlik	BPA
5. Hafta	-	pH	İletkenlik	BPA
6. Hafta	-	pH	İletkenlik	BPA
7. Hafta	-	pH	İletkenlik	BPA

# LC/MS/MS Cihazı

BPA için LC-MS/MS cihazı kullanıldı.



# LC-MS/MS ile BPA Analizi

## BPA Metot Koşulları;

Metod Koşulu	Açıklama
Kolon	: Poroshell 120 SB-C18 3x100 mm 2.7 micron
Mobil Faz	: Mobil Faz A: Metanol/Amonyum asetat çözeltisi (80/20) Amonyum asetat çözeltisi 4 mM olarak hazırlanır
Enjeksiyon hacmi	: 0.5 µL
Akış Süresi	: 2 dakika
Kolon Sıcaklığı	: 35° C
Tarama Tipi	: Dinamik Multiple Reaction Monitoring (MRM)
İyonizasyon	: Electrospray Ionization (ESI), pozitif ve negatif iyonizasyon

# pH ve İletkenlik Ölçümü

## pH Ölçümü

WTW Inolab pH 730 (TS 3263 ISO 10523) ölçümler 25 °C'de yapıldı.

## Elektriksel İletkenlik Ölçümü

WTW Inolab cond 730 (TS 9748 EN 27888) kondaktivimetre ölçümler 25 °C'de yapıldı.

# Katyon ve Anyon Analizleri



Katyon analizleri için  
ICP-MS cihazı ile  
EPA 200.8 Metodu

DIONEX ICS-3000  
Iyon kromatografi  
cihazı  
ISO 10304-1  
Metot



Katyon analizleri için ICP-MS cihazı ile EPA 200.8 Metodu, DIONEX ICS-3000 İyon kromatografi cihazı ISO 10304-1 Metot kullanıldı.

### Katyonlar

Al	Mg
Sb	Mn
As	Hg
Ba	Ni
B	K
Cd	Pb
Ca	Se
Cr	Si
Cu	Na
Fe	Zn

### Anyonlar

F  
Cl  
Br  
NO<sub>3</sub>  
NO<sub>2</sub>  
SO<sub>4</sub>



# Mikrobiyolojik Çalışmalar

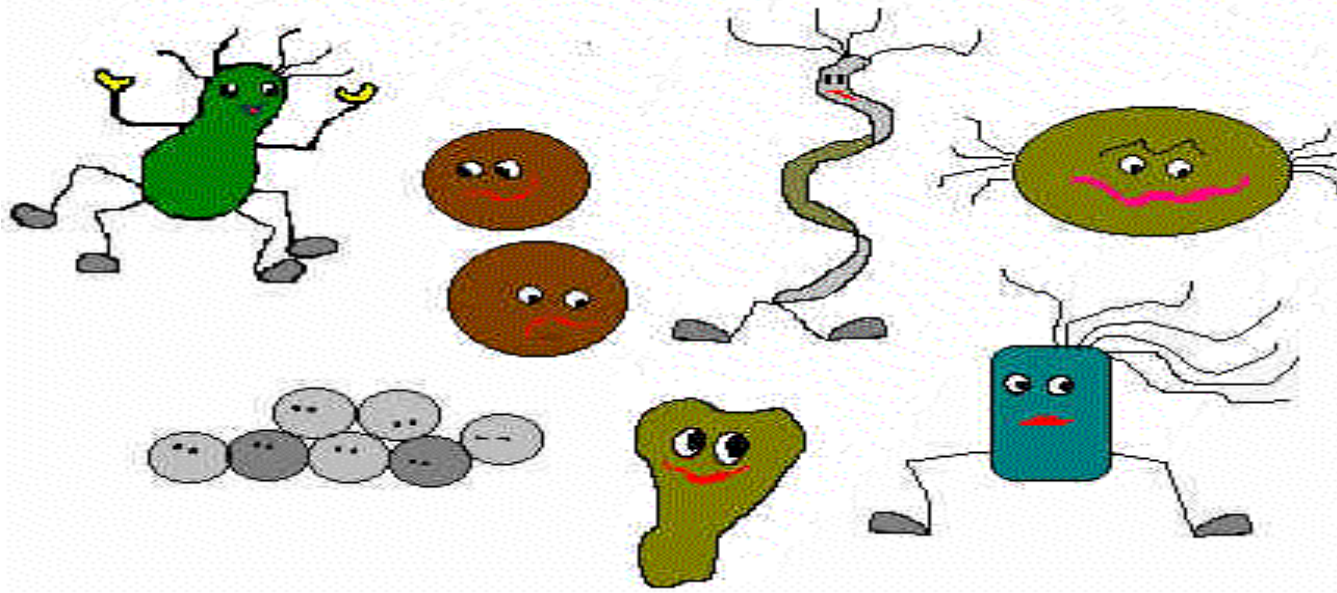
- ✓ 22 - 37 °C'de Jerm sayısı
- ✓ Toplam koliform bakteri,
- ✓ *Esherichia coli*,
- ✓ *Pseudomonas aeruginosa*,
- ✓ *Clostridium perfringes*



**BULGULAR**

# Mikrobiyolojik alıřmalar

Numunelerde Toplam koliform, *E. Coli*,  
*P.aeruginosa* ve *C. Perfringes* yönünden üreme olmadı.



## 22 °C Jerm Sayısı

Numune	Lab Ortamı	Güneş Ortamı
A	0	0
B	>300	>300
C	>300	>300
D	>300	>300
E	>300	>300
F	156	>300
G	0	0
H	>300	84
I	0	0
K	0	0

Mevzuat  
değeri  
1000/ml

## 37 °C Jerm Sayısı

Numune	Lab Ortamı	Güneş Ortamı
A	>300	0
B	>300	4
C	>300	>300
D	>300	>300
E	92	>300
F	>300	>300
G	0	0
H	>300	75
I	0	0
K	0	0

Mevzuat  
değeri  
200/ml

# Damacana Sularında Katyon Düzeyleri

Element	Birim	En düşük	En Yüksek	Mevzuat Değeri
Al	ppb	2.5	19	200
As	ppb	<0.3	<b>25</b>	10
B	ppm	<0.02	<b>2.2</b>	1
Ca	ppb	1.2	28	-
Cu	ppb	<1	7	2000
Pb	ppb	<0.45	1.1	10
Mn	ppb	<0.5	17	50
Ni	ppb	<0.4	7.2	20
Se	ppb	<0.3	2.5	10
Na	ppm	1.6	112	200
Sb	ppb	<0.3	<0.3	5
Ba	ppb	<0.9	25.6	1000
Cd	ppb	<0.25	<0.25	5
Cr	ppb	<1.0	<1.0	50
Fe	ppb	3.2	14.4	200
Mg	ppm	<1.0	7.6	-
Hg	ppb	<0.4	<0.4	1
K	ppm	<0.9	6	-
Si	ppm	3.1	33	-
Zn	ppb	2.6	36	2000



# Anyon Düzeyleri (ppm)

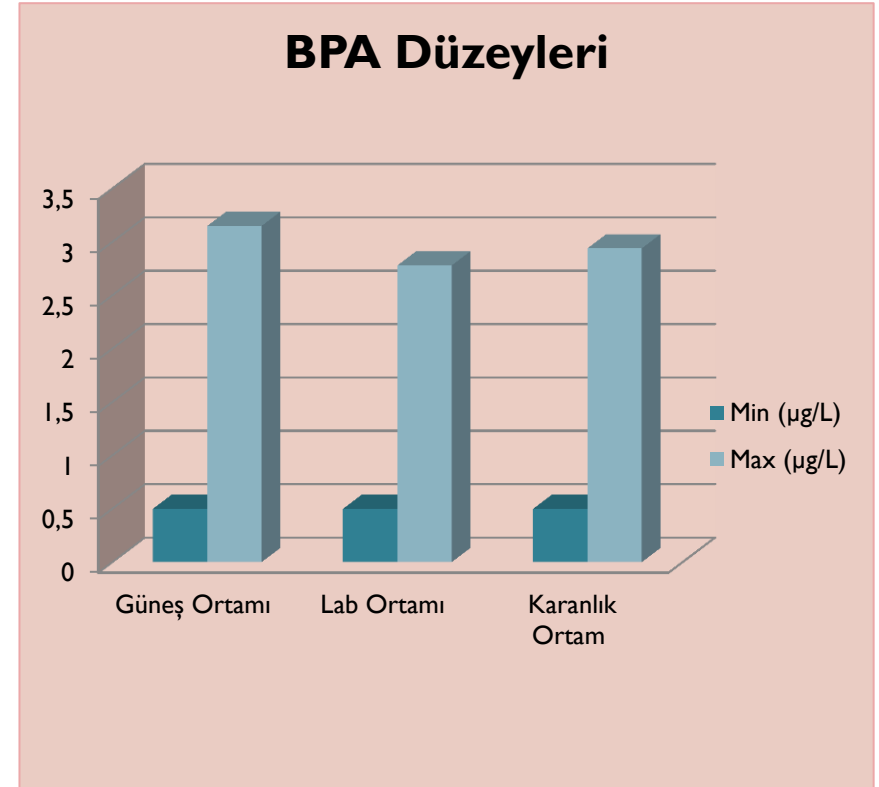
Element	En düşük	En Yüksek	Mevzuat Değeri
F	<0.04	<b>3.57±0.06</b>	1.5
Cl	<0.17	18.9 ±1.00	250
Br	<0.05	<0.05	-
NO3	<0.13	9.46±0.15	50
NO2	<0.05	0.08±0.00	0.5
SO4	<0.13	40.8±2.52	250

# Numunelerde BPA Miktarı (LOQ:0.5 µg/L)

Numune Kodu	Koşullar	1. hafta	2. hafta	3. hafta	4. hafta	5. hafta	6. hafta	7. hafta
A	Güneş Ortamı	0,5	0,5	0,5	0,5	0,51	0,68	0,81
	Lab Ortamı	0,5	0,5	0,5	0,53	0,5	0,5	2,05
	Karanlık Ortam	0,5	0,5	0,5	0,51	0,62	0,75	1,78
B	Güneş Ortamı	0,5	0,5	0,5	1,04	1,25	2,12	2,65
	Lab Ortamı	0,5	0,65	0,71	0,78	0,85	0,95	2,09
	Karanlık Ortam	0,5	0,5	0,58	0,82	0,86	1,02	2,03
C	Güneş Ortamı	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,56	1,25
	Lab Ortamı	0,5	0,5	0,87	1,25	2,16	1,31	1,84
	Karanlık Ortam	0,5	0,51	0,72	1,17	2,24	1,17	1,67
D	Güneş Ortamı	0,5	0,5	0,5	0,63	0,5	0,5	0,5
	Lab Ortamı	0,5	0,5	0,62	0,58	0,5	1,21	2,68
	Karanlık Ortam	0,5	0,5	0,66	0,72	0,65	1,37	2,7
E	Güneş Ortamı	0,6	0,56	0,68	0,5	0,5	0,51	0,5
	Lab Ortamı	0,51	0,51	0,62	0,5	0,53	0,62	0,68
	Karanlık Ortam	0,64	0,72	0,68	0,5	0,5	0,54	0,75
F	Güneş Ortamı	0,5	0,5	0,75	0,5	0,5	0,5	0,5
	Lab Ortamı	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,62
	Karanlık Ortam	0,5	0,5	0,5	0,5	0,51	0,54	0,84
G	Güneş Ortamı	0,5	0,5	0,5	0,64	0,5	0,58	1,02
	Lab Ortamı	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,83
	Karanlık Ortam	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,9
H	Güneş Ortamı	0,5	0,5	0,56	0,5	0,6	0,5	1,05
	Lab Ortamı	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
	Karanlık Ortam	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
I	Güneş Ortamı	0,5	0,87	1,38	0,54	0,7	0,5	3,15
	Lab Ortamı	0,51	0,5	1,07	1,52	2,14	2,37	2,78
	Karanlık Ortam	0,54	0,69	1,13	1,43	2,24	2,46	2,94
K	Güneş Ortamı	0,5	0,5	0,62	0,7	0,92	1,17	2,75
	Lab Ortamı	0,5	0,5	0,62	1,09	2,13	1,71	2,05
	Karanlık Ortam	0,5	0,5	0,58	1,15	2,36	1,74	2,12

# Numunelerde tespit edilen BPA düzeyleri

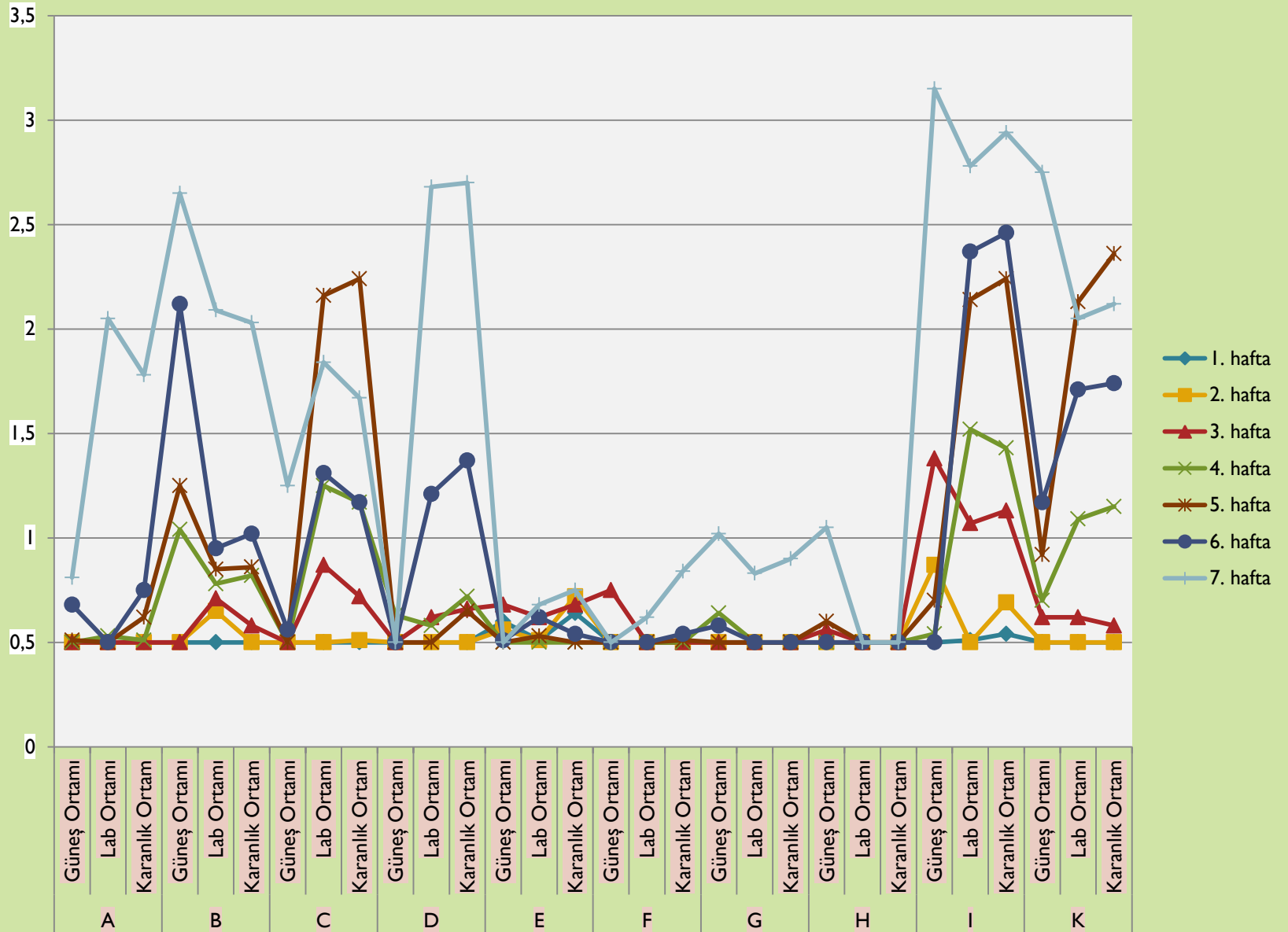
Ortam	Min ( $\mu\text{g/L}$ )	Max ( $\mu\text{g/L}$ )
Güneş Ortamı	<0.5	3.15
Lab Ortamı	<0.5	2.78
Karanlık Ortam	<0.5	2.94





# TARTIŞMA

# Numunelerde BPA Durumu



# BPA'nın Migrasyonu Üzerine-1

Yaptığımız çalışmada BPA düzeyleri  $<0.5 - 3.15 \mu\text{g/L}$  aralığında bulunmuştur.

BPA en yüksek oranda güneş ortamında bekletilen I kodlu numunede 7. haftada tespit edilmiştir.

Su numuneleri, tespit edilen BPA düzeylerinde zamanla bir artış gösterdi ancak, bu artışın numuneden numuneye değiştiği görülmüştür.



# BPA'nın Migrasyonu Üzerine-2

- Çalışmamızda BPA düzeyleri genel olarak LOQ değerlerine çok yakın olarak bulunmuştur.
- BPA düzeylerindeki haftalık değişiklikler gözlemlendi, ancak değişiklikler doğrusal olarak gerçekleşmedi.
- BPA bir taraftan PC ambalajından suya migrasyon gerçekleşirken, diğer taraftan BPA bozunabilmektedir.
- BPA'nın su içindeki yarı ömrü yaklaşık olarak 3-5 gün,
- Suda yaşayan mikroorganizmalar BPA'nın bozunmasına neden olmaktadır.

✓ AB ve ülkemizde mevzuat gereği gıda ile temas eden madde ve malzemelerden geçebilecek maksimum BPA miktarı 600 µg/kg,

✓ Günlük alınabilecek maksimum BPA miktarı 50 µg/kg v.a. (EFSA tarafından 2015'te 50'den 4'e indirildi ve yeniden değerlendirilecek)

✓ Çalışmamızda su damacanelerinde elde ettiğimiz BPA düzeylerinin mevzuat limitlerinin çok altında olduğu görülmekte

✓Elobeyid vd. (2012) yaptıkları çalışmada içerde bekletilen numunelerde ortalama 4.03 ng/L BPA bulunurken, dış ortamda bekletilen numunelerde **ortalama 7.5 ng/L** BPA bulmuşlardır.

✓Erdem ve Acar (2012) yaptıkları çalışmada 4 °C'de bekletilen damacana sularında herhangi bir migrasyon olmadığı, 20 °C'de 0.001 mg/kg, **35 °C'de 0.003 mg/kg** düzeyinde BPA olduğunu belirtmişlerdir.

✓Diana ve Dimitra (2011) tarafından yapılan çalışmaya göre damacandan alınan BPA miktarı günlük alınabilecek düzeyin oldukça altında ve **% 0.12'den küçük dozlarda olduğu** belirlenmiştir.

# Mikroorganizmaların BPA'ya Etkisi

- Güneş ortamında bazı numunelerde jerm sayısı  $>300/\text{mL}$  olduğundan 4. haftada numunelerde yosunlaşma gözlemlendi.
- Mikroorganizmalar BPA bozunmasına yol açarak BPA düzeyini düşürmektedir.
- Kang ve Kondo (2002) tarafından 15 nehir suyu örneğinde yapılan çalışmada bakteri sayısının sıcaklıkla beraber BPA yıkımı üzerine etki ettiği belirlenmiştir.
- Mezcua vd. (2006) Güneş ışığına maruz kalacak şekilde güneşte bekletilen suda, BPA konsantrasyonunun azalarak 14 gün sonra başlangıç konsantrasyonunun yarısına indiği belirlenmiştir.

# BPA-pH İlişkisi

- Yüksek pH, BPA'nın artmasına neden olmakta ancak güneş ortamında tutulan ve yosunlaşma tespit edilen örneklerde 4. haftadan itibaren pH düzeyinde artış tespit edilmesine rağmen ( $p>0.01$ ), BPA düzeyine olumsuz şekilde yansımıştır.
- Bunun sebebinin mikrobiyolojik faaliyetlerin BPA düzeyini olumsuz yönde etkilemesi olduğu düşünülmüştür.

# Katyon ve Anyonların BPA Düzeyine Etkisi

- Suyu sertlik veren kalsiyum ve magnezyumun fazlalığı PC malzemeyi degradasyona uğratmakta, BPA miktarında artışa neden olmaktadır.
- Çalışmada tüm ortamlarda en yüksek BPA düzeyi I kodlu numunede ( $3.15 \pm 0.03 \mu\text{g/L}$ ) .
- I kodlu numunedeki kalsiyum (Ca) düzeyi ( $28.1 \pm 0.50 \text{ mg/L}$ ) diğer numunelere oranla daha yüksek ( $P > 0.01$ ).

# Sonuç

- Çalışmada tespit edilen en yüksek BPA düzeyi **3.15 µg/L** olarak bulunmuştur.
- Bu sonuçlara göre, günde 2 L su içen yetişkin tarafından tüketilecek maksimum BPA miktarı 6.30 µg olacaktır.
- Bu oran 60 kg ağırlığındaki birinin alabileceği maksimum düzeyin yaklaşık % 2.6 (50 iken %0.2 idi)'a tekabül etmektedir.
- Bu miktar hem AB hem de Türkiye tarafından düzenlenen sınırların oldukça altındadır.
- Çalışmada elde edilen veriler, Türkiye'de BPA migrasyonu nedeniyle insan sağlığını tehlikeye sokacak bir durumun bulunmadığını ortaya koymaktadır.



A close-up photograph of a clear glass bottle being tilted to pour water into a clear glass. The water is captured in mid-pour, creating a dynamic, flowing stream that splashes into the glass, forming numerous small bubbles. The background is a solid, light blue color, which makes the clear water and glass stand out. The lighting is bright, highlighting the textures of the glass and the movement of the liquid.

**Teşekkürler..**

E-mail: [mehmet.bingol@yahoo.com](mailto:mehmet.bingol@yahoo.com)