

FEN BİLİMLERİ VE MATEMATİKTE ARAŞTIRMA VE DEĞERLENDİRMELER

EDİTÖR

PROF. DR. HASAN AKGÜL

gece
kitaplığı

İmtiyaz Sahibi / Publisher • Yaşar Hız
Genel Yayın Yönetmeni / Editor in Chief • Eda Altunel
Kapak & İç Tasarım / Cover & Interior Design • Gece Kitaplığı
Editör / Editor • Prof. Dr. Hasan Akgül

Birinci Basım / First Edition • © Şubat 2021

ISBN • 978-625-7342-67-4

© copyright

Bu kitabın yayın hakkı Gece Kitaplığı'na aittir.

Kaynak gösterilmeden alıntı yapılamaz, izin
almadan hiçbir yolla çoğaltılamaz.

The right to publish this book belongs to Gece Kitaplığı.
Citation can not be shown without the source, reproduced in any way
without permission.

Gece Kitaplığı / Gece Publishing

Türkiye Adres / Turkey Address: Kızılay Mah. Fevzi Çakmak 1. Sokak

Ümit Apt. No: 22/A Çankaya / Ankara / TR

Telefon / Phone: +90 312 384 80 40

web: www.gecekitapligi.com

e-mail: gecekitapligi@gmail.com



Baskı & Cilt / Printing & Volume

Sertifika / Certificate No: 47083

Fen Bilimleri ve Matematikte Araştırma ve Değerlendirmeler

Editör

PROF. DR. HASAN AKGÜL

gece
kitaplığı

İÇİNDEKİLER

BÖLÜM 1

FLEKSO BASKI ÜRETİM SÜRECİNDE KULLANILAN AMBALAJ HAMMADDELERİ

Mustafa Batuhan KURT..... 1

BÖLÜM 2

GEÇMİŞTEN GÜNÜMÜZE KENTLER VE DOĞAL FLORAYA ETKİLERİ

Mustafa PEHLİVAN 19

BÖLÜM 3

LİYOTROPİK SIVI KRİSTALLER VE OPTİKSEL ANİZOTROPİLERİ

Aykut Evren Yavuz 35

Bölüm 1

FLEKSO BASKI ÜRETİM SÜRECİNDE KULLANILAN AMBALAJ HAMMADDELERİ



Mustafa Batuhan KURT¹

¹ Dr. Öğr. Üyesi Mustafa Batuhan KURT, Marmara Üniversitesi, Uygulamalı Bilimler Yüksekokulu, Basım Teknolojileri Bölümü, Göztepe Kampüsü, İstanbul / Türkiye, batuhan@marmara.edu.tr

Bu kitap bölümü yazarın Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Matbaa Programında 2012 yılında hazırladığı “Flekso Baskı Sisteminde Kullanılan Baskıaltı Malzemelerinin ve Kalıbın Basan Yüzey Yüksekliğinin, Kaliteye Etkisinin Tespit Edilmesi” başlıklı Doktora tezinden üretilmiştir.

GİRİŞ

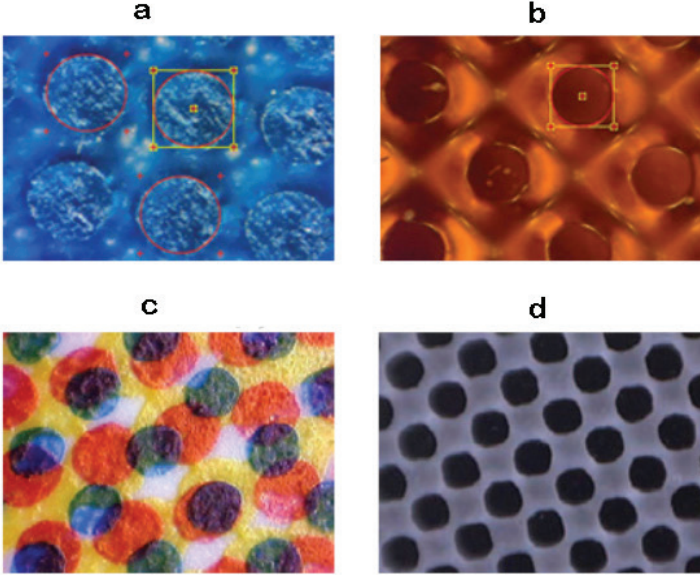
Yüksek baskı sistemleri içinde yer alan flekso baskı sistemi, ambalaj basımında yaygın olarak kullanılır. Flekso baskı (Şekil 1) daha çok ambalaj baskısı için uyarlanmış bir yüksek baskı teknolojisidir. Flekso baskı; karton, kraft, oluklu mukavva gibi kağıt türevi baskıaltı malzemeleri üzerine baskı yapılabildiği gibi, özel mürekkepler kullanılarak bütün fleksibil ambalaj hammaddelerini oluşturan plastik filmler ve alüminyum folyolar üzerine de uygulanabilir. Bu üretim şekli kısa, orta ve uzun süreli üretimler için uygundur (Perkowski, 2006).

Flekso baskı tabaka baskıdan daha çok bobin (web) malzeme üzerine uygulansa da oluklu mukavvalara da özel flekso baskı makinelerinde baskı yapılabilir. Flekso baskı mürekkeplerinde solvent miktarı fazla olduğundan çabuk kururlar. Bu özellik aynı yüzey üzerine bir seferde birden fazla renk basılmasını olanak sağlar. Aynı anda 2, 4, 6 hatta 8 renk baskı yapılabilen Flekso baskı makineleri mevcuttur.



Şekil 1. Flekso baskı makinesi (URL1)

Grafik tasarım sürecinde baskıaltı malzemesinin yüzey özellikleri dikkate alınarak tasarımlar gerçekleştirilmelidir. Çünkü baskıaltı malzemesinin yüzeyi ne kadar pürüzlü ise; net görüntü almak o kadar daha güçleşir. Bu sebeple tasarım sürecinde kullanılacak çizgi kalınlığı, yazı karakteri türü, punto ve et kalınlığı seçimlerinde özen gösterilmelidir. Aksi halde ince kalınlıktaki çizgiler ve et kalınlıklarının elde edilmesi mümkün olmayacaktır. Çünkü kauçuk klişenin esnek olması sebebi ile taşıyıcı katman yüzeye bastırılınca bu ayrıntılar kaybolur. Çizilen tasarımlar, kompakt renkli zeminler ve oldukça geniş bir metin olması durumunda fleksografik baskıyla oldukça iyi sonuçlar alınır (Hofstrand, 2006).



Şekil 2. *a. Kalıptaki tramın ölçüm cihazı altında ölçümü, b. Kalıptaki tramın görüntüsü c. Tramın CMY basılmış hali d. Tramın filmdeki görüntüsü (URL2)*

Flekso baskı, yükseltilmiş olan harf, çizgi, tram noktası (Şekil 2) gibi baskı unsurlarını, düşük viskoziteli mürekkepler ve esnek baskı plakaları kullanarak gerçekleştirir (Şekil 3). Günümüzde baskı kalıpları ağırlıklı olarak elastomerik fotopolimerlerden yapılmaktadır (Kurt. 2012).

Yükseltilmiş bölgelerdeki küçük noktalara bölünmüş tramlanmış alanlardaki çeşitli ton değerleri mürekkep film kalınlığı değişmeksizin basılmaktadır.

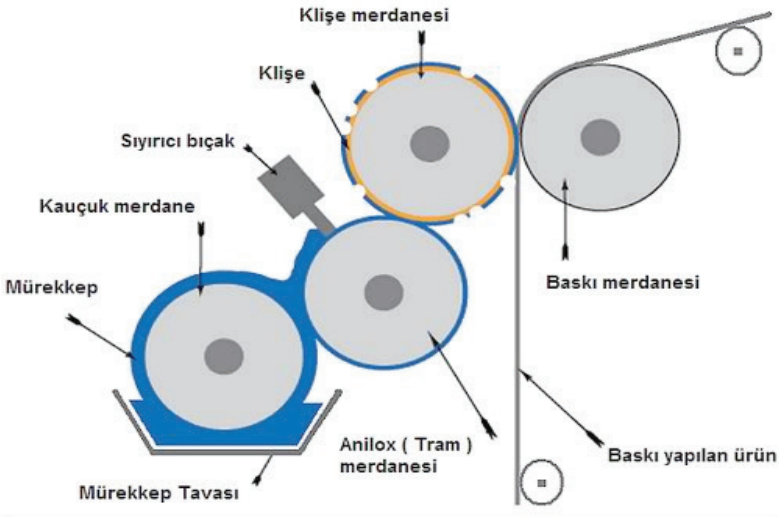


Şekil 3. *İndirilmiş flekso baskı kalıbı (Mürekkep veren kısımlar koyu olarak gösterilmiştir)*

Tramlanmış bölgelerdeki ton değerleri; basılmamış alana %0, zemin ton bölgelerinde %100 ton değerleri verilerek ve bunların arasındaki değerlerin optik olarak ölçülmesi ile belirlenir. Flekso baskıda yüksek alanlardaki nokta değeri çap olarak verilir (Bould, 2001). %20 lik nokta değerinin çapını yaklaşık 60 μm . ve yüksekliğini de 55 μm . olarak tanımlamıştır. Noktanın çapı, yüksekliği ve geometrisi üretilen kalıbın çeşidine göre değişmektedir (Oum, 2000). Bir cm'lik alanda oluşturulan nokta sayısına tram sıklığı değeri denir. En iyi tram sıklığı değeri daha küçük noktalarla oluşturulan tram sıklığıdır.

Bir flekso baskı ünitesi Şekil 4'de gösterildiği gibi bir mürekkep ünitesi, bir baskı kalıbı silindiri, sıyrıcı rakle (Dr. Blade) aniloks merdane ve bir baskı silindirinden oluşur (Hofstrand, 2006).

Aniloks merdane yüzeyi genellikle cm^3/m^2 olarak hesaplanan çok fazla sayıda hücrelerden oluşmaktadır. Hücrelerin sayısı cm başına düşen çukurcuk sıklığını gösterir. Örneğin 100 l/cm veya 310 l/cm. Aniloks silindirine gelen mürekkebin fazla olan kısmı rakle tarafından sıyrılır ve baskı kalıbının yüksekte kalan noktalarına anilokstaki mürekkep aktarılır. Kalıp silindirine takılmış baskı kalıbı, mürekkeplenmiş aniloks merdanesinden mürekkebi alır ve baskıaltı malzemesi üzerine aktarır. Burada dikkat edilecek en önemli husus, aniloks merdanedeki tram sıklığının, kalıptaki tram sıklığının en az 5.5 katı olmasına dikkat edilmesidir. Bu şekilde tram noktalarının aniloks merdanedeki hücrelerin içinde kaybolması önlenmiş olur (Kipphan, 2001).

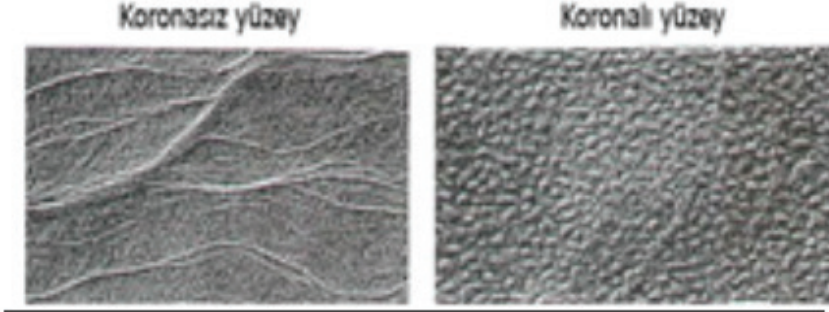


Şekil 1.1 : Flexo Baskı Sistemi

Şekil 4. Flekso baskı tekniği sistemi (Kurt, 2012)

KORONA

Korona, özellikle flekso ile tıfdruk baskıda kullanılan sentetik ve metaleze olan baskıaltı materyallerinin üzerine, mürekkep veya kaplama maddelerinin tutunabilmesini sağlamak amacıyla yüzeye uygulanan elektron bombardımanıdır. Bu teknik mürekkep, lak veya yapıştırıcının tutunması açısından çok önemlidir (Şekil 5).



Şekil 5. Koronasız ve koronalı yüzeyin SEM görüntüsü
(Aydemir ve Özakhun, 2014)

Baskıaltı malzemelerinin yüzey enerjisi ne kadar yüksek ise baskıaltı malzemesi üzerine uygulanacak mürekkep veya kaplama maddesinin yapışma gücü o kadar yüksektir. Özellikle plastik malzemelerin yüzey enerjileri düşüktür (PVC 39mN/m, PE 31mN/m). Bu durumda iyi bir yapışma sağlamak amacıyla yüzey enerjilerini korona uygulanması ile arttırmak gerekmektedir. Genel olarak solvent bazlı boya sistemleri için güvenli yapışma yüzey gerilimi 38mN/m iken su bazlı boya sistemleri için güvenli yapışma yüzey geriliminin 45mN/m olması istenir. Korona plastik filmler, şişeler ve plastik borular için en uygun yöntemdir. Korona (elektronik bombardıman) işlemi materyal yüzeyinden çok ince bir tabaka kaldırarak yüzey gerilimini istenilen oranda yükseltir.

AMBALAJ

Ambalaj; içine konulan ürünü koruyan, onun hakkında bilgi veren, taşınmasını ve depolanmasını sağlayan, ürünün üretim tesisinden nihai tüketicinin eline temiz ve güvenilir bir şekilde ulaşmasını sağlayan bir malzemedir. Reklamcılar ambalajı dilsiz satıcı olarak da ifade ederler. Bunkadaki en büyük neden satılacak olan ürünü rakiplerine göre daha albenili olmasını sağlamak amacıyla uygulanan şekil, büyüklük, çarpıcı renklerin kullanılması ve ilgi çeken logoların kullanılmasıdır.

Ambalajlar dağıtım ve tüketim ambalajı olarak ikiye ayrılırlar. Dağıtım ambalajları koli olarak tabir edilen ürüne direk olarak temas etmeyen

ambalajlardır. Genellikle Oluklu mukavvadan üretilirler. Tüketim ambalajları ise direk ürüne temas eden ambalajlardır ve çeşitli malzemelerden üretilirler. Genelde sıvı ürünlerin ambalajlanmasında plastik, cam ve metal malzemeler tercih edilir. Bunun yanı sıra süt ve meyve suları ambalajlanmasında tetrapak olarak adlandırılan karton, plastik film ve alüminyum folyonun birbirine lamine edilmesi ile oluşturulan malzeme kullanılır (Kurt, 2020).

FLEKSO BASKIDA KULLANILAN AMBALAJ HAMMADDELERİ

Kağıt ve Karton

Kağıt genel olarak az veya çok sıkıştırılmış lif içeren katmanlı bir yapı olarak tarif edilebilir. Daha dayanıklı ve gramajlı kağıtlar bütün baskı tekniklerinde çok daha kolay basılır. Kağıt gram başına yaklaşık 1 milyon lifi barındırır (Fellers ve Norman, 1998). İstenilen kağıt özelliklerine bağlı olarak farklı lif türleri kullanılır. Temelde mekanik ve kimyasal hamurdan oluşur. Bunun yanında orta derecede mekanik-kimyasal hamurlar da vardır. Yüksek opaklık değeri veren mekanik hamurlar, genelde gazete baskıları için kullanılır. Yüksek dayanıklılık veren kimyasal hamurlu kağıtlar ise kraft kağıt yapımında kullanılır. Kimyasal termo-mekanik hamurlar kırılmaya karşı dayanıklılık vermek için karton yapımında orta katmanda kullanılır. Buna ilaveten liflerin arasına dolgu maddesi olarak kaolin, kil, tebeşir ve talk eklenir. Kağıt üretimi aşamasında ise prosesin düzgün ilerlemesi için de birtakım kimyasallar eklenir (Heinemann, 2006).

Mürekkebi alan kağıdın yüzeyidir. Bu nedenle, kağıdın yüzey özellikleri, hava geçirgenliği ve yüzey kimyası büyük önem taşımaktadır. Kağıt yapımı aşamasındaki farklı süreçler, kağıdın istenilen yüzey topografisi ve lif yapısında olması için önemli rol oynar (Waterhouse, 1995). Liflerin yapısı kağıdın fiziksel özelliklerini belirler (Sönmez ve Özden, 2019). Kimyasal hamur içeren kağıtlar, mekanik hamurdan yapılmış kağıtlara göre daha düşük direnç özelliğine ve gözenekli bir yapıya sahiptir. Mürekkebin kuruma esnasında gerçekleşen emilim hem liflerin hem de gözeneklerin mürekkebi emmesi ile gerçekleşir (Fellers ve Norman, 1998).



Şekil 6. Karton malzeme üzerine basılmış ambalaj malzemeleri (URL 3)

Kağıt ve karton kullanımlarına göre dört farklı grupta toplanabilir;

1. Grafik kağıtlar
2. Ambalaj kağıtları
3. Hijyenik Kağıtlar
4. Özel kağıtlar ve kartonlar

Flekso baskı sistemi; film, yağlı kağıt, karton ve diğer baskılı malzemelerine baskı yapabilmektedir (Tillmann, 2006). Kalıbının esnek olması nedeniyle, hem düzgün yüzeylere hem de pürüzlü yüzeylere baskı yapabilecek ve baskılı malzemesinin yüzeyinde tutunabilecek bir baskı yapabilmeyi sağlar. Çok pürüzlü yüzeylere yapılacak baskılar büyük olasılıkla flekso baskı ile yapılır (Keif, 2005).

Baskı tamamlandıktan sonra en yaygın olarak kullanılan baskı sonrası süreç selofan kaplamadır (Özomay ve Özdemir, 2020). Kağıt türevi ambalajlar selofanla kaplandığında yüzeyi çizilmelere karşı korunur ve fiziksel olarak da dayanıklılık kazanırlar.

Film Materyaller

Ambalaj endüstrisinde genellikle 5µ ila 300µ arasındaki plastik filmler kullanılır. Monofilmler baskıda problem yaşanmaması için homojen ve pürüzsüz yapıya sahiptirler. En çok kullanılan türleri;

- Polyethylene (PE)

- Polypropylene (PP)
- Polyester (PET)
- Metalize filmler

Plastik bazı türlerin yoğunluk derecelerini belirtmek için başlarına LD (Low Density) yani düşük yoğunluk ve HD (High Density) yüksek yoğunluk anlamına gelen kısaltmalar alırlar.

Polyethylene (PE)

Kullanım alanları; gıda ambalajı, taşıma çantaları, endüstriyel ürün ambalajı, hayvan gıdası ambalajı, hijyen uygulamaları, koruma filmleri, tarımsal uygulamalar olarak sıralanabilir (Meyer, 2000).

PE filmler PP filmlerin berraklığına sahip değildir ama PP filmlere göre daha iyi işlenebilirler. Temel özellikleri berraklık, mum karakteristiği (sıcak yapışma), hava ve neme bariyer oluştururlar, yüzeyi kaygan, antiblok özelliği taşıyıcı ve antistatiktir (Sinconolfi ve Weigand, 1991).

PE üzerine, etilenin ısı ve basınca maruz bırakılmasından hemen sonraki hali ile baskı yapılamaz. Bu durumdaki yüzey gerilimi düşüktür (yaklaşık 30 dyn/cm²). Normal şartlarda solvent bazlı bir mürekkebin yüzey gerilimi yaklaşık 26 dyn/cm²'dir. Baskının yüzeyde tutunabilmesi ve kalıcı olabilmesi için filmin geriliminin mürekkebininkinden en az 10 birim (dyn/cm²) fazla olması gerekir. Bu durumda PE'e baskı yapabilmek için elektron bombardımanına maruz bırakma yani korona yüzey kaplaması metoduyla yüzey geriliminin artırılması gerekmektedir. Elektron bombardımanına maruz bırakma esnasında filmin yüzeyindeki kimyasal ve moleküler değişikliklerden dolayı mürekkep yüzeye daha güçlü tutunur. Burada dikkat edilecek en önemli konu, elektron bombardımanına maruz bırakılacak filmin çeşidi ve kalınlığına göre korona gücünü ayarlayabilmektir.

Basılan ya da kaplanan filmler önceden korona işlemine tabi tutulmuş olabilmektedir. Ortak davranış seviyeleri 32 dyn/cm² – 42 dyn/cm² arasında uygulamaya bağlı olarak değişir.

Davranış seviyelerinin ölçümü; ıslatma gerilimi metodu ile veya yapışma oranı testi ile yapılır.



Şekil 7. PE ambalaj (URL 4)

Polietilen film basımında en önemli sorun (registration) baskı renklerinin üst üste oturmamasıdır. Bunun sebebi Polietilen'in nispeten ince yapıda ($15 - 20\mu$) olması ve ısıya karşı düşük dayanıklılığıdır (Gençoğlu ve arkadaşları, 2000).

Polipropylene (PP)

Kullanım alanları; gıda ambalajı, teknik filmler, ofis uygulamaları, tıp ve hijyen uygulamaları, dondurulmuş gıda ambalajı olarak sıralanabilir (Meyer, 2000).

Oriente edilmemiş moleküler bir yapıya sahip olan polipropilen hem daha fazla esneyip hem de kesimde problem çıkartabilmektedir. Üretim hattında hem akış yönünde hem de enine gerdirilerek elde edilmesinden ötürü etiket sektöründe kullanılan polipropilenin neredeyse tümü BOPP, yani Biaxially Oriented Polipropilen'dir. Bu prosedür, malzemeye mükemmel baskı kontrolü yanında iyi bir berraklık ve kesimi kolaylaştıran bir sertlik kazandırır. Bunun yanında da oryantasyon sürecinden geçen malzeme esnekliğini yitirir.

Oriente edilmemiş polypropilen film, düşük yoğunluklu polietilen filmlere yakın fiziksel özelliklere ve baskı karakterine sahiptir.

Polipropilen'in kimyasal karakteri, katalizör ve reaksiyon koşulları kullanılarak belirlenmektedir. Oryantasyon işlemi OPP filmin ayırt edici özelliğidir. Oriented Polipropilen'in gerilme kuvveti, oryantasyon işlemi yapılmamış polipropilene göre çok daha fazladır. Oryantasyon daha iyi berraklık ve düşük sıcaklıkta esneklik sağlamaktadır. OPP filmler makine yönünde zayıf olmasına karşın, çapraz yönde oldukça güçlüdür (Sinconol-

fi ve Weigand, 1991). OPP (Oriente Polipropilen), Plastik hammaddenin polipropilen film halinde üretimi esnasında tek yönde gerdirilmesiyle mekanik özelliklerinin değiştirilmesi amaçlanan üründür. PP'nin hiç gerdirilmeden üretilenine, Cast Polipropilen (CPP), çift yönde gerdirilmiş haline ise, Bioriente Polipropilen (BPP) denir.

Flekso baskı sistemi ile OPP film üzerine baskı yapılırken, OPP'nin fiziksel özelliklerine ve yüzey özelliklerine göre uygulama yapılmalıdır. Yüzey özelliği mürekkebin film yüzeyine tutunmasını belirleyeceği için önemlidir. Polipropilen'in yüzey gerilimi Polietilen'de olduğu gibi mürekkebin yüzeye tutunması için gereken değerden düşüktür. Mürekkebin yüzeye tutunması için korona işlemi ile yüzey gerilimi artırılarak baskı işlemine hazır hale getirilir.



Şekil 8. OPP basılmış ham ambalaj hali (URL 5)

Polipropilen film baskısında en önemli etkenlerden biri de filmin makine yönünde uzamasına karşı dayanımdır. Polipropilen filmin yüzey enerjisindeki düşük yapı nedeniyle film makine yönünde uzama eğilimi içerisindedir. Bu nedenle polipropilen film baskısında, ortam sıcaklığı ve baskı makinesi sıcaklığı göz önünde bulundurulması gereken bir etkidir. Sıcaklık arttıkça Polipropilen filmin uzamaya karşı dayanımı diğer termoplastik maddelerde (filmlerde) olduğu gibi azalır. Polipropilen'in maruz kaldığı sıcaklık (makine ısı ile birlikte) 60°C'ye yaklaştıkça materyaldeki uzama miktarı da artmaktadır. Baskı esnasında materyalin gerdirilmesi göz önünde bulundurulduğunda, Polipropilen maksimum % 6 - 7 oranında genişleyebilmektedir (Gençoğlu ve arkadaşları, 2000).

Polyester Filmler (PET)

Kullanım alanları; gıda uygulamaları, değişik uygulamaların şişelenmesi ve kaplanması olarak sıralanabilir (Meyer, 2000).

Bioriented polyester film (PET); mekanik, termal ve kimyasal özelliklerinin güçlü olması flekso baskı ile basılabilme imkanı vermektedir. Yüzey yırtılmaya karşı dayanıklı olması gerektiği durumlarda, sabit ısıda ve nemde, belirlenebilir parça matlığı ve berraklığı ile PET film, iyi bir oksijen ve nem bariyeridir.

PET film günümüzde genel ve özel kullanımlar için farklı biçimlerde şekillendirilerek son kullanım için tasarlanmıştır. Bu formlar çeşitli yüzey özellikleri, kimyasal, sertlik, matlık ve mumsu görüntüyü içerir. Aynı zamanda; mat, ısı geçirgenliği olan, ısı ile şekillendirilmiş, büzülebilir, bariyer kaplamalı gibi bazı özel varyasyonlar da mevcuttur.

Polyesterin yüksek sertliği ve gerilimde yırtılmaya karşı direnci yüksek, sensör özelliği ve oksijen, CO₂ ve su buharına karşı yüksek bariyer özelliği bulunmaktadır. Polietilen için dezavantaj; düşük esnekliğe sahip olması ve oldukça yüksek hammadde fiyatıdır.

PET'in avantajları:

- Yüksek berraklık,
- Yüksek ısıll şekillendirme dayanıklılığı,
- Sertlik ve bükülmezlik açısından dayanıklı,
- Yüksek parlaklık,
- Yüksek gerdirmede yırtılma dayanıklılığı,
- Boyutsal değişiklikleri koruma dayanımı,
- Gazlara ve su buharına karşı yüksek dirençli olmasıdır.

Polyester filmler çok iyi sıcaklık ve kimyasal direnç sağlamaktadırlar. Yüksek güç, olağanüstü optik berraklık ve yüzey düzgünlüğü olarak en uygun materyaldir (Sinconolfi ve Weigand, 1991).

Polyester filmin kimyasal stabilitesi, ana polimer yapısı, polyethylene terephthalate (PET), polimerize edilmiş ester etil glikolün terephthalic asit veya dimetil terephthalate'in yoğunlaşması sonucu oluşur. Bu polimerin doğal kimyasal etkisinin özelliği, yüksek sıcaklıkta kristalize olması ve iki yönde uzamasının artmasıdır.

Oryantasyon, termal stabilite ve bariyer özelliğini artırırken aynı zamanda gerilme kuvvetini, esnekliği, yırtılma direncini ve delinme direnci gibi özellikleri ve kristalizasyonu da artırır.

İçerisinde bulunan solventler ve su geçirmezlik özelliği, PET filmin kaplanmasını yada basılmasını zorlaştırır. Üreticiler bu sorunu PET'in termal ve mekanik karakteristiğine dokunmadan, yüzey kimyasını değiştirerek çözmeye çalışmışlardır. Bu çözüm, problemin çözülmesine yardımcı olmadığından, baskı makinelerinde ve baskı mürekkeplerinde de bazı geliştirme işlemleri yapılmıştır.

Bu yüzey düzenlemelerinden ilki olan “korona uygulaması” kolayca ıslanmaya/sıvı tutmasına olanak vermektedir. Bundan sonraki reçinede yapılan düzenlemeler, solvent bazlı mürekkeplerle iyi sonuç vermektedir ancak su bazlı mürekkeplere karşı direnç göstermektedirler. Yakın zamanda, polimer uygulaması, su ve alkol içeren mürekkep sistemlerinin kullanımına uygun gözükmektedir.



Şekil 9. PET ambalaj örnekleri (URL 6)

Baskı esnasında aşırı sıcaklık artışı, filmin artan bir büzülme değerine sahip olması durumunu beraberinde getirir. 220°F'de büzülme %5 etkilerken, 250°F'deki büzülme % 50' yi bulur. Bu durum üretim prosesinin parametrelerini etkilemektedir. Buna ek olarak aşırı sıcaklık artışı gerilimi ve gücü azaltmaktadır. Bu gerilme, baskı altında filmin uzamasına, kırışıklığın artmasına ve filmin buruşmasına neden olabilir. PET film sıcaklığı 180°F kadar sabit özelliğe sahiptir (Gençoğlu ve arkadaşları, 2000).

Metalize

Kullanım alanları; en fazla gıda ve ilişkili türdeki ürünler ile ilaç maddelerinin ambalajında alümiyum folyo kullanılır. Bunun yanısıra çelik ve bakır folyolar da mevcuttur. Gıda ürünleri ile direkt temas açısından uygun, bulaşmaz ve kokusuzdur (Meyer, 2000).

a) Filmlerin direkt olarak metalize edilmesi

Yüksek vakumda buharlaştırma yöntemiyle metal kaplama işlemi aşamalı bir süreçtir. Metalize edilecek film soğutma silindirleri etrafına ve sarma silindiri üstünde bulunan vakum odasının sarım açma alanına doldurulur. Vakum odasına yalıtım yapılır ve havası alınır. Sonra alümiyum tel, bor nitrat haznelerde 1500°C'ye kadar ısıtılır, buharlaştırılır ve soğutma merdanesinden geçerken filme tutturulur.



Şekil 10. Metalize ambalaj örnekleri (URL 7)

b) Kağıt veya kartonun direkt olarak metalize edilmesi

Kağıt veya karton direkt metalize edilirken kağıt yüzeyini düzgünleştirmek için öncelikle kağıt astarlanır ve yüzeyin pürüzsüzlüğü sağlanır. Pürüzsüzlük giderildiği takdirde filmlerle aynı metodla metalize edilir. Daha sonra kağıdın vakumlama işleminde kaybettiği nemi tekrar kazandırmak için yeniden nemlendirilir ve baskıya uygun hale getirilir (Sinconolfi ve Weigand, 1991).



Şekil 11. Metalize olarak elde edilmiş kağıt ve karton rneęi (URL 8)

Metalize baskıaltı malzemeleri üzerine yapılacak baskılarda kullanılacak mürekkeplerin oksidasyona dirençli yapıda olmasına dikkat edilmelidir. Materyal zerindeki basılı görüntünün sürtünme dayanıklılığı aşırı kullanımdan etkileneceği için, baskı esnasında kurutucu tozlar yada pudralar minimum düzeyde kullanılmalıdır.

Baskı sonrası biriktirmede tabaka halindeki metalize materyallerin st üste depolanma yükseklikleri ve rulo haldeki metalize materyallerin sarım gerginliği, kirletme ve arka verme hatalarına sebep olmamak için minimumda tutulmalıdır.

Her türlü baskıaltı malzemesinde olduğu gibi metalize baskıaltı malzemelerinin baskısında da depolama koşulları önemli bir etkindir (Gençoğlu ve arkadaşları, 2000).

KAYNAKÇA

- Aydemir C., Özakhun C., “Printing Materials Science”, 1nd ed., Istanbul, Turkey, Marmara University Publications; 2014, 220-221.
- Bould, D.C.: “An Investigation into Quality Improvements in Flexographic Printing”, Doktora Tezi, University of Wales Swansea, Swansea, UK., (2001) 30-32.
- Fellers, C.; Norman, B.: “Pappersteknik”, 3rd ed., Institutionen för Pappersteknik, KTH Royal Institute of Technology, Stockholm, Sweden, (1998), 15-21, 55- 65, 245, 382-387, 411-412.
- Gençoğlu, E.N.; Şimşeker, O.; Özdemir, L.: “Flekso Baskı Sistemi” Dupont, İstanbul, Türkiye, (2000), 120-122, 180-189, 170-179, 153, 201.
- Heinemann, S.: “Handbook of Paper and Board”, Holik, H. ed., Wiely- VCH Verlag, KGaA Weinheim, Germany, (2006), 21-23.
- Hofstrand, E.H.: “Flexographic Post-Printing of Corrugated Board”, Doktora Tezi, Karlstads University, Karlstad, Sweden, (2006) 40-42.
- Keif, M.G.; Goglio T.: “Identifying High-Volume Printing Processes”, Visual Communications Journal, (2005), 40.
- Kipphan, H.: “In Kipphan (Ed.) Handbook of Print Media”, Letterpress Printing, Springer, Heidelberg, Germany, (2001) 402-478.
- Kurt, M.B., “Flekso Baskı Sisteminde Kullanılan Baskılı Malzemelerinin ve Kalıbın Basan Yüzey Yüksekliğinin, Kaliteye Etkisinin Tespit Edilmesi”, Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Doktora tezi, İstanbul, 2012.
- Kurt, M.B., “Karton Ambalajda Sürdürülebilirlik”, Sosyal, Beşeri ve İdari Bilimler Alanında Güncel Araştırmalar Cilt-II, Duvar Yayınları, İzmir, 2020.
- Meyer, K.H.: “Flexo Printing Technology” DFTA, Stuttgart, Germany, (2000), 19, 69-70, 185, 199-212.
- Oum, E.: “Flexo Plate – Quality Unmasked”, Flexo., 25-10 (2000) 18-20, 22-24.
- Özomay, Z., Özdemir, L., “ Karton Ambalaj Üretiminde Ofset Baskı Sonrası Selofan Uygulamasının Renk Değişimine Etkisinin İncelenmesi”, Muş Alparslan Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 8:2 757-762, 2020.
- Perkowski, P.: “The Graphic Corrugated Market Growth Opportunities for Flexographic Printing”, Flexo., 31-1 (2006) 18, 22-24, 19-20.
- Sinconolfi, F.N.; Weigand, C.; Paris, G.J.: “Flexography principles and practices” FTA, Bohemia, NY (1991), 219, 327 – 328, 297 – 303.
- Sönmez, S., Özden, Ö., “The Influence of Pigment Proportions and Calendering of Coated Paperboards on Dot Gain”, Bulgarian Chemical Communications, Vol. 51, Issue 2, 2019.

- Tillmann, O.: “Handbook of Paper and Board”, Wiely-VCH Verlag, KGaA Weinheim, Germany, (2006), 446-466.
- Waterhouse, J. F.: “Surface analysis of Paper”, Conners, T. E.; Banerjee, S.: Eds, CRC Press, New York, USA, (1995), 72-73.
- URL 1. <https://www.ronanmakina.com/index.php?sayfa=139&urunk=88&urun=596.html>, Son eriřim tarihi: 07.01.2021
- URL 2. <https://www.providentgrp.com/flexo-plate-ii-print-hd/> Son eriřim tarihi: 07.01.2021
- URL 3. <http://bursacagriambalaj.com/category/haberler/>, Son eriřim tarihi: 07.01.2021
- URL 4. <http://www.sesaplastik.com.tr/urunler/surdurulebilir-ambalaj/pe-recyclable-urunler.html>, Son eriřim tarihi: 05.01.2021
- URL 5. <https://kou.globalpiyasa.com/tr/urun/opp-polyamid-rulo-ambalaj-ecosarf15-ekinambalajmakinalari/45177>, Son eriřim tarihi: 05.01.2021
- URL 6. <http://www.petfilmfoil.com/Pet-film-for-printing.html>, Son eriřim tarihi: 05.01.2021
- URL 7. <https://www.packagingstrategies.com/articles/90483-metallized-films-for-foil-replacement>, Son eriřim tarihi: 05.01.2021
- URL 8. <https://www.puragroup.com/en/metalized-paper-board/>, Son eriřim tarihi: 05.01.2021

Bölüm 2

GEÇMİŞTEN GÜNÜMÜZE KENTLER VE DOĞAL FLORAYA ETKİLERİ



Mustafa PEHLİVAN¹

¹ Gaziantep Üniversitesi, Nurdağı Meslek Yüksek Okulu, Bitkisel ve Hayvansal Üretim Bölümü, E-mail: mpehlivan27@hotmail.com, ORCID ID: 0000-0002-8277-6085

Kent ve İnsan

İnsanoğlunun dağınık yaşam tarzını terk etmesi ve birçok ortak ihtiyaçlarını karşılama amacıyla ortaya çıkan (Su, Gıda, Sağlık, Güvenlik) yan yana yaşama dürtüsü ile beraber, buldukları çevreyi yoğun olarak kullanma ve bu kullanım sonucunda çevre bozunmalarının baş göstermesi hız kazanmıştır. Öyle ki son yıllarda özellikle 10 milyon ve üzeri nüfusa sahip birçok kentin ortaya çıkması sonucu bu kentlerin etki alanlarının kısa, orta ve uzun vadeli gelişim periyotlarının çevre üzerindeki baskısı gün geçtikçe artmaktadır. Diğer yandan sadece sayısal anlamda bir kalabalık oluşumunun yanında başlı başına sanayi kentlerinin meydana gelmesi, günümüzde ortaya çıkan birçok teknolojik gelişimin etkileri (Enerji santralleri, Taşıt yoğunlukları, Evsel ve endüstriyel atıklar) bahsedilen ağır çevresel etkilerin boyutlarının büyümesine neden olmaktadır.

Kent ortamlarındaki yapılaşma, trafik veya endüstriyel üretim gibi insan faaliyetleri, hızlı gelişen kentlerde ekosistemin kalitesini birçok yönden (hava, su ve toprak) etkilemektedir. (Sukopp ve Starfinger, 1999)

Özellikle besin zincirinde önemli yeri olan ve dünyanın oksijen kaynakları olarak bildiğimiz bitkiler bu çevresel bozunmalardan doğrudan etkilenen ve bu etkiye kısa sürede cevap verebilen canlı gruplarıdır. Çevre kirliliğinin taşıyıcı ajanları olan hava, su ve toprak, içerik ve kalite yönünden bozuldukça bu çevresel ajanların tesir ettikleri bitkilerde ya adapte olma fizyolojileri ile tepki vermekte ya ortamdaki uzaklaşmaktadır. Bu iki kabiliyete sahip olamayanlar ise yok olmaktadır. Doğal çevre üzerindeki bu baskı sürdürülebilir olmaktan çıkma riski ile karşı karşıyadır. Eğer gerekli önlemler alınmaz ise insanoğlunun, uzun vadede kentleri mekanik ve görsel anlamda etkili hale getirirken kent marjinaları ile kırsal ve doğala yakın alanlardaki bu ekolojik baskı sonucunda zamanla çevrenin canlı ve cansız içeriğini önemli ölçüde zayıflatması kaçınılmazdır.

Ekolojik Denge

Dünya üzerindeki insanoğlu dışındaki diğer canlılarla insanı birbirinden ayıran bazı farkları bilmemiz insanın “ekolojik denge” üzerindeki etkisinin neden diğer canlılarla aynı olmadığını ortaya koyma açısından önemlidir. Bu farklar içinde en önemli olan, insan dışındaki canlıların var olan ekolojik koşullara uyum sağlaması, insanların ise doğal çevreyi kısmen de olsa değiştirerek, denetim altına almasıdır. İnsanoğlu açısından çevreyle temas kaçınılmaz bir olgudur. Ancak, insanın bu konuda diğer canlılardan farkı, kültür evrimi ve ilerlemiş teknolojiyle kendi çevresine daha az bağımlı kalması ve çevresini kendi isteği doğrultusunda değiştirmesidir. Bu eylem, sadece son çeyrek yüzyıla özgü değildir. İnsanlar binlerce yıldan beri aynı eylemi sürdürmektedir. İnsanların jeolojik devirlerdeki evrim tarihi bunun tipik örnekleriyle doludur (Hertsgaard, 2001).

Çevre koşulları içerisinde eğer kentsel ortamlar üzerinde izafi bir katmanlama yapılacak ve doğal alanlara ulaşınca dek bu katman uzatılacak olursa özellikle su ve toprak etmenleri açısından ilk etkinin kent merkezi ve yakın çevresinde ortaya çıktığı görülecektir. Ancak hava koşulları, içerdiği zararlı bileşiklerle beraber rüzgar tarafından taşınabilmesinden dolayı etkisini kentten uzak alanlara da taşıyabilmektedir. Aynı zamanda belli bir coğrafik bölge yoğun kentsel yaşamı benimsememiş olsa bile uzak mekanlardan hava ile taşınan kirlilik, yine tesirini burada açık bir şekilde gösterebilir.

Herhangi bir alanda bulunan canlı organizmalar ve onların içinde bulunduğu cansız çevre, birbirlerinden ayrılmayacak ölçüde kaynaşmıştır ve aktif bir etkileşim içindedir. Farklı türlerin yaşadığı belirli bir bölgedeki canlılar (komünite), hem birbirleriyle hem de kendilerini çevreleyen fiziksel çevre ile etkileşim halindedir. Bu çevredeki enerji akışı ile, sistem içinde belirli bir biyotik yapı oluşur; sistemin canlı ve cansız bileşenleri arasında düzenli bir madde döngüsü sağlanır. İşte, canlı ve cansız bileşenleri kapsayan bu şekildeki bir birime ekolojik sistem veya ekosistem denir. Ekosistem, yalnızca sınırları belli olan coğrafi bir birim (veya **ekobölge**) değil, aynı zamanda belirli girdi ve çıktıları olan, sınırları doğal ya da isteğe bağlı olarak belirlenebilen, fonksiyonel bir sistem birimidir (Odum ve Barrett, 2008).

Aslında belirli bir bölgede yaşamakta olan canlıların kendi çevreleri ile kararlı bir etkileşim kurması o bölgenin temel biyoçeşitliliğini oluşturan ana etmenddir. Bu durum neticesinde habitat yükleri bitki biyoçeşitliliği için çok daha dar kapsamlı olabildiği gibi (Nadir ve Endemik türler) dünyanın çok farklı alanlarına yayılabilen (Kozmopolit) bitki türlerini barındırma olarak da karşımıza çıkabilmektedir. Burada temel unsur türlerin çevresel değişimlere fizyolojik tepki kapasiteleri ve adaptasyon yetenekleridir. Kastedilen çevresel değişimler biyotik ve abiyotik tüm etmenleri kapsamaktadır. Dolayısıyla türlerin çevre ile oluşturdukları bu kararlı etkileşim, beraberinde farklı ekosistem tiplerini getirmektedir.

Ekosistemler, uygulayıcıların kendi amaçlarına göre farklı şekillerde, örneğin yapısal veya işlevsel karakterine göre sınıflandırılabilir. Yapısal özelliklere bakılarak yapılan değerlendirmede, ekosistemin içerdiği bitki örtüsü özellikleri ile önemli fiziksel özellikleri dikkate alınır. Ekosistem sınıflandırması, yapısal özelliklere dayanan bir sınıflandırmadır. Modern Ekolojinin temsilcilerinden olan Odum ve Barret, (2008) ' e göre küresel bazda 4 ana ekosistem tipi vardır. Bunlar; 1-Deniz Ekosistemleri, 2-Tatlı Su Ekosistemleri, 3-Karasal Ekosistemler 4-İnsan etkisiyle değiştirilmiş (Antropojenik etkili) ekosistemler.

Genelde sucul ekosistemler, karasal ekosistemlerin gösterdiği yoğunlukta habitat çeşitliliği göstermemektedir. Bunun yanında deniz eko-

sistemleri ile tatlı su ekosistemleri temelde ana habitatlarının su olması nedeni ile benzer girdilere sahip olmakla birlikte bazı etkileme faktörleri bakımından ayrışabilmektedir. Üzerlerinde Su ürünleri yetiştiriciliği veya avlanmanın yapılması, sportif amacı insan aktiviteleri, hava kirliliği, istilacı türler, küresel iklim değişikliği, yağmurlar nedeni ile maruz kaldıkları kirlilik ve yapılarına haricen katılan başka su kaynakları ile oluşan kirlilik bakımından benzer etkilere sahiptir. Ancak denizler ve okyanuslar iç sulara oranla Su yolu taşımacılığının çok daha fazla olması, geniş çaplı petrol ve doğalgaz arama tesisleri, nükleer denemeler gibi nedenler bu alanların iç sulardan daha çok kirlenmesine neden olmaktadır. Diğer yandan deniz ve okyanuslarda yüzey dalgalanmaları ve dip akıntıları ayrı bir ekosistem ortamı oluşmasını teşvik etmektedir. Nihayetinde sulak alanlarda bahsedilen tüm bu etmenler öncelikle su kalitesini etkilemekte ve dolayısıyla bu alanlarda ve çeperlerinde yaşayan canlı grupları için önemli oranda habitat kayıplarına yol açmaktadır.



*Resim 1: Kent ortamlarında bulunan sulak alanlar ile ilgili bir görüntü
(Fotoğraf: M. Pehlivan)*

Karasal ekosistemler ise yaşam alanları olması nedeni ile özellikle insan kaynaklı faaliyetlerin birinci derecede etki ettiği alanlardır. Ancak insanoğlunun ulaşabildiği alanlar günümüz teknolojisi sayesinde her ne kadar dünyanın çok büyük bir kısmını kapsamış olsa da halen insanların doğrudan tesir edemediği veya çok az tesirinin bulunduğu yarı doğal alanlarda bulunmaktadır. Bu alanlar özellikle kendi içinde barındırdığı farklı habitat tipleri nedeniyle önemli biyoçeşitlilik alanları olarak karşımıza çıkmaktadır. Dolayısıyla karasal alanlar, çevresel faktörler üzerindeki de-

ğişimlerin ilk olarak tesir gösterdiği alanların başında geldiğinden doğa üzerindeki ilk etkili yok oluş alanları bu alanlar olmaktadır

Günümüz dünyasının birçok bölgesinde, doğal çevrenin tahribatından kaynaklanan büyük ölçekli ve önemli problemler yaşanmaktadır. Enerji üretimi amacıyla değerlendirilen fosil kaynaklı yenilenemez kaynakların tüketimi sırasında oluşan atık sera gazları, atmosferin doğal yapısını bozarak, büyük çaplı kitlesel felâketler ile sonuçlanma olasılığı olan iklimsel değişikliklere neden olmaktadır. Giderek azalan kullanılabilir su kaynakları, hava kirliliği, küresel ısınma ve denizlerin yükselmesi, bugün ortaya çıkış olan önemli çevre problemlerinin başında gelmektedir. Ayrıca hızlı kentleşme, aşırı tarımsal üretim, trafik, hammaddelerin dikkatsizce kullanımı ve doğal yaşam sahalarının hızla azalması gibi nedenler, ekolojik dengenin bozulmasına ve canlı türlerinin sistematik bir şekilde yok olmasına yol açmaktadır. Bilindiği gibi insan, teknoloji vasıtası ile doğayı etkin biçimde değiştirebilme kabiliyetine sahip tek canlı türüdür. Doğaya yapılan her türlü müdahale, basit bir taş duvar veya ahşap bir baraka bile, geleneksel olarak “doğanın dengesi” ya da “doğal denge” diye adlandırığımız, küresel ekolojik dengenin duyarlı ilişkiler sistemini etkiler. Endüstri devriminden sonra, teknolojiye yaşanan büyük gelişmeler ile insanın gereksinimleri için bulunduğu çevresini değiştirme kapasitesi giderek artmış ve bu gücün çeşitli nedenler ile denetimsizce kullanılmasıyla doğal çevre tahribatı, endişe verici boyutlara ulaşmıştır (Tercan, 2004).

Kentsel Ekoloji

Son yıllarda birçok araştırmacı, ekolojik verilerin çevre korumadaki önemini belirtmişler ve bu sınıflandırmaya Uygulamalı Ekoloji başlığıyla beşinci bir bölüm eklemiştir. Kentsel Ekoloji, 1970’li yıllarda Uygulamalı Ekolojinin bir alt dalı olarak ortaya çıkmıştır. Kentsel ekolojinin en temel amacı; kentlerin ve kentleşmenin doğal habitatlar üzerindeki doğrudan veya dolaylı tesirlerinin açıklanması ve irdelenmesidir (Kocataş, 1994).

Genel olarak kentsel yaşamın meydana getirdiği ve kültürel çevrenin doğal çevreye hakim kılındığı bir ortam olan kent, daimi toplumsal gelişme içinde bulunan ve toplumun, dinlenme, yerleşme, barınma, çalışma, gidiş-geliş, eğlenme gibi ihtiyaçlarının karşılandığı, pek az kimsenin tarımsal faaliyetlerde bulunduğu veya hiç bulunmadığı, kırsal alanlara kıyasla nüfus yönünden daha yoğun olan, küçük komşuluk birimlerinden oluşan yerleşme birimi olarak tanımlanmaktadır (Keleş, 1980).

Günümüzde kent kavramını genelde nüfus yoğunluğu ile ilişkilendirme anlayışı hakimdir. Bunun temelinde terminolojik bir kavramı yok saymaktan ziyade kentin kalabalıklarının, yerleştiği çevre üzerinde oluşturmuş olduğu etki vardır. Bu etki, insanoğlunun temel bütün ihtiyaçlarını

(barınma, gıda, alet ekipman, ulaşım ve enerji v.b.) doğrudan temin etmiş olduğu doğa ile uyumda kaybettiği denge neticesinde ortaya çıkmaktadır. Bir yandan barınma ve ulaşım bakımından kentin yerleşimini kurmuş olduğu alana olan mekanik baskısı diğer yandan bütün bu barınma, ulaşım, gıda, endüstrileşme çabaları neticesinde meydana gelen kimyasal ve atık kirliliği kent içi ve çevresini fevkalade değişime uğratabilmektedir.

Kısacası kent, öncelikle insanoğlunun şekillendirmesi ve yönlendirmesi ile çok farklı yapısal birimleri bulunan ve bu birimler vasıtasıyla çevre üzerinde etkisi olan ve aynı zamanda bu çevreden etkilenen, üzerinde sosyal ve kültürel her türlü aktivitelerin gerçekleştiği mekân olarak tanımlanabilir. İşte bu mekân içerisinde, insanların günlük yaşamlarında ortaya koyduğu birçok aktivite, mevcut çevrenin yapısal durumunu doğrudan veya dolaylı olarak etkileme potansiyeline sahiptir.

Tarihin akışı içerisinde yerleşik hayat ve sosyal yaşam düzeninin günümüz mega kentlerine evrilmesine bakılacak olursa birçok dönemin yaşandığını görmek mümkündür. Zira insanoğlunun doğa ile irtibatı kişisel ihtiyaçlarını giderme anlayışı ile başlamış ve sonrasında ticaret ve endüstrileşme ile günümüzde ulaştığı noktaya kadar gelmiştir. İnsanın yerleşik hayata geçme süreci dinamik bir süreçtir ve teknolojik gelişmeler ile endüstrileşme bu süreçten ayrı düşünülmemelidir. Günümüz kentlerinin gelişim süreçleri irdelendiğinde bu durum açık bir şekilde kendini göstermektedir.

Tarih öncesi devirlerde yani M.Ö 10.000 yılları civarında insanların geçici kamplarda yaşadığı ve geçimlerini toplayıcılık ve avcılık ile sağladıkları tahmin edilmektedir. İnsanoğlunun tohum ekmeyi dahi keşfemediği bu dönem sonrasında Neolitik dönemle birlikte göçer durumdan yerleşik hayata geçiş başlamıştır. Eski çağlarda ilk yerleşimler bugün Fırat ve Dicle nehri arasında kalan Mezopotamya'da kurulmuştur. Tarih öncesi devirlerden farklı olarak burada belirleyici unsur hayvancılıktan ziyade bitkisel üretim olmuştur. Çünkü bölgenin sunmuş olduğu geniş düzlükler ve sulama imkanları bitkisel üretim konusunda teşvik edici olmuştur. Burada verimli ovalarda yılda iki ürünün alınması bölgenin insanlar için çekici olmasını sağlamıştır. Ancak ol yağış alınan dönemlerde sulama ve taşkın kontrolü gibi bazı tedbirlerin alınması kaçınılmaz olmuştur. Diğer yandan ilk planlı peyzaj dizaynı (kent alanları, park ve bahçeler) Sümer, Asur ve Neo-Babil dönemlerinde yine Mezopotamya'da ortaya çıkmıştır (Uslu, A., 2007).

Esasen konar-göçer yaşam tarzı, hayvancılık ile uğraşın ve mevsimsel döngünün zorunlu kıldığı ama aynı zamanda bir yaşam biçimi olarak karışımıza çıkmaktadır. Çünkü günümüz barınma ve hayvancılık için gerekli yem bitkilerine ulaşma koşullarının bu ihtiyacı büyük oranda ortadan kaldırmasına karşın hala göçer yaşam tarzında olan toplumların olduğu

bilinmektedir. Bu durumda insanlar daha çok bitkisel besin anlamında kısa dönemli üretim yapabilecekleri tarla bitkilerini tercih etmiştir. Ancak sonucunu görmelerinin uzun sürdüğü bahçe bitkilerinin tarımı konusunda çok istekli olmamışlardır. Bu durumun temel nedeni bu dönemlerde insanların daha çok kişisel ihtiyaçlarını karşılayacak kadar tarımsal faaliyette bulunmasıdır. Ancak ulaşım imkanlarının artması ve göçebe yaşamda toplumlar arası diyalogların kurulması öncelikle bölgesel ölçekte tarımsal ürünlerin ticarileşmesini beraberinde getirmiştir.

Orta çağ ve sonrasında ise artık hemen hemen yerleşik hayata geçiş süreci olgunlaşmış ve büyük kentlerin oluştuğu süreçler başlamıştır. Burada kentlerin girdileri ve ekolojik koşulları değiştirme ivmesi de artmaktadır. Özellikle insanoğlunun yer üstü ekolojik kaynaklarının haricinde artık yer altı kaynaklarında farkına varmış olması ve bunları işleme süreci çevresel tahribatın meydana gelmesinde önemli yer tutmaktadır.

Günümüz dünyasında artık gelinen teknolojik ve endüstriyel seviyede ortaya çıkan tüm tesirler hem kent yoğunluklarını arttırmakta hem de bu yoğunluğun ortaya çıkardığı doğal alan ve bu alanlarda bulunan floral içerik kayıplarını arttırmaktadır. Kentsel ortamlarda, başlangıç sebebi her ne olursa olsun her türlü antropojenik faaliyette öncelikle toprak faktörü önemli derece etkilenmektedir. Bu faaliyetler bazen yapılaşma, yol yapımı, rekreasyonel alanlar gibi olabilirken özellikle sanayi kentlerinde sanayi alanlarının tesisi veya tarımsal faaliyetin yoğun olduğu alanlarda ise arazi dizaynı olarak karşımıza çıkmaktadır. Tüm bu faktörler kısmen veya tamamen hava, su ve toprak etmenlerini etkilediğinden bu alanda yaşayan doğal flora üzerine de tesir edebilmektedir. Bu tesir neticesinde ortaya “urbanofil” (kentle uyumlu), “urbanonötr” (kentle sorunsuz) veya “urbanofob” (kent ile uyumsuz) gibi terimler ile ifade edilebilen bir floristik içerik ile karşılaşmaktadır.

Kentsel ortam floraları üzerindeki mevcut habitatların abiyotik koşullarının bozunmasının yanında bir diğer baskı ise özellikle kente yabancı olan ve dışarıdan gelen bazı türlerin artık o bölgede yerleşik olarak kalması ve hatta “invasive” yani istilacı özellik göstermesi sonucu oluşan biyotik rekabet baskısıdır. Dolayısıyla kentsel ortamlarda ortaya çıkan antropojenik etki bilinçli veya bilinçsiz olsun tesirini yalnızca mekanik baskı olarak göstermemektedir. Klimatolojik faktörlerin kent ortamlarındaki etkisi, edafik faktörlerdeki değişimler ve biyotik koşullar toplam bir baskı oluşturduğunda bu ortamdaki floral yapı üzerindeki negatif çarpan etkisi çok daha fazla olabilmektedir. Daha sonrasında ise kentsel habitatların kendi içerisinde yeni bir süksesyon süreci başlamaktadır ki bu süreç doğal ortamlarda meydana gelen sekonder süksesyon süreçlerinden çok daha uzun olabilmektedir. Çünkü kentsel ortamların habitat karakterleri doğal habitatlara oranla çok daha dinamik bir yapıya sahiptir. Bu alanlarda ortaya

çıkabilecek planlı veya plansız her türlü değişim urbanofil türlerin dahi alana yerleşme süreçlerini sekteye uğratabilmektedir. Dolayısıyla kentsel habitatların tekraren klimaksa ulaşma durumları da aynı şekilde mümkün olamamaktadır.

Kentlerin farklı habitat içerikleri kentin mekânsal büyüklüğü ve yerleştiği konum, nüfusu, ulaşım imkanları, sanayileşme durumu, tarımsal faaliyet oranı ve nüfusun eğitim seviyesi ile ilişkili olarak değişebilmektedir. Günümüzde dünyanın birçok ülkesinde hemen hemen ortak özelliklere sahip olan bir kısım habitat tiplerini görmek mümkündür. Bunlar; yol kenarları, yüksek yoğunluklu konut alanları, düşük yoğunluklu konut alanları, kamusal alanlar, park ve bahçeler, kırsal alanlar ve mezarlıklar olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu nedenle benzer uygulama alanlarında doğal flora anlamında en azından cins düzeyinde yakın taksonları görmek mümkün olabilmektedir. Ancak özellikle egzotik türlerin ve/veya plantasyon olan yerel türlerin tercih edildiği park ve bahçeler, mezarlıklar ve özel veya kamusal peyzaj alanlarında bölge iklim ve toprak yapısına uygun farklı taksonları görmek mümkün olabilmektedir.

Özellikle sanayi tesislerinin yoğun olduğu alanlarda, farklı bir habitat yapısı ve içeriğinden bahsetmek mümkündür. Çünkü bu alanlarda toprak yapısına ve atıkların uzaklaştırılması için ihtiyaç duyulan su kanallarına ve havaya bırakılan birçok kirletici unsurun mekanik bir stres oluşturmamasından öte ağır metaller, deterjanlar, boyar maddeler gibi bitki türleri üzerinde önemli ölçüde fizyolojik etki eden unsurlar söz konusudur. Diğer yandan tarımsal faaliyetlerin yoğun olduğu alanlarda ise öncelikle ekim için toprakların derin sürülmesi veya yüzeyin tamamen traşlanması mekanik bir etki meydana getirmekte ancak gübre ve pestisit kullanımı gibi durumlar da yine bitkiler üzerinde ciddi bir baskı oluşturmaktadır. İşte tam bu noktada yukarıda terminolojik olarak bahsedilen urbanofil, urbanonötr ve urbanofob taksonlardan bahsetmek gerekmektedir. Çünkü kent ortamları oluşumlarının daha başında bir kısım etkileri alandaki doğal habitatlar üzerinde göstermeye başladıkça türlerin reaksiyon gösterme süreçleri tetiklenmektedir. Buradaki reaksiyon gösterme öncelikle fizyolojik yapıda kendini göstermekte ardından ise morfolojik yapıda ortaya çıkabilmektedir. Ancak bu reaksiyon, bitkilerin “kentsel dönüşüm” sürecine uyumu ile orantılıdır. Çünkü bu alanlarda oluşan öncelikli baskı mekanik olmakta ve insanların alanda gördükleri, üzerinden gelip geçerek toprağın yapısını ve sertliğini değiştirdiği, ev yapmak için öncelikle odunsu (ağaç ve çalı) taksonları kestiği, yol açma faaliyetleri, peyzaj düzenleme amacıyla doğal otsu türleri de yok ettiği ve peyzaj planlamasına uygun toprakla alanı dizayn ettiği bir süreci kapsamaktadır. Bu süreç içerisinde ise urbanofil taksonlar kendilerine açılmış olan alanda yoğunluğunu arttırmaktadır. Ancak ekolojik istekler bakımından daha seçici olan urbanofob taksonlar insandan ve insan tesirli sahalardan uzaklaşmaktadır.

Kentsel Flora

Bugün, “metropol” diye tabir edilen ve nüfus ve işlevsellik açısından yoğun olan ortamları tanımlayan bu terimi hak etmiş olan tüm şehirlerde, çevresel bozunmanın floral yapıya etkisi ile ilgili son yıllarda birçok çalışma bulunmaktadır. Gilbert, (1989) yaptığı çalışmada kentlerdeki taksonların yaklaşık %60-70 oranında egzotik ve dikili takson olduğunu belirtmekte ve bu taksonların dizayn edenin zevk ve gelir düzeyi gibi etmenlere bağlı olduğunu bildirmektedir. Diğer yandan Mc Kinney Kuzey Amerika’da (2002, 2006) yaptığı çalışma neticesinde kentlerin habitatları ve içeriklerini homojenleştirdiğinden bahsetmektedir. Ayrıca araştırmacı, kentlerdeki ekolojik dönüşümün temel kaynağının kentsel habitatlardaki tüm doğal alanların süregelen bir şekilde tek bir türün yani insanoğlunun ihtiyaçları için dizayn edildiği için olduğunu belirtmektedir. Aynı zamanda araştırmada İnsanoğlu çevreyi tüm ihtiyaçlarını gidermek için kendi amaçları doğrultusunda düzenlediğinden ve kentler genişlediğinden dolayı floral içerik de aynı şekilde urbanofil türlerin yoğun olduğu ve tek düze bir floral yapıya doğru evrildiğinden bahsedilmektedir. Diğer yandan Mc Kinney tarafından dikkat çekilen bir başka husus ise özellikle kent ortamlarında yerel alanların ve türlerin restorasyonunun sağlanması ve bu anlayışın hakim olduğu bir kentsel korumanın teşvik edilmesi gerekliliğidir.

Orta ve Kuzey Avrupa şehirlerinde de kentsel flora anlamında birçok çalışma yapılmış ve aynı şekilde kentsel habitatların çok çeşitli ve içerdiği floral zenginlik açısından zengin olduğu ancak bu zenginliğin kente dışarıdan taşınan egzotik ve plantasyon türlerden kaynaklandığı belirtilmiştir. (Burton, 1983; Klotz, 1987; Landolt, 2000; Godefroid, 2001; Chocholousková & Pysek, 2003).

Türkiye’de yapılan kentsel flora çalışmalarında ise aynı şekilde kentsel alanların egzotik ve yerli olmayan taksonlarla beslendiğinden bahsedilmektedir. Altay vd., 2010’ da yaptığı araştırmada kent ortamlarına dahil edilen bu yerel olmayan türlerin sayısal anlamda bir zenginlik oluşturduğu ancak aynı zamanda bu türlerin yerel türler üzerinde baskı oluşturduğunu belirtmektedir. Araştırmacı bu duruma sebep olan türlere ise *Thuja orientalis*, *Chamaecyparis lawsoniana* (Cupressaceae), *Chamaerops excelsa* (Arecaceae), *Agave americana* (Agavaceae), *Kerria japonica* “Pleniflora” (Rosaceae), *Eucalyptus camaldulensis* (Myrtaceae), *Lantana camara* “Aulanche” (Verbenaceae), *Diospyros lotus* (Ebenaceae) ve *Opuntia ficus-indica* (Cactaceae) türlerini örnek olarak göstermektedir. Özatlı, (2009) yaptığı çalışmada Balıkesir ilinde 13 biyotop tipi tespit etmiştir. Bu biyotopları ise Eski Yerleşim Alanları, Sık Yoğunlukta Yerleşim Alanları, Orta Yoğunlukta Yerleşim Alanları, Çok Katlı Modern Yerleşim Alanları, Kamu Binaları, Sanayi Bölgesi, Ulaşım Alanları, Parklar, Açık Alanlar,

Mezarlıklar, Akarsular, Ekili Alanlar, Ormanlık ve Çalılık Alanlar olarak tanımlamıştır.

Ayrıca yine Türkiye’de Balıkesir ve İzmit illerinde yapılan iki farklı kentsel flora çalışması için karşılaştırma yapıldığında her iki çalışmada ortak olarak tespit edilen odunlu türler; *Robinia pseudoacacia L.*, *Amygdalus communis L.*, *Acer negundo L.*, *Nerium oleander L.*, *Cupressus sempervirens L.*, *J. oxycedrus L. subsp. oxycedrus*, *Juglans regia L.*, *Punica granatum L.*, *Olea europaea L. var. europaea*, *Morus alba L.*, *Platanus orientalis L.*, *Ligustrum vulgare L.* olarak belirtilmiştir (Özatl, 2009; Beyhan, 2007). Yapılan çalışmalardan da anlaşılacağı üzere kent ortamlarında dikili taksonların benzeşmesi hemen hemen bir çok alan için ortak olmakla birlikte kentin konumu, iklimi ve toprak yapısı gibi etmenler kısmi farklılıklar ortaya koymaktadır. Ayrıca kent ortamında bahsedilen dikili taksonların homojenliği ve doğal urbanofil türlerin homojenlik göstermesi insanoğlunun belki de bir birinden çok çok uzak mesafelerde olan kentlerin floral içeriği hakkında önemli fikirler verebilmektedir.

Türkiye’de yapılan bir diğer çalışmada ise Pehlivan (2012), Gaziantep ili ve çevresinde 215 örnek parsel belirlemiş ve bu alanlarda bulunan floristik yapıyı ortaya koymuştur. Yapılan çalışmada toplam 87 familya ve 258 cinsine ait tür ve tür altı seviyede 395 takson tespit etmiştir. Bu taksonlardan 18’i endemik olup toplam tür sayısı içerisinde egzotik ve dikili-doğal türlerin sayısı 119’dur. Ayrıca, alandaki floristik içeriğe bağlı olarak 17 farklı biyotop tipi tespit etmiştir. Ayrıca araştırmacı yaptığı çalışmada toprak örneklerinin, özellikle kent ortamlarında yapı ve içerik yönünden doğallığının kaybolduğu ve alandaki floristik kompozisyonun bu doğrultuda yüksek sinantropik özellik gösterdiğini tespit etmiştir.

Alınabilecek Önlemler

Dünyada ve Türkiye’de yapılan çalışmalar göstermektedir ki kentsel alanlar tarihsel süreç içerisinde hem mekânsal anlamda hem de floral içerik yönünden büyük değişimler gösterebilmiştir. Bu etkinin büyüklüğü ve süresi bir ölçüde kentlerin nüfus yoğunluğu ile de alakalı olmuştur. Bu içerik tek başına floral yapı ile de sınırlı kalmamaktadır. Çünkü bilindiği üzere doğadaki tüm habitatlar tek başına bitkiler ile sınırlı olmadığı gibi diğer canlılar ile sürekli etkileşim halindedir. Bu nedenle komünitelerin tüm bileşenleri çevrede meydana gelen değişimlere eş zamanlı tepkiler verebilmektedir. Bu nedenle herhangi bir alandaki floral yapı o çevrede bulunan diğer canlı türleri içinde (hayvanlar, mantarlar, mikroorganizmalar vb.) önem arz etmektedir. Çünkü bu canlı türleri arasındaki her türlü etkileşim (barınma, beslenme, üreme gibi) tek yönlü değildir. Ortam koşullarında meydana gelebilecek olan ani ve tedrici değişimlerin tümü birçok canlı türü için tehdit oluşturma potansiyeli taşıyabilmektedir.

Kent merkezinden çeperlerine ve kırsal alanlara doğru gidildiğinde kırsala alanlardaki zonların floral yapısının heterojen olduğundan bahsedilebilir (Menichetti ve Petrella, 1986). Bu durum kentin homojenliğinin kalabalık nüfus ile alakalı olduğunu göstermektedir. Çünkü İnsanoğlunun birincil mekânsal etki alanı olan kent merkezleri hem yapısı son derece değiştirilmiş habitatlara sahiptir hem de bitki tür çeşitliği fazla dahi olsa bu sayı yine alanda bulunan insanlar tarafından tercih edilmiş türler olarak bilinmektedir.

Kentlerin doğal bitki biyoçeşitliliği açısından önemli olan nokta özellikle fizyolojik toleransı yüksek olan taksonların (Urbanofil ve Urbanonötr) daha çok ayakta kalabildiği ve kentler ile barışık bir şekilde yaşayabildiği ve yayılabildiği ancak urbanofob taksonların ise insan etkili alanlardan giderek uzaklaştığı ve/veya yok olma tehlikesi ile karşı karşıya kaldığıdır. Dolayısıyla özellikle kentsel ve kırsal alanlarda çevre planlaması yapılırken kent içi ve kent dışı alanlarda hem iklimsel koşulların hem de biyotik koşulların homojenite sağlayabileceği şekilde dizayn yapılması ve bu dizaynın sürdürülebilir hale getirilmesidir.

Kent ortamlarının ve atıklarının doğal ortamlar ile çok karmaşık bir bulaş ortamı meydana getirilmeden gerekli arıtım veya bertaraf süreçlerinin benimsenmesi önem arz etmektedir. Kent ortamlarındaki tüm atıkların insanın yaşadığı veya beslenme olanaklarını karşıladığı tarımsal alanlar ile buluşması hem çevresel kirlenmenin önünü açmakta hem de besin zinciri yoluyla birçok canlı grubunu etkiledikten sonra dönüşü tekrar insana olabilmektedir.

Çevre koşullarında meydana gelen antropojenik etkili zararlı değişimlerin bir diğer zararı ise günümüzde ortaya çıkan ve küresel bir sorun haline gelen iklim değişikliklerini tetikleme potansiyelidir. Gerek küresel ısınmadaki etki gerekse biyojeokimyasal döngülerin ciddi oranda zarar görmesi kalıcı bazı çevresel hasarları beraberinde getirebilir. Son yıllarda yaşanan içilebilir ve tarımda kullanılabilir kalitede su kaynaklarının azalması veya kuruması insanoğlunun önümüzdeki yıllarda sağlıklı gıdaya ulaşmasının önünde büyük engeller oluşturabilir. Su kaynaklarının ölçüsüz şekilde kullanılması, içilebilir ve tarımda kullanılabilir su kaynaklarının fiziksel ve kimyasal açıdan aşırı kirletilmesi bu tehlikeyi daha ileri boyutlara taşıyabilir.

Motorlu taşıtlardan ve ısınmadan kaynaklı meydana gelen kirlilik ile ilgili öncelikli tesir havanın kirlenmesi olduğundan bu alandaki kirlenme kentin dışına da taşabilmektedir. Öncelikle kent içi ulaşımlarda toplu taşıma araçlarının teşvik edilmesi de hava kirliliğinin önüne geçilmesi anlamında önemli bir tedbirdir. Ayrıca son yıllarda ortaya çıkan ve güncel bir teknoloji olan elektrikli araçların teşvik edilmesi bu koruma sürecine katkı sunacaktır. Diğer yandan ısınma amaçlı kullanılan yakıtların çevre

dostu olan yakıtlardan karşılanması da bir diğer önlem olarak uygulanabilir. Kent içerisindeki peyzaj alanlarında olan park ve bahçelerde ve refüjlerde akümülatör türlerin kullanılması bu kirliliğin çok daha fazla alanlara yayılmasına engel olabilir. Kent içinde planlı ağaçlandırma çalışmalarının yapılması aynı zamanda Co^2 oranının dengelenmesi açısından önemlidir.

Günümüz koşullarında gerekli çevre koruma tedbirlerinin alınma süreçleri ve bu tedbirlerin uygulanmasının takibi mevcut çevresel sorunların daha ileri boyutlara taşınmasına engel olacaktır. Öncelikle kentsel planlama ve peyzaj planlama gibi süreçlerin çok etkin olarak yönetilmesi ve Çevresel Etki Değerlendirme (ÇED) süreçlerinin bilimsel bir yaklaşımla ele alınması önemlidir. Eğitim açısından bakılacak olursa çevre bilinci eğitim süreçlerinin çok erken yaşlarda başlatılması gibi kapsamlı ve çok yönlü tedbirler alınması gerekliliği ortadadır. Ayrıca kentsel yoğun ve endüstriyel yoğun alanlardaki üretim süreçleri ve meydana getirdiği kirlilik ölçümlerinin düzenli yapılması önem arz etmektedir.

Sonuç olarak, İnsanoğlunun varoluşundan bu yana öncelikle düşük yoğunlukta fakat daha sonra ve günümüzde çok yoğun bir şekilde çevre tahribatı üzerinde etkisinin olduğu açıktır. Bu etkinin kentlerdeki bitki toplulukları ve türleri üzerine etkisi ve şiddeti son yıllarda yapılan çalışmalar ile ortaya konulmaya çalışılmıştır. Yapılan çalışmaların bulunduğu ortak nokta insanoğlunun her türlü mekanik baskı ve kimyasal girdilerle ve de hem tarımsal hem de endüstriyel aktiviteler ile son yıllarda bu etkinin şiddetini arttırdığıdır. Bu etkiyi kentsel biyotoplarda çok açık bir şekilde görebilmekteyiz. Diğer yandan ister kent içi olsun isterse kentler arası çok yoğun trafiğin olduğu ulaşım kanalları (Demir yolu ve karayolları) etrafında dahi bu izleri görebilmekteyiz. İnsanın doğadaki ayak izi konusunda floral kaynaklar bizlere çok önemli ipuçları vermektedir. Bu ipuçlarına bakılarak alınması gereken önlemlerle ilgili bir yol haritasının çıkarılması sadece bir kentin veya ülkenin değil dünyanın temel gündemi olmalıdır. Lokal olarak alınan tedbirler elbette önemlidir fakat etki ve kalıcılık yönünden zayıf kalabilir. Unutulmamalıdır ki topyekün tüm dünyanın uyum içerisinde alacağı tedbirler daha kalıcı ve etkili olacaktır.

Kaynaklar

- Altay, V., Özyiğit, İ. ve Yarıcı, C. 2010. Urban flora and ecological characteristics of the Kartal District (Istanbul): A contribution to urban ecology in Turkey. Vol. 5(2), pp. 183-200.
- Beyhan, E., Kent Planlamasında Ekolojik Verilerin Değerlendirilmesi İzmit Örneği, Doktora Tezi, Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, (2007)
- Burton, R.M. (1983) Flora of the London area. London Natural History Society, London.
- Chocholousková, Z. & Pysek, P. (2003) Changes in composition and structure of urban flora over 120 years: a case study of the city of Plzeo. Flora, 198, 366–376.
- Gilbert, O.L. (ed.) (1989) The ecology of urban habitats. Chapman & Hall, London.
- Godefroid, S. (2001) Temporal analysis of the Brussels flora as indicator for changing environmental quality. Landscape and Urban Planning, 52, 203–224.
- Herstgaard, M., 2001. Earth Odyssey: Around the world in search of our environmental future (Translation by Emel Anıl). Publications of TEMA, No: 34.
- Klotz, S. (1987) Floristische und vegetationskundliche Untersuchungen in Städten der DDR. Düsseldorf Geobotanische Kolloquien, 4, 61–69.
- Kocataş, A., 1999, Ekoloji, Çevre Biyolojisi. Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Yayınları, No:51, Ders Kitabı Dizini No: 20, Bornova/İzmir
- Landolt, E. (2000) Some results of a floristic inventory within the city of Zürich (1984–88). Preslia, 72, 441–445.
- McKinney, M.L. (2002) Urbanization, biodiversity and conservation. Bioscience, 52, 883–890.
- McKinney, M.L. (2006) Urbanization as a major cause of biotic homogenization. Biological Conservation, 127, 247–260.
- Menichetti, A. & Petrella, P. (1986) Ricerche fitosociologiche sui pascoli dei Colli Albani. Annali Di Botanica, 44, 77–85.
- Odum, E.P., Barret, G.W., 2008. Ekoloji'nin Temel İlkeleri. Palme Yayıncılık, (5. Baskıdan Çeviri, Editör, Kani Işık), 624 sayfa.
- Özatlı, D., 2009. Balıkesir İlinin Kentsel Ekolojik Özellikleri. Balıkesir Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi - Doktora tezi 226 sayfa.
- Pehlivan, M. 2012. Gaziantep il merkezi ve Çevre köylerinin Floristik kompozisyonunun hemerobik açıdan incelenmesi, Çukurova üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi.

- Sukopp H, Starfinger U (1999). Disturbance in urban ecosystems. In: Walker LR. (Ed.), Ecosystems of Disturbed Ground. Ecosystems of the World. 16. Elsevier, Amsterdam 397 412.
- Uslu, A. 2007. “Kent Ekolojisi”(Editör;Sabri Gökmen) Genel Ekoloji Kitabı, Nobel Yayın No: 1160, Nobel Bilim ve Araştırma Merkezi yayın No: 1, Fen ve Biyoloji Yayınları Dizisi: 37, 1. Basım, s.353-398, Nisan 2007. ISBN 978- 9944-77-170-2, ANKARA(Kitap Bölümü)
- Tercan, A., 2004. “Adadan odaya Yaşamdan Yapıya Konut Çevresi”. Ed. İncedayı, D. Bağlam yayınları. 165 sayfa.

Bölüm 3

LİYOTROPİK SIVI KRİSTALLER VE OPTİKSEL ANİZOTROPİLERİ



Aykut Evren YAVUZ¹

¹ Fizik Bölümü, Fen Fakültesi, Ege Üniversitesi, İzmir, Türkiye.
Email: aykut.evren.yavuz@ege.edu.tr

1. Giriş

Sıvı kristaller; nanoteknoloji, mikro-elektronik ve moleküler biyoloji gibi alanlarda teknolojik gelişmeyi doğrudan etkileyen malzemelerdir. Yaklaşık 100 yıldan fazla geçmişi olan sıvı kristaller, temel bilimlerden kimya, fizik, tıp ve mühendislik gibi birçok araştırma alanında çalışma konusu olmuştur ve disiplinler arası bir araştırma konusudur [1-3]. Birçok malzemelere göre sıvı kristaller benzersiz özellikler sunmaktadır çünkü ışık, ısı, mekanik kuvvet veya elektrik ve manyetik alanlar gibi dış uyaranlara kolayca yanıt verir. Bu nedenle, sıvı kristal bileşiklerin kimyasal yapıları ile bunların fiziksel özelliklerinin anlaşılması daha önemli hale gelmektedir [1-5].

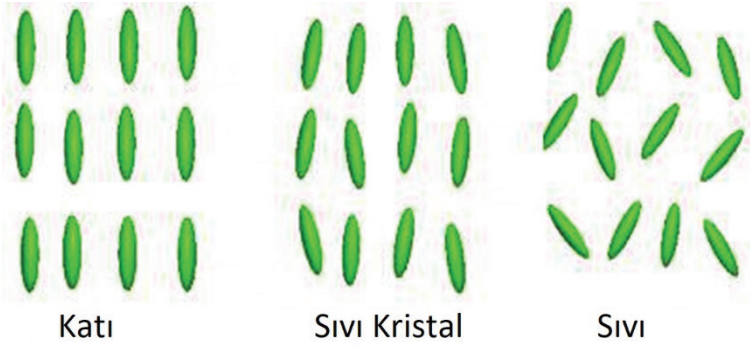
1970'lerde sıvı kristal ekranların (LCD'ler) gelişimi sıvı kristallerin ilk uygulama alanlarından oldu ve akıllı telefonlar, dizüstü bilgisayarlar ve dijital projektörler gibi bir dizi yeni cihazın gelişiminde katkıda bulundu [1-6]. Ticari başarının teşvik ettiği bu sürecin bir sonucu olarak, sıvı kristal ekran teknolojisi bugün o kadar gelişmiştir ki, devam eden araştırma ve geliştirme esas olarak endüstri laboratuvarlarında yürütülmektedir. Akademik sıvı kristal bilimi, bunun tersine, son birkaç yıl içinde, görüntü araştırmalarından uzaklaşma ve bunun yerine, çok farklı olabilecek ve birçok açıdan daha da teşvik edici optik, nanoteknoloji, biyoteknoloji gibi konulara odaklanmıştır [1-6]. Sıvı kristaller yapıları gereği eşsiz malzemelerdir ve fiziksel ve kimyasal olarak çok geniş bir çalışma alanına sahiptir. Bunların yanında biyolojik olarak da yaşam kaynağının temelini oluştururlar.

2. Sıvı Kristaller

Sıvı kristaller, katı kristal faz ve izotropik sıvı faz arasında bir ila birkaç ara faz sunabilen yumuşak özlü malzemelerdir. Bu ara fazlar veya mezofazlar, bir katının yönelimsel düzenine sahip olup böylece optiksel, elektriksel ve manyetik gibi fiziksel özelliklerinde anizotropiklik gösterebilir. Bununla birlikte, izotropik sıvıların akışkanlık özelliklerini de gösterirler ve viskoelastik bir yapı sergileyebilirler. Böylece bu mezofazları oluşturan bileşikler, katıların yönelimsel ve sıvıların akışkanlık özelliğini birlikte gösterebilirler [1-9]

Katıların çoğu eridiğinde, optik, elektriksel ve manyetik gibi fiziksel özellikleri yöne bağlı olmayan izotropik bir sıvıya dönüşürler. Bununla birlikte, bazı katı fazdaki materyaller eridiğinde belirli sıcaklık aralığında sıvı kristal mezofazlara dönüşürler ve bunlar akışkan olup fiziksel özellikleri yöne bağlı olan anizotropik malzemelerdir. Sıvı kristaldeki moleküller, herhangi bir konumsal düzen sergileyemezler, ancak bir dereceye kadar yönelim düzenine sahiptirler. Örneğin uzun çubuksu

moleküller, belirli sıcaklığın altında hem konumsal hem de yönelimsel düzene sahip olup anizotropiklik özelliği gösterirler ve sıcaklık arttığında bir sıvı kristal mezofaza geçebilir ve böylece yönelimsel düzeni bir dereceye kadar vardır ve katı fazın anizotropiklik özelliğini göstermeye devam ederler (**Şekil 1**). Belli bir sıcaklığın üstünde ise yönelim düzeni de kaybolur ve izotropik sıvı faz özelliği gösterirler. Sıvı kristallerin anizotropik davranışına, moleküllerin şekilleri neden olur. Örneğin uzun çubuksu moleküllerin fiziksel özellikleri, uzun eksene paralel veya dik olarak ölçüldüğünde farklıdır [1-9].



Şekil 1. Katı, sıvı kristal ve sıvı fazda çubuksu moleküllerin yönelimleri.

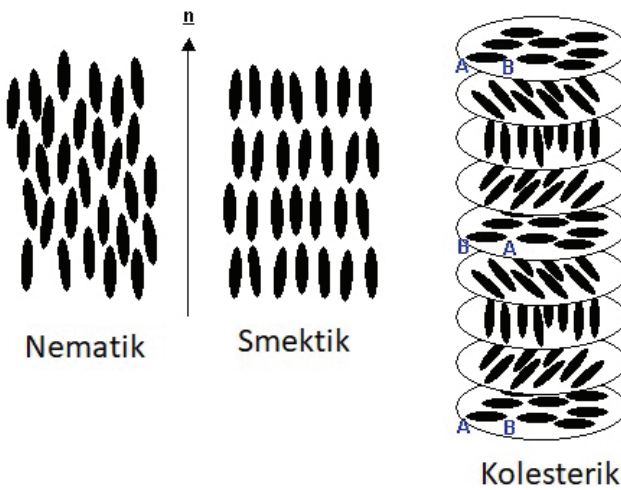
Mezofazların ortaya çıktığı belirli koşullara bağlı olarak, sıvı kristaller iki sınıfa ayrılmıştır: termotropik ve liyotropik sıvı kristaller. Termotropik sıvı kristaller, belirli moleküllerin katı kristal fazdayken ısıtılmasıyla veya izotropik bir sıvıdayken soğutulmasıyla elde edilebilir. Bu sıvı kristallerde, katı kristal fazdan ısıtıldığında moleküllerin konumsal sıralaması azalabilir ya da kaybolabilir, ancak yönelimsel düzeni bozulmaz. Daha fazla ısıtma üzerine yönelimsel düzeni de kaybolur ve izotropik sıvıya dönüşür [1-9].

Bileşenlerin farklı geometrisine dayanarak, termotropik sıvı kristal moleküller, kalamitik veya çubuk benzeri (uzaun moleküller), diskotik (disk şekilli moleküller) ve bükülmüş çekirdek veya muz şeklindeki moleküller olarak sınıflandırılmıştır [7,8,10]. Sıvı kristal malzemeler, özellikleri ve kullanımları bakımından benzersizdir. Bu alandaki araştırmalar devam ederken ve yeni uygulamalar geliştirildikçe, sıvı kristaller modern teknolojiye önemli bir rol oynayacaktır.



Şekil 2. Benzene-hexa-n-alkanoate türevlerinin oluşturduğu termotropik sıvı kristal çeşitleri.

Bu sıvı kristal molekülleri (mezojenler) direktör adı verilen ortak bir eksen boyunca yönelme eğilimindedir. Sıvı kristal fazda, moleküllerin tercihli olarak yönlendirildiği vektör n , “direktör” olarak bilinir. Moleküllerin uzun eksenleri bu yönde hizalanma eğiliminde olacaktır. Genel olarak üç tür sıvı kristal vardır: nematik, smektik ve kolesterik. Nematik sıvı kristallerin uzun menzilli yöneldimsel düzenine ek olarak, smektik sıvı kristaller ayrıca tek boyutlu uzun menzilli konumsal düzene de sahiptir ve moleküller katmanlar halinde düzenlenir. Kolesterik (veya bükülmüş nematik) bir sıvı kristal şiral saatin tersi yönde veya doğrultusunda yönelime sahiptir. Moleküller katmanlar halinde hizalandığında, bu, yönlendirici oryantasyonunun katmanlar arasında hafifçe dönmesine neden olur ve sonunda molekülleri orijinal yönüne geri getirir (Şekil 2) [11-15].

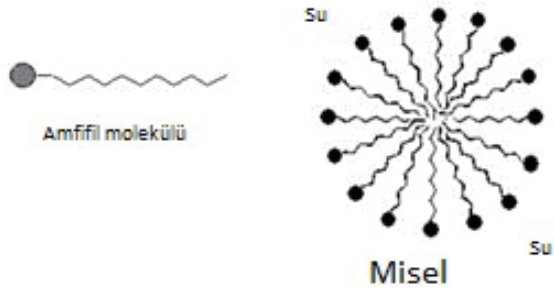


Şekil 2. Nematik, smektik ve kolesterik sıvı kristaller.

3. Liyotropik Sıvı Kristaller

En sık karşılaşılan sıvı kristallerin neredeyse her zaman, ekran cihazlarında çok başarılı bir şekilde kullanılan veya değişen sıcaklıkla renk değiştiren dijital termometreler için termotropik tipte olduğu düşünülmektedir. Termotropik analogları kadar olarak tanınmamasına rağmen, aslında en sık karşılaşılan sıvı kristal türü, liyotropik sıvı kristaller adı verilen farklı bir sınıfa aittir. Örneğin, sudaki çoğu yüzey aktif madde liyotropik sıvı kristal fazlar oluşturur. Deterjan ve sabunlar suyla her kullanıldığında sıvı kristal fazlar oluşur. Biyolojik olarak çok çeşitli yerlerde mevcuttur. DNA liyotropik sıvı kristal fazdır ve uzun menzilli yönelim sergiler. Ancak çok daha önemli olan biyolojik zarların liyotropik sıvı kristal fazlardan oluşmasıdır. Vücuttaki hücre zarları, fosfolipitlerin suda çözünmesiyle oluşan liyotropik sıvı kristal fazın bir sonucudur. Bu örnekler çoğaltılabilir. Buna göre, hayatın kendisi kritik olarak liyotropiklere bağlıdır [16-19].

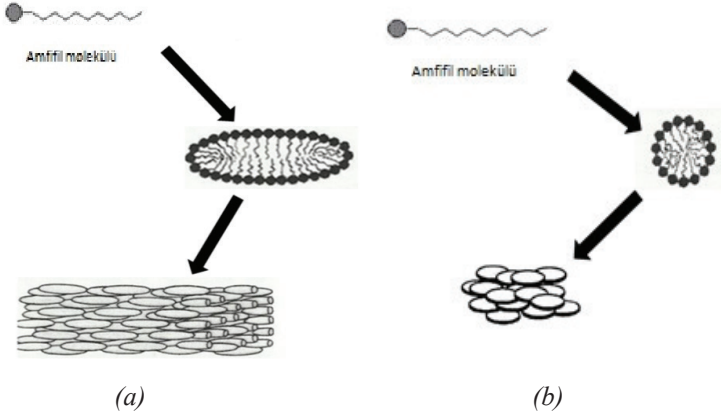
Amfifilik moleküllerinin (yüzey aktif maddeler) bir çözücü (genellikle su) içinde çözünmesi ile liyotropik sıvı kristal fazlar oluşur. Liyotropik bir fazın yapı taşı genellikle bir değil birçok moleküldür (tipik olarak 100 mertebesinde) ve misel olarak adlandırılan moleküler yığımlar halinde organize edilmiştir. Misel oluşumu bileşen moleküllerin amfifilik karakterlerinin bir sonucudur. Amfifilik moleküller, aynı molekülde hem polar hem de polar olmayan kısımlara sahiptir. Bu maddeler, bir polar baş grubu ve bir polar olmayan zincir içeren bir moleküler yapıya sahip olan malzemelerdir. Genellikle amfifilik moleküller su içerisindeyken suyu sevmeyen uzun karbon zincirleri içeri yönelerek (hidrofobik etki) ve suyu seven polar baş grupları su ile etkileşerek (hidrofilik etki) gruplaşarak misel adı verilen agregatlar oluşur (**Şekil 3**). Termotropik sıvı kristallerden farklı olarak çözücü içindeki amfifilik moleküllerin konsantrasyonu, liyotropik sıvı kristalin mezofazını belirler. Bununla birlikte, belirli konsantrasyonlara sahip liyotropiklerin mezofazlarını sıcaklıkla değiştirmekte mümkündür [16-19].



Şekil 3. Misellerin su içindeki toplanışları.

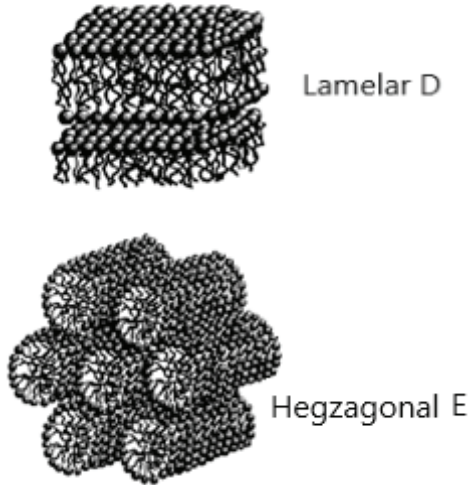
Genel olarak birkaç farklı liyotropik sıvı kristal faz türü vardır. Bunlar liyotropik nematikler, hegzagonal E ve lamelar D mezofazlarıdır. En basit mezofaz yapısı liyotropik nematiklere aittir. Yarı-sonsuz miselleriyle hegzagonal E ve lamelar D mezofazları daha karmaşık yapıya sahiptirler. Liyotropik nematikler tek eksenli arafaz olarak nematik kalamitik ve nematik diskotik olmak üzere ikiye ayrılırlar. Ayrıca çift eksenli liyotropik biaxial mezofazı da vardır. Amfililik konsantrasyonuna ve sıcaklığa bağlı olarak bu mezofazlar arasında geçiş olabilir. Liyotropik çözeltide mezofaza çeşitliliğini arttırmak için kosürfektanlar (genellikle alkoller) eklenebilir.

Belirli konsantrasyon ve sıcaklık aralığında amfifil molekülleri, polar baş grubunun ve uzun karbon zincirlerinin çözücüyle etkileşmesine ile bir araya gelirler. Polar baş grubunun çözücüyle etkileşmesine hidrofilik etki denirken uzun karbon zincirlerinin etkileşmesine hidrofobik etki denir. Amfifil moleküllerinin çözücü içerisinde toplanmasıyla çubuksu veya prolate (yayık) şeklinde misellerin oluşur ve nematik kalamitik mezofazlar meydana gelebilir. Bazı durumlarda ise yine konsantrasyona ve sıcaklığa bağlı olarak disk veya oblate (kutuplardan yassılaştırmış) şeklinde miseller ortaya çıkarak nematik diskotik mezofaz oluşur (**Şekil 4**). Bu iki mezofaz arasında ise bazen iki eksenli nematik biaksial mezofaz görülebilir. Bu mezofazların anizotropik katılardaki gibi konumsal düzenleri yoktur ve vizkositeleri düşüktür. Akışkandırlar ama belirli bir yönelimsel düzene de sahiptirler. Bu yönelimsel düzenleri sayesinde anizotropiklik özellikleri gösterirler. Bunun anlamı nematik kalamitiklerde uzun eksene ve nematik diskotiklerde disk yüzeyinin normalinden geçen eksene göre fiziksel özellikleri değişir. Direktör adı verilen eksene paralel iken farklı dik iken farklı fiziksel özelliklere sahiptirler. Biaksial mezofaz ise çift eksenli olduğundan dolayı fiziksel özellikler bu iki eksene de bağlıdır. Liyotropik nematikler sahip oldukları misel şekilleri nedeniyle manyetik alan altında rahatlıkla yönlenebilirler. Bazen daha rahat yönlenebilmeleri için su bazlı ferrofluid sıvıları katılabilir [16-24].



Şekil 4. Amfifil moleküllerin bir araya gelerek su içerisinde a) çubuksu b) disk şeklinde miselleri oluşturması.

Eğer amfifil konsantrasyonu arttırılırsa, liyotropik nematik kalamitik mezofazını çubuksu misellerine daha çok amfifil eklenerek genişler ve ortaya yarı-sonsuz uzunluğa sahip altıgen şeklinde misellere sahip olan hegzagonal E mezofazı ortaya çıkar. Diğer yandan liyotropik nematik diskotik mezofazının disk şeklindeki miselleri daha çok amfifil içermeye başlamasıyla ve genişlemesiyle ise yarı sonsuz-tabakalı yapı şeklinde lamelar D mezofazı oluşur. Bu mezofazlar oldukça viskozdur ve manyetik alan altında oldukça zor yönlenirler (Şekil 5) [25-30].

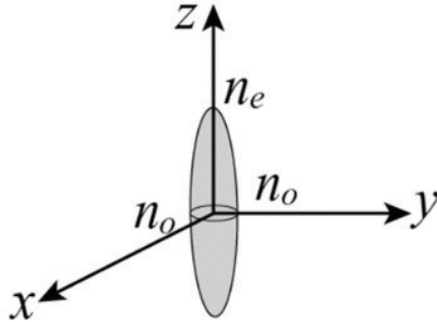


Şekil 5. Hegzagonal E ve lamelar D mezofazlarının miselsel yapıları.

4. Liyotropik Sıvı Kristallerin Optiksel Anizotropileri

Liyotropikler misel şekillerine göre fiziksel olarak anizotropik özellik sergileyebilirler. Liyotropik nematik kalamitik mezofaz için fiziksel özellikleri çubuksu miselinin uzun eksenine göre değişmektedir. Bu eksen aynı zamanda optik eksenidir ve gelen ışığın elektrik vektörünün titreşim doğrultusunun miselin bu eksenine göre paralel veya dik olmasına bağlı olarak çift kırılma, kırılma indisi, absorpsiyonu veya geçirgenliği gibi optiksel özellikleri değişir. Optiksel olarak çift kırılma en önemli özelliklerdendir ve optiksel anizotropi olarak da bilinir.

Sıvı kristal çift kırılımlıdır demek iki farklı kırılma indisine sahip olduğu anlamına gelir. Bir yön boyunca yayılan ışık, o yöne dik olan elektrik alan vektörleri uzun eksene paralel iken farklı dik iken farklı etkileşir. Bunun nedeni misel içindeki amfifilik moleküllerinin uzun karbon zincirleriyle vektörün etkileşimidir. Elektrik alan vektörleri karbon zincirlerinin yönüne bağlı olarak etkileşir. Böylece zincirlerin yönüne bağlı olarak ışığın hızında dolayısıyla kırılma indisinde değişiklik olur. Ancak bu karbon zincirleri miselin uzun eksenine diktir. Böylece miselin uzun ekseninde karbon zincirlerine dik eksenidir ve uzun eksene dik gelen ışık uzun karbon zincirleriyle etkileşir. Miselden çıkan ışık miselin uzun eksenine bağlı olarak farklı hızlara sahip olmuştur, böylece uzun eksene paralel kırılma indisi ile dik kırılma indisi oluşur. Uzun eksene paralel kırılma indisine olağanüstü ve dik kırılma indisine ise olağan kırılma indisi denir ve sırasıyla n_e ve n_o ya da $n_{//}$ ve n_{\perp} ile gösterilirler. Miselin uzun eksenini, optik eksen olarak biliriz. Optik eksen, üzerine düşen ışığın n_e ve n_o kırılma indislerinin aynı olduğu eksenidir. Sanki izotropik bir ortam gibi tek bir kırılma indisi vardır. **Şekil 5'** te y-ekseni boyunca yayılan ışın elektrik alan vektörü z-ekseni olduğunda n_e veya $n_{//}$, x-ekseni boyunca salınım yaptığında ise n_o veya n_{\perp} ya sahip olur. z-ekseni burada optik eksenidir.

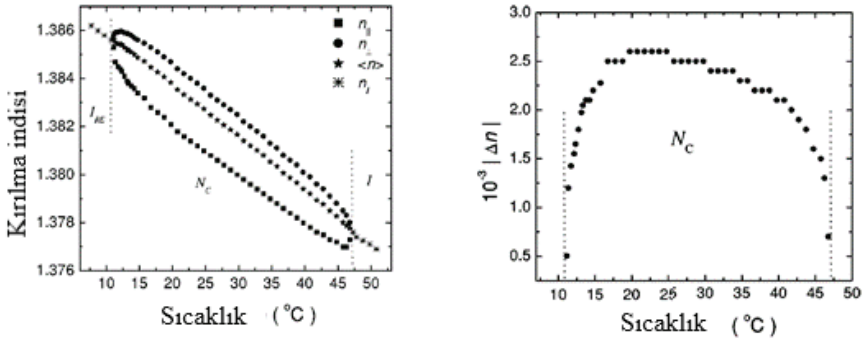


Şekil 6. Liyotropik nematik kalamitik mezofaza ait miselin uzun eksenine bağlı olarak kırılma indisleri.

Çift kırılma bu iki kırılma indisi arasındaki farktır ve aşağıdaki şekilde verilir:

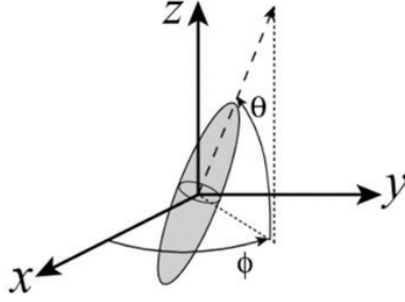
$$\Delta n = n_e - n_o = n_{//} - n_{\perp} \quad (1)$$

Liyotropik nematik kalamitik mezofaz genel olarak optiksel olarak negative anizotropi sergiler. n_e , n_o 'dan küçüktür ve $\Delta n < 0$ 'dır. Sıcaklığa bağlı olarak ise kırılma indisleri sıcaklık arttıkça bir azalış sergilemektedir. Çift kırılma ise önce hızlı bir artış sergilemektedir daha sonra ise yavaşça azalmaktadır (Şekil 7). Bu durum çeşitli çalışmalarda gözlemlenmiştir [31,32].



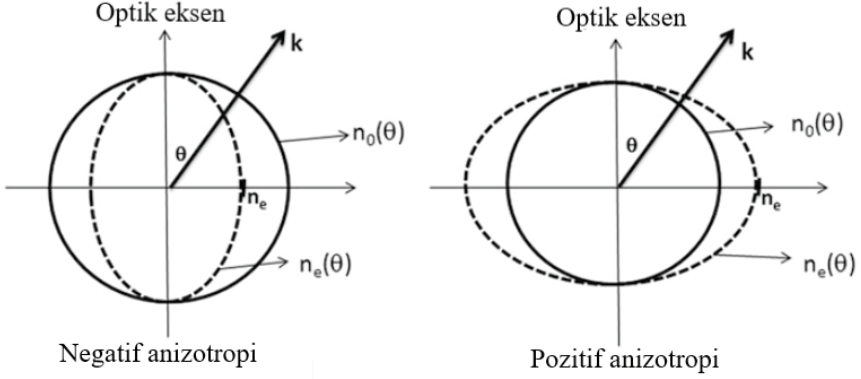
Şekil 7. Kırılma indisleri ile çift kırılma sıcaklığa bağlı olarak potasyum laurate/dekanol/su sisteminin oluşturduğu liyotropik nematik kalamitik mezofaz için [31] çalışmasında incelenmiştir. I_{RE} ve I , izotropik fazları simgeler ve $\langle n \rangle$ ise ortalama kırılma indisidir.

Liyotropik nematik kalamitik mezofazın optiksel anizotropisinin negatif olmasının sebebi; daha önce belirtildiği üzere miselleri oluşturan amfil moleküllerin uzun karbon zincirlerinin, misel uzun eksenine dik olmasıdır. Böylece uzun eksene dik gelen elektromanyetik dalganın hızı, hidrokarbon zincirle etkileşir ve hızı yavaşlar ve n_o daha büyük kırılma indisine sahip olur. Diğer yandan, n_e kırılma indisi, uzun eksene paralel gelen dalganın karbon zincirlerle etkileşiminin dik olmasından dolayı daha küçük bir değer alır. Benzer durum yarı sonsuz çubuksu misellerin bir araya gelerek altıgen yapı oluşturduğu misellerin mezofazı olan hegzagonal E mezofazı için de söylenebilir. Hegzagonal E mezofazın farkı, çok uzun altıgen misellere sahip olduğu için bir dış etkenle zor yönlensesidir. Çünkü çok viskoz bir mezofazdır, çok uzun altıgen misellere sahiptir. Bu mezofaz aynı nedenlerle negatif optiksel çift kırılma sahiptir. Liyotropik nematik kalamitik miselin uzun eksenine ile üzerine düşen ışığın yaptığı açıya bağlı olarak olağanüstü kırılma indisi değişir. Işığın yayılma doğrultusu uzun eksene θ açısı ile gelirse açıya bağlı olağanüstü kırılma indisi $n_e(\theta)$ meydana gelir. Olağan kırılma indisi ise her yönde aynıdır, değişmez. $n_e(\theta)$, n_e ile n_o arasında bir değer alır.



Şekil 8. *y*-ekseni boyunca olan ışığın yayılma doğrultusu ve miselin uzun eksenine yaptığı açı

Kırılma indisinde açığa bağlılık kırılma indisi elipsoidi adı verilen çizimle gösterilir. Anizotropik ortamın açığa bağlılığı eğer optiksel anizotropisi pozitif ise elipsoit, optik eksen boyunca şişkin olarak gösterilir. Eğer negatif ise optik ekseninde baskındır. Olağan kırılma indisi ise yöne bağlı olmadığından küre şeklinde belirtilir. Bu elipsoitlerden yola çıkarak $n_c(\theta)$, n_e ve n_o cinsinden bulunabilir [33-36].



Şekil 9. *Negatif ve pozitif optiksel anizotropi kırılma indisi elipsoidleri* [34]. *k*, ışığın yayılma doğrultusudur.

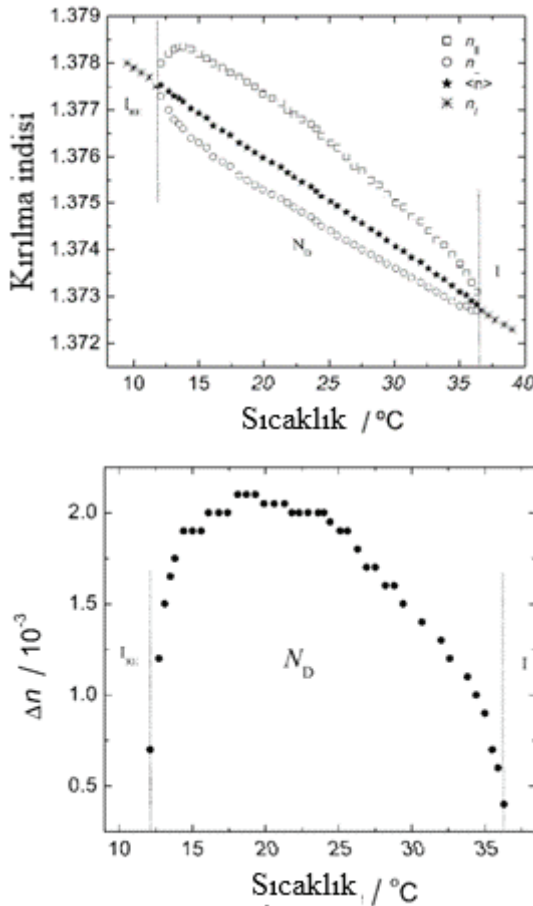
Elipsoit denkleminde

$$\frac{1}{n_e^2(\theta)} = \frac{\cos^2(\theta)}{n_o^2} + \frac{\sin^2(\theta)}{n_e^2}$$

elde ederiz ve böylece açığa bağlı çift kırılma aşağıdaki gibi verilir:

$$\Delta n(\theta) = n_e(\theta) - n_o$$

Liyotropik nematik diskotik mezofazı ise optiksel anizotropi olarak pozitif çift kırılmaya sahiptir. Bunun nedeni çözelti içerisindeki amfifil moleküllerinin uzun karbon zincirleri disk şeklindeki miselin optik eksenini olan yüzey normaline paralel uzanmaktadır. Amfifil moleküllerle paralel etkileşen ışığın elektrik vektörü dik etkileşmesine kıyasla daha büyük kırılma indisine sahip olur. Böylece n_e , n_o dan büyük değer alır. Sıcaklığa bağlı olarak liyotropik nematik diskotik mezofazın kırılma indisi ve çift kırılması çeşitli çalışmalarla ölçülmüştür (Şekil 10) [37,38]. Liyotropik lamelar D mezofazı da benzer şekilde tabakalı misel yapısının yüzey normali optik eksen olduğundan amfifil moleküllerinin uzun karbon zincirlerine paralel uzanmaktadır ve bu yüzden çift kırıcılığı pozitifdir [28-30,39].



Şekil 10. Potasyum laurate/dekanol/su sistemin oluşturduğu liyotropik nematik diskotik mezofazın sıcaklığa bağlı kırılma indisleri ve çift kırıcılığı [37].

5. Sonuç

Liyotropik sıvı kristallerin biyolojik olarak bulunmalarından ve hayatın kendisi doğrudan bu sıvı kristallere bağlı olduğundan fiziksel özelliklerinin bilinmesi önemlidir. Ayrıca biyoteknoloji alanlardaki son gelişmelerle liyotropiklerin fiziksel özelliklerinin çalışılmasının önemi daha da artmıştır. Özellikle bakteri gibi canlı sistemlerin hareketlerinin kontrol edilebilmesi ve kendi kendilerine organize olabilmeleri nedeniyle ilgi çekmektedir [40,41]. Diğer yandan ilaç taşıma sistemi olarak da mevcuttur ve ilaç taşıma ve salınımlarında optiksel olarak tetiklenebilmektedirler [42] ancak optiksel olarak termotropikler kadar ön plana çıkmamışlardır.

Özellikle liyotropik nematiklerin optiksel özellikleri daha detaylı araştırılarak bu disiplinler arası araştırma alanı, teknolojik olarak daha geniş uygulama alanları bulabilir. Düşük kırılma indisine sahip olmasıyla ve 1 mm'ye kadar çıkabilen numune kalınlığıyla biyoteknoloji alanlarındaki uygulama alanları dışında optiksel olarak da kullanımının olması mümkündür. Liyotropik nematikler manyetik alana kolay bir şekilde tepki vermektedir ve rahatlıkla yönlenebilmektedirler. İstenilen şekilde yönlendirilerek optiksel özelliklerini değiştirmek mümkündür. Benzer şekilde sıcaklığa karşı termotropikler gibi oldukça hassastırlar. Bunlar bir anizotropik malzeme için istenilen özelliklerdir ve gelecek için umut vaat etmektedir.

Referanslar

- 1) Priestly, E. (2012). *Introduction to liquid crystals*. Springer Science & Business Media.
- 2) Lagerwall JPF, Scalia G. A new era for liquid crystal research: Applications of liquid crystals in soft matter nano-, bio- and microtechnology. *Current Applied Physics*. 2012;12(6):1387-1412.
- 3) Irina Carlescu (2018). Introductory Chapter: Liquid Crystals, Liquid Crystals - Self-Organized Soft Functional Materials for Advanced Applications, Irina Carlescu, IntechOpen, Available from: <https://www.intechopen.com/books/liquid-crystals-self-organized-soft-functional-materials-for-advanced-applications/introductory-chapter-liquid-crystals>.
- 4) Meier, G., Sackmann, E., & Grabmaier, J. G. (2012). *Applications of liquid crystals*. Springer Science & Business Media.
- 5) Schadt M. Nematic liquid crystals and twisted nematic LCDs. *Liquid Crystals*. 2015;42:646-652.
- 6) T.J. Sluckin, D.A. Dunmur, H. Stegemeyer, *Crystals That Flow: Classic Papers from the History of Liquid Crystals*, Taylor and Francis, London, 2004.
- 7) Kumar, S., & Brock, J. (2001). *Liquid crystals: experimental study of physical properties and phase transitions*. Cambridge University Press.
- 8) Khoo, I. C. (2007). *Liquid crystals* (Vol. 64). John Wiley & Sons.
- 9) Li, Q. (2012). *Liquid crystals beyond displays: chemistry, physics, and applications*. John Wiley & Sons.
- 10) Demus, D. (1989). Plenary lecture. One hundred years of liquid-crystal chemistry: thermotropic liquid crystals with conventional and unconventional molecular structure. *Liquid Crystals*, 5(1), 75-110.
- 11) Vertogen, G., & De Jeu, W. H. (2012). *Thermotropic liquid crystals, fundamentals* (Vol. 45). Springer Science & Business Media.
- 12) Saupe, A. (1969). On molecular structure and physical properties of thermotropic liquid crystals. *Molecular Crystals and Liquid Crystals*, 7(1), 59-74.
- 13) Demus, D. (1989). Plenary lecture. One hundred years of liquid-crystal chemistry: thermotropic liquid crystals with conventional and unconventional molecular structure. *Liquid Crystals*, 5(1), 75-110.
- 14) Liu, K., Chen, D., Marcozzi, A., Zheng, L., Su, J., Pesce, D., ... & Herrmann, A. (2014). Thermotropic liquid crystals from biomacromolecules. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 111(52), 18596-18600.
- 15) Ramamoorthy, A. (Ed.). (2007). *Thermotropic liquid crystals: recent advances*.

- 16) Neto, A. M. F., & Salinas, S. R. (2005). *The physics of lyotropic liquid crystals: phase transitions and structural properties* (Vol. 62). Oxford University Press on Demand.
- 17) Collings, P. J., & Goodby, J. W. (2019). *Introduction to liquid crystals: chemistry and physics*. Crc Press.
- 18) Mezzenga, R. (2012). Physics of self-assembly of lyotropic liquid crystals. *Self-assembled supramolecular architectures: lyotropic liquid crystals*, 1-20.
- 19) Dierking, I., & Al-Zangana, S. (2017). Lyotropic liquid crystal phases from anisotropic nanomaterials. *Nanomaterials*, 7(10), 305.
- 20) Neto, A. F. (1992). The physics of lyotropic nematic liquid crystals. *Brazilian Journal of Physics*, 22(2), 85.
- 21) Dierking, I., & Martins Figueiredo Neto, A. (2020). Novel Trends in Lyotropic Liquid Crystals. *Crystals*, 10(7), 604.
- 22) Mezzenga, R., Meyer, C., Servais, C., Romoscanu, A. I., Sagalowicz, L., & Hayward, R. C. (2005). Shear rheology of lyotropic liquid crystals: a case study. *Langmuir*, 21(8), 3322-3333.
- 23) Sonin, A. S. (1987). Lyotropic nematics. *Soviet Physics Uspekhi*, 30(10), 875.
- 24) Charvolin, J., Levelut, A. M., & Samulski, E. T. (1979). Lyotropic nematics: molecular aggregation and susceptibilities. *Journal de Physique Lettres*, 40(22), 587-592.
- 25) Bartlett, P. N., Gollas, B., Guerin, S., & Marwan, J. (2002). The preparation and characterisation of H 1-e palladium films with a regular hexagonal nanostructure formed by electrochemical deposition from lyotropic liquid crystalline phases. *Physical Chemistry Chemical Physics*, 4(15), 3835-3842.
- 26) Ramos, L., Molino, F., & Porte, G. (2000). Shear melting in lyotropic hexagonal phases. *Langmuir*, 16(14), 5846-5848.
- 27) Quist, P. O., Halle, B., & Furó, I. (1991). Nuclear spin relaxation in a hexagonal lyotropic liquid crystal. *The Journal of chemical physics*, 95(9), 6945-6961.
- 28) Roux, D., Nallet, F., & Diat, O. (1993). Rheology of lyotropic lamellar phases. *EPL (Europhysics Letters)*, 24(1), 53.
- 29) Diat, O., Roux, D., & Nallet, F. (1993). Effect of shear on a lyotropic lamellar phase. *Journal de physique II*, 3(9), 1427-1452.
- 30) Nallet, F., Laversanne, R., & Roux, D. (1993). Modelling X-ray or neutron scattering spectra of lyotropic lamellar phases: interplay between form and structure factors. *Journal de Physique II*, 3(4), 487-502.

- 31) Santoro, P. A., Pereira, J. R. D., & Palangana, A. J. (2002). Refractive index measurements in a reentrant isotropic-calamitic nematic phase transition. *Physical Review E*, 65(5), 057602.
- 32) Braga, W. S., Kimura, N. M., Luders, D. D., Sampaio, A. R., Santoro, P. A., & Palangana, A. J. (2007). Reentrant isotropic-calamitic nematic phase transition in potassium laurate-decanol-D 2 O mixtures. *The European Physical Journal E*, 24(3), 247-250.
- 33) Bain, A. K. (2019). *Crystal optics: properties and applications*. John Wiley & Sons.
- 34) Joshi, M. P. (2015). Basics of Nonlinear Optics. In *Laser Physics and Technology* (pp. 27-64). Springer, New Delhi.
- 35) Giusfredi, G. (2019). Light propagation in anisotropic media. In *Physical Optics* (pp. 751-901). Springer, Cham.
- 36) Born, M., & Wolf, E. (2013). *Principles of optics: electromagnetic theory of propagation, interference and diffraction of light*. Elsevier.
- 37) Kimura, N. M., Santoro, P. A., Fernandes, P. R. G., & Palangana, A. J. (2004). Reentrant isotropic–discotic nematic lyotropic phase transition: a refractive index study. *Liquid crystals*, 31(3), 347-350.
- 38) Santoro, P. A., Sampaio, A. R., da Luz, H. L. F., & Palangana, A. J. (2006). Temperature dependence of refractive indices near uniaxial–biaxial nematic phase transition. *Physics Letters A*, 353(6), 512-515.
- 39) Haliki E, Masalci O, Kazanci N. (2013). Characterization of lyotropic liquid crystalline phases formed in sodium dodecyl sulphate/octanol/water ternary lyotropic system. *AJP Fizika*.;19(1):70-74.
- 40) Bukusoglu, E., Bedolla Pantoja, M., Mushenheim, P. C., Wang, X., & Abbott, N. L. (2016). Design of responsive and active (soft) materials using liquid crystals. *Annual review of chemical and biomolecular engineering*, 7, 163-196.
- 41) Doostmohammadi, A., Ignés-Mullol, J., Yeomans, J. M., & Sagués, F. (2018). Active nematics. *Nature communications*, 9(1), 1-13.
- 42) Aleandri, S., Speziale, C., Mezzenga, R., & Landau, E. M. (2015). Design of light-triggered lyotropic liquid crystal mesophases and their application as molecular switches in “on demand” release. *Langmuir*, 31(25), 6981-6987.