
SERİ

B

CİLT

55

SAYI

2

2005

İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ

ORMAN FAKÜLTESİ

DERGİSİ



F.1

KAĞIT HAMURU VE KAĞITTA PARLAKLIK

Y.Doç.Dr. Celil ATİK¹⁾

Kısa Özet

Selüloz ve kağıt sanayiinde günümüze kadar gelen ve en fazla kullanılan optik özellik "parlaklık"tır. Parlaklık görünür tayfın dar bir bölgesini kapsamakta ve flüoresan ajanlardan etkilenmektedir. Bu nedenle beyazlık ile ilgili istekleri karşılamada yetersiz kalmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Kağıt, Parlaklık, Beyazlık

BRIGHTNESS IN PULP AND PAPER

Abstract

Brightness is one of the most used optical properties in pulp and paper industry. Brightness focuses narrow part of total visible spectrum and is affected by the fluorescent whitening agents. Therefore, it becomes insufficient for meeting the desires related to whiteness.

Keywords: Paper, Brightness, Whiteness

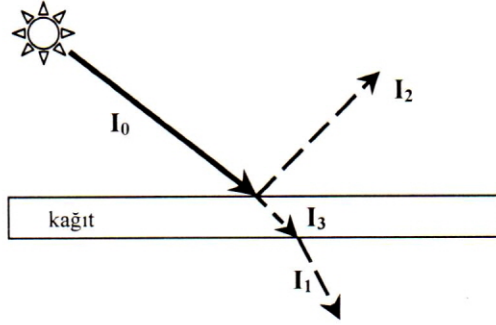
1. GİRİŞ

Herhangi bir cisimde olduğu gibi, bir kağıt parçasını da görsel olarak algılamamız ondan gelen ışığın algılanması ile olur. Kağıdın kendisi ışık yaymadığından onu görmemiz bir ışık kaynağından üzerine düşen ışığın yansımalarını algılamamızla olur. Kağıt yüzeyine düşen ışığın enerjisini I_0 olarak kabul edersek, bu enerjinin bir bölümü kağıttan geçecektir I_1 , bir bölümü yansıyacaktır I_2 ve bir bölümü de ısıya dönüşecektir I_3 (Şekil 1).

T, S ve K değerleri oransal olarak ifade edilirse $T+S+K=\%100$ olacaktır. Buna göre denklemdaki bir bileşenin azami seviyeye çıkması için diğer iki bileşenin oranları asgari seviyeye inmelidir (FLYATE 1970).

Yapılan araştırmalarda, esmer kağıt hamurunda bulunan ligninin odunda olduğundan daha fazla ışık soğurduğu görülmektedir. Üretim yöntemine bağlı olarak bir miktar farklılık görülse de bu farklılık o kadar büyük değildir.

¹⁾ İ.Ü. Orman Fakültesi Orman Ürünleri Kimyası ve Teknolojisi Anabilim Dalı



Şekil 1: Kağıda düşen ışık enerjisinin dağılımı

$$I_0 = I_1 + I_2 + I_3 \quad \frac{I_1}{I_0} + \frac{I_2}{I_0} + \frac{I_3}{I_0} = 1$$

$$\frac{I_1}{I_0} = T - \text{ışık geçirgenliği}, \quad \frac{I_2}{I_0} = S - \text{ışık yansıtma}, \quad \frac{I_3}{I_0} = K - \text{ışık soğurma}$$

Yazı ve basım işlerinde kullanılan kağıtların çoğunda yazının alttan görünmemesi için ışığı geçirmesi istenmemekte, yani opak olması istenmektedir. Baskının daha iyi algılanabilmesi için de ışığı fazla yansıtması istenmektedir.

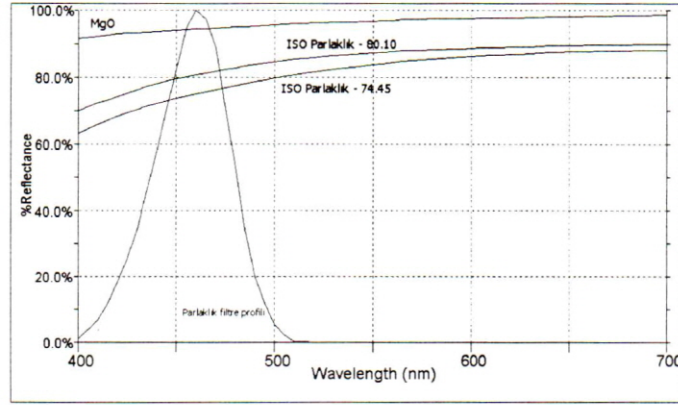
Yukarıda belirtilenlerden de anlaşılacağı gibi geçirgenlik ve soğurma oranların düşük olması istenmektedir, ikisinin toplamına yansıtma ilave edildiğinde %100'e ulaşılacaktır. Bu durumda yeterince yüksek oranda tespit edilecek yansıtma oranı diğer ikisinin kafi derecede düşük olduğunu gösterecektir. Bu sebepten olsa gerek kağıt ve selüloz sanayiinde de aralarında yansıtma oranı en yüksek olan ve olması hedeflenen ışık ile ilgili özelliklerin ölçümü yapılmaktadır.

Işığı yansıtma ile ilgili iki ölçüm yapılmaktadır, iç yansıtma (brightness) ve ayna yansıtması (gloss). Ayna yansıtması daha çok yüzey işlemi görmüş kağıtlar için kullanılmaktadır.

2. PARLAKLIK

Günümüze kadar gelen ve hala en fazla kullanılan ölçüm **parlaklık**tır. Ancak "geleneksel parlaklık ölçüm anlayışı günümüz koşullarına uygun mudur?" sorusu yıllardır tartışıla gelmiştir.

Tariflere göre parlaklık, 457 nm efektif dalga boyu ve 44 nm'de yarı yüksekliği olan, filtre veya matematiksel fonksiyon uygulanarak elde edilen bir değerdir. Daha kesin olarak ifade edecek olursak dağılmış (difüz) mavi reflektans faktörüne bağlı bir değerdir ve ağartma işlemleri sırasında hamurun ağartma derecesini görsel olarak değerlendirmek için kullanılmaktadır. Şekil 2'de görüldüğü gibi renk algılama ile kesinlikle bir ilgisi yoktur.



Şekil 2: Parlaklık filtre profili ve ağartma kademelerinde parlaklığın gelişmesi (CT¹)

Şekil 2'de geçirgenlik profili (ISO profili) sadece 457 ± 44 nm dalga boyundaki mavi ışığın algılayıcıya ulaşabildiği ve diğer dalga boylarındaki ışığın ölçümüne katkısı olmadığı görülmektedir. Bu amaca ilk olarak nesneyi mavi cam arkasından inceleyerek ulaşılmıştır.

Mavi filtre ile incelendiğinde müteakip ağartma kademelerinde bir hamur daha parlak görülmektedir ve ağartıcının etkinliğini göstermektedir. Ağartma sırasında refleksiyonun kısa dalga boyundaki bölgede daha fazla değişiklik göstermesi dar bir bölgedeki incelemede avantaj olarak görülmektedir. Burada dikkat edilecek en önemli husus parlaklık çok fazla kullanılmasına karşın herhangi bir renk ve algılanan beyazlık ile hiçbir ilişkisinin olmamasıdır (AXYPHOS 2001).

3. PARLAKLIĞI ALETLİ ÖLÇÜMLE BELİRLEME

Parlaklık ölçümü kağıt fabrikalarında, ilk başlarda oldukça basit bir şekilde yapılırken, kağıdın yansıttığı ışığı mavi filtreden geçen kısmını ölçebilen fotometrik algılayıcıların geliştirilmesi ile parlaklık belirleme otomasyonunun ilk adımları olmuştur.

Yukarıda da belirtildiği gibi mavi filtre, algılamayı dar bir dalga boyu bölgesine odaklamakta ve yansıyan ışıkta sarı renkte yoğunluk (fazlalık), diğer yandan mavi renkte noksanlık (azlık) saptanmaktadır. Ağartma sırasında hamur renginin değerlendirilmesinin mavi – sarı ekseninde yoğunlaşmasının nedeni; ağarmada kahverengiden başlanarak daha açık kahverengiye doğru gidilmekte, daha sonra kahverengimsi sarı ve açık sarı olmaktadır. Daha sonraki renksiz hamurun değerlendirilmesi zorlaşmaktadır çünkü sarı renk oldukça parlak (ışıldayan) bir renktir.

Görsel olarak değerlendirmenin yerini tutabilecek cihazların geliştirilmesi ile parlaklık ölçümü, yapılan deneylerin standardizasyonunu gündeme getirmiştir.

-Filtre özellikleri dalga boyuna bağlı olarak geçirgenlik faktörleri olarak verilmektedir (Tablo 1).

¹ Ölçümler Elrepho 3300 cihazında (Şekil 4) yapılmış ve grafikler ColorTools QC yazılımının çalışma sayfasından alınmıştır.

-Işık koşulları elektrik ampulününkine benzemektedir. Işık yönlendirilerek (45° açı ile) veya her yönden (Ulbricht küresi kullanılarak) verilerek uygulanabilir.

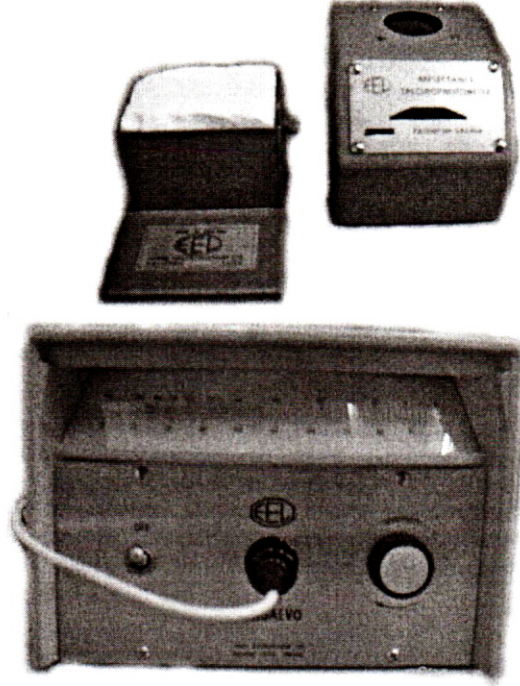
-Gözlem ise numuneye dik (0° gözlem açısı ile) yapılır.

Aletsel değerlendirmenin görsel değerlendirme ile uyum göstermesi gereği aydınlatma koşullarının belirlenmesini de zorunlu kılmaktadır.

EEL gibi ilk cihazların (Şekil 3) algılayıcıları ve ışık kaynakları tek ayrı gövde içinde konumlanmış şekilde tasarlanmıştır, cihaz örneği 45° açı ile düşen ışık ile aydınlatmakta ve mavi filtre kullanılarak toplam yoğunluğu ölçmektedir (Şekil 5).

100'lü ıskalayı magnezyum oksit tableti (Şekil 3) ile doğru bir şekilde kalibre etmek büyük sorun olmuştur ve günümüzde de kalibrasyon meselesi hala önemini korumaktadır. Magnezyum oksidin reflektans değerleri Şekil 2 görülmektedir.

Zamanla ölçümün temel tasarımında çok fazla değişiklik olmamıştır, modern cihazlar olarak ışığı algılamak için spektrometreler (Şekil 4) kullanmaktadır ve bu durumda fiziksel filtreye ihtiyaç duyulmamaktadır, Şekil 2'de görüldüğü gibi yansıyan ışık standart profille parlaklık değerine dönüştürülmektedir. Hesaplama aşağıdaki formüle göre yapılmaktadır.



Şekil 3: EEL Parlaklık ölçme cihazı

$$B_{R_{457}} = \frac{\sum_{380}^{510} F(\lambda) \cdot R_f(\lambda)}{\sum_{380}^{510} F(\lambda)} \quad (\text{DATACOLOR 1999})$$

$B_{R_{457}}$ – parlaklık değeri

λ – dalga boyu

F – ağırlık katsayısı

R_f - reflektans

Tablo 1: Parlaklık Hesaplamasında Dalga Boyuna Karşı Gelen Ağırlıklar (DATACOLOR 1999)

Dalga boyu (nm)	F (ağırlık)	Dalga boyu (nm)	F (ağırlık)
380	0.0	450	82.5
390	0.0	460	100.0
400	1.0	470	88.7
410	6.7	480	53.1
420	18.2	490	20.3
430	34.5	500	5.6
440	57.6	510	0.3

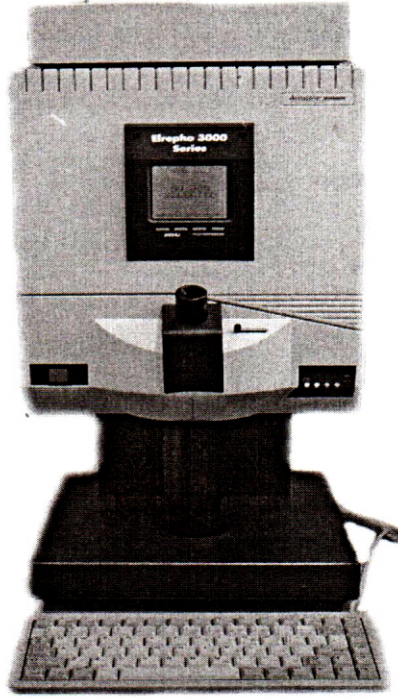
Kağıt izotropik bir malzeme değildir, bu nedenle de aydınlatma konusu ışık kaynağının yönü bakımından bazı sorunlar arz edebilir.

45°/0° geometri kullanılması durumunda ölçüm düzlemini 1) ışık kaynağı, 2) numunenin rasgele bir noktası ve 3) algılayıcı noktalarının belirlediği düzlem oluşturmaktadır (Şekil 5). Kağıt önemli derecede anizotropiktir ve 45°/0° geometride meydana gelebilecek olumsuz etkiyi yok etmek için kağıdı ölçüm noktası etrafında çevirerek yapılan birçok ölçümün ortalama değeri alınmaktadır. Bu sorunu gidermek için kullanılan yaklaşım, numuneyi her yönden aydınlatmaktır, bunun için Ulbricht küresi kullanılmaktadır. Dağınık (difüz) aydınlatmaya dayalı bu geometri d/0° olarak verilmektedir (Şekil 5). Farklı standartlar farklı aydınlatma şekillerine dayanmaktadır:

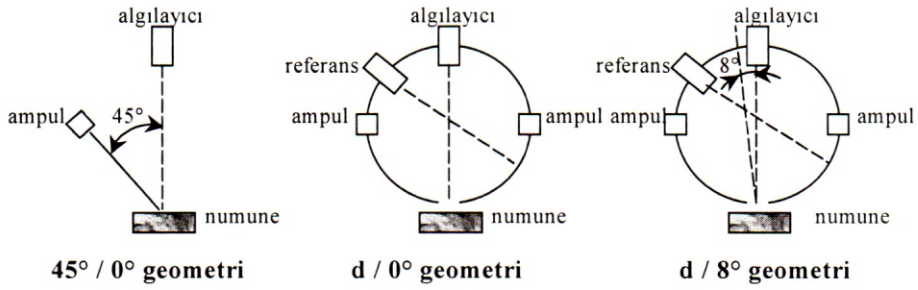
45°/0° - Tappi T 452, Tappi T 646, ASTM D-985 (Tappi Brightness)

d/0° - ISO 2470, Tappi T 525, Tappi T 534, Scan P3 (ISO Brightness, R457 / Tappi 525 Brightness, D65 Brightness, Elrepho Brightness)

d/8° - Geometri ise farklı sanayi dallarında ölçümler için kullanılmaktadır.



Şekil 4: Elrepho 3300 spektrofotometre



Şekil 5: Parlaklık ölçüm geometrileri

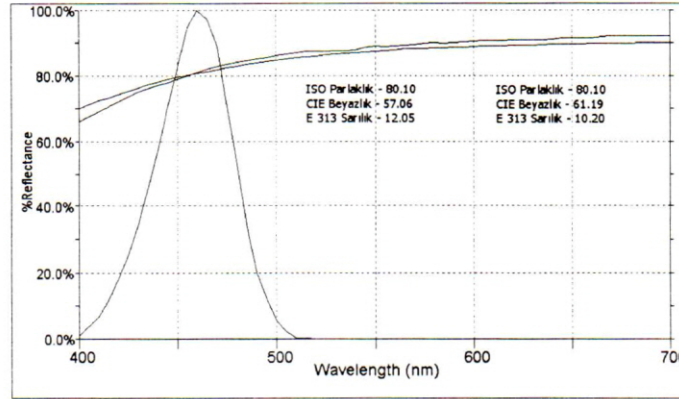
Kürede oluşan çok sayıda yansıma ölçümde öngörülemeyen farklılıklar meydana getirmekte ve bu da d/0° ile 45°/0° geometrilerde yapılan ölçümlerin sonuçları arasında doğrudan bir korelasyonu engellemekte ve birinden diğerine dönüştürme denenmemelidir. Geometri ile

ilgili ifadelerde genellikle Tappi parlaklığı (45°/0°) ve ISO parlaklığı (d/0°) terimleri kullanılmaktadır.

4. PARLAKLIK BELİRLEME SEBEPLERİ

Parlaklık ölçümü başlangıçta ağartma işlemlerini kontrol yöntemi olarak ortaya çıkmış ve zaman içinde gelişerek hamurun ve daha sonra da kağıdın birçok optik niteliği hakkında bilgi vermek amacıyla kullanılmaya başlamıştır.

Yukarıda belirtildiği gibi parlaklık optik özellikleri gösteren tek bir değer olarak görülemez, çünkü görünür tayfın çok dar bir bölgesine odaklanmıştır. Sonuç olarak parlaklık belirlemenin nedeni ağartma derecesini ölçmektir, zaman içinde hamurun ne kadar beyaz görüldüğü veya basitçe beyazlık ile eşanlamlı olarak kullanılmaya başlanmıştır. Beyazlık ise 380 ila 780 nm arasındaki tayfta görsel algılamadır ve kağıdın parlaklığı ile beyazlığı arasında korelasyon olmadığı tartışma götürmez. Şekil 6'da görüldüğü gibi parlaklık değerleri yakın olan iki kağıdın beyazlık (CIE² beyazlık) ve sarılık (ASTM E313) değerleri farklılık göstermektedir.



Şekil 6: Aynı parlaklık derecesinde iki örnek (CT)

$$W_{10} = Y_{10} + 800 (x_{n,10} - x_{10}) + 1700 (y_{n,10} - y_{10}) \quad (\text{DATACOLOR 1999})$$

$$YI = 100(Y - 100Z/Z_n) / Y \quad (\text{DATACOLOR 1999})$$

W – CIE beyazlık indisi

YI - ASTM E-313 sarılık indisi

Y, Z – CIE Y ve Z değerleri

Z_n – standart için CIE Z değeri

x, y – kromatik koordinatlar

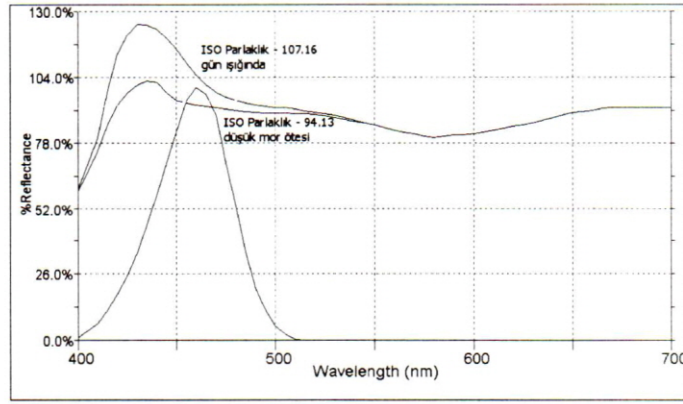
² CIE – Commission Internationale de l'Éclairage – uluslararası aydınlatma komisyonu

x_n, y_n – standart için kromatik koordinatlar
 10 – CIE 1964 standart algılayıcıyı belirtir

En önemli husus kağıt parlaklığının tüm görülebilir tayfi kapsamadığı gerçeğidir ve bu nedenle de üzerinde en fazla durulmaktadır. Kağıdın görünümü kullanıcı açısından en önemli özelliklerinden birisidir ve parlaklık derecesi istekleri karşılama bakımından yetersiz kalabilmektedir (AXYPHOS 2001).

5. FLÜORESANS

Günümüzde beyaz kağıt üretiminde flüoresan beyazlatma ajanları (FBA, diğer adları ile optik beyazlatma ajanları veya flüoresan boya) ve az miktarlarda boya ilavesi algılanan beyazlığı arttırmak için kullanılır. FBA ve boyaların etki mekanizmaları bir birinden farklıdır ve farklı dalga boylarında kendini göstermektedir.



Şekil 7: Beyaz bir kağıdın normal ve düşük mor ötesi ışıkta reflektans değerleri (CT)

Şekil 7’te beyaz kağıdın tipik bir tayfi verilmiştir. Flüoresan beyazlatma ajanının 360 nm’lerdeki absorpsiyonundan kaynaklanan 437 nm civarında verdiği güçlü flüoresan pik dikkat çekmektedir. 570 nm civarındaki fazla absorpsiyon ise boyalardan kaynaklanmaktadır.

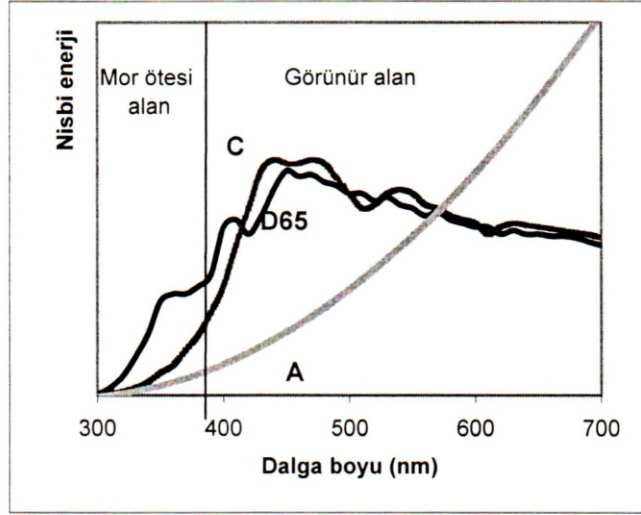
Parlaklık profili fonksiyonu ile flüoresans arasında güçlü bir örtüşme olurken, boyalar fark edilemez yani profilleri örtüşmez. Sonuç olarak, kağıdın parlaklığı flüoresans miktarlarından etkilenirken, boyalara karşı duyarsızdır. Flüoresans etkisinin bağlı olduğu faktörler şunlardır:

- FBA miktarı.
- Kağıdın yapısı FBA etkisini etkilemektedir.
- Çevredeki mor ötesi ışığın miktarı.

Üçüncü faktör değişken olarak görülmelidir çünkü, gözlem sırasında çevre koşullarına bağlı olmasından dolayı ölçüm sırasında da değişkendir. Ölçüm esnasında mor ötesi ışığın varlığı parlaklık değerlerini etkilemektedir. Bu olay ölçüm sırasında koşulların kesin bir şekilde kontrol

edilme zorunluluğunu getirmektedir, cihazın ışık kaynağından gelen mor ötesi ışınlar kontrol edilmeli ve standart hale getirilmelidir. Mor ötesi ışık eksikliği Şekil 9'da görülmektedir, mor ötesi ışık miktarı azaldıkça parlaklık değeri de düşmektedir.

Numuneye düşen mor ötesi ışık miktarını üniversal seviyede ayarlamak amacıyla standartlarda gün ışığı şartlarında (CIE-aydınlama $D_{65} - 6504 \text{ } ^\circ\text{K}$) inceleme yapılması istenmektedir. D_{65} aydınlamanın enerji dağılımı Şekil 8'de verilmiştir.

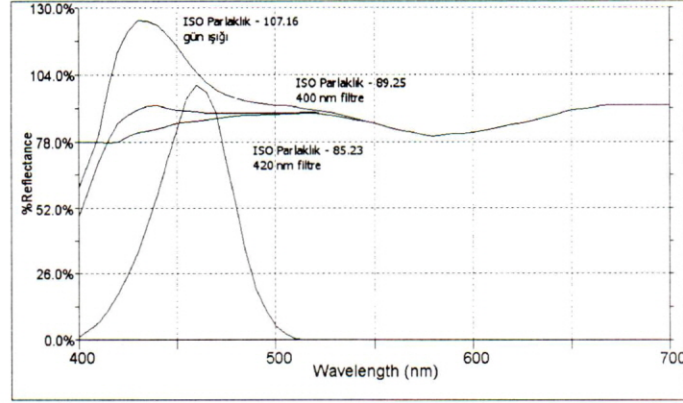


Şekil 8: D_{65} , C ve A aydınlamaların enerji dağılımları (VAARASALO 1999)

Tartışmalar "gün ışığındaki mor ötesi ışık çok mu fazla?" sorusuna odaklanmıştır. Yüksek mor ötesi ışık oranı daha fazla flüoresan etki yaratmakta, bu da daha iyi bir ölçüm ve farklılıkların incelenmesine olanak vermektedir.

Flüoresans, parlaklık ölçümü ve yorumları açısından tartışmasız olarak bir soru işareti oluşturmaktadır. Parlaklık ölçümünün kontrollü bir mor ötesi ışık ile yapıldığını göstermek için D_{65} parlaklık terimi kullanılmıştır. Belirtilen bu yeni parlaklık ölçümünde normalde 100 olarak belirtilen limitlerin üzerine çıkılabilmektedir (AXYPHOS 2001).

Yukarıda da belirtildiği gibi flüoresans, parlaklık değerlerinin yorumlanmasında ciddi zorluklar teşkil etmektedir. Parlaklık değerinin 100'ün üstüne çıkma olasılığı kağıt üretimi sırasında parlaklığı geliştirmek için sadece flüoresans ilave edilmesini akla getirmektedir. Bu olaydan dolayı flüoresans içinde boğulmuş olan geleneksel parlaklığı belirleme çalışmaları gelen ışıkta mor ötesi ışığı elimine ederek yapılmaya çalışılmıştır. Normalde bu işlem 400, 420 veya 460 nm mor ötesi filtreler kullanılarak gerçekleştirilmektedir (Şekil 9).



Şekil 9: Kağıdın filtresiz ve 400 nm ile 420 nm filtreli reflektans değerleri (CT)

Genelde 420 nm filtre kullanılmaktadır, çünkü 400 nm etkili bir şekilde flüoresan etkiyi elimine edememekte 460 nm ise tayfin çok geniş bölgesini elimine etmektedir. Bununla birlikte elimine edilen dalga boylarında reflektans değerlerinin ölçülememesi sorunu oluşmaktadır. Bu kayıp değerleri elde etmek için bir yol bulunmalıdır; genelde şu iki yoldan birisi kullanılmaktadır:

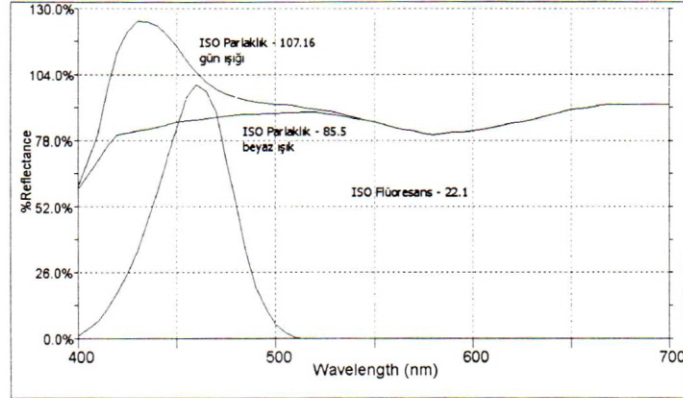
a) Eksik noktalara sıfır değeri verilmesi - bazı açılardan iyi olduğu söylenebilir ve yeni modellerde kullanılmaktadır, parlaklık değerinin gerçeğinden biraz daha düşük çıkacak olması kullanımı açısından bir ikilem oluşturmaktadır.

b) Kayıp noktalara en son ölçülen değerin verilmesi - (Şekil 9) bu yöntem cihaz üreticileri arasında yaygındır çünkü kısa dalga boyundaki bölgede değerlerde fazla yükselme vardır ki bu parlaklık değerlerini gerçek değerlerden daha yüksek göstermektedir.

Filtre yardımı ile ölçüm prosedürlerinin de güvenilir sonuçlar verebileceği açıktır ve verilerin çoğu fiziksel temele dayanmayan ekstrapolasyonun sonucudur. Buna göre mor ötesi (UV) ışınları kesen filtreli ölçümler için parlaklık ile ilgili yeni terimler ortaya konulmuştur. B_{+UV} (parlaklık) - parlaklık ölçümü mor ötesi ışınların tam (standardize edilmemiş) katılımı ile yapıldığını belirtir, B_{-UV} - parlaklık mor ötesi ışınların engellenmesi ile (genelde 420 nm filtresi ile) yapıldığını belirtir. İleride karışıklığa sebebiyet vermemek için parlaklık ölçümü sırasındaki tüm koşulların tamamını belirtmek gerekir (AXYPHOS 2001).

Parlaklığı C aydınlatmada (6774 °K) algılanması başka bir konudur, bu aydınlatma türünde normal çalışma ortamında olan daha düşük mor ötesi ışınli bir çevrede parlaklık belirlenmeye çalışılmaktadır. Daha önce belirtildiği gibi parlaklık değerlerinin, algılanan renk ile ilgisi yoktur.

Parlaklık değerlerinin doğru hesaplanması için ilgili alanda doğru optik verileri elde ederek flüoresansı doğru bir şekilde ayırmak gerekir. Günümüzde bu ölçüm yazılıma dayalı sayısal mor ötesi kontrol kullanarak, farklı mor ötesi koşullarında parlaklık hesaplayabilen yeni jenerasyon cihazlar ile yapılabilmektedir. Flüoresans etkisini devre dışı bırakarak geleneksel anlamda (Şekil 10) parlaklık değerlerini hesaplayabilmek için reflektans değerleri elde edilmektedir. Filtre FBA absorpsiyon alanını etkilemektedir, bu da parlaklık değerlerinde orijinal hamurdan bile daha düşük çıkmasına neden olmaktadır.



Şekil 10: Toplam reflektanstan baz kağıdın reflektansını ayırma (CT)

Bu durum parlaklık konseptinin, kağıt üretiminde görünümü kontrol etmek için elverişli bir veri olarak kullanımını geçersiz kılmaktadır. Parlaklığın kullanımındaki diğer bir nokta parlaklık farklarını tespit ederek flüoresan etkisini belirlemektir. Değerlendirme mor ötesi ışın standardizasyonu ve flüoresan etkisini devre dışı bırakma yöntemi ne kadar iyi ise değerlendirme de o kadar iyi olur.

Elde edilen değerlere “parlaklık farkı” veya “ISO flüoresans” denmekte ve numunenin flüoresansı hakkında bilgi vermektedir (Şekil 10). Bununla birlikte FBA oranı ile ilgili olarak konu oldukça karmaşıktır (AXYPHOS 2001).

6. PARLAKLIĞIN ÖNEMİ

Kağıt hamuru ağartma prosesinin kontrolü gereksinimi parlaklık ölçümünü günümüze kadar getirmiştir. Hamurda parlaklık değerleri, hala kabul veya ret gibi en önemli kriterlerden birisidir.

Yeni ağartma yöntemlerinin devreye sokulması veya farklı hammadde kullanılması durumunda hamurların reflektans değerleri farklılık gösterecektir, ancak kalite kontrol sistemi belirli bir parlaklık değeri için ayarlanmıştır ve her iki hamur için kullanılacaktır ve şu nitelikleri karşılaması beklenebilir:

- Yeşile yakın hamurda beyazlık daha düşüktür çünkü nispi sarılık oranı yüksektir, bunun sonucunda da sarılığı gidermek için daha fazla FBA gereksinimi duyulacaktır.
- 360 nm bölgesini incelediğimizde de durum daha kötüdür, hamur mor ötesi ışığı absorbe etmekte FBA için daha az ışık kalmaktadır bu da FBA etkinliğini azaltmakta, dolayısıyla daha fazla FBA gerekecektir.
- Beyazlığı arttırmak için FBA aşırı derecede çok olmasına rağmen tayflar bariz bir şekilde farklı olacağından iki örnek de farklı görünecektir.

- Burada belirtilen durumu çözmek için tek çare beyazlığı az olan hamura bir miktar boya ilave etmek suretiyle beyazlığı artırarak diğer örnek ile eşitlemektir. Bunu yaparken unutulmaması gerekenler:
- Mor ötesi bölgede yüksek absorpsiyon daha yüksek oranda FBA kullanımına yol açacaktır.
- Yeni örnekler farklı oranlarda katkı maddesi içereceğinden metamerizm etkisinin artmasına neden olacaktır. Bu farklı örneklerin bir ışık kaynağında aynı, farklı ışık kaynağında farklı görülmesidir (genellikle A aydınlatma [2856 °K] kullanılmakta ki bu evlerde kullanılan (tungsten) ampuldür).
- Kullanılan boya türüne bağlı olarak opaklık değerlerinde farklılık görülebilir. Boyar maddeler parlaklık değerlerini fazla etkilemezken, beyazlık istenilen değere getirilebilir (AXYPHOS 2001).

7. SONUÇ

- İncelenen kağıdın rengi ile parlaklık arasında bir ilişki bulunmamaktadır. Parlaklık mavi filtre ile bakıldığında cismin rengi ile ilgilidir.
- Parlaklık görünür tayfin 460 nm civarındaki dar bir bölgedeki reflektans değerlerine bağlıdır. Bu kısıtlamadan dolayı parlaklık hamurun ve üretilen kağıdın beyaz görünümü ile bağlantı kurulamaz ve aralarında korelasyon yoktur. FBA kullanılmayan durumlar istisnadır.
- Parlaklık ölçümündeki dalga boyu sınırlaması modern ağartma proseslerini de kısıtlamaktadır. Kağıt üretiminde belli bir kalite seviyesini sağlayabilmek için beyazlık değerleri ve mor ötesi ışın absorpsiyonu önemlidir. Bu nedenle parlaklığın yerini beyazlık (kağıtta) ve sarılık (ağartılmış hamurda) gibi ölçümler almaktadır (AXYPHOS 2001).

KAYNAKLAR

- AXYPHOS, 2001: Reviewing the concept of paper brightness. Axyphos GmbH
- DATACOLOR, 1999: ColorTools, Datacolor Elrepho 3300 User Guide
- FLYATE, D.N. 1970: Svoystva Bumagi (Paper Properties). Lesnaya Promişlenost, Moskva.
- VAARASALO, J. 1999: Pulp and Paper Testing. Chapter 8.