

67170

T.C.
MARMARA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**REPRODÜKSİYON FİLMLERİNİN
DENEYSEL ve ANALİTİK İRDELEMESİ**

67176

Hazırlayan
Timur SOYSAL

DANIŞMAN ve KOORDİNATÖR : Prof. Mustafa ASLIER

JÜRİ ÜYESİ

: Prof. Halis BİÇER

JÜRİ ÜYESİ

: Yrd.Doç.Dr. Mehmet OKTAV

MATBAA EĞİTİMİ
DOKTORA TEZİ

İSTANBUL 1997

ÖNSÖZ

Elektronik ve özellikle bilgisayarların günümüzde çok hızlı bir gelişim göstererek, bir zamanlar öldü denilen dizgi sisteminin elinden tutup çağ atlattığı gibi reproduksiyon uygulamaları açısından da benzeri bir durum yaşanmaktadır. Bir görüşe göre reproduksiyon yok olmaya başlamıştır. Ancak reproduksiyon tıpkı bundan on - on beş bilemediniz yirmi yıl önce dizgi sistemlerinin yaşadıkları durumları yaşadığı da ortadadır. Günümüzde bir çok reproduksiyon işlemleri bilgisayar ortamında gerçekleşmektedir. Fakat neticede bilgisayar çıktılarının üst düzeyde kaliteli olması için; yüksek hassasiyet (çok ince detayları elde edebilme) ve yüksek yoğunluk (densite) değerlerine sahip olması için filmler kaçınılmaz malzemelerdir. Bir söz yerleşmiştir ya dilimize, yorumlayacak olursak:

“Görelim bilgisayar neyler, neylerse ...”

Gerek reproduksiyonda gerekse fotografide kullanılan filmleri incelemiş ve reproduksiyon filmleri ile çeşitli karakteristiklerini araştırdığım deneylerim alanında yapılan çalışmalara bir basamak olursa ne mutlu. Bu çalışmamın ortaya çıkmasında emekleri geçen ve matbaacılık eğitiminin yurdumuzda kurumlaşmasına büyük katkıları olan kıymetli hocam, danışmanım Prof. Mustafa Aslier'e ve diğer tüm hocalarıma, ayrıca matbaacılık alanında lisans üstü eğitimin başlatılmasında büyük katkıları bulunan başta eski dekanımız Prof. Dr. A. Sait Sevgener hocamıza ve onu nezninde diğer bu alanda emeklerini ortaya koyan özellikle Prof. Dr. Emre Dölen hocamıza, yine şu an bölümümüzün çağ atlaması hususunda ve diğer tüm akademik faaliyetlere özveri ile çalışan bölüm başkanımız Yard. Doç. Dr. Mehmet Oktav hocamıza ve diğer adlarını sıralayamadığım kıymetli hocalarımıza ve mesai arkadaşlarımıza teşekkürü bir borç bilirim. Bizleri devamlı kollayan ve iyiliğimizi murad eden bütün dost ve arkadaşlarıma, özellikle ebeveynime teşekkür boynumuzun borcudur.

ÖZET

Temelinde gümüş halojenürler olan filmler, bu halojenür maddelerin yanında bir çok yardımcı maddelerle desteklenmiş ve bugün kullandığımız filmler haline gelmiştir.

Tezin ilk bölümlerinde sırasıyla filmler, özellikleri ve çeşitleri açıklanmıştır. Üçüncü bölümde ise fotografi olayında filmler kadar etkisi olan ışık ve özellikleri, renk ve ton değerleri, ışık miktarı ölçümleri ve koyulukların rakamsal ifadesi anlatılmıştır.

Dördüncü bölümde ışığa duyarlı malzemelerin üretimi ve gümüş halojenürlere ilave olarak çeşitli sensitizör maddeler anlatılmış ve kullanıma sunulan filmlerin karakteristiklerinin nasıl kazandırıldığı açıklanmıştır.

Beşinci bölümde fotografi olayları anlatılmış, pozlandırma esnasında filmde ne gibi kimyasal olayların meydana geldiği açıklanarak bu elde edilen görüntünün daha sonra nasıl developpe edilerek filmdeki görüntünün sabitlendiği izah edilmiştir.

Deneyler kısmında ise çalışılacak olan reproduksiyon filminin karakteristik özelliklerini belirliyecek; renk duyarlığı, gradasyon özellikleri, poz-banyo süresi değişimlerinin gradasyona yapmış olduğu etkilerin incelendiği testler yapılmıştır.

Sonuçlar ve öneriler kısmında ise filmlerin, bulunan karakteristik özelliklerinin bizi yapacak olduğumuz reproduksiyon işlemlerini nasıl etkileyeceği ve çalışılacak filmin seçiminde dikkat edilmesi gereken unsurlar ortaya konularak önerilerde bulunulmuştur.

ABSTRACT

ANALYTIC AND EXPERIMENTAL RESEARCH OF REPRODUCTION FILMS

The films which are mainly silver halide have become the present films which are supported not only by silver halide but also by several other additional materials - which are spectral and chemical sensitizers, surfactants, etc.

Films and characteristics and types of films are described in an order in the initial parts. And in the third part you can find information about electromagnetic radiation and its characteristics, colour and saturation, the measurement of light density and the evaluation of the density.

In the forth part you are informed about the production of photographic materials and the process of sensitization and it is also described how the characteristics of ready films were given.

In the fifth part, the exposure, development and fixation of films at the process of photograph are explained.

In the part of experimental work you can see experiments to work out the characteristics of the film - colour sensitivity, the value of the gradation and other values.

Finally you can find suggestions on the vital points which are necessary during the process of reproduction to be done by evaluation of the importance of above mentioned data.

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ	II
ÖZET	III
ABSTRACT	IV
ŞEKİLLER LİSTESİ	VII
TABLolar LİSTESİ	X
1. GİRİŞ	1
2. IŞIĞA DUYARLI MALZEMELER (FİLMLER),	6
2.1. GENEL NİTELİKLER.....	6
2.2. REPRODÜKSİYON FİMLERİ.....	9
2.2.1. FİMLERİN YAPISI:	9
2.2.2. FİLM TÜRLERİ.....	11
2.2.2.1. Renk Duyarlılıkları Bakımından Filmler	11
2.2.2.2. Gradasyon Bakımından Filmler	12
2.2.2.3. Özel Amaçlı Filmler	13
3. IŞIĞIN YAPISI ve ÖZELLİKLERİ.....	15
3.1. ELEKTROMANYETİK IŞIMA.....	16
3.2. ELEKTROMANYETİK SPEKTRUM	19
3.3. IŞIĞIN YAYILMASI, YANSIMASI ve KIRILMASI :	20
3.3.1. Işığın Yansıma Özelliği :	21
3.3.2. Işığın Kırılma Özelliği :	22
3.4. GÖRÜNÜR IŞIK ve RENK:	23
3.4.1. Renklerin Toplanması :	24
3.4.2. Renklerin Çıkarılması :	25
3.4.3. Cisimlerin Renkleri :	26
3.5. IŞIK ÖLÇÜMLERİ, SENSİTOMETRİ :	27
4. IŞIĞA DUYARLI MALZEMENİN ÜRETİMİ.....	32
4.1. FOTOĞRAFİK KRİSTAL.....	38
4.1.1. Kristal Gelişimi	40
4.1.2. Yabancı Madde İlavesi.....	43

4.1.3. Emülsiyon Yıkama İşlemi	43
4.1.4. Kristal Özellikleri	45
4.2. TEPKİ ARTIRIMI.....	46
4.2.1. Kimyasal Duyarlılığın Arttırılması	47
4.2.2. Spektral Duyarlılığın Arttırılması.....	50
4.3. EMÜLSİYONA İLAVE EDİLEN DİĞER KATKI MADDELERİ.....	51
4.3.1. Dengeleyiciler	51
4.3.2. Sertleştiriciler	52
4.4. EMÜLSİYONUN KAPLANMASI.....	52
4.4.1. Kaplama Yüzeyi.....	52
4.4.2. Kaplama Teknikleri.....	53
4.4.3. Kaplama Yapıları	54
5. FOTOĞRAFİK İŞLEMLER	56
5.1. POZLANDIRMA İŞLEMİ.....	56
5.1.1. Pozlandırmanın Temeli.....	56
5.1.2. Reversal Pozlandırma	56
5.1.3. Işık Duyarlılık Hızı	57
5.1.4. Pozlandırmada Kullanılan Işık Enerjisi	58
5.1.5. Özel Poz Etkileri.....	60
5.2. DEVELOPMAN İŞLEMİ.....	62
5.2.1. Developman Çözeltilerinin Yapısı	62
5.2.2. Developman İşleminin Kimyası ve Oluşumu.....	65
5.2.3. Developman Süresince Gümüş İyonlarının Kaynağı:	67
5.2.4. Developman Sırasındaki Yakınlık Etkileri:	68
5.3. SABİTLEME - TESPİT BANYOSU	70
5.4. YIKAMA.....	73
5.5. DENGEME:.....	74
6. DENEYSEL ÇALIŞMALAR.....	75
7. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	110
KAYNAKLAR	116
ÖZGEÇMİŞ.....	120

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1-1:	Bir tipo baskı (yüksek baskı) hurufatı ve bölümleri.....	2
Şekil 2-1:	Doğal (amonyaksız) negatif fotoğraf emülsiyonlarındaki grenlerin 17750x büyütülerek çekilmiş fotoğrafı.....	7
Şekil 2-2:	Bünyesinde amonyak ihtiva eden negatif fotoğraf emülsiyonlarındaki grenlerin 17750x büyütülerek çekilmiş fotoğrafı.....	7
Şekil 2-3:	Siyah-beyaz negatif fotoğraf filminin şematik kesiti. (1) Koruyucu tabaka, (2)üst (ana) emülsiyon tabaka, (3) alt emülsiyon tabaka, (4) Bağlayıcı tabaka, (6) taşıyıcı tabaka, (7) boya (anti-halo) tabakası.	8
Şekil 2-4:	(I) Renkli negatif fotoğraf filmi ve (II) renkli fotoğraf kağıdının şematik kesiti. (I) Renkli negatif fotoğraf filmi: 1.Maviye hassas emülsiyon tabaka, 2.Sarı filtre tabakası, 3.Yeşile hassas emülsiyon tabakası, 4.Kırmızıya hassas emülsiyon tabakası, 5.Alt tabaka, 6.Selüloid taşıyıcı, 7. Anti-halo ve antistatik tabaka. (II) Renkli fotoğraf kağıdı: 1.Koruyucu ve ara jelatin tabaka, 2.Maviye hassas emülsiyon tabaka, 3.Sarı filtre tabakası, 4.Yeşile hassas emülsiyon tabakası, 5.Kırmızıya hassas emülsiyon tabakası, 6.Barita (baryumsülfat, beyaz tabaka) tabaka, , 7. Kağıt taşıyıcı.	9
Şekil 2-5:	Bir reproduksiyon filminin şematik kesiti. 1- Koruyucu tabaka, 2- Emülsiyon tabakası,.....	10
Şekil 2-6:	Renk duyarlılıklarına göre reproduksiyon filmlerinin spektral duyarlıkları :	12
Şekil 2-7:	Bazı filmlerin gradasyon eğrileri.	13
Şekil 3-1:	Huygens prensibi (a) düzlem dalga, (b) küresel dalga.	16
Şekil 3-2:	Bir elektromanyetik dalganın şematik olarak gösterilişi.(E) elektrik alan dalgasının bileşeni, (M) manyetik alan dalgasının bileşeni.	17
Şekil 3-3:	Elektromanyetik ışımının bir dalga olarak gösterilmesi.	18
Şekil 3-4:	Dalga boyları farklı iki elektromanyetik dalganın şematik gösterimi.	18
Şekil 3-5:	Elektromanyetik spektrumda ışıma bölgeleri.....	20
Şekil 3-6:	Işık bir engele çarpınca kenarından dolaşır. Kırınım Özelliği.....	21
Şekil 3-7:	Yansıma olayı, gelme açısı (f) ile yansıma açısı (f') eşittir.	22
Şekil 3-8:	Kırılma olayında bir miktar ışın yansımaya maruz kalır.	22
Şekil 3-9:	Beyaz ışığın prizmadan geçirilmesi ile bileşke renkler perde üzerinde ayrılır.....	23
Şekil 3-10:	Renklerin eklenmesi, ışıksal (toplamsal) renk karışım yöntemi.....	24
Şekil 3-11:	Renklerin çıkarılması, maddesel (çıkarcı) renk karışım yöntemi.	25
Şekil 3-12:	Beyaz bir cisimden birincil ışıksal renklerin hepsi yansımaktayken, cyan algılanan bir cisimde ise cyanın komplementeri absorblanmakta diğer iki renk yansıyarak bileşke renk olarak cyan'ı oluşturmaktadır.	26
Şekil 3-13:	Beyaz, magenta, cyan, sarı ve siyah renkli cisimlerden birincil ışıksal renklerin yansımaları	27
Şekil 3-14:	HSB renk ölçüm sisteminde değişik renklerin değerleri.	28
Şekil 3-15:	Çeşitli renklerin Lab ve HSB renk ölçüm sistemine göre karşılıkları. (1) ile (2), (3) ile (4) ve (5) ile (6) aynı renklerin karşılıklarıdır.	28
Şekil 3-16:	Opak ve transparan orijinalde gelen (Io) ve yansıyan (geçen) (I) ışıklar.	29

Şekil 4-1: Fotografik işlemlerin akış şeması.	33
Şekil 4-2: Işığa hassas materyalin hazırlanışı.	34
Şekil 4-3: Duyarlılık arttırıcı boyarmaddenin (a) Ag Cl ve (b) Ag Br kristallerinin emicilikleri üzerindeki etkisi. Boya seviyeleri: $A = 0$, $B = 3.3 \times 10^{-4}$, $C = 4.4 \times 10^{-4}$, $D = 5.5 \times 10^{-4}$ ve $E = 6.6 \times 10^{-4}$ mol.boya/ mol.gümüştür. Bu da kristal yüzeyinin nanometre karesine 0.5 - 1.0 boyarmadde molekülü demektir. Spektral duyarlılık arttırıcı boyarmaddenin 1.1'dietil, 2.2'siyanüridiyonudur ve Ag (Br,I)kristali içerisindeki iyodür miktarı % 2.5 dur.	36
Şekil 4-4: Duyarlılık arttırıcı boyarmaddenin (c) Ag (Br, I) kristallerinin emicilikleri üzerindeki etkisi. Boya seviyeleri: $A = 0$, $B = 3.3 \times 10^{-4}$, $C = 4.4 \times 10^{-4}$, $D = 5.5 \times 10^{-4}$ ve $E = 6.6 \times 10^{-4}$ mol.boya/ mol.gümüştür. Bu da kristal yüzeyinin nanometre karesine 0.5 - 1.0 boyarmadde molekülü demektir. Spektral duyarlılık arttırıcı boyarmaddenin 1.1'dietil, 2.2'siyanüridiyonudur ve Ag (Br,I)kristali içerisindeki iyodür miktarı % 2.5 dur.	37
Şekil 4-5: Film plakasını, emülsiyon katmanını ve koruyucu dış tabakayı gösteren bir film tabakasının kesiti Emülsiyon katmanının kalınlığı yaklaşık 2.10^{-5} m dir.	37
Şekil 4-6: AgBr şebeke yapısı.	39
Şekil 4-7: Gümüş halojenür grenlerinin yapıları. (a) Kübik yüzeyli kristaller 2.5×10^{-8} mol / L. 20.000x gümüş iyonu yoğunluğu bulunan bir ortamda çöktürülmüşlerdir. (b) Sekizgen yüzeyli kristaller daha düşük gümüş iyonu yoğunluğu (6.0×10^{-9} mol / L. 9600x) bulunan ortamda çöktürülmüştür.	40
Şekil 4-8: Farklı kristal yapılarının yüzeylerindeki iyon yerleşimleri ve iyonlararası ayırışmalar. AgBr ve AgCl için iyonlar arası ayırışmalar verilmiş olup parantez içine alınmış değerler AgCl'e aittir. Bromür ve klorürün farklı yarıçapları nedeniyle iyonlararası ayırışmalar AgBr için daha büyüktür.	42
Şekil 4-9: Gümüş halojenür kristallerinin bant modelindeki enerji seviyeleri bükülme sınır en fazla bant boşluğunun 0.1 katıdır. AgBr için bant boşluğu 4.17×10^{-19} J (2.60eV), AgCl için bant boşluğu 4.84×10^{-19} J (3.02eV) dur. (Bu değerler 298 °K için geçerlidir.)	44
Şekil 4-10: Kimyasal duyarlılık arttırıcının etkilerini gösteren karakteristik eğriler.	49
Şekil 4-11: Hızlandırılan bir boyarmadde molekülünden bir gümüş halojenür kristaline elektron aktarımı.	49
Şekil 4-12: Yaygın kullanılan üç kromoforun rezonans yapıları gösterilmiştir.	50
Şekil 4-13: Şekil - 14: Anti - Halo katmanı olmadan filmin arka tabakasına ulaşan ışık ışınları geri yansıma yaparak halelenme meydana getirir (solda). Oysa anti-halo boya tabakası filmin arka tabakasına ulaşan ışığı absorbe ederek halelenme oluşumunu engeller.	54
Şekil 4-14: Çeşitli fotografik ürünlerin sensitometrik eğrileri.	55
Şekil 5-1: Bir gümüş halojenür kristali yüzeyindeki develop edilen gümüş zerresi. Gümüş zerresi gümüş iyonlarının elektrokimyasal indirgenmesinde bir elektrot görevi yapar. Developman molekülü, D, develop edilen gümüş zerresine bir elektron	

	verilir, bu elektron yaklaşan bir gümüş iyonu tarafından nötrale edilir ve bu gümüş iyonu gümüş elementine dönüştürülür.	67
Şekil 5-2:	Banyo sırasında meydana gelen kenar etkileri. Bir bıçak kullanılarak ışığa maruz bırakılan ve pozlandırılmayan grenlerin mikrodensitometre ile yapılan ölçümü, difüzyon işlemlerinin developman esnasındaki etkilerini açığa çıkarmaktadır.	69
Şekil 5-3:	10 µm ve 1000 µm'lik çizgi kalınlıkları için X - Işını pozlarının mikrodensitometre çizimleri.	70
Şekil 6-1:	Spektral hassasiyet test yapılan Orijinal orijinal örneği, Corel DRAW 4.0.....	75
Şekil 6-2:	Arkadaş Makina, AMK Lith Film	75
Şekil 6-3:	Kodak ULTRATEC, UGF Film	76
Şekil 6-4:	Kodak ULTRATEC, UPF Film.....	76
Şekil 6-5:	Fuji GRANDEX GR100 Film.....	76
Şekil 6-6:	Agfa Gevaret , N 51p Naturel Film.....	76
Şekil 6-7:	Deneyde kullanılan bütün filmlerin spektral duyarlık test sonuçları grafiği.	77
Şekil 6-8:	Tire orijinallerden yapılan çekimlerde ideal poz süresini bulmada kullanılan orijinal, (Büyütme, 2x).	78
Şekil 6-9:	Tire orijinallerden yapılan çekimlerde ideal poz süresi bulunduğundan sonra filmin gradasyon değerini bulmak için kullanılan test orijinalinin yanına konan bir kademeli gri skala.	78
Şekil 6-10:	Pozun az gelmesi durumunda karşılaşılan sonuç, (Büyütme, 4x).	79
Şekil 6-11:	Verilen pozun az gelmesi durumunda gri skaladan elde edilen sonuç.	79
Şekil 6-12:	Pozun çok gelmesi durumunda karşılaşılan sonuç, (Büyütme, 4x).	79
Şekil 6-13:	Poz süresinin çok verilmesi durumunda gri skaladan elde edilen sonuç.	79
Şekil 6-14:	Poz süresinin normal olması durumunda gri skaladan elde edilen sonuç.	80
Şekil 6-15:	(Tablo 6-2) de tespit edilen değerlerin çizgi grafik şeklinde gösterimi.....	81
Şekil 6-16:	Arkadaş Makina, AMK Lith Film, Lith Banyo, 20 °C, 2' 45" şartlarında Fuji GRANDEX GA100 Filmin 5, 10, 20 ve 30 sn poz zamanlarında pozlandırmadan elde edilen sonuçların grafiği.....	82
Şekil 6-17:	Fuji GRANDEX GA100 Film, Fuji GRANDEX SGX100 Developer, 20 °C, 2' 45" şartlarında Arkadaş Makina, AMK Lith Filmin 5, 15 ve 30 sn poz zamanlarında pozlandırmad elde edilen sonuçların grafiği.....	83
Şekil 6-18:	Banyo kullanıldıkça elde edilen sonuç itibarıyla gradasyon eğrisindeki değişim grafiği.	84
Şekil 6-19:	Banyo kullanımından dolayı filmde elde edilen sonuç değişimlerinin gri skala üzerinden alınan örnek değerlerin sütun grafik şeklinde gösterilmesi.	85
Şekil 6-20:	Kodak ULTRATEC UGF Filmin 5 sn poz verilmek suretiyle 1, 2, 3 ve 5 dakika developman banyosu neticesinde elde edilen ton eğrileri.	88
Şekil 6-21:	Kodak ULTRATEC UGF Filmin 10 sn poz verilmek suretiyle 1, 2, 3 ve 5 dakika developman banyosu neticesinde elde edilen ton eğrileri.	89
Şekil 6-22:	Kodak ULTRATEC UGF Filmin 15 sn poz verilmek suretiyle 1, 2, 3 ve 5 dakika developman banyosu neticesinde elde edilen ton eğrileri.	90

Şekil 6-23: Kodak ULTRATEC UGF Filmin 20 sn poz verilmek suretiyle 1, 2, 3 ve 5 dakika developman banyosu neticesinde elde edilen ton eğrileri.	91
Şekil 6-24: Kodak ULTRATEC UGF Filmin 5, 10, 15 ve 20 sn poz verilmek suretiyle 1 dakika developman banyosu neticesinde elde edilen ton eğrileri.	92
Şekil 6-25: Kodak ULTRATEC UGF Filmin 5, 10, 15 ve 20 sn poz verilmek suretiyle 2 dakika developman banyosu neticesinde elde edilen ton eğrileri.	93
Şekil 6-26: Kodak ULTRATEC UGF Filmin 5, 10, 15 ve 20 sn poz verilmek suretiyle 3 dakika developman banyosu neticesinde elde edilen ton eğrileri.	94
Şekil 6-27: Kodak ULTRATEC UGF Filmin 5, 10, 15 ve 20 sn poz verilmek suretiyle 5 dakika developman banyosu neticesinde elde edilen ton eğrileri.	95
Şekil 6-28: Fuji GRANDEX GA100 Filmin 5 ve 10 sn poz verilmek suretiyle 1, 2, 3 ve 5 dakika developman banyosu neticesinde elde edilen ton eğrileri.	96
Şekil 6-29: Fuji GRANDEX GA100 Filmin 15 sn poz verilmek suretiyle 1, 2, 3 ve 5 dakika developman banyosu neticesinde elde edilen ton eğrileri.	97
Şekil 6-30: Fuji GRANDEX GA100 Filmin 20 sn poz verilmek suretiyle 1, 2, 3 ve 5 dakika developman banyosu neticesinde elde edilen ton eğrileri.	98
Şekil 6-31: Fuji GRANDEX GA100 Filmin 5, 10, 15 ve 20 sn poz verilmek suretiyle 1 dakika developman banyosu neticesinde elde edilen ton eğrileri.	99
Şekil 6-32: Fuji GRANDEX GA100 Filmin 5, 10, 15 ve 20 sn poz verilmek suretiyle 2 dakika developman banyosu neticesinde elde edilen ton eğrileri.	100
Şekil 6-33: Fuji GRANDEX GA100 Filmin 5, 10, 15 ve 20 sn poz verilmek suretiyle 3 dakika developman banyosu neticesinde elde edilen ton eğrileri.	101
Şekil 6-34: Fuji GRANDEX GA100 Filmin 5, 10, 15 ve 20 sn poz verilmek suretiyle 5 dakika developman banyosu neticesinde elde edilen ton eğrileri.	102
Şekil 6-35: Çoktonlu (yarımton) orijinal ve gri skala.....	103
Şekil 6-36: Tram kullanılmadan 10 sn poz verilerek yapılan çekim.....	104
Şekil 6-37: Tramsız olarak 20 sn poz verilerek yapılan çekim.	104
Şekil 6-38: Tramsız olarak 60 sn poz verilerek yapılan çekim.	105
Şekil 6-39: Gradasyonu yumuşak (gamma:3,) Agfa Gevaret N 31p film ile yapılan tramlı çekimde elde edilen noktanın görünümü.....	105
Şekil 6-40: Çok sert gradasyonlu olmayan bir film kullanıldığında tram noktasının görünümü.	105
Şekil 6-41: Çok sert gradasyonlu bir film kullanıldığında tram noktasının görünümü.	106
Şekil 6-42: Anapoz süresinde yapılan değişik denemelerin ton eğrileri.	108
Şekil 6-43: Anapoz değiştirilmeden flaş poz süresi değişikliklerinin ton eğrisine etkisi.	108
Şekil 6-44: Anapoz ve flaş poz sürelerinde yapılan değişikliklerin ton eğrileri üzerinde yapmış olduğu değişiklikler.	109
Şekil 7-1: Tire çalışmalarda doğru poz süresini tespitinin önemi.....	112

TABLolar LİSTESİ

Tablo 2-1: Değişik özelliklerdeki fotografik emülsiyonların ortalama gren büyüklükleri ve cm^3 başına düşen gren sayıları.	7
Tablo 2-2: Bazı modern fotografik emülsiyonların bağıl hassasiyetleri	8
Tablo 3-1: Görünür bölgeye yakın ışınların dalga boyu sınırları.	19
Tablo 3-2: Birincil renklerin ikiye ikiye toplanmasıyla ikincil renklerin oluşumu.	24
Tablo 3-3: Maddesel (çıkarcı) renk karışım göre renklerin oluşumu.	25
Tablo 3-4: Opaklık ve Saydamlık değerlerinin değer aralığı.	30
Tablo 3-5: Geçen ışık (I), saydamlık (T), opaklık (O) ve Densite (D) değerlerinin karşılık tablosu.	31
Tablo 4-1: Tablo-1:Amidinyum İyonu Kromofor serileri için maksimum ışık emiciliği.....	51
Tablo 5-1: Filmlerin ışık duyarlık hızlarını ifade eden değişik birimlerin karşılık tablosu.	59
Tablo 6-1: Deney Sonuç Tablosu.....	77
Tablo 6-2: Değişik filmlerden normal tire poz süresinde yapılan çekimlerden gri skala üzerindeki ölçüm değerleri, ve elde edilen gamma değerleri.	80
Tablo 6-3: Eski teknoloji lith film ve banyosu ile yeni teknoloji ürünü filmlerden Fuji GRANDEX GA100 Film ile banyosunun birbirinde denenmesi.	82
Tablo 6-4: Daveloperin çok kullanımından dolayı aktivite azalması deney sonuçları.	84
Tablo 6-5: Fuji GRANDEX GA100 filmin değişik poz ve banyo sürelerinde yapılan çekim sonuçları.....	86
Tablo 6-6: Kodak ULTRATEK UGF filmin değişik poz ve banyo sürelerinde yapılan çekim sonuçları.....	87
Tablo 6-7: Sadece Anapoz Süresi Değiştirilerek yapılan çekimlerin ton eğrileri.....	106
Tablo 6-8: Anapoz süresi sabit, Flaş poz süresi değiştirilerek yapılan çekim sonuçları:.....	107
Tablo 6-9: Anapoz ve flaş poz süreleri değiştirilerek yapılan çekim sonuçları:.....	107

1. GİRİŞ

Yazının ilk icadıyla birlikte insanoğlu fikir, görüş ve bildiklerini çoğaltmanın, saklamanın yollarını aramıştır. Önceleri silindir şeklindeki kalıplar veya damgalarla kil ve balmumu üzerlerine ilkelde olsa ilk baskı çalışmalarını gerçekleştirmişlerdir. Bu kalıplar ağaç veya tuğla (pişmiş toprak) kalıplardan oluşmuştur. Aynı ayrı birbirinden bağımsız harflerle baskı, önce Çin'de yapılmıştır. Bu yüzden de matbaanın ilk bulucusu olarak Çinliler bilinmektedir. Oysa basit tahta klişelerden tek tek harflerle matbaa tekniğini geliştirip, dayanıklı sert tahtadan dökülmüş (oyulmuş) ilk defa gerçek manada matbaayı icat edenler ve bu matbaa tekniği ile kitap basanlar MS. VIII - IX yüzyıllar arası Uygur Türkleri olmuştur.^{1, 2, 3}

Daha sonraki devirlerde arkeologların araştırmalarında, Uygur harfleri ile yüzlerce matbaa harfleri ve Uygur kitapları bulunarak ortaya çıkarılmış ve böylece matbaa diye adlandırılan tek tek harflerle ilk kitap basanların, ne Çinli ne de Avrupalılar olmadığı ortaya çıkarılmıştır. Matbaanın mucidi olarak bilinen Gutenberg matbaanın değil çağdaş matbaacılığın ilk kurucusu olarak tarihe geçmiştir. O, 1041'de Çin ve Uygur Türklerince dökülen tek tek madeni harfleri alarak ve geliştirerek baskıya geçmiş ve böylece çağdaş matbaacılığın öncüsü olmuştur.

Gutenberg'le gelişim süreci başlayan matbaacılık uzun yıllar sistem formunda bir değişiklik olmadan süregelmiştir. Bu baskı tekniğine yüksek baskı anlamında yani baskıyı gerçekleştiren yüzeylerin baskı yapmayan yüzeylere göre daha yüksekte olduğu baskı tekniğine tipo baskı adı verilmiştir. 1780 yılında Stanhope adlı bir Alman tarafından el tezgahı diye adlandırılan sonsuz vida ilkelerine göre çalışan tahtadan yapılan baskı makinaların yerine metalden el tezgahını yapıncaya kadar bu baskı makinalarında bir değişiklik bile olmamıştır.⁴

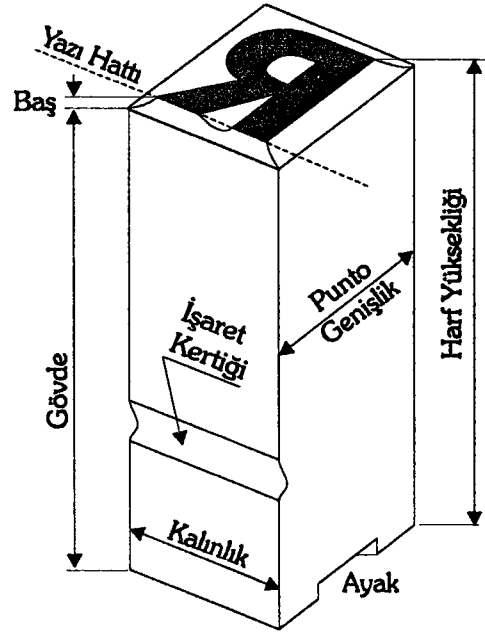
Gutenberg'le gelişim sürecine giren matbaacılık harf ve diğer simgelerin (hurufatların) baskı işlemini yavaşta olsa rahatlıkla gerçekleştirebilmekte ancak resim, çizim gibi standart hurufatlarla baskı yapma imkanı olmayan nesnelerin baskısı işleminde gene eski usullere yani ressam vs. sanatkarların el oymacılığıyla baş vurularak baskı gerçekleşmekte idi. Bu yüzden bu tür işlerin baskısındaki benzerlik ve baskı kalitesi tamamen oymacı ustasının yeteneklerine dayanmaktaydı.

¹ ÖZTUNA, Yılmaz., Büyük Türkiye Ansiklopedisi, Cilt 1 - 6,

² Yeni Türk Ansiklopedisi, Cilt 1

³ Türk Ansiklopedisi, Cilt 5

⁴ ÖZCOŞKUN, A., MERT, H., Tipo Baskı Teknolojisi, Devlet Kitapları, İstanbul, 1982



Şekil 1-1 : Bir tipo baskı (yüksek baskı) hurufatı ve bölümleri¹

Gutenberg'le gelişen tek tek hurufatlarla yapılan yüksek baskı tekniğinin yanında sonraları ofset baskı adıyla anılacak olan düz taş baskı (litografi) tekniği 1800'lü yıllardan itibaren gelişmeye başlamıştır. 1905 yıllarında ise Amerikalı J,W, Rubel ve 1907 yıllarında ise Alman Caspar Heman taş kalıplar yerine çinko kalıplar bugünkü manada ofset baskı tekniğini ilk olarak uygulamışlardır.

Tipo baskı tekniğinde kalıp direkt baskı materyali ile (kağıt) temas ederken ofset baskıda ise baskı yapan kısımlarla yapmayan kısımlar arasında bir yükseklik farkı olmaması nedeniyle baskı tirajının yükseltilmesi için kalıptaki görüntü önce blanket adı verilen aktarıcı bir kauçuk üzerinden transfer edilerek kağıt üzerine baskı işlemi gerçekleştirilir.

Önceleri bu ofset baskı tekniğinin başlangıcı olarak saydığımız taş baskı işleminde (litografi) önceleri yüksek baskıdaki el oymacılığı gibi lito taşı üzerine yağlı kalemle görüntü işlenmekte ve görüntü taş üzerinden direkt kağıt üzerine aktarılmaktaydı. Ancak yağlı kalemle yapılan bu el yapımı görüntü işleme tekniğinde yüksek bir baskı sayısı elde edilememekte idi. Işığa duyarlı amonyum bikromatlı polimer malzemelerin keşfi ile ofset baskı tekniği taş kalıplardan kurtularak onun yerine çinko gibi metal kalıplara geçilmiştir.

Bu kalıplarda emülsiyon olarak kullanılan ışığa duyarlı solüsyonların keşfi ile baskısı istenen görüntüler fotografik yöntemlerle ışık marifetiyle kalıp üzerine aktarılmaya başlamıştır. Bu keşiflerle salt görüntülerin saklanması şeklinde düşünülen fotografi işlemlerine yeni bir boyut getirerek matbaa fotografisi olarak

¹ ÇELİK, M., ÜNAL, A., Dizgi Teknolojisi, Devlet Kitapları, İstanbul, 1982

özdeşleştirebileceğimiz repro-fotografinin meydana gelmesine sebep olmuştur. Böylece fotografik yöntemlerle yazı ve çizgi unsurlarından oluşan hurufatların ötesinde resimlerin baskısı da bu sayede aslına uygun olarak ve bir ressamın benzetisine ihtiyaç duyulmadan baskı işlemleri mümkün olmaktadır.

Reprodüksiyon (reproduction) genel manada “kopya etmek, suret çıkarmak; tekrar meydana getirmek; yeniden hâsıl etmek” gibi bir anlam ifade etmektedir. Her hangi bir nesnenin, objenin benzerini, kopyasını yapmak veya yeniden üretmek anlamlarını kapsamaktadır.¹ Matbaa literatüründe ise basılacak olan objelerin (orijinallerin) baskı tekniklerinin ihtiyaçları doğrultusunda baskıya hazırlanması işlemlerinin tümünü kapsar ve bu işlemleri ise fotografik yöntemler kullanmak suretiyle gerçekleştirir.²⁻³⁻⁴

Orijinallerin basılabilir hale getirilmesi işlemlerini kapsayan reproduksiyon, bu işlemleri fotografik yöntemlerle hazırladığını ifade etmiştik. Bu noktadan yaklaşımla uygulamada değişik işlemler (teknikler) kullanılmakla birlikte yapılan işlemlere yaklaşım yapıldığında değişik nitelikteki fotografik malzemeler üzerine orijinalin görüntüsü ışık marifetiyle aktarılır ve bu elde edilen görüntü çeşitli kimyasal işlemlerle geliştirilerek (develope ederek) kullanılır hale getirme işlemlerini kapsamaktadır.⁵⁻⁶ Fotografi olayının kelime manasına baktığımızda Lâtince Fotos (ışık) ve Graph (çizmek) kelimelerinin birleşiminden oluştuğunu ve ışıkla resm etmek, çizmek anlamlarını ifade ettiğini gözlemledik. Fotografi olayının iyi kavranması için önce ışığın tanınması daha sonra ise ışığa duyarlı malzemenin bilinmesi gerekir. Zira ışığa duyarlı malzeme üzerinde (filmde) istenen görüntünün oluşması için ışık bilinmeli ve ona uygun malzeme seçimiyle istenen sonuca ulaşılmalıdır.

Reprofotografinin kronolojik gelişim süreci:

1452...Leonardo Da Vinci tarafından ilk karanlık oda deneyimleri yapıldı. Da Vinci karanlık oda deneylerini yaparken karanlık bir kutunun duvarındaki delikten karşı duvara çarpan ışık ışınlarının “ışık resmi” meydana getirdiğini görmüştü (Kamera Obscura).

1568...Daniel Barbora delikli kamera için ilk objektifi yaptı.

1666...Isaac Newton beyaz ışığın prizmada kırılarak tayf renklerine ayrıldığını keşfetti.

¹ ALDERSON, A.D. : The Concise Oxford Turkish Dictionary, ABC Kitabevi A.Ş., İstanbul, 1987.

² YAMAN, R., ANADOL, D. : Reprodüksiyon ve Klişe Teknolojisi, Milli Eğitim Basımevi, İstanbul, 1984.

³ MIKOLASCH, W.: Schwarzweiß - reproduktion, Polygraph Verlag GmbH., Frankfurt, 1983.

⁴ FIEBIG, D., BECK, K.H.: Reprotechnik, , Verlag Beruf + Schule, Itzehoe, 1988.

⁵ BAUER, F. : Lexikon der Reproductions-technik, Verlag Beruf + Schule, Itzehee, 1986.

⁶ MIKOLASCH, W.: Schwarzweiß - reproduktion, Polygraph Verlag GmbH., Frankfurt, 1983.

- 1728...Johann Heinrich Schultze tarafından günümüzdeki fotografik metodların temelini oluşturan gümüş tuzlarının ışığa duyarlılığı keşf etti. Schultze, içinde gümüş bulunan tebeşir çamurunun siyahlanmasının ışık etkisinin sonucunda olduğunu buldu.
- 1819...Sör John Herschel'in ilk olarak fiksaj (tespit) banyosu keşf edildi.
- 1826...Carl August Vans Steinheil öncekilere oranla daha güçlü bir objektif geliştirerek ilk fotoğraf makinesini yaptı. Bu makinenin ebadı 8 x 11 cm idi.
- 1826...Antoine Balard gümüş bromürü keşfederek ışığa duyarlı emülsiyon olarak kopya amacıyla kullandı.
- 1829...Fransız Louis Daguerre daha önce keşfedilen ışığa duyarlı eriyikleri kullanarak görüntü kaydetmeyi başardı. Fakat bu yöntem henüz bir fotografi metodu olarak kullanılabilecek durumda değildi. Çünkü resim ters olarak bir defalık elde ediliyor ve kopya edilemiyordu. Ayrıca bu, ışığa duyarlı emülsiyonun duyarlılığı henüz çok azdı.
- 1831...Louis Daguerre gümüş iyodür'ü keşfetti.
- 1835...William H. Fox Talbot kamerada gümüş iyodürlü duyarlı tabakalı kağıda ilk negatif resmi çekti. Sonra elde ettiği negatiften diğer bir kağıda kopya yaparak pozitif sonuca ulaştı. Daha sonra gümüş-bromür tabakalı kağıda ilk kalıcı pozitif resim gerçekleştirildi.
- 1839...Fotografinin keşif yılı olarak kabul edildi ve 19.8.1839'da kamuoyuna açıklandı.
- 1851...Fotografide bir dönüm noktası olmuştur. İngiliz Sir Frederic Scot Archer, cam plakalar üzerine gümüş-iyodürlü yaş kolodyum metodunu buldu. Gümüş bromürlü kolodyum emülsiyonu ve gümüş bromürlü kuru plakalar ile deneylere de bu zamanlarda başlandı. Yaş kolodyum metodu reproduksiyonda 100 yılı aşkın bir süre kullanılmıştır.
- 1860...Louis Ducas du Havran renkli resimlerden, renk filtreleri yardımıyla renkli resimler çıkarmayı başarıp, renk ayrımının temelini attı.
- 1873...Berlin'de H.W. Vogel optik renk duyarlılığı veren maddeleri yani sensibilizatörleri keşfetti.
- 1873...Münih'te de Profesör Albert otoparbstof'u yani "kendinden boyayı" ve tramli resimlerin çekilmesinde ilk defa işe yarayabilen bir kolodyum emülsiyonu da meydana getirdi.
- 1881...Münih'de George Meisenbach'ın bir çizgi tram yardımıyla ilk tramli negatifi elde etti. Daha sonra buna uyularak ilk basılabilen klişeler yapıldı. Maden üzerine emaye kopya'yı keşfeden Amerikalı Ives cam üzerine çizilmiş tramlar ile ototipi'yi başardı. Böylece cam içine hazırlanmış kare şeklinde çizgili tramlar geniş ölçüde Amerika'da imal edilip, bütün dünyaya yayıldı.
- 1883...İngiltere'de H.B. Barkeley, sodyum sülfid kullanarak fotoğraf banyosunu geliştirdi.

- 1886...Jena da Ernest Abbe kusursuz apokromatik yani renklenme kusuru giderilmiş objektifi geliştirdi.
- 1890...Fransız fizikçi Gabriel Lippman ilk kullanılabılır renkli fotoğraf metodunu buldu.
- 1898...Gugen Albert'in ilk olarak foto mekanik maskeleme metodunu geliştirdiği yıl oldu.
- 1903...Adolf Miethe ve Arthur Traube Münih'te tüm renklere duyarlı emülsiyonu geliştirerek, pankromatik film yapımına olanak tanıdılar.
- 1905...Agfa firması asetat film taşıyıcı tabakasını yaptı.
- 1909...Rudolf Fischer çok tabakalı (katmanlı) renkli film yapımı için temel kuralları belirledi.
- 1920...Schorscharsky, Bern-Typen Firmasındaki ilk reproduksiyon filmini imal etti.
- 1930...Avrupa ve Amerika'da siyah-beyaz ve renkli reproduksiyon için repro kamera yapımına başlandı. Frankfurt'ta Klimsch firması ilk vertikal (dikey) otomatik repro kamerasını imal etti.
- 1935...Amerikan Kodak firması renkli Kodachrom filmini imal etti.
- 1939...Çekilen filmlerdeki koyulukları ölçebilecek ilk cihaz (densitometre) imal edildi.
- 1942...Agfa firması ilk renkli kağıt kopyasını Agfacolor negatif-pozitif metoduyla gerçekleştirdi.
- 1945...Amerikan Kodak firması Kodak-Ektachrom renkli filmini imal etti.
- 1946...Aynı firma ilk kontakt tramı imal etti.
- 1947...Walter Havey ve George Washington Amerika'da ilk elektronik kazıma makinesini geliřtirdiler.
- 1949...Amerika'da ilk olarak elektronik renk ayırma makinası geliştirildi.
- 1950...Alman Rudolf Hell'in Avrupada elektronik renk ayırma makinesini (Klischograph) geliştirdi.
- 1965...Dr. Rudolf Hell Almanya'da ilk olarak renk ayırma makinesini (chromagraph) imal etti.
- 1968...Yılında ise Agfa-Gevaert firması "Gevarex-Combi Sistemi"ni geliştirdi.
-
- 1997...Günümüzde özellikle bilgisayar teknolojisinin çok hızlı gelişimine paralel olarak reproduksiyon işlemleri de değişim göstererek bir çok işlemi karanlık oda çalışmasına ihtiyaç duymadan bilgisayar ortamında gerçekleştirebilmektedir...

2. IŞIĞA DUYARLI MALZEMELER (FİMLER),

2.1. GENEL NİTELİKLER

Bünyesinde gümüş halojenürler ihtiva eden fotografik filmler, fotoğraf kağıtları, nükleer fizik alanında kullanılan taşıyıcısız (unsupported) fotografik tabakalar ve bunun gibi modern fotografik malzemeler kullanım alanlarının ihtiyaçları göz önüne alınarak değişik özelliklerde üretilmektedir.

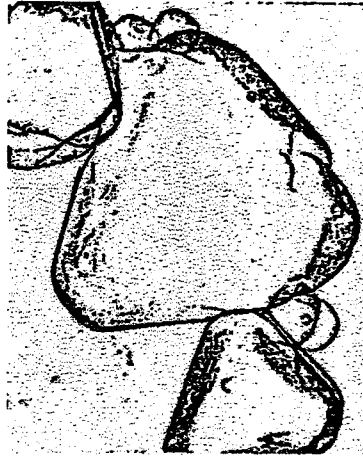
Işığa duyarlı bir fotografik malzeme bir yada birkaç tabakadan oluşan emülsiyon tabakasından ve taşıyıcı tabakadan oluşur. Temelde değişik özelliklerdeki fotografik malzemelerin emülsiyon ve diğer katmanları arasında fark yoktur. Ana farklar kullanım amacına uygun boyutlarında ve elektromanyetik ışımaya içindeki spektral duyarlılıklarındadır. Bu spektral duyarlılıklarını yani ışığa karşı duyarlılıklarını halojenür kompozisyonu, gümüş halojenür kristallerinin boyutları, bu halojenür komplekslerinin spektral duyarlılıkları, mikro kristallerin bulunduğu jelatin ve bunun yerini alabilecek diğer sentetik malzemelerin özellikleri, değişik katkı malzemeleri (sensitizör boyarmadde ve renkli filmlerdeki renklendirici boyarmadde ve bu gibi madde gurupları) ve diğer yardımcı katmanları tespit ederler.

Emülsiyon tabakaları ışığa karşı duyarlı gümüş bromür (AgBr) veya gümüş klorür (AgCl) gibi gümüş halojenürün gren adını verdiğimiz mikro kristallerinin, üzerine (lifler arasına) yerleştirildiği jelatin liflerinden oluşur. Bu grenler karışık kristaller halinde az bir oranda olsa bile gümüş iyodür (AgI) kristalleri de ihtiva ederler¹. Bu gren adını verdiğimiz kristallerin ortalama büyüklüğü $0,03 \mu$ (Lipmann emülsiyonu) ile $1 - 2 \mu$ 'na (yüksek ışık hassasiyetli kaba grenli filmlerin emülsiyonu) kadar muhtelif büyüklüklerde değişkenlik göstermektedir. (Tablo 2-1)

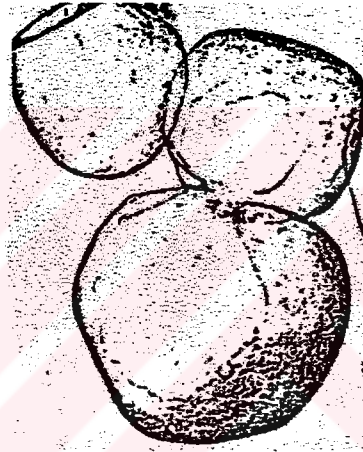
Gümüş halojenür grenler emülsiyon içinde gelişi güzel yerleşik olup emülsiyon kalınlığı $20 - 100$ gren kalınlığında tabakalardan oluşur. Yani film üzerindeki emülsiyon tabakasının toplam kalınlığı filmin cinsine göre değişmek üzere 3 ile $25 - 30 \mu$ arasındadır. Özel kullanımlar için özel olarak imal edilen bazı filmlerde bu kalınlık dahada fazla olabilmektedir. Örneğin nükleer fizik alanında kullanılan filmlerde bu kalınlık $400-600 \mu$ civarındadır². Emülsiyon içindeki grenler büyük şekil farklılıkları göstermelerine rağmen (küresel, üçgen, altıgen, kare ve çubuk şeklinde olabilir) gümüş bromür kristalleri daima kübik kristal yapısındadır. Grenlerin böyle farklı şekillerde yapılanmalarının sebebi düzgün aralıklarda duran gümüş iyonları ile düzgün olmayan bir sıralanma ile duran halojen iyonları (Cl^- , Br^- ve I^-) bir araya gelerek grenler meydana gelir.

¹ ZELIKMAN, V. L., LEVI, S. M.: Making and Coating Photographic Emulsions, The Focal Press, New York, 1964

² a.g.e.



Şekil 2-1 : Doğal (amonyaksız) negatif fotoğraf emülsiyonlarındaki grenlerin 17750x büyütülerek çekilmiş fotoğrafı.



Şekil 2-2 : Bünyesinde amonyak ihtiva eden negatif fotoğraf emülsiyonlarındaki grenlerin 17750x büyütülerek çekilmiş fotoğrafı.

Tablo 2-1 : Değişik özelliklerdeki fotografik emülsiyonların ortalama gren büyüklükleri ve cm^3 başına düşen gren sayıları.¹

Emülsiyon Tipi	Çap (μ)	Ortalama Gren Yüzey Alanı (μ^2)	Emülsiyondaki Gren Sayısı (cm^{-3})
Lipmann Emülsiyonu	0,030	0,0007	$221,00 \times 10^{12}$
Pozitif Sinema Filmi	0,626	0,31	$117,85 \times 10^9$
İnce Gren (Roll) Film	0,788	0,49	$52,35 \times 10^9$
Normal Gren (Roll) Film	0,880	0,61	$25,66 \times 10^9$
Kaba Gren (Roll) Film (Yüksek Hızlı)	1,090	0,93	$22,61 \times 10^9$
X ışını (röntgen) Filmi	1,710	2,30	$6,32 \times 10^9$

(Lipmann emülsiyonunun bu değerleri gümüş-bromür ihtivasi 20 g/l olduğu durum içindir.)

Modern fotografik malzemelerin ışık duyarlılıkları geniş yelpazede 1 ile 1×10^7 - 2×10^7 arasında üretim metodlarına ve kullanım amacına göre değişmektedir

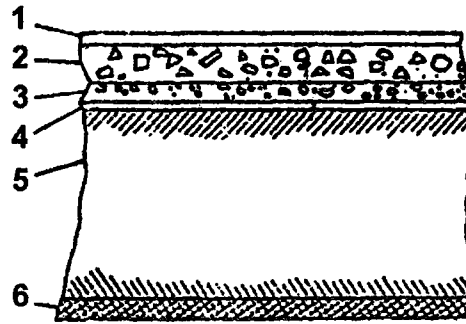
¹ ZELIKMAN, V. L., LEVI, S. M.: Making and Coating Photographic Emulsions, The Focal Press, New York, 1964

(Tablo 2-2). Günümüz siyah-beyaz negatif filmleri tek bir emülsiyon tabakasından değil, üst üste iki emülsiyon tabakasından oluşur. Alttaki emülsiyon tabakası daha ince grenli, böylece ışığa daha az duyarlı ince bir tabakadır. Üstteki tabakada ise grenler biraz daha büyüktür. Böylece ışığa karşı daha duyarlı ve alttaki tabakaya göre daha kalın bir tabaka bir tabakadır. Alttaki tabaka daha uzun pozlandırmalarda harekete geçer ve böylece detayların daha iyi algılanması sağlanmış olur. Ayrıca taşıyıcı tabakanın emülsiyon tabakasına herhangi bir zararlı etkisi söz konusu olduğunda çok daha hassas olan üst tabakayı korur ve uzun pozlanmalarda meydana gelebilecek halelenmeyi önlemiş olur.

Tablo 2-2 : Bazı modern fotografik emülsiyonların bağıl hassasiyetleri ¹.

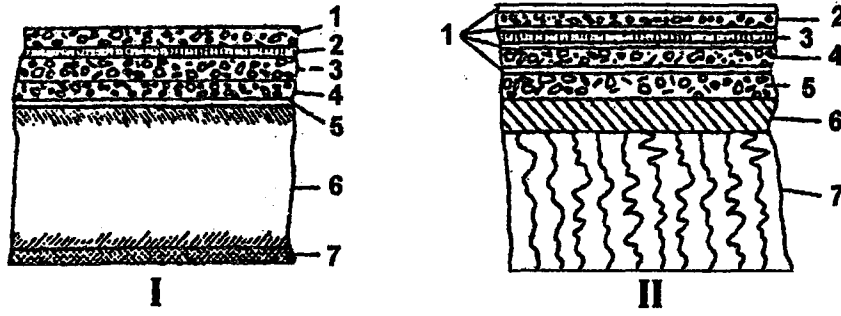
Emülsiyon Tipi	Bağıl Hassasiyet
Lipmann emülsiyonları	1 - 5
Gümüş klorobromiyot (Ag, Cl, Br, I) kağıt emülsiyonları	20 - 40
Gümüş klorobromür ve gümüş klorür kağıt emülsiyonları	40 - 200
Gümüş bromür kağıt emülsiyonları	200 - 1,000
Mikrofilm emülsiyonları	1,000 - 10,000
Dia-pozitif film emülsiyonları	10,000 - 20,000
Yüksek hızlı fotoğraf filmleri	10,000,000 - 20,000,000

Siyah-beyaz negatif filmlerde emülsiyon tabakalarına ek olarak yardımcı ve koruyucu tabakalar da vardır. Mesela arka tabaka olarak adlandırılan filmin en alt katmanında jelatin içine yayılmış halelenmeyi önleyici anti-halo boya tabakası mevcuttur. Bu tabaka emülsiyon tabakasının duyarlı olduğu ışığı absorbe edecek niteliktedir. Kırmızı boya ortakromatik filmlerde, yeşil boya pankromatik filmlerde, siyah (veya kahverengi) boya ise renkli (negatif veya dia-pozitif) filmlerde kullanılırlar.



Şekil 2-3 : Siyah-beyaz negatif fotoğraf filminin şematik kesiti. (1) Koruyucu tabaka, (2) üst (ana) emülsiyon tabaka, (3) alt emülsiyon tabaka, (4) Bağlayıcı tabaka, (5) taşıyıcı tabaka, (6) boya (anti-halo) tabakası.

¹ ZELIKMAN, V. L., LEVI, S. M.: Making and Coating Photographic Emulsions, The Focal Press, New York, 1964



Şekil 2-4 : (I) Renkli negatif fotoğraf filmi ve (II) renkli fotoğraf kağıdının şematik kesiti. (I) Renkli negatif fotoğraf filmi: 1.Maviye hassas emülsiyon tabaka, 2.Sarı filtre tabakası, 3.Yeşile hassas emülsiyon tabakası, 4.Kırmızıya hassas emülsiyon tabakası, 5.Alt tabaka, 6.Selüloid taşıyıcı, 7. Anti-halo ve antistatik tabaka. (II) Renkli fotoğraf kağıdı: 1.Koruyucu ve ara jelatin tabaka, 2.Maviye hassas emülsiyon tabaka, 3.Sarı filtre tabakası, 4.Yeşile hassas emülsiyon tabakası, 5.Kırmızıya hassas emülsiyon tabakası, 6.Barita (baryumsülfat, beyaz tabaka) tabaka, , 7. Kağıt taşıyıcı.¹

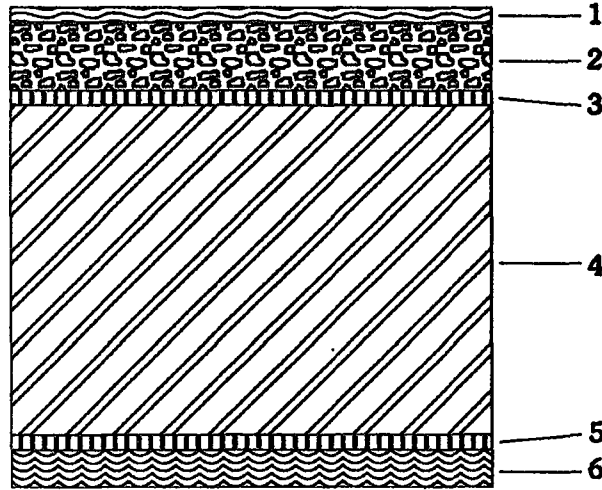
2.2. REPRODÜKSİYON FİMLERİ

Reprodüksiyonda basılması istenen orijinalin kopyasını almak için, ışığa duyarlı materyaller yani filmler kullanılmaktadır. Filmler, taşıyıcı bir taban üzerine ışığa duyarlı bir tabakayla kaplanmış malzemelerdir. Fotoğrafının ilk yıllarında cam taşıyıcılar kullanılmıştır. Camın hacminin ve kırılma gücünün çok olması önemli bir sorundur. Bu nedenle günümüzde plastik (polyester) tabanlar kullanılmaktadır. Ancak cam taşıyıcılar dengesinin ve stabilliğinin mükemmel olması sebebiyle günümüzde de hassasiyet gerektiren haritacılık, hava fotoğrafçılığı, astronomik çekimler gibi yerlerde hala kullanılmaktadır.

2.2.1.FİMLERİN YAPISI:

Reprodüksiyonda kullanılan filmlerin yapısı ile siyah-beyaz negatif filmlerin katmanları nokatsında pek farkı yoktur. Ancak emülsiyon tabakasının ışık hassasiyeti (DIN/ASA değeri), renk hassasiyeti, kimyasal hassasiyet, filmin sertliği (gradasyon) bakımlarından bir birlerinden farklılık gösterirler.

¹ ZELIKMAN, V. L., LEVI, S. M.: Making and Coating Photographic Emulsions, The Focal Press, New York, 1964



Şekil 2-5 : Bir reproduksiyon filminin şematik kesiti. 1- Koruyucu tabaka, 2- Emülsiyon tabakası, 3-5- Bağlayıcı tabaka, 4- Taşıyıcı tabaka, 6- Arka (Boya) Tabaka.¹

1- Koruyucu tabaka: Filmin yüzeyini dış etkilere korur.

2- Emülsiyon-ışığa duyarlı tabaka: Filmin en önemli tabakasıdır. Fotografik işlemler bu tabakada olur. Emülsiyon içinde gümüş-bromür, gümüş-klorür, gümüş-iyodür gibi gümüş halojenürler bulunur. Ayrıca bazen duyarlılığı arttırmak için altın sülfür ile ve duyarlı olunan dalga boyunu genişletmek içinde boyar maddeler emülsiyon içinde bulunabilir. Emülsiyon içindeki gümüş-halojenür mikrokristallerine gren adı verilir ve orijinalden gelen ışık fotonlarını bu grenler absorbe ederek gizli görüntüyü, yani banyo öncesi görüntüyü oluştururlar. Bu gümüş grenleri su geçirebilen bir tutkal olan jelatin içine dağılmış durumdadırlar.

3- Bağlayıcı tabaka: Emülsiyonu taşıyıcı tabakaya bağlar.

4- Taşıyıcı tabaka: Emülsiyonun üzerinde durduğu tabakaya denir. Eskiden bu tabakalar bakır, cam gibi cisimlerden yapılırken artık günümüzde asetat ve polyester gibi pratik malzemelerden yapılmaktadır. Bu taşıyıcı desteklerden kaliteli bir sonuç alabilmemiz için ıslandığında ve sıcaklıkta boyut değiştirmemesi gerekmektedir. Günümüzdeki taşıyıcılarda bu özellik sağlanmıştır. Diğerlerine göre daha az sabit olan kağıt ve selüloz tabanlar, reproduksiyon öncesi orijinal hazırlık aşamasında ve kaba tire işlemlerde kullanılmaktadır.

5- Bağlayıcı Tabaka: Arka tabakaları taşıyıcıya bağlar

6- Arka (Boya) Tabaka: Filmin kıvrılmasını önleyen tabaka olmakla birlikte emülsiyondan geçen ve absorbe edilmeyen ışınların geriye dönerek grenleri pozlandırmasını, böylece görüntü etrafında istenmeyen halelenme oluşumunu

¹ FIEBIG. D. : Reprotechnik, Karl-Heinz Beck GMBH., München, 1993.

engelleyen, bu ışınları emen anti-halo boya da ihtiva eder. Bu katmana anti-halo tabakası da denir¹.

2.2.2.FİLM TÜRLERİ

Reprodüksiyon fotoğrafçılığı çok geniş kapsamlı bir çalışma düzeni içermektedir. Bu yüzden de filmler birçok özelliklerine göre birkaç çeşit sınıflandırmaya tabi olmaktadır. Bunlar :

- 1- Renk duyarlılıkları bakımından,
- 2- Gradasyon bakımından,
- 3- Özel amaçlı filmler.

2.2.2.1.Renk Duyarlılıkları Bakımından Filmler

Filmler renk duyarlılıklarına göre çok çeşitli olmakla birlikte reprodüksiyon amaçlı filmler genelde üç değişik hassasiyette imal edilirler.

a. Maviye Duyarlı (Naturel) Filmler:

Doğal bir duyarlılığa sahip bu filmler herhangi bir renge karşı senzibilitize edilmemişler yani duyarlılık kazandırılma-mışlardır. Gümüş bromürün doğal olarak duyarlı olduğu hali ile imal edilip, her hangi bir sensibilibite işlemi yapılmadığı için naturel film adı verilmektedir. Siyah-beyaz orijinalerin reprodüksiyon işlemlerinde kullanılırlar ve karanlık oda ışığı olarakta turuncu ışık kullanılabilir.

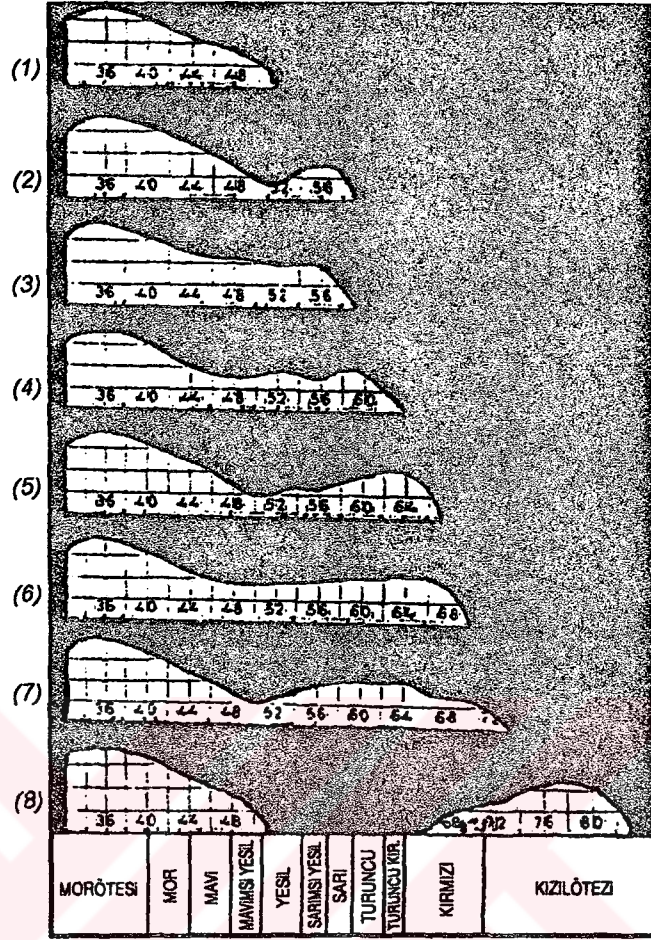
b. Ortokromatik Filmler:

Reprodüksiyonda en çok kullanılan filmlerdir. Gümüş bromürün doğal hassasiyetine ek olarak spektrumun yeşil bandına karşı sensibilibite edilmiş filmlerdir. Kırmızı ışığa karşı duyarlı değildir, bu yüzden çalışma ortamında karanlık oda ışığı olarak kırmızı kullanılabilir. Siyah-beyaz orijinalerin reprodüksiyon işlemlerinde kullanılırlar.

c. Pankromatik Filmler:

Bütün renklere karşı duyarlıdırlar ve genellikle renkli orijinalerin reprodüksiyonda kullanılırlar. Doğal olarak mavi ve tonlarına karşı duyarlı olan gümüş bromür özel sensitizör boyarmaddeler vasıtasıyla kırmızı ışığa da duyarlı hale getirilmişlerdir. Yeşil ışığa özel olarak sensibilibite edilmedikleri için renk hassasiyet eğrisinde spektrumun yeşil bandında bir düşüklük mevcuttur.

¹ FIEBIG. D. : Reprotechnik, Karl-Heinz Beck GMBH., München, 1993.



Şekil 2-6 : Renk duyarlılıklarına göre reproduksiyon filmlerinin spektral duyarlılıkları :
1) Naturel (sensibilite edilmemiş), 2) Ortokromatik, 3) İzokromatik, 4) İzootokromatik,
5) Pankromatik, 6) İzopankromatik, 7) Paninfrakromatik, 8) İnfrakromatik.¹

2.2.2.2. Gradasyon Bakımından Filmler

Gradasyon bakımından filmler emülsiyonlarının sert, normal veya yumuşak çalışmalarına göre sınıflandırılırlar.

a. Yarımtan Filmler

Çok tonlu orijinalerin filme alınmasında kullanılırlar ve ton geçişlerini kaydedebilme yeteneğine sahip, yumuşak özellikli bir emülsiyona sahiptirler. Gradasyon değeri 1 ile 4 arasında olan filmlerdir.

b. Sert Filmler

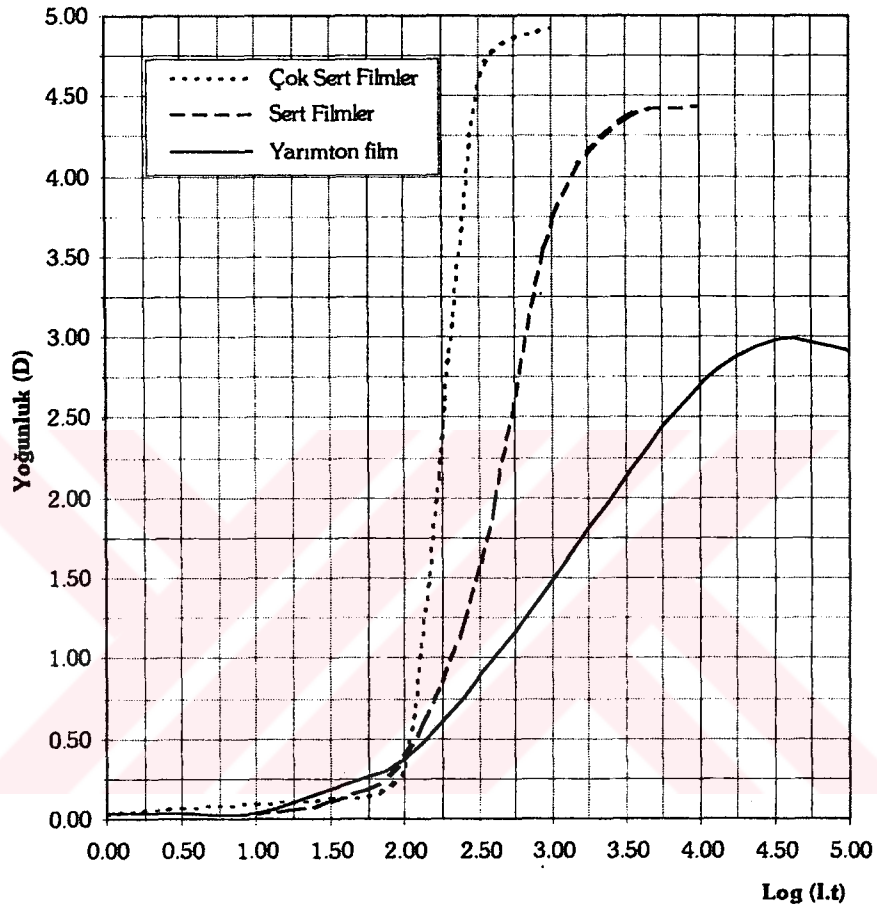
Gradasyon değeri 5 ile 7 arasında olan filmlerdir. Kamerada tire orijinalerin reproduksiyonunda ve kontakt kopya işlerinde rahatlıkla kullanılırlar. Sadece

¹ ZELIKMAN, V. L., LEVI, S. M.: Making and Coating Photographic Emulsions, The Focal Press, New York, 1964

kontakt kopya işler için kullanılacaksa 5-6 gamma yeterli olur. Kamera işleri için 7 gamma olan filmin kullanılması daha iyi sonuç verecektir.

c. Çok Sert Filmler

Gamma değeri 8 ve üstünde olan filmlerdir. Kamera ve kontakta tramlı reproduksiyon işlerinde ve her türlü tire işlerin çekimlerinde kullanımı uygundur.



Şekil 2-7 : Bazı filmlerin gradasyon eğrileri.¹

2.2.2.3.Özel Amaçlı Filmler

Günümüzdeki ileri ihtiyaçlara cevap vermek üzere hazırlanmış pratik filmlerdir.

a. Scanner Filmleri

Elektronik renk ayırım cihazlarında kullanılırlar. Bu makinalarda kullanılan çeşitli renklerdeki lazer ışığına duyarlı, ışık hassasiyeti oldukça yüksek bir emülsiyon yapısına sahiptir.

¹ FIEBIG. D. : Reprotechnik, Karl-Heinz Beck GMBH., München, 1993.

b. Direkt Pozitif Filmler

Direkt pozitif sonuç alınabilen filmlerdir. Poz sistemi normal filmlere göre ters çalışır. Siyahlanmayı arttırmak için poz azaltılır, düşürmek için, poz yükseltilir. Bu tür filmlerin diğer adı da reversal yani dönüşlü filmlerdir. Bu filmler kaba tire işlerde uygulanır.

c. Rapid Access Filmler

30 - 40 °C dolaylarında banyo edilen ve kısa zamanda banyo edilen filmlerdir. Developman eczası tek karışımdır. Emülsiyonun yapımı sırasında banyo edici eczaların bir kısmı emülsiyonun içine yerleştirilir. Böylece çok kısa zamanda banyo işlemleri gerçekleşir. Kurudan kuruya toplam banyo süresi 90 sn civarında tamamlanır. Liht filmler kadar sert çalışmazlar. Tire kontakt işlerde kullanımı uygundur. Tramlama işlemleri yapılamaz.

d. Transfer Copy (Aktarma Yöntemi) Filmleri

Bu sistemde pozlandırılan negatif, pozitif taşıyıcıyla beraber emülsiyonları birbirine birleştirilmek suretiyle özel bir banyodan geçirilirler. Banyo sonucunda poz görmeyen yerler banyoda çözünerek pozitif taşıyıcıya (film, yada kağıt olabilir) geçerek pozitif materyali elde etmemizi sağlarlar. Bu sistemde emülsiyon gümüş tuzları olabileceği gibi, boya tabakalarında olabilmektedir. Bu sistem orijinal hazırlamada ve kaba tire işlerde kullanılmaktadır.

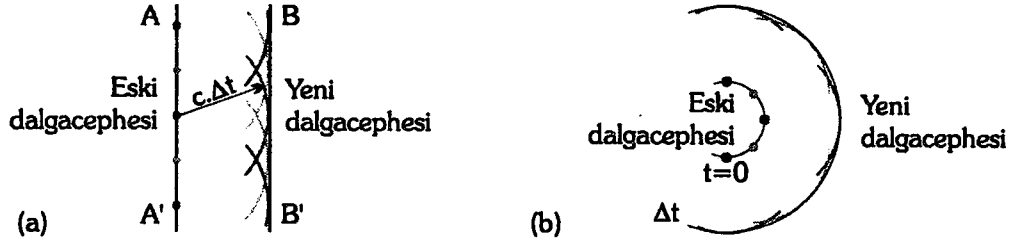
3. IŞIĞIN YAPISI ve ÖZELLİKLERİ

Bilim adamları uzun süre ışığın yapısını merak etmişler ve onu anlama doğrultusunda sayısız incelemeler yapmışlardır. Işık dünyadaki hayatın temel vazgeçilemez unsurlarından biri olduğu için onu ve yapısını anlamak büyük önem taşımaktadır. Bitkiler güneşten gelen ışık enerjisini fotosentez ile kimyasal enerjiye dönüştürerek temel enerji kaynaklarından karbonun (C) ve bu enerjiyi kullanabilmek (yakabilmek) için gerekli oksijenin (O) elde edilmesini gerçekleştirmektedir. Ayrıca insanoğlunu bilgiden arındırmanın, ayrı düşünmenin mümkün olamayacağını göz önüne aldığımızda, insanoğlunun çevresinden bilgi elde edebilmesi ve bu bilgiyi başka alıcı kaynaklara aktarabilmesi için ışık vazgeçilemez bir unsurdur.

Işığın yapısı ve özellikleri, eski çağlardan beri büyük bir ilgi ve tartışma konusu olagelmıştır. Yunanlı düşünürler ışığın bir kaynaktan yayılan ve sonra gözlemcinin gözüne çarparak görüntünün algılanmasını sağlayan küçük karpüsküllerden (parçacıklardan) oluştuğunu düşünmüşler ve bu şekilde inanmışlardır. Newton, bu parçacık teorisini, ışığın yansımaları ve kırılmaları açıklamada kullanmıştır. Yine Newton'un çağdaşlarından 1670 yılında Christian Huygens ışığın pek çok özelliğini ve onun dalga karakterinde olduğunu öne sürmüş ve günümüzde de halen geçerliliğini koruyan prensipleri ortaya koymuştur. 1803'te Thomas Young dalga teorisini destekleyen ışık demetlerinin birbirleriyle girişim yapabildiklerini ispatlayan deneyler yaptı. 1865'te Maxwell, elektromanyetik dalgaların ışık hızıyla ilerlediğini ispatlayan deneyler gerçekleştirdi ve kendi adıyla anılan teoriler geliştirmiştir.¹

Günümüze kadar ışığın dalga teorisi pekişmiş bir ilke gibi görünmektedir. Bugün, bilim adamları ışığın ikili bir doğaya sahip olduğu görüşündedirler. Işık bazen parçacık gibi bazen de dalga özellikleri gösterdiği görüşündedirler. En çok rağbet gören ise ışığın dalga şeklinde yayılan parçacıklar dan (enerji paketlerinden) oluştuğu şeklindedir. Böylece ışığın bazı özellikleri dalga karakteri, bazı özelliklerindeki parçacık karakterine dayalı teorilerle açıklamak mümkün olmaktadır.

¹ SERWAY, A.R., Çev. ÇOLAKOĞLU, K. : Servay Fizik, Palme Yayıncılık, Cilt 2, Ankara, 1996.



Şekil 3-1 : Huygens prensibi (a) düzlem dalga, (b) küresel dalga.¹

Üstte görülen Şekil 1-1'de Huygens prensibine dayanarak ışığın dalga hareketine dayalı yayılması gösterilmiştir. Şeklin (a) kısmında ışığın uzayda paralel ışınlar olarak yayılmasında birincil (primer) ve ikincil (sekonder) dalga cepheleri gözlenmektedir. Birincil dalga yani eski dalga cephesinin herhangi bir anı yeni bir ışık kaynağı gibi davranarak ikincil dalgalar halinde yayılırlar. Bu ikincil dalgaların tepe noktalarından geçen teğet doğrunun oluşturduğu ikincil dalga cephesi yani şekilde **yeni dalga cephesi** meydana gelmiş olur. Bir sonraki "t" anı için bu oluşan ikincil dalda cephesi, eski dalga cephesi olur ve olay bu şekilde ışın herhangi bir cisme çarpıncaya kadar sürer gider. Işın herhangi bir yüzeye çarptığı anda olay şeklin (b) kısmında görülen ve ışının yayılmaya başladığı ilk anı simgeleyen pozisyona geri döner. Burada eski dalga cephesinin küreselliği görülebilmektedir ve bu dairesel hareketin merkezinde ise ışık kaynağı (veya ışının bir cisme çarptığı nokta) vardır. Bu eski dalga cephesindeki noktalar ikincil dalgaların merkezidir ve "t" anı sonunda bu ikincil dalgalara çizilen teğet ise yeni dalga cephesini oluşturur. Eski dalga cephesinin ve "t" anı sonunda oluşan yeni dalga cephesinin merkezi aynı noktadır. Ancak şekilde görüldüğü gibi yeni dalga cephesinin çapı, eski dalga cephesinin çapından daha büyüktür. Olay bu şekilde devam ettirilirse sonunda meydana gelen yeni dalgaların da çapları değişmeyeceğinden dalgaların çapları gittikçe büyüyecek ve sonunda dalga cephesinin arasındaki mesafenin yanında çap büyüklüğü çok büyük olacağından olaydaki dairesellik kaybolarak küresel dalgadan düzlem dalga hareketine varılmış olur.^{2,3}

3.1. ELEKTROMANYETİK IŞIMA

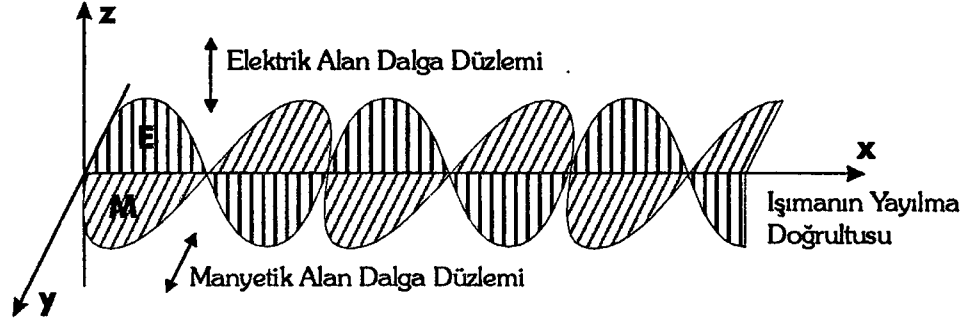
Elektrik yüklü bir cisim çevresinde bir elektrik alanı oluşturur. Bu cisim titreşirse, elektrik alanı bir dalga hareketine dönüşür ve bir manyetik alan dalgası oluşturur. Birbirinin oluşum nedeni olan bu iki dalga hareketi birbirinden ayrılmaz ve **elektromanyetik dalga** olarak adlandırılır. Belirli bir yöne doğru yayılan elektromanyetik dalga, yayılma eksenini çevresinde her yöne doğru titreşim yapan bir

¹ SERWAY, A.R., Çev. ÇOLAKOĞLU, K. : Servay Fizik, Palme Yayıncılık, Cilt 2, Ankara, 1996.

² a.g.e.

³ DÖLEN, E. : Reprodüksiyon Kimyası, M.Ü. Teknik Eğitim Fakültesi Yayınları, İstanbul, 1994.

dalga hareketidir ve elektrik alan dalgasının bileşeni ile manyetik alan dalgasının bileşeni birbirine dik olan iki düzlem içindedir.¹



Şekil 3-2 : Bir elektromanyetik dalganın şematik olarak gösterilişi. (E) elektrik alan dalgasının bileşeni, (M) manyetik alan dalgasının bileşeni.²

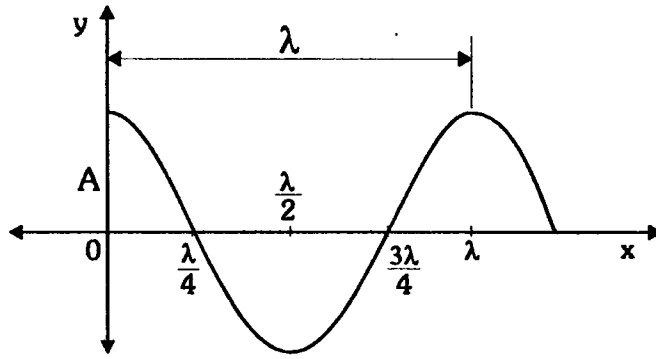
Bu dalgalardan herbiri, titreşim yapan bir noktanın denge noktasını belirli bir yönde (x eksenini) hareket etmesiyle oluşan dalga olarak düşünülebilir. Bu durumda, denge noktasının denge ekseninden yapabileceği en büyük uzaklık E_0 ve M_0 oluşan dalga hareketinin genliği olur. Dalganın tam bir titreşim yapabilmesi için denge noktasının x eksenini boyunca gideceği uzaklıkta dalga boyunu (λ) verir.³

Dalganın bir titreşimi, dönme hareketinde 360° veya 2π radyanlık dönmeye karşılıktır. Bir dalganın oluşabilmesi için geçen süreye periyot (T) ve bir saniyedeki titreşim sayısına ise frekans (ν) adı verilir. Başka bir ifade ile dalga boyu dalga hareketinin iki tepe noktası arasındaki uzaklık kadardır. Frekans ise belirli bir noktadan bir zaman birimi (saniye) geçen dalga sayısıdır. Elektromanyetik dalgalar birbirlerine göre dalga boyları ve frekansları yardımıyla ayırdedilirler ve bu değerlerden birinin bilinmesiyle elektromanyetik dalganın nitelendirilebilmesi mümkün olmaktadır.

¹ DÖLEN, E. : Reprodüksiyon Kimyası, M.Ü. Teknik Eğitim Fakültesi Yayınları, İstanbul, 1994.

² a.g.s.1.

³ SERWAY, A.R., Çev. ÇOLAKOĞLU, K. : Serway Fizik, Palme Yayıncılık, Cilt 2, Ankara, 1996.



Şekil 3-3 : Elektromanyetik ışımının bir dalga olarak gösterilmesi.

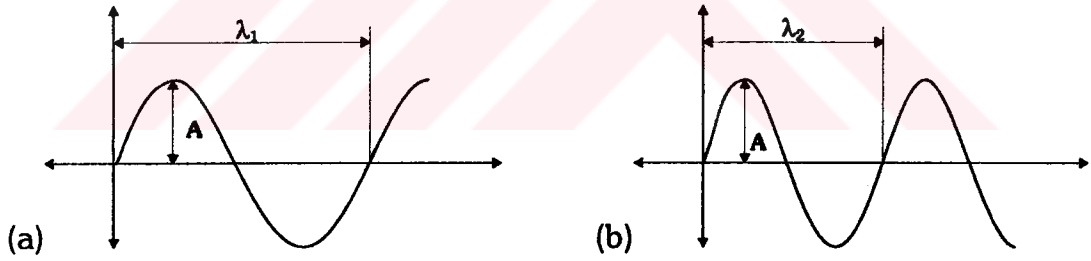
Işık da bir elektromanyetik dalga olduğundan ¹⁻² elektromanyetik dalgaların yayılma hızı (v) ışık hızı (c) olarak adlandırılır. Bir elektromanyetik dalganın yayılma hızı,

$$v = \frac{\lambda}{T} \quad (3-1)$$

dir. $T = 1/v$ ve $v = c$ olduğu gözönüne alınacak olursa,

$$\lambda = v \cdot T = c \cdot T = c \cdot \frac{1}{v} \quad (3-2)$$

yazılabilir. Buna göre, bir elektromanyetik ışımının dalgaboyu ile frekansı ters orantılıdır.



Şekil 3-4 : Dalga boyları farklı iki elektromanyetik dalganın şematik gösterimi.

Frekans ile dalgaboyu arasındaki ilişki,

$$v = \frac{c}{\lambda} \quad \text{veya} \quad \lambda = \frac{c}{v} \quad (3-3)$$

ile belirlenir. $c = \text{m/s}$ ve $\lambda = \text{m}$ cissinden alınacak olursa SI birim sistemine göre v 'nun birimi $1/\text{s}$ veya s^{-1} olarak tespit edilir. Bu birime **Hertz (Hz)** adı verilir. Buna göre,

¹ RICHARDS, J.A., SEARS, F.W., WEHR, M.R., ZEMANSKY, M.W., Çev. DOMANIÇ, F. : Optik ve Modern Fizik, Çağlayan Kitabevi, Cilt 3, İstanbul, 1982.

² DÖLEN, E. : Reprodüksiyon Kimyası, M.Ü. Teknik Eğitim Fakültesi Yayınları, İstanbul, 1994

$$c = \lambda(m) \cdot \nu(s^{-1}) = 2,997925 \cdot 10^8 \text{ m/s} \approx 3 \cdot 10^8 \text{ m/s} = 300000 \text{ km/s} \quad (3-4)$$

olur. Bu hız ışığın boşluktaki hızıdır. Işık bir yoğunluğu farklı ortamlara girdiğinde hızında da bir değişim meydana gelir yani yoğunluğu farklı ortamlara girerken veya çıkarken hızında anlık bir değişim meydana gelir. Bu az yoğun ortama giren ışık için hızın azalması, çok yoğun ortamdan az yoğun ortama geçişinde ise hızının artması şeklindedir. Bu hızındaki ortama göre hızın değişimine ortamın kırılma indisi denir.¹⁻²

$$\text{Kırılma indisi : } n = \frac{c}{v} \quad (3-5)$$

3.2. ELEKTROMANYETİK SPEKTRUM

Bütün frekansları kapsayan elektromanyetik ışıma dizisine elektromanyetik ışıma dizisine **elektromanyetik spektrum** adı verilir. Bu elektromanyetik spektrum frekanslarına göre değişik bölgelere ayrılırlar. İnsan gözü ise bu spektrumun çok dar bir bandına karşı duyarlıdır. Bu gözle algılanan bölüme **görünür bölge** adı verilir. Elektromanyetik spektrumun bu görünür bölgesinde bulunan ve çıplak gözle doğrudan algılanabilen elektromanyetik ışıma da **beyaz ışık** veya sadece **ışık** adı verilir. Bu görünür bölge dışında kalan bölgedeki ışımalara karşı gözümüz duyarlı değildir. Ancak bu bölgedeki ışımlar uygun araçlar kullanılarak gözlenebilir.

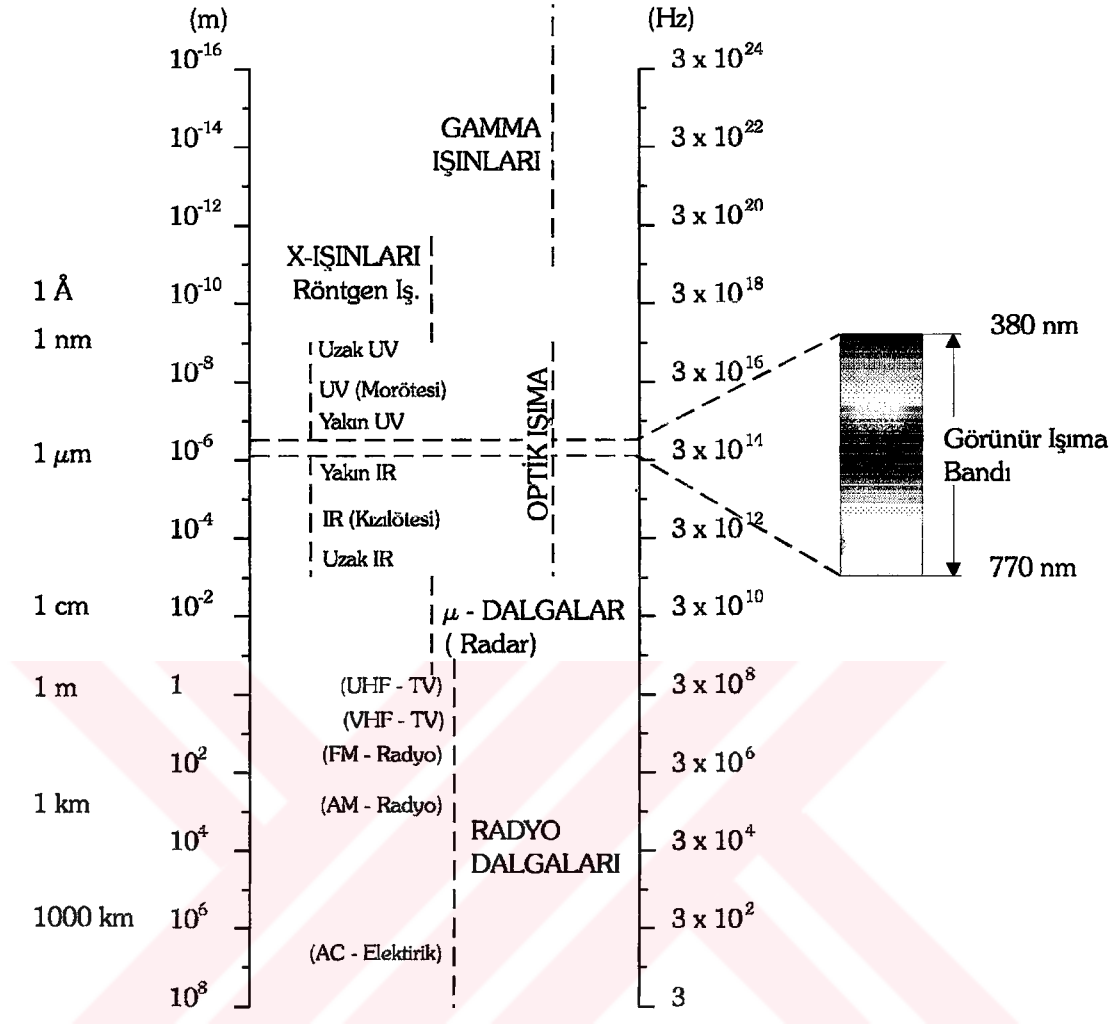
Tablo 3-1 : Görünür bölgeye yakın ışınların dalgaboyu sınırları.³

Uzak Ultraviyole :	10 - 200 nm
Yakın Ultraviyole :	200 - 400 nm
Görünür Band :	400 - 750 nm
Yakın Kızılötesi (infrared) :	0.75 - 2.5 μm
Orta Kızılötesi :	2.5 - 50 μm
Uzak Kızılötesi :	50 - 1000 μm
Mikrodalgalar :	0.1 - 100 cm

¹ RICHARDS, J.A., SEARS, F.W., WEHR, M.R., ZEMANSKY, M.W., Çev. DOMANIÇ, F. : Optik ve Modern Fizik, Çağlayan Kitabevi, Cilt 3, İstanbul, 1982.

² BEISER, A., Çev. SÜMER, A. : Modern Teknik Fizik, İstanbul Teknik Üniversite Matbaası, Gümüşsuyu, 1987.

³ PEDROTTI, F.L., PEDROTTI, L.S. : Introduction to Optics, Prentice - Hall Inc., New Jersey, 1987.



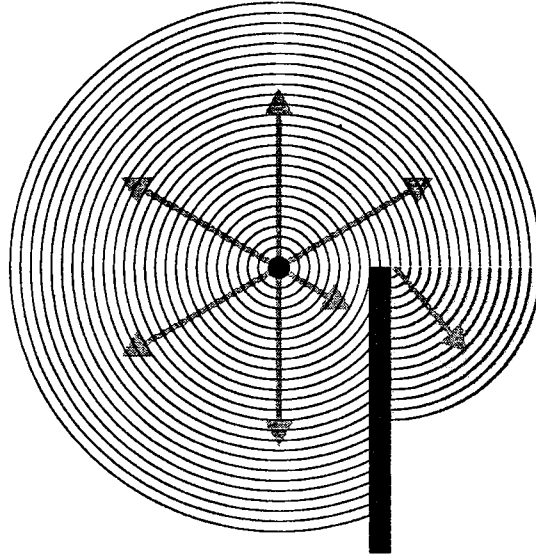
Şekil 3-5 : Elektromanyetik spektrumda ışıma bölgeleri.¹

3.3. IŞIĞIN YAYILMASI, YANSIMASI ve KIRILMASI :

Işık bir elektromanyetik bir dalga olması nedeniyle yayılımı da elektromanyetik dalgalar karakterinde olacaktır. Işığın her an birincil (primer) ve onu takip eden ikincil (sekonder) dalgalar şeklinde yayıldığını Hugenst ortaya koymuştu. Bu neticede ışığın bir engelle çarptığı zaman kenarından arkasında kalan kısma doğru yansıması anlamını ifade eder. Işığın bir engel karşısında onun etrafını dolaşması özelliğine ışığın kırınımı adı verilir.²

¹ PEDROTTI, F.L., PEDROTTI, L.S. : Introduction to Optics, Prentice - Hall Inc., New Jersey, 1987.

² RICHARDS, J.A., SEARS, F.W., WEHR, M.R., ZEMANSKY, M.W., Çev. DOMANIÇ, F. : Optik ve Modern Fizik, Çağlayan Kitabevi, Cilt 3, İstanbul, 1982.



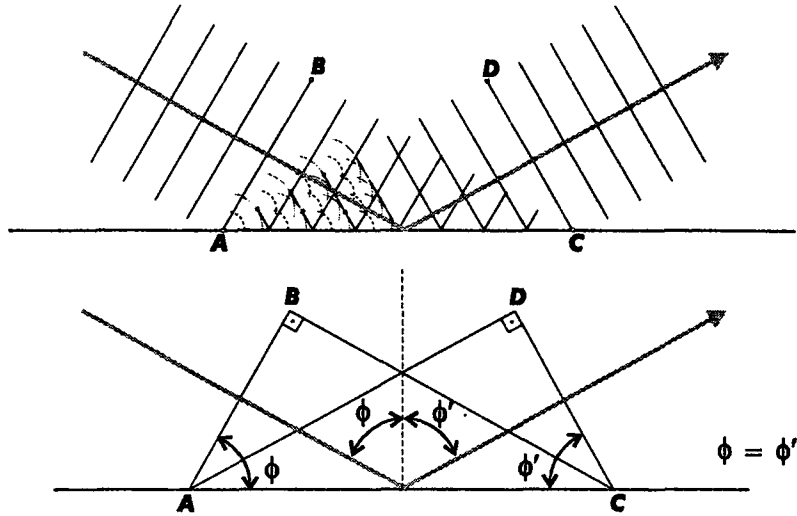
Şekil 3-6 : Işık bir engelle çarpınca kenarından dolaşır. Kırınım Özelliği.

3.3.1. Işığın Yansıma Özelliği :

Işık bir cisme çarpınca cismin yüzey pürüzlülüğüne göre değişik yansıma özelliği gösterir. Cismin pürüzlük değeri ışığın dalgabuyundan büyükse cisim pürüzlü kabul edilir ve bu tür cisimlerde yansıma kuralları geçerlik arz etmez, dağınık bir yansıma oluşur. Pürüzlüğü dalgaboyundan küçük olduğu zaman ise optik bir yansıma meydana gelir ve bu düzgün yansıma olarak adlandırılır. Düzgün yansımada ise ışığın ortam değiştirmemesi nedeniyle hızında bir değişim meydana gelmez, bir faz değişimi oluşur ve açisal olarak ise gelme açısına eşit bir açı ile geri yansır.¹⁻² Film çekme olaylarında cisim aydınlatılırken cisimden filme ulaşan yansımanın dağınık yansıma neticesinde olması gerekir.

¹ RICHARDS, J.A., SEARS, F.W., WEHR, M.R., ZEMANSKY, M.W., Çev. DOMANIÇ, F. : Optik ve Modern Fizik, Çağlayan Kitabevi, Cilt 3, İstanbul, 1982.

² PEDROTTI, F.L., PEDROTTI, L.S. : Introduction to Optics, Prentice - Hall Inc., New Jersey, 1987.



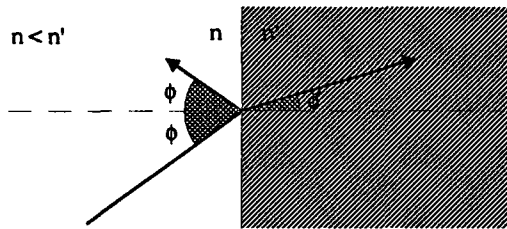
Şekil 3-7 : Yansıma olayı, gelme açısı (ϕ) ile yansıma açısı (ϕ') eşittir.

3.3.2. Işığın Kırılma Özelliği :

Kırılma özelliği ışığın az yoğun ortamdan çok yoğun ortama veya çok yoğun ortamdan az yoğun ortama girmesi ile meydana gelir. Işık ortam değiştirirken ortamın yoğunluğuna göre hızında bir değişiklik meydana gelir. Hızındaki bu değişime o cismin o dalgaboyu için kırılma indisi adı verilir. Kırılma olayında Snell kanununa göre olaylar izah edilir. Snell kanununa göre gelme açılarının sinüsleri oranı kırılma indislerinin oranının tersine eşittir.¹

$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{\sin \phi'}{\sin \phi} \quad \text{veya} \quad n_1 \cdot \sin \phi = n_2 \cdot \sin \phi' \quad (3-6)$$

Kırılma olayında ara temas yüzlerinin düzgün (pürüzsüz) olması nedeniyle azda olsa yansıma olayı da meydana gelir. Buda ortam değiştiren ışığın her ara yüzeyde ışık şiddetinin azalması demektir.²



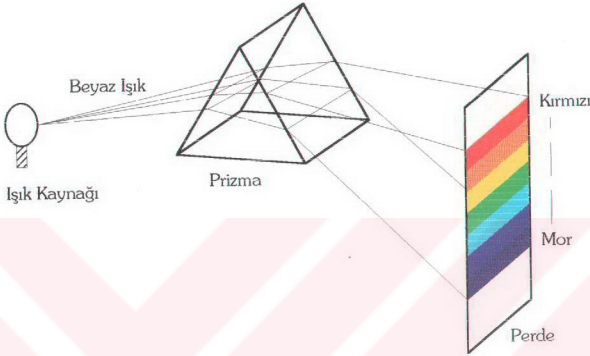
Şekil 3-8 : Kırılma olayında bir miktar ışın yansımaya maruz kalır.

¹ RICHARDS, J.A., SEARS, F.W., WEHR, M.R., ZEMANSKY, M.W., Çev. DOMANIÇ, F. : Optik ve Modern Fizik, Çağlayan Kitabevi, Cilt 3, İstanbul, 1982.

² PEDROTTI, F.L., PEDROTTI, L.S. : Introduction to Optics, Prentice - Hall Inc., New Jersey, 1987.

3.4. GÖRÜNÜR IŞIK ve RENK:

Görünür ışık olarak elektromanyetik spektrumun insan gözü tarafından algılanabilen dar bir bandının adlandırıldığı belirtilmişti. Beyaz ışık cam bir prizmadan geçirildiğinde kendini oluşturan farklı dalgalı boylarındaki ışımaları ayırılırlar.



Şekil 3-9 : Beyaz ışığın prizmadan geçirilmesi ile bileşke renkler perde üzerinde ayrılır.¹

Her renk bir dalgalı boyuna karşılık gelen dalgalı boyundan oluşmuştur.^{2 - 3} Tek bir dalgalı boyuna sahip ışığa tek renkli manasına **monokromatik ışık** adı verilir. Bu anlamda beyaz ışığa ise çok renkli anlamında **polikromatik ışık** adı verilir. Polikromatik ve monokromatik terimleri gerek görünür gerekse görünmez tüm elektromanyetik ışımalar için kullanılabilir.

Prizma olayı bir fizik olayını da gösterir. O da prizmadan geçen beyaz ışığın bütün bileşenleri hep aynı açı ile kırılmamışlar ve dalgalı boyu uzun olanlar az kırılırken dalgalı boyu kısa olanlar ise daha çok kırılmışlardır. Böylece kırmızı perdenin üst bölgesinde bulunurken diğer dalgalı boyuları uzun olan renkler ise aşağıya doğru mor menekşe rengine kadar sıralanmışlardır. Bunun sebebi ise kırılma indisini cisim için sabit olmadığı ve dalgalı boyuna bağlı olarak değişmesidir.

¹ PEDROTTI, F.L., PEDROTTI, L.S. : Introduction to Optics, Prentice - Hall Inc., New Jersey, 1987.

² DÖLEN, E. : Reprodüksiyon Kimyası, M.Ü. Teknik Eğitim Fakültesi Yayınları, İstanbul, 1994.

³ BAŞER, İ. ve İNANICI, Y. : Boyamadde Kimyası, M.Ü. Teknik Eğitim Fakültesi Yayınları, İstanbul, 1990.

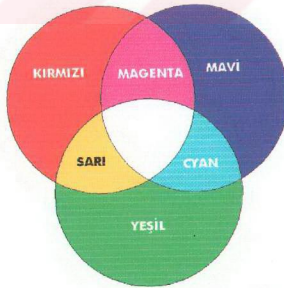
Işık bir ortama girdiğinde frekans değişmeden hız başka bir deyimle dalgaboyu (λ) değişir. Boşlukta her dalgaboyundaki ışık aynı hızla yayılırken, maddesel ortamda ise bu hız ışığın dalgaboyuna bağlıdır.¹

$$n = \frac{c}{V} = \frac{c}{\lambda \cdot \nu} \quad (3-7)$$

Doğada (pratik hayatta) monokromatik bir renkle karşılaşılır. Renk olarak gelen ışığın içerisindeki baskın dalgaboyu yada dalga boyları algılanır. Yani çevremizde algıladığımız renkler saf renkler değil birer bileşke renk karışımlardır. Bu renk karışımlarda birincil ana renkler Kırmızı (R), Yeşil (G), Mor (B) renklerdir. Görünür ışımada bandını oluşturan ve prizma tarafından ayrıştırılan beyaz ışık bileşenlerinden yedi renkten kırmızı, yeşil ve maviye karşılık olan dalgaboyu aralıkları diğer renklere oranla çok geniştir. Bu üç rengin her biri görünür bandın yaklaşık üçte birini kapsamaktadır. Spektrumdaki diğer renkler bu üç rengin karışımlarından oluşmuşlardır.² Renklerin karışımlarını belirleyen iki ayrı yöntem vardır. Bunlar (1) renklerin toplanması (ışıksal karışım), (2) renklerin çıkarılması (maddesel karışım) yöntemleridir.

3.4.1. Renklerin Toplanması :

Bu renk karışım yöntemine ışıksal renk karışım yöntemi veya toplamsal renk karışım yöntemi (additive) adı verilir. Ana renkler birincil renk olarak adlandırılan Kırmızı (R), Yeşil (G) ve Mavi (B)'dir. Bu üç rengin %100 nispetinde karışımından beyaz ışık elde edilir. Renklerin ikiye ikiye karışmasıyla ikincil renkler olan cyan, magenta ve sarı renkleri oluşur.



Şekil 3-10 : Renklerin eklenmesi, ışıksal (toplamsal) renk karışım yöntemi.

¹ RICHARDS, J.A., SEARS, F.W., WEHR, M.R., ZEMANSKY, M.W., Çev. DOMANIÇ, F. : Optik ve Modern Fizik, Çağlayan Kitabevi, Cilt 3, İstanbul, 1982.

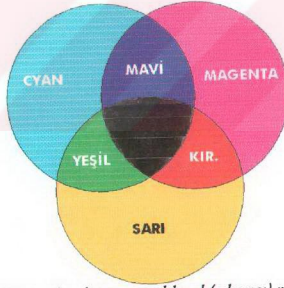
² DÖLEN, E. : Reprodüksiyon Kimyası, M.Ü. Teknik Eğitim Fakültesi Yayınları, İstanbul, 1994.

Tablo 3-2 : Birincil renklerin ikiye ikiye toplanmasıyla ikincil renklerin oluşumu.

Birincil Renkler	İkincil Renkler
Kırmızı + Mavi	Magenta
Kırmızı + Yeşil	Sarı
Yeşil + Mavi	Cyan

3.4.2. Renklerin Çıkarılması :

Işıksal renk karışım yönteminde elde edilen ikincil renklerin ışıksal olarak birleştirilmesi ile birincil renkler elde edilir. Bu renklerin çıkarılması yönteminde ise beyaz ışığın içerisinde çıkarmak yöntemine dayanır. Bu nedenle bu renk karışım yöntemine maddesel renk karışım yöntemi de denir. Çevrimizde gördüğümüz cisimlerin renklerinin oluşumu bu yöntemle izah edilirler. Baskı işlemi bu yöntem çerçevesinde gerçekleştirilir. Cyan (yeşilimsi mavi) ile sarı mürekkep karıştırıldığında bu yöntem sayesinde yeşil oluşumu açıklanır. Cyan beyaz ışığın içerisinde komplementeri olan kırmızı rengi absorblar yeşil ve mavi ışığı yansıtır, sarı ise maviyi absorbe ederek kırmızı ve yeşil ışığı yansıtır. Bu iki mürekkep bir biri ile karıştırıldığında ise beyaz ışık (mürekkepleri aydınlatan, üzerlerine düşen ışık) içindeki kırmızıyı cyan, maviyi ise sarı mürekkep absorbe ederek sadece yeşil ışık kısmını yansıtır. Böylece bu karışım mürekkepten sadece yeşil ışık yansıdığı için bu yeni mürekkep yeşil olarak algılanır.



Şekil 3-11 : Renklerin çıkarılması, maddesel (çıkarıcı) renk karışım yöntemi.

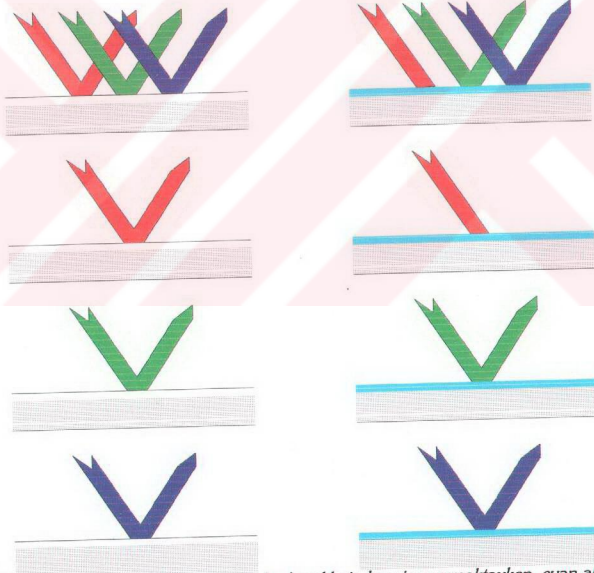
Tablo 3-3 : Maddesel (çıkarıcı) renk karışım göre renklerin oluşumu.

Birincil Renkler	İkincil Renkler
Beyaz - Kırmızı	Cyan
Beyaz - Yeşil	Magenta
Beyaz - Mavi	Sarı
Beyaz - Kırmızı - Yeşil	Mavi
Beyaz - Kırmızı - Mavi	Yeşil
Beyaz - Yeşil - Mavi	Kırmızı

3.4.3. Cisimlerin Renkleri :

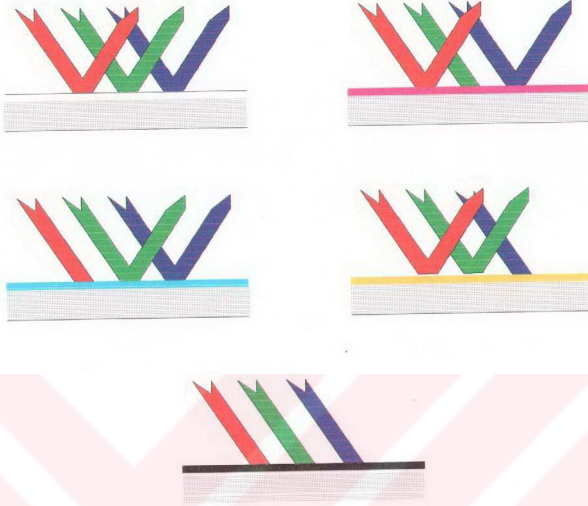
Cisimler kendileri direkt olarak ışık yamazlar. Ancak bir ışık kaynağından aldıkları ışığı belli ölçüde yansıtırlar. Bizde bu cisimden yansıyan ışığı algılamak suretiyle cismin rengini belirleriz. Bu nedenle cisimlerin renginden bahsedebilmek için ortamda aydınlatıcı bir ışık bulunması gerekir. Ayrıca ortamdaki mevcut ışığında cismin renginin doğru bir şekilde algılanmasında önemli bir unsur olduğunu pratik yaşantımızda hepimiz biliriz. Bu nedenle mağazalarda yapılan alış-verişlerde herhangi bir renk aldanması olmaması için aldığımız malı gün ışığında görmek isteriz. Monokromatik bir ışıkla yapılan bir aydınlatma ortamında cisimlerin renklerinin nasıl değiştiğini biliriz.

Cisimlerin renkleri çıkarıcı renk karışım metoduna göre açıklanarak cisimden yansıyan ışıklar tespit edilerek, bu yansıyan ışığında hangi rengi oluşturacağı ise toplamsal renk karışım metoduna göre bulunabilir.



Şekil 3-12 : Beyaz bir cisimden birincil ışıksal renklerin hepsi yansımaktayken, cyan algılanan bir cisimde ise cyanın komplementeri absorblanmakta diğer iki renk yansıyarak bileşke renk olarak cyan'ı oluşturmaktadır.¹

¹ PEDROTTI, F.L., PEDROTTI, L.S. : Introduction to Optics, Prentice - Hall Inc., New Jersey, 1987.



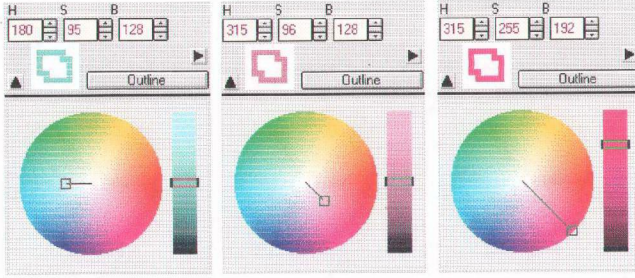
Şekil 3-13 : Beyaz, magenta, cyan, sarı ve siyah renkli cisimlerden birincil ışık renklerin yansımaları.¹

3.5. IŞIK ÖLÇÜMLERİ, SENSİTOMETRİ :

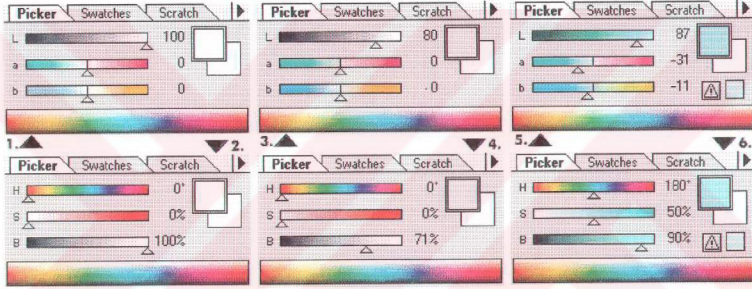
Gerek orijinalden gerekse filmde gelen ışığın ölçülmesi ve koyulukların kontrol altına alınması gerekir. Cisimlerin (film veya orijinalerin) koyuluklarını belirlemek onlardan gelen ışık miktarının tespit edilmesi ile mümkün olmaktadır.

Işığın ölçülmesi işleni iki temel prensipte yapılır. Birinci ölçüm cisimden gelen ışığın tüm dalgaboyu ve diğer renk karakterlerinin belirlenmesidir. Bu ölçüm işlemi ancak bir spektrofotometre aracılığı ile yapılabilir. Renk ölçümünde belli başlı renk ölçüm faktörlerine göre yapılır. Bir ölçüm sistemi **renk tonu (Hue)**, **doygunluk (Saturation)** ve **parlaklık (Brightness)** değerlerinin belirlendiği **HSB** renk ölçüm sistemiye göre belirlenir. Bir diğer renk ölçüm sistemi ise **Lab** ölçüm sistemidir. Burada **L** (luminescence) değeri parlaklık değerini, **a** değeri renk düzleminde yeşil - magenta arasındaki yerini, **b** değeri ise aynı düzlemde mavi (mor) ile sarı arasındaki yerini belirleyen değerleri verir.

¹ PEDROTTI, F.L., PEDROTTI, L.S. : Introduction to Optics, Prentice - Hall Inc., New Jersey, 1987.



Şekil 3-14 : HSB renk ölçüm sisteminde değişik renklerin değerleri.¹



Şekil 3-15 : Çeşitli renklerin Lab ve HSB renk ölçüm sistemine göre karşılıkları. (1) ile (2), (3) ile (4) ve (5) ile (6) aynı renklerin karşılıklarıdır.²

Ancak reprofotografi alanında bu ölçümlerden çok sadece orijinalden (yada film) gelen ışık miktarını ölçmek ve bunların üzerine düşen ışığın ne kadarını absorbe edip, ne kadarını yansıttığını (geçirdiğini) belirlemek yeterli olmaktadır. Sadece ışık miktarını ölçen cihazlara densitometre (yoğunluk ölçer) adı verilir. Bu cihazların genelde iki tipleri vardır. Bunlar transparan (saydam) malzemelerden ve opak (saydam olmayan) malzemelerden ölçüm yapacak şekilde tasarlanmıştır. Transparan malzemeden ölçüm yapan cihazlar transmisyon densitometreler, opak malzemelerden ölçüm yapan cihazlara ise refleksiyon densitometreler adı verilir.

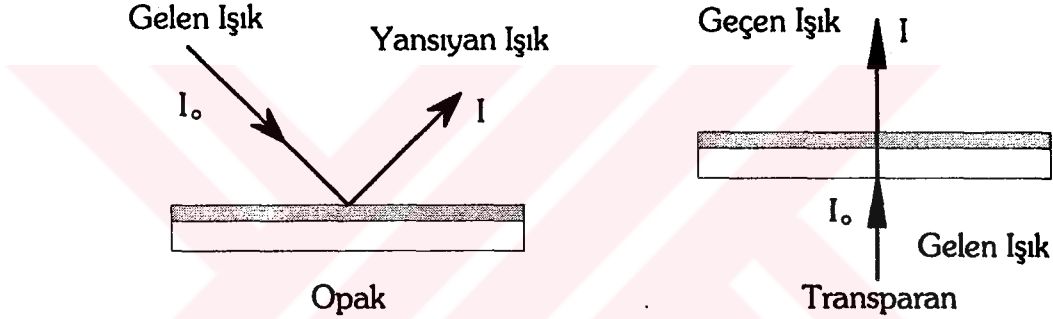
Gerek transmisyon gerekse refleksiyon densitometreler çalışma prensipleri ve ölçme yöntemleri bakımından aynı olup sadece orijinali (filmi) aydınlatmada kullandığı ışık kaynağı türünden farklılık arzederler.

¹ Corel PHOTO-PAINT 4.0 programında renk ayar bölümünde hazırlanmıştır.

² Phokoshop 3.0.5 programında renk ayar bölümünde hazırlanmıştır.

Cismin koyuluğu sadece ondan gelen ışığı ölçmek ve değerlendirmek olamaz. Böyle bir ölçüm objektif değildir. Zira cisimden gelen ışık her ne kadar cismin koyuluğunun bir eseri isede cismin aydınlatıldığı ışık miktarında cisimden gelen bu ışığı etkeliyecektir. Zira aydınlatmada kullanılan ışık miktarını iki kat artırdığımızda cisimden gelen ışık miktarında iki kat artacağı aşıkardır.¹ Oysa her iki durumda da cismin koyuluğunda bir değişme olmamıştır. Bu sebep nedeniyle sadece cisimden gelen ışığı değerlendiren gözümüz objektif bir değerlendirme yapamaz ve yaptığı değerlendirmeler psikolojik moral durumundan, ortamdaki ışık miktarından hatta hava şartalarından bile etkilenererek subjektif bir değerlendirme yapacaktır.

Cismin üzerine düşen ışık miktarına (I_0) ve cisimden gelen ışığada (I) dersek, cismin koyuluğu bu gelen ışık miktarlarının oranı ile sabittir. Yani aydınlatmada kullanılan ışık (I_0) katları değişse bile buna bağlı olarak cisimden gelen ışık miktarı da (I) değişeceği için orantıda bir değişim meydana gelmiyecektir.



Şekil 3-16 : Opak ve transparan orijinalde gelen (I_0) ve yansıyan (geçen) (I) ışıklar.

Bu yapılacak ölçümlerle saydamlık diye ifade edeceğimiz Transmittans (T) geçen ışık miktarı ile gelen ışık miktarının oranıdır.

$$T = \frac{I}{I_0} \quad (3-8)$$

Ayrıca opaklık (O) değeri (opazität) ise saydamlık (transmittans) değerinin tersi yani gelen ışık miktarının geçen ışık miktarına oranı şeklinde ifade edilir.

$$O = \frac{1}{T} = \frac{I_0}{I} \quad (3-9)$$

Şimdi bu opaklık (opazität) ve saydamlık (transmittans) değerlerinin çözüm aralıklarını inceleyecek olursak:

1°) Geçen ışık miktarının maksimum olma durumu: Bu durumda geçen ışık miktarı gelen ışık miktarına eşit olacaktır. ($I_{\max} = I_0$)

¹ PEDROTTI, F.L., PEDROTTI, L.S. : Introduction to Optics, Prentice - Hall Inc., New Jersey, 1987.

$$O = \frac{I_o}{I_{\max}} = \frac{I_o}{I_o} = 1 \quad (3-10)$$

$$T = \frac{I_{\max}}{I_o} = \frac{I_o}{I_o} = 1 \quad (3-11)$$

2°) Geçen ışık miktarının minimum olma durumu: Bu tam siyah için geçerlidir ve teoride geçen ışığın sıfır olması halidir. ($I_{\min} = 0$)

$$O = \frac{I_o}{I_{\min}} = \frac{I_o}{0} = \infty \quad (3-12)$$

$$T = \frac{I_{\min}}{I_o} = \frac{0}{I_o} = 0 \quad (3-13)$$

Tablo 3-4 : Opaklık ve Saydamlık değerlerinin değer aralığı.

	$I_{\max}$ (Beyaz)	$I_{\min}$ (Siyah)
Opaklık (opazitat)	1	∞
Saydamlık (transmitans)	1	0

Cisimlerin koyulukları bu bulgularla ifade edilmiş olsa opaklık değerleri oldukça büyük değerlerden, saydamlık değeri ise tam tersine oldukça küçük değerlerden olduğundan pratik kullanımda ki pratikliği kalmıyacak ifade ettiği koyuluklar tek basamaklı basit rakamlarla ifade edilememiş olacaktır. Böylece koyulukların değerleri okuyan bütün kişilerin zihinlerinde aynı koyulukların canlanması zorlaşmış olacaktır. Bu nedenle Lambert-Beer yasasından yolacıkılarak opaklığın logaritması alınır. Böylece koyulukları ifade eden rakamlar basit sayılara dönüşmüş olacaktır.

$$\text{Densite}(D) = \log(O) = \log\left(\frac{1}{T}\right) = \log\left(\frac{I_o}{I}\right) \quad (3-14)$$

Koyulukları bir başka deyimle cisimlerden gelen ışık miktarını opaklığın logaritması alınmak suretiyle rakamlar 10 (on)'un kuvvetleriyle ifade edilirik küçültülmüş ve basit sayılara indirgenmiş olmaktadır. Densite (D)'nin değer aralığına bakıldığında bunun $\{ 0 \dots +\infty \}$ arasında olduğu görülür. Ancak opak orijinalerde

bu değerin 2.00'ı, transparan orijinalerde ise 4.00'ü geçmediği¹ düşünüldüğünde rakamların 0 ile 4.00 arasında yoğunlaştığı görülecek, baskıda elde edilen yoğunluların ise tek renk için 2.00 densitenin altında kaldığı göz önüne alındığında rakamların gerçekten de küçüldüğü ve pratik hayatta bu rakamların kolay kullanılabilirliği sağlanmış olmaktadır.

Tablo 3-5 : Geçen ışık (I), saydamlık (T), opaklık (O) ve Densite (D) değerlerinin karşılık tablosu.

Geçen Işık (%)	Absorblanan ışık (%)	Saydamlık (T) (Transmitans)	Opaklık (O) (Opazität)	Densite (D)
I	$I_n - I$	I / I_n	I_n / I	$\text{Log } (I_n / I)$
100	0	1.000	1.00	0
99	1	0.990	1.01	0.0044
98	2	0.980	1.02	0.0088
97	3	0.970	1.03	0.0132
96	4	0.960	1.04	0.0177
95	5	0.950	1.05	0.0223
90	10	0.900	1.11	0.0458
80	20	0.800	1.25	0.0969
70	30	0.700	1.43	0.1549
60	40	0.600	1.67	0.2218
50	50	0.500	2.00	0.3010
40	60	0.400	2.50	0.3979
30	70	0.300	3.33	0.5229
20	80	0.200	5.00	0.6990
10	90	0.100	10.00	1.0000
5	95	0.050	20.00	1.3010
4	96	0.040	25.00	1.3979
3	97	0.030	33.33	1.5229
2	98	0.020	50.00	1.6990
1	99	0.010	100.00	2
0.5	99.5	0.005	200.00	2.3010
0.1	99.9	0.001	1000.00	3
0.01	99.99	0.0001	10000.00	4
0.001	99.999	0.00001	100000.00	5
0.0001	99.9999	0.000001	1000000.00	6
0	100	0	∞	∞

¹ MIKOLASCH, W.: Schwarzweiß - reproduktion, Polygraph Verlag GmbH., Frankfurt, 1983.

4. IŞIĞA DUYARLI MALZEMENİN ÜRETİMİ

Pek çok kimyasal madde gözle görülebilen ışığı ya da morötesi ışınları emer ve bu emilen enerji kimyasal maddelerde bir takım değişikliklere yol açar. Bu kimyasal maddelerden bazıları fotoğraf adı verilen ışık görüntüsünün, gözle görülebilen kaydını ortaya çıkarmada kullanılır. Günümüzde bu maddelerden en çok gümüş bileşikleri kullanılmaktadır. Bu fotografik görüntüler, iyonik gümüş halojenür kristalleri içindeki gümüş iyonlarının, gümüş elementine fotokimyasal olarak indirgenmesiyle oluşur. Fotokimyasal indirgenme esnasında, gümüş elementinin atomları birleşerek ışığı dağıtmaya yetecek kadar büyük parçalar oluştururlar. Fotoğrafçılık biliminde görüntüleri oluşturmak ve kaydetmek için gümüş halojenürlerin bu fotokimyasal özelliğinden faydalanılır.

Bu işlem fotoğrafçılığın ilk aşamasını oluşturmaktadır. İkinci aşama ise bir kimyasal indirgeme aracı ile enerjik geliştirme işleminin yapıldığı aşamadır. Bu işlemin adı, banyo etme - developman adını alır. Bu aşamada en önemli özellik geliştirme işleminin derecesidir. Geleneksel gümüş tuzları artı kimyasal developman sistemi tek başına 100 milyondan daha fazla geliştirmeyi başarır. Klasik sistemdeki pozlandırma ve developman aşamalarındaki bağ emülsiyon, yani filmi ışığa karşı duyarlı hale getiren ve filmin yüzeyine sürülmüş olan maddedir. Üzerine harekete geçmemiş gizli görüntü kaydedilen ışığa duyarlı madde, sonunda fotoğraflan görüntüyü meydana getirir. Her ne kadar bu gizli görüntü elde edilecek görüntünün temelini oluşturuyorsa da bu tek başına bir kıstas olarak alınmaz. Banyo etme yöntemi değiştirilerek, elde edilecek görüntüyü oldukça değiştirmek mümkündür.¹

Fotografik emülsiyon milyonlarca kristal taneciğinden ya da daha açıkça belirtmek gerekirse genellikle jelatin olmak üzere, su geçirebilir tutkal içine dağılmış az çözülebilir gümüş tuzu grenlerinden oluşur. Bu kristal taneciklerinin çapları 0.05 ile 5.0 μ arasında değişir ve gümüş-bromür ya da gümüş-iyodür veya gümüş-klorür ya da bu bileşiklerin ikisinden oluşur, zaman zamanda saf gümüş klorür ya da gümüş bromür kullanılır. Bu gümüş tuzları gümüş halojenürler diye adlandırılır. Genellikle isteyerek veya istemeden yapılmış değişik gren bileşimleri ya da değişik tür grenlerden oluşmuş katmanlar kullanılır. Belirli bir nedenle seçilen emülsiyonun özelliği pozlandırma ışığının özelliğine (tür ve yoğunluk), oluşturacak görüntünün özelliğine (tür, kontrast vs.) developman işleminin özelliğine ve başka sistem özelliklerine bağlıdır.²

¹ LOCKER, D.J. : "Photography", Kirk-Othmer: Encyclopedia of Chemical Technology, 3rd ed., John Wiley and Sons Inc., New York, Vol. 17 (1982)

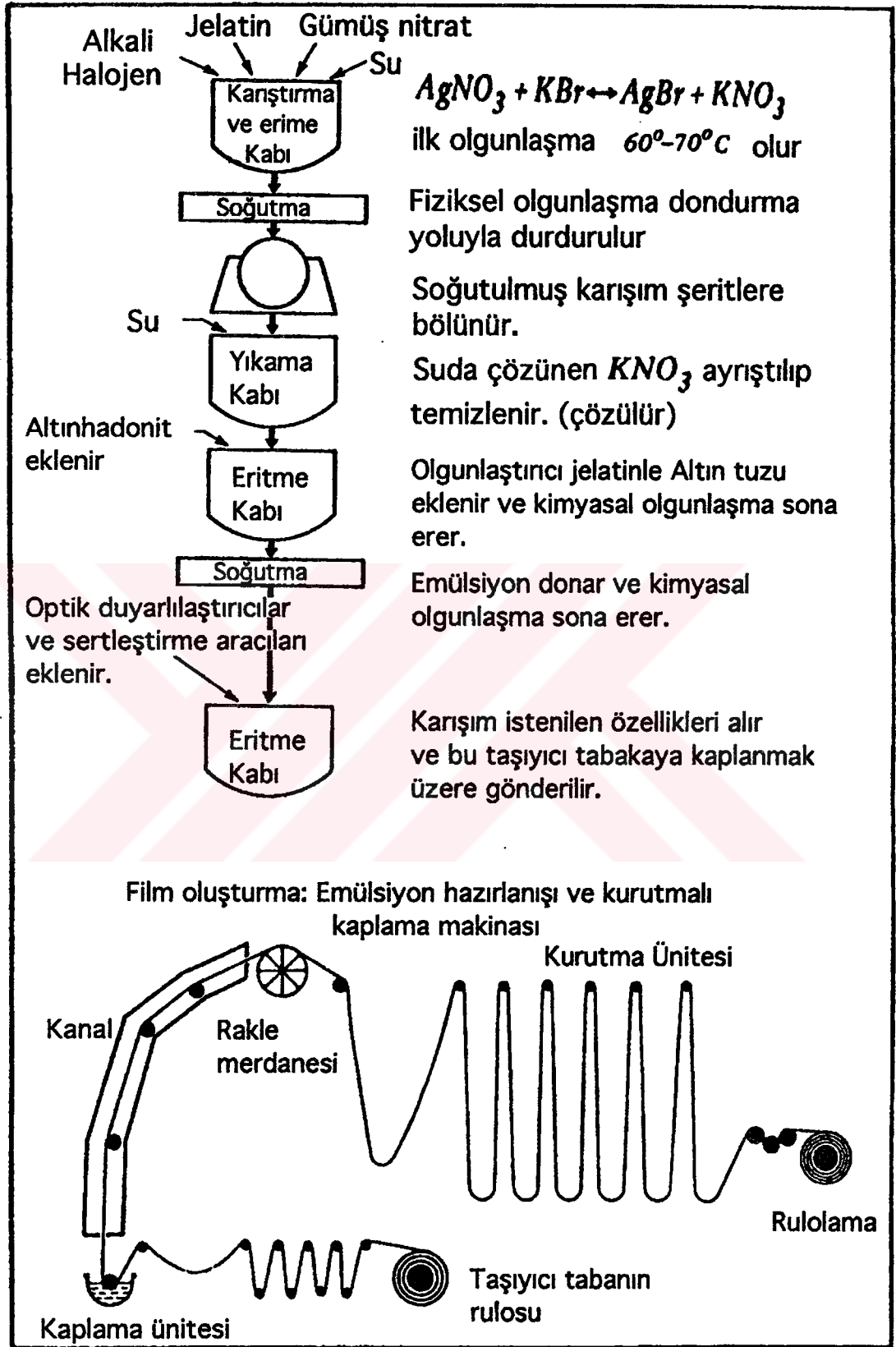
² ZELIKMAN, V. L., LEVI, S. M.: Making and Coating Photographic Emulsions, The Focal Press, New York, 1964



Şekil 4-1 : Fotografik işlemlerin akış şeması.¹

Modern fotoğrafçılıkta çok önemli iki özellik daha vardır. Bunlar kimyasal ve spektral duyarlılıktır. Yüksek duyarlılıklı ve normal ışığı kullanabilen filmler fotoğrafide hayati bir öneme sahiptir. Fotoğrafçılıkta kullanılan AgBr, Ag(Br,I) ve Ag(Br,Cl,I) mikro kristalleri yalnızca 500 nm'nin altındaki dalga boylarındaki elektromanyetik ışıma karşı duyarlıdırlar. Fotografik olarak bu kristaller maviye duyarlı, yeşil ve kırmızıya ise duyarlı değildirler. Maviye duyarlılık gümüş halojenür kristallerin doğal duyarlılığını ifade eder. Develope edilebilir bir görüntü oluşturabilmek için gerekli olan mavi foton sayısını azaltmak için, gümüş halojenür kristalleri, kristal yüzeyine yapışan kimyasal bileşik ile işleme sokulur. Bunlara kimyasal duyarlılığı arttırıcı bileşikler adı verilir. Bu bileşikler gümüş halojenür kristallerinin ışık emicilik özelliklerini belirgin bir şekilde değiştirmezler ancak banyo edilebilir görüntünün oluşumundaki verimlilikte değişikliğe yol açarlar.

¹ LOCKER, D.J. : "Photography", Kirk-Othmer: Encyclopedia of Chemical Technology, 3rd ed., John Wiley and Sons Inc., New York, Vol. 17 (1982).



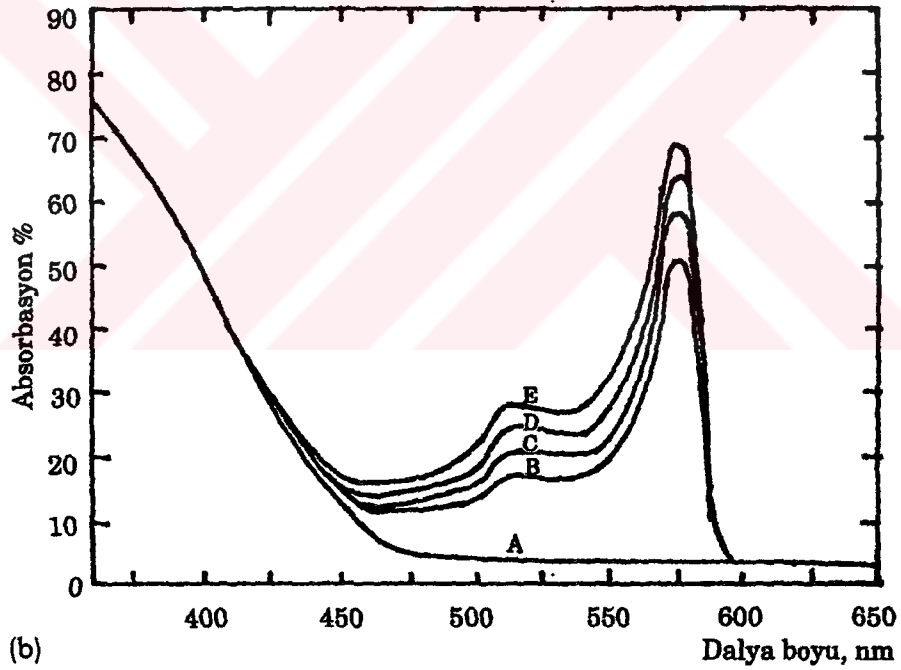
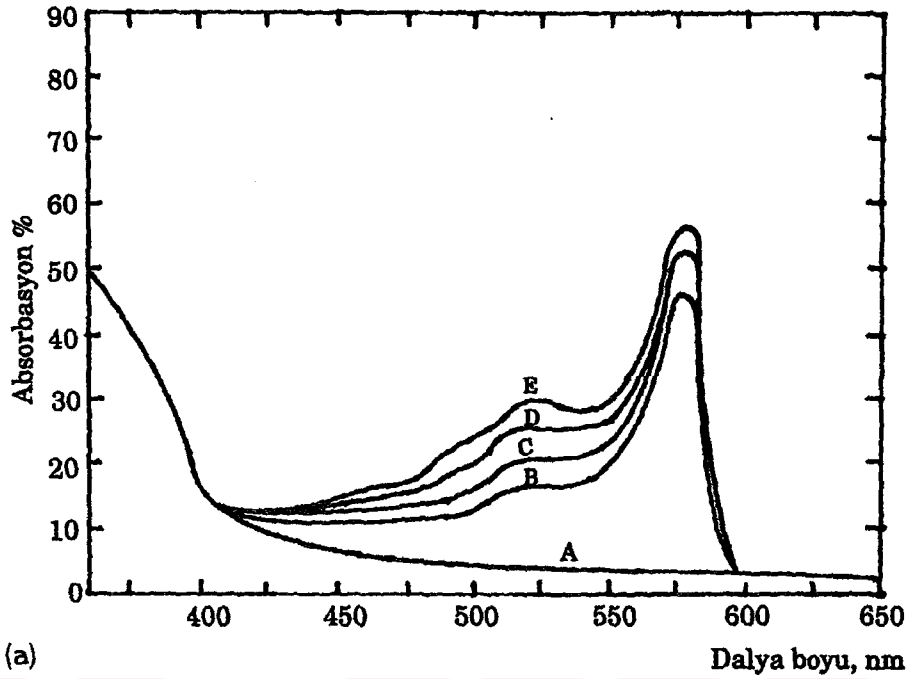
Şekil 4-2 : Işığa hassas materyalin hazırlanışı.

Günümüzde sülfür ve altın içeren birleşikler en çok kullanılan kimyasal duyarlılığı arttırıcı bileşiklerdir. Altının gümüş halojenür kristallerinin fotografik duyarlılığını nasıl arttırdığı hala tartışma konusudur.

Spektrumun yeşil (500 - 600nm) ve kırmızı (600 - 700nm) bölgelerinde fotografik duyarlılığa erişebilmek için gümüş halojenür kristallerinin duyarlılığı boyar maddeler yoluyla arttırılır. Spektral duyarlılığın arttırılması için gümüş halojenür yüzeylerinin üzerine boyar madde moleküllerinin yapışması sağlanır.

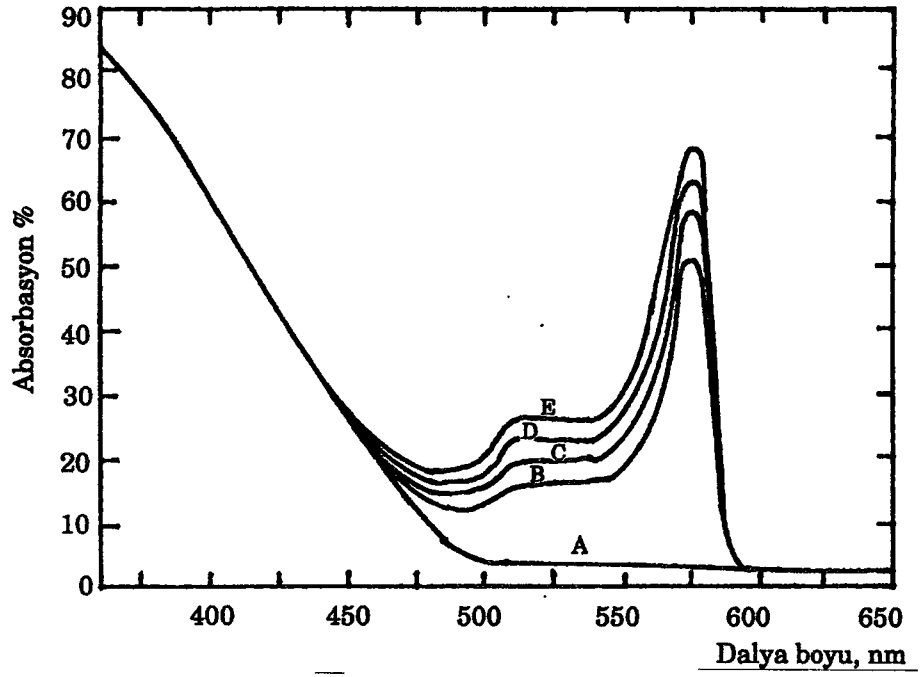
Fotoğraf filmlerinin, kağıtlarının ve tabakalarının gelişmesi gümüş halojenür kristalleri ile başlamıştır. Üretim aşamasında mikrofımler için nanometreler boyutunda, mevcut ışıktan faydalanan yüksek duyarlıklı filmler için ise mikrometreler boyunda kristaller üretebilmek için kapasitesi 2000 litreye ulaşan reaksiyon kapları kullanılmaktadır. Bu fotografik mikrokristallere "gren" ve üretim işlemine de "precipitation - çökeltme" adı verilir. Çökeltme işleminin başlarında gümüş nitrat solüsyonundaki gümüş iyonları ve alkali tuzu solüsyonundaki halojenür iyonları birleşerek gümüş halojenür çekirdekleri oluştururlar. Meydana gelen bu çekirdekler daha sonraki kristal oluşumu için temel oluştururlar. Kristaller genellikle sıvı ortamlarda, düşük yoğunluklu jelatin ilavesiyle çökeltirler. Koruyucu bir kolloid olarak kullanılan jelatin, çökeltme esnasında artan iyonik güç sebebiyle mikrokristallerin bir araya gelmesini engeller. Çökeltmeden sonra NO_3^- ve K^+ karşı iyonları yıkamak suretiyle giderilebilir. Sonuçta ortaya çıkan jelatin içindeki gümüş tuzu soğutulularak jel haline getirilir. Bu jel fotoğrafçılığın ilk günlerinde emülsiyon olarak adlandırılmış ve günümüzde fotoğraf endüstrisinde geçerliliğini korumaktadır. Emülsiyon daha sonra da kullanılmak üzere genellikle soğutulmuş halde muhafaza edilir.

Daha sonra bu fotografik emülsiyon eritilir, mikrokristallerin doğal duyarlılığı kimyasal olarak arttırılır. Bunu takiben grenler boyarmaddeler ile işleme sokularak, görünen tayfın alçak enerji bölgelerine doğru duyarlılıkları arttırılır. Hava keşifleri ve ekolojik araştırmalar gibi özel uygulamalar için ise tayfın kızılötesi yönüne doğru duyarlılık arttırımı yapılır. Grenler ayrıştırılıp, kimyasal ve spektral duyarlılıkları arttırıldıktan sonra emülsiyonlar bir tabaka üzerine kaplamaya hazır hale gelirler. En çok kullanılan tabakalar kağıt, cam ve polimerik filmlerdir. Tabaka seçimi kullanım maksatlarına göre belirlenir. Mikrokristaller arasındaki ayırım, gümüş ve jelatini uygun esaslarda karıştırmak suretiyle elde edilebilir. Kaplama işleminden önce emülsiyona çeşitli kimyasal maddeler ilave edilir. Bunlar arasında kaplamayı kolaylaştırıcı maddeler, sinyal - gürültü performansını arttırıcı maddeler, jelatini ısı değişimlerine karşı dengeleyen maddeler ve raf ömrünü uzatan emülsiyon dengeleyiciler sayılabilir.

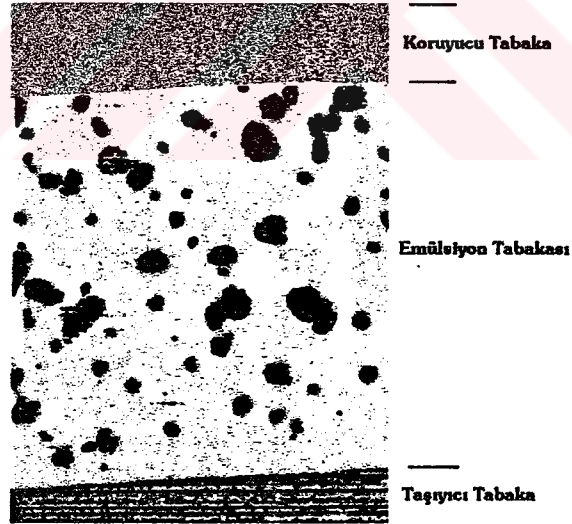


Şekil 4-3 : Duyarlılık arttırıcı boyarmaddenin (a) Ag Cl ve (b) Ag Br kristallerinin emicilikleri üzerindeki etkisi. Boya seviyeleri: A = 0, B = 3.3×10^{-4} , C = 4.4×10^{-4} , D = 5.5×10^{-4} ve E = 6.6×10^{-4} mol.boya/ mol.gümüşdür. Bu da kristal yüzeyinin nanometre karesine 0.5 - 1.0 boyarmadde molekülü demektir. Spektral duyarlılık arttırıcı boyarmaddenin 1.1'dietil, 2.2'siyanürionudur ve Ag (Br,I)kristali içerisindeki iyodür miktarı % 2.5 dur.¹

¹ LOCKER, D.J. : "Photography", Kirk-Othmer: Encyclopedia of Chemical Technology, 3rd ed., John Wiley and Sons Inc., New York, Vol. 17 (1982)



Şekil 4-4 : Duyarlılık arttırıcı boyarmaddenin (c) Ag (Br, I) kristallerinin emicilikleri üzerindeki etkisi. Boya seviyeleri: A = 0, B = 3.3×10^{-4} , C = 4.4×10^{-4} , D = 5.5×10^{-4} ve E = 6.6×10^{-4} mol. boya/ mol.gümüşdür. Bu da kristal yüzeyinin nanometre karesine 0.5 - 1.0 boyarmadde molekülü demektir. Spektral duyarlılık arttırıcı boyarmaddenin 1.1'dietil, 2.2'siyanüridür ve Ag (Br,I)kristali içerisindeki iyodür miktarı % 2.5 dur.¹



Şekil 4-5 : Film plakasını, emülsiyon katmanını ve koruyucu dış tabakayı gösteren bir film tabakasının kesiti Emülsiyon katmanının kalınlığı yaklaşık 2.10^{-5} m dir.²

¹ LOCKER, D.J. : "Photography", Kirk-Othmer: Encyclopedia of Chemical Technology, 3rd ed., John Wiley and Sons Inc., New York, Vol. 17 (1982)

² a.g.e.

Kaplamadan sonra fotografik madde kullanılmaya hazır hale gelmiştir. Kullanıcının makinesindeki mercekler istenen görüntüyü emülsiyon grenleri üzerinde odaklar. Bir foton gümüş halojenür kristali tarafından absorbe edildiğinde hareketli bir elektron ve yine hareketli bir delik oluşur. Bu şekilde oluşturulan fotoelektronlar, gümüş iyonlarını elektrokimyasal olarak gümüş elementine indirgemeye hazır hale gelirler. Pozlandırma devam ettikçe, dengeli bir gümüş atomu demeti oluşur ve böylece sinyal kaydedilir. Gizli görüntünün merkezini oluşturan atom sayısı mikroskopla görülemeyecek kadar az olmakla beraber, meydana gelen demet, gümüş iyonlarının banyo işleminde indirgenmesini sağlayacak bir katalitik merkez oluşturabilecek kadar büyüktür.

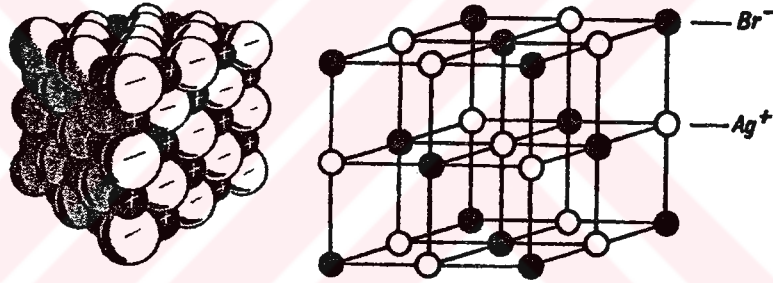
Görüntünün film üzerine pozlanmasını developman safhası takip eder. Developman işlemi fotoğrafın çekilmesinden hemen sonra olabileceği gibi normal kullanımda olduğu üzere fotoğrafın çekilmesinden aylar hatta yıllar sonra da olabilir. Developman işlemi, developmana hazır haldeki görüntünün merkezini oluşturan nispeten az sayıdaki gümüş atomunun 10^{10} kat oranında arttırıldığı bir geliştirme işlemidir.¹ Bu işlem gerçekleştirildiğinde film negatifinin ışığa maruz kalmış bölgesinde gümüş elementinden oluşan bir sinyal ortaya çıkar. Negatifin pozlanmamış bölgelerinde ise sinyalin şiddeti azalır. Bunun gibi istenmeyen gelişmelere (pozlanmamış bölgede yada reversal filmlerin pozlandırılmış bölgelerinde) sis veya minimum yoğunluk denir. Normal bir siyah - beyaz filmde geliştirilen gümüş, ışığı dağıtarak ve absorbe ederek görüntüyü karartır. Bu karama optik yoğunluk birimleriyle ölçülür ve transparan malzemeler için optik yoğunluğun geçirilen ışığa oranının logaritmasına, opak maddeler için ise optik yoğunluğun yansıtılan ışığa oranının logaritmasına eşittir. Developmandan sonra kaplamalar tiyosülfat dolu bir banyoya aktarılır ve develope olmamış gümüş halojenür fiksaj-sabitleştirme işlemiyle yokedilir. Sabitleştirme işlemi sırasında kristal çözülmesi meydana gelir ve gümüş ve tiyosülfat iyonları suda çözülebilen bileşikler oluştururlar. Daha sonra bu bileşikler kaplamalardan yıkanarak ayrılabilir ve gümüş daha sonraki kullanımlar için yeniden elde edilebilir. Develope olmamış gümüş iyonları yokedildikten sonra istenen görüntünün dengeli bir kaydı elde edilmiş olur. Dakikalık renkli filmlerde (polaroid gibi) sabitleştirme işlemi olmadığından gümüş yeniden elde edilemez.

4.1. FOTOĞRAFİK KRİSTAL

Işığa hassas fotoğrafik malzemelerin hazırlanması gümüş halojenür grenlerinin çökeltilmesi ile başlar. Fotografik emülsiyonlar, biri çözülmüş gümüş iyonları biride bromür, klorür veya iyod iyonları içeren iki eriyiğin karıştırılması sonucu elde edilir. Çözülebilir gümüş tuzu çoğu zaman gümüş nitrattır. Halojenürlerde genellikle

¹ LOCKER, D.J. : "Photography", Kirk-Othmer: Encyclopedia of Chemical Technology, 3rd ed., John Wiley and Sons Inc., New York, Vol. 17 (1982)

amonyak ile sodyum yada potasyum tuzlarından oluşmuştur. Kristal oluşumu esnasında istenen şekilde ve büyüklükte, katı hal özelliklerine sahip, ışığa duyarlı ve develope edilebilir grenlerin elde edilmesi için çeşitli teknikler uygulanmaktadır. Bu tekniklerin yanısıra, çöktürme esnasında gümüş halojenür oluşum oranlarını, oluşum karakteristiklerini, dengeyi ve hatta ışık duyarlılığını kontrol etmek için çeşitli kimyasal maddeler de kullanılmaktadır. Tüm çöktürmelerin ortak özelliklerinden biri, bir halojenür solüsyonu ile gümüş nitrat gibi bir gümüş tuzu solüsyonunun peptit ajanların bulunduğu ortamda kontrollü olarak karıştırılmasıdır. Bu peptit ajanlardan en çok bilineni jelatin olmakla beraber diğerleri de kullanılabilir. Karıştırma sırasında kimyasal bir reaksiyon oluşur ve süspansiyon içerisinde çok küçük gümüş halojenür mikroskopik kristalleri katılaşıp ayrışır. Maddeler reaksiyon kabına konurken çözünebilir karşı iyon (alkali katyonları ve nitrat anyonları) yoğunlukları artar. Buna tepki olarak çözeltinin iyonik gücü artar ve kristaller arası çift - katmanlı itme kuvveti Van der Waals çekim kuvvetinin altına düşerek mikroskopik gümüş halojenür kristallerini birleşmeye zorlar. Bu sebeple grenler yüzeyine yapışan ve yalnızca düzenli olarak birleşmelerine imkan sağlayan peptit ajanların mevcudiyeti oldukça önemlidir.¹⁻²⁻³



Şekil 4-6 : AgBr şebeke yapısı.⁴

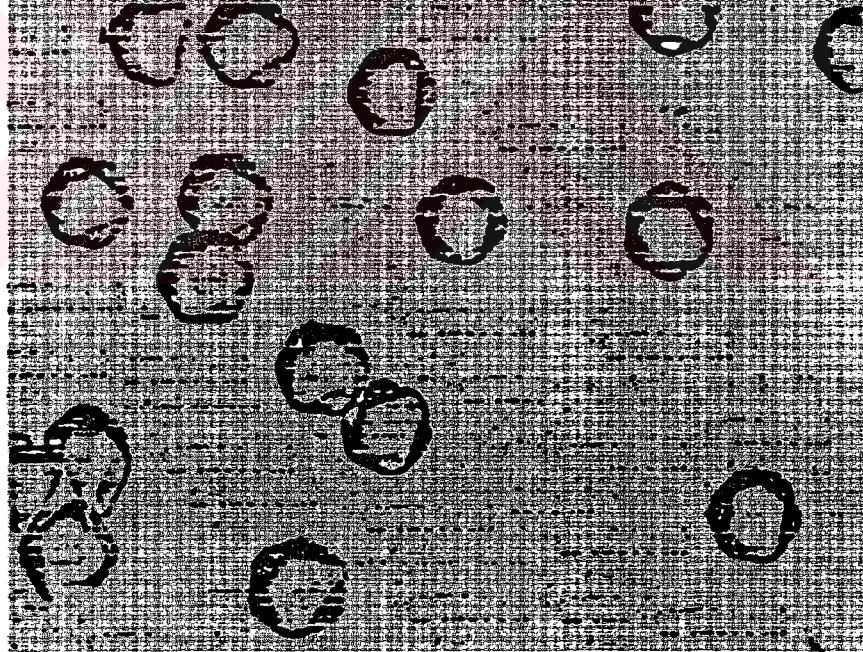
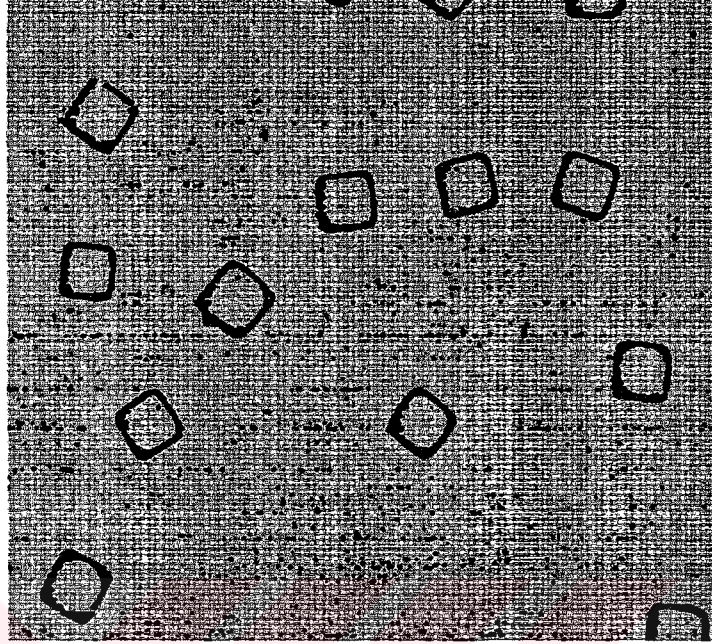
¹ LOCKER, D.J. : "Photography", Kirk-Othmer: Encyclopedia of Chemical Technology, 3rd ed., John Wiley and Sons Inc., New York, Vol. 17 (1982).

² FIEBIG. D. : Reprotechnik, Karl-Heinz Beck GMBH., München, 1993.

³ MIKOLASCH, W.: Schwarzweiß - reproduktion, Polygraph Verlag GmbH., Frankfurt, 1983.

⁴ FIEBIG. D. : Reprotechnik, Karl-Heinz Beck GMBH., München, 1993.

4.1.1.Kristal Gelişimi



Şekil 4-7 : Gümüş halojenür grenlerinin yapıları. (a) Kübik yüzeyli kristaller 2.5×10^{-8} mol / L. 20.000x gümüş iyonu yoğunluğu bulunan bir ortamda çöktürülmüşlerdir. (b) Sekizgen yüzeyli kristaller daha düşük gümüş iyonu yoğunluğu (6.0×10^{-9} mol / L. 9600x) bulunan ortamda çöktürülmüştür.¹

¹ LOCKER, D.J. : "Photography", Kirk-Othmer: Encyclopedia of Chemical Technology, 3rd ed., John Wiley and Sons Inc., New York, Vol. 17 (1982)

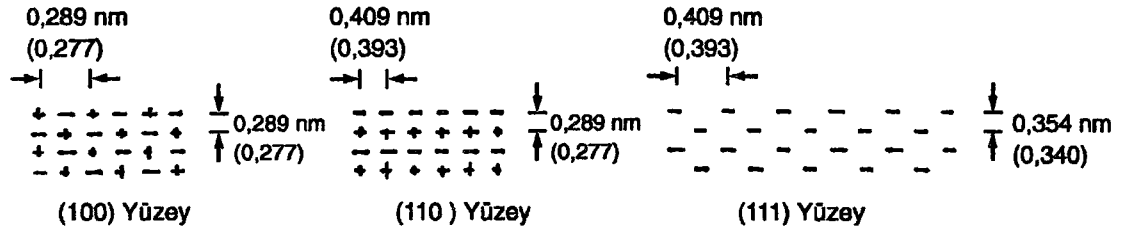
En sık kullanılan iki çökeltme tekniği, tek püskürtmeli ve çift püskürtmeli tekniklerdir. Daha basit bir yöntem olan tek püskürtmeli sistemde halojenür tuzu ve peptit ajan, reaksiyon kabı içerisindeki sıvı çözeltinin içinde termal dengede bulunurlar. Kimyasal reaksiyon, gümüş nitrat solüsyonunun kontrollü olarak kaba ilavesiyle başlatılır. Hem iyonik güç ve hem de gümüş iyonlarının hareketliliği sabit bir hızla yükselir.

Çift - püskürtmeli sistemde ise halojenür ve gümüş tuzları eşzamanlı olarak reaksiyon kabına ilave edilirler. Bu yöntem sayesinde reaksiyon ilerledikçe ortaya çıkan gümüş iyonu hareketliliği kontrol altında tutulabilir. Her iki yöntemde de iyonik gücün sabit bir hızla artmasından dolayı ortaya çıkabilecek ters etkileri engellemek veya bu etkilerin üstesinden gelebilmek için jelatin kullanımının yanısıra başka yöntemler de geliştirilmiştir. Yüksek genlikli mekanik titreşimler ve seyreltme yöntemleri, peptit ajanların kullanılması ihtiyacını azaltan ve hatta ortadan kaldıran yöntemlerden ikisidir.

Ayrıştırma sırasındaki gümüş iyonları aktivitesi, sonuçta ortaya çıkan gümüş halojenür kristallerinin yapısının belirlenmesinde önemli bir parametredir. Genel olarak yüksek gümüş iyonu aktivitesi sonucunda sınırlı yüzeyli kübik yapılar ortaya çıkarken, alçak gümüş iyonu aktivitesi sonucunda ise sekiz yüzeyli yapılar ortaya çıkar. Gümüş iyonu aktivitesinin bu etkisi sebebiyle çok düşük gümüş iyonu aktivitesine sahip olan tek - püskürtmeli sistem, sekiz yüzeyli yapılar ortaya çıkartır. Kristal oluşumu boyunca, ortaya çıkacak kristallerin şekillerini kontrol etmek ve değiştirmek maksadıyla çeşitli organik bileşikler reaksiyon kabına ilave edilebilir. Mesela normal şartlar altında kübik yapılarda oluşan gümüş klorür, uygun bileşikler kullanılarak sekiz ve oniki yüzeyli yapılarda oluşturulabilir.¹

Emülsiyon grenlerinin boyut - frekans dağılımları reaksiyona giren maddelerin birleştirilme hızına, ısıya ve olgunlaştırıcılara bağlıdır. Olgunlaştırıcılar, suda çözünebilen gümüş tuzları ve karışımları oluşturan bileşikler olup tercihen belirli boyutlardaki kristallerin içinden en küçük grenleri eritirken daha büyük grenlerin oluşumunu hızlandırırlar. Bunun yanısıra olgunlaştırıcılar kristallerin yüzey yapısını da etkileyebilirler. Amonyak, sodyum tiyosülfat ve sodyum tiyosiyanit etkili olgunlaştırıcı ajanlardır. Bunlar çökeltme sonrası sindirim etkisi sağlamak maksadıyla reaksiyon kabına çökeltme işlemi sona erdikten sonra konabildikleri gibi çökeltme esnasında ve hatta kristal gelişimi başlamadan önce de konabilir.

¹ ZELIKMAN, V. L., LEVI, S. M.: Making and Coating Photographic Emulsions, The Focal Press, New York, 1964.



Şekil 4-8 : Farklı kristal yapılarının yüzeylerindeki iyon yerleşimleri ve iyonlararası ayrışmalar. AgBr ve AgCl için iyonlararası ayrışmalar verilmiş olup parantez içine alınmış değerler AgCl'e aittir. Bromür ve klorürün farklı yarıçapları nedeniyle iyonlararası ayrışmalar AgBr için daha büyüktür.¹

Tek bir halojenür tipinden türeyen gümüş halojenür kristalleri temel çalışmalarda hayli ilgi çekmiştir. Son olarak AgBr ve AgCl gelişmeleri incelenmiştir. Karışık halojenür içeren kristallerin [Örneğin Ag (Br,I) ve Ag (Cl,Br,I)] gelişimi bu derece araştırılmamış ise de bunlar fotografik malzemenin yapımında kullanılmışlardır. Karışık halojenür kristallerinin hazırlanmasında, farklı maddeler eşzamanlı olarak veya sırayla reaksiyon kabına konabilirler. İkinci durumda ilk önce en çabuk çözülen gümüş halojenür kristali olan AgCl oluşur ve ilave tuzlar sebebiyle daha az çözülgün bir gümüş halojenüre (mesela AgBr) dönüşür. Fotografik çalışmalar ile elektronmikroskobu ve X - ışını ile yapılan çalışmalar sonucunda, bu dönüşümün çok etkili bir parçacıklar arası iyonik difüzyon içerdiği ortaya çıkmıştır.²

Fotografik kristallerin oluşumu iki aşamada gerçekleştirilir; çekirdeğin meydana gelişi ve gelişmesi. Gümüş halojenür kristalinin oluşumu çekirdeğin oluşumu ile başlar. Çekirdeğin meydana gelmesi için çözeltinin gümüş ve halojen iyonları ile doyurulması ve böylece serbest - enerji etkisinin giderilmesi gerekir. Bu gereksinim, yağmur damlalarının oluşumu esnasında doymuş su buharına olan gereksinimin aynısıdır. Çekirdek oluşumu burada maddenin yeni bir halinin oluşumu olarak tarif edilmektedir (yağmur damlaları için sıvı halin, gümüş halojenür kristalleri için katı halin oluşumu). Çekirdekler bir kez oluştuğundan sonra gelişim için bir yüzey hazır ve artık kristallerin gelişimi safhası başlayabilir. Çekirdek oluşumu ile gelişimi safhaları arasındaki geçişin çökeltmenin belirli bir anında olması veya belirli bir süre devam etmesi gerekmez. Aslında, belirli şartlar altında çekirdek oluşumu çökeltme süresince devam edebilir. Çekirdek oluşumu gelişimi ve halojenür çevresi (karışık halojenürlerin kullanıldığı durumlarda) dışında Ostwald olgunlaşması adı verilen bir kristalleşme işleminin daha ele alınması gereklidir. Ostwald olgunlaşması, reaksiyon kabının içerisinde çeşitli boyutlarda grenlerin bulunduğu durumlarda ortaya çıkar. Küçük grenlerin serbest yüzey enerjileri büyük grenlere nazaran daha yüksek olduğundan küçük grenler çözülmeye meylederler ve büyük grenlerin oluşumuna

¹ LOCKER, D.J. : "Photography", Kirk-Othmer: Encyclopedia of Chemical Technology, 3rd ed., John Wiley and Sons Inc., New York, Vol. 17 (1982)

² a.g.e.

katkıda bulunurlar. Böylece Ostwald olgunlaşması en azından üç kısma ayrılabilir: Küçük grenlerin çözülmesi, sıvı faz esnasındaki iyonik difüzyon ve son olarak iyonların daha büyük grenler üzerinde birleşmeleri, bu gelişimin hızı çevresel faktörlere bağlı olmakla beraber genellikle sıcaklığın artırılması ve olgunlaştırıcı ajanların kullanılmasıyla olgunlaştırma hızlandırılmaktadır.¹⁻²

4.1.2.Yabancı Madde İlavesi

Bazı uygulamalarda, bir takım fotografik tepkiler elde etmek için inorganik maddeler çökeltme esnasında emülsiyona ilave edilir. Bu maddeler gümüş halojenür grenleri içine çok düşük yoğunluklarda (milyonda bir veya milyarda bir oranında) ilave edilirler. Bu düşük oranlarına rağmen bu maddeler grenlerin katı-hal özelliklerinin yanısıra ışık duyarlılığı, kontrastlık ve develop edilebilme özellikleri üzerinde büyük etkilere sahiptirler. Gümüş halojenür kristalleri üzerinde bu maddelerin etkilerini araştırmak için çeşitli deneysel teknikler oluşturulmuş ve uygulanmıştır. Fotolüminesans, yalıtkan kaybı, spektrometre, iletkenlik, difüzyon, iyonik ısı akımı, elektron dönme rezonansı ve Auger spektroskopik ölçüm yöntemleri ile yapılan çalışmalar sonucunda bu katı maddelerin gümüş halojenür kristallerinin iyonik, elektronik ve katalitik özellikleri ile ışığı absorbe etme özelliğini etkilediği ortaya çıkmıştır.³⁻⁴

4.1.3.Emülsiyon Yıkama İşlemi

Kristal oluşumu tamamlandığı, ortaya çıkan emülsiyon, sıvı jelatin içerisinde dağılmış gümüş halojenür mikrokristal grenlerinden oluşmuştur. Çözeltinin içerisinde karşı iyonlar, olgunlaştırıcılar ve diğer çökelti maddeleri gibi yan ürünler de bulunmaktadır. Eğer bu yan ürünler ortadan kaldırılmazsa, emülsiyonunun kaplanması ve kurutulması sırasında ters kristal oluşumu meydana gelebilir. Ayrıca bu yan ürünlerden bazıları daha sonraki kimyasal ve spektral duyarlılığın artırılması safhalarında olumsuz etkiler yaratabilir. Fotografik malzemeler kağıt üzerine kaplandıklarında yan ürünlerden bazıları kağıda yapışırlar. Bu durum reaksiyon yan ürünlerinin ters etkilerini azaltıcı veya ortadan kaldıracı olsa da, fotografik ürünlerin çoğu için (film yada cam üzerine kaplanmış olanlar) alt tabakanın bu emicilik özelliği

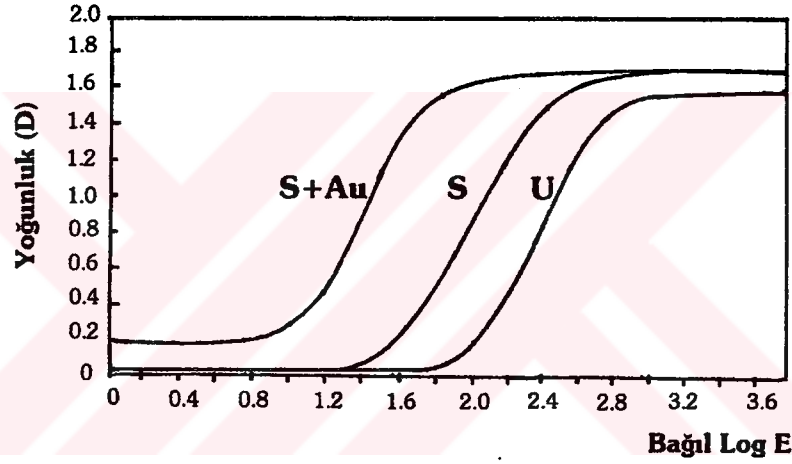
¹ LOCKER, D.J. : "Photography", Kirk-Othmer: Encyclopedia of Chemical Technology, 3rd ed., John Wiley and Sons Inc., New York, Vol. 17 (1982)

² ZELIKMAN, V. L., LEVI, S. M.: Making and Coating Photographic Emulsions, The Focal Press, New York, 1964

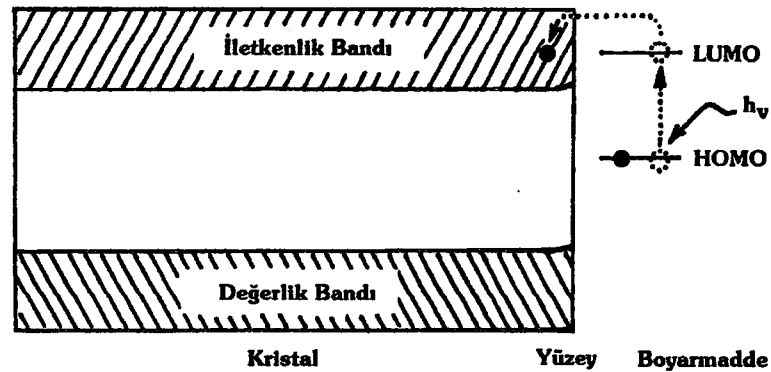
³ a.g.e.

⁴ LOCKER, D.J. : "Photography", Kirk-Othmer: Encyclopedia of Chemical Technology, 3rd ed., John Wiley and Sons Inc., New York, Vol. 17 (1982)

grenlerinin fotografik tepkileri, duyarlılık arttırılmamış, sülfürle arttırılmış ve altın+sülfürle arttırılmış şekilde karakteristik yoğunluğa karşılık pozun logaritması olarak gösterilmiştir. Emülsiyon grenlerinin kimyasal indirgeyici ajanlarla işleme sokulması da duyarlılığı arttırır. Bu işlem için yüksek pH, düşük pH gümüş ya da kalay iyonları veya hidrazin gibi kimyasal indirgeyici maddeler kullanılabilir. İndirgenme yoluyla duyarlılığın arttırılması, deliklerin veya elektronların yakalanması ya da kullanılan tekniğe bağlı olarak bunların kombinasyonu ile mümkün olur. Ancak, fazla miktarda kimyasal indirgenme sonucu kendiliğinden develope işlemini hızlandırabilecek atomik gümüş merkezleri oluşabileceğinden bu tip indirgenme işlemlerinin dikkatle kontrol altında tutulması gereklidir. Bu çeşit bir aşırı duyarlılık arttırımı, duyarlılığı azaltırken negatif filmlerin pozlanmamış bölgelerindeki yoğunluğu da arttırabilecektir. Bu çeşit oluşumlara "duyarlılık bozulması - sensitizasyon sisi" denir ve sık kullanılan kimyasal duyarlılık arttırıcıların aşırı kullanımından meydana gelir.



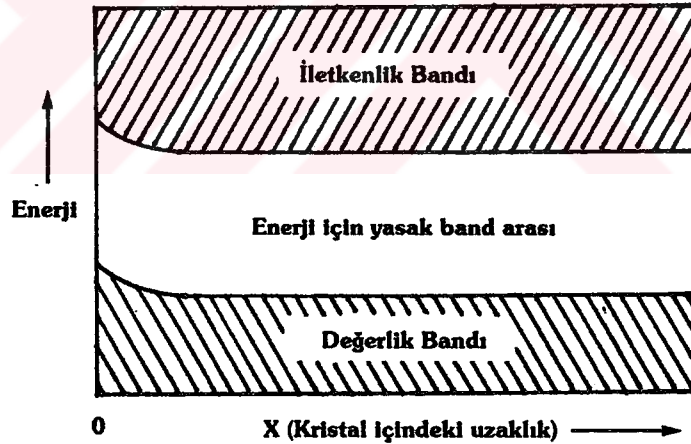
Şekil 4-10 : Kimyasal duyarlılık arttırımının etkilerini gösteren karakteristik eğriler¹



Şekil 4-11 : Hızlandırılan bir boyarmadde molekülünden bir gümüş halojenür kristaline elektron aktarımı.²

¹ LOCKER, D.J. : "Photography", Kirk-Othmer: Encyclopedia of Chemical Technology, 3rd ed., John Wiley and Sons Inc., New York, Vol. 17 (1982).

yeterli değildir. Bu nedenle suda çözünabilir yan ürünleri yoketmek için birçok değişik yıkama işlemi geliştirilmiştir. Ençok kullanılan yıkama yöntemleri başlıca iki grupta toplanabilir: Parçalara ayırma ve topak haline getirme. Parçalara ayırma yönteminde, çökeltme sırasında emülsiyona jelatin ilave edilir. Bu jelatin sayesinde emülsiyon soğuduğunda katılaşıp jel haline alır. Bu durumda emülsiyon su ile yıkanarak küçük parçacıklara ayrılır ve bu parçacıklar su ile ortadan kaldırılır. Bu yöntem, yüksek oranlı jelatin içerdiği ve yan ürünleri süzmek için uzun zaman gerektirdiği için pek tercih edilmez. Günümüzde daha çok tercih edilen topak haline getirme yöntemi ise daha kısa sürer, fazladan jelatin gerektirmez ve daha yoğun bir emülsiyon elde edilmesine imkan verir. Bu yöntemde çökeltile jelatin iyonik gücün artırılması ile pıhtılaştırılır. Bunun için ya pH, koruyucu jelatin kolloidin izoelektrik noktasına ayarlanır ya da inorganik sülfatlar gibi tuzlar ilave edilir. Jelatin topakları gümüş halojenür grenlerinin de taşıyarak reaksiyon kabının dibine oturduklarından suda çözünabilir yan ürünler suyun üzerinde kalırlar ve kolaylıkla ayrılabilirler. Gümüş halojenür emülsiyonu istenen saflığa ulaşana kadar aynı işlemler tekrar edilebilir. Topakların oluşma hızını arttırmak ve yıkanan emülsiyonların fotografik tepkilerini arttırmak maksadıyla bu yöntemin değişik çeşitleri geliştirilmiştir.¹⁻²



Şekil 4-9 : Gümüş halojenür kristallerinin bant modelindeki enerji seviyeleri bükülme sınır en fazla bant boşluğunun 0.1 katıdır. AgBr için bant boşluğu 4.17×10^{-19} J (2.60eV), AgCl için bant boşluğu 4.84×10^{-19} J (3.02eV) dur. (Bu değerler 298 °K için geçerlidir.)

¹ ZELIKMAN, V. L., LEVI, S. M.: Making and Coating Photographic Emulsions, The Focal Press, New York, 1964

² LOCKER, D.J. : "Photography", Kirk-Othmer: Encyclopedia of Chemical Technology, 3rd ed., John Wiley and Sons Inc., New York, Vol. 17 (1982)

4.1.4.Kristal Özellikleri

Gümüş halojenür kristalleri, Daguerre, Niepce, Talbot ve Herschel'in yüzelli yıl önce yaptığı ilk çalışmalardan bu yana tercih edilen ışığa duyarlı maddeler olmuşlardır. Gümüş halojenürün fotoğrafçılıkta bu derece tercih edilir olmasının sebebi fiziksel ve kimyasal bir takım özellikleri bünyesinde toplayan tek madde olmasıdır. Optik absorpsiyon, iyonik ve elektronik yük taşıyıcılarının hareketliliği ve elektronik enerji yapısı developman öncesi gizli görüntünün oluşturulması için gerekli özelliklerdir. Developman öncesi gizli görüntüyü oluşturan gümüş zerreciklerinin katalitik özellikleri developman esnasında gereklidir. Gümüş halojenür kristallerinin erime özelliği, sabitleştirme esnasında dengeye yardımcı olur. (Şekil 4-8) 'de gümüş bromürün elektronik enerji yapısı şematik olarak görülmektedir. Gümüş halojenür kristalleri içerisindeki kafes yapısının periyodikliği sebebiyle kuantum mekaniği analizi sonucunda bir enerji bandı şeması ortaya çıkmaktadır. Bu şemada müsadde edilen elektronik enerji seviyeleri, yasak enerji bantları ile birbirinden ayrılmış durumdadır. Tüm enerji seviyelerinin dolu olduğu en yüksek enerji bandına "değerlik bandı" adı verilir. Bir üst seviyedeki enerji bandı ise "İletkenlik bandı" dır. Dışarıdan gelen harekete geçirici herhangi bir enerji olmadığından, gümüş halojenürün iletkenlik bandını oluşturan elektronik - enerji seviyeleri boştur. Yeterli enerjiyi sağlayacak miktarda pozlandırma ışığa maruz kalındığında, bir foton emilerek değerlik bandındaki bir elektron iletkenlik bandına yükseltilir. Bu durum sonunda değerlik bandında hareketli bir delik, iletkenlik bandında ise hareketli bir elektron ortaya çıkar. Oluşan bu delik ve elektron, kristal içerisinde bağımsız olarak hareket etmek suretiyle fotografik olarak indüklenen elektriksel iletkenliği artırırlar. Gümüş bromürün yasak enerji seviyesi 4.2×10^{-19} J (2.6 eV) dür. Bu sebeple değerlik bandından iletkenlik bandına bir elektronu yükseltebilmek için en az 4.2×10^{-19} joule'lük bir foton enerjisine ihtiyaç vardır. Bu enerji gümüş bromürün 475 nm civarlarındaki emicilik sınırına karşılık gelir. (Şekil.4-3) 'de görüldüğü gibi gümüş klorürün yasak enerji seviyesi gümüş bromürden büyük, gümüş iyodürün seviyesi ise gümüş bromürden küçüktür. Bu enerji seviyeleri, termal enerjiye göre daha büyük olduklarından gümüş halojenür kristalleri elektronik harekette oluşan karanlık iletkenliği göstermezler. Gümüş halojenür kristallerinde elektronik iletkenlik fotografik olarak indüklemelidir. Işığa maruz kalmanın sonunda oluşan fotoindüklenmiş yük taşıyıcıları, fotografik malzemedeki gizli görüntünün oluşumunu başlatırlar. Bir kez meydana geldiklerinde hareketli elektronik yük taşıyıcıları sürekli serbest kalamazlar. Bu taşıyıcılar kristal içerisinde veya yüzeyinde bulunan merkezlerce yakalanırlar. Saf gümüş halojeni kristalleri içerisindeki bu merkezlerin yoğunlukları ve yapıları tam olarak anlaşılabilmiş değilse de yeterince dolaylı delil ve veri elde edilmiştir. Bir elektron tuzağı, enerjisi iletkenlik bandın alt sınırından da aşağıda bulunan boş bir elektronik enerji seviyesidir. Diğer taraftan delikleri yakalayan merkezler ise, enerjisi değerlik bandının üst sınırının da üzerinde bulunan dolu bir enerji seviyesidir. Bu merkezler kirlilikten, yüzeysel kusurlardan veya iç kusurlardan meydana gelebilir. Bu

merkezlerin derinlikleri, kesitleri ve yoğunlukları bir bakıma fotoindüklenmiş yük taşıyıcılarının hareketliliklerini ve ömürlerini belirler. Bir fotoelektronu yakalayacak en son merkez gümüş halojenürün yüksek dielektrik sabiti, negatif yüzey yükü ve nispi merkez derinliği tarafından belirlenir. Gümüş halojenürün yüksek dielektrik sabiti nedeniyle, ayırım yerlerindeki noktalarda ortaya çıkan iç kusurlar muhtemelen yüzeysel kusurlar kadar derin olmayacaklardır. Bununla beraber mikrokristallerin negatif yüzey yükleri fotoelektronları iterek iç kusurlar sonucu oluşan merkezlerce yakalanmaları ihtimalini arttırmaktadır. Gümüş halojen mikro kristalleri grenlerinin nispi fotografik duyarlılığı, negatif yüzey yükleri tarafından yaratılan bu şekilde bir etkiye açıktır.

Karanlıkta hareketli elektron bulunmamasına rağmen, gümüş halojenür kristallerinin iyonik hareketten meydana gelen bir karanlık iletkenliği vardır. Poz sırasında, oda sıcaklığında termal olarak meydana gelen iyon hareketliliği görüntünün oluşumuna katkıda bulunur. Saf gümüş halojenür kristalleri içerisindeki iyon hareketliliği iki sebepten meydana gelebilir. Bunlar dokular arasında bulunan gümüş iyonlarının ve gümüş iyonu boşluklarının hareketliliğidir. Gümüş iyonu boşlukları gümüş iyonu kafeslerinden biri boşaldığında ortaya çıkar. Bu boşlukların hareketliliği ise kafes içerisindeki gümüş iyonları ile komşu boşlukların yer değiştirmeleri sonucu oluşur. Bahsi geçen iyonik yük taşıyıcılardan daha hareketli ve gizli görüntünün oluşmasında daha etkili olanı, dokular arasında bulunan gümüş iyonlarıdır. Dokular arası iyonlar ve boşluklarla ilgili bir takım kütle dengesi denklemleri mevcuttur. Frenkel dengesi adı verilen dinamik dengede, gümüş halojenürler içerisinde, her sıcaklıkta her iki yoğunluğun çarpımı sabittir. Bu sebeple, kristal üzerinde bu iki yoğunluktan birini arttırmaya veya azaltmaya yönelik herhangi bir etki, diğer yoğunluğu azatacak veya arttıracak şekilde bir ters etki yapacaktır. Örneğin bir gümüş halojenür kristaline iki değerlikli katyon ilavesi, elektriksel nötrlüğü sağlayabilmek için ilave boşlukların oluşmasına sebep olacaktır. Aynı şekilde Frenkel dengesini koruyabilmek için de dokular arası gümüş iyonu miktarında da bir azalma ortaya çıkacaktır. Dokular arası iyon yoğunluğu, kirliliğin yanında başka bazı faktörlerden de etkilenir. Bunlar kristal çevre, sıcaklık, kristalin yüzeyine yapışan parçacıklar, halojen iyonları, kristal yapısı ve yüzey boşluk yüküdür. Aslında mikrokristallerdeki dokular arası iyon yoğunluğu büyük gümüş halojenürdekinden oldukça fazladır. Çünkü yüksek yüzey/hacim oranları yüzey boşluk yükü etkisini arttırmaktadır.¹

4.2. TEPKİ ARTIRIMI

Fotografik mikrokristaller çökeltildikten sonra, bir taşıyıcının üzerine kaplanmadan önce, doğal duyarlılıklarını arttırmak ve duyarlı oldukları dalga boyu

¹ LOCKER, D.J. : "Photography", Kirk-Othmer: Encyclopedia of Chemical Technology, 3rd ed., John Wiley and Sons Inc., New York, Vol. 17 (1982)

yükseltmek amacıyla bazı işlemlere tabi tutulurlar. Bunun sebebi ise bu mikrokristallerin reproduksiyonda kullanılabilecek kadar yeterli ışık duyarlılığına ulaştırılması ve gözle görünen ışık dalga boylarına karşı yetersiz olan duyarlılıklarının artırılmasıdır. Doğal duyarlılık kimyasal olarak artırılırken duyarlı olunan dalga boyunun artırılması ise spektral olarak sağlanır.¹⁻²

4.2.1. Kimyasal Duyarlılığın Arttırılması

Gizli görüntü elde edebilmek için gerekli olan foton sayısını azaltacak şekilde değişik, metodlar geliştirilmiştir. İhtiyaç duyulan foton sayısını 1/10 oranında azaltan yöntemler yaygın olarak kullanılmaktadır. Kimyasal olarak bunun nasıl gerçekleştiğini anlamak için önce duyarlılığı artırılmamış bir emülsiyondaki gizli görüntü oluşumunun incelenmesi gerekir.

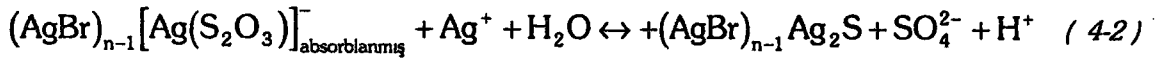
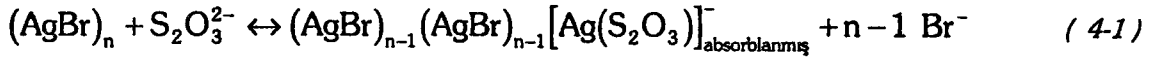
Poz sırasında fotoelektronlar, fotodelikler ve dokular arası gümüş iyonları birlikte çeşitli basamaklardan geçerek gizli görüntü merkezleri adı verilen metalik gümüş merkezleri oluştururlar. Bu basamakların sırası ve hızı belirleyici basamağın hangisi olduğu konularında bir takım farklı fikirler olmasına rağmen, gümüş merkezlerinin oluşumu ve bazı yetersizliklerin sebepleri konusunda temel bir şema kabul görmektedir. Çeşitli mekanik basamakların sonucunda ortaya çıkması istenen, fotoelektronların gümüş iyonları ile reaksiyona girerek gümüş atomu kümeleri oluşturmasıdır. Gümüş iyonlarının bu indirgenme işlemini karıştıran en az iki kayıp işlemi vardır. Bunlar fotoelektronların fotodelikler ile tekrar birleşmesi ve fotodeliklerin etkisi sonucunda gümüş iyonlarının tekrar oksitlenmesidir. Pratik olarak gizli görüntünün kristal üzerindeki yerleşimi de bu merkezin etkisine tesir eder. Kimyasal duyarlılık arttırıcılar, fotodelikleri fotoelektronlardan ve gizli görüntünün olduğu yerden ayırarak mikrokristal grenlerinin ışık duyarlılıklarını arttırırlar. Ayrıca gizli görüntünün oluşacağı yeri belirleyebilir ve oluştuktan sonra bu görüntünün dengesini arttırabilirler. Bazı kimyasal duyarlılık arttırıcılar şunlardır: Sülfür içeren bileşikler (sodyum tiyosülfat gibi) tiyosiyanit ve potasyum tetraklerüs gibi altın içeren maddeler ve hidrojen gazı gibi kimyasal indirgeyici ajanlar. Bu maddeler tek başlarına ya da birlikte kullanılabilirler ve en az miktarda (mesela μmol duyarlaştırıcı-madde / mol gümüş) kullanıldıklarında optimum sonuç verirler. Bu miktarda kullanılan duyarlılık arttırıcılar poz sırasında katı-hal üzerinde olumlu etkide bulunurlarken daha sonraki banyo işlemi üzerinde ters etkileri olmaz.

Kimyasal duyarlılık arttırıcı bileşiklerin keşfinden önce bazı jelatin örneklerinin, gümüş halojenür grenlerinin doğal duyarlılığını arttırdığı görülmüştür. Daha sonraki araştırmalarda bu jelatin parçacıklarının gümüş iyonlarıyla reaksiyona girerek gümüş

¹ LOCKER, D.J. : "Photography", Kirk-Othmer: Encyclopedia of Chemical Technology, 3rd ed., John Wiley and Sons Inc., New York, Vol. 17 (1982)

² ZELIKMAN, V. L., LEVI, S. M.: Making and Coating Photographic Emulsions, The Focal Press, New York, 1964

sülfid (Ag_2S) oluşturdıkları ortaya çıkmıştır. Günümüzde sodyum tiyosülfat veya üre ile yapılan işlem sonucunda gümüş sülfidin aktif olarak ortaya çıktığı düşünülmektedir. Tiyosülfat ve gümüş halojenür kristallerinin, grenlerin yüzeyinde sülfid oluşturdıkları reaksiyon termal olarak başlatılır. Eğer reaksiyon sona erdirilmeden önce çok uzun süre devam ettirilir ya da çok fazla miktarda sodyum tiyosülfat konsantrasyonu kullanılırsa emülsiyon grenleri kendiliğinden develope olur hale gelirler (yani katalitik hareketliliğin başlaması için poza gerek kalmaz) ve görüntü detayları kaybolur. Sülfid oluşumu ile sonuçlanan bu reaksiyon iki basamaklıdır:



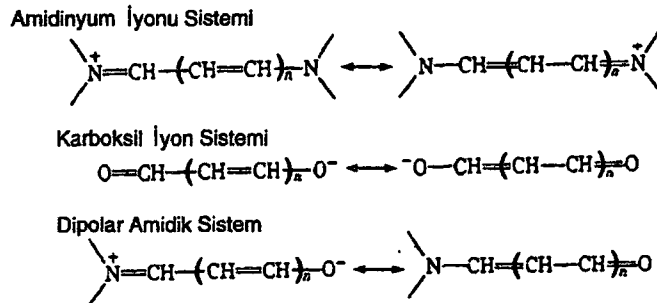
Radyasyon izleyici sonuçları, spektrometrik analiz, proton izleme deneyleri ve fotoğrafik çalışmalar sonucunda tüm reaksiyonun, tiyosülfat yoğunluğu açısından birinci derece; gümüş iyonları yoğunluğu açısından hemen hemen birinci dereceye yakın bir reaksiyon olduğu ve 84-126 kJ / mol (20-30 kcal/mol) gibi bir aktivasyon enerjisi bulunduğu tesbit edilmiştir. Radyasyon izleyici çalışmaları tiyosülfat anyonunun dış yörüngesindeki sülfür atomunun sülfür duyarlılığını arttırıcı aktif madde olduğunu ortaya çıkarmıştır. Gümüş sülfidin, gümüşün grenlerinin duyarlılığını arttırması, gizli görüntünün oluşumu esnasındaki etkinlik artışına bağlıdır. Bazı araştırmacılar sülfür duyarlılığını arttırmanın elektron tuzaklarının derinliklerini arttırdığını ileri sürerken diğerleri de sülfürün yüzey boşluk yüklerinin oluşturduğu itici potansiyel enerjiyi azaltarak fotoelektronların gizli görüntü oluşumu için yüzeye yaklaşmalarını kolaylaştırdığını ileri sürmüşlerdir. Deneyler aynı zamanda, belirli şartlar altında, sülfür duyarlılığını arttırmanın deliklerin tuzağa yakalanma ihtimalini de arttırabileceğini göstermiştir. Her nasıl olursa olsun, sülfür duyarlılığını arttırmanın, fotoğrafik duyarlılığı arttırmada etkili ve kullanışlı bir metod olduğu ortaya çıkmıştır. Sülfürle karıştırılan altın, ilave bir duyarlılık (özellikle yüksek şiddetteki pozlar için) elde etmek üzere sık sık kullanılır.¹

Altının kimyasal duyarlılık arttırımındaki etkisi en azından iki kat daha fazladır. Altının fonksiyonlarından biri, gizli görüntü merkezinin katalitik hareketliliğini arttırmasıdır. Altın, banyo edilebilme için gerekli olan fotokimyasal olarak oluşmuş gümüş atomu sayısını azaltarak grenlerin ışığa duyarlılığını artırır. Yine altın gizli görüntü oluşumu enasında gümüşün atomik durumunu dengeleyerek oluşumun etkinliğini artırır. (Şekil 4-9)'de 0.7µm uzunluğundaki sekiz yüzeyli gümüş bromür

¹ LOCKER, D.J. : "Photography", Kirk-Othmer: Encyclopedia of Chemical Technology, 3rd ed., John Wiley and Sons Inc., New York, Vol. 17 (1982)

4.2.2. Spektral Duyarlılığın Arttırılması

Gümüş bromür ve gümüş iyot bromür mikrokristallerinin doğal emicilikleri ve dolayısıyla fotografik duyarlılıkları 500nm'nin üzerindeki dalgaboyları için hızla azalır. Aslında gümüş klorür kristallerinin spektrumun görünür bölgelerindeki duyarlılıkları hemen hemen sıfıra yakındır. Renkli fotoğrafçılık için, gümüş halojenür kristallerinin duyarlılığını yeşil 500-600 nm ve kırmızı 600-700nm bölgelere doğru geliştirme ihtiyacı kaçınılmazdır. Ayrıca, siyah-beyaz fotoğrafçılıkta dahi optimum seviyede ışık duyarlılığı için fotografik tepkinin 500 nm'nin ötesine doğru arttırılması gereklidir. Dalgaboyu duyarlılığının, doğal durumundan daha öteye doğru arttırılması işlemine "spektral duyarlılığın arttırımı" denir. Kimyasal arttırmada olduğu gibi spektral arttırımı da çökeltilmeden sonra ve kaplamadan önce yapılır. Bu işlem genelde bazı organik boyaların gümüş halojenürlerinin yüzeylerine yapıştırılması suretiyle gerçekleştirilir. Boyarmadde molekülleri kristal yüzeyine yapıştığında, boyarmadde tarafından yutulan elektromanyetik ışıma kristale aktarılabilir. Bu aktarım sonucunda gümüş halojenür grenlerinin iletkenlik bandında hareketli elektronlar oluşur ve iletkenlik bandına geçen bu elektronlar gizli görüntü oluşumunu başlatırlar. Spektral duyarlılık arttırımının çeşitli mekanik modellerinden en popüler olanı bir elektron aktarımı içerir. Boyarmadde molekülünün ışığı emmesi sonucunda dolu olan yüksek enerjili dolu moleküler yörüngesindeki (HOMO) bir elektron, düşük enerjili doldurulmamış moleküler yörüngesine (LUMO) yükselir. Bu durumdaki elektron, iletkenlik bandının en alt sınırına yakındır ve bu sebeple boyarmadde molekülünden kristalin iletkenlik bandındaki enerji seviyelerine aktarılmaya yetecek bir enerjiye sahiptir (Şekil 4-11)'da bu elektron aktarımı işlemi görülmektedir. Aktarım boyunca boyarmadde molekülü oksitlenir ve dolu olan en yüksek molekül yörüngesinde yakalanmış bir fotodelik bulunur. Spektral duyarlılık arttırıcı pekçok boyarmadde, moleküler yapılarına göre rahatça sınıflandırılabilir. Bir boyarmadde molekülünün görünür ışığı ya da kızılötesi ışığı emebilmesine imkan veren kısmına kromofor adı verilir.



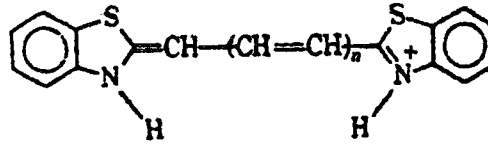
Şekil 4-12 : Yaygın kullanılan üç kromoforun rezonans yapıları gösterilmiştir.¹

² a.g.e.

¹ LOCKER, D.J. : "Photography", Kirk-Othmer: Encyclopedia of Chemical Technology, 3rd ed., John Wiley and Sons Inc., New York, Vol. 17 (1982)

Kromofor içerisindeki rezonans, birleşik kromofor zinciri boyunca elektronik harekete karşılık gelir. Kromofor zincirinin son grupları genellikle değişik devirli halkalar içerisinde bulunurlar. Tablo-1 deki yapı, iki benzotiazol çekirdeği ile sınırlanmış bir amidinyum iyon sistemine aittir. Eğer değişik devirli halkalar arasındaki köprü yalnızca bir metnin grubundan oluşuyorsa, $=CH-$, ($n=0$), boyarmadde basit siyanin olarak adlandırılır. Zincirin uzaması durumunda, n 'nin sırasıyla 1, 2, 3 gibi değerler almasıyla karbosiyanin, dikarbosiyanin ve trikarbosiyanin ortaya çıkar.

Tablo 4-1 : Tablo-1:Amidinyum İyonu Kromofor serileri için maksimum ışık emiciliği dalgaboyları.¹



n	λ_{max} nm
0	423
1	557
2	650
3	758

4.3. EMÜLSİYONA İLAVE EDİLEN DİĞER KATKI MADDELERİ

Kimyasal ve spektral duyarlılık arttırıcı maddelerin yanında pek çok kimyasal bileşik de kaplama öncesinde emülsiyona ilave edilir. Bunlardan bazıları kaplama işlemini kolaylaştırır (mesela yüzey gerilmesini azaltıcı maddeler), pozlanmamış bölgelerde kendiliğinden oluşabilecek gelişmeyi engeller (mesela tetrazinler ve merkaptotetrazoller), aşınmayı azaltırlar ve yüksek sıcaklıklarda işlem yapmaya imkan verirler (aldehidler). Bazı oluşumlarda eriyen emülsiyon viskozitesi ve yüzey gerilimi, kaplama sırasında yeterli emülsiyonun tabaka üzerine yayılmasına müsaade etmeyebilir. Bu durumlarda yüzey gerilimini azaltıcı maddeler kullanılır.

4.3.1.Dengeleyiciler

Kimyasal duyarlılığın arttırılması bölümünde belirtildiği gibi sülfid oluşturan reaksiyon yaklaşık 125 kJ/mol (30 kcal/mol) civarında bir aktivasyon enerjisine sahiptir. Bu sebeple emülsiyonu 60 °C den 25 °C'ye soğutmak suretiyle reaksiyon durmaz, ancak reaksiyon hızı yarı yarıya azalır. Emülsiyon uzun süre saklandığında, devam eden bu reaksiyon gümüş halojenür grenleri üzerinde bir katalitik etki yapar

¹ LOCKER, D.J. : "Photography", Kirk-Othmer: Encyclopedia of Chemical Technology, 3rd ed., John Wiley and Sons Inc., New York, Vol. 17 (1982).

ve developman sonrasında bozulmaya yol açar. Devamlı duyarlılık artışı, halojenür iyonları, asit, benzimidazoller, benzotriazoller ve merkaptotetrazoller gibi dengeleyiciler kullanarak kontrol edilebilir. Bu bileşiklerin pekçoğu gümüşün yüzeyine yapışır ya da gümüş iyonları ile bileşik oluştururlar. Bunun sonucunda, fenilmerkaptotetrazol developman işlemini sınırlar ve yeni kaplanmış maddelerde dahi duyarlılığı artırır. Kuantum-mekaniksel analizler, fotografik verilerle birleştirildiğinde, en iyi dengeleyicilerin yalnızca gümüş iyonlarıyla birleşmekle kalmayıp aynı zamanda zayıf birer indirgeyici ajan olduklarını ortaya çıkarmıştır. Tetrazin bileşikleri bu iki özelliğede sahip etkili dengeleyiciler olup bozulmaları da engellemektedirler.

4.3.2.Sertleştiriciler

Kaplama öncesi emülsiyona ilave edilebilecek diğer bir malzeme cinsi ise jelatin çapraz-bağlantılarını oluşturan ajanlardır. Bu bileşikler emülsiyon katmanlarını kullanım sırasındaki aşınmalara dayanıklı hale getirirler ve jelatinin termal dengesini artırırlar. Son yıllarda görüntü oluşturmak için gerekli olan developman süresini azaltıcı çalışmalara hız verilmiştir. Bunun sonucunda aktiviteleri artırılmış developman çözeltilerinin kullanımı ihtiyacı ortaya çıkmıştır. İşlem zamanını azaltmak için sıcaklık artışları, pH artışları ve yüksek oksitlenme yöntemleri kullanılmıştır. Maalesef yüksek sıcaklık, jelatin emülsiyonlarının yumuşamasına ve erimesine yol açmıştır. Bu nedenle developman öncesinde jelatinin sertleştirilmesi gerekmiştir. Sertleştirme işlemi, kaplama sırasında çapraz-bağlantı oluşturan ajanların ilavesi ile yapılabilir ancak tercih edilen bu ilavenin kaplama öncesinde yapılmasıdır. Sertleştiricilerin oluşturduğu termal denge ve mekanik dayanıklılık, jelatin molekülleri içerisindeki çeşitli yerlerde oluşturulan üç boyutlu destekler sayesinde meydana gelir. Sertleştirici olarak hem organik (aldehidler) ve hem de inorganik (krom tuzları) maddeler kullanılmıştır. Krom, karbon grupları ile birleşirken, organik sertleştiriciler jelatin moleküllerinin içerisindeki amino grupları ile çapraz bağlar oluştururlar.

Renkli fotoğraf ürünlerinde, kaplama öncesinde eritilmiş olan emülsiyona bağlayıcılar veya redoks boyarmadde bırakıcıları eklenir. Bu bileşikler renkli görüntüleri meydana getiren boyarmadde moleküllerinin oluşmasını sağlayan reaksiyonlar için önemlidir.

4.4. EMÜLSİYONUN KAPLANMASI

4.4.1.Kaplama Yüzeyi

Pek çok uygulamada duyarlılığı artırılmış olan emülsiyonlar, taşıyıcı bir yüzeyin üzerine kaplanırlar. Temelde üç çeşit kaplama yüzeyi vardır: cam, plastik ve kağıt. Bu malzemeler boyutsal dengelerine, düşük su geçirgenliklerine, esnekliklerine, yüzeylerinin pürüzsüzlüğüne, yoğunluklarına, fiyatlarına ve emniyetli

olmalarına göre tercih edilirler. Bu özelliklerden hangisinin daha önemli olduğu, uygulamanın maksadına bağlıdır. Mesela boyutsal olarak dengeli malzeme olan cam yüzeyler astronomi, telemetri ve mikroelektronik çalışmaları için en uygun malzemedir. Ancak ağırlık, hacim ve kırılma özelliği camın amatör uygulamalarda kullanımını imkansız kılar. Günümüzde en çok kullanılan taşıyıcı yüzeyler şeffaf plastik film yüzeyleridir. İlk plastik film yüzeyler kimyasal olarak dengesiz ve aşırı yanıcı selüloz nitrattan yapılmışlardı, ancak daha sonra selülozester ve polyesterden imal edilmeye başlandılar. Bu maddeler yalnızca emniyetli olmakla kalmayıp aynı zamanda sağlam, boyutsal ve kimyasal olarak dengelidirler. Kağıt yüzeyler ise renkli ya da siyah-beyaz fotoğraf baskı malzemesinde kullanılırlar. Bazı kağıt yüzeyler, gümüş halojenür emüsyonla kaplanmadan önce jelatin ve baryum sülfatla kaplanarak pürüzsüz hale getirilirler. Günümüzde kağıt yüzeyler titanyum dioksitle beyazlatılmış su geçirmez polietilen reçineler ile kaplanırlar. Reçine kaplı malzemenin suyu emmemesi sebebiyle bir banyo kabından diğerine daha az miktarda kimyasal madde aktarılır ve sonuçta kimyasal madde tüketimi azalır.¹⁻²

4.4.2.Kaplama Teknikleri

Fotografik malzemelerin kaplanması katı sınırlamalar vardır. Emülsiyonun kalınlığının ve yapısının her yerde aynı olması ve damarsız olması gerekir. Ayrıca farklı kimyasal özelliklerde, ondan fazla katman oluşturmak gerekir. Işığa duyarlı maddelerin de tamamen karanlık bir yerde kaplanması gerekir. Fonksiyonuna bağlı olarak kaplanmış ve kurutulmuş bir katman genellikle 1-30 μm kalınlığındadır. Esnek yüzeyler üzerine emülsiyon katmanlarını kaplamanın değişik teknikleri denenmiştir. Bunların çoğunda kaplama yüzeyleri silindirler üzerinde taşınarak kaplama işleminin yapıldığı yere getirilirler. Burada emülsiyon, yüzeyin üzerine bırakılır. bazı sistemlerde ise eriyik haldeki emülsiyon teknelerinde ya da tepsilerde biriktirilir. Hareket halindeki kaplama yüzeyi, sıvı haldeki emülsiyonun yüzeyine temas ettirilir. Kaplama sıvısı tepside taşmaya başladığında fazlalık emülsiyon bir bıçağın kenarı ya da püskürtülen hava ile ortadan kaldırılır. Bu yöntemin bir başka şekli olarak da silolar kullanılır. Bu sistemde emülsiyon, pompalar ya da yerçekimi kuvvetiyle kaplama yüzeyinin üzerine taşınır. Çeşitli şekillerde dizayn edilmiş silolar vasıtasıyla emülsiyon yüzey üzerine yeknesak olarak dağıtılır. Kaplama yüzeyinin, kaplamanın yapıldığı yerden hangi hızla geçirildiği, üretim aşamasında önemli bir parametre olup, genellikle üretici firmalar tarafından hakkı saklı ve gizlidir. Ancak literatürde bulunan hız genelde 3 m/s'nin üzerindedir.³ Emülsiyon yüzey üzerine

¹ ZELIKMAN, V. L., LEVI, S. M.: Making and Coating Photographic Emulsions, The Focal Press, New York, 1964

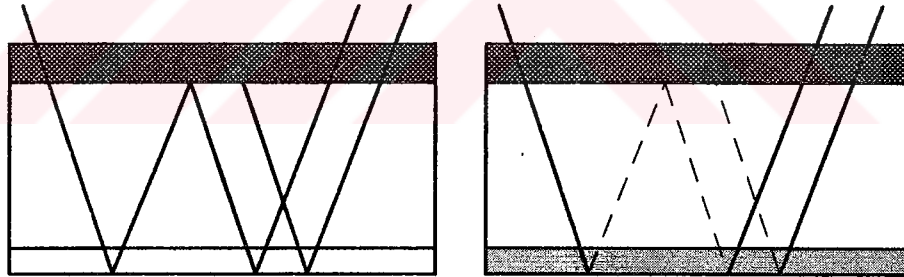
² LOCKER, D.J. : "Photography", Kirk-Othmer: Encyclopedia of Chemical Technology, 3rd ed., John Wiley and Sons Inc., New York, Vol. 17 (1982)

³ ZELIKMAN, V. L., LEVI, S. M.: Making and Coating Photographic Emulsions, The Focal Press, New York, 1964

yayıldıktan sonra bir soğuma odasına sokularak jel haline getirilir ve daha sonra bir kurutma odasına alınarak jelatin içerisindeki suyun büyük kısmı yok edilir. Kurutma esnasında emülsiyon tabakasının kalınlığı ilk kalınlığın % 10'una kadar düşürülür.

4.4.3.Kaplama Yapıları

Emülsiyon katmanlarını doğrudan doğruya kaplama yüzeyi üzerine kaplamak suretiyle ışığa duyarlı fotografik elemanlar elde edilebilir. Ancak bu çeşit basit yapılara uygulamada pek rastlanmaz. Genellikle yayılmayı kolaylaştırmak ve hidrofilik jelatin katmanı daha hidrofobik olan kaplama yüzeyine iyice yapıştırmak için ara katmanlar oluşturulur. Bazı ürünlerde bu ara katmanlar ışık emici maddeler içerirler ve böylece poz esnasında ışığın yansıyarak emülsiyon katmanına geri dönmesi engellenir. Işık emici ara katmanlar olmadığında ışık, kaplama yüzeyinin arkasındaki film-hava ara yüzündeki kırılma indeksi değişimi sebebiyle yansır. Yansıyan ışık, küçük parlak cisimlerin görüntüleri etrafında ışık halkaları oluşturur. bu nedenle ışık emici bu ara katmanlara "ışık halkalarını engelleyici yada anti - halosyon katmanlar " adı verilir. Bu katmanlarda karbon parçacıkları, boyalar ve kolloid haldeki gümüş gibi pekçok ışık emici madde kullanılır. Bu maddeler developman esnasında bozulmalara yol açmamaları için yok edilmelidirler. Kolloid haldeki gümüş, renkli fotoğrafçılıkta nadiren kullanılır ve gümüş beyazlatma ya da sabitleme safhalarından biri esnasında yok edilebilir. Karbonlu süspansiyonlar kullanıldığında, karbon şeffaf filmin arka yüzüne, emülsiyonun bulunduğu yüzün arkasına kaplanır ve fırçalamak suretiyle giderilebilir.

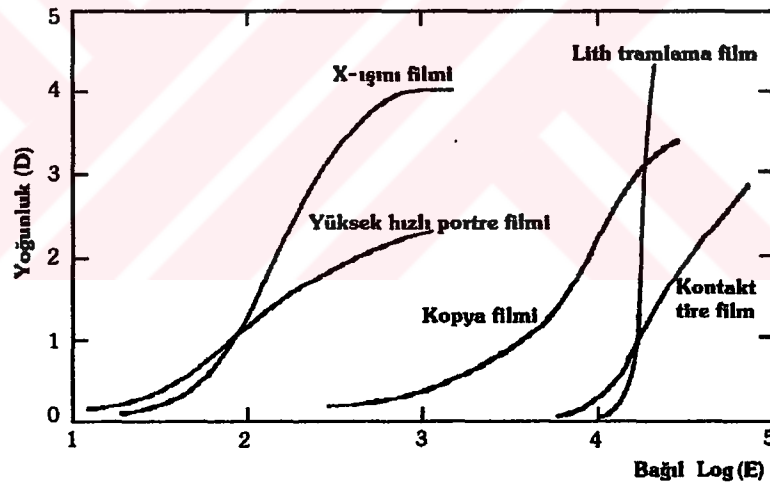


Şekil 4-13 : Şekil - 14: Anti - Halo katmanı olmadan filmin arka tabakasına ulaşan ışık ışınları geri yansıma yaparak halelenme meydana getirir (solda). Oysa anti-halo boya tabakası filmin arka tabakasına ulaşan ışığı absorbe ederek halelenme oluşumunu engeller.¹

Ara katmanlar ve ışık halkalarını engelleyici katmanların yanısıra filmler, emülsiyon katmanlarını basınç ve yıpranmanın olumsuz etkilerinden koruyacak jelatin katmanlarıyla da kaplanırlar. Bu koruyucu üst katmanlar genelde yalnızca 1-3 μm kalınlığındadırlar. Astronomi ve vakum spektroskopisinde kullanılan bazı özel ürünlerde koruyucu katman bulunmaz. Çünkü bu koruyucu jelatin katmanı ultraviyole ışınlarını emerek, malzeme içerisindeki ultraviyole ışınlara hassas gümüş halojenür grenlerinin etkinliğini azaltacaktır.

¹ FIEBIG. D. : Reprotechnik, Karl-Heinz Beck GMBH., München, 1993.

Hemen hemen her fotografik ürünün kendine has bir kaplama yapısı vardır. Her uygulamanın kendine has duyarlılığını elde edebilmek için buna ihtiyaç vardır. Bir görüntüyü tam olarak alabilmek için, emülsiyonun en koyu objeden en parlak objeye kadar tüm objelerin birden bine kadar değişen poz şiddetlerine tepki verebilecek şekilde olması gerekir. Bir emülsiyonun tepki gösterebildiği en alt ve en üst poz şiddetlerine filmin toleransı adı verilir. Emülsiyonların birçoğunun yalnızca 1-100 toleransı olduğundan genelde aynı yüzey üzerine iki ya da daha çok emülsiyon kaplanır. Uygulamaya bağlı olarak her iki emülsiyon kaplama öncesi karıştırılıp tek kat yapılabileceği gibi bir diğerinin üzerine gelecek şekilde ayrı katmanlar da yapılabilir. Renkli ürünlerde, her üç renge duyarlı (mavi, yeşil ve kırmızı) bölgeler için değişik emülsiyonların kaplanması gereklidir. Baskı malzemeleri için yüksek toleranstan çok yüksek kontrast ve düşük tolerans gerekir; bu nedenle emülsiyon karışımına ve değişik emülsiyon kaplamasına gerek kalmaz. X-ışını ürünlerinin de kendilerine özgü bir yapıları vardır. İstenen X-ışını duyarlılığını elde edebilmek için kaplama tabakasının birim alanındaki gümüş halojenür miktarının fazla olması gerekir. X-ışını filmlerinde emülsiyon filmin her iki yüzüne de sürülerek hem istenen miktarda gümüş halojenür yoğunluğu oluşturulur ve hem de emülsiyon grenlerinin banyo çözeltilerine rahatça teması sağlanır.¹⁻²



Şekil 4-14 : Çeşitli fotografik ürünlerin sensitometrik eğrileri.³

¹ ZELIKMAN, V. L., LEVI, S. M.: Making and Coating Photographic Emulsions, The Focal Press, New York, 1964

² LOCKER, D.J. : "Photography", Kirk-Othmer: Encyclopedia of Chemical Technology, 3rd ed., John Wiley and Sons Inc., New York, Vol. 17 (1982)

³ a.g.e.

5. FOTOGRAFİK İŞLEMLER

5.1. POZLANDIRMA İŞLEMİ

5.1.1. Pozlandırmanın Temeli

Fotografik malzemelerde mor ötesi, görülebilir ışık veya kızıl ötesi radyasyonla görüntü oluşturabilmek için optik lens - objektif sistemleri gereklidir. Bu lens sistemleri istenen görüntüyü duyarlı kaplama maddesinin emülsiyon tabakaları üzerine düşürür. Bu nedenle büyütme derecesi, optik lens sisteminin etkin odak uzaklığının bir fonksiyonudur. Ayrıca kaplama üzerine kaydedilen görüntünün kalitesi yalnızca kaplama maddesinin optik ve kimyasal özelliklerine bağlı olmayıp merceklerin özelliklerine de bağlıdır. Bu nedenle bir fotografik sistem tasarlanırken merceklerin parlaması, astigmatizm, renk sapması ve küresel sapma etkilerinde dikkate alınması gerekir. Bazı fotografik sistemler görüntüyü alırken mercek kullanmazlar (mesela X-ışını sistemlerinin bir kısmı). Tıbbi radyografide X-ışını görüntüler, ışığa duyarlı - fotosensitif kaplamayı X-ışını emici bir ekranın yanına koymak suretiyle elde edilir. Ekran üzerindeki fosforlar, X-ışını emmeyi takiben elektronik olarak harekete geçerler ve kazandıkları bu enerjiyi geri verirken gözle görünür ışık yayarlar. Orijinal X-ışını görüntüsü ise fotografik grenlerin, ekrandan yayılan bu fotonları kapmaları sonucu ortaya çıkar.

Emülsiyon katmanları üzerindeki görüntü, grenlerin fotonları emmeleriyle üzerlerinde meydana gelen fotodelik ve fotoelektronların hareketiyle oluşur. Negatif çalışmalarının çoğunda fotoelektronlar gümüş iyonları ile reaksiyona girerek gren yüzeylerinde gümüş metali demetleri oluştururlar. Bu gümüş demetleri bir sonraki işlem olan developman sırasındaki geliştirmede katalitik merkezler olarak görev yaparlar. Katalitik gümüş demetlerinin bulunmadığı pozlanmamış bölgelerde, developman süresince çok az, miktarda gelişme meydana gelir. Bu çeşit bir maddede, negatif bir gümüş ölçeği ortaya çıkar.¹⁻²⁻³

5.1.2. Reversal Pozlandırma

Pozitif görüntü pek çok değişik teknikle elde edilebilir. Pozitif görüntülemeye developpe edilen gümüş ya da boyarmadde moleküllerince oluşturulan yoğunluk, poz arttıkça azalır. Eğer orijinal negatif, şeffaf bir film tabakası üzerinde ise, bir negatif baskı malzemesi üzerine aynı boyutta bire bir pozitif kopya elde edilebilir veya projeksiyon sistemi vasıtasıyla büyütülmüş bir pozitif kopya alınabilir. Pozitif görüntü elde etmek için negatiften pozitif kopyalamanın yanısıra orijinal olarak

¹ MIKOLASCH, W.: Schwarzweiß - reproduktion, Polygraph Verlag GmbH., Frankfurt, 1983.

² FIEBIG, D. : Reprotechnik, Karl-Heinz Beck GMBH., München, 1993.

³ LOCKER, D.J. : "Photography", Kirk-Othmer: Encyclopedia of Chemical Technology, 3rd ed., John Wiley and Sons Inc., New York, Vol. 17 (1982)

pozitif veya reversal görüntüler elde etmek de mümkündür. Renkli filmlerde reversal görüntü elde etmenin bir yolu, özel tasarlanmış birtakım işlemleri yapmaktır. Eğer ışığa maruz kalmış tüm grenler siyah - beyaz developmandan geçirilmiş ise pozitif görüntü elde etmek için önce kalan gümüş halojenürler kimyasal olarak aktive edilmeli ve sonra bu grenler renkli banyodan geçirilmelidir. Bu yöntemde kullanılan gümüş halojenür grenli negatif çalışmalarda ve negatiften - pozitive kopyalamada kullanılan grenlerle aynıdır. Pozitif reversal görüntüleme için başka yöntemler de mevcut olup bunların bir kısmı özel tasarlanmış pozitif reversal emülsiyon grenleri kullanır. Pozitif reversal grenler iki çeşittirler: Fotobeyazlatıcı reversal grenler ve içgörüntü grenleri. Fotobeyazlatıcı grenler, poz öncesinde katalitik aktiviteye sahip olacak şekilde kimyasal olarak işlenmişlerdir. Poz esnasında fotodelikler katalitik aktivite merkezlerine taşınarak bu merkezleri oksitlerler. Işığa maruz kalan bölgelerdeki oksitlenmiş merkezlerin katalitik aktiviteleri düşük olacağından developman sonucunda pozitif gümüş görüntü ortaya çıkar. İçgörüntü oluşturan grenlerde ise poz sırasında gizli içgörüntü oluşur ve ışık, bir sonraki aşama olan çekirdek oluşumu için yüzeyi deaktif eder. Çekirdek oluşumu aşamasında yalnızca pozlanmamış olan grenlerin yüzeylerinde katalitik çekirdekler oluşur. Sonraki geliştirme aşamasında gümüş içerisinde pozitif bir görüntü elde edilir.¹

5.1.3. Işık Duyarlılık Hızı

Hem negatiften pozitive kopyalamada ve hem de reversal materyallerde kaplanan gümüş halojenür tabakalarının optik özellikleri, fotografik tepkinin kalitesini ve duyarlılığını belirgin biçimde etkiler. Jelatin kaplamaya giren fotonlar, bir mikrokristal grenine rastlayana dek bir doğru üzerinde hareket ederler. Bu nokta da ya foton gren tarafından emilip bir elektron-delik çifti oluşturur ya da belli bir açıda saptırılarak yoluna devam eder. Bu iki olayın nispi olasılıkları, ışığın emülsiyon katmanları içerisindeki dağılımını belirler. Buna bağlı olarak bu nispi olasılıklar aynı zamanda fotoğraf filminin duyarlılığını, netliğini ve çözülme gücünü de kısmen etkilerler. Grenler içerisinde emilen fotonlar sonucu oluşan fotodelik ve fotoelektronlar hareketli ve kristal boyunca hareket edebilecek şekilde serbesttirler. Bu hareketli yük taşıyıcıların yakalandığı yerler, fotografik tepkinin etkinliğini belirler. Eğer elektronlar ve delikler tekrar birleşecek şekilde yakalanırsa birbirlerini yok ederler ve fotografik etkinlik azalır. Bu çeşit bir etkinin oluşma ihtimali, kullandığımız filmler de kimyasal duyarlılık artırımı ve ustaca yapılan kristal dizaynı sayesinde önemli dercede ortadan kaldırılmıştır. Optimum fotografik grenlerde katalitik bir merkez oluşumu için ondan fazla fotonun emilmesi gereklidir. Bununla beraber teorik varsayımlara göre yalnızca iki gümüş atomu içeren demetler developman işlemini hızlandırabilirler. Bu gibi ışık-yakalayıcı maddelerin duyarlılığı ya da hızı belirli bir fotografik tepkiyi elde edebilmek için gerekli poz miktarı ile ölçülür. Poz

¹ LOCKER, D.J. : "Photography", Kirk-Othmer: Encyclopedia of Chemical Technology, 3rd ed., John Wiley and Sons Inc., New York, Vol. 17 (1982)

miktan logaritmik ya da matematiksel ölçeklerde kaydedilebilir. DIN birimi ile gösterilen (Alman) hızlar logaritmik olup, duyarlılığın ikiye katlanması hızda sabit bir artışa sebep olur. ASA (ABD) ve GOST (RUS) hızları ise matematiksel olup duyarlılığın ikiye katlanması hızını da iki kat artırır. Fotoğrafik tepkinin belirlenmesi, sistemler arasında farklılık gösterir. DIN ve GOST sistemlerinde, hız, sis üzerinde bir optik yoğunluk elde etmek için gerekli olan poz miktarına karşılık gelir (DIN için sis 0.10, GOST için sis 0.85). ASA sisteminde ise hız hesaplamasında kontrastlık da gözönüne alınır, çünkü kontrastlık görüntünün kalitesini belirlemede önemli bir parametredir.¹⁻²⁻³

5.1.4. Pozlandırmada Kullanılan Işık Enerjisi

Bir fotoğraf filmi üzerindeki developpe edilmiş görüntü yalnızca pozdan etkilenmez. Poz, film üzerine düşen toplam ışık enerjisi olduğundan parlaklık (I), ile poz zamanının (t), çarpımına eşittir. Developman sonucu ortaya çıkan görüntü, "I" ve "t" nin ayrı ayrı değerlerine bağlıdır; yani düşük parlaklıkta uzun bir poz süresi ile elde edilen görüntü ile yüksek parlaklıkta kısa bir poz süresi ile elde edilen görüntü, pozlar (I.t) aynı olmasına rağmen farklı olacaktırlar. Bu tip maddelere resiprokluk yasasına uymayan maddeler denir. Düşük parlaklıklı pozlarda foton emilmeleri arasındaki zaman nispeten uzundur. Bu nedenle, düşük parlaklıklı pozların resiprokluk yasasına uymayışının ana sebebinin bir gümüş halojenür kafesi içerisindeki bir tek gümüş atomunun termal dengesizliği olduğu ileri sürülmüştür. Kimyasal duyarlılık arttırımı, genellikle resiprokluk yasasına uymama durumunu azaltır. Bilhassa altının izole edilmiş gümüş atomlarını termal geri çekilmeye karşı dengelediği ve düşük parlaklıklı pozun resiprokluk yasasına uymaz halini azalttığı düşünülmektedir. Farklı emülsiyonların farklı resiprokluk özellikleri olduğundan, çok katmanlı bir kaplamayla yapılan bir reproduksiyonun renk dengesi, tavsiye edilen poz sürelerine uyulmazsa bozulabilir.⁴⁻⁵

¹ GÖKGÖZ, A. : Bütün Yönleriyle Fotoğrafçılık (Siyah-Beyaz ve Renkli), Odak Yayıncılık, İstanbul 1985.

² JAMES, T.H. : "Photography", Kirk-Othmer: Encyclopedia of Chemical Technology, 1st ed., John Wiley and Sons Inc., New York, Vol. 10, 1953.

³ MACWILLIAM, G.A. : "Photography", Kirk-Othmer : Encyclopedia of Chemical Technology, 2nd ed., John Wiley and Sons Inc., New York, Vol. 15, 1968.

⁴ MIKOLASCH, W.: Schwarzweiß - reproduktion, Polygraph Verlag GmbH., Frankfurt, 1983.

⁵ ZELIKMAN, V. L., LEVI, S. M.: Making and Coating Photographic Emulsions, The Focal Press, New York, 1964

Tablo 5-1 : Filmlerin ışık duyarlık hızlarını ifade eden değişik birimlerin karşılık tablosu.¹

DIN	ASA	G.E	WESTON	H.D.	ŞAYNER
1	1	1	0.7	17.5	14
2	1.2	1.5	1	25	15
3	1.6	2	1.2	30	16
4	2	-	1.5	38	17
5	2.5	3	2	50	18
6	3	4	2.5	63	19
7	4	4.5	3	75	20
8	5	-	4	100	21
9	6	7.5	5	125	22
10	8	9	6	150	23
11	10	12	8	200	24
12	12	15	10	250	25
13	16	18	12	300	26
14	20	24	16	400	27
15	25	30	20	500	28
16	32	36	24	600	29
17	40	48	32	800	30
18	50	60	40	1000	31
19	64	75	50	1250	32
20	80	100	64	1600	33
21	100	120	80	2000	34
22	125	150	100	2500	35
23	160	150	100	2500	36
24	200	250	160	4000	37
25	250	300	200	5000	38
26	320	400	250	6250	39
27	400	500	320	8000	40
28	500	600	400	10000	41
29	650	800	500	1250	42
30	800	900	650	16250	43
31	1000	1000	800	20000	44

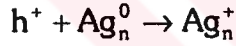
¹ DÖLEN, E. : Reprodüksiyon Kimyası, M.Ü. Teknik Eğitim Fakültesi Yayınları, İstanbul, 1994.

5.1.5.Özel Poz Etkileri

Burada söz edilecek olan dört etki, özel banyo solüsyonları ve özel işlemler gerektirmeksizin pozitif görüntü oluşturur. Bu etkiler solarizasyon, fotobeyazlatma etkisi, Herschel etkisi ve Clayden etkisidir.

5.1.5.1.Solarizasyon

Negatif çalışmalarda kullanılan emülsiyonlarda poz arttıkça yoğunluk artar ve belirli bir noktadan sonra sabitleşir. Çok daha yüksek pozlarda optik yoğunluk ve işlenen gümüş miktarı azalır. Yoğunluktaki bu azalmaya solarizasyon adı verilir ve bu etki aşırı parlaklıklı pozlar sonucunda ortaya çıkan fotodelik ve fotoelektronların hareketlilik özelliğinden ve yakalanmalarından meydana gelir. Bu etkiyi kullanan pozitif - çalışma filmlerinin fotografik hızları nispeten düşük olduğundan bu etkinin kullanımı sınırlıdır. Genellikle solarizasyonun poz sırasında oluşan gizli görüntü merkezlerinin fotodelikler tarafından beyazlatılmasıyla meydana geldiği bilinmektedir. Bir gizli görüntü merkezi (Ag^0), aşağıda açıklanan işlemlerin tekrar edilmesiyle tamamen beyazlatılabilir.



(5-1)

Burada h^+ değerlik bandında hareketli fotodelikleri, Ag , ise dokular arasında bulunan ve gizli görüntünün bulunduğu yerden serbestçe ayrılmaya hazır gümüş iyonunu simgeler. İkinci bir mekanik hipotez ise yüksek parlaklıklı pozların, yüzeysel yerleşimlerine rağmen katalitik aktivitelerini kaybeden kristal halde metalik gümüş merkezleri oluşturduğudur. Yapılan pek çok deney fotobeyazlatma mekanizmasının varlığını teyit etmektedir. Aslında delik alıcıların (sodyum nitrit ve aseton semikarbazon gibi) poz sırasında kullanılmalarıyla solarizasyonun azaldığı ve sonuçta ortadan kalktığı görülmüştür. Ayrıca gümüş halojenür grenlerinin çözünürlüğünü arttıran çözeltilerle yapılan yükseltme de bu etkiyi ortadan kaldırır. Bu sonuçlar gizli görüntünün beyazlatma ile tamamen ortadan kalkmadığını, ancak gren içerisindeki görüntü merkezlerinin yerinin değiştiğini gösterir. Elektron mikroskobu kullanılarak yapılan bir çalışma sonucunda, solarizasyona maruz bölgelerde büyük, kristal halde, develop edilemez gümüş merkezlerine rastlanmıştır. Bu sonuçlar her iki mekanizmanın da solarizasyon süresince aktif olduğunu gösterir.¹⁻²

¹ DÖLEN, E. : Reprodüksiyon Kimyası, M.Ü. Teknik Eğitim Fakültesi Yayınları, İstanbul, 1994.

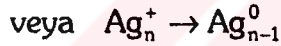
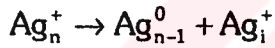
² LOCKER, D.J. : "Photography", Kirk-Othmer: Encyclopedia of Chemical Technology, 3rd ed., John Wiley and Sons Inc., New York, Vol. 17 (1982)

5.1.5.2.Fotobeyazlatma

Emülsiyon grenlerini beyazlatmak üzere fotodelikler kullanılarak mikrografik, radyografik ve matbaacılık uygulamaları için direk pozitif görüntüler üretilir. Bu fotobeyazlatıcı maddelerde katalitik merkezler poz öncesinde gren yüzeylerine eklenirler. Daha sonraki poz, bu merkezlerin katalitik aktivitelerini ortadan kaldırır ve böylece normal developman işlemi sonucunda pozitif görüntü ortaya çıkar. Yüzeysel katalitik merkezlerin poz öncesi tertiplemesi, indirgenme duyarlılığın artırılması (altın tuzları ile veya bunlar olmaksızın) ve yeknesak ışık pırıltıları ile elde edilir. Yüzeydeki katalitik aktivitesinin, fotodeliklerin poz sırasında merkezleri yoketmesine imkan verecek şekilde dikkatlice düzenlenmesi gereklidir. Poz sırasında oluşan fotelektronların da yokedilmesi gerekir, aksi halde elektronlarla deliklerin yeniden bir araya gelmeleri ve hatta yüzeysel merkezlerdeki aktivitenin gelişmesi gibi sonuçlar ortaya çıkabilir. İstenmeyen fotoelektronlar gren yüzeyinde elektron yakalayan boyarmaddeler kullanılarak ya da radyum veya iridyum gibi maddelerle oluşturulan tuzaklar vasıtasıyla yokedilebilirler.¹⁻²

5.1.5.3.Herschel Etkisi

Ag_n^0 merkezleri, poz sonrası oluşan delikler ya da uzun dalgaboylu ışığın emilmesi ile yokedilebilirler. Eğer ışık yeterli enerjiye sahipse elektronlar gümüş merkezlerindeki elektronik yörüngelerden, gümüş halojenür mikrokristallerinin iletkenlik bandını oluşturan elektronik enerji seviyelerine atılabilirler. Yani :



(5-2)

Burada e_{CB} iletkenlik bandında bulunan bir elektronu, V_{Ag} ise Ag_n^+ merkezi civarında bulunan bir gümüş kafes boşluğunu simgelemektedir. Küçük gümüş merkezi, Ag_n^0 , nin ışık emeyeceği kesit küçük olmasına rağmen yukarıdaki iki işlemin tekrarlanmasıyla bir gümüş merkezi yokedilebilir. Bu olaya Herschel etkisi adı verilir. Bu etki gümüş halojenür grenlerinden pozitif görüntü oluşturmada kullanılır. Bu tip maddelerde, görüntünün pozlandırılması kırmızı veya kızılötesi ışık sayesinde olur.³⁻⁴

¹ LOCKER, D.J. : "Photography", Kirk-Othmer: Encyclopedia of Chemical Technology, 3rd ed., John Wiley and Sons Inc., New York, Vol. 17 (1982)

² DÖLEN, E. : Reprodüksiyon Kimyası, M.Ü. Teknik Eğitim Fakültesi Yayınları, İstanbul, 1994.

³ a.g.e.

⁴ JAMES, T.H. : "Photography", Kirk-Othmer: Encyclopedia of Chemical Technology, 1st ed., John Wiley and Sons Inc., New York, Vol. 10, 1953.

5.1.5.4. Clayden Etkisi

Clayden etkisi de pozitif görüntü oluşturan bir başka etkidir. Bu etki ardarda iki poz sonucu oluşur. Bu pozların ilki yüksek parlaklıklı, ikincisi ise düşük parlaklıklılıdır. Bazı emülsiyon kaplamalarında yüksek parlaklıklı pozlar, emülsiyon grenlerinin duyarlılığını azaltır, bu nedenle ikinci bir poz, bir önpoz olmaksızın oluşturacağından daha düşük bir katalitik aktivite oluşturur. Bu duyarlılık azalmasının en çarpıcı örneklerinden birini 1899 yılında şimşekleri fotoğraflayan Clayden yaşamıştı. Kısa şimşek pırıltıları negatif film üzerindeki grenlerin duyarlılığını azaltmış ve objektif kapağı açık kaldığı sürece devam eden poz sonucunda duyarlılığı azaltılmamış grenler üzerinde katalitik aktivite başlamıştır. Böylece negatif üzerinde beyaz şimşek görüntüleri, pozitif baskıda ise siyah şimşek görüntüleri ortaya çıkmıştır.¹⁻²

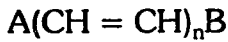
5.2. DEVELOPMAN İŞLEMİ

5.2.1. Developman Çözeltilerinin Yapısı

Fotografik malzemelerin çoğunda gümüş halojenür grenlerinin poz altında tutulmasıyla gözle görünür görüntüler ortaya çıkmaz. Aslında gizli görüntüyü oluşturan gümüş atomu demetleri bir mikroskop ile görülmeyecek kadar küçüktürler. Bu küçük demetlerin çıplak gözle görülebilecek hale getirilmesi developer çözeltileri kullanılarak mümkün olur. Bu çözeltileri üç ana başlık altında toplamak mümkündür: İndirgeyici ajanları, sınırlayıcılar ve koruyucular. Bunlardan en önemli olanı indirgeyici ajanlardır.³⁻⁴⁻⁵

5.2.1.1. İndirgeyiciler

Negatif filmlerde indirgeyici ajanların indirgeme özellikleri ışığa maruz kalmış grenlerde hızlı gelişme, pozlanmamış grenlerle ise çok daha yavaş bir gelişme meydana getirecek şekilde dengelenmelidir. Işığa maruz kalmış grenlerle pozlanmamış grenleri ayırt etme özelliği, Kendall yapısına sahip kimyasal indirgeyici ajanların bilinen bir özelliğidir. Kendall yapısı şu şekilde ifade edilebilir.



(5-3)

¹ JAMES, T.H. : "Photography", Kirk-Othmer: Encyclopedia of Chemical Technology, 1st ed., John Wiley and Sons Inc., New York, Vol. 10, 1953.

² DÖLEN, E. : Reprodüksiyon Kimyası, M.Ü. Teknik Eğitim Fakültesi Yayınları, İstanbul, 1994.

³ LOCKER, D.J. : "Photography", Kirk-Othmer: Encyclopedia of Chemical Technology, 3rd ed., John Wiley and Sons Inc., New York, Vol. 17 (1982)

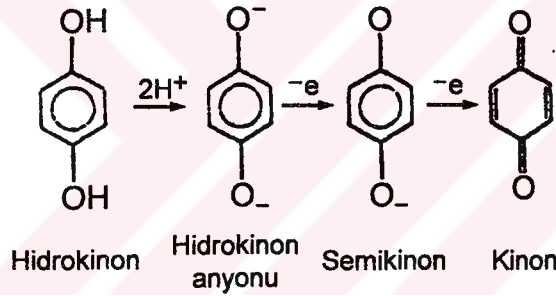
⁴ DÖLEN, E. : Reprodüksiyon Kimyası, M.Ü. Teknik Eğitim Fakültesi Yayınları, İstanbul, 1994.

⁵ YAMAN, R., ANADOL, D. : Reprodüksiyon ve Klşe Teknolojisi, Milli Eğitim Basımevi, İstanbul, 1984.

Burada "n" sıfır ya da tam sayı olabilirken A ve B hidroksit, amil veya bunların yerini alabilecek amilo gruplarından biri olabilir. kullanışlı indirgeyici ajanların çoğu Kendall yapısındaki benzer türevleridir. Kendall yapısına sahip etkili bileşikler arasında hidroksinler, katecholler, aminofenoller, p - fenilenidiaminler ve askorbik asit bulunur. Eğer bu bileşikler içindeki hidroksit grubunun hidrojeni bir hidrokarbon grubuyla değiştirilirse bileşiğin developman aktivitesi genellikle kaybolur. Fakat amino gruplarındaki benzer hidrojen değişimleri aynı sonucu vermez. Aslında bu çeşit değişimler bazı durumlarda developman aktivitesini artırır. Bir bileşiğin fotografik olarak etkili bir kimyasal indirgeyici olması için Kendall yapısına sahip olması her zaman için gerekli değildir. Mesela fenidon ajanları ve bazı tiyadiazoller gümüş iyonlarını rahatça indirgenler.

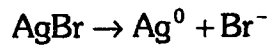
Hidrokinon, siyah - beyaz çalışmalarda kullanılan oldukça önemli bir kimyasal indirgeme ajanıdır. Aşağıda hidrokinonla gümüş halojenürün developman işlemi gösterilmiş olup, gümüş - hidrokinon redoks sistemini oluşturan iki yarı hücre reaksiyonu üzerinde hidrojen iyonu ve halojenür konsantrasyonlarının sayısal önemi görülmektedir.

Oksitlenme:



(5-4)

İndirgeme:



(5-5)

5.2.1.2.Sınırlayıcılar

Belirli elektrokimyasal potansiyellerin ve geliştirme aktivitesinin elde edilmesi indirgeyici ajan veya ajanların kimyasal yapısına bağlı olduğu gibi aynı zamanda çözelti içerisindeki diğer kimyasal unsurlara da bağlıdır. Genel olarak developman çözeltilerinin aktivitesi hidrojen ve halojenür iyonlarına bağlıdır. Hidroksil veya Amino gibi davranan indirgeyici ajanlarda ise aktivite pH'a bağlıdır. Hidrojen iyonu konsantrasyonu genelde indirgeyici ajanın aktif yapısının yoğunluğunu düzenler. Bu nedenle dengeli bir developman aktivitesi oluşturmak için pH tamponlanması yapılmalıdır (genellikle alkali tarafında). Gümüş halojenür grenlerinin developmanı sırasında gümüş iyonları gümüş elementine dönüştürülürken halojen iyonları ise

çözelti içine salınırlar. Developman merkezleri civarında serbest bırakılan halojenür iyonlarının bulanması geliştirmeyi yavaşlatır. Bunun sonucunda, bir developman çözeltisinin aktivitesi geliştirme zamanı arttıkça azalır. Artan gümüş halojenür iyonu yoğunluğunun etkilerini en aza indirmek için banyo solüsyonları içine alkali gümüş tuzları konur. Bu halojenürler developman sırasında halojenür iyonu konsantrasyonundaki değişim yüzdesini en aza indirirler.

Developman çözeltisi içerisindeki bromür iyonlarının varlığı, tüm redoks çifti için elektrokimyasal aşırı potansiyel üzerindeki yoğunluk etkisiyle Ag^+ nın Ag^0 'a dönüşmesini engeller. Uygun yoğunluklardan bromür iyonları görüntü bölgelerinde developman hızından çok sis oluşma hızını engeller. Bu engelleme genellikle resmin kalitesini artırır. Bu çeşit sis engelleyici maddelere developman bozulmalarını önleyiciler yada sis öneyicileri denir. Hidrokinon içeren bir developman çözeltisinin aktivitesi, hidrokinon molekülü üzerinde bir takım kimyasal değişiklikler yaparak da ayarlanabilir. Hidrojen atomlarının bazen çekirdeği üzerinde metil, metoksi, hidroksit ya da amino gruplarıyla değiştirilmesiyle developman hızı artırılabilir. Diğer taraftan nitro, sülfö, siyano, karboksi ve formil gibi elektron yutucu gruplarla yapılan değişikliklerle ise developman hızı düşürülebilir.¹⁻²⁻³

5.2.1.3.Koruyucular

Developman işlemlerinde indirgeme ajanları ve sınırlayıcıların yanısıra koruyucuların da bulunması gerekir. Kimyasal indirgeyici ajanın developman çözeltisi içerisinde çözülmüş oksijenle istek dışı oksitlemesi yalnızca developman kinetiklerini değiştirmekle kalmaz, aynı zamanda developman sonucunda istenmeyen renkli lekeler oluşturabilecek yan ürünler ortaya çıkarabilir. Bu nedenle developman çözeltilerinde oksitlenme yan ürünlerini yokedecek kimyasal maddelerin ilavesi gerekmektedir. Sodyum sülfid, bu maksatla kullanılabilen hidrokinonun atmosferik oksitlenme hızını da azaltır. Koruyucu ve leke önleyici özelliklerinin yanısıra sülfid, grenlerin erimesini hızlandıran bir etkiye de sahiptir. Bu tip bir etki developman işleminin hızını ve oluş şeklini etkileyecektir.⁴⁻⁵⁻⁶

¹ LOCKER, D.J. : "Photography", Kirk-Othmer: Encyclopedia of Chemical Technology, 3rd ed., John Wiley and Sons Inc., New York, Vol. 17 (1982)

² DÖLEN, E. : Reprodüksiyon Kimyası, M.Ü. Teknik Eğitim Fakültesi Yayınları, İstanbul, 1994.

³ MIKOLASCH, W.: Schwarzweiß - reproduktion, Polygraph Verlag GmbH., Frankfurt, 1983.

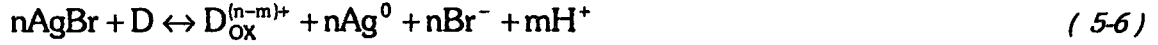
⁴ LOCKER, D.J. : "Photography", Kirk-Othmer: Encyclopedia of Chemical Technology, 3rd ed., John Wiley and Sons Inc., New York, Vol. 17 (1982)

⁵ DÖLEN, E. : Reprodüksiyon Kimyası, M.Ü. Teknik Eğitim Fakültesi Yayınları, İstanbul, 1994.

⁶ MIKOLASCH, W.: Schwarzweiß - reproduktion, Polygraph Verlag GmbH., Frankfurt, 1983.

5.2.2.Developman İşleminin Kimyası ve Oluşumu

Banyo işlemi bir elektrokimyasal redoks reaksiyonu olup tüm reaksiyon şu şekilde ifade edilebilir:



Burada D ve $\text{D}_{\text{OX}}^{(n-m)+}$ sırasıyla kimyasal indirgenin indirgenmiş ve yükseltgenmiş formlarını temsil eder. Gümüş elektrodun elektrokimyasal potansiyeli ise Nerst eşitliğiyle ifade edilir:

$$E_{\text{Ag}} = E_{\text{Ag}}^0 + \frac{RT}{F} \ln \left[a(\text{Ag}^+) / a(\text{Ag}^0) \right] = E_{\text{Ag}}^0 + \frac{RT}{F} \ln(K_{\text{sp}}) - \frac{RT}{F} \ln \left[a(\text{Ag}^+) \cdot a(\text{Br}^-) \right] \quad (5-7)$$

Bu eşitlikte E_{Ag}^0 volt olarak standart potansiyeli (yani Ag^+ ve Ag^0 'ın birim aktivitelerinin potansiyelini) simgeler. $a(\text{Ag}^+)$, $a(\text{Ag}^0)$ ve $a(\text{Br}^-)$ ise sırasıyla Ag^+ , Ag^0 ve Br^- 'nin aktiviteleridir. K_{sp} , gümüş bromürün çözünürlük çarpımını, R gaz sabitini (8.314 J / K.mol), T mutlak sıcaklığı ve F faraday sabitini (9.6485×10^4 C/mol) ifade eder. Buna karşılık gelen developman yarı-hücre reaksiyonunun potansiyeli de benzer bir denklemle ifade edilir:

$$E_{\text{Dev}} = E_{\text{Dev}}^0 + \frac{RT}{nF} \cdot \ln \left[a(\text{D}_{\text{OX}}^{(n-m)+}) a(\text{H}^+)^m / a(\text{D}) \right] \quad (5-8)$$

İki elektrokimyasal potansiyel arasındaki fark, ΔE , (5-9) nolu eşitlikte ifade edilmiştir:

$$\begin{aligned} \Delta E = E_{\text{Ag}} - E_{\text{Dev}} = & \Delta E^0 + \frac{RT}{F} \cdot \ln \left[a(\text{Ag}^+) \right] - \frac{RT}{F} \cdot \ln \left[a(\text{Ag}^0) \right] \\ & - \frac{RT}{F} \cdot \ln \left[a(\text{D}_{\text{OX}}) \right] - \frac{mRT}{nF} \cdot \ln \left[a(\text{H}^+) \right] + \frac{RT}{nF} \cdot \ln \left[a(\text{D}) \right] \end{aligned} \quad (5-9)$$

Bu fark developman reaksiyonu için serbest enerji sürücü gücün bir ölçüsüdür. Eğer developman mekanizması, developpe edilen gümüş merkezinin elektrot gibi davrandığı bir elektrot reaksiyonu olarak görülürse, elektron transferi basamağı D konsantrasyonu ve developpe edilen gümüş merkezinin yüzey alanı açısından birinci derecedir. Bu olay (Şekil 5-1)'de gösterilmiştir. Doğal olarak metalik gümüşün oluşum hızı (5-10) nolu eşitlikte verildiği gibidir.

$$\frac{d(\text{Ag}^0)}{dt} = k(A)(D) \quad (5-10)$$

Eşitlikte k ısıya ve potansiyele bağlı özel hız sabiti, (A) gümüş merkezinin yüzey alanı ve (D) kimyasal indirgeyici ajanın indirgenmiş haldeki yoğunluğudur. Bulter - Volmer eşitliği kullanılarak k 'nın ΔE cinsinden bir ifadesi elde edilebilir. Şöyleki:

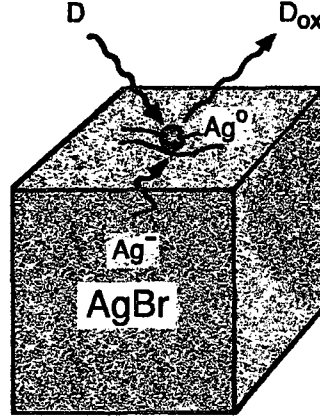
$$k = k^{\circ} \exp \{ \alpha nF \cdot \Delta E / RT \} \quad (5-11)$$

Bu eşitlikte k , $\Delta E = 0$ olduğundaki hız sabiti, α ise potansiyel simetri faktörüdür, (5-9), (5-10) ve (5-11) nolu eşitlikleri birleştirmek suretiyle ortaya çıkan ifade, developman işlemindeki ilk safha hızlarının halojenür iyonu ve hidroksit iyonları ile indirgeyici ajanların yoğunluklarına bağlı olduğu ortaya koyar. Developman işleminin ısıya olan bağımlılığı yukarıdaki eşitliklerde gözardı edilmiş değildir. Pekçok durumda developman hızının artan sıcaklıkla arttığı bilinmektedir. Gözlenen ısı bağımlılığı ve buna karşılık gelen aktivasyon enerjileri, özellikle hızlı-rapid developman çözeltilerinde işlemlerin difüzyon kontrollü olduğunu göstermektedir. Yüksek sıcaklıklarda işlem hızları da arttığından, modern sistemlerinin çoğu yüksek sıcaklıklarda çalışacak şekilde dizayn edilmişlerdir. Yüksek sıcaklıklarda çalışma ise işlem esnasında jelatinin erimesini engellemek için sertleştirilmiş kaplama kullanımı gerektirmiştir.¹

Developman işleminin başlatılması, developman elemanlarının, jelatin üzerinden katalitik gümüş merkezlerinin bulunduğu gümüş halojenür gren yüzeylerine yayılma hızına da bağımlıdır. Bu çeşit difüzyon işlemlerinin hızı azalttıkları ileri sürülmüştür. Bir kimyasal indirgeyici ajan gren yüzeyine girdiğinde gümüş elementi çekirdeğinin oluşumu ve gelişimi safhaları başlar. Eğer developman merkezindeki gümüşün aktivitesi, $a(\text{Ag}^{\circ})$ birim kabul edilirse, developman işleminin başlangıcındaki ΔE değerleri, birkez başladıktan sonra işleminin devam edebilmesi için gerekli olanlardan daha büyük olurlar. Gizli görüntüyü oluşturan gümüş zerrecikleri, Gibbs-Thomson eşitliğine uygun olarak, $a(\text{Ag}^{\circ})$ dan daha büyük aktiviteye sahiptirler. Bu çeşit etkiler çekirdek oluşumu ve gelişim safhalarının başlangıcında niçin daha büyük ΔE değerlerine ihtiyaç olduğunu açıklar. Buna ilaveten bir developman çözeltilisinin pozlanmış ve pozlanmamış grenleri birbirinden ayırabilme kabiliyeti gümüş merkezi aktivitesi $a(\text{Ag}^{\circ})$ ile gümüş merkezinin boyutları arasındaki ters orantıya bağlıdır. Yani gümüş merkezinin boyutları arttıkça, ΔE , özel orantı sabiti ve developman hızı artar (5-9), (5-11) nolu eşitliklere bakınız). Developman devam ettikçe oksitlenme yan ürünleri (mesela D_{ox} ve Br^-) ortaya çıkar. Bu elemanlar ΔE 'yi azaltır ve sonuçta developman hızını düşürürler. Bu nedenle yüksek developman hızı elde edebilmek için oksitlenme ürünlerinin dalga merkezlerinden uzaklaştırılması gerekir. Difüzyon işlemlerinin önem kazandığı

¹ LOCKER, D.J. : "Photography", Kirk-Othmer: Encyclopedia of Chemical Technology, 3rd ed., John Wiley and Sons Inc., New York, Vol. 17 (1982)

developman şartlarında çözeltinin iyice çalkalanması gerekir. Genellikle çalkalama işlemi (ajitasyon) developman hızını artırır. Çözeltilerin çalkalanması yoluyla, kaplama yüzeyi yakınında ileri - geri hareket eden pedallar vasıtasıyla reaksiyona girmeyen gazların (azot gibi) ortama sokulması sağlanır.¹⁻²⁻³⁻⁴



Şekil 5-1 : Bir gümüş halojenür kristali yüzeyindeki develope edilen gümüş zerresi. Gümüş zerresi gümüş iyonlarının elektrokimyasal indirgenmesinde bir elektrot görevi yapar. Developman molekülü, D, develope edilen gümüş zerresine bir elektron verilir, bu elektron yaklaşan bir gümüş iyonu tarafından nötralize edilir ve bu gümüş iyonu gümüş elementine dönüştürülür.⁵

5.2.3. Developman Süresince Gümüş İyonlarının Kaynağı:

Developman sırasında gümüş iyonlarının süratle elektrokimyasal indirgenmeleri için yüksek gümüş - iyonu aktivitelerine ihtiyaç vardır (5-9) nolu eşitliğe bakınız). Gümüş iyonları developman çözeltisinden direk olarak gümüş halojenür kristallerinden ya da dolaylı olarak kristal çözülmesi sonrası kristallerden gelebilir. Eğer geliştirme işlemi developman çözeltisinden gelen gümüş iyonları tarafından gerçekleştirilmişse bu işleme "fiziksel developman" adı verilir. Fiziksel developman çözeltilerinin çoğu, gümüş iyonları ve indirgeme ajanlarının aynı anda ortamda bulunmaları nedeniyle termodinamik açıdan dengesizdirler. Fotografik malzemelerin çoğunda gümüş halojenür kafesi içerisindeki gümüş iyonları, geliştirme sırasındaki gümüş iyonlarının kaynağını oluşturur. Eğer gümüş iyonları

-
- ¹ LOCKER, D.J. : "Photography", Kirk-Othmer: Encyclopedia of Chemical Technology, 3rd ed., John Wiley and Sons Inc., New York, Vol. 17 (1982)
- ² DÖLEN, E. : Reprodüksiyon Kimyası, M.Ü. Teknik Eğitim Fakültesi Yayınları, İstanbul, 1994.
- ³ MIKOLASCH, W.: Schwarzweiß - reproduktion, Polygraph Verlag GmbH., Frankfurt, 1983.
- ⁴ ZELIKMAN, V. L., LEVI, S. M.: Making and Coating Photographic Emulsions, The Focal Press, New York, 1964
- ⁵ LOCKER, D.J. : "Photography", Kirk-Othmer: Encyclopedia of Chemical Technology, 3rd ed., John Wiley and Sons Inc., New York, Vol. 17 (1982)

katı-hal difüzyonu yoluyla (çözeltiye karışmaksızın) direk olarak developman merkezlerine giderse bu işleme de "direkt ya da kimyasal developman" adı verilir. Diğer taraftan, eğer gümüş halojenürdeki gümüş iyonları developman merkezlerine giderken çözeltiden geçerlerse buna da "fiziksel çözelti developmanı" adı verilir. Bazı çalışmalar sonunda, gümüş iyonlarının kimyasal indirgenmesinden önce meydana gelen gümüş halojenür çözülmesinin, developman işleminin erken safhalarında oldukça önemli olduğu ileri sürülmüştür.¹

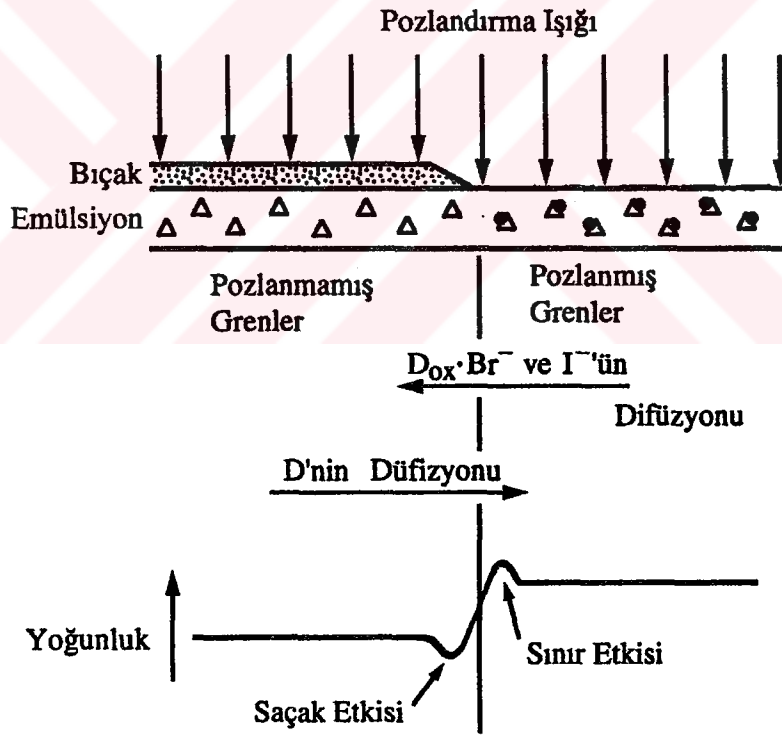
5.2.4. Developman Sırasındaki Yakınlık Etkileri:

Kaplama içerisindeki bir noktada bulunan fotografik grenler yakınlarındaki grenlerin davranış ve tepkilerini etkileyebilirler. Poz esnasında ışık saçılması sebebiyle böyle bir olay meydana gelebilir. Kaplamaya giren bir fotonun muhakkak bir doğru üzerinde hareket etmesi gerekmez. Bu foton bir gren tarafından emilinceye kadar kaplama içerisindeki gümüş halojenür grenlerine çarparak defalarca yön değiştirebilir. Saçılmadan meydana gelen yanıl foton hareketleri kaydedilen görüntünün keskinliğini azaltır. Developman süresince, grenler arası etkileşim de meydana gelir. Bu etkileşimler sebebiyle, developman sonucu oluşan optik yoğunluk, pozun yanında developman karakteristiklerine de bağlıdır. Eğer film üzerinde yanyana iki alana, farklı genliklerde ışık düşürülmüşse bir noktadaki developman işlemi bitişindeki diğer noktanın developman işlemini etkileyebilir. Bir negatif filmde, en çok ışığa maruz kalan bölge daha çabuk developman olur ve bu bölgede aynı oranda yüksek yan ürün konsantrasyonu (mesela oksitlenmiş çözelti ve bromür iyonları) meydana gelir. Bu yan ürünler, daha az ışık almış komşu bölgeye geçerek developman işlemini yavaşlatırlar ve ışık kırılması sonucu küçük çizgiler veya saçaklar oluştururlar. Benzer şekilde az ışık almış bölgelerdeki yüksek yoğunluklu taze çözelti, çok ışıklı bölgelere yayılmak suretiyle geliştirme oranlarında meydana gelen artış sonucu koyu çizgiler ya da sınırlar ortaya çıkartır. Bu olay (Şekil 5-2)'de gösterilmiştir. Bu tip poz sonucunda ortaya çıkan saçaklar ve sınırlara genellikle "Mackie Çizgileri" adı verilir. Developman elemanları ve yan ürünlerin grenler arası difüzyonları, çeşitli kalınlıklarda (mikrometreler seviyesinden milimetreler seviyesine kadar) çizgisel pozlarla da görülebilir. Çizgisel pozlar görünür ışık ya da X - ışını radyasyonu ile oluşturulur. X - ışınları gümüş halojenür grenlerince saçılmadıklarından, alçak enerjili X - ışını (30×10^{-16} J) çizgisel pozları developman işlemi sonucunda ortaya çıkar. Diğer taraftan, hafif - çizgisel pozlar sonucu oluşan yakınlık etkileri ışık saçılması ve çözelti elemanları difüzyonunun bir sonucudur. (Şekil 5-3)'de $10 \mu\text{m}$ ve $1000 \mu\text{m}$ kalınlıklar için X-ışını çizgisel pozlarının mikrodensitometre çizimleri görülmektedir. $10 \mu\text{m}$ çizgisinde, $1000 \mu\text{m}$ 'lik çizgiye nispeten, ortaya çıkmış olan yoğunluk artışı, 1912 yılında çeşitli boyutlardaki parlak astronomik cisimlerin fotoğraflanmasıyla ortaya çıkan Eberhard etkisinin bir

¹ LOCKER, D.J. : "Photography", Kirk-Othmer: Encyclopedia of Chemical Technology, 3rd ed., John Wiley and Sons Inc., New York, Vol. 17 (1982)

sonucudur. Kenar etkileri (saçak ve sınır etkileri) ve Eberhard etkilerinin densitometrik çizimleri, developman sırasında difüzyonun rolünü belirlemede oldukça faydalıdır.

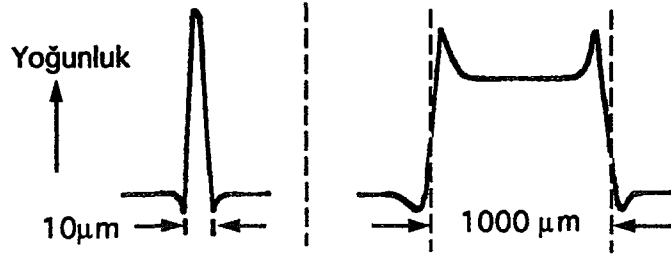
Bazı durumlarda, kısmen oksitlenmiş ya da kısmen kullanılmış çözeltiler taze çözeltilere nazaran daha aktif olabilirler (formaldehit - hidrokinon solüsyonlarda olduğu gibi). Bu durumlarda yakınlık etkileri Eberhard ve Mackie çizgi etkilerindekinin tersinedir. Yani yakında bulunan grenler, normalde olacaklarından daha hızlı develope olurlar. Developman yan ürünlerinin bu şekilde komşu grenlerin duyarlılıklarını artırması ve developman işlemini hızlandırması, görüntünün detaylanmasına ve kontrastlığının artmasına yol açar. Formaldehit ve hidrazin gibi bileşikler hidrokinon esaslı çözeltilere ilave edildiklerinde, tamamen oksitlenmiş hidrokinon (kinon), semikinon haline elektrokimyasal olarak indirgenmesini sağlayarak developmanı başlatacak hale getirirler. Formaldehit, sülfid yoğunluklarını tamponlayarak semikinon oluşumunu desteklerken hidrazinler ise kinonu direkt elektrokimyasal olarak indirgemek suretiyle semikinona dönüştürürler.



Şekil 5-2 : Banyo sırasında meydana gelen kenar etkileri. Bir bıçak kullanılarak ışığa maruz bırakılan ve pozlandırılmayan grenlerin mikrodensitometre ile yapılan ölçümü, difüzyon işlemlerinin developman esnasındaki etkilerini açığa çıkarmaktadır.¹

¹ LOCKER, D.J. : "Photography", Kirk-Othmer: Encyclopedia of Chemical Technology, 3rd ed., John Wiley and Sons Inc., New York, Vol. 17 (1982)

Developman ile oluşan yakınlık etkileri genellikle kontrastlığı artırarak keskin ve temiz fotoğrafların elde edilmesini mümkün kılar. Kimyasal yolla elde edilen bu keskin görüntü, poz sırasında ışık saçılmasıyla meydana gelen keskinlik kayıplarını karşılar. Develope edilen görüntünün keskinliği, bazı jelatin çözeltilerinden de etkilenir; mesela pirogalel'ün oksitlenmiş hali sertleştirici bir ajan olarak davranır ve jelatini küçültür. Bu nedenle, yüksek poz bölgelerinde yüksek yoğunluklarda, çözeltideki kimyasallar oksitlenir ve kurutma sonucunda farklı miktarlarda jelatin küçülmesi meydana gelir. Sertleştirici çözeltiler, keskinliğin kontrolü için bir başka yöntem oluştururlar.¹⁻²⁻³



Şekil 5-3 : 10 µm ve 1000 µm'lik çizgi kalınlıkları için X - Işını pozlarının mikrodensitometre çizimleri.⁴

5.3. SABİTLEME - TESPİT BANYOSU

Developman işlemi istenen seviyeye geldiğinde geliştirme işlemi pH'daki ani bir düşüş sonucu sönümlenir. Normal filmlerde pH mekanik olarak ya da kaplamayı alkali developman çözeltisinden asidik tespit banyosuna aktarmak suretiyle düşürülür. Geliştirmenin durdurulması genelde sulandırılmış zayıf bir asitten oluşan (mesela %0.5 asetik asit gibi) bir tespit banyosu ile işleme sokmak suretiyle olur. Anlık fotoğrafçılıkta kullanılan gümüş-difüzyonu transferi ve boya-transfer filmlerinde banyo işlemi yapışkan bir alkali ajanın emülsiyon katmanı ile görüntüyü alan bir katman arasına, yayılmasıyla başlar. Bu ürünlerin ilk tiplerinde banyo işlemi kimyasal maddelerle grenlerin görüntüyü alan katmandan fiziksel olarak ayrılması suretiyle sona erdiriliyordu. Son geliştirilen filmlerde ise bu işlem belirli bir anda serbest kalan bir asit vasıtasıyla yapılmaktadır. Anlık fotoğrafçılıkta gümüş ya da boyadan oluşan son görüntü difüzyonla meydana gelir. Bu işlemde görüntüyü bozabilecek kimyasal maddeler ortadan kalkmıştır. Diğer taraftan normal fotoğrafçılıkta görüntü ilk oluştuğu yerde kalır. Yani developman sona erdiğinde görüntü ve yan ürünler aynı katmandadır. Son filmlerde istenmeyen yan ürünleri yoketmek için developman sonrası işlemlere ihtiyaç vardır. Develope edilmemiş

¹ DÖLEN, E. : Reprodüksiyon Kimyası, M.Ü. Teknik Eğitim Fakültesi Yayınları, İstanbul, 1994.

² ZELIKMAN, V. L., LEVI, S. M.: Making and Coating Photographic Emulsions, The Focal Press, New York, 1964

³ LOCKER, D.J. : "Photography", Kirk-Othmer: Encyclopedia of Chemical Technology, 3rd ed., John Wiley and Sons Inc., New York, Vol. 17 (1982)

⁴ a.g.e.

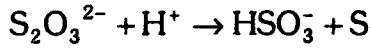
gümüş halojenürü ortadan kaldırmak için developman ve geliştirmenin durdurulmasından sonra sabitleme işlemi yapılmalıdır. Sabitleme banyoları, su içerisinde eritilen sodyum ya da amonyum tuzları ile oluşturulan tiyosülfat iyonlarından meydana gelir. Bu tiyosülfat iyonları, kalan gümüş halojenürlerini argentoditiosülfat $[Ag(S_2O_3)_2]^{3-}$ ya da argentotritiosülfat $[Ag(S_2O_3)_3]^{5-}$ gibi suda çözülebilir bileşiklere dönüştürürler. Gümüş halojen grenlerinin çözülmesi sırasında gümüş iyonları kristal yüzeyindeki kafeslerden çıkarak çözülmüş iyonlar halinde solüsyona geçerler. Eğer ortamda tiyosülfat bulunmazsa gümüş iyonlarının konsantrasyonu artmaya devam edecek gümüş halojenin çözünürlük çarpımına ulaşılacak ve sonuçta çözünme işlemi sona erecektir. Fakat sabitleyici tiyosülfat çözeltileri kullanarak gümüş iyonları tecrit edilebilir, argentotiyosülfat bileşikleri oluşturularak develope olmamış tüm gümüş grenlerinin ortadan kalkması sağlanabilir. Etkili sabitleme ajanlarının yüksek denge sabitlerine, yani gümüş iyonları ile bileşik meydana getirebilecek derecede yüksek kapasiteye sahip olmaları gerekir.



Yüksek denge sabiti sebebiyle siyanür oldukça etkili bir ajandır. Buna rağmen sağlık ve emniyet faktörleri çoğu zaman siyanürün kullanımı engeller. Tiyosülfatın denge sabiti de yeterli olup, zehirli değildir, jelatinle reaksiyona girmez ve develope olmuş gümüşle aşırı reaksiyona girmez. Bilhassa bu son özellik siyah - beyaz malzemede önem kazanır. Gümüş klorür, gümüş bromür ve gümüş bromoklorürün sabitlenmesinde tiyosülfat çok etkilidir. Fakat 10^{-16} gibi bir çözünürlük sabiti olan, nispeten zor çözünen gümüş iyodür için tiyosülfatın çözücülüğü belirgin miktarda azalır.

Siyah-beyaz fotoğrafçılıkta sabitleme işlemi genellikle asidik ortamlarda gerçekleştirilir. Asidik ortam, devam eden developmanı durdurmaya ve developman çözeltilisinden gelen developman moleküllerinin oksitlenmesiyle oluşan lekeleri engellemeye yardımcı olur. Ayrıca, potasyum şapı ve krom şapı gibi asidik sabitleme banyolarında bulunabilecek maddelerle jelatinin sertleştirilmesi için zayıf asidik ortam gereklidir. Alkalın tiyosülfat banyolarında kullanılan şap, alüminyum bileşiklerinden meydana gelmiş istenmeyen beyaz bir çamur oluşturur. Şap ile yapılan sertleştirme, banyo sonrası işlemler esnasında ıslak jelatin üzerinde meydana gelebilecek fiziksel hasarları, (kaplama yüzeylerinin çizilmesi gibi) engeller. İstenen asidite, kuvvetli bir baz tuzuna (mesela sodyumtiyosülfat ve sodyum sülfitten gelen sodyum iyonu) zayıf bir asidin (mesela asetik asit) ilavesiyle bir tampon solüsyon oluşturmak suretiyle sürdürülebilir.

Ancak bir sabitleme banyosunun ilk elemanı olan tiyosülfat, zayıf asidik ortamlarda şu reaksiyona uygun olarak ayrışır:



(5-14)

Bu ayrışmanın hızı ve ayrışmaya eşlikeden sabitleme etkinliğindeki düşüş bisülfid ilavesiyle geciktirilebilir. Bisülfid, tiyosülfatın bulunduğu ortamda aşırı şekilde çoğalır. Bunun sonunda tiosülfatın ayrışması dengelenir ve banyonun kullanım süresi artar. Gümüş bileşiği oluşturan ajanlar, sertleştiriciler, bisülfid ve tampoların yanı sıra bazı sabitleme banyolarında sertleştirmenin pH'ını yükselterek banyonun kullanım süresini arttıran asitborik de bulunur. pH'ın yükselmesi, developman çözeltisinden kalan alkalinin ters etkilerine olan hassasiyeti ortadan kaldırır. Asitborik aynı zamanda şap sertleştiricilerin çamur oluşturma eğilimlerini de azaltır.

Sıcaklığın ve rutbetin fazla olduğu tropikal iklimlerde, işleme giren kaplama yüzeylerinin aşınmalarını engellemek için jelatinin aşırı sertleştirilmesi gerekir. Bu durumda bir potasyum krom şapı (potasyum - brom - sülfat) tercih edilir ve genellikle developman ile sabitleme arasında bir ara - işlem olarak kullanılır. Organik asitlerin (asetik asit gibi) bulunduğu ortamlarda krom şapı çözeltileri optimum sertleştirici kapasitelerine ulaşamazlar. Bunun için tampon çözelti oluşturmayan sülfirik asite ihtiyaç vardır. Bu nedenle banyoların kullanım süresi kısa olup sık sık asit ilavesi gereklidir.

Gümüş halojenürün çözünme derecesi ve kaplama üzerindeki artık gümüşün tamamen yok edilmesi emülsiyonun yapısına, kaplama şekline, tiyosülfat iyonu yoğunluğuna, tiyosülfat katyonunun yapısına ve çalkalama hızı ile sıcaklığına bağlıdır. Amonyum tiyosülfat çözeltileri gümüş halojenüre eşdeğer sodyumtiyosülfat çözeltilerinden daha hızlı yokederler; Bu nedenle genelde nispeten düşük çözünürlüklü grenlerden oluşan kamera - hızı (projeksiyon sistemi) emülsiyonların sabitleme işleminde amonyum bileşikleri tercih edilir. Isı artışları difüzyon hızını artırarak gümüşün yokedilme hızının yükseltir. Isı artışları aynı zamanda kristal çözünümü ve bileşik iyon oluşumu hızlarını da arttırır. Çözünüm hızı, bileşik meydana getiren ajanın yoğunluğunu arttırmak suretiyle optimum seviyeye çıkarılabilir. Yoğunluğun daha fazla artırılması genellikle sabitleme hızının düşmesine yol açar. Pratikte sabitleme hızı, görünen son parçacığın yokolması için gereken temizleme zamanıyla ölçülür. Genelde kaplama katmanlarının kalınlığının artması ve gümüş halojenür grenlerinin boyutlarının artmasıyla temizleme zamanı artar. Temizleme zamanı sabitleme hızıyla ters orantılıdır. Normal renkli filmlerde develope edilen gümüş son görüntünün oluşturulmasında kullanılmayıp, sabitleme öncesinde beyazlaştırılır (yani demir iyonu gibi bir ajanla oksitlenir) ve böylece kaplanmış olan gümüşün hemen hepsi temizlenmiş olur.¹⁻²

¹ LOCKER, D.J. : "Photography", Kirk-Othmer: Encyclopedia of Chemical Technology, 3rd ed., John Wiley and Sons Inc., New York, Vol. 17 (1982)

² DÖLEN, E. : Reprodüksiyon Kimyası, M.Ü. Teknik Eğitim Fakültesi Yayınları, İstanbul, 1994.

5.4. YIKAMA

Banyo sonrasında kaplamalar pekçok kez yıkanır. Bunun en önemli sebeplerinden biri, bir banyodan diğerine aktarılan kimyasal madde miktarını azaltmaktır. Bu azalma, çözeltinin kullanım süresini arttırır. En önemli yıkama işlemi kurutma işleminden önceki yıkamadır. Bu yıkamanın maksadı jelatin katmanlarındaki tüm çözünebilir bileşikler ortadan kaldırmaktır. Bazı bileşiklerin etkin şekilde yok edilmesi görüntünün sabitliği ve iyi durumda saklanabilmesi için gereklidir. Tiyosülfat ve argentotiyosülfat bileşikler developman ve stabilizasyon işlemlerinden çıkan filmin saklama özellikleri üzerinde olumsuz etkiye sahiptirler. Kalan tiyosülfat, siyah - beyaz ürünlerde gümüş görüntüyle reaksiyona girerek gümüş sülfite oluşturur ve görüntü üzerinde sarımsı - kahverengi bir ton meydana getirir. Yeterince yok edilmeyen gümüştiyosülfat bileşikler yavaş yavaş ayrışarak gümüşsülfite dönüşürler ve sarı renkli lekeler oluştururlar. Cam veya film gibi su geçirmez tabakalar üzerine kaplanan maddelerde, etkili bir yıkamayla çözülebilir artıkların hemen hemen tümü yok edilebilir. Ancak kağıt tabanlı ve baryum - monoksit tabanlı ürünlerde tiyosülfat ve argentotiyosülfat bileşiklerini tamamen yok etmek oldukça zordur. Reçine kaplı kağıt tabanlar, yıkama özellikleri filmlere ve camlara benzeyen baskı malzemelerinin üretimini mümkün hale getirmiştir.

Yıkama oranı öncelikle suda çözülebilir maddelerin jelatin içerisindeki difüzyon oranına bağlıdır. İşlem difüzyon kontrollü olduğundan yıkama, ısı artışları ve film yüzeyinde taze su katmanı bulundurmak suretiyle hızlandırılabilir. Bu nedenle iyi bir çalkalama gerekir ve püskürtmeyle yıkama oldukça etkilidir. Yıkama suyu sıcaklığının artması sonunda kaplanan jelatin ağ halini almaya başlar. Bu ağların kırılması kurumadan sonra bile devam ettiğinden bu etki yıkama suyu sıcaklıklarına bir üst sınır getirir. Yıkama oranı aynı zamanda yıkama banyosunun pH'ından, daha önceki işlemler sırasında meydana gelmiş sertleşmelerden ve banyo içerisinde bazı tuzların bulunmasından da etkilenir. Kendi izoelektrik değerinin altındaki pH seviyelerinde jelatin etkin bir pozitif yük gibi davranarak, tiyosülfat ve argentotiyosülfat bileşikler gibi negatif maddelerin yok edilme oranını düşürür. Tiyosülfat, potasyum - krom şapı ile sertleştirilmiş jelatine göre daha çabuk atılır. Tiyosülfatın yok edilme oranı sodyum klorür içeren yıkama sıvıları kullanılarak arttırılabilir. Ancak kalan klorün su ile yıkanıp temizlenmezse, siyah-beyaz filmlerde gümüş görüntüyü bozucu etkilerde bulunabilir.¹⁻²

¹ LOCKER, D.J. : "Photography", Kirk-Othmer: Encyclopedia of Chemical Technology, 3rd ed., John Wiley and Sons Inc., New York, Vol. 17 (1982)

² DÖLEN, E. : Reprodüksiyon Kimyası, M.Ü. Teknik Eğitim Fakültesi Yayınları, İstanbul, 1994.

5.5. DENGELEME:

Dengeleme, kalıcı bir görüntü elde edebilmek için uygulanan sabitlemenin bir alternatifidir. Bu işlemde, develop edilmiş gümüş halojen yok edilmez, bunun yerine nispeten ışığa daha az duyarlı, ısıya, neme ve atmosferik gazlara daha dayanıklı bir bileşiğe dönüştürülür. Sabitlemede olduğu gibi dengelemede de gümüş halojeni gümüşlü bileşiklere çevirecek ajanlar kullanılır. Gümüş bileşikler ve reaksiyona girmemiş ajanlar jelatin katman içerisinde tutulacağından bu bileşiklerin dengeli olmaları, dengeleme işleminin faydalı sonuçlanması açısından oldukça önemlidir. Dengeleme, çabuk sonuç alınmak istenen yerlerde kullanılır (mesela haber fotoğrafçılığı veya osilograf çizimlerinde). Bu sebeple ajanlar jelatin katmanları içerisindeki gümüş halojenin tümüyle, süratle reaksiyona girmelidir. Ayrıca ajanların zehirli olmaması, jelatini yumuşatmaması, gümüş görüntüyü beyazlatmaması ve gümüşle renkli bileşikler oluşturmaması gerekir.

Dengeleyici ajanlar iki grupta toplanabilirler. Suda çözülebilen gümüş bileşikler oluşturanlar ve çözölemeyen gümüş bileşikler oluşturanlar. İlk kategoriye giren maddeler tiyosiyasit, tiyosülfat ve tiyo üredir. İkinci kategoriye örnekler ise merkapt bileşikler ve RSH'dir (burada R herhangi bir alifatik, aromatik ya da heterosilik grubu ifade eder). Son uygulamalarda, çabuk sonuç alınmak istenen baskı işlemlerinde genellikle developman ajanları içeren özel hazırlanmış kağıtlar kullanılır. Bu tür ışığa duyarlı malzemelere "rapid access" adı verilir. Bu kağıtlar yalnızca birkaç saniyelik makine işlemi gerektiren bir dizi aktivatör-degeleyici işlemlerle banyo edilir ve baskıların son kurutması da oda içerisinde yapılır. Aktivatör ve dengeleyici banyolarda nelerin kullanıldığına dair detaylı bilgiler gizli olduğundan bunları elde etmek mümkün olamamaktadır.¹⁻²⁻³⁻⁴

¹ LOCKER, D.J. : "Photography", Kirk-Othmer: Encyclopedia of Chemical Technology, 3rd ed., John Wiley and Sons Inc., New York, Vol. 17 (1982)

² ZELIKMAN, V. L., LEVI, S. M.: Making and Coating Photographic Emulsions, The Focal Press, New York, 1964

³ MIKOLASCH, W.: Schwarzweiß - reproduktion, Polygraph Verlag GmbH., Frankfurt, 1983.

⁴ DÖLEN, E. : Reprodüksiyon Kimyası, M.Ü. Teknik Eğitim Fakültesi Yayınları, İstanbul, 1994.

5.5. DENGELEME:

Dengeleme, kalıcı bir görüntü elde edebilmek için uygulanan sabitlemenin bir alternatifidir. Bu işlemde, developpe edilmemiş gümüş halojen yokedilmez, bunun yerine nispeten ışığa daha az duyarlı, ısıya, neme ve atmosferik gazlara daha dayanıklı bir bileşiğe dönüştürülür. Sabitlemede olduğu gibi dengelemede de gümüş halojeni gümüşlü bileşiklere çevirecek ajanlar kullanılır. Gümüş bileşikler ve reaksiyona girmemiş ajanlar jelatin katman içerisinde tutulacağından bu bileşiklerin dengeli olmaları, dengeleme işleminin faydalı sonuçlanması açısından oldukça önemlidir. Dengeleme, çabuk sonuç alınmak istenen yerlerde kullanılır (mesela haber fotoğrafçılığı veya osilograf çizimlerinde). Bu sebeple ajanlar jelatin katmanları içerisindeki gümüş halojenin tümüyle, süratle reaksiyona girmelidir. Ayrıca ajanların zehirli olmaması, jelatini yumuşatmaması, gümüş görüntüyü beyazlatmaması ve gümüşle renkli bileşikler oluşturmaması gerekir.

Dengeleyici ajanlar iki grupta toplanabilirler. Suda çözülebilen gümüş bileşikler oluşturanlar ve çözilemeyen gümüş bileşikler oluşturanlar. İlk kategoriye giren maddeler tiyosiyasit, tiyosülfat ve tiyo üredir. İkinci kategoriye örnekler ise merkaptto bileşikler ve RSH'dir (burada R herhangi bir alifatik, aromatik ya da heterosilik grubu ifade eder). Son uygulamalarda, çabuk sonuç alınmak istenen baskı işlemlerinde genellikle developman ajanları içeren özel hazırlanmış kağıtlar kullanılır. Bu tür ışığa duyarlı malzemelere "rapid access" adı verilir. Bu kağıtlar yalnızca birkaç saniyelik makine işlemi gerektiren bir dizi aktivatör-degeleyici işlemlerle banyo edilir ve baskıların son kurutması da oda içerisinde yapılır. Aktivatör ve dengeleyici banyolarda nelerin kullanıldığına dair detaylı bilgiler gizli olduğundan bunları elde etmek mümkün olamamaktadır.^{1 2 3 4}

¹ LOCKER, D.J. : "Photography", Kirk-Othmer: Encyclopedia of Chemical Technology, 3rd ed., John Wiley and Sons Inc., New York, Vol. 17 (1982)

² ZELIKMAN, V. L., LEVI, S. M.: Making and Coating Photographic Emulsions, The Focal Press, New York, 1964

³ MIKOLASCH, W.: Schwarzweiß - reproduktion, Polygraph Verlag GmbH., Frankfurt, 1983.

⁴ DÖLEN, E. : Reprodüksiyon Kimyası, M.Ü. Teknik Eğitim Fakültesi Yayınları, İstanbul, 1994.

6.DENEYSEL ÇALIŞMALAR

6.1. FİLMLERİN SPEKTRAL HASSASİYETLER:

Makina ve Donanım:

Pozlandırma : ITEC 550, Karanlık Oda Tipi, Elektronik Kumandalı Dikey Kamera,

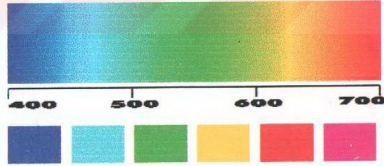
Işık Gücü : 4x500 Watt, Halojen

Objektif : 210 mm, Apokromatik Reprodüksiyon Objektifi.

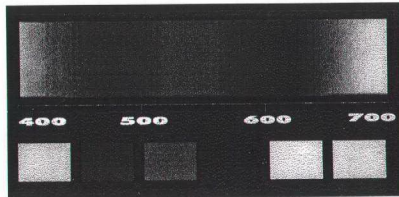
Ölçüm Cihazı : Magbet Transmisyon Densitometre. (D_{max} : 4.00 $\pm$ 0.001)

Kullanılan Filmler ve Banyolar :

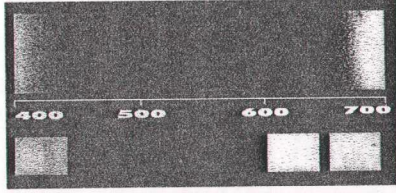
1. Arkadaş Makina, AMK Lith Film,
Developer: Anitec Lith Banyo, 20 °C, 2' 45"
2. Kodak ULTRATEC, UGF Film,
Developer: Kodak ULTRATEC Tray Developer, 21 °C, 3' 00"
3. Kodak ULTRATEC, UPF Film,
Developer: Kodak ULTRATEC Tray Developer, 21 °C, 3' 00"
4. Fuji GRANDEX GA100 Film,
Developer: Fuji GRANDEX SGX100 Developer, 20 °C, 2' 45"
5. Agfa Gevaret , N 51p Naturel (non-sensible) Film
Developer: Gevalith Banyo, 20 °C, 2' 45"



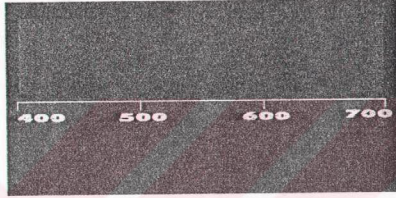
Şekil 6-1 : Spektral hassasiyet test yapılan Orjinal orijinal örneği, Corel DRAW 4.0



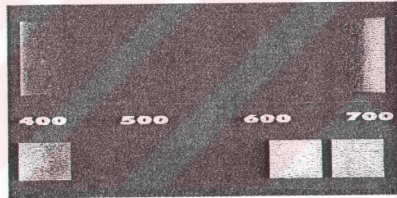
Şekil 6-2 : Arkadaş Makina, AMK Lith Film



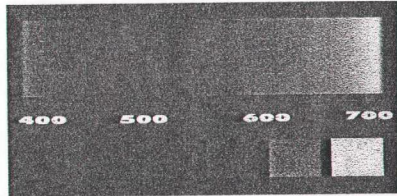
Şekil 6-3 : Kodak ULTRATEC, UGF Film



Şekil 6-4 : Kodak ULTRATEC, UPF Film



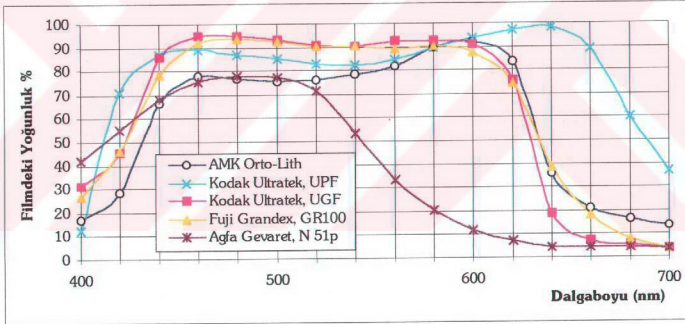
Şekil 6-5 : Fuji GRANDEX GR100 Film



Şekil 6-6 : Agfa Gevaret, N 51p Naturel Film

Tablo 6-1 : Deney Sonuç Tablosu

Dalgaboyu (nm)	AMK Orto-Lith	Kodak Ultratek, UGF	Fuji Grandex, GR100	Kodak Ultratek, UPF	Agfa Gevaret, N 51p
400	17.1	31.2	26.8	12.6	42.3
	28.2	45.2	46	71	54.9
	66.7	85.8	78.6	87	68
	78	94.8	92	89.4	75.7
	76.7	94.8	94	86.9	78
500	75.7	93	92.6	85	77
	76.3	91.1	90.3	82.8	71.4
	78.5	90.5	90.1	82.4	53.5
	81.8	92.5	89.3	84.8	33.8
	90	92.8	90.4	90	20.5
600	92	90.9	87.7	93.5	11.9
	83.7	75.8	74.2	97	7.3
	35.8	18.6	38.6	98.2	4.7
	21	7.6	18	89	4.3
	16.6	5.6	8	60.2	4.3
700	13.7	4	4	37.2	4



Şekil 6-7 : Deneyde kullanılan bütün filmlerin spektral duyarlılık test sonuçları grafiği.

6.2.FİLMLERİN GRADASYONLARININ TESPİTİ

Filmler tire çekim yapmak suretiyle yalın olarak direkt orijinalden yapılan çekimler neticesinde görsel olarak yapılan poz - banyo kontrollerinden sonra her film için normal poz süresi tespit edilmiştir.

Pozlandırma Ünitesi:

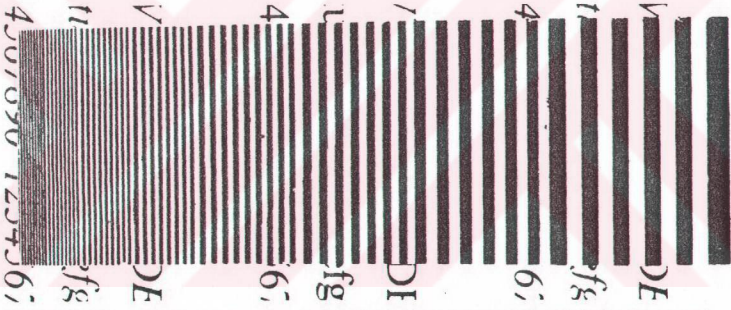
ITEC 550, Karanlık Oda Tipi, Elektronik Kumandalı Dikey Kamera

Çekimler : %100 , 22 Diyafram' da

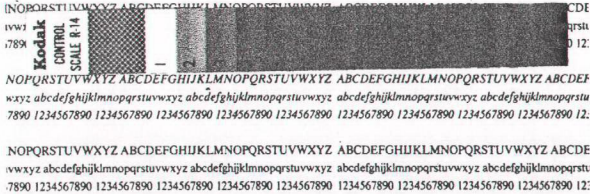
Banyo : Her filmin kendi uygun (imalatçı firmasının o filme uygun olarak hazırladığı hazır banyolar kullanılmıştır.

Yoğunluk (densite) kontrol:

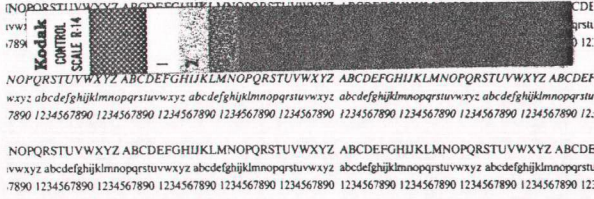
Magbet Transmisyon Densitometre. (Dmax: 4.00 ±0.001)



Şekil 6-8 : Tire orijinallerden yapılan çekimlerde ideal poz süresini bulmada kullanılan orijinal, (Büyütme, 2x).



Şekil 6-9 : Tire orijinallerden yapılan çekimlerde ideal poz süresi bulunduğundan sonra filmin gradasyon değerini bulmak için kullanılan test orijinalinin yanına konan bir kademeli gri skala.



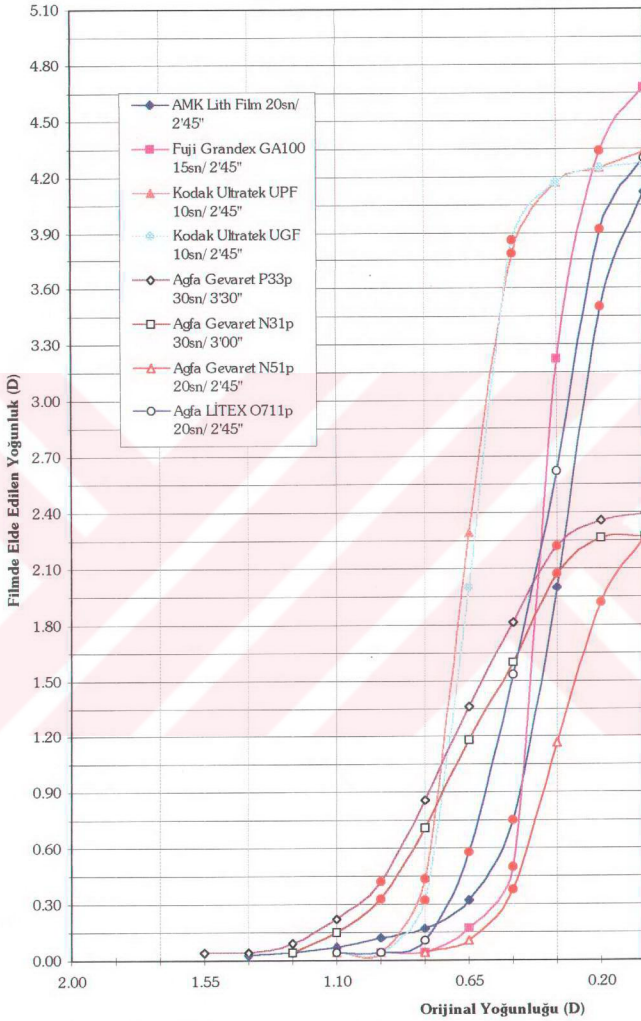
Şekil 6-14 : Poz süresinin normal olması durumunda gri skaladan elde edilen sonuç.

6.2.1.Deney 2-A:

Değişik tipdeki reproduksiyon filmlerinin gradasyonlarının tespit edilmesi.

Tablo 6-2 : Değişik filmlerden normal tire poz süresinde yapılan çekimlerden gri skala üzerindeki ölçüm değerleri, ve elde edilen gamma değerleri.

Filmler → Orj.Den.↓	AMK Lith Film	Fuji Grandex GA100	Kodak Ultratek UPF	Kodak Ultratek UGF	Agfa Gevaret P33p	Agfa Gevaret N31p	Agfa Gevaret N51p	Agfa LITEX O711p
POZ :	20sn	15sn	10sn	10sn	30sn	30sn	20sn	20sn
BANYO :	2'45"	2'45"	2'45"	2'45"	3'30"	3'00"	2'45"	2'45"
2.00								
1.85								
1.70								
1.55					0.04			
1.40	0.03				0.04			
1.25	0.04				0.09	0.04		
1.10	0.07		0.04	0.04	0.22	0.15		0.04
0.95	0.12	0.04	0.04	0.04	0.42	0.33		0.04
0.80	0.17	0.04	0.44	0.32	0.86	0.71	0.04	0.11
0.65	0.32	0.17	2.29	2.00	1.36	1.18	0.11	0.58
0.50	0.75	0.50	3.79	3.86	1.81	1.60	0.38	1.53
0.35	2.00	3.22	4.17	4.17	2.22	2.07	1.17	2.62
0.20	3.50	4.34	4.25	4.25	2.36	2.26	1.92	3.92
0.05	4.12	4.68	4.33	4.27	2.39	2.27	2.27	4.30
Gamma:	9	13	11	12	3	3	5	7



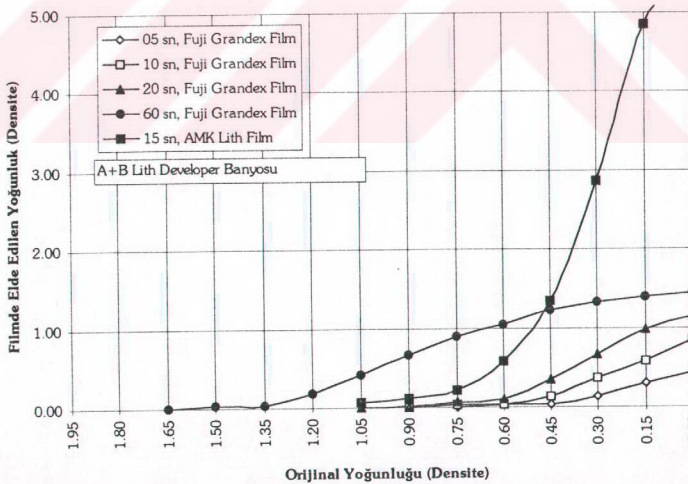
Şekil 6-15 : (Tablo 6-2) de tespit edilen değerlerin çizgi grafik şeklinde gösterimi.

6.2.2.Deney 2-B:

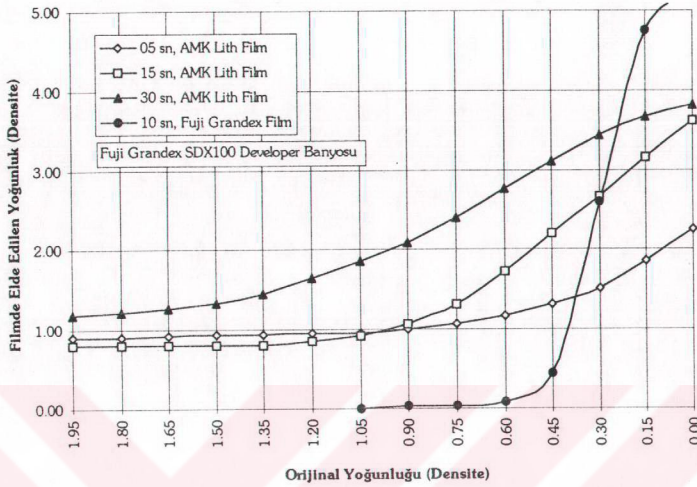
Klasik lith film ve banyosu ile çağdaş bir çok sert reproduksiyonfilminin karşılaştırılması.

Tablo 6-3 : Eski teknoloji lith film ve banyosu ile yeni teknoloji ürün filmlerden Fuji GRANDEX GA100 Film ile banyosunun birbirinde denenmesi.

Banyo :	Fuji GRANDEX SDX100 Dev. B.				A+B Lith Dev. Banyosu				
Poz (sn) :	5	15	30	10	5	10	20	60	15
Film :	AMK Lith Film	AMK Lith Film	AMK Lith Film	Fuji Grandex GA100 Film	Fuji Grandex GA100 Film	Fuji Grandex GA100 Film	Fuji Grandex GA100 Film	Fuji Grandex GA100 Film	AMK Lith Film
1.95	0.90	0.80	1.18						
1.80	0.91	0.80	1.22						
1.65	0.92	0.80	1.26					0.00	
1.50	0.93	0.80	1.33					0.03	
1.35	0.94	0.81	1.45					0.04	
1.20	0.95	0.86	1.64					0.18	
1.05	0.96	0.92	1.86	0.00			0.00	0.41	0.07
0.90	1.00	1.07	2.09	0.03		0.00	0.02	0.66	0.12
0.75	1.07	1.32	2.40	0.04	0.00	0.03	0.06	0.89	0.22
0.60	1.17	1.73	2.76	0.08	0.03	0.04	0.10	1.04	0.58
0.45	1.32	2.21	3.11	0.44	0.04	0.13	0.35	1.23	1.34
0.30	1.51	2.67	3.44	2.60	0.13	0.36	0.66	1.33	2.86
0.15	1.86	3.15	3.67	4.75	0.30	0.58	0.97	1.39	4.85
0.00	2.26	3.62	3.81	5.25	0.43	0.84	1.15	1.44	5.54



Şekil 6-16 : Arkadaş Makina, AMK Lith Film, Lith Banyosu, 20 °C, 2' 45" şartlarında Fuji GRANDEX GA100 Filmin 5, 10, 20 ve 30 sn poz zamanlarında pozlandırmada elde edilen sonuçların grafiği.



Şekil 6-17 : Fuji GRANDEX GA100 Film, Fuji GRANDEX SGX100 Developer, 20 °C, 2' 45" şartlarında Arkadaş Makina, AMK Lith Filmin 5, 15 ve 30 sn poz zamanlarında pozlandırmada elde edilen sonuçların grafiği

6.2.3.Deney 2-C:

Aynı banyoda çok miktarda yapılan film developmanından dolayı elde edilen sonuçlarda banyo aktivitesinin bozulmasının etkileri.

Pozlandırma Ünitesi:

ITEC 550, Karanlık Oda Tipi, Elektronik Kumandalı Dikey Kamera,

Işık gücü: 4x500 Watt, Halojen

Objektif : 210 mm, Apokromatik Reprodüksiyon Objektifi

Poz Süresi : %100, 22f, 15 sn

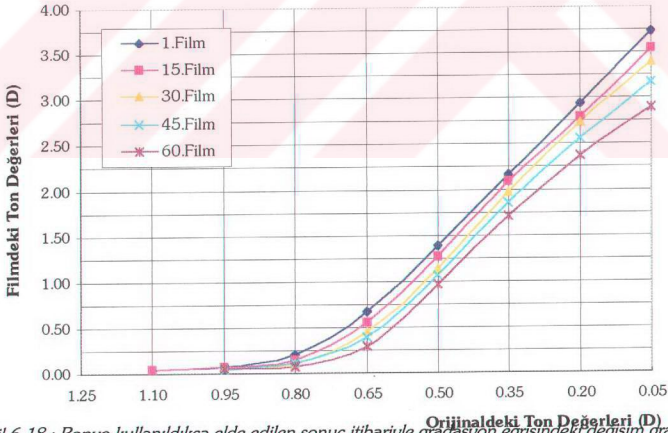
Film: Fuji GRANDEX GA100 Film

Developer: Fuji GRANDEX SGX100 Developer, 20 °C, 2' 45"

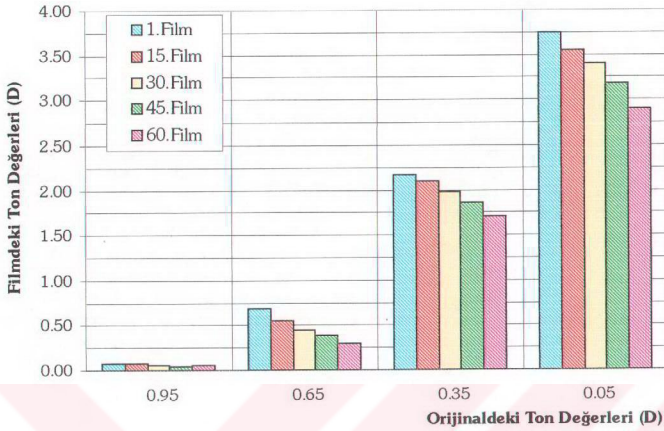
1 litre olarak hazırlanan banyoda 15x20cm (300 cm²) ebatlarında filminden 60 adet banyo edilmiş ve bu filmler içinden ölçüm sonuçları tablosuna 1., 15., 30., 45. ve 60. filmlerin sonuçları alınmıştır.

Tablo 6-4 : Daveloperin çok kullanımından dolayı aktivite azalması deney sonuçları.

Orijinal Yoğunluğu (D)	1.Film	15.Film	30.Film	45.Film	60.Film
2.00					
1.85					
1.70					
1.55					
1.40					
1.25					
1.10	0.05	0.05			
0.95	0.08	0.08	0.06	0.05	0.06
0.80	0.20	0.14	0.10	0.11	0.08
0.65	0.68	0.55	0.45	0.39	0.30
0.50	1.39	1.27	1.15	1.07	0.97
0.35	2.17	2.09	1.98	1.86	1.71
0.20	2.94	2.80	2.74	2.56	2.38
0.05	3.74	3.55	3.40	3.18	2.90



Şekil 6-18 : Banyo kullanıldıkça elde edilen sonuç itibariyle gradasyon eğrisindeki değişim grafiği.



Şekil 6-19 : Banyo kullanımından dolayı filmde elde edilen sonuç değişimlerinin gri skala üzerinden alınan örnek değerlerin sütun grafik şeklinde gösterilmesi.

6.2.4. Deney 2-D:

İki çağdaş ticari alanda birbirine rakip Kodak ULTRATEC UGF Film ve Fuji GRANDEX GA100 Filmin poz ve banyo süresi değişimlerinde gösterdiği karakteristik özelliklerinin değişimi.

Pozlandırma Ünitesi:

ITEC 550, Karanlık Oda Tipi, Elektronik Kumandalı Dikey Kamera,

Işık gücü: 4x500 Watt, Halojen

Objektif : 210 mm, Apokromatik Reprodüksiyon Objektifi

Çekim: %100, 22f

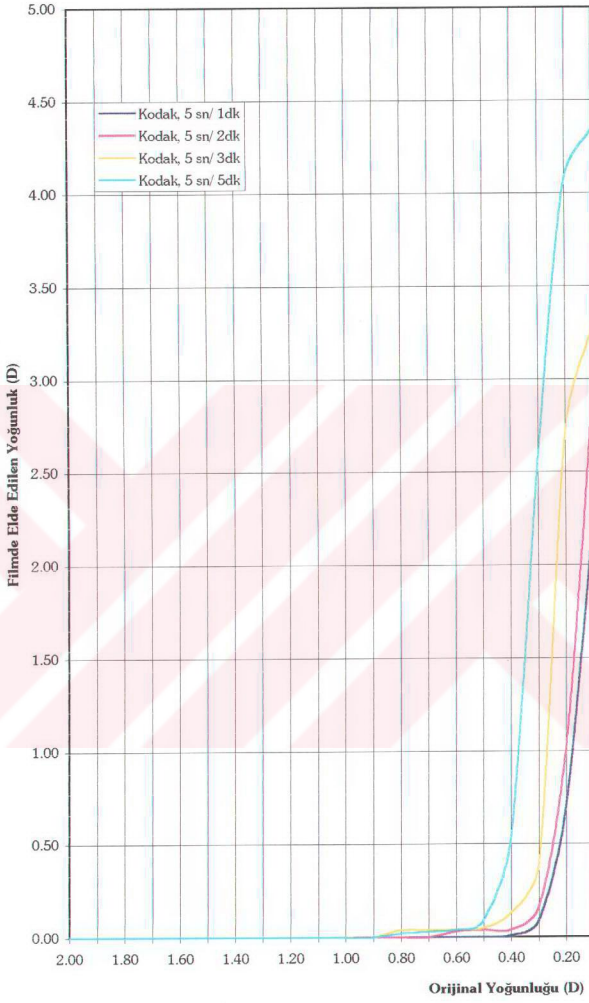
Poz ve banyolarda yapılan değişiklikler test sonuçlarının gösterildiği tablo ve grafiklerde belirtilmiştir.

Tablo 6-5 : Fuji GRANDEX GA100 filinin değişik poz ve banyo sürelerinde yapılan çekim sonuçları.

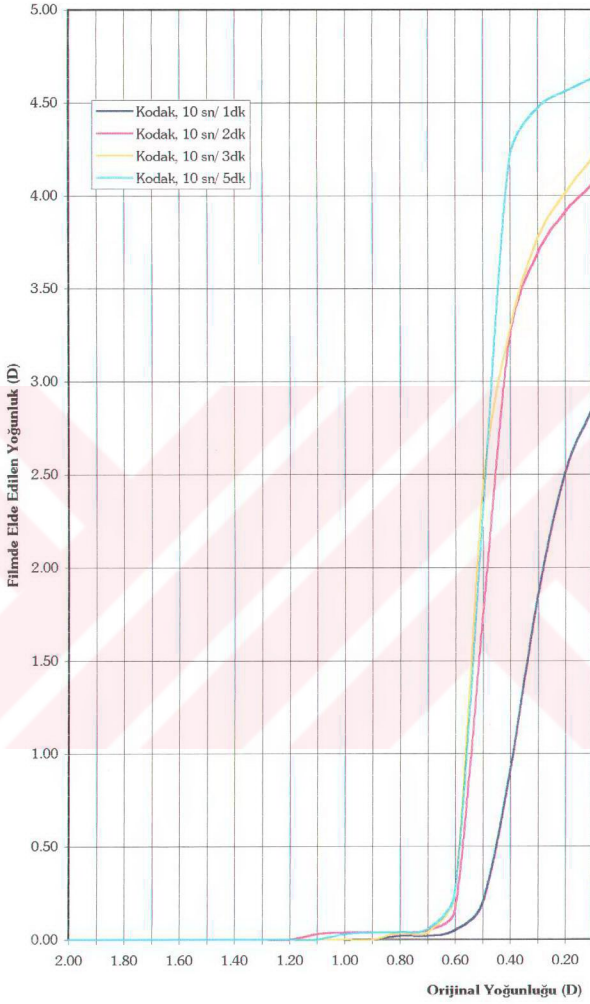
	FUJİ, 5 sn/ 1dk	FUJİ, 5 sn/ 2dk	FUJİ, 5 sn/ 3dk	FUJİ, 5 sn/ 5dk	FUJİ, 10 sn/ 1dk	FUJİ, 10 sn/ 2dk	FUJİ, 10 sn/ 3dk	FUJİ, 10 sn/ 5dk	FUJİ, 15 sn/ 1dk	FUJİ, 15 sn/ 2dk	FUJİ, 15 sn/ 3dk	FUJİ, 15 sn/ 5dk	FUJİ, 20 sn/ 1dk	FUJİ, 20 sn/ 2dk	FUJİ, 20 sn/ 3dk	FUJİ, 20 sn/ 5dk
2.00																
1.90															0.04	
1.80															0.04	0.04
1.70													0.03	0.04	0.14	0.05
1.60												0.04	0.04	0.05	0.21	0.07
1.50												0.05	0.04	0.07	0.31	0.10
1.40												0.06	0.07	0.14	0.48	0.25
1.30									0.03	0.04	0.04	0.10	0.12	0.28	0.69	0.51
1.20									0.05	0.05	0.05	0.17	0.21	0.49	0.95	0.88
1.10								0.04	0.06	0.07	0.08	0.35	0.41	0.97	1.36	1.37
1.00								0.04	0.10	0.13	0.12	0.63	0.73	1.46	1.78	1.87
0.90								0.04	0.05	0.21	0.20	0.36	0.63	1.46	1.78	1.87
0.80								0.08	0.07	0.08	0.38	0.50	0.33	1.16	1.96	2.38
0.70								0.15	0.15	0.19	0.76	1.01	1.44	1.75	2.52	2.88
0.60								0.29	0.33	0.37	1.20	1.56	1.92	2.36	3.03	3.33
0.50								0.48	0.60	0.62	1.64	2.14	2.62	2.98	3.49	3.73
0.40								0.87	1.11	1.14	2.12	2.64	2.07	2.66	3.64	3.73
0.30	0.02	0.02	0.02	0.02	1.35	1.66	1.71	2.58	3.16	2.56	3.14	3.42	3.81	4.11	4.21	4.28
0.20	0.05	0.05	0.06	0.06	1.91	2.27	2.33	3.10	3.71	3.11	3.64	3.80	4.20	4.39	4.44	4.47
0.10	0.12	0.17	0.19	0.18	2.73	3.17	3.18	3.69	4.24	3.99	4.23	4.22	4.43	4.46	4.52	4.53

Tablo 6-6 : Kodak ULTRATEK UCF filmin değişik poz ve banyo sürelerinde yapılan çekim sonuçları.

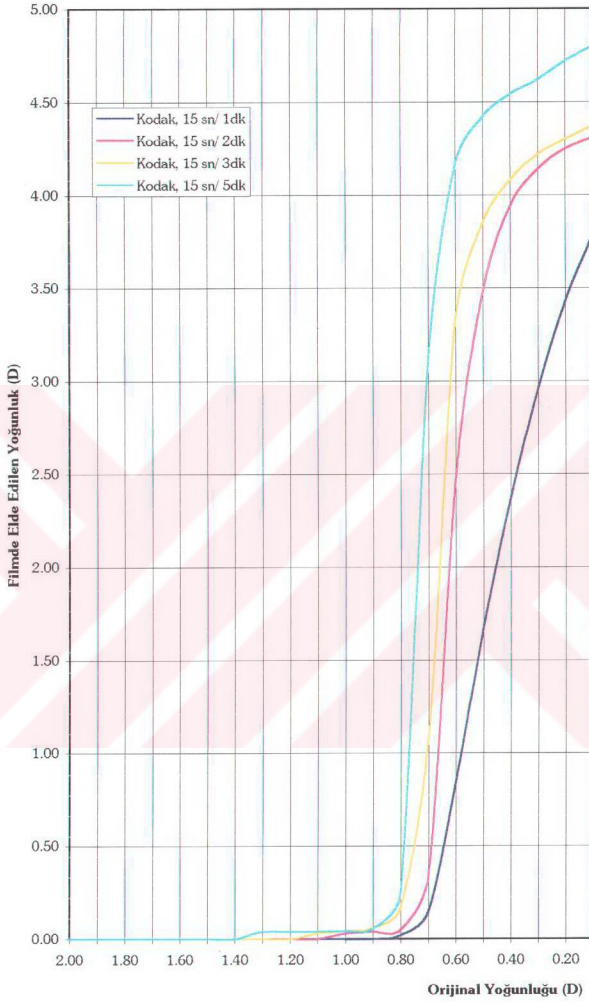
	Kodak, 5 sn/ 1dk	Kodak, 5 sn/ 2dk	Kodak, 5 sn/ 3dk	Kodak, 5 sn/ 5dk	Kodak, 10 sn/ 1dk	Kodak, 10 sn/ 2dk	Kodak, 10 sn/ 3dk	Kodak, 10 sn/ 5dk	Kodak, 15 sn/ 1dk	Kodak, 15 sn/ 2dk	Kodak, 15 sn/ 3dk	Kodak, 15 sn/ 5dk	Kodak, 20 sn/ 1dk	Kodak, 20 sn/ 2dk	Kodak, 20 sn/ 3dk	Kodak, 20 sn/ 5dk
2.00																
1.90																
1.80																
1.70																
1.60																
1.50																
1.40																
1.30																
1.20												0.04		0.04		0.03
1.10							0.03					0.04		0.04		0.04
1.00						0.04		0.03			0.04	0.04	0.01	0.08	0.06	0.12
0.90						0.04		0.04		0.04	0.06	0.05	0.03	0.37	0.22	0.50
0.80			0.04	0.02	0.02	0.04	0.04	0.04	0.02	0.05	0.17	0.24	0.09	3.12	2.58	3.54
0.70			0.04	0.03	0.02	0.05	0.04	0.06	0.15	0.33	1.08	3.10	0.67	3.72	3.61	4.04
0.60		0.03	0.04	0.04	0.05	0.16	0.25	0.25	0.84	2.47	3.33	4.16	1.80	3.99	3.92	4.30
0.50		0.04	0.05	0.09	0.20	1.74	2.42	2.27	1.67	3.48	3.85	4.42	2.46	4.17	4.07	4.48
0.40	0.01	0.04	0.13	0.52	0.91	3.25	3.28	4.20	2.37	3.94	4.08	4.54	2.90	4.33	4.18	4.60
0.30	0.09	0.16	0.38	2.55	1.85	3.69	3.77	4.47	2.96	4.14	4.22	4.62	3.21	4.44	4.26	4.72
0.20	0.70	1.01	2.71	4.07	2.51	3.91	4.01	4.56	3.43	4.25	4.30	4.72	3.53	4.53	4.33	4.81
0.10	2.23	2.90	3.27	4.34	2.86	4.06	4.20	4.63	3.79	4.31	4.37	4.80	3.82	4.63	4.34	4.88



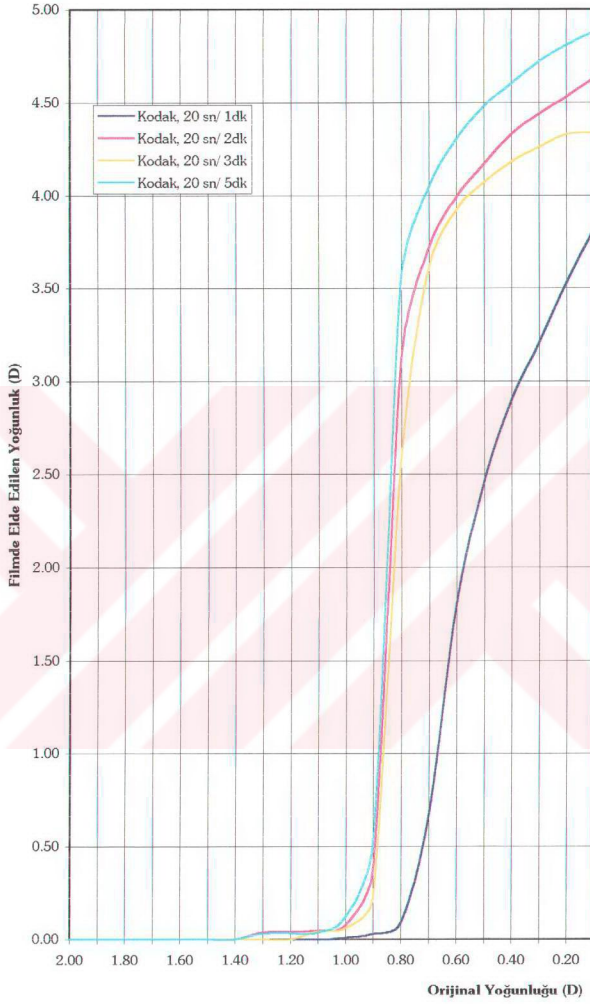
Şekil 6-20 : Kodak ULTRATEC UGF Filmin 5 sn poz verilmek suretiyle 1, 2, 3 ve 5 dakika developman banyosu neticesinde elde edilen ton eğrileri.



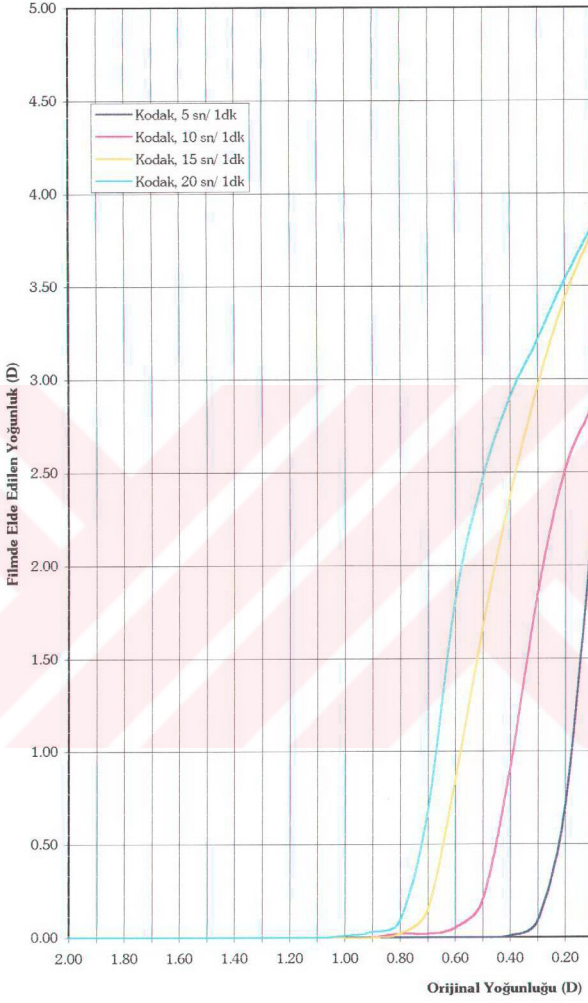
Şekil 6-21 : Kodak ULTRATEC UGF Filmin 10 sn poz verilmek suretiyle 1, 2, 3 ve 5 dakika developman banyosu neticesinde elde edilen ton eğrileri.



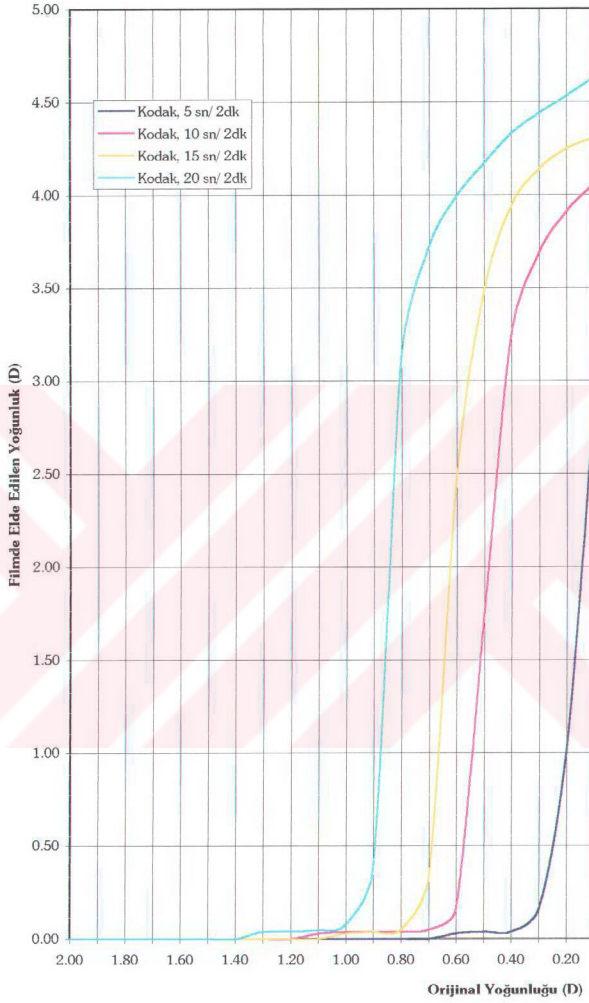
Şekil 6-22 : Kodak ULTRATEC UGF Filmin 15 sn poz verilmek suretiyle 1, 2, 3 ve 5 dakika developman banyosu neticesinde elde edilen ton eğrileri.



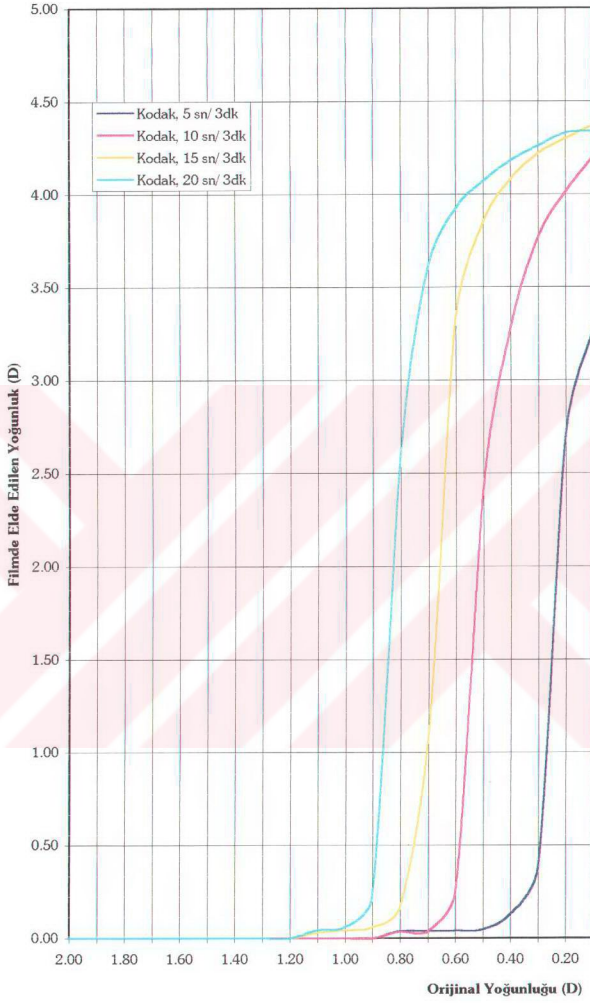
Şekil 6-23 : Kodak ULTRATEC UGF Filmin 20 sn poz verilmek suretiyle 1, 2, 3 ve 5 dakika developman banyosu neticesinde elde edilen ton eğrileri.



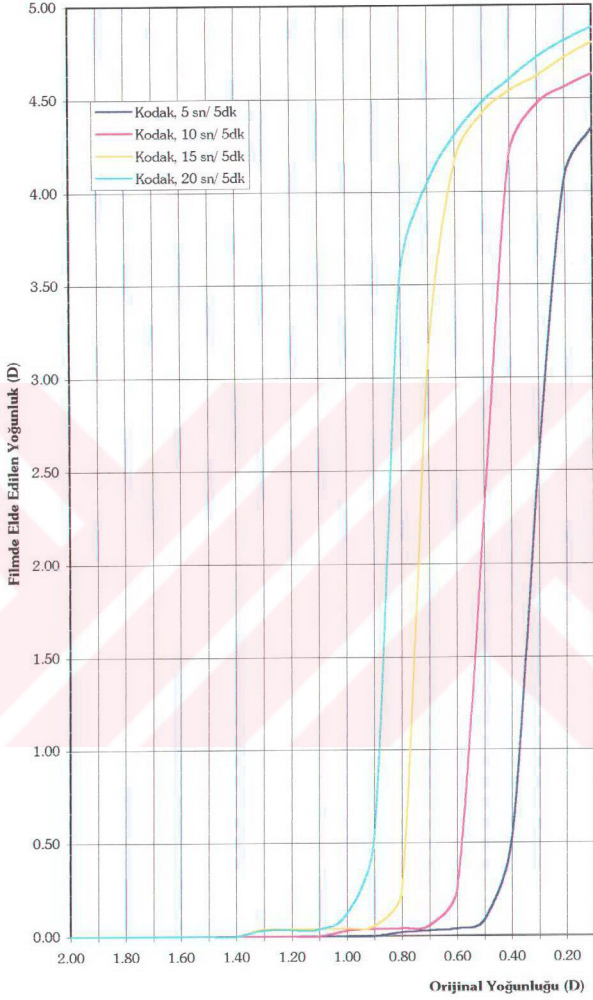
Şekil 6-24 : Kodak ULTRATEC UGF Filmin 5, 10, 15 ve 20 sn poz verilmek suretiyle 1 dakika developman banyosu neticesinde elde edilen ton eğrileri.



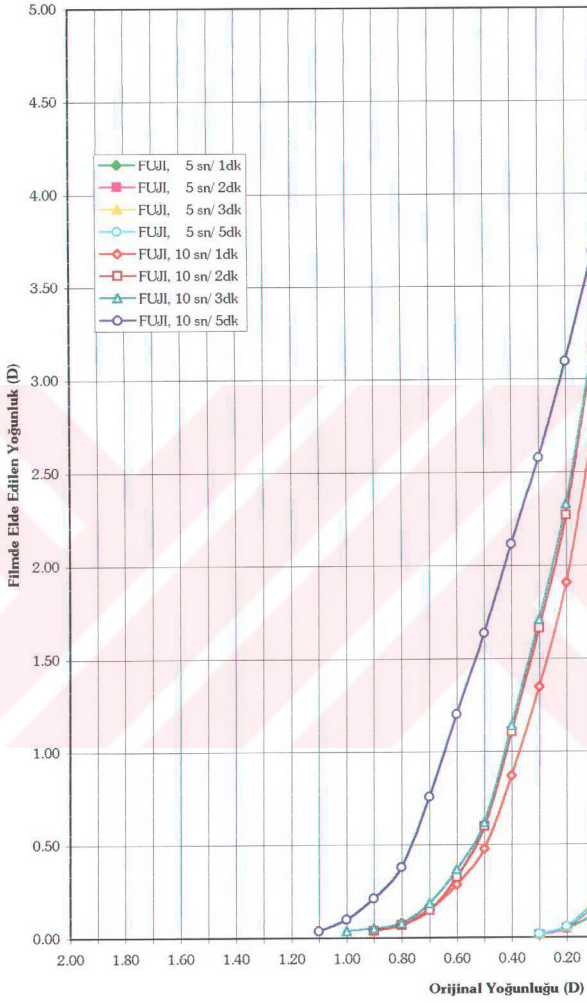
Şekil 6-25 : Kodak ULTRATEC UGF Filmin 5, 10, 15 ve 20 sn poz verilmek suretiyle 2 dakika developman banyosu neticesinde elde edilen ton eğrileri.



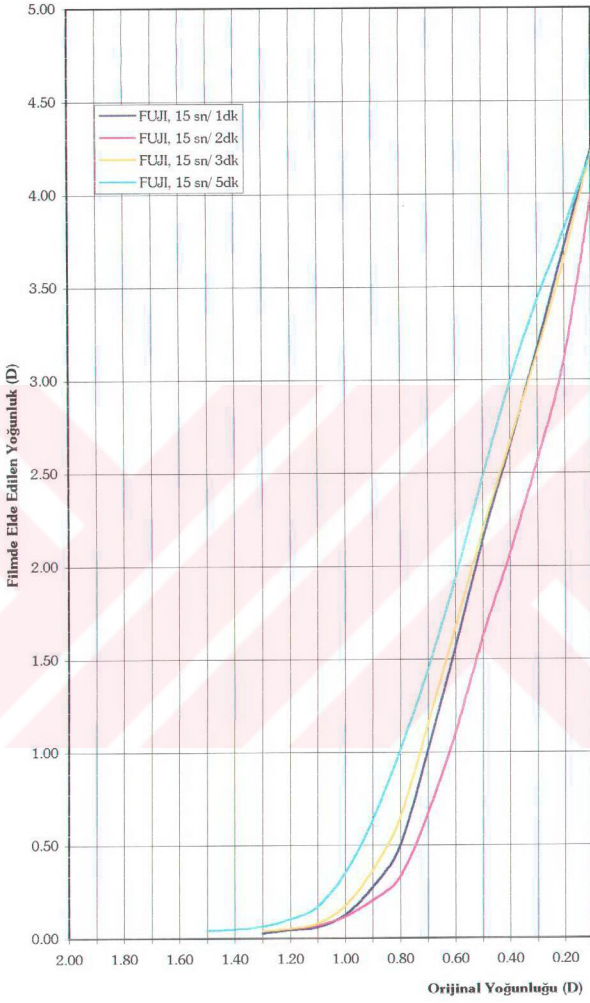
Şekil 6-26 : Kodak ULTRATEC UGF Filmin 5, 10, 15 ve 20 sn poz verilmek suretiyle 3 dakika developman banyosu neticesinde elde edilen ton eğrileri.



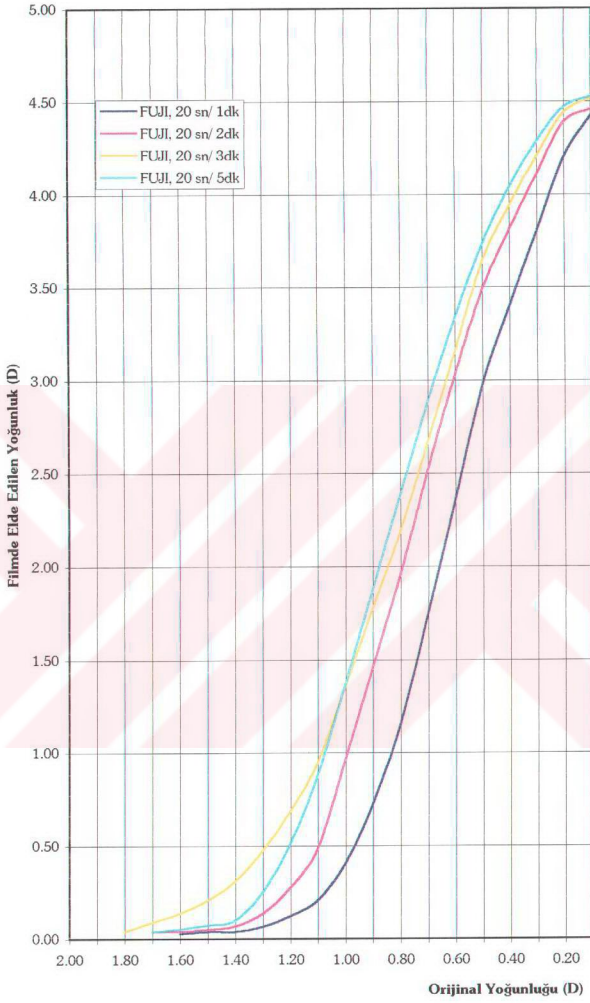
Şekil 6-27 : Kodak ULTRATEC UGF Filmin 5, 10, 15 ve 20 sn poz verilmek suretiyle 5 dakika developman banyosu neticesinde elde edilen ton eğrileri.



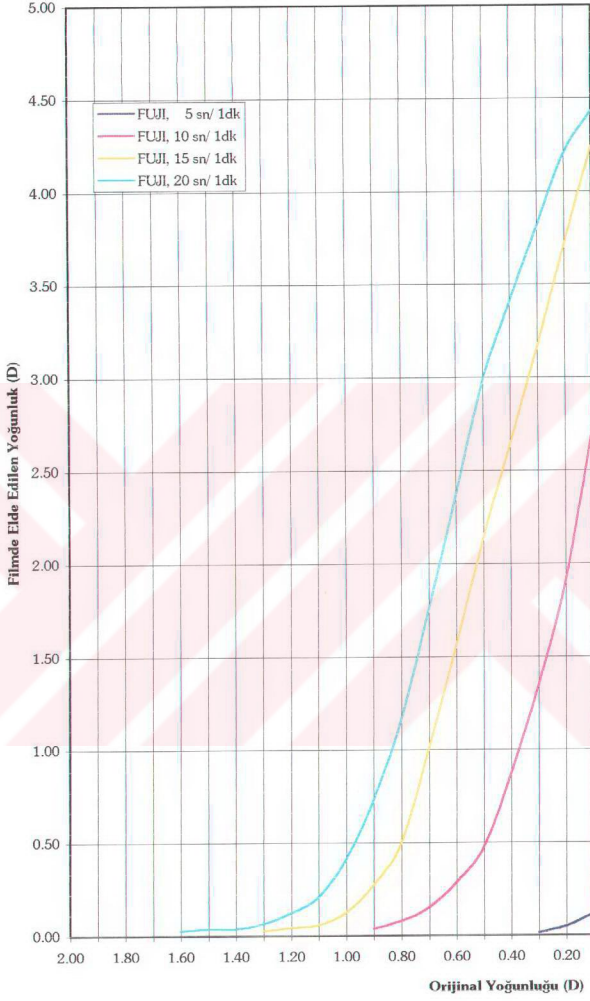
Şekil 6-28 : Fuji GRANDEX GA100 Filmin 5 ve 10 sn poz verilme suretiyle 1, 2, 3 ve 5 dakika developman banyosu neticesinde elde edilen ton eğrileri.



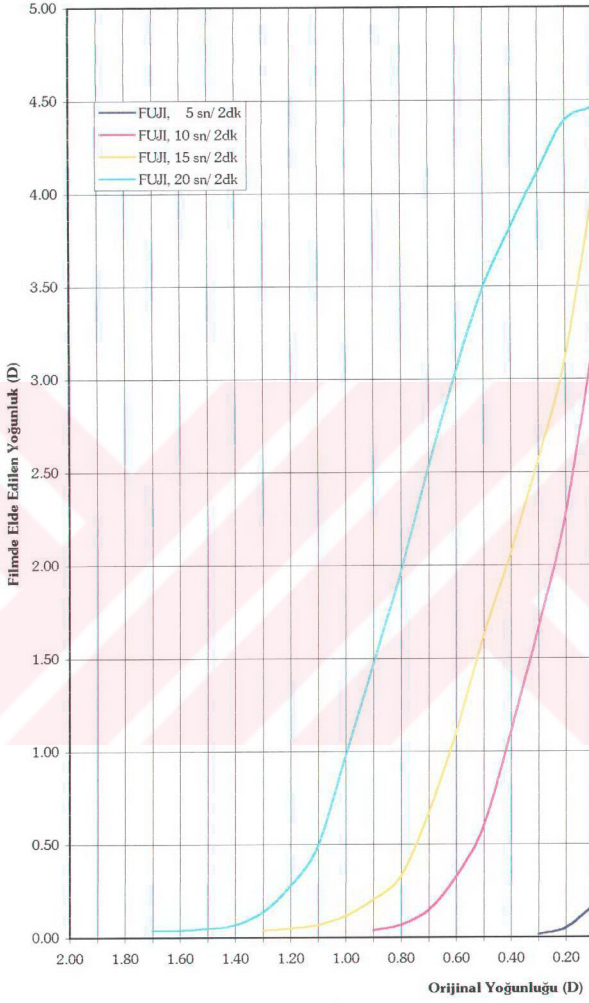
Şekil 6-29 : Fuji GRANDEX GA100 Filmin 15 sn poz verilmek suretiyle 1, 2, 3 ve 5 dakika developman banyosu neticesinde elde edilen ton eğrileri.



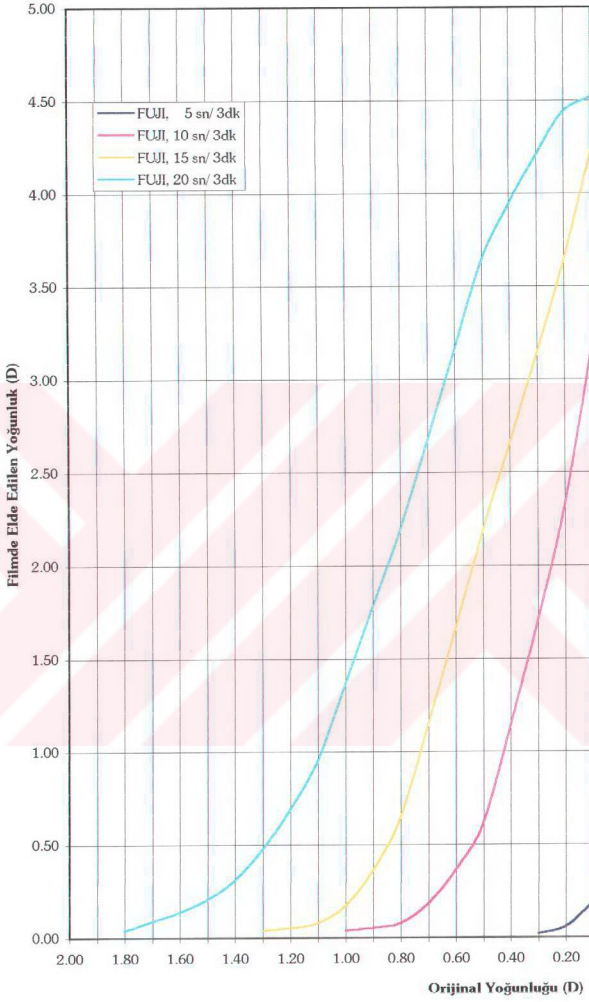
Şekil 6-30 : Fuji GRANDEX GA100 Filmin 20 sn poz verilmek suretiyle 1, 2, 3 ve 5 dakika developman banyosu neticesinde elde edilen ton eğrileri.



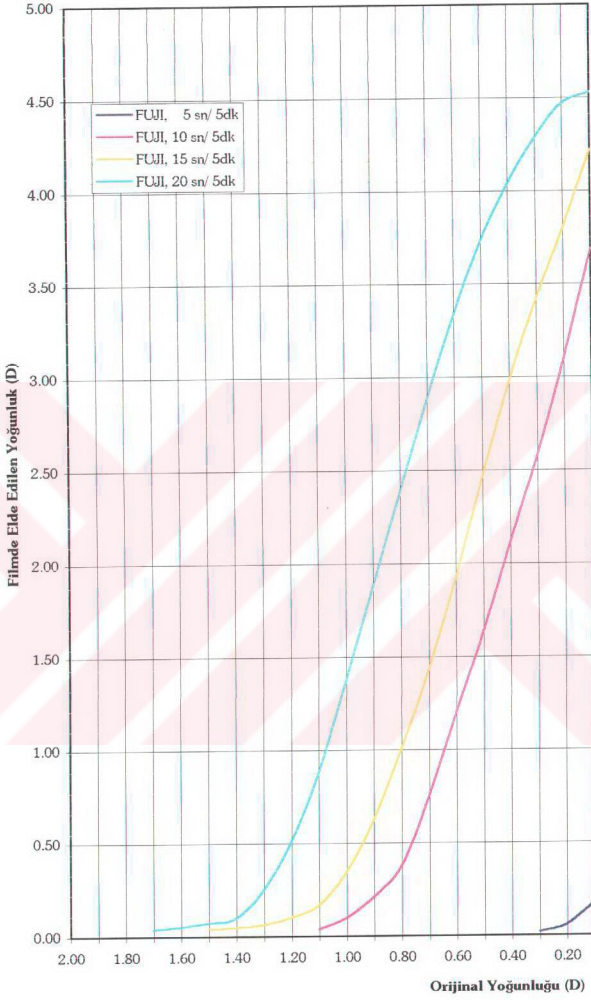
Şekil 6-31 : Fuji GRANDEX GA100 Filmin 5, 10, 15 ve 20 sn poz verilmek suretiyle 1 dakika developman banyosu neticesinde elde edilen ton eğrileri.



Şekil 6-32 : Fuji GRANDEX GA100 Filmin 5, 10, 15 ve 20 sn poz verilmek suretiyle 2 dakika developman banyosu neticesinde elde edilen ton eğrileri.



Şekil 6-33 : Fuji GRANDEX GA100 Filmin 5, 10, 15 ve 20 sn poz verilmek suretiyle 3 dakika developman banyosu neticesinde elde edilen ton eğrileri.



Şekil 6-34 : Fuji GRANDEX GA100 Filmin 5, 10, 15 ve 20 sn poz verilmek suretiyle 5 dakika developman banyosu neticesinde elde edilen ton eğrileri.

6.3. TRAMLI REPRODÜKSİYON

Makina ve Donanım:

Pozlandırma : ITEC 550, Karanlık Oda Tipi, Elektronik Kumandalı Dikey Kamera,

Işık Gücü : 4x500 Watt, Halojen

Objektif : 210 mm, Apokromatik Reprodüksiyon Objektifi.

Ölçüm Cihazı : Magbet Transmisyon Densitometre. ($D_{\max}$: 4.00 $\pm$ 0.001)

Kullanılan Filmler ve Banyolar :

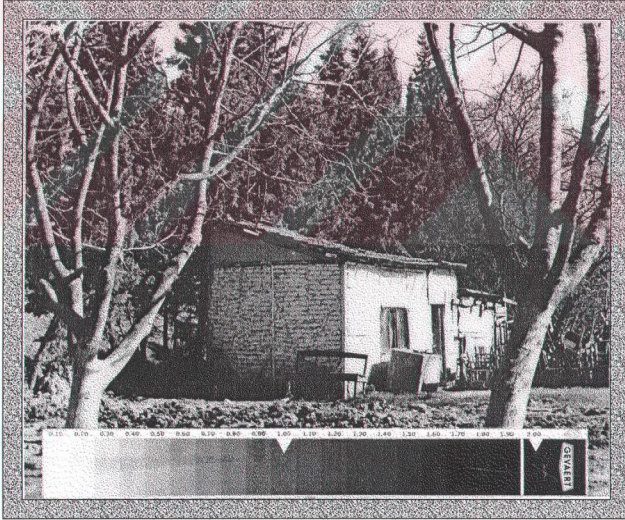
Film : Fuji GRANDEX GA100 Film,

Developer : Fuji GRANDEX SGX100 Developer, 20 °C, 2' 45"

Tram : Kodak ULTRATEC, Gri Kontakt Tram

Tram Sıklığı : 60 lpc/ 150 lpi

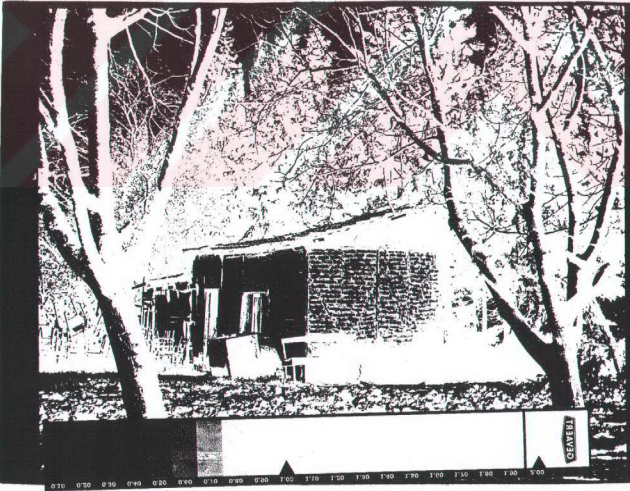
Tram Gücü : ~1.30 Densite (4x500 Watt, Halojen Işık Kaynakları ile)



Şekil 6-35 : Çoktonlu (yarımton) orijinal ve gri skala.



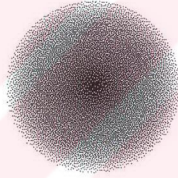
Şekil 6-36 : Tram kullanılmadan 10 sn poz verilerek yapılan çekim.



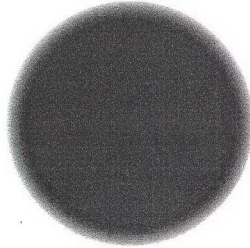
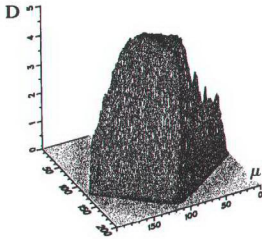
Şekil 6-37 : Tramsız olarak 20 sn poz verilerek yapılan çekim.



Şekil 6-38 : Tramsız olarak 60 sn poz verilerek yapılan çekim.

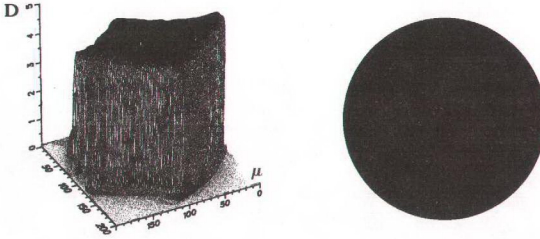


Şekil 6-39 : Gradasyonu yumuşak ($\gamma:3$), Agfa Gevaret N 31p film ile yapılan tramlı çekimde elde edilen noktanın görünümü.



Şekil 6-40 : Çok sert gradasyonlu olmayan bir film kullanıldığında tram noktasının görünümü.¹

¹ Kodak 2000 SAI, Filmleri Teknik Broşürü, 1996.



Şekil 6-41 : Çok sert gradasyonlu bir film kullanıldığında tram noktasının görünümü.¹

Tablo 6-7 : Sadece Anapoz Süresi Değiştirilerek yapılan çekimlerin ton eğrileri.

Anapoz	40sn,	60sn,	80sn,	120sn,
Flaş Pozu	0sn	0sn	0sn	0sn
2.00				
1.85				0
1.70			0	2
1.55		0	2	7
1.40	0	2	7	21
1.25	2	7	21	38
1.10	7	21	38	55
0.95	21	38	55	73
0.80	38	55	73	90
0.65	55	73	90	98
0.50	73	90	98	100
0.35	90	98	100	100
0.20	98	100	100	100
0.05	100	100	100	100

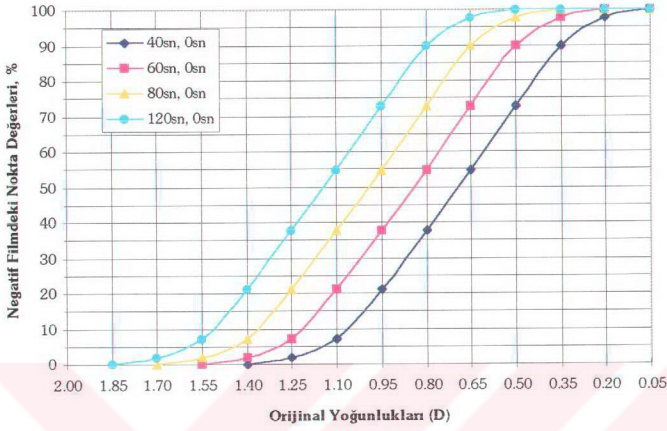
¹ Kodak 2000 SAI, Filmleri Teknik Broşürü, 1996.

Tablo 6-8 : Anapoz süresi sabit, Flaş poz süresi değiştirilerek yapılan çekim sonuçları:

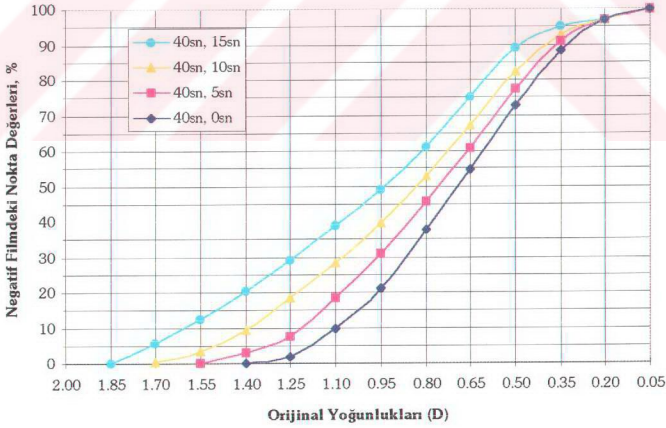
Anapoz	40sn,	40sn,	40sn,	40sn,
Flaş Pozu	0sn	5sn	10sn	15sn
2.00				
1.85				0
1.70			0	6
1.55		0	3	12
1.40	0	3	10	20
1.25	2	8	18	29
1.10	10	18	28	39
0.95	21	31	40	49
0.80	38	46	53	61
0.65	55	61	67	75
0.50	73	77	82	89
0.35	88	91	93	95
0.20	97	97	97	97
0.05	100	100	100	100

Tablo 6-9 : Anapoz ve flaş poz süreleri değiştirilerek yapılan çekim sonuçları:

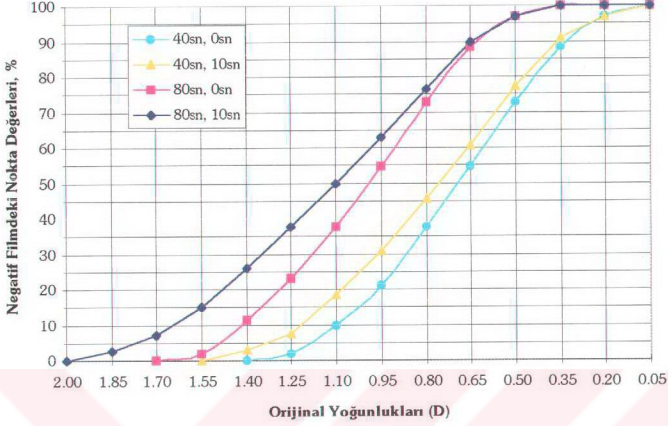
Anapoz	40sn,	40sn,	80sn,	80sn,
Flaş Pozu	0sn	10sn	0sn	10sn
2.00				0
1.85				3
1.70			0	7
1.55		0	2	15
1.40	0	3	11	26
1.25	2	8	23	38
1.10	10	18	38	50
0.95	21	31	55	63
0.80	38	46	73	77
0.65	55	61	88	90
0.50	73	77	97	97
0.35	88	91	100	100
0.20	97	97	100	100
0.05	100	100	100	100



Şekil 6-42 : Anapoz süresinde yapılan değişik denemelerin ton eğrileri.



Şekil 6-43 : Anapoz değiştirilmeden flaş poz süresi değişikliklerinin ton eğrisine etkisi.



Şekil 6-44 : Anapoz ve flaş poz sürelerinde yapılan değişikliklerin ton eğrileri üzerinde yapmış olduğu değişiklikler.

7. SONUÇ ve ÖNERİLER

Reprodüksiyon işlemlerinden hedeflenen amaç çok değişik niteliklere sahip orijinalerin ancak tek tip bir baskı yapabilen baskı sistemlerinde aslına en yakın bir şekilde basılmasını temin edecek transparan malzemelerin (orijinalerin kopyalarının) hazırlanmasıdır. Bu çok çeşitlilik ihtiva eden orijinalerin (basılması istenen numunelerin) baskı sistemlerine (baskı sistemlerinin tek düzeligi içinde filmlerden istediği nitelikler) hazırlanan saydam kopyalarının hazırlanmasında uygulanacak yöntemleri bilmek kadar belki daha önemlisi çalışılan filmin özelliklerinin bilinmesi ve ona uygun çalışmaların yapılmasıdır.

Filmin ve fotografik olayların teorik açıdan değerlendirilmesi yapıldığında görülen filmin çalışma ortamında kendimiz tarafından imal etmek veya onun imalat esnasında kazandırılan niteliklerinin bizim kullanım esnasında değişiklik yapabilme şansımız olmadığıdır. Bir filmin sonradan renk duyarlılığının, ne ışık duyarlık hızının, ne kimyasal duyarlığın değiştirilmesi, bir takım ilaveler yapılması mümkün değildir. Özellikle günümüzde kullanılan (çağdaş) filmlere bakıldığında bu değişmez, değiştirilemez nitelikler daha da iyi görülmektedir. Geçmiş dönemlerde çalışılan filmlerin banyosunu kullanıcı kendisi hazırlamakta ve böylece azda olsa sonucu etkileyen bir takım etkin değişiklikleri yapabilmekteydi. Günümüz çağdaş filmlere bakıldığında ise banyo içerikleri ticari bir sır olarak saklanmakta (know-how) böylece çalışılacak filmle birlikte ona uygun filmin de alınması gerekmektedir. Bir çok filmin banyosu bir biri ile tam uyumlu olarak çalışmamakta, gerek sertliğinde, gerek karakteristik temel ton değerinde gerekse ulaşabileceği maksimum densiteye ulaşmada sonucu etkileyen etkiler yapmaktadır. Bunun nedeni ise filmin emülsiyonunun hazırlanması esnasında emülsiyon karışımı içine developman banyosu ile ilgili birtakım ajan yardımcı maddeler konması nedeniyle (Bölüm 4).¹ Günümüz filmlerini bu özellikleri deney çalışmalarında (6.2.2.Deney 2-B)'de görülmektedir.

Deney çalışmalarında ilk olarak çalışılan filmin renk duyarlılığının tanınmasına yönelik çalışmalar yapılmıştır. Bu gaye ile Corel DRAW'da hazırlanan ve HP DeskJet 660C yazıcıda özel "HP Glossy Paper" kağıt kullanılmak suretiyle renkli bir orijinalin ihtiva edebileceği görünür bandın (spektrum) ihtiva ettiği renkleri ve renk karışım metodlarının ana renklerini ihtiva eden (Şekil 6-1) skala kullanılmıştır. Bu yapılan test sonucunda çalıştığımız film hangi renge karşı en çok duyarlı olduğunu göstermektedir. Testte kullanılan Arkadaş Makina AMK Lith Film, Kodak ULTRATEC, UGF Film ve Fuji GRANDEX GA100 Film spektral olarak ortokromatik olduğu anlaşılmakta ve karanlık oda ışığı olarak da (filmi etkilemeyecek-safelight) kırmızı ışık olması gerekir. Zira orijinal üzerindeki kırmızının bulunduğu 700 nm ve alttaki zemin renk kırmızı ve magenta'nın olduğu kısımlar filmi

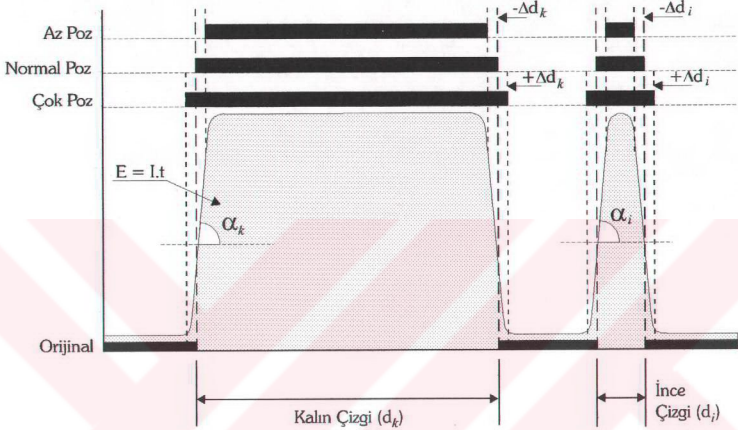
¹ ZELIKMAN, V. L., LEVI, S. M.: Making and Coating Photographic Emulsions, The Focal Press, New York, 1964

pozlandıramamış ve bu bölgeler diğer bölgelere göre açık kalmıştır. (Şekil 6-7). Naturel film her hangi bir renge karşı duyarlık kazandırılmamış olduğu için örnek skala üzerinde sadece mavi renk olan ve mavi renk ihtiva eden bölgelerden etkilenmiş, sarı ve kırmızının olduğu bölgelerden etkilenmemiştir. Karanlık oda güvenlik ışığı olarak ise koyu bir sandan kırmızıya (turuncu bu renklerin orta değeridir) olabilir. Kodak ULTRATEC, UPF Film ise skala üzerindeki bütün renklerden etkilendiği ancak skalanın uç bölgelerinde dar bir bölge yeterince koyulaşmamıştır. Ayrıca bu filmin grafiğinde bir de eğrinin 500 - 600 nm ara bölgesinde bir düşüş gösterdiği görülmektedir. Bu da naturel (duyarlığı değiştirilmemiş) emülsiyonun mavi ve tonlarına, bu emülsiyonu spektral hassasiyet kazandıran boyarmaddelerin ise özellikle kırmızıya karşı duyarlık kazandıran maddeler olması nedeniyle yeşil rengin olduğu bölgede bir miktar duyarlığında kör (veya yarı kör) bölgenin kazandırılmasıdır. Orijinale göre film seçimi yaparken orijinalimiz siyah-beyaz ise naturel film veya ortokromatik (mavi+yeşil'e duyarlı) film kullanılabilir. Gereksiz yere pankromatik bir film kullanmaya gerek yoktur. Orijinal renkli ise pankromatik film kullanmak uygun olacaktır. Bu orijinal için naturel bir film veya ortokromatik bir film kullanılacak olursa duyarlık bölgelerindeki karanlık (duyarsız) bölgeler nedeniyle orijinaldeki bu bölgelere isabet eden renklerden film etkilenmeyeceği için o bölgeler siyah (ışık olmayan bölgeler) olarak değerlendirilecektir.

Deney 6.2 de filmlerin karakteristik ton eğrileri yani gradasyon değerleri kısacası sertlikleri araştırılmıştır. Filmin poz süresi değişimlerine göre bu karakteristik eğrimin gerek eğimi gerekse (nispi poz)-(yoğunluk [densite]) diyagramında yeri değişmektedir (Bölüm 5). Bu nedenle filmin tek tonlu orijinallerin reproduksiyonunda kullanılacak doğru (normal-ideal) poz süresinin tespiti gerekir. Bu tespit için 0.05 mm'ye kadar çeşitli kalınlıklarda çizgiler ihtiva eden bir skala kullanılmıştır (Şekil 6-8). Bu skala kontrol edilmek suretiyle o film ile alınan en iyi sonucu veren poz süresinde yapılan çekem sonuçları alınmış ve bu değerler üzerinden grafikler çizilmiş, tablolar oluşturulmuştur.

Bu bölümde yapılan çalışmalarda tire poz süresi tespitinde ince çizgilerle bakmanın önemi belirlenmiştir. (Şekil 6-10) poz süresinin az olması ve (Şekil 6-12) de ise poz süresinin çok olması durumunda kalın çizgilerin bulunduğu bölgelerdeki değişim hissedilmезken (önemsenmezken) ince çizgilerde ise ihmal edilemeyecek değişimler meydana gelmiştir. Tire orijinallerden yapılan çekimlerde görüntünün oluşumu (şekil 7-1) de sembolize edilmiştir. Bu şekilde taralı alan, orijinalden gelen ışık şiddeti (I) ve poz süresinin (t) çarpımı şeklinde ifade edilen pozlanma (exposure) değerini ifade etmektedir. Orijinal tek tonlu yani her yerinden aynı şiddette ışık geldiği kabul edilse bile aslında bu poz (I.t) alanın kenarları α açısı ile ifade edilebilecek bir eğime sahip olduğu görülmektedir. Bu α açısı kullanılan filmin sertliğine (gradasyon eğrisini eğimine), kullanılan pozlandırma ünitesine (kontakt veya kamera gibi projeksiyon temelli cihazlarda objektif kalitesine), banyo

veya kamera gibi projeksiyon temelli cihazlarda objektif kalitesine), banyo ortamına^{1,2} bağlıdır. Işığın kırınım özelliği de kenar keskinliğini (aydınlık bölge ile gölge-karanlık bölge arasındaki sınır) bozulmasına neden olmaktadır. Ayrıca (Şekil 5-2)'de belirtilen saçaklanma da buradaki eğimi ($\tan \alpha$) etkilemektedir.



Şekil 7-1 : Tire çalışmalarda doğru poz süresini tespitinin önemi.

(Şekil 7-1)'de α_k ve α_i açılarının aynı değere sahip olması nedeniyle trigonometri kurallarına göre Δd_k ve Δd_i çizgi inceltme (-) veya kalınlaşma (+) durumlarda çizgi kalınlıklarında eşit ölçülerde inceltme veya tersine kalınlaşma meydana getirirler. Ancak bu kalınlaşma ölçüleri her iki çizgi için eşit olsa bile kalınlaşma yüzdeleri farklı olacaktır.

$$\text{Kalınlaşma}(\%) = \frac{d_{k,i} \pm \Delta d}{d_{k,i}} \cdot 100 \quad (7-1)$$

Bunu tasarlanmış bir örnek ile gösterecek olursak: İnce çizginin kalınlığı 0.1mm, kalın çizgi ise 1.0 mm olsun ve $\Delta d_{k,i}$ 'de +0.01 mm olduğunu kabul edelim. (7-1)'deki formülde bu değerleri ince ve kalın çizgi için hesaplayacak olursak:

$$\text{Kalınlaşma}(\%)_i = \frac{0.1+0.01}{0.1} \cdot 100 = \frac{0.11}{0.1} \cdot 100 = 110 \quad (7-2)$$

¹ Bölüm 3, bölüm 4 ve bölüm 5.

² MIKOLASCH, W.: Schwarzweiß - reproduktion, Polygraph Verlag GmbH., Frankfurt, 1983.

$$\text{Kalinlaşma}(\%)_k = \frac{1 + 0.01}{1} \cdot 100 = \frac{1.01}{1} \cdot 100 = 101 \quad (7-3)$$

Kalinlaşma($\%$)_i %110 olurken kalınlaşma($\%$)_k %101 olmakta, kalınlaşma miktarı her iki çizgi içinde $\Delta d = 0.01$ mm olmasına rağmen kalınlaşma yüzdesi açısından bakıldığında ikisi arasında artma miktarı ince çizgi kalın çizgiye göre 10 kat olmaktadır.

Deneyin 2-A bölümünde bazı filmlerin gradasyon eğrileri yapılan deneyler neticesinde elde edilen verilerle çizilmiştir. Tire orijinalerin reproduksiyon işlemlerinde mümkün olduğu kadar gradasyonu sert yani ton eğrilerinin eğimi büyük olanların tercih edilmesi gerekir. Yumuşak bir film seçilmişse a açısının büyümesi neticesinde ya elde edilen film yeterince siyahlanmayacak veya yeterli siyaha geldiğinde ise kalın çizgilere göre ince çizgiler çok farklı bir kalınlaşma sorunu yaratacaktır. Bu teste tabii tutulan filmlerin gradasyon eğrileri çizildikten sonra grafik üzerindeki eğriyi doğru kısmının başlangıç ve bitim noktalarına konan kırmızı yuvarlakların koordinatlarına göre eğim hesap edilerek tablosu altındaki GAMMA değerleri hesap edilmiştir.

$$\text{Gamma}(\gamma) = \frac{\text{FDF}}{\text{ODF}} \quad (7-4)$$

Deney 2-B de günümüz çağdaş filmlerinden Fuji GRANDEX GA100 Film ile Arkadaş Makina, AMK Lith Film birbirlerinin banyolarında banyo edilmişlerdir. Sonuçları gösteren (Şekil 6-16) ve (Şekil 6-17) de grafikler bu her iki filmin kimyasal aktivitesinin birbirinde çok farklı olduğu görülmektedir.

(Şekil 6-16)'da Klasik A+B şeklinde bilinen lith banyoda Fuji GRANDEX GA100 Film, 20 °C'de 2 dakika 45 saniye banyo edilerek değişik poz sürelerinde çekimler yapılmıştır. Bu grafiklerin gösterdiğine göre film hiç bir poz değerinde istenen maksimum siyahlanmaya ulaşmamıştır. Bu banyo içinde filmin emülsiyonunda diğer parçası bulunan bir maddenin bulunmadığı anlaşılmaktadır.

(Şekil 6-17)'de ise Fuji GRANDEX SGX100 Developer ile Arkadaş Makina AMK Lith Film 20 °C'de 2 dakika 45 saniye banyo edilerek yapılan değişik poz süresindeki şekillerin hepsinde film banyodan aşırı etkilenecek, sadece gizli görüntü marifetiyle banyonun poz gören yerleri etkileme özelliğini bozularak filmin bütün yüzeyinde anormal açık ton değeri ile karşılaşmıştır ve eğrinin eğimi çok düşmüştür.

Deney 2-C de Fuji GRANDEX GA100 Film ve Fuji GRANDEX SGX100 Developer (20 °C, 2' 45") banyo kullanılmak suretiyle yapılan aynı banyoda 60

¹ YAMAN, R., ANADOL, D. : Reproduksiyon ve Klşe Teknolojisi, Milli Eğitim Basımevi, İstanbul, 1984.

adet filmde elde edilen sonuçlardan sırasıyla 1., 15., 30., 45. ve 60. filmlerin sonuçları tabloya alınmıştır. Grafiğe göre banyo kullanıldıkça içindeki aktivitenin zayıfladığı görülmektedir. Filmlerde elde edilen performans düşüşü özellikle koyu tonlarda yoğunlaştığını bunun yanında en açık koyulukların ise yoğunluklarında çok fazla değişmediği görülmektedir. Reprodüksiyon işlemlerinde ise filmler genellikle maksimum yoğunluklara kadar pozlandırılarak tek tonlu neticeler elde edildiğinden dolayı eskiyen (çok fazla kullanılmaktan dolayı aktivitesi düşen) banyoların kullanılmaması, dökülmek suretiyle taze banyonun hazırlanarak aktivitesi yüksek banyolar kullanılması gerekir.

Deney 2-D de Kodak ULTRATEC, UGF Film, (Kodak ULTRATEC Tray Developer, 21 °C, 3' 00") ile Fuji GRANDEX GA100 Film (Fuji GRANDEX SGX100 Developer, 20 °C, 2' 45") kıyaslanarak poz ve banyo sürelerinde yapılan değişimin filmin gradasyon eğrisini ne şekilde etkilediği incelenmiştir. Test sonuçlarına bakıldığında özellikle Kodak filmin çok geniş bir poz ve banyo süresi çalışma aralığı görünmektedir. Konvansiyonel lith filmlerde ise poz ve banyo süresindeki değişimler eğimin (tan α) ve eğrinin diyagramdaki yerinin çok fazla değişmesine rağmen^{1,2} bu her iki filmin ise çok fazla etkilendiği belirlenmiştir.

Deney 6.3 de ise çok tonlu orijinalerin reprodüksiyon işlemlerinde filmler araştırılmıştır. Belirlenen tespitlerde tram kullanılmadan yapılan çekimlerde orijinaldeki ton değerlerinin filmde elde edilemediği görülmüştür (Şekil 6-36), (Şekil 6-37), (Şekil 6-38). Bu nedenle tram denilen reprodüksiyon cihazı kullanılarak orijinaldeki ton farklılıkları aralarında ton farkı bulunmayan nokta zemin parçacıklarına dönüştürülerek tek tonlu hale getirilmesi ve böylece basılabilir hale getirilmesi gerekir.^{3,4}

- Tramlamada kullanılan film yeterince sert değilse tram nokta kenarları keskin olmayıp halelenme meydana gelir. (Şekil 6-39).

- Kullanılan filmin gradasyon değeri yeterince sert olmazsa nokta kenarları yeterince keskin ve tüm nokta zemininin aynı koyulukta olmadığı tespit edilmiştir. (Şekil 6-40).

- Film yeterli sertlikte ise nokta kenarları keskin ve halesiz olmaktadır. (Şekil 6-41).

¹ MIKOLASCH, W.: Schwarzweiß - reproduktion, Polygraph Verlag GmbH., Frankfurt, 1983.

² FIEBIG, D. : Reprotechnik, Karl-Heinz Beck GMBH., München, 1993.

³ YAMAN, R., ANADOL, D. : Reprodüksiyon ve Kişİ Teknolojisi, Milli Eğitim Basımevi, İstanbul, 1984.

⁴ FIEBIG, D. : Reprotechnik, Karl-Heinz Beck GMBH., München, 1993.

• Sadece ana poz verilerek yapılan çekimlerden orijinalin tüm ton değerlerinin nokta büyüklük farklılıklarına dönüştürülemediği görülmektedir. Ana poz süresindeki artışlar orijinalin açık tonlarından elde edilen maksimum %95 - 97 de kalması gereken noktaları zemine dönüştürmüştü, ana poz süresi azaltıldığında ise orijinalin koyu bölgelerinden filmde nokta oluşmamıştır. (Şekil 6-42).

• Ana poz süresi sabit tutularak ana poza ek olarak verilen flaş pozu değişik sürelerde verildiğinde salt ana poz yardımıyla elde edilen nokta aralığının arttığı tespit edilmiştir. (Şekil 6-43).

• Ana pozla birlikte flaş pozu da değiştirilerek yapılan çekimlerde ise flaş pozu tarafından tramın noktalama aralığı genişletilmiş, ana poz süresi ile oynanarak ise orijinalin en koyu ton değerinin grafik üstündeki yerine uygun noktada %95 - 97'lik nokta elde edilebilir. Orijinalin en koyu tonu ile en açık tonu arasındaki fark kullanılan tramın noktalama kapasitesinin (tram gücü) üstünde ise flaş pozuna gereksinim duyulur. Aksine olduğu durumlarda ise flaş pozu kullanılmaz. (Şekil 6-44).

• Logaritmik hesaplamalarla orijinale verilmesi gereken doğru poz süresinin bulunması: Yapılan salt anapoz (main exposure) çekimlerinde ve anapoz + flaşpoz çekimlerinde sadece anapoz süresi ile yapılan değişiklikler elde edilen ton eğrisinin eğimini değiştirmeden sadece diyagram üzerinde kaydırmış (Şekil 6-42), sadece flaş poz süresinde değişiklik yapıldığında ise eğrinin tepe noktası sabit kalarak eğimi değişmiştir (küçülmüştür) (Şekil 6-43). Poz süresi kontrolünde filmde açık tona (noktaya) bakmak gerektiğine¹ göre (Şekil 6-44)'de gösterilen birleşik diyagramda anapoz süresi kontrolünde salt anapoz süre eğrisinde ki minimum apsis değerine sahip noktanın orjin değerine bakılır. Bu değer filmde basılabilecek en küçük nokta değerinin elde edildiği (% 5, % 3 gibi) orijinalin ton değer karşılığıdır. Maksimum nokta büyüklüğünün (% 95, % 97 gibi) elde edildiği yer ise orijinalin en açık ton değeridir. Bu salt anapoz eğrisine bakılarak bulunan değerler arasındaki densite farkı kullanılan tramın noktalama kapasitesi (TG) kadardır². Doğru poz süresinin tespitinde en açık tona bakılır kaidesi ile bulunan bu sonuçlar birleştirilecek olursa:

$$\log(t_{\text{Test}}) - \log(t_{\text{Orj.}}) = D_{\text{Mak-Test}} - D_{\text{Mak-Orj.}} \quad (7-5)$$

$$\log(t_{\text{Test}}) - \log(t_{\text{Orj.}}) = (D_{\text{Min-Test}} + TG) - (D_{\text{Min-Orj.}} + TG) \quad (7-6)$$

(7-6) nolu denklemde parantez ler kaldırıldığında tram noktalama kapasiteleri (TG) sadeleşerek birbirini yok eder:

$$\log(t_{\text{Test}}) - \log(t_{\text{Orj.}}) = D_{\text{Min-Test}} - D_{\text{Min-Orj.}} \quad (7-7)$$

¹ STAECK, E. : Rechenbuch für die Druckindustrie, Verlag Beruf + Schule, Itzehoe, 1987.

² a.g.e.

Flaş poz süresi ise orijinal densite farkı (ODF) ile tram noktalama kapasitesi (TG) arasındaki farkı kapatmak için verildiğine göre süreyi de bu aradaki fark verecektir. Öyleyse (7-5) nolu denklem şu şekilde yazılabilir.

$$\log(t_{\text{Test}}) - \log(t_{\text{Orj}}) = (ODF_{\text{Test}} - TG) - (ODF_{\text{Orj}} - TG) \quad (7-8)$$

Parantez kaldırılırsa:

$$\log(t_{\text{Test}}) - \log(t_{\text{Orj}}) = ODF_{\text{Test}} - TG - ODF_{\text{Orj}} + TG \quad (7-9)$$

$$\log(t_{\text{Test}}) - \log(t_{\text{Orj}}) = ODF_{\text{Test}} - ODF_{\text{Orj}} \quad (7-10)$$

Elde edilir.

Sonuç olarak tramlı reproduksiyon işlemlerinde D_{max} ve D_{min} değerleri bilinen test orijinaline yapılan deneyler neticesinde uygun anapoz ve flaş poz süreleri (t_{Test}) tespit edilir ve (D_{max} , D_{min}) değerleri bilinen orijinale verilmesi gereken:

$$\text{Anapoz süresi (7-7) : } \log(t_{\text{Test}}) - \log(t_{\text{Orj}}) = D_{\text{Min-Test}} - D_{\text{Min-Orj}} ,$$

Flaş poz süresi (7-10) : $\log(t_{\text{Test}}) - \log(t_{\text{Orj}}) = ODF_{\text{Test}} - ODF_{\text{Orj}}$ denklemleri ile bulunur.

KAYNAKLAR

1. ANADOL, D. : Reprodüksiyon ve Klşe İş ve İşlem Yaprakları, Milli Eğitim Basımevi, İstanbul, 1990.
2. BAŞER, İ. ve İNANICI, Y. : Boyarmadde Kimyası, M.Ü. Teknik Eğitim Fakültesi Yayınları, İstanbul, 1990.
3. BAUER, F. : Lexikon der Reproductions-technik, Verlag Beruf + Schule, Itzehee, 1986.
4. BİLGE, A.N. ve GÜRKAN, E. : Çağlayan Kimya Sözlüğü, Çağlayan Kitabevi, İstanbul, 1975.
5. BREUSCH, F.L. VE ULUSOY, E. : Genel Organik Kimya, İstanbul Üniversitesi Yayınları, İstanbul, 1974.
6. CLERC, L.P. : Chimie Photographique. M. P. GLAFKIDES, Paris, 1947.
7. ÇBS : Ofsette Mürekkep ve Baskı Problemleri Çözümleri, ÇBS Printaş Baskı Mürekkepleri ve Gereçleri Sanayi A.Ş., İstanbul, 1994.
8. DAINIPPON SCREEN : Prenciple of Color Separation, Dainippon Screen Inc., Tokyo, 1991.
9. DÖLEN, E. : Meslek Kimyası, M.Ü. Teknik Eğitim Fakültesi Matbaa Eğitimi Bölümü Yayınları, İstanbul, 1993.
10. DÖLEN, E. : Reprodüksiyon Kimyası, M.Ü. Teknik Eğitim Fakültesi Yayınları, İstanbul, 1994.
11. DUPONT : Graphic Arts Printing and Industria Photo Systems, Export Product Guide, Du Pont de Nemours GMBH., Frankfurt, 1985.
12. DUPONT : Technical Information. Imaging Systems Department, Germany.
13. FIEBIG, D. : Reprotechnik, Karl-Heinz Beck GMBH., München, 1993.
14. FIELD, G.G. : Color Scanning and Imaging Systems, Graphic Art Technical Foundation, Pittsburgh, 1990.
15. FOGRA : EXTRA Produzieren mit System, BVD/FOGRA, MAN Roland Druckmaschinen AG. Offenbach, 1992.
16. FOGRA: Praxis Report Nr. 34, FOGRA-PMS-1 und UGRA-Offset-Testkeil 1982, Fogra Technik E.V., München, 1990,
17. FUJİ : Fuji Film Data Sheet. Fuji Photo Film Co., Ltd, Japan.
18. GEVARET : Graphic Material Techical Information. Gevaret Photo Producten N.V., Antwerp, Mortsel, Belgium, .
19. GÖKGÖZ, Aydemir : Bütün Yönleriyle Fotoğrafçılık (Siyah-Beyaz, Renkli), Odak Yayıncılık, İstanbul, 1985.
20. GRAFİK BASIM. İstanbul, Ocak 1986, sayı 1, s. 30 - 34.

21. GRETAG : An Introduction to Colour Measurement
22. GYGAX, A. F. : Moderne Chemigraphie in Theorie und Praxis. Poligraf Verlag GMBH, Frankfurt, 1957.
23. IHME, R. : Lehrbuch der Reproduktions-technik, Verlag Beruf + Schule, Itzehoe, 1988.
24. JAMES, T.H. : "Photography", Kirk-Othmer : Encyclopedia of Chemical Technology, 1st ed., John Wiley and Sons Inc., New York, Vol. 10 (1953)
25. KODAK : Halftone Methods for the Graphic Arts, Kodak Graphics Imaging Systems, Eastman Kodak Company, 1986..
26. LOCKER, D.J. : "Photography", Kirk-Othmer : Kirk-Othmer : Encyclopedia of Chemical Technology, 3rd ed., John Wiley and Sons Inc., New York, Vol. 17 (1982)
27. MACWILLIAM, G. A. : "Photography", Kirk-Othmer : Encyclopedia of Chemical Technology, 2 nd ed., John Wiley and Sons Inc., New York, Vol. 15 (1968)
28. MATSET : Teknik Bilgi. Matset Matbaa Makine ve Malzemeleri Sanayi ve Ticaret A.Ş. İstanbul.
29. MIKOLASCH, W. : Schwarzweißreproduktion. Polygraph Verlag GMBH, Frankfurt, 1983.
30. MORTIMER, C.E. : Modern Üniversite Kimyası, I - II, Çağlayan Kitabevi, İstanbul, 1993.
31. ÖZSAN, F. : Sensitometri. BASMEN Matbaacılık Dergisi, İstanbul Ocak 1988, Sayı 9, s. 4-6.
32. PAUKER, O. R. : Matbaa Fotoğrafçılığı, Matbaacılık Okulu, İstanbul, 1955.
33. PEDROTTI, F.L., PEDROTTI, L.S. : Introduction to Optics, Prentice - Hall Inc., New Jersey, 1987.
34. POLYGRAPH VERLAG GMBH. : Handbuch Reproduktionstechnik, Band III, Photolithographie Offsetreproduktion, Lichtdruck. Polygraph Verlag GMBH, Frankfurt, 1962.
35. PRINET, J. : Fotoğraf Sanatı, Gelişim Yayınları, İstanbul, 1976.
36. RICHARDS, J.A., SEARS, F.W., WEHR, M.R., ZEMANSKY, M.W., Çev. DOMANIÇ, F. : Optik ve Modern Fizik, Çağlayan Kitabevi, Cilt 3, İstanbul, 1982.
37. RICHARDS, J.A., SEARS, F.W., WEHR, M.R., ZEMANSKY, M.W., Çev. DOMANIÇ, F. : Optik ve Modern Fizik, Çağlayan Kitabevi, Cilt 3, İstanbul, 1982.
38. RUB, R. : Handbuch Reproduktionstechnik, Band II, Chemigraphie. Polygraph Verlag GMBH, Frankfurt, 1948.

39. RUß, R. ve BARTMUß, A. : Handbuch der Modernen Reproduktions-Technik, Band II, Chemigraphie. Verlag Klimsch & Co., Frankfurt, 1942.
40. SERWAY, A.R., Çev. ÇOLAKOĞLU, K. : Servay Fizik, Palme Yayıncılık, Cilt 2, Ankara, 1996.
41. STAECK, E. : Rechenbuch für die Druckindustrie, Verlag Beruf + Schule, Itzehoe, 1987.
42. STÖTZER, K. : Handbuch Reproduktionstechnik, Band I, Reproduktions-photographie. Polygraph Verlag GMBH, Frankfurt, 1962.
43. TEZCAN, İ. : Organik Kimya, M.Ü. Teknik Eğitim Fakültesi Yayınları, İstanbul, 1988.
44. TUNALI, N.K. ve ARAS, N.K. : Kimya Temel Kavramlar, Başarı Yayınları, İstanbul, 1987.
45. ÜNAL, H. : Renk Bilgisi Ders Notları, M.Ü. Teknik Eğitim Fakültesi Matbaa Bölümü Yayınları, İstanbul, 1995.
46. UNERİ, S., KULELİ, Ö. ve GÜREL, O. : Kimya Terimleri Sözlüğü, Türk Dil Tarih Kurumu Yayınları: 485, Ankara, 1981.
47. UNITED STATES PATENT : Patent Number; 4.686.167, Date of Patent; Aug. 11, 1987 - Patent Number; 4.447.522, Date of Patent; May 8, 1984 - Patent Number; 4.429.036, Date of Patent; Jan. 31, 1984 - Patent Number; 4.459.347.
48. VURAN, A. : Genel Fotoğraf Tekniği, Marmara Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Yayınları, İstanbul, 1991.
49. WENCK, Hans : Typografie und Fotosatz, Verlag Beruf + Schule, Itzehoe, 1989.
50. YAMAN, R. ve ANADOL, D. : Reprodüksiyon ve Klişe Teknolojisi, Milli Eğitim Basımevi, İstanbul, 1984.
51. ZELIKMAN, V. L., LEVI, S. M. : Making and Coating Photographic Emulsions, The Focal Press, New York, 1964

ÖZGEÇMİŞ

Timur SOYSAL,

1963 yılında Diyarbakır'da doğdu. İlkokul 1. ve 2. sınıfları Gaziantep'te okuduktan sonra 3. 4. ve 5. sınıfları ise Kars - Göle'de tamamladı. Ortaokulu İstanbul'da Şirinevler Ortaokulunda bitirdikten sonra lise tahsilini İstanbul Matbaa Meslek Lisesinde, yüksek baskı (tipo baskı) bölümünde tamamladı.

1981-82 yılında İstanbul Yüksek Teknik Öğretmen Okulunu girdi. 1982 yılından sonra Marmara Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesine dönüşen okulu 1985 yılında reproduksiyon ihtisas dalında "Broşür Baskısı" konulu bitirme projesi yaparak tamamladı. Mezuniyetten sonra reproduksiyon iş kolunda tire renklendirme uzmanı olarak özel teşebbüste çalıştı. Daha sonra 1986 yılında M.Ü. Teknik Eğitim Fakültesine araştırma görevlisi olarak göreve başladı. 1989 yılında M.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsünde, matbaa eğitimi yüksek lisans programında "Renk Ayrım Makinaları ve Çalışma Prensipleri" konusunda master öğrenimini tamamladı.

Halen M.Ü. Teknik Eğitim Fakültesi Matbaa Eğitimi Bölümü, Reproduksiyon Anabilim Dalında Öğretim Görevlisi olarak çalışmaktadır.