

T.C.
MARMARA ÜNİVERSİTESİ
GÜZEL SANATLAR ENSTİTÜSÜ
FOTOĞRAF ANASANAT DALI

**OPTİK SİSTEMLERDEKİ GELİŞMENİN
FOTOĞRAFIN GÖRSELLİĞİNE ETKİSİ**

Yüksek Lisans Tezi

İsmail COŞKUN

İstanbul-2009

T.C.
MARMARA ÜNİVERSİTESİ
GÜZEL SANATLAR ENSTİTÜSÜ
FOTOĞRAF ANASANAT DALI

**OPTİK SİSTEMLERDEKİ GELİŞMENİN
FOTOĞRAFIN GÖRSELLİĞİNE ETKİSİ**

Yüksek Lisans Tezi

İsmail COŞKUN

Tez Danışmanı
Prof.Sabit KALFAGİL

İstanbul-2009

**T.C. MARMARA ÜNİVERSİTESİ
GÜZEL SANATLAR ENSTİTÜSÜ
MÜDÜRLÜĞÜ**

TUTANAK (YL – 2)

Fotoğraf Anasanat Dalı Yüksek Lisans programı öğrencilerinden 10030509 no.lu öğrencisi İsmail COŞKUN'un, Lisansüstü Öğretim Yönetmeliği 'nin 15. maddesine göre başarısız bulunan ve 16 Ocak 2009 tarihinde toplanan jürimiz tarafından 3 ay süre içerisinde düzeltilmesine karar verilen **"OPTİK SİSTEMLERDEKİ GELİŞMENİN FOĞRAFIN GÖRSELLİĞİNE ETKİSİ"** adlı tezi ile ilgili olarak, bu kez 04 Haziran 2009 'da tekrar toplanan jürimiz, adı geçen tez savunmasında*başarılı*..... olduğuna oybirliği ile karar verilmiştir.

İşbu tutanak 3 (üç) nüsha tanzim edilmiş ve Enstitü Müdürlüğü' ne sunulmak üzere tarafımızdan imzalanmıştır.

Prof.Sabit KALFAGİL
DANIŞMAN

Prof. Barbaros GÜRSEL
ÜYE

Prof Güler ERTAN
ÜYE

Yrd.Doç.Bülent ERUTKU
YEDEK ÜYE

Doç.Bülent ERÇETİN
YEDEK ÜYE

MADDE 15.

a) Tezli Yüksek Lisans programındaki bir öğrenci, elde ettiği sonuçları ilgili kurul tarafından belirlenen kurallara uygun biçimde yazmak ve tezini jüri önünde savunmak zorundadır.

b) Yüksek Lisans tez jürisi, ilgili anasanat dalı başkanlığı' nın önerisi ve yönetim kurulu onayı ile atanır. Jüri, biri öğrencinin tez danışmanı ve en az biri yüksek öğretim kurumu içindeki başka bir anasanat dalından veya başka bir yükseköğretim kurumundan olmak üzere üç veya beş kişiden oluşur. Jürinin üç kişiden oluşması durumunda ikinci tez danışmanı jüri üyesi olamaz.

c) Jüri üyeleri, söz konusu tezin kendilerine teslim edildiği tarihten itibaren en geç bir ay içinde toplanarak öğrenciyi tez sınavına alır. Tez sınavı, tez çalışmasının sunulması ve bunu izleyen soru – cevap bölümünden oluşur. Sınav süresi en az 45, en çok 90 dakikadır.

d) Tez sınavının tamamlanmasından sonra jüri tez hakkında salt çoğunlukla " kabul ", " red " veya " düzeltme " kararı verir. Bu karar ilgili anasanat dalı başkanlığınca tez sınavını izleyen üç gün içinde ilgili enstitüye tutanakla bildirilir. Tezi reddelinen öğrencinin enstitü ile ilişkisi kesilir. Tezi hakkında düzeltme kararı verilen öğrenci en geç üç ay içinde gereğini yaparak tezini aynı jüri önünde tekrar savunur. Bu savunma sonunda da tezi kabul edilmeyen öğrencinin enstitü ile ilişkisi kesilir.

Tutanağı Tanzim Eden :

Neslihan POLAT
Enstitü Sekreteri



ÖNSÖZ

Fotoğraf görsel bir sanat olduğu için, tüm değerlendirmenin de görsel veriler ışığında yapılması gerekir. Görselliğin ortaya çıkabilmesi için fotoğraf, objektif, film gibi görüntüyü oluşturan araçlara ihtiyaç duyar. Bu nedenle kullanılan araçların özelliklerinin iyi-kötü yanlarının bilinmesi gerekir. Böylece fotoğrafçı kullanacağı araç gereçle nasıl görüntüler elde edebileceğini öngörür, ya da tasarladığı konuya uygun araç gereci tercih eder.

Fotoğraf, teknolojik gelişmelerden doğrudan etkilenen bir sanat dalı olarak, anlatım biçimlerinin gelişmesinde optik sistemlerin katkısı büyüktür. Böylesine önemli bir konuda bana çalışma fırsatı veren ve danışmanlığımı kabul eden hocam sayın Prof.Sabit KALFAGİL'e, Bölüm başkanımız sayın Prof.Barbaros GÜRSEL'e, sayın Prof.Güler ERTAN'a, İngilizce çevirilerimi düzelten Öğr.Gör. E.Sabri Yarmalı'ya (Y.T.Ü) teşekkürlerimi sunarım.

Tez hazırlama sürecinde bana yaptığı manevi destek için sevgili eşim Ayşegül'e ve oğlum Haydar Asaf 'a teşekkürlerimi sunarım. Fotoğraf hayatım boyunca, doğrudan ya da dolaylı olarak fotoğraf öğrenmeme katkıda bulunan tüm hocalarıma ve fotoğraf dostlarına saygılarımı sunarım. Ruhuma sanat zevki ve bilim aşkını yerleştirdiği, sanat ve bilim içinde yaşamamı nasip ettiği için yüce Allah'a şükranlarımı sunarım.

İsmail COŞKUN
Haziran-2009, İstanbul

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ	I
İÇİNDEKİLER	II
ÖZET	V
SUNMARY	VI
GİRİŞ	1
BÖLÜM 1	
1-TARİHÇE	3
BÖLÜM 2	
2.1- MERCEKLER	6
2.1.1- İnce Kenarlı Mercek	7
2.1.2- Kalın Kenarlı Mercek	7
2.2- GÖRÜNTÜ TEŞEKKÜLÜ	8
2.3- TEORİK MERCEK, GERÇEK MERCEK	8
2.4- MERCEK KUSURLARI	9
2.4.1- Küresellik Kusuru	11
2.4.1.1-Bölgesel Küresellik Kusuru	13
2.4.1.2-Odak Kayması	14
2.4.2- Koma Kusuru	15
2.4.3- Alan Eğikliği Kusuru	16
2.4.4 Astigmatizm Kusuru	17
2.4.5- Biçim Bozulması Kusuru	20
2.4.6- Renksemi Kusuru	21
2.4.6.1-Eksenel Renk Sapması	22
2.4.6.2-Yanal Renk Sapması	22
2.4.7- İç Yansıma Kusuru	26
2.4.8- Köşe Kararması Kusuru	28
2.5- OBJEKTİFLERİN TEST EDİLMESİ	29

2.5.1-	Merkezleme Testi	29
2.5.2-	Eksen Eğikliği Testi	30
2.5.3-	Netleme Skalası Testi	31
2.5.4-	Optik Performans Testi	31
2.5.5-	Refleks Aynası Kontrolü	32
2.6-	MERCEKLERİN BÜYÜTME GÜCÜ	33
2.7-	OPTİK MALZEME	33
2.8-	MERCEK KAPLAMASI	38

BÖLÜM 3

3.1-	TERMİNOLOJİ	42
3.1.1-	ODAK UZAKLIĞI	42
3.1.2-	DÜĞÜM NOKTALARI	43
3.1.3-	NET GÖRÜNTÜ DAİRESİ ÇAPI	44
3.1.4-	OBJEKTİFLERİN GÖRÜŞ AÇISI	47
3.1.5-	ALAN DERİNLİĞİ	49
3.1.6-	ODAK DERİNLİĞİ	50
3.1.7-	NETLİK KRİTERİ	51
3.1.7.1-	Bulanıklık Etkisi(Bokeh)	53
3.1.8-	AYIRMA GÜCÜ	56
3.1.8.1-	Kenar Keskinliği	57
3.1.8.1.1-	Akütans	58
3.1.8.2-	Ayırma Gücü Testi ve Test kartları	58
3.1.9-	MTF GRAFİĞİ	60
3.1.9.1-	MTF Grafiklerinin Okunması	61
3.2-	OBJEKTİFLERDE YAPISAL GELİŞİM	62
3.2.1-	MEKANİK KONTROLLÜ OBJEKTİFLER	63
3.2.2-	ELEKTRONİK KONTROLLÜ OBJEKTİF	63
3.2.3-	NETLEME SİSTEMİ	65
3.2.4-	DİYAFRAM SİSTEMİ	66
3.2.5-	GÖRÜNTÜ SABİTLEYİCİ	67

BÖLÜM 4	
4.1- TEMEL OBJEKTİF TİPLERİNİN GELİŞİMİ	70
4.1.1- Petzval Objektif	71
4.1.2- Simetrik Objektifler	72
4.1.3- Üç Elemanlılar(Triplet)	74
4.2- ÇOK BİLİNEREN BAZI OBJEKTİF TASARIMLARI	76
4.3- OBJEKTİF ÇEŞİTLERİ	79
4.3.1- Normal Objektif	79
4.3.2- Geniş açı Objektifler	80
4.3.2.1-Ters Çevrilmiş Telefoto(Retrofocus) Objektifler	81
4.3.3- Uzun Odaklı Objektifler	81
4.3.4- Telefoto Objektifler	82
4.3.4.1-Aynalı Tele Objektifler	84
4.3.5- Değişken Odaklı Objektifler	85
4.3.6- Özel Amaç Objektifleri	86
4.3.6.1-Perspektif Kontrol Objektifleri	87
4.3.6.2-Yumuşak Netlik Objektifi	87
4.3.6.3-Makro Objektif	88
4.3.6.4-Lens Baby	90
4.4. GÖRÜNTÜ YOĞUNLAŞTIRICI	91
SONUÇ	92
KAYNAKÇA	96
EKLER	99
FOTOĞRAF, ŞEKİL, TABLO LİSTESİ	119

ÖZET

Optik bilimi içinde yer alan geometrik optiğin alanına giren tezimizin birinci bölümünde tarihçeye yer verdik. İlk çağlardan fotoğrafın icadına kadar geçen sürede mercek yapımından objektif yapımına olan gelişimi kısaca özetledik.

İkinci bölümde merceklerin tanımından başlayarak, mercek kusurları, optik malzeme, kaplama ve objektiflerin testi gibi ana başlıklar altında konuyu inceledik.

Üçüncü bölümde ise optik terminolojisinin fotoğrafçıları ilgilendiren maddelerini açıkladık. Fotoğrafın doğrudan alanına girmeyen ya da mühendislik bilgileri alanına girecek kadar detaya girmedik. Fotoğraf görselliğinin kalitesine değeri verdiği için bizde değerlendirmelerimizi bu çerçevede yaptık.

Dördüncü bölümde temel objektif tasarımları ve objektif türlerinin yapısını ve özelliklerini inceledik.

Tüm incelemelerimizi şekil, tablo ve fotoğraflarla destekledik. Özellikle açıkladığımız konulara ait örnek fotoğrafları tezin sonundaki “Ekler” bölümüne aldık. Böylece fotoğrafların daha yüksek kalitede örnekler olmasını sağladık. Sonuç bölümünde bir değerlendirmeyle tezimizi tamamladık.

SUMMARY

Our thesis, on geometric optics in the optical science field, contains history of geometric optics. During the progress beginning with the ages to the invention of the first photos, the time of construction of the lens to the lens construction are outlined briefly.

In the second section, starting with the definition of lenses, lens defects, optical materials, coatings and lens tests are reviewed under the above mentioned headings.

In the third section the optical terminology regarding the photographer is briefly defined. The detail that is not directly related with photography or details of engineering is not reviewed. Because photography deals with visual discrimination, reviews are made on this point.

In the fourth section the basic lens design and lens type, structure and properties are examined.

All reviews are supported by shapes, tables and photographs. Especially all the sample photos related with the description are given at the end of the thesis as “Attachments”. Thus high quality photos are obtained. The thesis is completed by the evaluation results.

GİRİŞ

İnsan dünyayı gözleriyle algılamaya başladığı andan beri görüntü serüvenimiz de başlamış oldu. Görmenin sonucu olarak, gördüğünü tasvir etme kaçınılmazdı. Tasvir ilk olarak karşımıza mağara resimleri olarak çıkıyor. Mağaralarda başlayan çizgi serüveni tarih boyunca yaşanan toplumsal gelişmelerle birlikte değişmiş ve gelişmiştir, Çizgi; mekanik sistemlerin hayatımıza girmesinin sonucunda fotoğraf tekniği olarak evrimleşmiştir. İlk anda bu gelişmeyi fotoğrafa bağlamak doğru değilmiş gibi gelebilir. Fotoğrafın ortaya çıkış serüvenine baktığımızda; çizme işinin mekanik olarak daha hızlı yapılması düşüncesi yatar. Bu konudaki çalışmalar bizi fotoğrafa götürmüştür. Fotoğraf çizgiden daha farklı bir konumda olduğundan hiçbir zaman çizginin alanına geçmemiştir. Fotoğraf ilk günden itibaren doğanın ve olayların birer kopyasını çıkaran araç olduğu için gerçekliğine fazla değer verilmiştir.

Fotoğraf büyük oranda fotokimya alanındaki gelişmelerin bir sonucudur. Işığa duyarlı kimyasal malzemeler keşfedilmeseydi bugün fotoğraf olmayacaktı. Buna karşılık fotografik anlatımda optik sistemlerin etkisi fotokimyasalın etkisinden çok daha büyüktür. Görmeye dayalı bir dünya algımız olduğu için fotoğraf makinalarının optik bölümleri bizim için çok önemlidir. İnsanın gözü kendisi için neyse, makinanın objektifi de aynı önemdedir. Bu nedenle optik sistemler başlı başına bir bilimsel alan olarak değerlendirilir. Objektiflerin fotoğraf makinalarının gelişiminden ayrı ele alınması gerekir. Fotoğraf makinalarındaki gelişmeler daha çok kullanım kolaylığı sağlamaya yönelik iken, objektif alanındaki gelişmeler ise kullanım kolaylığının yanı sıra görüntünün kalitesini artırmaya yönelik olmuştur.

Balıkgözü objektifden teleobjektife giden bir sıralamada her bir objektif farklı görsel sonuçlar vermektedir. Özellikle perspektifin etkin kullanımında objektifin odak uzaklığının önemi büyüktür. Bu nedenle fotoğrafçılar geniş açı objektiften tele objektife kadar geniş bir objektif koleksiyonuna sahip olurlar.

Objektifin kalitesi fotoğrafın kalitesini doğrudan etkilediği için optikle ilgili terminolojinin doğru bilinmesine ihtiyaç vardır. Ayrıca objektiflerin kendine özgü tasarımının, fotoğrafa olumlu ya da olumsuz etkilerinin neler olduğunun bilinmesi gerekir. Kullanım amacına uygun objektifi seçebilmek, markalara bağlı kalınmadan “amaç + kalite + fiyat” dengesinde en uygun objektifi bulmak konusunda bu çalışmanın faydalı olacağını umuyorum.

Bir başka faydası ise; objektif üreticilerinin birbirinin aynı özellikleri farklı isimlerde piyasaya sürmesi sonucunda fotoğrafçıların pazarlama hilelerine aldanmamalarını sağlamak. Bilgisayarın optik hesaplamalarda sağladığı kolaylığa bağlı olarak objektif üretimindeki çeşitlilik arttı. Buna bağlı olarak dijital teknolojiden dolayı oluşan bilgi kirliliğini ve kavram kargaşasını da beraberinde getirdi.

Bu anlamda yeri gelmişken fotoğrafçılarımızın yaptığı önemli bir yanlışlığı düzeltmek istiyorum. Özellikle internet ortamının da etkisiyle günlük hayatta “lens” kelimesi çok kullanılmaktadır. “Lens” ingilizcede hem “mercek” hem de mercekler sistemi olarak “Objektif” anlamında kullanılmaktadır. Türkçede “mercek” ve “objektif” farklı kavramları açıklamaktadır. Biz de tezimizde bir merceği tanımlarken “Mercek”, merceklerden oluşan optik sistemi tanımlamak için “Objektif” terimlerini kullanacağız.

BÖLÜM-1

1-TARİHÇE

Kadim toplumların ulaştığı medeniyet seviyesine bugünden baktığımızda oldukça ilkel bulabiliriz. Oysa insanoğlunun bugün sahip olduğu medeniyetin temellerinin kadim toplumlar tarafından atıldığını hatırlamalıyız. Mağaralara çizilen av resimlerinin yazıya dönüşmesi binlerce yıl aldı. Bu uzun yıllar boyunca yeryüzündeki toplumlar, hayvanları evcilleştirmeyi öğrendi, tarım yapmayı öğrendi, topraktan kapacak yapmayı öğrendi, bazı madenleri keşfederek av silahı yapmayı öğrendi.

Arkeolojik buluntular farklı coğrafyalarda yaşayan toplulukların, o coğrafi şartlara uygun çözümler ürettiğini gösteriyor. Hayatta kalma mücadelesinde her toplum sahip olduğu doğal kaynakları en iyi şekilde kullanmak zorundaydı. Bu zorunluluk ilkel dediğimiz toplumları doğayı gözlemeye, doğada olup biteni anlamaya ve doğadan elde edebilecekleri tüm faydayı en iyi şekilde kullanmaya sevketti. Kadim toplumların en önemli buluşlarından biri ise cam'dır. Bronz çağında bulunduğu tahmin edilen camın, nasıl ortaya çıktığı konusunda kesin bir bilgi yoktur. İÖ.3000-2500 dolaylarında Mısırlılar tarafından geliştirildiği bilinmektedir. En eski cam objeler Mısırda bulunan boncuklardır. Bilinen en eski mercekler ise M.Ö. 700 dolaylarında kuvars camından Asur'da yapıldığı tahmin ediliyor. Ayrıca Mısır, Yunanistan ve Babil'de de benzer merceklerin bulunmuştur. Bütün bu çalışmaların olduğu çağda camın birçok alanda kullanılmaya başladığını görüyoruz. İ.S, VII. yüzyılın başlarında kilise pencerelerine cam takıldığı bilinmektedir, ama büyük levhalar halinde saydam cam yapımı, ancak XVII. yüzyılda yaygınlaşmıştır.

Işığın ve ışığın etkilerini gözleyen eski çağların bilim adamları optik sistemlerin temellerini yavaş yavaş oluşturmaya başlamışlardı. Bu alanda müslüman bilim adamlarının yaptığı gözlemler ve deneyler günümüzde de geçerliliğini korumaktadır. Asıl adı “Hasan bin Hasan bin Heysem” olan İbn Heysem(batıda Al Hazen-965-1038) ışığın kırılması ve optik ilkeleriyle ilgili önemli teoriler geliştirdi. Aynalar üzerinde yansıma deneyleri yaparak yansıma kurallarını ortaya koydu. Fotoğraf makinalarının temeli olan Camera Obscura’nın tanımını yaptı.

Rönesans dönemine kadar camera obscura gündeme gelmedi. Rönesansta sanatçıların perspektif için kullanmaları camera obscuranın teoriden pratiğe dönüşmesini sağladı. Taşınabilir boyutlara indirilen cihazın önündeki iğne deliği genişletilerek, Girolamo Cardano(1501-1576) tarafından 1550’de ince kenarlı bir mercek takılarak görüntü kalitesi iyileştirildi. Giovanni Battista della Porta (1538-1615) Camera obscuranın çizimlerde resamlara yardımcı olabileceğini açıkladı(1558). Venedikli araştırmacı Daniello Barbaro, değişik çaplardaki deliklerden oluşan sürgü diyafram kullanarak ışığı denetlemeyi başardı. 1610 yılında Galileo ilk teleskobu yaparak astronomi gözlemlerinde kullanmaya başladı. 1636’da ise Alman matematikçi Daniel Schwenter, üç mercekten oluşan bir objektif geliştirdi. Bir başka matematikçi Johann Christoph Sturm(1635-1703) kutunun arkasına koyduğu 45° lik ayna ile görüntüyü üstteki buzlu cama aktarmasını sağladı. Camın üzerine saydamlaştırılmış kağıt konarak görüntü elle çizilmekteydi. Bu dönemde Alman papaz John Zahn camera obscuranın objektifinin ileri geri hareket ettirilerek netleme yapmasını sağladı.

Camera Obscura başta Fabritius, Vermeer, Velasquez, Canal-

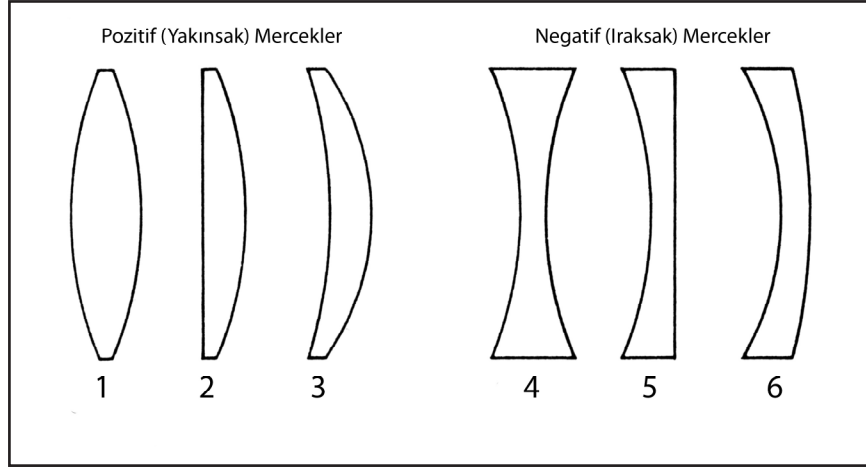
etto gibi ressamlar olmak üzere bir çok ressam tarafından yaygın olarak kullanılmaktaydı. 15'inci yüzyıldan itibaren sanatçılar renk ve biçim dışında ışığı bir görsel eleman olarak sanata katmışlar, desenlerini camera obscura ile hazırlamışlardı.

Görüntünün fizikokimya yöntemleriyle duyarlı bir yüzeye aktarılması çalışmaları başladığında araştırmacıların ellerinin altında Camera Obscura denilen bir alet zaten vardı. Bu aletin mevcut teknolojiyle yapılmış objektifi çizim yapmak için yeterli olsa bile fotoğraf çekmek için yeterli değildi. Fotoğrafın kimyasal alandaki gelişmesine paralel olarak optik alanında da gelişmeler yaşanmaya başladı. Filmlerin duyarlılığı artarken, objektiflerinde ışıklılığı artmaya başladı. Farklı amaçlara uygun objiktefler de geliştirilmeye başladı. Basit mercekten başlayan objektif tasarımları 1910'lara kadar gelişimini neredeyse tamamladı. Bu tarihe kadar olan tasarımların birçoğu (Planar, Tessar, Petzval, Triplet vs.) geliştirilmiş türevleriyle beraber hala üretilmektedir. Teknolojinin gelişmesiyle beraber bu temel tiplerin yeni camlarla ve kaplamalarla üretimi devam etmektedir.

BÖLÜM-2

2.1- MERCEKLER

Her iki yüzeyi de küresel yontulmuş, içinden geçen ışınları bir noktada toplayan saydam cisme mercek denir. Bir başka ifadeyle iki küresel yüzey arasındaki cisimdir. Şekil:1’de mercek türlerini görmekteyiz. Mercekler kenar kalınlıklarına göre adlandırılırlar. Merceğin kenarları asal eksen üzerindeki bölümden daha ince ise “ince kenarlı mercek”, kalın ise “kalın kenarlı mercek” olarak adlandırılır. Merceğin tam ortasından geçen eksene “Op-



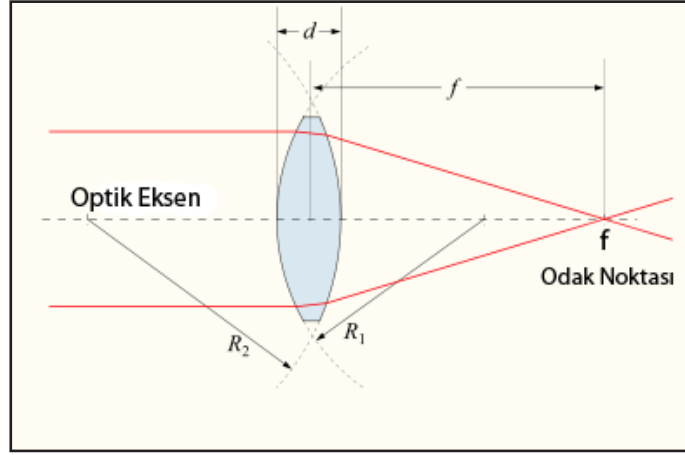
Şekil: 1 Mercek türleri

tik eksen” denir. Optik eksen üzerinden gelen ışınlar mercekten geçerken kırılmaya uğramadan yollarına devam ederler. Mercekten geçtikten sonra kırılarak optik eksene doğru yönelen ışınların asal eksenini kestiği noktaya “odak noktası” denir. Merceğin asal eksen üzerinde ki kalınlığının ortasına ise “Optik Merkez” denir. Optik merkezin odak noktasına olan mesafesine ise “Odak Uzaklığı” denir.

İnce kenarlı mercek ile kalın kenarlı merceklerin ışık geçirirmedeki

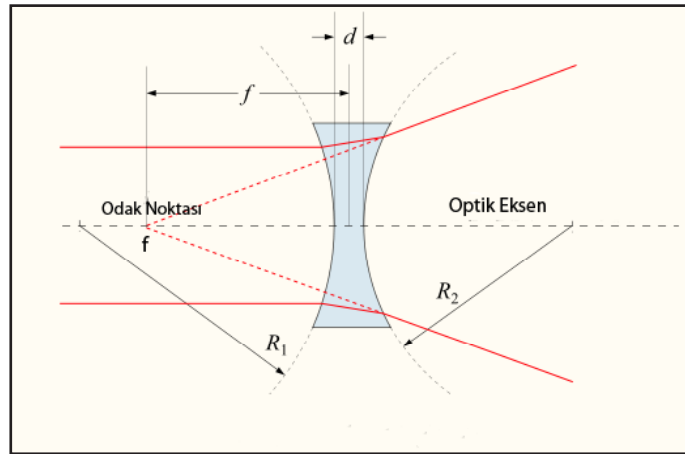
özellikleri birbirinden farklıdır. (Şekil:2, Şekil:3)

2.1.1-İnce kenarlı mercek; Asal eksene paralel gelerek içinden geçen ışığı, asal eksen üzerinde toplayacak şekilde (odak noktası) kırar. Bu nedenle inci kenarlı mercekler “Pozitif mercek” veya “Yakınsak mercek” denir.



Şekil:2

2.1.2-Kalın kenarlı mercek; Asal eksene paralel gelerek içinden geçen ışınları asal eksen üzerindeki belli bir noktadan (odak noktası) geliyormuş gibi kırar. Bu mercekler “Negatif mercek” veya “İraksak mercek” denir.



Şekil:3

2.2- GÖRÜNTÜ TEŞEKKÜLÜ

Cisim sonsuzda, görüntü F' 'de küçük ve ters oluşur. Cisim sonsuzla $2F$ arasında ise görüntü F ile $2F$ arasında başaşağı ve küçük oluşur. Cisim $2F'$ 'de ise görüntü $2F$ noktasında ters ve eşit oluşur. Cisim F de ise görüntü sonsuzda oluşur.

2.3- TEORİK MERCEK, GERÇEK MERCEK

İdeal bir mercekten beklenen şey, merceğin; noktanın görüntüsünü nokta, düz çizginin görüntüsünü düz çizgi olarak oluşturmaktır. Dik kesişen çizgilerin görüntüsü de dik olmalıdır. Ayrıca ışığın farklı dalga boylarını da aynı noktada asal eksenini kesmesini sağlamasıdır. Bu ideal (teorik) mercek için doğrudur.

“İdeal bir mercek üretmek imkansızdır. Gerçek bir mercek varsayımsal ideal merceğin özelliklerine mümkün olduğunca yakın olmalıdır.” Gerçek hayatta ki merceklerde bazı kusurlar vardır. Basit bir mercekte genellikle bir takım kusurlar bulunur. Yani net ve keskin görüntü vermezler. Örneğin büyüteçleri ele alalım. Büyüteçle bir yüzeye baktığımızda, büyütecin merkezindeki belli bir alanın net görüntü verdiğini ve kenarlara doğru görüntünün bulanıklaştığını görürüz. Bunun nedeni “Sapınç” denen bazı kusurların olmasıdır. Kusursuz bir mercekte, bir noktanın görüntüsü odak düzleminde nokta olarak, çizginin görüntüsü, odak düzleminde çizgi olarak oluşmalıdır. Dik kesişen çizgilerin görüntüsü dik olmalı.

Gerçekte mercekte bir noktanın görüntüsü nokta olarak değil, küçük daire şeklinde oluşur. Bu dairenin yeterince küçük olması durumunda nokta olarak kabul ederiz.

2.4- MERCEK KUSURLARI

Basit mercekte görüntü oluşumu incelenirken merceğin optik eksenine paralel gelen ışınların merceği geçtikten sonra odak noktasında kesişecekleri ifade edilmişti. Bu kural sonsuzdaki bir cismin görüntüsünün odak noktasında kusursuz bir net görüntü vereceği anlamına gelir. Ancak geometrik optiğin inceleme konusu olan ışık monokrom ışıktır. Beyaz ışık değildir. Gerçek hayatta ki ışık ise elektromanyetik spektrumun görünen ışık olarak belirtilen genişçe bir bölümünü içerir. Yapısı homojen değildir. Mercekte görüntü teşekkülü ışık ışınlarının kırılması sonucu olduğundan, tek noktada yayılan ve farklı dalga boyundaki ışık ışınları merceğin aynı noktasına düşseler bile farklı açılarda kırılırlar. Sonuçta karma yapısı olan beyaz ışık ışını mercekten ayrılmış demet olarak çıkar. Bu demette ki basit ışık ışınları artık birbirine paralel değildir. Odak noktasına giderken araları açılır ve farklı noktalarda görüntü oluştururlar. Bu farklı noktaların her biri o merceğin farklı renkler için belirlenen odak noktasıdır.

Basit bir yakınsak merceği, optik elemanları paralel dilimler halinde düşünersek, dilimlerin her birinin yaklaşık bir prizma olduğunu görürüz. Prizmada beyaz ışığın kırılarak renklerine ayrıştığı esasen bilindiğine göre, mercekte oluşan bu “renklerine ayrılma” olayını anlamak kolaylaşır.

Kırılmanın doğal sonucu olan renkseme kusuru merceğin odak noktası büyüdükçe belirgin hale gelir. Bu nedenle uzun odaklı ve Tele objektiflerde “ikincil spektrum” sorunu önem kazanır. Herhangi bir objektifte görünen ışıktan daha büyük dalga boyuna sahip (I.R.)Infra red ışınların (f)-odak düzleminin arkasında görüntü oluşturması ve odakta netsiz görüntü vermesi bu nedenledir. Objektiflerin net halkası üzerinde ikinci bir sonsuz noktası I.R

ışınları için işaretlenmiştir. Netliği yaptıktan sonra, netlik gösteren çizginin karşılığındaki netlik değerini, IR çizgisinin karşısına getirerek çekim yapılır.

Öte yandan yüzeyi küre kapağı biçiminde olan bir yakınsak mercekte optik eksene paralel olarak sonsuzdaki cisimden yayılan ışık ışınlarını ele alalım. Bu kez ışınlar tek renkli olsun. Yani merceği geçerken farklı kırılmalara uğramasın. Merceğin dış yüzeyinin küreselliği nedeniyle mercek eksenine düşen ışınlar, kenara düşen ışınlarla göre farklı açıyla yüzeye çarparlar. Buna bağlı olarak bu ışınların kırılma açısı da farklılaşacaktır. Sonuçta kenara düşen ışınlar odak bölgesine daha yakın, ortaya düşen ışınlar optik eksenine daha uzak bir noktada kesecektir. Böylece odak düzleminde net görüntü elde etme imkanı olmayacaktır.

Bu ve benzeri kusurlar basit merceğin fotoğrafta kullanılmasını imkansızlaştırır. Bu nedenle karşımıza bileşik mercekler sistemi çıkmaktadır. Ayrıca mercek kusurları pratikte burada anlatıldığı gibi izole olmayıp birleşik kusurlar olarak karşımıza çıkar. Basit mercekte göze çarpan bu kusurların nedeni yapım kusurları değildir. Doğrudan doğruya merceğin geometrisi ve ışığın fiziki yapısıyla ilgilidir. Giderilmesi daha mükemmel mercek yapılarak değil bu sapmaları tersine sapmalarla telafi edecek mercek sistemiyle (birleşik mercekler) olur.

Mercek kusurlarını başlıca sekiz grupta toplamak mümkündür.

Küresellik kusuru

Koma “

Alan eğriselliği kusuru

Astigmatizm kusuru

Biçim bozulması(Distorsiyon)

Renkseme kusuru

İç yansıma kusuru

Köşe kararması

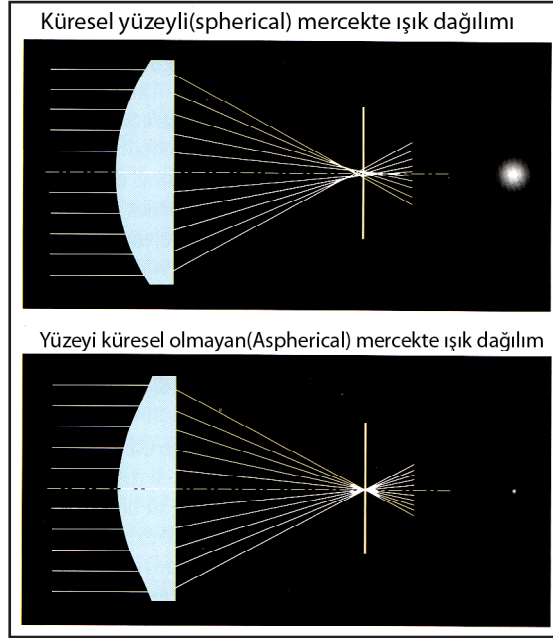
“Küresellik, koma, astigmatizm ve alan eğriselliği obje üzerindeki keskin noktalar için görüntüde bulanıklaşmaya sebep olur. Bu durum mercek optik (asal eksen) ekseninden uzaklaştıkça artma eğilimindedir.”

2.4.1- Küresellik Kusuru

Bu kusur mercek yüzlerinin küresel yontulmasından kaynaklanır. Işığı meydana getiren değişik dalga boylarıyla yani ışığın rengiyle ilgisi yoktur. Adına küresellik kusuru denmesi bu nedenledir. Basit bir yakınsak mercek(ince kenarlı mercek) alarak sonsuzdaki tek renkli cismin, merceğin odak düzleminde oluşan görüntüsünü bir buzlu cam yardımıyla inceleyebiliriz. Görüntü ortada net, kenarlara doğru yumuşaktır.

Cisimden gelen ve optik eksene paralel olan ışık ışınlarından merkeze yakın bölgedeki ışınlar merceğin yüzeyine 90^0 'ye yakın bir açıda düşerken, merceğin kenar bölgelerindeki ışınlar yüzeyin küreselliğinden dolayı daha dar açıda yüzeye düşer. Merceği geçen ışıklardan; kenar bölgedeki ışınlar, merkeze yakın ışıklardan daha fazla kırılmaya uğrar. Optik eksen üzerinde kenar ışınları önde, merkezden gelen ışınlar daha arkada kesişir. Bu nedenle görüntüde orta bölge netlendiğinde kenarlar netsizleşir ya da kenarlar netlendiğinde orta bölge netsizleşir. Aynı olay bir ıraksak mercek(kalın kenarlı mercek) tam tersine sonuç verir. Kenar bölge ışınları orta bölge ışınlarına göre daha çok ayırır. Tamamen merceğin biçiminden kaynaklanan

bu kusurun basit bir mercekte giderilmesi mümkün değildir. Sadece bu kusurun minimum olduğu haller vardır. Örneğin: Kırılma indisi 1,52 olan “crown” camından yapılmış bir basit mercek, dış yüz ve içyüz yarı çapları asimmetrik olarak yapıldığı takdirde küresellik kusurunun minimuma indiği tespit edilmiştir. Yoksa basit bir mercekte küresellik kusuru nasıl yok edilebilir? Sorusu ancak teorik bir varsayıma göre cevaplandırılır. Şöyle ki: Kırılma indisi mercek ortasından kenarlarına doğru dereceli azalan bir mercek yapmak mümkün olsaydı bu kusur giderilebilirdi. Bunun dışında uygulama



Şekil: 4 Sferik ve Asferik mercek kesiti

kabiliyeti olan tek bir çözüm kalıyor. Bu çözüm ise mercek dış yüzeylerinin küresel değil parabolik olarak yontulmasıdır(Şekil:4). Böylece ışığın mercek yüzeyine düşme açısı denetlenebilmekte ve bütün ışınların odak düzleminde kesişmeleri sağlanmaktadır. Bu yöntemle yapılmış başarılı uygulamalar vardır, fakat bu yöntem mercek maliyetlerini yükseltmektedir.

Bu kusurun makul ekonomik ölçüler içinde giderilmesi için asıl

çözüm; bileşik mercek kullanmaktan geçer. Bileşik mercek yapısına giren ıraksak merceklerde ise zahiri görüntü, aynı küresellik kusuru ile ince kenarlı merceğe göre tam ters tarafta oluşmaktadır. Bu yüzden sapmalar, matematik olarak ince kenardakilerin (-1) ile çarpılmış değerleri gibidir. Buna dayanılarak uygun kesitte ve uygun kırılma indislerine sahip bir ince, bir kalın kenarlı mercekten oluşan “kombine mercekler”le bu kusur giderilebilir veya en aza indirilir. Ancak her hangi bir odak uzaklığında objektif yapmak için bu mercek ikilisinin yeterli olduğunu düşünmek yanlış olur. Bu bileşik mercek, uzun odak ölçülerinde yeterli sayılsa bile, kısa odak ölçülerinde yetersiz kalır. Hatırlanmalıdır ki bu kusurun asıl nedeni mercek dış yüzeylerinin küreselliğidir. Küresellik(Yüzey eğikliği) ne kadar fazla ise kusurun giderilmesi o kadar zorlaşır. (Bakınız, Ek 1)

2.4.1.1- Bölgesel Küresellik

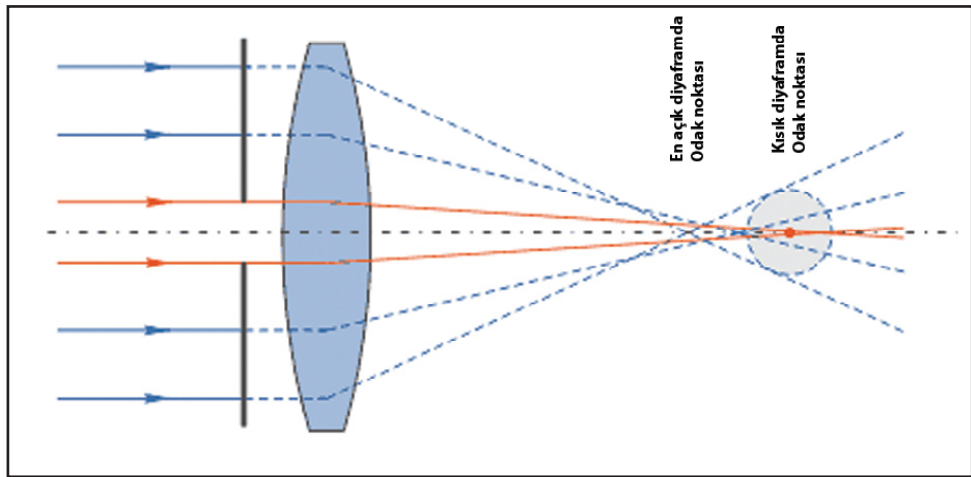
İnce kenarlı bir mercekte izlenen küresellik kusuru, tersine bir sapma veren kalın kenarlı mercekten dengelenerek, merceğin orta bölgesinden geçen ışınlar ile merceğin kenar bölgesinden geçen ışınların hemen hemen aynı düz lemde net görüntü vermesi sağlanır. Ancak bu durumda basit mercekte kenarlar iyileşirken, orta bölgedeki görüntü kalitesinde bir düşüş olabilir. Bunun yanında orta ve köşelerde noktasal cisimlerin görüntüleri aynı düzlemde noktasal net görüntüler oluşturduğu halde, orta ve kenar bölge arasındaki ara bölge görüntüleri yeterince keskin olmayabilir. Bu bölgedeki noktalar birer ışıklı daire şeklinde izdüşer ve dolayısıyla netsiz görüntüler oluşturabilir. Bu netlik alanının hala tam bir düzlem olmadığı, dalgalı bir yüzey halinde olduğu anlamına gelir. Bu kusur sadece iki elemanlı kombine mercekte değil,

elemanlı gruplardan oluşan objektiflerde de kalıntı halinde görülebilir.

2.4.1.2- Odak kayması

Küresellik kusuru olan merceklerde görülür. Diyafram en açık değerde netleme yapılırsa, çekim için diyafram kapatıldığında odak düzleminin kaydığı görülür. Diyafram en açık konumunda netlik yaparken ışınlar merceğin tamamından geçmektedir. Oysa çekimde diyaframı kapatmak gerektiğinde objektifin orta bölgelerinden gelen ışınlar kullanılır. Bu nedenle en açık diyafram değerindeki netlik düzlemi ile çekimdeki diyaframın verdiği netlik düzlemi arasındaki farktan dolayı odak kayması oluşur. Özellikle makro çekimlerde dikkat edilmesi gerekir. Çekimde hangi diyafram değeri kullanılacaksa diyafram o değere getirilir ve netlik yapılır.Şekil:5

Genel olarak diyafram kısınca objektifin seçiciliği artar denirse de bu küresellik kusuru ve koma için doğru olduğu halde yanal renksemi ve distorsiyon için geçersizdir.



Şekil: 5

2.4.2- Koma Kusuru

Basit bir objektifte, merkezin uzağındaki bir noktanın görüntüsü, odak düzleminde nokta olarak değil, bir kuyruklu yıldız biçiminde oluşur. Objektif kompozisyonuna bağlı olarak bu koma içe veya dışa dönük olabilir. Özel-

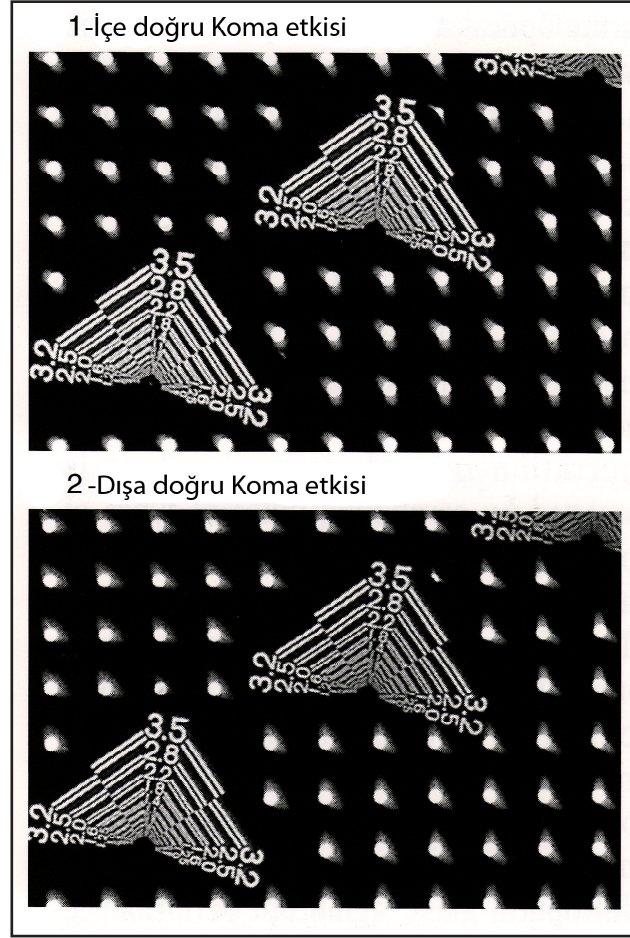
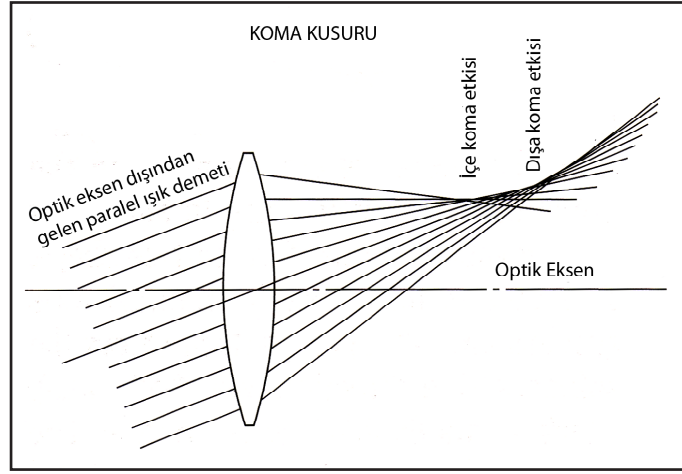


Foto: 1

likle simetrik geniş açılarda ve büyük açıklıklı objektiflerde rastlanır. Kısık diyaframda çalışırken ve küçük açıklıklı objektiflerde görünmez.

Foto 1’de Koma kusurunda oluşan kuyruklu yıldız etkisi, kullanılan objektifin tasarımına bağlı olarak içe veya dışa doğru yönelir. Örnek; fotoğrafta bu durumu belirgin bir şekilde görüyoruz.

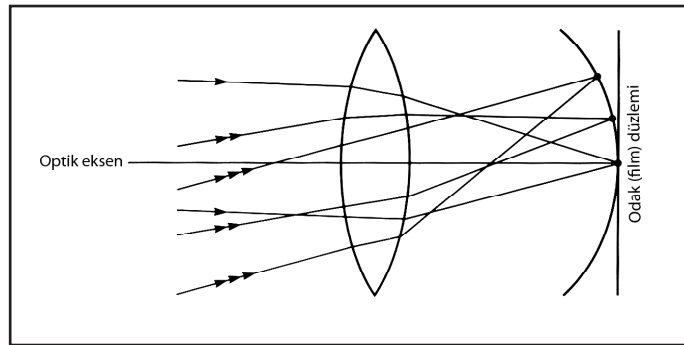


Şekil:6 Koma Kusuru

2.4.3- Alan Eğikliği

Objektifi oluşturan merceklerin tencere kapağı formunda yüzeylerinin olduğunu biliyoruz. Görüntü oluşurken merceğin çıkış yüzeyinin formuna uygun olarak ışınlar odak noktasının bulunduğu düzlemde kesişirler. Objektifin son elemanın çıkış yüzeyi genelde küresel olur. Doğal olarak bu küresellikle aynı ölçüde bir yüze odak noktasına konduğunda görüntüyü herhangi bir bozulma olmadan görebiliriz.

Teorik olarak doğru olan bu durum, pratikte (şimdilik) mümkün



Şekil:7 Alan eğikliği şeması

değildir. Film veya sensörler düzlem yüzeyler olduğu için, küresel yüzeye odaklanması gereken görüntü, düzlem yüzeye odaklanır. Sonuçta görüntünün merkez bölgelerinde netlik varken, kenarlara doğru gidildikçe netlik düşmeye başlar. Alan eğikliği genellikle astigmatizmle iç içe geçmiş olarak karşımıza çıkar.

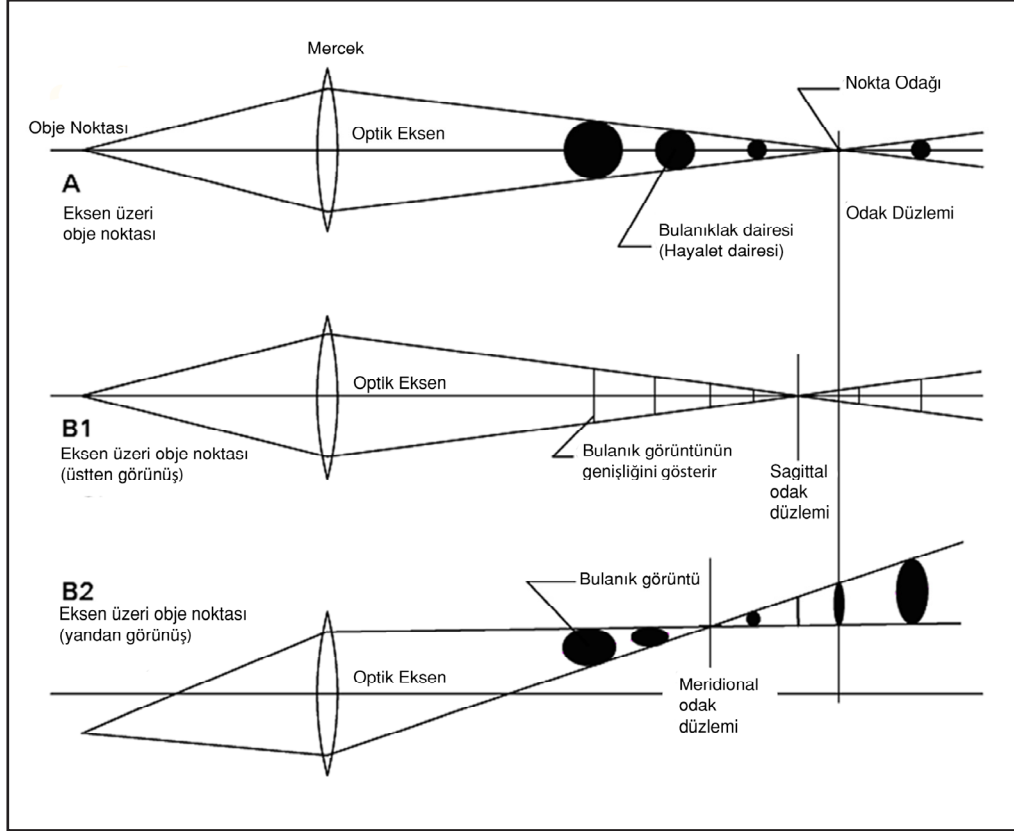
2.4.4-Astigmatizm Kusuru

Bir obje üzerindeki bir noktadan gelen tüm ışığın, iki farklı birleşme yönü için, mercek arkasındaki tek bir noktada birleşmediği bir mercek görüntü bozulmasıdır. Işık konisi belli bir uzaklıkta bir yönde(örneğin;yatay) ve diğer yönde (örneğin;dikey) farklı bir uzaklıkta birleşir.

Bir fotoğraf makinası objektifinde, astigmatizmin bu formu, her bir objektif merceklerinin düzgün olmayan hizalanmasından kaynaklanabilir. Bu form objektif eksenini üzerinde olsun veya olmasın, obje noktalarının odaklanmasını etkiler.

Bir objektifteki eğik astigmatizm üretimdeki bir problemten ya da montaj hatasından kaynaklanmaz. Temel mercek davranışının olağan bir olayıdır. İsminden de anlaşılacağı üzere, sadece mercek ekseninde bulunmayan obje noktalarını etkiler. Noktanın eksenden olan uzaklığı arttıkça, daha ciddi boyutlara ulaşır. Kompleks objektiflerin tasarımında çeşitli önlemler alınarak düzeltilebilir, fakat tamamıyla yok etmek pratik değildir. Özellikle diğer mercek kusurlarını da kabul edilebilir sınıra çekmeye çalışırken bu pekde mümkün değildir. Şekil:8, düzeltilmemiş eğik astigmatizmi olan basit bir kamera merceğini inceleyeceğiz. Şekil A görünüşünde, referans olarak obje üzerindeki bir noktanın görüntüsünün nokta olduğunu gösteren ideal

işleyişin temsilini görüyoruz. Özellikle optik eksen üzerindeki bir nokta eğik astigmatizmden etkilenmemektedir. İdeal olarak obje noktasından gelen ışık konisinin tamamı film ya da sensörün bulunduğu odak düzlemi üzerinde birleşir.



Şekil: 8 Astigmatizm şeması

Eğer görüntü düzleminin önündeki veya arkasındaki durumu ince lersek, ışık konisinin sonlu dairesel kesitinin olduğunu görürüz. Bu şekli “bulanıklık dairesi” ya da “hayalet dairesi” olarak tanımlıyoruz. Ayrıca yanlış odaklamadan dolayı, birleşme odak düzleminde hassas bir şekilde oluşmazsa, objenin her bir noktası için böylesi bir bulanıklık çemberi, tamamıyla bulanık bir görüntü oluşturarak, görüntü üzerinde oluşur.

B1 ve B2 görüntüleri farklı bir durumu gösterir. Bir tanesinde

ilgilendiğimiz obje noktası, optik eksenin dışında bulunur. Bu örnekte saat 6 yönünde, merceğin davranışı bu durumda dönel olarak simetrik değildir. Neler olduğunu anlamak için görüntüye yukardan(B1) ve yandan(B2) bakmalıyız. Mercek yakınında kesit yaklaşık olarak daireseldir. Arkaya doğru ilerledikçe, şekil eliptik olmaya başlar. Meridional odak düzleminde yatay bir doğru haline gelir, buna meridional doğru görüntüsü denir. Bunu obje noktasının görüntüsünün dikey olarak birleştiği fakat yine de yatay olarak yayıldığı bir yer olarak düşünebiliriz. Daha arkaya doğru ilerledikçe doğru, bir daire şeklini alır ve sonra eksen dikey olan bir elips şekline döner. Daha sonra sagittal odak düzleminde görüntü dikey bir doğru haline alır, buna sag-

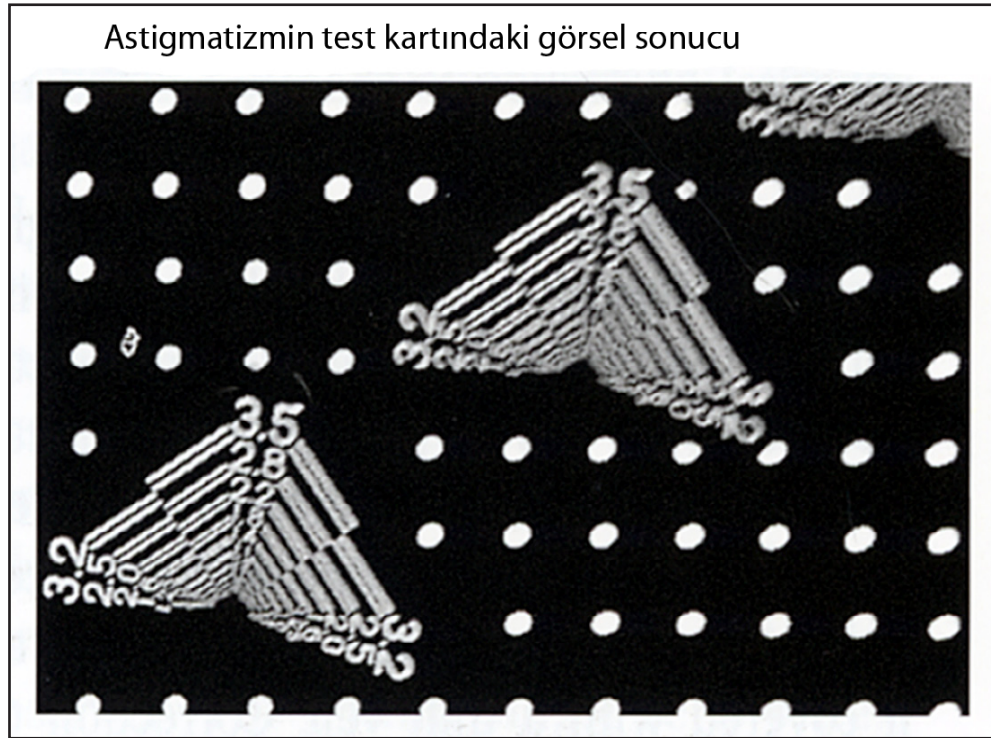


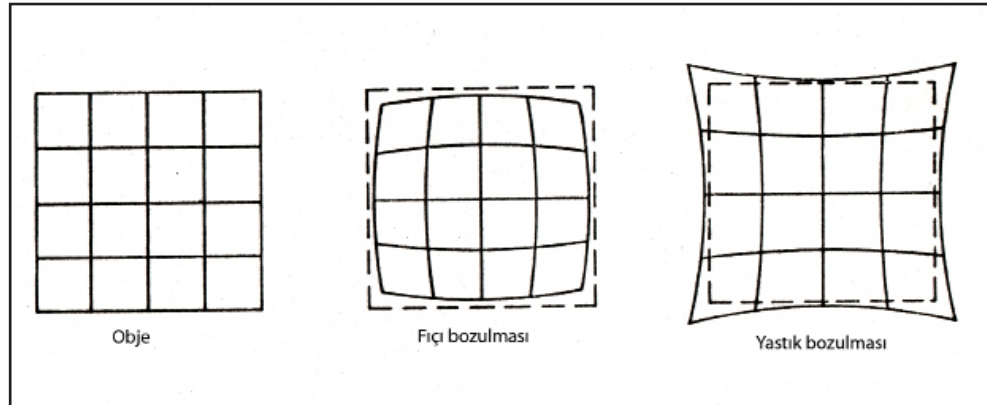
Foto: 2 Astigmatizm

ittal doğru görüntüsü denir. Bunu obje noktasının görüntüsünün yatay olarak birleştiği fakat dikey olarak yayıldığı bir yer olarak düşünebiliriz.

Bir başka örnekte bu durumu fotoğraf üzerinde inceleyelim. Yukarıda yaptığımız açıklamanın görüntüdeki durumu Foto:2'deki gibidir. Örnek fotoğrafa baktığımızda sol alt köşeden sağ üst köşeye giden diagonale (meridional),dik olan çizgilerde (sagittal düzlem çizgileri) bozulmalar olduğunu, çizginin her iki kenarının saçılarak keskinliğini kaybettiğini görüyoruz.

2.4.5- Biçim Bozulması (Distorsiyon) Kusuru

Kenarları düz olan bir konunun (Örneğin: yapı, küp gibi) görüntüsünde de kenarların düz çizgiler halinde olması gerekir. Biçim bozulma kusuru olan objektiflerde kenarlarda ki çizgiler dışa ya da içe doğru bükülür. Dışa doğru bükülme hatasına “fıçı” bükülmesi, içe doğru bükülme hatasına “Yastık”

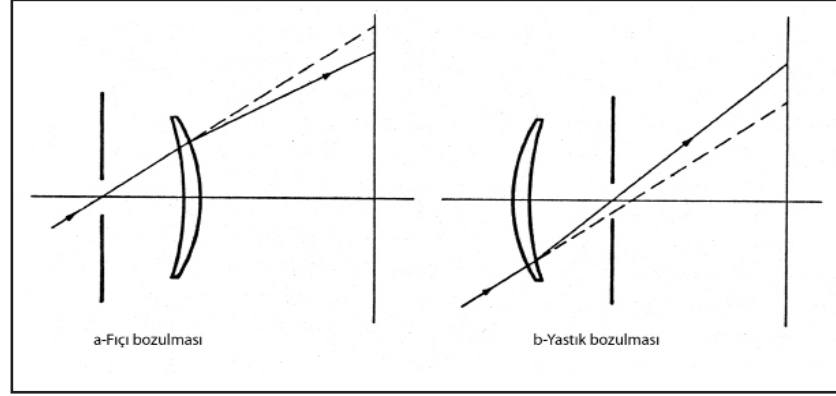


Şekil:9 Biçim bozulması

bükülmesi denir(Şekil:9). İnce kenarlı mercekte bükülme içe doğru, kalın kenarlı mercekte dışa doğru olur. Bu kusurlar objektifte ters bükülme yapacak merceklerin kullanılmasıyla giderilir.

Bazı değişken odaklı (Zoom lens) objektiflerde kısa odak uzunluğu ile uzun odak konumunda farklı bükülmeler olabilmektedir. Küresel sapma kusuru tamamen düzeltilmiş bir objektifte diyaframın yeri değiştirilirse aynı

kusurla tekrar karşılaşılır. Objektifin diyaframı tam ortada değilse görüntü de simetrik olmayacaktır. Şekil:10'da görüldüğü üzere, diyafram objektifin arka elemanına yakın ise Fıçı bozulması, ön elemanına yakın ise Yastık



Şekil: 10 Biçim bozulmasına diyafram etkisi

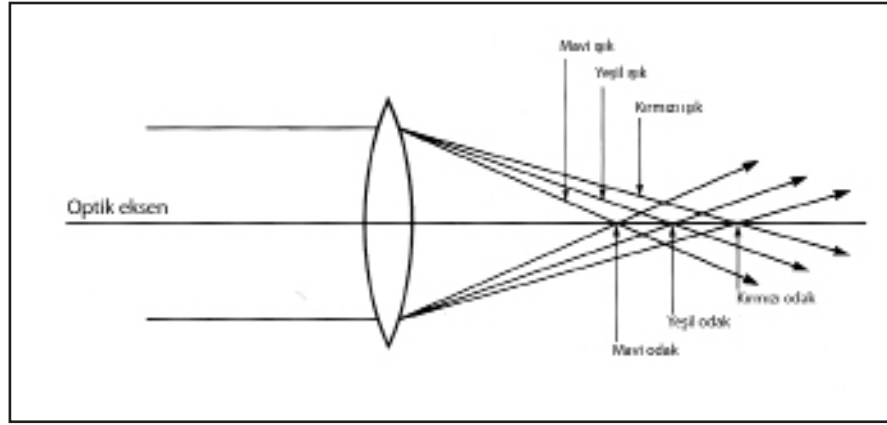
bozulması oluşur. Değişken odaklı objektiflerde, odak değiştirmek için sistemdeki bazı merceklerin yerleri değiştirilir. Bu durumda sistemin optik merkezi diyaframın hizasında öne veya arkaya kaydığı için, kısa odak konumu ile uzun odak konumu arasında görüntü bükülmesi farklı yönlerde oluşur.

Günümüzde bu kusur görüntü işleme programlarıyla düzeltilebilir. Veya görsel efekt etkisini artırmak için abartılabilir.

2.4.6- Renkseme Kusuru

Mercekler iki küresel yüzeyden oluşur. Bu küresel yüzeyi optik eksene paralel dilimlere ayırıp, bu dilimlerin yaklaşık olarak üst üste konulmuş prizma olduğunu düşünebiliriz. Bu dilimlerden herhangi birine gelen ışık ışını, prizmadan çıktığında renklerine ayrılmış olarak yoluna devam eder. Bu ayrışmanın sonucunda Mavi ışık merceğe en yakın noktada, Kırmızı ışık

en uzak noktada optik eksenle kesişir. Buna bağlı olarak bir cismin mercekle arkasında oluşan görüntüsü için tek bir odak olmayıp, mavi,yeşil ve kırmızı ışınlar için farklı odak noktalar oluşur. Başka bir ifadeyle, optik eksen üzerine dik tutulan bir ekranda görüntüdeki mavilerin net olduğu yerle kırmızı ışınların net olduğu yer farklıdır. Fotoğraf çekiminde her renk için ayrı netleme yapılamayacağından, (örneğin; netleme kırmızılara göre yapılmışsa maviler netsiz olacak demektir) bu kusura bağlı olarak görüntüde oluşan netlik yetersizliğinin sebebi renkseme kusurudur. (Şekil:11) İki tür renkseme kusurundan bahsedebiliriz. (Bakınız Ek:2)



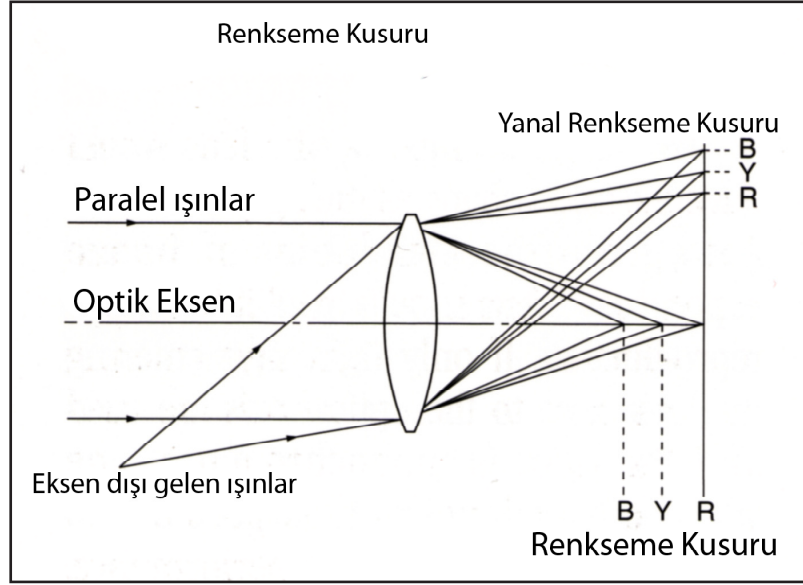
Şekil: 11 Renkseme Kusuru şeması

2.4.6.1- Eksenel Renk Sapması:

Optik eksen üzerinde olan renk sapmasıdır ki yukarda nedenlerini açıkladık. Optik eksen üzerinde oluşan renk sapmasında, ışığı oluşturan dalga boyları film düzleminin(odak düzlemi) önünde ya da arkasında kesişir. İkinci tür renk sapmasına ise; yanal renkseme denir.

2.4.6.2-Yanal Renk Sapması:

Farklı renklerin film düzleminde fakat farklı noktalarda odaklanması sonucu oluşur. (Şekil:12)



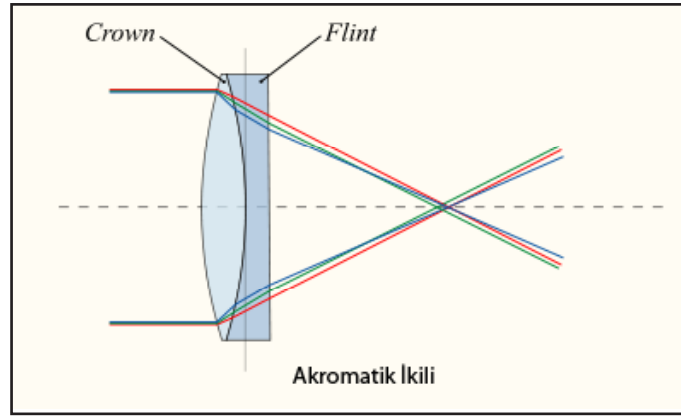
Şekil:12 Yanal renkseme kusuru şeması



Foto: 3 Renkseme Kusurunun fotoğraftaki görüntüsü

Eksenel ve yanal renkseme kusurlarının fotoğraftaki sonucunu inceleyelim. Üstteki görüntüde sadece Kırmızı saçılmayı görürken, alttaki görüntüde Kırmızı ve Yeşil saçılmayı görüyoruz. Yanal renk saçılması objektifin türüne göre farklılık gösterir. Örneğin:Mavi-sarı veya Yeşil-magenta gibi.

Renkseme kusurunun düzeltilmesi: tıpkı küresellik kusurunda olduğu gibi, (yukarıda sözü edilen sapmalar) kalın kenarlı mercekte, ince kenarlı merceğe göre ters yönde olduğundan, bir ince kenarlı bir kalın kenarlı mercekten oluşan kombine mercekte önemli ölçüde azalır. Bu tip kombine mercekler “basit akromat” denir. (Şekil 13)



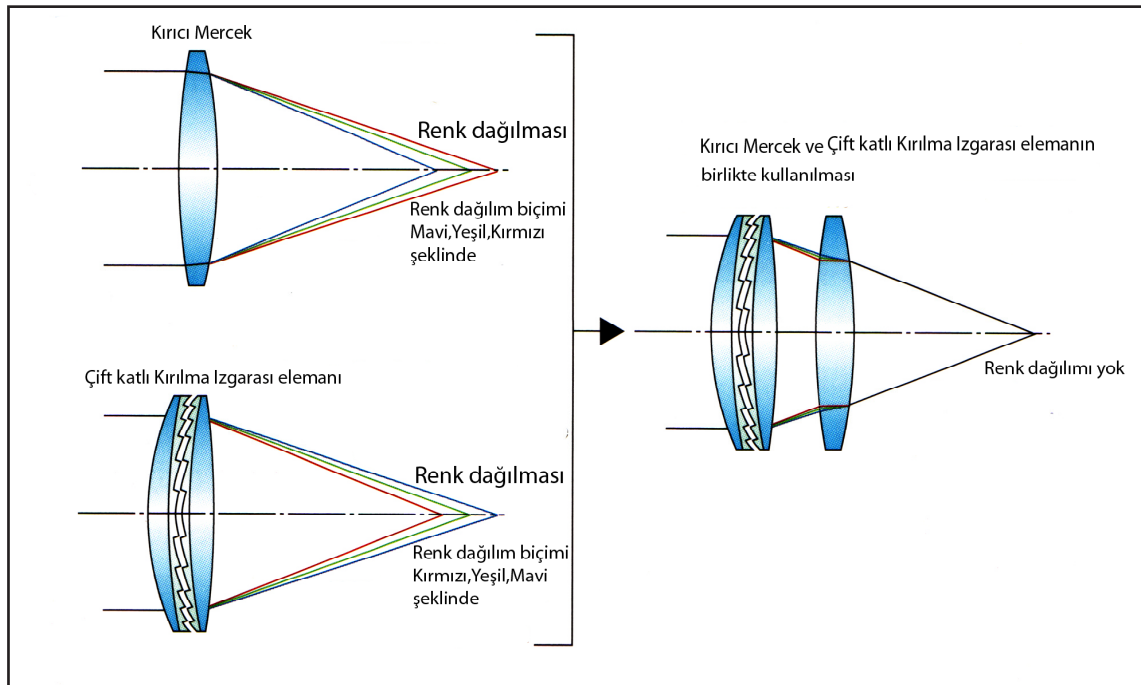
Şekil:13 Basit Akromat

Değişik kırılma indisli camların kullanılması sayesinde optikçiler daha karmaşık sistemler tasarlayarak bu kusuru kabul edilebilir bir düzeye indirmişlerdir. Tamamen giderilmesi söz konusu değildir. Renkseme kusuru özellikle uzun tele objektiflerin yapımındaki en büyük sorunu oluşturur.

Modern objektiflerin tasarımında bu kusurun giderilmesi için farklı malzemeler ve yöntemler kullanılır. Şekil 12’de de görüldüğü gibi renkseme hatasını en aza indirmek için akromat ikilinin ince kenarlı merceği “flou-rit” camından yapılmış. Flourite camın kullanıldığı objektifte, renkseme kusurunun oldukça etkin bir şekilde düzeltildiğini görüyoruz. Bir başka modern tasarım ise ilk defa Canon firması tarafından, 400mm f/4 DO teleobjektifinde uyguladığı, “Kırılma ızgarası (Diffractive optical element)”

elemanıdır. Kırılma ızgaraları uzun zamandır bilinen bir malzeme. Özellikle 35mm fotoğraf makinalarında pentapirizmanın altında (fresnel lens) görüntü parlaklığının bakacın tüm yüzeyine eşit dağıtılmasında kullanılmaktaydı.

Kırılma ızgaraları, mercek yüzeyine, mikroskobik ölçülerde dairesel olarak açılmış testere dişleri kesitindeki izlerdir. Kırılma ızgarası kullanmanın avantajı, fazladan cam eleman kullanmaya gerek kalmadan kromatik sapmaların düzeltilmesidir. Kırılma ızgaraları iki şekilde yapılır. Birincisinde, kırılma ızgarası açılan optik eleman mercek yüzeyine kalıplanır, ikinci sinde ise doğrudan mercek yüzeyine aşındırma yöntemiyle açılır. Şekil:14’ de Canon firmasının kırılma ızgarasının çizimini görüyoruz. Burada iki kırılma ızgarası elemanı karşılıklı olarak konumlandırılmış. Böylece ışık dağılımı maksimum düzeyde kontrol edilirken, sistemin devamına yerleştirilen bir mercek ile de kromatik sapma minimuma indirilir. Ayrıca kırılma ızgarası



Şekil:14 Kırılma ızgarası prensibi

elemanlarının kullanımı objektif ölçülerinin de küçülmesini sağlamıştır. Gelenekse tasarıma sahip objektiflerden %26 daha kısa ve %36 daha hafif olduğu belirtilmektedir.

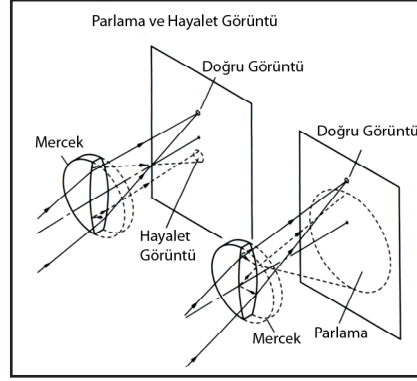
Akıldan çıkarılmaması gereken nokta şudur ki, ne akromat mercek sistemi ne de kırılma ızgaraları kromatik sapmayı tam olarak elemine edemez. Bunun sebebi kırıcı indeksin dalga boyuna bağlılığıdır. Bu bağlılık basit doğrusal bir bağlılık değildir. Yapılacak en iyi şey iki dalga boyunu düzeltmektir. Örneğin; Mavi ve Kırmızı arasındaki dalgaboyları görüntü düzlemine daha yakın odaklanacaktır. Mavi ve kırmızı dalgaboylarını da görüntü düzlemine yaklaştırarak kromatik sapmayı elemine etmek doğru olur. Mavi ve kırmızı dalga boyu düzeltmesi yapılmış bir objektif pek çok amaç için yeterince hassas sonuç verir.

İkincil spektrum: İnce kenarlı mercek odağında mavi görüntünün merceğe daha yakın, kırmızı görüntünün daha uzakta teşekkül ettiğini, buna bir kalın kenarlı mercek eklenerek hatanın yaklaşık olarak nötralize edildiğini biliyoruz. Ancak hata tamamen giderilmediği için geride kalan spektrumun kalıntısına “ikincil spektrum denir.

2.4.7- İç Yansıma Kusuru

Havadan merceğe giren ışınların belli bir miktarı, mercek yüzeyine çarparak geri yansır. Bu yansımanın en büyük nedeni mercek yüzeyinin parlatılmasıdır. Objektif içinde ilerleyen ve film-sensöre ulaşan ışınlar burada da bir miktar geri yansımaya uğrar ve mercekten geçerek dışarı çıkmaya çalışır. Kısacası objektifin içinde kontrolsüz dolaşan bir ışıktan söz edebiliriz.(Şekil .15) Objektif merceklerinin yüzeylerinden her geçişte ışığın belli

bir miktarı yansıma yapar. Bu ışığı kontrol edebilmek için mercek yüzeylerine, yansımayı azaltmak veya görüntüyü etkilemeyecek düzeye getirmek için kaplama yapılır. İç yansıma, objektife yanal açılardan gelen kuvvetli ışık altında çok belirgin olarak görülür. Işık şiddeti arttığı oranda objektif



Şekil:15 Hayalet görüntü ve iç yansıma şeması

elemanlarının yüzeylerindeki yansıma da artar. Böylece kontrast düşer, buna bağlı olarakda keskinlik düşer. (Bakınız Ek 3)



Foto: 4 Hayalet görüntü



İç yansımanın bir başka sonucu olarak, hayalet görüntüyü söyleye biliriz. Foto 4, Hayalet görüntü, bir parlak konudan yansıyarak objektife giren ışınlar, objektiften çıktıktan sonra film-sensör yüzeyinden geriye yansıyarak objektifin arka elemanına gelir, buradan da tekrar geri yansıyarak film-sensör

üzerinde ilk görüntüden farklı bir noktada yeni görüntü oluşturur. Bu nedenle objektiflerin arka elemanları da kaplanarak yansımanın etkisi azaltılmaya çalışılır.

2.4.8 Köşe Kararması Kusuru

Köşe kararması basit merceklerle ilgili bir kusur değildir. Objektifle ilgili bir kusurdur. Görüntü kalitesini etkiler. Normalde objektifin orta bölgesiyle, köşeleri arasındaki parlaklık farkıdır.



Foto: 5 Köşe kararması örneği.

Bu hata geniş açılarda değişmez olarak vardır. Düzeltilemez. Köşelerde 2 durak'a (2 stop) kadar çıkabilir. Ayrıca açıklığı f 1:1.4 gibi olan normal objektiflerde de görülür. Uzun odaklı objektifler dışındaki tüm objektiflerde bu değer altında bir kararma olur. Diyafram kısıldıkça kararma azalır. Köşe kararması mercek tasarımına bağlı olarak farklılık gösterir.

Fotoğrafta köşe kararması bariz bir şekilde görülmektedir. Bu kusur görüntü işleme programları (Photoshop vs.) yardımıyla düzeltilebilir. (Bakınız Ek 4)

2.5- OBJEKTİFLERİN TEST EDİLMESİ

Bir fotoğraf makinası objektifinin veya agrandisör objektifinin testinde dört noktaya dikkat etmek gerekir.

- 1- Görüntünün objektifin neresinde teşekkül ettiğini bilmek gerekir.
- 2- Hangi hataların görüntü kalitesini nasıl etkilediğini bilmek,
- 3- Yapım sırasında elimine edilen ya da asgariye indirilen kusurlardan hangilerinin geriye kaldığını bilmek.
- 4- Eski veya yeni objektifi test ederek performansını tesbit etmek, değerini ve kullanılabilirliğini belirlemek.

2.5.1- Merkezleme Testi

Bir objektifi meydana getiren bütün merceklerin optik merkezlerinin o sistemin optik eksenine üzerine dizilmesi ve ayrı ayrı eksenlerin, sistem eksenine ile çakışık olması gerekir. Bunlardan birinde montaj sırasında veya sonradan, herhangi bir zorlama ve kaza sonucu, kayma olmuşsa objektifin performansı zarar görebilir. Bu objektifin tipine bağlı olarak. Örneğin bir genişaçı objektif, merkezleme kusuruna karşı duyarlıdır.

Yıldız testi ile kolayca denetlenebilir. İnce bir metal levhada küçük bir delik açılır. Bu levha arkadan 25wat. Opal bir ampül ile aydınlatılır ve yıldız hedef olarak kullanılır. Objektifin yıldıza mesafesi 4-5 metre, delik çapı 1-2.5 mm olmalıdır. Hatta mümkün ise her iki çapın, bunların dışındaki daha küçük ve büyük çaplarında denenmesi uygundur. Bu konuda azami bilgi edinebilmek için, objektife yeteri kadar ışık veren en küçük delik çapı araştırılır.

Kaba bir kontrol için; objektif makinanın üzerinde iken, odak düzle mine çok ince grenli bir buzlu cam konarak yıldız hedef dikkatlice incelenir. Netlik kontrolü güçlü bir büyüteçle yapılır. Net görüntü düzgün bir daire biçiminde olmalıdır. Daire düzgün değil ise merkezleme hatası var demektir. Ayrıca net halkası çevrilerek ileriye ve geriye doğru netlik bozulur. Net daire ile bozulan daire eş merkezli ve düzgün ise merkezleme iyidir. Bir tarafa doğru kaçıkça merkezleme bozuktur. Dikkat edilecek nokta: Bu kontrol optik eksen üzerinde yani görüntünün tam orta noktası üzerinde yapılmasıdır.

Burada objektifin merkezleme kontrolü kendi montöründen ve netleme helikoidinden bağımsız değildir. Bu öğelerin yapımından kaynaklanan merkez kaçıklığı, görüntünün kalitesini olumsuz etkiler. Daha hassas bir kontrol için objektif, yıldız hedef, buzlu cam bir monoray(optical bench) üzerine monte edilir. Netleme bu aygıtla yapılır ve objektif döndürülerek her konumda buzlu cam üzerindeki görüntü denetlenerek görüntünün deformasyonu denetlenir.

2.5.2 Eksen Eğikliği Testi

Bir objektifte, optik eksene 90^0 dik duran bir düzlem konuya (duvar gibi) netlik yapıldığı zaman karşıt köşeler farklı netlikte oluyorsa eksen eğikliği akla gelmelidir. Normal şartlarda objektifin optik eksene görüntü düzleminin tam ortasına rastlamalı ve bu düzleme dik olmalıdır. Objektif bağımsız olarak test edildiğinde merkezleme hatası göstermiyorsa, bu durumda objektifin kendi montöründe ya da makinaya takıldığı bayonette bir eğiklik var demektir. Bu mekanik bir kusurdur. İyi bir mekanik atölyesinde ince ayarlarla düzeltilir. Merkezleme kusuru ise daha karmaşık bir düzeltme

gerektirir ve yapımıcı firma tarafında tamir edilir. Bugün modern objektiflerde merkezleme ve eksen eğikliği kusurları görünmez. Bu kusur objektifin düşürülmesi, bir yere çarpılması gibi kazalar sonucu oluşabilir. Özellikle ikinci el objektif alırken bu testin yapılması faydalıdır.

2.5.3 Netleme Skalası Kontrolü

Objektifin netlik helikoidi üzerindeki rakamların ne kadar doğru işaretlendiğinin testidir. Netleme skalası üzerindeki mesafelere yıldız hedef konur. Net halkası noktaya getirilerek buzlu camda netliğe bakılır ve yeniden netlenerek azami keskinlik bulunup bulunmadığı kontrol edilir. Birkaç cm'lik mesafe hatası tolerans içine girebilir. Daha fazla ölçü kaymaları helikoid üzerine yeni işaretler konularak düzeltilir. Normalde refleks makinalarda (slr) fazla önemi yoktur. Sadece geniş açı objektiflerde refleks netleme yerine, skala kullanımı daha sağlıklı olduğundan, ikinci el objektifler için bu bakımdan kontrol edilmelidir.

2.5.4 OPTİK PERFORMANS TESTİ

Merkezin Seçiciliği: Yıldız testinde gözle kontrol yapılır veya yıldız hedefin fotoğrafı çekilerek yapılır. Netliğin buzlu cam üzerinde büyüteçle kontrol edilmesi gerekir. İdeal netleme halinde yıldız hedefin kenarlarının çok keskin ve temiz görünmesi gerekir. Değilse sebebi; küresellik kusuru veya eksenel renksemi kusuru olabilir. Bazı objektiflerde çok emin ve keskin netlik yapıla bildiği halde bazı objektiflerde yıldız hedefin fotoğrafı çekildiğinde görüntü kenarı net değildir ve çevresindeki siyah alanda bir ışıklı hale görülür. Bu belirti yeterince düzeltilmemiş küresellik kusurundan kaynaklanır. Eksenel

renkseme kusurlarının belirtileri ise yıldız hedef kenarlarının kırmızı veya yeşil görünmesi ve etrafında bir mavi hale oluşmasıdır.

2.5.5- Refleks Aynası Kontrolü

Doğrudan optik sistemleri ilgilindirmemesine karşılık, açılı kayması yapması durumunda optik sistemin yanlış yapmasına neden olacağı için refleks aynası kontrolünü yapmak gerekir.

SLR, makinalarda buzlu camdaki görüntünün film düzlemindeki görüntüyle eş değerde olması ayna açısının 45^0 olmasına bağlıdır. Açının +,- yönde küçük bir kayması dahi görüntünün vizörde net olmasına kaşılık, film düzleminde net olmaması (en azından kritek netliğin kayması) anlamına gelir.

Test yöntemi; Belli mesafedeki hedef, önce vizörde netlenir. Sonra film düzlemine konan buzlu cam büyüteçle incelenir. Her iki durumda da netleme skalanın aynı noktasında olmalıdır. Aynı hedefe birkaç kez netleme yapılarak ortalaması alınır. Film düzlemindeki netlik ile vizörde yapılan netlik arasında fark varsa aynanın açısının 45^0 'den farklı olduğu anlamına gelir. Bu hata uzman bir tamirci vasıtasıyla düzeltilir.

2.6- MERCEKLERİN BÜYÜTME GÜCÜ

Merceklerin büyütme gücü: İncekenarlı merceğin asal eksenine paralel gelen ışınlar, mercekte kırıldıktan sonra odak noktasında görüntü oluştururlar. Odak uzaklığı ne kadar küçükse görüntü o kadar büyük olur. İnce kenarlı merceğin odak uzaklığı, büyütme derecesini belirler. Odak uzaklığı küçüldükçe büyütme derecesi artar. Burada odak uzaklığıyla büyütme derecesi arasındaki ters orantıya dikkat etmek gerekiyor. Merceklerdeki büyütme birimine “Diyoptri” denir. Diyoptri, odak uzaklığı (1) bir metre olan bir merceğin ışığı kırma gücünü ölçmek için kullanılan birimdir. Bir merceğin diyoptrisi, 100’ü merceğin odak uzaklığına bölerek bulunur. Örneğin odak uzaklığı 50mm olan merceğin diyoptrisi 2 dir. Bir çok merceğin bir arada kullanıldığı mercek sistemlerinde diyoptri, sistem, ince kenarlı merceklerden oluşmuş ise, herbir merceğin diyoptrilerinin toplamına eşittir.

$$D: D1 + D2 + D3 +$$

Sistemde ince kenarlı ve kalın kenarlı mercekler birlikte kullanılmış ise, ince kenarlı merceklerin diyoptrilerinin toplamından kalın kenarlı merceklerin diyoptrilerinin toplamının çıkarılmasıyla bulunur. Bu sonuçta çıkan değer pozitif ise sistemin ince kenarlı bir sitem, negatif ise kalın kenarlı bir sistem olduğu anlaşılır.

$$D: (D1 + D2 + D3 + ...) - (D1' + D2' + D3' + ...)$$

2.7- OPTİK MALZEME

Optik malzeme, içinden geçen ışığı görüntüye zarar vermeyecek kadar en az kayıpla geçiren malzemedir. Geçen ışığın düzeni bozuluyorsa malzeme yarı saydamdır. Optik görüntü için saydam malzeme kullanılır ve cam bi-

linen en iyi malzemedir.

Optik cam, seçilen inorganik malzemelerin eritilerek ve kristalleşmesine izin vermeden kalıplanmış ürünü soğutarak üretilen, inorganik bir üründür (yaklaşık olarak tamamen saydam). Optik malzemedeki bulunması gereken bir başka özellik ise tüm yapısı boyunca eşdeğer (Homojen) nitelikte ve her noktasında kırılma katsayısının aynı olmasıdır. Malzemenin değişik bölgelerinde kırılma katsayısı, üretim sırasındaki farklı gerilimler nedeniyle farklı değerlerde olabilir. Yani ışığı kırılma katsayısı bölgeye göre değişir. Bu sorunlar camın dökülmesi ve soğutulması sırasında oluşur. Cam karışımı, mineral oksitler katılarak özel olarak hazırlanır.

Genel olarak 10 kg'lık platin astarlı seramik kaplar kullanılır. Seramik kaplara dökülen cam, soğumaya bırakılır. Soğutma süreci kendi içinde bir sanattır. Genelde hassas soğutma denilen bu soğutma sıkı sıcaklık değişimi ve zamanlamasına uymak zorundadır, ürünün kristalleşmesinden sakınmak için çok yavaş olmamalı, fakat aynı zamanda optik kullanım için camı homojen tutmak için çok hızlı olmamalıdır. Soğutma işlemi için iki yöntem kullanılır; uzun sürede yavaş yavaş soğutma ya da basınç altında hızlı soğutma yöntemi kullanılır. Soğutma aşamada oluşan gerilimler yukarıda saydığımız kırılmalara neden olur. Bu süreç camın optik sabitlerinin mümkün olduğunca aynı olmasını sağlamak için aşırı derecede hassas ve tekrarlanabilir olması gerekir.

Camın eritme ve soğutulma süreci çok hassas ölçümlerle kontrol altında tutulur ve tekrarlanabilir üretim açısından numaralandırılır. Kırılma indisinin sıcaklıkla değiştiği iyi bilinir, bu yüzden kırılma indisinin sıcaklık katsayısı da listelenmiştir.

Camın sıcaklıkla sadece fiziksel boyutları değişmez, aynı zamanda farkına varılabilecek ve gerekli önlemlerin alınmasına imkan tanıyacak ölçüde optik nitelikleri de değişir. Eğer bir optik sistem mükemmele yakın derecede düzeltilmek isteniyorsa, optik tasarımcılar cam olmayan fakat inorganik kristalden (genelde kalsiyum florit) elemanlar ekler. “CaF₂” çok çekici optik özelliklere sahiptir, yüksek geçirgenlik (derin UVden IR ye kadar -135 nm den 9400 nm ye kadar) ve çok düşük dağılım sağlar. Bu durum bu kristalden 1 veya 2 eleman kullanarak optik bir sistemin renk düzeltilmesi bakımından mutlak mükemmelliğe getirilebileceği anlamına gelir.

Günümüzde tüm bu kristal elemanlar doğal kaynaklardan değil, yapay olarak imal edilebilmektedir. “CaF₂” yumuşak ve pahalıdır, bu da böylesi bir mercek elemanını optik sistemin içinde iyi korunmuş olarak uygulanmasını zorunlu kılar. Cam hakkında bilinmesi gereken diğer değerler asit, alkali, vernik, iklimsel ve fosfat direnci hakkında fikir sahibi olmamızı sağlayan katsayı ve indikatörlerdir. Bir optik sistemde en dış cam yüzeyi için kullanılmaya karar verildiğinde bilinmesi önemlidir. Örneğin çok yumuşak, yeterince alkali ve asit direnci olmayan ve mevsimsel etkilere dirençsiz bir cam tipini bir objektifin ön yüzünde kullanmak akıllıca olmaz, böylesi bir ön mercek kısa sürede kullanılmaz hale gelir. Fakat çoklu bir mercek sisteminin içinde böyle bir cam tipi gerekliyse kullanılabilir.

Optik camı tam anlamıyla karakterize etmek için gerekli olan daha birçok veri ve değerler vardır. Baloncuk sınıfı, stria denilen kırılma indisinin lokal sapması, katkı miktarı, ve çiftkırılma gibi faktörlerdir. Açıktır ki cam bloğu içinde ne kadar az mikro baloncuk varsa kırılma indisinin o kadar

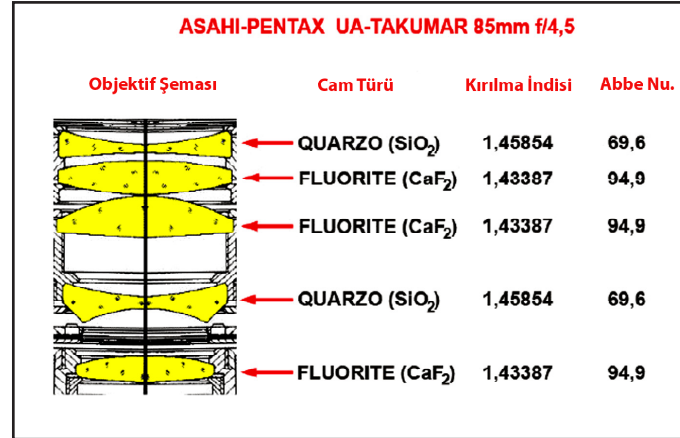
iyi ve homojen olacaktır. %100,000000 arınmış bir cam üretmek mümkün olmadığından, miktar, boyut ve yoğunluklarda optik camın kalitesini etkilemektedir. Fotoğrafik amaçlar için, küçük baloncuklar ve katkılar fotoğraf kalitesi açısından önemli değildir, ancak striae önemlidir. Aynı zamanda hangi eksikliğin önemli hangisinin önemli olmadığını belirleyen faktör optik yol içindeki konumdur, film düzlemine yakın striae diyafram düzlemine yakın olan mercekteki kadar kötü değildir, aynı zamanda film düzlemine yakın camdaki katkı ve baloncuklar diyafram düzlemine yakın bir mercektekinden çok daha kötüdür.

Optik camlara ait kırılma ve dağılma özelliklerini gösteren “x-y” diyagramları üreticiler tarafından yayınlanmaktadır. Bu diyagram detayları mühendislik alanına girdiği için biz detayına girmiyoruz. Bu arada yeri gelmişken “BK” koduyla tanımlanan “Borosilicate” camı standart optik cam olarak kabul edildiğini belirtelim. Aşağıdaki örnekte Leitz firmasının “487814” numarayla kodladığı bir camın kimyasal bileşenini görüyoruz.

Leitz ED glass 487814	
(Heinz Broemer, Norbert Meinert – 06/1972)	
composition	(% in weight)
NaPO ₃	2,5%
Mg(PO ₃) ₂	7,4%
Ca(PO ₃) ₂	1,8%
Ba(PO ₃) ₂	3,0%
Al(PO ₃) ₃	9,7%
MgF ₂	5,7%
CaF ₂	17,3%
SrF ₂	10,2%
BaF ₂	15,4%
AlF ₃	21,0%
KHF ₂	6,0%

Tablo:1 , Örnek Optik Cam kimyasal yapısı

Optik sistemlerde cam yerine alternatif malzemeler de araştırılmıştır. Saydam plastikler bu malzemelerden bir tanesidir. Basit sistemli ve ucuz



Şekil:16 Pentax objektifin cam örneği

fotoğraf makinalarında günümüzde plastik malzemeden yapılan objektifler kullanılmaktadır. Genellikle Polymethacrylates ve Polystyreneden kalıplanarak yapılan bu mercekler, yumuşak olmaları, sıcaklık ve nem nedeniyle şekil değiştirebilmeleri, optik eşitliksiz (inhomogeneity) nedeniyle duyarlı optik sistemlerde kullanma imkanı yoktur. Çeşitli optik cam türlerinin adları ve sembollerini aşağıdaki tabloda görmekteyiz.

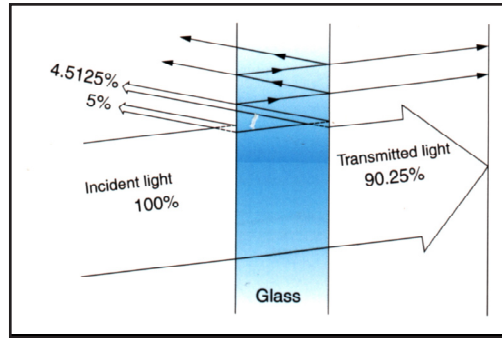
Cam Tipi	Sembol
FluorCrown	FK
Phosphate Crown	PK
Phosphate Dense Crown	PSK
Borosilicate	BK
Crown	K
Zinc Crown	ZK
Light Barium Crown	BaK
Dense Crown	SK
Extra Dense Barium Crown	SSK
Lanthanum Crown	LaK
Dense Lanthanum Crown	LaSK
Antimony Flint	KzF
Crown Flint	KF
Light Barium Flint	BaLF
Extra Light Flint	LLF

Barium Flint	BF
Light Flint	LF
Flint	F
Dense Barium Flint	BaSF
Dense Flint	SF
Tiefflint	TF
Lanthanum Flint	LaF
Dense Lanthanum Flint	LaSF

Tablo: 2, Optik Cam Sembolleri

2.7- MERCEK KAPLAMASI

Uygun bir malzemeden ince bir film tabakası ile kaplama yapılarak cam yüzeylerin yansıtıcılığı azaltılabilir. Bu olgu ilk defa 1892’de tesbit edilmiş ve 1935’de kullanmaya başlanmıştır. Şekil 17’de bir camın yüzeylerinden ışığın yansıtılarak ve değer kaybederek diğer tarafa geçtiğini görüyoruz. Böyle bir yansıma ve ışık kaybı günlük hayatta kullandığımız pencere camlarında sorun olmayabilir. Fotoğraf söz konusu olduğunda, objektifi oluşturan mer-

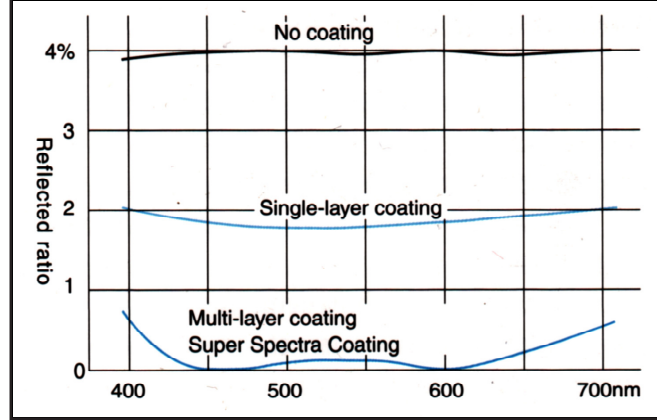


Şekil:17 Cam yansıtıcılığı şeması

ceklerin ışık kaybının olmaması, en azından sonucu olumsuz etkileyecek kadar olmaması gerekmektedir. Merceğe gelen ışık, giriş yüzeyinden yansıdığı gibi, çıkış yüzeyinde de yansıma yapar. Bu yansımalar fotoğrafta kontrast

düşmesine ve hayalet görüntüye neden olur. Üreticiler mercek yüzeylerindeki yansımayı en aza indirmek için kaplama yapmaktadır.

Mercek yüzeyleri havası boşaltılmış ortamda Kalsiyum veya Magnezyum flüorit ile kaplanmaktadır. Mercekler elektrik veya elektron ışıınımları ile ısıtılan kaplayıcı malzemeye eşit uzaklıkta yerleştirilirler. Mercek yüzeyi kaplandığında yansımanın azalması ve ışık girişinin artması, yansımanın gelen ışıkla girişim yapmasıyla gerçekleşir. Yansıma ışımının belli bir dalga boyunda ve belli bir geliş açısında sıfıra indirilebilir. Olağan durumda ilk koşul, kaplama filminin kalınlığının ışık dalga boyu yarısının tek katı olmasıdır. En iyi sonuç dalga boyunun yarısı kalınlıkta alınmaktadır. İkinci koşul, film tabakasının ışığı kırma katsayısının kapladığı camın katsayısının kareköküne eşit olmasıdır.



Şekil:18 Tek ve Çok katlı Kaplama Grafiği

Şekil 21'de kaplama yapılmayan mercek ile tek kat kaplama ve çok katlı kaplama arasındaki fark gösterilmektedir. Çok katlı kaplamada neredeyse yansıtıcılık yok denebilir. Ya da meydana gelen yansımaya oluşan ışık kaybı sonucu olumsuz etkilemez.

Kaplama, yansıma nedeniyle oluşan ışık kaybını büyük oranda orta-

dan kaldırır. Örneğin; kırma katsayısı 1.8 olan kaplanmamış bir camda ışık kaybı %8 iken, kaplamadan sonra %1'e düşer. 10-12 elemanlı bir objektif düşünün; böyle bir objektif kaplanmasaydı yansımalar nedeniyle ışık kaybı %50'ye varırdı. Günümüzde 8-10 ayrı elemanlı tasarımlar yapılabilmektedir. 20 hava-cam geçişli bir tasarımda yüzey yansımaları %10'un altına indirilebilmektedir.

Kırılma indisi ve yansıtıcılık tablosu

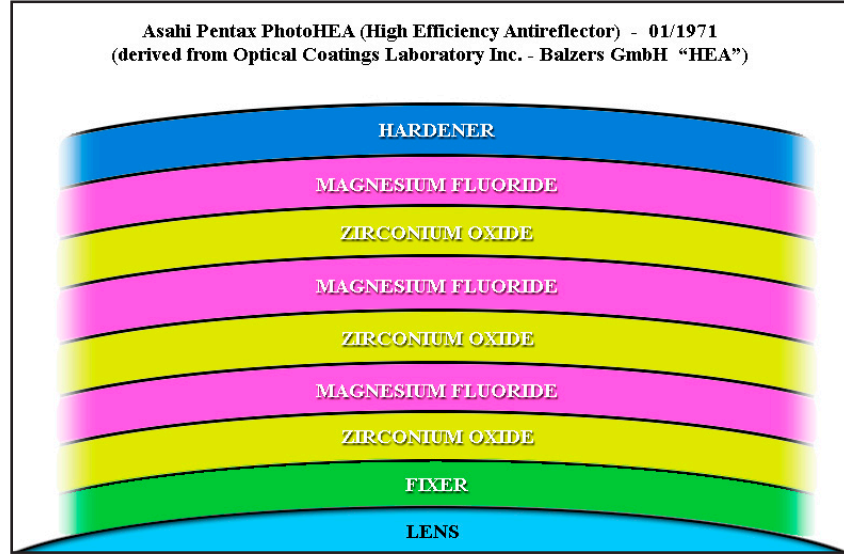
Camın Kırılma indisi	% Yansıtıcılık (Kaplamasız)	% Yansıtıcılık (Kaplama)
1.50	4	1.40
1.60	5.34	0.74
1.70	6.72	0.31
1.80	8.14	0.10
1.85	9	0.02

Tablo:3 Kırılma indisi

Yumuşak camlardan sert camlara doğru gidildikçe yansıtıcılık artıyor. Kaplama merceklerde kırılma indisi yükselir yansıtıcılık düşer. İkinci Dünya savaşıdan önce yapılan objektiflerdeki yansıtıcılık sorunu, günümüzde tamamen kontrol altına alınmış gibidir. Şekil 19'da Asahi Pentax'ın objektiflerine uyguladığı çok katlı kaplamanın kesitini görüyoruz.

İlk önce florla mavi kaplamalar yapılmıştır. 1960'da çok katlı kaplamalar yapılmasıyla ışık kayıpları daha da azaldı.

Kaplamanın pratik yararları: Işığın geçişi artar, yansıma ve parıltı azalır, Negatif üstünde parıltı noktaları ve hayalet görüntü kaybolur, Makina içinde yansımaların azalması gölgede ayrıntıyı ve renkli de renk doygunluğunu korur. Sadece ön elemanın kaplanması ışık geçişini artırır



Şekil:19 Pentax, Çok katlı Kaplama örneği

ama yansımaları azaltmaz.

Aşağıda bazı objektif üreticilerinin objektif kaplama teknolojilerine verdikleri isimleri görüyorsunuz. S.M.C (Pentax), S.S.C (Canon), H.F.T (Rollei), T* (Zeiss); bu işaretlerin olduğu objektiflerde çok katlı kaplama var demektir.

Fuji Electron Beam Coating

Asahi Pentax photo High efficiency Coating

Asahi Pentax Super Multi Coating

Nikon Nikkor Integrated Coating

Zeiss Transparenz

Canon Super Spectra Coating

Minolta

Konika Color

Olympus

Leitz

Rollei

EBC

photo-HEA

SMC

NIC

T*

SSC

Achromatic Coating

Dynamic Coating

MC

MC

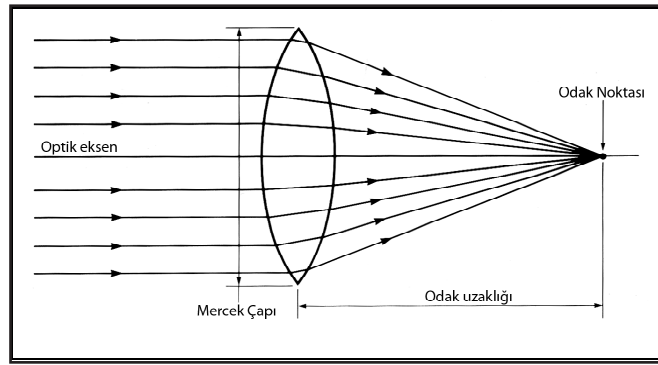
HFT

BÖLÜM 3

3.1 TERMINOLOJİ

3.1.1 ODAK UZAKLIĞI

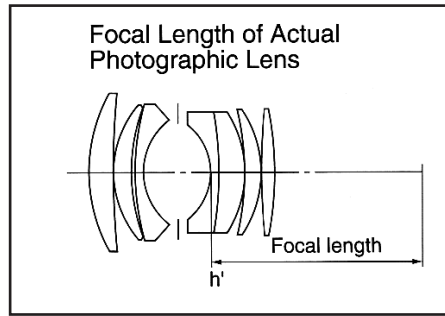
Merceğin asal eksenine paralel gelen ışınlar, merceği geçtikten sonra kırılarak yoluna devam eder ve bir süre sonra asal eksenle kesişir. Bu kesişme noktasına o merceğin odak noktası denir(Şekil:20).



Şekil:20 Odak Uzaklığı

Bu noktanın merceğin merkezine olan mesafeye de odak uzaklığı denir. Odak uzaklığı “ f ” harfi ile gösterilir. İnce kenarlı(Yakınsak) mercekte ışınlar asal eksene doğru toplanırken, kalın kenarlı(ıraksak) mercekte odak noktasından geliyormuşçasına dağılırlar.

Objektif de odak uzaklığı, arka düğüm noktasından(rear nodal point) film düzlemine olan mesafeyi gösterir(Şekil:21). Arka düğüm noktasının

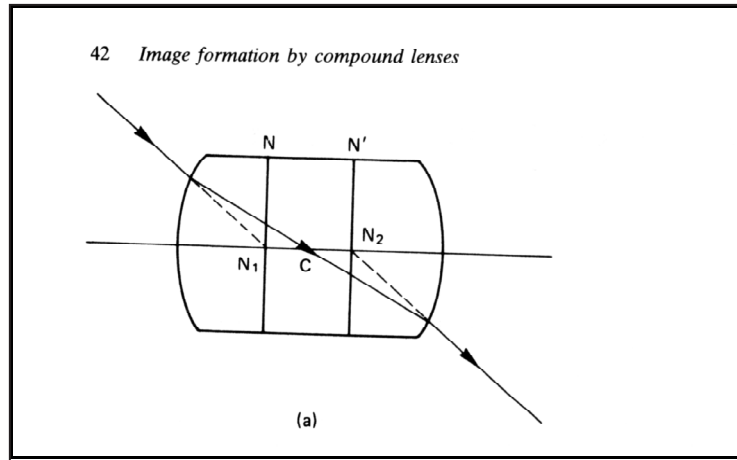


Şekil: 21 Objektifin Odak uzaklığı

yeri objektif tasarımına göre değişir. Tele objektiflerde, objektif boyunun kısaltılabilmesi için düğüm noktası objektifin önüne kaydırılır, genişaçı objektiflerde ise arkaya kaydırılarak film düzlemine yaklaştırılır. Örneğin. 18mm bir objektifin arka düğüm noktasıyla film düzlemi arasında 18 mm mesafe olmalıdır. Bu durum Ayrı bakaçlı(Rangefinder) makinalar için tasarlanmış objektiflerde mümkün iken, SLR makinalarda araya aynanın girmesi nedeniyle mümkün değildir. Optik tasarımcılar SLR makinaların yapısından kaynaklanan bu sorunu gidermek için objektifin arka düğüm noktasını geriye kaydırarak film düzlemine yaklaştırdılar. Böylece slr makinalarda genişaçı objektif kullanabilme imkanı doğdu. Arka düğüm noktasının geriye kaydırıldığı genişaçı objektiflere “retrofocus” objektifler denir.

3.1.2 DÜĞÜM NOKTALARI (Nodal Point)

Bir merceğin optik merkezi, içinden geçen ışığın doğrudan yada uzantısının asal eksenini kestiği noktadır. Düğüm noktası, merceğe gelen ışınlar ile çıkan ışınların uzantılarının eksenini kestikleri noktadır. Şekil:22’de N1 ve N2 ile gösterilen noktalar düğüm noktalarıdır. N1, ön düğüm noktası,

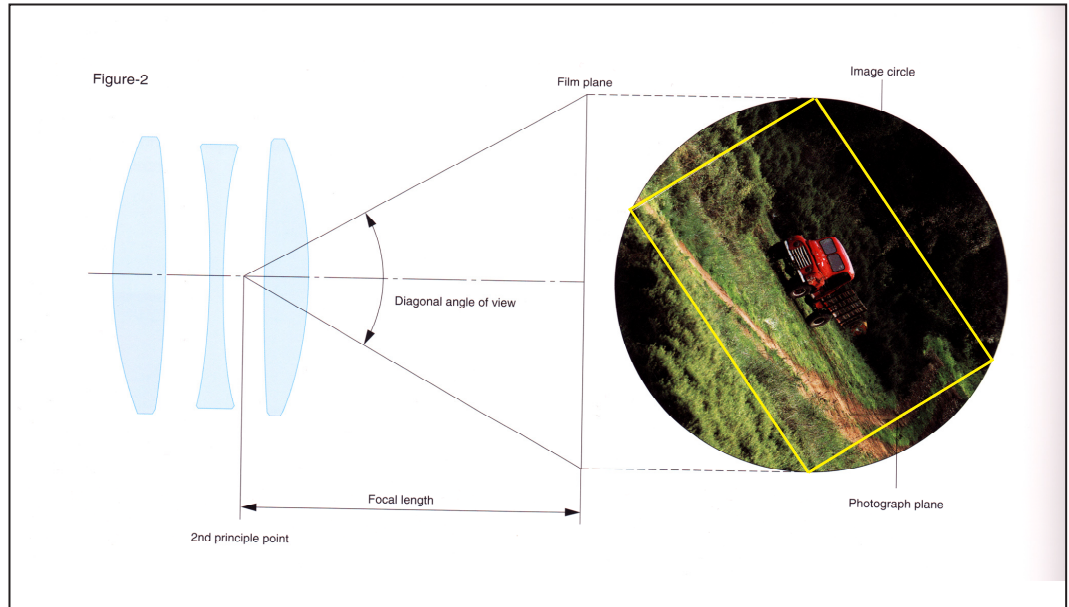


Şekil:22 Objektifin Düğüm noktaları Şeması

N2 arka düğüm noktasıdır. C ise optik sistemin merkezidir. İyi tasarlanmış optik sistemlerde ışık hangi açıyla gelirse gelsin düğüm noktaları değişmez. Ön düğüm noktasına (N1) yönelen bir ışın, mercekten çıkarken arka düğüm noktasından(N2) geçiyormuş gibi bir yol izler. Düğüm noktaları bazı tasarımlardaki genişaçı ve tele objektiflerde sistemin dışında da olabilir.

3.1.3 NET GÖRÜNTÜ DAİRESİ ÇAPI

Objektifler görüntüyü dairesel olarak oluşturur. Oluşan görüntü dairesinin çapı kullandığımız filmin yüzeyini kapatacak kadar büyük olmalı ki görüntüde kesilmeler olmasın. 35mm filmin görüntü boyutu 24x36mm dir. Bu alanın köşegenlerinin uzunluğu ise 43.3 mm dir. Objektifin net görüntü dairesi çapı bu ölçüden biraz daha büyük tutulur. Çünkü merceklerin kenarlarına doğru görüntü kalitesinde düşmeler olur, Bu nedenle 35mm film için net görüntü dairesi çapı 50 mm olacak şekilde objektif tasarlanır. Filmin ölçüsü değiştikçe kullanılacak objektiflerin de net görüntü dairesi



Şekil:23 Objektiflerin Net görüntü dairesi çapı

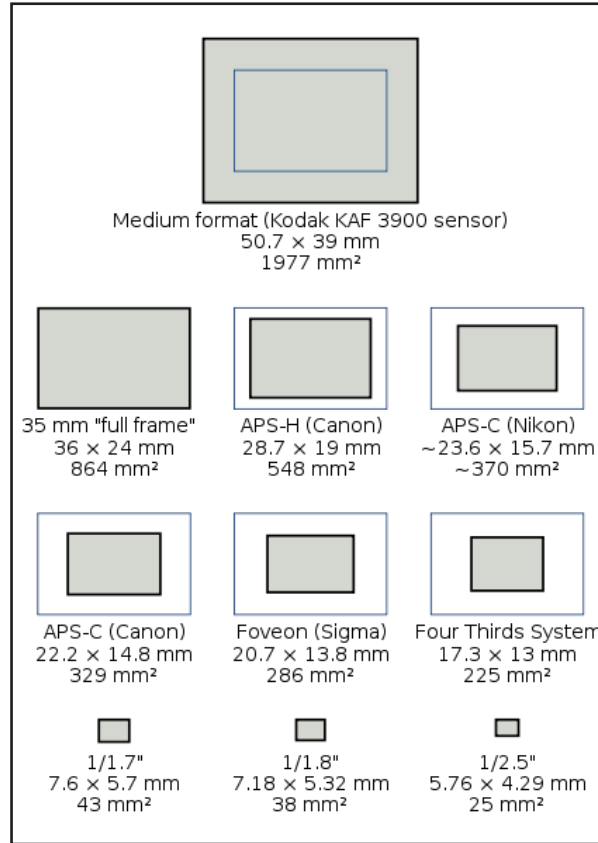
Çapları değişecektir. Örneğin: Roll film kullanarak farklı ölçülerde, 4.5x6 ve 6x9 formatında aynı filme çekim yapabiliriz. Her iki ölçünün de köşegen uzunlukları farklı olduğu için kullanılacak objektifin net görüntü dairesi çapı da farklı olur. Bu nedenle üreticiler objektifleri belli bir görüntü formatına göre tasarlar. Bir istisna durum “Plan film” kullanan Teknik Kamera objektifleri için söz konusudur. Teknik kameralar yapıları gereği farklı formatta görüntü çekmeye imkan vermeleri ve perspektif kontrolünü sağlamak amaçlı yapılmışlardır. Bu nedenle objektiflerin net görüntü dairesi çapları film formatına bağlı kalmadan daha büyük tutulur. Objektif reticileri Teknik kamera objektiflerinin teknik bilgilerini verdikleri tablolarda, objektifin net görüntü dairesi çapını ve filmin yatayda ve dikeyde ne kadar hareket edeceğini de açıklarlar.

Son yıllarda yaygınlaşan dijital SLR makinaların bir çoğunun sensör boyutu film boyutundan küçük olduğu için dijital SLR makinalarda kullanılmak üzere yeni objektifler tasarlanmıştır. Filmin görüntü ölçüsü 24x36mm olduğunda dijital makinalarda bu ölçüde sensörü bulunan makinalara “**Tam ereve**” (FF-Full frame) denir. Ve analog sistemde kullanılan objektifler de aynı optik etkilerde kullanılır. Sensör boyutu küçüldükçe görüntü alanı (35mm filme göre) daralmaya başlar. Bu daralmanın derecesini belirtmek için üreticiler “crop factor” denilen “**Alan katsayısı**” faktörünü belirtirler. Bu daralma objektifle ilgili bir durum değil, görüntü alanı ölçüsünün değişmesiyle ilgilidir. Fotoğraf terminolojisinde 35mm film bir referens noktasıdır. Tüm veriler 35mm filme göre tanımlanır. Dijital makina sensör ölçüleri de 35mm filme göre sınıflandırılır ve ne kadar fark varsa ona göre Alan katsayısı (crop faktor) hesaplanır. Aşağıdaki tabloda bazı sensör

tiplerinin ölçüleri ve “Alan katsayısı faktörleri” verilmiştir. Şekil:24’de sensörlerin grafiksel oranını görmekteyiz.

Tip	1/2.5	1/1.8	1/1.7	Canon APS-C	Nikon DX	Canon APS-H	35mm Film	Leica S2
Köşegen mm	7.18	8.93	9.50	26.7	28.4	34.5	43.3	54
Genişlik mm	5.76	7.18	7.60	22.2	23.6-7	28.7	36	45
Yükseklik mm	4.29	5.32	5.70	14.8	15.5-8	19.1	24	30
Alan mm ²	24,7	38.2	43.3	329	366-374	548	864	1350
Faktör	6.02	4.84	4.55	1.62	1.52	1.26	1	0.8

Tablo:4 Çeşitli Sensörlerin Alan ölçüleri

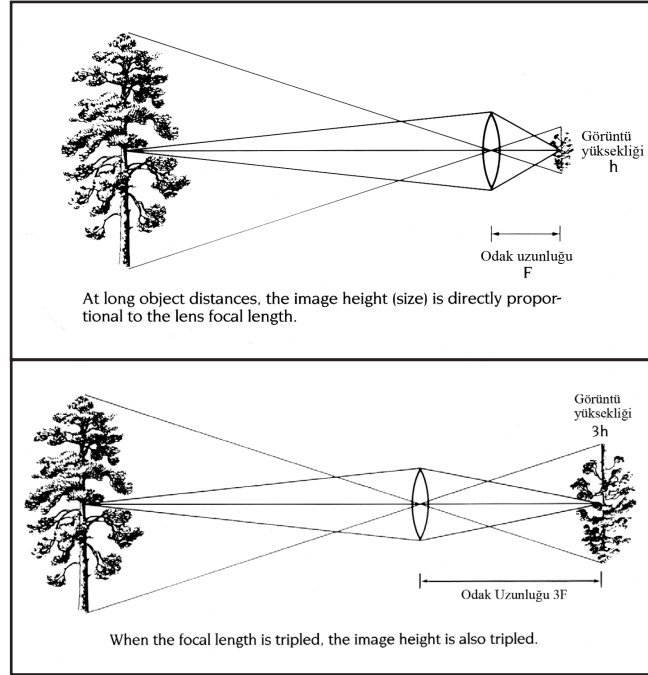


Şekil:24 Sensörlerin birbirlerine oranı

Dijital fotoğraf makinası üretiminde sensör ölçüsü önemli etken olarak görünüyor. Sensör üretebilen firma sayısının çok az olması, maliyetinin hala çok yüksek olması, fotoğraf makinalarının “Tam çerçeve”(Full Frame) sensör lere geçişini yavaşlatmaktadır. Yakın gelecekte bir çok firmanın Tam çerçeve sensöre geçiş yapmasının zor olduğunu düşünüyorum. Küçük sensörler için bir çok objektifin yapıldığını düşünürsek (ki hala bu alana yatırım yapılıyor) üreticilerin önceliğinin mevcut durumdan yararlanmak olduğunu görürüz.

3.1.4 OBJEKTİFİN GÖRÜŞ AÇISI

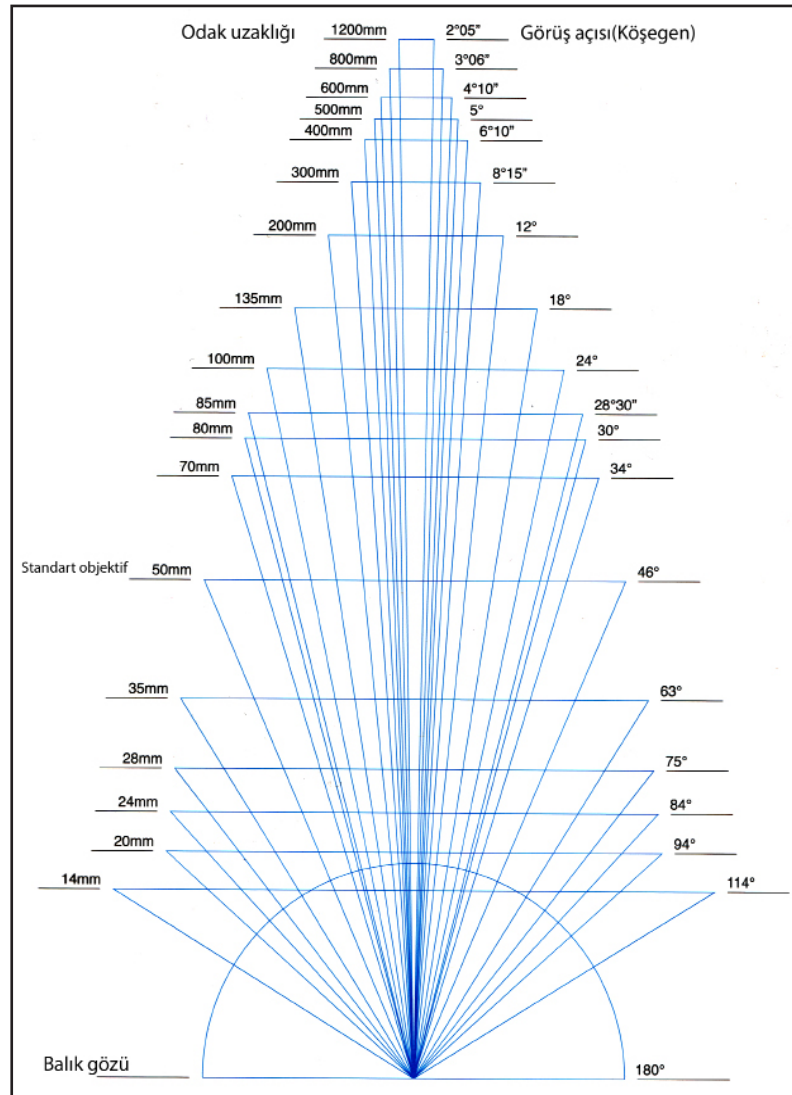
Filmin köşegen uzunluğu ve objektifin odak uzunluğu, görüş açısının derecesini ve buna bağlı olarak görüntü büyüklüğünü belirleyecektir. Standart objektiften daha kısa odak uzunluğuna sahip objektiflerin görüş açıları daha büyük olur, buna karşılık cisimlerin filmdeki boyutları küçülür. Odak



Şekil:25 Odak uzunluğu-Görüntü boyutu ilişkisi

uzunluğu bir “F” olan objektifte görüntü yüksekliği “h” kadardır, odak uzunluğu üç “F” olunca görüntü yüksekliği üç “h” olur(Şekil:25).

Optik sistemin bir sonucu olan bu durum, fotoğrafçıların görüntüyü tasarlarken hangi cisimleri ön plana çıkaracaklar, hangilerini etkisiz hale getirecekleri konusunda yardımcı olmaktadır. Geniş açılarda odak uzaklığı kısaldıkça arkaplan çok hızlı bir şekilde küçülmekte, uzun odaklı objektiflerde ise odak uzaklığı arttıkça arka plan büyüyerek kameraya yaklaşmaktadır.



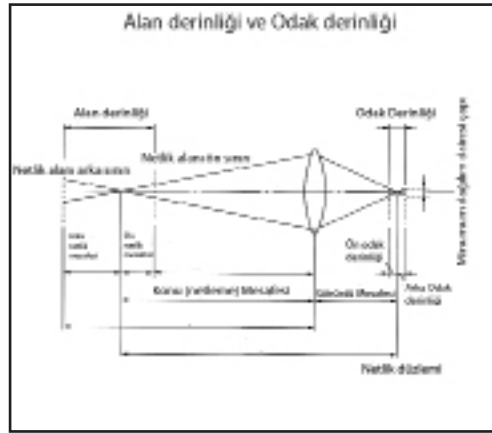
Şekil:26 Objektif görüş açıları ve odak uzunlukları şeması

Şekil:26'da çeşitli objektiflerin görüş açıları ve odak uzaklıkları:

(Bakınız:EK:5, Ek:6)

3.1.5 ALAN DERİNLİĞİ

Konunun her hangi bir noktasına tam netlik yapıldığında, netlik noktasının önünde ve arkasındaki noktaların kabul edilebilir netlikte görüntü verdiği derinlik demektir. Netlik noktasının 1x önü ve 2x arkası oranında ki bu alanın dışına çıkıldığında keskinlik hızla düşer. Alan derinliğini denetlemek için üç temel kriter kullanılır.



Şekil:27 Alan derinliği Şeması

- 1- Diyafram açıklığı;** Diyafram açıldıkça alan derinliği azalır, diyafram kısaldıkça alan derinliği artar. f:2.8 den f:22 ye gidildikçe alan derinliği artar.
- 2- Netlik mesafesi;** Konuya yaklaştıkça alan derinliği azalır, konudan uzaklaştıkça alan derinliği artar.
- 3- Objektifin odak uzaklığı;** Odak uzaklığı kısaldıkça alan derinliği artar, uzadıkça alan derinliği azalır. Örneğin: 28mm'den 200mm'ye doğru gi-

dildikçe alan derinliği azalır.

Küçük sensörlü makinalarda alan derinliğinin değiştiğini görürüz. Netlenen mesafe aynı tutulduğuunda makinanın sensör boyutu küçüldükçe net alan derinliği de azalır. Fotoğrafın kadrajı aynı tutulduğuunda küçük sensörlerin verdiği alan derinliği 24x36mm sensörlerden (Full frame) daha fazladır. Bunun nedeni aynı kadraj oranını almak için küçük boyutlu sensörlerde daha geriden netleme yapılmasıdır. Bu da alan derinliğini etkileyen faktörlerden “Netleme mesafesi” nin etkisinin bir sonucudur. Bir başka faktör ise daha kısa odaklı objektif kullanılıyor olmasıdır. Odak uzaklığı ve netleme mesafesi değiştiği için perspektif etkide fotoğrafta değişmektedir.

Alan derinliği büyütme oranından da etkilenir. Yakın çekimlerde (clouse-up) alan derinliği daralır ve ön ve arkası hemen hemen eşit hale gelir.

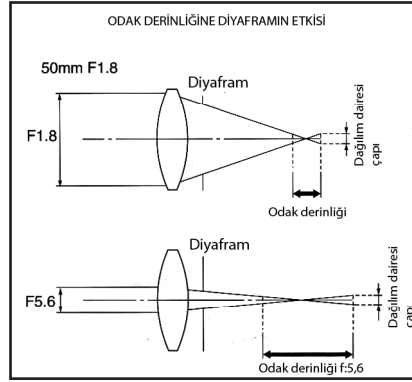
Teknik kamerada diyafram açıklığına bağlı kalmadan konunun tamamının net çekilebilmesi için film ve objektif düzlemleri hareketleri kullanılarak alan derinliği “Schumflug kuralı” yöntemiyle sağlanır.

(Bakınız: Ek:7)

3.1.6 ODAK DERİNLİĞİ

Net yapılan konunun keskinliği kabul edilebilir sınırlar içinde olarak film düzleminin ne kadar oynayabileceği ya da eğilebileceğini odak derinliği ile tesbit ederiz. Çoğu kez alan derinliği ile karıştırılarak aynı anlamda kullanılır. Odak derinliğinin sınırlarını belirleyen faktör, Konfüzyon ve difüzyon dairesi çaplarıdır.

Odak derinliği; Negatifte kabul edilebilir netsizlik halkası çapı(Kabul

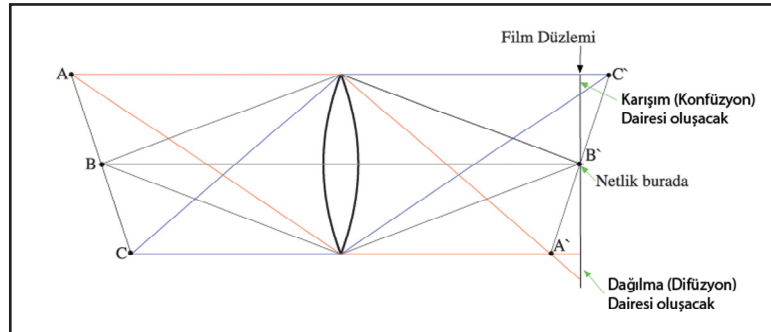


Şekil:28 Odak derinliği

edilebilir çap büyüdükçe derinlik artar) ve objektiften filme yönelen ışık konisinin tepe açısı ile (açı veya diyafram küçüldükçe derinlik artar) belirlenir.

3.1.7 NETLİK KRİTERİ

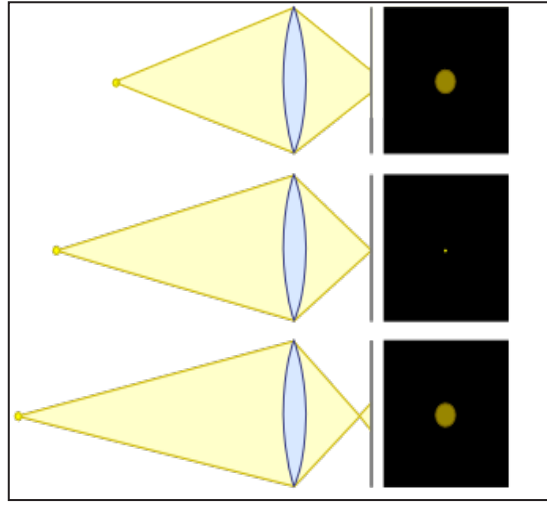
Kusursuz mercek olmadığına göre yani noktasal bir cismin görüntüsünün tam nokta değil de bir daire olduğuna göre objektifi hangi ölçüye göre düzeltilmiş kabul edeceğiz. Şekil:29'u incelediğimizde görüyoruz ki farklı uzaklıktaki noktaların net görüntüsü de film düzleminin önünde veya arkasında oluşuyor. Tüm noktaları net görebilmek için film düzleminin şekildeki gibi konunun eğimine ters yönde eğilmesi gerekmektedir. Pratikte



Şekil:29 Netlik Kriteri

bu mümkün olmayacağına göre, film düzleminde oluşan Karışım(konfüzyon) ve Dağılım(Difüzyon) dairelerinin çapı netlik sınırımızı belirler. Genel olarak dağılım daireleri odak uzaklığının 35mm film için;

$D = 2000 / F$ (Roll film için $D = 1000 / F$) oranı kabul edilir. Dağılım daire-
si çapı: 0.025mm'dir. Bu ölçünün üstüne çıkan daire çaplarında noktaları bulanık (flu) olarak görünür. (Şekil:30)



Şekil:30 Difüzyon dairelerinin görsel şekli

Çeşitli görüntü formatları için dağılım dairesi çapı tablosu:

Film formatı	Görüntü ölçüsü	Konfüzyon Dairesi
	Küçük Format	
Four Thirds System	18 mm × 13.5 mm	0.015 mm
APS-C	22.5 mm × 15.0 mm	0.018 mm
35 mm	36 mm × 24 mm	0.025 mm
	Orta Format	
645 (6×4.5)	56 mm × 42 mm	0.047 mm
6×6	56 mm × 56 mm	0.053 mm
6×7	56 mm × 69 mm	0.059 mm
6×9	56 mm × 84 mm	0.067 mm
6×12	56 mm × 112 mm	0.083 mm
6×17	56 mm × 168 mm	0.12 mm
	Plan Film	
4×5	102 mm × 127 mm	0.11 mm
5×7	127 mm × 178 mm	0.15 mm
8×10	203 mm × 254 mm	0.22 mm

Tablo:5

3.1.7.1 Bulanıklık Etkisi (BOKEH)

Japonca bir terim olan “Bokeh” **bulanıklık** (flu) anlamına gelir. Fotografik bir terim olarak, odak bulanıklığı anlamına gelen “**pinto-bokeh**” veya bulanıklık lezzeti anlamına gelen “**bokeh-aji**” de denir.

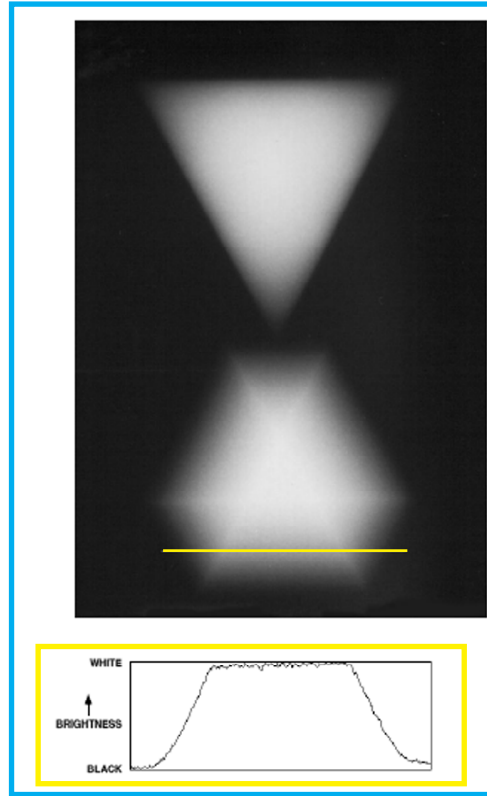
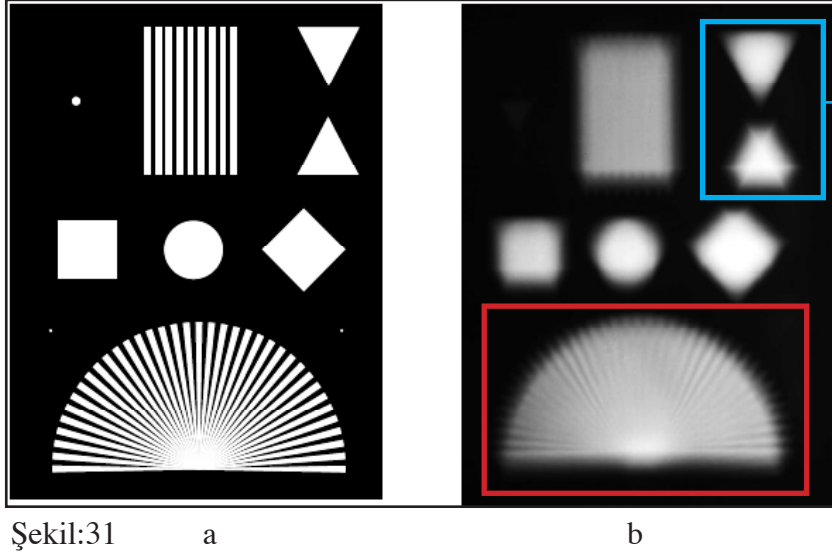
Fotoğraf terminolojisinde son yıllarda çok kullanılan bu kelime, fotoğraftaki net olmayan alanın görsel değerini tanımlar. Yani net derinliğinin dışında kalan kısmın; diyafram açıklığı, netlik mesafesi, arka planın mesafesi ve arka planın kontrast derecesi gibi faktörler sonucunda aldığı durumun görsel yorumudur. Bu yorum tamamen kişiseldir(Subjektif).

İdeal olarak bir objektif, diyafram açıklığının şekline denk düşecek şekilde, üniform olarak aydınlanmış bir hayalet çember üretir. Diyafram açıklığının şeklini diyafram palalarının sayısı belirler. Bazı objektifler üç paladan oluşur ve diyafram açıklığı üçgen görüntüdedir.(Foto:6) Bazı objektiflerde sekiz ya da daha fazla olabilir. Böylece görüntüyü mümkün olduğunca dairesel olarak algılarız. Üçgen diyafram açıklığında ise bulanıklık görüntüsü üçgen oluşur.



Foto:6 Objektif tasarımlarına göre diyafram deliği şekli farklılık gösterir.

Diyafram açıklığının şekli üçgen olan bir objektifle yapılan bir test çekiminin sonucunu inceleyelim. Şekil:31a'da görülen test kartının net olmayan fotoğrafı şekil:31b'de görülmektedir. Fotoğrafi incelediğimizde genel olarak keskin kenarların yumuşadığını görürüz. Bir detay olarak



Şekil:31c bulanıklığın durumunu daha yakından inceleyelim. Tepe açısı aşağı doğru olan üçgende, köşeler yumuşamış ve orta bölgede parlak bir dairesel alan oluşmuş. Alttaki üçgende ise durum daha farklı. Üçgenin Altıgen'e dönüştüğünü görüyoruz. Ve hayali altıgenin köşeleri arasında da parlak bir çizgisel etki görüyoruz. Her iki üçgenin net dışındaki görüntüsünün bu kadar farklı olmasının nedeni, üçgenlerin dış hatlarının diyaframın açıklığıyla paralel olup olmamasıdır. Üstteki üçgenin kenarları diyafram açıklığı şekli ile aynı formda ve yönde olduğu için görüntüde yapısal bir değişim olmamış, alttaki üçgenin kenarları, diyafram açıklığının şekline ters konumda olduğu için görüntüde yapısal bozulma görülmektedir. Görüntü, köşeleri arasından parlak bir hat geçen altıgene dönmüştür. Şeklin altıgene dönüşmesine karşılık parlak çizgilerin oluşması çok ilginçtir. Çizgilerin durumunu incelemek için bir kesit alarak (sarı çizgi) parlaklık değerlerini ölçtüğümüzde (Sarı çerçeveli grafik) parlaklık farkının olmadığını, dolayısıyla bu çizgilerin görsel bir yanılsama sonucu oluştuğunu görürüz. Net alan dışında oluşan bulanıklığın (Bokeh) fiziksel optik etkiler sonucu olduğu kadar, fizyolojik etkilere de dayandığını göstermektedir. (*Bakınız Ek:8, Ek:9*)

Bu testte karşımıza çıkan bir başka özellik ise; test kartında yelpaze şeklindeki (Kırmızı çerçeve) çizgilerin durumudur. Testi incelediğimizde diyafram açıklığının şekline paralel olan çizgilerin bir birinden ayrıştığını görüyoruz.

Bulanıklık etkisi, fotoğrafın görselliğinin bir parçasıdır. Özellikle tele objektiflerde alan derinliğinin minimuma indirilmesi sonucunda arka plan detayları tamamen ortadan kaldırılabilir. Net alan derinliğinin önündeki ve arkasındaki bulanıklığın görsel etkisi de farklı olabilmektedir.

3.1.8 AYIRMA GÜCÜ

Bir noktayı nokta, çizgiyi bir çizgi olarak aktaracak bir objektif olmadığına göre, objektifin görüntü kalitesini nelerle ölçebiliriz. Geçtiğimiz çeyrek yüzyıl içinde bu konuda büyük gelişmeler oldu. “Optik Transfer Fonksiyonu” kavramı optik bilimine girdi. Ayrıca Kenar keskinliği (Akütüns) konusunda da gelişmeler oldu. Objektif yapımında bilgisayarların sağladığı kolaylıklardan yararlanıldı.

Ayırma gücü bir objektifin kalitesini belirlemek için astronomlar tarafından kullanılan eski bir deyimdir. Çıplak gözle veya yetersiz bir teleskopla tek yıldız gibi görülen ikiz yıldızlar ancak yeterli büyütme gücünde ve ayırma gücüne sahip teleskoplarla çift yıldız olarak görülebilir. Bu durumda “çözümlendi” veya “ayrıldı “ deymi kullanılır. İngilizcede “Resolving Power” sözü; “Ayırma gücü” olarak çevrilir. Aynı kavram mikroskoplarda çok yakın iki taneciğin ayrılması içinde kullanılır.

Ayırma gücü kartlarında noktasal değil çizgisel işaretler kullanılır. Büyükten küçüğe doğru yanyana çizilen çizgilerin hangi netlikten sonra karıştığına bakılarak ayırma gücü sınırı belirlenir. Her ülkede benimsenmiş kartlar farklıdır.

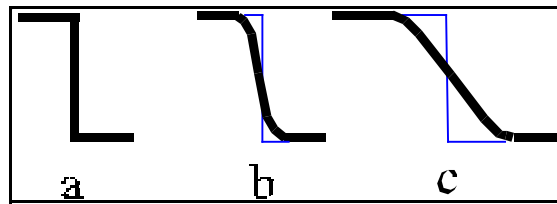
Ayırma gücü, milimetrede çizgi olarak ifade edilir. Örneğin; test kartında seçilebilen en ince çizgiler, bir çizgi ve bir aralık 0.5 mm ise çekimde 1/20 küçültme olduğuna göre, Objektifin ayırma gücü milimetrede 40 çizgi olarak hesaplanır. Ayırma gücü buzlu cam üzerinde lupla incelenirse de buzlu camın mm’de gren sayısı ayırma gücünü etkilemiş olacağından daha doğrusu film üzerinde inceleme yapmaktır. Bu takdirde pozlandırma ve banyo koşulları, sonucu etkileyeceğinden bu işlemlerin dikkatle kontrol edilmesi ve

uygulanması gerekir. Sonuç olarak her grupta görülebilen kontrastın çizgi boyunca izlene bilmesi gerekir. Bu yapılmadığı ve sadece çizgilerin uçlarına bakıldığı takdirde sonuç aldatıcı olur. Çünkü çizgi uçlarında kontrast daha iyi bir düzeyde görünecektir.

Bir objektifin performansını açıklamak için ayırma gücü tek ve en önemli kriter değildir. Şüphesiz bu kriter çok önemlidir fakat objektifin değerinin ölçülmesi için en önemli kriter olduğu sanılması yanlıştır. Örneğin; renk geçirgenliği, berraklık, renk temizliği gibi burada sözü edilmeyen bazı nitelikler, dia pozitif çekimlerinde en az ayırma gücü kadar önemlidir. Daha da önemlisi bir objektiften beklenen ayırma gücü, belirli bir filmle birlikte düşünülmmediği takdirde fazla bir değer taşımaz. Örneğin, çok yüksek ayırma gücüne eriştiği iddia edilen bir objektif kullanılırken özel bir film yerine (Kodak technical PAN) 400 Asa film kullanılmışsa performansın sonuca etkisi beklenemez.

3.1.8.1 Kenar Keskinliği:

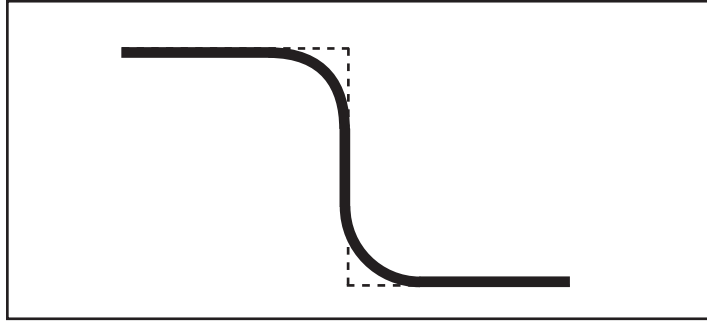
Ayırma gücünü etkileyen bir başka husus, siyah beyaz geçişinde yani çizgi kenarlarındaki basamak görüntüsünün nasıl teşekkül ettiğidir. Teorik olarak mükemmel bir objektifte geçişler keskin basamaklar şeklinde görünürken, pratikte yumuşak geçişli basamaklar olarak görünür. Bu geçişlerin keskinliği objektifin görüntü kalitesiyle ilgili değerli bilgiler içerir. Şekil:32



Şekil:32 Kenar keskinliği şeması

3.1.8.1.1- Akütans:

Kenar keskinliği eğrisinin durumu akütans kavramını gündeme getirdi. Akütans; pozlanmış film üzerinde muhtelif ton derecelerine ait basamakların belirginliği, basamaktan basamağa geçiş çizgisinin keskinliği anlamına gelir. Bir mercekteki kusurlar yüzünden, kalın bir ayırma gücü deseni şekildeki gibi aslına yakın fakat köşeleri yuvarlamış gözlenir. Göz yan yana gelmiş çizgilerden oluşan bu deseni bir frekans olarak algılar. Eğer basamaklar çok seyrekse algılama belirgin olacak, desen inceldikçe algılama daha bulanak olur. Çizgiler daha da inceldikçe kontrast kaybolur ve sahte titreşimler ortaya çıkar. Şekil.33



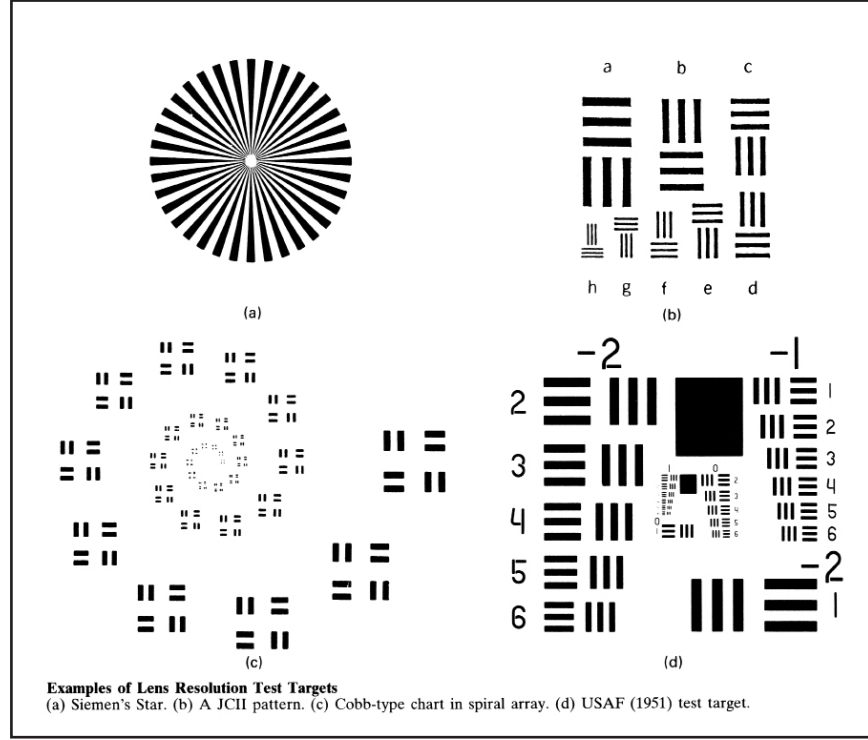
Şekil:33 Kenar keskinliği detay

3.1.8.2- Ayırma Gücü Testi ve Test Kartları

Muhtelif test kartları, bir objektifin ayırma gücünü muhtelif karelere göre vermektedir. O halde objektifin ayırma gücünde hangi nitelikler aranıyorsa, ona uygun kart seçilmelidir.

Ayırma gücü testinin hangi aydınlatma koşullarında yapıldığı, test kartı seçimi kadar önemlidir. Başlıca iki koşulda yapılır; Önce parlaklık oranı 1/1000 olan (10 duraklık oran) bir aydınlatma altında, sonrada parlaklık

oranı 1/20 olan (4.5 duraklık oran) bir aydınlatma altında olmak üzere iki türlü yapılır. Kartlarda birbirine dik çizgiler sayesinde astigmat kontrolü de yapılır.



Şekil: 34 Test Kartları Çeşitleri

Örneğin; Şekil:34, Kıta Avrupasında kullanılan ve “Siemens Çarkı” olarak bilinen kartta sadece radyal çizgiler vardır. Şekil:34b de çizgi sıklığı en kalından en inceye doğru 1.1/2, 1/3 ...1/10 gibi kademelenir. Şekil:34 d deki kartta, komşu demetlerin sıklık oranı 1/1.22 dir. Bir başka deyişle altı basamak sonra ayırma gücü iki katına çıkar. Şekil b dekinden farklı olarak çizgilerin yanı sıra aralıklarda sayılarak ölçüme dahil edilir. Bu kart Ame rikada kullanılmaktadır.

3.1.9- MODULASYON TRANSFER FUNCTION - MTF GRAFIĞİ

Objektiflerin görüntü iletme kalitesini tanımlayan ve kısaca “MTF Grafiği” olarak bilinen bir yöntemdir. MTF grafiği, bir objektifin, Kontrast ve çözünürlük değerlerini verirken, renkseme, bükülme(distorsiyon), köşe kararması gibi kusurları hakkında bilgi vermez. Yine de en çok kullanılan bir objektif değerlendirme yöntemi olduğu için, çalışma mantığını ve grafiğin okunmasını bilmek gerekir. (Bakınız Ek:10)

İdeal objektif ışığın %100’ünü geçiren objektiftir. Hiçbir objektif bu mükemmellikte değildir ve mutlaka bir miktar kayıplar oluşur. Bu kayıplar **kontrast değişimi**(modulation of contrast) olarak adlandırılır.

Kontrast değişimi farklı frekanslarda ölçülmektedir. Yani basit olarak test ortamında her mm de 100 çizgi çifti vardır. Dikey eksen kontrastı göstermektedir.”1” değeri %100 kontrast demektir. ”0,5” değeri %50 kontrast, ”0,10”değeri %10 kontrast demektir.

Grafikteki yatay eksenler ise mm olarak objektifin merkezinden kenarlara olan uzaklığını gösterir. “0” değeri objektifin tam merkezini, ”20” değeri ise objektif merkezinden 20 mm uzaktaki noktayı ifade eder.

Dikey eksen de grafik ne kadar yukarıda ise objektifin kontrast transferi o kadar iyidir ve bu transfer kabiliyeti objektifin her noktasında aynı değildir, objektif merkezine olan uzaklığına göre bu kontrast transfer kabiliyeti değişir. MTF grafiği bu değişimi gösterir.

MTF grafiğindeki çizgilerin anlamlarını inceleyelim. Grafikte mavi ve siyah çizgiler görülmektedir. Bunlar hem ince hem de kalın eğrilerden oluşmaktadır. Ayrıca yine farklı renklerde ve farklı kalınlıklarda kesikli eğrileri görmekteyiz.

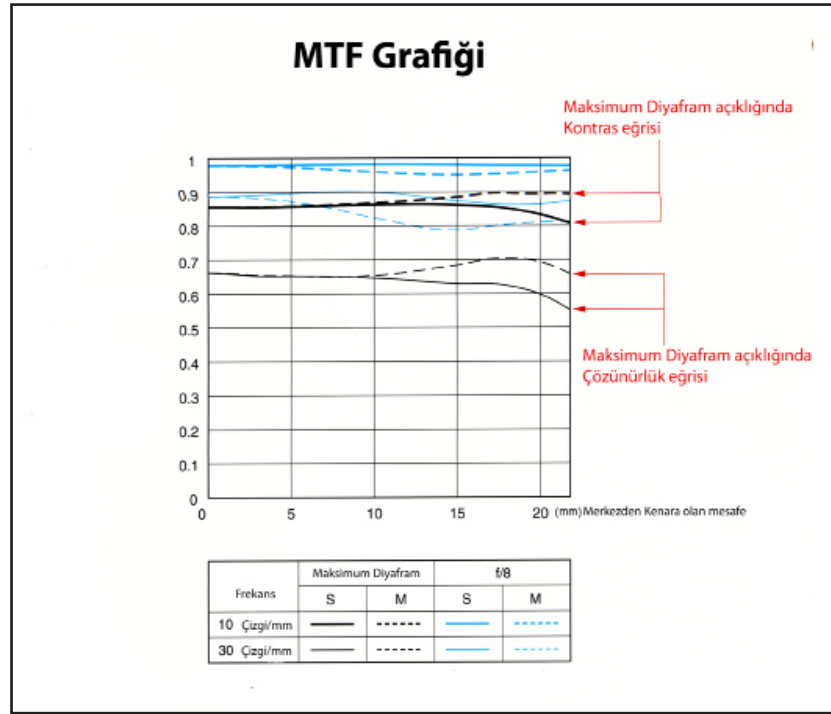
Kalın çizgiler: 10 çizgi/mm deki ölçümlerdir.(Kontrast ölçümü için).

İnce çizgiler: 30 çizgi/mm deki ölçümlerdir(Çözünürlük ölçümü için).

Siyah çizgiler: Objektifin en açık diyafram pozisyonundaki ölçüm değerleri dir.

Mavi çizgiler: f/8 diyafram açıklığındaki ölçüm değerleridir.

Sürekli eğriler meridonial “M” eğriler ve kesikli eğriler ise sagittal “S” eğrilerdir. 35 mm bir film karesinde köşeden köşeye olan eksene paralel olan çizgiler sagittal çizgilerdir. “S” ile belirtilir. Bu çizgilere 90 derece açıldaki çizgilere ise meridonial çizgiler denir ve “M” ile belirtilir.



Şekil:35 MTF Grafiği

3.1.9.1 MTF Grafiklerinin Okunması:

Dikey eksendeki en yüksek değer en yüksek kontrast demektir. Yatay eksendeki değer ise objektif ekseninin (merkezinin) objektif kenarına olan

mesafesi demektir.

1- Kalın eğriler ne kadar yukarıda ise (10 çizgi/mm) objektifin kontrastı o kadar iyi demektir.

2- İnce eğriler ne kadar yukarıda ise (30 çizgi/mm) objektifin çözünürlüğü veya keskinliği o kadar iyi demektir.

3- Siyah eğriler en açık diyafram ölçümü ve mavi eğriler ise f/8 diyafram açıklığı ölçümleri idi. Bu iki eğri birbirine ne kadar yakın ise objektif o derece daha iyi performansa sahiptir. En iyi kaliteye sahip objektiflerde bu iki eğri birbirlerine oldukça yakın konumda görünür.

4-Kalın eğriler (10 çizgi/mm) eğer dikey ekseninde 0,8 değerinin üzerinde ise mükemmel görüntü kalitesine sahip objektif olduğu denebilir. Eğer 0,6 ve 0,8 arasında ise memnun edici seviye denebilir. Eğer 0,6 ve altında ise objektifi almadan önce biraz düşünmek gerekir.

3.2 OBJEKTİFLERDE YAPISAL GELİŞİM.

İlk objektiflerin yapıları oldukça basitti. Objektifi oluşturan mercekleri



belirlenmiş mesafede sabit tutan bir borudan ibaretti. Bu basit sistemlerin daha kullanışlı hale getirilmesi için çalışan fotoğraf optikçileri, objektifin mercek tasarımının yanında fonksiyonelliği de dikkate alarak yeni gövdeler tasarlamaya başladılar. Bu gelişmenin sonucunda objektif de bulunan sürgü diyafram sistemi geliştirilerek

Şekil:7 İlk dönem objektifi

yerini iris tipi diyaframa bıraktı. Örtücü(optüratör) düzeneği ve netleme düzeneği dahil edildi. Günümüzde bu sistemlerin mekanik ve elektronik olarak çok gelişmiş modellerini kullanmaktayız. Bu nedenle objektifleri yapısal olarak iki gruba ayırabiliriz.

3.2.1 MEKANİK KONTROLLÜ OBJEKTİFLER:

İlk objektiflerden günümüze kadar üretilmektedir. Netleme, diyafram kontrolü ve tasarıma bağlı olarak başka fonksiyonların tamamı objektif üzerinde mekanik olarak yapılabilen, fotoğraf makinasına vidalama veya “bayonet”denen tırnaklı geçme sistemiyle bağlanan objektiflerdir. Diyafram kontrolü için, mekanik olarak çalışan “A” Otomatik ve “M” Manuel fonksiyonları bulunur. Bazı modellerinde, özellikle orta format makina objektiflerinde, örtücü (optüratör) sistemi de bulunmaktadır. Ayrıca üzerinde alan derinliği kontrol skalası da mevcuttur. Foto: 8



Foto:8 Mekanik bir objektif

3.2.2 ELEKTRONİK KONTROLLÜ OBJEKTİFLER

Fotoğraf makinalarındaki gelişmenin yönü mekanik sistemlerden elektronik sistemlere doğru gitmeye başlayınca, buna uygun olarakta objektifler geliştirilmek zorunda kalındı. Makinaların içine mikro işlemciler

yerleştirilerek, fotoğraf makinası basit bir kaç düğmeyle kontrol edilebilir hale geldi. 1970’li yıllarda başlayan bu gelişme objektifleri de yavaş yavaş içine almaya başladı. İlk başlarda diyaframın makina üzerinden kontrol



Elektronik kontrollü bir objektife ait bir parça görmekteyiz.

Foto:9



Foto:10

edilmesi sağlandı. Daha sonra netleme sistemi “Auto” otomatik hale geldi. Günümüzde Dijital Analog fotoğraf makinaları tamamen elektronik olarak kontrol edildiğinden objektiflerde elektronik olarak kontrol edilir düzeye geldi. Artık bir çok objektiflerin üzerinde diyafram halkası bulunmuyor. Tüm bu kontroller makina üzerindeki bir beyinden kontrol ediliyor(Foto:10).

Profesyonel serideki objektifler tüm elektronik kontrollerinin yanında manuel kontrole de izin vermektedir. Her iki kontrolün bir arada uygulanması geliştirilen mikro motorlar sayesinde olmuştur.

3.2.3- NETLEME SİSTEMİ

1980'lerden itibaren bir çok fotoğraf makinası üreticisi elektronik sisteme geçince, buna bağlı olarak objektiflerde de bazı değişiklikler olmaya başlandı. Örneğin: Canon firması 1987 den itibaren EOS(Elektronical Operation Sistem) serisi fotoğraf makinaları için EF-(Elektronic Focus) serisi objektifleri üretti. şekil.9' da objektifin arkasında bulunan elektronik devre kontak uçları ve gövdedeki karşılıkları görülmektedir.

Bu değişimin en önemli iki sonucu olarak, netleme işleminin otomatik (AF-auto focus) yapılması ve diyaframın tamamen makina gövdesinden kumanda edilmesidir. Otomatik netleme (AF) sistemi ilk dönemde objektifin içine yerleştirilen micro motor sayesinde yapılyordu (Foto:11). Bu motorlar sesli ve yavaş çalışmaktaydı. Objektif üzerindeki bir düğme yardımıyla otomatik netleme aktif hale getiriliyor veya devre dışı bırakılarak manuel netleme yapılyor. Bu durum çekimlerde bazı sorunların yaşanmasına neden oluyordu. Daha hızlı ve aynı anda otomatik ve manuel netlik yapmaya imkan veren sistemlerin üretimi USM(Ultra Sonic Motor), AF-S(Silent Weve Motor) gibi adlarla anılan motorların keşfiyle mümkün olmuştur(Foto:11b). Günümüzde birçok markanın objektiflerinde standart olarak bu sistem kullanılmaktadır.

Özellikle hareketli konuların takip edilmesinde başarılı sonuçlar alınmaktadır. Farklı markalar ticari kaygılarla aynı sistemde çalışan ve aynı işlemi yapan bu netleme sistemlerine değişik adlar vermektedir. Bu

durumda sistemin temel mantığını bilmeyen kullanıcılar üzerinde yanıltıcı olmaktadır.



Foto:11 Netleme Motorları Örneği a



b

Netleme sistemi, objektif içinde netlik yapan elemanların hangileri olduğuna bağlı olarak değişiklik gösterir. Genelde netleme halkası çevril diğinde objektifin ön eleman grubu ileri geri hareket ederek netleme sağlar. Ve objektifin boyu uzar. Modern tasarımlarda bu durum değişmiştir. Özellikle uzun odaklı telelerde netleme yapılırken objektifin içindeki bir grup eleman hareket ederek netlik yapar. Böylece objektifin boyutu değişmeden daha rahat çalışma yapılır. (IF: Internal Focus) Dahili netleme adıyla tanımlanır. Diğer yandan genişaçı objektiflerde ise objektiflerin arka eleman grubu hareket ederek netleme yapar. (RF:Rear focus) Arka Netleme adıyla tanımlanır. Birbaşka netleme sistemi Çift Netleme (DF: Dual Focus) sisteminde, makine AF modunda iken objektifin netleme halkasının elle döndürülmesine olanak sağlanır. Böylece makine modunu değiştirmeden manuel netleme yoluyla daha hassas netleme yapılır.

3.2.4- DİYAFRAM SİSTEMİ

Objektiflerdeki temel yapısal değişimden diyafram sistemi de etkilen-

di. Objektifin dışındaki bir halkanın çevrilerek diyafram ayarlama düzeneği günümüzde yapılan objektiflerin bir çoğunda bulunmuyor. Bunun yerine gövde üzerindeki tuşlara basıldığında diyaframı istenilen değere getiren bir elektronik sistem var. Foto:12

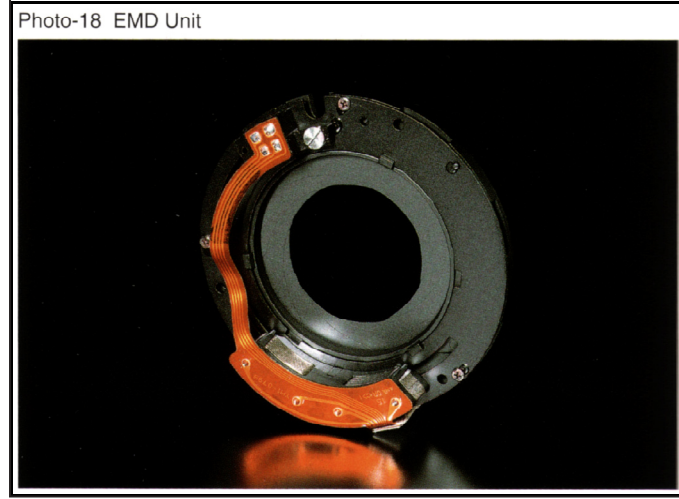
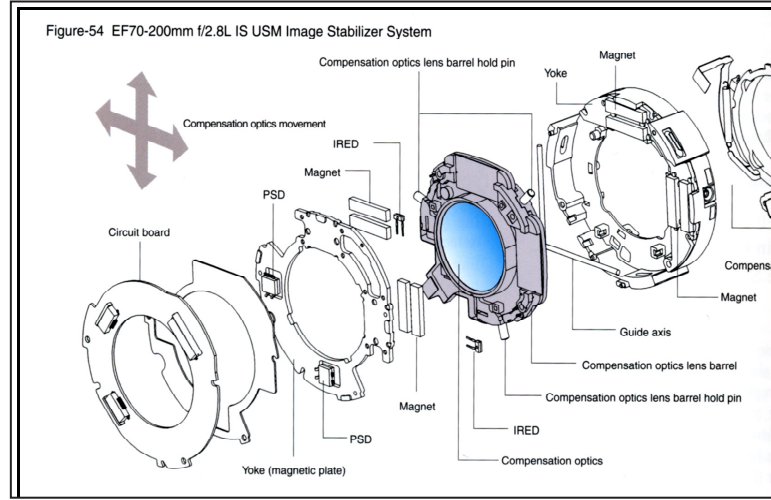


Foto:12 Elektromekanik diyafram (Canon, EMD-Electromagnetic diaphragm)

3.2.5- GÖRÜNTÜ SABİTLEYİCİ

Fotoğrafçılar için en büyük sorunlardan biri çekim anında fotoğraf makinasının titremesi ve buna bağlı olarak görüntünün bulanık(flu) olmasıdır. Özel bir görsel etki olarak bu durum tercih edilebilir. Görüntünün tamamen net olması gereken durumlarda fotoğrafçıların işleri zorlaşmaktadır. Fotoğraf makinasının titremesini önlemenin en etkili yöntemi üçayak kullanmaktır. Her durumda üçayak kullanmak mümkün olmayabilir. Üçayağın kullanılmadığı durumlarda elde çekim yaparken özellikle tele objektiflerde kamerayı titretme ihtimalimiz yükselir. Genel bir kural olarak bu gibi durumlarda objektifin odak uzaklığı değerinden daha aşağıda bir örtücü hızı kullanmamak gerekir.

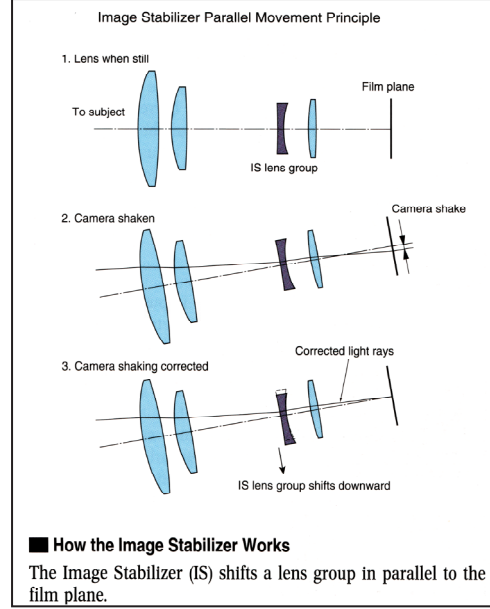


Şekil:36 Görüntü Sabitleyici sistem şeması

Örneğin; F:200mm tele objektif kullanıyorsak örtücü hızımız t:1/250 veya üzerinde bir değer olmalıdır. Az ışıklı ortamlarda bu kural işe yaramayabilir. Objektif imalatçıları bu gibi durumlarda fotoğrafçıların çalışmasını kolaylaştıracak bir buluşa imza attılar. Türkçeye “görüntü sabitleyici” olarak çevirebileceğimiz bu fonksiyon, yerine göre iki stopa kadar avantaj sağlamaktadır. Şekil:36

Bu fonksiyon **AS-AntiShake** (Konica-Minolta) ve **SSS-Super Steady Shot** (Sony) adıyla DSLR fotoğraf makinaları içinde bulunur ve görüntünün sabitlenmesi sensörün hareket ettirilmesiyle sağlanır. Diğer markalarda Objektif içinde bulunur. Objektifin içindeki uygun merceklerden bir tanesi şekil37’deki gibi parçalardan oluşan ve bağımsız hareket etme yeteneği olan bir düzenek olarak üretilir. Sistem objektifin içinde bulunan bir mikro motor ve işlemci vasıtasıyla çalıştırılır. Görüntü sabitleme aktif hale getirildikten sonra, objektifin tüm hareketlerini algılar ve değerlendirir. Objektifin yukarı-aşağı, sola-sağa ya da bunların karışımı bir hareket olduğunu algılar ve hareketli merceği görüntüyü film düzlemi üzerinde sabit tutacak şekilde

yönlendirir. Objektif öne doğru eğildiğinde, hareketli mercek yukarı kayar. Pozlandırma işlemi bitinceye kadar bu işlem devam eder. Şekil:37



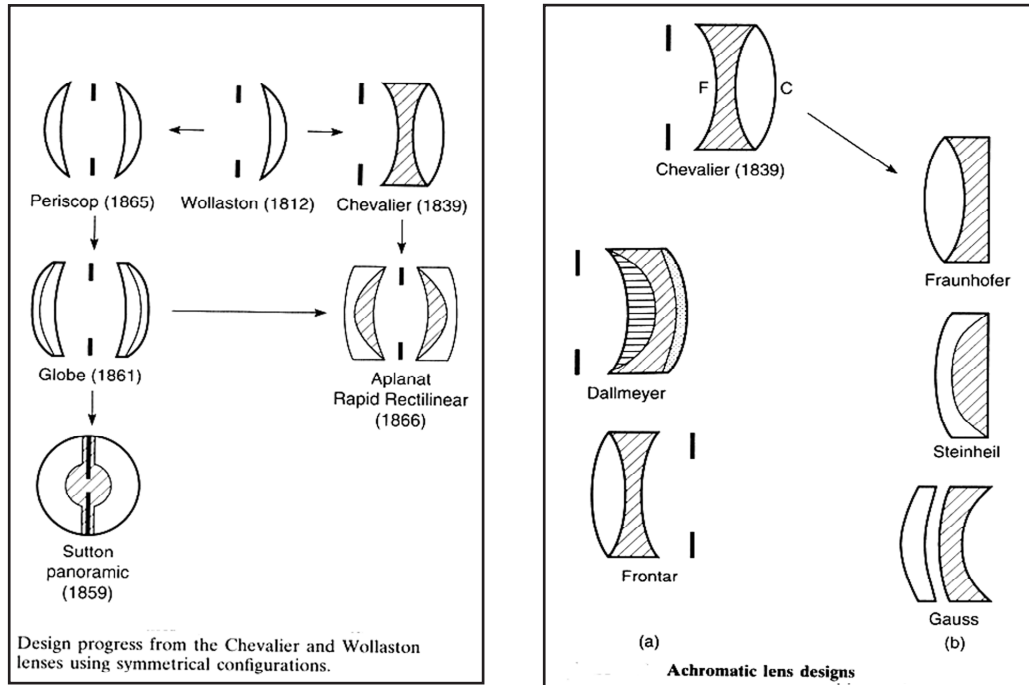
Şekil: 37 Görüntü Sabitleyici çalışma prensibi

Bu özellik sadece tele objektiflerde değil, diğer serilerde de kullanılmaya başlandı. Görüntü sabitleyici fonksiyonu piyasadaki mevcut objektiflerde Canon IS-Image Stabilization), Nikon VR -Vibration Reduction, Sigma OS- Optical Stabilization, Leica ise OIS- Optical Image Stabilization olarak adlandırıyor. (Bakınız Ek:11)

BÖLÜM 4

4.1 TEMEL OBJEKTİF TİPLERİNİN GELİŞİMİ

En basit objektif bir büyüteçtir. İki tarafı bombeli olan bu objektif çok kusurludur. Küresellik ve renkeme kusuru vardır. Bunun yerine bir yüzü düzlem bir yüzü dışbükey (konveks) mercek düşünülebilirse de böyle bir objektif çok küçük diyaframda ve keskinliğin çok kritik olmadığı hallerde kullanılır. Yine de köşe keskinliği ortaya göre çok zayıftır. Ucuz ve basit tek mercekli objektifler için en uygun seçim, bir yüzü dışbükey(konveks) diğer yüzü içbükey(konkav) olan gözlük camıdır. Böyle bir mercek küresellik ve koma için az sakıncalı bir durum gösterse de hala renkeme, astigmatizm ve distorsiyon kusurları mevcuttur. Böyle bir mercek, bir ilave yakınlaştırmacı (poroksar- Close-Up) olma dışında ciddi herhangi bir işlemden kullanılamaz. Şekil: 38a, 38b’de örnekler görülmektedir

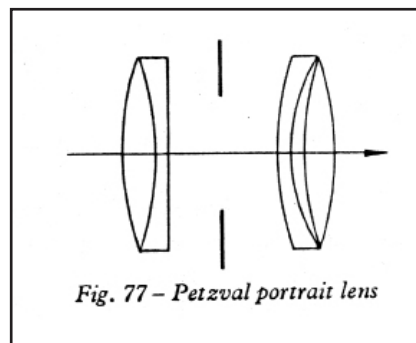


Şekil: 38 a İlk dönem objektiflerin gelişim şeması b

Renkseme (Kromatik aberasyon) kusuru için, düzeltilmiş basit akromattan oluşan bir çift bileşik mercek objektif olarak kullanılır. Bu tip objektife **Rapid Rectilinear** denir. Bu objektiflerde hala Astigmatizm ve distorsiyon kusuru mevcuttur. Küresellik, koma ve renkseme kusuru oldukça giderilmiştir. Açıklığı $f: 8$ gibi olabilir. Görüntü dairesinin gördüğü tepe açısı 40° gibi olmalıdır.

4.1.1- Petzval Objektif

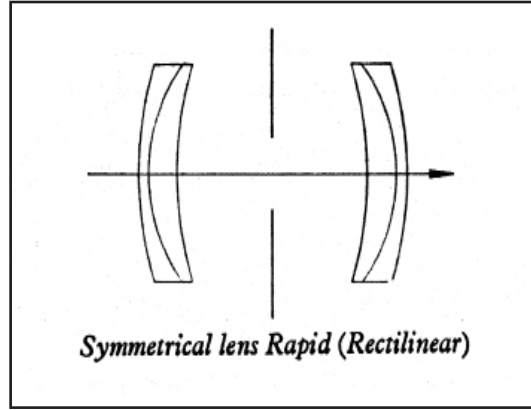
Viyana Üniversitesi, Matematik profesörü Macar Joseph Petzval (1807-1891), tarafından 1840'ta yapılan bu tasarım hala kullanılmaktadır. Sadece yeni isteklere göre geliştirilmiştir. Esas olarak iki pozitif gruptan meydana geliyor. Her biri birer acromattır. Bu iki grup arasında uzunca bir mesafe vardır. Bugün fotoğraf makinası objektifi olarak az kullanılır. Daha çok sinema ve projeksiyon objektifi olarak kullanılıyor. Fotoğraf alanında ise objektiflerinin genelde normal ve genişaçı olmaları gerekmez. Görüntü dairesinin tepe açısının nispeten dar olması, kullanım için bir sakınca gerektirmez. Ancak bu objektifin en büyük sorunu alan eğikliğidir. Bu hatayı gidermek için bu tasarımdan türetilen daha gelişmiş objektiflere düzeltici bir veya iki eleman eklenmiştir.



Şekil:39 Petzval objektif şeması

4.1.2- SİMETRİK OBJEKTİFLER

Bu objektiflerin büyük çoğunluğu anastigmattır. Peşpeşe kullanılan (+) ve (-) elemanlarla, alan eğikliği, küresellik, renksemi, distorsiyon ve astigmatizm kusurları giderilmiştir. Petzval ve düzeltilmiş Petzval için kabul edilenden daha geniş görüntü alanı bu hatalardan arındırılmıştır.



Şekil: 40 Simetrik objektif şeması

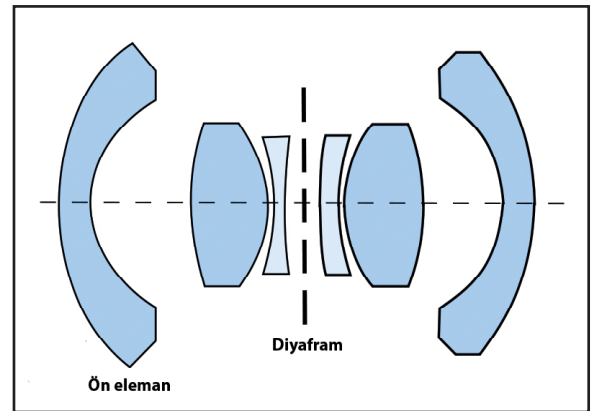
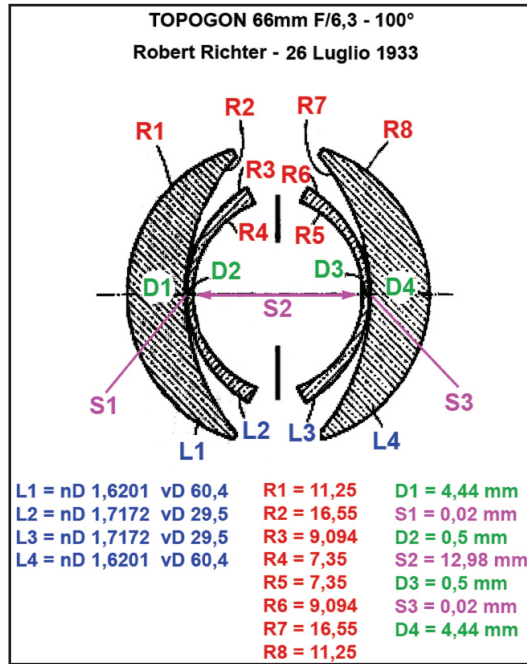
Anastigmat objektifler başlıca iki sistemin ürünüdür. “Simetrik objektifler” ve “Triplet”lerdir. Simetrik objektiflerin en basit formu “Rapid Rectilinear objektiftir”. Bu tasarımlardan daha mükemmel objektif tasarımına gidişte hep yeni camların bulunması evrim basamaklarının göstergesi olmuştur. 19.yy sonuna doğru Jena da olduğu gibi, Simetrik anastigmatların yapımı bu sayede mümkün olmuştur. Bu objektiflerin özelliği birçok mercek kusurunun adeta otomatik bir biçimde topluca ortadan kaldırmış olmasıdır. Ayrıca bu objektifler hem 1/1 kopya çekimlerini, hem de uzak mesafe çekimlerini aynı başarıyla mümkün kılar. Simetriklerin günümüzdeki gelişmesi başlıca iki alt tipte olmuştur.

1- Yarı veya tam geniş açı formunda simetrik tip objektifler. (Nispeten kısık diyaframla kullanılır): Bunların net görüntü tepe açıları, normal olan-

larda 52° , yarı geniş açılarda 65° - 70° , tam geniş açılarda 90° civarındadır.

2- İkinci alt grup ise büyük açıklıklı f:0,95-f:2,8 gibi normal objektiflerdir. Bu tasarımı çıkış noktası olarak, 6 elemanlı simetrik Planar örnek alınabilir. Bu tasarım 1889 da Carl Zeiss'den Dr.Roudolh tarafından yapılmıştır. Ayrıca daha sonra üretilen f:2,8 açıklığında 5 elemanlı versiyonu da tatmin edici sonuçlar vermiştir. Bu objektif F:100mm olup, iki adet 24x36mm formatı kapatır. Yine Biometar f:2,8/80mm aynı özelliği sahiptir.

Başlıca gelişme çizgisi 1920'lerde Hollywood aydınlık objektif istemiyle oldu. Bu dizinin temel şeması Gauss tipi Biotar veya Speed Panchro tipi objektiflerdir. Açıklıkları f:1,9'a kadar varır. Başlangıçtaki ilk Planar'dan sonra ki gelişmenin sınırı olarak, bu açıklığın maksimum olduğu düşünülmekteydi. Tepe açısı 54° 'dır ve mükemmel bir performansı vardır. Küresellik kusuru çok iyi düzeltilmiş ve oldukça düz bir net alanı vardır. Astigmatizmi çok azdır. Bu gelişmede ilk değişiklik hamlesi içerdeki yapışık ikili-



Şekil: 41 a

Simetrik tasarım objektif örnekleri

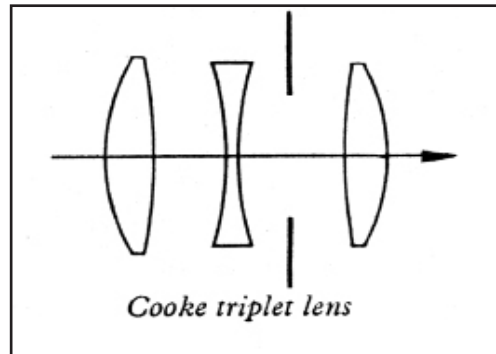
b

lerde oldu. Yapışık yüzeyler konveksten konkava veya tersi bir değişikliğe uğradılar. Daha sonra yüksek kırılma indisli camlar kullanılarak yeni objektifler yapıldı. Örneğin Canon firması $f:1:1,2-50\text{mm}$ objektifini yaptı. Daha gelişmiş bir çizgide içteki “ikili mercekler” birer “üçlü” haline dönüştürüldü. Daha da gelişmiş bir örnek, Voigtlander Ultron’da yapıldı. Yapışık mercekler aralanarak hava-cam-hava dizisi kullanılmaya başlandı.

Bir diğer aşama Leitz Summarit’te gerçekleşti. Tek arka eleman ayrık çift eleman haline getirildi. Böylece iki kırılma yüzü yerine dört kırılma yüzü elde edilmiş oldu. Aynı değişikliğin benzeri Canon’un ön elemanında yapıldı. Ön eleman iki mercek haline dönüştürülerek $f:1,2$ açıklığı elde edildi. Aynı firma çift sinema karesi kapatan $F:50\text{mm}-f:0,75$ açıklıklı objektifi yaptı.

4.1.3 Üç Elemanlılar (Triplet)

İngilterede, H.Dennis Taylor (Cook ve Oğlu firması) tarafından 1893’de geliştirilmiş bir optik sistemdir.(Şekil:42) O dönemde kullanılan Petzval ve Simetrik objektif tasarımlarına göre oldukça farklıdır. Yaklaşık olarak bir akromattan türetildiği söylenebilir. Dışlarda pozitif, ortada negatif olmak üzere yapışık olmayan üç elemandan oluşur. Küresellik, Koma, Astigmatizm ve Distorsiyon kusurlarının düzeltilmesine imkan verir. Ayrıca bölgesel



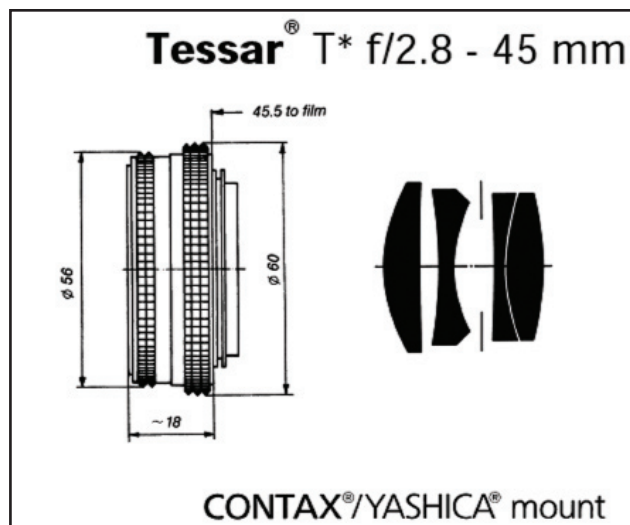
Şekil:42 Üç Elemanlı Objektif temel tasarımı

küresellik kusurunun düzeltilmesine de imkan verir. Objektif esas itibarıyla bir normal açılı objektiftir. Net görüntü alanın çapı, odak uzaklığına eşittir. Cook tripletlerin çok değişik uygulamaları vardır. Maliyetin önemli olduğu hallerde değişik tasarımlara gidilmiştir. Objektifin genel kalitesini iyileştirmek için iki yol izlenmiştir.

Birincide, üç elemanlıların tek ögesi ikili mercek haline dönüştürülmüştür. Arka tek eleman ikili merceklerle yer değiştirmiş, böylece küresellik kusuru mükemmel derecede giderilmiştir. Bu tasarım 8mm ve 16mm sinema objektiflerinde çok kullanılmıştır.

İkincide, arka eleman hariç tripletin diğer elemanları ikili grup şeklinde düzenlenerek 5 elemanlı hale getirildi (örnek: Aviar f:2,5).

Tripletlerdeki en önemli gelişme ise arka elemanın ikili grup haline gelmesidir. Bu değişim ünlü “Tessar” tasarımının ortaya çıkmasını sağlamıştır.



Şekil:43 Tessar Objektif

4.2-ÇOK BİLİLEN BAZI OBJEKTİF TASARIMLARI

Gauss: 1817'de C.F.Gauss tarafından tasarlanan bir çift, biri pozitif,biri negatif menüsküs şekilli teleskop objektifi.

Rapid Rectilinear: 1866'da John Henry Dallmeyer tarafından tasarlanmış, Simetrik iki gruptan oluşan objektif. Aplanat'da denir.

Apochromatic triplet:1890'da Abbe ve Rudolph tarafından tasarlanmış objektif.

Anastigmat Protar: 1890'da Paul Rudolph tarafından tasarlanan, önde yüksek indeksli sıçrama camı ve düşük indeksli taç camından oluşan bir akromat ile arkada yüksek indeksli taç camı ve düşük indeksli sıçrama camından oluşan akromat oluşturduğu düz alan objektifi. Zeiss şirketinde fotoğraf makinaları için tasarlanan ilk objektif.

Dagor:1892'de Emile Von Hoegh tarafından tasarlanmıştır. Orijinal adı Dobel Anastigmat Goerz'dir. 1894'de Dagor olarak kısaltılmıştır. Tasarım 2 simetrik bileşik 3'lü mercekten oluşur.(2 grupta 6 eleman) İki dış eleman pozitifdir. İç elemanlardan biri küresel sapmayı düzeltmek için diğeri alanı düzleştirmek için kullanılmıştır.

Zeiss Planar: 1896 Paul Rudolph tarafından çift Gauss dizaynına dayanarak tasarlanmıştır. 6 eleman, 6 grup'tan oluşan düz alan tasarımıdır. Mercekler arasındaki yansıma nedeniyle kaplama tekniği gelişene kadar fazla kullanılamadı. Günümüz Japon objektiflerinin bir çoğu Planarın türevleridir.

Heliar: 1900'de Hans Harting tarafından tasarlandı. Cook Triplet'in simetrik modifikasyonunu yapmaya çalışırken bu tasarımı buldu.

Hypergon: Paul Rudolph tarafında 1902 de tasarlandı, Düz bir alanı kap-

sayan aşırı dercede geniş açılı bir objektiftir (+/-67 derece). Nerdeyse bir küre oluşturan 2 derin menisküs elemandan oluşan simetrik yapıdadır. Küresel ve kromatik sapmalardan dolayı diyafram f/20 ile sınırlıdır. Ayrıca merkezde geniş ölçüde ışık düşüşü mevcuttur, Şu anda Canham bu objektifi üretiyor, merkez filtresi ile birlikte satılmaktadır.

Zeiss Tessar: 1902’de Paul Rudolph tarafından tasarlanmıştır. anastigmatın arka birleşik çift merceğini ve Unar’ın hava boşluklu ön komponentini kullandı. Ön eleman çok düşük güçlüydü, anastigmat tasarım gibi, ve tek fonksiyonu güçlü yeni akromat arka componentin kalan sapmasını düzeltmekti. Birleşik arka komponent bölgesel küresel sapmayı azaltır, aşırı düzeltilmiş eğik küresel sapmayı azaltır, ve orta alan açılarında astigmatik odaklar arasındaki boşluğu azaltır. İlk tasarım f/6.3 tü , fakat 1917 ye kadar diyafram f/4.5’e yükseltildi ve 1930 da W. Merte ve E. Wandersleb f/2.8’e yükseltti. Önceki Leica kameraya konulan Elmar 50 mm f/5.3 objektif, 1920 de Max Berek tarafından tasarlanan Tessar tipti. 3 grupta 4 eleman kullanır, hafif, küçük, göreceli olarak yüksek çözünürlüklü, diğer tasarımlara göre imalatı daha ucuz. Çoğu diyaframda keskin olması için tasarlanmıştır. Keskinlik ve kontrast açısından Dagor ve Artar arasında iyi bir denge olduğu görüldüğünden bir çok varyantı ve kopyası yapıldı.

Zeiss Sonnar: Ludwig Bertele f/ 1.8 Ernostar tipe dayanan Sonnar tipin dizaynına başladı. Sonnar negatif üçlü merceği dışarıda yüksek indisli ortada düşük indisli bir elemandan oluşur. 1932 de, arka komponentte güçlü bir birleşik arayüzlü f/1.5 versiyonunu piyasaya sürdü. Bu, yüksek diyaframlı bir objektifte gerekli olan, yüksek düzey küresel sapmayı düzeltmeyi mümkün kıldı. Tasarım Planar’dan daha az eleman kullanır, bu yüzden kaplama

tekniklerinin primitif olduğu zamanlarda, tasarımıdaki daha az yüzeyden dolayı objektif daha parlamaya sahipti. Planardan daha basit, daha küçük, göreli olarak ucuz. Tüm diyaframlarda iyi kontrast verirken, keskinlik açısından açık diyaframlarda biraz yumuşama olmaktadır. Diyafram kısıldıkça keskinlik artmaktadır.

Topogon:1934'de Robert Richter tasarımı. Bu simetrik bir tasarımda düzenlenmiş bir çift Gauss dizayndır. Geniş açılı kapsamasından ve küçük distorsiyonundan dolayı, o ve Bauch ve lomb'un hafifçe modifiye edilmiş Metrogon denilen formu, (1952 de Wild Aviogon bunun yerini alana kadar) standart hava çekimleri objektifi olmuştur. f/6.3 te tam 90° alanı kapsar ve 6 inc ebatında hava fotoğraflarında ve fotogramide kullanılan 9"x9" formatı kapsadı.12 lik ebatı 18"x18" formatı kapsamak için yapılmıştı.

Biogon: 1951 de Ludwig Bertele tarafından tasarlanmıştır. M M Roosinov tarafından, Zeiss Contax 35 mm ve Hasselblad kamerada kullanılmak üzere ultra geniş açılı objektif ihtiyacı için tasarlanan çift uçlu ters çevrilmiş telefoto objektife dayanır. Uzunlamasına 2 odak uzaklığı ve çapına 1 odak uzaklığı olmak üzere, tasarım fiziksel olarak büyüktü. Zeiss'in biogonu önde 2 menisküs elemanı, arkada tek bir güçlü menisküs elemanına sahiptir. Arka eleman düşük distorsiyon ve daha iyi kontrast için film düzlemine yakındır, fakat SLR'lerde ayna ile girişir.

Hologon: Erhard Glatzel tarafından 1966'da tasarlanmıştır.Biogon lens tasarımının bir modifikasyonudur.3 grupta 5 eleman. Arka eleman film düzlemine daha iyi bir kontrast için yakındır, fakat SLR için aynayla girişir. Kenarlarda belirgin ışık düşüşü vardır, bu yüzden sık sık ND merkez derecelendirilmiş filtrelerle kullanılır.

Günümüzde kullandığımız birçok objektif, yukarda genel özelliklerini verdiğimiz tasarımların çeşitli kompozisyonlarda bir araya getirilmesiyle yapılmaktadır.

4.3- OBJEKTİF ÇEŞİTLERİ

Objektiflerin odak uzaklıkları değiştikçe görüş açıları da değişmektedir. Değişen bu faktörler karşısında objektifleri belirli kategorilere ayırmak zorunluluğu doğdu. Kategori tanımlamasında objektifin net görüntü dairesinin kapsadığı film formatı referans olarak kabul edildi. Bu referans değeri 35mm film kullanan makinalarda görüntü ölçüsü 24x36 mm, köşegen uzunluğu 43,3mm yaklaşık olarak 50mm kabul edilerek oluşturuldu.

4.3.1- Normal Objektif:

Odak uzunluğu, net görüntü çapına eşit olan objektiflerdir. Film formatı değiştikçe normal objektif odak uzunluğu da değişmektedir.

Tabloda da gördüğümüz gibi 35mm filmler için normal objektif

Film formatı	Görüntü Ölçüsü	Köşegen uzunluğu	Normal objektif odak uzunluğu
Minox 9.5 mm	8 × 11 mm	13.6 mm	15 mm
APS - C	16.7 × 25.1 mm	30.1 mm	28 mm, 35 mm
135, 35mm	24 × 36 mm	43.3 mm	45 mm, 50 mm
120/220, 6 × 4.5 (645)	56 × 42 mm	71.8 mm	75 mm
120/220, 6 × 6	56 × 56 mm	79.2 mm	80 mm
120/220, 6 × 7	56 × 68 mm	88.1 mm	90 mm
120/220, 6 × 9	56 × 84 mm	101.0 mm	105 mm
120/220, 6 × 12	56 × 112 mm	125.0 mm	120 mm
Plan Film 4 × 5	96 × 120 mm	153.7 mm	150 mm
Plan Film 5 × 7	120 × 170 mm	208.0 mm	210 mm
Plan Film 8 × 10	194 × 245 mm	312.5 mm	300 mm

Tablo:6 .Formatlara göre odak uzunlukları

F:50mm iken, orta format 6x6 görüntü veren bir makinada F:80mm normal objektiftir. Ayrıca roll film kullanan makinaların görüntü ölçüsü değiştikçe (film aynı olmasına rağmen) köşegen uzunlukları değişmekte dolayısıyla normal odak uzaklığı da değişmekte. Buradan çıkarılacak sonuç; odak uzaklığının film formatına bağlı değişiminin yanında görüntü ölçüsüne de bağlı olarak değiştiğidir.

4.3.2- Genişaçı objektifler:

Odak uzaklığı film köşegeninden daha kısa olan objektiflerdir. Yani normal objektiften daha kısa odak uzaklığına sahip olmalarına karşın daha geniş alanı görmektedirler. Odak uzaklığı kısaldığı oranda görüş açısı da artar. (Bakınız Ek:12, Ek:13)

Yarı Geniş açılar; net görüntü dairesi, odak uzunluğunun %25 fazlası kadardır. Görüş açıları 65° - 70° kadardır.

Geniş açılar: Net görüntü dairesi çapı, odak uzunluğunun 2-2,4 katı kadar olan objektiflerdir. Görüş açıları 90° - 100° civarındadır. Özellikle Mimari çekimlerde Teknik kameralara takılarak kullanılır.

Balık gözü objektifler: Aşırı geniş açı kategorisine dahil edebileceğimiz bir objektif grubu. 16mm, 15mm gibi 24x36 görüntü alanını dolduran buna



Şekil:13 Balıkgözü objektif

karşılık aşırı bükülme yapan modellerine karşılık, 12mm, 8mm gibi film-in içine dairesel görüntü veren çeşitleri de vardır. Balıkgözü objektiflerin görüntü açıları 180° yi geçmektedir.

4.3.2.1-Ters çevrilmiş Telefoto(Retrofocus) objektifler:

Ters çevrilmiş telefoto objektif, simetrik bir geniş açının arka mercek ile film düzlemi arasına SLR makinaların aynasının girmesi mümkün değildir. Bu nedenle SLR makinalarda kullanılacak geniş açı objektifler farklı tasarımda yapılır. Bu objektifin arka netleme (back focus) mesafesi odak uzunluğundan daha büyük yapılmalıdır. Böylece objektifin yapısı asimetrik bir hale getirilir. Önde ışınları açan negatif bir grup, arkada ışınları toplayan pozitif bir grup bulunur.

Bu objektiflerin simetrik geniş açılardan bazı farkları vardır:

- 1-Bu tip bir geniş açı simetrik bir geniş açıdan daha az köşe kararması yapar. Görüntü alanının tamamı daha düzgün aydınlatılır.
- 2-Biçim bozulmasını(distorsiyon) gidermek için oldukça kompleks negatif sistemler kullanmak gerekir.
- 3-Tasarımları nedeniyle simetrik geniş açı objektiflerden daha ağır ve iri yapıldırlar.
- 4-Net görüntü alanlarına göre oldukça aydınlık objektiflerin yapılması retro-focus tasarımda mümkün olmuştur.

4.3.3- Uzun odaklı objektif:

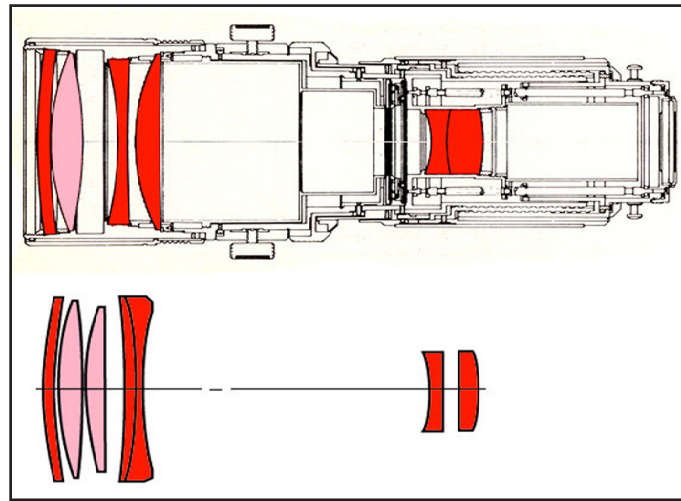
Odak uzaklığı normal objektiften büyük ve görüş açısı daha dardır. Çoğunlukla uzun odaklı objektifle tele objektif birbirine karıştırılmaktadır.

500mm'lik bir Uzun odaklı objektifin fotoğraf makinasının önünde 500mm'lik bir uzunluk var demektir. Oysa tele objektifin odak uzaklığı 500mm olmasına karşın, objektifin boyu daha kısadır.

Bu uzunlukta bir objektifin kullanımı kolay olmayacağı için alternatif olarak tele objektifler tasarlanmıştır. Teknik kameralarda, normal objektiften daha büyük odak uzunluğu olan objektiflerin tamamı Uzun odaklı objektiftir. Teknik kameralarda netleme körük hareketiyle yapıldığı için uzun odaklı objektif kullanmaya engel bir durum yoktur.

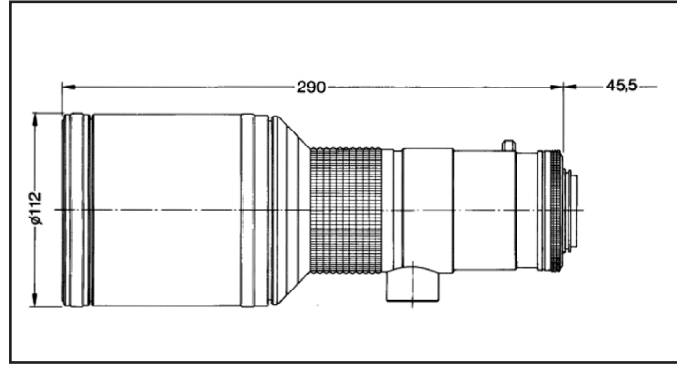
4.3.4 -Telefoto Objektifler:

Fotoğraf makinesini konuya yaklaştırmaya gerek kalmaksızın, normal objektiften(F:50mm) daha büyük görüntü veren objektiflerdir. Önde



Şekil: 44 Telefoto Objektif (Canon FL-F 300mm - 500mm)

ince kenarlı mercek grubu, arkada kalın kenarlı mercek gurubundan oluşur. Şekil:44 Teleobjektifin büyütme oranına, Teleobjektifin gücü denir. Bu oran 2 x, 3 x, 4 x ... şeklinde ifade edilir. Bu da demek oluyor ki 4 x'lik bir teleobjektif, normal objektifin dört(4) katı büyüklüğünde görüntü veriyor.



Şekil: 45 Telefoto Objektif ölçüleri (Zeiss Tele-Apotessar T* 500mmf/5.6

1890’larda İngilterede Dalmeyer tarafından tasarlandı. Ana fikri uzun odaklı objektiflerde nispeten kısa netleme (back focus) mesafesi elde etmektir. (Şekil:45’de 500 mm odak uzaklığı olan bir teleobjektifin boyunun 290mm’dir.) Günümüzde modern optikcilerin başarı ölçüsü, uzun odak ölçüsüne karşılık, kısa netleme(back focus) mesafesi ve objektifin toplam boyundaki kısalmadır. Bu nedenle tele objektifler için “tele-foto” oranı diye bilinen bir kavram ortaya çıktı.

Film düzlemine olan mesafe (d), odak uzunluğu (f) olduğuna göre, Telefoto oranı: d/f ’dir.

Bir telefoto objektifte bu oran 1’den küçük olmalıdır. Tele oranı bağımsız seçilen bir değer değildir. Objektifin genel tasarımına bağlıdır. Bazı düzeltmelerin daha iyi yapılabilmesi için bundan ödün verilmektedir. Günümüzdeki teknik verilere göre bu oran 0,75’lerden daha aşağı değerlere çekilmiştir. Tele objektif bahsinde iki özellikten daha söz etmek gerekmektedir. Bunlar bozulmuş perspektif ve zayıf alan derinliğidir.

Perspektif: Genel olarak bir fotoğrafın doğru perspektifte izlenebilmesi için hangi objektif ile çekilmiş ise aynı odak mesafesinden olmalıdır. Genellikle tele objektif ile çekilmiş bir fotoğrafa, normal objektifin odak mesafesinden

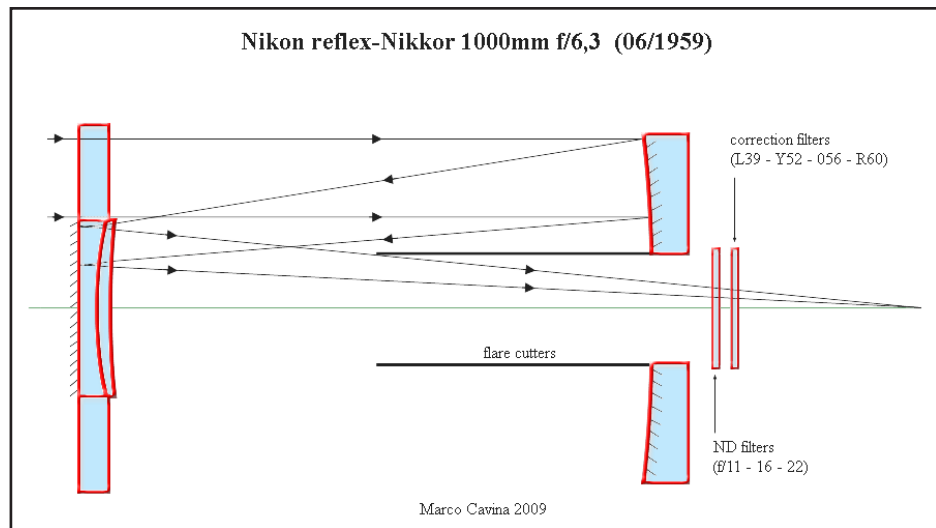
bakılınca, perspektif doğru görünmez. Açı dar olduğu için fotoğraf küçük kalır ve yaklaşarak bakarız. Bu durumda da görüntüdeki planlar üst üste binmiş ve perspektif sıkışmış görünür. (Bakınız Ek:14, Ek:15)

Projeksiyonda izleme: Genellikle projeksiyon objektifleri, normal objektif odak uzunluğunun iki katı odak uzunluğuna sahiptir. Bu nedenle odak uzunluğu 2xf olan objektifler projeksiyon makinası civarından izlendiğinde doğru perspektifte görünür. Projeksiyonda izleme yaparken perde ile projeksiyon eksenini üzerinde oturarak izleme yapmak doğru olur.

4.3.4.1 -Aynalı Tele Objektifler.

Yansıtıcı yüzeyler (ayna) kullanılarak yapılan teleobjektiflerdir. Aynalı objektiflerde renksemi kusuru bulunmaz. Merceklerde görülen kusurların bir çoğunu bu objektifte göremeyiz. Önemli denecek kusuru hafif alan eğikliğidir. Bu hata milimetrenin %1'ini geçmez. Tele objektiflerde görülen ikincil spektrum yoktur.

Objektif içinde ışınlar yansıyarak yol aldıkları için objektifin boyu 1/2 oranında kısalır. Bu kısalma ağırlığında düşmesini sağlamaktadır. Bu objek-



Şekil: 46 Aynalı tele objektif kesiti

tiflerin temel örneği; Bir içbükey ayna, bir düz ayna ve önde Schmidt levhası denilen asferik bir mercekten oluşan Schmidt objektiftir(Şekil:39).

Bu objektiflerin diyafram değerleri sabittir. Genellikle f:11 veya f:8 gibi değerde yapılırlar. Objektifin içinde ışığın kırılarak yol alması nedeniyle kontrast düşmesi sorunu vardır. Bu sorun gidermek için objektif içine ışık kesici tüp takılır.

4.4 Değişken Odaklı (Zoom) Objektifler

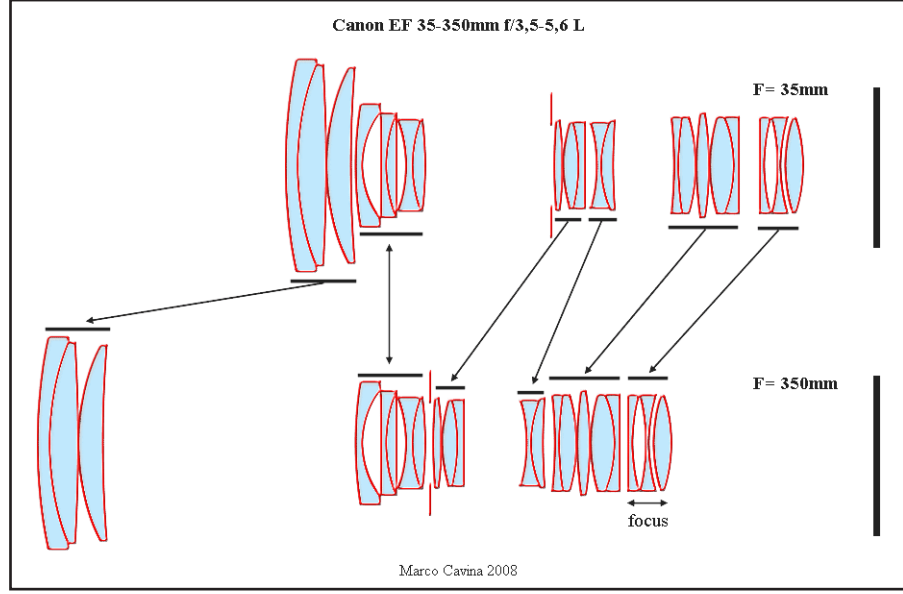
Belli sınırlar arasında odak uzaklığı değişebilen objektiflerdir. Odak uzaklığı değişirken objektifin odak düzlemi sabit kalır. Bu objektifler belli bir bakış noktasından istenilen kadrajın tam olarak yapılmasına imkan verir.

Fotoğrafçıların birden fazla objektif taşıma ve satın alma gibi sorunlarını büyük oranda ortadan kaldırmıştır. Geniş açı bölgesinde ve tele bölgesinde iki değişken odaklı objektifle bir set yapılabilir.

Fotoğraf makinası için yapılan değişken odaklı objektifler, sinema için tasarlanmış objektiflerin fotoğrafa uyarlanmış halidir. Yine de her iki kullanım arasında fark vardır. Sinemada değişken odaklı objektifler hem kadraj hemde yaklaşma-uzaklaşma efekti için kullanılır. Fotoğrafta ise “Zoom İn-out” efektinin dışında dinamik bir kullanımı yoktur.

Değişken odaklı objektiflerin, optik kalite açısından odak uzaklığı oranlarının 3x'i geçmemesi tavsiye edilir. Örneğin: kısa odak uzunluğu 70mm ise uzun odak ölçüsü 210mm geçmemeli. Bir başka dikkat edilecek etken ise, geniş açı bölgesinde başlayıp, tele bölgesine giden bir objektifin tercih edilmemesidir. Daha önceki bölümlerde gördüğümüz üzere objektiflerin yapımında karşılaşılan sorunlar, geniş açıda farklı, tele de farklıdır. Her sorun kendi kategorisi içinde en iyi çözümlenir. Bir değişken odaklı obje-

tifte bu sorunları en iyi şekilde çözenin imkanı yoktur. Bu nedenle değişken odaklı objektiflerin görüntü kaliteleri diğer objektiflere göre daha düşüktü.



Şekil: 47 Değişken Odaklı Objektif şeması (Canon- 35-350 mm)

Son yıllarda üretilen değişken odaklı objektiflerin kalitesinde gözle görülür bir artış var. Özellikle bilgisayarlı tasarım ve üretimin sağladığı kalite artışının sonucunda 35-350mm gibi değişken odaklı objektifler üretilmektedir. Bu objektiflerin kalitesi kabul edilebilir düzeydedir. Özellikle profesyonel kategorideki objektifler sabit odaklı objektiflerle yarışır duruma geldiler. Fakat bu kalitenin artması beraberinde de yüksek maliyeti fotoğrafçıların karşısına çıkardı. (Bakınız, Ek:16)

4.3.6- Özel Amaç Objektifleri

Fotoğrafta özel etki almak veya bazı hataları düzeltmek için üretilen objektiflerdir. Makro objektifler, Perspektif kontrol objektifleri, Soft focus objektifler ve Lens Baby bu gruba girmektedir.

4.6.1-PC-Perspektif Kontrol Objektifi:

Mimari fotoğraflarda perspektif kontrolü önemli bir sorundur. Teknik kamera kullanılıyorsa objektif düzleminin ve film düzleminin bağımsız hareket etmesinden dolayı perspektif kontrolü kolaylıkla sağlanır. SLR bir fotoğraf makinası kullanıldığında özellikle dar alanlarda ve iç mekanlarda doğru perspektifte çekim yapmak zorlaşır. Üreticiler bu sorunu aşmak için SLR makinalarda kullanacak Perspektif kontrol(PC) objektiflerini tasarladılar. Objektifin ön eleman grubu, arka eleman grubundan bağımsız olarak belli oranda hareket edebilmektedir. Bazı modellerde sadece yana kaydırma(Shift) hareketi yapılırken, bazı modellerde öne eğme(tilt) hareketi de yapılabilmektedir. (Bakınız Ek:17)



Şekil: 14 Perspektif kontrol objektifi (Canon TS-24mm)

4.3.6.2- Yumuşak netlik(Soft Fokus) objektifi.

Portre fotoğrafçılığında konu ayrıntılarının daha yumuşak, ince bir tül arkasındaymış gibi çekilmesi istenir. Normal bir objektifi odak dışı ayarla-

makla istenen etki elde edilemez. Optik kusurları düzeltilmemiş ince kenarlı bir mercek veya küresellik kusuru sağlayacak şekilde özel olarak yapılmış bir objektif kullanarak istenen etki elde edilir. Yumuşak netlik objektiflerinde bir noktanın görüntüsü gittikçe azalan bir hale tabakası ile çevrili nokta şeklinde olur. Bu objektiflerde netliğin yumuşaması tüm görüntü alanında eşittir. (Bakınız Ek:18)

4.3.6.3- Makro Objektif

Küçük konuların yaklaşık olarak 1/1'den(gerçek boyut) 20 kez büyütülmüş ölçülere kadar fotoğraflanması için tasarlanmış objektiflerdir. Tamamen makro çekimler için tasarlanan objektiflerin en az 1/1 oranında görüntü vermesi gerekir. Piyasada bir çok farklı objektifin üzerinde "Macro" çekim yapabileceği yazılmasına karşılık, bu objektifler makro objektif olarak tasarlanmadıkları için iyi sonuç almak zordur ve 1/2 oranından daha büyük görüntü vermez.

Makro objektifler de büyütme oranı arttıkça objektiften geçen ışığın değer kaybı da artmaktadır. Bu nedenle uzun pozlama durumları için çekimde bir üçayak kullanmalı. Ayrıca çekilen konunun küçüklüğü nedeniyle netliğin kritik olması üçayak kullanımını zorunlu kılmaktadır.

Makro objektiflerle çekimlerde dikkat edilecek en önemli sorun alan derinliğinin çok kısa olmasıdır. Konuya çok yakın mesafeden netlik yapıldığı için, alan derinliği milimetrelerle ifade edilecek kadar daralır. Bu nedenle netliği doğru yere yapmak ve alan derinliğini iyi hesap etmek gerekir. Aşağıda Makro objektifler için örnek alan derinliği tablosu verilmiştir.

(Bakınız Ek:19)

SIGMA 50mm F2.8 EX DG MACRO

$f = 50$ Permissible circle of confusion = 0.03333mm

Distance	INF		1.00m		0.50m		0.40m		0.30m		0.25m	
F number	Rear	Front	Rear	Front	Rear	Front	Rear	Front	Rear	Front	Rear	Front
2.8	INF	24.844	1.837	0.965	0.612	0.588	0.484	0.386	0.302	0.258	0.251	0.249
4	INF	17.782	1.062	0.563	0.616	0.586	0.486	0.384	0.303	0.257	0.252	0.248
5.6	INF	12.584	1.075	0.526	0.623	0.578	0.488	0.382	0.304	0.256	0.252	0.248
8	INF	8.921	1.118	0.511	0.634	0.578	0.413	0.388	0.306	0.254	0.253	0.247
11	INF	6.326	1.163	0.879	0.649	0.568	0.418	0.384	0.308	0.282	0.255	0.246
16	INF	4.491	1.248	0.838	0.672	0.543	0.426	0.377	0.312	0.289	0.257	0.244
22	INF	3.193	1.394	0.786	0.708	0.523	0.438	0.368	0.317	0.285	0.260	0.241
32	INF	2.276	1.676	0.722	0.766	0.487	0.457	0.358	0.326	0.279	0.264	0.238
45	INF	1.627	2.358	0.652	0.875	0.456	0.486	0.343	0.337	0.272	0.271	0.233

$f = 50$

Distance	0.23m		0.22m		0.21m		0.20m		0.20m		0.19m		0.19m	
F number	Rear	Front	Rear	Front	Rear	Front	Rear	Front	Rear	Front	Rear	Front	Rear	Front
2.8	0.231	0.228	0.221	0.218	0.211	0.208	0.208	0.208	0.196	0.196	0.190	0.198	0.188	0.188
4	0.231	0.228	0.221	0.218	0.211	0.208	0.201	0.198	0.196	0.194	0.190	0.198	0.188	0.188
5.6	0.232	0.228	0.221	0.218	0.211	0.208	0.201	0.198	0.196	0.194	0.191	0.198	0.188	0.187
8	0.232	0.228	0.222	0.218	0.212	0.208	0.201	0.198	0.196	0.194	0.191	0.198	0.188	0.187
11	0.234	0.227	0.222	0.218	0.212	0.208	0.202	0.198	0.197	0.193	0.191	0.198	0.188	0.187
16	0.236	0.225	0.223	0.217	0.213	0.207	0.203	0.197	0.197	0.193	0.192	0.198	0.188	0.186
22	0.237	0.225	0.226	0.216	0.215	0.206	0.206	0.196	0.198	0.192	0.193	0.198	0.188	0.186
32	0.248	0.221	0.227	0.214	0.217	0.204	0.206	0.196	0.208	0.194	0.194	0.197	0.182	0.185
45	0.246	0.217	0.239	0.212	0.226	0.201	0.208	0.193	0.202	0.196	0.196	0.196	0.183	0.183

(Unit: meter)

SIGMA MACRO 105mm F2.8 EX DG

$f = 105$ Permissible circle of confusion = 0.03333mm

Distance	INF		3.00m		1.50m		1.00m		0.80m		0.60m		0.50m	
F number	Rear	Front	Rear	Front	Rear	Front	Rear	Front	Rear	Front	Rear	Front	Rear	Front
2.8	INF	107.124	3.080	2.824	1.618	1.482	1.007	0.993	0.804	0.798	0.602	0.598	0.501	0.499
4	INF	78.297	3.111	2.897	1.626	1.476	1.010	0.990	0.806	0.794	0.603	0.597	0.502	0.498
5.6	INF	66.390	3.169	2.857	1.636	1.468	1.014	0.988	0.809	0.782	0.604	0.596	0.503	0.498
8	INF	39.203	3.231	2.801	1.651	1.463	1.020	0.980	0.812	0.788	0.606	0.594	0.504	0.496
11	INF	27.763	3.387	2.727	1.673	1.434	1.029	0.973	0.817	0.784	0.608	0.592	0.506	0.495
16	INF	19.668	3.501	2.628	1.686	1.408	1.042	0.962	0.826	0.777	0.612	0.589	0.507	0.493
22	INF	13.931	3.764	2.601	1.656	1.374	1.060	0.947	0.836	0.768	0.617	0.584	0.510	0.490
32	INF	8.882	4.213	2.341	1.729	1.328	1.088	0.927	0.851	0.766	0.624	0.578	0.516	0.486
45	INF	7.020	5.076	2.148	1.848	1.283	1.130	0.900	0.876	0.739	0.636	0.569	0.521	0.481

$f = 105$

Distance	0.45m		0.40m		0.37m		0.35m		0.33m		0.32m		0.313m	
F number	Rear	Front	Rear	Front	Rear	Front	Rear	Front	Rear	Front	Rear	Front	Rear	Front
2.8	0.451	0.449	0.401	0.399	0.370	0.370	0.360	0.350	0.330	0.330	0.320	0.320	0.313	0.313
4	0.451	0.449	0.401	0.399	0.371	0.369	0.361	0.349	0.330	0.330	0.320	0.320	0.313	0.313
5.6	0.452	0.448	0.401	0.399	0.371	0.369	0.361	0.349	0.331	0.329	0.320	0.320	0.313	0.313
8	0.453	0.447	0.402	0.398	0.371	0.369	0.361	0.349	0.331	0.329	0.321	0.319	0.314	0.312
11	0.454	0.446	0.403	0.398	0.372	0.368	0.361	0.349	0.331	0.329	0.321	0.319	0.314	0.312
16	0.456	0.446	0.404	0.397	0.373	0.367	0.362	0.348	0.332	0.328	0.321	0.319	0.314	0.312
22	0.458	0.443	0.405	0.396	0.374	0.366	0.363	0.347	0.332	0.328	0.322	0.318	0.315	0.311
32	0.461	0.440	0.407	0.393	0.375	0.365	0.364	0.346	0.333	0.327	0.323	0.317	0.315	0.311
45	0.466	0.436	0.410	0.390	0.378	0.363	0.366	0.344	0.336	0.326	0.324	0.316	0.316	0.310

(Unit: meter)

SIGMA APO MACRO 180mm F3.5 EX IF / HSM

$f = 180$ Permissible circle of confusion = 0.03333mm

Distance	INF		3.00m		1.50m		1.40m		1.20m		1.00m	
F number	Rear	Front	Rear	Front	Rear	Front	Rear	Front	Rear	Front	Rear	Front
3.5	INF	283.164	3.027	2.926	2.118	1.978	1.488	1.486	1.285	1.186	1.001	0.985
4	INF	241.090	3.031	2.963	2.104	1.976	1.500	1.485	1.285	1.186	1.001	0.985
5.6	INF	168.778	3.045	2.960	2.110	1.970	1.503	1.482	1.287	1.194	1.002	0.984
8	INF	120.103	3.066	2.931	2.119	1.962	1.508	1.478	1.210	1.191	1.004	0.982
11	INF	84.977	3.086	2.904	2.131	1.951	1.514	1.472	1.213	1.188	1.006	0.980
16	INF	63.139	3.138	2.868	2.148	1.936	1.523	1.463	1.219	1.183	1.010	0.986
22	INF	42.576	3.201	2.818	2.173	1.914	1.536	1.452	1.227	1.175	1.015	0.982
32	INF	33.137	3.286	2.750	2.110	1.844	1.555	1.436	1.238	1.165	1.022	0.975

Tablo:7 50mm, 105mm ve 180mm Macro objektiflerin alan derinliği tablosu

4.3.6.4- Lens Baby

Son yıllarda üretilen bu objektif, oldukça ilginç yapısıyla dikkati çekmektedir. Temelde objektifin mercek guruplarını birbirinden bağımsız hareket etmesi prensibine dayanmaktadır. Bu hareket esnekliğinden dolayı farklı görsel efektler elde edilmektedir. Diyafram kontrolü bağımsız halkalarla sağlanmaktadır. Lens baby'nin ön elemanı cam, plastik ve iğne deliği olarak değiştirilecek şekilde tasarlandığından amaca uygun bir eleman seçimine imkan verir. (Bakınız Ek:20)



a



b



c

Foto:15 a) Lensbaby,

b) Diyafram halkaları

c) Kullanım şekli

4-5-GÖRÜNTÜ YOĞUNLAŞTIRICI

Görüntü Yoğunlaştırıcı(Image Intensifier), gece gibi ışığın çok az olduğu ortamlarda çekim yapmaya imkan sağlayan elektro-optik bir sistemdir. Özellikle sinema endüstrisinde kullanılmaktadır. Sistem objektifin önüne takılarak kullanılan bir alettir.

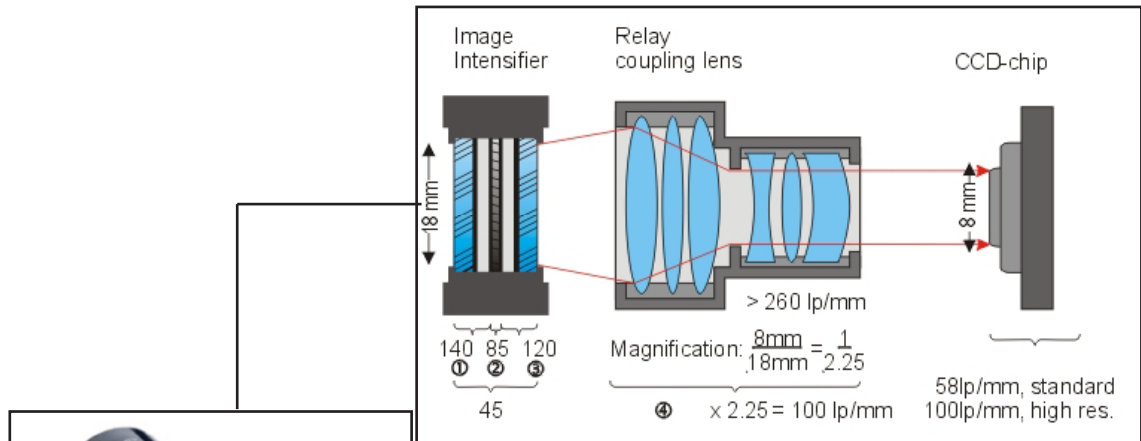
Görüntü yoğunlaştırıcı üç fonksiyonel ünitelerden oluşmaktadır.

1-Fotokatod ünitesi; gelen ışın fotonlarını, foto elektronlara dönüştürür.

2-Mikro Kanal Plakası(MCP); Foto elektronları “Pikosaniye” süresince tutarak daha çok fotonun birikmesini sağlar. Böylece birim zamanda görüntü oluşturacak kadar foton toplamış olur.

3-Fosfor ekran; Mikro kanal plakasında tutularak biriktirilmiş foto elektronları fotonlara çevirerek film-sensöre gönderir.

Görüntü yoğunlaştırıcı, sistem açıldığında(elektrik yüklü) ışın geçirme ye başlar, kapatıldığında ışın geçişini durdurur. Sistemin çözünürlüğü ortalama olarak 60 çizgi/mm dir.



Şekil: 48 Görüntü Yoğunlaştırıcı Şeması



Foto: 16 Görüntü Yoğunlaştırıcı Komponent

SONUÇ

Teknolojik gelişmelerden en çok etkilenen sanat dalının fotoğraf olduğunu söylersek, abartmış olmayız. Varlığını teknolojiye borçlu olan bir sanatın gelişiminde teknolojinin rolü büyük olacaktır şüphesiz.

Sanayileşme çağında herşeyin makinalarla yapılmasının düşünülmesi, düşünmekle kalmayıp uygulamaya geçilmesi, fotoğrafın da keşfedilmesine neden oldu. Fotoğraf artan portre resmi çizdirme talebini karşılamaya başladığında, batıda portre fotoğrafı çekirme çılgınlığı ortaya çıktı. Bu defa da artan fotoğraf talebini karşılamakta zorlanan fotoğrafçılar zamanla çekimi daha seri ve ucuz hale getirmeye başladılar(Carte-de-visite).

Gelişmeyi sürükleyen en büyük etken tüketimin artması olmuştur. Buna paralel fotoğraf stüdyolarında da artış olduğunda fotoğraf makinaları, objektifler, filmler, kimyasalların tüketimi de artmıştır. Özellikle objektif imalatını başlangıçta mikroskop veya gözlük üreticileri yan ürün olarak yaparken, zamanla asıl üretime geçmek için bağımsız fabrikalar kurulmuştur. Buna en iyi örnek Zeiss firmasıdır.

Objektif tasarımı ve üretiminde Alman Zeiss firmasının temel standartları belirleyecek kadar etkin olduğunu görüyoruz. Bu gün kullandığımız bir çok objektifin temel tasarımı Zeiss mühendislerinin yaptığı tasarımların üzerinde inşaa edilmiştir. Tessar, Planar gibi tasarımlar en çok kopyalanan tasarımlardır. 1950'lerden itibaren Japon üreticiler fotoğraf sanayiinde etkin olmaya başladılar. Kamera, objektif ve film üretiminde Avrupa ve Amerikan firmalarını geride bırakmayı başardılar.

Almanya'da Leica, Carl Zeiss gibi efsane markalara karşılık,

Japonlarda Canon, Nikon, Pentax, Olympus gibi markalar hem makina hem de objektif üretimiyle rekabette yerlerini aldılar. Bütün bu markaların ürünlerindeki karakteristik farklar, her bir markanın kendine özgü kullanıcı kitlesinin oluşmasını sağladı. Bu farklar nereden geliyordu? Özellikle objektif alanındaki farklardan bahsedecek olursak; camın kimyasal bileşenlerinin farklılığı, üretim tekniklerindeki detayların farklılığı ve üretim felsefesindeki farklılıklardan oluşmaktadır.

Bilgisayarlı tasarım ve üretimin yaygınlaşmasıyla birlikte objektif üretiminde de kalite ve çeşitlilikte bir artış görüyoruz. Objektif tasarımında yıllarca süren hesaplama artık bilgisayar programları sayesinde çok daha kısa sürede yapıp üretime girebilmektedir. Fotoğraf makinaları ve objektiflerde 1980’li yıllarda başlayan elektro-mekanik sistemler(Minolta-Maxxum, Canon-EOS gibi) 2000’li yıllarda “Dijital” teknolojiyle yeniden üretilirler. Kullanım kolaylığına yönelik olan tasarımların yanı sıra objektiflerin optik kalitelerinde de artış sağlanmıştır. Optik camların yeni kimyasallarla ışık geçirgenlikleri artırılmış, mercek kaplamalarıyla da yansımalar minimuma indirilmiştir. Objektif üreticileri üst kalite objektiflerini diğerlerinden ayırmak için objektifin üzerine farkı açıklayan semboller ve renkli çizgiler koydular(örneğin:Canon için L “Luxury”serisi ve Kırmızı çizgi).

Bu dönemde “Dijital” fotoğraf makinalarının sensör boyutlarına uygun objektifler tasarlandı. Sensör teknolojisinin 24x36mm ölçüsünde sensör yapabilecek seviyeye ulaşmasına rağmen, bu ölçüdeki sensörlerin tüm seviyelerde kullanılacak kadar ucuz olmaması DSLR makinaların amatör ve profesyonel seviyeler için farklı tasarlanmasına neden oldu. Profesyonel seviyedeki makinalarda Tam çerçeve(Full Frame) sensörler kullanılırken, amatör sevi-

yelerde daha küçük ölçüde (Alan daralması faktörü “Crop factor” 1.5x, 1.6x gibi) sensörler kullanıldı. Küçük sensörlerin net görüntü dairesi çapı küçük olduğundan, kullanılacak objektifinde arka netlik “back focus” mesafesi daha kısa olacağı için bir çok objektif yeniden tasarlandı. Tam çerçeve sensörleri olan makinalarda analog sistemdeki objektifler kullanılmaya devam edildi.

Dijital teknolojinin bir başka önemli etkisi, objektiflerin bazı optik kusurlarının sayısal görüntü işleme programlarında düzeltilmesidir. Örneğin, biçim bozulması, köşe kararması, renkseme kusurları gibi doğrudan optik hatalar düzeltilebilmektedir. Her yeni makinayla birlikte sensörlerin ışık algılama ve makina işlemcilerinin görüntüyü sayısallaştırmasında da iyileştirmeler olmaktadır. O kadar ki aynı objektif kullanılarak Canon EOS 5D 12mp ve EOS 5D Mark II 22mp makinalarda çekim yapıldığında da objektifin MTF grafiğinde önemli değişimler görülmektedir. Bu da gösteriyor ki optik kusurlar algılayıcı teknolojisindeki gelişmeler sayesinde makinada belli oranda düzeltilmektedir.

Bütün gelişmeler fotoğrafın görselliğinde bir kalite artışı sağlamak içindir. Bir fotoğrafta kompozisyon, ışık kullanımı, tema gibi veriler fotoğrafçının yeteneğine bağlıdır. Diğer yandan fotoğrafın keskinliği, renklerin doygunluğu gibi veriler objektifden doğrudan etkilenir. Fotoğrafçılar da seçim yaparken kullanım amaçlarına en uygun objektifi bu gibi faktörlere göre değerlendirirler. Değerlendirmelerin bilimsel verilere göre değişmez belirli kurallar çerçevesinde yapılması için MTF grafikleri yayınlanır. Objektif seçiminde başlangıçta MTF grafiklerinin incelenmesinin faydası vardır. Günümüzde bir çok “internet sitesi” objektiflerin performansıyla ilgili testler yaparak yayınlamaktadır.

Fotoğrafın amatör kullanıcıdan profesyonele kadar çok geniş kullanım alanı vardır. Bu alandaki ihtiyaçlara farklı objektiflerle çözüm getirilmiş, bu nedenle geniş açıdan telefoto objektife kadar çok farklı objektifler üretilmiştir. Geniş açı objektifin kullanım alanı ve amacı ile Tele objektifin ki çok farklıdır. Fotoğrafçılar çekecekleri konunun durumunu, mekanını, temayı değerlendirip en uygun objektifi seçerler. İyi bir fotoğrafta objektifin doğru seçildiğini görürüz. Çünkü fotoğrafın görsel etkisini artıran bakış noktası olduğu kadar, çekim yapılan objektiftir. Tabii burada ışık, pozlandırma, diyafram vb. diğer detayları unutmuş değiliz.

Ne olursa olsun, çekilmiş bir fotoğrafın etkisinin en önemli faktörü objektiftir. Çünkü fotoğrafta elde etmek istediğimiz bir görsel etkiyi, objektife göre düşünürüz. Çoğu kerede farkında olmadan yaparız bunu. Yani hafızamızda bir görüntü oluştuğunda kullanacağımız objektifte belirlenmiştir. Tasarladığımız görüntüyle gerçek görüntü arasına girecek objektifin kalitesi sonucun nasıl olacağını belirler.

Sözün kısası; fotoğrafçılar objektifleri kadar görür, görebildikleri kadar düşünürler.

KAYNAKÇA

Arnold,C.R-Rolls,P.J-Stewart,J.C.J - APPLIED PHOTOGRAPHY.

London-The Focal Press 1.Baskı 1971

Coustet,Ernest-Ceillier,Remi. PHOTOGRAPHIE. Paris-Librairie

Delagve. 1933

Ertan,Güler- Erutku,Bülent. AÇIKLAMALI FOTOĞRAF TERİMLERİ
SÖZLÜĞÜ. İstanbul-Say yayın 2004 1.Baskı

Gökgöz,Aydemir. BÜTÜN YÖNLERİYLE FOTOĞRAFÇILIK. İstanbul-
Odak Yayın.1985 3.Baskı

Horder,Alan. THE ILFORD MANUEL POTGRAPHY. London-Ilford
limited-1958-5.Baskı

Kalfagil, Sabit. HEPİMİZİN KÖŞESİ-1000 SORU, 1001 CEVAP.

Fotoğraf Dergisi (Muhtelif sayılar)

Kalfagil,Sabit. OPTİK DERS NOTLARI. MSGÜ-Fotoğraf Anasanat Dalı

Laikin,Milton. LENS DESIGN. London CRC Press 2007 4.Baskı

Modiano,Alberto. FOTOĞRAF TARİHİNE GİRİŞ. Antalya-Artstudio
Yayıncılık. 2007 1.Baskı

Ray,F.Sidney. PHOTOGRAPHIC OPTIC. Oxford-Focal Press 1994-
2.baskı

CANON LENS WORK III. Canon inc 2003 Japonya

LARGE-FORMAT CAMERAS. Kodak Company 1978

* * *

* **Alan J. Herbert** - Lanthanum Glass.pdf - Austin Community College,
Austin, Texas.

* **Douglas A. Kerr, P.E.** - Astigmatism In Camera Lenses-Meriodional
And Sagittal Mtf Response.pdf - Issue 1 April 4, 2005

* **Harold M. Merklinger** - A Technical View Of Bokeh.pdf - Photo Tech-
niques, May/June 1997.

* **Mike Johnston** - Lens Bokeh Ratings.pdf

* **John Kennedy** - The Basic Geometry Behind A Camera Lens And A
Magnifying Glass.pdf- Mathematics Department-Santa Monica College

- * **Hüseyin Gazi TOPDEMİR** - Kemâlüddîn El-Fârisî'nin Optik Çalışmaları Üzerine Bir Değerlendirme.pdf - Dil ve Tarih Coğrafya Fakültesi, Felsefe Bölümü, Bilim Tarihi Anabilim Dalı
- * **Kirk Pillow** -Lens Flare In The Age Of Digital Production.pdf - www.fsu.edu/~proghum/interculture/pdfs/pillow%20kirk.pdf
- * **Rick Blakley** - Optical Designs That Amateur Astrophotographers And Ccd Users Should Know.pdf - 8/26/2002
- * **Sam Tygier** - Correcting Chromatic Aberrations Using A Diffraction Grating In A Camera Lens.pdf - Dept of Physics and Astronomy The University of Manchester
- * **James “Jay” Kumlera, Martin Bauerb** - Fisheye Lens Designs And Their Relative Performance.pdf -
- * **W.H. Thornthwaite**(Translated), van Monckhoven, Désiré van.- Photographic Cameras, Lenses, Etc.pdf -Chapter VII - A Popular Treatise on Photography. . London, 1863.
- * **Tim Vitale** - Brief History Of Imaging Technology.pdf - © 2008
- * Machine Vision Lens Fundamentals.pdf - www.mellesgriot.com
- *Resolution Of Iccd Cameras.pdf - Stanford Computer Optics
- * The Cooke Triplet And Tessar Lenses.pdf
- *Tolerance To Visual Defocus.pdf- http://vision.psych.umn.edu/groups/gellab/Legge87_2.pdf

* * *

<http://www.canon.com/camera-museum/>
<http://www.canonfd.com/mirrorlenses/index.html>
<http://www.dpreview.com/>
<http://www.eastmanhouse.org/>
<http://www.geh.org/>
http://www.hevanet.com/cperez/cameras/ektar_list.html
http://www.hoyaoptics.com/specialty_glass/optical.htm
<http://www.kenrockwell.com/index.htm>
<http://www.largeformatphotography.info>
<http://www.luminous-lint.com>
http://www.luciolepri.it/lc2/marcocavina/articoli_tecnici_fotografici.htm

<http://www.mir.com.my/rb/photography/photography.htm>
<http://www.nikkor.com/home.htm>
<http://www.nikomat.org/priv/camera/mednikkor/index-e.html>
<http://www.optics.rochester.edu/>
<http://www.pacificrimcamera.com/>
<http://www.pixel-peeker.com>
<http://www.photonis.com>
<http://www.phototestcenter.com/>
<http://www.rleggat.com/photohistory/>
http://www.sigma-photo.com/lenses/lenses_all.asp
<http://www.slrgear.com/>
<http://www.traumflieger.de>
http://www.wikipedia.org/wiki/Photographic_lens
<http://www.zeisscamera.com/first.shtml>
<http://www.16-9.net>

Ek:1

Spherical mercek



Aspherical mercek



EF LENS WORK III-CANON

Ek:2

Renkseme Kusuru

Bir Görüntüden Renkseme kusuru detayı. Burada Kırmızı renk saçılmasını görüyoruz. Objektife bağlı olarak saçılma kırmızı ya da mavi yönde olabilir.



Foto: İsmail COŞKUN

Ek: 3



Nikkor 15mm f/5,6 @ f/11 - FLARE



Nikkor 15mm f/3,5 @ f/11 - FLARE

Ek:4

Foto.A'daki objektif f:5.6 diyafram açıklığında, Foto.B'deki objektif f:3.5 diyafram açıklığında olmasına karşılık görüntüde köşe kararması vardır. Maksimum diyafram açıklığının farklı olması köşe kararmasını engellemiyor.

A



Nikkor 15mm f/5,6 - VIGNETTATURA @ F/5,6

B

www.luciolepri.it/lc2/marcocavina



Nikkor 15mm f/3,5 - VIGNETTATURA @ F/3,5

C



Nikkor 15mm f/3,5 - VIGNETTATURA @ F/5,6

Foto.B'deki objektifin diyaframını f:3.5'den f:5.6'ya getirirsek köşe karar masının ortadan kalktığını görürüz.
Foto.C

Ek: 5

15mm (fisheye)



14mm



28mm



35mm



100mm



135mm



400mm



600mm



EF LENS WORK III-CANON

Ek: 6



EF LENS WORK III-CANON

Ek: 7

EF LENS WORK III-CANON

f/1.4



f/2.2



f/2.8



f/5.6



f/11



Foto: İsmail COŞKUN



Makro Objektifle çekilen fotoğrafta f:2.8 diyafram değerinde oluşan arka plan bulanıklığını(bokeh) inceleyelim. Netlik yapılan düzlemdeki keskinlik kalitesiyle bulanık alandaki görüntünün yumuşaklığı objektifin kalitesini oldukça yüksek olduğunu göstermektedir.

Makro objektiflerin alan derinliğinin çok kısa olmasından dolayı arka plan hızlı bir şekilde bulanıklaşır. Bulanıklığın gözü rahatsız etmemesi ve fotoğrafın etkisini düşürmemesi gerekir.

Ek: 9

www.luciolepri.it/lc2/marcocavina



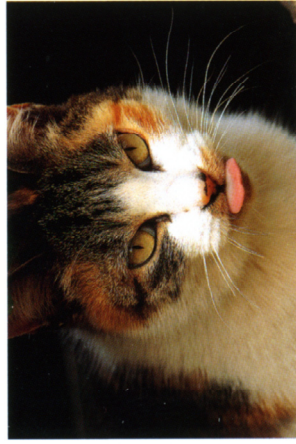
Taxi filminden bir sahne,arkaplandaki üçgen ışık patlamalarına dikkat ediniz.

Foto: İsmail COŞKUN



Ön plan ve Arka planın bulanıklık farkına dikkat ediniz. (Canon 70-200mm, f/2.8) 200mm’de ön plandaki yumuşaklık tüm alanda aynı değerde buna karşılık arka plandaki yumuşaklık arkaya doğru artmaktadır.

EF LENS WORK III-CANON



**Çözünürlük ve Kontrast
çok iyi**



**Kontrast iyi Çözünürlük
kötü**



**Çözünürlük iyi kontrast
kötü**

Ek:11

EF LENS WORK III-CANON



Görüntü Sabitleyici kapalı



Görüntü Sabitleyici aktif

Ek:12

Foto: Sabit KALFAGİL



40mm f:4, Zeiss Distagon

Ek:13

Geniş açı- Canon 20-35mm



Foto: İsmail COŞKUN

Ek:14

Foto: Sabit KALFAGIL



Canon 200mm f:4

Ek:15



AA-Muhabiri Tolga ADANALI'nın çektiği üstteki gece fotoğrafı için Fotomontaj olduğu iddia edildi. Muhabir aynı fotoğrafı gündüz çekerek fotomontaj olmadığını ispat etmek zorunda kaldı. Teleobjektifin görsel etkisini anlamak için iyi bir örnek.

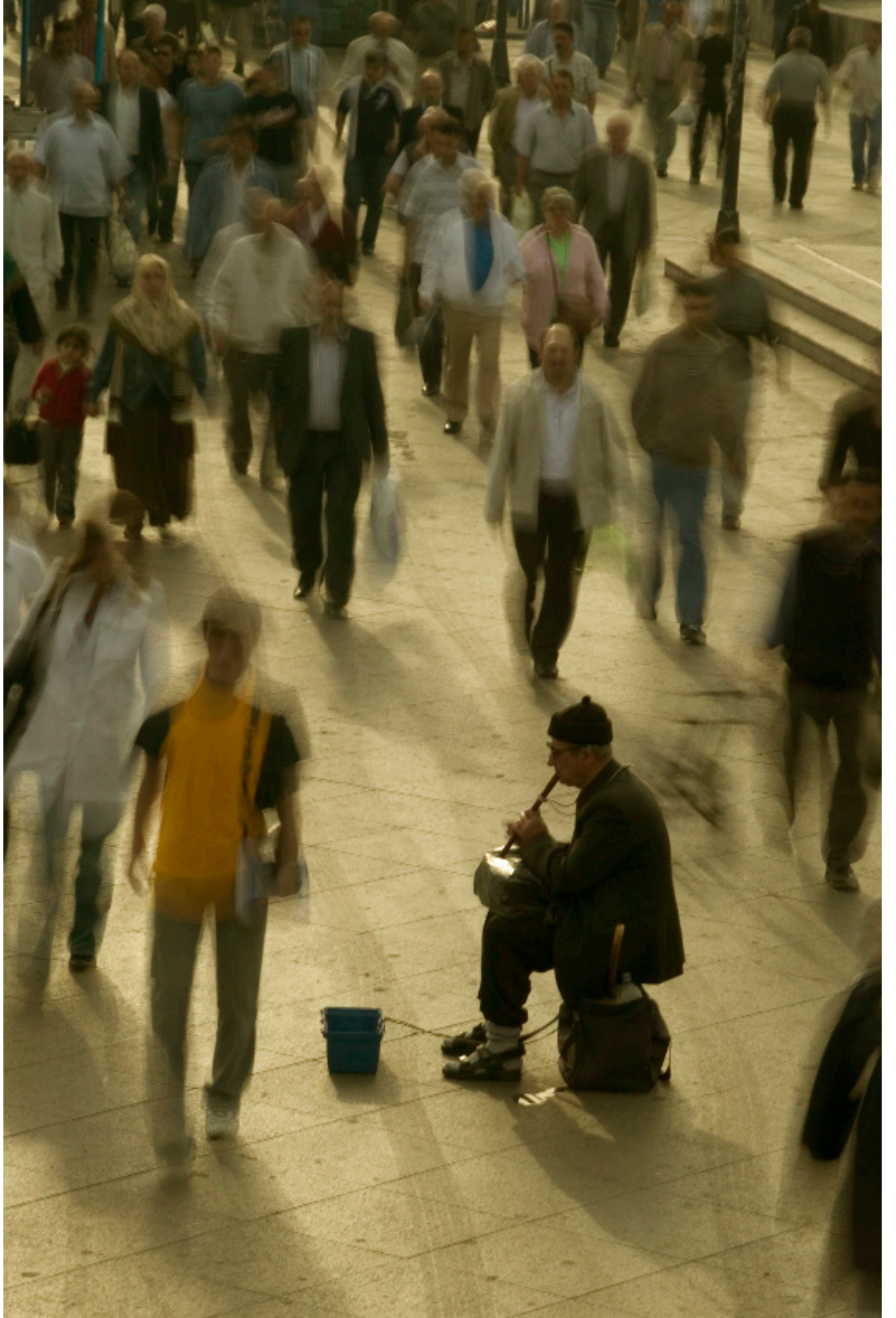


Foto: İsmail COŞKUN

Ek:17

Geniş açi objektif ile çekim



Perspektif kontrol objektifi ile çekim



EF LENS WORK III-CANON

Ek:18

EF LENS WORK III-CANON

Soft value 0



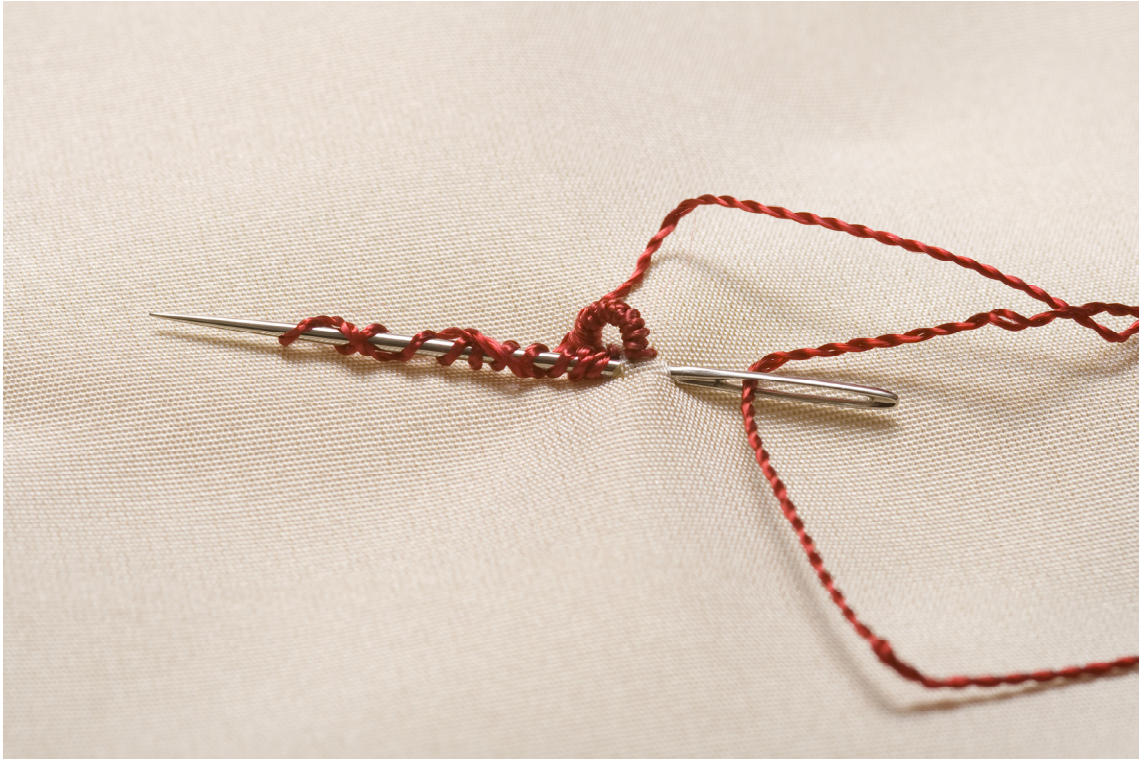
Soft value 2



Ek:19

Sigma 105mm f/2.8 Macro

Foto: İsmail COŞKUN



<http://en.wikipedia.org/wiki/Lensbaby>



LensBaby objektifiyle çekilmiş fotoğraf.

FOTOĞRAF, ŞEKİL, TABLO LİSTESİ

Fotoğraf	Sayfa
Foto 1-Koma kusuru	15
Foto 2-Astigmatizm Kusuru	19
Foto 3-Renkseme kusuru	23
Foto 4-Hayalet görüntü	27
Foto 5-Köşe Kararması Kusuru	28
Foto 6-Diyafram deliği açıklık farkı	53
Foto 7-İlk dönem kameralarında bir objektif	62
Foto 8-Mekanik objektif	63
Foto 9-Elektronik objektiften bir detay	64
Foto 10-Elektronik objektif	64
Foto 11-Netleme motorları	66
Foto 12-Elektromekanik diyafram düzeneği	67
Foto 13-Geniş açı(Balıkgözü) objektif	80
Foto 14-Perspektif Kontrol Objektifi	87
Foto 15-Lens Baby	90
Foto 16-Görüntü Yoğunlaştırıcı komponent	91
 Şekil	
Şekil 1-Mercek türleri	6
Şekil 2-İnce kenarlı mercek	7
Şekil 3-Kalın kenarlı mercek	7
Şekil 4-Asferik mercek kesiti	12
Şekil 5-Odak kayması	14
Şekil 6-Koma kusuru	16
	119

Şekil 7-Alan Eğikliği	16
Şekil 8-Astigmatizm Kusuru	18
Şekil 9-Biçim Bozulması Kusuru	20
Şekil 10-Biçim bozulması kusuruna diyafram etkisi	21
Şekil 11-Renkseme Kusuru	22
Şekil 12-Yanal renkseme kusuru şeması	23
Şekil 13-Basit akromat	24
Şekil 14-Kırılma ızgarası prensibi	25
Şekil 15-İç yansıma ve Hayalet görüntü	27
Şekil 16-Pentax objektifin cam örneği	37
Şekil 17-Cam Yansıtıcılığı Şeması	38
Şekil 18-Tek ve çok katlı Kaplama Grafiği	39
Şekil 19-Pentax Çok Katlı Kaplama örneği	41
Şekil 20-Odak uzaklığı	42
Şekil 21-Objektifin odak uzaklığı	42
Şekil 22-Objektifin Düğüm Noktaları	43
Şekil 23-Net Görüntü Dairesi Çapı	44
Şekil 24-Sensörlerin birbirlerine oranı	46
Şekil 25-Odak uzaklığı-Görüş açısı ilişkisi	47
Şekil 26-Objektif görüş açıları ve odak uzaklığı şema	48
Şekil 27-Alan Derinliği şeması	49
Şekil 28-Odak Derinliği	51
Şekil 29-Netlik kriteri	51
Şekil 30-Difüzyon Dairelerinin görsel şekli	52
Şekil 31-Bulanıklık(Bokeh) testi	54
Şekil 32- Kenar Keskinliği	57

Şekil 33-Kenar keskinliği detayı	58
Şekil 34-Test Kartları	59
Şekil 35-MTF grafiği	61
Şekil 36-Görüntü Sabitleyici sistem şeması	68
Şekil 37-Görüntü sabitleyici çalışma prensibi	69
Şekil 38-İlk dönem objektifin gelişim şeması	70
Şekil 39-Petzval Objektif	71
Şekil 40-Rapid Rectilinear Objektif	71
Şekil 41-Simetrik Tasarım Objektif örnekleri	73
Şekil 42-Üç Elemanlı Objektif temel tasarımı	74
Şekil 43-Tessar Objektif	75
Şekil 44-Telefoto Objektif Kesiti	82
Şekil 45-Telefoto Objektif Ölçüleri	83
Şekil 46-Aynalı tele objektif kesiti	84
Şekil 47-Değişken Odaklı Objektif prensibi	86
Şekil 48-Görüntü Yoğunlaştırıcı şeması	91

Tablo

1-Örnek optik cam kimyasal yapısı	36
2-Optik cam sembolleri	37-38
3-Kırılma İndisi	40
4-Çeşitli Sensörlerin alan ölçüleri	46
5-Görüntü formatı dağılım dairesi tablosu	52
6-Formata göre odak uzunlukları	79
7-Makro Objektif alan derinliği tablosu	88