

ASTROFOTOĞRAFÇILIK

1. GİRİŞ

Astrofotoğrafi, amatör astronominin en zorlayıcı alanlarından biri olduğu kadar, içerdiği teknik detaylar nedeniyle fotoğrafçılığın da en çok bilgi gerektiren türlerindedir. Astrofotoğrafçılık yapmak isteyen birinin bütün bu teknik detayları aklında tutması imkansızdır. Ancak çoğu astrofotoğrafçının kabul ettiği bazı temel kuralları baştan bilmekte fayda vardır. Kişi daha sonra, farklı yöntemler ve ekipmanlar kullanarak elde ettiği sonuçları karşılaştırabilir, deneme ve yanılma yoluyla en iyi sonuçlara nasıl ulaşacağını kendisi de kestirebilir.

2. KISA TARİHÇE

18. yüzyılın başına kadar ışığa duyarlı maddeler üzerinde görüntü elde edebilmek için sayısız denemeler yapıldı. Ancak bu girişimler iyi sonuçlar vermiyordu. Gerçek anlamda ilk fotoğraf 1813 yılında doğa fotoğrafçısı Joseph Nicephore Niepce ile başlamaktadır. Görüntüleri saptama yolunda önemli başarılar kazanan Niepce, 1816 da vernikle saydam hale getirilmiş olan kağıt üzerindeki bir görüntüyü kalay levha üzerine geçirmeyi başarmıştır. Dokuz yıl sonra da Yuda bitümü ile kaplanmış kalay levha üzerine düşürülen bir görüntüde güneş ışını düşen yerlerin beyazlaştığını görmüştür.



Şekil 1. Niepce tarafından 1826 yılında çekilen ilk fotoğrafi görüntü.

1829 yılında Niepce, Louis Jacques Manda Daguerre ile birlikte çalışmaya başladı. Daguerre, Niepce öldükten sonra Niepce'nin Heliografi'sini geliştirdi ve 1837'de Reed'in kullanmış olduğu saptama çalışmalarından da faydalanarak ilk Daguerrotype'i meydana getirdi. Bu işlemde gümüşle karıştırılmış bakır bir levha ve kimyasal olarak nitrik asit kullanılmaktaydı. Levha, iyot buharına tutulup makine içine yerleştiriliyordu. Poz verme ışığın durumuna göre 5 ila 40 dakika idi. Makineden çıkartılan levha 47,5°C ısıdaki civa bulunan bir tepsinin içine koyulana kadar herhangi bir görüntü görülüyordu.

Ay'ın mevcut ilk Daguerrotype fotoğrafı da John. W. Draper (1841) tarafından çekilmiştir. Görüntüsü Şekil 2'deki gibidir.



Şekil 2. Ay'ın mevcut ilk Daguerrotype fotoğrafı

Daguerre'nin işlemi kamu oyunda geniş yankılar yaptı ve Daguerre büyük ün kazandı. 1842 yılına kadar büyük ilerlemeler kaydedildi. 1840 yılında Prof. Joseph Petzval ışığı 16 kere daha kuvvetli geçiren bir çift mercek buldu ve bu sayede pozlama süresi kısaldı. Ancak bu fotoğraf malzemesinin çok pahalı olması ve kolayca kırılabilmesi bu yöntemi çabuk öldürdü.

Bu arada bir İngiliz bilgini William Henry Fox Talbot bu konuda uzun süredir çalışmalar yapıyordu. Talbot, muhtelif kimyevi maddelere batırarak ışığa karşı duyarlı bir kağıt yapmayı başardıysa da bu kağıtlardan elde edilen negatifler yetersizdi ve kısa zamanda yavaş yavaş kararıyordu. 1839 da Sir John Herschel, Talbot'un buluşu için ilk defa fotoğraf kelimesini kullandı. Bir süre sonra negatifleri pozitiflere çevirmeyi başardı. Böylece modern fotoğrafçılığın temeli atılmış oldu. Ancak önceleri Daguerre'nin yöntemi çok daha ileri olmasına rağmen, zamanla Talbot yöntemini geliştirerek, kağıdını gümüş nitrat yanında potasyum bromüre batırarak ışığa karşı duyarlılığını fazlalaştırdı. Talbot'un yöntemi, diğerinden ayrı olarak gizli (bekleyen) görüntüyü kapsıyordu.

1871 yılında R L. Maddox adındaki bir İngiliz, Kolodyum yerine Jelatin, iyot yerine de gümüş bromür kullanarak bugünkü kuru fotoğraf camlarını elde etti. Böylece hem saniyenin 1/25 ile enstantaneler çekilebiliyor hem de bu levhalar makineye kuru olarak yerleştirilebiliyordu. Islak levhanın güçlükleri şunlardı: Her poz hünerli bir hazırlama devresini gerektiriyor, fotoğrafçı daima yanından çok büyük bir makine ve levhalar taşımak zorunda kalıyordu. Oysa kuru levha yöntemiyle büyük çapta bir imalat başladı. Kuru jelatin filmin yayılması ile fotoğrafçılıkta önemli gelişmeler kaydedildi.

1880 yılında Henry Draper tarafından Orion Bulutsusu'nun ilk fotoğrafı çekildi. 1883'te ise Ainslee Common tarafından da aynı bölge fotoğraflandı (Şekil 3).



Şekil 3. Orion Bulutsusu (Ainslee Common, England 1883)

1887-1923 yıllarında Edward E. Barnard tarafından Samayolu'nun ilk geniş açı fotoğraflaması yapıldı.



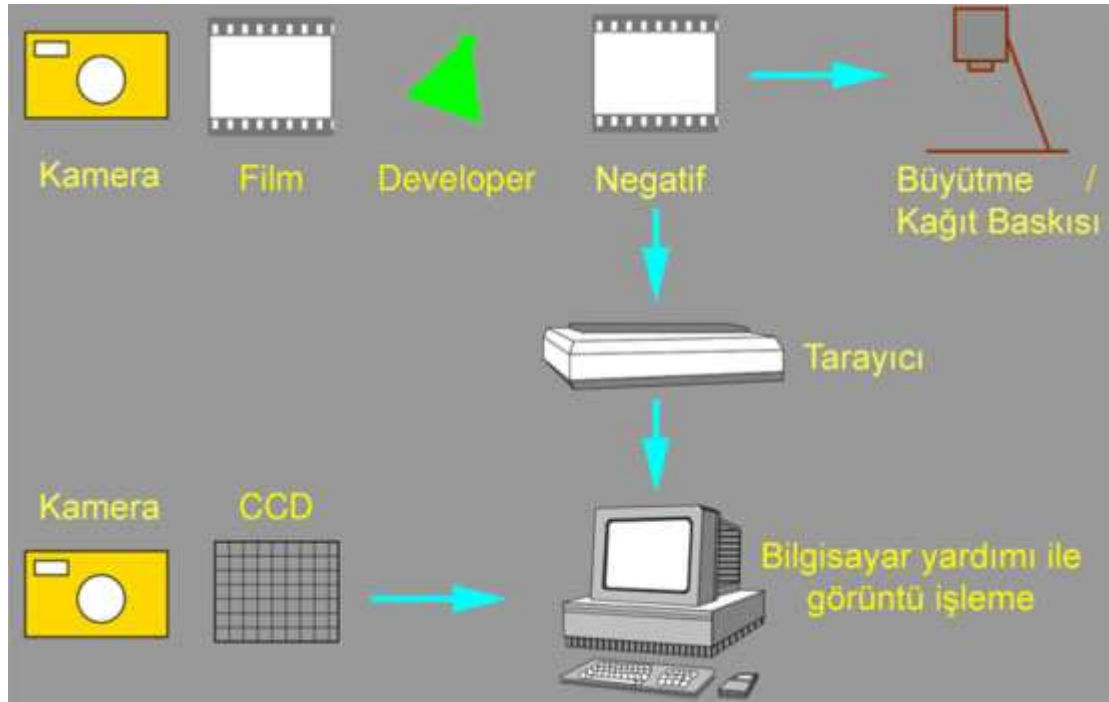
Şekil 4. Antares / Rho Ophiuchi Bölgesinin fotoğrafik görüntüsü

1950-1957 yıllarında ise Palomar Gözlemevi'nde 894 adet fotoğraf plağı ile gökyüzü haritalaması yapıldı.

3. XX. ve XXI. YÜZYILDA ASTROFOTOĞRAFÇILIK

Geçmişten günümüze doğru gelindiğinde astrofotoğrafının dijital ortama doğru kaydığını açıkça görebiliriz. Filmlili fotoğraf makineleri ile çekilen fotoğraflar bir developer yardımıyla negatif olarak elde edilir ve en sonunda büyütülerek bir kağıta basılırdı. Yakın geçmişimizden bugüne kadar ise, kağıt baskısı yerine bu resimlerin tarayıcı ile elektronik ortama aktarılması yaygın olarak kullanılmaktadır. CCD teknolojisinin gelişmesi ile günümüzde artık hiçbir filme gerek duyulmadan fotoğraflar doğrudan dijital olarak çekilebilmektedir. Çekilen bu fotoğraflar ise kolaylıkla bilgisayar aktarılabilir.

Dijital görüntülerin, film görüntülerine göre birçok avantajı vardır. Dijital bir fotoğraf makinesi ile çekilen bir film, kullanıcı tarafından hiçbir ara işleme tutulmadan elektronik ortama aktarılabilir. CCD'lerin kuantum etkinliği fotoğraf plaklarına nazaran daha fazladır (%30-80, film: %1). CCD fotoğraf plağına göre daha lineer bir dedektördür. Dijital olarak alınmış bir fotoğraf üzerinde yapabileceğimiz oynamalar, görüntü işleme programları sayesinde neredeyse sınırsızdır.



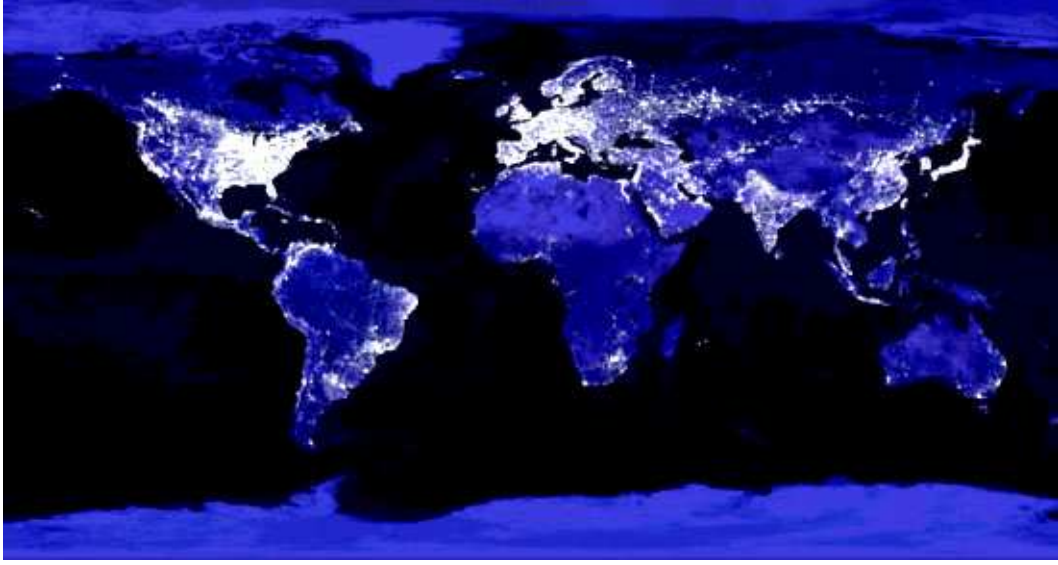
Şekil 5. Fotoğrafçılıkta dünden bugüne değişim

Bu avantajları yanında dijital fotoğrafçılık için gereken ekipmanlar eski yöntemlere nazaran çok daha pahalıdır. Ayrıca özellikle astronomide çekilen dijital fotoğraflar için ekipman elektriğe ihtiyaç duymaktadır. Çünkü CCD'nin daha verimli çalışabilmesi için oldukça soğutulması gerekmektedir.

4. ASTRONOMİ RESİMLERİ NEREDE ÇEKİLMELİDİR?

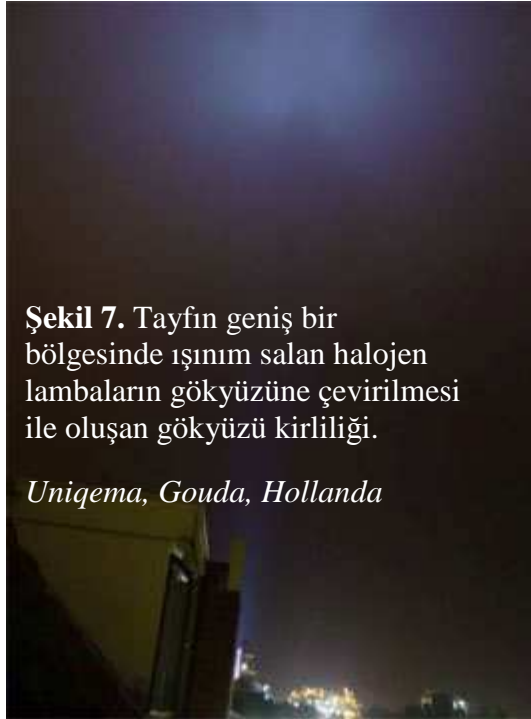
Yer seçiminde şu iki hususun göz önünde bulundurulması büyük önem taşımaktadır: bulunduğunuz yer şehir ışıklarından olabildiğince uzak olmalı ve bulunduğunuz yerin yüksekliği (rakımı) olabildiğince büyük olmalıdır. Bu iki koşul ne kadar iyi sağlanırsa çekilen fotoğraflar o kadar temiz ve berrak olur. Şekil 6'da Dünya'nın ışık kirliliği haritası bulunmaktadır. Bu haritada Türkiye'nin ışık kirliliğinin orta seviyelerde

olduğu gösterilmektedir. Başlıca ışık kirliliği ise büyük şehirlerin merkezi bölgelerinden kaynaklanmaktadır.



şekil 6. Işık kirliliği haritası

Işık kirliliğinin temel nedeni yol aydınlatmalarında hatalı armatrlerin kullanılmasıdır. Bununla beraber binaların aşağıdan aydınlatılması büyük lde ışık kirliliğine sebep olmaktadır. şekil 7 ve 8’de bu tür aydınlatmalara iki örnek verilmektedir.



şekil 7. Tayfın geniş bir bölgesinde ışınım salan halojen lambaların gökyüzüne çevirilmesi ile oluşan gökyüzü kirliliği.

Uniqema, Gouda, Hollanda



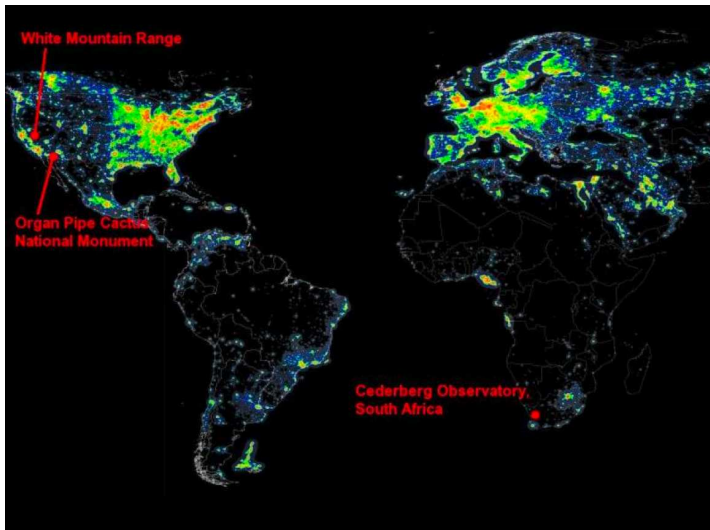
şekil 8. Yüksek basınçlı sodyum lambaları ile yukarı yönde aydınlatmalar. Işınımın çoğu gökyüzüne kaçmaktadır.

Nijmegen, Hollanda

Işık kirliliğinin olduğu bölgelerde fotoğraf çekmek, şehir ışıklarından kaynaklanan ışığın da fotoğrafa girmesi anlamına gelir. Bu durumda sönük cisimlerin fotoğrafını çekmek zorlaşır. Şehir ışıkları sönük cisimlerden gelen ışıktan daha baskın olabileceğinden iyi görüntüler elde edilemez. Aynı zamanda çekilen bir fotoğrafta gereksiz yere arkafonun aydınlık olmasına neden olur ve resmi kırmızılaştırır (Şehir ışıkları genellikle ışınımının büyük bir bölümünü elektromanyetik tayfın görsel bölgedeki kırmızı renginde yayımlar). Aşağıdaki resimde bu etki rahatlıkla gözükmektedir.

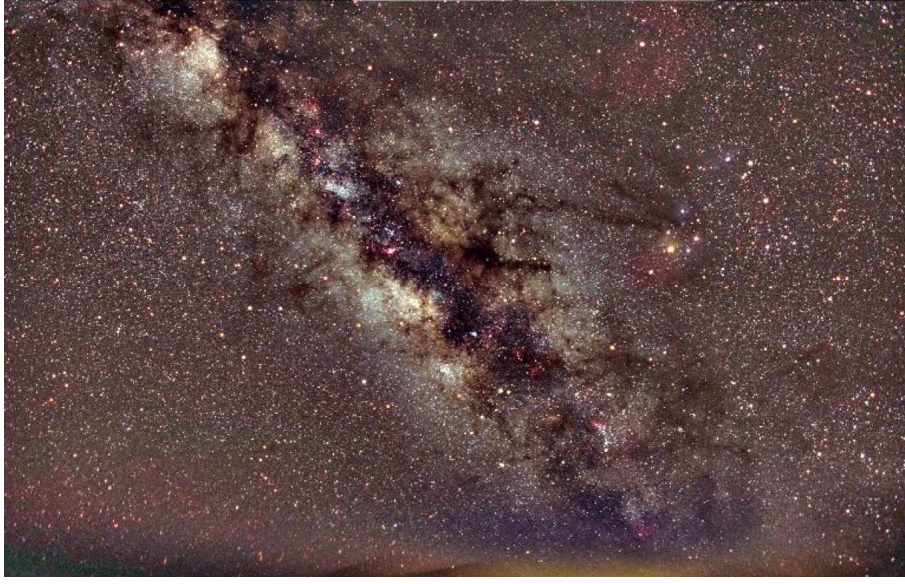


Şekil 9. Şehir ışıklarının etkisinde çekilen Orion Takımı yıldızı.



Şekil 10. Işık kirliliğinin minimum olduğu 3 bölge.

Şekil 11 ve 12’de yukarıda gösterilen bölgelerde çekilen görüntüler gösterilmektedir.



Şekil 11. White Mountain Araştırma İstasyonunda 1997 Temmuz ayında çekilen bir panorama fotoğrafı.



Şekil 12. Sonora ölu: Organ Pipe Cactus National Monument ve bu bölgede çekilen bir fotoğraf.

Elbette astrofotoğrafçılık için farklı ülkelere gitmek masraflı bir iştir ancak şart değildir. Yapılacak en iyi şey bulunduğunuz ülkede veya bölgede, en uygun yeri belirlemenizdir. Belirleyeceğiniz bu bölge olabildiğince şehirden uzak ve yüksek rakımlı olmalıdır.

5. GÖRÜNTÜLERİN ELDE EDİLMESİNDE GEREKLİ OLAN EKİPMAN



Şekil 13. Örnek bir astrofotoğraf düzeneği

Astronomi görüntülerini elde etmek için ihtiyaç duyulan ekipmanlar yandaki resimde gösterilmektedir. Gökyüzünde çekilecek alanın tespit edilmesi için rehber bir dürbüne ihtiyaç duyulur. Eğer uzun poz süreleri ile sönük bir cismin fotoğrafı çekilecekse takip motoru kullanılması gerekmektedir.

Bunlarla beraber amacına göre çeşitli göz mercekleri ve görüntüyü dijital olarak yakalayan bir CCD algılayıcı kullanılır. Alınan görüntüler bir dizüstü bilgisayar ile görüntülenebilir ve işlenebilir.

Bu tür taşınabilir sistemlerin yanında, profesyonel amaçla kullanılan CCD dedektörlü büyük sabit teleskoplarla da derin uzay görüntüleri elde edilmektedir.

2.4.1 Teleskop Seçimi

Büyük bir teleskop kullanmak, daha iyi fotoğraf çekmek anlamına gelmemektedir. Fotoğrafı çekilecek cismin gökyüzündeki görünen büyüklüğüne göre teleskop ve göz merceği seçimi yapılmalıdır.

Bir teleskop ve CCD düzeneğinin ne kadar gökyüzünde ne kadarlık bir alanı gördüğü kolaylıkla hesaplanabilir. Bunun için öncelikle plak eşelini hesaplamalıyız:

$$\text{Plak Eşeli (mm'ye yay saniyesi)} = 206265 / F \text{ (mm)}$$

Burada F, teleskopun odak uzaklığıdır. Plak eşeli bize 1 mm'lik görüntünün gökyüzünde kaç yay saniyelik açıya karşılık geldiğini verir. Bu adımdan sonra, odağa yerleştirilecek CCD'nin boyutu hesaba katılır. CCD'ler belirli sayıda piksellere sahiptirler. Bu pikseller 1024×1024 , 2048×2048 gibi karesel dizilebildikleri gibi, dikdörtgen şekilli olanları da vardır. CCD'nin boyutunun hesaplanması için, piksel sayısını ve tek bir pikselinin boyutunu bilmek yeterli olacaktır. Böylece 1024×1024 adet piksele sahip bir CCD'nin bir kenarının boyutu,

$$x = 1024 \times \mu$$

olur. Burada μ , tek bir pikselin boyutudur.

Şimdi bunu bir örnek ile açıklayalım. Rasathanemizde kullanılan Kreiken Teleskobu'nun odak uzaklığı 4064 mm'dir. Bu düzeneğe bağlı CCD'nin tek piksel boyutu 13 mikron, piksel sayısı 1024×1024 kadardır. CCD'nin gördüğü alanı bulalım.

$$\begin{aligned} \text{Plak Eşeli (mm'ye yay saniyesi)} &= 206265 / 4064 \\ &= 50.754 \text{ yay.sn mm}^{-1} \end{aligned}$$

olarak bulunur. CCD'nin bir kenarının boyutunun mm biriminde değeri ise,

$$\begin{aligned} x \text{ (mm)} &= 1024 \times 13.10^{-3} \\ &= 13.312 \text{ mm} \end{aligned}$$

olarak elde edilir. Artık plak eşelini kullanarak yukarıda elde ettiğimiz CCD boyutunun gökyüzünde kaç yay saniyelik açıklığa karşılık geldiğini bulabiliriz:

$$\begin{aligned} a \text{ (yay sn.)} &= 13,312 \text{ mm} \times 50.574 \text{ yay.sn mm}^{-1} \\ &= 675''.639685 \\ &= 11'.26 \end{aligned}$$

olarak elde edilir. Böylece diyebiliriz ki, Kreiken Teleskobu'nun elde ettiği bir CCD görüntüsü $11'.26 \times 11'.26$ 'lık bir gökyüzü alanını görmektedir.

Kullanacağınız teleskobun odak uzunluğunu bilmiyor olabilirsiniz. Ancak her teleskop üreticisi teleskobun açıklığını ve odak oranını vermektedir. Odak oranının açılımı aşağıdaki gibidir:

$$\text{Odak oranı} = F / D$$

Burada, D teleskobun açıklığı, F ise odak uzaklığıdır. Odak oranı 10 olan bir teleskobun bu değeri “f/10” olarak belirtilir. Kreiken Teleskobu, f/10 odak uzaklığına sahiptir. Teleskobun açıklığı ise 406.4 mm’dir. Buradan odak uzaklığı,

$$F = \text{Odak oranı} \times D \quad \text{olmak üzere,}$$

$$F = 406.4 \text{ mm} \times 10$$

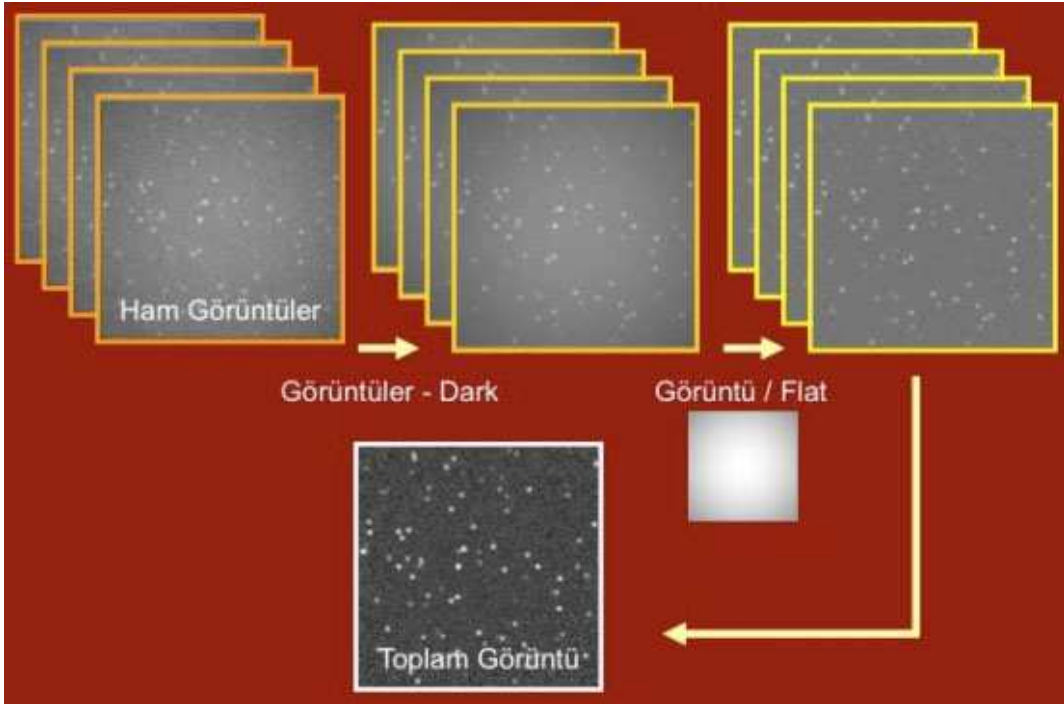
$$F = 4064 \text{ mm}$$

Olarak elde edilir. Odak oranını içeren plak eşeli ifadesini de kolaylıkla yazabiliriz,

$$\text{Plak Eşeli (mm'ye yay saniyesi)} = 206265 / (D \text{ (mm)} \times \text{Odak oranı})$$

Çalışma: Andromeda Galaksisi’nin gökyüzünde kapladığı açıklığı literatürden yay sn. biriminde bulunuz. Görüntüleme için 1024 × 1024 adet piksele sahip, tek piksel boyutu 13 mikron olan bir CCD ve odak oranı f/10 olan bir teleskop kullanmak istiyoruz. Bu teleskobun yarıçapı en fazla ne kadar olmalıdır? Kreiken Teleskobu ile bu galaksi, tek bir karede görüntülenebilir mi? Daha küçük boyutlu bir teleskop ile bu cisim gözlemek istediğimizde, hangi parametre veya parametreler değiştirilmelidir?

5. DİJİTAL GÖRÜNTÜLERİN İŞLENMESİ:



Şekil 14. Görüntü işleme şeması

CCD ile elde edilen ham görüntüde fotoğrafta olmaması gereken gürültü, kötü pikseller, düzensiz yüzey yanıtı olguları görülür. Görüntüleri bu hatalardan arındırmak için aşağıdaki işlemlerin her bir görüntü için uygulanması gerekir (ayrıca bkz. “CCD Dedektör ile Fotometri” bölümü):

- 1) Dark ve Bias görüntüsü fotoğraftan çıkarılır. Bu sayede kötü pikseller fotoğraftan arındırılmış olur ve gerçekte varolmayıp CCD’den kaynaklanan fazla ışınım ortadan kaldırılır.
- 2) Fotoğraf flat görüntüsüne bölünerek düzensiz yüzey yanıtından kurtarılır. Bu aşamada da farklı duyarlılığa sahip piksellerden ileri gelen ışınım farkı ortadan kaldırılır.
- 4) Resimler son adımda birleştirileceğinden (combine) görüntüdeki cisim uygun bir şekilde hizalanır (align).
- 5) Aynı bölge için alınmış ve düzeltilmiş görüntülerin piksel değerleri toplanarak veya ortalamaları alınarak tek bir birleştirilmiş görüntü elde edilir (combine). Bu sayede her resimde farklılık sergileyen arkafon gürültüsü azaltılmış olur.

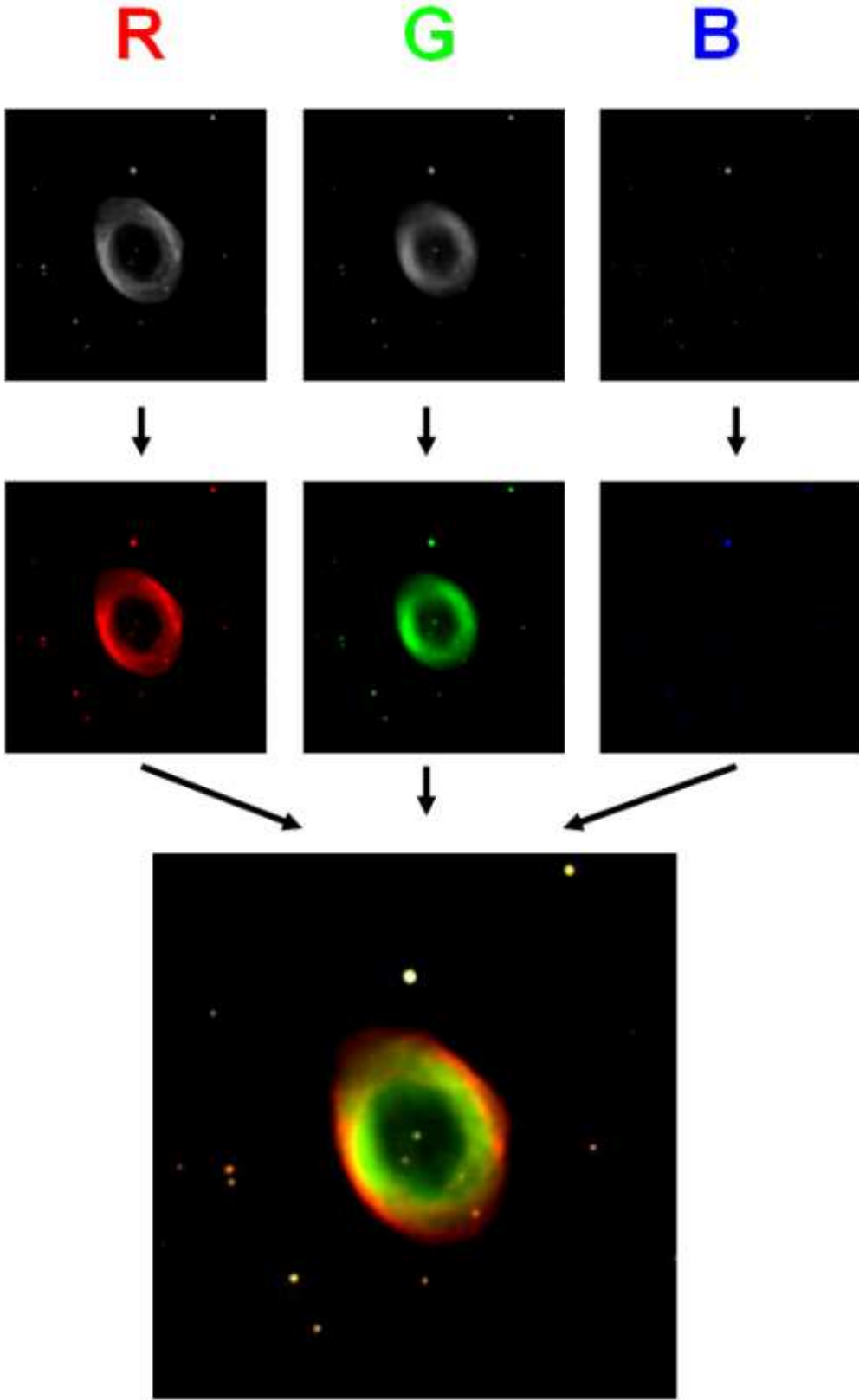
6. RENKLİ GÖRÜNTÜLERİN ELDE EDİLMESİ

6.1 RGB Filtreleri

Astronomide kullanılan birçok CCD kamera siyah beyaz görüntü almaktadır. İlk bakışta bu dezavantaj olarak görülse de aslında renkli astronomi görüntülerinin büyük bir kısmı bu CCD'ler sayesinde elde edilebilmektedir.

Bunun için çeşitli filtreler kullanılmaktadır. Bunlardan en çok kullanılanı RGB filtre setidir. Bu işlemde öncelikle her 3 filtre için ayrı ayrı CCD görüntüleri alınır. Bu üç filtreye ek olarak 'L' harfi ile simgelenen Lüminans görüntüsü de kullanılabilir. Lüminans görüntü genellikle şeffaf filtre kullanılarak elde edilir. Daha sonra bu ham görüntülerin hepsine yukarıda anlattığımız adımlar uygulanır. En sonunda farklı filtrelerde alınan bu görüntüler, bir grafik işleme programı (örn. Maxim DL) ile uygun renkler verilerek birleştirilir.

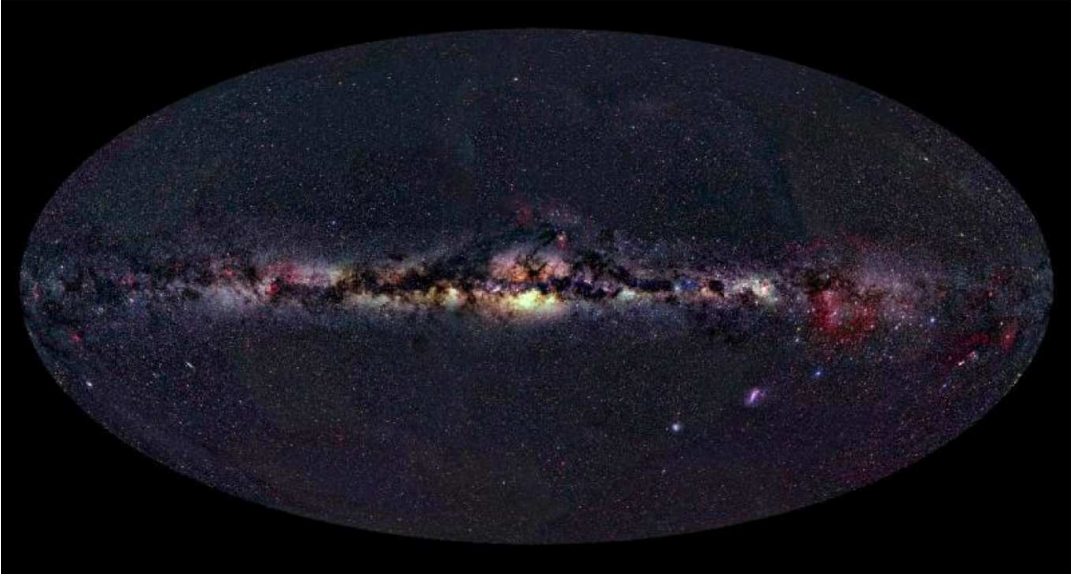
Aşağıda Ankara Üniversitesi Rasathane'sindeki Kreiken Teleskobu'na bağlı CCD ile görüntülenen Yüzük Bulutsusu gözükmemektedir. RGB filtreleri ile CCD üzerine görüntüsü düşürülen bulutsu, ilk etapta renksizdir. Daha sonra filtrelere uygun renkler verilir ve görüntüler birleştirilir. R filtresiyle alınan görüntünün, bulutsunun sadece dış kısmını aldığı, yeşil filtrenin ise daha iç kısımları görüntülediği resimden açıkça gözükmemektedir. Mavi filtrede ise bulutsu neredeyse gözükmemektedir. Bu bulutsunun filtrenin algıladığı dalga boylarında etkin ışınım yapmadığını göstermektedir.



Şekil 15. Kreiken Teleskobu ile elde edilen Yüzük Bulutsusu görüntüsünün oluşturulması

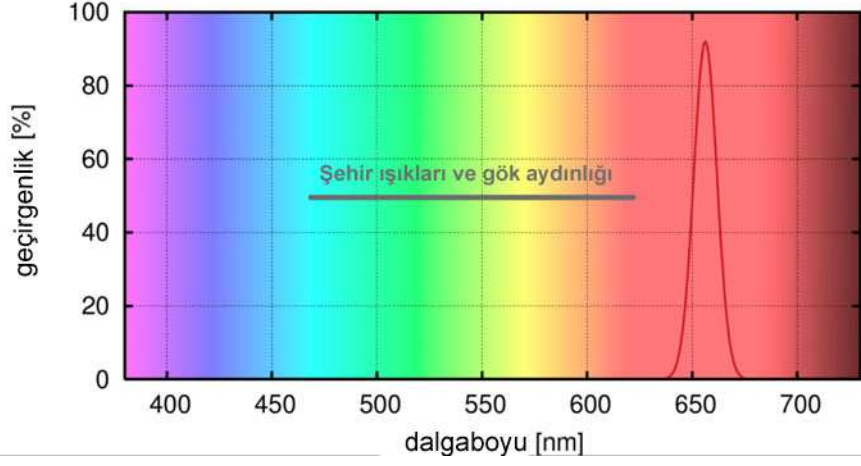
6.2 Dar Bant Filtreler

Samanyolu'nun aşağıdaki panoramik görüntüsünde ancak 6000 ışık yılı uzaklıktaki yıldızlar görülebilmektedir. Oysa ki galaksimizin çapı 100.000 ışık yılından fazladır. Yıldızlararası toz, optik dalgaboylarındaki görüşümüzü kısıtlar. Ancak radyo, kızılöte ve X-ışın bölgelerinde yapılan gözlemler ile bu tozuntesi görülebilmektedir. Bulutsulardan yayınlanan ışınımın büyük bir kısmı hidrojen gazından salınmaktadır. H_{α} izgisi 656 nm dalgaboyunda (kırmızı) salma yaparken, H_{β} ise 486 nm'de (mavi) gözlenir. Bununla beraber bazı yasaklı çizgilerin görülmesi de mümkündür (yasaklı çizgiler laboratuvar ortamında elde edilemeyen, ancak gaz yoğunluğunun aşırı düşük olduğu ortamlarda salınabilen çizgilerdir). Bunun en gzelrneklerinden biri iki kez iyonlaşmış oksijenin 500 nm (mavi-yeşil)'deki yasaklı çizgisidir.

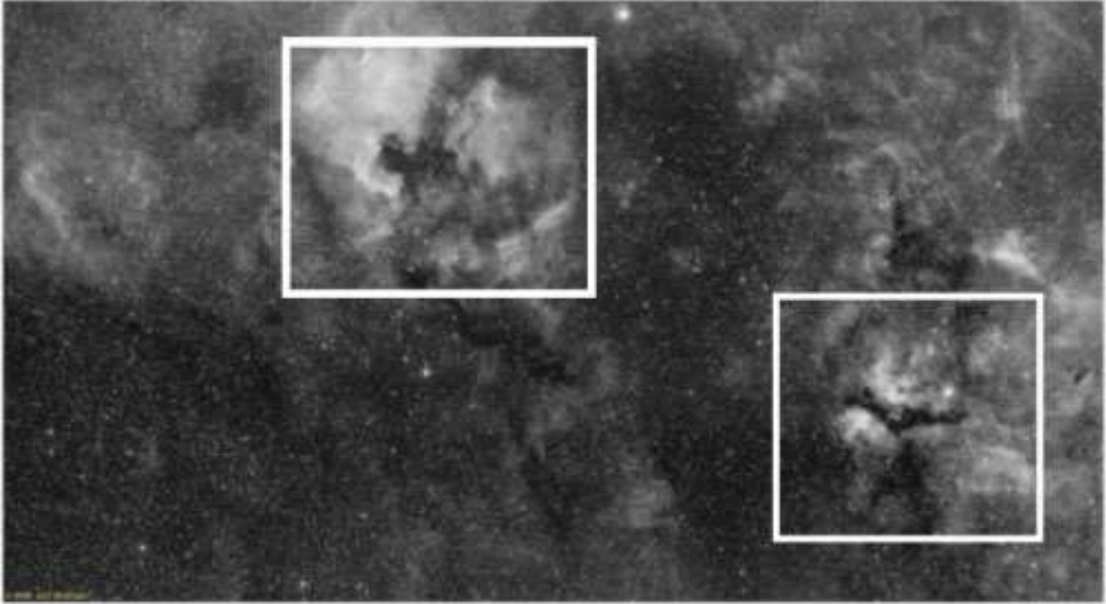


şekil 16 Optik bölgede Samanyolu Galasisi

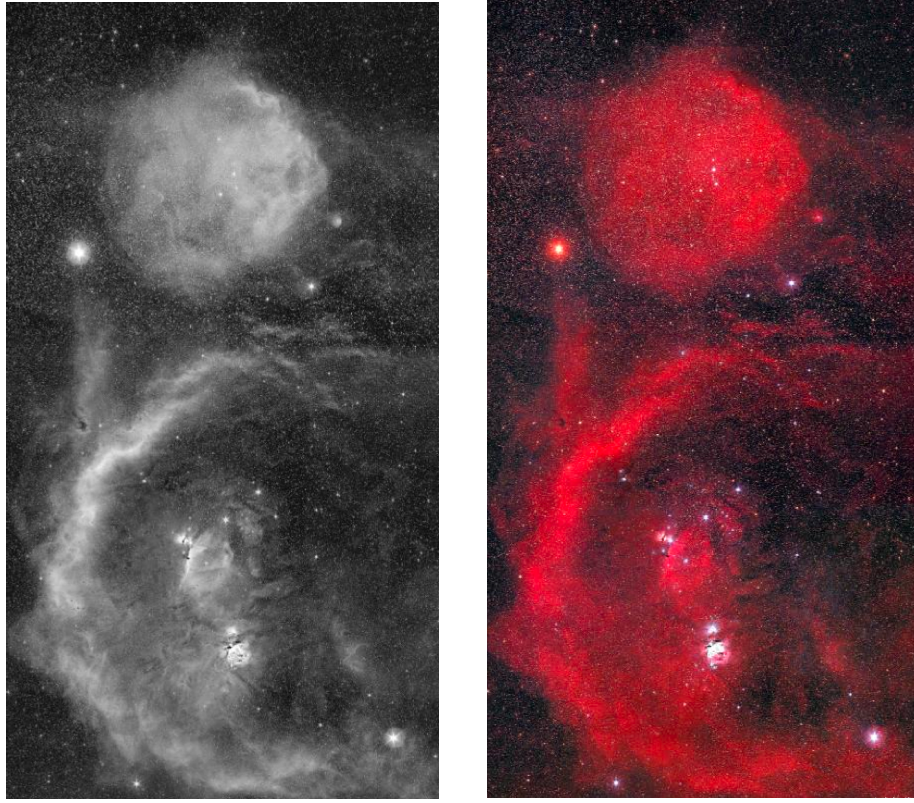
Dar bant filtreler ile görüntü elde edilmesi, belirli dalgaboyu aralıklarında ışınım salan bu elementler iinzelretilmiş filtreler kullanılarak alınan görüntüler kullanılarak gerçekleştirilir. Dar bant filtreler şehir ışıklarından ve gök aydınlığından ileri gelen ışınımları geirmediyelerinden, görüntünün daha sağlıklı yakalanmasını sağlar.



Şekil 17 H α filtresinin geçirgenlik eğrisi



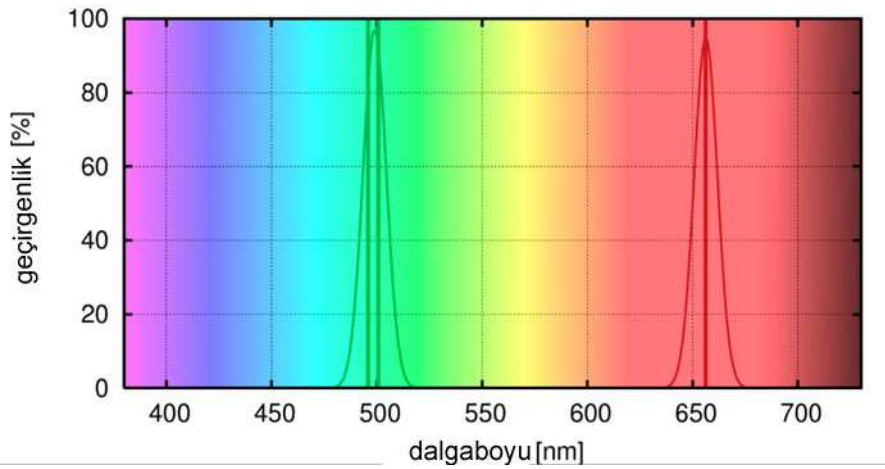
Şekil 18 Genç ve sıcak yıldızlar tarafından iyonize duruma getirilen hidrojen gazının moröte bölgedeki ışınım yaptığı bölgeler (soldaki: The North America Nebula, sağdaki: Gamma Cygni Nebula).



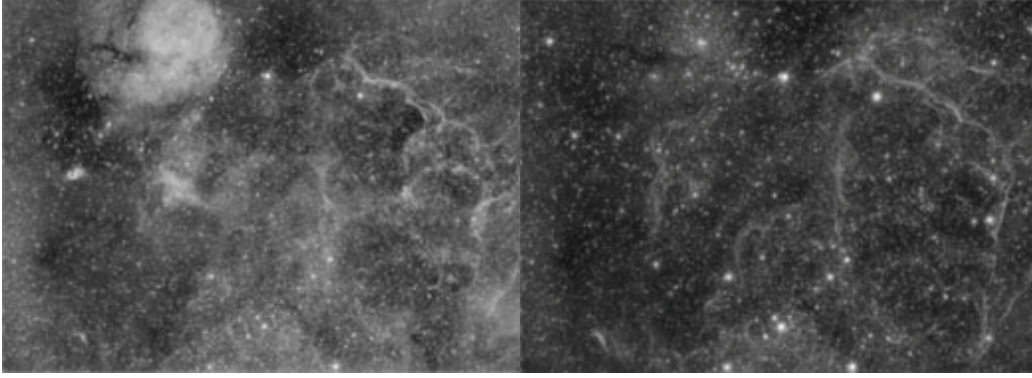
Şekil 19. Soldaki fotoğrafta Orion/Barnard ilmeğinin 656 nm'deki dar bant $H\alpha$ görüntüsü görülmektedir. Sağdakinde ise $H\alpha$ görüntüsü LRGB setinde L ve R bantlarından alınan görüntüler yerine kullanılmıştır.

i) Dar bant iki renkli görüntü

RGB filtreleri dışında, sadece $H\alpha$ ve iki kere iyonize olmuş oksijen (OIII) filtreleri kullanarak bulutsu fotoğrafları çekmek mümkündür. Bu atom ve iyonlara ait salma çizgileri ve bu iki filtrenin dalgaboyu geçirgenliği Şekil 20'de verilmektedir.



Şekil 20. $H\alpha$ ve OIII filtrelerinin geçirgenlik eğrileri ve salma çizgileri



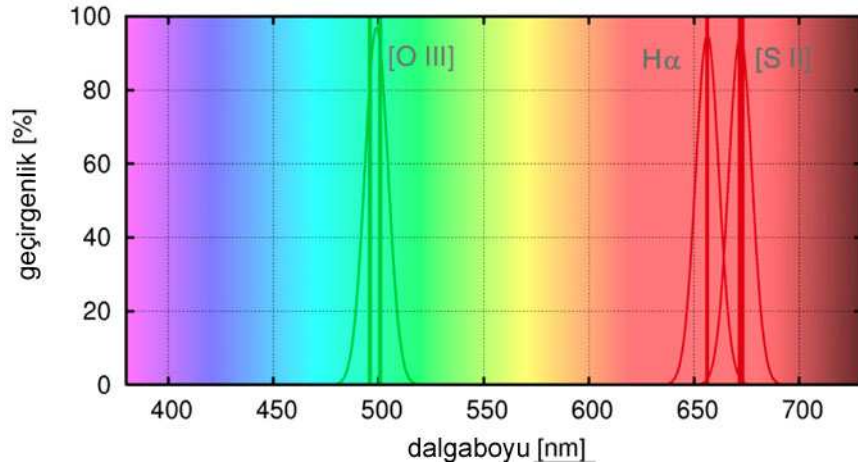
Şekil 21. Vela Süpernova kalıntısı (H_{α} solda, O III sağda)



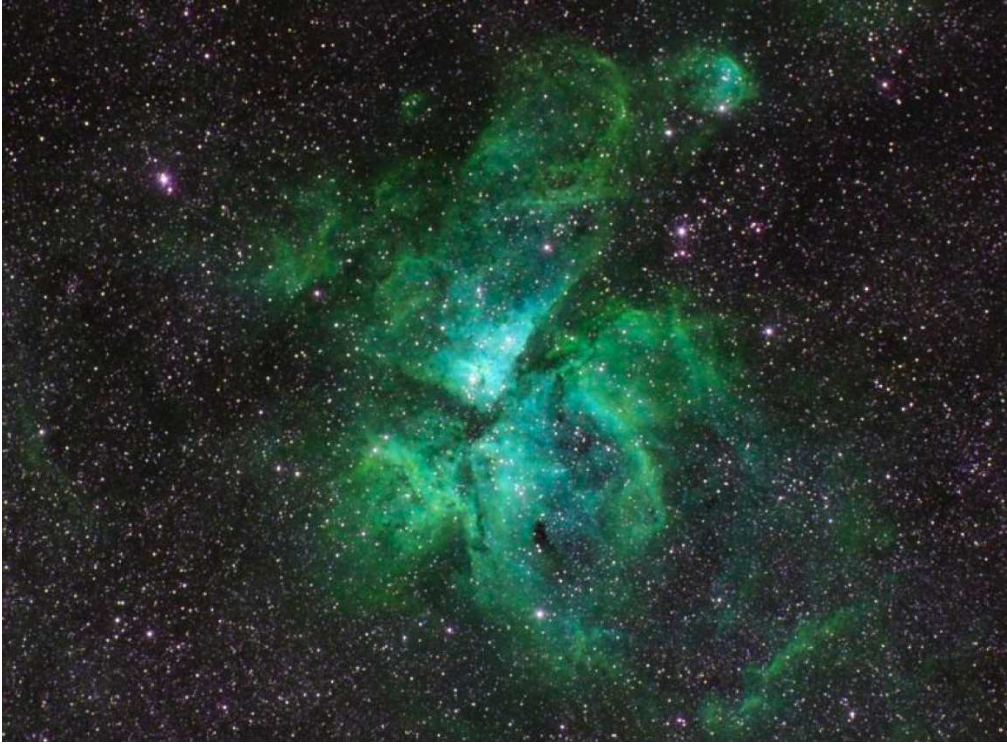
Şekil 22. Vela Süpernova kalıntısı (H_{α} + OIII)

ii) Dar bant üç renkli görüntü

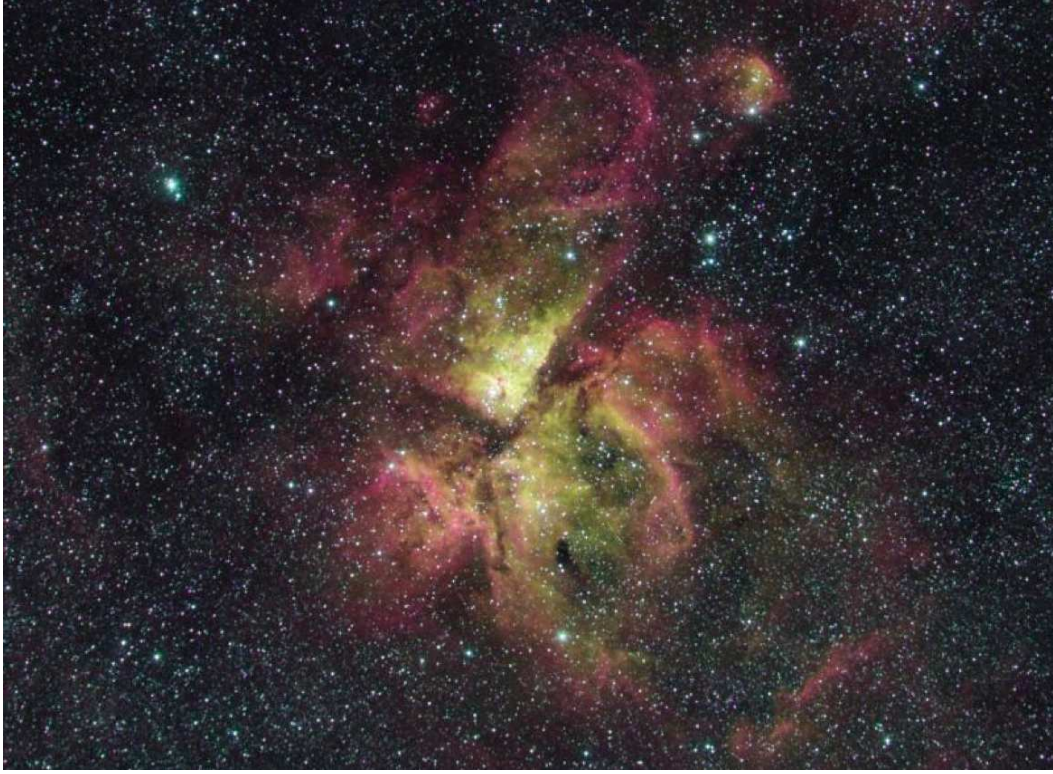
Bir kez iyonlaşmış sülfürün (SII) ve iki kez iyonlaşmış oksijenin (OIII) yasaklı çizgilerini kapsayan filtreler ile H_{α} filtresinin beraber kullanıldığı görüntülerdir. Atom ve iyonlara ait salma çizgileri ve bu üç filtrenin dalgaboyu geçirgenliği aşağıdaki grafikte verilmektedir.



Şekil 23. H α , OIII ve SII filtrelerinin geçirgenlik eğrileri ve salma çizgileri



Şekil 24. [S II] = kırmızı, H α = yeşil, [O III] = mavi



Şekil 25. $H\alpha$ = kırmızı, [O III] = yeşil, [S II] = mavi

KAYNAKLAR

http://astro-canada.ca/_photos/a4306_lune1845_p.jpg

http://en.wikipedia.org/wiki/Hertzsprung-Russell_diagram

http://en.wikipedia.org/wiki/Light_pollution

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

<http://www.bisanat.com/yazilar/detay/143-Fotograf-Tarihcesi>

Chalonge, D., Divan, L. 1977. A&A, 55, 121.

Mellinger, A., 2006. Stars, Dust and Megabytes: Astrophotography in the Southern Hemisphere. Department of Physics, University of Potsdam, Germany.

Mikami, T., 1978. PASJ, 30, 207.

Mikami, T., 1978. PASJ, 30, 191.