





Bilim *ve* Teknik

TÜBİTAK ULUSAL GÖZLEMEVİ

**Ülkemizin
Evrene
Açılan Penceresinden
Başarı Öyküleri**

Hazırlayanlar:

Halil Kurbayık, Hasan H. Esenoğlu, Tuncay Özışık, İrek Hamitoğlu

TÜBİTAK Ulusal Gözlemevi (TUG)



Antalya'nın kuzeydoğusunda bulunan Saklıkent'te, Toroslar'ın uzantısı olan Beydağları dizisinde, 2500 m yükseklikteki Bakırlıtepe zirvesinde 20 yıl önce kurulmuş olan TÜBİTAK Ulusal Gözlemevi (TUG) Türkiye'nin ayna çapı en büyük optik teleskobuna, tecrübeli uzman kadrosuna ve gelişmiş gözlem donanımlarına sahip bir gözlemevi. TUG, araştırma kurumlarında ve üniversitelerde gözlemsel astronomi ve astrofizik alanında çalışan araştırmacılara teleskop hizmeti sunuyor, bu alandaki araştırmaları teşvik edip yönlendiriyor ve araştırma desteği sağlıyor. Ayrıca bilimin toplumla buluşturulması amacıyla gökbilim etkinlikleri düzenliyor, astronominin yaygınlaştırılması için eğitim kurumları ile işbirliği içinde çalışmalarını sürdürüyor.

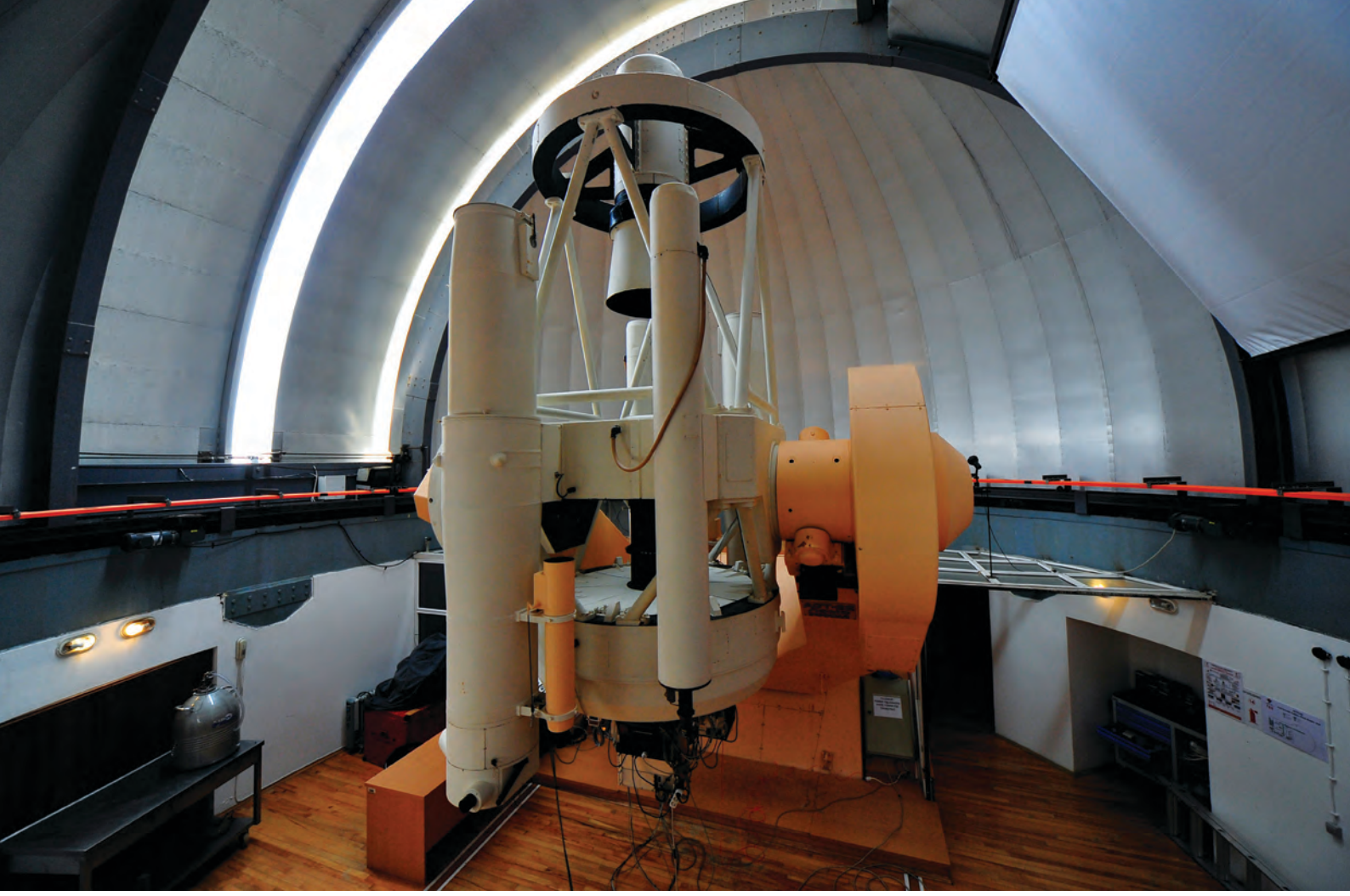
TUG 65 personel ile iki ayrı yapıda hizmet veriyor: Akdeniz Üniversitesi Yerleşkesi'ndeki, idari ve teknik birimlerin ve araştırmacı ofislerinin bulunduğu Yönetim Binası ve teleskopların bulunduğu Bakırlıtepe Yerleşkesi. Antalya Yerleşkesi'ndeki Bilim ve Toplum Merkezi'nde (BİTOM) ise her yaştan ziyaretçiye açık 35 cm çaplı bir teleskop, Bakırlıtepe Yerleşkesi'nde de ayna çapları 40-150 cm arasında değişen ve gözlemsel özellikleri farklı, tamamen araştırma projelerine ayrılmış teleskoplar bulunuyor. Astronomi ve astrofizik alanında üniversitemizde çalışan 300'ün üzerinde bilim insanı, araştırmalarında kullanacakları özgün verileri TUG teleskoplarının desteğiyle yürüttükleri gözlem projelerinden elde ediyor. Araştırma konuları yıldız ve yıldız sistemleri, yıldız kümeleri, başka yıldız sistemlerindeki gezegenler (ötegezegenler), asteroitler, sıkışık cisimler, Samanyolu, galaksi kümeleri ve kozmoloji gibi geniş bir yelpazeye yayılıyor. Bu araştırma sonuçları uluslararası yayınlara dönüşüyor, ayrıca çok sayıda lisansüstü tez TUG teleskoplarından elde edilen verilerle destekleniyor.

Bakırlıtepe Yerleşkesi'ndeki merkez bina ve teleskop binaları (soldan sağa RT40, RTT150, T60 ve ROTSEIII-d)



Bakırlıtepe ve zirvesinde RTT150





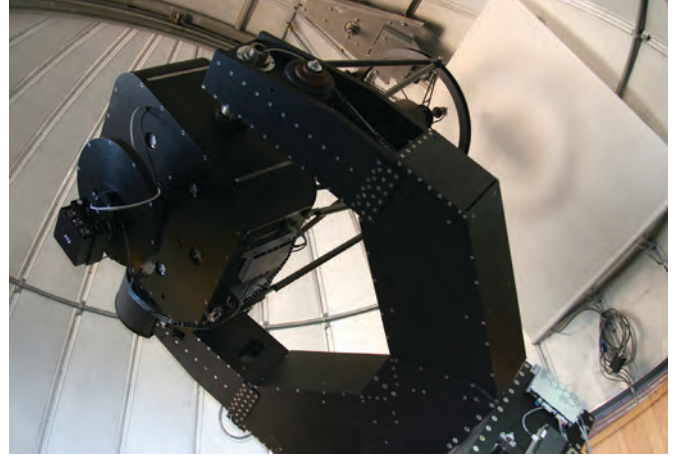
RTT150:

Ayna apı 1,5 m olan bu teleskop TÜBİTAK ile Rusya (Kazan Federal niversitesi) arasında 1995'te imzalanan ve gözlem zamanı paylaşımı esasına dayanan bir anlaşma ile kurulmuştur.

Ülkemizin tayf alınabilen ve en büyük ayna çaplı optik teleskobu olan RTT150 ile yıldızlar, gökadarlar ve bulutsular yüksek uzaysal ve zamansal ayırma gücünde görüntüleniyor. Ayrıca "TFOSC" ve "Coude" tayfekerleriyle çok uzak gök cisimlerinin kimyasal ve fiziksel özelliklerinin ortaya koyulduğu önemli çalışmalar yapılıyor. Bu teleskop 2018 yılında fırlatılması planlanan SRG X-ışını uydusu ile yapılacak X-ışını kaynağı keşiflerinin yer tabanlı optik destek gözlemlerinde de kullanılacak.

T60:

Ayna çapı 0,6 m olan robotik bir teleskop. Hızlı yönlenebilen ve gözlem projelerini kendi kendine yürüten bu teleskopta 2048x2048 piksel formatında bir CCD kamera ve renk filtreleri bulunuyor. Uzun dönemli değişen yıldızların ışık ölçümü projeleri bu teleskopta yürütülüyor.



T60

ROTSEIII-d:

Michigan Üniversitesi'nin (ABD) gamma ışını patlaması gösteren gök cisimlerinin optik bölgede gözlenmesi amacıyla 2003 yılında başlattığı, NASA destekli bir proje çerçevesindeki bir protokol ile TUG'da kuruldu. Proje kapsamında dört kıtaya (Avustralya, Afrika, Amerika, Avrupa) kurulmuş dört robotik teleskoptan biri. 2003-2012 yılları arasında başarıyla çalışan bu teleskop projenin sona ermesinden sonra da TUG'da gözlemlere devam ediyor.



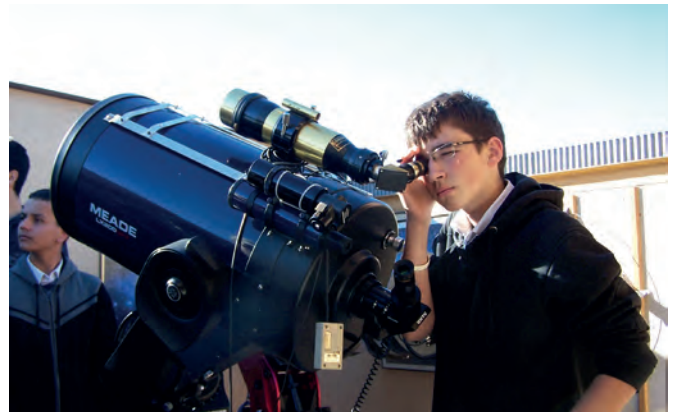
ROTSEIII-d

RT40:

Yazılımı ve bazı donanım bileşenleri tamamen TUG'da geliştirilen ve robotik olarak çalışan, ayna çapı 0,4 m olan bu teleskop asteroit gözlemleri ve uzun dönemli çift yıldız gözlemlerinin yanı sıra ani ve beklenmedik gök olaylarının takip gözlemlerinde kullanılıyor.

BİTOM:

Akdeniz Üniversitesi Yerleşkesi'ndeki TUG Yönetim Binası bahçesinde 2009'da kurulan Bilim ve Toplum Merkezi (BİTOM), çapı 0,35 m olan otomatik teleskobu (T35) ve astronomi konulu görsel sunum olanakları ile gökyüzü meraklılarına ücretsiz olarak hizmet veriyor. Haftanın belirli bir günü akşamları iki saat süreyle Ay, gezegenler, parlak bulutsular ve yıldızlar gözlenebiliyor. İl Milli Eğitim Müdürlüğü ile yapılan bir protokol çerçevesinde eğitim kurumlarından gelen öğrencilere gündüzleri Güneş gözlemi yaptırılıyor, astronomi ve gök olayları hakkında uzmanlar tarafından bilgi veriliyor, gökbilim ile ilgili sorular yanıtlanıyor.



BİTOM'da Güneş gözlemi

T100:

TUG'un Akdeniz Üniversitesi Yerleşkesi'ndeki yönetim binasından yürütülen gözlem projelerinde uzaktan kullanılan, tam otomatik ve ayna çapı 1 m olan bu teleskopta ülkemizin en gelişmiş CCD kamerası (4096 x 4096 piksel) bulunuyor.

Geniş görüş alanı dolayısıyla kalabalık yıldız alanlarında ışık ölçüm çalışmaları, Güneş Sistemi dışında gezegen araştırmaları (ötegezegenler) ve Dünya'ya yaklaşan göktaşlarının izlenmesi gibi güncel konulardaki araştırma projeleri bu teleskopla yürütülüyor.



RT40 binası



Günümüz ve TUG

1960'larda ulusal bir gözlemevinde çalışmak fikri gökbilimcilerimiz için ancak bir hayaldi. Uzun çalışmaların ve emeğin ürünü olarak TÜBİTAK bünyesinde 5 Eylül 1997'de TUG kurulduğunda bu hayal gerçekleşmiş oldu. TUG sadece 40 cm çapında bir teleskop ve buna bağlı bir ışıkölçer (fotometre) ile hizmete başladı. Sonraki 20 yıllık süreçte ise 40, 45, 60, 100 ve 150 cm ayna çaplarındaki teleskoplar ve gelişmiş odak düzlemi alıcıları ile optik astronomideki tüm gözlem yöntemlerinin uygulanabildiği modern bir gözlemevi haline geldi. TUG teleskoplarında artık yüksek uzaysal ve zamansal ayırma gücünde görüntüleme, orta ve yüksek çözünürlüklü tayf gözlemleri ile polarimetre çalışmaları yapılabiliyor. Bu süreçte elde edilen deneyim ve bilgi birikimi sonucunda şimdi TUG'a gökbilimcilerin ihtiyacı olan daha büyük, 250 cm ayna çaplı bir optik teleskop kurulması hedefleniyor. İlgili proje bu yıl Kalkınma Bakanlığı tarafından desteklenen projeler arasına alındı. İlk ışığı 2021'de alması beklenen bu teleskopla evrendeki daha sönük gök cisimleri yüksek duyarlılıkta gözlenecek ve ülkemizin uluslararası ölçekte evrene açılan penceresi olan TUG yeni ve güçlü bir teleskopla ülkemiz astronomlarına daha üst seviyede hizmet sunacak.

Bir parçası olduğu evreni anlamak isteyen insanoğlu için evren engin ve zengin bir laboratuvarıdır. Başka hiçbir bilim dalının böyle bir olanağı yoktur. Bu laboratuvarı, yeryüzünde yaratılması mümkün olmayan fiziksel koşullar ve olaylar hüküm sürer. Gözlemcileri bazen şaşırtıcı, bazen anlaşılması ve yorumlanması zor fiziksel koşullar (yoğunluk, sıcaklık, kütleçekimi ve manyetik alanlar) bekler. Fizikçiler var olanı anlamak için çalışır ve bunu yaparken de sadece gözleme ve deneye güvenirler. Gökbilimciler bu anlayış ve beklenti ile yakın ve derin uzayı araştırır ve evreni teleskoplarla gözlemler. Teleskop ne kadar güçlü (yani aynası ne kadar büyük) ise o kadar sönük ve uzak cisimleri görebilir demektir. Laboratuvarımızdan ne kadar doğru bilgi toplarsak fizik kuramlarının doğruluğu da o derece sınanabilir olur. Edinilen en uygun fizik yaklaşımlar teknolojiye dönüşür. Örneğin Küresel Konumlama Sistemi (GPS) teknolojisinde görelilik kuramından yararlanılır. Günümüzde kullanılan ileri teknolojilerin ortaya çıkmasında itici güç olan astronomi, ilk insanın merakı ile başlayan ve yer temelli büyük teleskoplar ve gelişmiş uzay teleskopları ile evrenin 13,6 milyar ışık yılı derinlerini görme noktasına geline bir süreçten geçmiştir.





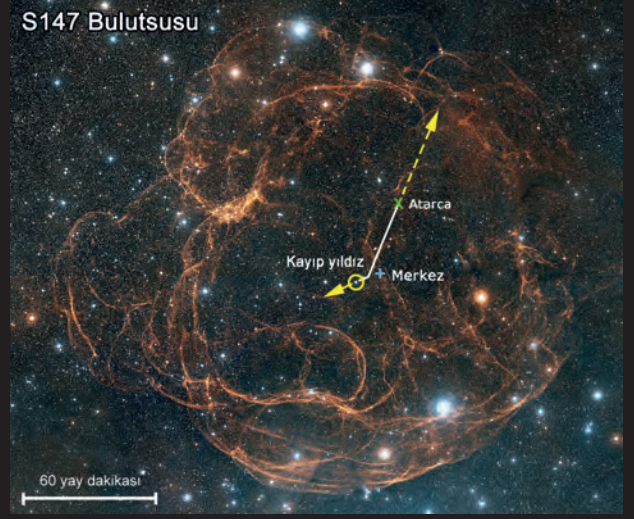
İlk Işık, İlk Keşif...

Ülkemizdeki ilgili tüm bölüm ve birimlerin katılımıyla, astronomların olağanüstü gayreti ve özverisiyle altyapısı tamamlanan TUG Bakırlitepe Yerleşkesinde küçük bir teleskopla gözlemlere başlandı. İlk kurulan teleskop 40 cm ayna çaplıydı ve ışık toplama gücü de ona göre idi. Ancak bazan küçük şeylerle de büyük işler başarılabilir. Nitekim açılışın hemen ardından astronomların çalışma azimlerini kamçılacak bir gözlem yapıldı. Başka bir deyişle açılıştan hemen sonra TÜBİTAK Ulusal Gözlemevi'nde ilk keşif yapılmıştı bile. 6-10 Şubat 1997 ve 28 Nisan 1997 tarihlerinde yürütülen bir gözlem projesinde toplanan verilerin incelenmesi sonucu, alanda bulunan yıldızlardan birinin (BD +38°1005) Algol türünden bir çift yıldız olduğu anlaşıldı ve hemen “*Discovery of an Eclipsing Binary Star in Auriga*” başlığıyla yayımlandı. Türk astronomlar çalışmalarına motive edici, başarılı bir gözlemle başlamıştı! Kitapçığın sonraki sayfalarında görüleceği gibi bu başarılı ve heyecanlı çalışmanın devamı da getirildi.

Kaçan Yıldız...

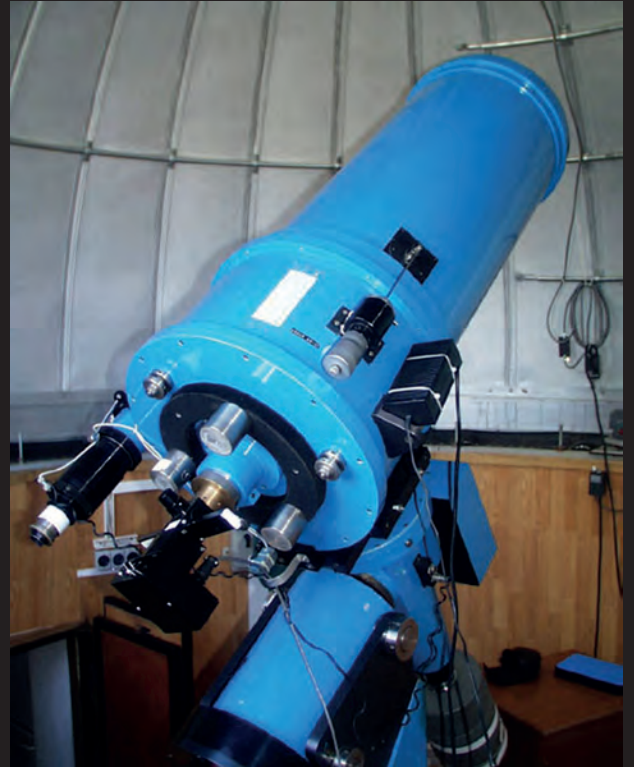
Zamanla TUG'daki teleskop olanakları gelişti, büyük teleskoplar kuruldu ve Türk gökbilimciler heyecanlı ve ısrarlı çalışmalarını sürdürerek yeni keşifler yaptı. Bunlardan biri, yerleşkenin en büyük teleskobu RTT150 ile 9 ve 10 Ağustos 2013 tarihlerinde yapılan tayf gözlemleri sonucunda, bizden yaklaşık 4500 ışık yılı uzak olan S147 isimli süpernova atığında yer alan HD 37424 numaralı, mavi-beyaz renkte, cüce sınıftan (Güneş benzeri) “kaçan” bir yıldızın keşfidir.

“*Discovery of an OB Runaway Star Inside SNR S147*” başlıklı makale ile bilim dünyasına duyurulan bu çalışmada keşfedilen yıldızın, yaşam süreci içindeki izleri (gözlenen uzay hızı) takip edilerek 30 bin yıl önceye gidilmiş ve PSR J0538+2817 isimli atarca (resimde yeşil çarpı işareti) ile birlikte bir çift sistemin bileşeni olduğu anlaşılmıştı. Buna göre, ömrünü süpernova patlamasıyla tamamlayan isimsiz bir çift yıldızın bileşenlerinden birinin şimdi gördüğümüz atarca, diğerinin de keşfedilen bu yıldız olduğu ortaya çıkmıştır.



S147 bulutsusunda keşfedilen “kaçan” yıldız

TUG'un ilk teleskobu olan T40 teleskobu





Kümenin RTT150 ile alınan bu fotoğrafında kırmızı görünen tüm cisimler gökadalardır. Samanyoluna ait yakın yıldızlar ise açık renkli noktalar halinde görülmektedir.

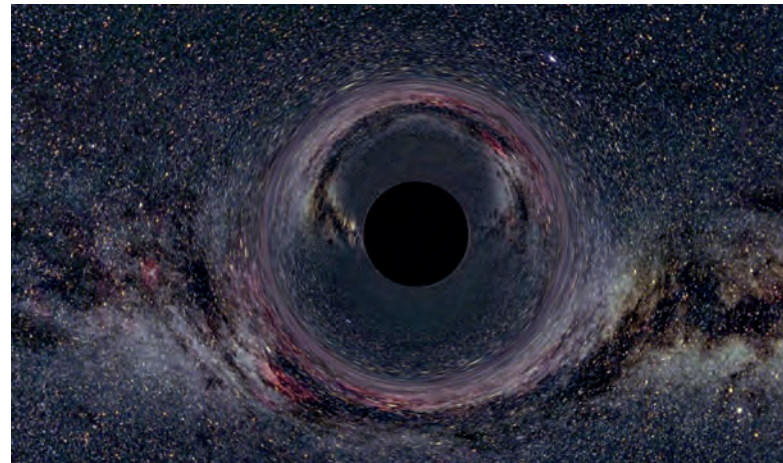
Evrendeki En Büyük Oluşumlar TUG Teleskoplarında

RTT150 ile yapılan başka bir keşif “Galaksi Kümeleri Keşfi” olmuştur. Büyük yapıların gözlenmesi sayesinde evrenin %70’ini oluşturan ve doğası henüz tam anlaşılamamış karanlık enerji ve karanlık madde ile ilgili öngörüler yapılabiliyor. RTT150 ile uzun süredir bu konuya ilişkin derin uzay gözlemleri sürdürülüyor. X-ışını (röntgen) dalga boylarında gözlem yapan uydu gözlemcilerinin yakaladığı veya başka yöntemlerle bulunan gökada kümeleri, yer teleskoplarından optik dalga boylarında yapılan gözlemlerle de destekleniyor. *Planck* adlı uydunun gözlediği ve Sunyaev-Zeldovich etkisi ile bulunan kaynaklar, 2012’den beri RTT150 teleskobu ile takip edildi, önceden bilinmeyen 47 gökada kümesinin tanısı yapıldı ve bizden uzaklaşma ölçütü olan kırmızıya kayma miktarları hesaplandı. Böylece ülkemiz gözlemsel kozmoloji alanına da girmiş oldu. Bu alandaki gözlemler devam ediyor ve 2018’de fırlatılacak olan *SRG* (Spektrum Röntgen Gamma) adlı uydu ile astronomların çok sayıda yeni cisim keşfedebileceği fikri daha şimdiden heyecan verici.

Işığın Yolundan Saptıran Büyük Kütleler

Yıldızların yaşamlarının sonlanma biçimlerinden biri kara delik haline gelmeleridir. Yıldızın kütlesi belli bir değerin üzerindeyse çekim kuvveti o kadar güçlüdür ki tek bir foton (ışık tanecik) bile bu çekimden kurtulamaz ve yıldız artık ışık yayamadığı için görünmez olur ve yıldız kara deliğe dönüşür. Kara delikler yakınlarından geçen ışığı bükerek mercekleme etkisi yaratır. Böyle bir mercekleme gözlemlendiği zaman gözlenen cisim ile aramızda müthiş yoğunlukta bir kütle olduğunu anlarız. Uzay araştırmalarının en güçlü araçlarından biri çekimsel mercek yöntemidir. Kütleçekim alanının etkisine giren ışık yolundan sapar. Yani bir ışık kaynağı ile gözlemci arasında bakış doğrultusunda kütlesi büyük bir cisim varsa kaynağın görünüşü değişir, parlaklığı birkaç kez artar ve yüzükler, yaylar ve ayrılmış çoklu görüntüler oluşabilir. Böyle pırıltıların oluşturduğu ışık eğrisi, değişen yıldızların ve örten sistemlerin ışık eğrilerinden farklıdır. Eğer merceğin kütlesi yıldızın kütlesi kadarsa bu olaylara kütleçekimsel “mikro mercekleme” denir. Bunlar hayli nadir, kısa süreli ve öngörülemez olaylardır. Uzaktaki bir kaynağın çekim etkisinden kaynaklanan görüntü değişiklikleri, söz konusu yıldızdaki kütle dağılımı hakkında bilgi elde etmemizi sağlar. Bu yöntemin diğer bir özelliği de evrenin gözlenebilir sınırlarındaki uzak cisimlerin, örneğin galaksilerin ve kuasarların ayrıntılı görüntülerini incelemek için bir fırsat vermesidir.

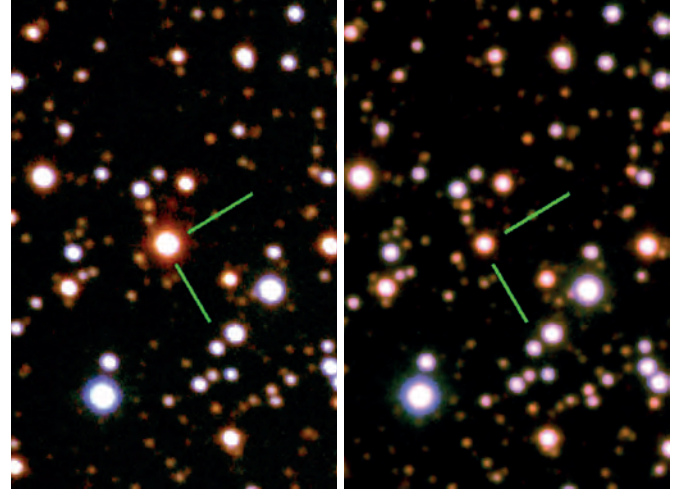
Karadelik doğrultusunda uzayın geometrisinin bozulmasını ve mikro mercekleme etkisini gösteren bir resim



TUG'da Mikro Mercekleme Gözlemleri

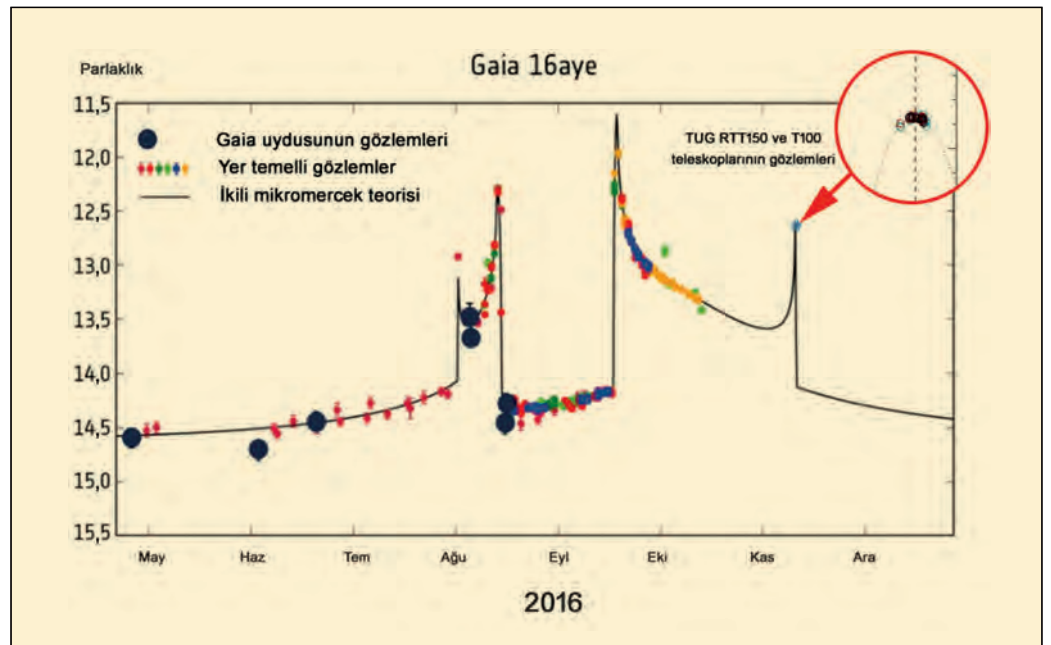
TUG teleskoplarının yukarıda söz edilen türden mercekleme olaylarını gözlemleme yeteneği vardır ve uluslararası gözlem kampanyalarına da destek verilmeye başlanmıştır.

Samanyolu'ndaki herhangi bir mikro mercekleme olayını tespit etmek için her gün yüz milyonlarca yıldızın parlaklığını izlemek gerekir. Avrupa Uzay Ajansı'nın (ESA) *Gaia* adlı uydusunun görevlerinden biri de budur. *Gaia* tarafından yakalanan onlarca kaynağın parlaklıklarındaki değişimler Dünya'ya bildirilir, ardından ışık değişimlerinin doğasını belirlemek için dünya çapındaki uluslararası teleskop ağı tüm bu cisimleri izlemeye başlar. TÜBİTAK TUG teleskopları da yetenekleri ölçüsünde *Gaia*'nın uyarılarına 2014 yılından beri kurumsal olarak gözlem katkısı sağlıyor. Bu uyarılar sayesinde Gaia16aye adı verilen ve bir çift yıldızın merceklemesine iyi bir örnek oluşturan bir "inci" keşfedildi. Mercek etkisini yaratan cismin, ikili bir sistem olduğu anlaşıldı ve 5 kez parlaklık artışı gözlemlendi. TUG'un RTT150 ve T100 teleskoplarıyla yapılan gözlemler mikro mercekleme olayının aydınlatılmasına katkı sağladı. Amerika ve Asya'da bulunan gözlemevleri zaman farkı, Avrupa'daki gözlemevleri de olumsuz hava koşulları yüzünden gözlem yapamamıştı.



Kütleçekim alanının ışığı bükmesi ile gözle görülür bir mercek etkisinde kalan yıldız (solda) ve yıldızın bu etkiden çıkmış hali (sağda) RTT150 ile tespit edilmiştir.

Ancak TUG'un coğrafi konumunun ve atmosferik koşullarının sağladığı avantajı ile 4. parlaklık artışı 21 Kasım 2016 tarihinde, saat 21:54'te tespit edilerek uluslararası kampanyaya önemli bir destek sağlandı. Bu gözlemler ayrıca *The Astronomer's Telegram* üzerinden dört kez dünyaya duyuruldu. Gaia16aye'nin ışık eğrisindeki keskin ve ani geçiş anı aşağıdaki grafikte gösteriliyor.

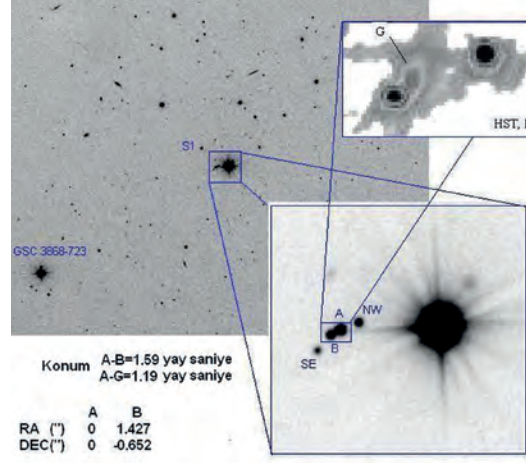


Gaia16aye'nin ışık değişiminde RTT150'nin ve T100'ün katkısı

TUG'da Kütle Çekimsel Mercek Gözlemi

Yarı yıldızlı cisimler veya kuasarlar özel fizik laboratuvarlarıdır. Kuasarlar, evrenin en uzak noktalarında gözlenen hayli sıkışık cisimlerdir. Bir uçtan diğer uca büyüklükleri yalnızca birkaç ışık saati (ya da Plüton'un yörüngesi) kadardır. Ancak milyarlarca Güneş ile karşılaştırılabilecek kadar güçlü ışık yayarlar. Evrenin en uçlarında oldukları ve evrenin ilk dönemlerini temsil ettikleri için, bu cisimlerin tayflarında milyarlarca yıl boyunca maddenin evrimi ile ilgili, geçmişe ait tüm bilgi saklıdır. Bu araştırmalar ancak büyük teleskoplarla yapılabilir. Bununla birlikte, RTT150 teleskobu ile de bu tür gözlemler yapılabileceği gösterildi. Evrenin feneri durumundaki bir kuasarın ışık yayılım yolunda bir galaksi varsa, bu galaksinin çekim etkisiyle merceklenme olayı gözlenir. Dolayısıyla gözlemci kuasarın bir değil birkaç serap görüntüsünü görür. Optik yolları farklı olan bu görüntülerden gelen ışık sinyallerinin değerlendirilmesiyle de kuasarın parlaklığındaki değişimler hakkında bilgi edinilebilir. Bu bilgiler yardımıyla da astrofizikteki en önemli sabitlerden biri olan Hubble sabitini bağımsız olarak hesaplamak mümkündür. Hubble sabitinin daha net olarak belirlenmesinin önemi, bu sabitin evrenin yaşının öğrenilmesine ve kozmolojik ölçekte mesafelerin ölçülmesine yardımcı olmasıdır.

SBS1520+530 adlı kuasarın RTT150 ile yapılan gözlemleri. Kuasarın iki serap görüntüsü A ve B şeklindedir. Hubble Uzak Teleskobu (HST) ile alınan görüntüde ise merceklenme etkisi yaratan galaksi G ile gösterilmiştir.



Yukarıda bahsedilenlere uyan bir örnek seçildi ve kütleçekimsel mercek ve kuasar sistemi (SBS1520+530) 2001'den itibaren 5 yıl bağımsız olarak gözlemlendi. Bu sistemde, aynı kuasarın iki serap görüntüsü vardır. İki kaynağın ışığının zayıf ve konumlarının birbirine yakın (yaklaşık 1,5 yay saniyesi) olması ve Samanyolu'nun parlak ışması nedeniyle gözlem yapmak zordu, ancak RTT150'nin optik kalitesi ve Bakırlıtepe Yerleşkesi'ndeki çok iyi gözlem koşulları sayesinde sistemin zaman gecikmesi yaklaşık 130 gün olarak hesaplandı. Bu araştırmada ayrıca çok uzak bir galakside kütlesi Jüpiter'in kütlesi kadar olan bir mikro merceklenme bulgusu da saptandı.

Planck Galaksi Kümelerinde Merceklenme Etkisi

TUG teleskopları ile yaklaşık 13,6 milyar yıl yaşındaki evren hangi derinlikte gözlenebilir, yani evrenin en uzak hangi noktası görülebilir? Bu soruya cevap bulabilmek için teleskoplarımızı evrendeki en büyük ölçekli yapılara çevirmek ve büyük ayna çaplı teleskopların önemini bir daha hatırlamak gerekiyor.

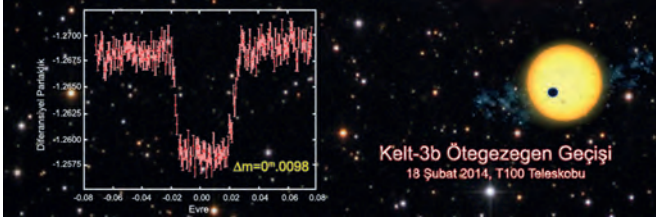


14 Mayıs 2009'da fırlatılan Planck adlı uydu (sağ üstte)

RTT150 ile alınmış bu galaksi kümesi fotoğrafındaki sarı kaynakların her biri küme üyesi galaksiler. Çok daha uzaktaki galaksiler ise kütleçekimi etkisi nedeniyle mavi bir yay şeklinde görülüyor. (solda)



Evrendeki en büyük ölçekli yapıları gözleyen *Planck* adlı uydunun tespit ettiği aday bölgelerde galaksi kümelerinin saptanması ve tanımlanması amacıyla TUG'da yürütülen gözlem programı çerçevesinde, kütleçekimi merceklenme etkisinden faydalanılarak 5-10 milyar ışık yılı uzaklıktaki galaksilerin RTT150'nin görme sınırları içinde olduğu gösterilmiştir. TUG'da yapılan gözlemlerde merceklenme etkisi ile daha uzaktaki galaksiler mavi bir yay şeklinde tespit edilmiştir. Bu, aynı zamanda evrenin sınırını görebilmemizi kolaylaştıran bir penceredir. Bu görüntüdeki sarı kaynakların her biri o bölgede bulunan galaksi kümesinin üyesidir.



Yaklaşık 500 ışık yılı uzaktaki Kelt-3b adlı ötegezegenin kendi yıldızının önünden geçişine ait, hassas ışık eğrisi

Dünya Dışı Yaşam Araştırmaları

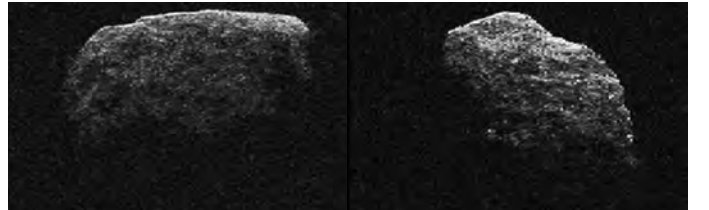
Güneş Sistemi dışındaki yıldız sistemlerinde gezegen arayışı son yıllarda astronomi dünyasının güncel konusu. Bu tür gezegenler Güneş Sistemi gezegenlerinden ayırt edilmeleri için ötegezegen olarak isimlendiriliyorlar. Ötegezegenler yer ve uydu tabanlı teleskoplarla gözlemleniyor. Şimdiye kadar da 3500 ötegezegen keşfedildi. Uluslararası kampanyalar çerçevesinde TUG'da uzun süredir ötegezegenli yıldız sistemleri (örneğin Kelt-3b, Hat-P-10b/Wasp-11b, Hat-P-20b ve Hat-P-22b) hassas olarak gözlemleniyor, özellikle T100 teleskobuyla yapılan hassas ışıkölçümü gözlemleriyle ötegezegenlerin kütleleri ve yarıçapları belirlenebiliyor. Ayrıca 2007'de Okayama Astrophysical Observatory (Japonya), Kazan Federal Üniversitesi (Rusya) ve TUG arasında yapılan "TUG Planet Search" adlı bilimsel işbirliği programı çerçevesinde, RTT150 Coude tayfçekeri ve iyot gazı soğurma hücresi kullanılarak tayfsal yolla ötegezegen araştırmaları başlatıldı. Bu gözlemler sonucunda çok yakında yeni bir ötegezegen keşfedilmesi bekleniyor.

Yukarıdaki paragraf yazılırken keşif henüz yapılmamıştı. Ancak bekleniyordu ve emindik. Sonunda sevindirici haber dergi çıkmadan geldiği için bunu paylaşmak istedik. Yrd. Doç. Dr. Mesut Yılmaz ve arkadaşlarının, tam on yıl önce 2007'de başlayan "TUG Planet Search" adlı bilimsel projenin önemli ilk bilimsel bulgusunu ele aldıkları "A Jupiter-mass planet around the K0 giant HD 208897" başlıklı makale *Astronomy&Astrophysics* dergisinin *Planets and Planetary Systems* bölümünde yayımlandı. (<https://doi.org/10.1051/00046361/201731184>). Böylece TUG teleskoplarından yapılan gözlemlerle ilk ötegezegen keşfedilmiş oldu.

Asteroitler Dünya İçin Tehdit mi Yoksa Fırsat mı?

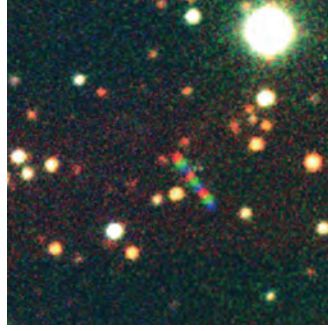
Güneş Sistemi'nin kütle merkezinin belirlenmesinde gezegenlerin olduğu kadar küçük gezegenlerin de (asteroitler) gözlenmesi önemlidir. Boyutları yüzünden nokta kaynak gibi göründükleri için konumları yüksek duyarlılıkta belirlenebilir. Yüksek zamansal ve uzaysal ayırma gücünde asteroit gözlemlerine sürekli ihtiyaç var. Ayrıca Dünya'ya yaklaşma olasılığı olan asteroitlerin izlenmesi de önemli. Bu amaçla 2003'ten beri RT150 teleskobuyla asteroit gözlemleri yapılıyor. 231 asteroite ait şimdiye kadar elde edilen 14 bin konum verisi uluslararası merkezlere düzenli olarak rapor edildi ve hâlâ ediliyor. Yüksek ayırma gücüne ve sönük asteroitleri tespit etme özelliğine sahip RTT150 teleskobu ile ana kuşakta bulunan 10 asteroitin kütlesi dinamik yöntemlerle tahmin edildi.

TUG teleskopları ile şimdiye kadar yapılan asteroit gözlemleri sayesinde dört keşif (üçü 2004'te, biri 2005'te) yapıldı. 2013'te de 2013 QQ19 adlı asteroitin Pan-STARRS-1 teleskobu ile keşfedilmesinin ardından T100 teleskobu ile ilk teyit gözlemi yapıldı.



Apophis'in radar görüntüleri
(Kaynak: NASA/JPL)

Apophis'in
RTT150 teleskobı ile alınmış
ardışık görüntüleri
(renkli noktalar)



Potansiyel Tehlike: Asteroit Apophis

Dünya'ya Yakın Asteroitler (DYA-NEA) arasında Dünya'ya çarpma olasılığı en yüksek olan göktaşı, 19 Haziran 2004'te keşfedilen ve çapı 375 m olan Apophis adlı asteroittir. RTT150 dahil olmak üzere dünya çapında 79 teleskop, Aralık 2012-Mart 2013 döneminde Apophis gözlem çalışmasında yer aldı. Asteroite ait 2731 konum gözlemi yapıldı ve yörüngesindeki belirsizlik büyük ölçüde çözüldü. Bunun sonucunda da sekiz yılda bir Dünya'ya yaklaşan bu asteroitin, 13 Nisan 2029'da Dünya'ya çok yaklaşacağı hesaplandı ve beklenenin aksine çarpışma ihtimalinin azaldığı anlaşıldı. Bu yakın geçiş (5-6 Dünya yarıçapı mesafeden) sırasında Apophis çıplak gözle gözlenebilecek ve yine büyük teleskopların da dahil olduğu çalışmalarla izlenecek.

Potansiyel Fırsat: Uzay Madenciliği

Dünya'ya yakın asteroitlerin araştırılması yalnızca Dünya ile çarpışma olasılıkları olduğundan değil, Güneş Sistemi kökenli sorulara cevap bulmak ve bu asteroitlerin kimyasal yapılarını belirleyerek gelecekte uzay madenciliği yapılmasını sağlamak açısından da önemlidir. 2014'ün sonunda RTT150 teleskobunda geliştirilen bir yöntemle bu tür asteroitlerin fotopolarimetrik gözlemleri yapılma-ya başlandı. Polarimetrik yöntemle yapılan gözlemlerle tahmini boyutları 0,2-5 km arasında değişen 16 asteroitin fiziksel ve kimyasal yapıları belirlendi ve aralarında metal zenginliği göstermeye aday bazı asteroitler olduğu tespit edildi. Böylece bu gözlemlerle TUG'da asteroitlerde maden avcılığı yapılabileceği de gösterilmiş oldu.



Uranüs

Uranüs'ün ve uydularının
RTT150 ile alınmış görüntüsü



Uranüs'ün Uyduları Yakın Takipte

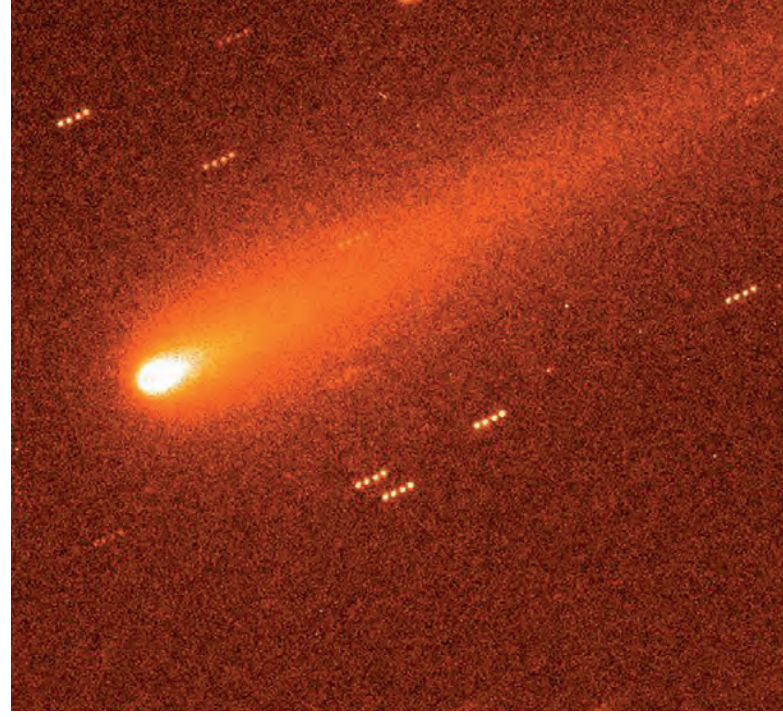
Uranüs'ün dönme ekseninin ekliptiğe göre özel bir eğimi (98 derece) olduğundan Dünya'dan bakıldığında 42 yılda bir Uranüs'ün ekvator düzlemi yandan görülebilir. Bu sırada Uranüs'ün ekvator düzleminde dolanan uydular birbirini örtterek bir tutulma oluşturabilir. Geometrik kaynaklı böyle bir durum Uranüs'ün uydularının hareket dinamiğini fotometrik yöntemlerle araştırmak için bir fırsat oluşturur. 2007'de böyle bir fırsat oluşacağı hesaplanmıştı. TUG da RTT150 teleskobu ile 4 Mayıs 2007 ile 4 Ocak 2008 tarihleri arasında kapsayan uluslararası bir çalışmaya katıldı. Çalışma süresince gözlenen 41 örtülme olayından ikisi TUG'da gözlemlendi. Uranüs'ün Oberon adlı uydusunun Umbriel tarafından, Miranda'nın da Ariel tarafından örtülmesi RTT150 ile gözlemlendi ve Uranüs uydularının astrometrik konumları yüksek doğrulukta hesaplanarak sistemin dinamiğine önemli bir katkı sağlandı.

ISON Kuyrukluyıldızı TUG Teleskoplarında

2012 yılında iki Rus astronom tarafından International Scientific Optical Network kapsamında ilk kez gözlenen bir kuyrukluyıldızın projenin adına ithafen ISON adı verilmiş ve C/2012 S1 olarak kaydedilmiştir. Kuyrukluyıldızlar Güneş Sistemi'nin oluştuğu dönemden kalan gök cisimleri oldukları için sistemin başlangıcı hakkında değerli bilgiler içerirler, bu yüzden büyük teleskoplarla yapılan gözlemler önemlidir. 2013'ün Aralık ayında Güneş'e en yakın noktaya (enberi-perihel) ulaşarak parçalara ayrılan ISON kuyrukluyıldızı RTT150 ve T100 teleskopları ile gözlemlendi, böylece TUG'da ilk kez bilimsel amaçlı kuyrukluyıldız gözlemi yapılmış oldu. Bu gözlemler sırasında 154P/Brewington adlı başka bir kuyrukluyıldızın da TUG'da ilk defa RTT150 teleskobu ile tayf alındı ve tüm bu gözlemlerin sonuçları uluslararası toplantılarda sunuldu.

29 Mart 2006 Tam Güneş Tutulması

11 Ağustos 1999 tarihinde gerçekleşen ve ülkemizden gözlenebilen tam Güneş tutulmasından yaklaşık 7 yıl sonra, 29 Mart 2006 tarihinde yine ülkemizde Batı Akdeniz'den Doğu Karadeniz'e uzanan yaklaşık 165 km genişlikteki bir kuşak içinde gözlenebilen bir tam Güneş tutulması daha gerçekleşti. Büyük gözlemevlerinin böyle tutulmaların izlenme kuşağında kalması olasılığı çok düşüktür, ancak büyük bir şans eseri TUG bu tutulma kuşağının içinde kaldı ve tutulma 2 dakika 14 saniye süreyle T40 ve RTT150 teleskopları ve özel kameralarla gözlemlendi. RTT150 teleskobu ile Güneş'in taç tabakasının (korona) yüksek ayırma gücünde tayfının alınması, tarihte ilk kez bu büyüklükte bir teleskobun Güneş tutulmasında kullanılması açısından önemliydi. Ülkemizde 2060'a kadar tekrarlanmayacak bu gök olayı TUG'u ve Antalya bölgesini hareketlendirdi, yurtdışından birçok araştırma grubu bölgeye gelip gözlem istasyonu kurdu ve TUG'un desteklediği bilimsel toplantılar düzenlendi.



ISON kuyrukluyıldızının 16 Kasım 2013'te T100 ile alınmış bir görüntüsü



Tarihi kare!
RTT150 tam tutulma sırasında Güneş'in taç tabakasının tayf gözlemini yapıyor.



29 Mart 2006 tam Güneş tutulması sırasında Güneş'in taç tabakasının TUG'dan alınmış fotoğrafı

Evrendeki En Yüksek Enerji Yayılımı: Gamma Işını Patlamaları

Gamma ışını patlamalarının (GRB-Gamma-Ray Burst) takibi ve doğasının öğrenilmesi, astrofizikçilerin ortak çalışmalarına güzel bir örnektir. 1960'larda keşfedilen kozmik kökenli gamma ışınmasının kısa süreli patlamaları Samanyolu'nun içinden veya dışından gelebilir. Gamma ışını patlaması kaynaklarının optik bölgedeki ışımaları, aynı zamanda TUG'un kuruluş yıllarına rastlayan 1997 yılında tespit edilmiştir. Gamma ışını patlamalarında ortaya çıkan enerji, belirli kütleye sahip yıldızların yaşamalarının sona erdiği süpernova patlamalarında ortaya çıkan enerjiden yüzlerce kat fazladır. Dolayısıyla GRB'lerin evrendeki en yüksek enerjili patlamalar olduğu söylenebilir.

Evrendeki en güçlü enerji salımları olan GRB'lerde ortaya çıkan enerji bir süpernova patlamasının enerjisinden yüzlerce kat fazladır.



Uydular bu tür patlamaları kısa zaman içinde tespit edip koordinatlarını sürekli Dünya'daki aktif gözlemcilerine iletir. TUG'da bu gözlemcilerinden biridir; uydudan alınan Gamma ışını patlaması koordinatlarını anında değerlendirip teleskoplarını o noktaya yönlendirir. Çünkü bu patlamalar çok kısa zaman ölçeklerinde gerçekleşir ve kaynaklar hızla sönükleşir. RTT150 teleskobu yardımıyla şimdiye kadar yüzden fazla GRB gözlemi yapıldı ve sonuçlar uluslararası bültenlerde araştırmacılarla paylaşıldı. Ayrıca 2004'ten beri TUG'da robotik olarak çalışan ve birincil görevi GRB'leri takip etmek olan ROTSEIII-d teleskobunda da şimdiye kadar 300'ün üzerinde GRB uyarısı gözlemlendi ve bu gözlemler uluslararası yayınlara dönüştü. 2012'de sona eren projede yer alan dört teleskoptan üçü devreden çıktı, ancak ROTSE III-d hâlâ çalışmaya devam ediyor.

Bakırtepe'de kurulu ROTSEIII-d

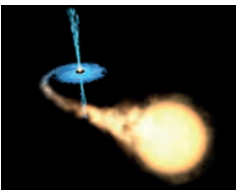


Elektromanyetik Işınımda Başka Bir Pencere: X-Işın Kaynakları

Bir sağlık sorunu yaşayıp da röntgen filmi çektiğimizde görüntü oluşmasını sağlayan X-ışınları evrende bolca üretilir. Samanyolu'nda ve başka gökadalarda çok sayıda X-ışını kaynağı vardır. Bunlar genellikle bileşenlerinden biri kara delik veya nötron yıldızı olan, yakın çift yıldız sistemleridir. X-ışını mekanizmalarındaki fiziksel süreçlerin anlaşılabilmesi amacıyla *ROSAT*, *INTEGRAL* ve *SWIFT* gibi uzay gözlemevlerinin yaptığı taramalarda tespit edilen bu tür kaynakların optik bölgede takibi için yer teleskoplarıyla desteklenen uluslararası çalışmalar düzenleniyor, RTT150 teleskobuyla da bu çalışmalara destek veriliyor. Bu tür kaynakların gizemi sadece X-ışınlarında değil, tüm dalga boylarında gözlemlenirken çözüldüğü için uydu ve yer tabanlı optik gözlemlerin eş zamanlı yapılması önem taşıyor.

Kaynaklardan en ilginç olanı Samanyolu'nda başka bir örneği olmayan, bir bileşenden diğerine madde aktaran, sıkışık ve muhtemelen bir kara delik olan bileşen etrafında bir yığılma diski oluşturan, yüksek kütleli bir çift yıldız sistemidir. SS433 adı verilen bu sistemin diğer çift sistemlerden farkı, sürekli süper kritik disk birikiminin gerçekleşmesidir. Milyonlarca derece sıcaklığa ulaşan bu yığılma bölgesinde ışınım enerjisi kütleçekim kuvvetini aşarak sıkışık cisim çevresinden maddeyi jet şeklinde dışarı atmaktadır.

SS433'ün optik bölgedeki düzensiz değişimleri ilk kez RTT150 teleskobuyla ayrıntılı olarak incelenmiş, hazırlanan makale saygın dergilerde yayımlanarak dünya gökbilim literatürüne katkı sağlanmıştır. Bir diğer X-ışını kaynağı olan Aql X-1 yıldızının 2013 yılındaki büyük patlaması sırasında *SWIFT* adlı uydudan yapılan gözlemler RTT150 teleskobu ile optik olarak desteklenmiş ve yığılma diskinin büyüklüğü saptanmıştır.



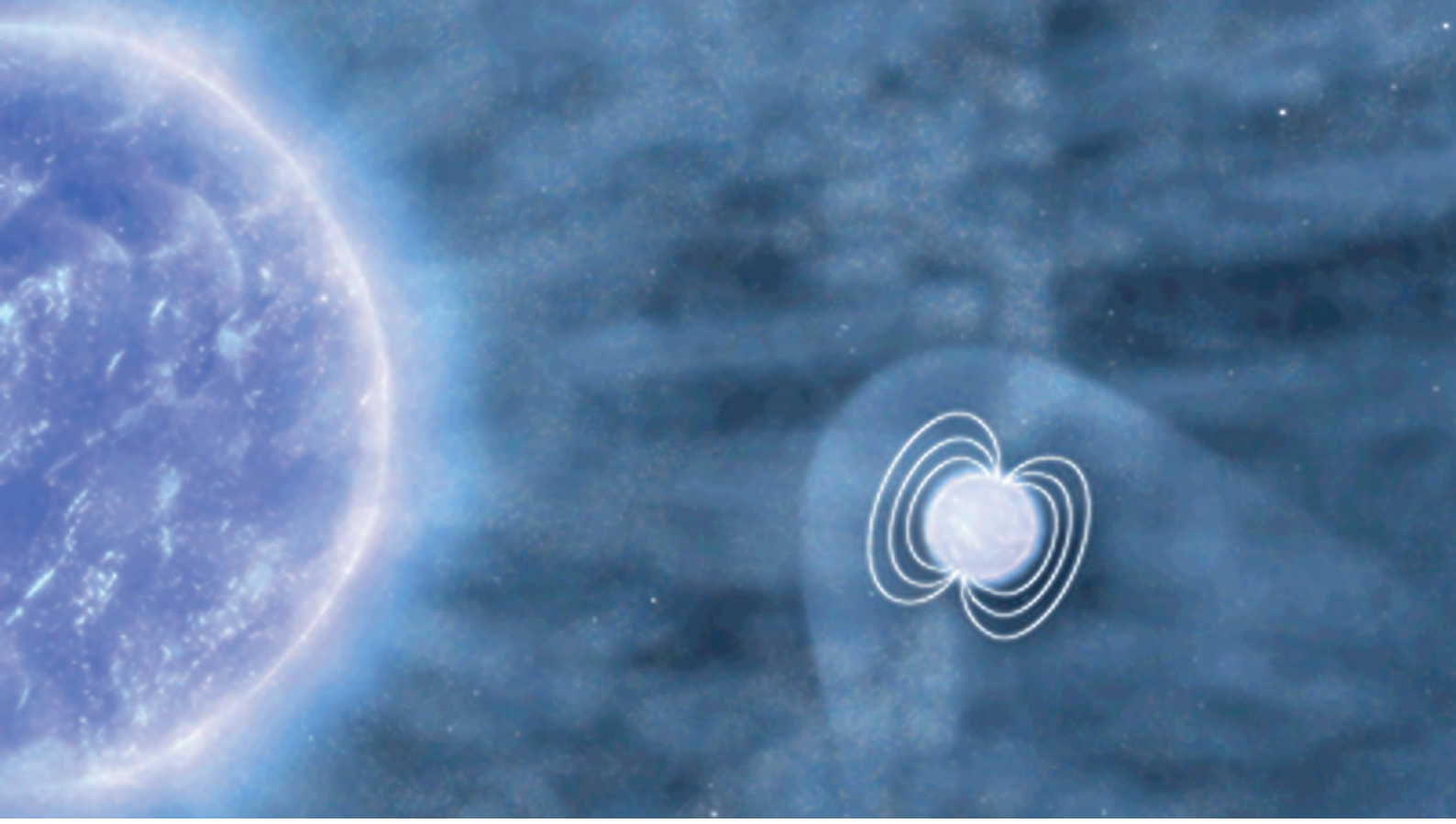
SS 433'ün yapısını gösteren bu resimde ana bileşenden (sarı renkli yıldız) sıkışık cisme (mavi disk merkezi) akan madde ve oluşan jet akımları gösteriliyor.

RTT150 Kara Deliklerin de Kütlesini Ölçebiliyor

Süper kütleli kara deliklerin (SMBH) kütlelerinin ölçülmesi ve üzerlerine madde akış ve birikim hızının belirlenmesi astrofizikte güncel bir konu. Aktif galaksi merkezindeki (AGN) kara deliğin çekim potansiyelinin ölçülmesi ve madde birikim hızının modellenmesiyle gökadanın merkezinin nasıl oluştuğu ve SMBH büyüme oranının anlaşılması kolaylaşır. Bu tür çalışmalar gökadalardan evrimini anlamak açısından bize önemli ipuçları verir. 2011'de RTT150 ile *INTEGRAL* adlı uydunun tüm gökyüzü tarama kataloğundan seçilen 19 adet Seyfert gökadasının tayfı alınmış ve gökadalardan merkezlerindeki kara delik kütleleri hesaplanmıştır. Buna göre süper kütleli kara deliklerin kütle aralıklarının 10-100 milyon Güneş kütlesi mertebesinde olduğu anlaşılmıştır.



Merkezinde süper kütleli bir kara delik barındıran Centaurus A gökadası (Kaynak: ESA/XMM-Newton)



Ana bileşeni mavi bir dev yıldızdan (solda) ve nötron yıldızından (sağda) oluşan bir X-ışın çifti modeli

17 Ekim 2002'de Avrupa Uzay Ajansı (ESA) tarafından fırlatılan INTEGRAL adlı uydu (solda)



X-ışınlarında Hızlı ve Kısa Süreli Patlamaların Sırrı

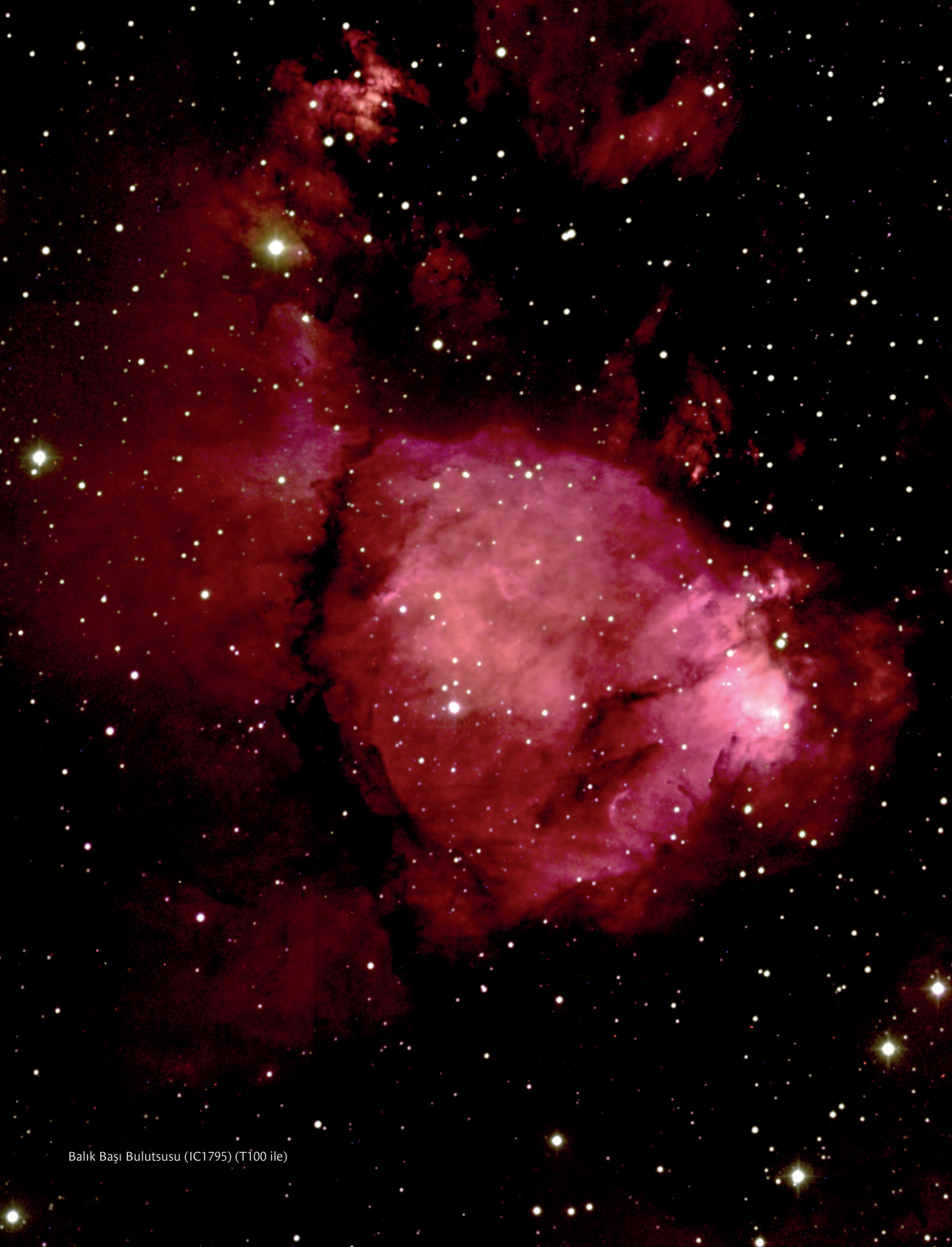
Hızlı X-ışını geçici olayları olarak adlandırılan, daha önceden bilinmeyen X-ışını çift yıldız sistemlerinin keşfi, Gamma ışını uydu gözlemevi *INTEGRAL*'in önemli başarılarından biridir.

Bu sistemler, manyetik alanı çok güçlü bir nötron yıldızından (X-ışını atarcası) ve erken tayfsal sınıfa ait süper bir dev yıldızdan oluşur. *INTEGRAL*'in keşiflerinden önce, süper dev bileşenli olan birkaç X-ışını çifti biliniyordu, fakat sayılarının neden az olduğu açıklanamıyordu. Hızlı X-ışını geçici olaylarının keşfiyle birlikte bu sistemlerin sayısı önemli ölçüde arttı.

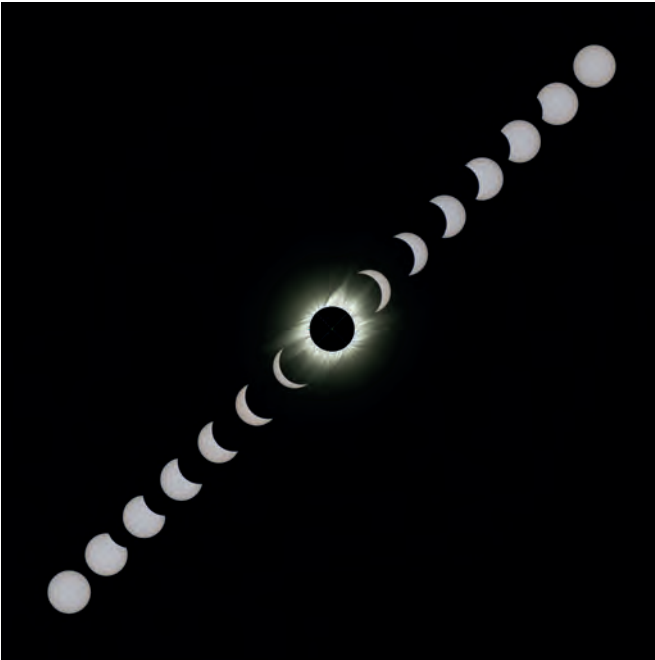
Grebenev ve Sunyaev tarafından önerilen modele göre nötron yıldızının manyetosferi, sistemde bir madde birikimi bariyeri (pervane etkisi) oluşturur ve ana bileşenden çekilen maddenin kritik bir değere ulaştığı anlarda kısa süreli X-ışını patlamaları oluşur. Bu mekanizmaların gözlemlerle sınanabilmesi için böyle çift sistemlerin yörüngesel ve fiziksel değişkenlerinin güvenilir şekilde belirlenmesi gerekir, fakat bu hayli zordur. Bu tip sistemlerin iyi bilinen örneklerinden biri olan IGR J15544-261'in RTT150 ile yapılan uzun dönemli gözlemlenmesinin de katkısıyla sistemin periyodu, yörünge değişkenleri, kütle fonksiyonu ve optik bileşenin kütlesi güvenilir şekilde belirlenebilmiştir.

galeri





Balık Başı Bulutsusu (IC1795) (T100 ile)



1-Ay (T35 ile) 2-NGC 2841 Gökadası (RTT150 ile) 3-Neat Kuyruklu Yıldızı (ROTSEIII-d ile) 4-29 Mart 2006 Tam Güneş Tutulması



Havai Fişek Gökadası (NGC6946)
(RTT150 ile)



Üçgen Gökadası (M33)
(T100 ile)



Girdap Gökadası (M51)
(T100 ile)



Halter Bulutsusu (M27)
(RTT150 ile)



Fırıldak Gökadası (M101)
(RTT150 ile)



T100 teleskop binası





Bakırlitepe'den Samanyolu



T100 teleskop binası ve yıldız izleri



T60 teleskop binası



TUG yerleşkesi gece



Avca Bulutsusu (M42)
(RTT150 ile)



Yengeç Bulutsusu (M1) (T100 ile)