

Efe Tuncel \*

Umut A. Yıldız \*\*

\*ODTÜ, Fizik Bölümü,  
Lisans Öğrencisi

\*\*Leiden Üniversitesi, Leiden Gözlemevi,  
Doktora Öğrencisi

# APEX Teleskobu

## ALMA'nın İlk Öncüsü

Şili'nin Llano de Chajnantor bölgesindeki Avrupa Güney Gözlemevi'ne (ESO) ait APEX Teleskobu, güney yarımküredeki en büyük tek çanak halinde çalışan, milimetre-altı dalga boyu teleskobudur. "Atacama Öncü Deneysel Teleskobu" olarak çevirebileceğimiz adı "Atacama Pathfinder Experiment" sözcüklerinin baş harflerinden meydana geliyor. APEX şu anda yepyeni keşiflere yol açan ALMA'daki teleskopların ilk örneği olarak tasarlanmıştır. Son teknoloji ürünü dedektörleriyle gökyüzündeki karanlık bölgeleri -çevrelerindeki gaz ve toz nedeniyle- gözlemleyebilen en ideal teleskoplardan biridir.



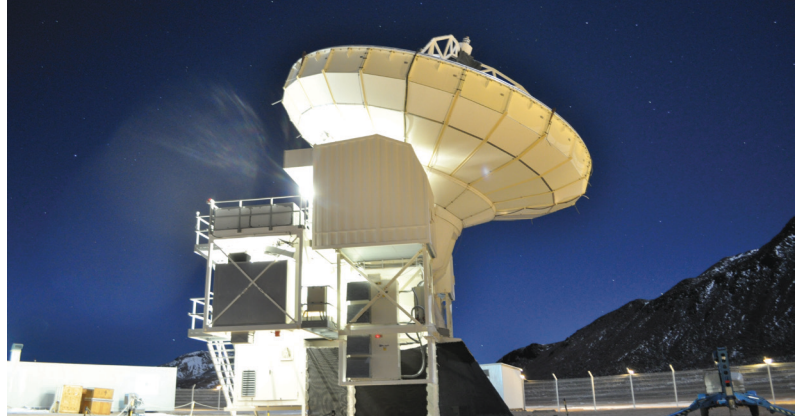
**M**ilimetre-altı gökbilimi soğuk, tozlu ve karanlık evrene açılan bir pencere, ancak atmosferimizdeki su buharı evrenden gelen milimetre-altı ışınımı (mikrodalga aralığında bulunan, dalga boyu 0,3-1 mm arasındaki ışınım) büyük oranda engellediği için, bu bölge sadece son 30 yıldır gözlemlenebiliyor. Bunun nedeni Dünyada atmosferdeki büyük su kütesinden etkilenmeyecek kadar yüksekte sadece birkaç uygun yer olmasıydı. APEX'in bulunduğu, çok nadir özelliklere sahip Llano de Chajnantor bölgesi, gezegendeki en kuru yerlerden biri olması ve çok yüksek olması sayesinde araştırmacılara milimetre-altı dalga boyundaki evreni gözlemlemek için büyük bir kapı açıyor.

Deniz seviyesinden 5107 metre yüksekteki APEX Teleskobu, 2005'in Eylül ayından bu yana aktif. Yer yüzünün en yüksek yerlerinden birinde kurulmuş olma özelliğine de sahip. Teleskop aslında Avrupa Güney Gözlemevi'nin (ESO) ortaklarıyla birlikte inşa etmekte olduğu, dünyanın en büyük milimetre ve milimetre-altı bölge dizge teleskobu olacak olan ALMA (Atacama Large Millimeter/Submillimeter Array - Atacama Geniş Milimetre/Milimetre-altı Dizgesi) için inşa edilen ilk öncü teleskop. Yani bu teleskop ile elde edilen deneyim ALMA'nın yapım aşamalarında kullanıldı ve hâlâ kullanılıyor. ALMA'nın yakın zamanda aktif hale gelmesiyle beraber çok daha detaylı bir şekilde inceleyeceği birçok hedefi de keşfetmiş olan bu teleskop, Max Planck Radyo Astronomi Enstitüsü (MPIfR), Onsala Uzay Gözlemevi (OSO) ve Avrupa Güney Gözlemevi'nin (ESO) işbirliğiyle inşa edildi. Bulduğu yükseklik nedeniyle atmosfer etkilerinden büyük ölçüde sıyrılması, sert çalışma koşullarına dayanıklı olması ve çok düşük hata payı gibi özellikleri eklendiğinde APEX'i astronominin vazgeçilmez olarak nitelendirmek herhalde yanlış olmaz.

## Projenin Öyküsü

1990'ların ortalarında, sayıları çok az olan milimetre-altı teleskoplarla elde edilen başarı ve yapılan keşifler, gökbilimin milimetre-altı dalga boyuna yeterince yoğunlaşmadığının fark edilmesini sağladı. Bu gelişmeler ışığında ABD, Avrupa ve Japonya geniş bir milimetre/milimetre-altı girişimölçer dizgesi (birbirinden bağımsız birkaç teleskobun aynı anda aynı yeri gözlemlemesi ve sonrasında bu verilerin tek bir büyük teleskop tarafından gözlenmiş gibi bilgisayarda birleştirilmesi yöntemi) kurmayı planladı. Teleskop için en uygun yerin aranma-

sı çalışmaları sonucunda, 5100 metredeki Chajnantor Platosu'nun milimetre-altı gözlem için dünyadaki en iyi bölge olduğu belirlendi. Gözlem yerinin beklenenden daha iyi çıkması, ALMA'nın artık sadece milimetre değil milimetre-altı dalga boylarında da çalışmasına olanak sağladığından projenin ismi "Atacama Geniş Milimetre/milimetre-altı Dizgesi" olarak değiştirildi. Fakat ALMA'ya bir öncü teleskop gerekiyordu. Bu yüzden ESO ve ortakları APEX için çalışmalara başladı.



## Tesisin İşleyişi

APEX, Atacama Çölü'nde bulunan San Pedro isimli köyün birkaç kilometre kuzeyindeki Sequitor'da bulunan üs ile arasındaki bir bağlantı hattıyla çalıştırılıyor. Üste laboratuvarlar ve ofislerin yanı sıra gözlemcilerin kalabileceği bir misafirhane ve yemekhane var. Ayrıca etkili bir uzaktan kontrol için altyapı da sağlanıyor. Tesiste ESO'ya bağlı gökbilimcilerin, mühendislerin ve personelin de içinde bulunduğu yaklaşık 20 kişilik bir ekip çalışmalarını sürdürüyor.

Milimetre-altı bölge güneş ışığından etkilenmediği için APEX günün 24 saati gözlem yapabiliyor. Ancak uyulması gereken birkaç kural ve aşılmaması gereken bir sınır da var. Sağlık ve güvenlik gerekçeleriyle, 5100 metredeki gözlemler her zaman bir APEX görevlisinin yanında bir ya da iki gözlemci ile yapılıyor ve bir gözlemcinin günlük en fazla 8 saat gözlem yapmasına dikkat ediliyor. Bunun yanında Sequitor'da her zaman gözlemcileri takip eden teknik elemanlar sürekli telsiz bağlantısı ile gözlemi de takip ediyor. Kontrol odasında yükseklik nedeniyle seyrelen hava, bir oksijen tankından sürekli oksijen püskürtülerek takviye ediliyor. Elektrik ise 250 kVA gücünde (jeneratörlerin deniz seviyesindeki güçleri 400 kVA) iki dizel jeneratör tarafından sağlanıyor.

Yerel geleneklere göre inşa edilmiş olan Sequitor Üssü, teleskop kontrol odası ve misafirhanelerin de bulunduğu çok amaçlı bir alan.



Tesiste güvenlik kuralları çok katı, bölgeye girmek için tesis müdüründen özel izin almak gerekiyor. Yüksek rakımda çalışmak çok katı sağlık ve güvenlik kurallarına uyulmasını gerektiriyor.

## Teleskop

Vertex Antennentechnik tarafından Almanya'nın Duisburg kentinde tasarlanan, üretilen APEX, ALMA projesinde kullanılacak olan teleskopların tek başına çalışabilmesi için değiştirilmiş bir örneği. Yatay ve dikey hareket sağlayan bir sis-

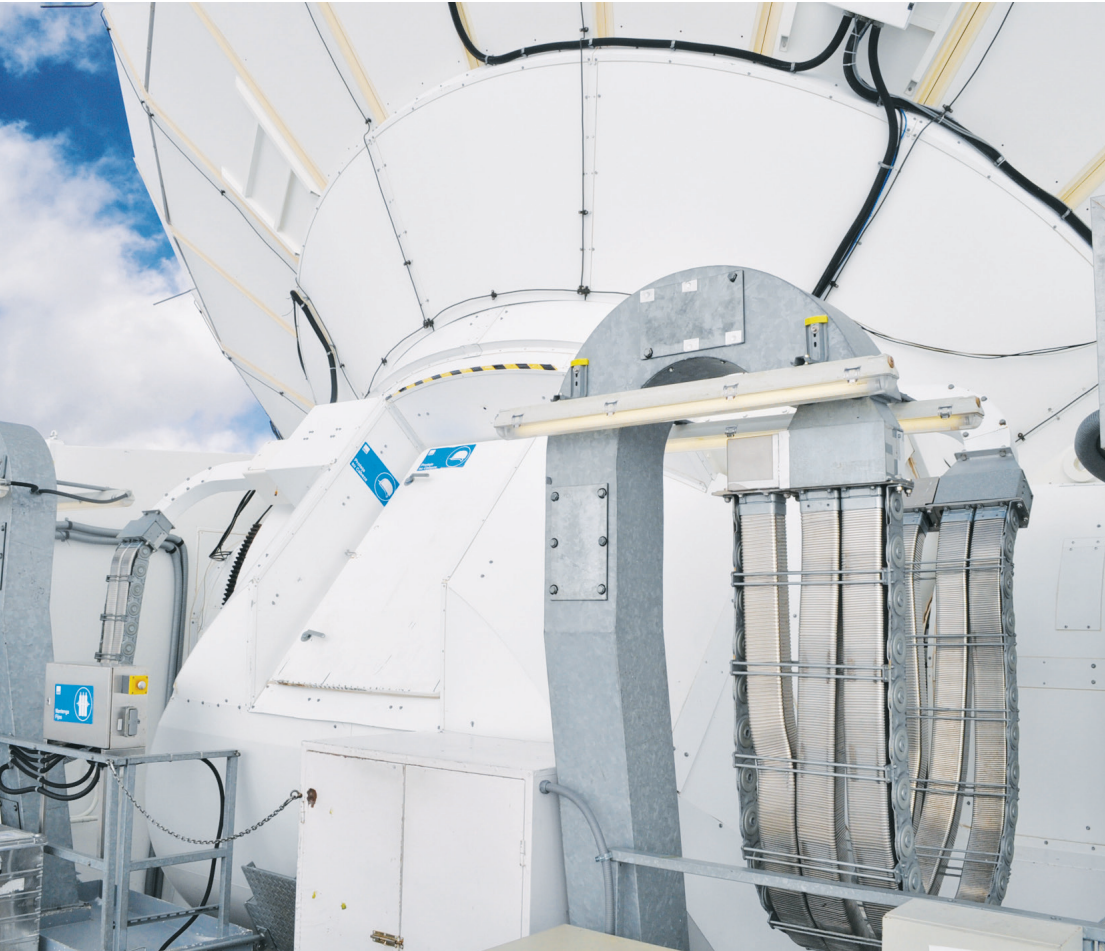
temin üzerinde bulunan ve 12 metre çapında bir anteni olan APEX'te Cassegrain tipi hareket mekanizması var. Teleskobun bu değiştirilmiş halinin toplam ağırlığı yaklaşık 125 ton. APEX'in kızılötesi dalgalar ve radyo dalgaları arasında kalan milimetre-altı dalga boylarında gözlem yapması için birçok farklı dedektör ve özel donanım geliştirildi. 295 piksel ile dünyadaki en büyük bolometre kameralarından biri olan, Max Planck Enstitüsü Bolometre Geliştirme Grubu tarafından tasarlanan ve 2007'nin Mayıs ayından bu yana çalışmakta olan Geniş APEX Bolometre Kamerası hayli geniş bir görüş alanı sağlıyor. Bolometreler, bir çeşit termometreye benzer. Geniş APEX Bolometre Kamerası'nın zayıf milimetre-altı ışınımın sebep olduğu en küçük sıcaklık değişimini algılamasını sağlayabilmek için, kameranın içindeki termometrelerin her biri mutlak sıfırdan sadece 0,3 derece (-272,85 °C) kadar yüksek bir sıcaklığa kadar soğutuluyor. Teleskop, bu kameranın yüksek hassasiyeti ve geniş görüş alanı özelliğinin (Ay'ın 1/3'ü) bu sistemle birleşmesi sayesinde, milimetre-altı evreni gözlemleyebilmek için olanak sağlıyor.



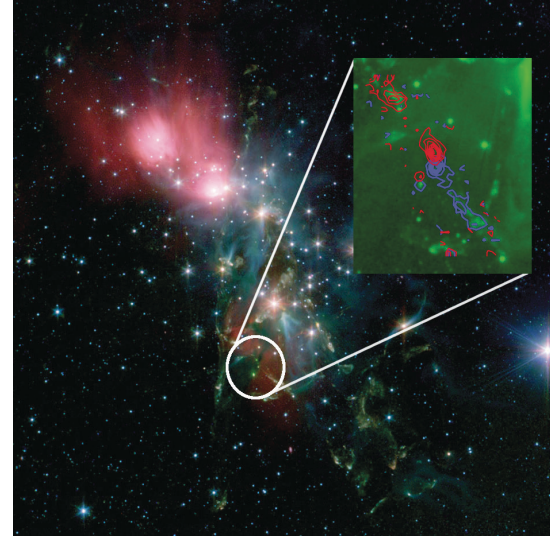
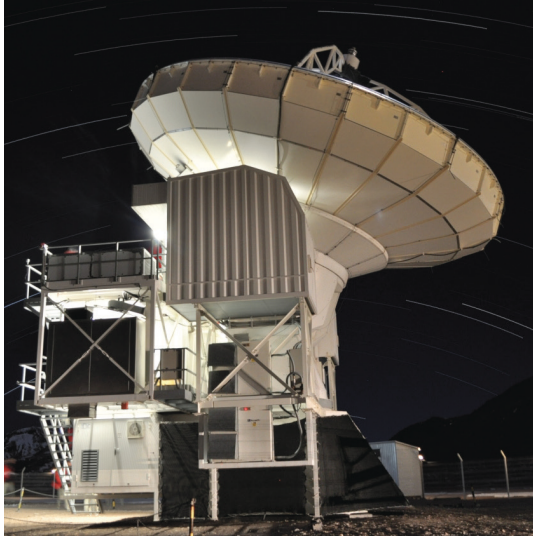
## APEX ve Bilim

Adı üstünde öncü bir teleskop olan APEX, henüz yeni yeni çalışmaya başlayan ALMA için çok önemli. Tek çanak özelliği ile son birkaç yılda bile çok sayıda bilimsel çalışma yapılmasına yardımcı oldu. APEX'le yapılan gözlemler, *Herschel* Uzay Gözlemevi'nden elde edilen verileri tamamlıyor. Yine APEX'in verileri henüz yeni çalışmaya başlayan SOFIA Gözlemevi için de önemli olacak. Bu teles-

koplar farklı dalgaboylarını algılayacak şekilde tasarlanmış olduklarından, veriler karşılaştırıldığında gözlenen cisimler daha iyi anlaşılabilir. APEX'in frekans aralığı (250-850 GHz) diğer milimetre teleskobu olan İspanya'daki IRAM 30-m teleskobunun (100-250 GHz) hemen bittiği yerden başladığı için, IRAM teleskobundan 30 yıldır gelen verilerle bu yeni verilerin karşılaştırılmasına yardımcı oluyor.



Oluşmakta olan bir ilkel yıldızdan püsküren jetler (NGC 1333-IRAS 4A/4B), APEX teleskobu ile yapılan CO moleküllü gözlemleriyle açığa çıkarılıyor (Yıldız ve ark. 2012). Fonda Spitzer Uzay Teleskobu ile aynı bölgenin kızılötesi bölgeden alınan görüntüsü yer alıyor (Üstte) (NASA/JPL/R. Gutermuth).



Peki, APEX ile ne gözlemleyebiliriz? Milimetre-altı dalga boyundaki evreni gözlemlemek demek soğuk ve büyük bulutsulardan yansıyan bu ışımayı ölçebilmek ve daha önce ulaşılmamış bir gökyüzü resmine ulaşabilmek demek. Aynı zamanda molekülleri gözlemlemek ve toz bulutlarının içine bakabilmek demek. Milimetre-altı dalga boyu bölgesi, aslında milimetre bölgesinden daha sıcak bölgeleri gözlemlemek için daha uygun. Burada sıcak derken mutlaka bir karşılaştırma yapmak gerekiyor. Çünkü milimetre ve milimetre-altı çalışan gökbilimcilere göre 10 Kelvin (-263 °C) soğuk, 150 Kelvin (-123 °C) sıcak ve 1000 Kelvin (727 °C) çok çok sıcak demektir. Optik astronomlarına göre ise 1000 Kelvin çok soğuk demektir.

Yıldızların doğum yeri olan soğuk ve karanlık bulutsular, diğer dalga boylarında bakıldığında içlerindeki toz nedeniyle karanlık ve örtülü görünür, fakat milimetre-altı tayfında bu bölgelerdeki cisimler parlak. Bu karanlık bulutsuların içinde yeni yıldızlar oluşur ve oluşum aşamalarını milimetre-altı bölgedeki farklı molekülleri inceleyerek ortaya çıkarabiliriz. Örneğin karbon monoksit moleküllü (CO) gözlemleri, yıldız oluşum aşamalarındaki madde püskürme jetlerini açığa çıkarmada çok önemli bir yöntemdir.

Evrendeki en uzak gökadalardan bazılarını gözlemlemek için de milimetre-altı dalga boyu idealdir. Evrenin sıcak olan yerlerinin yanı sıra soğuk yerlerinden de veri alabilmek astronomlar için çok önemlidir. Ayrıca APEX'in antenindeki kimyasal kaplı paneller Güneş'ten gelen görünür ışığı ve kızılötesi ışınımı dağıtarak, teleskopu Güneş gözlemi için de elverişli kılar ve Güneş'in daha önce gördüğümüz fotoğraflarında olduğundan farklı olarak

alışılmadık bir dalga boyunda gözlemlenebilmesini sağlar. Geniş frekans aralığına sahip tayfçekerciler ile gökadalardaki özellikleri çok daha derinlemesine araştırmayı mümkün kılıyor. APEX gözlemleri ile bugüne kadar uzayda birkaç yeni molekül de keşfedildi. Bunlar arasında CF<sup>+</sup> (fluoromethylidyum) ve geçen yıl keşfedilen H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (hidrojen peroksit, Bergman ve ark. 2011) ayrı bir öneme sahip. Yaşam ile ilişkilendirilen su (H<sub>2</sub>O) ile yakın kimyasal özellikleri olduğundan Dünyamızdaki suyun nasıl oluştuğuna ve nereden geldiğine dair ipuçları bulmamıza yardımcı olabilecek bir keşif.

Her ne kadar ALMA yakın zamanda tam kapasite devreye girecek olsa da APEX teleskobu, çalışmaya devam edecek. ALMA, çok geniş olan anten dizgeleriyle gözlem yaptığında gökyüzündeki cisimleri en ince detaylarına kadar inerek inceleyebilecek. Ancak ALMA ile gökyüzünde geniş bir bölgenin gözleminin yapılması çok fazla gözlem zamanı gerektirdiğinden, bu bölgelerin haritalandırılması için APEX'e hâlâ ihtiyaç var. Çünkü ALMA gökyüzünde çok dar bir alanı görebilirken APEX geniş bir alanı görüyor. APEX'te, ikinci nesil aletler zaten kullanılıyor. Üzerindeki çok gelişmiş melez ve bolometre alıcılar APEX'in gelecekte de gözlemler ve keşifler yapmaya devam edeceğini kanıtıyor.

Fotoğraflar: Umut Yıldız

#### Kaynaklar

www.esoturkiye.org  
www.eso.org  
www.apex-telescope.org  
Gutermuth ve ark., "The Atacama Pathfinder Experiment", *ESO Messenger*, Cilt 124, s. 12, 2006.  
Gutermuth ve ark., "Spitzer Observations of NGC 1333: A Study of Structure and Evolution in a Nearby Embedded Cluster", *Astrophysical Journal*, Cilt 674, s. 336-356, 2008.  
Bergman ve ark., "Detection of interstellar hydrogen peroxide", *Astronomy & Astrophysics*, Cilt 531, Makale L8, 2011.  
Yıldız ve ark., "APEX-CHAMP+ high-J CO observations of low-mass young stellar objects. III. NGC 1333 IRAS 4A/4B envelope, outflow, and ultraviolet heating", *Astronomy & Astrophysics*, Cilt 542, Makale 86, 2012.