

yanısına, uydudan gelecek verilerin işlenmesi için bilgisayar donanımı, yazılım ve arşiv olanakları hazırlanmaktadır.

Ünite çerçevesinde TÜBİTAK'ın desteklediği bu hazırlıkların yanında, Ünite, ODTÜ kanalıyla uluslararası bilgisayar ağı INTERNET'e bağlanmıştır. Ünite'deki araştırmacılar 1980'lerin başında çalışan NASA'nın Einstein uydusu ve şimdi hâlâ çalışmakta olan Alman Rosat uydusu verileri için geliştirilmiş olan EXSAS ve MIDAS programlarını zaten kullanmaktalar.

Ünite'nin önemli bir görevi Spektrum X-Gama gözlemleri için Türkiye'deki tüm astronom ve astrofizikçilere gözlem olanaklarını zamanında haber vermek, gözlem tekliflerini koordine etmek ve uluslararası işbirliği yapmaktır.

X-ışını kaynaklarının çoğu aynı zamanda ışık kaynağı; X-ışını veren çift-yıldızlarda da X-ışını salan nötron yıldızının eşi genellikle bir optik yıldız (ışık kaynağı) dır. Bu kaynakları hem optik teleskoplarla, hem de SRG ile izlemek bilimsel bakımdan oldukça ilginçtir.

*Avrupa Uzay Ajansı ESA'ya ait ISO uydusu... Bu uydudan alınan veriler yardımıyla güney gök küredeki Beta Pictoris isimli yıldızın çevresindeki genç gezegenlerin gözdenmesi planlandı...*

## Spektrum X-Gama Uydusu

Spektrum X-Gama Uydusu, Rus Proton roketi ile uzaya fırlatılacak, Spektrum serisinden, modüler astrofizik gözlem uydularından biridir. Bu seride daha sonra atılması planlanan Spektrum UV ve Spektrum Radyo (Radyoastron) uyduları da sıradadır.

Serinin bundan önceki üyesi Rus-Fransız ortak uydusu Granat-Sigma, halen yörüngede başarıyla X ve Gama ışınlarında veri toplamakta; kara delik adayları, Gama ışını patlamaları ve geçici X-ışını kaynakları üzerine ilginç gözlemler yapmaktadır. Uydu üzerinde; uydunun yörüngedeki hareketini kontrol eden sistemler, uyduya elektrik enerjisi sağlayan

güneş panelleri, iletişim sistemi gibi birçok sistemin yanısıra, esas bilimsel işlevini yürütecek birçok teleskop ve detektör bulunmaktadır. Bilimsel yük olarak adlandırılan bu kısım çeşitli tiplerde 4 X-ışını teleskobu ve diğer X-ışını detektörlerinden oluşmaktadır. Teleskop olarak adlandıracağımız sistemler SODART, JET-X, MART ve MOXE'dir. Ayrıca EUVITA, DIOGENE, SPIN ve TAUVEX gibi detektörler de vardır.

## SODART

SODART bir Rusya-Danimarka ortak yapımıdır. Temel olarak 3 kısmı vardır: 1) X-ışını ayna modülleri (MM) 2) HEPC/LEPC 3) OXS.

## X-ışını Uyduları

Murat Alev  
ODTÜ Fizik Bölümü

Astronomi dünyasında, X-ışını gözlemlerinin başlangıç döneminin 1960'lı yıllar olduğu kabul edilir. X-ışınlarının oldukça yüksek enerjili fotonlardan oluşmalarına rağmen atmosferin üst tabakalarında emilerek durdurulmaları nedeniyle gözlemlerin atmosferin üst tabakaları yakınlarında, daha da iyisi, dışında yapılmasını gerektirmektedir. Uydu teknolojisinin henüz gelişmediği başlangıç yıllarında X-ışını gözlemleri, balon ve roketlere yerleştirilen detektörlerle yapılmaktaydı. Balonların atmosferde yeterince yükseğe çıkamamaları nedeniyle X-ışını fotonlarının tümüne ulaşamamaları, roketlerin de uçuş ve veri toplama sürelerinin 10-15 dakika ile sınırlı olması; gözlemsel X-ışını astronomisinin öndeki en büyük engellerdi. Bununla birlikte balon ve roket gözlemleri ile 60'lı yıllarda Crab, Sco X-1, Cyg X-1, Cen X-2 gibi güçlü X-ışını kaynakları ve bu kaynakların yaydığı X-ışınlarındaki uzun dönemli, nova benzeri ve parlama biçimindeki değişimler gözlenebilmiştir. 60'lı yılların sonuna doğru da radyo pulsarlar bulunmuştur.

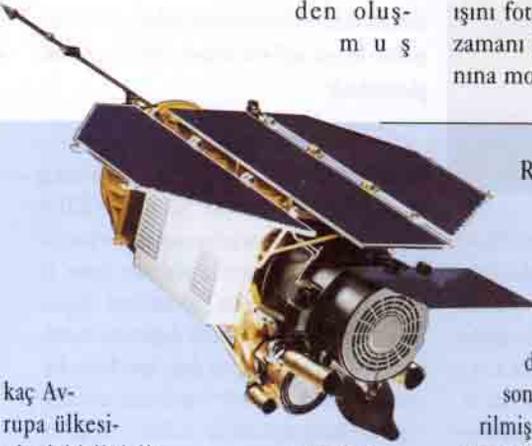
İlk X-ışını gözlem uydusu olan Uhuru, ABD tarafından 12 Aralık 1970'te fırlatıldı. Gözlenen X-ışını kaynaklarının sayısının ve gözlem duyarlılığının artması sonucu bu alanda önemli aşamalara gelindi. Bunların başlıcaları X-ışını çift yıldızlarının dönemleri ve yapılarının çalışmaya başlanması; bazı

kaynaklardan X-ışını atmaları (puls), X-ışını örtülmeleri (eclipse) ve atmalardaki Doppler kaymalarının saptanması olarak sayılabilir. 1973 yılında veri göndermeyi kesinceye kadar Uhuru, 339 yeni X-ışını kaynağı buldu.

Uhuru'yu izleyen yıllarda uzaya bir dizi X-ışını uydusu gönderildi. Bu uydulardan her biri, öncekine göre daha gelişmiş ve gökyüzünün X-ışını görüntüsü gittikçe netleşiyordu. Önce 1971'de İngiliz yapımı Ariel-V, ardından sırasıyla 1974'te ABD-Hollanda ortak yapımı olan ANS, 1975'te yine ABD yapımı SAS-3 ve OSO-8, 1977'de de HEAO-1 uyduları yörüngeye yerleştirilerek gözlenen kaynak sayısında büyük artışlar ve verilerin nitelik ve duyarlılığında önemli gelişmeler sağlandı. Bu uyduların ortak özelliği detektör yapımı ve gözlem ilkelerinin benzer olmasıydı. 13 Kasım 1978'de yörüngeye yerleştirilen HEAO-2 veya daha yaygın olarak bilinen adıyla Einstein uydusu ise 58 cm'lik X-ışını teleskobu ve gelişmiş kamera özellikleriyle uzak X-ışını kaynaklarının neredeyse resmini çekebiliyordu. Diğer detektörler ancak 100 KeV enerjiye kadar inebilirken, Einstein'ın teleskobu 0.25-4 KeV enerji aralığındaki fotonları da algılayabiliyordu. 3 açı saniyesi ayırma gücüne sahip olması, Einstein'ın kendinden önceki detektörlerden 1000 kez daha duyarlı olduğu anlamına geliyordu. B tayf türünden sıcak yıldızların da X-ışını kaynakları olduğu bulundu. Süpernova kalıntılarının X-ışını görüntülerinin elde edilmesine özel bir önem verildiği Einstein uydusu, uzak galaksilerden gelen X-ışınlarını da gözledi. 1983 yılında Avrupa Uzay Ajansı (ESA), bir-

Ayna modülleri, Woltjer I tipi olmak üzere iç çapı 82 mm, dış çapı 600 mm ve odak uzaklığı 8000 mm olan, içi-çe geçmiş 143 adet üzeri altın kaplı alüminyum (0.4 mm kalınlıkta) tabakadan oluşmaktadır. Teleskobun odak düzlemine bir mekanik sistemle yerden komuta edilerek yerleştirilecek olan temel detektörlerden HEPC/LEPC yüksek ve düşük foton enerjilerinde çalışan bir orantılı sayacıdır. İç yapısı aynı zamanda görüntüleme yapmaya olanak tanımaktadır. OXS ise Bragg

prensibine göre çalışan kristallerden oluşur.



**ROSAT X-ışını gözlem uydusu**

kaç Avrupa ülkesinin işbirliği ile hazırlanan ilk Avrupa uydusu olan EXOSAT'ı uzaya gönderdi. Exosat uydusu ile değişen X-ışını kaynaklarının periyotları ölçüldü. Düşük kütleli X-ışını çift yıldızları ve Yan-Periyodik Salımlar incelendi. Süpernova kalıntılarının ve yıldız kümelerinin X-ışınları bölgesindeki tayfları elde edildi. Exosat'ın düşük enerji teleskobunun enerji aralığı 0.04-2 KeV aralığına duyarlıdır. X-ışını kaynaklarına ilişkin zaman analizleri 10 mikrosaniye gibi büyük bir duyarlılıkla gerçekleştirilebilmektedir.

1987 yılında Japon uydusu Ginga ve Rus yapımı Quant uzaya fırlatıldı. Ginga'nın özelliği, o güne kadarki en büyük detektörler dizisini taşıması idi. Bilindiği gibi 1987 yılı; son yıllardaki en önemli süpernova patlaması olan Büyük Macellan Bulutu'ndaki 1987A süpernovasının patlamasına da sahne olmuştur. Süpernova'dan kaynaklanan X-ışınları hemen hemen aynı anda iki uydudan da gözlemlendi. 1989 yılında Rus uydusu Granat fırlatıldı. Açısal ayırma gücü 13 açı dakikası olan Granat, 35-1300 KeV aralığını kapsayan 95 enerji aralığında gökyüzünün X-ışını görüntüsünü alabiliyordu. Alman-Amerikan-İngiliz ortak yapımı olan

bir tayf ölçüm aleti (spektrometre)'dir. Başka bir deyişle OXS, hangi enerjide kaç foton geldiğini ölçecektir. Odak düzlemine ayrıca yine aynı mekanik kontrol ile SIXA, SXR ve FRD isimli detektörler, yapılmak istenen gözlem çeşidine göre, yerleştirilebilir (Tablo). SIXA, 19 adet silikon X-ışını dedektöründen oluşan grup olup X-ışını kaynaklarının duyarlı tayflarını ölçmek için tasarlanmıştır. SXR, X-ışınlarının polarizasyon açılarını ölçmek üzere hazırlanmıştır. FRD ise görüntüleme yeteneği olan orantılı bir sayacıdır. Bahsedilen detektörlerin çoğu ile, toplanan X-ışını fotonlarının geliş yönü, enerjisi ve zamanı hesaplanabilir. SODART'ın yanına monte edilecek olan TAUVEX ise

ROSAT'da 1990 yılında yörüngeye yerleştirildi. 1987 yılında Uzak Mekik ile yörüngeye fırlatılması planlanan ROSAT'ın programı 1986 yılındaki Challenger faciası nedeniyle ertelenmiş, fırlatma daha sonra Delta II roketi ile gerçekleştirilmiştir. ROSAT'ın ana amacı bir X-ışını teleskobu aracılığıyla tüm gökyüzünü taramaktır. Bu tarama sırasında her sınıftan 100 000 yeni X-ışını kaynağı bulunması bekleniyordu. Beklendiği gibi de çok sayıda yeni X-ışını kaynağı bulundu. X-ışını teleskobunun odağına yerleştirilen Yöne Duyarlı Detektör'ün açısal ayırma gücü 25 açı saniyesi; yüksek ayırma güçlü kamera'nın açısal ayırma gücü ise 3.7 açı saniyesi civarındadır. ROSAT'ın, nokta X-ışını kaynakları yanı sıra diğer hedefleri de süpernova kalıntıları, beyaz cüceler, kara delik adayları, kuasarlar ve galaksi kümeleridir. 300 milyon dolar bütçeli ROSAT'ın bu paranın karşılığını bilimsel olarak kat kat fazlasıyla geriye ödeyeceği düşünülüyor. Birbuçuk yıl çalışması planlanan uydunun dört yıl sonra hâlâ veri toplaması bu düşüncüyü haklı çıkarıyor. 1993 yılında Japon uydusu (ASCA) fırlatıldı. Bu uydunun özelliği, yük bağlamalı detektör (CCD) kullanılan ilk uydudur. ASCA halen veri toplamayı başarıyla sürdürüyor.

Geleceğe dönük olarak planlanan X-ışını uydularının başında ABD'nin hazırladığı XTE ve Rusya, Danimarka, İngiltere, Almanya ve İtalya'nın yapımında katkıda bulunduğu, 1995 sonunda atılması beklenen Spectrum-X Gama sayılabilir.

1572'de Tycho Brahe'nin patlayışını izlediği süpernovanın kalıntısı (ROSAT gözlemi). Patlamadan sonra yıldızlararası ortama yayılan gaz, hâlâ yayılmasını sürdürüyor. Ortama çarpıştığı sınırdaki şok maddeyi ısıtıyor. Böylece X-ışınları yayan bir küresel kabuk oluşuyor.

temelde ultraviyole (morötesi) bölgesine duyarlı bir detektör olup, teleskopların uzayda baktığı bölgenin izlenmesi, planlanan yöne bakıldığını kontrol etmek ve gözlem bölgesindeki yıldızların takibi için kullanılacaktır.

## JET-X

İngiliz yapımı olan JET-X teleskobunda İtalya da katkıda bulunmuştur. Jet-X, temel olarak SODART ayna modülüne benzer bir yapıdadır. Ayna çapı 300 mm olup 3500 mm odak uzaklığına sahiptir. Yine bu aynalar 12 adet içiçe geçmiş parçalardan oluşmuştur ve etkin alanı 360 cm<sup>2</sup>'dir. 2 adet ayna sistemi yan yana konarak 2 teleskop elde edilmiştir. Odak düzlemlerinde silikon CCD (yük bağlamalı birim) detektör matrisi bulunmaktadır. CCD matrisi üzerindeki her matris elemanı 27 x 27 mikrometre (1 mikrometre = 0.000001 cm) ölçüsündedir ve uzayda 20 yay dakikası ayrıştırma özelliğine sahiptir. Teleskop ve CCD kombinasyonu 0.3-

Dene	Duyarlı Enerji aralığı (keV)	Etkin alan (cm <sup>2</sup> )
SODART (MM)	1.0-20.0	1700-100
FRD	2.0-25.0	1300-35
SIXA	0.5-25.0	1000
SXR	3.0-20.0	67
HEPC	2.0-25.0	25.6
LEPC	0.5-8.0	25.6
JET-X	0.2-10.0	320-145
MOXE	3.0-12.0	
MART	4.0-100.0	900
EUVITA	0.03-0.1	10
SPIN	10-10000	2x360