

GÖKADALARIN KÖKENİ

Gökadaların oluşum ve evrim süreci, evrenbilimin en önemli araştırma konularından biri. Günümüzde, gelişmiş teleskoplar ve aygıtlar sayesinde, dev bir gökadar okyanusu olan evrendeki ilk gökadalara görebiliyoruz. Işığın sabit hızı sayesinde, sadece uzakları görmekle kalmıyor, bir o kadar da eskiye, yani evrenin oluşumundan kısa bir süre sonrasına bakabiliyoruz. Çok eskiye, evrendeki ilk büyük yapıların oluşmaya başladığı döneme baktığımızda, örümcek ağına benzer bir yapı çıkıyor karşımıza. Son yapılan araştırmalarla, bu yapının nasıl ortaya çıktığı, ağı oluşturan sicimlerin nasıl gökadalara oluşturduğu sorularını yanıtlamaya epeyce yaklaşıldı. Son gözlemler de gökbilimin en karmaşık sorularından biri olan gökada oluşumuyla ilgili kuramları destekliyor.

Gökadalar, evrenin en temel yapıtaşları. Gökadalara yıldızlar ve bu yıldızların hammaddesi olan gaz, toz ve göremediğimiz karanlık madde oluşturuyor. Bize ev sahipliği yapan ve milyarlarca yıldız içeren Samanyolu'ysa evrendeki milyarlarca gökadanın biri.

Gökadaların nasıl ortaya çıktıkları ve nasıl bir evrim sürecinden geçtikleri, evrenbilimin en önemli araştırma konularından biri. Gökadaların nasıl

oluştugu, genel anlamda biliniyor. Ancak, bazı eksikler de var. Bu eksiklikler, ayrıntılarda gibi görünse de, gökbilimciler için çok önemliler. Bu nedenle, gökadalara nasıl oluştuğunun anlaşılması gökbilimde büyük öneme sahip.

Gökadaların oluşumu ve yapısının anlaşılmasına yönelik çalışmalar genellikle iki farklı yaklaşımla ele alınıyor. Bunlardan ilki, ya da "klasik" yaklaşım, Samanyolu ve yakınımızdaki

gökadalara oluşturan yıldızların ve başka maddenin kimyasal bileşimi, kinematiki ve dağılımının gözlenmesine; ikinci yaklaşımsa, ışığın sınırlı hızından yararlanarak, gökadalara geçmişi incelemeye dayanıyor. Gökyüzüne baktığımızda, aslında geçmişi gördüğümüzü hepimiz biliriz. En yakın yıldızın bile yaklaşık 4 yıl önceki halini görüyoruz. Bu, en yakın gökadalara söz konusu olduğunda birkaç milyon yıl oluyor.

Birkaç milyon ışık yılı öteye (bir başka deyişle birkaç milyon yıl öncesi-ne) bakmak, gökadalara evrimini incelemek için hiç bir şey ifade etmiyor. Bunun için milyarlarca ışık yılı öteye bakmak gerekiyor. Çünkü, gökadalara yaklaşık 4 ila 5 milyar yılda evrimlerini büyük oranda tamamlamış, yani olgunlaşmış oluyorlar. Bu da herhangi bir değişimi gözleyebilmek için en azından 7-8 milyar ışık yılı öteye, gökadalara nasıl bir evrim sürecinden geçtiğini inceleyebilmek içinse 12-13 milyar ışık yılı uzağa bakmamız gerektiği anlamına geliyor.

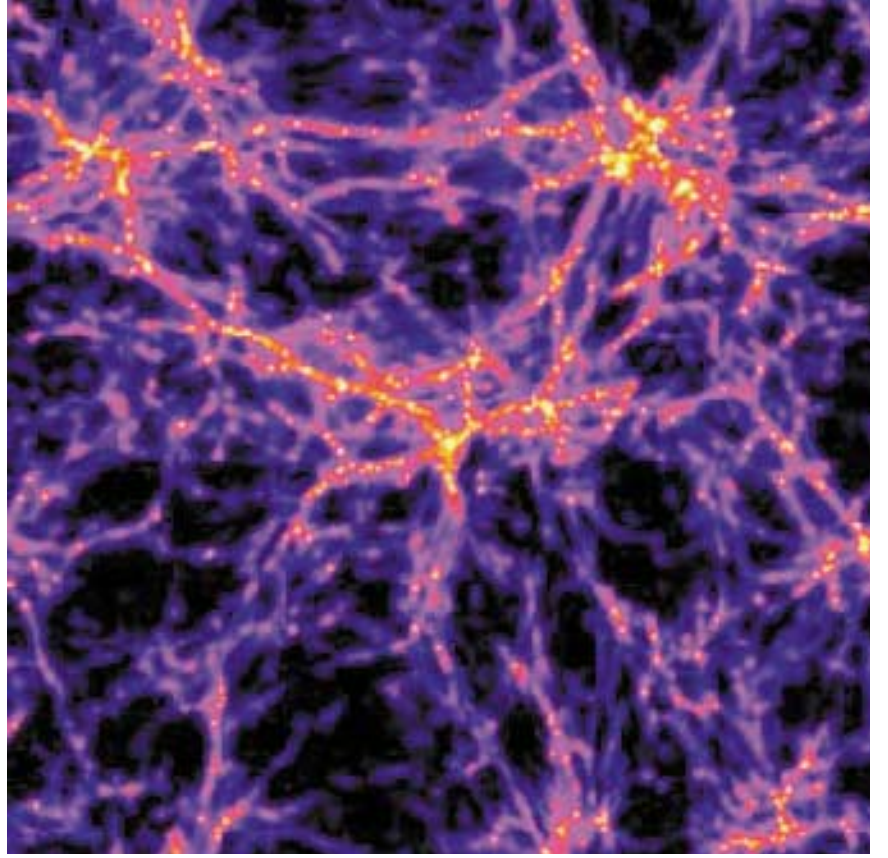
Gökadalara oluşumuyla ilgili bilgilerimizde en önemli gelişmeler, geçtiğimiz yirmi yıl içinde meydana geldi. Bu gelişmeler, öncelikle kuramsal modellerle başladı. Bunlardan en önemlisi, 1980'lerin başında ortaya atılan "şişen evren" kuramı. Buna göre, Büyük Patlama'nın hemen ardından, evren çok hızlı genişlediği ya da şiştiği bir döneme girdi. Gökbilimciler, şişmenin, yeni doğmuş olan evrenin yapısını belirgin biçimde değiştirdiğine inanıyorlar. Şişmeden önce, evrenin yoğunluğu oldukça düzgündü. Şişmeden sonraysa, yoğunluk düzgün değil, fırtınalı bir deniz gibi dalgalı ve hareketli bir hale geldi.

İlkel evrendeki bir başka etken olan karanlık madde, bu çalkantılı ortamın içindeki maddenin kümelenmesine ve belli yerlere yığılmasına yol açtı. Yoğunluktaki bu değişimleri günümüzde kozmik fon ışımasında dalgalanmalar olarak gözleyebiliyoruz. Kozmik fon ışıması, büyük patlamadan geriye kalan ve gökbilimcilerin gözleyebildikleri en eski kaynaklı ışımadır.

Maddenin gizemli bir biçimi olan ve atomaltı parçacıklarla, bildiğimiz atomlardan farklı yapıda olan karanlık madde, Büyük Patlama'nın hemen ardından ve sıradan maddeden uzun bir süre önce ortaya çıktı. Karanlık mad-



Avrupa Güney Gözlemevi'nin Şili'deki Çok Büyük Teleskop'u.



İlkel evrenin bilgisayar canlandırması. Bu modele göre, kütleçekimi maddenin ince sicimler halinde kümelenmesine yol açıyor. Kırmızı bölgeler gökada oluşumunun yoğun olarak gerçekleştiği bölgeleri simgeliyor. Yoğunluğun düşük olduğu bölgelere mavileyle gösteriliyor.

de, kümelenmiş yoğun bölgelerin daha da gelişip büyümesine yardımcı oldu. Maddenin kümelendiği bölgeler, daha yoğun olduklarından ve buna bağlı olarak da çevrelerinden daha kuvvetli kütleçekimine sahip olduklarından, giderek daha fazla maddeyi kendilerine çektiler. Yeterli miktarda madde toplandığında, gökadalara tohumları haline geldiler. Karanlık madde günümüzde de gökadanın kütlece büyük oranını oluşturuyor. Karanlık maddenin, görülebilen maddenin yaklaşık 10 katı kütleyle sahip olduğu sanılıyor. Bu kuramın, gökbilimcilerin son yıllarda yaptığı çeşitli gözlemlerle kanıtlandığı söylenebilir. Gözlemlerle kuramsal bilgiler açıkça uyuyor. Bilgisayar canlandırmaları da bunu destekliyor.

Geçmişe Açılan Pencere

Geçen sonbaharda, Hubble Uzay Teleskopu ve Hawaii'deki Keck Teleskopu'yla yapılan gözlemlerde, evrenin neredeyse ilk oluştuğu döneme bakıldı. Bu sırada, 13 milyar ışık yılı ötede,

bir başka deyişle 13 milyar yıl önce, evrenin oluşumundan yaklaşık 1 milyar yıl sonra oluşmuş bir yıldız kümesi gözlemlendi. Aslında, bu teleskopların üstün görme yeteneği bile bu kadar uzaktaki herhangi bir cisim doğrudan görebilmek için yetersiz kalıyor. Bunun için bakış doğrultusunda ve daha yakında yer alan bir gökada kümesinin yarattığı "kütleçekimsel mercekleme" etkisinden yararlanıldı. Kütleçekimi, bir mercekleme gibi davranarak, ışığı kırabilir. Uzaktaki bir gökcisminden kaynaklanan ışık, kara delik, gökada kümesi gibi çok kuvvetli kütleçekimi olan cisimlerin yakınından geçerken belirgin biçimde bükülür. Bu sayede, normalde göremeyeceğimiz kadar uzakta yer alan cisimleri görme olanağımız olur. Geçtiğimiz yıl yapılan gözlemlerde kütleçekimsel mercekleme olayı sayesinde uzaktaki kümenin parlaklığı yaklaşık 30 kez artmıştı. Sadece bir milyon yıldızdan oluşan ve Samanyolu'nun 20'de biri genişlikte olan bu küme, gökadanın yapıtaşlarını oluşturan parçalardan birini temsil ediyor olabilir.



Bizden 13,5 milyar ışık yılı uzakta bulunan TN J1338-1942 radyo gökadasının yakınında saptanan bu gökadalalar, keşfedilmiş en uzak gökadalalar olmalarının yanı sıra, bilinen en genç gökadalardır. Bulunan gökadalalar yaklaşık 10 milyon ışık yılı çaplı bir bölgede yer alıyor.

Örümcek Ağı

Biraz daha yakına, yani evrenin oluşumundan yaklaşık 2 milyar yıl sonrasına baktığımızda, gökadalaların ilk örneklerini görebiliyoruz. Bu gökcisimleri biraz daha büyük ve yıldız oluşumunun hararetle meydana geldiği yerler.

Büyük Patlama'nın yankılarını günümüzde mikrodalga zemin ışıması olarak gözleyebiliyoruz. Bu ışıma aslında, ışıının maddeden bağımsızlaştığı, Büyük Patlama'dan 300.000 yıl sonrasına ait. Bundan öncesini, evren henüz saydam olmadığı için göremiyoruz. 1965'teki keşfinden sonra yapılan gözlemler sonucunda, Büyük Patlama'dan kalan mikrodalga fon ışımasının, uzayda her yönde düzgün sıcaklık dağılımında olduğu kanısına varılmıştı. Bu kanı, 1990'ların başına kadar değişmedi. 1992'de, COBE (Cosmic Background Explorer, Kozmik Fon Kaşifi) uydusunun bu ışımada birtakım küçük değişimleri gözlemesi, evrenin geçmişine bakışımızda yeni bir pencere açtı. Evrenbilimciler, gözlenen değişimlerin evrendeki ilk olu-

şumların izleri olduğunu düşünüyorlar. Bilgisayar modelleri yardımıyla evrenin o zamanki resmi çizildiğinde, bir örümcek ağı gibi, birbirine belli noktalarda kesişen uzun sicimlerle bağlı kümelenmeler ortaya çıktı.

İlkel evrende, ağ yapısındaki bu sicimler ve kümelenmeler, bir örümcek ağının üzerindeki su damlacıklarına benziyor. Bu su damlacıkları, ilk gökadalaları oluşturduğu düşünülen toplanmalar. Avrupa Güney Gözlemevi'nin Şili'de bulunan Çok Büyük Teleskop'uyla (Very Large Telescope, VLT) evrenin yaklaşık 2 milyar yaşında olduğu döneme bakılarak yapılan gözlemlerde, üzerinde yoğun hidrojen kümelenmeleri bulunan bir sicim gözlemlendi. Araştırmacılar, bunların ilkel gökadalalar olduğunu söylüyorlar.

Avrupa Güney Gözlemevi'nden araştırmacı Palle Möller'e göre, ilkel gökadalaların bu ağ üzerindeki rasgele hareketi sırasında, kümeler yolları keştiğinde çarpışıyor ve böylece daha büyük gökadalalar ortaya çıkıyordu. Milyarlarca yıllık süreçte, çarpışmalar sürdü ve bu sicimler, birbirine sanal

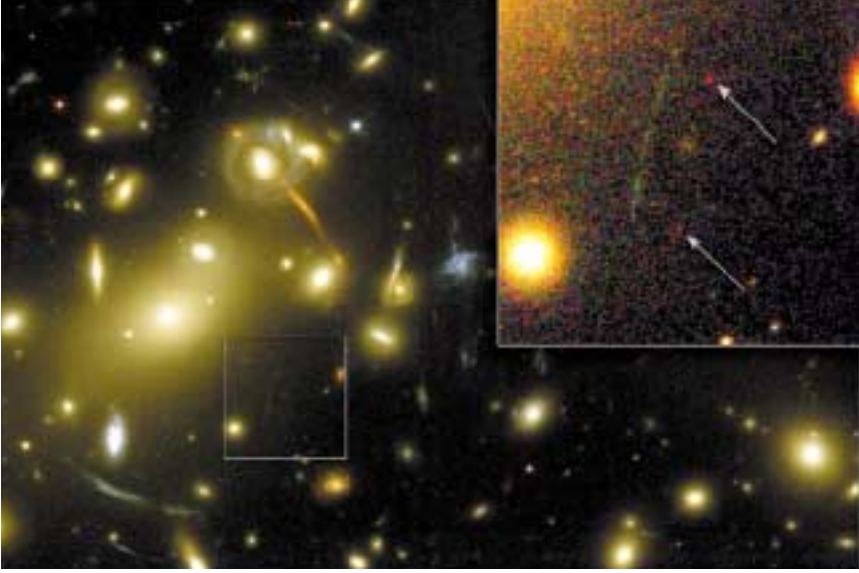
köprülerle bağlı dev gökada kümelerini oluşturdu. Gökadaların yolları, günümüzde de kesişiyor ve çarpışmalar oluyor.

Gökadaların ilk örneklerini bulmanın yolu, evrendeki temel element olan hidrojeni bulmaktan geçiyor. Möller ve çalışma arkadaşları, çok uzaktaki bir kuasarın yakınında bulunan bir gökada grubunu görüntülemeyi başardı. Gözlemin sonucunda ortaya çıkarılan üç boyutlu harita, gökadalaların sicimler üzerinde oluştuğunu doğrular nitelikte. Çok uzaktaki bu silik gökadalalar, Samanyolu gibi bir gökadayla kıyaslandığında çok küçük gibi görünüyorlar. Bu da, çok sayıda ilkel gökadanın bir araya gelerek büyük gökadalalar oluşturduğu kuramını destekliyor. Bu gözlem sayesinde, ilk kez olarak bir kozmik sicim gerçekten görülmüş oldu.

Radyo Gökadalar

Çok güçlü radyo ışıını yaydıkları için "radyo gökada" denen bir tür gökada, ilkel gökada kümelerinin keşfinde çok önemli role sahip. Bu gökadalaların yaydığı güçlü radyo ışıını, büyük olasılıkla merkezlerindeki kara deliğin yol açtığı birtakım şiddetli etkileşimlerin ürünü. Bu gökadalalar, çok güçlü ışıınımları sayesinde, çok uzaklardan saptanabiliyorlar. Radyo gökadalalar erken evrende saptanan en büyük kütleli gökcisimleri. Bu gökcisimlerinin, henüz oluşum aşamasındaki genç gökada kümelerinin merkezinde yer aldığına dair belirgin ipuçları var. Bu nedenle bu gökadalaların bulunduğu yerlere, gökada kümelerinin oluşmakta olduğu potansiyel bölgeler olarak bakılıyor.

Radyo gökadalaların bulunduğu bölgeleri incelemek için, Hollanda, Almanya, Fransa ve ABD'li gökbilimcilerden oluşan bir grup, büyük bir gözlem programı başlattı. Grup, Çok Büyük Teleskop'unu kullanarak radyo gökadalaların yakınında bulunabilecek ilkel gökadalaları keşfetmek için yola çıktı. İlk olarak 8,2 metrelik teleskoplardan biri olan Kueyen teleskopuyla birçok radyo gökadanın çevresindeki bölgenin fotoğraflarını çekti. Bunlardan en uzak olanı bizden 13,5 ışık yılı uzakta bulunan TN J1338-1942 radyo gökadasıydı.



Hubble Uzay Teleskopu ve Keck Teleskopu kullanılarak yapılan gözlemlerde 13 milyar yıl önce, evrenin oluşumundan yaklaşık 1 milyar yıl sonra oluşmuş bir yıldız kümesi gözlemlendi. Bunun için bakış doğrultusunda, daha yakında yer alan bir gökada kümesinin yarattığı "kütleçekimsel mercekleme" etkisinden yararlanıldı. Sadece bir milyon yıldızdan oluşan ve Samanyolu'nun 20'de biri genişlikte olan bu küme, gökadanın yapıtaşlarını oluşturan parçalardan birini temsil ediyor olabilir.

Bu gökadanın yakınında bulunabilecek gökadalara saptayabilmek için görüntüler çeşitli işlemlerden geçirildi. Sonuçta, uzaklığı bu gökadanınki-ne yakın olduğu düşünülen çok silik 28 gökada saptanabildi. Bu gökadalara, keşfedilmiş en uzak gökadalara olmalarının yanı sıra, en genç gökadalara.

Bulunan gökadalara yaklaşık 10 milyon ışık yılı çaplı bir bölgede yer alıyor ve içinde bulundukları gökada kümesinin toplam kütesinin 10^{15} güneş kütesinde olduğu tahmin ediliyor. Bu da daha yakında yer alan gökada kümelerinin kütesiyle karşılaştırılabilir bir kütle.

Çok Büyük Teleskop'la yapılan gözlemler, ayrıca, zengin gökada kümelerinin atalarıyla parlak gökadalara arasında bir ilişki olabileceğini ortaya çıkardı. 4 radyo gökadanın gözlemleri, bu gökadalara da çevresinde genç gökadalara olduğunu gösterdi. Belki bu sonucu çıkarmak için erken; ancak, oluşmakta olan her yeni gökada kümesi, çok güçlü radyo ışınlamı yapan parlak bir gökadayla ev sahipliği yapıyor olabilir.

Bu gökadalara henüz çok yeni; geçtiğimiz ay içinde keşfedildi. Bu nedenle çok ayrıntılı incelemeleri henüz yapılmadı. Bundan sonra, Hubble Uzay Teleskopu kullanılarak bu gökadalara daha ayrıntılı incelemeleri yapılacaktır.

Büyük patlamadan 4 ila 5 milyar yıl sonrasına, yani günümüzden 7 ila 8 yıl öncesine baktığımızdaysa, olgunlaşmış gökadalara görebiliyoruz. Bu gökadalara, çok çeşitli biçimlerde görünüyorlar. Gökadaların oluşum biçimini genel olarak anlayabilmiş olsak da, örneğin, gökadalara neden bu kadar farklı biçimlerde oldukları gibi bazı konular pek iyi anlaşılmış değil. Bazı gökadalara sarmal kollara sahipken, bazıları daha farklı biçimlerde. Ayrıca gökadalara renkleri ve büyüklükleri de farklılık gösteriyor. Bunların kimi bir fırlıdak gibi sarmal biçimde; kimi bir top ya da yumurta gibi eliptik; kimiye biçimsiz. Bu tür gökadalara yakınımda, yani yakın geçmişte de rastlıyoruz. Ancak, en belirgin farklardan biri, biçimsiz gökadalara o zamanlar daha yüksek oranda oluşu. Ayrıca, o sıralar daha yüksek sayıda gökada var gibi görünüyor. Sayıları günümüzdekilerden 3 ila 10 kat fazla.

Bunların anlaşılması aslında çok da uzak değil. En önemlisi, daha fazla gözlem yapılması gerekiyor. Evrenin geçmişinin de daha iyi araştırılması gerekiyor. Hubble Uzay Teleskopu gibi çok gelişmiş teleskoplar ve birtakım gelişmiş aygıtlar sayesinde, evrenin geçmişinin % 90'ından daha fazlasını görebiliyoruz.

Gökadaların oluşumunu incelerken, en önemli sorun, süreci gerçek anlamda gözleyememek. Yani, sadece

bir gökadayla bakarak herhangi bir değişim gözlemek olası değil. Çünkü, değişimler milyarlarca yıllık süreçlerde meydana geliyor. Bunun için, değişik dönemlerden değişik gökadalara bakılabiliyor. Bu, dönüşümü görmeden, kocabaşlar ve kurbağalarla dolu bir havuza bakmaya ve değişimin nasıl olduğunu tahmin etmeye benziyor.

Örneğin, gökbilimciler uzunca bir süredir eliptik gökadalara kökenini ve sarmal gökadalardan neden farklı olduklarını bulmaya çalışıyorlar. Bir dönem, gökbilimciler eliptik ve sarmal gökadalara tamamen farklı evrim geçirmiş farklı "türler" olduklarını düşünüyorlardı. Çünkü, sarmal bir gökadanın birtakım değişimler geçirerek eliptik yapıya dönüşmesi olanaksız gibi görünüyordu. Ancak, şimdi bazı durumlarda bunun geçerli olmadığı düşünülmeye başlandı. Örneğin, gökada çarpışmaları sonrasında, bu tür bir değişiklik olabilir.

Gökadalara ilgili önemli bir başka soruysa, gizemli gökcisimleri kara deliklerin varlıkları. Bazı gökbilimciler, kara deliklerin, çok güçlü kütleçekimleriyle çevrelerindeki maddeyi toplayarak gökadalara oluşmasına önayak olduklarını düşünüyorlar. İlkel evrende gözlenen kuasarlar da bu düşüncüyü destekliyor. Bu gökcisimlerinin, çok büyük kütleli kara deliklerin içine düşen madde sayesinde bu kadar büyük enerji yaydıkları düşünülüyor. Ancak, kuasarlar, ilkel evrende gözlenen ilkel gökadalara oranla çok ender görülüyorlar. Ayrıca, kuramsal olarak da bu gökcisimlerini gökada evrimi senaryosunda bir role yerleştirmek pek kolay değil.

Gökbilimciler, kuramsal olarak, bilgisayar modelleriyle geliştirdikleri bu modellerin gözlemlerle kanıtlandığını gördüklerinde daha da heyecanlanıyorlar. Bu sayede gökadalara oluşumuyla ilgili boşluklar bir yap-bozun parçalarının birer birer yerine oturması gibi, giderek dolduruluyor.

Alp Akoğlu

- Kaynaklar**
 Britt R.R., Our Tangled Universe: How The First Galaxies Were Born, (<http://www.space.com>)
 Chalkin A., The Origin of Galaxies, (<http://www.space.com>)
 ESO (Avrupa Güney Gözlemevi) Basın Bülteni, 9 Nisan 2002
 Moller P., Fynbo J.U., Detection of a Redshift Filament, Astronomy & Astrophysics, 7 Mayıs 2001
 Silk J., Bouwens R., The Formation of Galaxies, New Astronomy Reviews, Vol 45 (2001) 337-350
 Steidel C.C., Observing The Epoch of Galaxy Formation, Proc. Acad. Sci. USA, Vol 96, 4232-4235, 13 Nisan 1999