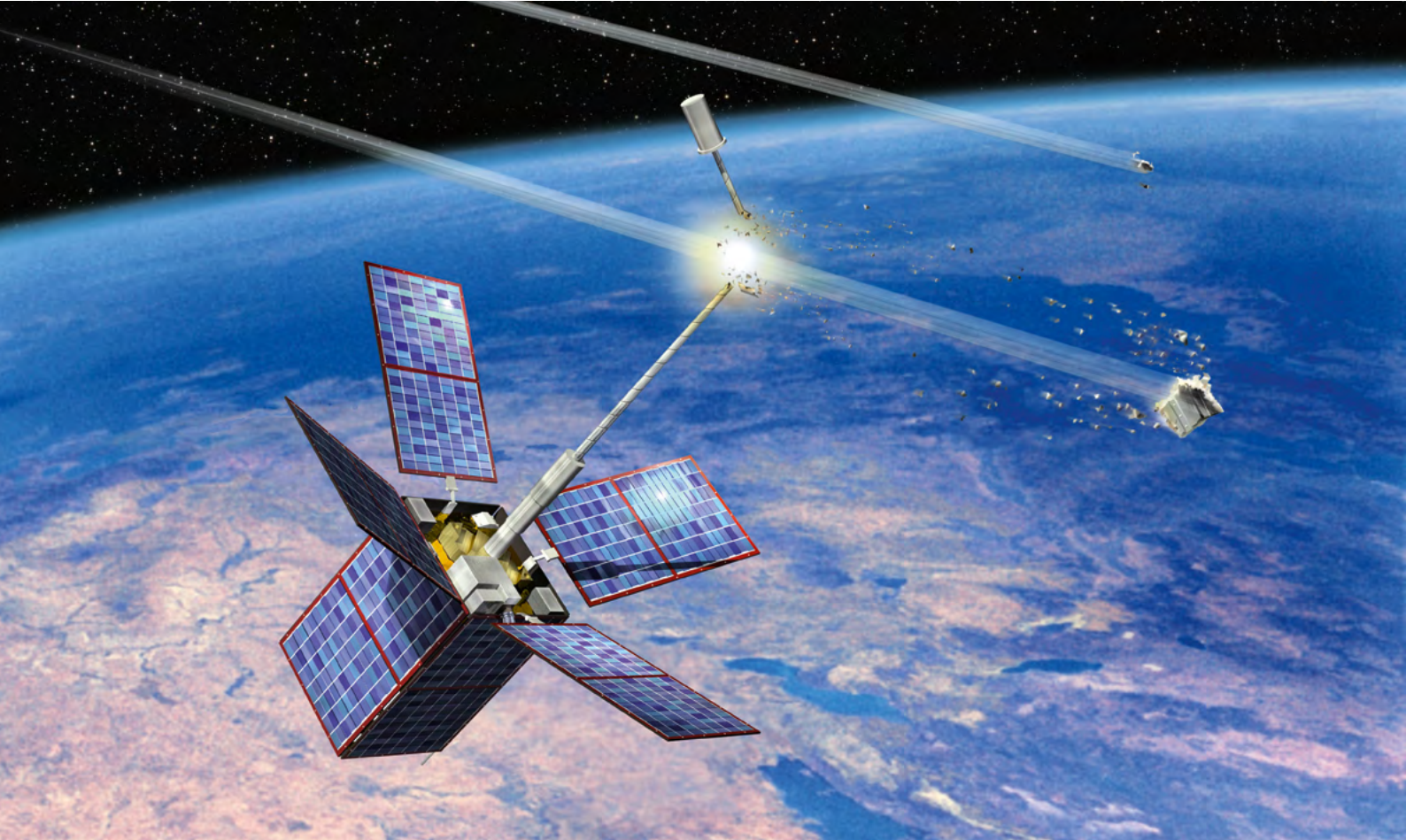


Uzay Çöpleri

Günlük Hayatımızı Tehdit Ediyor

Günlük hayatta kullandığımız bütün teknolojik cihazlar eninde sonunda kullanılamaz hale geliyor ve hurdaya dönüşüyor. Bu hurdaların nasıl geri dönüştürüleceği önemli bir sorun. Ancak en az yeryüzündeki hurdalar kadar önemli başka bir sorun da Dünya'nın etrafında dönen hurdalar. Bu hurdaların miktarı yeryüzündeki herhangi bir hurdalıktakilerden çok daha fazla ve giderek artıyor. Üstelik bu çöpler Dünya'nın etrafında dönen pek çok aktif cihazı tehdit ediyor. Örneğin Uluslararası Uzay İstasyonu yakın zamanlarda iki kez uzay çöplerinden kaçmak için manevra yapmak zorunda kaldı. Dünya'yı çevreleyen uzayın gelecekte de güvenli bir biçimde teknolojik cihazlara ev sahipliği yapmaya devam edebilmesi için uzay çöplerinin de yeryüzündeki çöpler gibi temizlenmesi gerekiyor.



Yer yüzeyinden yüksekliği 200 kilometre ile 2000 kilometre arasında olan bölge Alçak Dünya Yörüngesi (ADY) olarak adlandırılır. ADY'de bulunan pek çok cihaz günlük hayatımızla yakından ilgili. Bu bölgede bulunan uydular iletişim ağlarında, hava tahminlerinde, doğal kaynakların bulunmasında ve takip edilmesinde kullanılıyor. Bunun yanı sıra bilim insanları ADY'de bulunan cihazları kullanarak iklim değişiklikleri ve genel görelilik kuramı gibi konularla ilgili veri topluyor. Ayrıca pek çok istihbarat teşkilatına ait araçlar bilgi toplamak için bu bölgeyi kullanıyor.

ADY 55 yıldır kullanılıyor. Ancak ilk zamanlarda bu bölgeye gönderilen uyduların zamanla birer soruna dönüşeceği düşünülmemiş. ADY'de atıl durumda bulunan hurdaların miktarının artmaya başlayıp da çalışır durumdaki uyduları tehdit ettiğinin farkına varılmasından sonra NASA'da çalışan bilim insanlarından biri olan Donald J. Kessler, Dünya'nın etrafında dönen cihazların geleceği ile ilgili bir senaryo öne sürmüştü. Kessler sendromu olarak adlandırılan bu senaryoya göre bir gün uzay çöplerinin yoğunluğu kritik bir noktaya ulaşacak. Bu andan sonraki her çarpışma -zincirleme çekirdek tepkimelerinde olduğu gibi- yeni çarpışmaları tetikleyecek ve bu durum nesiller boyunca uzay araştırmaları yapılmasına engel olacak. Henüz kritik noktaya ulaşılmamış olsa da çöp miktarının sürekli artması önlem alınmadığı takdirde bir süre sonra kritik noktaya ulaşılacağını düşündürüyor.

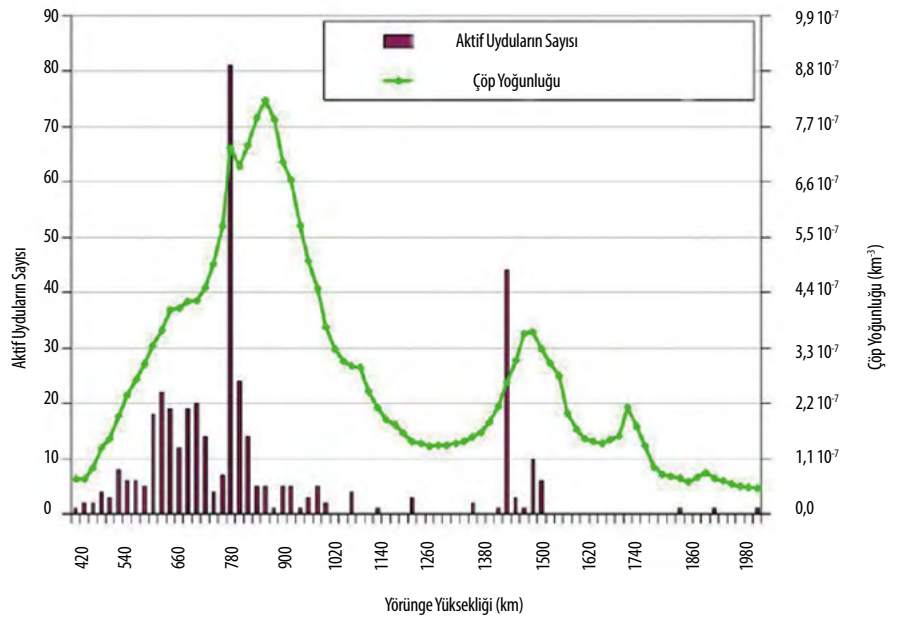
Dünya'nın etrafında dönen ve yeryüzünden takip edilen cisimlerin sayısı yaklaşık 22.000. Bu cisimlerin %73 kadarı ADY'de yer alıyor. Yaklaşık 35.800 kilometre yükseklikteki Dünya ile Senkronize Yörüngedeki (DSY) cisimlerin oranı ise %5. Geriye kalanlar ise Orta Yükseklikteki Dünya Yörüngesi (OYDY) olarak adlandırılan ara bölgede yer alıyor. Ayrıca yeryüzünden takip edilmeyen, ancak 1 santimetreden büyük yaklaşık 500.000 cismin daha Dünya'nın etrafında dolaştığı tahmin ediliyor.

Uzay çöpleri büyüklüklerine göre sınıflandırılıyor: çok küçük (<1 mm), küçük (1 mm-1 cm), orta boy (1 cm-10 cm) ve büyük (> 10 cm). Çok küçük çöplerin sayısının 150.000.000'dan çok olduğu tahmin ediliyor. Ancak bu çöpler cihazlara çarparsa bile önemli bir hasara neden olmuyor. Çok büyük çöpler -örneğin atıl durumdaki uydular- ise yeryüzünden izlenebildiği için gerçekleşmesi muhtemel kazalar önceden tahmin edilebiliyor ve önlem alınabiliyor. Ancak bu büyüklükteki cisimler çalışır durumdaki cihazlara çarptığı zaman çarpışmanın şiddeti nedeniyle her iki cihaz da parçalanıyor. Örneğin Rusya'ya ait, atıl durumdaki *Cosmos 2251* uydusu 2009 yılında çalışır durumdaki *İridyum 33* uydusuna çarptı ve her iki uyduda çok sayıda parçaya ayrıldı.

Uzay çöplerinin en tehlikelileri orta boy olanları. Çünkü bu çöpler yeryüzünden takip edilemiyor ve çarptıkları zaman büyük hasara neden olabiliyorlar. Bu büyüklükteki çöplerin sayısının

500.000 ile 800.000 arasında olduğu tahmin ediliyor. Dünya'nın çevresindeki uyduların sayısının yüksekliğe bağlı olarak değişimi ve bu yüksekliklerdeki çöp yoğunluğu (bkz. aşağıdaki grafik) göz önüne alındığında en tehlikeli çöplerin ADY'de dolanan orta büyüklükteki çöpler olduğu söylenebilir. Özellikle 750 ila 850 kilometre yükseklikteki bölgede hem çöp yoğunluğu hem de uydusu sayısı çok fazla. İridyum Uydusu Takımıydı da (altı ayrı yörünge düzleminde bulunan 66 aktif uydudan oluşan uydusu takımı) bu bölgede yer alıyor.

Uzay çöplerinin büyük bir kısmı o bölgelerdeki uyduların ve roketlerin parçalanmasıyla oluşuyor. Ağırlığı 5 ile 10 ton arasında olan bir uydunun parçalanmasıyla 10 santimetreden büyük 3000-5000 parça ve 10 santimetreden küçük 150.000-250.000 parça oluşuyor. Bugüne kadar 203 uydunun parçalandığı biliniyor. Uyduların parçalanmasının birkaç önemli nedeni var. Birincisi patlamalar. Uyduların yakıt tanklarının Güneş'in etkisiyle fazla ısınması ya da meteor çarpmaları uyduların patlamasına neden olabiliyor. Dünya'nın etrafında dönen çöplerin %70'inin kaynağı patlamalar. Bazı uydular ise sahibi olan ülkeler tarafından kasıtlı olarak parçalanıyor! Örneğin Çin, düşman uydularını etkisiz hale getirmek için geliştirdiği bir silahı denemek için *Fengyun-1C* uydusunu 2007 yılında kasten parçaladı. Uzay çöplerinin %28'inin kaynağının kasıtlı parçalamalar olduğu düşünülüyor. Bu çöplerin geriye kalan %2'lik kısmı ise kazara gerçekleşen çarpışmalar sırasın-

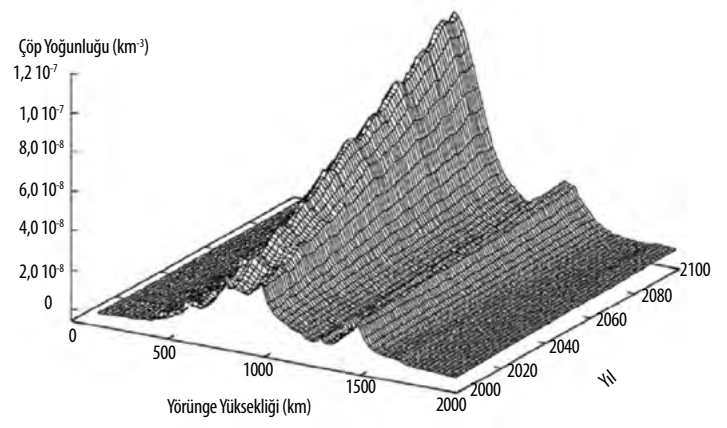
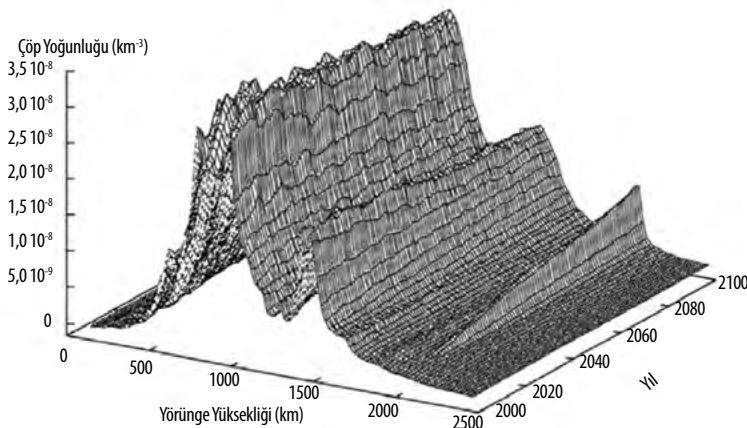


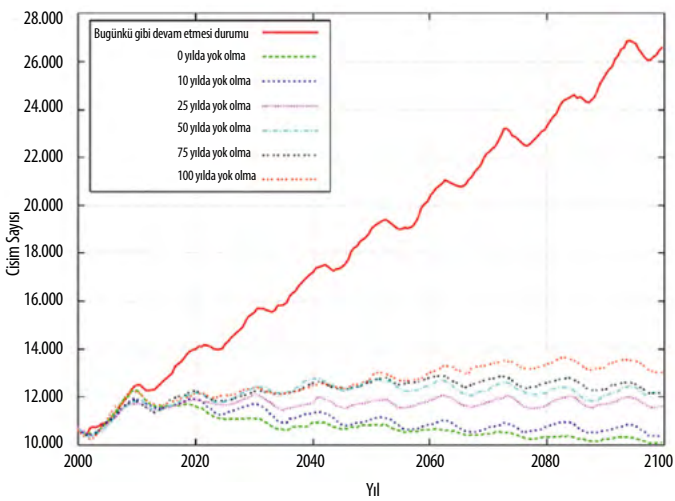
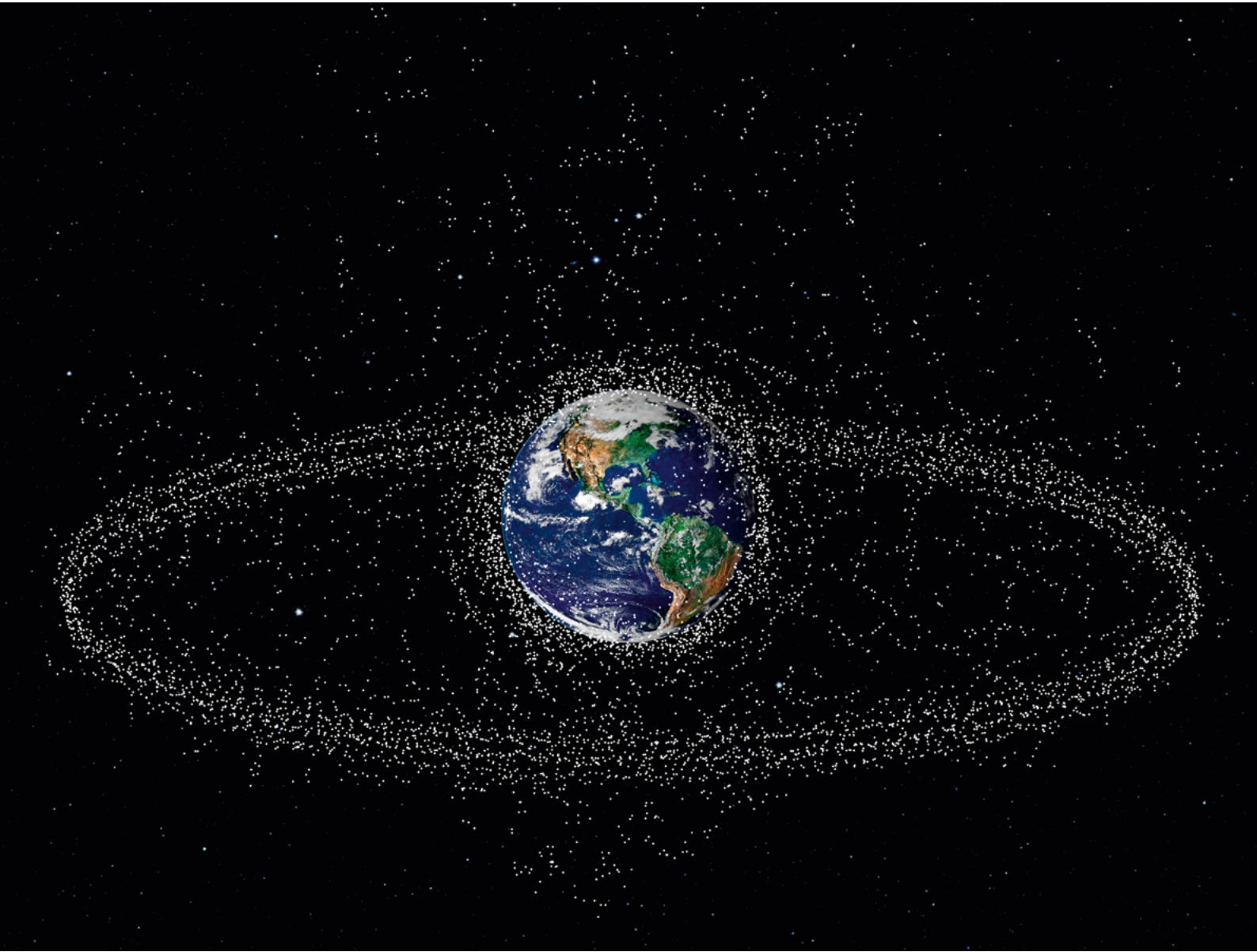
da oluşuyor. Bugün bu oran çok düşük olmasına rağmen 50 yıl içinde çarpışmalardan kaynaklanan çöplerin miktarının toplam çöp miktarına oranının %50'ye çıkacağı düşünülüyor. Bu durumun birkaç nedeni var. Birincisi çöp miktarının daha fazla artmasını önlemek amacıyla gelecekte kasıtlı parçalama olaylarının azalacağı düşünülüyor. İkincisi yeni yapılan uyduların pek çoğu patlama ihtimalini en aza indirecek biçimde tasarlanıyor. Üçüncüsü ise uyduların sayısı arttıkça uydusu çarpışmalarının sıklaşacağı düşünülüyor.

Gelecekte uzay çöpleri sorununun ne duruma geleceği ve bu sorunun çözülmesi için neler yapılabileceği hakkında pek çok araştırma yapılıyor. En büyük tehdit orta boy çöpler. Ancak bu boyutlardaki çöplerin temizlenmesi zor olduğu için, daha çok orta boy çöplerin üretimini azaltmaya yönelik çalışmalar yapılıyor. Orta boy çöplerin kaynağı esasen büyük çöpler olduğu için, büyük çöplerin üretimini azaltarak ve temizlenmesini sağlayarak orta boy çöplerin sebep olabileceği hasarların önüne geçilebileceği düşünülüyor.

Uzay çöplerinin miktarının azaltılması için kullanılması düşünülen başlıca iki yöntem var. Birincisi uzaya gönderilen araçların ömürlerinin sonuna geldiklerinde Dünya'ya dönecek şekilde tasarlanması. İkincisi ise yörüngeye gönderilen araçların burada atıl durumda bulunan hurdalara müdahalelerde bulunarak temizlik yapması. Her iki yöntem de büyük çöplerin miktarının azaltılmasına dayanıyor.

Avrupa Uzay Ajansı (ESA) hiçbir önlem alınmazsa farklı yüksekliklerdeki çöplerin miktarının zamanla nasıl değişeceği üzerine bir araştırma yapmış. Sonuçlar eğer hiçbir önlem alınmazsa bütün yüksekliklerdeki çöp miktarının artmaya devam edeceğini gösteriyor (bkz. aşağıdaki grafik). Ayrıca çöp yoğunluğunun zaten yüksek olduğu iki bölgede (800 ila 1000 kilometre yükseklikteki yörüngelerde ve 1400 kilometre yükseklikteki yörüngede) artışın ivmeleneyeceği görülüyor. Yine ESA'nın yaptığı hesaplar, eğer tüm cihazlar ömürlerini tamamladıktan sonra 25 yıl içinde alçalarak atmosfere girecek ve yanarak yok olacak biçimde tasarlanırsa, çöp miktarının yaklaşık olarak aynı kalacağını gösteriyor (bkz. aşağıdaki grafik). Yasal bir zorunluluk olmasa da bugün pek çok cihaz zaten bu şekilde tasarlanıyor. Araştırmacılar 25 yıldan başka sürelerle cihazlar tasarlandığında ne olacağını da incelemiş. Sonuçlar hurdaların yok olma süresi kısaltıldığında uzaydaki çöp miktarının azalmaya başlayabileceğini gösteriyor. Bu yöntemin etkinliğini kısıtlayan en önemli şey uygulanmasının yasal olarak zorunlu olmaması. Ancak ömrünü tamamladıktan sonra yanarak yok olacak şekilde tasarlanan cihazların sayısı giderek artıyor.





Dünya'nın etrafında dönen çöplerin uzay araçları kullanılarak temizlenmesi içinse önce bu işi yapabilecek araçların tasarlanması ve üretilmesi gerekiyor. Bu araçların tasarlanması ve işletilmesi mümkün olsa da bu işi kimin üstleneceği ayrı bir sorun. Günümüzde 46 ülkenin Dünya'nın etrafında dolanan cihazları var. Her ülke kendi çöplerini temizlemek için kendi aracını uzaya gönderebilir mi? Bir ülke sorumluluk alıp kendine ve diğer ülkelere ait çöpleri temizleyebilir mi? Bu durumda masraflar nasıl karşılanır? Uzay çöpleri meselesinin çözülmesi için cevaplanması gereken pek çok soru, yapılması gereken pek çok çalışma var.

Kaynak

- Percy, T. K., Landrum, D. B., "Investigation of national policy shifts to impact orbital debris environments", *Space Policy* (2014), <http://dx.doi.org/10.1016/j.spacepol.2014.02.003>.