

## UZAY ASANSÖRÜ

**Utku DİNÇER**

*Araştırma Görevlisi, ODTÜ Havacılık ve Uzay Müh. Bölümü*

Uzay asansörü, yakın tarihe kadar bilim kurgu romanlarına konu olan bir fikir, şimdi günümüz teknolojisi sayesinde NASA tarafından gündeme alınmış görünüyor. Karbon - nanotüpleri sayesinde. Amerikan Havacılık ve Uzay Dairesi'nin (NASA) Alabama eyaleti Huntsville kentindeki Marshall Uzay Merkezi Geleceğe Yönelik Projeler bölümünden David Smitherman, Ulusal Havacılık ve uzay merkezine bağlı Marshall Uzay Merkezi'nden David Smitherman yakın gelecekte uzay asansörünün uzaydaki ulaşım araçlarından biri olabileceğini söyledi. NASA bir süredir projeyi hayata geçirmek için uygun teknoloji arayışında.

Elli yıldan fazla bir geçmişe sahip bu fikir ilk olarak 1950'li yıllarda Rus mühendis Yuri Artsutanov tarafından ortaya atılmış, daha sonra Amerikalı Deniz Bilimci John İsaacs tarafından geliştirilmiş ve Arthur Clark tarafından da The Fountains of Paradise "Cennet Pınarları" ve "2061, Odysee 3" romanlarında yer almıştı.

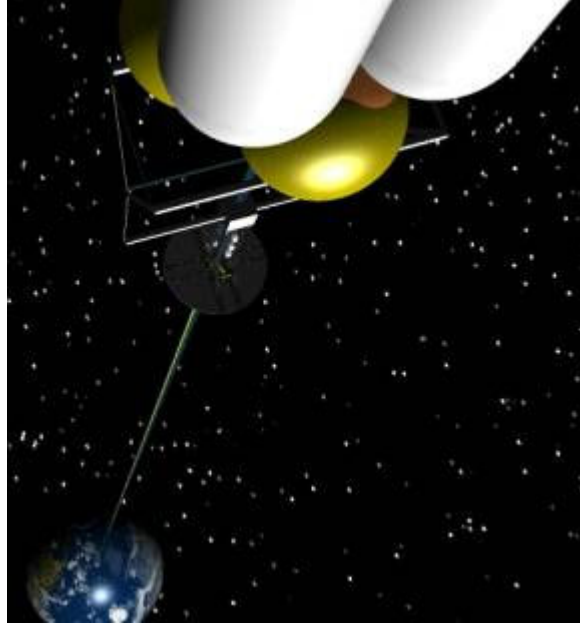
Uzay Asansörü'nün fikir babası Rus mühendisi Yuri Arstsutanov, Dünya ve Ekvatora uygun bir noktadan havada duran bir uyduya kablo çekmenin teorik olarak mümkün olduğunu savunmuştu.

Uzay asansörü, bir ucu yeryüzünde diğer ucu dünyanın jeosantrik(geosynchronous) noktasından ötede bulunan, dünyayla eşdeğer açısal hız ve sabit bir yörünge uzaklığında hareket eden, yaklaşık 100.000 km uzunluğunda bir kablo ve ek sistemlerle oluşturulması düşünülen taşıyıcı bir sistemdir. Böyle bir asansörün yapılması yakın zamana kadar kablo için yeterince dayanıklı maddenin bulunamaması nedeniyle teknolojik bakımdan imkansız görülüyordu.



*Uzay Asansörü (Ölçekli Çizim)*

Nasa, Los Alamos National Laboratuvarı Mart 2001 de ayrılan, 1992'de HighLift Systems adlı bir şirket kuran araştırmacı Dr. Brad Edwards'a bu konuda çalışması amacıyla 570.000 dolar destek sağladı. Edwards amacını 'Uzay asansörü dikey bir demiryoludur, biz onu kurgu-bilimin kucağından alıp gerçeğe dönüştürmek istiyoruz' diye ifade ediyor. Proje maliyetinin 7 ila 10 milyar dolar arasında olacağı tahmin edilmektedir. Uzay asansörünün en önemli kısmı dünyadan uzaya uzanacak olan 100 000 kilometrelik kablosudur. Yüksek teknoloji ürünü olacak kablonun yeryüzünde bulunan ucunun açık denizde yüzen bir platforma bağlanması planlanıyor. Uzayda kalacak ucuna da asansörler için standart olan, dengeleyici ağırlığı bağlı olacak.



*Kablolar*

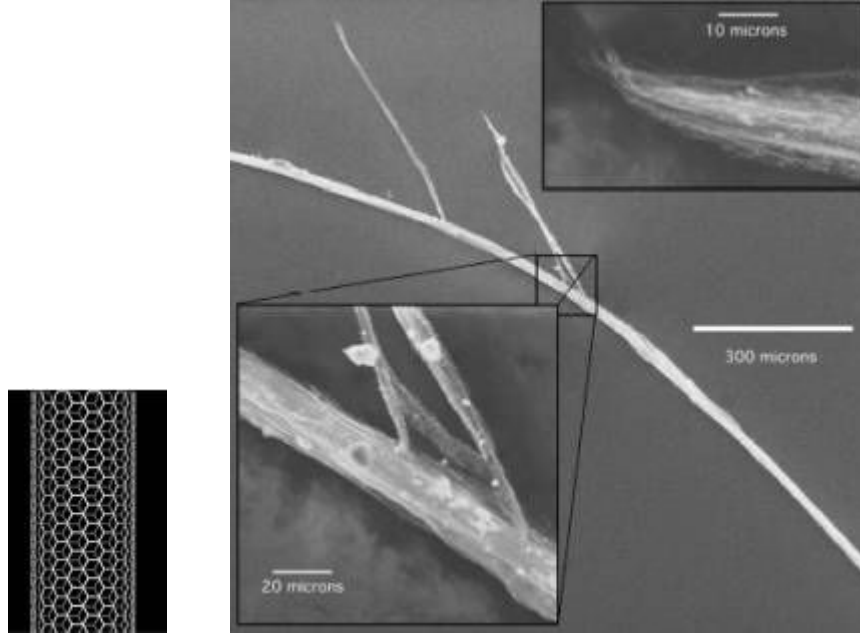
Bugüne kadar uzay asansörünün yapılamamasının önemli bir nedeni bu uzunlukta kullanılacak ve ihtiyaca cevap verebilecek özelliklerde malzeme bulunamamasıydı. Bildiğimiz çelik, kevlar, karbon whisker kablolar vd. 100 km uzunlukta ve oluşturdukları ağırlıkla yetersiz kalıyorlardı.

1991 yılında NEC firmasında mikroskopist olarak çalışan Japon araştırmacı Sumio Iijima şimdi karbon nanotüpler olarak adlandırdığımız yeni bir tür malzeme elde etti.

Sonraki çalışmalar gösterdi ki mukavemet ve hafiflik bakımından karbon-nanotüpler çelik, kevlar ve bildiğimiz bütün diğer malzemelerden daha üstündüler. Elde edilen malzeme uzmanlar tarafından yeterli bulunuyordu. Nanotüpler bilim çevrelerinde heyecanla karşılandı ve sadece bu konu üzerinde 1991 yılında binden fazla makale yayımlandı. Karbon-nano tüplerin üretimi üzerinde Amerikan ve japon şirketleri çalışmakta olup beş yıldan daha kısa bir zaman içerisinde çelikten çok daha sağlam olan bu malzemeden bol miktarda üretilebileceği beklenmektedir.

Uzmanlara göre, hem hafiflik hem de çok yüksek mukavemet değerlerine sahip karbon nanotüpler uzay asansörünün imali için kilit bir malzeme durumundalar. Gerilme Dayanımları Çelik için yaklaşık 5 Gpa, Kevlar 3.6 Gpa, değerlerindeki karbon nanotüpler 130 Gpa lık Yoğunluklara baktığımızda çelik 7900 kg/m<sup>3</sup>, Kevlar 1440 kg/m<sup>3</sup> iken karbon-nanotüp 1300 kg/m<sup>3</sup> en düşük değere sahiptir. Örneklere, 3 mm çapındaki bir karbon nanotüp kablo 41 ton yükü deforme olmadan taşıyabiliyor.

Uzay asansöründe bu uzunlukta kullanılacak kablonun maksimum mukavemet/ağırlık oranını vermesi için şekil faktörü (taper ratio), kesit alanı uzaydaki ucu maksimum yeryüzüne doğru azalarak gitmelidir. [Pearson, 1975] benzer şartlardaki kablo için bu değer çelik için  $1.7 \cdot 10^{33}$ , Kevlar  $2.6 \cdot 10^8$  olarak bulunmuş, sonradan karbon nanotüpler için yapılan hesaplamalardan şekil faktörü 1.5 olarak bulunmuştur. Çelik ve Kevlar için bulunan şekil faktörü değerleri fiziksel bakımdan anlamsızdır. Bulunan değerler bu malzemelerin kullanılamayacaklarını da göstermektedir.

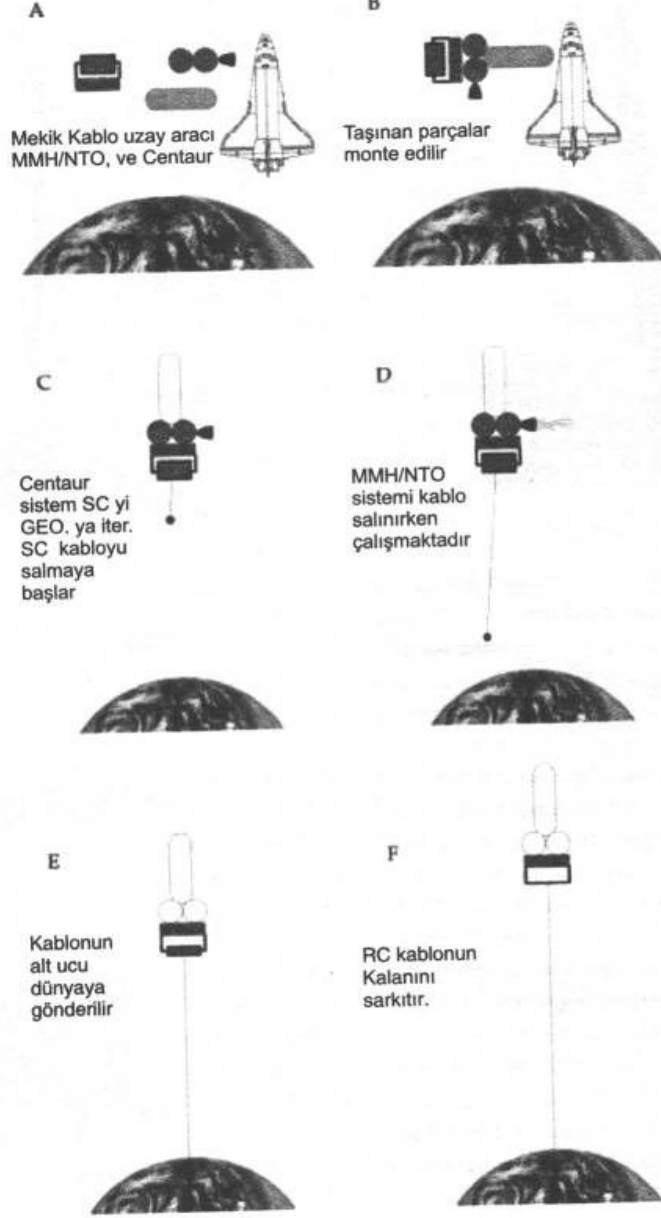


*Karbon-Nanotüp*

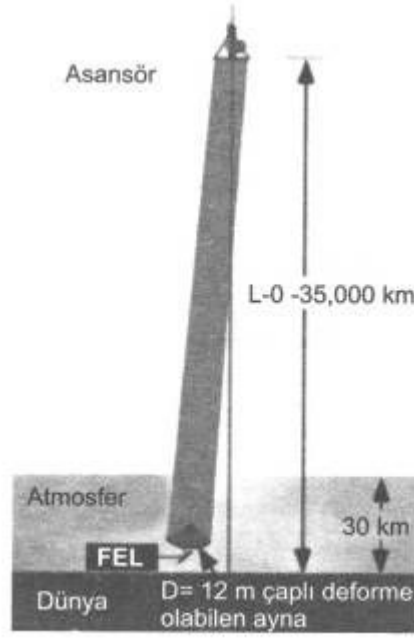
### Kablonun Yerleştirilmesi

Projenin en önemli safhalarından biri de kablonun yerleştirilmesi tekniğidir. İlk olarak bir uzay mekiği yardımıyla parçalar LEO (alçak dünya yörüngesi) taşınır. Burada monte edildikten sonra sistem geosantrik noktaya taşınır. Geosantrik noktadan kablo dünyaya doğru salınır (Bu iş için ağırlık veya harici bir itici kullanılır) Yeryüzüne ulaşan kablo bağlanması düşünülen yüzer platforma sabitlenir. Edwards düşüncesini, 'yapmaya çalıştığımız dünyanın dönüşünü kullanmaktır. Merkezkaç ivmesi sayesinde uzay asansörü kablosu dışa (uzaya) doğru itilecektir. Yerçekiminin aşağı doğru etkisi ile birlikte elde edilen yukarı yönde bir gerilme bileşeni kabloyu dikey yönde kararlı dengede ve gergin bir durumda tutacaktır.' olarak belirtmektedir. Kablonun dünyada olan kısmı bir yüzer platforma, uzaydaki diğer ucunun da dengeleyici bir kütleyle bağlanmasıyla kablonun yerleştirilmesi tamamlanmış olacaktır.

Asansör geosantrik yüksekliğe kadar gerekli gücü, yeryüzünden lazerle yönlendiren enerjiyi kullanabilen, fotovoltaik hücrelerle (photovoltaic cells) sağlaması düşünülmektedir. Bu sistem için bazı değişik alternatifler bulunmaktadır. En popüler olanı 3 metre çapında fotovoltaik hücrelerini taşıyıcının alt yüzeyine yerleştirilmesidir. Diğer bir yöntem olarak da taşıyıcının yan yüzeylerine yerleştirilen hücrelerin asansörün bağlantı noktasına oldukça uzak olan enerji iletim istasyonları ile beslenmesi düşünülmektedir. Enerjinin taşıyıcıya gönderilmesinde, mikrodalga veya lazerle iletim yöntemlerinden biri tercih edilecektir. Fakat taşıyıcıya enerji gönderecek lazerler halen geliştirme aşamasındadır.



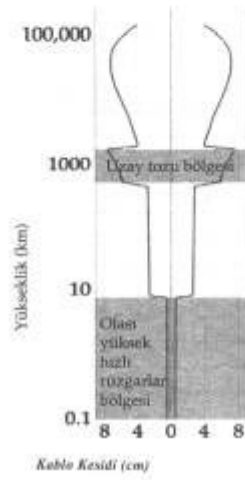
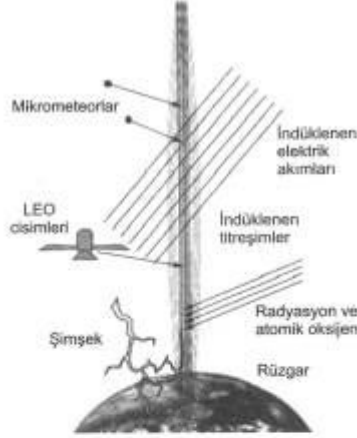
### Güç Sistemi



Lazer

### Tehlikeler ve Önlemler

Uzay asansörleri için, sağlayacakları pratiklik ekonomiye karşın bazı tehditler mevcuttur. Yıldırımlar, meteorlar, önceki uzay çalışmalarının kalıntıları, alçak yörünge cisimleri, fırtınalar, kablunun salınımının engellenmesi, küçük göktaşlarının verdiği hasarlar atomik oksijen, yoğun elektromanyetik alanlar, radyasyon, üst atmosferde sülfürik asit damlalarının kabloda oluşturacağı erozyonlar, uçakların çarpması gibi tehlikelerin göz önüne alınması gerekmektedir. Herşeye rağmen bütün bu problemlere şimdiden kabul edilebilir çözümler bulunmaya başlanmıştır.



### Yıldırım ve Fırtınalar:

Önemli tehlikelerden birisi asansör kablolarına zarar verebilecek olan yıldırımlardır. Oluşturdukları arklar herhangi bir kompozit malzemeyi ısıtıp tahrip edebilecek ısıyı açığa çıkarabilirler. Yaklaşık 6000 °C erime sıcaklığına sahip karbon-nanotüpler tahrip olmayacakları iddia edilse de, en iyi çözüm kablonun bağlanacağı platformu yıldırımların görülmediği Ekvator kuşağında bulundurmak olabilir. Çok az ve zayıf fırtınaların olduğu bu yerler, platformun yer değiştirme imkanı da düşünüldüğünde, bu türden olumsuzluklara karşı yeterli korunmayı sağlayacağı düşünülebilir. Örneğin, Galapagos adalarının 1500 km batısı, zayıf esen rüzgarları ve çok az şimşegın olduğu atmosfer olayları yüzünden dünyanın en sakin iklimine sahip yerlerindedir.

Rüzgarlarda kablonun oluşturduğu sürtünme kuvvetinin tamamına yakın kısmı kablonun kesitine bağlı olarak olduğundan, kablo kesitinin kalınlık/genişlik oranını azaltmakla rüzgarın tahrip edici etkisi ortadan kaldırılabilir.

**Meteorlar:** Küçük boyutlardaki mikro meteorlar düz yüzeylerde hacimlerin yaklaşık 50 katı hasara neden olduklarından kablolar için tehlike oluşturabilirler. Bu bölgedeki kablo yüzeyine eni doğrultusunda eğrisel form oluşturarak olabilecek hasar etkisi oldukça azaltılabilir.

### Alçak Yörünge Cisimleri (LEO):

Alçak yörünge dünyanın 500 ila 1700 km arasındaki irtifa bölgesinde bulunan insan yapısı cisimlere verilen isimdir. Halen çapı 10 cm'den büyük 8000 adet uydu ve diğer uzay araç kalıntıları dünya çevresinde alçak bir yörüngede hareketlerini sürdürmektedir. Bunların hepsi kodlanmış olup yerdeki ilgili birimler tarafından izlenmektedirler. Buna ilave olarak çapları 1 cm ila 10 cm arasında ilave 100 000 cisim de aynı yörüngededir. Son olarak bahsettiğimiz izlenemeyen ve yörüngeleri bilinmeyen bu cisimler en çok tehlike oluşturanlardır. Bu parçaların istatistiki olarak 250 günde bir kez kabloya çarpmaları beklenmektedir. Bu parçaların da yörüngelerinin belirlenerek kablonun bu bölge dışında tutulması çözümlerden biri olarak düşünülmektedir. Asıl önlem kritik cisim çapını 3 cm alıp bu cisimleri de izlemek ve bu bölge için kablo genişliğini iki misli geniş alınmasıyla hasar riskini azaltmak mümkündür.

### Atomik Oksijen:

Atomik oksijen üst atmosferde 60 ila 800 km arasında, en yoğun 100 km yükseklikte olmak üzere, bulunur. Çoğu malzeme için son derece korozivdir, buna karbon nano tüplerde dahildir. Birkaç hafta içinde kablonun tahribine neden olabilirler.

Kablonun etkilenen bölgesini atomik oksijenin koroziv etkilerine dirençli maddelerle kaplamakla önlem alınabilir. Altın ve platin kaplamalar atomik oksijenden etkilenmezken, alüminyum ve diğer bazı metaller sınırlı koroziv etkilere maruz kalmışlardır. Bu metallerle yapılan yüzey kaplaması yeterli koruma sağlayacaktır.