

# ASTEROİDLERİN GÜNEŞ SİSTEM'İNDEKİ YERİ VE ÖNEMİ

Remziye CANBAY<sup>[1]</sup>, Songül ÖZIRMAK<sup>[1]</sup>

<sup>[1]</sup> *İstanbul Üniversitesi, Fen Fakültesi, Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümü*  
*rmzycnby@gmail.com dieblade@hotmail.com*

## ÖZET:

Bilinen asteroidlerin % 97' sinden fazlası, Mars ile Jüpiter yörüngeleri arasında kalan bölgede bulunurlar. Ancak, Mars ile Jüpiter arasındaki bu alan asteroidler ile tamamen doldurulmuş değildir. Bu asteroidlerin yörüngeleri tekdüze bir dağılım sergilemeyip, yarı-büyük eksen uzunluklarına göre bazı boşluklar ve yoğunlaşmalar gösterir. Bu boşlukların nedeni Jüpiter gezegenin yörünge dönemiyle olan rezonans ilişkisidir. Asteroidler Mars ile Jüpiter yörüngesi arasında yoğun olarak, Ana Asteroid Kuşağı adı verilen bölgede toplanmışlardır. Bunun dışında, az sayıdaki asteroid de Ana Kuşak dışındaki çeşitli kuşakları oluşturmaktadır. Ana Asteroid Kuşağı'nın iç kısmında bulunan ve tüm asteroidlerin yaklaşık olarak % 0,5' ini oluşturan asteroidler, İç Kuşak Asteroidleri ve Arz'a Yakın Asteroidler (NEA) olarak iki farklı gruba ayrılmışlardır. Arz'a Yakın Asteroidler aynı zamanda kendi aralarında atira, amor, apollo, aten olmak üzere yörüngelerinin Arz'a ve perihel uzaklıklarına göre 4 gruba ayrılmıştır. Bilinen bütün asteroidlerin yaklaşık olarak % 2,5' ini ise, Ana Asteroid Kuşağı'nın dış kısmında bulunan Dış Kuşak Asteroidleri oluşturur. Dış Kuşak Asteroidleri, Cybele Grubu, Hilda Grubu, Thule ve Trojan Asteroidleri olarak çeşitli gruplara ayrılırlar. Günümüze kadar asteroidleri Güneş Sistemi'ndeki yeri ve konumu çok önemli olmuştur. Arz'a Yakın Asteroidler Dünya'daki yaşamı yüzyıllardır tehdit etmiş hala da tehdit etmeye devam etmektedir. Bu bakımdan araştırılması ve gözlenmesi gereken gök cisimleri arasında birinci sırada yer almaktadır. Asteroidler günümüze kadar fazla değişime uğramadan geldikleri için Güneş Sistemi'nin orijini hakkında bize bilgi sağlamaları konusunda çok önemli gök cisimleridir.

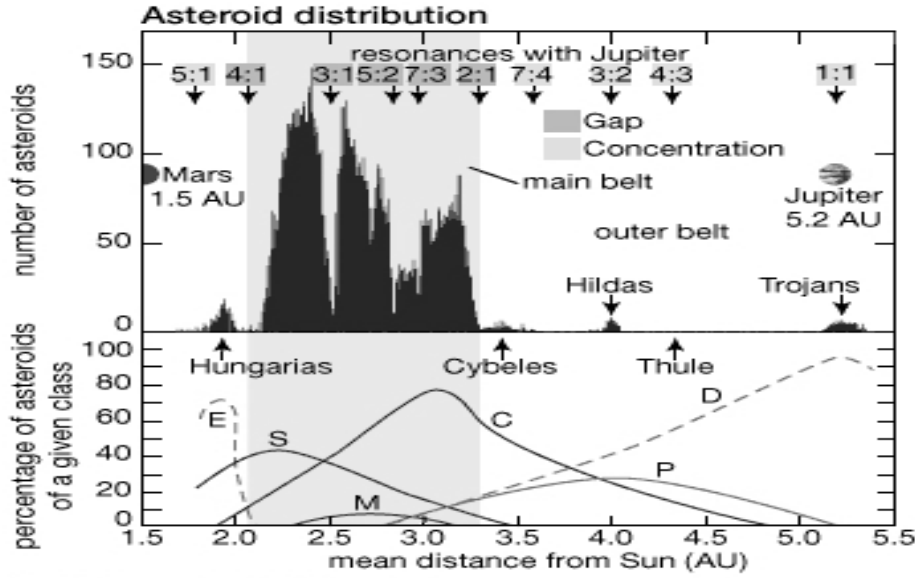
## NEDEN ASTEROİDLER?

Asteroidler Güneş Sistemi'nin oluşumundan arda kalan Güneş etrafında dolanan irili ufaklı kaya gök cisimleridir. Asteroidler Güneş Sistemi'nin oluşumundan buyana yapısını nispeten değişmeden günümüze kadar gelen gökcisimleri olduğu için Güneş Sistemi'nin orijini araştırılmada gökbilimciler için çok önemli olmuştur. Asteroidlerin fiziksel doğasını, dağılımını, oluşumunu ve evrimini anlamak Dünya'da yaşamın varlığını anlamak için temeldir. Asteroidlere ilişkin dinamik ve fiziksel parametreler, Güneş Sisteminin erken dönemlerdeki evrimine ışık tutacak bilgiler içermektedir. Örnek olarak, yörüngelere ait parametreler, kendi eksenleri etrafındaki dönme dönemleri, dönme eksenlerinin uzaydaki yönelimleri, dönme yönleri ve sahip oldukları şekiller, asteroidlerin çarpışma geçmişlerini yansıtır. Asteroid çalışmalarını önemli kılan bir diğer neden de Güneş Sistemi'nin oluşumundan bu yana sürekli Dünya'yı tehdit etmeleridir. Geçmişteki örneklerle baktığımızda altmış milyon yıl kadar önce gerçekleştiği, dinazorların büyük bir asteroid'in Dünya'ya çarparak yüzeyindeki yaşam koşullarını değiştirmesi sonucu yok oldukları düşünülmektedir. 1908'de Sibiry-Tunguska'ya düşen, yaklaşık 50m çapında olduğu tahmin edilen bir asteroidin veya kuyruklu yıldız parçasının çok büyük bir orman alanını yok etmesi, 1994 yılında Jüpiter'e düşen birkaç kilometre çaplı kuyruklu yıldız parçalarının gezegenin atmosferinde büyük çalkantılara yol açması, göksel tehdidin çok daha yakın geçmişte gerçekleşmiş olan ve benzerlerinin gelecekte de gerçekleşmesi beklenen örnekleridir.

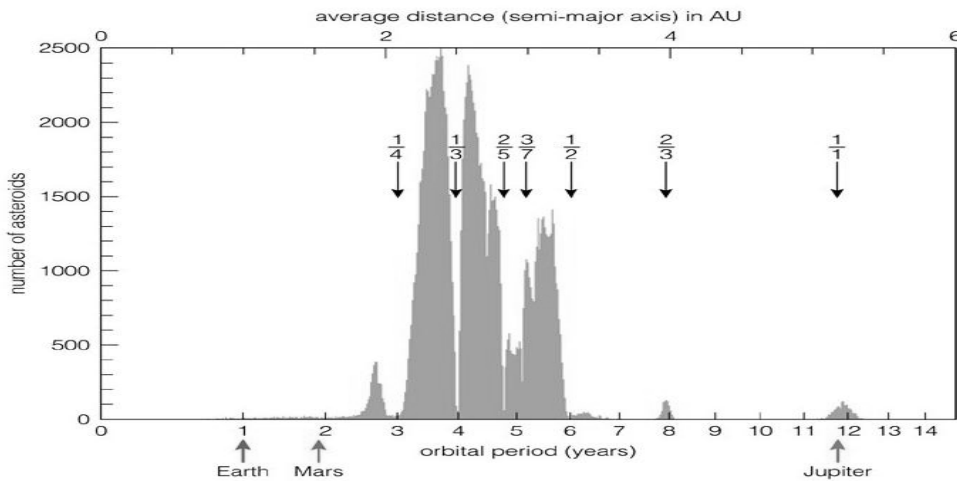
## ASTEROİDLERİN GÜNEŞ SİSTEM'İNDEKİ KONUMU

Asteroidlerin Güneş Sistemi'ndeki dağılımına baktığımızda bilinen asteroidlerin % 97' sinden fazlası Güneş Sistemi'nde Mars ile Jüpiter yörüngeleri arasında toplandığı görülmektedir. Ancak, Mars ile Jüpiter arasındaki bu alan asteroidlerle tamamen doldurulmuş değildir. Asteroidler yoğun olarak, Ana Asteroid Kuşağı adı verilen bölgede toplanmışlardır. Bunun dışında, az sayıdaki asteroid de Ana Kuşak dışındaki çeşitli kuşakları oluşturmaktadır. Ana Asteroid Kuşağı'nın iç kısmında bulunan ve tüm asteroidlerin yaklaşık olarak % 0,5' ini oluşturan asteroidler, İç Kuşak Asteroidleri ve Yer'e Yakın Asteroidler olarak iki farklı gruba

ayrılmışlardır. Bilinen bütün asteroidlerin yaklaşık olarak % 2,5' ini ise, Ana Asteroid Kuşağı'nın dış kısmında bulunan Dış Kuşak Asteroidleri oluşturur. Dış Kuşak Asteroidleri, Cybele Grubu, Hilda Grubu, Thule ve Trojan Asteroidleri olarak çeşitli gruplara ayrılırlar.



Asteroidlerin %95' ine yakını, Ana Asteroid Kuşağı adı verilen bölgede bulunmaktadır. Ana Asteroid Kuşağı'nın sınırları, Jüpiter' in yörünge dönemine göre belirlenmiştir. Kuşağın iç ve dış sınırları, 2.064 AB ve 3.277 AB olarak kabul edilmiş olup, bu uzaklıklar sırasıyla, 2.966 ve 5.931 yıllık yörünge dönemlerine, yani, Jüpiter' in yörünge döneminin 1/4' ü ve 1/2' sine karşılık gelmektedir. Yörünge dönemleri bu iki değer arasında olan asteroidler, Ana Kuşak Asteroidleri olarak kabul edilirler. Sınırların bu şekilde seçilmesinin nedeni, bu iki sınırı 4:1 ve 2:1 Kirkwood Boşlukları'nın belirlemesi ve bu sınırların dışında, aşağıdaki şekilden de görüleceği gibi asteroid sayılarında önemli bir düşüş olmasıdır. Ana Kuşak Asteroidlerin yarı büyük eksen uzunluklarına göre dağılımına baktığımızda dağılım geliş güzel olmayıp boşluklar görülmektedir.



Kirkwood boşlukları, asteroidlerin Güneş'e olan uzaklığındaki boşlukların dağılımı geliş güzel olmayıp Jüpiter'in yörünge dönemlerinin rezonansının bir sonucudur.

Gravitasyonel modele göre bu boşluklar, yalnızca gravitasyonel kuvvetlerin etkisi altında, rezonans yakınındaki asteroidlerin yörünge yarı-büyük eksen uzunlukları rezonanstan uzağa sürüklenebilir. Jüpiter ile rezonansa olan bir asteroid, yörüngesi üzerindeki her turunda

Jüpiter ile benzer göreceli konumlara gelir. Bu nedenle, asteroid her defasında Jüpiter' in aynı sabit doğrultudaki, güçlü tedirginlik etkisine maruz kalır. Bu kuvvetin tekrar tekrar uygulanmasıyla, sonuç olarak asteroidin yörünge yarı-büyük eksen uzunluğu değişir ve asteroid rezonansı terk eder. Böylece, rezonans asteroidlerinin bu şekilde rezonansı terk etmeleriyle gözlenen Kirkwood Boşlukları oluşur. Gravitasyonel model, boşlukların oluşumunu tek başına tam olarak açıklayamamakta ve bazı ek senaryolara ihtiyaç duymuştur. Gök mekaniği, Kirkwood Boşlukları'nın hemen hemen hepsinin kökeni hakkında yeterli açıklamalar sağlamıştır. 4/1, 3/1, 5/2 ve 7/3 rezonansları için, yüzyıllık ( $\omega - \omega_j$ ) ve ( $\omega - \omega_s$ ) açıları ve kritik  $\sigma$  açısının hareketleri ( $\omega$ : Asteroidin,  $\omega_j$ : Jüpiter' in ve  $\omega_s$ : Satürn' ün perihel noktalarının boylamı), rezonans asteroidlerinin dışmerkezliliklerini, Mars yörüngesini veya Yer yörüngesini kesecek değerlere çıkmaya zorlar ve böylece, rezonans asteroidleri ile gezegenler arasında yakın karşılaşmalar meydana gelir. Bu yakın karşılaşmalar sonucunda gezegenlerin oluşturduğu güçlü tedirginlik etkileri nedeniyle, rezonans asteroidlerinin yörüngeleri bozulur ve rezonansı terk ederler. Bazı durumlarda ise, dışmerkezlilik 1'e kadar ulaşabilir ve rezonans asteroidi, Güneş' e çarpabilir. Rezonans yakınındaki asteroid hareketlerini çalışmak için,  $\sigma$  ve  $\mu$  açılarını Scholl ve Froeschle şu şekilde tanımlamıştır.

$$\mu = (1 - l_j) (p + q) / p, \sigma = - (\omega + \mu \cdot p / q)$$

$\omega$ : Asteroidin perihel noktasının boylamı,  $l$ : Asteroid için ortalama boylam,

$l_j$ : Jüpiter' in ortalama boylamıdır.

$p$  ve  $q$  ise rezonansı belirten en küçük tamsayılardır.

(5/2 rezonansı için,  $(p + q) / p = 5/2$  ve  $p = 2, q = 3$  tür.)

#### İÇ KUŞAK ASTEROİDLER

Yörünge dönemi, Jüpiter' in yörünge döneminin 1/4' ünden küçük olan fakat Mars yörüngesinin içerisine geçemeyen asteroidler, İç Kuşak Asteroidleri olarak adlandırılırlar. İç Kuşak Asteroidleri yalnızca tek bir grupta, Hungaria Grubunda toplanmışlardır.

Hungarialar;

Güneş' ten ortalama uzaklıkları 1.91 AB olan Hungarialar, 1,8 – 2,0 AB aralığında toplanmışlardır. Ortalama yörünge dönemleri ise 2.64 yıldır. Ortalama dışmerkezlilikleri 0.08 olan Hungarialar, hemen hemen dairesel olan yörüngelerde dolanırlar. Buna karşılık olarak yörünge eğimleri ise oldukça büyüktür (ortalama  $22^\circ.7$ ). Yörüngelerinin küçük dışmerkezlilikleri nedeniyle, Hungaria Asteroidleri' nin ortalama perihel uzaklıkları ( $q$ ), yaklaşık olarak 1.76 AB kadardır. Bu nedenle tipik bir Hungaria Asteroidi, perihel uzaklığı 1.67 AB olan Mars yörüngesini kesemez. Bununla beraber, birkaç Hungaria Asteroidi ise Mars' ın afel uzaklığından 0.01 AB' nin birkaç katı kadar daha küçük perihel uzaklığına sahip olan, birer "yüzeysel" Mars yörüngesi kesen asteroidtirler.

#### ARZ'A YAKIN ASTEROİDLER

Mars yörüngesinin içerisine girebilen asteroidler, Arz'a Yakın Asteroidler olarak adlandırılırlar. Bunların, ölü kuyruklu yıldız çekirdeklerinden veya Ana Kuşak Asteroidleri'nin kendi aralarındaki çarpışmalarından meydana gelen parçacıklardan oluştuğu düşünülmektedir. Arz'a Yakın Asteroidlerin ilk keşfedileni (1898), 433 Eros' tur. Eros, aynı zamanda Arz'a Yakın Asteroidler içerisinde ikinci en büyük olanıdır.

-Mars Yörüngesini Kesen Asteroidler

Bunlar, Mars yörüngesini kesebilen ve perihel uzaklıkları ( $q$ ), 1,3 AB'den daha büyük olan asteroidlerdir. Kendi aralarında ikiye ayrılırlar:

a) Yüzeysel olarak Mars yörüngesini kesenler: ( $1.58 \text{ AB} < q < 1.67 \text{ AB}$ )

b) Yakın olarak Mars yörüngesini kesenler: ( $1.30 \text{ AB} < q < 1.58 \text{ AB}$ ).

-Amor Asteroidleri

Amor Asteroidleri, perihel uzaklıkları  $1.017 \text{ AB} < q < 1.3 \text{ AB}$  arasında olan asteroidlerdir. Arz'ın afel uzaklığından ( $Q_{arz} = 1.017 \text{ AB}$ ) daha büyük perihel uzaklığına sahip olduklarından, şu anda Arz yörüngesini kesemezler. Fakat Arz'a yakın geçişleri dolayısıyla

oluşan güçlü gravitasyonel tedirginlikler nedeniyle, yüzeysel olarak Mars yörüngesini kesen asteroidler dışındaki, diğer Arz'a Yakın Asteroidler'in yörünge elemanlarında beşer veya onar yıllık zaman ölçeklerinde fark edilebilir düzeylerde değişimler olur. Bu nedenle, bilinen Amor Asteroidleri'nin yaklaşık olarak yarısı, gruba adını veren 1221 Amor da dahil olmak üzere, zaman zaman veya kısmen Yer yörüngesi kesicidirler. Amor Asteroidleri'nin en bilineni olan 433 Eros' un yörünge yarı-büyük eksen uzunluğu 1.46 AB, perihel ve afel uzaklıkları da sırasıyla, 1.13 AB ve 1.78 AB'dir. Eros' un yörüngesi, Mars yörüngesini keser ancak Arz yörüngesini kesemez. Eros' un 20. yüzyılda Arz'a en yakın geçişi, 23 Ocak 1975 tarihinde gerçekleşmiştir ve bu tarihte Eros, Arz'ın 22 milyon kilometre (0.15 AB) kadar yakınına gelmiştir.

- Arz Yörüngesini Kesen Asteroidler

Bunlar da kendi aralarında, Apollo Asteroidleri ve Aten Asteroidleri olarak iki gruba ayrılırlar.

a) Apollo Asteroidleri:

Adlarını, 1932 yılında Karl Wilhelm Reinmuth tarafından keşfedilen ve kısa bir süre sonra kaybolup, 1978 yılına kadar tekrar gözlenemeyen "1862 Apollo" 'dan alırlar. Yaklaşık olarak 1,5 km' lik bir çapa sahip olan 1862 Apollo' nun yarı-büyük eksen uzunluğu 1.471 AB'dir. Apollo Asteroidleri, 1 AB' ye eşit veya daha büyük yarı-büyük eksen uzunluklarına sahiptirler (a: 1 AB). perihel uzaklıkları ise, Arz'ın afel uzaklığı olan 1.017 AB' ye eşit veya daha küçüktür (q: 1.017 AB). Bu nedenle Apollo Asteroidleri, Arz yörüngesini, kendi yörüngeleri üzerinde perihel yakınlarındayken keserler.

b) Aten Asteroidleri:

Adlarını 1976 yılında ABD' de Eleanor F. Helin tarafından keşfedilen 2062 Aten' den alırlar. Yaklaşık olarak 1 km kadar bir çapa sahip olan 2062 Aten' in yarı-büyük eksen uzunluğu 0.966 AB'dir ve onun gibi, diğer bütün Aten Asteroidleri' nin yarı-büyük eksen uzunlukları da 1 AB' den küçüktür (a < 1 AB). Afel uzaklıkları ise Yer' in perihel uzaklığı olan 0.983 AB' den büyüktür (q > 0.983 AB). Bu nedenle, Aten Asteroidleri, Yer yörüngesini, kendi yörüngeleri üzerinde afel yakınlarındayken keserler.

-Atira Asteroidleri

Atira'ların yörüngeleri Arz yörüngesinin tamamen içinde kalmaktadır. Bunların yarı büyük eksenleri  $a < 1,0$  AB, afel uzaklığı  $Q < 0.983$  AB 'dir

Arz'a Yakın Asteroidlerin Arz'a göre yörüngeleri aşağıdaki şekilde verilmiştir.

-Potansiyel Tehlikeli Asteroidler (PHAs);

Arz'ın yörüngesini kesme uzaklıkları 0.05 AB ve mutlak parlaklıkları 22'den daha parlak olan asteroidlerdir. Literatürde bu kesişme uzaklığı Minimum Yörünge Kesişme Uzaklığı (MOID- Minimum Orbit Intersection Distance) olarak geçmektedir. Şu anda bilinen sayıları 1325 dir. PHAs şu anda Dünya'yı tehdit edici yakın yaklaşım yapan asteroidin tehlikesini ölçen parametrelere dayalı tanımlanır. Özellikle MOID değeri ve mutlak parlaklık kriteri ile tanımlanır. Ama asteroidlerin Dünya'yı tehdit edici yakın yaklaşım yapması Dünya'ya çarpacağı anlamına gelmez sadece böyle bir tehdit için bir çarpma olasılığı vardır. Belirlenen PHAs'lerin izlenmesi ve yeni gözlemlerle bunların yörüngelerini güncelleyerek tehdit olasılığını daha iyi tahmin edebiliriz.

DIŞ KUŞAK ASTEROİDLER

Dolanma dönemleri, Jüpiter' in dolanma döneminin 1/2' sinden (5.93 yıl) uzun olan asteroidler, Dış Kuşak Asteroidleri olarak adlandırılırlar. Güneş' ten olan uzaklıkları 3.277 AB' den büyüktür. Dış Kuşak Asteroidleri, tüm asteroidlerin yaklaşık olarak % 2,5' ini oluştururlar ve kendi içlerinde dört gruba ayrılırlar: Cybele Grubu, Hilda Grubu(içerdikleri asteroidlerden ilk keşfedilenin adıyla anılırlar), Thule ve Trojan Asteroidleri.

Cybele Grubu;

Yörünge dönemleri yaklaşık olarak 6,2 – 6,3 yıl arasındadır. Güneş' ten uzaklıkları yaklaşık

olarak 3,4 AB kadar olup Dış Kuşak Asteroidleri'nin en içte olan (Ana Asteroid Kuşağı'na en yakın olan) grubudur.

Hilda Grubu;

Hilda Grubu, Jüpiter' in 3:2 rezonansında toplanan asteroidlerden oluşmuştur. Dolayısıyla, yörünge dönemleri Jüpiter' in yörünge döneminin 2/3' ü (yaklaşık olarak 7,9 yıl) kadardır. Yarı-büyük eksen uzunlukları 3.92 AB ile 4.01 AB arasında olup ortalama 3.97 AB'dir.

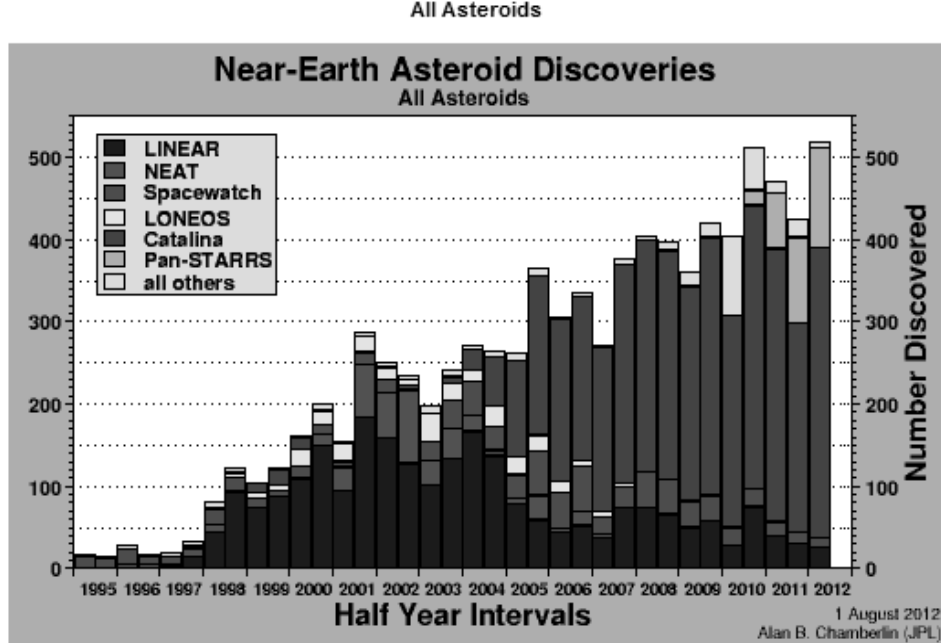
Thule;

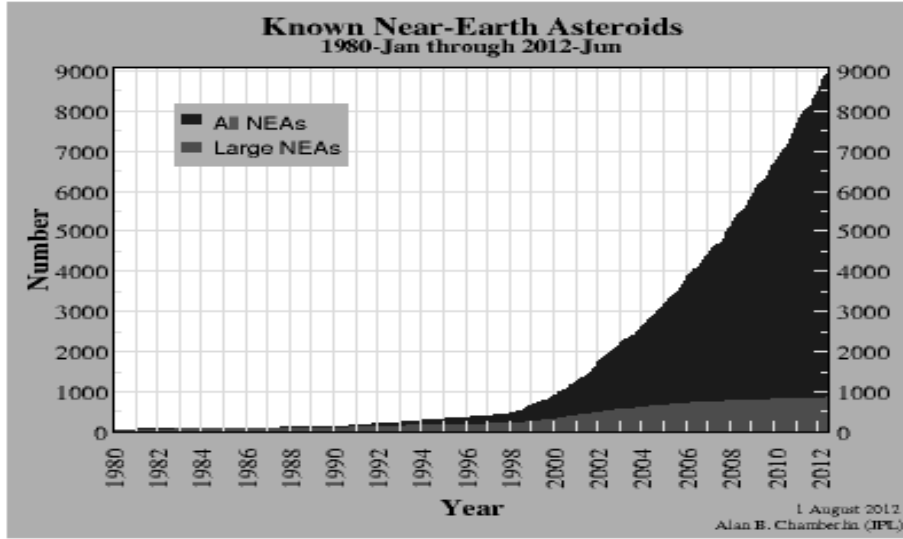
Tek bir asteroidten, Thule' den oluşur. Thule, Jüpiter' in 4:3 rezonansında bulunur. Yörünge dönemi 8.90 yıl ve Güneş' ten ortalama uzaklığı 4.29 AB' dir.

Trojan Asteroidleri;

Trojan Asteroidleri, tek bir nokta üzerinde toplanmış değildir. Bunların Güneş'ten ortalama uzaklıkları 5.08 AB ile 5.32 AB arasında ve yörünge dönemleri de 11.45 yıl ile 12.27 yıl arasında değişmektedir.

1997 yılında keşfedilen 1997 XF11 adlı asteroidin 1998 yılında yapılan yörünge hesaplamaları, bu asteroidin 26 Ekim 2028' de Yer' e önemli derecede yaklaşacağını ortaya çıkardı. Hesaplamalara göre 1997 XF11, Yer' in 100.000 km' den daha yakınından geçecekti ki bu da, 1997 XF11' in Yer' e yakından geçen asteroidler içinde Yer' e en fazla yaklaşan asteroid olacağı anlamına gelmekteydi. Asteroidin yaklaşık olarak 2 km kadar olan çapı onu daha da dikkate değer kılmaktaydı. 1997 XF11' in 2028 yılında Yer'e çarpabileceğine dair ilk raporlar basında yayınlandıktan sonra, bu asteroide olan ilgi birdenbire arttı. Ancak, kısa süre sonra hassas ve detaylı gözlemlerden elde edilen sonuçlar, 2028 yılında 1997 XF11' in Yer'e en fazla 1 milyon kilometre kadar yaklaşacağını ve bu asteroidin Yer'e çarpma olasılığının gerçekte çok küçük, hatta sıfır olduğunu ortaya koymuştur. 1997 XF11 asteroidi gibi yeni basın gündeminde de bunun gibi birçok örnek vardır Apophis, 2005 YU55 asteroidleri gibi gözlenmesi gereken birçok asteroid Küçük Gezegen Merkezi'nde (MPC) günlük olarak yayınlanmaktadır. Ancak, bu ve buna benzer özellikteki asteroidlerin yörüngelerinin daha iyi belirlenebilmesi için her görünme döneminde çok sayıda gözlemine ihtiyaç duyulmaktadır. Günümüzde bilinen Arz'a Yakın Asteroidlerin sayısına baktığımızda;





Date	NEC	Atira	Aten	Apollo	Amor	PHA-KM	PHA	NEA-KM	NEA	NEO
2012-08-21	92	11	715	4899	3397	154	1326	848	9022	9114

#### KAYNAKLAR

<http://neo.jpl.nasa.gov/neo/>

<http://www.lpi.usra.edu/books/AsteroidsIII/pdf/3051.pdf>

<http://solarsystem.nasa.gov/planets/profile.cfm?Object=Asteroids&Display=Overview>

<http://rasathane.ankara.edu.tr/populer/pak/Kuyruklyildizlar.pdf>

<http://www.biltek.tubitak.gov.tr/haberler/gokbilim/99-09-2.pdf>

[http://www.nameourasteroid.org.za/Asteroid\\_Introduction.pdf](http://www.nameourasteroid.org.za/Asteroid_Introduction.pdf)

<http://neo.jpl.nasa.gov/neo/groups.html>

[http://derman.science.ankara.edu.tr/ogrenci\\_tezleri/tolga/tolga.pdf](http://derman.science.ankara.edu.tr/ogrenci_tezleri/tolga/tolga.pdf)

<http://www.nss.org/settlement/asteroids/RoleOfNearEarthAsteroidsInLongTermPlatinumSupply.pdf>