

# Berekenen van een satellietbaan.

(7-8-2013)

Gerrit van Eijndhoven

<http://www.gerritentiny.nl/>

In de ruimte boven ons bevinden zich, tot zo'n hoogte van 36000 km, honderden kunstmatige satellieten die worden gebruikt voor o.a. positiebepaling (GPS), communicatie (radio, televisie, telefoon) en het verzamelen van gegevens over het weer, het aardoppervlak en militaire gegevens (spionage). Sommige zijn bemand.

De massa's variëren van enige tientallen kilo's tot enige tonnen en ze bevinden zich op verschillende hoogtes, afhankelijk van hun functie..

Ze worden d.m.v. raketten in de ruimte gebracht door een aantal landen, o.a. de Verenigde Staten, Rusland, China, India, Brazilië Pakistan en de ESA (dit is een samenwerkingsverband tussen een aantal Europese landen).

Misschien de vraag wel een opgekomen : *Hoe blijven die satelliet hun rondjes draaien?*

Hier ga ik uitleggen wat een satelliet is, hoe deze op een vaste hoogte met een daarbij behorende snelheid rond de aarde kan blijven draaien en hoe je zelf de snelheid en omlooptijd van een satellietbaan (bij benadering) kunt berekenen. Het is niet echt ingewikkeld.

## Wat is een satelliet?

- Een satelliet is een voorwerp dat in een vaste baan rond de aarde (of ander hemellichaam) draait.
- Het voorwerp kan van natuurlijke oorsprong zijn zoals onze maan maar ook kunstmatig zoals bv. de gelanceerde gps- en onderzoekings satellieten.
- De banen zijn meestal nagenoeg cirkelvormig maar kunnen ook elliptisch zijn.
- De banen kunnen zich recht boven de evenaar bevinden, schuin over de evenaar gaan of haaks op de evenaar dus over de polen gaan.
- Hun snelheid is afhankelijk van de hoogte en de aantrekkingskracht van de aarde op die hoogte. Hoe hoger de satelliet des te lager is de snelheid.
- De omlooptijd is afhankelijk van de snelheid. Hoe hoger de satelliet des te langer is de omlooptijd. Als de omlooptijd gelijk is aan de rotatietijd van de aarde ( $\pm 24$  uur) en de satelliet zich ook in dezelfde richting beweegt dan spreekt men van een geo-stationaire satelliet. Deze satelliet bevindt zich dan op een hoogte van  $\pm 35750$  km en staat, van de aarde uit gezien, schijnbaar stil. Geo-stationaire satellieten worden voornamelijk voor communicatie (TV, radio, telefoon) gebruikt.

## Waarom blijft een satelliet in zijn baan?

Om dit te kunnen begrijpen volgt hier een eenvoudig gedachten experiment.

Stel dat we met een kanon, waarvan de loop horizontaal is opgesteld, een kogel afschieten.

We verwaarlozen de luchtweerstand en gaan dus uit van een luchtledige ruimte.

Die kogel zal in een rechte lijn vooruit willen gaan zonder afgeremd te worden.

Het aardoppervlak zal, door zijn kromming, steeds verder onder de kogel wegzakken.

Maar door de aantrekkingskracht van de aarde zal de kogel onderweg ook geleidelijk aan naar de aarde vallen. De baan wordt daardoor dus wat gekromd.

Als de kogel dan precies even snel zakt als het aardoppervlak dan zal de kogel altijd even hoog boven de aarde blijven en zal zich in een cirkelvormige baan rond de aarde blijven verplaatsen in een eeuwigdurende val. We hebben dan een satelliet gecreëerd. (In werkelijkheid zal kogel door de luchtweerstand steeds langzamer gaan en neerstorten)

Met bovenstaande kennis kunnen we nu zelf, vrij eenvoudig, de baan berekenen van een satelliet.

We gaan hier uit van circulaire banen. (Een beetje kennis van wis- en natuurkunde is wel handig)

De benodigde formules en enige voorbeelden.

				Geo-stationair	ISS	Maan
Ra	Straal aarde	Km	6350			
ga	Zwaartekrachtversnelling op aardoppervlak	m/sec <sup>2</sup>	9,81			
Hs	Satelliethoogte boven aardoppervlak	Km		35750	400	378500
Rs	Straal satellietbaan	Km	Ra+Hs	42100	6750	384850
gs	Zwaartekrachtversnelling op satelliethoogte	m/sec <sup>2</sup>	Ra <sup>2</sup> /Rs <sup>2</sup> x ga	0,223178	8,681783	0,002671
Sval	Valhoogte na 1 sec.	Km	Gs/2/1000	0,000112	0,004341	0,00000134
Ss	Satellietsweg na 1 sec (zie blz.2)	Km	(2 x Rs x Sval) <sup>0,5</sup>	3,065	7,655	1,014
Vs	Satellietsnelheid	Km/uur	Ss x 3600	11035	27559	3650
Ps	Satellietperiode (omlooptijd)	Uur	2 x $\pi$ x Rs/Vs	23,97	1,54	662,53

Een geo-stationaire satelliet is een satelliet die, voor een waarnemer op het aardoppervlak, altijd op dezelfde plaats staat, dus schijnbaar niet beweegt. Alle andere satellieten zullen zich t.o.v. een waarnemer, verplaatsen.

Om zelf een satellietbaan te berekenen kun je onderstaand spreadsheet downloaden:

<http://www.gerritentiny.nl/documenten/satelliet.xls>

Daar de planeten in hun banen rond de zon ook beschouwd mogen worden als satellieten, kunnen ook de planeetomlooptijden met dit rekenmodel globaal berekend worden. Door hun min of meer elliptische banen zullen de resultaten echter iets meer afwijken.

## Toelichting:

De belangrijkste variabelen die een rol spelen bij een satellietbaan zijn:

- De straal Ra van de aarde
- De straal van de satellietbaan (Rs= Ra + satelliethoogte)
- De zwaartekrachtversnelling g op het aardoppervlak

- De zwaartekrachtversnelling  $g_s$  op het niveau van de satellietbaan.  
Deze is omgekeerd evenredig met de kwadraten van de stralen van de aarde en de satellietbaan.  
ofwel  $g : g_s = R_s^2 : R_a^2$
- In dit model wordt de massa van de satelliet en invloed van andere hemellichamen verwaarloosd.
- Ook de variaties van de zwaartekrachtversnelling  $g$  en de straal  $R_a$  op aarde zijn verwaarloosd.

Ter verduidelijking van de gebruikte formules, zie deze schets:

$S_s$  = afgelegde weg satelliet/sec

$S_{val}$  = val satelliet/sec

$R_s$  = straal satellietbaan

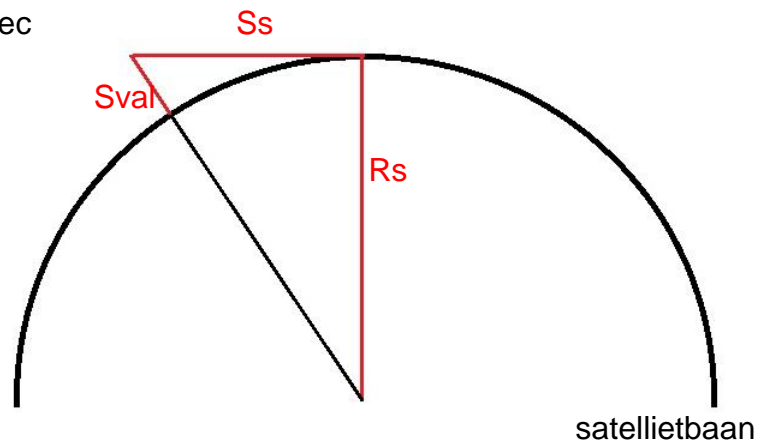
$$S_s^2 = (R_s + S_{val})^2 - R_s^2$$

$$= 2 \cdot R_s \cdot S_{val} + S_{val}^2$$

Daar  $S_{val}^2 \ll R_s$  wordt

$$S_s^2 \approx 2 \cdot R_s \cdot S_{val}$$

$$S_s \approx (2 \cdot R_s \cdot S_{val})^{0,5}$$



### International Space Station

Een zeer belangrijke bemande satelliet is het International Space Station (ISS).

O.a. onze nederlandse André Kuipers heeft er een aantal maanden in doorgebracht.

Het is een gezamenlijk project van een tiental landen waaronder Nederland en België en bestaat inmiddels uit 33 modules met een totale massa van 260 ton.

Kijk voor interessante links over de ISS op de onderstaande pagina.

Wil je zien waar de ISS-satelliet zich nu bevindt kijk dan op:

<http://space.cweb.nl/tracking-iss-zarya.php>

Wil je weten wanneer de ISS boven je zichtbaar is kijk dan op:

<http://heavens->

[above.com/PassSummary.aspx?satid=25544&lat=51.57024&lng=5.08667&loc=Unspecified&alt=20&tz=CET](http://above.com/PassSummary.aspx?satid=25544&lat=51.57024&lng=5.08667&loc=Unspecified&alt=20&tz=CET)

De ISS zal alleen maar zichtbaar kunnen zijn korte tijd na zonsondergang en korte tijd voor zonsopgang, dit alles uiteraard als er geen bewolking is. Dat is de periode dat het zonlicht ons niet meer maar de ISS nog wel kan bereiken.

De richting, hoogte en tijdstip staan er duidelijk aangegeven

Tips:

- De satelliet beweegt vrij snel langs de hemel. Hij is in een paar minuten weer verdwenen, dus kijk op tijd..
- Wil je op deze site een andere kalenderperiode bekijken klik daar dan op [prev] of [next].

Veel plezier