

Psyche Station: wonen in een asteroïde

Frans Blok

Enige tijd geleden werd mijn belangstelling gewekt door een schets die mijn Facebookvriend Shaun Moss gepost had. Een simpele tekening van een tamelijk omvangrijk project: het uithollen van de asteroïde 16 Psyche voor de bouw van een ruimtekolonie.

Cupido's geliefde

16 Psyche is een van de grootste kleine hemellichamen van het zonnestelsel en daardoor ook een van de eerst ontdekte. Het serienummer 16 is wat dat betreft veelzeggend. De asteroïde werd al in 1852

voor het eerst waargenomen door de Italiaanse astronoom Annibale de Gasparis. De naam Psyche is, zoals dat ging in die tijd, ontleend aan een personage uit de Griekse mythologie, de geliefde van Cupido. Psyche is niet groot genoeg om door de

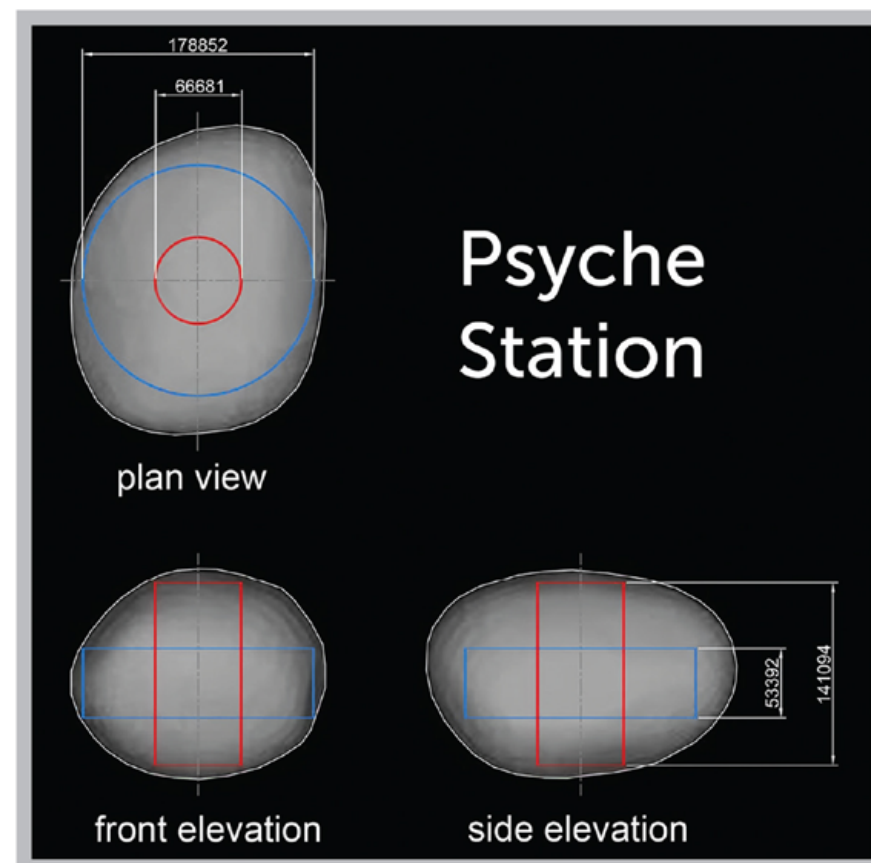
zwaartekracht een bolvorm aan te nemen en heeft in plaats daarvan een onregelmatige vorm met als grootste lengte ongeveer 253 kilometer. Psyche maakt deel uit van de asteroïdengordel tussen de banen van Mars en Jupiter. In een elliptische baan van gemiddeld zo'n 3 astronomische eenheden draait het hemellichaam in pakweg vijf jaar een rondje om de zon. Anders dan de meeste asteroïden, die voornamelijk uit gesteente en ijs bestaan, lijkt Psyche vooral ijzer en nikkel te bevatten, net als de kern van de aarde. Mogelijk is Psyche de kern van een planeet ter grootte van Mars, het overblijfsel van een planeet die miljarden jaren geleden door gewelddadige botsingen uit elkaar is gevallen.

Slingerworpen

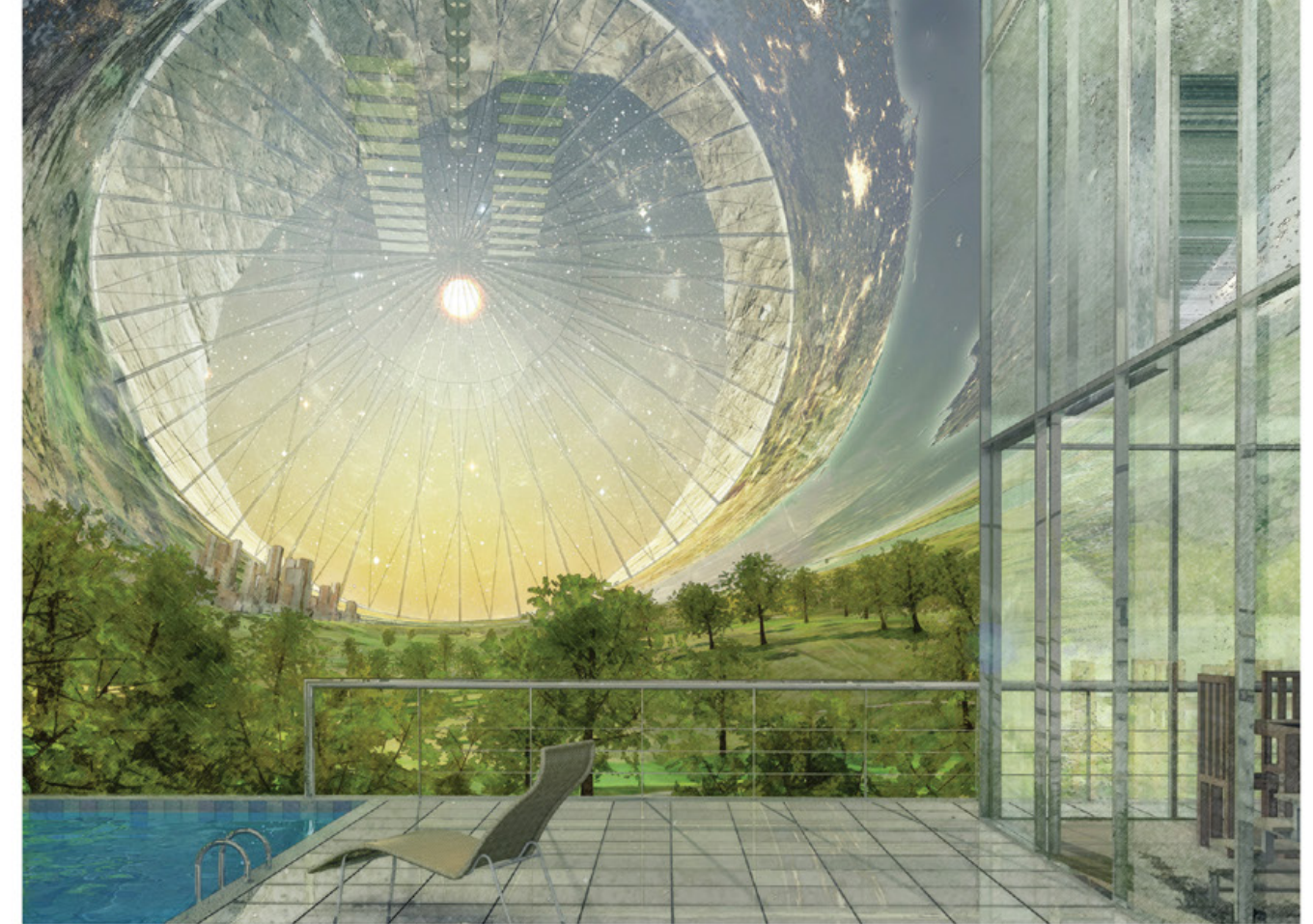
Vanwege de unieke samenstelling van deze "metalen asteroïde", besloot NASA onlangs er een ruimtevaartuig naar toe te sturen, ook Psyche genaamd. Dat zal, na een lancering in 2023, helaas pas in 2030 aankomen. De asteroïdengordel is eigenlijk niet eens zo ver weg maar om lanceerkosten en stuwstof te besparen wordt er gebruik gemaakt van een slingerworp van de zwaartekracht van de Aarde in 2024 en van Mars in 2025. En dat kost nou eenmaal tijd.

Een bewoonbare asteroïde

Shaun Moss' simpele schets beschrijft een fascinerend idee om Psyche om te vor-



De schets van Shaun Moss; de afstanden zijn in meters.



Blik in een buisvormige kolonie met een diameter van ongeveer 10 km. [Frans Blok]

men tot een gigantische ruimtekolonie. De blauwe lijnen in de schets geven een reusachtige cilindervormige ruimte in het binnenste van de asteroïde aan. Door het hele rotsblok met één rondje per 10 minuten om zijn as te laten draaien ontstaat op de gekromde wanden van de cilinder een middelpuntvliedende kracht. Die voelt als zwaartekracht, als in een centrifugerende wasmachine. In rood is, optioneel, een tweede cilinder aangegeven waarin bij dezelfde rotatiesnelheid Mars-zwaartekracht heerst, tweevijfde van wat we op Aarde gewend zijn. De draaisnelheid is zo laag dat de door rotatie veroorzaakte Corioliskrachten minimaal zijn en de bewoners daar dus niet misselijk van worden. Om zulke enorme binnenruimtes te verlichten heb je, voorzichtig uitgedrukt, een aantal stevige lampen nodig. Een beter idee is waarschijnlijk het licht van de zon met een systeem van spiegels naar binnen te leiden. Door die spiegels te laten draaien kan ook een dag-en-nachtcyclus gesimuleerd worden.

O'Neill-kolonies

Het concept van cilindervormige binnenwerelden die om hun as draaien om zwaartekracht op te wekken en die zijn uitgerust met enorme spiegels om zonlicht naar binnen te leiden is niet nieuw. Princeton University natuurkundige Gerard O'Neill

beschreef ze al in de jaren zeventig van de vorige eeuw; zijn boek 'The High Frontier: Human Colonies in Space' uit 1977 was een groot succes. De kolonies van O'Neill waren bedoeld om de mensheid meer leefruimte te geven, en de bemande ruimtevaart een nieuw doel te verschaffen waaraan niet alleen professionele astronauten maar ook "gewone mensen" deel zouden kunnen nemen. *Artist impressions* uit die tijd tonen reusachtige constructies met daarin lieflijke landschappen met een suburbane sfeer. Dat was nog eens andere koek dan de claustrofobie van de krappe Apollo- en Soyuzcapsules.

Voor het planten van bomen en het maken van geloofwaardige waterpartijen in zo'n kolonie heb je natuurlijk wel een "vloerdikte" van op zijn minst een paar meter nodig. Zo'n leeflaag komt meteen goed van pas als bescherming tegen kosmische straling. De constructie van zulke enorme ruimtestations was natuurlijk, zeker in de jaren zeventig, nog wel een uitdaging. Maar gezien de razendsnelle ontwikkelingen in de eerste twintig jaar van de ruimtevaart moest zoiets toch rond het begin van de eenentwintigste eeuw wel mogelijk zijn. Helaas, het ging allemaal wat minder snel dan destijds gehoopt en verwacht werd.

Sciencefiction

Verschillende sciencefiction-auteurs

schreven romans die zich afspelen in ronddraaiende ruimtekolonies, veelal van buitenaardse makelij. In Arthur C. Clarke's 'Rendezvous with Rama' uit 1973 bijvoorbeeld komt een mysterieus object het zonnestelsel binnenvliegen, dat in eerste instantie voor een asteroïde wordt aangezien. Binnen in het buisvormige gevaarte, lengte 50 kilometer, diameter 20 kilometer, worden steden, een atmosfeer en zelfs een kleine zee aangetroffen.

Ook in de film *Interstellar* (2014) komt een roterende kolonie voor. Die film eindigt, na veel omzwervingen, in Cooper Station. Afmetingen worden niet genoemd maar deze binnenwereld heeft duidelijk een wat bescheidener omvang dan Clarke's Rama.

Greg Bear is volgens mij de eerste die bedacht dat je ook een bestaande asteroïde uit kunt hollen. Zijn roman 'Eon' uit 1987 speelt zich af in een 290 kilometer lange asteroïde die De Steen (ook wel De Aardappel of De Walvis) genoemd wordt. Deze steen bevat zeven cilindervormige kamers, waarvan de zevende veel groter blijkt te zijn dan de asteroïde zelf. In tegenstelling tot het uithollen zelf gaat dat laatste ons begrip van de wetten der natuurkunde natuurlijk ver te boven.

In de Mars-trilogie (1993-1996) van Kim Stanley Robinson spelen uitgeholde asteroïden een belangrijke bijrol. De drie

De economie van O'Neill-kolonies

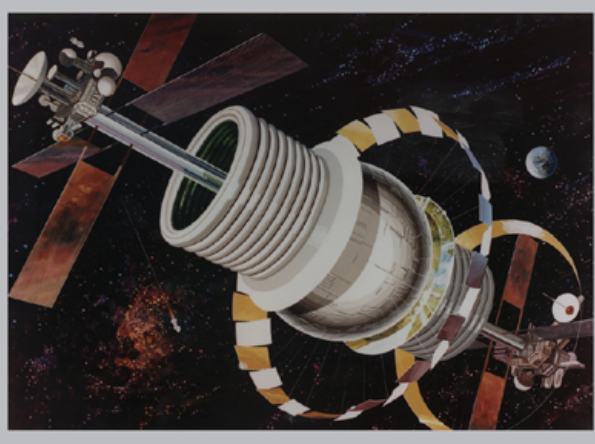
Michel van Pelt

De plannen van O'Neill waren gebaseerd op honderden goedkope lanceringen van Space Shuttles en op Shuttle-technologie gebaseerde zware lanceerraketten met Saturn V-prestaties. Die waren nodig om mensen en materiaal in de ruimte te brengen en voor het opbouwen en onderhouden van een maanmijnbouwbasis waarvandaan de meeste grondstoffen voor de bouw van zijn kolonies moest komen (dit om lanceerkosten te besparen; in theorie is het veel gemakkelijker om van de maan materiaal de ruimte in te schieten dan vanaf de aarde met zijn hoge zwaartekracht en dichte atmosfeer). De Space Shuttle bleek in de jaren '80 echter zeker een factor tien duurder in gebruik dan oorspronkelijk door NASA geadverteerd, en de verwachte efficiëntere opvolgers bleven uit. Dat maakte de kolonies van O'Neill totaal onbetaalbaar.

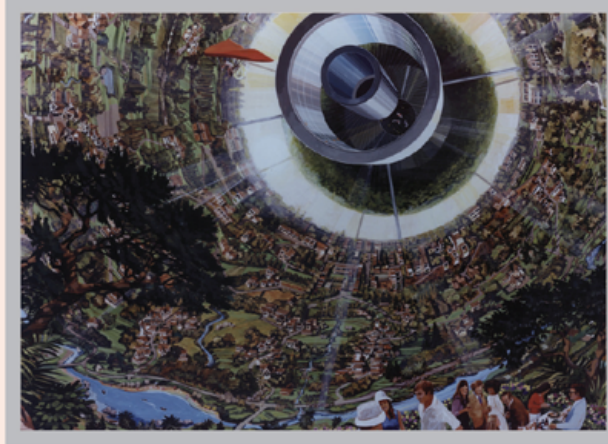
O'Neills "business plan" ging er van uit dat de ruimtekolonies zichzelf zouden kunnen bedruipen door het bouwen en verkopen van Space Solar Power-satellieten die uit zonlicht

gemaakte energie als radiostraling naar de aarde zouden zenden. Daarmee zou het energieprobleem en de daarmee samenhangende milieuvervuiling, in de jaren '70 met zijn oliecrises al een belangrijk onderwerp, opgelost worden. De olieprijs gingen echter niet zo dramatisch omhoog als destijds verwacht, en diverse schone alternatieven als wind-, water- en zonne-energie dienden zich aan. Te hoge (lanceer)kosten aan de ene kant en te lage opbrengsten aan de andere kant, en de enorme financiële risico's en late "return on investment" betekenden dat de plannen van O'Neill nooit verder kwamen dan ontwerpstudies en mooie 'artist impressions'.

Bij het uithollen van een asteroïde zijn in theorie veel minder lanceringen nodig, en zeker geen maanmijnbouw. Het gaat nu immers vooral om het weghalen van materiaal, en de benodigde grondstoffen voor gebouwen, machines, bodem etc. zijn veelal al op de asteroïde aanwezig. De economie van zo'n asteroïde-kolonie zou juist gebaseerd kunnen zijn op het leveren van grondstoffen aan de aarde.



Artistieke impressie uit de jaren '70 van Island One, een gigantische ruimtekolonie ontworpen door O'Neill en ingenieurs van NASA Ames. [NASA/Rick Guidice]



Een blik binnen Island One, waar de bewoners nog kleding uit de jaren '70 dragen. [NASA/Rick Guidice]

boeken spelen zich natuurlijk vooral op Mars af maar tussendoor wordt melding gemaakt van het op grote schaal uitgraven en bewoonbaar maken van objecten in de asteroïdengordel.

In een recenter boek, '2312', gepubliceerd in 2012, werkt Robinson het idee verder uit. Driehonderd jaar na nu doorkruisen "Terraria" het zonnestelsel als een comfortabele vorm van transport. Ze spelen bovendien een belangrijke rol bij het in stand houden van bedreigde diersoorten. Het ontstaan van al die kolonies levert wel een politiek probleem op: de balkanisering van het zonnestelsel, zoals Robinson het noemt.

Terras met uitzicht

Zelf maakte ik eerder een *artist impression* van een buisvormige miniwereld, gezien van het terras met zwembad van een ruim en licht appartement. We kijken uit over heuvels en meren, met daarachter een extra-large formaat roosvenster waardoor de zon naar binnen schijnt. We zien ook de lichtjes van steden aan de nachtzijde van de binnenruimte.

Dit betreft echter een relatief kleine kolonie met een doorsnede van "slechts" een kilometer of tien. Psyche Station is een stuk groter: de uitgeholde cilinder heeft een diameter van bijna 180 kilometer en is ruim 53 kilometer breed. Dat levert

een oppervlakte op van 28.000 vierkante kilometer, zo groot als Nederland min een paar provincies. Al zal een deel daarvan waarschijnlijk water zijn, om praktische en esthetische redenen.

Gelaagdheid

Ik besloot om een impressie te maken van hoe een wereld in een uitgeholde Psyche eruit zou kunnen zien. De beste manier om zo'n grote ruimte voelbaar te maken is door gelaagdheid in het beeld te brengen en wat kleinschalige elementen te introduceren. Een zwaan die zijn vleugels spreidt, een zeilboot die voorbij vaart, twee mannen op een houten steiger. *Sitting on the*

dock of the bay. Iedereen kan daar zijn eigen verhaal bij bedenken.

Aan de andere kant van het meer zien we het waterfront en de skyline van een grote stad. Daarachter krult een landschap van heuvels en meren omhoog langs de binnenwand van de cilinder. Links en rechts rijzen rotswanden negentig kilometer omhoog naar de centrale as.

Overigens had ik de schets van Shaun verkeerd begrepen. Zijn idee was niet de hele cilinder uit te hollen maar alleen de eerste paar kilometer boven het oppervlak, als een soort rondlopende buis. Ooit opgeleid tot architect durf ik te beweren dat een geheel uitgehold volume een veel mooier ruimtelijk effect geeft. Dat is wel wat meer werk maar het is tenslotte allemaal ijzer dus dat komt elders in het zonnestelsel nog wel van pas.

Atmosfeer en klimaat

De atmosferische drukverdeling in zo'n reusachtige centrifuge is voer voor speculaties. Die middelpuntvliedende kracht voelt weliswaar ongeveer als zwaartekracht maar het is iets totaal anders. Zwaartekracht wordt veroorzaakt door de aantrekking van twee lichamen en neemt omgekeerd kwadratisch af met de afstand; de middelpuntvliedende kracht treedt op "zeeniveau" op als gevolg van de snelheid die objecten hebben als gevolg van de rotatie.

Wat heeft dat voor gevolgen voor de atmosfeer? Zakken alle moleculen naar zeeniveau zodat je voor het beklimmen van die mooie heuvels al een zuurstofmasker nodig hebt? Of heeft de lucht juist de neiging zich min of meer gelijkmatig over de hele ruimte te verdelen? Hier loop ik tegen de grenzen op van mijn VWO-natuurkunde, die trouwens ook al enkele decennia de tijd heeft gehad om weg te zakken.

En wat voor gevolgen heeft een kleine verstoring van het systeem, de bekende vleugelslag van een vlinder? Wat voor weerpatronen ontstaan er? Zal er verschil in klimaat zijn tussen de gebieden dicht bij de rotswanden en de zone ertussen? Op onze eigen planeet lukt het nog steeds niet zoiets goed te voorspellen; wat voor weer we in zo'n omgekeerde wereld krijgen blijft voorlopig een raadsel. De enige manier om dat op te lossen is het bouwen van een 1 op 1-schaalmodel.

Stabiliteit

Het wordt nog een hele uitdaging de habi-



Het uitzicht in de grote uitgeholde cilinder in Psyche, met een diameter van 179 km en een breedte van 53 km. [Frans Blok]

tat volkomen luchtdicht en terrorisme-bestendig te maken. En de stabiliteit van de constructie vereist nadere studie. Het uithollen van een ruimterots is niet hetzelfde als het uithollen van een stuk hout. Hoever kun je gaan voordat het hemellichaam uit elkaar valt? Waarschijnlijk is het raadzaam de constructie op de een of andere manier te verstevigen.

Ecosysteem

En het lastigste zou nog wel eens kunnen zijn het creëren van een stabiel ecosysteem. Je wilt wel iets maken dat de tand des tijds doorstaat. De kolonie moet zonder verder menselijk ingrijpen tot in lengte van millennia kunnen voortbestaan. Je moet er tenslotte niet aan denken dat er miljoenen mensen in Psyche Station wonen en dat die ineens als ratten in de val zitten als de beschaving plotseling instort. Ik vermoed dat er een soort kunstmatige

intelligentie aan te pas moet komen om die continuïteit te garanderen.

Werkelijkheid

Worden ruimtekolonies als Psyche Station ooit werkelijkheid? Die kans lijkt me vrij groot, zolang we geen domme dingen doen met klimaat of kernwapens of zo. Het idee is in elk geval niet in strijd met de ons bekende wetten van de fysica.

Anderhalf miljoen kubieke kilometer ijzer afvoeren klinkt als een flinke klus maar met een ploeg zelfreproducerende robots moet het te doen zijn. Je hebt in feite maar één machine nodig die zichzelf kan namaken, want de kopie kan zichzelf uiteraard ook kopiëren. Er zijn in ieder geval genoeg grondstoffen op Psyche om robots van te bouwen. Voor je het weet heb je een zwerm goedkope arbeidskrachten die het rotsblok in een mum van tijd uitgehold hebben.