

Note: Deze bespreking was geschreven voor de Academische Boekengids in 2009. De redactie heeft het echter niet opgenomen. Men vond het onderwerp wel interessant, maar dat het teveel wordt belicht vanuit het eigen vakgebied.

Kan de mens niet 100, maar 100.000 jaar overleven?

Piet van der Kruit

Er zal weinig verschil van mening zijn over wat de grootste uitdagingen voor de menselijke beschaving zijn in de nog jonge eenentwintigste eeuw. De bevolkingsexplosie zal tot staan gebracht moeten worden zodat het aantal mensen op deze planeet dusdanig is dat het mogelijk zal zijn voor een ieder om een leven te leiden waarbij minstens aan alle primaire behoeften voldaan kan worden. Dat wil vooral zeggen dat voldoende voedsel geproduceerd moet kunnen worden, voldoende consumeerbaar water beschikbaar moet zijn en er voldoende grondstoffen zijn voor alle andere aspecten. Activiteiten als werk en ontspanning moeten ook als vereiste bij een noodzaak voor kwaliteit van leven begrepen worden. Maar daarnaast moeten er onder de noodzakelijke voorzieningen veel meer gerekend worden, met name medische zorg en bescherming tegen natuurrampen, om maar eens iets te noemen. Om dit te kunnen bereiken zullen in de huidige eeuw ook de globale opwarming en de toenemende druk op het milieu tot staan gebracht dienen te worden. Het is duidelijk dat er iets fundamenteels moet veranderen, willen we een situatie bereiken waarin mensen op aarde niet alleen allemaal een kwalitatief acceptabel leven kunnen leiden, maar waarbij dat ook gebeurt in overeenstemming met de natuur in de meest brede zin en zodanig dat de planeet duurzaam wordt beheerd.

Maar dat is nog maar op de tijdschaal van de orde van honderd jaar. Op veel langere tijdschaal zal een stabiele maatschappij wereldwijd gevormd dienen te worden. Stabiel in termen van omvang, maar ook in termen van hergebruik van grondstoffen. Reeds in 1970 waarschuwde de Club van Rome, dat de grenzen van de groei bijna bereikt waren. Weliswaar was hun voorspelling drastischer dan gebleken is en de tijdschaal schromelijk onderschat; maar het fundamentele punt dat het rapport *'Limits to Growth'* de wereld voorhield, namelijk dat onze grondstoffen opraken, de aarde slechts een maximum aantal mensen kan bevatten en de invloed van de mens op het milieu kritisch is geworden, blijft onaangetast. We hergebruiken nu grondstoffen tot op zekere hoogte, maar in een evenwichtssituatie, waarbij grondstoffen over heel lange tijdschaal beschikbaar moeten zijn, kun je je geen verlies permitteren. Ook als we bij recycling elk jaar slechts 1% van alle materialen zouden verliezen (en dat lijkt weinig en niet eenvoudig te bereiken) ben je –als er geen nieuwe bronnen aangeboord kunnen worden– na een eeuw door ongeveer tweederde van je voorraad heen. En er is geen reden te denken, dat op zeer lange tijdschaal er telkens en nog steeds weer nieuwe voorraden worden gevonden. Economische groei gaat thans gepaard met toenemend gebruik van energie en grondstoffen en dat is op zeer lange termijn ook geen optie. Het is duidelijk, dat als we als mensheid willen overleven op een tijdschaal van vele eeuwen, er veel drastischer maatregelen getroffen dienen te worden dan nodig zal zijn om 'slechts' gedurende deze eeuw de bevolkingsgroei en de globale opwarming af te remmen en te stabiliseren. Economische groei kan vervolgens alleen worden gerealiseerd door efficiënter gebruik van energie en materialen.

Deze vraagstukken zijn het onderwerp van het boek *‘Surviving 1000 Centuries: Can we do it?’* van Roger-Maurice Bonnet en Lodewijk Woltjer. Waarom deze twee auteurs, die toch van oorsprong astronoom zijn? En waarom voel ik me als astronoom geroepen om hierover een bespreking te schrijven? Welnu, de aspecten van deze vragen over periodes van 100.000 jaar maken het nodig om kwesties van bedreigingen vanuit de ruimte en van mogelijke kolonisatie van planeten elders in het heelal te beschouwen, evenals studie en monitoring van de aarde vanuit de ruimte en –vooral– complexe internationale samenwerking en afstemming. En juist op die gebieden zijn de auteurs door de wol gewassen. Laat ik beginnen hun carrières samen te vatten.

Roger Bonnet is van huis uit een zonnefysicus, die oorspronkelijk werkte aan ballon- en raketexperimenten om het ultraviolette deel van het zonnenspectrum te onderzoeken. Al snel werd hij een drijvende kracht in het onderzoek met behulp van satellieten, te beginnen met NASA’s Orbiting Solar Observatory OSO-8, dat in 1975 werd gelanceerd. Dit leidde tot nieuwe experimenten en tot lidmaatschappen van vele wetenschappelijke commissies en andere adviserende functies, tot hij uiteindelijk in 1983 werd benoemd tot Director of Science van de European Space Agency ESA, hetgeen hij tot 2001 bleef. Hij was o.a. sterk betrokken bij de *Giotto* missie naar de komeet van Halley in 1986. Onder zijn leiding en op zijn instigatie werd tijdens zijn directoraat een lange termijn plan van de Europese wetenschappelijke exploitatie van de ruimte tot stand gebracht, *‘Space Science – Horizon 2000’*, gepubliceerd in 1985 in de reeks Scientific Publications van ESA (ESA SP), en met o.a. ook grote inbreng vanuit Nederland in de persoon van Johan Bleeker (Bonner, R.M., Bleeker, J. et al., ESA SP-1070). In 1994 onderging dit plan een majeure herziening en update als *‘Horizon 2000 Plus’* onder leiding van Bonnet en Lodewijk Woltjer (Bonnet, R.M., Woltjer, L. et al., ESA SP-1180). Inmiddels zijn er nieuwere ‘roadmaps’, maar dat is na Bonnet’s tijd.

Lodewijk Woltjer begon als astrofysicus en studeerde sterrenkunde in Leiden, waar hij promoveerde bij J.H. Oort op een proefschrift over de Krabnevel. Zijn onderzoek breidde zich uit naar magneetvelden in sterren en melkwegstelsels en naar quasars en kosmologie. Na een aantal jaren bij Columbia University in New York, waar hij Chairman of the Astronomy Department was, werd hij in 1975 Director General van de European Southern Observatory ESO, een functie die hij vervulde tot eind 1987. In zijn periode kwam de Europese sterrenwacht op La Silla in Chili op volle sterkte met de 3.6 meter teleskoop en hij legde de basis voor de bouw van de Very Large Telescope VLT op Paranal (eveneens Chili), waarmee uiteindelijk de Europese astronomie zich op gelijk niveau en in zekere opzichten vooruit op de Amerikaanse astronomie ontwikkelde. Na ESO is Woltjer enige tijd voorzitter van de Space Science Advisory Committee van ESA geweest en in die capaciteit sterk betrokken geweest bij het *Horizon 2000 Plus* plan.

Beiden hebben eerder geschreven over de geschiedenis van Europese samenwerking en internationale organisaties in de wetenschap. Bonnet schreef in 1994 een boek *‘International Cooperation in Space: The example of the European Space Agency’* samen met Vittorio Manno. Het beschrijft de oprichting en inrichting van ESA als een rol-model voor internationale samenwerking op grote schaal. Ook geeft het een fascinerend inzicht in de samenwerking met NASA en problemen aan de hand van een tweetal projecten, waaronder het International Space Station (althans de vroege fasen daarvan).

Woltjer heeft eerder een uiterst lezenswaardig boek geschreven over de geschiedenis van de Europese sterrenkunde in de twintigste eeuw en de werking en rol van grote internationale organisaties als ESO en ESA. In *‘Europe’s Quest for the Universe’* beschrijft hij de opkomst van de Europese astronomie zowel ‘op de grond’ met ESO alswel in de ruimte met ESRO en ESA (ESRO is een voorloper van ESA). Waar Woltjer verwijst naar het boek van Bonnet en

Manno voor de vroege geschiedenis van ESA, laat hij de beschrijving van de oprichting en de eerste jaren van ESO over aan een eerdere (Nederlandse) Director General, Adriaan Blaauw, in diens boek *'ESO's Early History: the European Southern Observatory from Concept to Reality'*. De hier en in de vorige paragraaf genoemde boeken, die ik een ieder van harte aanbeveel, geven een fascinerend beeld van hoe internationale organisaties en samenwerking tot stand komen. Ieder, die er iets van heeft meegemaakt (en ik reken mijzelf daar ook toe), herkent de frustraties die de botsende belangen en culturen, de verschillende politieke prioriteiten en de uiteenlopende benaderingen van wetenschappers, politici en diplomaten opleveren. Maar het toont ook, dat als er echt een wil tot en een erkennen van de noodzaak en meerwaarde van samenwerken bestaat, er altijd mogelijkheden zijn om plannen van visionairs tot realiteit te laten komen, als je maar over heel veel geduld beschikt.

Terug naar het boek van Bonnet en Woltjer. Ze kiezen ervoor een wereld te beschouwen en onderzoeken, waarin een wereldbevolking, stabiliserend op 11 miljard mensen, duizend eeuwen zou moeten kunnen overleven. De 100.000 jaar is gekozen als een termijn, waarop fundamentele evolutionaire veranderingen in het algemeen niet hebben plaatsgevonden. Voor het verschijnen van de moderne mens halen ze een tijdschaal aan tussen 150.000 en 200.000 jaar geleden, waarna de mens zich over de aarde had verspreid zo'n 40.000 tot 60.000 jaar geleden. Over die periode is de mens biologisch waarschijnlijk nauwelijks veranderd en zal dat in de komende 1000 eeuwen ook wel niet doen. Het getal van 11 miljard mensen is gekozen op grond van de middelste (tussen de meest optimistische en meest pessimistische) schattingen van op welke aantal de wereldbevolking in de loop van deze eeuw zou kunnen stabiliseren in studies die in opdracht van de Verenigde Naties zijn gedaan. Zij nemen een energie behoefte aan van die bevolking van 2000 EJ (ExaJoule; exa = 10^{18}) per jaar¹ en dat is ongeveer 7 keer zoveel als gebruikt werd wereldwijd in 2002. De aanname is gebaseerd op een energie consumptie per capita van 50.000 kWh per jaar en dat is gekozen, omdat het ongeveer het gemiddelde is tussen de waarden voor de VS en West-Europa in 2002.

De eerste hoofdstukken hebben een duidelijk astronomisch en geologisch karakter. Na een beschrijving van het ontstaan van de aarde worden gevaren vanuit de ruimte besproken. De zon zal veranderen (en uiteindelijk ophouden te bestaan), maar de tijdschaal waarop deze significant helderder wordt is eerder van de orde van een miljard jaar. Supernova explosies, kosmische stralen en gamma-ray bursts zijn in het algemeen geen factoren, die ons fataal bedreigen. De aanwezigheid van de Maan heeft de rotatie-as van de aarde gestabiliseerd, zodat ons klimaat geen excessieve onregelmatigheden vertoont. Inval van asteroiden en kometen zijn potentieel wel bedreigingen van formaat (en hebben al eerder substantiële effecten gehad op de biologische evolutie), maar het lijkt niet fundamenteel onmogelijk deze in een vroeg stadium te detecteren en als gevaar te elimineren. Ook de modale invloed van vulkanen op het klimaat zijn waarschijnlijk op de lange duur niet desastreus. De duidelijke onzekerheden zijn die van de frequentie en de omvang van natuurlijke klimaatveranderingen, ijstijden en extreem krachtige vulkaanuitbarstingen.

Belangrijk blijft zonder meer op lange termijn de invloed van de mens op het klimaat. De fluctuaties als gevolg van de veranderingen van de aardbaan en andere oorzaken zijn niets nieuws en alhoewel wellicht soms heftig niet noodzakelijk desastreus. In voorbije ijstijden kon men migreren naar klimatologisch gunstiger omgevingen; met 11 miljard mensen wordt dat veel minder een optie. De menselijke factor lijkt via de emissie van broeikasgassen bepalend voor de onmiddellijke toekomst van ons klimaat, maar zal als de opwarming nog in deze eeuw

¹Ter vergelijking: 1 kiloWattuur (kWh) correspondeert met 3.6 miljoen Joule, dus 1 EJ correspondeert met zo'n 280 miljard kWh.

tot staan wordt gebracht toch daarna in zoverre beperkt moeten blijven dat er stabiliteit mogelijk is op de tijdschalen waarvan hier sprake is.

Energie productie is een belangrijke factor. Het lijkt geen twijfel, dat fossiele brandstoffen op deze tijdschaal geen rol kunnen spelen. De conclusie van de analyse van Bonnet & Woltjer is dat wind-energie zeker een belangrijke bijdrage kan leveren, maar dat geothermische, getijden- en hydro-energie moeten worden ingeschat als ook op de lange duur relatief kleine bijdragers. Kernenergie is een reële optie met veel potentieel waar het om 11 miljard mensen gaat, maar dan moeten wel grondstoffen in voldoende hoeveelheden exploiteerbaar worden, b.v. met behulp van ‘breeder’ centrales. Alhoewel op zich veelbelovend blijven bio-brandstoffen in ernstige competitie met voedselvoorziening. Zonne-energie kan zonder meer in de behoeften voldoen, als er een bruikbaar opslag medium beschikbaar is. Kernfusie is eveneens een potentieel onuitputtelijke bron van energie en een prachtige optie, als men het werkelijkheid kan maken. Als ITER operationeel gemaakt kan worden, dan is het wellicht mogelijk de dominante bron voor de lange termijn. De conclusie van de auteurs is, dat voldoende energie beschikbaar zal kunnen zijn voor een wereldbevolking van 11 miljard.

Mineralen zijn uiteindelijk nooit 100% recyclebaar en dus zal er (veel) energie moeten worden gebruikt om beschikbare minder rijke ertsen zinvol te kunnen aanwenden. Hier zijn fundamentele technologische ontwikkelingen essentieel om een scenario van lange-termijn menselijke beschaving te kunnen realiseren. Hetzelfde geldt voor water. Zuiver water zal toenemend moeten worden ‘gewonnen’ uit desalinisatie van zeewater; dat kan, maar het kost wel energie. Hier valt veel te winnen als er technieken worden ontwikkeld om energetisch goedkoper zeewater te zuiveren en voor menselijk gebruik geschikt te maken. Het probleem is niet zo zeer een van beschikbaarheid alswel van transport naar droge, woestijnachtige gebieden. Ook is nog veel wetenschappelijk en technisch onderzoek nodig om de efficiëntie in termen van het energie gebruik te verbeteren.

De hamvraag is landbouw. Deze moet zeer intensief zijn en de term ‘hamvraag’ zal overigens wel uit onze woordenboeken verdwijnen. Als 11 miljoen mensen met de beschikbare grond moeten worden gevoed (en er ook land moet overblijven voor natuur en recreatie) is een vegetarische menu waarschijnlijk onafwendbaar. De beschikbaarheid van kunstmest kan ook problematisch worden en het voeden van zoveel mensen over perioden van vele eeuwen vergt een uiterst zorgvuldige omgang met de beschikbare gronden om de vruchtbaarheid te behouden. Ontbossing dient tot staan gebracht te worden

Zover wat de conclusies die Bonnet & Woltjer trekken als het gaat om overleven op aarde. Alhoewel met een zorgvuldig beheer van het milieu voor een wereldbevolking, gestabiliseerd op 11 miljard, in principe voldoende voedsel en water beschikbaar kan worden gemaakt om te overleven, wordt de vraag toch pregnant in hoeverre het zinvol is om uit te zien naar migratie naar andere planeten. Daar komen we direct op het terrein van astronomie en het ruimteonderzoek. Kunnen Mars of misschien Venus bewoonbaar gemaakt worden? Bonnet & Woltjer doen een zorgvuldige analyse van de wijzen waarop die twee planeten onbewoonbaar zijn geworden en komen tot de conclusie, dat het veel eenvoudiger is om het leefklimaat op aarde te preserven dan het milieu op die planeten aan te passen, althans in de beschikbare periode. Ook blijkt het nauwelijks de moeite waard grondstoffen te gaan winnen op de Maan of op planetoïden en deze naar de aarde te vervoeren.

Tenslotte onderzoeken ze ook manieren om de aarde op *kunstmatige* wijze af te koelen. Er is nu veel te doen over CO₂ opslag, maar dat is slechts een relatief tijdelijke mogelijkheid. Meer drastische suggesties zijn om het albedo van de aarde (het percentage zonlicht dat de aarde reflecteert terug de ruimte in) te verhogen door b.v. sulfaat deeltjes in de atmosfeer te

brengen (een suggestie van de Nederlandse Nobelprijs winnaar Paul Crutzen voor de chemie achter het ozongat) of andere aerosols; of om een scherm in de ruimte te construeren dat de aarde gedeeltelijk afschermt voor het zonlicht. Dat zijn mogelijkheden, waarvan zorgvuldige studie vereist is naar mogelijke andere ernstige gevolgen voordat zoiets op een globale schaal wordt besloten. Op dit moment lijken het geen realistische opties om op de korte termijn het probleem van de globale opwarming aan te pakken. Tenslotte, suggesties over kolonisatie van werelden rond andere sterren blijven voorlopig niet meer dan speculaties en science fiction, waar we geen voorschot op mogen nemen als excuus om nu achterover te leunen.

Twee zaken zijn essentieel en van belang om reeds op korte termijn te verwezenlijken. Het eerste punt is, dat het cruciaal is om de toestand van de aarde en de atmosfeer voortdurend en in groot detail te monitoren. Daarvoor is de ruimte van essentieel belang. En dan gaat het om continuïteit, nieuwe technieken en niet te vergeten grote aantallen onderzoekers, om maar niet te spreken van het inrichten van de omvangrijke noodzakelijke infrastructuur. En dan is er de organisatie van de politieke structuren om met deze kwesties om te gaan. De Verenigde Naties en de structuren als de United Nations Environmental Program (UNEP) en de UN Framework Convention on Climate Change (UNFCCC), gesteund door wetenschappelijke adviesorganen als het Intergovernmental Panel on Climatic Change (IPCC) zijn de voorbeelden van hoe dit verder zal moeten ontwikkelen. Zoals Bonnet & Woltjer terecht stellen: de VN wordt van veel inefficiëntie beschuldigd, maar een nieuwe organisatie opzetten lijkt nauwelijks een optie of oplossing.

Of we willen of niet, we zitten er samen in en zullen er samen op een eerlijke manier moeten zien uit te komen. Als we dat niet snel doen en binnen decennia de klimaatopwarming tot stand brengen en nieuwe technieken voor energievoorziening en voedselproductie ontwikkelen, heeft het al geen zin meer om ons te bezinnen op een overlezing van de mensheid over duizend eeuwen.

Tenslotte zijn er de sociologische vragen. Het is boven alle twijfel verheven, dat een manier van leven zoals we thans in de Westerse wereld doen onhoudbaar is; niet alleen voor 11 miljard mensen, ook al voor de huidige wereldbevolking, is dat al onmogelijk. Materiële groei kan ook niet zonder grenzen voortgaan en zal effectief naar nul moeten worden gereduceerd. Is dat mogelijk en kunnen we leven in een statische wereld? Bonnet & Woltjer wijzen op twee beschavingen, die dit hebben laten zien en die millenia lang een dergelijk karakter hadden, namelijk de Egyptische en de Chinese.

Aan het eind van hun boek wijzen Bonnet & Woltjer op vele onbeantwoorde vragen, zoals de rol van godsdienst in een 100.000-jarige wereld, in hoeverre democratie erin mogelijk is en of kunst wel kan bloeien over zo'n lange tijdschaal. Ze beschouwen het buiten de draagwijdte van hun boek, maar hun werk zet wel aan tot nadenken over dit soort vragen. Ik voeg er bijvoorbeeld het volgende aan toe. Een belangrijke vraag is in hoeverre er ruimte blijft voor persoonlijk ontwikkeling binnen zo'n statische samenleving. En hoe komen we tot de noodzakelijke harmonieuze inrichting van zo'n maatschappij? Zal ambitie moeten verdwijnen? En persoonlijk bezit of gewin? Zal er geen georganiseerde misdaad meer bestaan waarmee individuen zich verrijken ten koste van anderen en daarmee het fragiele ecologische evenwicht op de aarde in gevaar kunnen brengen? Duidelijk is dat gedetailleerde monitoring vanuit de ruimte inderdaad een grote rol moet spelen, niet alleen om natuurlijke veranderingen en bedreigingen het hoofd te bieden, maar wellicht ook om voortdurend de naleving van afspraken te controleren.

Nadenken over hoe een dergelijke de maatschappij moet worden ingericht is van groot belang. Niet alleen zullen zo spoedig mogelijk de problemen van de bevolkingsgroei, de kli-

maatverandering en het energiegebruik moeten worden opgelost; ook moet onze samenleving snel groeien naar een wereld waarin iedereen gelijke kansen heeft om de beschikbare schaarse ruimte, voedsel, grondstoffen en energie te kunnen benutten. Globale coördinatie, besturing en organisatie is noodzakelijk om tot een eerlijke verdeling te komen en de maatschappij blijvend en duurzaam in te richten. Niet alleen die technische, wetenschappelijke en politieke problemen dienen met grote spoed te worden aangepakt; de inrichting van onze samenleving is even goed urgent aan aanpassing toe en kan alleen dan een toekomst garanderen indien die gebaseerd is op gezamenlijke verantwoordelijkheid en medemenselijkheid.

Dit originele boek van Bonnet & Woltjer is zeer de moeite waard.

Prof. dr. P.C. van der Kruit is Jacobus C. Kapteyn hoogleraar in de sterrenkunde aan de Rijks-universiteit Groningen.

Besproken literatuur:

- SURVIVING 1000 CENTURIES: CAN WE DO IT? door Roger-Maurice Bonnet & Lodewijk Woltjer, Springer 2008, 422 pagina's, ISBN 0387746331, 9780387746333.

Verdere literatuurverwijzingen:

- INTERNATIONAL COOPERATION IN SPACE: THE EXAMPLE OF THE EUROPEAN SPACE AGENCY door Roger M. Bonnet & Vittorio Manno, Harvard University Press 1994, 163 pagina's, ISBN 0674458354, 9780674458352.
- ESO'S EARLY HISTORY: THE EUROPEAN SOUTHERN OBSERVATORY FROM CONCEPT TO REALITY door Adriaan Blaauw, European Southern Observatory 1991, 267 pagina's, ISBN 10: 3923524404
- EUROPE'S QUEST FOR THE UNIVERSE door Lodewijk Woltjer, EDP Sciences Editions 2006, 323 pagina's, ISBN 2868838138, 9782868838131.