



Het bekendste megalithische bouwwerk dat sterrenkundige eigenschappen wordt toegedicht, is ongetwijfeld Stonehenge. Maar hoe 'sterrenkundig' is een monument als dit eigenlijk? (Foto: Pete Strasser, Tucson, Arizona; afdrukken zijn te bestellen via pete@darksky.org)

Sterrenkundige interpretatie van megalithische monumenten

Verspreid over Europa hebben mensen in het stenen tijdperk grote stenen opgericht, soms alleenstaand, soms in rijen of kringen, en soms als grafkamers. Sinds de 18de eeuw is met enige regelmaat gesuggereerd dat deze megalithische monumenten een sterrenkundige betekenis hadden. In reactie op sterk overdreven beweringen uit 1966 over de sterrenkundige functie van megalithische monumenten, zijn meer voorzichtige onderzoeksmethoden ontwikkeld. De resultaten van dit onderzoek zijn dat megalithische monumenten soms een voorkeur tonen voor richtingen waarin de zon en de maan opkomen of ondergaan bij de zonnewenden. Een significante voorkeur voor andere richtingen, zoals horizonposities van sterren, lijkt er echter niet te zijn.

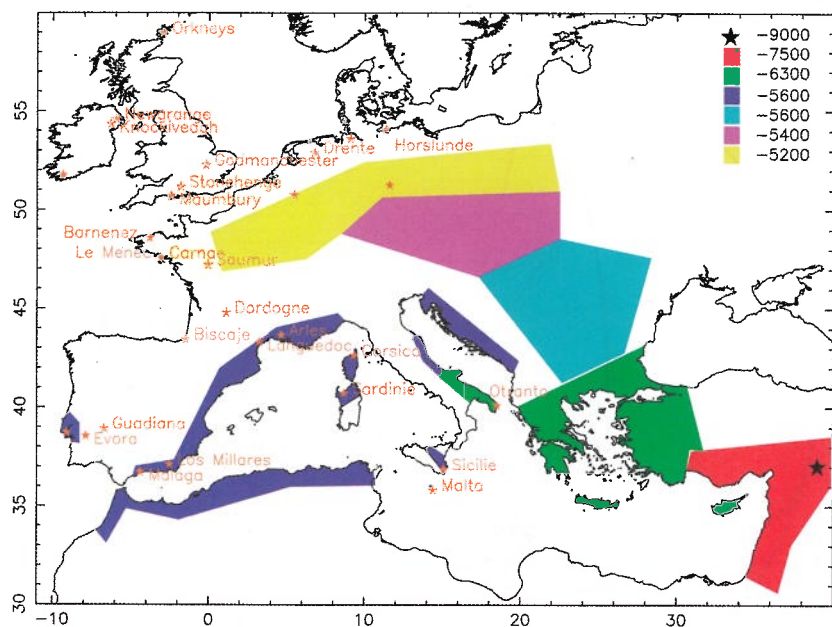
De datering van megalithische monumenten is in de loop van de tijd steeds verder naar het verleden opgeschoven. In de oudste onderzoeken van de monumenten werd verwezen naar de Kelten, en met name naar Griekse of Ro-

meinese teksten over de Kelten. Met de komst van de koolstof-14-datering bleek tot ieders verrassing echter dat Noord-Europese monumenten soms ouder zijn dan de bouwwerken uit de bronstijd in het Middellandse-Zeegebied! Rond 1980 is de koolstof-14-methode verbeterd door vergelijking met datering uit boomringen (dendrochronologie). De zo gekalibreerde koolstof-14-gegevens zijn nog weer ouder dan de ongekalibreerde. Een monument als Stonehenge blijkt bijna drieduizend jaar ouder dan de Grieks-Romeinse teksten over de Keltische beschaving, zodat die tek-

sten niet bruikbaar zijn om de megalithische beschaving te bestuderen. Onze kennis van de megalithische beschaving komt uit de archeologie. Volgens de huidige archeologische inzichten wordt de overgang van de Midden Steentijd (Mesolithicum) naar de Jonge Steentijd (Neolithicum) gekenmerkt door de invoering van landbouw waarin veeteelt met akkerbouw wordt gecombineerd. De verbetering van de productiviteit van het boerenbedrijf door akkerbouwproducten te telen om vee te voeren, en de veemest te gebruiken op de akkers, is rond 9000 v. Chr. uitgevonden in het gebied dat nu Noord-Syrië vormt. In het zesde en vijfde millennium voor Christus verbreidde de combinatie van landbouw en veeteelt zich over Europa langs twee routes. De eerste route liep via Griekenland naar de Balkan, en vandaar naar centraal Europa, de tweede route via het Middellandse-Zeebekken naar centraal Frankrijk en naar de Atlantische kustgebieden (zie fig. 1). Overigens leefden de

Frank Verbunt

Prof. Verbunt van het Sterrenkundig Instituut te Utrecht werkt voornamelijk aan röntgenbronnen in bolvormige sterhopen, maar in samenwerking met medewerkers van SRON Utrecht ook aan heet gas in clusters van sterrenstelsels. Onlangs verscheen bij Epsilon zijn inleiding tot de sterrenkunde: *Het leven van sterren: van stofwolk tot zwart gat*.



1. Schematische weergave van de verspreiding van de landbouw uit het Midden-Oosten over Europa. Rond 4100 v. Chr. bereikte de landbouw ook de Britse eilanden en Scandinavië. Sterren markeren een aantal bekende locaties van megalithische monumenten uit ongeveer 4000 tot 2000 v. Chr. Tot de oudste monumenten behoren de grafkamers van Evora en Barnenez.

neolithische boeren nog lange tijd naast de mesolithische jager-verzamelaars in Europa, ook in Nederland. Rond 4100 v. Chr. bereikte de nieuwe landbouw Groot-Brittannië en Scandinavië. Een interessant aspect is dat de Indogermaanse taal zich mogelijk met de landbouw mee heeft verspreid.

De oudste megalithische monumenten dateren van geruime tijd na de invoering van de landbouw in Europa. Het hoogtepunt van de activiteit was tussen 3500 en 3000 v. Chr., maar er zijn uitlopers tot 2000 v. Chr. Geloofwaardige datering is alleen mogelijk als er organische resten zijn in een duidelijke samenhang met de monumenten (zoals de hertengeweiën die als schop werden gebruikt om de greppel van Stonehenge te graven). Veel monumenten zijn niet goed gedateerd, en het is dan ook niet duidelijk welke het oudst zijn. De megalithische cultuur is in de Jonge Steentijd in een groot deel van Europa te vinden (fig. 1), maar bij alle overeenkomsten moet men de grote verschillen tussen de verschillende gebieden niet uit het oog verliezen. Het hoefijzer van Stonehenge of de lange rijen van onbewerkte stenen bij Carnac in Bretagne hebben weinig overeenkomst met de hunebedden of met de tempel op Malta.

Archeo-astronomie

In 1740 merkte William Stukeley op dat de hoofdas van Stonehenge gericht is naar het noordoosten, naar de plek waar de zon op de langste dag van het jaar opkomt. In 1906 gebruikte de sterrenkundige Norman Lockyer de precieze richting van de hoofdas om Stonehenge te dateren. (Verderop wordt uitgelegd waarom

dit niet geloofwaardig is.) In 1966 verscheen het boek *Stonehenge decoded*, waarin een andere sterrenkundige, Gerald Hawkins, betoogt dat Stonehenge een sterrenkundig observatorium was, en in hetzelfde jaar beweerde Fred Hoyle in *Nature* dat met Stonehenge zons- en maansverduisteringen voorspeld werden. Een jaar later verscheen *Megalithic Sites in Britain*, waarin Alexander Thom verslag doet van uitgebreide metingen aan megalithische monumenten, en van de sterrenkundige betekenis van voorkeursrichtingen in deze monumenten.

Geen van deze auteurs hield erg rekening met de kennis die de archeo-

logie over Stonehenge levert, en hun werk viel – terecht! – niet best bij archeologen. In zijn artikel 'Moonshine on Stonehenge', in *Antiquity* (1966), leverde de belangrijkste archeologische onderzoeker van Stonehenge, R. Atkinson, een vernietigende kritiek op de beweringen van Hawkins en Hoyle.

Deze ontwikkelingen in 1966 en 1967 leidden tot een langdurige en felle discussie over zin en onzin van de sterrenkundige interpretaties van de megalithische monumenten. Uit de botsing der meningen kwam een sterk verbeterde methodiek te voorschijn voor het onderzoek van deze kwestie, in 1981 culminerend in het baanbrekende boek *Megalithic Science* van de Edinburghse wis- en sterrenkundige Douglas Heggie. In dit boek wordt glashelder uiteengezet op welke wijze statistische methoden moeten worden gebruikt om sterrenkundige interpretaties te onderbouwen. Deze methoden zijn vooral in Ierland en Groot-Brittannië toegepast, met name door Clive Ruggles en medewerkers.

Ook buiten Noord-Europa wordt archeo-astronomie bedreven. Voorbeelden zijn sterrenkundige interpretaties van gebouwen of groepen van



2. Schijnbare beweging van de sterren aan de hemel ten gevolge van de rotatie van de aarde, zoals gefotografeerd vanaf de Hawaïaanse berg Mauna Kea. De sterren die dicht bij de pool staan gaan nooit onder, voor de overige geldt: hoe dicht bij de pool, hoe verder naar het noorden ze ondergaan. (Foto: Peter Michaud, Gemini Observatory)

gebouwen van de Anasazi-indianen in New Mexico en Arizona, van de Maya en Azteken in Midden-Amerika, de Inca en vroegere beschavingen aan de kust van de Stille Zuidzee in Zuid-Amerika, de megalithische monumenten van het Middellandse-Zeegebied en op de Canarische Eilanden, en de oud-Egyptische piramiden. Het tijdschrift *Journal for the History of Astronomy* publiceert over dit onderwerp (en had gedurende enige tijd zelfs een bijlage *Archeoastronomy*), maar ook tijdschriften als *Nature* of (populair-wetenschappelijk) *National Geographic* schrijven hierover. Dat een artikel in een van deze tijdschriften verschijnt, geeft helaas geen enkele garantie dat het wetenschappelijk in orde is.

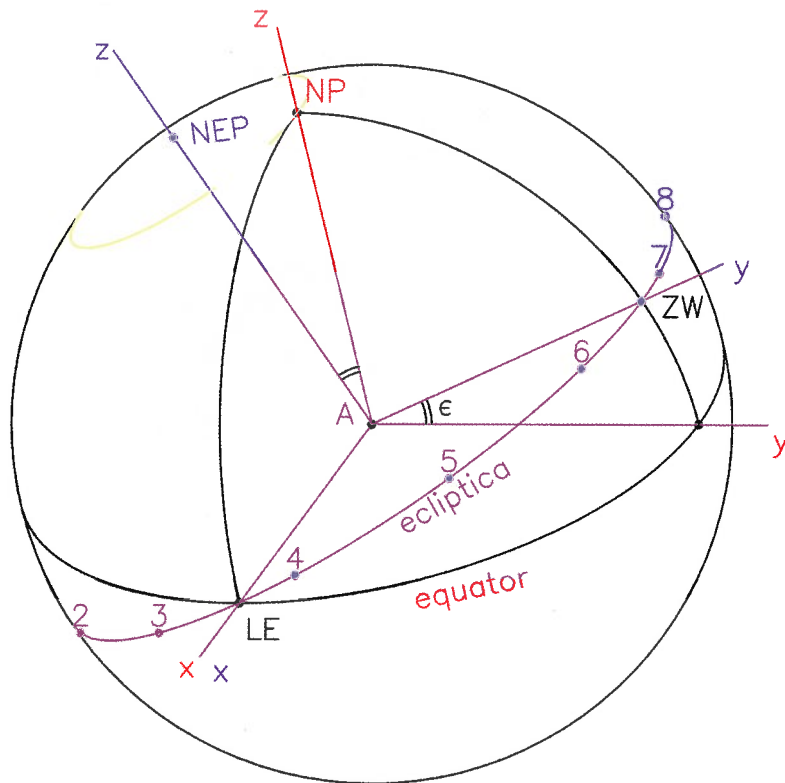
Vrij algemeen geldt dat artikelen over archeo-astronomie, ook de nieuwste, zich qua methode nog in het 'pre-Heggie' tijdperk bevinden, en derhalve niet overtuigend zijn. Ruwweg kan men stellen dat oriëntaties op plaatsen van opkomst of ondergang van de zon en maan geloofwaardig kunnen zijn, maar oriëntaties op sterren niet. In dit artikel zullen we zien waarom dat zo is.

Sterren, zon en maan aan de horizon

Voordat we de sterrenkundige interpretaties van megalithische monumenten bekijken, bespreken we eerst welke sterrenkundige verschijnselen zich aan de horizon afspelen.

Door de rotatie van de aarde zien we de sterren aan de hemel bewegen. Op twee plaatsen slechts, in het ver-

4. Tijdens de equinoxen staat de zon op de plek waar de equator de ecliptica snijdt, en gaat hij precies in het oosten op en in het westen onder. Tijdens de zonnewende in de zomer staat de zon het dichtst bij de pool en heeft dan haar meest noordelijke opkomst en ondergang; tijdens de zonnewende in de winter staat de zon het verst van de pool en heeft ze haar meest zuidelijke opkomst en ondergang. In deze in Griekenland opgenomen foto-reeks is dat mooi geïllustreerd. (Foto: Anthony Ayiomamitis)

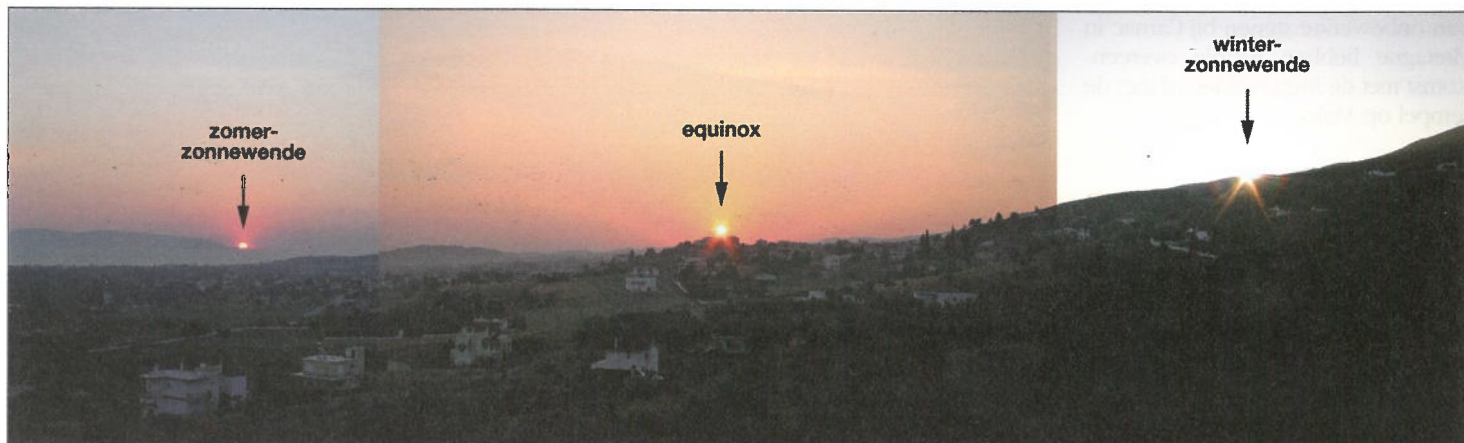


3. De baan die de zon, gezien vanaf de aarde A, in de loop van het jaar aan de hemel doorloopt, de ecliptica, maakt een hoek met de cirkel waar het verlengde equatorvlak van de aarde de hemel doorsnijdt, de equator. De positie van de zon langs de ecliptica is aangegeven voor de eerste van de maand vanaf februari (2) tot en met augustus (8). LE geeft het lente-equinox rond 21 maart aan, wanneer de zon in de equator staat. ZW geeft aan waar de zon staat op de langste dag van het jaar op het noordelijk halfrond, rond 21 juni, de noordelijke zonnewende of noordelijk solstitium. Door precessie verschuift de noordpool NP (vrijwel) langs de gele cirkel om de ecliptische noordpool NEP.

lengde van de rotatie-as van de aarde, staan de sterren stil: aan de noordelijke en zuidelijke hemelpool. Op lang belichte foto's zien we sterren in cirkels om de hemelpool draaien (fig. 2). Gezien vanuit een plaats als Nederland gaan sterren dicht bij de noordelijke hemelpool nooit onder, sterren verder van de pool wel.

Verder zien we in figuur 2 dat sterren langs een cirkel aan de hemel om de hemelpool alle op dezelfde plek aan de oostelijke horizon opkomen, en alle op dezelfde plek aan de westelijke horizon ondergaan. Dit geldt al-

tijd, of het nu winter, herfst, lente of zomer is. Immers, op elke dag van het jaar is de hoekafstand tussen de ster en de hemelpool gelijk. De enige afhankelijkheid van het seizoen is het tijdstip waarop de ster opkomt of ondergaat: dat loopt in het jaar door de hele dag heen. Hoe noordelijker een ster aan de hemel staat, des te noordelijker komt hij op en gaat hij onder. De meest noordelijke sterren blijven altijd boven de horizon, de meeste zuidelijke sterren altijd onder de horizon. Met kleine veranderingen geldt de bovenstaande redenering niet alleen voor

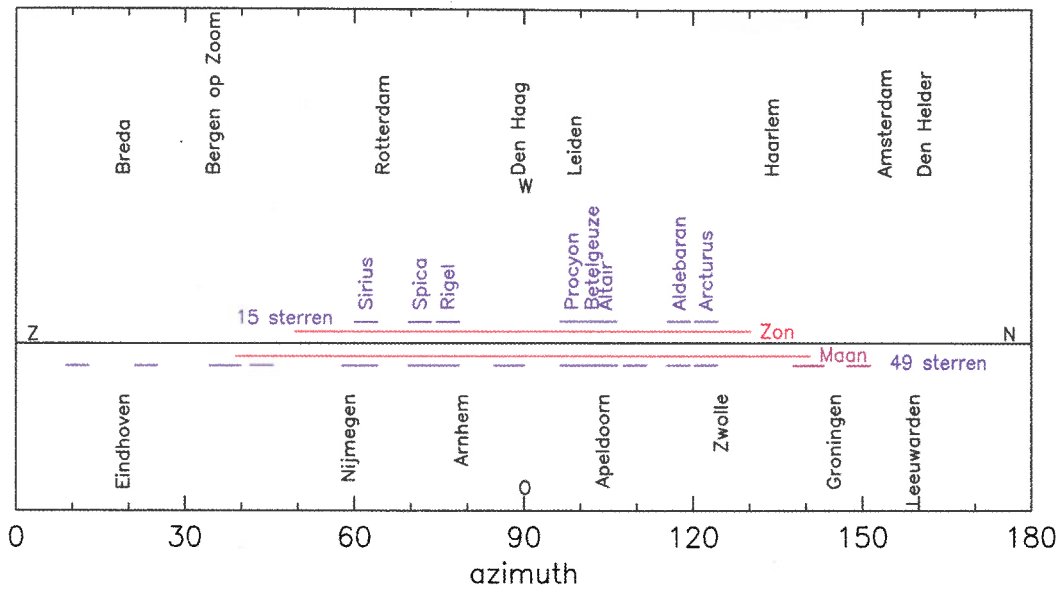


een vlakke horizon, maar ook voor een horizon in de bergen. Voor elke plek op aarde kunnen we uitrekenen (of met waarneming vaststellen) welke sterren aan de hemel op een aangewezen plek aan de horizon ondergaan of opkomen.

Vanuit de aarde zien we de zon in de loop van het jaar langs de hemel bewegen in een grote cirkel, de ecliptica. (Een grote cirkel verdeelt de hemel in twee gelijke helften.) De rotatie-as van de aarde staat niet loodrecht op het baanvlak van de aarde om de zon, maar ongeveer 23° uit het lood. Daardoor maakt de ecliptica een hoek van ongeveer 23° met de hemelevenaar (de doorsnijding van evenaarsvlak van de aarde met de hemelbol). Dit is geïllustreerd in figuur 3. Tijdens de equinoxen (dag-en-nachteveningen) staat de zon in een van de twee snijpunten van de ecliptica en de evenaar; de dag is dan even lang als de nacht, en de zon komt precies in het oosten op en gaat precies in het westen onder (in een vlak land). In de lente op het noordelijk halfrond beweegt de zon langs de ecliptica naar het noorden; ze gaat steeds verder naar het noorden door de horizon, en de dagen lengen. Op de langste dag van het jaar staat de zon in het punt van de ecliptica dat het dichtst bij de noordelijke hemelpool ligt, en gaat ze het verst naar het noorden door de horizon. In zomer en herfst beweegt de zon weer naar het zuiden, snijdt de horizon steeds zuidelijker, en korten de dagen. Op de kortste dag staat de zon op het punt het dichtst bij de zuidelijke hemelpool, en staat ze het verst naar het zuiden aan de horizon.

De maan beweegt altijd in bijna hetzelfde vlak als de zon. De hoek tussen de cirkels waarin de zon en de maan langs de hemel bewegen is vijf graden. Dat betekent dat de maan aan de hemel vijf graden noordelijker dan de zon kan komen en vijf graden zuidelijker. Zodoende kan de maan wat verder naar het noorden opkomen en ondergaan dan de zon, en ook wat verder naar het zuiden. Als we beginnen in een jaar waarin de maan op de zomerzonnwende vijf graden ten noorden van de zon staat, vinden we ongeveer negen jaar later dat de maan tijdens de zomerzonnwende vijf graden zuidelijker staat dan de zon. Halverwege die tijd gaat de maan tijdens de zomerzonnwende op dezelfde plaatsen door de horizon als de zon.

Laten we als voorbeeld de situatie in Utrecht bekijken (fig. 5). In een vlak



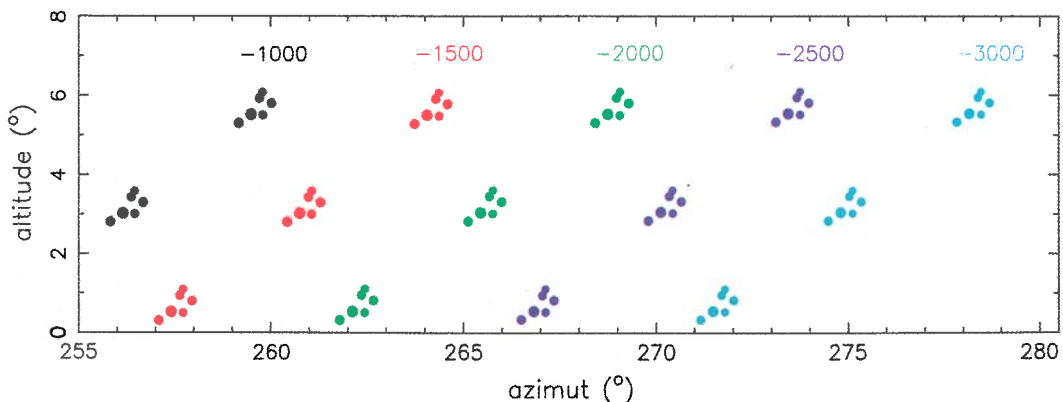
5. De horizon vanuit Utrecht, in oostelijke richting (onder) en in westelijke richting (boven), met de richtingen naar enkele grotere Nederlandse plaatsen aangegeven. Noord is rechts, zuid links. Een rode horizontale lijn geeft het volle bereik aan waar de zon in de loop van het jaar voor bewoners van Utrecht opkomt (in het oosten) en ondergaat (in het westen). Idem voor de maan, die een wat groter bereik heeft, over een periode van ongeveer achttien jaar. De blauwe korte lijnen geven aan waar acht van de vijftien helderste sterren, en 24 van de 49 helderste sterren door de horizon gaan. (De overige 7, respectievelijk 25 heldere sterren zijn of altijd boven de horizon, of altijd eronder.)

land is voor een hemellichaam de hoek tussen plek van opkomst en het noorden gelijk aan die tussen de plek van ondergang en het noorden. In de figuur is daarom de horizon tussen zuid en noord met één enkele lijn aangegeven; boven staan de richtingen naar enkele steden ten westen van Utrecht aangegeven, onder steden ten oosten. Het volle bereik waar zon en maan kunnen opkomen of ondergaan is aangegeven.

Hoe zit het met de sterren? Om dat te illustreren, heb ik de helderste vijftien sterren aan de hemel genomen (d.w.z. een grensmagnitude van 1,0). Daarvan zijn er vijf voor Utrecht altijd onder de horizon (Achernar, Canopus, α Crucis, α en β Centauri) en twee altijd boven de horizon (Capella, Wega). De overige acht

komen op en gaan onder. De kans aan een willekeurige plek van de horizon dat één van deze sterren binnen twee graden ervan opkomt of ondergaat is 17%. Als we de helderste 49 sterren nemen (grensmagnitude 2,0), vinden we dat 24 daarvan voor Utrechters door de horizon gaan. De kans om zo'n ster binnen 2° van een willekeurige richting te treffen, is 38%.

De vaststelling dat een megalithisch monument naar een bepaalde ster wijst, kan daarom niets bewijzen: de kans is altijd te groot dat het toeval is. Bij ontstentenis van geschreven bronnen, betekent dit dat er geen enkel bewijs is voor de alignering van megalithische monumenten in de richting van sterren.



6. Opkomst van de Pleiaden in de periode van 3000 tot 1000 v. Chr. nabij de horizon in Borger; 270° is het oosten.

Precessie

Bij het bestuderen van de megalithische monumenten, moeten we rekening houden met de precessie. In zeer goede benadering kan de precessie als volgt worden beschreven (zie fig. 3). Aan de hemelbol is de positie van de zonnebaan (de ecliptica) vast ten opzichte van de sterren, maar de aardas volgt een trage schommelbeweging, waardoor de noordpool (NP) langs een cirkel om de ecliptische noordpool (NEP) beweegt. Hierbij draait het evenaarvlak mee, waardoor het lentepunt (LE) langs de ecliptica schuift. De verschuiving is ongeveer één graad per 72 jaar, zodat de cirkel in ongeveer 26.000 jaar rond is.

Omdat de hoek (NEP)-A-(NP) constant is, is ook de hoek tussen equator en ecliptica constant. Hoewel de meest noordelijke positie van de zon door de precessie in de loop van de tijd tussen andere sterren gaat liggen, blijft de hoek tussen deze positie en de noordelijke hemelpool gelijk (namelijk $90^\circ - \epsilon$). Dat betekent dat de plek aan de horizon waar de zon opkomt op een vaste plaats op de aarde niet verandert: Stukeley zag de zon in 1740 in dezelfde richting in Stonehenge opkomen als de bouwers meer dan vierduizend jaar daarvoor!

De precessie zoals hierboven beschreven is door Hipparchos al zo

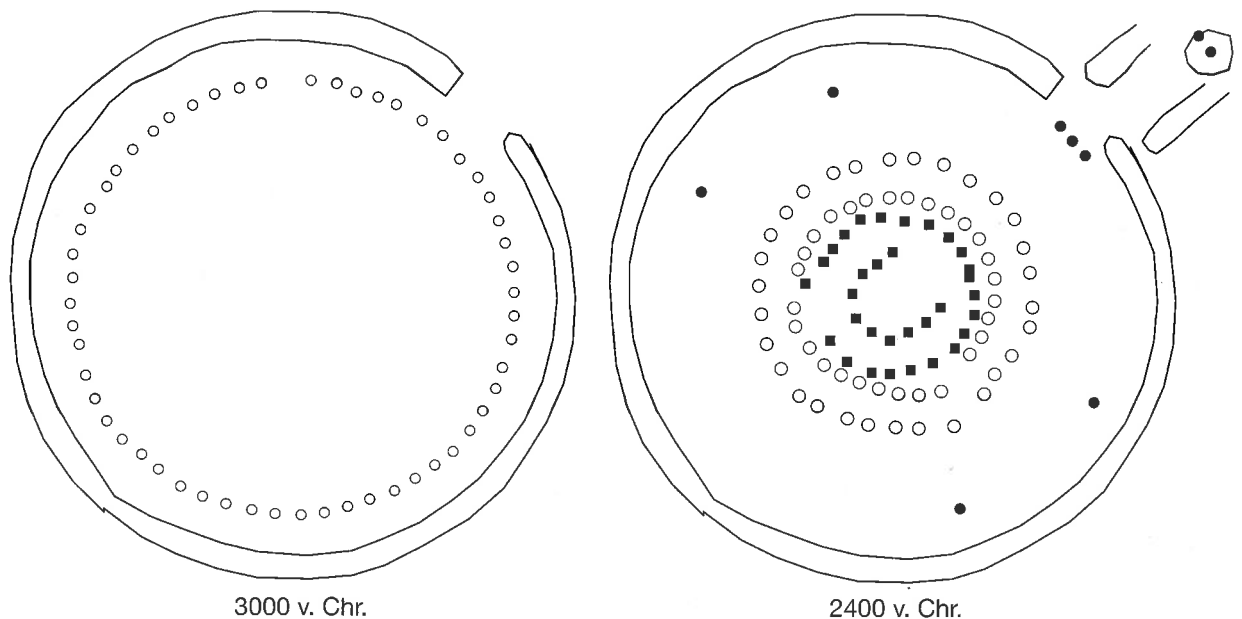
begrepen en wordt in bijna alle natuurkundeboeken zo beschreven. In werkelijkheid is het iets ingewikkelder: de hoek tussen de ecliptica en de equator is de laatste vijfduizend jaar iets kleiner geworden: van ongeveer 24° toen tot $23,4^\circ$ nu. Daardoor is de plek aan de horizon waar de zon bij de zomerzonnwende opkomt iets meer dan een graad verschoven: minder dan een duim op armlengte. In figuur 8 zijn de richtingen aangegeven waar de zon en de maan opkomen ten opzichte van het centrum van Stonehenge, voor het jaar 2000 en voor 2500 v. Chr.: we zien dat de richtingen in de loop van 4500 jaar nauwelijks veranderd zijn (iets meer dan een graad). Loopt de hoofdas van Stonehenge midden door de opening in de wal en daarmee links van beide stenen buiten de wal, tussen beide stenen door, of over de meest rechtse steen, de *Heel Stone*? De onzekerheid hierover is groter dan de verplaatsing van de meest noordelijke zonsopkomst in 4500 jaar. Daarom is de datering van Lockyer op 1680 v. Chr. ongehoorwaardig, en inderdaad geeft de archeologie ons een heel andere datum.

Wat voor de zon geldt, namelijk dat de plaats van opkomst in de loop der eeuwen nauwelijks verandert, geldt niet voor de sterren. De he-

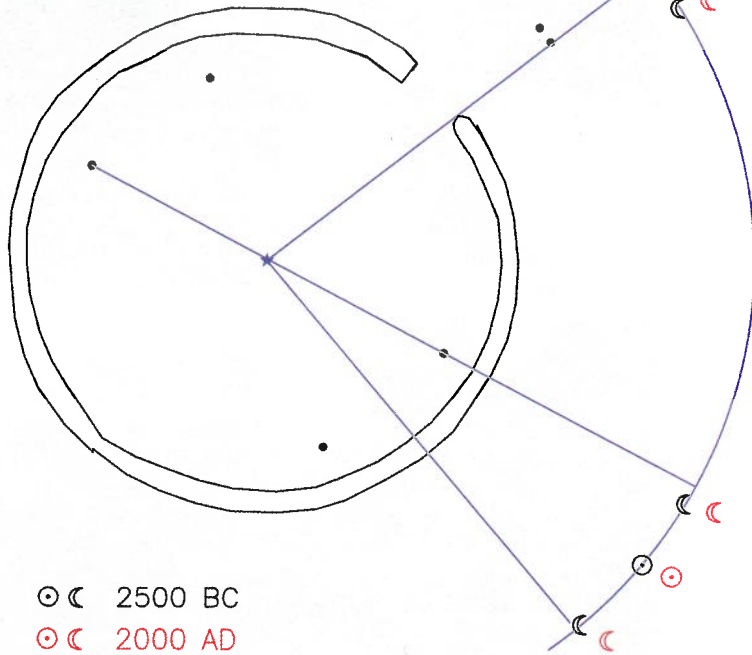
melpool staat in de loop van de eeuwen steeds tussen andere sterren. Voor elke ster verandert daarom de afstand tot de hemelpool in de loop van de tijd, en daarmee de plek van opkomst en ondergang (fig. 6). Wanneer we willen weten of een megalithisch monument naar een bepaalde ster wijst, moeten we weten op welke datum het monument is geconstrueerd. Zelfs wanneer we de datum kennen is er nog onzekerheid: op welke afstand tot de horizon namen de megalithische mensen de richting naar een ster? De richting naar azimut $269^\circ \pm 2^\circ$ (ruwweg het oosten) gezien vanuit Borger kan de opkomst van de Pleiaden aangeven tussen 3000 en 2000 v. Chr., afhankelijk van de hoogte die we aannemen.

Stonehenge

In de oorspronkelijke constructie van Stonehenge, die dateert van rond 3000 v. Chr. (fig. 7, links), is er één duidelijke richting: de hoofdas vanaf het midden van de cirkel van gaten (nu Aubrey-gaten genoemd) door de doorbreking in de wal. Deze richting wijst naar de meest noordelijke opkomst van de zon. Het is ook wel gesuggereerd dat de as op de meest noordelijke opkomst van de maan wijst. De berekeningen van de auteur geven aan dat de lijn van het midden langs de



7. Stonehenge in verschillende stadia. In de eerste versie (links), ± 3000 v. Chr., bestond Stonehenge uit een ring van 56 gaten, de Aubrey-gaten, met daarbuiten een wal en greppel. Een onderbreking in de wal en de greppel definieert samen met het centrum van de cirkel de hoofdas van Stonehenge. In de gaten stonden mogelijk houten palen. Rond 2600 v. C. waren de gaten opgevuld en werd in het centrum een tachtigtal blauwe stenen, uit Wales aangevoerd, opgesteld. Circa 2400 v. Chr. werd Stonehenge opnieuw veranderd (rechts). De blauwe stenen werden vervangen door veel grotere zandstenen (sarsen) in een centrale ring en een hoefijzer. Daarbuiten kwamen vier grote stenen, tegenwoordig *Station Stones* genoemd. Buiten de wal, naar het noordoosten, werden de *Heel Stone* en een begeleider opgesteld en bij de onderbreking in de wal werden drie stenen opgericht. Buiten de wal werden twee greppels gegraven. De *Station Stones* vormen een rechthoek, waarvan twee zijden vrijwel evenwijdig zijn aan de hoofdas.



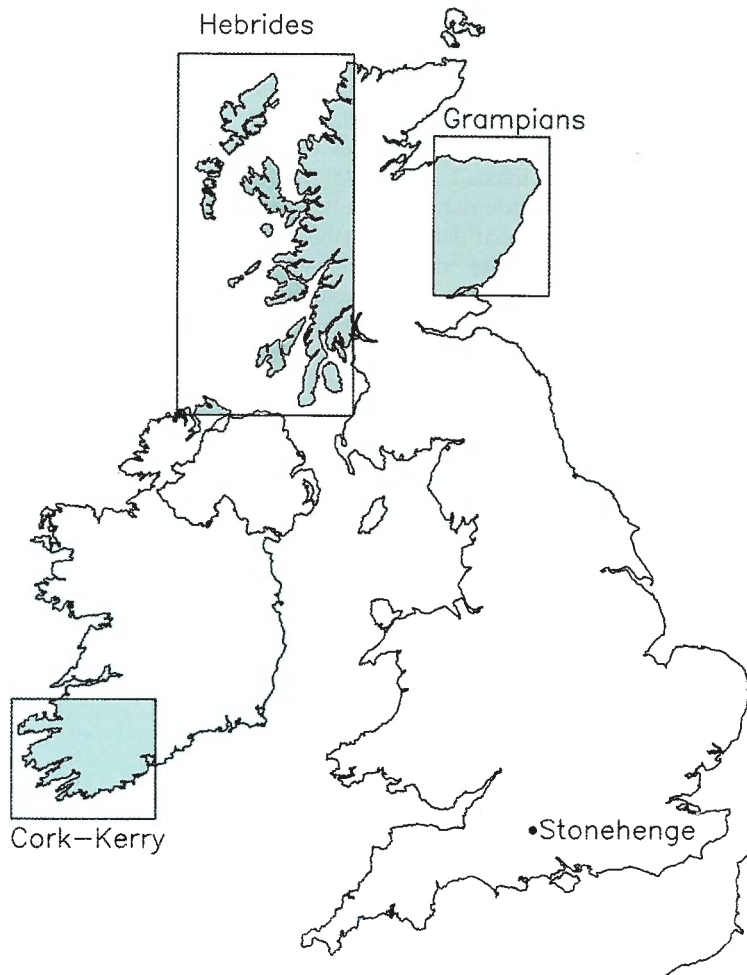
☉ ☾ 2500 BC
 ☉ ☾ 2000 AD

8. Astronomische richtingen in Stonehenge. De vier *Station Stones* vormen een rechthoek. We nemen het centrum op de kruising van de diagonalen. Dan is de hoofdas evenwijdig met de korte zijden van de rechthoek: vanuit het midden loopt die vrijwel over de *Heel Stone*. De hoofdas wijst ongeveer naar de meest noordelijke opkomst van de zon. De lijn vanuit het midden evenwijdig met de lange zijden van de rechthoek wijst vrijwel naar de meest zuidelijke opkomst van de maan, die gebeurt als de maan tijdens de winterzonnwende maximaal ten zuiden van de zon staat. Een diagonaal van de rechthoek wijst naar de meest zuidelijke opkomst van de maan negen jaar later, als de maan bij de winterzonnwende maximaal ten noorden van de zon staat.

linkerkant van de opening in de wal naar die plek wijst (fig. 8). Vierhonderd jaar later zijn de Aubrey-gaten gevuld en zijn rond het midden van de *benge* twee halve cirkels van blauwe steen opgesteld. Nog later zijn de blauwe stenen verwijderd, en in plaats daarvan een hoefijzer en een cirkel met dekstenen opgesteld, en binnen de wal nog vier grote stenen, de *Station Stones*. Deze vier stenen vormen een rechthoek, waarvan de twee korte zijden evenwijdig zijn met de hoofdas. Min of meer langs die hoofdas zijn buiten de wal twee grote en twee kleine stenen opgericht; de rechter grote steen is de eerdergenoemde *Heel Stone*. Het hoefijzer legt verdere nadruk op de hoofdas (fig. 7, rechts). Het hoefijzer en de centrale ring eromheen blokkeren overigens het zicht langs de diagonalen van de door de *Station Stones* gevormde rechthoek. Om te zien wat er mis kan gaan met een sterrenkundige interpretatie van een megalithisch monument, bespreken we de analyse van Haw-

kins over Stonehenge. Hawkins trok vijftig lijnen tussen de *Station Stones* en een aantal Aubrey-gaten. Daarmee hebben we meteen het eerste probleem te pakken, want zoals we nu weten waren de Aubrey-gaten niet meer in gebruik toen de *Station Stones* waren opgericht. In 1966, toen Hawkins zijn hypothesen opstelde, was dit nog niet bekend. We kunnen hem de fout dus niet kwalijk nemen, maar dit voorbeeld toont wel aan hoe belangrijk het is met archeologische kennis rekening te houden. Hawkins beschouwde achttien richtingen aan de horizon als mogelijk interessant: de meest noordelijke en zuidelijke opkomst en ondergang van zon en maan (zes opkomsten in het oosten – zie fig. 8 – en zes ondergangen in het westen), en de zes opkomsten en ondergangen van de zon en maan tijdens de equinox (drie in het oosten en drie in het westen). Als we voor elke richting een marge van $\pm 2^\circ$ toelaten, is de kans dat een willekeurig gekozen richting naar één van de achttien

voorkeursrichtingen wijst $18 \times 4/360 = 0,2$. Hawkins vond dat 24 van zijn vijftig lijnen één van de 18 voorkeursrichtingen trof en liet zien dat de kans dat toeval zoveel treffers oplevert maar 1 op 16.000 is. Hij concludeerde dan ook dat het geen toeval is, maar dat de megalithische bouwers deze richtingen bewust hadden gekozen. De archeoloog Atkinson echter argumenteerde dat de manieren waarop Hawkins zijn lijnen trok, in werkelijkheid 111 lijnen opleveren. De kans op 24 of meer treffers is dan 37%. Het is waarschijnlijk gewoon toeval. (Ruwweg kan men dit zo inzien: 111 pogingen met een kans van 0,2 leiden tot een verwacht aantal treffers van ongeveer $111 \times 0,2 = 22$ treffers, met een verwachte spreiding van $\sqrt{22} = 4 \text{ à } 5$. Een aantal van 24 valt ruim binnen de verwachting.) We zien hierin dat het van wezenlijk belang is dat men eerlijk telt bij het aantal mogelijke lijnen. Het is vooral dit punt waarop de meeste archeo-astronomische onderzoeken falen: er wordt een voorselectie gemaakt van mogelijke lijnen, maar in de statistiek houdt men daarmee geen rekening. In figuur 8 zien we drie lijnen die naar een sterrenkundig interessante plek wijzen. Eén daarvan is de hoofdas. Omdat de korte zijden van de rechthoek van de *Station Stones* evenwijdig zijn aan de hoofdas, leveren de *Station Stones* drie nieuwe richtingen naar het oosten op: één langs de lange rechte zijden en één langs elke diagonaal. Twee van die drie wijzen naar een meest zuidelijke opkomst van de maan. (Omdat Stonehenge in een vlak landschap staat wijzen de omgekeerde richtingen dan automatisch vrijwel naar de meest noordelijke ondergang van de maan in het westen. Daarom beschouwen we alleen de richtingen naar het oosten.) Is dit toeval of niet? We nemen in het oosten zes sterrenkundig interessante richtingen, zoals in figuur 8 aangegeven. We nemen voor elke richting een tolerantie van $\pm 1,8^\circ$, dan nemen de richtingen samen een fractie $6 \times 3,6/180 = 0,12$ van de oostelijke horizon in: een willekeurige richting heeft een kans van 0,12 om een van deze richtingen te treffen. Er zijn drie nieuwe lijnen: de kans dat precies één van de drie een interessante richting treft is 28%, de kans dat twee een interessante richting treffen 4%. Minstens één lijn is waarschijnlijk met opzet geconstrueerd. Het is goed mogelijk dat de mensen



9. Gebieden in Groot-Brittannië waar Ruggles en medewerkers megalithische voorkeursrichtingen onderzocht hebben.

die de Station Stones opzetten dat zo deden dat één richting naar de meest zuidelijke maansopkomst wees, en dat de andere treffer toeval was.

De lezer zal een zekere mate van willekeur in deze berekening hebben opgemerkt. Omdat de hoofdas al gericht is, hadden we misschien alleen de vijf overige interessante richtingen moeten nemen? Waarom 1,8°? (Antwoord: omdat we ongeveer deze marge moeten nemen om twee treffers te accepteren; zie fig. 8.) Anderzijds hadden we ook de zons- en maansopkomst tijdens de equinox kunnen meetellen. Weliswaar hangen de precieze waarschijnlijkheden die we berekenen van deze onderstellingen af, maar de uiteindelijke conclusie blijft dezelfde: een bewuste richting, en de ander wellicht toeval. Als de bewust gekozen richting die langs de lange zijden is, betekent dat feitelijk dat de plek voor Stonehenge is gekozen omdat op die breedte de richting naar de meest zuidelijke maansopkomst loodrecht staat op de richting naar de meest noordelijke zonsopkomst.

De Hebriden, de Grampians en Cork-Kerry

Thom heeft op vele plaatsen in Groot-Brittannië megalithische monumenten opgemeten, en argumenteerde dat deze duidelijke voorkeursrichtingen naar de zon, en in sommige gevallen ook sterren, tonen. We zagen al dat richtingen naar sterren goed met toeval kunnen worden verklaard. Heggie liet ondubbeltzinnig zien dat de statistiek van Thom niet in orde was, voornamelijk omdat hij een voorselectie van mogelijke lijnen maakte. Om die reden besloot Clive Ruggles een geheel nieuwe studie te maken op de Hebriden. Hierbij werden eerlijk alle mogelijke lijnen genomen, met die restrictie dat op elke megalithische plaats alleen de best aangegeven lijnen werden genomen. In afnemende kwaliteit worden richtingen gemarkeerd door 1) drie of meer staande stenen 2) drie stenen waarvan er een mag liggen 3) twee stenen waarvan er een mag liggen 4) een staande steen met een vlakke zijkant 5) een liggende steen met een vlakke bovenkant. Alles bij elkaar verzamelde Ruggles 296 rich-

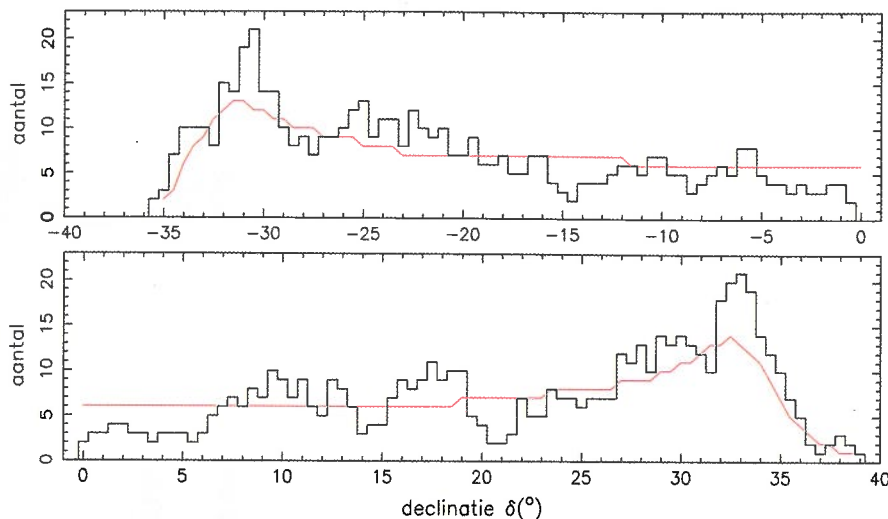
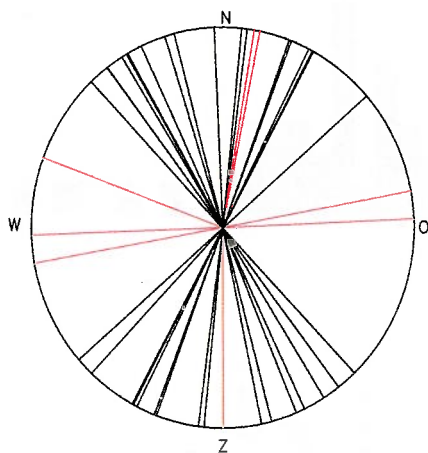


10. Boven: een rij stenen bij Dervaig op het eiland Mull. Onder: een cirkel met een liggende steen in Midmar Kirk. De bomen die er nu staan verhinderen een vrije blik op de horizon! Hoe was dat 5000 jaar geleden?

tingen, ieder met een eigen nauwkeurigheid. Voor elke plek werd tevens vastgesteld welke fractie van de horizon open ligt. Dit is niet altijd eenvoudig, omdat de situatie nu heel anders kan zijn dan vijfduizend jaar geleden (fig. 10).

Alle lijnen naar de horizon werden omgerekend naar de afstand tot de hemelevenaar, de declinatie. Met een computerprogramma berekende Ruggles hoe de verdeling van de declinaties er uit zou zien als iemand op dezelfde megalithische plekken 296 willekeurige richtingen naar de horizon zou hebben gekozen. In figuur 11 wordt deze vergeleken met de daadwerkelijk gevonden richtingen. Dan blijkt er een significant overschot aan waargenomen lijnen te zijn rond declinaties -30° en $+33^\circ$. Deze declinaties zijn te ver van de equator voor de zon, en wijzen mogelijk naar de meest zuidelijke en noordelijke plaatsen van de maan (hoewel $+33^\circ$ eigenlijk wat te ver naar het noorden is).

Wanneer we de lijnen in richtingen langs de grond tekenen, zien we dat de meeste min of meer naar het noorden of zuiden wijzen – als we



11. Links: richtingen langs de grond van 42 door Ruggles gevonden lijnen in megalithische monumenten op de Hebriden (alleen lijnen van hoge kwaliteit zijn geselecteerd). Wanneer we de lijnen van de Buiten-Hebriden (aangegeven in rood) weglaten zijn alle lijnen ruwweg noord-zuid. Wanneer we alle 296 richtingen omrekenen naar de declinatie aan de hemel krijgen we het histogram in het rechter diagram, met als rode getrokken lijn de verdeling die verwacht wordt voor willekeurig gekozen (binnen de mogelijke) richtingen.

de paar lijnen van de Buiten-Hebriden weglaten zelfs alle lijnen. Misschien richtte de megalithische bouwer ruw op het noorden of zuiden... Nog een andere mogelijkheid viel Ruggles op bij zijn wandelingen over het eiland Mull. De berg Ben More (op het vasteland) wordt voor een wandelaar net voor het eerst zichtbaar bij het bereiken van een megalithisch monument (of voor het laatst zichtbaar voor een wandelaar in de andere richting). Samen met Burl deed Ruggles in 1985 ook onderzoek aan steencirkels in het Schotse bergland de

Grampians. Veel cirkels van opgerichte stenen hebben aan een kant een liggende steen, geflankeerd door twee staande stenen (zie fig. 10). Ruggles en Burl namen de richting vanuit het centrum van de cirkel over het midden van de liggende steen. Bij omrekening naar declinatie blijken veel richtingen naar de meest zuidelijke opkomst of ondergang van de maan te wijzen. De voorkeur voor deze richtingen is te groot om toevallig te zijn. Ruggles en Burl onderzochten ook soortgelijke cirkels in de Ierse streken Cork en Kerry. Hoewel deze

cirkels uit dezelfde tijd stammen als die in de Grampians, en dezelfde constructie met een liggende steen vertonen, blijkt dat in Ierland de lijnen vanuit het centrum geen voorkeursrichting aan de hemel aanduiden!

Daarentegen vond Ruggles dat rijen van stenen zowel in de Grampians als in Cork en Kerry een duidelijke voorkeur vertonen voor de meest zuidelijke en de meest noordelijke posities van de maan aan de horizon, zowel in het oosten als in het westen.

De torens van Chankillo

Op 2 maart 2007 maakten Ivan Ghezzi en Clive Ruggles in het tijdschrift *Science* de resultaten bekend van hun onderzoek van dertien torens bij de archeologische vindplaats Chankillo, aan de kust van Peru, zo'n vierhonderd kilometer ten noorden van de hoofdstad Lima. De torens staan op een heuvelrug, met tussenruimten van 4,7 tot 5,1 meter verspreid over ongeveer tweehonderd meter. Hun hoogte varieert van twee tot zes meter, hun grondoppervlak van 75 tot 125 vierkante meter. De gebouwen op deze vindplaats dateren van 300 tot 200 v. Chr.

Ghezzi en Ruggles wijzen twee plaatsen aan vanwaar de dertien torens zouden zijn waargenomen: het eind van een gang naast een gebouw ten westen en een klein gebouwtje ten oosten van de torens. Vanuit deze plaatsen gezien geven de torens vrij nauwkeurig het volle bereik aan waar de zon in de loop van het jaar opkomt, respectievelijk ondergaat.

De geloofwaardigheid van deze interpretatie hangt voornamelijk af van de geloofwaardigheid van de aangewezen observatieposten. Immers, bij elke lijn die ruwweg noord-zuid loopt, kan men een waarneemplek vinden waarvoor de lijn de jaarlijkse loop van de zon langs de horizon afdekt. De westelijke waarneemplaats is aan het eind van een volgens de auteurs unieke blinde gang, maar hun tekening laat zien dat hetzelfde gebouw een soortgelijke gang heeft langs twee andere muren. Het kleine gebouwtje ten oosten is iets overtuigender, omdat dit het enige gebouwtje in die omgeving is. Enigszins problematisch is verder dat de meest noordelijke zonsopkomst vanuit het westen gezien nog links van de torens ligt, terwijl de meest zuidelijke ondergang van de zon boven de niet vanaf het oostelijk waarneempunt zichtbare dertiende toren gebeurt. Kortom: de waarneemposities zijn allesbehalve perfect.

Geschriften uit de tijd van de eerste Spanjaarden vermelden mogelijk soortgelijke constructies, de 'zonnepilaren' nabij Cuzco, uit veel latere tijd. Die zijn echter geheel verdwenen, zodat de precieze aard ervan niet duidelijk is.

Mijn conclusie luidt dat de onderstelling van een zonneobservatorium interessant en plausibel, maar niet rotsvast bewezen is.

De Nederlandse hunebedden

In het begin van de 20ste eeuw merkte de archeoloog Van Geffen op dat de hunebedden in Drenthe (en het enige exemplaar in Groningen) ruwweg oost-west georiënteerd zijn. Enkele jaren geleden hebben César González-García en Lourdes Costa-Ferrer (twee Spanjaarden die in die tijd bij het Kapteyn Instituut in Groningen werkten) deze uitspraak gepreciseerd. Van 53 hunebedden verkeren de hoofdkamers nog in voldoende goede staat dat een goede richtingbepaling mogelijk is. Een aantal hunebedden heeft een zij-ingang; de richtingen van 35 zij-ingangen werden eveneens gemeten.

De richtingen van de hoofdkamers (naar de oostelijke horizon) zijn in figuur 13 weergegeven, alsmede de richtingen van de zij-ingangen. Voor de hoofdkamers zien we een verdeling om de oost-westrichting, met een breedte van zo'n 20°, maar ook met een flink aantal uitlopers tot vrijwel noord en vrijwel zuid. De

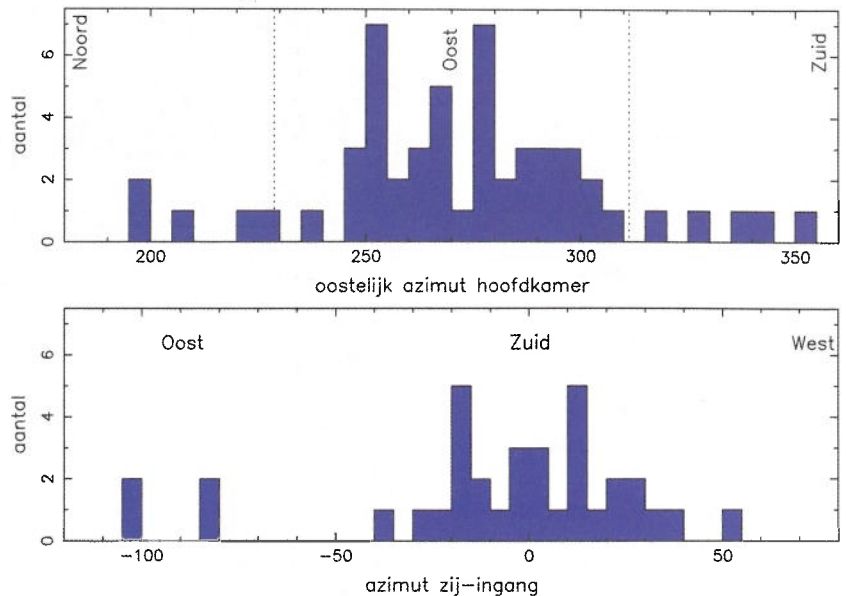
zijkamers zijn ruwweg op het zuiden gericht.

Omgerekend naar declinatie correspondeert dit voor de hoofdassen met een brede verdeling om de hemelevenaar, en met een concentratie tussen -28° en -38° voor de zij-ingangen. Van de laatste zijn er achttien naar opkomst (oost) en zeventien naar ondergang (west) gericht. (Richtingen naar het zuiden geven vanzelf een concentratie bij de meest zuidelijk zichtbare declinaties – dit effect is in fig. 11 te zien.)

Uit de afwezigheid van scherpe voorkeursrichtingen in declinatie kunnen we concluderen dat de hunebedden ruw gericht waren op de plaatsen van de zon opkomt of ondergaat (hoofdassen), en waar de zon en de maan het hoogst aan de hemel staan (zij-ingang).

Conclusies

Uit het werk van Heggie en Ruggles aan megalithische monumenten in Groot-Brittannië komt naar voren dat de megalithische mens zich aanzienlijke moeite getroostte om de meest extreme posities van zon en maan aan de horizon te markeren. Dit geldt zowel voor de opkomst in het oosten, als voor de ondergang in het westen. Er is geen aanwijzing dat de richting van zon of maan tijdens de equinox interessant werd gevonden.



13. Azimuts van de hoofdkamers (boven) en zij-ingangen (onder) van de Nederlandse hunebedden. De stippellijnen in de bovenste plot geven de positie aan de horizon van de zon tijdens de zonnewenden.

Ook is er geen enkel bewijs voor op sterren gerichte monumenten.

Deze conclusies zijn ofwel gebaseerd op monumenten waar een enkele voorkeursrichting overduidelijk is, zoals in Stonehenge, of op statistische studies van grote aantallen monumenten. In sommige gevallen helpen deze twee methoden ons niet. Als we bij Thornborough drie door aarden wallen begrensde cirkels ('henges') vinden die min of

meer een hoek vormen als de gordelsterren van Orion, kunnen we niet weten of dit toeval is of bedoeld. In het algemeen moeten we in zo'n geval terughoudend zijn met het trekken van stellige conclusies.

We hebben geen directe aanwijzingen waarvoor de vele henges (afgebakende cirkels) gebruikt werden die in Engeland gevonden zijn. De voorkeur voor richtingen naar de zonnewende en naar de maan tijdens de zonnewende, alsmede de enorme inspanningen die men pleegde om sommige henges te markeren – de stenen voor Stonehenge werden over flinke afstanden vervoerd – wijzen op een niet alleen door economische overwegingen ingegeven gebruik. Wellicht werden de verre voorlopers van kerstmis (als midwinterfeest) en het meiboomfeest (als midzomerfeest) er gevierd?

Met dank aan dr. Marco Langbroek, voor zijn archeologische kanttekeningen.

Literatuur

Het boek *Megalithic Science, Ancient Mathematics and Astronomy in Northwest Europe* (1981) van Douglas Heggie is nog steeds de beste inleiding tot het onderwerp.

De meer recente onderzoeken worden zeer leesbaar beschreven én geïllustreerd in *Astronomy in Prehistoric Britain and Ireland* (1999) van Clive Ruggles.

Zeer goede informatie, met getekende reconstructies van Stonehenge in zijn verschillende stadia, is te vinden op <http://www.english-heritage.org.uk/stonehengeinteractivemap/> door Stonehenge aan te klikken.

Het artikel van González-García en Costa-Ferrer staat in *Journal for the History of Astronomy* 34, 219 (2003).

12. Posities van de 53 Nederlandse hunebedden waarvan de richting nog kan worden gemeten.

