

Het Zwarte IJzer uit de Hemel

Metaal met een buitenaardse oorsprong: meteorietijzer

Marco Langbroek ¹

1. Jan Steenlaan 46, 2251 JH Voorschoten

English summary

Archaeologists investigating early iron working, are quite concerned with (iron- and stony iron-) meteorites, since the majority of early iron artefacts (dating from before 1600 Bc) in the Old World, and all pre-Columbian iron artefacts in the New World, have been made of meteoritic iron.

The article starts with a description of meteorite origin and meteorite typology. It then focuses on the composition and working capability of iron meteorites and pallasites. A comparison is made between the 'easiness' of working the soft meteoritic iron, by cold hammering, and the difficulty of iron production with terrestrial iron ore, for which a quite high level of technology is needed (one must be able to construct furnaces capable of reaching high temperatures above 1200° C during at least 24 hours). It is stressed that, on the contrary, working meteoritic iron is no more difficult than working native copper.

Using MORP-statistic data, it is stressed that under normal conditions the amount of meteoritic irons and pallasites available for iron working is extremely low. However, under special conditions, like access to semi-arid or arid areas with low erosion of meteoritic material (where at the surface there is access to the saved up meteorite-total of thousands of years) or access to the location of a large meteorite fall, meteoritic iron is more abundant, thus leading to a more extensive use of meteoritic iron by the people in antiquity. An archaeological example of the first situation is the meteoritic iron of the Ohio- and Illinois-Hopewell of the eastern United States, an ethnographic and archaeological example of the second situation is the meteoritic iron of the Inuit of Greenland, with the large Cape York fragments as its source. The case of the Hopewell iron is discussed in more detail, to serve as a parallel for the less better understood (and less better investigated) use of meteoritic iron in the pre- and protohistory of Southern and Eastern Europe, the Near East and the Middle East, which is discussed in the last chapter of the article. The special status of meteoritic iron, because of its scarcity and association with heavenly, Godly or magical origin, which makes it an ideal prestige good, is discussed using historical examples and textual evidence from the Near East.

A, not necessarily complete, list of meteoritic iron artefacts and unworked meteoritic fragments from archaeological context, is given in table 2.

Samenvatting

Over de (vroeg) ontwikkeling en verspreiding van de technologie van ijzerbewerking is zeer weinig bekend. De eerste ijzerproductie van enige betekenis lijkt zo rond 1600 BC te ontstaan in het Nabije Oosten (de Hettiten) en het Zuidoosten van Europa. Rond de 10' eeuw BC wordt ijzer in dit gebied het dominante materiaal voor wapens en gereedschappen en gaat daar de ijzertijd van start [Waldbaum 1980]. In de daar op volgende eeuwen verspreidt de technologie van de ijzerbewerking zich via centraal Europa noordwaarts. Rond 600 BC gaat ook in onze streken de ijzertijd van start.

Vóór 1600 BC komen ijzeren voorwerpen sporadisch voor in een groot gebied dat o.a. Oost-Europa, het Middellandse Zeegebied, en het Nabije en Midden Oosten omvat. De oudste ijzeren artefacten dateren opmerkelijk genoeg reeds uit *de kopertijd*, en gaan het regulier gebruik van ijzer zo'n drie tot vier *millenia* voor!

Van de bijna 40 ijzeren artefacten daterende van vóór 2000 BC is ongeveer de helft chemisch geanalyseerd. Een kleine meerderheid, met name de zéér vroege artefacten, blijkt te zijn vervaardigd uit *meteorietijzer* [Waldbaum 1980] [3]

Meteorietijzer is een vorm van ijzer die niet werd gewonnen uit Aardse ijzerertsen [4] maar, zoals de naam al aangeeft, uit *meteorieten*. Feitelijk ijzer van *buitenaardse* (!) herkomst dus

[5]. Men moet ervoor oppassen ijzermeteorieten niet gewoon als 'eijzererts' te beschouwen. Het gelijktijdig voorkomen van vroege voorwerpen van meteoriet- én Tellurisch ijzer kan

niet op één hoop gegooid worden onder de noemer 'vroeg ontwikkeling van de ijzertechnologie'; het zijn twee fenomenen die men geheel los van elkaar moet zien'. De eigenschappen en benodigde

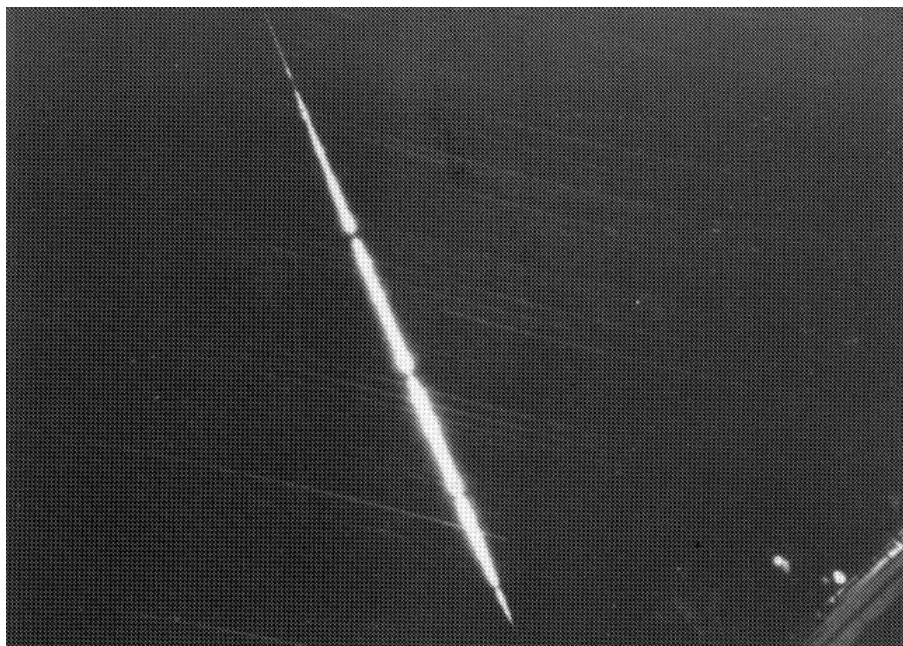
bewerkingstechnieken van meteorietijzer ten opzichte van Tellurisch ijzer zijn dusdanig anders dat men meteorietijzer beter als een geheel *aparte* materiaalcategorie kan beschouwen.

Wat zijn nu die 'aparte' eigenschappen van meteorietijzer, en wat is nu de aard, mate van voorkomen en oorsprong van meteorieten? En welke schaarse gegevens zijn er eigenlijk bekend over het gebruik van meteorietijzer?

Om meer inzicht te krijgen in de eigenschappen, oorsprong en voorkomen van meteorietijzer moeten we allereerst een kleine excursie maken in de sterrenkunde en planetaire geologie: we gaan, ook voor archeologische begrippen, een enorme stap terug in de tijd, naar het ontstaan van ons zonnestelsel zo'n 5 miljard jaar geleden.

Ons zonnestelsel ontstond uit een grote interstellaire gaswolk, met als hoofdbestanddeel waterstof en kleinere hoeveelheden van tal van andere elementen. Om wat voor reden dan ook - misschien onder invloed van zijn eigen zwaartekracht of misschien 'getriggerd' door een nabije Supernova-explosie - begon deze gaswolk op een gegeven moment samen te trekken. In het binnenste kwamen kernfusieprocessen op gang, er ontstond een zonnenevel met een protoster (onze protozon) in het binnenste. In het relatief koele gas verzamelt in een acretieschijf rond de hete protoster begonnen zich 4.6 miljard jaar geleden klontering van materie voor te doen; *er ontstonden planetesimalen*. Op een aantal plaatsen klonterden deze planetesimalen samen tot grotere brokken materie, er ontstonden zo *protoplaneten*.

Iets meer dan 4 miljard jaar geleden werd het vormingsproces van ons zonnestelsel voltooid. De toestand in de zonnenevel stabiliseerde en de planetesimalen en protoplaneten begonnen af te koelen. Al eerder had zich in de nevel een differentiatie van elementen voltrokken: de zwaardere elementen hadden zich onder invloed van de gravitatiekrachten binnen de nevel verzameld in de binnenregionen van de zon-



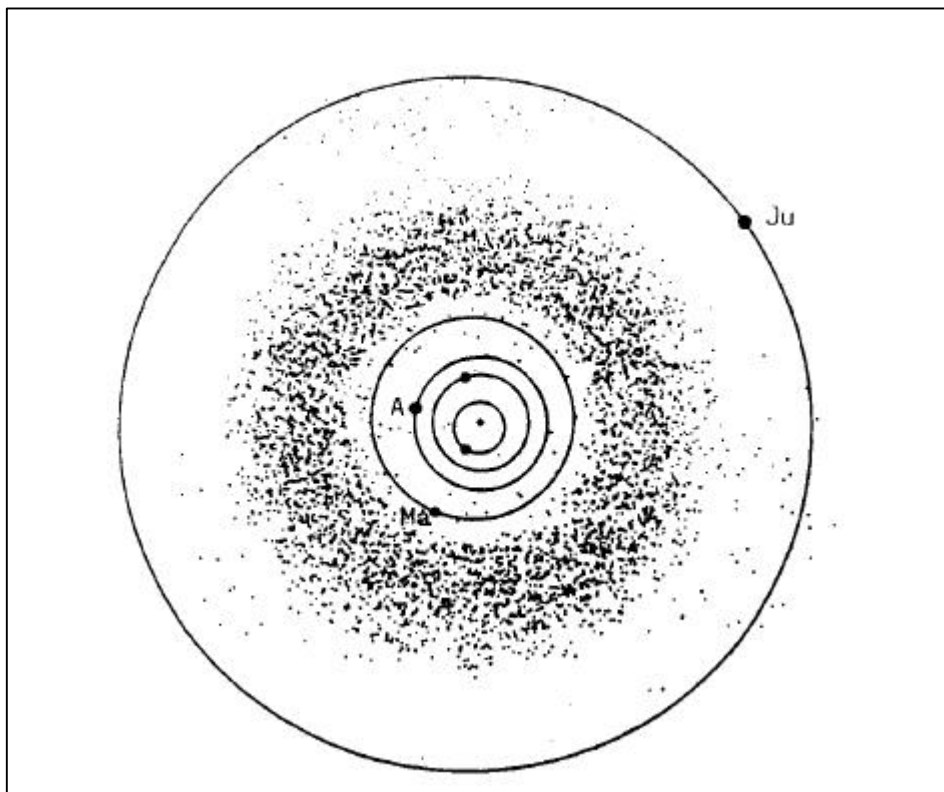
Figuur 1: meteorietval! Een foto van de val van de Lost City meteoriet op 3 januari 1970, gemaakt door één van de camera's van het inmiddels opgeheven US Prairie Network. Het is één van de slechts drie meteorietvallen in de wereld die simultaan gefotografeerd zijn [uit: Bahler 1987].

nenevel, de lichtere in de buitenregionen. Dit leidde in het binnendeel van de voormalige zonnenevel tot het ontstaan van de Aardachtige planeten [7], voornamelijk samengesteld uit silicaten en metalen, en in het buitendeel van de voormalige zonnenevel tot het ontstaan van de gasreuzen [8], samengesteld uit meer vluchtige stoffen.

Na het ontstaan van de planeten bleef er in het pas gevormde zonnestelsel, behalve de planeten zelf, nog een hoop afval over, in de vorm van afgekoelde planetesimalen en vluchtige materie en stof. Ook hier trad een differentiatie op: de lichtere stoffen verdwenen naar de buitenregionen van het zonnestelsel [9], het zwaardere afval verzamelde zich in de binnenregionen. Het allerbinnenste deel van het zonnestelsel werd al in een vroeg stadium door de protobinnenplaneten en invloeden van de zon grotendeels 'schoongeveegd', zodat vrijwel al het zwaardere afval, bestaande uit silicaten en metalen, tenslotte in één beperkte zone te vinden was: het grensgebied van de Aardse planeten en de gasreuzen. Zo ontstond *de planetoidengordel* tussen Mars en

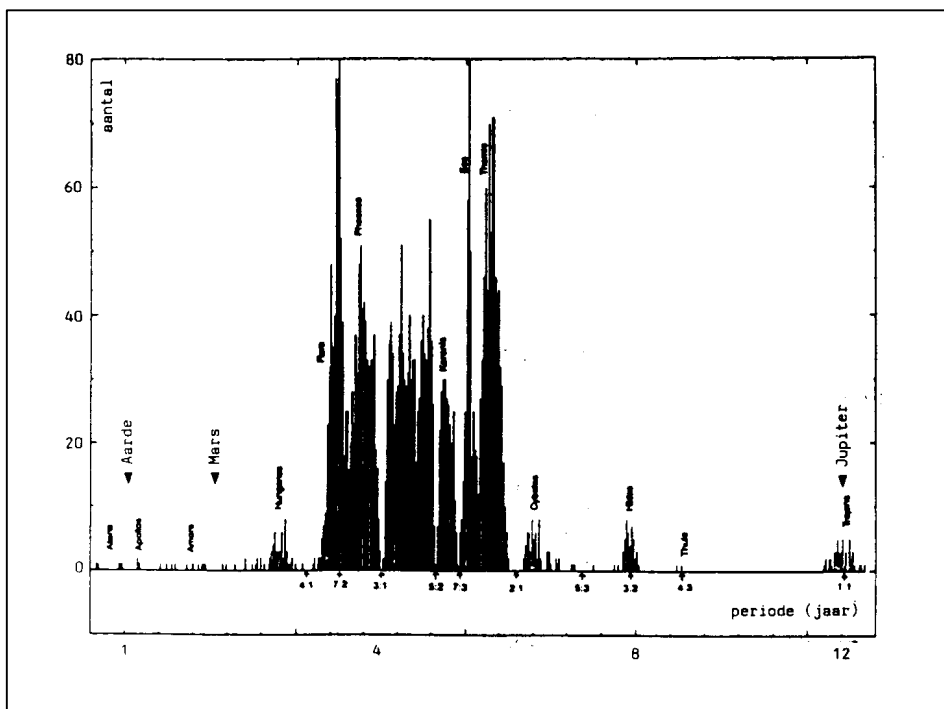
Jupiter, een gebied met vele honderduizenden objecten (*planetoiden*) met groottes vanaf enkele centimeters tot maximaal enkele honderden kilometers [10]. Het is in deze planetoidengordel dat we de oorsprong van meteorieten, en dus ook meteorietijzer, moeten zoeken.

Figuur 2a toont een 'momentopname' van het binnendeel van het zonnestelsel op 8 maart 1988. Behalve de posities van de planeten en hun banen, zijn ook de posities van alle bijna vijfduizend op dat moment bekende planetoiden aangegeven. Duidelijk is de concentratie tussen de banen van Mars en Jupiter te zien. Toch bevinden er zich ook enkele planetoiden binnen de baan van Mars, zelfs binnen de baan van de Aarde. Bekijkken we figuur 2b, dan zien we daar de waarschijnlijke oorzaak van. Figuur 2b geeft de omlooptijd -die evenredig is met de afstand tot de zon- en het aantal planetoiden met die omlooptijd. Duidelijk is weer de concentratie tussen de banen van Mars en Jupiter te zien. Het valt echter op dat er binnen de concentratie van planetoiden een aantal diepe 'kloven' zit:



Figuur 2a : Plattegrond van het binnendeel van het zonnestelsel op 8 maart 1988, met aangegeven de banen van de planeten Mercurius, Venus, Aarde, Mars en Jupiter en de posities van alle bijna 5000 op dat moment bekende planetoïden. Duidelijk is de planetoïden concentratie tussen de banen van Mars en Jupiter te zien. Daarnaast vallen de Trojanen in de Lagrangepunten van Jupiters baan op. Let echter vooral op de planetoïden binnen de Mars- en Aardbaan.

Figuur 2b : Het aantal planetoïden uitgezet tegen de omlooptijd. Weer is de duidelijke concentratie tussen de banen van Mars en Jupiter te zien. Binnen deze concentratie zijn duidelijk enkele Kirkwoodgaps als diepe kloven in het diagram zichtbaar.



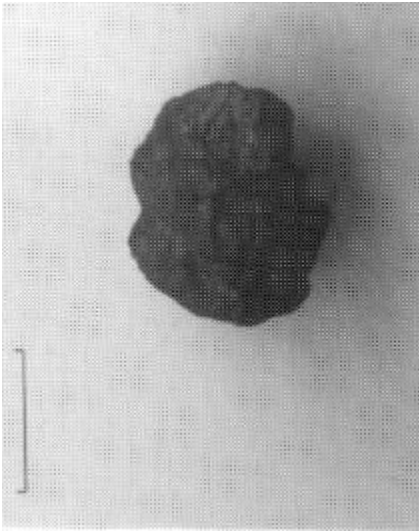
van de gravitatiekrachten van de diverse planeten, de zon en de planetoïden onderling. Als dit gebeurt, worden ze door de gravitatiekrachten van Jupiter uit de planetoïdengordel geschoten, in een baan die hen naar de binnenregioenen van het zonnestelsel kan leiden. Hun nieuwe baan kan dan zelfs die van de Aarde kruisen [11].

Zo'n Aardkruisende planetoïde noemen we een *Apollo-planetoïde*. Naar schatting zijn er ongeveer 700 Apollo-planetoïden groter dan 1 km, maar het aantal kleinere brokstukken van enkele tientallen centimeters tot enkele tientallen meters, bedraagt wellicht vele tienduizenden.

De baan van sommige Apollo-planetoïden is dusdanig, dat ze daadwerkelijk op de Aarde kunnen botsen. Ze treden dan de dampkring binnen met snelheden tussen 11 en 30 km per seconde. Dat gaat gepaard met een enorme energieontwikkeling: het brokstuk begint te verdampen en vanaf het Aardoppervlak zien we een heldere vuurbol langs de hemel trekken [12]. Is het brokstuk groot genoeg -enkele tientallen centimeters en de intredesnelheid niet hoger dan circa 20 km/s,

een aantal selecte gebieden waarin nauwelijks planetoïden te vinden zijn. Dit worden *Kirkwoodgaps* genoemd. Wat opvalt is, dat deze 'verboden' omlooptijden allen een bepaalde verhouding tot de omlooptijd van de reuzenplaneet Jupiter hebben: 3:1, 5:2 etcetera. Zwaartekrachtinvloeden –

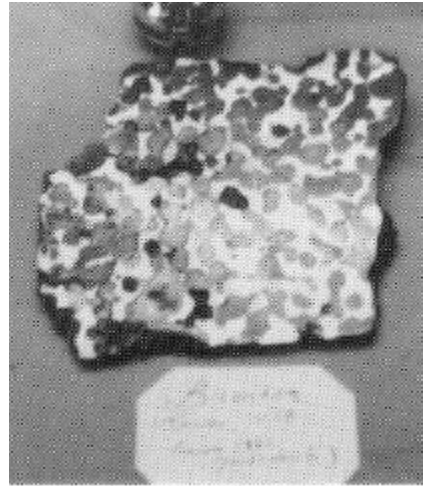
sonantie- van Jupiter maken in deze gebieden stabiele banen onmogelijk. Toch komen er zo op z'n tijd wel eens planetoïden 'per ongeluk' in zo'n Kirkwoodgap terecht, bijvoorbeeld door baanveranderingen door onderlinge botsingen of baanevoluties onder invloed van het ingewikkelde samenspel



Figuur 3a: Een ijzermeteoriet; in dit geval een klein fragmentje van de Canyon Diablo (een IAB Oktaedriet), de meteoriet die 49000jaar geleden de beroemde Barringer Meteor Crater in Arizona sloeg. Let op de donkere kleur van het nikkelijzer (dit is géén smeltkorst!!!). In 1915 werd een 61.5 kg zwaar fragment van deze meteoriet gevonden in een uit 1100 AD daterend Indianengraf op 65 km van de krater, verpakt in een verenkled bijgezet in een lege tombe. Het hier afgebeelde fragmentje (schaal: 1 cm) weegt 4 gram [collectie auteur.]

dan verdampt hij niet helemaal, en bereikt een restant het Aardoppervlak. Dit is nu een meteoriet.

Niet iedere meteoriet is het zelfde. Meteorieten zijn onder te verdelen in drie hoofdklassen: *steenmeteorieten*, *ijzermeteorieten* en *steenijzermeteorieten*. Deze kunnen op hun beurt weer onderverdeeld worden in diverse sub-klassen [13]. Voor het ontstaan van de diverse klassen meteoriet moeten we weer heel even terug naar het moment dat de formatie van ons zonnestelsel voltooid was en de protoplaneten en planetesimalen begonnen af te koelen. Kleine planetesimalen koelden zeer snel af tot een ongedifferentieerd mengsel van ijzer en silicaten (met de silicaten als hoofdbestanddeel [14]) met daarin ingebed kleine deeltjes, *Chondrules*, die al in een eerdere fase



Figuur 3b: Een Pallasiet, één van de drie subtypen steenijzermeteoriet. Het betreft hier een gepolijste doorsnede van een fragment van de Brenham uit Kiowa County, Kansas, VS. De donkere kristallen zijn Olivijn, de lichte matrix nikkelijzer. Deze meteoriet, waarvan bijna een ton aan materiaal is teruggevonden, was één van de vele bronnen van het meteorietijzer van de Illinoisen Ohio-Hopewell, die meer dan 1000 Mijl (!) reisden om het begeerde materiaal uit Kansas te halen. [Collectie A. Carion, Frankrijk. Foto: auteur.]

Van de vorming van het zonnestelsel waren gecondenseerd [Ross Taylor 1991 [15]. De wat grotere planetesimalen verging het wat anders. Zij koelden wat langzamer af, zodat er tijd genoeg was voor een differentiatie van elementen in de planetesimaal. De zwaardere elementen (metalen) zakten naar het binnenste en vormden daar een Nikkel-IJzerkern. De lichtere elementen bleven aan het oppervlak, en vormden daar een mantel uit hoofdzakelijk silicaten. Daartussen vormde zich een overgangszone waarin wel ontmenging, maar nog geen definitieve differentiatie was opgetreden. Een zelfde proces ondergingen ongedifferentieerde planetesimalen die door onderlinge botsingen of verval van radioactieve elementen een opwarming ondergingen. Door onderlinge botsingen

werden veel ongedifferentieerde en gedifferentieerde planetesimalen vervolgens aan stukken geslagen.

De ongedifferentieerde planetesimalen (nu *planetoïden*) zijn de bron voor de belangrijkste sub-klasse van de *steenmeteorieten*, de *chondrieten*. De andere sub-klasse steenmeteorieten, de veel zeldzamere *achondrieten*, vindt zijn oorsprong in de silicaatmantel van de gedifferentieerde planetesimalen.

Ook ijzermeteorieten en steenijzermeteorieten vinden hun oorsprong in de gedifferentieerde planetesimalen.

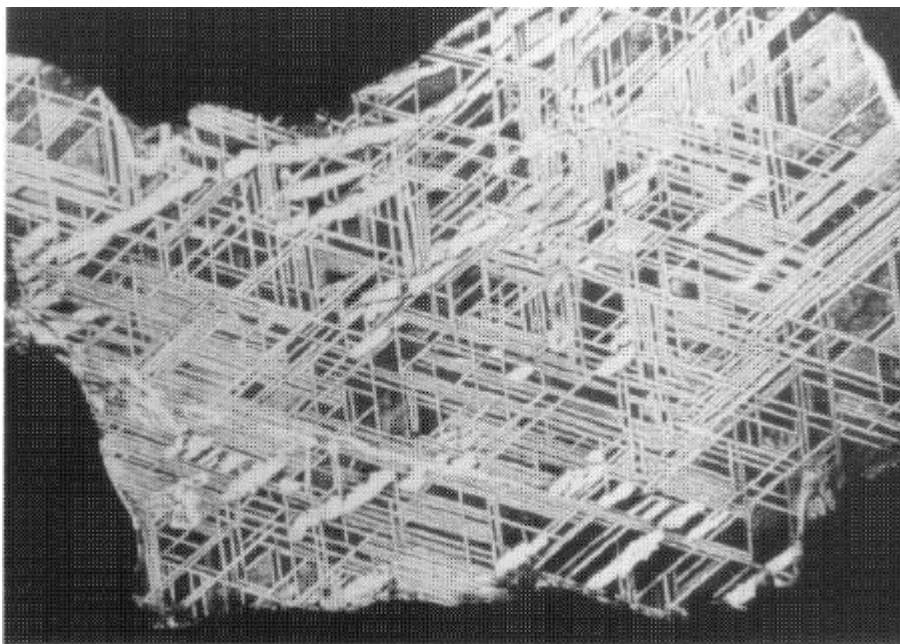
IJzermeteorieten zijn brokstukken van de Nikkel-IJzerkern, de *steenijzermeteorieten* zijn brokstukken van het overgangsgebied naar de silicaatmantel. Het zijn de ijzermeteorieten en één van de subklassen steenijzer meteoriet (de *pallasieten*) die van belang zijn voor de rest van ons verhaal [16].

De grote verschillen tussen ijzermeteorieten en Tellurisch ijzererts zijn:

- Het nagenoeg ontbreken van silicaten (juist een hoofdbestanddeel van Tellurisch ijzererts) in ijzermeteorieten.
- Het hoge Nikkelgehalte van ijzermeteorieten (de meeste Tellurische ijzerertsen bevatten slechts sporen Nikkel).

IJzermeteorieten bestaan vrijwel geheel uit een mengsel van Fe en Ni. Het Ni percentage varieert tussen 5.3% en 25% [17] en er is een klein, sterk wisselend aandeel aan andere mineralen [18], ieder doorgaans in zeer minieme hoeveelheden. De rest (soms tot ruim 90%) bestaat uit Fe. Het Nikkel-IJzer in de planetoïdale ijzerkernen, waar de ijzermeteorieten brokstukken van zijn, is langzaam en onder druk afgekoeld. Dit heeft geleid tot soms zéér karakteristieke ontmengingspatronen. Het Nikkel-Uzer binnen een ijzermeteoriet manifesteert zich in drie hoofdvormen: *Kamaciet* bestaande uit Fe met minder dan 7.5 % Ni, *Taeniet* bestaande uit Fe met meer dan 25% Ni, en *Plessiet* bestaande uit Fe met daartussen liggende percentages Ni. Binnen het grootste deel van de ijzermeteorieten

Figuur 4 : Een uitzonderlijk fraai voorbeeld van *Widmanstättenpatronen* vertoont deze gepolijste en geëtste doorsnede van de Edmonton meteoriet (Kentucky, VS), een zeer fijne Oktaedriet. [uit: Bahler 1987].



hebben de kristallen Kamaciet zich opgebouwd in elkaar als de vlakken van een oktaeder kruisende lamellen. Deze lamellen hebben een dwarsdoorsnede die kan variëren tussen minder dan 0.2 mm en méér dan één centimeter. Meestal bedraagt ze echter één of enkele millimeters. De Kamacietlamellen worden omzoomd door een dunne laag Taeniet, en dit geheel is ingebed in een matrix van Plessiet [19]. Als we een dwarsdoorsnede maken, die polijsten en vervolgens etsen met een mengsel van Salpeterzuur en Ethylalcohol, verschijnt er een heel karakteristiek patroon van elkaar kruisende vlakken en balken: *Widmanstättenpatronen* (fig.4). IJzermeteorieten die zulke *Widmanstättenpatronen* vertonen, noemen we *Oktaedrieten* [20].

Niet alle ijzermeteorieten vertonen *Widmanstättenpatronen*. Een klein deel van de meteorieten bevat niet genoeg Ni (minder dan 5.7 %) voor de vorming van Taeniet en Plessiet, ze bestaan geheel uit Kamaciet (bijmengingen van andere mineralen daargelaten). Toch vertonen ook deze *Hexaedrieten* microstructuren: een netwerk van elkaar hexagonaal snijdende lijnen, die *Neumann-lijnen* worden genoemd [21]. Een derde minder voorkomende sub-klasse ijzermeteorieten tenslotte, zijn *deutaxieten*. Deze bevatten dusdanig hoge percentages Ni (tot 25 %, met de ondergrens niet helemaal scherp rond 14-18%) dat de Kamacietlamellen geheel in het Plessiet verdwijnen en een min of meer structuurloos geheel ontstaat.

Steenijzermeteorieten zijn anders van samenstelling dan ijzermeteorieten. Ze bestaan uit een mengsel van silicaten en Nikkel-IJzer in de verhouding 40% tot 60% , en zijn onder te verdelen in drie sub-klassen: *Pallasieten*, *Mesosiderieten* en de zéér zeldzame *Lodranie*

Klasse	Subklasse	Vondsten	Vallen	Totaal	%
Steenmeteoriet	Chondriet	897	784	1681	86.6
	Achondriet	63	69	132	7.7
	Totaal	960	853	1813	94.3
IJzermeteoriet	* (allen)	683	42	725	4.6
	Mesosideriet	26	6	32	0.7
Steenijzer-Meteoriet	* Pallasiet	36	3	39	0.3
	Iodraniet	1	1	2	0.1
	totaal	63	10	73	1.1
Totaal		1706	905	2611	

Gebied	10 km	1 kg	100 g
10 ⁶ km ²	(1,3) 0.06	(8.7) 0.44	(27) 1.35
Nederland	(0.05) 0.002	(0.35) 0.018	(1.1) 0.06
Diameter (cm)	13/16	6/7	3/3.5

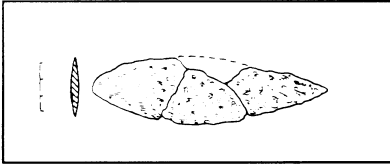
Tabel 1a : Het wereldtotaal aan meteorieten per klasse en per sub-klasse en de valfrequenties. Stand van zaken per 1985 en exclusief de vondsten op Antarctica. Naar Burke (1986)

anieten [22]. Van deze drie zijn alleen de *Pallasieten* voor ons verhaal van belang. Een doorsnede van een Pallasiet vertoont centimetergrote, donkergroene kristallen Olivijn -soms ook Pyroxeen- in een matrix van Nikkel-IJzer. Het Ni percentage van de matrix bedraagt tussen 8% en 13%; bij

Tabel 1b : Het geschatte aantal meteorietvallen per jaar voor verschillende waarden van de totale massa van de val.

Tussen haakjes het totale aantal meteorieten; daarnaast het totaal aantal ijzermeteorieten en pallasieten (Griffin en Halliday, 1991)

polijsten en etsen geeft het *Widmanstättenpatronen* te zien. Het is de matrix van Nikkel-IJzer die bruikbaar is voor de vervaardiging van artefacten.

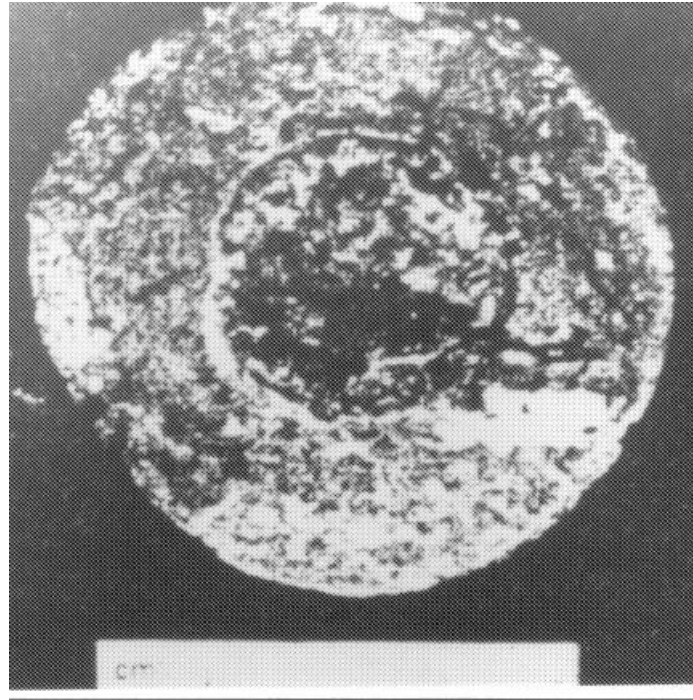


Figuur 5 : Meteorietijzeren speerpunt uit een uit de bronstijd daterende grafheuvel te Bitchin Buluk in het gebied tussen de Don en de Wolga, Republiek Rusland. Dit koudgesmede, uit 1750 BC daterende artefact is het één na oudste meteorietijzeren voorwerp van Oost Europa. Het hoge kopergehalte (1.0 %) wijst erop dat het met een koperen voorwerp is gehamerd. [uit: Shramko 1981].

Tellurisch ijzererts bestaat uit een zeer groot silicaat aandeel vermengd met ijzerverbindingen. Wil men het ijzer hieruit winnen, dan moet men het erts eerst tot zo'n 1200°C verhitten om de silicaten en andere verontreinigingen te laten smelten en ze van de ijzerverbindingen te scheiden. De zo verkregen *wolf*, het ruwe ijzer, bevat nog de nodige verontreinigingen en is zeer poreus. Om verwerkt te worden tot voorwerpen, moet ze in een *gloeioven* opnieuw verhit worden tot tenminste 700° C en daarna op een aambeeld gesmeed. Het ijzer wordt daardoor harder en ontdaan van de meeste verontreinigingen.

Dit alles vergt nogal wat van de potentiële ijzerbewerker. Hij moet de kennis en de technische capaciteiten bezitten om een oven te bouwen die hoge temperaturen kan bereiken (toch heel wat anders dan een pottenbakkersoven). Dit is waarschijnlijk ook de reden dat het grootschalig gebruik van ijzer pas vrij laat van de grond is gekomen ten opzichte van het gebruik van andere metalen [23]. Daarnaast is het hele proces van winning van ijzer uit erts behoorlijk arbeidsintensief en tijdrovend.

Hoe anders is het als we kijken naar het bewerken van meteorietijzer. Hier hoeft je het ijzer niet via een moeizaam proces van andere stoffen te scheiden:



Figuur 6 : Koperen oorschijf met inzet van tot folie gehamerd meteorietijzer, uit een Hopewell-Mound te Tunacunnee, Georgia, VS. Het dateert uit de Middle Woodland-periode (200 BC-450 AD). Tellurisch ijzer was onbekend bij de pré-Columbiaanse Indianen [Garr en Sears 1985].

het bevindt zich van nature reeds in een pure, metallische vorm. Daardoor is het vrij zacht. In principe is het enige wat je bij meteorietijzer hoeft te doen, het ter hand nemen van een stuk meteoriet, en dat vervolgens met een hard voorwerp -een stuk steen, een voorwerp van koper of brons- in vorm te hameren. Te verhitten hoeft je het niet. Dit staat toch in geen verhouding tot het moeizame proces dat eerder bij het winnen van Tellurisch ijzer is geschetst. Het is dáárom dat het gelijktijdig gebruik van het eerste vroege Tellurisch ijzer en meteorietijzer als twee geheel los van elkaar staande fenomenen gezien moet worden, en meteorietijzer als een geheel aparte materiaalcategorie, niet als 'een ijzererts'. Feitelijk komen de technieken van het bewerken van meteorietijzer overeen met de technieken van het bewerken van *gedegen koper*, en lijkt het logischer een link te leggen met koperbewerking. Voor meteorietijzer is het eigenlijk helemaal niet zo vreemd dat het nog vóór de bronstijd al opduikt. Ook andere feiten ondersteunen dit: in de Nieuwe Wereld heeft men nóóit de kennis ontwikkeld voor het winnen van Tellurisch ijzer (dit werd daar pas door de Spanjaarden geïntroduceerd), maar

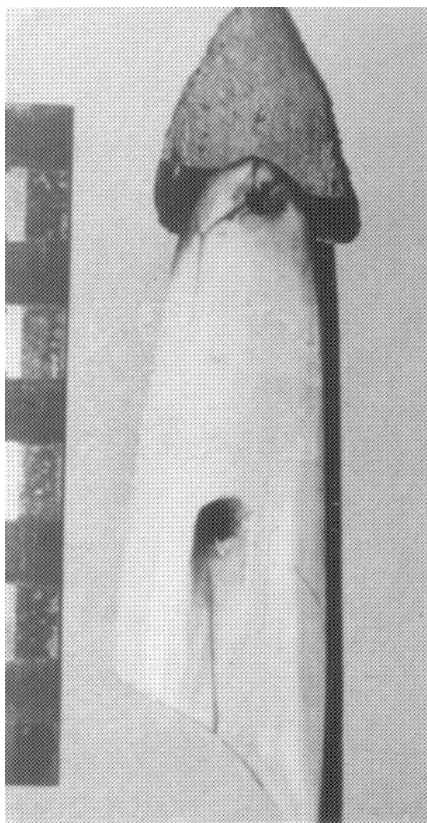
bereikte men een grote vaardigheid in de koperbewerking. En laten nu juist de *Hopewell Indianen* een schoolvoorbeeld zijn van een grote vaardigheid in het bewerken van meteorietijzer!

Als meteorietijzer zo gemakkelijk te bewerken is, waarom is het dan zo schaars gebruikt? De reden hiervoor, is de grote *zeldzaamheid* van het materiaal.

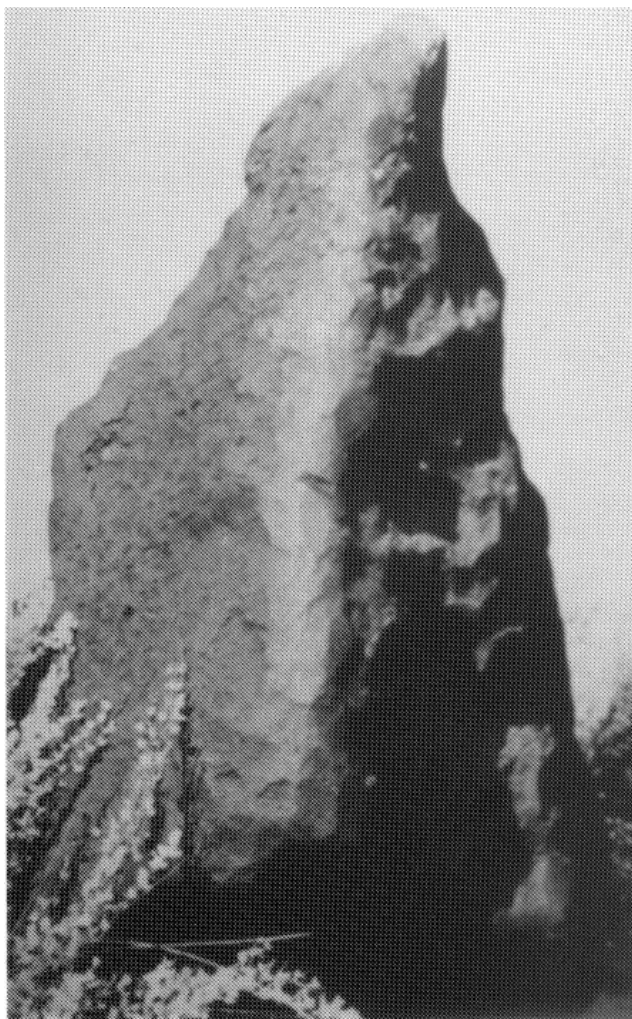
Meteorieten zijn schaars en ijzermeteorieten vormen slechts een klein percentage van alle meteorietvallen.

Met behulp van het Canadese fotografische MORP-netwerk heeft men geschat dat in een gebied met een oppervlakte van 10^6 km^2 per jaar 1.3 meteorieten met een gewicht van 10 kg, 8.7 met een gewicht van 1 kg en 27 met een gewicht van 100 g neerkomen [Blackwell, Griffin en Halliday 1991]. Ter vergelijking: voor Nederland (oppervlakte 41160 km^2) komt dat neer op 1,1 meteorieten van 100 g per jaar, één meteoriet van 1 kg per 2.8 jaar en één meteoriet van 10 kg per 19 jaar.

De hier genoemde waarden gelden echter het totaal van *alle* meteoriettypen. Als we gaan kijken welk deel van alle waargenomen meteorietvallen *ijzermeteorieten* betrof, dan komen we

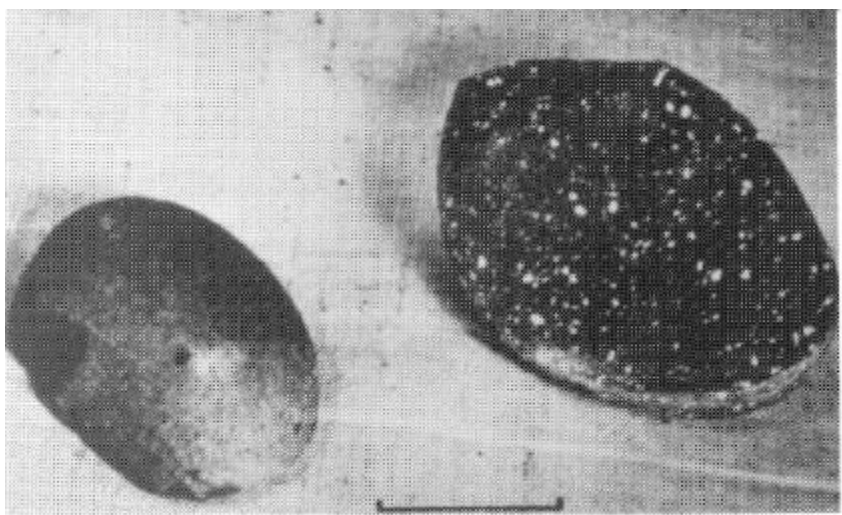


Figuur 7b (rechts) :
Eén van de grotere fragmenten van de Cape York meteoriet uit Groenland: de in 1913 'ontdekte' 3.4 ton zware Savik, thans te bezichtigen in Kopenhagen. Dit is één van de Cape York fragmenten die eeuwenlang de Inuit van Noord Groenland van meteorietijzer voorzag. [uit: Buchwald 1975].



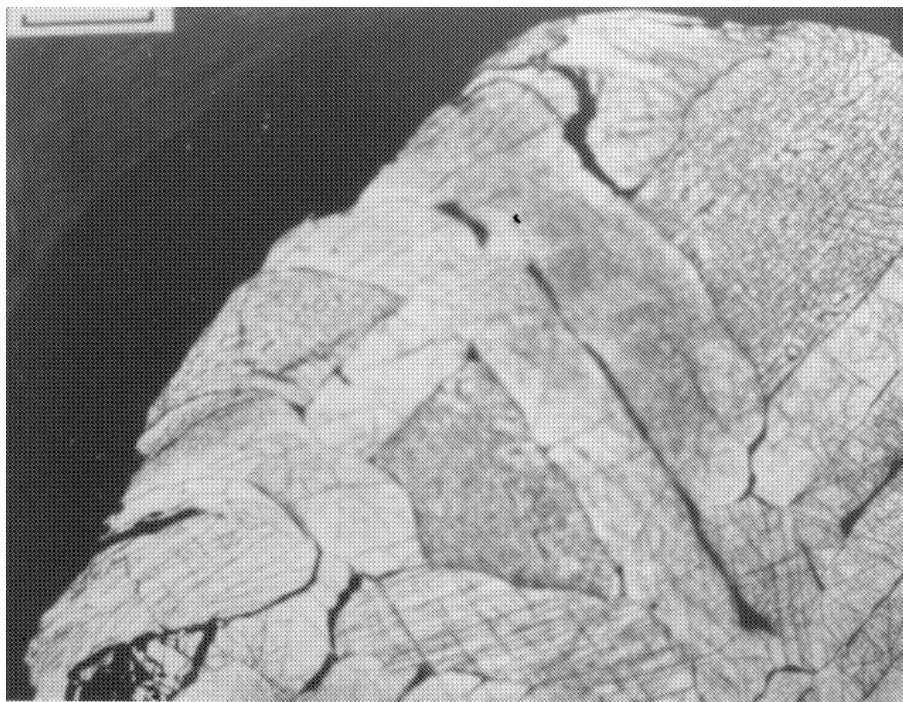
Figuur 7a : (boven) Harpoenpunt van walrusbot met versteviging van meteorietijzer, opgegraven in het noorden van Groenland. Het is door Inuit vervaardigd van een fragment van de Cape York meteoriet. [uit: Buchwald 1975].

Figuur 7c : (onder) de Inuit van Groenland gingen de fragmenten van de Cape York te lijf met basaltkeien die ze van een afstand van meer dan 50 kilometer haalden. De rots (Gneiss) rond de meteorieten zelf was te broos om als harnersteen te dienen. [Buchwald 1975].



op slechts 4.6%, en voor de Pallasieten op slechts 0.3% [Burke 1986; Bühler 1987]; totaal is slechts 5% van alle gevallen meteorieten dus bruikbaar als ijzerbron. Als we hier rekening mee houden, levert dit voor een gebied van 10^6 km² dus 1.4 bruikbare meteorieten van 100 g per jaar op, één bruikbare meteoriet van 1 kg per 2.3 jaar en één bruikbare meteoriet van 10 kg per 15 jaar (Nederland: één bruikbare meteoriet van 100 g in 18 jaar, één bruikbare meteoriet van 1 kg in 56 jaar en één bruikbare meteoriet van 10 kg in 348 jaar ..). Een gewicht van 100 g komt voor een ijzermeteoriet overeen met een diameter van ongeveer 3 cm, een gewicht van 1 kg met ongeveer 6 cm en 10 kg met ongeveer 13 cm (Pallasieten: 3.5 cm, 7 cm en 16 cm). Het is overduidelijk dat op basis van deze getallen van een gespecialiseerde 'meteorietijzerindustrie geen

Figuur 7d : Geëtste en gepolijste doorsnede van een klein stuk van de buitenrand van de 3 ton zware 'vrouw', één van de grotere Cape Yorkfragmenten (schaal: 2 mm. Duidelijk is te zien dat de Widmanstättenpatronen vervormd zijn (de Kamacietlamellen zijn verbogen), doordat Inuit fragmenten van de meteoriet hebben afgehamerd. Koudgesmede meteorietijzeren artefacten vertonen dezelfde verwrongen microstructuren. [uit: Buchwald 1975].



sprake kan zijn; het mag een wonder heten dat er überhaupt artefacten van meteorietijzer gevonden worden ...

Toch zijn er een tweetal omstandigheden te noemen, waarbij meteorietijzer veelvuldiger beschikbaar is dan de getallen hierboven impliceren. IJzermeteorieten zijn vrij goed tegen erosie bestand. In aride en semi-aride gebieden kunnen ze soms tienduizenden jaren lang behouden blijven. Vindt er in zo'n gebied weinig sedimentatie plaats (of wordt het sedimentatiepakket in een latere fase door erosie -bijvoorbeeld winderosie- verwijderd), dan is aan het oppervlak het opgespaarde meteoriet-totaal van vele duizenden jaren te vinden (waarbij de meteorieten bovendien makkelijk lokaliseerbaar zijn doordat ze niet door begroeiing aan het oog onttrokken worden). Zo kunnen rijke 'meteorietvelden' ontstaan [24]. Wanneer bekend aan de prehistorische mens, was het voor hen zéker lonend om speciale grondstoffen-expedities naar zo'n gebied te organiseren en behoorde een intensiever meteorietijzergebruik wél tot de mogelijkheden. Een voorbeeld hiervan is het meteorietijzer van de *Ohio- en Illinois Hopewell*. [Carr en Sears 1985].

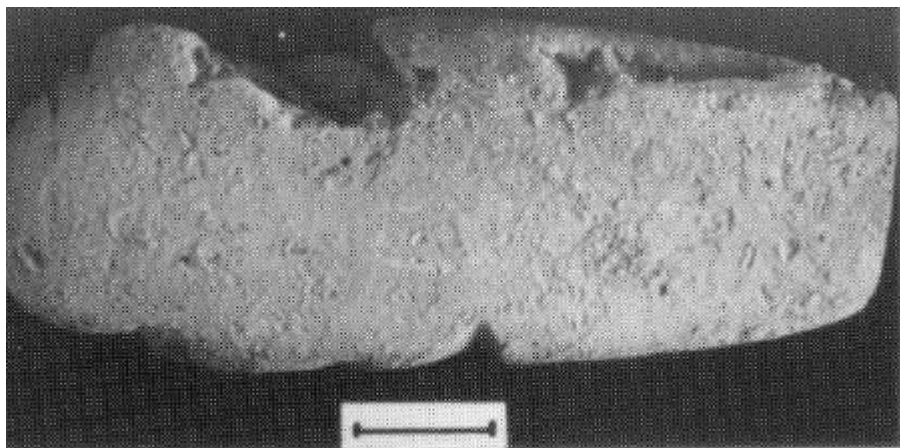
Een andere omstandigheid waarbij meteorietijzer minder schaars is, is als er toegang is tot één zeer grote meteorietval. Bij een zeldzaam aantal meteorietinslagen komt er in één keer een heleboel materiaal tegelijk op Aarde terecht. Zulke meteorietvallen zijn zéér zeldzaam, maar door de grote

hoeveelheid blijft het materiaal lang bewaard, er zijn over de Wereld dan ook vele tientallen plekken met materiaal van zulke inslagen te vinden. In sommige gevallen als één meteoriet', soms als een meteorietenstrooiveld (als de meteoriet in de atmosfeer in vele fragmenten is ontploft), soms ook als een echte krater (of kraterveld) met daaromheen vele bij de inslag weggevoeren fragmenten. Een voorbeeld van intensiever meteorietijzergebruik door toegang tot zo'n grote meteorietval is het gebruik van meteorietijzer afkomstig van de vele tonnen wegende fragmenten van de *Cape York*-meteoriet door de *Inuit* van Groenland [Buchwald 1975].

De zeldzaamheid van meteorietijzer maakte het materiaal zeer geschikt als *prestigegoed*. Nagenoeg alle meteorietijzeren artefacten, zowel in de Oude als de Nieuwe Wereld, komen dan ook uit graven of tempelinventarissen. Betreft het een grafvondst, dan is het meestal uit een rijk graf dat ook een groot aantal andere erkende prestige-goederen bevatte. Uit onderzoek aan het meteorietijzergebruik van de *Illinois en Ohio Hopewell*, blijkt dat zij zich grote moeite getroosten om het materiaal te verkrijgen.

Het meteorietijzergebruik van de *Hopewell*, de verzamelnaam voor diverse groepen Indianen uit het oosten van de VS, is één van de weinige goed onderzochte gevallen op dit gebied. De *Hopewell* waren zeer bedreven in het bewerken van tal van exotische materialen, zoals koper, zilver, goud, mica, obsidiaan en ook meteorietijzer. Het gebruik van meteorietijzer beperkt zich strikt tot één specifieke cultuurperiode: *de Middle Woodland-periode* (200 BC-450 AD). Dit is ruwweg dezelfde periode waarin ook de imposante *Mounds*, de grote aardwerken die dienst deden als grafmonument, werden geschapen. Het is uit deze *Mounds* dat alle meteorietijzeren artefacten vandaan komen. Binnen het gebied van de *Hopewell* zijn twee gebieden te onderscheiden waar het gebruik van meteorietijzer voorkomt: *Ohio en Illinois* in het noorden, en *Georgia* en een deel van *Florida* in het zuidoosten. Tussen die gebieden komen nauwelijks meteorietijzeren artefacten voor, hoewel ook dáár *Hopewell* woonden. In het noordelijke gebied komen meteorietijzeren artefacten duidelijk veelvuldiger voor dan in het zuidoostelijke. De waarschijnlijke reden daarvoor, is dat de zuidoostelijke *Hopewell* gebruik

Figuur 8 : Bijl vervaardigd uit één enkele Kamacietlamel van een zeer grove Oktaedriet. Zo'n Kamacietlamel heeft van nature reeds een bijlvorm en hoeft alleen enigszins bijgeslepen te worden. De -Indiaanse- bijl komt uit New Mexico (VS), maar de exacte vondstlocatie is onbekend. De bijl is daardoor niet dateerbaar. [uit: Buchwald, 1975].



maakten van het wat meer schaarse lokaal aanwezige meteorietijzer, terwijl de Ohio en Illinois Hopewell hun meteorietijzer van grotere afstand, uit de meteorietrijke gebieden in het midwesten, haalden.

Lange tijd dacht men dat ál het meteorietijzer van de Hopewell uit één specifieke bron stamde: de Brenham-Pallasiet uit Kiowa County, Kansas, waarvan op de inslagplaats meer dan 900 kg aan materiaal voorhanden was. Carr en Sears [Carr en Sears ,1985] tonen met behulp van materiaalanalyses echter duidelijk aan, dat het meteorietijzer van de Hopewell in werkelijkheid van véle bronnen moet stammen. Voor de zuidoostelijke Hopewell zijn die bronnen lokaal aanwezig (het zuidoosten van de VS telt een respectabel aantal soms vrij forse meteorieten), voor de Ohio-Illinois Hopewell geldt dit echter niet. Zij moesten hun ijzer van elders betrekken. Dat ze dat via tussenhhandel met andere Indianengroepen deden is niet waarschijnlijk, vanwege het totaal ontbreken van meteorietijzer tussen de Hopewell en de veronderstelde brongebieden. Ze moeten dus speciale lange afstandsexpedities hebben georganiseerd om het begeerde meteorietijzer in het westen te halen (de *Brenham fragmenten* zijn van een afstand van meer dan 1000 Mijl gehaald!!), net zoals ze dat óók voor andere exotische materialen deden zoals bijvoorbeeld obsidiaan, zilver en goud. Naar alle waarschijnlijkheid verschaften zij zich hun meteorietijzer via dezelfde route als hun obsidiaan (de *Yellowstone-route*).

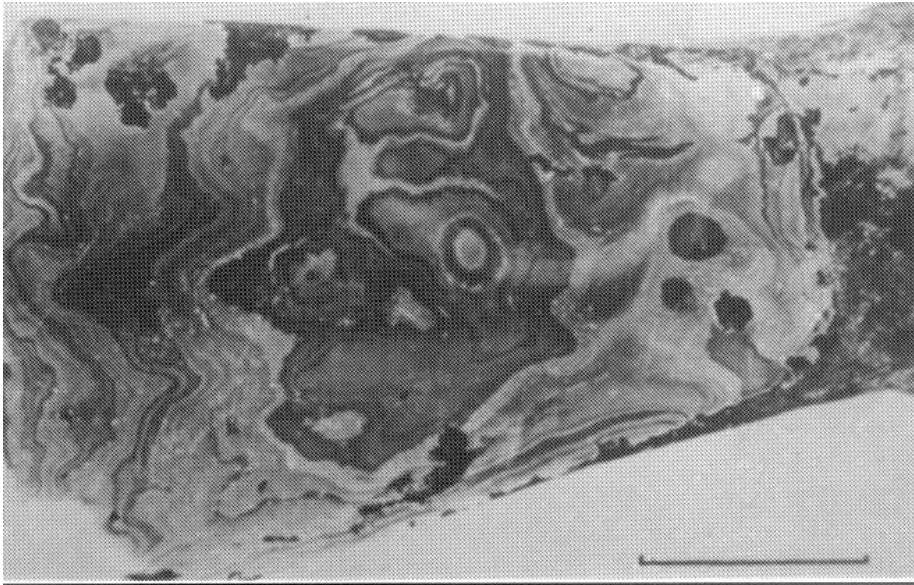
De Hopewell gebruikten meteorietijzer voor drie typen artefacten: *sieraden, ceremoniële voorwerpen en gebruiksvoorwerpen*. Deze laatste kunnen evenwel in werkelijkheid ook een ceremoniële in plaats van een echte gebruiksfunctie hebben gehad.

De variatie aan artefacten is enorm: kralen, oorschijven, haarversieringen, bijlen, dissels, priemen, pijpen, etcetera. Daarnaast zijn ook onbewerkte klompjes meteorietijzer als grafgift meegegeven: wederom een bewijs van de grote waarde die men aan het materiaal hechtte.

Een veel toegepaste techniek was om het ijzer tot een folie uit te hameren, en dit op te rollen tot cilindrische kralen of te gebruiken als inzet in of bedekking van voorwerpen uit andere waardevolle materialen, bijvoorbeeld koperen oorschijven, stenen en koperen bijlen etcetera. Het meteorietijzer werd zowel koudgesmeed als soms ook verhit (tot ongeveer 6000° C) en dan gesmeed (*louteren of annealing*), dit om het ijzer nog iets beter bewerkbaar te maken, het eindproduct te harden en onzuiverheden (silicaten in Pallasieten) te verwijderen. Dat een voorwerp koud gesmeed is, is te zien aan de verwrongen microstructuren: verbogen lamellen Kamaciet en Taeniet (verwongen Widmanstättenpatronen), verwrongen Neumannlijnen in het Kamaciet. Verhitting is te achterhalen doordat het deformatie van de kristalstructuur van het nikkelijzer veroorzaakt [Buchwald 1975: Carr en Sears 1985].

Hoewel intensief gebruikt in vergelijking tot andere gebieden, is meteorietijzer in Hopewell graven schaars in vergelijking tot andere prestigematerialen in dezelfde graven. Meteorietijzer was duidelijk alleen voorbestemd voor een kleine groep ('belangrijke?') mensen, niet iets dat iedere Hopewell-Indiaan zich kon veroorloven.

Een voorbeeld van lange afstands handel in meteorietijzer en het exploiteren van een zeer grote val, is het -meer recente- gebruik van meteorietijzer door *de Inuit* van Groenland en Canada. Toen Kapitein John Ross in 1818 het eerste contact legde met de Inuit van de noordelijke Melville Bay, bemerkte hij tot zijn verbazing dat zij de beschikking hadden over wapens van ijzer. De Inuit kennen geen ijzerbewerking, en lange tijd bleef de oorsprong van het Inuit-ijzer een raadsel. Het was de beroemde poolvorser Peary -de man die als eerste de Noordpool zou bereiken-, die in 1894 twee Inuit zover wist te krijgen hem de bron van het ijzer te wijzen. Ze brachten hem naar een plek die ze *Savigsavik* noemden, wat zoveel betekent als 'de plaats van het mes'. Daar toonden ze hem drie enorme meteorietfragmenten [27]: de 400 kg zware 'hond', de 3 ton zware 'vrouw' en de 31 (!) ton zware 'tent'. De eerste twee fragmenten waren vele eeuwen lang de bron geweest voor het ijzer van de Inuit [28]. Rond de 'hond' en de 'vrouw' lagen talloze bazalthamers, waarmee de Inuit de meteorieten te lijf waren gegaan om er de begeerde brokstukken ijzer van los te hakken.



Figuur 9 : Disselbij opgegraven in centraal Zweden, waarschijnlijk (?) Middeleeuws. De bijl is gemaakt van een mengsel van meteoriet- en Tellurisch ijzer, wat na polijsten van het oppervlak (iets wat vast niet door een archeoloog gebeurde...) een damaserend patroon opleverde [uit: Buchwald 1975].

De meteorieten zelf toonden aan hun oppervlak talloze littekens van het gehamer. De Inuit hadden de basaltbrokken van een afstand van meer dan vijftig kilometer naar de meteorieten moeten transporteren: de lokale rots rond de meteorieten was te broos om als hamer bruikbaar te zijn.

Uit opgravingen van Inuit-nederzettingen zijn tal van kleine fragmenten Cape York-ijzer en daarvan vervaardigde voorwerpen (Ulo 'vrouwenmessen', krabbers, harpoenpunten ...) gevonden, soms tot zeer ver van het brongebied: tot in de Hudson Bay, vele honderden kilometers van de bron [Buchwald 1975; Burke 1986; Bühler 1987]. Dat de handel in de fragmenten nog tot in deze eeuw doorging, blijkt uit het opduiken van een fragment onder de Inuit van Northumberland Island, 250 km. van het brongebied, in 1928.

Alle Inuit-artefacten zijn koudgehamerd. Wat opvalt, is dat alle artefacten een pure gebruiksfunctie hadden,

en niet overwegend een pronkfunctie. Misschien dat de relatieve overvloed van het materiaal daarbij een rol speelt. Uit opgravingen zijn meteorietijzeren artefacten van rond 1200 AD bekend: het meteorietijzergebruik van de Inuit van Groenland overspant dus tenminste 600 jaar.

Over het -veel vroegere- meteorietijzergebruik in het oostelijk Middellandse Zee gebied, zuid en oost Europa en het Nabije en Midden Oosten is veel minder concreets bekend. Uit de vondstcontext -graven, tempels- is echter wel duidelijk te achterhalen dat meteorietijzer ook hier een waardevol materiaal was. Over de bronnen van het materiaal is weinig bekend. De samenstelling van iedere meteoriet is in principe uniek, en door analyse van de samenstelling van een artefact kan men soms de bron achterhalen (zie ook het Hopewell-ijzer). De zeer oude voorwerpen uit het Nabije en Midden Oosten zijn vaak echter dusdanig gecorrodeerd, dat een juiste analyse zeer lastig is. Bovendien ontbreken in dit gebied grote vallen die als bron gediend zouden kunnen hebben -wat natuurlijk niet wil zeggen dat ze er in de oudheid niet waren. De enige grote val is het Wabar-kraterveld in Saoedi Arabië. Bjorkman [Bjorkman 1973; Waldbaum 1980] heeft -zich baserend op oude kleitabletten- het idee gepostu-

leerd dat 'een Assyrische handelspost in Anatolië' (waarmee dan Kültepe bedoeld zou worden [Waldbaum 1980]) zich gedurende zekere tijd exclusief met de handel in meteorietijzer bezig gehouden zou hebben. De handelsnederzetting ging over de kop toen de bron van het ijzer wegviel. Het bewijs wat ze daarvoor aanvoert is echter nogal magertjes en voor meerdere interpretaties vatbaar (is het *amitu* uit de teksten wel meteorietijzer?).

Op het moment dat het grootschalig gebruik van Tellurisch ijzer in dit gebied zijn intrede doet, lijkt het meteorietijzer zijn waardevolle positie te verliezen en nagenoeg geheel te verdwijnen. In hoeverre dit laatste écht zo is, óf dat de meteorietijzeren artefacten 'verdrinken' in de overvloed aan -grotendeels ongeanalyseerde- Tellurische ijzerartefacten, valt niet te zeggen met de huidige stand van onderzoek. Het lijkt wel logisch dat op het moment dat ijzer *gemeengoed* wordt men de sporadische meteorieten links laat liggen en ze hun speciale karakter verliezen. Vooral ook omdat, nadat het *stalen* uitgevonden is, Tellurisch ijzer wat steviger is dan het zachte meteorietijzer.

Toch hoeft dat niet persé zo te zijn. Materiaaltechnisch gezien heeft meteorietijzer het voordeel dat het door het hoge Nikkelgehalte minder snel roest. Maar er is ook nog een ander aspect: *vanwege zijn 'hemelse' oorsprong is meteorietijzer nogal symbolisch geladen*, genoeg reden om het een speciale positie te laten behouden. Er zijn vele historische voorbeelden bekend van het plaatsen van meteorieten in een religieuze of magische context. Een heel duidelijk voorbeeld daarvan is het tot heden ten dage gebruiken van meteorietijzer voor het vervaardigen van *heilige krissen* in Indonesië. Op Java wordt een waarschijnlijk één meter grote meteoriet, de *Prambanan*, sinds 1797 daartoe speciaal bewaard in de *Kraton* (het paleis) van de Sultan te Surakarta (de meteoriet zelf was overigens al veel eerder bekend, en eerder hebben waarschijnlijk andere meteo-

rieten als bron gediend). Voor het maken van een kris wordt er een stuk van de meteoriet afgehaald, gesmeed tot een baar, en daarna samengesmeed met Tellurisch ijzer. Zo ontstaat een heel karakteristiek damascierend 'slangenpatroon'. Niet alleen het eindproduct, maar ook het bronmateriaal -de Prambananmeteoriet zelf- is heilig: reden waarom het, behalve een kleine hoeveelheid materiaal in de vorige eeuw, tot nu toe nog niet gelukt is onbepaald materiaal van de meteoriet voor analyse te verkrijgen [Buchwald 1975; Arps *priv. com.*] Ook inde oudheid werden meteorieten met een Hemelse oorsprong geassocieerd. Overduidelijk is dit uit een Hettitische tekst, een deel van een ritueel voor de oprichting van een huis [Bjorkman 1973]:

The diodorite they brought from the earth. The bleek iron of heaven they brought from heaven. Copper [and] bronze they brought from mount Taggata in Alasiya [Cyprus]...

Overigens geeft deze tekst ook direct aan hoe makkelijkje dingen kunt over interpreteren. Bjorkman vervolgt namelijk met:

This can only mean that iron was known to come from the sky. The use of the word 'black' probably indicates, as Weidner (1923, 2, fn. 12) has suggested, the black fusion crust with which meteorites are covered. [...] 'The use of the word 'black' could imply, that the meteorite fall from which the iron came occurred at a time not too far removed from events described in the texts, since the black fusion crust is rapidly destroyed by weathering'

Beide conclusies hoeven niet waar te zijn. Allereerst hebben ook gecorrodeerde -dus oude- ijzermeteorieten een donkere ('zwarte') kleur: alle ijzermeteorieten die ik heb gezien waren óf roestig óf donkergekleurd. [29]. Eigenlijk betwijfel ik of ijzermeteorieten wel een echte smeltkorst hebben (ze

bevatten namelijk geen silicaten!) [30]. Ook hoeft de term '*from heaven*' niet te betekenen '*that iron was known to come from the sky*', dat men dus echt door waarneming wist dat het uit de hemel valt: een erg exotisch materiaal waarvan men de herkomst niet kan verklaren wordt natuurlijk al snel 'uit de Hemel gevallen'. [31]. Op dit laatste heeft ook Burke [Burke 1986] al eerder gewezen. Voor ons is van belang echter, dat, om wat voor reden dan ook, van oudsher (en tot heden ten dage: Japan, Indonesië, Afrika) een verband is gelegd tussen meteorieten en 'Hemelse' of bovennatuurlijke zaken. Het zou dan ook interessant zijn om te kijken in hoeverre meteorietijzer (onbewerkte fragmenten zowel als artefacten) ook na de grootschalige in-trede van Tellurisch ijzer voor blijft komen in een speciale context (tempel inventarissen, elite graven). Daarvoor is echter eerst meer materiaalonderzoek van ijzeren artefacten uit latere perioden nodig.

De auteur dankt Dr. Peter Jenniskens (DMS/tot voor kort Leidse Sterrenwacht, nu NASA Ames-Research Center, California) en Dr. C.E.S. Arps (Nationaal Natuurhistorisch Museum, Leiden) voor hun hulp bij het opsporen en inzien van bronmateriaal. The author thanks Dr. Derek W.G. Sears (Cosmochemistry Group, University of Arkansas and editor of *Meteoritics*) who not only provided the article of Bjorkman on request, but additionally was so kind to supply the article on his own research of Hopewell-meteorite iron and attended on [Buchwald 1975].

Referenties

- 1] Benson E., Coe M. en Snow D., (1986): *Atlas of Ancient America*, p.48-57. Equinox Books, Oxford.
- 2] Bjorkman J.K., (1973): Meteors and meteorites in the Ancient Near East. *Meteoritics* **8**, p. 31-132.

- 3] Blackwell A.T., Griffin A.A., Halliday I, 199 1: The frequency of meteorite falls. Comments on two conflicting solutions to the problem. *Meteoritics* **26**, p.243-249.
- 4] Buchwald V.F., (1975): *Handbook of Iron Meteorites*, Vol. 1-3. University of California Press.
- 5] Bühler R.W., 1987: *Meteorite, urmaterie aus dem interplanetaren raum*. Birkhäuser Verlag, Basel.
- 6] Burke J. G., 1986: *Cosmic debris, meteorites in history*. University of California Press.
- 7] Carr S. en Sears D.W.G., 1985: Toward an analyses of the exchange of meteoritic iron in the Middle Woodland. *Southeastern Archaeology* **4(2)**, p.79-91.
- 8] Langbroek M.: Het zwarte ijzer uit de Hemel. *Zenit* **20** (in voorbereiding).
- 9] Needham J., 1980: Iron and Steel Technology in East and Southeastern Asia. In: Muhly J.D. en Wertime T.A. (eds.): *The Coming of the Age of Iron*, p.512. Yale University Press.
- 10] Ross Taylor S., 1991: Accretion in the inner nebula, the relationship between terrestrial planetary compositions and meteorites. *Meteoritics* **26**, p.267-278.
- 11] Shramko B.A., 1981: Die ältesten Eisenfundstücke in Osteuropa. In: Haefner H. (ed.): *Frühes Eisen in Europa*, p. 109-114. Schuffhausen.
- 12] Varoufakis G., 1981: Investigation of some Minoan and Mycenaean Iron Objects. In: Haefner H. (ed.): *Frühes Eisen in Europa*, p.25-32.
- 13] Waldbaum J.C., 1980: The First Archaeological Appearance of Iron and the Transition to the Iron Age. In: Muhly J.D. en Wertime T.A. (eds.): *The Coming of the Age of Iron*, p.69-98. Yale University Press.
- 14] *Syllabus materiaal* p. 32-56. IPL, 1991.

Regio	Site	Datering	Aantal	Omschrijving
Iran	Tepe Sialk	4600-4100 BC	3	3 kleine ballen uit bewoningslaag periode II. Widmanstättenstructuur.
Egypte	Gerzeh	3500-3100 BC	9	9 kralen uit pre-dynastische graven 67 en 133. Eén geanalyseerd : Ni 7.5 %
	Deir el-Bahari	2133-1991 BC	1	Blad van 'pesesh-kef' amulet. Tombe prinses Aa Shait, dynastie XI. Ni ca. 10 %
	Thebes	1350 BC	18	Tombe Tu~amon. Hoofdsteun, dolk, 16 miniatuur scalpels. 'Hoog nikkelgehalte'
Mesopotamië	Uruk-Warka	3100-2800 BC	1	Fragment van '?. Tussen tempels D en E van de Anu Ziggurat. 'Meteoritisch'.
	Ur	2500 BC	1	Fragment lemet gereedschap. Royal Cemetery. Tombe PG/580. Ni 10.9%
Anatolië	Troje	2600-2400 BC	1	Scepterknop. Treasure L. Ni 3.02/6.34%. Widmanstättenstructuur? NiO 2.44/3.91 %
	Alara Hdyák	2400-2100 BC	2	Pin met gouden knop. Ni 5.08 % (NiO 3.44 %). 'Halve maan' plakkaat. Ni 4.30% (NiO 3.06%)
Palestina	Ugarit	1450-1350 BC	1	Strijdbijl met koper en goud. Votieffoffer in heiligdom. Ni 3.25 %.
Griekenland	Dendra	14e eeuw BC	1 (3)	Ring. Ni 3.18 %. Met zilver, lood en koper. 2 andere ringen, Ni 2.77 % . 1.55 %. Onzeker
	Mycene	13e-14e eeuw BC	2	Ring. Gemeten Ni 2.72%. Berekend 4.94%. Ring. Gemeten Ni 3.28%. Berekend 10.77%
Russische Fed.	?	3e millenium BC	1	Eenvoudig sieraad. Graf Athanasievcultuur. 'Waarschijnlijk meteorietijzer'
	Bitchin Buluk	1750 BC	1	Koudgesmede bladvormige speerspits uit grafheuvel. Ni 3.65%, Cu 1.0% (?!)*
China	Prov. Honan	1000 BC	2 (meer?)	Bronzen bijl met ijzerblad. Widmanstättenstructuur. Hellebaard met ijzerpunt, 'punt uit Kamaciet'. Tombe Chou-dynastie. Meer artefacten (pijlpunt, bijlen) uit dezelfde periode?
	Prov. Hopei	14e eeuw BC	1	Bronzen bijl met ijzerblad. Ni 3.4% gemeten berekend 6%. Lamellenstructuur.
Oosten VS	Diverse	200 BC - 450 AD	>50	Oorschijven, kralen, bijlen, panpipes, metaalstiksel, hoofdbedekkingen etc. uit Hopewell-Mounds Ohio-Illinois en Georgia-Florida Hopewell. Eén van de vele bronmeteorieten getraceerd: De Brenhem-Pallasiet (Kima County, Kansas)
New Mexico (VS)	?	?	1	Bijl uit ruïne. Exacte locatie onbekend. Bijgewerkte Kamaciet-lamel uit grove Oktaedriet. 65x25x15mm. 130 gram.
Zweden	?	Middeleeuws?	1	Dissel van gesmeed Tellurisch en meteorietijzer
Groenland/Canada	Diverse	1200 AD - ?? AD	Diverse	Opgegraven in centraal Zweden. 'Ulo', krabbers, harpoenpunten etc. Door Inuit koudgesmeed van fragmenten Cape York meteoriet.

Tabel 2 :

Zekere en veronderstelde meteoriet ijzeren artefacten voor een aantal regio's. De tabel pretendeert niet compleet te zijn.

Naar Bjorkman 1973, Buchwald, 1975, Burke (1986), Carr en Sears (1985), Needham (1980), Shramko (1981), Varoufakis (1981) en Waldbaum (1980).

Onbewerkte fragmenten uit archeologische context

Verenigde Staten	Diverse	200 BC - 450 AD	Diverse	Uit Hopewell-Mounds. Zie boven.
	Camp Verde	1100 AD	1	Bijgezet in lege crypte. In verenkleed. 61.5 kg. Fragment Canyon Diablo. 65 km van inslagplaats.
	Oktibbeha Co.	?	1	Fragment 16 kg. In graf met andere giften.
	Navajo	Vóór 1600 AD	2	1.5 ton en 683 kg. Op inslagplaats begraven onder stenen door Indianen.
Mexico	Casas Grandes	?	1	Fragment 1.5 kg. In lege kamer in graftombe, verpakt in maguey-kleden.
Kreta	Aghia Triada	1600-1400 BC	(1?)	In Minoisch paleis. 29x21x10cm. 10 lb. Zaagsporen. Identifikatie meteoriet niet zeker : Nog nooit geanalyseerd...
Groenland-Canada	Diverse	1200 AD- ?? AD	Diverse	Uit Inout-nederzettingen. Zie boven.

Tabel 2 (vervolg)**Noten:**

1. Naast student Prehistorie, is de auteur ook een actief amateurastronoom met een voorliefde voor meteoren en meteorieten. Hij is actief lid van de *Dutch Meteor Society* (DMS) en lid van de internationale *Meteoritical Society*.
2. Het oudste *Nederlandse* ijzeren voorwerp is een klein pinnetje uit de veenweg van Borgeroosterveld, daterend uit 1200 BC.
3. Vier van de vijf geanalyseerde artefacten van vóór 3000 BC en zes van de twaalf geanalyseerde artefacten uit de periode 3000-2000 BC. Niettemin is het *oudste* artefact, een voorwerp met onbekende functie uit graf A van Samarra, Irak, dat dateert uit maar liefst 5000 BC (!), vervaardigd van *Tellurisch* ijzer!
4. dat ik in dit artikel verder zal aanduiden als *Tellurisch* ijzer.
5. Oei; als Von Däniken dat maar niet hoort...
6. In een aantal regio's, bijvoorbeeld Noord-Amerika, werd *Tellurisch* ijzer pas door de Europese kolonisten geïntroduceerd. Lang vóór die tijd hadden de Indianen echter al een groot vakmanschap bereikt in het bewerken van meteorietijzer.
7. Mercurius, Venus, de Aarde en Mars.
8. Jupiter, Saturnus, Uranus en Neptunus. De 'ijsplaneet' Pluto is in vele opzichten een buitenbeentje, en heeft wellicht een *kometaire* oorsprong.
9. En vormden daar het ijsachtige, kometaire materiaal in de Kuiperbelt en Oortwolk.
10. In werkelijkheid ging alles uiteraard wat ingewikkelder dan de zéér simplistische voorstelling van zaken die ik hier geef. Veel processen uit de vroege formatie van het zonnestelsel zijn nog lang niet begrepen.
11. Hun *aphelium*, het punt in de baan het ver van de zon, blijft doorgaans in de planetoïdengordel. *Het perihelium*, het punt in de baan het dichtst bij de zon, ligt binnen de Aardbaan. De banen zijn sterk elliptisch.
12. Helder genoeg om ook overdag gezien te worden!
13. Die weer onderverdeeld kunnen worden in subtypen, en vervolgens nóg eens.
14. Het ijzerpercentage bedraagt tussen de 0.5 en 30%.
15. Deze millimeter grote chondrules komen in Aards gesteente niet voor, het is specifiek iets voor Chondrieten [de belangrijkste sub-klasse steenmeteoriet.]
16. Wat niet wil zeggen dat steenmeteorieten archeologisch niet interessant zijn; ze zijn vanaf de prehistorie tot aan vandaag de dag (Japan, Afrika) als cultusobject gebruikt.
17. Alle gegeven percentages betreffen gewichtspercenten.
18. Daaronder enkele mineralen die *alleen* in meteorieten voorkomen, zoals *Troiliet* (FeS, niet te verwarren met *pyriet!*), *Schreibersiet* (Fe₃P) en *Daubréeliet* (FeCr₂S₄). 'Spannend' detail is dat sommige ijzermeteorieten ook *Diamant* bevatten.
19. Daartussen kunnen zich weer bollen Troiliet, kristallen Schreibersiet en andere mineralen bevinden.
20. Met deze opbouw in 'nikkelarme' en 'nikkelrijke' lagen moet men terdege rekening houden als men een materiaal analyse doet met behulp van bijvoorbeeld Röntgenspectrometrie. Afhankelijk van in welke laag men aan het meten is, vindt

men sterk wisselende percentages Ni. Om een betrouwbaar Ni-percentage voor het gehele ijzer te verkrijgen, moet men dan ook een groot aantal metingen op verschillende plaatsen van het voorwerp doen. Het bepalen van het Ni-percentage (en de overige samenstelling) is niet alleen van belang voor het oordelen of een voorwerp wél of niet van meteorietijzer is (of überhaupt van ijzer: één van de door Carr en Sears [Carr en Sears 1985] geanalyseerde 'meteorietijzeren artefacten bleek in werkelijkheid van ... koper te zijn!), maar óók omdat men dan een uitspraak kan doen over het soort meteoriet dat de bron vormde. Iedere meteoriet is uniek van samenstelling, en als er nog materiaal van de bronmeteoriet over is, kan men het ijzer zo naar de bron traceren. In praktijk blijkt dit evenwel zéér lastig. Corrosie vormt een probleem: de Ni-arme lagen corroderen sneller dan de Ni-rijke lagen, zodat een gecorrodeerd voorwerp een te hoog Ni-percentage krijgt. Als ook het Ni tenslotte tot nikkeloxiden oxideert, levend dat bij analyse juist weer een te laag Ni-percentage op.

21. Ook de Kamacietlamellen in Oktaedrieten vertonen Neumannlijnen.
 22. Slechts twee van de 2611 meteorieten die in 1985 bekend waren, de vondsten op Antarctica niet meegerekend.
 23. Des te verbazingwekkender is het dan ook dat er desondanks toch, zij het zeer sporadisch, zulke zeer vroege voorwerpen Tellurisch ijzer zijn als het voorwerp uit Samarra... !
 24. Heden ten dage organiseren wetenschappers in zulke gebieden speciale zoektochten naar meteorieten. Er worden er dan iedere dag wel enkele gevonden (steenmeteorieten meegerekend). De meest bekende voorbeelden van zo'n gebied zijn de *Nullarbor Plains* in Australië, de eroderende zandduinen van *Roosevelt County* in New Mexico (VS) en *Acfer en Tanezruft* in de Sahara. Ook de ijsvelden van Antarctica hebben duizenden meteorieten opgeleverd, maar dat heeft andere oorzaken.
 25. De grootste uit één stuk bestaande ijzermeteoriet is de 60 ton (!) zware *Hoba* uit Namibië
 26. Het bekendste voorbeeld van de laatste situatie is de -eveneens door Indianen geëxploiteerde- meer dan één kilometer brede *Barringer Meteor Crater* in Arizona. In recente tijden is er rond de krater meer dan 30 ton aan ijzermeteorietfragmenten terug gevonden die bekend staan onder de naam *Canyon Diablo*. De auteur bezit zelf een klein fragment van deze meteoriet.
 27. Samen met een groot aantal andere, soms zeer forse meteorietfragmenten -o.a. een fragment van 20 ton ontdekt in 1963 door Buchwald, die in het gebied sindsdien gevonden zijn, de laatsten beginjaren '80, horen deze fragmenten tot één grote val van vele duizenden jaren geleden: de *Cape York-groep*.
 28. In 1913 werd een derde door de Inuit als ijzerbron gebruikt fragment gevonden in het gebied: *Savik I van* 3.4 ton.
 29. Mijn eigen fragmentje *Canyon Diablo*, 49000 jaar oud, is óók nagenoeg zwart.
 30. Ik ken één foto van een ijzermeteoriet met smeltkorst maar dat betreft een abnormaal zwavel- en silicaatrijk exemplaar, en is als zodanig niet representatief.
 31. Ook volgens de Inuit kwamen de *Cape York* meteorieten 'uit de hemel', niettegenstaande het feit dat de meteorieten gevallen moeten zijn lán voordat de Inuit het gebied in bezit namen...
-

Actieoproep zomeracties 1993

11 augustus : alles of niets...!

- ψ Cygnidenactie rond 21 juli
- 11 augustus: het aftellen is begonnen...

Marco Langbroek ¹

1 Jan Steenlaan 46, 2251 JH Voorschoten

English Summary

Hopes are high for a splendid Perseid storm over Europe this year, following the outbursts of 1991 and 1992. This article gives a prospect of what might happen during the night 11/12 august 1993. However, it is explicitly stressed that there is a real possibility that there will happen *nothing at all(!)*. A scenario by Peter Jenniskens is given, which gives reasons why it might be possible that this year we will *not* touch upon the dust concentrations causing the outbursts of last two years. This possibility must be considered seriously. However, it is also stated that there are a lot of disturbing terms which have the potential to change the situation according to Jenniskens Doomsday Scenario into less dire straits, as from the viewpoint of the meteor observers on Earth.

A lot has been discussed as to at which time exactly a possible outburst can be expected. According to P/Swift-Tuttle's descending node, the outburst should occur around 11 UT on august 12. According to the solar longitudes of the 1991 and 1992 outbursts, and the 0°1 shift in λ between those years, an outburst around 23h UT, august 11, can be inferred. Given the fact that last years outburst occurred very close to but not exactly at the comet's descending node, and the fact that like last year, this year's Perseid maximum occurs not too much separated from the comet's passing of the descending node, the author expects this year's possible outburst to occur just *before* the Earth reaches the comet's descending node, which means **a little before 1h** UT, august 12. Please note however, that the real time of outburst -if it will happen at all- could be different from the times suggested by several hours...

DMS, joined by the IMO and VVS-WG Meteoren Belgium concentrating on visual work, will set up a large photographic, video and visual multi-station campaign in Southern France (the largest ever outside The Netherlands as far as the photographic and video multi-station campaign is concerned). On June 12, 1993, most people taking part in the expedition gathered at Harderwijk. The items put forward in this article are largely the result of the things put forward during the discussions that day.

Special attention is paid to a possible 'new' minor stream around July 21. A radiant located close to ψ Cygni, at coordinates R.A. 19h55m, Dec. +51° (2000.0), might be active around that date, according to observations by the author in 1990 and Michiel van Vliet in 1992. ψ Cygnids are medium fast, with no evident colours, persistent trains or flares. The author strongly calls to report observations on possible ψ Cygnids to the Dutch Meteor Society. The case of the ψ Cygnids is put forward in more detail in the IMO-journal *WGN*.

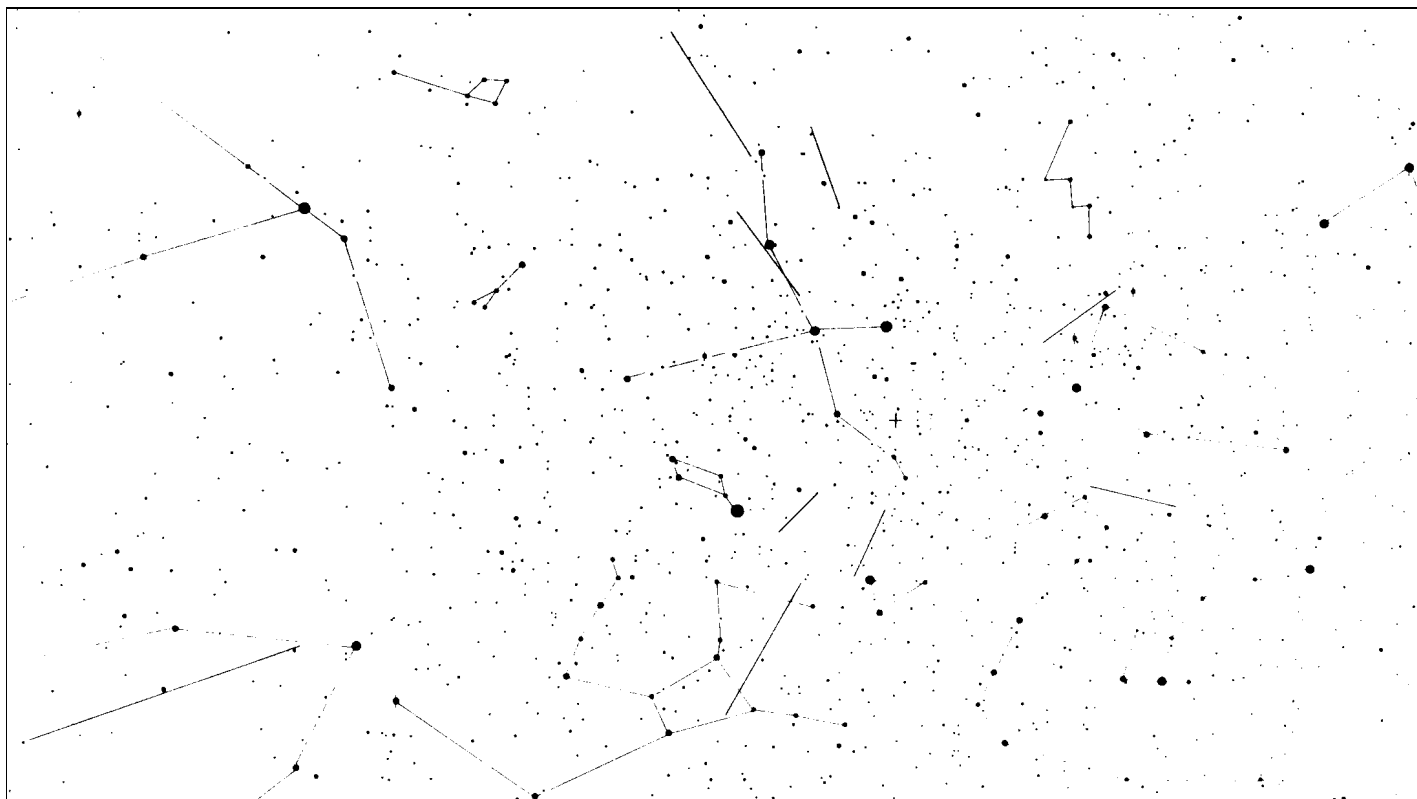
Inleiding

Het aftellen is begonnen... Nog even, en het is zover: 11 augustus 1993! De dag, dat het allemaal moet gebeuren. Simultaannetwerken in Frankrijk, scenario's voor 'crash-acties' richting Pyreneeën of Noord Italië, 'elektrophonic sound'-experimenten te Varsseveld: het staat allemaal gepland. Speciale actie ook rond 21 juli. De ψ Cygniden, in het jaaroverzicht per abuis ϕ Cygniden genoemd (met nog

mijn dank aan MVO die mij hier op attendeerde), zijn dan wellicht actief. 'Ontdekt' door ondergetekende in 1990, en waargenomen door MVO in 1992, is er thans een internationale actie gestart met als doel nu voor eens en voor altijd te bepalen of ze écht bestaan. Het wordt een hete zomer, om in vakbondstermen te spreken. Hopelijk gaan echter nóch de ψ Cygniden, nóch de Perseïden dit jaar in staking...

Een nieuwe zwerm rond 21 juli ... ?

In juli 1990 nam vertoefde ik een tweetal weken te Puimichel, Zuid Frankrijk. Hoewel voornamelijk daar voor Deep-Sky observatie met de grote telescopen van Danny Cardoen, heb ik de 'verloren' uurtjes tussen waarneemtijd op één van de telescopen gevuld met korte sessies aan de eclipticale zwermen van eind juli. Het bloed kruipt tenslotte waar het niet gaan kan.



Mijn intekeningen van destijds geven aanwijzingen voor het bestaan van een tot dan toe onbekend zwermpje met een radiant in het noorden van de Zwaan rond 21 juli. Hoewel men erg voorzichtig moet zijn met 'nieuwe' zwermen (neem een willekeurig gebied aan de hemel, en er verschijnen altijd wel wat meteoren die uit dat gebied lijken te komen. Dat geldt zeker onder de ideale Zuid Frankrijk condities, met zijn schijnbaar hoge sporadische achtergrond dankzij de donkere luchten), zijn er een aantal redenen waarom we denken dat deze zwerm wellicht reëel is. In 1990 werden door mij tien mogelijke zwermleden waargenomen in 4.25 uur effectieve tijd, bij grensmagnitudes van respectievelijk +6.4, +6.5 en +6.8 gedurende de nachten 20/21, 21/22 en 22/23 juli. Daarna werden géén zwermleden meer waargenomen. Voor de nacht 21/22 valt een ZHR rond 2 te berekenen.

Alle mogelijke zwerm-leden vertonen de zelfde kenmerken: mediumsnel (v rond 40 km/s), zonder duidelijke kleuren of flares. De meteoren lieten

geen nalichtend spoor achter, ook niet de heldere meteoren van +1 en +2.

De intekeningen tonen langere meteorsporen verder van de radiant en kortere meteorsporen dicht bij het radiant. Zeer suggestief, werd er één puntmeteor waargenomen in de bepaalde radiant! Uit de intekeningen is een niet al te groot radiant met een diameter van 5° te distilleren, nabij de ster ψ Cygni. Vandaar de naam ' ψ Cygniden'. De radiant heeft de coördinaten R.A. 19h55m, Dec. $+51^\circ$ (2000.0). Peter Jenniskens heeft de Harvard fotografische lijsten nagespeurd naar mogelijke ψ Cygniden. Hij vond echter dat de lijsten een gat van vijf dagen vertonen precies rond 21/22 juli, waarin geen enkele meteor (ook geen sporadische) is gefotografeerd. In juli 1992, kwam er een tweede bevestiging van mogelijke ψ Cygniden eind juli. Michiel van Vliet (Vlissingen) nam een honderdtal meteoren waar in de periode 17-23 juli 1992. Veertien meteoren waargenomen tijdens de nachten 20/21, 21/22 en 22/23 juli zouden tot de ψ Cygniden-zwerm kunnen behoren. Ze zijn allen mediumsnel geclassificeerd, zonder

Figuur 1: 10 mogelijke ψ -Cygniden waargenomen door de auteur op 20/21 21/22 en 22/23 juli 1990 vanuit Puimichel.

Let op de puntmeteor in de radiant.

flares of nalichtend sporen. De uit Michiels intekeningen bepaalde radiant is op nog geen 2° afstand gecentreerd van de door mij in 1990 bepaalde radiant!

Dit jaar zijn de waarneemomstandigheden rond 21 juli bijzonder gunstig: het is **nieuwe** maan op 19 juli. Ik doe hierbij een dringende oproep om rond die datum te gaan waarnemen. Van groot belang daarbij is, dat er wordt ingetekend. Waargenomen radianten kunnen zo met elkaar vergeleken worden. Vermeld ook alle informatie over snelheden, uiterlijke kenmerken etcetera.

Waarnemingen aan mogelijke ψ Cygniden kunnen zowel naar de visuele coördinatie (Michiel) als direct naar mij gestuurd worden. Rapporteer óók als u rond de vermelde datum tijdens het waarnemen géén activiteit uit de radiant heeft gezien!

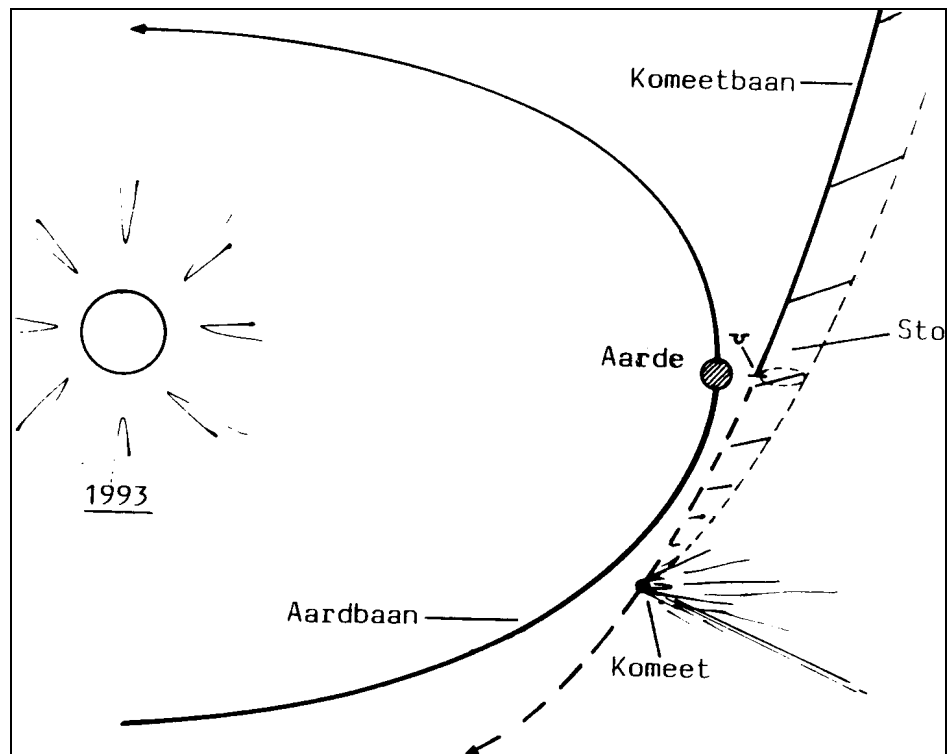
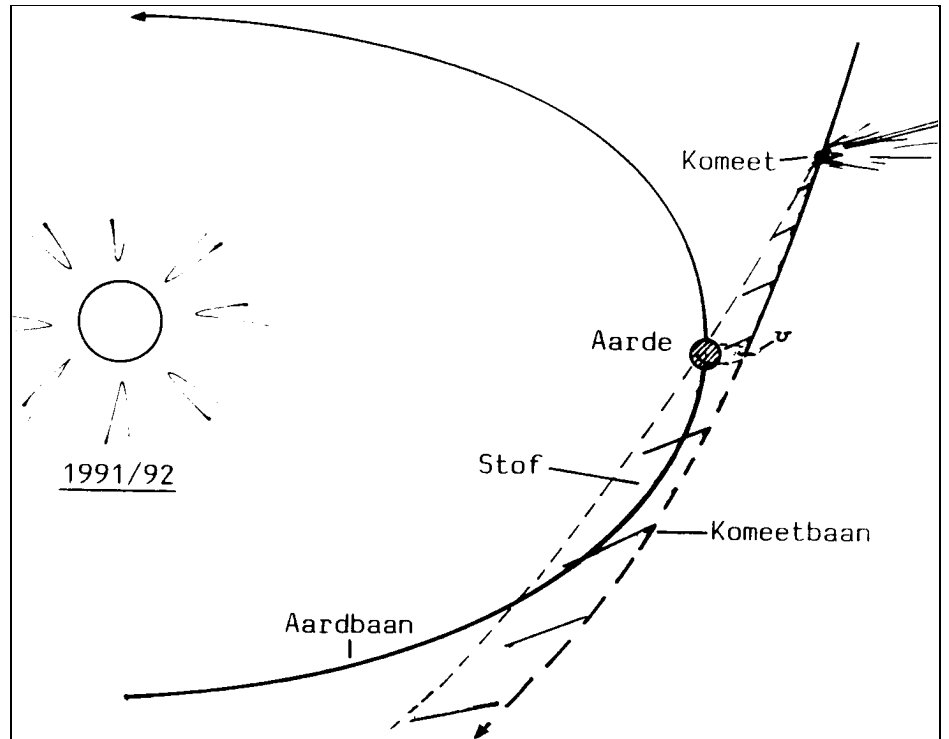
Misschien kunnen we dit jaar definitief vaststellen of de ψ Cygniden ècht bestaan of niet.

11 augustus: alles of niets... !!

Moet ik er nog veel over zeggen?!? Iedere waarnemer weet nu toch zo langzamer hand wel wat ons deze zomer mogelijk te wachten staat?!? Na de uitbarstingen van 1991 en 1992, heeft menig meteorenwaarnemer natte dromen voor dit jaar. De superlatieven zijn niet van de lucht. Vergelijkingen met P/TempelTuttle en de Leoniden vonden zelfs getrokken. Temidden van al deze hysterie, zullen wij nochtans proberen het geheel ook een kritische noot te geven. Voor dié genen die níet op de bijeenkomst van 12 juni zijn geweest en niet -gezegd zijn zij- zijn aangesloten op de chronische papier beri-beri van het illustere (of sinistere!?) span Capstock-Dackpannik, zal er ook het een en ander gezegd gaan worden over waarneemmethoden, plannen etcetera. Hier en daar zullen wellicht de nodige open deuren worden ingetrapt, maar volledigheid is immer ons streven. Als het in de politiek mag, mag ik het ook...

11 augustus: alles ... ???

Volgens het kamp der superlatieven, gaan we wat meemaken. Zoniet een nog groter spektakel, dan toch zeker iets á la 1991 en 1992. 'Je kunt zelfs stellen dat het zeer verrassend zou zijn indien we geen enkele verhoging zouden waarnemen' [CrtK, priv. com.]. Ook anderen zijn die mening toegedaan. Het gonst van de speculaties. Het moet mij van het hart, dat ik het idee heb dat sommige mensen een beetje op hol beginnen te slaan. Zo beginnen nu bijvoorbeeld vergelijkingen met P/Tempel-Tuttle en de Leoniden de meer recentere publicaties binnen te sluipen. Op de bijeenkomst van 12 juni te Harderwijk werd wat meer realiteit aan de dag gelegd. Eén van de belangrijkste



conclusies van die dag was, dat er een Mount Everest aan onzekerheden is. Zelfs de mensen die aanvankelijk onvoorwaardelijk de superlatieven aanhingen waren het daar over eens. Maar het maakt het hele gebeuren juist des te spannender! Stel dat er inderdaad wat gebeurt: wanneer mogen we dan iets verwachten, en wát mogen we dan verwachten ... ???

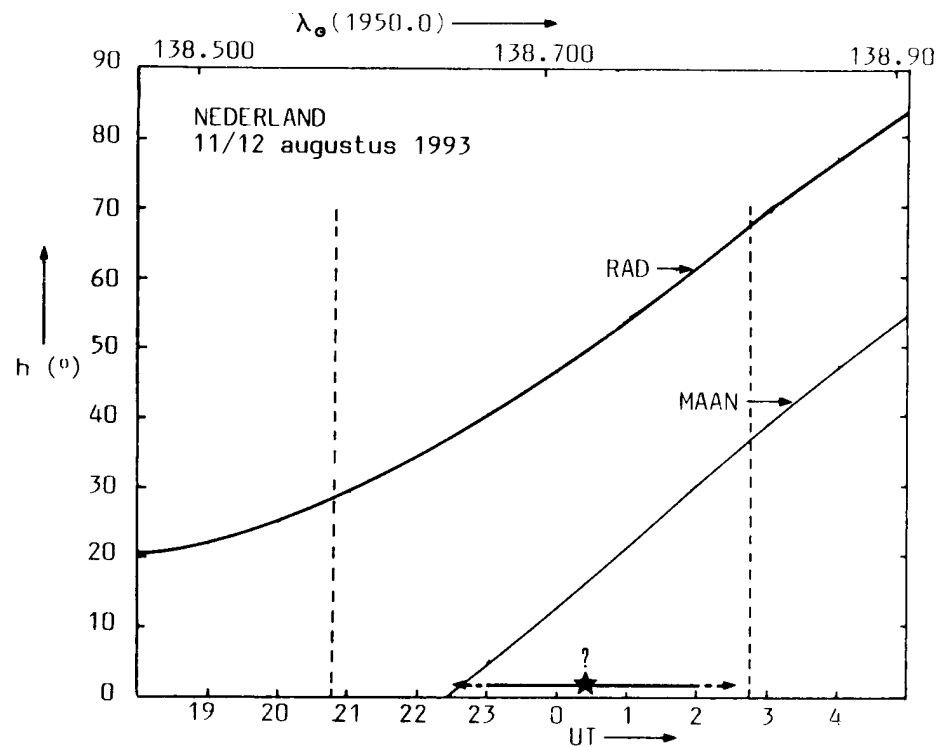
Figuren 2 en 3 (boven) : *PJM's doomsday scenario. De eerste fig. toont de situatie in 1991/1992 en waarom er toen wél een regen te zien was. De tweede figuur toont de situatie zoals die volgens het scenario voor dit jaar zal gelden. Het stof bevindt zich op een andere plaats en er zal geen regen te zien zijn.*

Over het laatste valt eigenlijk geen zinnig woord te zeggen. Een kortstondige hoge activiteit lijkt het meest logische. Maar hoé hoog... !?? 'God gives, God takes... !', zouden onze vrienden in Uganda zeggen.

Een langdurige uitbarsting is niet erg waarschijnlijk, dat is het enige wat we er van kunnen zeggen. En met langdurig bedoel ik dan langer dan zeg 2 uur. De uitbarstingen van 1991 en vorig jaar. De uitbarstingen vandaar zo'n 1 á 1.5 uur, een typische tijdsduur voor een regen. Alleen zéér forse uitbarstingen, zoals de Leoniden 1833, duren langer (zes uur in 1833), maar ik denk niet dat we iets van dat kaliber mogen verwachten. We zitten op 11 augustus slechts 224 dagen na de passage van P/Swift-Tuttle door het baanvlak van de Aarde. De komeet baan nadert de aardbaan tot op iets minder dan 0.001 AU. Komeet P/Swift-Tuttle heeft een beduidend grotere stofproductie dan andere regen producerende kometen, zoals bijvoorbeeld de Leonidenkomeet P/Tempel-Tuttle. De baan van P/Tempel-Tuttle naderde de Aardbaan in 1833 tot op 0.0013 AU, de komeet passeerde 308 dagen vóór de Aarde [Rao 1993]. Het grote verschil is echter, dat P/Tempel-Tuttle aan de *binnenzijde* van de Aardbaan passeerde, terwijl P/Swift-Tuttle dat aan de *buitenzijde* doet. Bovendien weten we absoluut niet wat de eventuele verstoringe invloed van planeten en Poynting-Robberson effecten was bij Tempel-Tuttle en zal zijn bij Swift-Tuttle.

Maar wanneer mogen we nu eventueel iets verwachten? In de nacht 11 op 12 augustus, dat is iets dat we wel kunnen stellen. Voor de rest is het problematisch. Mikken we het af op de lengte van de dalende knoop van P/Swift-Tuttle, dan komen we op 11 UT op 12 augustus. De radiant staat in Nederland op dat moment 53° hoog.

Een $k = -0.37$ maan staat 21° hoog, de astronomische schemering is 3.5 uur eerder geëindigd. Andere tijdstippen krijgen we als we gaan kijken naar 1991 resp. 1992. In 1991



vond de uitbarsting plaats rond $\lambda = 138^\circ.87$ [1950.0]. In 1992 $0^\circ.1$ eerder in zonslengte, bij $\lambda = 138^\circ.77$. Gaan we er van uit dat die verschuiving van $0^\circ.1$ in λ zich ook dit jaar weer voordoet, dan vindt de uitbarsting dus plaats rond $\lambda = 138^\circ.67$, wat overeenkomt met 11 augustus, 23h UT. De radiant staat in Nederland dan 40° hoog, de maan is bezig op te komen (opkomst 22h28m). De astronomische schemering is anderhalf uur eerder geëindigd. In 1991 kwam de zonslengte waarop de regen plaatsvond niet overeen met de dalende knoop van P/Swift-Tuttle.

In 1992, dichter op de periheliumpassage van de komeet, nagenoeg wél.

Ook dit jaar zitten we nog vrij dicht bij de periheliumpassage van de komeet. De regen mag dus logisch gezien in de buurt van de dalende knoop van Swift-Tuttle verwacht worden (Brown 1993). Zelf verwacht ik dat de regen - als er een te zien zal zijn - in zonslengte iets vóór de dalende knoop van de komeet zal vallen, **dus iets eerder dan 1h UT in de nacht 11/12 augustus**. Met nadruk zou ik erop willen wijzen dat *het echte tijdstip vele uren zou kunnen afwijken van het hier gepresenteerde tijdstip*. Weest dus de

Figuur 4 : Diagram voor de radianthoogte en de maan voor de nacht van 11 op 12 augustus 1993. De streepjeslijnen geven het begin en het einde van de nautische schemering. Onderaan staat het tijdvenster van de regen aangegeven met de meest waarschijnlijke tijden.

gehele nacht 11/12 augustus alert! Begin tijdens de avondschemering reeds met waarnemen -en dit kan best heel vroeg in de schemering, zo wijzen de ervaringen van de Zwitserlandgangers van vorig jaar uit- en ga desnoods door tot in de ochtendschemering.

11 augustus: niéts... !??
PJM's 'Doomsday Scenario' ...

Is het nu mogelijk dat er helemaal géén regen te zien zal zijn op 11/12 augustus?!? **Ja, deze mogelijkheid is heel erg reëel!!!** Een rauw ei om te slikken voor sommigen, maar het is wel zo. Er zijn heel goed scenario's te bedenken waarom 1993 wel eens géén regen tegemoet zou kunnen zien...

Eén van de meest angstaanjagende scenario's wat dit betreft ontsproot aan het brein van Peter Jenniskens, één van

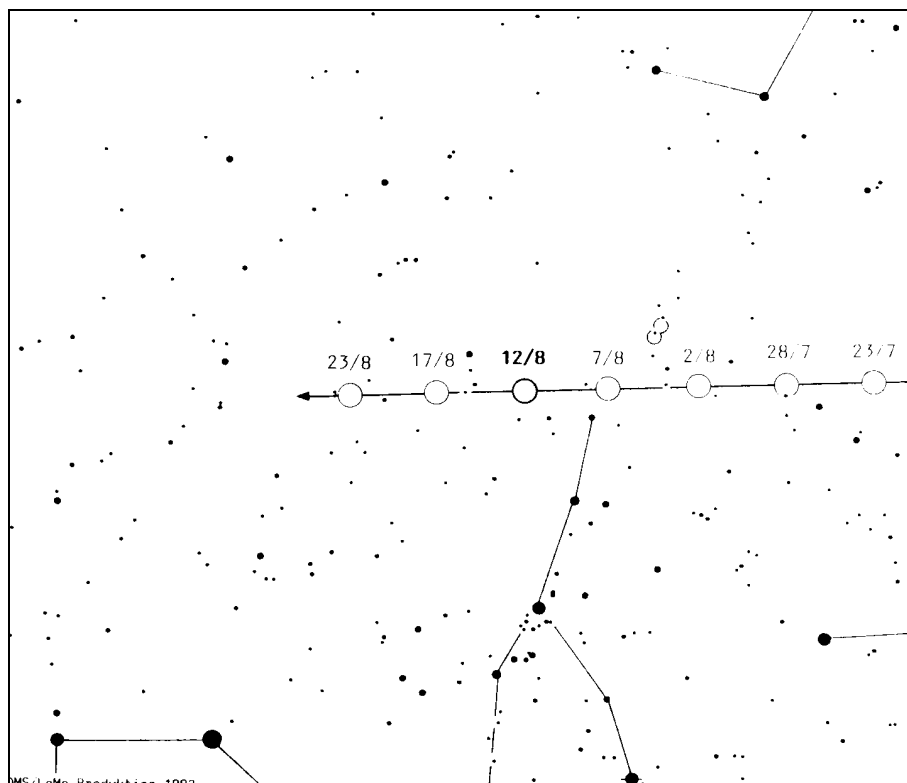
de weinige personen die het aandurfde zich ook kritisch te tonen toen alle hysterie rond een mogelijke regen dit jaar losbarstte (iets wat zeer zeker een verdienste is ...). Peter zegt niet dat er dit jaar géén regen zal zijn -laten we daar even duidelijk over wezen- maar geeft wel héél goed aan dat er een fundamenteel verschil tussen 1991 en 1992 aan de ene kant (letterlijk!) en 1993 aan de andere kant zit, zodat een regen in 1993 helemaal niet zo vanzelfsprekend hoeft te zijn als door sommige mensen in het kamp der superlatieven werd gesuggereerd. Hier op voort bordurend kwam Peter met een scenario volgens welk er géén regen zal zijn in 1993: *en dat scenario is griezelijk reëel!* We moeten er dan ook serieus rekening mee houden. Aan de andere kant zijn er zoveel externe invloeden die de situatie zoals geschetst zouden kunnen beïnvloeden, dat een regen ondanks dit scenario zeker niet uitgesloten is. Laat dat de strohalm zijn waaraan we ons de 11e vastklampen...

In 1991 en 1992 bevonden de meteoroiden die de regens veroorzaakten zich vóór komeet P/Swift-Tuttle. Dit jaar krijgen we te maken met deeltjes áchter de komeet. En juist dat maakt een groot verschil.

Deeltjes die vóór de komeet uit bewegen, gaan noodzakelijk iets sneller -anders komen ze niet vóór de komeet. Dat houdt volgens de wetten van Kepler in, dat ze in een iets krappere baan bewegen, dus een baan die iets binnen de komeetbaan ligt.

Deeltjes die áchter de komeet aanbewegen -het zijn deze deeltjes waarmee we dit jaar te maken zullen krijgen- bewegen analoog iets *langzamer*, en derhalve in een iets *wijdere* baan. Dus iets buiten de komeetbaan.

De baan van P/Swift-Tuttle passeert de Aardbaan op slechts 0.00094 AU. Aan de *buitenkant*. En dat laatste is nu zo belangrijk, en ook de reden dat de vergelijking met de Leonidenkomeet P/Tempel-Tuttle niet zo opgaat (die passeert namelijk aan de *binnenkant*). De komeet passeert al op 0.0009 AU



buiten de Aardbaan, en volgens de theorie van Peter zitten de stofdeeltjes van 1993 nóg eens ietsje verder buiten de Aardbaan. In 1991 en 1992 zaten ze binnen de komeetbaan, dus dicht bij de Aardbaan dan de komeetbaan zelf, en dáárom kon de Aarde er toen wél doorheen. Of de Aarde dat in 1993 ook kan, hangt van de diameter van de stofconcentratie af.

De regens van 1991 en 1992 duurden één á anderhalf uur. Een typische tijdsduur voor een regen. In één uur legt de Aarde een afstand van 0.0007 AU af. De diameter van de stofconcentraties waar de Aarde in 1991 en 1992 doorheen ging, bedroeg dus 0.007 á 0.001 AU.

Als de komeetbaan al op 0.001 AU buiten de Aardbaan ligt, en het stof zit er in 1993 inderdaad nóg verder buiten, dan betekent dat dus dat we dit jaar de stofconcentratie missen!!! Zie hier het Horrorscenario van Peter Jenniskens. ;,

Gelukkig zijn er nog een aantal factoren die bovenstaand Domsday Scenario in voor ons positieve zin kunnen beïnvloeden. Kleine deeltjes in ons zonnestelsel zijn erg gevoelig voor een heel scala aan baanverstoringe

Figuur 5 : *Natuurlijk nemen we niet alleen in de maximumnacht de Perseïden waar maar zijn we gedurende alle maanlichtloze nachten paraat. Deze figuur toont de overbekende efemeride van de Perseïdenradiant.*

factoren: planeten, maar bijvoorbeeld ook jetkrachten toen de deeltjes bij Swift-Tuttle werden uitgestoten, kunnen grote invloeden op de baan hebben. Bovenstaand angstaanjagend scenario hoeft dus niet 100% reëel te zijn. *Niettemin moeten we er wel serieus rekening mee houden.* Bereidt u dus voor op een mogelijke teleurstellende 11^e augustus. Hoop kunnen we putten uit het feit dat ook komeet P/Giacobini-Zinner (de moederkomeet van de *Draconiden*) buiten de Aardbaan passeert. Niettemin gaven de *Draconiden* in 1933 en 1946 een forse regen te zien, en ook in 1985 was er een fors verhoogde activiteit. Ná periheliumpassage van de komeet, ondanks dat de komeetbaan buiten de Aardbaan ligt. Voor P/Giacobini-Zinner en de *Draconiden* gaat Peter's scenario dus in ieder geval niet op. Toch leren juist de *Draconiden* ons ook nog een lesje in

de andere richting: in 1972 passeerde de Aarde de komeetbaan op slechts 0.0007 AU en slechts 58.5 dag ná de komeet. Een grote regen werd verwacht maar ... bleef uit!!! Conclusie: betreffende P/Swift-Tuttle en de Perseïden van 1993 is alles mogelijk...

Waarneemmethoden bij een regen

Op 12 juni is door Michiel van Vliet de nodige aandacht besteed aan toe te passen waarneemmethoden tijdens een ('De') regen. Hoewel ze in detail staan uitgemeten in de Nieuwsbrief die deelnemers aan het grote Frankrijk avontuur ontvangen, volgt hier toch ook nog een korte uiteenzetting voor die gelukkigen die níét zijn aangesloten op de papier beri-beri van Pegasoft. We beginnen al tijdens de schemering met waarnemen. Regelmatig (tenminste ieder uur: Tijdens de schemering of sterk wisselende omstandigheden vaker) maken we een *goede* grensmagnitudeschatting. We beginnen met de normale waarneemmethoden en blijven deze zo lang mogelijk volhouden. In geval van regen, komt er op een gegeven moment in de opgaande flank van de regen echter een punt waarop het allemaal volgens de orthodoxe methoden niet meer bij te benen is. We moeten dan alternatieve methoden gaan toepassen. De eenvoudigste alternatieve methode is het doen van tellingen, in perioden van 5 of 10 minuten. Begin en eind van iedere periode moeten nauwkeurig worden vastgelegd. Dit is de methode die ik in Zuid Frankrijk zal gaan toepassen. Mijn *Casio-horloge* heeft een 'aftel'mode, die ik kan instellen op bijvoorbeeld 5 minuten. Na een druk op de knop op een zorgvuldig bepaald tijdstip begint het horloge automatisch af te tellen, terwijl ik meteoren lig te harken. Na 5 minuten precies geeft hij gedurende tien seconden een geluidssignaal. Tijdens die tien seconden noteer ik op een speciaal formulier het door mij in die 5 minuten periode getelde meteoren aantal. Ondertussen begint het horloge automatisch de

volgende periode van vijf minuten af te tellen...

Waarnemers met inspreekapparaatjes kunnen een andere methode toepassen, die bovendien nog een ander soort vitale informatie levert: nl. een r-waarde *bepaling*. Een bepaling van de r-waarde is nodig, om uitspraken over de ZHR te kunnen doen. In de eerste fase van verhoogde activiteit kan de waarnemer wellicht nog helderheden inspreken (om tijdstippen, DCV's etcetera bekommert hij zich niet meer ...). Daarna moet hij alternatieve methoden toepassen: met een *korte*, duidelijke klankcode ('ja/nee, 'plus/mid, 'A/B') geeft hij aan of de meteor zwakker of helderder dan magnitude +2.5 is. Uit de verhouding zwakker/helderder dan +2.5 is vrij nauwkeurig de r-waarde te bepalen. Een eventuele derde alternatieve methode is het beperken van het beeldveld tot een gebied van slechts enkele graden (met een speciale 'bril', of door bijvoorbeeld alleen meteoren in het vierkant van Pegasus te tellen). Psychologische problemen liggen dan echter op de loer (afgeleid door wat er buiten je beeldveld gebeurt (de vuurbol van -15). Mocht u deze methode toepassen, vermeld dan wèl duidelijk wat de diameter van uw beeldveld was, en pas de methode consequent toe. Neem het beeldveld ook weer niet ál te klein, vanwege in en uit, of zelfs er in en er weer uit, het beeldveld lopende meteoren (die sowieso een probleem gaan vormen). Een prettig iets is, dat Hans op 12 juni duidelijk heeft gemaakt dat de visuele waarnemers zich absoluut niet druk hoeven te maken over het bepalen van verschijningstijdstippen van fotografische kandidaten. Met die zorg minder kunnen de visuele waarnemers zich volledig en ongestoord op een ZHR-bepaling werpen...

Mochten we een ècht spectaculaire regen gaan meemaken, met onverhoopt ZHR's van vele duizenden (de kans hierop is niet zo groot), dan liggen psychologische problemen onvermijdelijk op de loer. Probeer het hoofd koel

te houden, en zo lang mogelijk met zorgvuldig waarnemen door te gaan. Dat zal moeilijk zijn. Een echt hoge ZHR moet iets zijn waar je danig van onder de indruk raakt. Zodra er meerdere meteoren per seconde gaan verschijnen, krijg je psychedelische, Twilight zone achtige effecten.

Mensen die de Leoniden van '66 of de Draconiden van '33 hebben meegemaakt, vergelijken die gebeurtenis vaak met: 'het was net alsof de Aarde met grote snelheid door de ruimte raasde, en de sterren aan alle kanten voorbijschoten...' en 'alle sterren leken van de hemel te vallen: er bleef geen ster meer staan...' De reacties varieerden van ademloze bewondering tot een sterk beangstigend gevoel... *Niemand is psychisch tegen dit soort dingen opgewassen, hoé sterk je normaliter ook in je schoenen staat...*

Dit soort verschijnselen spelen regelrecht in op sluimerende oerinstincten en oerangsten. Als een anders hoogst nuchtere waarnemer tijdens het roemruchte Zwitserlandavontuur van vorig jaar van een abnormaal hoog vuurbollenpercentage in de schemering al op hol slaat en het halve kanton bij elkaar gilt, zullen vele mensen bij een ZHR van vele honderden of misschien wel duizenden (...), waartussen plenty vuurbollen, zeer zeker problemen krijgen. Het feit dat de verwachtingen reeds nu al zo hoog gespannen zijn, kan wat dat betreft psychologisch wel eens een nadeel blijken te zijn. Het klinkt misschien gek, maar mochten we onverhoopt werkelijk een gigantische regen meemaken, dan denk ik dat het uit psychologisch oogpunt bittere noodzaak is dat er de periode er direct na door de waarnemers intensief indrukken uitgewisseld worden om het gebeurde psychisch te verwerken, anders konden mensen erna wel eens in de problemen komen...

Grootse dingen staan ons te wachten ... of misschien ook niet. De dag des oordeels is nakende! Een spetterend succes, of een grote sof... We zullen het wel zien. Een dringend verzoek van de visuele coördinatie:

Stuur uw waarnemingen zo snel mogelijk op, liefst binnen twee weken na dato!!! En werk ze zoveel mogelijk uit, voor een eventuele periode van verhoogde activiteit liefst in perioden van vijf of tien minuten. Anders wordt de visuele verwerking een gigantisch 'onmogelijk' karwei. Hebben we goede visuele waarnemingen ter beschikking, dan heeft de visuele coördinatie daar speciale plannen mee...

Stuur ze dus zo spoedig mogelijk op!
En nu maar wachten op wat komen gaat...

Tot slot

Dit artikel is tot stand gekomen in nauwe samenwerking met Michiel van Vliet. De auteur dankt hem en Casper ter Kuile, alsmede alle deelnemers aan de bijeenkomst op 12 juni, voor het intensief uitwisselen van gedachten.

Referenties:

- 1] Brown,P.: (1993) Perseids 1993 - Shower or Storm ? Manuscript WGN.
 - 2] Jenniskens,P.: (1988) DMS *Visueel Handboek*. DMS, Leiden.
 - 3] Jenniskens, P.: *priv. Comm.*
 - 4] Johannink,C. en Kuile, C.R.: (1993) *Perseiden Nieuwsbrief*. Diverse edities.
 - 5] Kuile, C.R. ter : *priv. Comm.*
 - 6] Rao J.; (1993) : Perseids 1993, THE BIG ONE ? Manuscript WGN.
-