

De Noordzee als mammoetkerkhof

Nederland is het tweede mammoetland ter wereld. Rijke vindplaatsen liggen in de Noordzee, waar de fossiele resten tienduizenden jaren ongestoord hebben doorgebracht. De Nederlandse mammoetkenner D. Mol pleit voor onderzoek aan deze tanden en botten, zodat meer bekend wordt over het uitsterven van de ijstijdreuzen.

IK BEN een echte amateur-paleontoloog, geen wetenschapper, zegt douane-ambtenaar D. Mol. Dat neemt niet weg dat hij een mammoetkenner is met internationale reputatie. Mol neemt deel aan congressen, publiceert in vakbladen en doceert als *visiting scientist* aan de Universiteit van Flagstaff in Arizona.

Vandaag verschijnt van zijn hand een boek over mammoeten. (*De Mammoet, sporen uit de ijstijd*, Bztoth). Dit boek wordt de uitgestorven ijstijdreuzen wordt ongetuigd een standaardwerk voor amateurs en professionals. Alle skelet-elementen van de mammoet zijn er nauwkeurig in beschreven en afgebeeld. Bovendien bevat het veel praktische informatie over het verzamelen van mammoetfossielen.

Tot op vandaag bestond een dergelijk boek niet. In feite is het een vooramateur bewerkt Nederlandstalig versie van een wetenschappelijk werk van de hand van Mol, dat in het Engels zal worden uitgegeven. De auteur en de illustrator, Hans van Essen, werken ook aan een boek over andere ijstijdzoogdieren.

Mol (37) is al vijftientig jaar lang verzamelaar. Zijn collectie mammoetfossielen is een van de meest complete die er bestaat. Bovendien bezit hij bijna alles wat er sinds 1800 over mammoeten en olifanten is geschreven. 'Dat heeft me heel wat gekost: bij ons staat bijvoorbeeld geen glimmende auto voor de deur.'

Een poging om meer te weten te komen over hoe zijn hobby (het *understanding* is van hemzelf) zijn leven en dat van zijn gezin heeft beïnvloed, wijst hij op: 'Als je blijft, schrijf niet over mij, het gaat over de mammoeten! En het kost me enkele moeite om gesprekken aan te dragen: grote zoogdieren uit de ijstijd, daar is hij van bezeten.'

Op de bodem van de Noordzee liggen tienduizenden en nog eens tienduizenden verlaten botten uit de ijstijd. Het zijn dezelfde fossielen als op het vasteland, maar daar zijn ze bedolven onder tientallen meters dikke rivierafzettingen. Mammoeten, holenberen, wolharige neushoorns, hyena's, reuzenherten en zelfs nijlpaarden.

De Noordzeebodem, nu het domein van schol, tong en andere platvissen, lag vroeger droog en er leefden mensen en dieren. Na de jongste ijstijd, tienduizend jaar geleden, is de zeespiegel gaan stijgen. Als gevolg daarvan werd tweeduizend jaar later het gebied tussen de huidige Britse en Nederlandse kust overspoeld.

Het landschap waarin de ijstijdmens heeft geleefd, ligt nu twintig tot vijftig meter onder zee. Toch is volgens Mol

het leefoppervlak van de ijstijdieren tamelijk in tact gebleven. Zeestromingen hebben weliswaar fossielen verplaatst of bedolven onder zand, maar deze verstoringen spelen slechts op bepaalde plekken een rol van betekenis. Veel materiaal ligt nog precies op de plek waar het altijd heeft gelegen.

Bij het vissen met sleepnetten worden regelmatig beenderen, kiezen en mammoetslagtanden bovengedaald. De stebodem die voor het net over de zeebodem sleept, woelt ze los. Een rijke vindplaats ligt ten zuidwesten van de Bruine Bank, een verhoging van de zeebodem op honderd kilometer uit de Noordhollandse kust.

Op deze plek worden grote aantallen tien- tot dertigduizend jaar oude fossielen opgevoerd van de wolharige mammoet, *Mammuthus primigenius*. In Alaska en Siberië zijn verschillende exemplaren in diepgevroren toestand in de permanent bevroren grond gevonden, en in Franse prehistorische grotten van de Dordogne zijn afbeeldingen in de rots gekrast. Daardoor weten we vrij nauwkeurig hoe hij eruit zag: het beest bezat een geel tot roodbruine vacht, waarvan de haren een meter lang waren. Zo'n vacht beschermt uitstekend tegen de kou.

Een tweede vindplaats van fossielen is de Deep Water Channel, een noord-zuid gerichte geul op dertig tot zestig kilometer van de Britse kust. In deze geul heeft het water geologische lagen blootgelegd die een miljoen jaar oude fossielen bevatten.

Dank zij de visserij met sleepnetten is Nederland het tweede mammoetland ter wereld. Siberië is nummer één. Mol



Mol (links) bekijkt opgevoerde mammoetfossielen.



Mammoetbotten en -kiezen uit de Noordzee.

FOTO T. VAN KOLFSCHOTEN

schat dat er de afgelopen tien jaar zo'n vijftigduizend mammoetkiezen uit de Noordzee zijn opgevoerd. Ze vormen een welig exportartikel. In Japan en de Verenigde Staten zijn Nederlandse mammoetkiezen als souvenirs te koop. Ze doen het bijvoorbeeld goed als prespapier.

In de Dordogne kunnen mammoetkiezen uit de Noordzee honderd gulden per stuk opbrengen. De kopers verplaatsen de kiezen in de waan dat de kiezen van de Noordzee zijn gevonden. Maar als er nog zeepokken op zitten, is gemakkelijk te zien waar ze vandaan komen.

Ook slagtanden van mammoeten komen in de netten van trawlers terecht. Het ivoor is echter door het zoute water aangetast en daardoor van inferieure kwaliteit. Op land gevonden mammoetivoor is beter geconserveerd en laat zich vaak uitstekend bewerken. Soms is het nauwelijks te onderscheiden van vers ivoor van hedendaagse olifanten.

De Europese Gemeenschap heeft de invoer van ivoor uit Afrika en Azië gereguleerd. De bedoeling is, hiermee een bijdrage te leveren aan het terugdringen van de jacht op olifanten. Maar voor fossiel mammoetivoor is geen importvergunning nodig. Grote hoeveelheden van dit kostbare materiaal worden tegenwoordig uit Siberië ge-

importeerd en, onder meer in Duitsland, tot siervoorwerpen verwerkt.

Doordat fossiel mammoetivoor zo moeilijk te onderscheiden is van recent olifantenvoor, is het voor de douane een probleem om de herkomst van ivoren sieraden te achterhalen. Bovendien zijn fossielen die op dergelijke wijze in de handel terechtkomen, onherroepelijk verloren voor wetenschappelijk onderzoek.

Nederlandse vissers spelen een belangrijke rol bij het verzamelen van fossielen, en daarmee ook bij het onderzoek van de Noordzeebodem. P. van Es uit Stellendam bijvoorbeeld, heeft heel stukken Noordzeebodem in kaart gebracht. Mol: 'Telkens als er een interessant bot in zijn netten zit, rent Van Es naar de boordcomputer om de coördinaten op te vragen.' Informatie over de exacte positie waar de fossielen hebben gelegen, is van groot belang, zeker als het zeldzame soorten betreft zoals de zuidelijke mammoet.

Deze soort, *Mammuthus meridionalis*, leefde een miljoen jaar geleden. Het was een tropische-savannebewoner. Zijn aanwezigheid op de bodem van de Noordzee toont aan dat hier dus ooit een tropisch klimaat heeft geheerst. Dit illustreert op treffende wijze de veranderlijkheid van het klimaat.

Mammoet stierf in Siberië later uit

Volgens de Russische paleontoloog Andrei Sher zijn sommige geïsoleerde populaties wolharige mammoeten veel later uitgestorven dan tot nu toe werd aangenomen: niet tienduizend maar vierduizend jaar geleden. Mammoetbotten die onlangs op het eiland Wrangel in Siberië zijn gevonden, zouden namelijk slechts 3.900 jaar oud zijn. De evolutie van de Europese mammoeten begon 2,5 miljoen jaar geleden, toen de zuidelijke mammoet, *Mammuthus meridionalis*, uit Afrika naar Europa kwam. De wolharige mammoet, *Mammuthus primigenius*, is een nazaat van deze tropische-savannebewoner. De evolutie van de Europese mammoeten hangt nauw samen met de klimaatveranderingen in de afgelopen 2,5 miljoen jaar. Deze periode wordt gekenmerkt door de afwisseling van ijstijden en warmere perioden. Het eind van de laatste ijstijd kwam abrupt en ging gepaard met een snelle klimaatsomslag. Volgens sommige onderzoekers stierf de wolharige mammoet uit doordat hij het tempo van deze veranderingen niet kon bijbenen. De limiet van zijn aanpassingsvermogen was bereikt. Volgens Sher, zondagavond te gast in het VPRO-programma *Noorderlicht*, is een mogelijke interpretatie van de jongste mammoetvondst dat het noorden van Siberië een ecologische 'niche' vormde, waarin de ijstijdreuzen vijfduizend jaar lang voor uitsterven werd behoed.

Onderzoek van het leefmilieu van ijstijdieren, met andere woorden paleo-ecologisch onderzoek van de Noordzeebodem, is wat Mol graag zou zien gebeuren. Hij geeft een voorbeeld: regelmatig is hij slagtanden van mammoeten tegengekomen waarvan de uiteinden zijn afgebroken. Bij de hedendaagse olifanten is dat het karakteristieke gevolg van stress als het leefmilieu van de populaties wordt aangetast. De mannetjesolifanten gaan dan 'vandalisme' plegen: bomen worden ontworteld en de grond wordt opengewoeld, waarbij tipsjes van de slagtanden afbreken.

Is uit de afgebroken uiteinden van mammoetslagtanden iets te leren over het massale uitsterven van de mammoeten aan het eind van de ijstijd? Voor Mol staat het buiten kijf dat dergelijke aanwijzingen dienen te worden onderzocht. Meer kennis over het uitsterven van de ijstijdfauna zou belangrijk kunnen zijn over het behoud van huidige diersoorten.

De factor 'mens' heeft ongetwijfeld een niet te onderschatten rol gespeeld in de ecologie van de ijstijd. Zitten er ook menselijke fossielen in de sleepnetten van de Noordzeevissers? Mol: 'Jazeker! Mensenbotten en door de mens vervaardigde voorwerpen.'

Maar de onderzoekinstellingen zijn er blijkbaar niet erg in geïnteresseerd. De reden hiervoor is dat het steeds losse vondsten zijn, vaak moeilijk te herkennen of te dateren. Onderzoekers zijn huuiverig voor dergelijke vondsten 'zonder context', dat wil zeggen zonder gegevens over de vondstplaats en zonder andere archeologische aanknopingspunten.

Onlangs is een vreemd stuk schedel gevonden: 'Mens, zware wenkbrauwbogen, donker van kleur', luidde de omschrijving, voldoende om menig onderzoeker hartkloppingen te bezorgen. Was hier sprake van een 'Noordzee-Nederlandse'? Aan de Universiteit van Utrecht werd prompt een koolstof-14 datering uitgevoerd. De uitkomst: circa 8.350 jaar oud. Voor velen een teleurstelling, maar 'dit moet een van de allerlaatste bewoners van de Noordzeebodem zijn geweest! Achtduizend jaar geleden namelijk was de Noordzee reeds aanwezig.'

LUDO HELLEMANS

Kijkende robot werkt als een beeldhouwer

BIJ DE flessenautomaat in de supermarkt dringt de vraag zich op hoe het apparaat het hem toch flinkt om een lege fles te herkennen en er het juiste statiegeld aan toe te kennen. Er zijn er zelfs die hele kratten aan kunnen en feilloos een ontbrekende pijpje waarnemen.

Sommigen vermoeden stiekem toch een mens achter de schermen, anderen houden het op een geavanceerd computersysteem. Maar wie het profiel bestudeert waarop dr. R. Velthuis donderdag promoveerde aan de Erasmus-universiteit, weet één ding zeker: een computer die weet wat hij ziet, vergt wiskunde van een onsupermarktachtig niveau.

Velthuis ontwikkelde een wiskundige methode om met een computer uit een verzameling punten die op een voorwerp liggen, een reconstructie van het oppervlak te maken. Dat is interessant wanneer je een industriële robot voorwerpen op een lopende band wilt laten herkennen, of voor het afbeelden van een hersen-scan. Het probleem is alleen dat een computer slechts getallen kan onthouden en bewerken. Vormen zeggen hem niets.

Om toch een oppervlak te kunnen destilleren uit een massa meetpunten, spant Velthuis op een speciale manier verbindingslijnen tussen punten die in elkaars omgeving liggen. Daarbij wordt elk punt een hoekpunt van een piramide die enkel bestaat uit driehoeken. In eerste benadering vindt hij zo een oppervlak dat als een tentdoek over een fiets hangt; de meeste meetpunten liggen nog binnen het oppervlak.

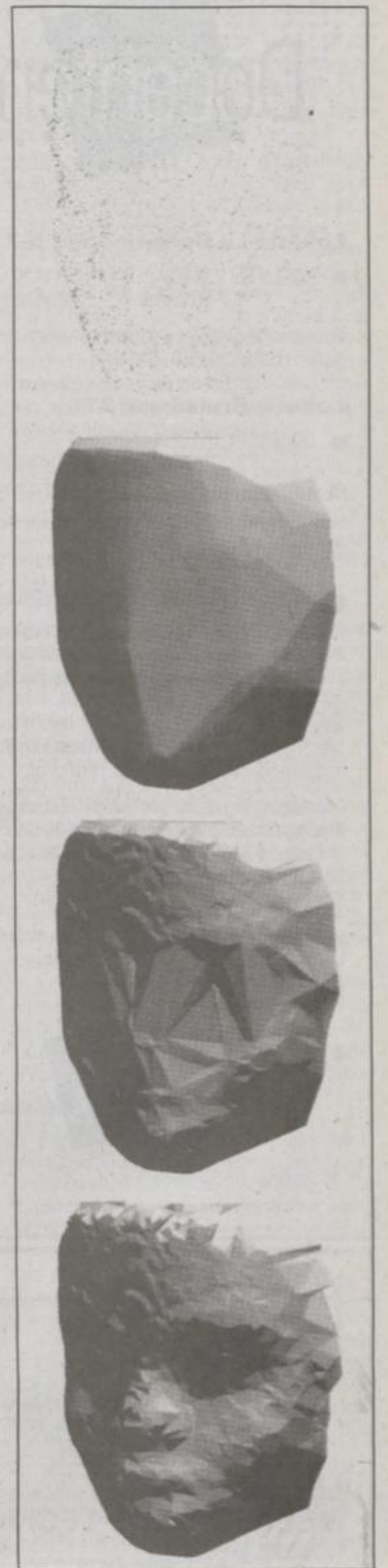
De rest van de procedure is te vergelijken met beeldhouwen in marmer. Velthuis laat de computer stap voor stap piramidetjes verwijderen als dat meer punten op het oppervlak brengt. Zijn wiskundige benadering blijkt minder dwaalwegen te bewandelen dan de huidige technieken.

Geen supermarkt heeft een getallenkraker die binnen afzienbare tijd dit soort flessen klaart, maar niettemin komt er aan een flessenautomaat geen mens te pas, bezweert H. Mast van Halton Systems in Nieuwegein, dat ze onder meer aan Albert Heijn levert. 'De winst is juist dat de automaat de flessen verzamelt, die een medewerker vervolgens op een rustig moment kan afvoeren.'

De werking is bijna teleurstellend simpel. Een fles die op de lopende band wordt gezet, passeert een scanner. Die bestaat uit een kleine, verticale, infrarode lichtbron aan de ene kant van de band, en een speciale camera aan de andere. Die camera kan op 255 hoogten tegelijk registreren hoe licht het is en doet dat gedurende de passage van de fles ongeveer honderd keer. Concurrent Torma uit Oldenzaal doet hetzelfde door een laserstraal over de passerende fles te laten flitsen en de onderbreking door de fles te registreren.

Het silhouet van pakweg een kwart miljoen meetwaarden is als een vinger-afdruk van de fles. Voor identificatie wordt een silhouet razendsnel vergeleken met ongeveer zestig standaardmodellen die in het computergeheugen zijn opgeslagen. Om het rekenwerk binnen de perken te houden, worden voor identificatie overigens maar vijf flesbreedtes en de hoogte gebruikt. Dat voldeed ook. Zolang er althans geen deuken in PET-flessen zaten.

In zo'n geval zou een reconstructie-techniek als van Velthuis nuttig kun-



De computerreconstructie van een masker, uit een verzameling met lasertechniek waargenomen punten.

nen zijn. Maar de Rotterdamse onderzoeker verbaast zich eigenlijk vooral dat de flessenautomaat *überhaupt* aan beeldverwerking doet. 'Ik dacht dat het met de streepjescodes op etiketten ging.'

MARTIJN VAN CALMTHOUT

WETENSCHAPPELIJK NIEUWS

Kogelvrije vesten uit spinnewebben

De draad waaruit spinnen hun web weven, kan worden gebruikt om sterkere kogelvrije vesten te maken dan met kunstvezels mogelijk is. Een supersterke kunstvezel als kevlar van DuPont rekt maximaal vier procent voordat hij breekt, spinneweefsel haalt gemakkelijk vijftien procent. Door die eigenschap neemt een spinneweefsel vest veel meer bewegingsenergie van een kogel op voordat het scheurt. Onderzoekers van de Amerikaanse landmacht bestuderen de samenstelling van de spinneweefsel in de hoop een synthetische variant te kunnen maken, zo meldt *New Scientist* van 14 november. De vraag is welke eiwitten de bouwstenen vormen voor de draad. Bovendien is onduidelijk hoe de spin erin slaagt, oplosbare eiwitten te combineren in een taai draad die alleen nog met zeer agressieve oplosmiddelen ontleed kan worden. De onderzoekers van het Natick-

onderzoekscenarium in Massachusetts gebruiken een grote spinnesoort uit Panama, *Nephila clavata*, die veel zijde kan produceren. De spinnen worden 'gemoelken' door hun draad op een draaiend spoeltje te winden. Per sessie kan 3 tot 5 milligram spinneweefsel worden gewonnen, een draad van ongeveer 320 meter lang. Voor onderzoek is dat ruim voldoende. De spin zou er geen schade van ondervinden en een dag later alweer de volgende draad kunnen leveren.

Superzwaar neutrino lijkt een fabeltje

De deeltjesjagers in de wereld zijn weer een illusie armer, nu de tweede ontdekker van een merkwaardig spookdeeltje heeft bekend dat zijn metingen ondeugdelijk zijn geweest. De afgelopen jaren gonsde het van de speculaties over het 17-keV-neutrino, een superzwaar deeltje dat niet leek te passen in de standaard-deeltjestheorie. Het bestaan van het deeltje zou

belangrijke consequenties kunnen hebben voor de kosmologie, omdat het zou kunnen verklaren waarom er veel meer massa in het heelal is dan zichtbaar is.

In 1985 werd het 17-keV-neutrino voor het eerst in experimenten gezien door John Simpson van de universiteit van Toronto. Vorig jaar meldde ook Andrew Hime en Nick Jelly van de universiteit van Oxford sporen van het deeltje. De bevestiging maakte een lawine van wetenschappelijke artikelen en opgewonden debatten los. Veel onderzoeksteams zochten echter tevergeefs naar aanwijzingen voor het superzware neutrino.

Volgens *Science* van 6 november heeft Hime onlangs tegenover vakbroeders erkend dat zijn bevestigende metingen een artefact zijn. Simpson concludeerde destijds dat er een spookdeeltje in het spel moest zijn toen hij bij het radioactieve verval van tritium energie in het niets zag verdwijnen. Om de balans kloppend te krijgen, veronderstelde Simpson het bestaan van een zeer moeilijk

aantoonbaar deeltje. De enorme massa van het hypothetische deeltje, duizend maal zwaarder dan de drie bekende neutrino's, verbaasde fysici.

Tijdens een bijeenkomst in Santa Fe verklaarde Hime dat het energiegebrek bij tritiumverval ontstaat doordat er voor één van de detectoren een aluminium afsluiter zat, zonder dat daarvoor was gecorrigeerd. Ontdekker John Simpson sluit overigens uit dat hij dezelfde fout heeft gemaakt, maar kan niet uitleggen waarom anderen zijn metingen niet kunnen reproduceren. Hime weigert na zijn afgang intussen elk contact met de pers, aldus *Science*.

Vitamine E helpt tegen hartkwalen

Het gebruik van vitamine-E-tabletten lijkt de kans op hartvaziekten aanzienlijk te kunnen reduceren. Dat is de conclusie uit twee onderzoeken die deze week zijn gepresenteerd op de wetenschappelijke jaarvergadering

van de Amerikaanse hartstichting in New Orleans.

Het gunstige effect van vitamine E bleek verscholen in een langlopend onderzoek onder Amerikaanse vrouwelijke verpleegkundigen (de Nurses' Health Study) en een soortgelijk onderzoek onder Amerikaanse mannelijke artsen. Beide studies worden uitgevoerd door onderzoekers van de Harvard-universiteit in Cambridge. Uit het onderzoek onder verpleegkundigen bleek dat de vrouwen die langer dan twee jaar extra vitamine E slikten, 46 procent minder kans hadden op een hartaanval dan de vrouwen die geen vitamine-E-tabletten gebruikten. De studie onder de mannelijke artsen kwam uit op een risicoverlaging met 37 procent. Volgens dr. M. Stampfer, die het onderzoek onder de verpleegkundigen leidt, lijken tabletten die 100 IE (internationale eenheden) vitamine E bevatten, voldoende. Tabletten met meer vitamine E leidden niet tot een nog geringere kans op een hartaanval. Het effect

van extra vitamine E berust waarschijnlijk op het tegengaan van de oxydatie van het 'slechte' cholesterol LDL.

Neutronenster op de stoep

Foto's die begin november werden gemaakt met de New Technology Telescope van de Europese Zuidelijke Sterrenwacht in Chili hebben uitgewezen dat het raadselachtige hemellichaam Geminga een neutronenster is op korte afstand van de aarde. Geminga werd twintig jaar geleden ontdekt als krachtige bron van energierijke gammastraling, maar niemand wist wat voor object het eigenlijk was. Pas kort geleden is ontdekt dat op de plaats van de mysterieuze gammabron een heel zwak sterretje staat, dat behalve gammastraling ook röntgenstraling uitzendt. Bovendien blijkt Geminga te 'knippen' met een frequentie van vier flitsjes per seconde. Dat deed vermoeden dat het een snel

roterende neutronenster zou zijn: een ster die ongeveer even zwaar is als de zon, maar toch niet groter dan ongeveer vijftientig kilometer.

Zo'n onvoorstelbaar compact object vormt het overblijfsel van de catastrofele supernova-uitbarstingen waarmee zware sterren hun leven beëindigen. Als Geminga inderdaad een neutronenster zou zijn, zou hij op een afstand van hooguit een paar honderd lichtjaar staan. Italiaanse astronomen hebben de meest recente foto's van Geminga nu vergeleken met eerdere opnamen, gemaakt in 1984 en 1987. Daarbij ontdekten ze dat Geminga zich verplaatst ten opzichte van de achtergrondsterren. De relatief grote eigenbeweging (een boogseconde in vijf jaar) wijst erop dat Geminga niet ver weg kan staan, waarschijnlijk minder dan honderd maal zo ver als de dichtstbijzijnde ster. Daarmee is Geminga veruit de meest nabijgelegen neutronenster in het Melkwegstelsel.

Voorspelde aardstok laat lang op zich wachten

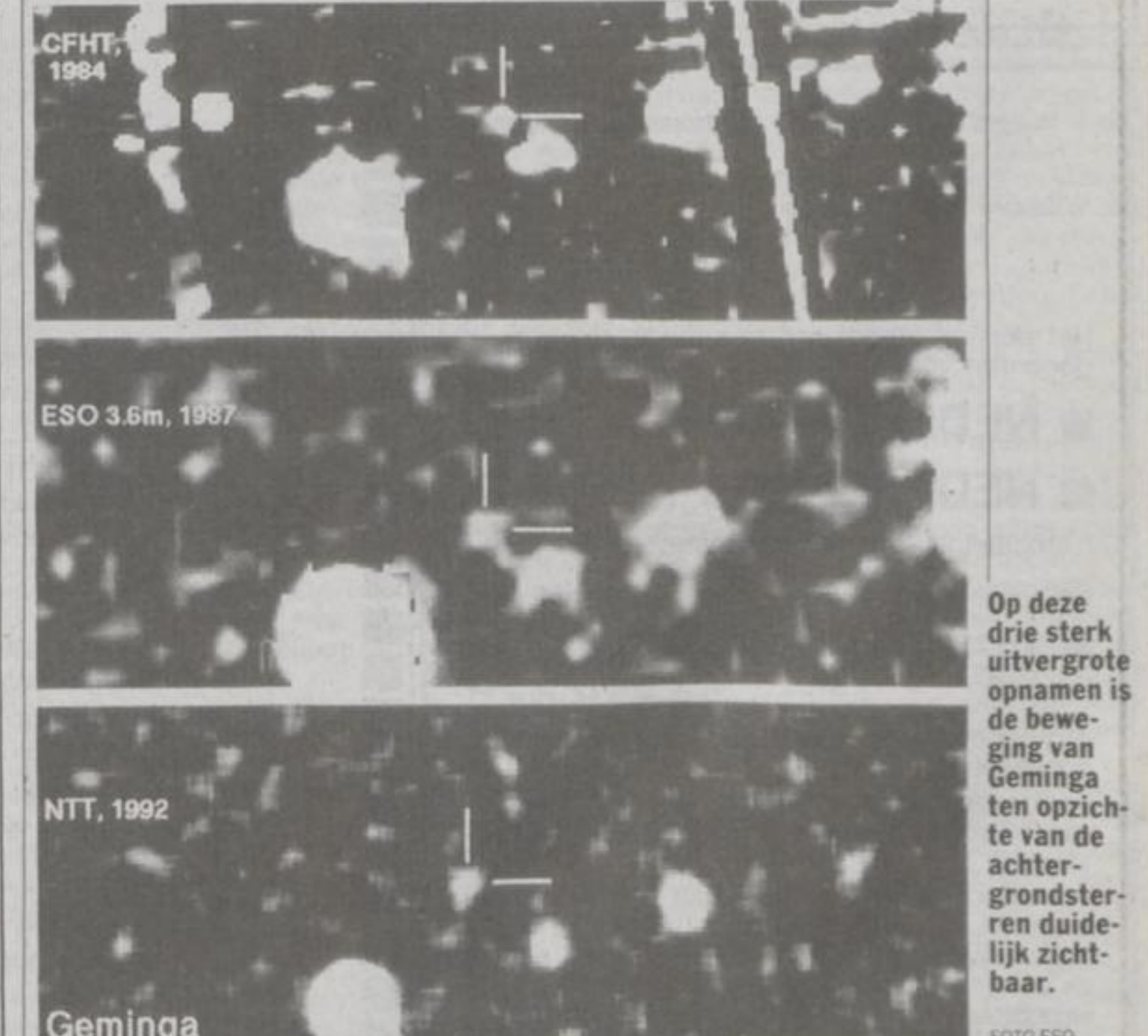
Naarmate het einde van het jaar nadert, worden seismologen in Californië zenuwachtiger. Een voor het eind van dit jaar voorspelde aardstok blijft uit, waardoor een nog prilte theorie over het voorspellen van bevingen mogelijk naar de schroothoop kan. In 1985 voorspelden onderzoekers van de Amerikaanse geologische dienst in Menlo Park bij San Francisco dat zich voor eind 1992 een aardbeving zou voordoen met een kracht van ongeveer 6 op de schaal van Richter. Ze waren daar voor 95 procent zeker van. Het epicentrum zou liggen in de buurt van Parkfield, een vrijwel verlaten gehucht op de beruchte San Andreas-breuk tussen Los Angeles en San Francisco. De Amerikanen baseerden hun voorspelling op het verleden. In de buurt van Parkfield heeft zich tussen 1857 en nu gemiddeld om de 22 jaar een zware aardbeving voorgedaan. Dat gebeurt met de regelmaat van een klok, de afwijking is slechts plus of min drie jaar, aldus de geologen. De laatste deed zich voor in 1966. De kans op de volgende beving zou dus begin 1988 het grootst zijn en hij zou zich in ieder geval voor eind 1992 voordoen. En daar

wachten de geologen nu op, met het zweet in de handen. Ongeveer 225 miljoen jaar geleden bestond er één groot supercontinent. Dit is uiteengevallen in negen grote en vele kleine delen, die op de stroperige aardmantel drijven. Langs de Andreas-breuk schuiven twee van die aardschollen tegen en langs elkaar. Die wrijvingsenergie komt van tijd tot tijd vrij in de vorm van een aardbeving. Omdat dit bij Parkfield met grote regelmaat gebeurt, heeft de Amerikaanse geologische dienst hier een voorspellingsexperiment opgezet. In de omgeving van het dorp zijn honderden instrumenten neergezet, waaronder veel seismometers met sensoren tot op tweehonderd meter diepte. Verder wordt op diverse plaatsen de grondwaterstand in de gaten gehouden en worden bovengronds de scholbewegingen met laserapparatuur geregistreerd. 'Ik trek mijn voorspelling nog niet in,' zegt William Bakun, een van de geologen, in *New Scientist* van 31 oktober. 'Maar komt er geen aardbeving voor het eind van dit jaar, dan heeft ons statistisch model voor het voorspellen van bevingen gefaald.'

Op 19 oktober kregen de Amerikaanse geologen een sprankje hoop, toen zich een kleine schok voordeed, met een kracht van 4,7 op de schaal van Richter, zo'n twintig maal zwakker dan de voorspelde. De Amerikaanse geologische dienst (USGS) kwam direct met een nieuwe voorspelling. De kans dat de voorspelde zware schok binnen 72 uur zou optreden, was 37 procent', aldus de USGS, die vervolgens alle onderzoekers mobiliseerde. Het was voor het eerst dat de dienst een voorspelling deed voor zo'n korte termijn. Nu bij Parkfield de voorspelde beving van 6 op de schaal van Richter uitblijft, beginnen steeds meer Amerikaanse geologen te morren. Het experiment sloopt namelijk veel geld op: tot nu toe is er achttien miljoen dollar aan uitgegeven. Hierdoor is er voor geologische experimenten in andere delen van de VS minder geld beschikbaar. Ook is er kritiek op de benadering door de geologische dienst. Bij het opstellen van hun voorspelling hebben ze de aardbeving van 1934 niet meegenomen, omdat die erg ver weg ligt van het gemiddelde van 22 jaar. Deze schok trad volgens statisticus Mark Matthews van het Massachusetts

Institute of Technology (MIT) al twaalf jaar op na de vorige beving, en 32 jaar voor de volgende. 'Het weglaten van die aardstok van 1934 in de reeks is wetenschappelijk niet te verdedigen', zegt Matthews in *Nature* van 29 oktober. Wordt die schok van 1934 wel meegenomen, dan zou een beving in de buurt van Parkfield met een kracht van 6 zich al in 1982 hebben moeten voordoen. De afwijking van het nieuwe gemiddelde (dat dan 16 jaar zou zijn) is 17 jaar, zodat de beving zich volgens die berekening in ieder geval voor 1999 zou moeten voor doen. De voorspellingsmethode kan zo nog even overeind blijven. De kans dat de schok voor 1993 zal optreden, is volgens Matthews slechts veertig procent (en dus niet 95 procent zoals de Amerikaanse geologische dienst in 1985 voorspelde). Het Parkfield-experiment zou daarom na januari gewoon moeten doorgaan, aldus geofysicus Andy Michael van de USGS in *Nature*. Een beoordelingscommissie van externe deskundigen buigt zich nu over die vraag. In december verschijnt haar rapport.

BROER SCHOLTENS



Op deze drie sterk uitvergroete opnamen is de beweging van Geminga ten opzichte van de achtergrondsterren duidelijk zichtbaar.

FOTO ESO