UNIVERSITY OF AMSTERDAM

UvA-DARE (Digital Academic Repository)

De klimaatcrisis van 850 v. Chr.

van Geel, B.

Publication date
2010
Document Version
Final published version
Published in
West-Friesland's "oud en nieuw"

Link to publication

Citation for published version (APA):
van Geel, B. (2010). De klimaatcrisis van 850 v. Chr. *West-Friesland's "oud en nieuw"*, *77*, 88-101.

General rights
It is not permitted to download or to forward/distribute the text or part of it without the consent of the author(s) and/or copyright holder(s), other than for strictly personal, individual use, unless the work is under an open content license (like Creative Commons).

Disclaimer/Complaints regulations
If you believe that digital publication of certain material infringes any of your rights or (privacy) interests, please let the Library know, stating your reasons. In case of a legitimate complaint, the Library will make the material inaccessible and/or remove it from the website. Please Ask the Library: https://uba.uva.nl/en/contact, or a letter to: Library of the University of Amsterdam, Secretariat, P.O. Box 19185, 1000 GD Amsterdam, The Netherlands. You will be contacted as soon as possible.

UvA-DARE is a service provided by the library of the University of Amsterdam (https://dare.uva.nl)

Download date:16 Oct 2026

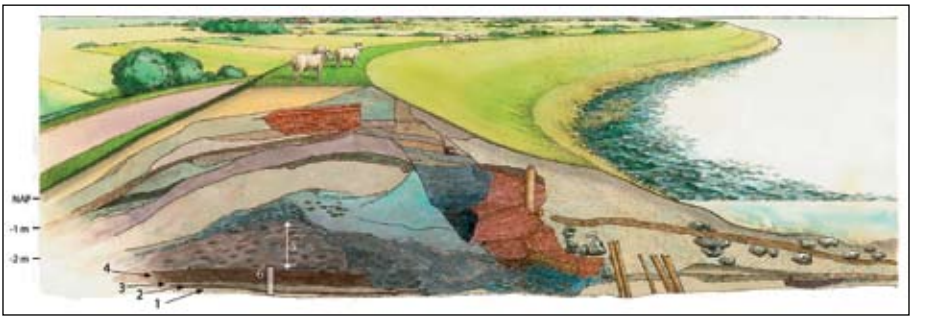
De klimaatcrisis van 850 v. Chr.

DR. BAS VAN GEEL

Gedurende de Midden en Late Bronstijd kwamen in het oostelijk deel van West-Friesland boerennederzettingen voor. De oudste datering van Bronstijdbewoning is ca. 1600 v. Chr., terwijl de jongste datering uitkomt op ca. 800 v. Chr. De boeren in West-Friesland kwamen rond 850 v. Chr. in de problemen door een plotseling stijgende grondwaterspiegel.

Aanvankelijk heeft men geprobeerd de problemen te overwinnen door de huisplaatsen te verhogen tot terpjes en de akkers aan te leggen op wat hogere delen in het landschap. Na enkele decennia moesten de boeren toch het veld ruimen, omdat het gebied één groot moeras was geworden.
Elders in Noord-Nederland waren vergelijkbare problemen. Juist in die tijd ontstonden kwelders langs de kust van Friesland en Groningen en daar konden boeren een nieuw bestaan opbouwen. De plotselinge vernatting in Noord-Nederland stond niet op zichzelf. Wereldwijd zijn rond 850 v. Chr. klimaatveranderingen geregistreerd.
Een plotselinge afname van de activiteit van de zon was vrijwel zeker de oorzaak. Het onderzoek in West-Friesland, vooral de studie van de ondergrond van de Westfriese Omringdijk, heeft daarvoor belangrijke informatie opgeleverd.

Een ramp in West-Friesland: 850 v. Chr.
In 1976 werd enkele kilometers ten zuiden van Enkhuizen de Westfriese Omringdijk over een lengte van honderdvijftig meter weggegraven. Dat gebeurde in verband met de aanleg van de dijk naar Lelystad.



Afbeelding 1: Doorsnede van de Westfriese Omringdijk bij Enkhuizen met diverse ophogingslagen. (1) Ondergrond van zandige klei. (2) Houtskoolrijk laagje dat aan het oppervlak lag tijdens de Bronstijd. (3) Afzetting gevormd in ondiep zoet water. (4) Veenlaag. (5) De oudste, 13e eeuwse dijk. (6) Voor onderzoek bemonsterde lagen. (Naar Van Geel et al. , 1983; tekening Bob Brobbel).

De archeoloog Daan Hallewas heeft destijds een profiel getekend van de aangesneden Omringdijk. In dat profiel waren verschillende ophogingsfasen herkenbaar (afb. 1).

De oudste dijk, op grond van gevonden aardewerkscherven moet die zijn opgeworpen in de 12e of 13e eeuw, was vooral uit veenplaggen opgebouwd. Dat is ook wel begrijpelijk omdat West-Friesland nog grotendeels met veen was bedekt in de tijd dat die eerste dijk werd aangelegd.
De veenbedekking is later vrijwel overal verdwenen omdat het veen, na drooglegging en het in cultuur brengen van de moerassen, aan de lucht is geoxideerd (vergaan) terwijl ook veel veen als brandstof is opgestookt.[1]
Onder de dijk was - afgesloten van de lucht - een 45 cm dikke, zeer compacte veenlaag bewaard gebleven. Die veenlaag lag op een ruim 10 cm dikke sedimentlaag die in ondiep water was afgezet. Daaronder bevond zich een ca. 5 cm dikke zwartgekleurde bodem die was gevormd in de zandige klei die aan het oppervlak had gelegen tijdens de Bronstijd.

Zoetwater de vijand
West-Friesland was in die periode gedurende vele eeuwen vrij dicht bewoond. De zwarte laag bevatte veel houtskooldeeltjes; vrijwel zeker samenhangend met activiteiten van de Bronstijd-boeren.
De overgang van het zwarte bodemoppervlak naar de afzetting die in ondiep water was gevormd duidt op een plotselinge stijging van de grondwaterspiegel tot boven het bodemoppervlak. De oorzaak was niet een overspoeling met zeewater, want de gevonden plantenresten duidden onmiskenbaar op stilstaand zoet water.
Daan Hallewas heeft destijds de ondergrond onder de oudste dijk in metalen bakken bemonsterd en ik heb in 1983 samen met Hallewas en collega Jan Peter Pals de resultaten van de analyse van stuifmeel en andere plantenresten gepubliceerd. Het begin van de plotseling optredende vernatting konden we met de koolstof-14 methode laten dateren rond 850 v. Chr.

Veel opgravingen, veel informatie
Er zijn in West-Friesland vanuit de Universiteit van Amsterdam en de Rijksdienst voor het Oudheidkundige Bodemonderzoek (nu Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed) in Amersfoort veel opgravingen verricht op plaatsen waar boeren tijdens de Bronstijd hebben gewoond. Daarover is onder meer ook in West-Frieslands Oud & Nieuw gepubliceerd.[2]

[1] Borger, 1975.
[2] Bakker, 1959; Bakker en Brandt, 1966; Bakker en Metz, 1967; Bakker et al., 1968; Woltering, 1985; IJzereef en van Regteren Altena, 1991.

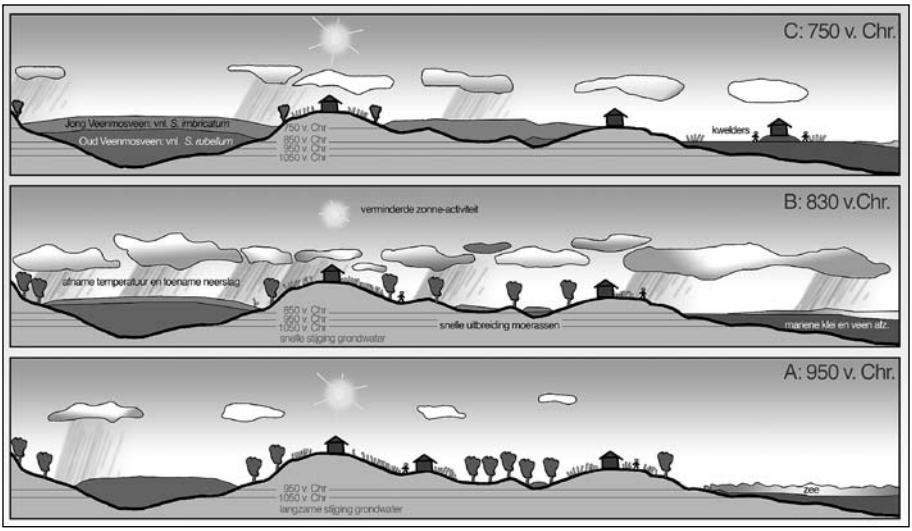
De Bronstijd-boeren hadden de gewoonte greppels rond hun huizen en erven te graven; de organische resten uit de greppelvullingen hebben veel informatie opgeleverd. Mest werd vaak gebruikt als brandstof. In verkoolde mest en in de slootvullingen zijn veel zaden aangetroffen die nog konden worden gedetermineerd. Daarmee kon worden nagegaan welke gewassen werden verbouwd en welke andere planten (vooral onkruiden) er voorkwamen.[3]

Een van de intrigerende aspecten van de Bronstijd-bewoning is het vrij plotselinge einde rond 800 v. Chr. Dat einde hebben we in verband kunnen brengen met de waterspiegelstijging rond 850 v. Chr. zoals we die hebben geregistreerd aan de gelaagdheid onder de Omringdijk.
Er zijn ook diverse archeologische, paleo-botanische en archeo-zoölogische aanwijzingen uit opgravingen die wijzen op een plotselinge vernatting vanaf 850 v. Chr. en moeilijke leefomstandigheden tot het eind van de bewoning rond 800 v. Chr.[4]

Deze aanwijzingen zijn:
- Alleen in die laatste bewoningsfase ging men heel brede sloten maken en gebruikte men de vrijgekomen grond om huizen op terpjes te bouwen; dat gaf overigens geen oplossing voor het probleem van ondergelopen akkers.
- De waterputten (niet beschoeide drinkwaterkuilen) uit de laatste bewoningsfase waren heel ondiep in vergelijking met eerder aangelegde waterputten.
- Er zijn botanische aanwijzingen voor misoogsten.
- Men heeft behalve hooi en stro ook graan gevoerd aan het vee en dat zal men alleen in uiterste nood hebben gedaan.
- Knaagdieren zochten - net als de mensen - de droogste plekken op.
- Landslakken kwamen minder voor, terwijl waterslakken in aantal toenamen.

Onleefbaar door vernatting
West-Friesland was een groot, vlak gebied zonder natuurlijke afwatering. De oude kreeksystemen uit de periode voorafgaand aan de bewoning bestonden niet meer en de boeren in West-Friesland beschikten niet over de technische kennis om het verdrinken van hun akkers en weiden te voorkomen.
Er zat voor hen dus weinig anders op dan hun onleefbaar geworden woongebieden te verlaten en op zoek te gaan naar gebieden die nog wel geschikt waren voor landbouw en veeteelt (afb. 2).

[3] Buurman, 1996.
[4] Buurman, 1996; van Geel, Buurman en Waterbolk, 1997.



Afb. 2: Cartoon waarin de effecten van klimaatverandering in de periode van 950 v. Chr. tot 750 v. Chr. in Noord-Nederland in beeld worden gebracht. Tussen fase A en fase B nam de zonneactiviteit plotseling sterk af (overgang van Subboreaal naar Subatlanticum).
Als gevolg daarvan trad er een grootschalige verandering in de atmosferische circulatie op. De regen brengende westenwinden namen sterk in intensiteit toe. Dit leidde in Noordwest-Europa tot een toename van de neerslag en een afname van de temperatuur. Daardoor vond er een abrupte stijging van de grondwaterspiegel plaats. Moerassen breidden zich snel uit, onder meer ten koste van landbouwgrond.
In de hoogvenen veranderde de soortensamenstelling van de veenmossen onder invloed van de gewijzigde klimatologische omstandigheden (afb. 4). Boeren in laaggelegen gebieden moesten verhuizen als gevolg van wateroverlast. Thermische contractie van oceaanwater leidde tot een tijdelijke stagnatie in de zeespiegelstijging.
Voor het eerst ontstonden op grote schaal kwelders langs de Fries-Groningse kust. Deze gebieden vormden een ideale vestigingsplaats (vruchtbare bodem en goede drainage) voor boeren die elders hun land hadden moeten verlaten. In verband met de veiligheid werden terpen aangelegd.
Toen de zonneactiviteit weer toenam, bleef het klimaat toch nog voor langere tijd koeler en vochtiger dan in de periode voorafgaand aan de klimaatverandering.

Volgens Roep en Van Regteren Altena (1988) was de vernatting rond 850 v. Chr. en de daarop volgende veenvorming in West-Friesland slechts het gevolg van zeespiegelstijging, maar dat is minder waarschijnlijk. Er is namelijk geen sprake van een zeespiegelstijging in de betrokken periode; eerder van stagnatie of zelfs een tijdelijke lichte daling van de zeespiegel.[5]

Mensen die moesten vluchten vanwege vernatting van hun woongebieden in Noord-Nederland vonden nieuw ontstane, bewoonbare kwelders langs de Fries-Groningse kust. In die gebieden waren tot dan toe afwisselend ondiepe zeeën of rietmoerassen aanwezig geweest. De bodems van de daar nieuw ontstane kwelders waren vanwege een hoog kleigehalte heel vruchtbaar. Boeren die op het oude land door moerasvorming waren verdreven vonden op de kwelders een nieuw bestaan.[6]

[5] Behre, 2007.
[6] Van Geel et al., 1996.

Uiteraard was men op de kwelders wel kwetsbaar voor overstromingen vanuit de zee. Daarom is men al snel overgegaan tot het opwerpen van terpen waar men veilig kon wonen en waar men ook het vee in veiligheid kon brengen ten tijde van hoge vloed.

Vrijwel zeker was een klimaatverandering (van droog en warm naar koel en vochtig) de oorzaak van de vernatting van West-Friesland. Een belangrijk argument voor zo'n klimaatverandering is gebaseerd op onderzoek naar de opbouw van hoogveenafzettingen in Noordwest-Europa. Al meer dan honderd jaar geleden werd ontdekt dat er rond 850 v. Chr. een belangrijke verandering in de veengroei plaatsvond. Om daar verder op in te kunnen gaan is eerst wat uitleg over veengroei en veenonderzoek nodig.

Veenlagen vormen natuurlijk archief

Veenlagen worden gevormd als gevolg van de onvolledige afbraak van planten in een natte omgeving. Veenlagen vormen een natuurlijk archief van de plantengroei in de loop der tijd. Dat geldt niet alleen voor de planten (vaak mossen) die het veen hebben gevormd; stuifmeelkorrels uit de wijde omgeving worden met de wind aangevoerd en raken ingebed in het veen. Dat stuifmeel blijft bewaard en het kan door deskundigen met behulp van een microscoop op naam worden gebracht.
Op die manier kunnen paleo-ecologen niet alleen de geschiedenis van de vegetatie reconstrueren maar ook nagaan welke factoren daarbij een rol hebben gespeeld (bijvoorbeeld klimaatveranderingen en de invloed van de mens op de vegetatie en het landschap).

De hoogvenen zijn bijzonder, omdat de veenvormende planten alleen door regenwater worden gevoed. Veenmossen *(Sphagnum* soorten) groeien in voedselarme omstandigheden. Ze spelen een belangrijke rol in de vegetatie van hoogvenen. Vanwege de afhankelijkheid van regenwater zijn hoogvenen erg gevoelig voor klimaatveranderingen (temperatuur, neerslag, verdamping).
Ruim honderd jaar geleden hebben de Skandinaviërs Blytt en Sernander daar gebruik van gemaakt bij hun indeling van het Holoceen, de relatief warme periode van ca. 11000 jaar na de laatste IJstijd. Vooral op basis van hoogveenprofielen onderscheidden zij achtereenvolgens de perioden Boreaal, Atlanticum, Subboreaal en Subatlanticum.
Veenafzettingen uit het Boreaal en het Subboreaal zijn meestal sterker vergaan (donkerder, meer geoxideerd) en bevatten veel resten van planten die wijzen op relatief droge omstandigheden (dennen, stuikheide). Zulke donkere lagen waren volgens Blytt en Sernander gevormd tijdens

relatief warme en droge perioden. De veenlagen uit het Atlanticum en het Subatlanticum daarentegen zijn vaak lichter gekleurd, dus weinig vergaan. Blytt en Sernander veronderstelden voor die laatstgenoemde perioden een meer oceanisch (koel, vochtig) klimaat.
Uit later onderzoek weten we dat de indeling van het Holoceen van Blytt en Sernander wat al te summier was, want er zijn veel meer klimaatveranderingen geweest. Overeind blijft echter dat de overgang van het Subboreaal naar het Subatlanticum rond 850 v. Chr. een van de meest ingrijpende veranderingen is geweest.

Zon minder actief

Gedurende de afgelopen veertig jaar ben ik verschillende keren in de gelegenheid geweest om afzettingen te onderzoeken waarin de overgang van Subboreaal naar Subatlanticum aanwezig was.
De bovengenoemde afzetting onder de Omringdijk is er daar een van, maar onderzoekingen aan hoogveenboringen in Oost-Nederland en aangrenzend Duitsland waren ook van belang om de oorzaak van de klimaatverandering te achterhalen.
Uit het hoogveenonderzoek bleek dat er rond 850 v. Chr. plotseling een verandering in de veenvormende soorten optrad.

Afbeelding 3 toont een hoogveenprofiel in Drenthe waarin de overgang zichtbaar is. Op zichzelf was de aanwijzing voor een in het veen vastgelegde klimaatverandering niet zo bijzonder. Die ontdekking heeft Axel Blytt al ruim 120 jaar geleden gedaan. Maar de combinatie van zeer veel dateringen en een zeer gedetailleerde studie van de veenvormende planten leverde een sterke aanwijzing voor de oorzaak: de zon werd plotseling minder actief. De sleutel voor die aanwijzingen ligt bij het isotoop koolstof-14 (meestal aangeduid als ^{14}C). Om dat begrijpelijk te maken is enige uitleg nodig.

Afb. 3: Monstername door D. van Smeerdijk (links) en W.A. Casparie van een hoogveenprofiel in het Bargerveen (Drenthe). De overgang van Subboreaal naar Subatlanticum is aangegeven met een pijl.

Geologische klok

Het meest voorkomende isotoop van koolstof is ^{12}C. Daarnaast komen de

isotopen ^{13}C en ^{14}C voor. Het onstabiele (radioactieve) koolstof-14 wordt gevormd in de hogere atmosfeer waar hoog-energetische protonen afkomstig uit de kosmos binnendringen (kosmische straling). Door botsing van die protonen met gasmoleculen wordt een breed scala aan deeltjes geproduceerd, waaronder neutronen.
Als die botsen met stikstof, kan koolstof-14 worden gevormd. Dat wordt snel geoxideerd tot $^{14}CO_2$ en verspreidt zich gelijkmatig over de atmosfeer, naast het normale, niet-radioactieve CO_2. Bij de fotosynthese wordt $^{14}CO_2$ (net als het 'gewone' $^{12}CO_2$) via de huidmondjes opgenomen door planten en, via het voedsel, ook door dieren.
Het atmosferische ^{14}C-gehalte is dus ook in alle levende organismen aanwezig. Koolstof-14 is onstabiel; het vervalt tot stikstof en daar komt radioactieve straling bij vrij. Het verval van ^{14}C gebeurt met een bekende, constante snelheid. Omdat de vervaltijd meetbaar is, kan koolstof-14 gebruikt worden als natuurlijke geologische klok. De klok begint te lopen zodra er geen nieuw ^{14}C meer wordt opgenomen omdat de plant of het dier gestorven is.
De ouderdom kan worden berekend door te meten hoever het proces van radioactief verval verlopen is. Productie en verval van ^{14}C houden elkaar in de atmosfeer ongeveer in evenwicht, waardoor het atmosferische ^{14}C-gehalte min of meer constant is. Datering door middel van de ^{14}C-methode kan worden toegepast op allerlei koolstofhoudende materialen, zoals hout, houtskool, veen, zaden en botten.

De 'zonnewind'
Er blijken in het verleden aanzienlijke natuurlijke variaties te zijn geweest in het atmosferische ^{14}C-gehalte. Variaties die vooral werden veroorzaakt door fluctuaties in energie die afkomstig is van de zon; meer in het bijzonder de 'zonnewind', een gas van een lage dichtheid dat bestaat uit protonen en elektronen.
De zonnewind is van invloed op de hoeveelheid kosmische straling die uiteindelijk in de omgeving van de aarde doordringt. De intensiteit van de kosmische straling is weer bepalend voor de hoeveelheid ^{14}C die wordt aangemaakt in de atmosfeer.
Bij een minder actieve zon is de zonnewind zwak en dringt er veel kosmische straling tot de aarde door en wordt er dus veel ^{14}C gevormd. Bij een actieve zon wordt er relatief weinig ^{14}C aangemaakt.

Dankzij vele ^{14}C-metingen aan de jaarringen van bomen (via jaarringonderzoek exact gedateerd) kennen we de veranderingen in zonneactiviteit voor de periode na de laatste IJstijd. Die veranderingen kunnen we vergelijken met klimaatveranderingen zoals die van rond 850 v. Chr.

Deze overgang kenmerkte zich, zoals eerder vermeld, door een verandering van een relatief warm en droog klimaat naar een meer oceanisch (vochtig, koel) klimaat.

Kouder en natter

In NW-Europa komt de klimaatverandering van 850 v. Chr. onder meer tot uiting in de opvallende verandering in het hoogveen: van het donkere, zogenaamde 'Oude Veenmosveen' naar het 'Jonge Veenmosveen' (zie weer afbeelding 2).

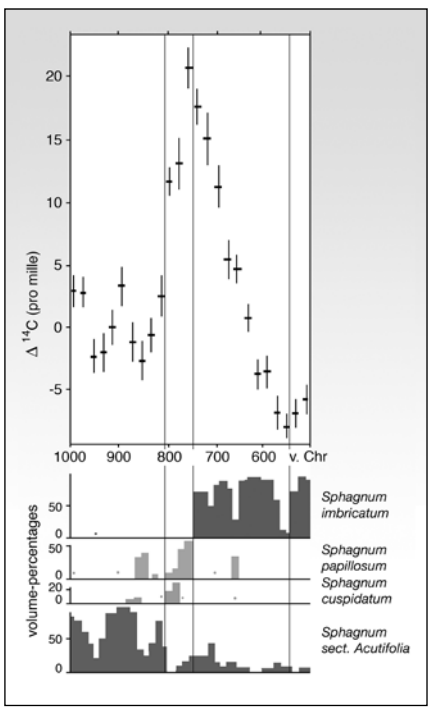
Deze omslag bleek samen te vallen met een plotselinge, heel sterke stijging van het ^{14}C-gehalte in de atmosfeer (verminderde activiteit van de zon).

We hebben de veen-overgangen ook nauwkeurig op fossiele plantenresten onderzocht (zie een voorbeeld in afbeelding 4) en daaruit blijkt dat niet alleen de kleur maar ook de soortensamenstelling van het veen veranderde in die zin dat de 'oceanische' veenmossoort *Sphagnum imbricatum* dominant werd.

Een plotselinge afname van de activiteit van de zon had twee verschijnselen tot gevolg die we in het veen kunnen registeren:

- Een veranderende soortensamenstelling van de veenvormende planten, die werd veroorzaakt door afkoeling en vernatting (hogere effectieve neerslag).
- Een toename van de hoeveelheid kosmische straling, waardoor plotseling veel meer ^{14}C werd gevormd dan in de voorafgaande periode.

Om de invloed van de zon op klimaatveranderingen tijdens het Holoceen te verklaren zouden er mechanismen moeten zijn die de (relatief kleine) fluctuaties van de zonneactiviteit versterken.



Afb. 4: Veranderingen in de samenstelling van hoogveen-vormende mossen tijdens de overgang van Subboreaal naar Subatlanticum in het Engbertsdijksveen (naar van Geel et al., 1996). Sphagnum-soorten uit de sectie Acutifolia groeien vooral onder relatief droge, warme klimatologische omstandigheden.
Sphagnum cuspidatum en S. papillosum geven een relatief hoge lokale waterspiegel aan. Sphagnum imbricatum is een soort die een hoge luchtvochtigheid en koele omstandigheden prefereert. De grote verandering vond plaats rond 850 v. Chr. toen de zonneactiviteit tijdelijk sterk afnam (snelle toename van ^{14}C).

Een tweetal mogelijkheden dient zich aan. Op de eerste plaats zouden veranderingen in de intensiteit van de kosmische straling via ionisatie en de vorming van aerosolen (condensatiekernen voor waterdruppeltjes) effect kunnen hebben op de vorming van wolken, en daarmee op de weerkaatsing van zonnestraling en vervolgens op de temperatuur en de neerslag.
De tweede mogelijkheid (die de eerste niet uitsluit) is dat de veranderingen in de ultraviolette straling vanuit de zon effect hebben op de vorming van ozon in de stratosfeer en daarmee op de absorptie van zonnewarmte. Als gevolg daarvan kunnen de hogere luchtstromingen veranderen, met de bijbehorende effecten op het aardoppervlak in de vorm van temperatuurverandering en verandering van neerslagpatronen.[7]

Ingrijpende gevolgen

De klimaatverandering rond 850 v. Chr. was zeer ingrijpend voor bewoners van gebieden waar de grondwaterstand voordien al relatief hoog was. Het leefgebied van die mensen werd plotseling ongeschikt voor bewoning vanwege de vorming van meertjes en moerassen. West-Friesland en verschillende andere gebieden in Noord-Nederland werden daardoor onbewoonbaar. Dat het om meer dan een regionale klimaatverandering gaat blijkt uit onderzoek van mijn Franse collega Michel Magny. Hij heeft de veranderende waterdiepten van Franse en Zwitserse meren gedurende de periode na de laatste ijstijd onderzocht.
Rond 850 v. Chr. vond een ingrijpende waterspiegelstijging in die meren plaats. Terwijl tevoren mensen in nederzettingen langs de meeroevers hadden geleefd kwam daar een abrupt einde aan door de plotselinge afkoeling, vernatting en inundatie.

In samenwerking met Russische collega's heb ik onderzoek gedaan in de Zuid-Siberische republiek Tuva. Als biologen deden wij stuifmeelonderzoek, terwijl de archeologen in het team zich richtten op de overblijfselen van de cultuur van de Scythen.
Dit nomadische ruitervolk kende in de periode na 850 v. Chr. niet alleen een enorme culturele bloei, maar ook een sterke toename van de bevolkingsdichtheid. In verband daarmee migreerden Scythen vanuit Zuid-Siberië tot aan Bulgarije en Griekenland. Ook in oostelijke richting vond uitbreiding van het Scytische gebied plaats.

Uit het onderzoek aan stuifmeel in boorkernen bleek dat Tuva rond 850 v. Chr. veranderde van een halfwoestijn in een vruchtbare steppe. Als gevolg

[7] Verdere aanwijzingen voor verbanden tussen veranderingen in de zonneactiviteit en klimaatveranderingen worden gegeven door (onder meer) Beer en van Geel (2008), Haltia-Hovi et al. (2007), Magny (2007), Mauquoy et al. (2002), Neff et al., (2001), en van Geel et al., (1996, 1998, 1999, 2004, 2007).

van toegenomen neerslag werden gebieden die tot dan toe onleefbaar droog waren geweest, plotseling zeer aantrekkelijk voor nomaden en hun kudden. Meer neerslag betekende een sterk toegenomen plantengroei en dus een grotere voedselvoorraad voor dieren en mensen. Waar de West-Friezen hun bestaan moesten opgeven als gevolg van toegenomen neerslag en moerasvorming, profiteerden de Scythen van de klimaatverandering omdat regen brengende westenwinden actiever werden en de zone van de westenwinden naar het zuiden opschoof.

Meer informatie uit het veen onder de Omringdijk

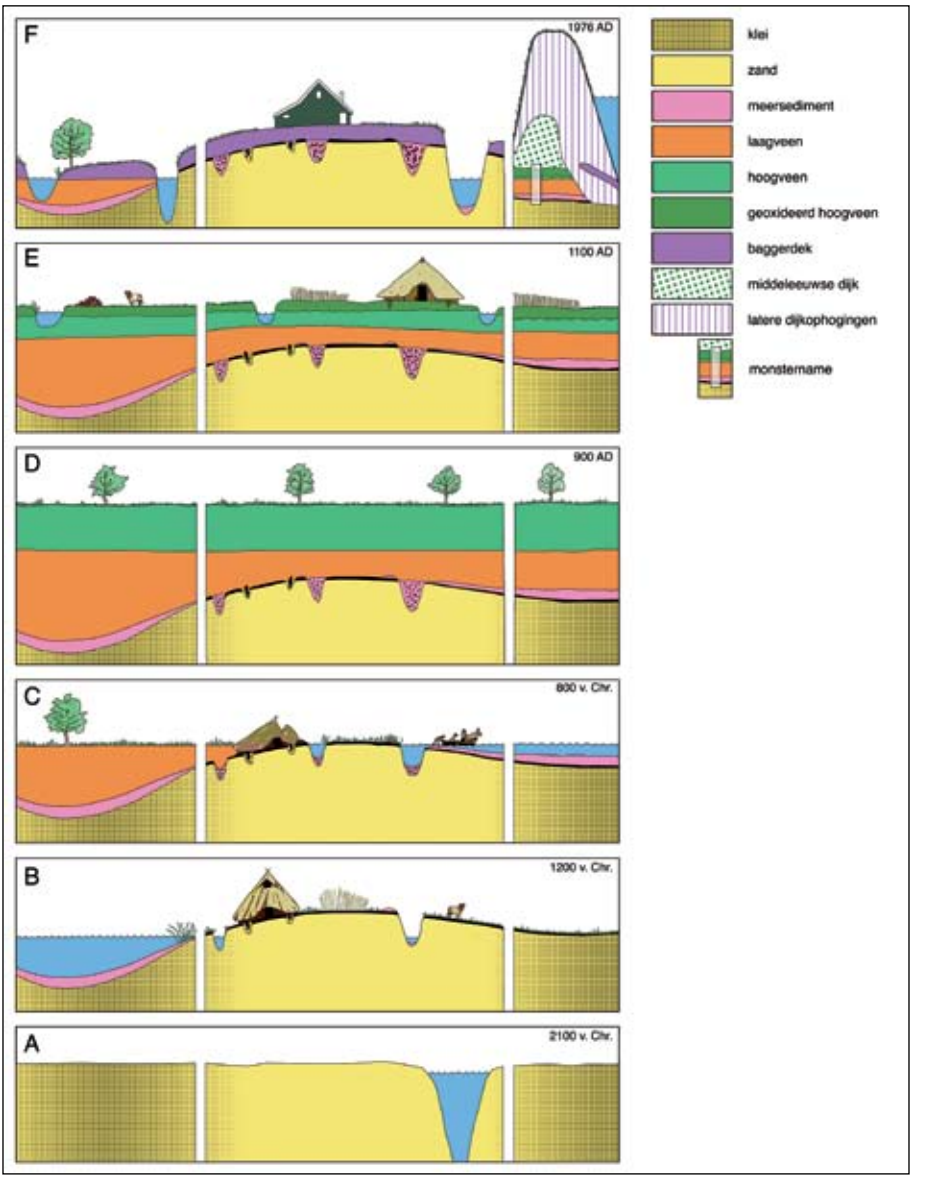
Tot nu toe is in dit artikel de informatie, afgeleid uit de onder de Omringdijk aanwezige gelaagdheid, beperkt gebleven tot de klimaatverandering rond 850 v. Chr. (afbeelding 5 geeft een overzicht van opeenvolgende stadia). De veenlaag onder de oudste dijk is ook in een ander opzicht interessant. En dat betreft dan de toplaag van het veen; juist onder de eerste ophogingslaag van de oudste, 12e/13e eeuwse dijk. In die laag was de hoeveelheid stuifmeel van rogge namelijk zo groot dat we er van uit mogen gaan dat in middeleeuws West-Friesland rogge op het veen werd verbouwd in de periode voordat de dijk werd opgeworpen.

Dat is op zichzelf merkwaardig omdat het veen zich vooraf tot hoogveen had ontwikkeld. Levend hoogveen bevat heel weinig voedingsstoffen omdat alles via regenwater moet binnenkomen. Op ongestoord hoogveen is het verbouwen van graan niet mogelijk (te nat en te voedselarm).

Rond 1000 na Chr. werden bij de ontginning van de hoogveenmoerassen sloten en greppels gegraven. West-Friesland dankt daaraan zijn verkavelingspatroon van straatdorpen met haaks daarop smalle kavels die destijds nog door veel meer sloten werden ontwaterd. Door de drainagesloten en greppels werd het veen ontwaterd en raakte de toplaag van het veen versneld geoxideerd. Bij dat proces kwamen voedingsstoffen vrij die anders in de veenplanten opgeslagen waren gebleven.

De ontwatering heeft daarbij ook tot andere (positieve en negatieve) effecten geleid: de veengroei hield op en compactie en oxidatie van het veen leidde tot daling van het maaiveld. En dat leidde weer tot regelmatige overstroming tijdens stormvloeden. Daarmee werden vruchtbare kleideeltjes aangevoerd.

Zaden van zoutminnende planten in de bovenste laag van het veen (de middeleeuwse bouwvoor) en in de plaggen van de oudste dijk geven aan dat overstromingen met brak of zout water hadden plaatsgevonden. Aan de gezamenlijke inspanning en de organisatie die nodig was om de Omringdijk aan te leggen waren dus ingrijpende overstromingen vooraf gegaan.



Afb. 5: Zes opeenvolgende stadia (versimpeld) in de vorming van oostelijk West-Friesland. Het linker deel, het middelste deel en het rechter deel van de tekeningen vertegenwoordigen de ontwikkelingen in respectievelijk:

- *het gebied van de Klokkeweel bij Hoogkarspel, als voorbeeld van een gebied met een kleiige ondergrond. Na terugtrekking van de zee ontwikkelde zich daar een laagte die zich in de loop der tijd vulde met meersediment en veen (Pals et al., 1980).*
- *het gebied rond een van de oorspronkelijke geulen, dat vanwege het zandige materiaal uiteindelijk hoger kwam te liggen dan de kleiige gebieden die meer zijn ingeklonken na terugtrekking van de zee.*
- *de plaats waar de Omringdijk bij Enkhuizen werd aangesneden. Oorspronkelijk zal de top van de zandige afzetting onder de dijk op dezelfde hoogte hebben gelegen als in het naastliggende gebied.*

De volgende zes fasen (A-F) kunnen worden onderscheiden; de ouderdommen staan steeds in de rechterbovenhoek van de tekeningen aangegeven:

Omringdijk: waardevol archief

Door de middeleeuwse ontginning van West-Friesland is vrijwel overal het ooit aanwezige veenpakket verdwenen. De Westfriese Omringdijk heeft mede daarom een grote archiefwaarde: de studie van de onder de dijk bewaard gebleven lagen heeft duidelijkheid gebracht ten aanzien van de gevolgen van een door de zon veroorzaakte klimaatverandering rond 850 v. Chr. Er is sprake van een door het klimaat bepaalde ramp voor de mensen die in dat gebied hebben gewoond. Toen ik daarover voor het eerst een lezing hield werd ik door een vooraanstaande Nederlandse archeoloog fel aangevallen. Hij vond mijn verhaal ouderwets 'deterministisch' en niet passend in de moderne archeologische ideeënwereld.

Wanneer ik diezelfde archeoloog af en toe op een bijeenkomst tegenkom dan blijkt dat hij langzaam aan het idee gewend raakt dat klimaatveranderingen tijdens het Holoceen wel degelijk ingrijpend kunnen zijn geweest voor mensen die in marginale gebieden woonden.

Crisis: motor voor nieuwe start

Ik ben niet terughoudend als het gaat om het naar buiten te brengen van een afwijkende mening. Samen met mijn Zweedse collega Björn Berglund heb ik in het jaar 2000 in een speculatief artikeltje de overgang van Bronstijd naar IJzertijd in NW-Europa in verband gebracht met de klimaatverandering rond 850 v. Chr.

De redenatie was als volgt:

- Kort na de klimaatverandering van 850 v. Chr. (die vrijwel samenvalt met de overgang van Bronstijd naar IJzertijd) zien we in de stuifmeeldiagrammen in NW-Europa een sterke toename van de indicatoren voor menselijke invloed (meer ontbossing; meer landbouw en veeteelt), wijzend op een plotselinge toename van de bevolkingsdichtheid.
- Crisis kan een impuls zijn om tot veranderingen te komen. De klimaatcrisis van 850 v. Chr. veroorzaakte een milieucrisis (verminderde opbrengst van de oogst) en daarmee waarschijnlijk ook een sociale crisis.

A. Het gebied maakte deel uit van een waddengebied waar zand werd afgezet in, en nabij de geulen en waar klei werd afgezet in de vlakke gebieden die wat verder van de geulen waren gelegen.

B. Toen het gebied buiten het bereik van de zee kwam te liggen zakten vooral de gebieden met een kleiondergrond verder in dan de gebieden met een zandige ondergrond. Hier en daar ontstonden zoetwatermeertjes die langzaam opgevuld raakten met prut en plantenresten (veen). Gedurende de Midden en Late Bronstijd werden de hogere delen bewoond door mensen.

C. Een plotseling sterke stijging van de grondwaterspiegel (klimaatverandering; het werd koeler en natter) had tot gevolg dat mensen het gebied moesten verlaten.

D. Het gebied raakte overdekt met moerassen waarin veen werd gevormd.

E. Het gebied werd ontgonnen, waardoor het oppervlak van het veen daalde vanwege drainage en oxidatie. Het gebied werd daardoor kwetsbaar voor stormvloeden en daarom werd de dijk aangelegd.

F. De huidige situatie: het veen is in West-Friesland bijna overal verdwenen, maar onder de dijk en in enkele laagten in het landschap is nog veen bewaard gebleven.

Een ineenstorting van gemeenschappen had tot gevolg dat de leidende klasse z'n belangrijke posities verloor.
Daardoor veranderde de sociale structuur en konden nieuwe technieken (in nood geboren; *'crisis is the mother of invention')* worden bedacht en ingevoerd. Dat leidde tot een verbeterde voedselproductie en dus tot bevolkingsgroei en uitbreiding van landbouw en veeteelt.

Brongers en Woltering (1978) hebben de overgang van Bronstijd naar IJzertijd beschreven als een sociaal-economische revolutie. Vooral de lokale productie van ijzer - gewonnen uit moerasijzererts en uit ijzeroerlagen in zandige bodems - leidde tot een essentiële sprong voorwaarts (metaal beschikbaar voor landbouwwerktuigen). Dit in tegenstelling tot het in de Bronstijd gebruikte brons dat in Nederland van elders moest worden ingevoerd.

We veronderstellen dat de toegenomen neerslag als gevolg van de klimaatverandering zal hebben geleid tot meer transport van ijzer uit bodems via grondwater naar plaatsen waar het in winbare hoeveelheden als moerasijzererts beschikbaar kwam.
We waren ons zeer wel bewust van het feit dat onze ideeën als een voorbeeld van 'ecologisch determinisme' zouden worden gezien, maar dat weerhield ons er niet van om het vermoedelijke verband aan te geven tussen een ingrijpende klimaatverandering en een culturele omslag.

Amsterdam, najaar 2009

* De auteur is verbonden aan de Faculteit der Natuurwetenschappen, Wiskunde en Informatica van de Universiteit van Amsterdam.

Dankwoord
De auteur bedankt Dr. Jan Albert Bakker voor het kritisch lezen van het manuscript. Bob Brobbel stelde de tekening van de dijkdoorsnede beschikbaar en Jan van Arkel bewerkte overige illustraties.

Literatuur
Bakker, J.A., 1959. Opgravingen te Hoogkarspel I: het onderzoek van tumulus 1 en naaste omgeving. *West-Frieslands Oud & Nieuw, jaarboek 1959,* pag. 158-191.
Bakker, J.A., en R.W. Brandt, 1966. Opgravingen te Hoogkarspel III: Grafheuvels en een terp uit de Late Bronstijd ten zuidwesten van het Medemblikker Tolhuis (voorlopige mededeling). *West-Frieslands Oud & Nieuw, jaarboek 1966, pag.* 176-224.
Bakker, J.A., en W.H. Metz, 1967. Opgravingen te Hoogkarspel IV: Het onderzoek in 1966 van vindplaats F ten zuidwesten van het Medemblikker Tolhuis (voorlopige mededeling). *West-Frieslands Oud & Nieuw, jaarboek 1967,* pag. 202-228.
Bakker, J.A., P.J. Woltering en W.J. Manssen, 1968. Opgravingen te Hoogkarspel V: het onderzoek van vindplaats F in 1967 (voorlopige mededeling). *West-Frieslands Oud & Nieuw, jaarboek 1968,* pag. 192-199.
Bakker, J.A., Brandt, R.W., van Geel, B., Jansma, M.J., Kuiper, W.J., van Mensch, P.J.A., Pals, J.P. & IJzereef, G.F., 1977. Hoogkarspel watertoren: towards a reconstruction of ecology an archaeology of an agrarian settlement of 1000 BC. In: B.L. van Beek, R.W. Brandt, W. Groenman-van Waateringe (red.), *Ex Horreo,* Amsterdam (Cingula 4), pag. 187-225.

Beer, J. & van Geel, B., 2008. Holocene climate change and the evidence for solar and other forcings. In: R.W. Battarbee and H.A. Binney (eds), *Natural Climate Variability and Global Warming: a Holocene Perspective.* Wiley-Blackwell, pag. 138-162.

Behre, K.-E. 2007. A new Holocene sea-level curve for the southern North Sea. *Boreas 36:* pag. 82-102.

Borger, G.J., 1975. *De Veenhoop. Een historisch-geografisch onderzoek naar het verdwijnen van het veendek in een deel van West-Friesland.* Proefschrift, Amsterdam.

Brongers, J.A. en P.J. Woltering, 1978. De prehistorie van Nederland, economisch-technologisch Fibula-Van Dishoek, Haarlem. 137 p.

Buurman, J., 1996. *The eastern part of West-Friesland in later prehistory.* Proefschrift Rijksuniversiteit Leiden.

Haltia-Hovi, E., Saarinen T. & Kukkonen M., 2007. A 2000-year record of solar forcing on varved lake sediment in eastern Finland. *Quaternary Science Reviews* 26: pag. 678–689.

Magny M., 2007. Lake level studies - West-Central Europe. In: *Encyclopedia of Quaternary Studies,* Vol. 2, pag. 1389-99. Elsevier, Amsterdam.

Mauquoy, D., van Geel B., Blaauw M. & van der Plicht J., 2002. Evidence from northwest European bogs shows 'Little Ice Age' climatic changes driven by variations in solar activity. *The Holocene 12:* pag. 1-6.

Neff, U., Burns S., Mangini A., Mudelsee M., Fleitmann D. & Matter A., 2001. Strong coherence between solar variability and the monsoon in Oman between 9 and 6 kyr ago. *Nature 411:* pag. 290-293.

Pals, J.P., van Geel, B. & Delfos, A., 1980. Paleoecological studies in the Klokkeweel bog near Hoogkarspel (prov. of Noord Holland). *Review of Palaeobotany and Palynology 30:* pag. 371-418.

Roep, T.B. & van Regteren Altena, J.F., 1988. Paleotidal levels in tidal sediments (3800-3635 BP); compaction, sea level rise and human occupation (3275-2620 BP) at Bovenkarspel, NW Netherlands. In: P.L. de Boer (ed), *Tide-influenced sedimentary environments and facies.* pag. 215-231. Dordrecht.

van Geel, B., Hallewas, D.P. & Pals, J.P., 1983. A Late Holocene deposit under the Westfriese Zeedijk near Enkhuizen (Prov. of N-Holland, The Netherlands): palaeoecological and archaeological aspects. *Review of Palaeobotany and Palynology 38:* pag. 269-335.

van Geel, B., Buurman, J. & Waterbolk, H.T., 1996. Archaeological and palaeoecological indications of an abrupt climate change in The Netherlands, and evidence for climatological teleconnections around 2650 BP. *Journal of Quaternary Science 11:* pag. 451-460.

van Geel, B., Buurman, J. en Waterbolk, H.T., 1997. Abrupte veranderingen in delta 14C rond 2700 BP in paleo-klimatologisch en archeologisch perspectief. In: D.P. Hallewas, G.H. Scheepstra and P.J. Woltering (eds), *Dynamisch landschap - Archeologie en geologie van het Nederlandse kustgebied, van Gorcum,* Assen, pag. 153-173.

van Geel, B., van der Plicht, J., Kilian, M.R., Klaver, E.R., Kouwenberg, J.H.M., Renssen, H., Reynaud-Farrera, I. and Waterbolk, H.T., 1998. The sharp rise of $\Delta^{14}C$ ca. 800 cal BC: possible causes, related climatic teleconnections and the impact on human environments. *Radiocarbon 40:* pag. 535-550.

van Geel, B., Raspopov O.M., Renssen H., van der Plicht J., Dergachev V.A. & Meijer H.A.J., 1999. The role of solar forcing upon climate change. *Quaternary Science Reviews 18:* pag. 331-338.

van Geel, B., Bokovenko, N.A., Burova, N.D., Chugunov, K.V., Dergachev, V.A., Dirksen, V.G., Kulkova, M., Nagler, A., Parzinger, H., van der Plicht, J., Vasiliev, S.S. & Zaitseva, G.I., 2004. Climate change and the expansion of the Scythian culture after 850 BC: a hypothesis. *Journal of Archaeological Science 31:* pag. 1735-1742.

van Geel, B., 2007. Wisselende zonne-activiteit veroorzaakt klimaatveranderingen. *SPIL 2007 (3):* pag. 9-13.

van Geel, B., 1994. Veengroei en veenontginning. In: M. Rappol en C.M. Soonius (red.) *In de bodem van Noord-Holland: geologie en archeologie.* Lingua Terrae, Amsterdam. pag. 141-163.

van Geel, B. & Berglund, B.E., 2000. A causal link between a climatic deterioration around 850 cal BC and a subsequent rise in human population density in NW-Europe?, *Terra Nostra 2000/7:* pag. 126-130.

Woltering, P.J., 1985. Prehistorie en Romeinse tijd in West-Friesland. *West-Frieslands Oud & Nieuw, jaarboek 1985,* pag. 199-232.

IJzereef G.F. en van Regteren Altena, J.F., 1991. Nederzettingen uit de midden- en late bronstijd bij Andijk en Bovenkarspel, Nederzettingen uit de Bronstijd en de Vroege IJzertijd in de Lage Landen, In: Fokkens H., Roymans, N. (ed.), *Nederlandse Archeologische Rapporten, nr. 13,* Amersfoort, pag. 61-81.