Een *kijkje* in de *schatkamers* van TNO

Frans Bunnik

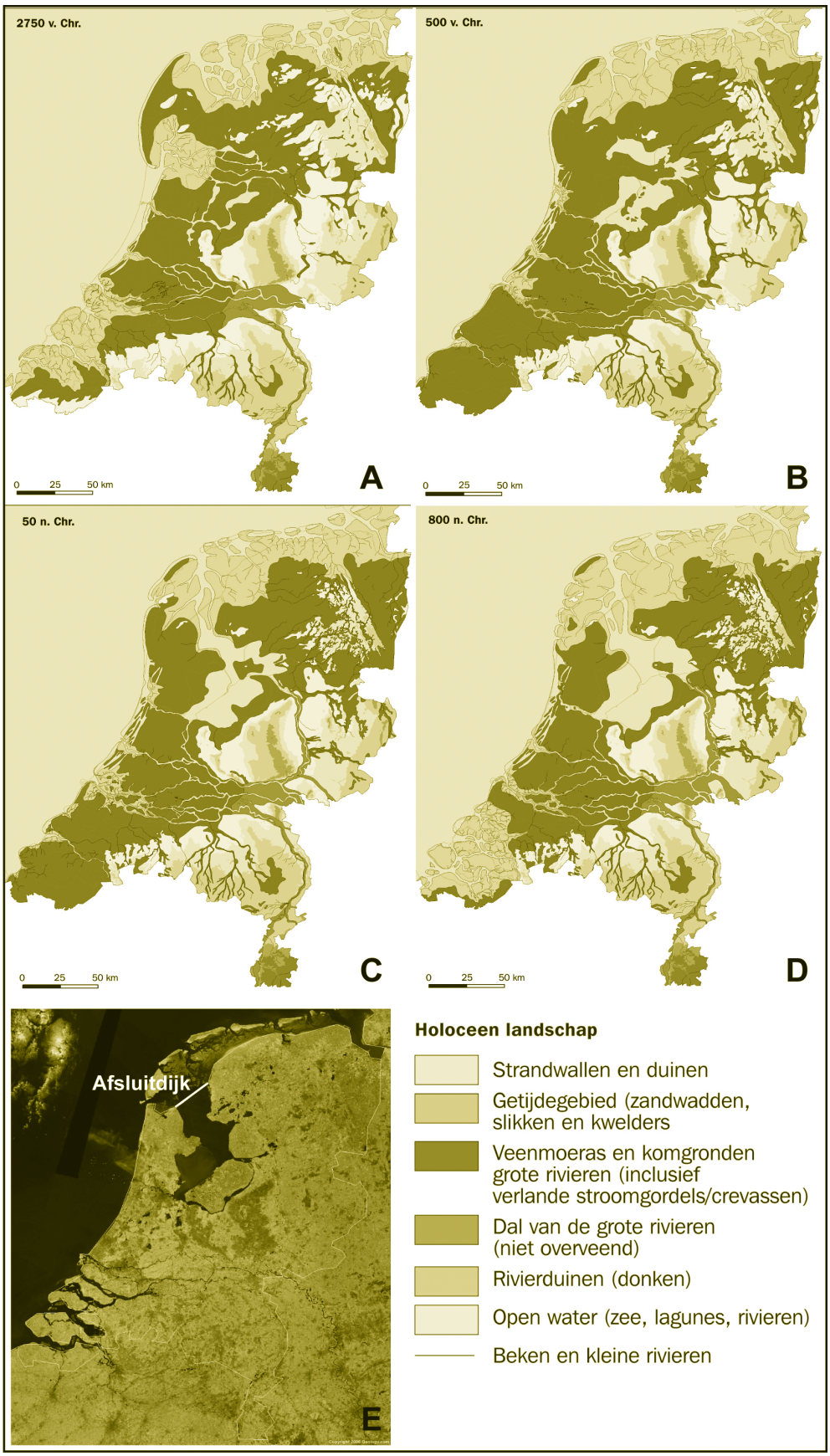
Holger Cremer (TNO Bouw en ondergrond, Utrecht)

Natuurlijke archieven als bronnen van informatie
De recente klimaat- en landschapsgeschiedenis is vastgelegd in archieven. Als we echter verder teruggaan in de tijd, zijn we afhankelijk van de *natuurlijke* archieven: afzettingen op bodems van meren, kleilagen en veen. Deze sedimenten bevatten de overblijfselen van levende organismen zoals stuifmeel, diatomeeën en andere resten van planten dieren. Door deze afzettingen te analyseren kunnen landschapsreconstructies, paleomilieu- en paleoklimaat-reconstructies en archeologische interpretaties worden gemaakt. De effecten van de huidige, complexe, klimaat- en milieu veranderingen zullen grote invloed hebben op de toekomst van onze samenleving. Reconstructies van het verleden, waarin vergelijkbare ontwikkelingen optraden, verschaffen inzicht in de toekomstige ontwikkelingen onder het motto "het verleden is de sleutel tot de toekomst". Vanwege de antropogene druk op de ondergrondse ruimte worden veel natuurlijke archieven in de ondergrond vernietigd. Deze trend zet zich versneld door en verloren gegane informatie over het verleden kan nooit meer gereconstrueerd worden. Sinds enige tijd bestaat er voor het dreigende verlies van archeologische informatie in de ondergrond van Nederland een wet die archeologisch onderzoek verplicht voordat een gebied op de schop gaat (de wet van Malta). Eenzelfde regeling zou eigenlijk ook van toepassing moeten zijn bij verlies van natuurlijke archieven!

Dino/loket
(http://dinoloket.tno.nl/dinoLks/DINOLoket.jsp)
Bij het TNO instituut in Utrecht worden de gegevens uit de natuurlijke archieven van de Nederlandse ondergrond opgeslagen. De afdeling verantwoordelijk voor de digitalisering en archivering van alle data uit tienduizenden datasets uit de Nederlandse ondergrond is TNO DINO, Data en Informatie van de Nederlandse Ondergrond. Hiermee is in Utrecht één centraal geowetenschappelijk informatie- en onderzoeksinstituut gevormd waar alle beschikbare gegevens en kennis van de Nederlandse ondergrond is opgeslagen.
De centrale toegangspoort tot bovengenoemde geowetenschappelijke informatie is DINO*loket*. Het archief omvat diepe en ondiepe boringen, grondwatergegevens, sonderingen, geo-elektrische metingen resultaten van geologische, geochemische en geomechanische monsteranalyses, boorgatmetingen en seismische gegevens. De meeste gegevens die via DINO*Loket* worden verstrekt zijn openbaar toegankelijk. DINO is daarmee de grootste leverancier van geowetenschappelijke data in Nederland. Het systeem bevat op dit moment 377 duizend datasets van grondboringen, 56 duizend grondwaterboringen, 28 miljoen grondwaterstanden en 350 seismische profielen. In totaal bevat DINO nu ongeveer 30 Terabyte aan gegevens, de komende jaren oplopend naar zo'n 42 Terabyte. Vooral ingenieursbureaus, oliemaatschappijen, en overheidsinstanties maken gebruik van de gegevens. Dagelijks maken circa meer dan 1000 abonnees gebruik van DINO. De belangrijkste gebruikers zijn overheidsinstellingen, olie en gasmaatschappijen en ingenieursbureaus.

RGI project SIMCLIMATE
Behalve de genoemde "technische" data over de Nederlandse ondergrond bevat het TNO archief ook een schat aan informatie die, bij een aangepaste redactie en vormgeving, voor de geïnteresseerde leek een prachtig beeld kunnen geven van de ontwikkeling van het Nederlandse landschap en daarbij inzicht geven in de oorzaken van deze veranderingen.
Zo bevat deze dataset veel informatie over door natuurlijke en door de mens gestuurde veranderingen in het verre en recente verleden. Dit betreft o.a. zeespiegelveranderingen, overstromingen, veranderingen in riviergedrag, data over verontreinigingen in grond- en oppervlaktewateren, vegetatieveranderingen door ontbossingen, landbouw en veeteelt, landschapsveranderingen door het grootschalig afgraven van turf, bodem- en grondwaterdalingen door bedijking en droogmakerijen enzovoort. In het kader van het RGI project SIMCLIMATE, wordt er thans door het Geobiologie Team van TNO een website gemaakt, waarbij aansprekende voorbeelden uit deze enorme dataset getoond worden, met onderwerpen waarbij de geologische kennis en de paleo-ecologische data gecombineerd worden met archeologische en historische gegevens.

De website
De website is zo opgezet dat nu per provincie ten minste één voorbeeld getoond wordt van een aansprekend paleoecologisch verhaal. Bij het starten van de website ziet de gebruiker een kaart van Nederland met de twaalf verschillende provincies (Figuur 1). Bij het aanklikken van de provincie naar keuze verschijnt een tekst met een of meerder figuren over landschapsontwikkeling in een deelgebied gedurende een bepaalde periode, waarbij de mogelijkheden tot contact voor verdere informatie wordt aangegeven. Het doel is om deze website zo te ontwikkelen dat er een "sterrenkaart" van Nederland wordt gepresenteerd, waarbij een groot aantal casestudies verspreid over heel Nederland een goed beeld geven van de potentie van onderzoek gebaseerd op meerde-

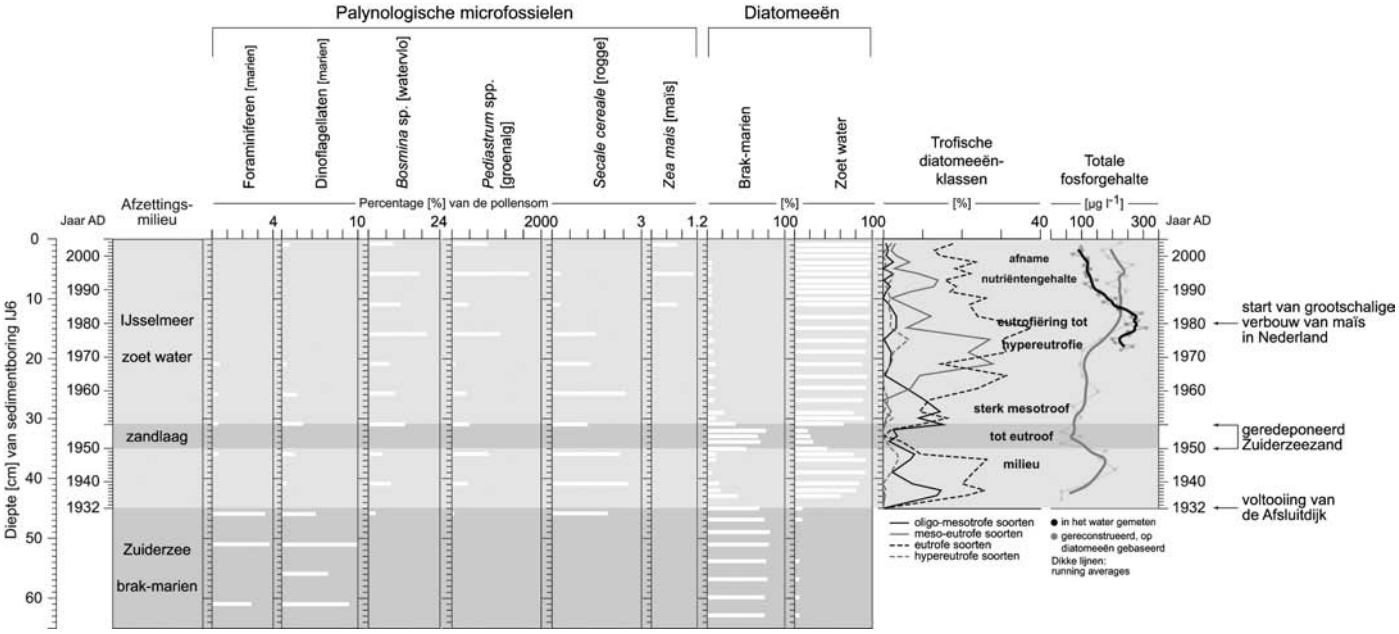


Figuur 1: Screenimage van de openingspagina van de Sim Climate website (openingspagina website.pdf)

re invalshoeken uit verschillende disciplines.
Als voorbeeld van een voor het grote publiek interessante studie over landschapsontwikkeling onder invloed van klimaatveranderingen, veranderende zeespiegelstanden en menselijke activiteiten wordt in de volgende paragrafen nader ingegaan op de ontwikkelingen in het IJsselmeergebied.

Casestudy IJsselmeer (Figuur 2, screenimage)
Het IJsselmeer is thans het grootste zoetwatermeer van Nederland, multifunctioneel (waterberging, natuur, recreatie, nieuwe polders) en zeer gevoelig voor milieuveranderingen. Dit gebied heeft echter in het verdere verleden ingrijpende veranderingen ondergaan. De geologische en hydrologische en paleo-ecologische geschiedenis van dit gebied, gebaseerd op eerder en recent onderzoek van TNO en de vroegere Rijks Geologische Dienst, toont aan dat na de laatste ijstijd (ongeveer 10.000 jaar geleden), als gevolg van het afsmelten van de ijskappen, de zeespiegel sterk begon te stijgen en dat de zee steeds verder Nederland binnendrong. Na de vorming van een rij van strandwallen voor de kust werd de afvoer van de grote rivieren vertraagd en ontstonden in de laaggelegen delen grote veenmoerassen. Door dit proces ontstond ook in het huidige IJsselmeergebied in een uitgebreid veenmoeras met veel kleine en grotere meren (Figuur: zie website; De Gans, 2006). In de loop van de tijd groeiden de plassen en meren in dit moeras uit tot één grote watervlakte. Deze zoetwaterlagune (het Fleovomeer) verziltte na de Romeinse tijd door een toenemende invloed van de Noordzee en werd in de 12e eeuw tot een echte binnenzee, de Zuiderzee. Deze bereikte pas later in de middeleeuwen, toen steeds meer van het oorspronkelijke veengebied werd weggeslagen door getijdenwerking en stormvloeden, haar grootste omvang (Lenselink, 2001).

Het landschap rond deze binnenzee werd sinds de Middeleeuwen niet alleen door natuurlijke processen maar ook en voornamelijk door menselijke activiteiten gevormd. De aanleg van dijken en kustverdedigingswerken, landwinning, afgraving van veen en diatomeeënaarde en akkerbouw hadden gedurende de hele periode een duurzame invloed op het landschap (zie De Gans, 2006: p. 120-137).



Figuur 2: Screenimage

Het oprukkende water en stormvloeden vormden echter ook een grote bedreiging en een toenemende uitdaging voor de mensen die achter de dijken leefden. Ook het gebied rond de Zuiderzee werd regelmatig door stormvloeden getroffen. Tijdens grote stormen zijn tussen 1400 en 1850 langs de kust van de Zuiderzee stormruggen ontstaan die in het landschap bij Muiderberg en Nunspeet nu nog zichtbaar zijn (De Gans & Bunnik, 2005). Deze steeds dreigender wordende overstromingen leidden uiteindelijk tot het aanleggen van de Afsluitdijk. Hierdoor werd ook de inpoldering van een deel van de Zuiderzee mogelijk (Altenburg et al., 2007). Op 28 mei 1932 was de dijk dicht en ontstond het IJsselmeer.

Door de aanleg van de Afsluitdijk werd de invloed van de zee in één klap aan banden gelegd. Het IJsselmeer verzoette binnen de eerste vijf jaar van zijn bestaan. De overgang van de brak-mariene Zuiderzee naar het zoete IJsselmeer is duidelijk aan de verhoudingen van de microfossielen in de afzettingen te zien (Figuur 4; Cremer & Bunnik, 2006). Kenmerkend voor de Zuiderzee waren bijvoorbeeld eencellige skeletvormende organismen zoals mariene diatomeeën (kiezelwieren), foraminiferen (mariene gaatjesdragers) en dinoflagellaten (eencellige mariene algen). Na de afsluiting verdwenen deze mariene microfossielen volledig in de afzettingen. In het nog jonge IJsselmeer ontwikkelde zich een zoetwaterfauna en –flora. Vanaf 1932 zijn er regelmatig en soms in grote hoeveelheden skeletjes van zoetwaterdiatomeeën, watervlooien en groenalgen te vinden (Figuur 4).

Vegetatie- en landschapsontwikkeling

De soorten en hoeveelheden van stuifmeel (pollen) in kust-, binnenzee- en meerafzettingen geven een beeld van de toenmalige en huidige begroeiing in het IJsselmeergebied. Zo toont de verandering van de pollenassemblages van de laatste 10.000 jaar uit veen- en kleilagen in het IJsselmeergebied grote veranderingen in bos- water- en moerasvegetaties. Zelfs sporen van menselijke activiteiten in de vorm van landbouw in het gebied konden worden aangetoond. Zo kwamen na de inpoldering van Oost-Flevoland sporen van de eerste prehistorische bewoningsfase bij Swifterbant aan het daglicht. De vegetatie bestond toen uit bossen met eik, es en linde op de oeverwallen, terwijl in de lagere delen rietmoerassen en natte elzenbossen voorkwamen. De Swifterbant mensen, de eerste landbouwers in dit gebied, woonden tussen 3500 en 3200 v. Chr. op de oeverwallen en rivierduinen van een zoetwaterdelta en leefden van visvangst, gerst, tarwe, hazelnoten, rozenbottels en bramen (Borman, 1980). Zij waren dus voor hun voedselvoorziening, naast landbouw, nog voor een groot deel afhankelijk van jacht, visvangst en verzamelen.
De belangrijkste resultaten van het palynologisch onderzoek van de jongere IJsselmeersedimenten geven, naast aanvullende informatie over de waterkwaliteit gebaseerd op het voorkomen van mariene algen, watervlooien en groenalgen, ook de mogelijkheid om de afzettingen te dateren. Zo is te zien in Figuur 4, dat vanaf de jaren zestig de verbouw van rogge afnam en is het begin van de grootschalige verbouw van maïs aan het eind van de zeventiger jaren gedocumenteerd (Cremer & Bunnik, 2006). Met de scherpe overgang van de Zuiderzeesedimenten naar die van het IJsselmeer in 1932 en de datum van boring in 2006 is een goede chronologie van de waarnemingen gewaarborgd.

De veranderingen van de waterkwaliteit in het IJsselmeer

Behalve de overgang van zout naar zoet, documenteert de sedimentaire diatomeeënflora de ontwikkeling van de waterkwaliteit in het IJsselmeer gedurende de afgelopen 75 jaar. De samenstelling van diatomeeëngemeenschappen in zoetwatermeren is afhankelijk van een aantal milieufactoren, waaronder bijvoorbeeld de mate van verzuring en de nutriëntenrijkdom (Smol & Stoermer, 1999). Deze parameters kunnen tegenwoordig met behulp van statistische methoden uit microfossielengemeenschappen in het verleden gereconstrueerd worden (Cremer, 2007). De laatste twee kolommen in Figuur 4 schetsen een kwalitatief en kwantitatief beeld van de ontwikkeling van de nutriëntenrijkdom

van het IJsselmeer vanaf de jaren dertig. De kwalitatieve beoordeling laat zien dat diatomeeënsoorten die kenmerkend zijn voor eutroof, nutriëntenrijk water tijdens de hele onderzochte periode volop voorkwamen terwijl oligo-mesotrofe, minder nutriëntenrijk water aantonende soorten hoofdzakelijk vóór de zestiger jaren werden aangetroffen. Volgens deze bevindingen ontwikkelden zich de milieucondities in het IJsselmeer van meso-eutroof in de jaren dertig, veertig en vijftig tot sterk eutroof-hypereutroof in de periode 1960-2000 (Cremer & Bunnik, 2006). Bekend is dat gedurende deze periode de algengroei in het IJsselmeer en de randmeren zeer uitbundig was ten gevolge van de hoge fosfaatbelasting. Vanaf 1968 veranderden de randmeren in een troebele erwtensoep, waarbij zelfs giftige algen de overhand kregen. Vanaf 1970 zijn de waterbeheerders aan de slag gegaan om dit te bestrijden. De gereconstrueerde waarden van het totale fosforgehalte (TF) tonen al in de jaren veertig zeer hoge fosforconcentraties van boven de 150 $\mu g\ l^{-1}$ (Figuur 2). Volgens de berekeningen was het TF tussen 1950 en 1970 rond de 100 $\mu g\ l^{-1}$ en nam dit in de jaren tachtig en negentig sterk toe tot hypereutrofe condities. De recentelijk duidelijke afname van de nutriëntenconcentratie in het IJsselmeer is aan de diatomeeëngemeenschappen nog niet duidelijk te zien. Echter, het IJsselmeer is nog steeds een zeer nutriëntenrijk water.

Omdat een goede waterkwaliteit voor Nederland erg belangrijk is zijn er internationale afspraken vastgelegd in de "Europese Kaderrichtlijn Water". Dit moet er toe leiden dat de kwaliteit van het oppervlakte- en grondwater in 2015 op orde is. Omdat ongerepte natuurlijke wateren in Nederland niet meer bestaan, levert onderzoek naar de waterkwaliteit in het verleden referentiebeelden voor de natuurlijke situatie. Onderzoek van de natuurlijke archieven, zoals beschreven voor de situatie in het IJsselmeer, levert zodoende onmisbare informatie om de Europese doelstelling te bereiken.

Websites

De landschapsontwikkeling van Nederland gedurende de afgelopen 10.000 jaar, met een duidelijk beeld van de ontwikkelingsgeschiedenis van het IJsselmeer is te vinden op: http://dinolks04.nitg.tno.nl/dinoLks/download/maps/maps.jsp

De RGI website SIMCLIMATE TNO (in ontwikkeling) is te bezoeken op:
http://dinolks04.nitg.tno.nl/dinoLks/download/maps/simClimate/simGebieden.jsp

De ontwikkeling van het IJsselmeergebied staat op deze website:
http://dinolks04.nitg.tno.nl/dinoLks/download/maps/simClimate/gebieden/flevoland/flevoland.jsp

Literatuur

Altenburg, F., Brinkman, P., Kloosterman, O., Prins, L., van Roij, L. (2007) De Afsluitdijk. *RACM Cultuurhistorie* 9: 1-8.

Borman, R. (1980) Oude beschavingen van de lage landen. *Elsevier Amsterdam/Brussel.*

Cremer, H. (2007) Paleowaterkwaliteit van het IJsselmeer. *TNO rapport 2007-U-R0935-A, Utrecht*.

Cremer, H., Bunnik, F.P.M. (2006) Paleowaterkwaliteit van het IJsselmeer sinds de aanleg van de Afsluitdijk in 1932. *TNO rapport 2006-U-R0133-B, Utrecht*.

De Gans, W., Bunnik, F.P.M. (2005) Resten van stormruggen rond de voormalige Zuiderzee. *Grondboor & Hamer* 59: 124-127.

De Gans, W. (2006) Geologieboek Nederland. *ANWB, Den Haag*.

De Leeuw, J.J., Derenberg, C., Dekker, W., van Hal, R., Jansen, H. (2006) Veranderingen in de visstand van het IJsselmeergebied: trends en oorzaken. *RIVO rapport C022.06, IJmuiden*.

Lenselink, G. (2001). De ontwikkelingsgeschiedenis van het IJsselmeer. *De Levende Natuur* 102, 138-142.

Stoermer, E.F., Smol, J.P. (1999) The Diatoms: Applications for the Environmental and Earth Sciences. *Cambridge University Press, Cambridge.*

Van Dam., H., Mertens, A. Sinkeldam, J. (1994) A coded checklist and ecological indicator values of freshwater diatoms from the Netherlands. *Netherlands Journal of Aquatic Ecology* 28: 117-133.

Figuur 3 (A-E): De ontwikkeling van de paleogeografie in het IJsselmeergebied. Afgebeeld zijn de situaties rond 2750 v. Chr. (A), 500 v. Chr. (B), 50 n. Chr. (C), 800 n. Chr. (D) en de huidige situatie (E). Bron satellietfoto: www.geology.com.

Figuur 4: Verdeling van diatomeeën (kiezelwieren) en palynologische microfossielen in een sedimentkern uit het westelijke gedeelte van het IJsselmeer. De waterkwaliteit vanaf 1932 is op basis van de diatomeeengemeenschappen gereconstrueerd. In situ totale fosforgehaltes zijn ontleend aan De Leeuw et al. (2006). Indeling van diatomeeënsoorten in trofische klassen volgens Van Dam et al. (1994). Aanvullende informatie is in Cremer & Bunnik (2006) en Cremer (2007) verkrijgbaar.