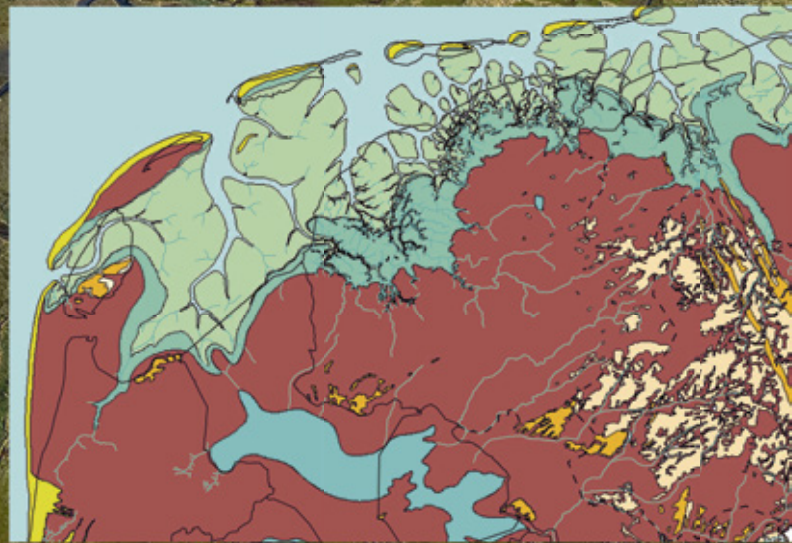


# ORIGIN OF THE DUTCH COASTAL LANDSCAPE

Long-term landscape evolution of **the Netherlands** during the **Holocene**, described and visualized in **national**, **regional** and **local** palaeogeographical map series



PETER VOS

**Tekst:** Peter C. Vos, Deltares,  
Postbus 80015, 3508 TA Utrecht, peter.vos@deltares.nl

**Vormgeving:** Nynke Tiekstra, ColtsFootMedia, Rotterdam

**Voorzijde omslag:**

- Foto van de Bosplaat bij Terschelling van Pieter de Vries (Texel).
- De paleogeografische kaart van Noordwest-Nederland betreft een uitsnede van de kaartreconstructie van 500 v.Chr. (deze brochure).

**Achterzijde omslag:** Booronderzoek naar de afzettingen van het Gantel -getijdensysteem (late ijzertijd) bij 't Woudt in Delftland.

**Copyright ©:** Deltares Utrecht, 2015

**ISBN handelseditie:** 9789491431821

**Uitgever handelseditie:** Barkhuis Publishing, Eelde

### HOE VERKRIJGT U HET PROEFSCHRIFT?

Het formaat van het boek is 23 x 29,7 cm staand (A4+). Het bevat ruim 400 pagina's, is full colour gedrukt, en genaaid en gebonden in een harde band. De brochure die u nu inkijkt heeft hetzelfde omslagontwerp als het boek.

Het boek is in het Engels, en is bedoeld voor de aardkundige en archeologische vakgenoten, voor het hoger beroeps- en universitair onderwijs en voor een ieder die geïnteresseerd is in landschapsgeschiedenis en archeologie.

Het boek kost € 74,95. Als u het boek bestelt bij de uitgever zelf (dus niet via een boekhandel), dan betaalt u geen verzendkosten. Stuur een e-mail naar [info@barkhuis.nl](mailto:info@barkhuis.nl). De uitgever neemt vervolgens contact met u op over de betaling en verzending.

# UITNODIGING

VOOR HET BIJWONEN VAN DE OPENBARE VERDEDIGING VAN MIJN PROEFSCHRIFT

# ORIGIN OF THE DUTCH COASTAL LANDSCAPE

**Long-term landscape evolution of the Netherlands during the Holocene,**  
described and visualized in **national, regional** and **local** palaeogeographical map series

op **10 juni 2015** om **12.45 uur** in de Senaatszaal  
van het Academiegebouw van de Universiteit Utrecht,  
Domplein 29 te Utrecht

Na afloop van de plechtigheid is er receptie in het Academiegebouw

Na de receptie bent u tussen 15.00 en 18.30 uur  
uitgenodigd voor de borrel in de bovenzaal  
van grandcafé Lebowski, Domplein 17,  
schuin tegenover het Academiegebouw

## **Peter Vos**

Singel 9  
1012 VC Amsterdam  
06 537 36 009  
peter.vos@deltares.nl

## **Paranimfen**

### **Meindert van den Berg**

05213 62 486  
huisdeotter@hotmail.com

### **Sieb de Vries**

06 539 89 736  
Sieb.deVries@deltares.nl

## PROMOTOR

**Prof. dr. P.L. De Boer**

## LEDEN VAN DE DISSERTATIECOMMISSIE:

**Prof. Dr. Cecile Baeteman**

Geologische Dienst van België  
and Free University Brussels, Belgium

**Prof. Dr. Jos Bazelmans**

Cultural Heritage Agency, Amersfoort  
and Free University Amsterdam

**Prof. Dr. Roland Gehrels**

Environment Department, University of York, UK

**Prof. Dr. Gilles de Langen**

Afdeling Stêd en Plattelân, Provinsje Fryslân  
and Groninger Instituut voor Archeologie

**Prof. Dr. Antony Long**

Department of Geography, Durham University, UK



Profielwand opnamen van de 'sleutel site' Schagen – De Nes (Noord-Holland). De gelaagde kwelderafzettingen aan de onderzijde van de foto dateren uit het Laat Neolithicum. De bovenliggende 'zwarte laag' is het residu van aan de lucht vergaan veen dat gevormd was in de bronstijd. De scherf in de archeologische cultuurlaag - in het middelste deel van de foto - dateert uit de midden ijzertijd. Het kleilaagje tussen de cultuurlaag en de zwarte laag heeft op basis van deze vondst een ouderdom van ~400 v. Chr. Deze opname toont aan dat het veengebied rond Schagen (zie kaart op de omslag) in de vroege ijzertijd verdrongen is en dat het oorspronkelijke bronstijd veen door subrecente bodemvorming volledig vergaan is.

# Inhoud van het proefschrift

Dit proefschrift “*Origin of the Dutch coastal landscape*” beschrijft de paleogeografische ontwikkeling van het Nederlandse kustlandschap in het Holoceen. De landschapontwikkeling wordt in beeld gebracht door middel van een serie paleogeografische kaarten. De sturende mechanismen die verantwoordelijk zijn voor de veranderingen die in het kustgebied hebben plaatsgevonden, worden bediscussieerd. De paleolandschapskaarten in het boek zijn samengesteld op drie schaalniveaus: nationaal, regionaal en lokaal. De hoofdstukindeling van het proefschrift volgt deze indeling.

De directe aanleiding om het proefschrift te schrijven was de behoefte, na het verschijnen van het publieksboek de *Atlas van Nederland in het Holoceen* (2011)<sup>1</sup>, om de totstandkoming van de kaartreconstructies – data en interpretaties – toe te lichten. Naast de landelijke kaartreconstructies is in het proefschrift een selectie van regionale en lokale paleolandschapsstudies opgenomen die de afgelopen 35 jaar zijn uitgevoerd.

Het reconstrueren van kustlandschappen is fascinerend werk. Het is een ‘4D puzzel’ waarbij je je eigen puzzelstukjes genereert. Ik ben al mijn werkgevers van de afgelopen jaren dankbaar dat ze mij in hoge mate de vrijheid hebben gegeven om hierin mijn eigen weg te gaan. Het paleogeografische werk zou niet mogelijk zijn geweest zonder de interesse en steun van opdrachtgevers, collega’s en vrienden.

In alle beschreven studies in dit proefschrift speelt de geoarcheologie een belangrijke rol. Geologische en paleomilieu gegevens uit archeologische opgravingen – ‘sleutelsites’ in de landschapsreconstructie – leveren namelijk essentiële informatie voor de kaartreconstructies.

In de inleiding (hoofdstuk 1) worden de achtergronden van de landschapsreconstructies beschreven, de gebruikte geologische / paleolandschap terminologie en stratigrafische classificaties gepresenteerd, de rol van de archeologie in de landschapsreconstructies behandeld en de drijvende mechanismen in de kustontwikkeling besproken. De vakterminologie is zoveel mogelijk in overeenstemming met die welke gebruikelijk is in Nederland. Het delta-concept van Berendsen & Stouthamer (2001) is gebruikt voor het fluviaatle mondingsgebied van Rijn en Maas. Voor de Pleistocene dalsystemen, die verdronken zijn in het

Holoceen en waar geen grote rivieren in uitmonden, wordt de term ‘getijdenbekken’ gebruikt.

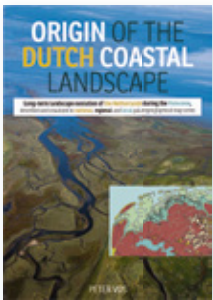
De lithostratigrafische beschrijving van de Holocene afzettingen op het niveau van formaties en laagpakketten volgt de standaard stratigrafische beschrijving zoals die bij de Geologische Dienst Nederland van TNO wordt toegepast. Op lager stratigrafisch niveau worden de sedimentlagen genoemd naar het afzettingssysteem waartoe ze behoren. Deze terminologie is geïntegreerd in de standaard lithostratigrafie van TNO.

Hoofdstuk 2 behandelt de 11 paleogeografische kaarten van Nederland. De reconstructies, databronnen en paleolandschapsinterpretaties en -beslissingen worden bediscussieerd.

Hoofdstuk 3 beprekt drie regionale paleogeografische studies. De rol van de mens op de landschapsvorming komt hier nadrukkelijk naar voren. De veenontginningen (vanaf de late ijzertijd) en grootschalige bedijkingen (vanaf de late middeleeuwen) hebben de landschapontwikkeling in het kustgebied in de laatste 2000 jaar in belangrijke mate bepaald.

In hoofdstuk 3.1 wordt de overstromingsgeschiedenis van Zuidwest-Nederland beschreven en de interactie tussen natuurlijke en antropogene processen bediscussieerd. De grote overstromingen na 270 n. Chr. zouden nooit hebben plaatsgevonden indien de mens in de Romeinse tijd het kustveengebied niet op grote schaal had ontgonnen door het graven van sloten en ontwateringskanalen. Ook wordt in dit hoofdstuk ingegaan op de directe oorzaken van de overstromingsrampen en het ontstaan van de waterlopen de Striene (gebied van Tholen) en de Westerschelde.

Het Oer-IJ – het getijdensysteem dat in de prehistorie tussen Castricum, Velsen en Amster-



Meer informatie over het boek en hoe dit te bestellen treft u aan op pagina 2, onderaan.

<sup>1</sup> Het ‘Atlas project’ was een samenwerkingsverband tussen Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed, Geologische Dienst Nederland – TNO en Deltares

## Hoofdstukindeling van het proefschrift

# ORIGIN OF THE DUTCH COASTAL LANDSCAPE

*Long-term landscape evolution of the Netherlands during the Holocene, described and visualized in national, regional and local palaeogeographical map series*

## PREFACE

### 1. INTRODUCTION

- 1.1 Palaeogeographical map reconstructions
- 1.2 Perception of the genesis of the Holocene coastal area
- 1.3 Nomenclature of the Holocene deposits
- 1.4 Subdivision of the coastal landscapes
- 1.5 Driving mechanisms in the long term coastal evolution

### 2. COMPILATION OF THE HOLOCENE PALAEOGEOGRAPHICAL MAPS OF THE NETHERLANDS

- 2.1 Method of reconstruction
- 2.2 Legend of the national palaeogeographical maps
- 2.3 Mapping sources
- 2.4 Reconstruction of the Basal Peat environment based on sea-level data
- 2.5 Reconstruction of the tidal environment
- 2.6 Blank spots
- 2.7 Composition of the map series 9000 BC – 2000 AD
- 2.8 Discussion: future map improvements

### 3. REGIONAL PALAEOGEOGRAPHICAL STUDIES

- 3.1 Flooding history of the Southwestern Netherlands: interaction between natural and anthropogenic processes
- 3.2 Landscape history of the Oer-IJ tidal system, Noord-Holland (The Netherlands)  
Article submitted to: *Netherlands Journal of Geosciences (NJG) – Geologie en Mijnbouw*  
Scheduled to appear: November of 2015  
Authors: Peter Vos, Jan de Koning & Rob van Eerden
- 3.3 Holocene landscape reconstruction of the Wadden Sea area between Marsdiep and Weser.  
Explanation of the coastal evolution and visualization of the landscape development of the northern Netherlands and Niedersachsen in 5 palaeogeographical maps from 500 BC to present  
Article accepted for publication in:  
*Netherlands Journal of Geosciences – Geologie en Mijnbouw*  
Scheduled to appear: June of 2015  
Authors: Peter Vos & Egge Knol

### 4. LOCAL PALAEOENVIRONMENTAL CASE STUDIES

- 4.1 A staged geogenetic approach to underwater archaeological prospection in the Port of Rotterdam (Yangtze Harbour, Maasvlakte, The Netherlands): a geological and palaeoenvironmental case study for mapping of Mesolithic lowland landscapes  
Article in press: *Quaternary International*, available at ScienceDirect  
Authors: Peter Vos, Frans Bunnik, Kim Cohen & Holger Cremer
- 4.2 Palaeo-environmental investigations at the archaeological site Vergulde Hand West in Vlaardingen (Port of Rotterdam)  
Authors: Peter Vos & Yurie Eijsskoot
- 4.3 Landscape reconstruction of the Bronze Age site De Druppels found on a salt-marsh ridge of the Westfriese-inlet system; a case study north of Alkmaar (Noord-Holland)  
Authors: Peter Vos, Menno van der Heijde & Eleonora Stuurman

### 5. SYNTHESIS:

#### LONG TERM LANDSCAPE EVOLUTION OF THE NETHERLANDS AND CONCLUSIONS

## REFERENCES

dam actief was – staat centraal in hoofdstuk 3.2. De landschapsgeschiedenis is beschreven op twee schaalniveaus: regionaal en supraregionaal. De geologische dateringen en archeologische sleutelsite-informatie waarop de (tijd-)reconstructie van het Oer-IJ is gebaseerd, worden gegeven in aparte appendices.

In hoofdstuk 3.3 worden de vijf landschapsreconstructies van het Waddenzee kustgebied tussen Marsdiep (Texel) en Weser (Nedersaksen) besproken. Deze reconstructies van de periode tussen 500 v. Chr. en heden zijn voor een groot deel gebaseerd op de uitgebreide geoarcheologische dataset uit deze regio's. De achterliggende natuurlijke en antropogene oorzaken van de zee-inbraaksystemen in de periode van de reconstructies worden geanalyseerd en bediscussieerd.

Drie lokale paleogeografische reconstructies worden behandeld in hoofdstuk 4. De Yangtzehavenstudie is een voorbeeld van een onderzoek waarin geologische en paleolandschappelijke kennis is gebruikt als hulpmiddel bij het opsporen van steentijd-archeologie op grotere diepte. De Yangtzehaven is de nieuwe waterverbinding tussen Maasvlakte 1 en 2 (Rotterdamse haven) die tussen 2009 en 2013 is aangelegd. Op basis van een getrapte 'geogenetische aanpak' is een midden Mesolithische site op een diepte van 18–20 m –NAP ontdekt. Deze is gelegen op rivierduinafzettingen die zijn gevormd in de paleoriviervlakte van Rijn en Maas.

Hoofdstuk 4.2 gaat over een landschapsarcheologische studie in het gebied van de Vergulde Hand West (VHW) in Vlaardingen. Dit gebied ligt aan de noordelijke rand van het voormalige Rijn-Maas Estuarium. Op de onderzoekslocatie zijn archeologische resten gevonden die dateren van de bronstijd tot en met de middeleeuwen. Een bijzonder fenomeen op deze locatie is het voorkomen van 'klapkleien' in de veenondergrond. Deze klap-

kleien zijn gevormd toen de – met lucht verzadigde – veenbodem tijdens extreem hoge waterstanden in de Maasmond tussen 250 en 200 v. Chr. ging drijven. Grote drijvende veeneilanden – inclusief de ijzertijd-nederzettingen erop – kwamen los van de ondergrond en in de tussenliggende ruimte en

Cal. jaren v/n Chr.	<sup>14</sup> C jaren voor heden	Geologische perioden		Pollen zones	Archeologische perioden						
-1950	0	Holoceen	Laat		Moderne tijd						
-1500	500				Laat	Vb2	Laat				
-1000	1000				Subatlanticum	Midden	Vb1	Middeleeuwen			
-500	1500							Vroeg			
0	2000				Midden	Subboreaal	Vroeg	Romeinse tijd			
-500	2500							Vroeg	Va	IJzertijd	
-1000	3000							Laat	IVb	Bronstijd	Laat
-1500	3500										Midden
-2000	4000							Vroeg	IVa	Neolithicum	Laat
-2500	4500										Midden
-3000	5000	Laat	III	Mesolithicum				Laat			
-3500	5500							Midden	Vroeg		
-4000	6000	Vroeg	II	Boreaal				Laat			
-4500	6500							Midden	Vroeg		
-5000	7000	Vroeg	I	Preboreaal	Midden						
-5500	7500				Vroeg	Vroeg					
-11750	11000	Pleistoceen	Laat-Glaciaal	LW III	Laat-Paleolithicum						
				LW II							
				LW I							

1 | Geologische en archeologische tijdtabel van Holoceen Nederland.



veenscheuren werd klei afgezet. Ook kwamen archeologische resten in deze scheuren terecht waaronder een boomstamkano uit de bronstijd.

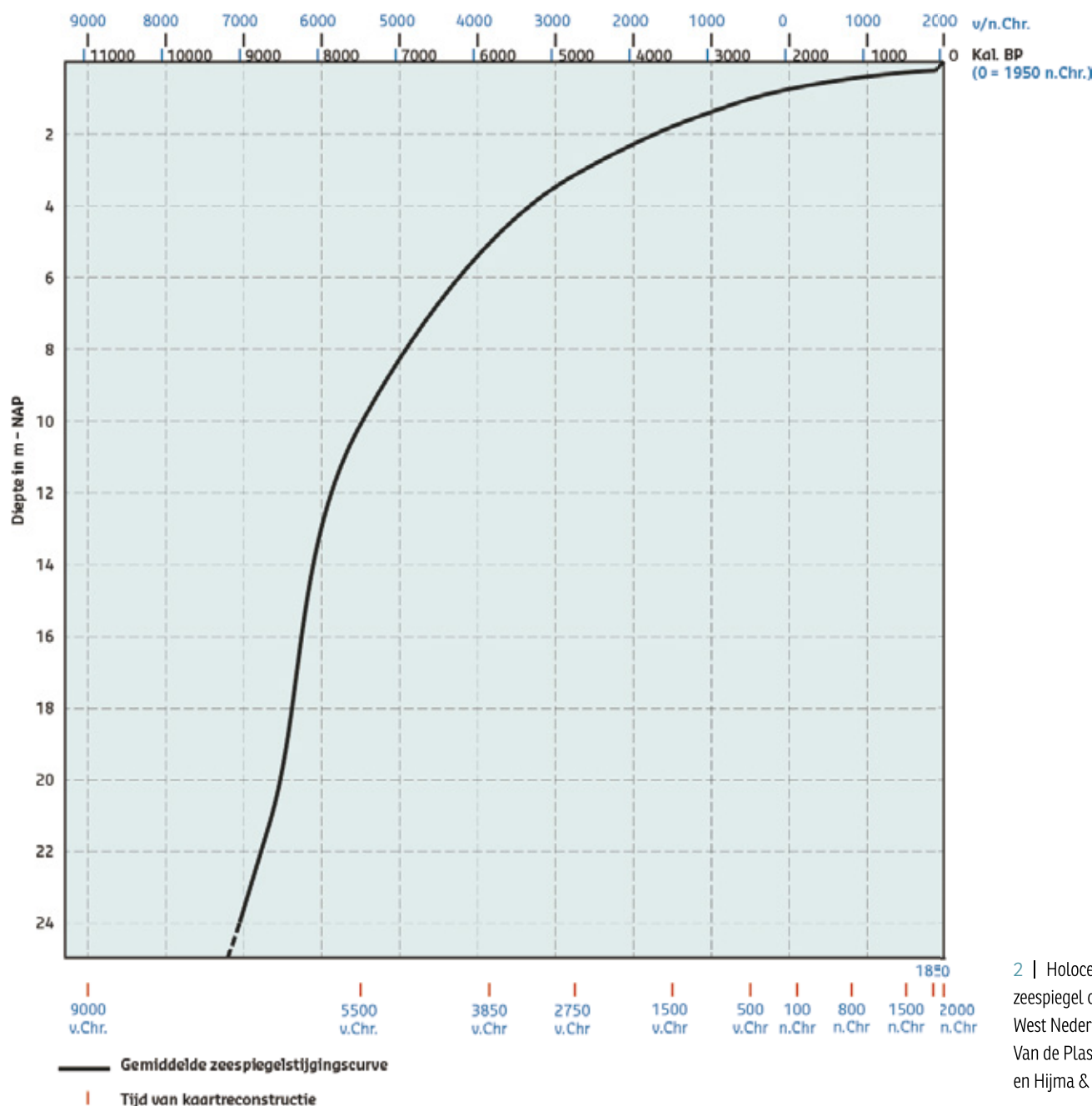
De landschapsgeschiedenis van een midden bronstijdsite in het gebied van Geestmerambacht, ten noordoosten van Alkmaar, is onderwerp van hoofdstuk 4.3. Dit gebied maakte deel uit van het voormalige Westfriese zeegatsysteem. De bronstijdsite was gelegen op een schelprijke, zandige oeverwal. De vorming van deze rug tijdens de laatste fase van het zeegatsysteem is gevisualiseerd in een profielreconstructie.

In de synthese, hoofdstuk 5, is de landschapontwikkeling van Nederland samengevat. De verantwoordelijke sturende mechanismen in de landschapontwikkeling worden geanalyseerd. Het hoofdstuk eindigt met de belangrijkste conclusies uit deze paleolandschapstudie.

## Ontstaan van Nederland in kaartbeelden

De Holocene landschapsgeschiedenis van Nederland wordt door de paleogeografische kaarten inzichtelijk gemaakt. De kustvorming van Nederland (hoofdstuk 5) wordt kort samengevat. De hierbij gebruikte tijndeling wordt weergegeven in de stratigrafische tabel (Afb. 1).

De zeespiegelstijging – na de laatste ijstijd, het Weichselien – maakte dat het laaggelegen westen en noorden van het land verdrook. De relatieve zeespiegelcurve (Afb. 2) geeft inzicht in het verloop van de snelheid van deze zeespiegelstijging. Aan het begin van het Holoceen was die relatief snel, ~100 tot 200 cm per eeuw. Vanaf 4000 v. Chr. neemt de stijging duidelijk af. Gedurende de laatste 3000 jaar bedroeg de zeespiegelstij-



2 | Holocene relatieve zeespiegel curve voor West-Nederland, naar Van de Plassche (1982) en Hijma & Cohen (2010).



3 | Noordwest Europa rond 8000 voor Chr. De Noordzee ligt voor een deel droog en Engeland is nog verbonden aan het vaste land. Als gevolg van de stijgende zeespiegel (Afb. 2) verdrong het Noordzeegebied en rond 6250 v. Chr. bereikte de zee de huidige kust zone, naar Moree & Sier, 2014.

ging gemiddeld ‘slechts’ ~5 tot 10 cm per eeuw. De snelle stijging in het Vroeg Holoceen leidde ertoe dat laag Nederland overstromde (transgressieve ontwikkeling) en dat de kustlijn zich in die periode landinwaarts verplaatste, tot wel 200 m per jaar. Door de afnemende zeespiegelstijging in het Midden Holoceen konden grote delen van het kustgebied hoog opslibben en verlanden (regressieve ontwikkeling). Als gevolg daarvan, en van de aanvoer van zand uit zee, bouwde de kustlijn in West Nederland zich in zeewaartse richting uit.

Aan het begin van het Holoceen stond de zeespiegel ~35 meter lager dan nu en lag de Noordzee nog voor een groot deel droog (Afb. 3). Engeland maakte toen deel uit van het vasteland van Noordwest Europa. Door de snelle zeespiegelstijging verdrong de Noordzee en rond 7000 v. Chr. bereikte de zee de huidige Nederlandse kustlijn. In de daaropvolgende periode overstromden de laaggelegen dalsystemen. De top Pleistoceen kaart, waarin de bovenkant van de Pleistocene afzettingen ten opzichte van NAP is weergegeven (Afb. 4), is gebruikt om de Vroeg Holoceen dalsystemen te reconstrue-

ren. Door de Holoceen geulinsnijdingen (rode gebied) weg te laten, is de top van het Pleistocene oppervlak aan het begin van het Holoceen gereconstrueerd (Afb. 5). De geometrie van dit oppervlak en de zeespiegelstijging waren de sturende factoren die de architectuur van de kustsystemen in de eerste helft van het Holoceen bepaalden.

De kaart van 9000 v. Chr. (Afb. 6) geeft het landschap weer vóór de transgressie; het is de ‘onderlegger’ voor de latere kaarten die de jongere mariene-, fluviatiele- en veenafzettingen laten zien.

Rond 5500 v. Chr. (Afb. 7) was de zeespiegel gestegen tot ~8 m –NAP. De Pleistocene dalsystemen waren veranderd in estuaria (Rijn-Maas) en getijdenbekkens (Zeeland, Noord-Holland en Noord-Nederland). Door de toestroom van kwelwater uit het hogere Pleistocene achterland vernatte de randzone langs de getijdengebieden en ontwikkelde zich daar veen. De kustlijn lag nog ~10 km zeewaarts van de huidige kustlijn.

In 3850 v. Chr. (Afb. 8) was, onder invloed van de doorgaande zeespiegelstijging, het gehele kustsysteem – kustlijn, getijdenbekkens en veenrandzone – verder landwaarts opgeschoven. De zee-

spiegel lag in die tijd op ~4,5 m –NAP. Opvallend is dat in deze periode de delta van de Rijn-Maas zich in zeewaartse richting ging uitbouwen. De delta-uitbouw hing deels samen met de aanvoer van riviersediment uit het achterland en met de aanvoer van zand uit zee door golfwerking, maar ook met de vorming van veen (en kleilig veen) tussen de rivierstroomgordels in de riviervlakte. De delta-opvulling van Rijn en Maas bestaat daarom voor een groot deel uit organisch materiaal dat daar ter plaatse is gevormd.

Rond 2750 v. Chr. (Afb. 9) was de stijging van de zeespiegel sterk afgenomen, tot ~25 cm per eeuw. De zeespiegel stond toen op een niveau van ~3,5 m –NAP. De afnemende zeespiegelstijging had in West-Nederland tot gevolg dat de getijdenbekkens werden opgevuld. Voor de kust ontstond een gesloten strandwallensysteem dat zich in de daaropvolgende periode zeewaarts uitbreidde. Door het dichtslibben van de getijdenbekkens verslechterde de natuurlijke drainage in het achterland van het kustgebied. Dit gebied vernatte daardoor sterk waardoor daar op grote schaal veen werd gevormd.

In tegenstelling tot West-Nederland breidden de getijdenbekkens in Noord-Nederland zich nog landwaarts uit. Deze transgressieve trend werd veroorzaakt door een relatief sterkere tektonische bodemdaling in deze regio. Ook werd in Noord-Nederland relatief minder zeezand door golfwerking naar de kust verplaatst. Dit laatste hangt samen met de windkracht en de windrichting. De zuidwestelijke winden waren door het jaar genomen sterker dan de noordwestelijke winden waardoor het golfgedreven zandtransport naar de kust in West-Nederland sterker was. Het steilere kustprofiel voor de Noord-Nederlandse kust speelde ook een rol. De zandvoorraad op de vooroever was daardoor kleiner met als gevolg dat een geringer zandvolume beschikbaar was. De diepere zeebodem (>20 m) speelde geen rol omdat die buiten de invloed van de golfwerking lag. Deze factoren hebben er toe geleid dat de Waddenzeekust tijdens het gehele Holoceen open is gebleven en dat de kustlijn zich niet in zeewaartse richting heeft verplaatst, zoals voor de West-Nederlandse kust, maar landwaarts.

In 1500 v. Chr. (Afb. 10) had de kustuitbouw in West-Nederland zich doorgezet. De zeespiegel lag op ~2m –NAP. De zeegatsystemen in de West-Nederlandse kust lagen daar waar rivieren in zee uitmondten. In het achtergelegen kustgebied vormde zich veen. In het hoger gelegen Pleistocene achterland nam de natuurlijke afwatering eveneens af, waardoor ook daar het veen zich sterk uitbreidde. Door deze veenuitbreidingen was bijna de helft van Nederland met veen bedekt.

Ook in Noord-Nederland breidde het kustveen zich uit aan de landzijde van de bekkensystemen. De Waddenzeekust en de centrale delen van de bekkens bleven open.

In Flevoland ontstonden in het veengebied grote binnenmeren, die in de loop van de tijd door golfafslag steeds groter werden.

Opvallend is dat het rivierkleidek – op het veen – in oostelijk Nederland steeds groter werd. Deze kleisedimentatie wordt toegeschreven aan menselijk ingrijpen. Door ontbossingen en akkerbouw hield de vegetatie de bodem bij hevige regenval minder goed vast, waardoor de rivieren een grotere sedimentlast kregen. Dit sediment werd benedenstrooms afgezet langs de rivierlopen. Het rivierkleidek in Oost-Nederland is daarmee het eerste antropogene verschijnsel dat op de paleogeografische kaarten zichtbaar is.

Rond 500 v. Chr. (Afb. 11) stond het zeeniveau op ~1,25 m –NAP en was de snelheid van de zeespiegelstijging afgenomen tot ~10 cm per eeuw. In West-Nederland zette de regressieve kustontwikkeling nog door. Het Westfrieze zeegatsysteem was door een strandwal afgesloten van de zee en het getijdensysteem was bedekt met veen.

De Flevomeren namen in omvang steeds verder toe. Door de afsluiting van het Westfrieze zeegatsysteem hadden de Overijsselse Vecht en het noordelijke Flevomeer hun afwatering verlegd naar de Waddenzee. Het zuidelijke Flevomeer en het riviertje de Utrechtse Vecht waterden nog af via het Oer-IJ systeem.

In Oostergo (Friesland) werd het kustveen overdekt met een kleilaag. Deze transgressieve ontwikkeling wordt verklaard door natuurlijke kusterosie, waardoor de kustwal (eiland en kwelders) – die het veengebied beschermde – werd afgebroken.

Rond 100 n. Chr. (Afb. 12) lag het zeeniveau op ~1 m –NAP en vanaf die tijd (tot aan het begin van de 20<sup>e</sup> eeuw) bedroeg de zeespiegelstijging gemiddeld ~5 cm per eeuw. Een grote verandering die zich in de Romeinse tijd in het kustbeeld had voorgedaan, was de zeeverbinding van de Waddenzee met de noordelijk en zuidelijke Flevomeren waardoor de Zuiderzee was ontstaan. Door deze noordelijke opening had het Oer-IJ zijn afwateringsfunctie verloren en werd het getijdensysteem van de zee afgesloten door een gesloten strandwal.

In Zuidwest-Nederland daarentegen ontstonden openingen in de strandwal, waarachter sluftrafzettingen werden gevormd (kwelders). De mens gebruikte deze natuurlijke openingen in de late ijzertijd en de Romeinse tijd om via sloten en kanalen het achterliggende veen te ontwateren. Deze veenontginningen hadden na ~270 n. Chr. grootschalige gevolgen. Door de kunstmatige ontwatering zakte het veenoppervlak en via het gegraven verkavelingspatroon kon de zee tot in het hart van de veengebieden binnendringen.

Door de antropogene ingrepen was in 800 n. Chr. (Afb. 13) heel Zuidwest-Nederland overstromd en veranderd in één groot getijdenge-



Kerktoeren gelegen op de terp van Firdgum (Noordwest Friesland). De terp is in de eerste helft van de 20<sup>e</sup> eeuw gedeeltelijk afgegraven.

Door met een graafmachine het afgravings-talud een meter terug te zetten ontstaat een steilwandprofiel, waarmee de terpopbouw bestudeerd kan worden zonder het terplichaam zelf te beschadigen. Het opgeschoonde profiel van deze *sleutel site* - met wad-, kwelder- en terpophogingslagen - is (geo-)archeologisch onderzocht door het Terpencentrum van de Universiteit Groningen en Deltares in Utrecht. Het 'steilkantonderzoek Firdgum' is uitgevoerd in 2012.

bied. Op een vergelijkbare manier waren in het noorden van het land de antropogene ingressies van de Middellzee en Lauwerszee ontstaan. Een grote – door de mens veroorzaakte – omslag in het kustlandschap vond na 1100 n. Chr. plaats. Vanaf die tijd werden de kweldergebieden en de rivier-vlakte grootschalig bedijkt en ontstond het Nederlandse polderlandschap. Het hele veengebied, zowel in het kustgebied als in hoog Nederland werd ontgonnen. Het grote veenvolume, dat in de voorgaande millennia was gevormd, verdween door veenafslag (veenmeren), afgravingen (veenwinning), inklinking (ontwatering) en oxidatie (vertering van het veen aan de lucht).

De kaart van 1500 n. Chr. (Afb. 14) laat zien dat hele kust- en rivier-vlakte door de mens was bedijkt. Grote veenmeren waren ontstaan in Holland en Friesland. De Zuiderzee was door oeverafslag steeds groter geworden.

In 1850 n. Chr. (Afb. 15) was door inpolderingen in Zeeland, de Kop van Noord-Holland en Noord-Nederland het getijdenareaal verder afgenomen. Steeds grotere delen van het Pleistocene zandoppervlak in hoog Nederland kwamen weer aan het oppervlak te liggen door veenoxidatie en grootschalig afgravingen.

Op de kaart van 2000 n. Chr. (Afb. 15) is duidelijk de verstedelijking te zien die in de twintigste eeuw heeft plaatsgevonden. Andere grootschalige veranderingen zijn de afsluiting van de Zuiderzee (ontstaan IJsselmeer) en die van de zeearmen in Zuidwest-Nederland. Het gebied waar veen aan het maaiveld lag, is verder afgenomen en dit proces gaat vandaag de dag nog steeds door.

## Conclusies

In hoofdstuk 5 van het proefschrift wordt een aantal conclusies getrokken over de landschapsvorming die uit de regionale en lokale studies naar voren zijn gekomen (hoofdstukken 3 en 4). Het beschikbaar komen van 'accommodatieruimte' voor de zee in het Nederlandse kustgebied is de belangrijkste sturende factor voor het ontstaan van estuaria, getijdenbekkens en inbraaksystemen. In het Vroeg- en Midden Holoceen was de snelle relatieve zeespiegelstijging verantwoordelijk voor het creëren van accommodatieruimten in de laag gelegen Pleistocene dalsystemen. In de laatste helft van het Holoceen, toen een groot deel van het kustlandschap bestond uit veen, speelde de mens een grote rol in het creëren van accommodatieruimte. Door het ontginnen, ontwateren en afgraven van veen daalde het oppervlak van het kustlandschap sterk. Deze antropogene ingrepen leidden tot catastrofale situaties. Behalve tot bodemdaling door ontginningen, leidden de grootschalige bedijkingen van de late middeleeuwen ook tot een aanzienlijke stijging van het maximale stormvloedniveau. Door de bedijkingen was het kwelderareaal sterk afgenomen en daarmee het stormwaterbergende volume van deze gebieden. Hierdoor werd het zeewater tijdens stormen opgestuwd tegen de dijken hetgeen leidde tot grote stormvloedrampen in het door de mens verlaagde poldergebied. Grootschalig permanent landverlies trad op in die gebieden waar het landoppervlak was gezakt tot onder het gemiddeld hoogwater niveau. De verdrinking van de Grote en Hoeksche Waard tijdens

de Sint-Elisabethsvloed in Zuid Holland (1421) en de Dollard in Noordoost-Groningen bij de Tweede Cosmas- en Damianusvloed (1509) zijn daar voorbeelden van. Het permanente landverlies van het Verdrongen Land van Zuid-Beveland in de zestiende eeuw leidde ertoe dat de Oosterschelde zijn rol als hoofdafwateringstak van de rivier de Schelde verloor aan de Westerschelde. Door de overstroming was de waterscheiding tussen het inkomende getijdenwater van de Ooster- en Westerschelde verlegd van de lijn Saeftinghe–Bath naar de lijn Brabantse Wal–Bath en dat leidde ertoe dat op die lijn de hoofdgeul van de Oosterschelde door de sterk afgenomen stroming in enkele tientallen jaren kon dichtzanden.

In de prehistorie (v. Chr.) werden de grote landschapsveranderingen nog bepaald door natuurlijke processen. De afsluiting van het Oer-IJ getijdensysteem door een gesloten strandwal vond plaats rond 200 v. Chr. Deze afsluiting in de late ijzertijd wordt verklaard door de nieuwe waterverbinding die het achterland van het Oer-IJ kreeg met de Waddenzee. Rond 400 v. Chr. – de tijd dat de verlanding van het Oer-IJ begon – kregen de Utrechtse Vecht en de veenafwateringsriviervluchten via de Flevomeren contact met de Waddenzee en verloor het Oer-IJ zijn natuurlijke afwateringsfunctie. Nadat de Waddenzeeconnectie was ontstaan, begon door veenafslag de Zuiderzee zich te vormen en werd aan de westkust het Oer-IJ van de zee afgesloten door een gesloten strandwal. Door deze wal had de Romeinse haven bij het Castellum Flevum (bij Velsen) in de Vroege Romeinse tijd geen rechtstreekse waterverbinding meer met de Noordzee. Een indirecte verbinding was er wel. Deze liep via het Zuiderzeegebied en de Waddenzee. Ook was er via de Utrechtse Vecht een goede vaarweg naar de toenmalige grens van het Romeinse rijk, de *Limes*, ter hoogte van de huidige Oude Rijn. Temperatuurschommelingen in de warme klimaatperiode van de afgelopen 8000 jaar waren beperkt. De magnitudes van de klimaatfluctuaties, zoals klimaatgestuurde zeespiegelveranderingen, waren te gering om grote veranderingen in de architectuur van de kustsystemen te veroorzaken. De grote landschapsveranderingen werden veroorzaakt door autonome en zichzelf versterkende sedimentaire processen – zoals verlegging / afsluiting van een zeegat – en gedurende de laatste 2000 jaar ook door de mens.

## Loopbaangeschiedenis

Mijn loopbaan begon in 1981, na mijn afstuderen in de richting Kwartair Geologie en Laaglandgenese aan de Vrije Universiteit in Amsterdam. Ik werd als 'geoloog' aangenomen bij een grootschalig archeologisch opgravingsproject in de Assendelver

polders. In het kader van de geplande ruilverkaveling – die het archeologisch erfgoed in de polders bedreigde – werd daar door het toenmalige Instituut voor Pre- en Protohistorie van de Universiteit van Amsterdam een grootschalig noodonderzoek uitgevoerd om daarmee permanente vernietiging van het opgegraven erfgoed te voorkomen. Mijn taak was de natuurlijke lagen in opgravingsputten te beschrijven en archeologisch prospectiewerk te doen in het klei-veengebied van de polders. Hier leerde ik hoe waardevol opgravingen zijn voor het geologisch landschapsonderzoek. In de opgravingsputten kon het afzettingmilieu van de ontsloten sedimentaire lagen worden bestudeerd en bemonsterd voor laboratoriumonderzoek. Ook leverde de archeologie zelf belangrijke informatie voor de datering van de lagen. In het project werd mijn interesse gewekt voor de geschiedenis van het Oer-IJ en leerde ik onder meer dat veensites niet goed zijn op te sporen met boringen en dat dit veel beter kan door middel van proefsleuven.

In 1984 ging ik mij, in het kader van het GEOMOR-project van Rijkswaterstaat, bij de Faculteit Geologie van de Universiteit Utrecht bezig houden met de sedimentstabiliserende werking van ééncellige kiezelwieren (diatomeeën) op de zandplaten van de Oosterschelde. In dit geomorfologische project werden de gevolgen bestudeerd die de aanleg van de Stormvloedkering (SVK) in de monding van de Oosterschelde had op de sedimentaire opbouw en afbraak van de zandplaten. Tijdens de maandelijkse monstercampagnes op de Galgenplaat en Roggeplaat leerde ik het getijdensysteem van de Oosterschelde aan den lijve kennen, een bijzondere ervaring. In deze periode was ik ook betrokken bij de oprichting van de Nederlands-Vlaamse Kring van Diatomisten (NVKD), waarbij ik nog steeds betrokken ben als penningmeester. Na de voltooiing van de SVK, in 1986, ging ik bij de Rijks Geologische Dienst (RGD) werken om de laatste geologische hoofdkaart (oppervlaktekaart, schaal 1 : 50.000) van Zeeland, het Blad Tholen, af te ronden. Met de voltooiing van dit blad was heel Zeeland gekarteerd en konden regionale geologische overzichtskaarten worden samengesteld. Deze kaarten – samen met geologische en archeologische dateringsgegevens – vormden de basis voor de paleogeografische kaarten in de Zeeland-publicatie die ik met Robert van Heeringen in 1997 schreef.

In 1991 werden mijn geologische karteeractiviteiten bij de RGD – vanaf die tijd in vast dienstverband – verplaatst naar het noorden van het land. De opname van de geologische kartering Noord-Nederland is afgerond, maar de geologische hoofdkaarten van het noordelijk deel van Groningen en Friesland zijn nooit verschenen. Dit was het gevolg van een veranderde karteerstrategie toen de RGD in 1997 werd opgenomen in de TNO-organisa-

tie. Door een nieuwe visie op de kartering kwam de samenstelling van de geologische hoofdkaarten te vervallen. Daarvoor kwam 3D modellering van de Nederlandse ondergrond in de plaats.

De samenwerking met archeologen in Friesland en Groningen, die tijdens de kartering in de jaren 90 was opgezet, ging na de TNO-tijd door. De samenwerking leidde tot de samenstelling van de paleogeografische kaarten van het Lauwerszeegebied (1992) en Westergo (1999). De laatstgenoemde kaartreconstructie werd gemaakt voor de grote terpopgraving van Wijnaldum-Tjitsma. Dit was de eerste van een grote serie opgravingen waarbij ik geoarcheologisch / paleolandschappelijk onderzoek heb kunnen verrichten. Voor het overgrote deel betrof het opdrachten van de Provincie Friesland. Momenteel zijn er in die provincie meer dan 30 'sleutelsites', hetgeen Friesland de best paleolandschappelijk onderzochte kustprovincie van Nederland maakt. De paleogeografische kaarten van Friesland zijn opgenomen in de supraregionale kaartreconstructies van Noord-Nederland en die van het Waddenzeegebied tussen Marsdiep en Weser. Deze kaartbeelden werden samengesteld in het kader van de tentoonstellingen over Van Giffen (2005) en *'Het Verdronken Land is Vruchtbaar'* (2013–2014) in het Groninger Museum.

Ook in Noord-Holland zijn de afgelopen 15 jaar belangrijke paleolandschappelijke opnamen bij opgravingsprojecten verricht, met name in het Oer-IJ gebied. De belangrijkste zijn die in de Broekpolder, het PWN-duingebied, Castricum-Zanderij, Assum-Waldijk, Middensluiseland, Geestmerambacht-De Druppels en Uitgeest-Benes. Daardoor kreeg het onderzoek, dat in de jaren '80 werd gestart in the Assendelver Polders, zijn vervolg. Deze nieuwe kennis leidde ook weer tot nieuwe paleogeografische reconstructies van deze regio.

In Zuid-Holland betrof het geoarcheologisch onderzoek vooral het Maasmondgebied. Voor de archeologische diensten van de gemeenten Den Haag en Rijswijk werd een vernieuwde geologische kaart samengesteld (2007), in het VHW-gebied een uitgebreide paleolandschappelijke kartering uitgevoerd (2006–2010) en in het Yangtzehavengebied een grootschalig prospectief archeologisch onderzoek verricht (2006–2014).

De eerste landelijke kaartreconstructies werden door mij in 2006 samengesteld voor de Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed (RCE); dit in het kader van de Nationale Onderzoeksagenda Archeologie (NOaA). Het betrof zes kaartreconstructies. Deze zijn in 2011 voor het publieksboek de *Atlas van Nederland in het Holoceen* uitgebreid tot een serie van elf kaarten (versie 1.0). Deze kaartbeelden zijn verder verbeterd en gedetailleerder geworden (versie 2.0; dit proefschrift).

De Geologische Dienst Nederland – TNO en het nieuwe kennisinstituut Deltares, waar ik sinds 2008 werk, heeft tijd en financiële middelen beschikbaar gesteld om het proefschrift over de paleogeografie van Nederland in het Holoceen samen te stellen. De promotie is verricht bij de Universiteit Utrecht onder supervisie van mijn promotor Poppe de Boer. De plechtigheid zal plaatsvinden op 10 juni om 12.45 uur in het Academiegebouw van de Universiteit Utrecht op het Domplein.

Het paleolandschappelijke onderzoek zal na de promotie niet stoppen. De komende twee jaar ben ik – in het kader van een samenwerkingsverband tussen de Universiteit Groningen en Deltares – verbonden als gastmedewerker aan het Terpen centrum van het Groninger Instituut voor Archeologie (GIA). Met de medewerkers van dit centrum zal ik me intensief bezighouden met de landschaps- en bewoningsgeschiedenis van het Friese terpengebied, zal de 'diachrone' kustontwikkeling inzichtelijk worden gemaakt met meer gedetailleerde en nieuwe kaartbeelden en zal de rol van de mens als factor in de kustgenese nader worden uitgewerkt.

## Dankwoord

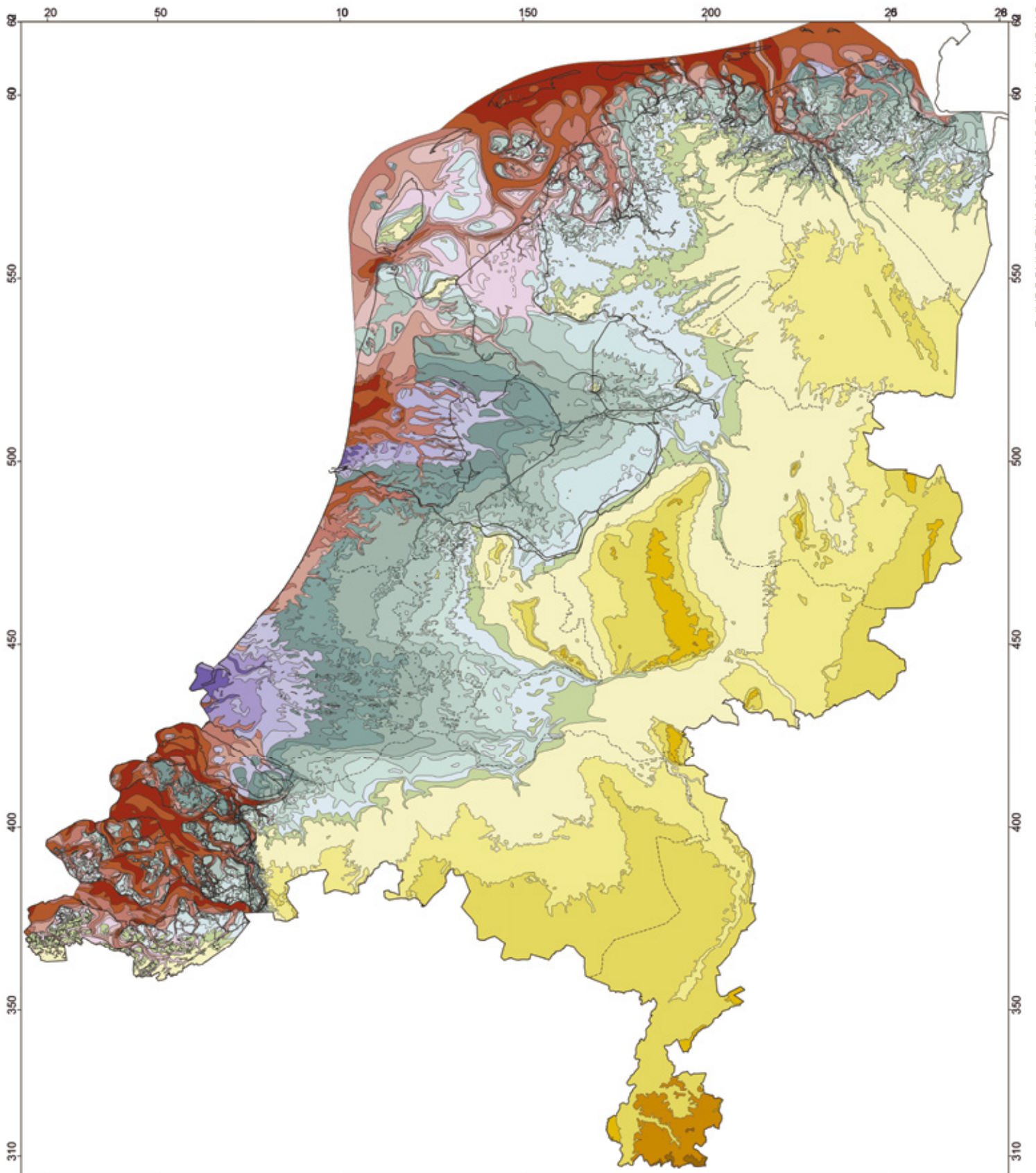
Het proefschrift kon worden gerealiseerd dankzij de financiële middelen uit het Programma Specialistisch Onderzoek Deltares.

De samenstelling van de paleogeografische kaarten van Nederland is gefinancierd door de Geologische Dienst Nederland – TNO.

De totstandkoming van het proefschrift is mede mogelijk gemaakt dankzij financiële bijdragen van de Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed (hoofdstuk 1 en 2), Provincie Noord-Holland (hoofdstuk 3.2 en 4.3), Provincie Friesland, Groninger Museum en Waddenacademie (hoofdstuk 3.3), Havenbedrijf Rotterdam (hoofdstuk 4.1), en Gemeente Vlaardingen (hoofdstuk 4.2).

## Referenties

- Hijma, M.P. & K.M. Cohen, 2010. Timing and magnitude of the sea-level jump preludeing the 8200 yr event. *Geology*, 38, p. 275–278.
- Moree J.M. & M.M. Sier, 2014. Twintig meter Diep. Mesolithicum in de Yangtzehaven – Maasvlakte te Rotterdam. *Landschapsontwikkeling en bewoning in het Vroeg Holoceen*. BOORrapporten 523, p. 316.
- Van de Plassche, O., 1982. Sea-level change and water-level movements in the Netherlands during the Holocene, *Mededelingen Rijks Geologische Dienst* 36-1, p. 1-93.



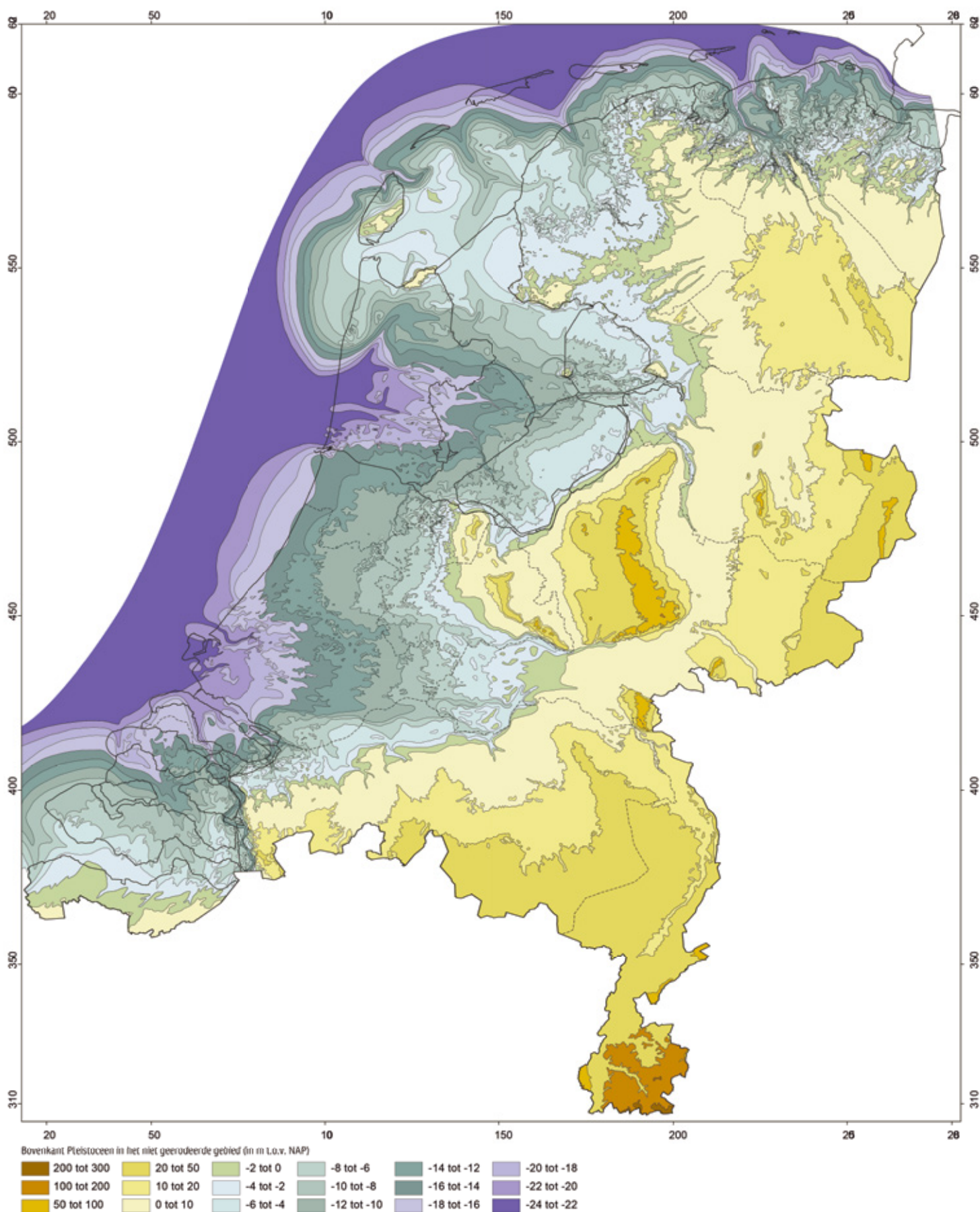
ORIGIN OF THE DUTCH COASTAL LANDSCAPE

Bovenkant Pleistoceen in het niet geerodeerde gebied (in m t.o.v. NAP)

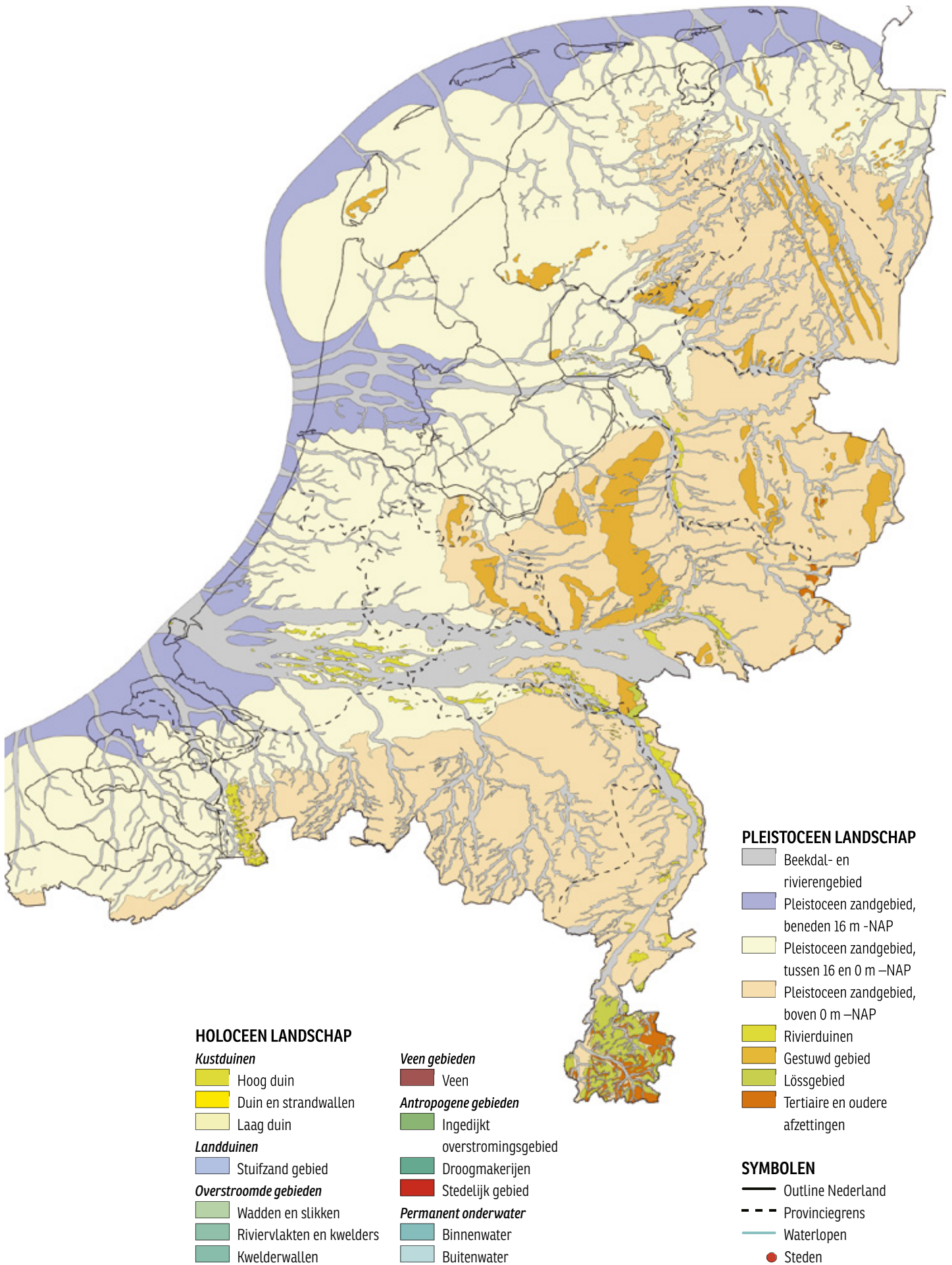
200 tot 300	20 tot 50	-2 tot 0	-8 tot -6	-14 tot -12	-20 tot -18
100 tot 200	10 tot 20	-4 tot -2	-10 tot -8	-16 tot -14	-22 tot -20
50 tot 100	0 tot 10	-6 tot -4	-12 tot -10	-18 tot -16	-24 tot -22

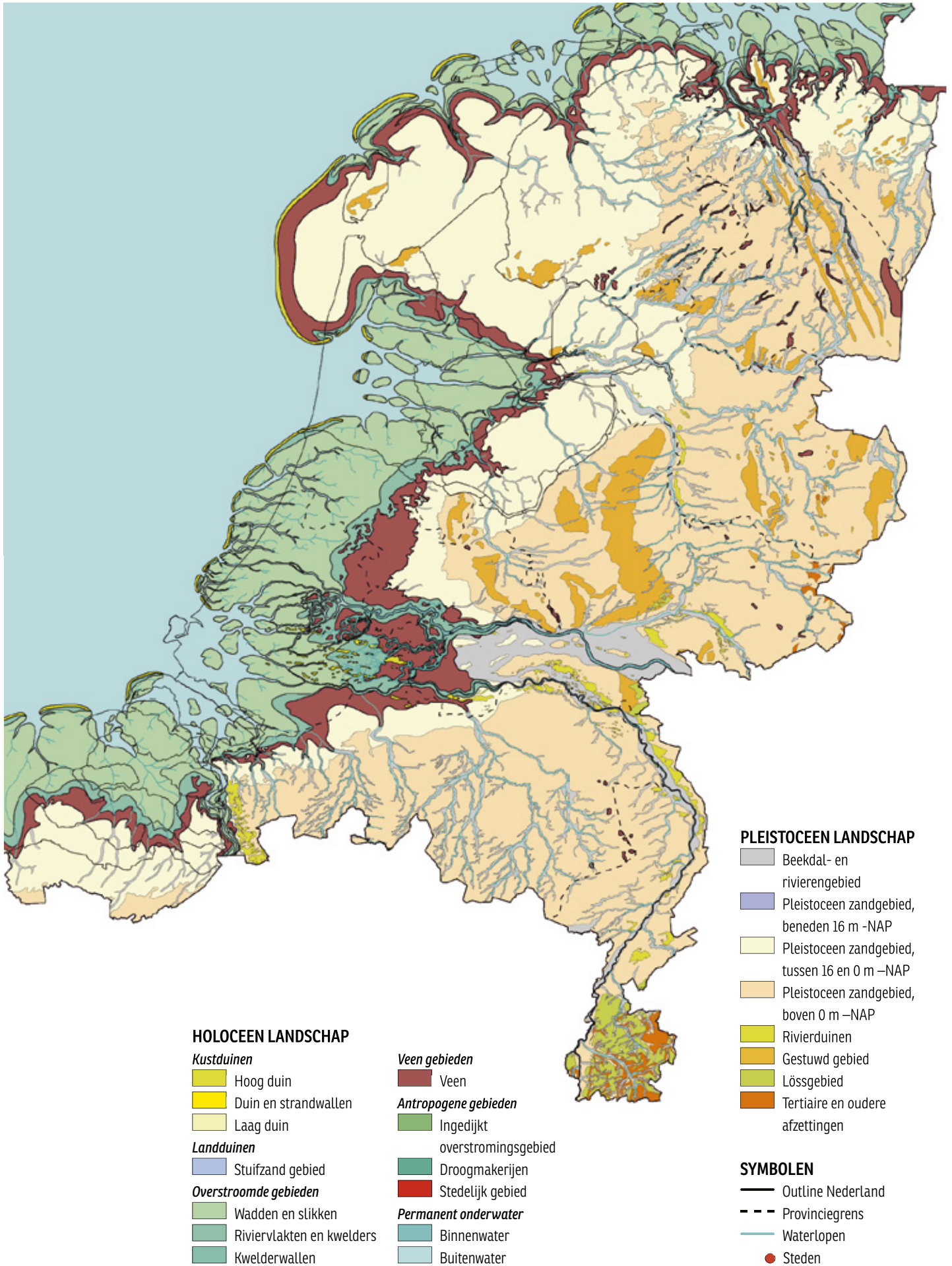
Bovenkant Pleistoceen in mariene erosiegebied (m t.o.v. NAP)

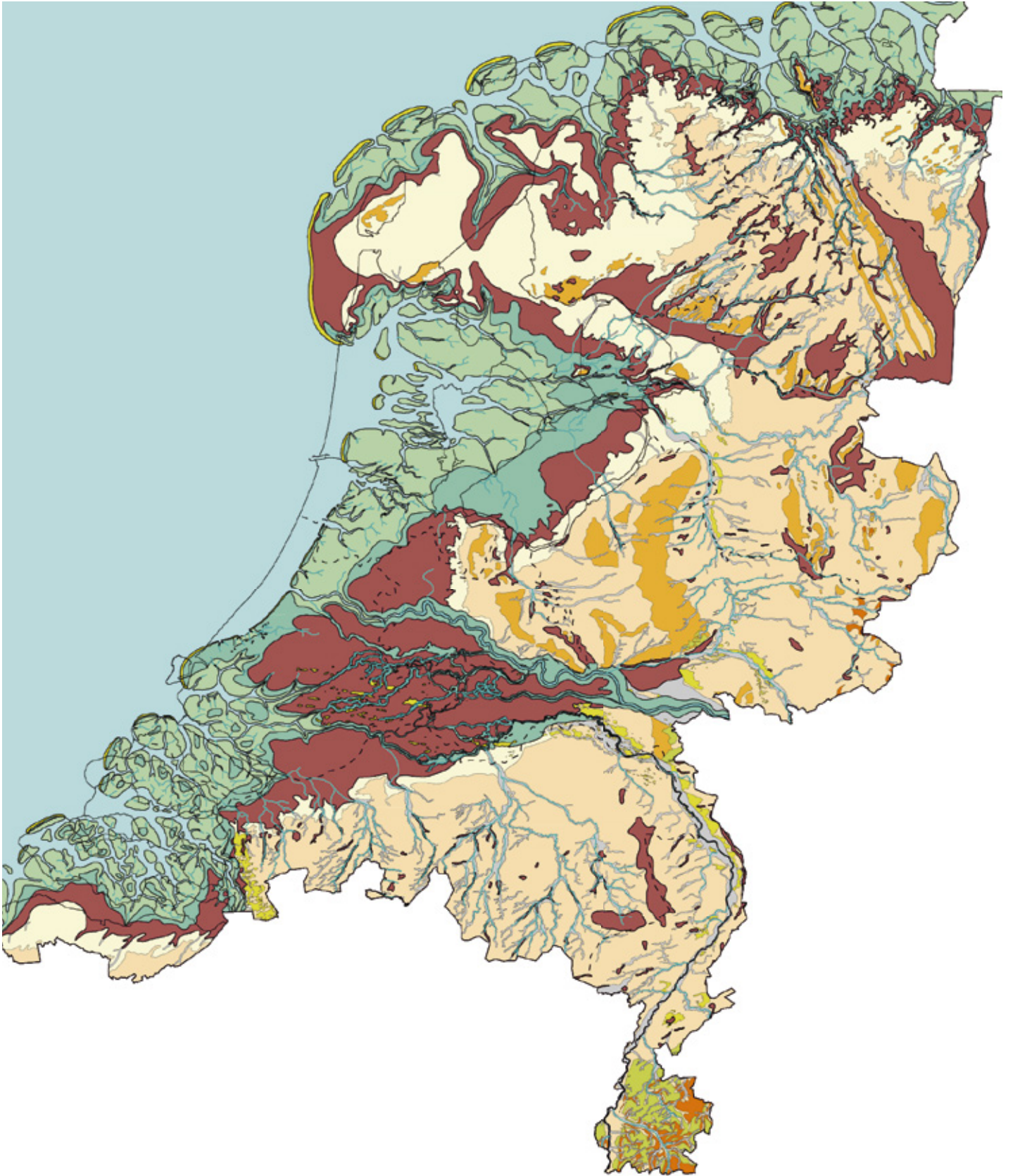
-5 tot 0	-20 tot -15
-10 tot -5	-25 tot -20
-15 tot -10	-30 tot -25
	dieper dan -35

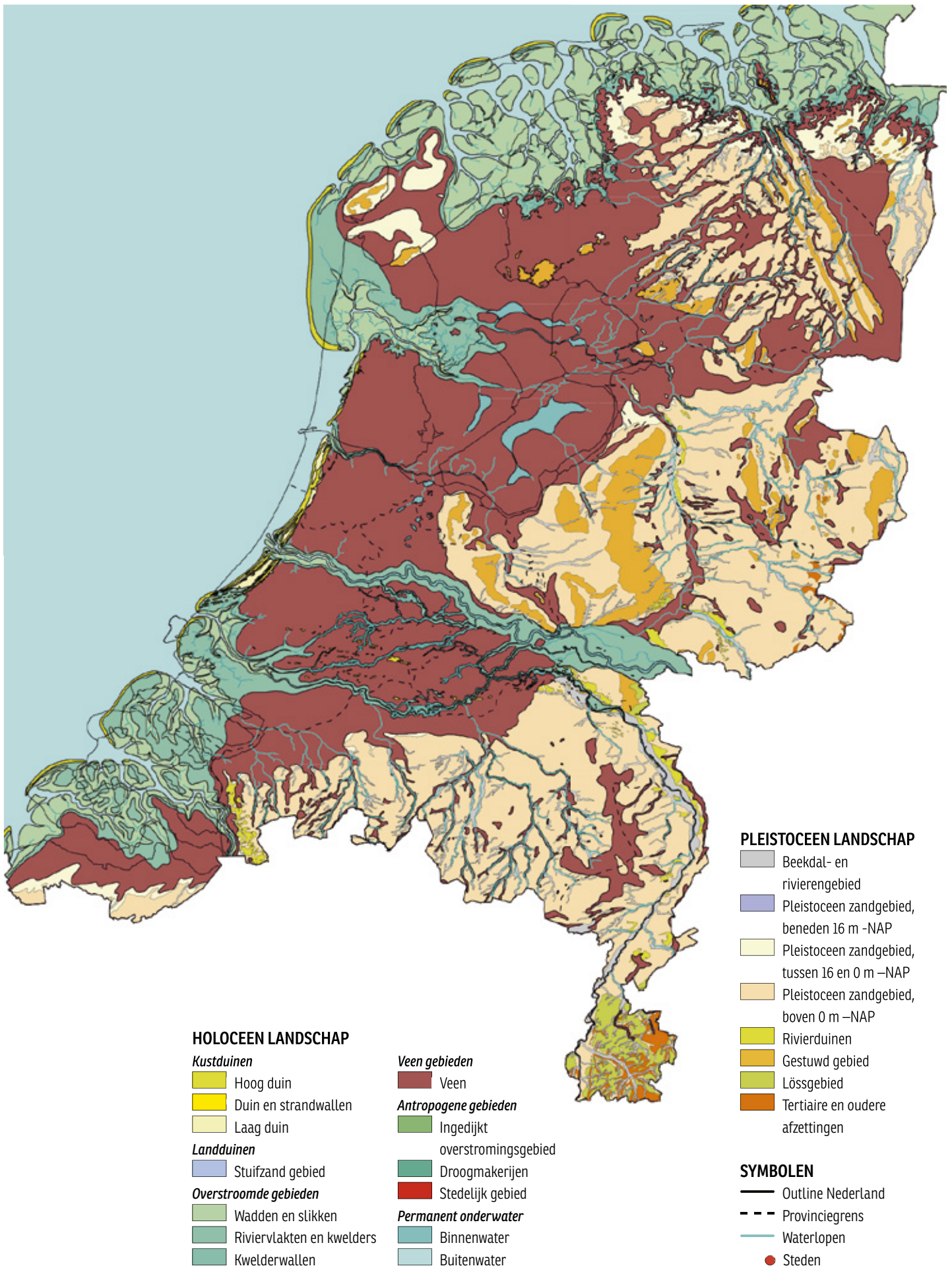




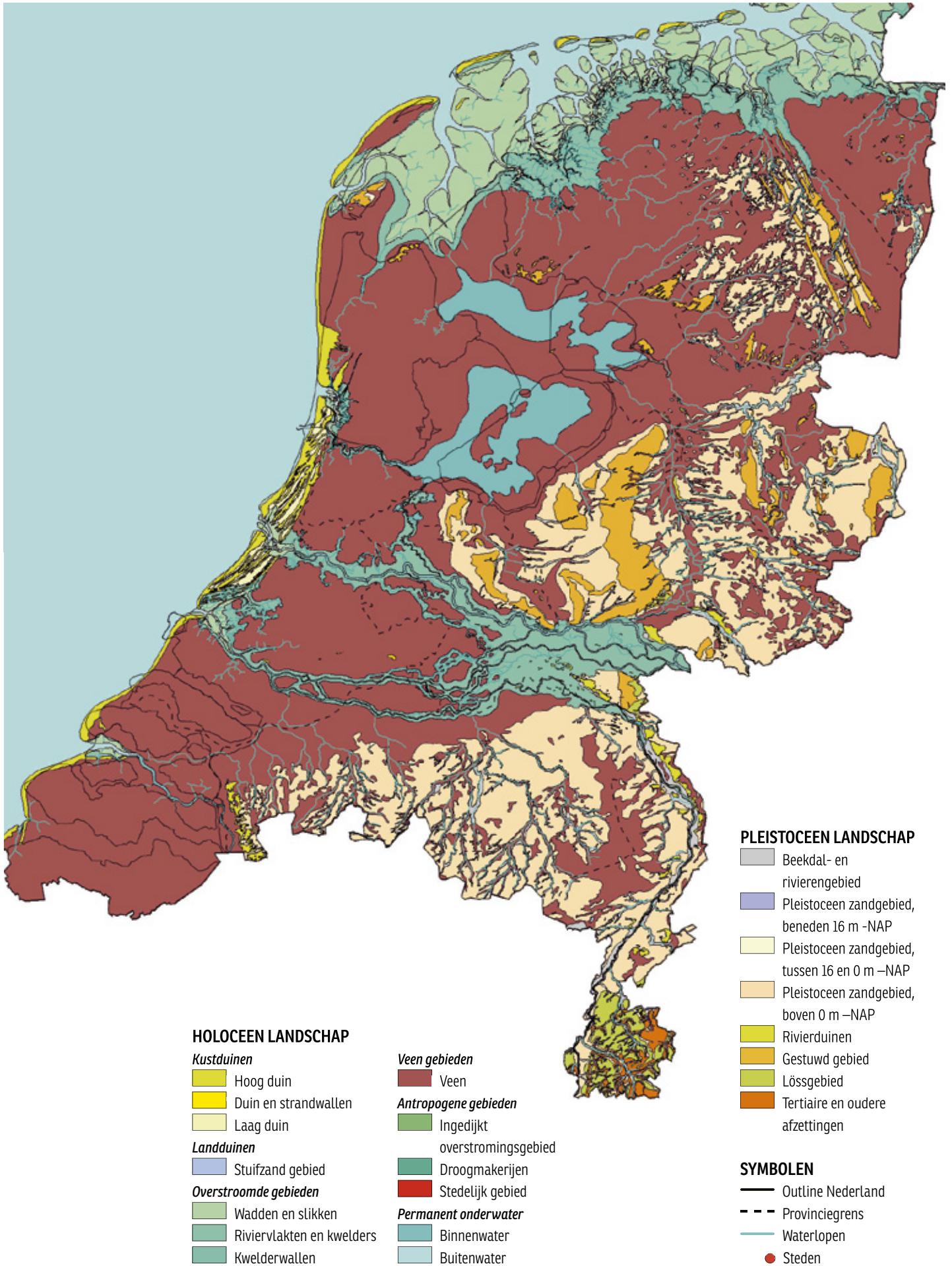


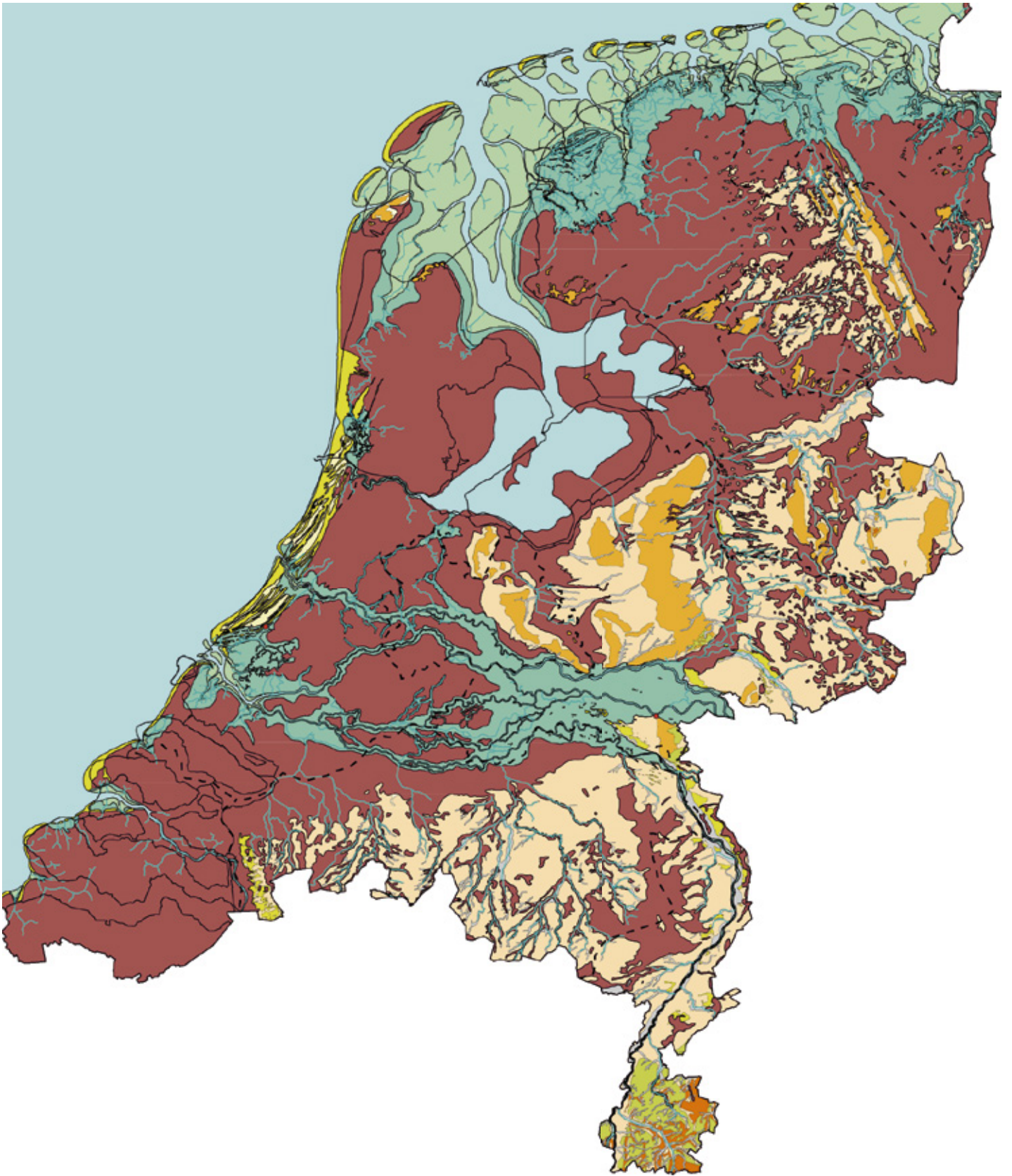


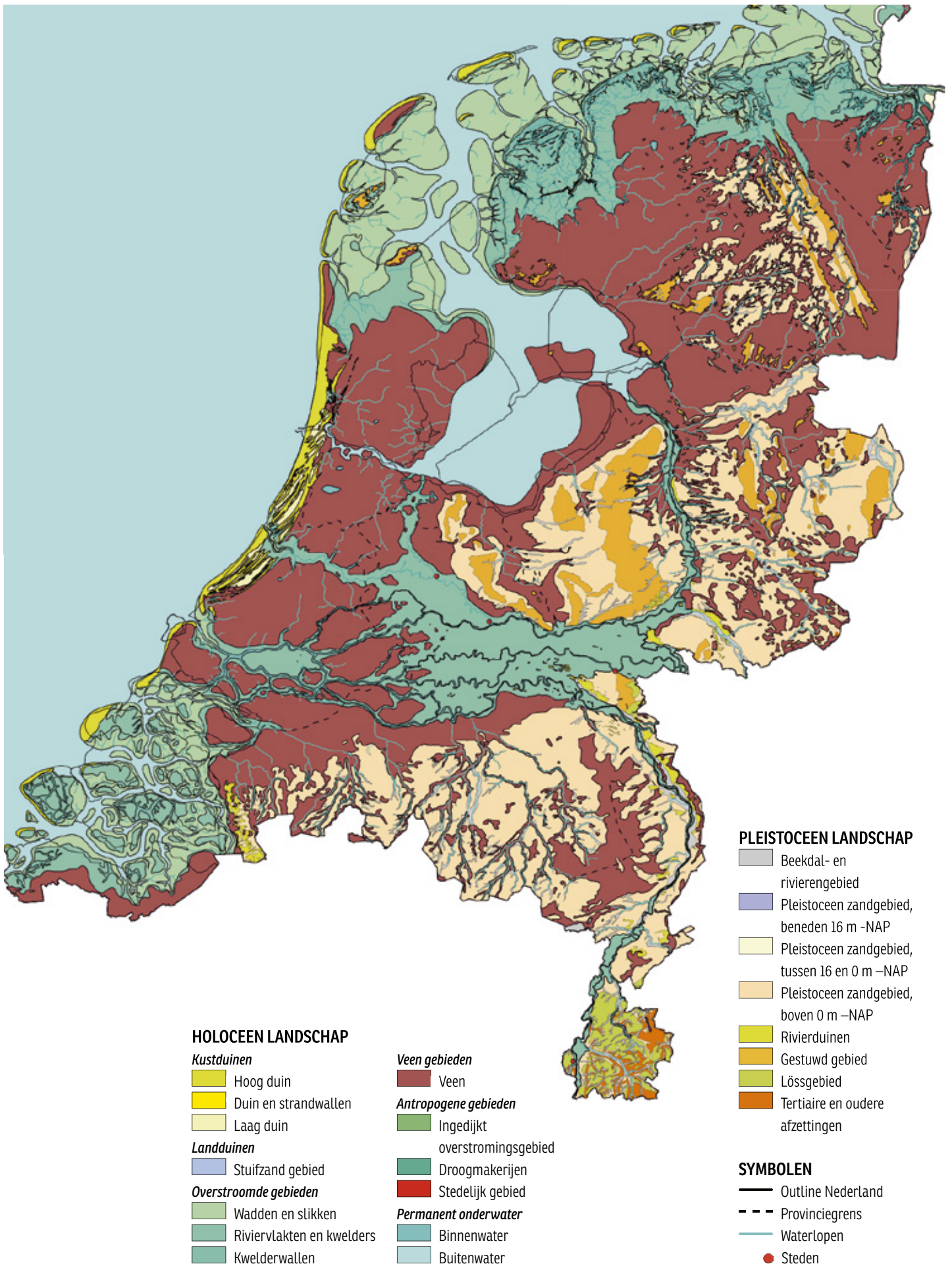






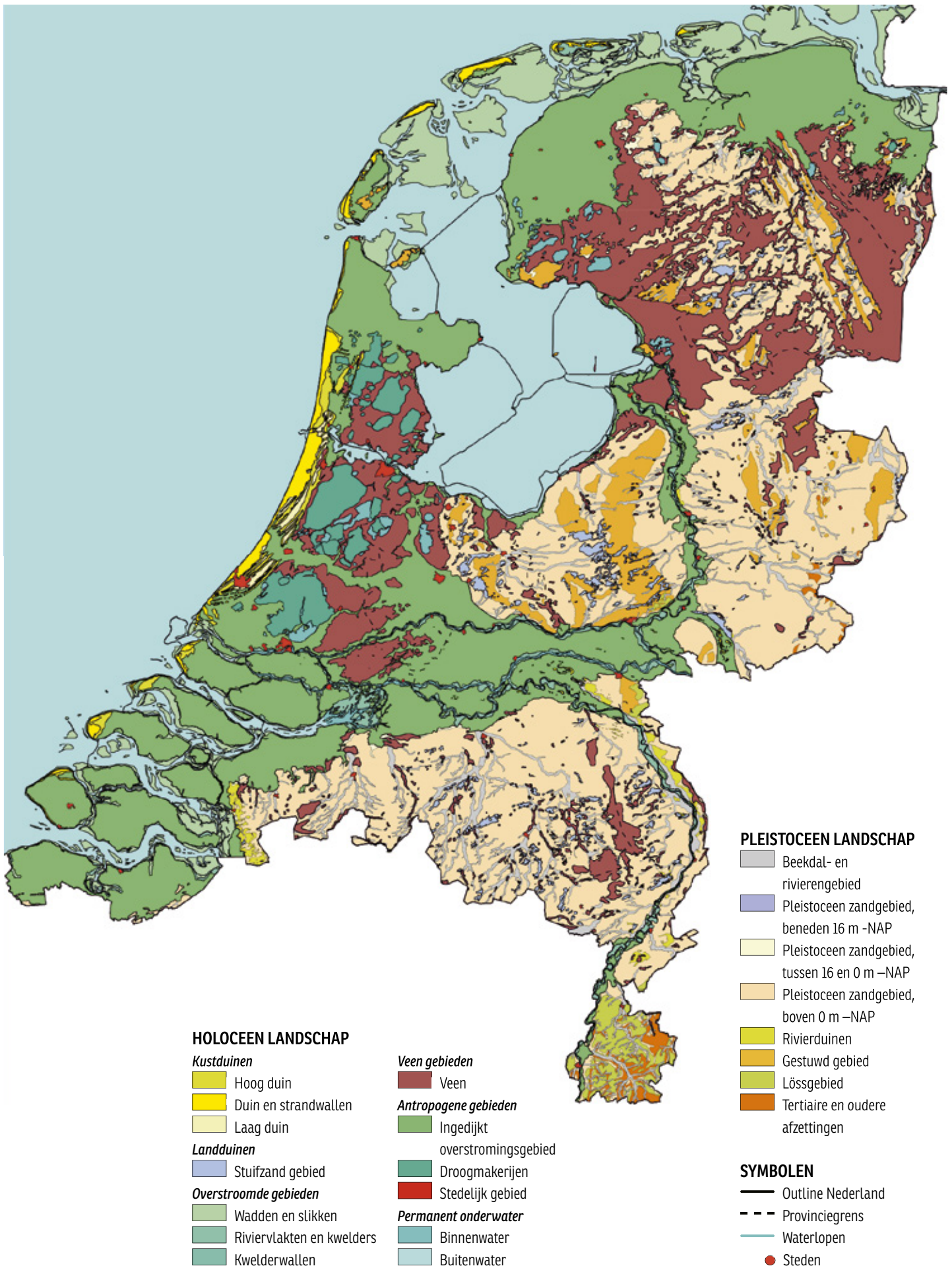


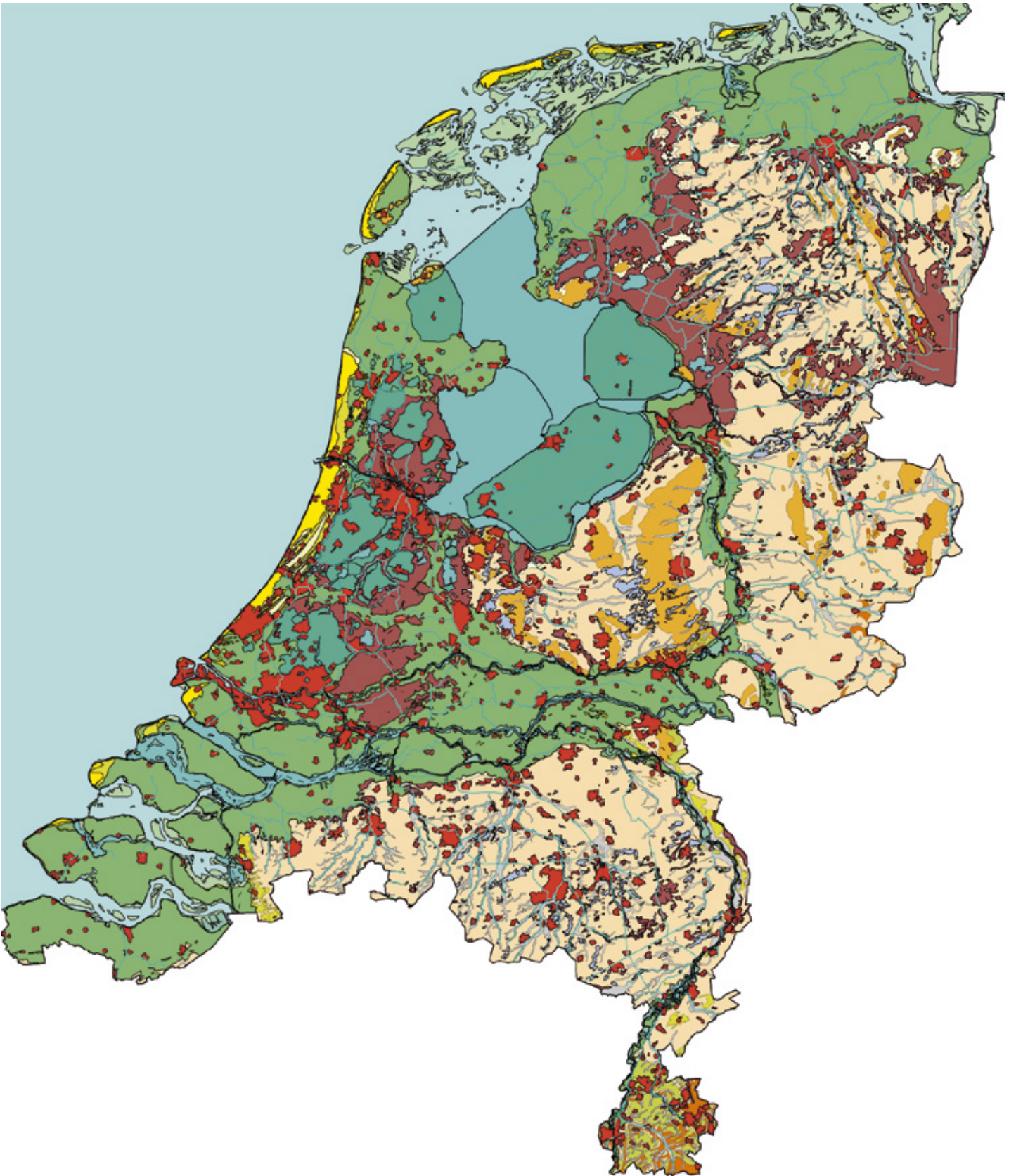














## Short summary

The topic of this book is the Origin of the Dutch coastal landscape during the Holocene. The landscape evolution is visualized in series of palaeogeographical maps and the driving mechanisms behind the environmental changes are discussed. The practice to make palaeogeographical map reconstructions in the Netherlands developed after the Second World War when a lot of regional geological and soil scientific mapping programs were carried out by government institutions and universities. These maps show when and how the surveyed sediments were formed. The palaeogeographical map reconstructions are subsequently used for the understanding and modelling of the long-term coastal evolution, coastal-management issues, landscape-archaeological purposes and for education and public information reasons.

Geoarchaeological investigations play an important role in this study. Geological and palaeo-environmental data from archaeological excavations ('key sites') provided essential information for the palaeolandscape reconstructions. In the presented regional- and local-case studies of this book, examples of these sites are shown.

Deltares

Enabling Delta Life



Universiteit Utrecht