

Waterhuishouding van Rijnland verleden - heden - toekomst

GEA-kring Rijnland

9-5-2023

De Kooi, Leiden

Youri Poslawsky

bodemdaling



klimaat

zeespiegelstijging



inhoud

natuurlijke ontwikkeling

bodemdaling

ondiep, menselijk handelen

diep, natuurlijke processen

klimaat

ijstijden

zeespiegelstijging

verleden

toekomst

geografie van Nederland 1

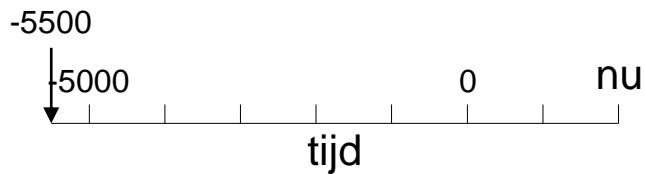
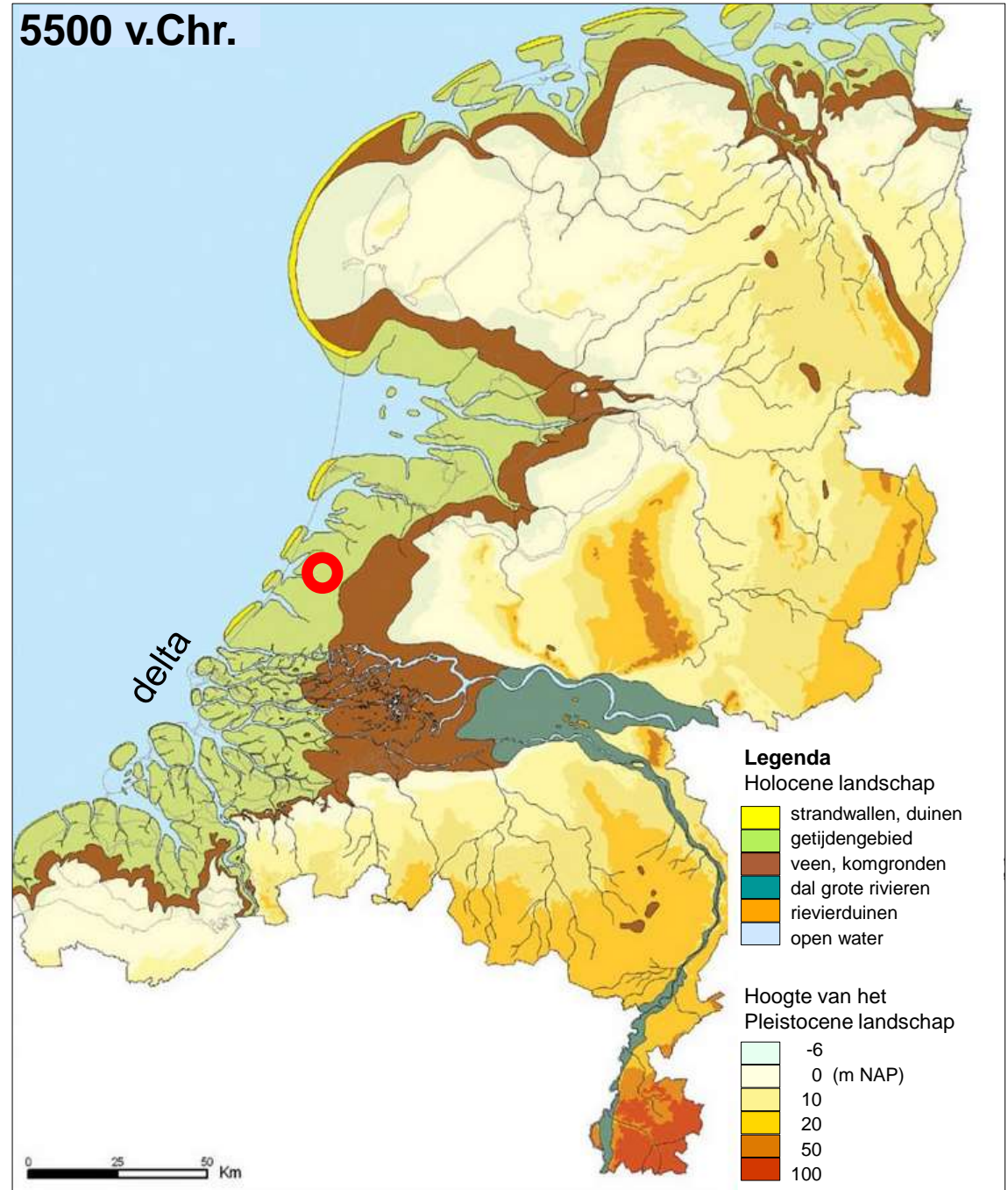
5500 v.Chr.

lage zeespiegel
(-18 m)

(peri-)glaciale afzettingen
uit ijstijd in achterland

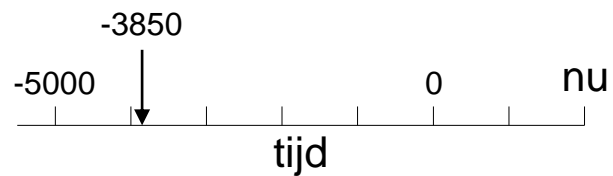
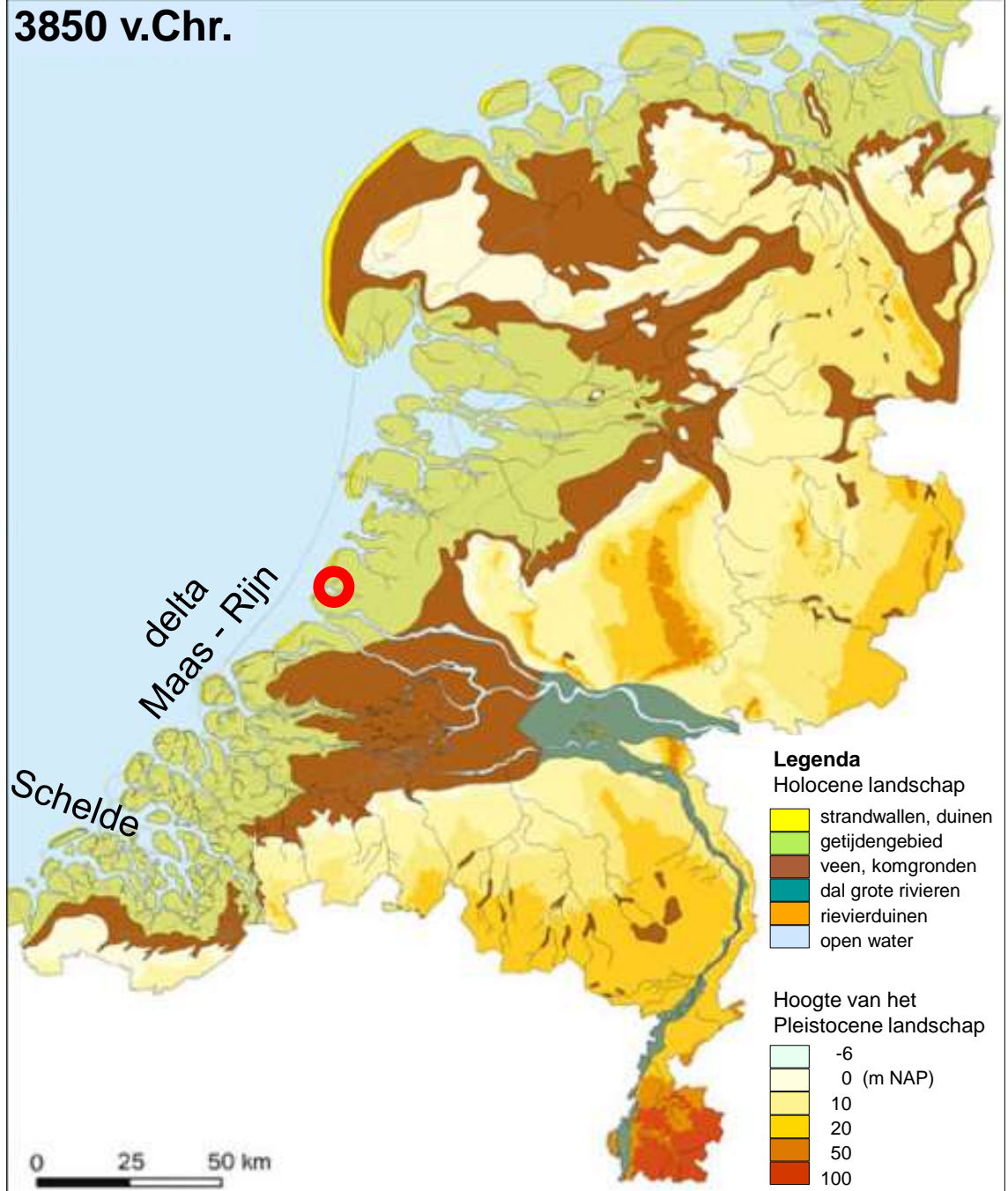
open kustvlaktes
kwelder, gors

Rijn, Maas, Schelde delta



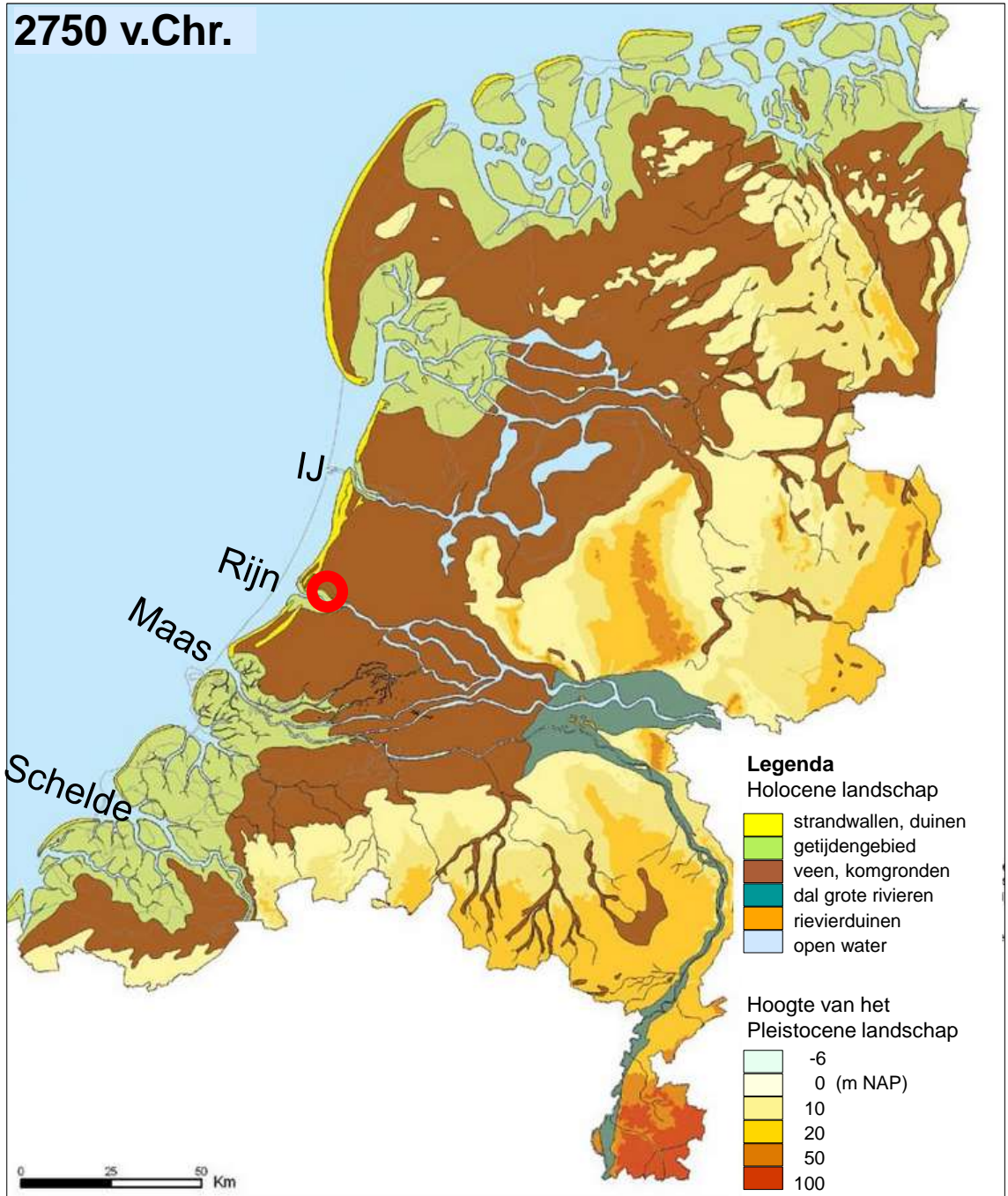
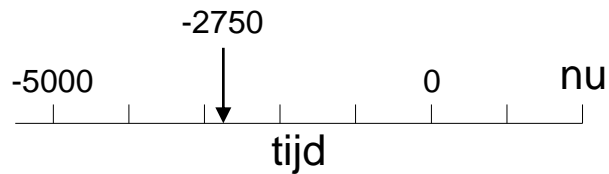
geografie van Nederland 2

- stijging zeespiegel (-7.5 m)
- terugtrekken kustlijn
- ontwikkeling veenpakketten
- slibaanvoer via delta



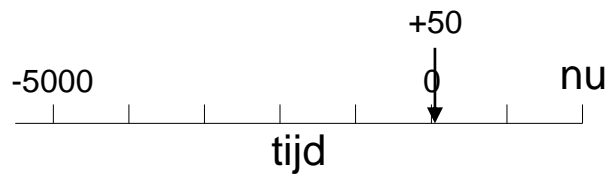
geografie van Nederland 3

- stijging zeespiegel (-4.5 m)
- noordkust treedt terug
- oude duinen sluiten westkust
- veenafzetting achter barrière van strandwallen en duinen
- delta's Rijn - Maas - Schelde worden gescheiden estuaria

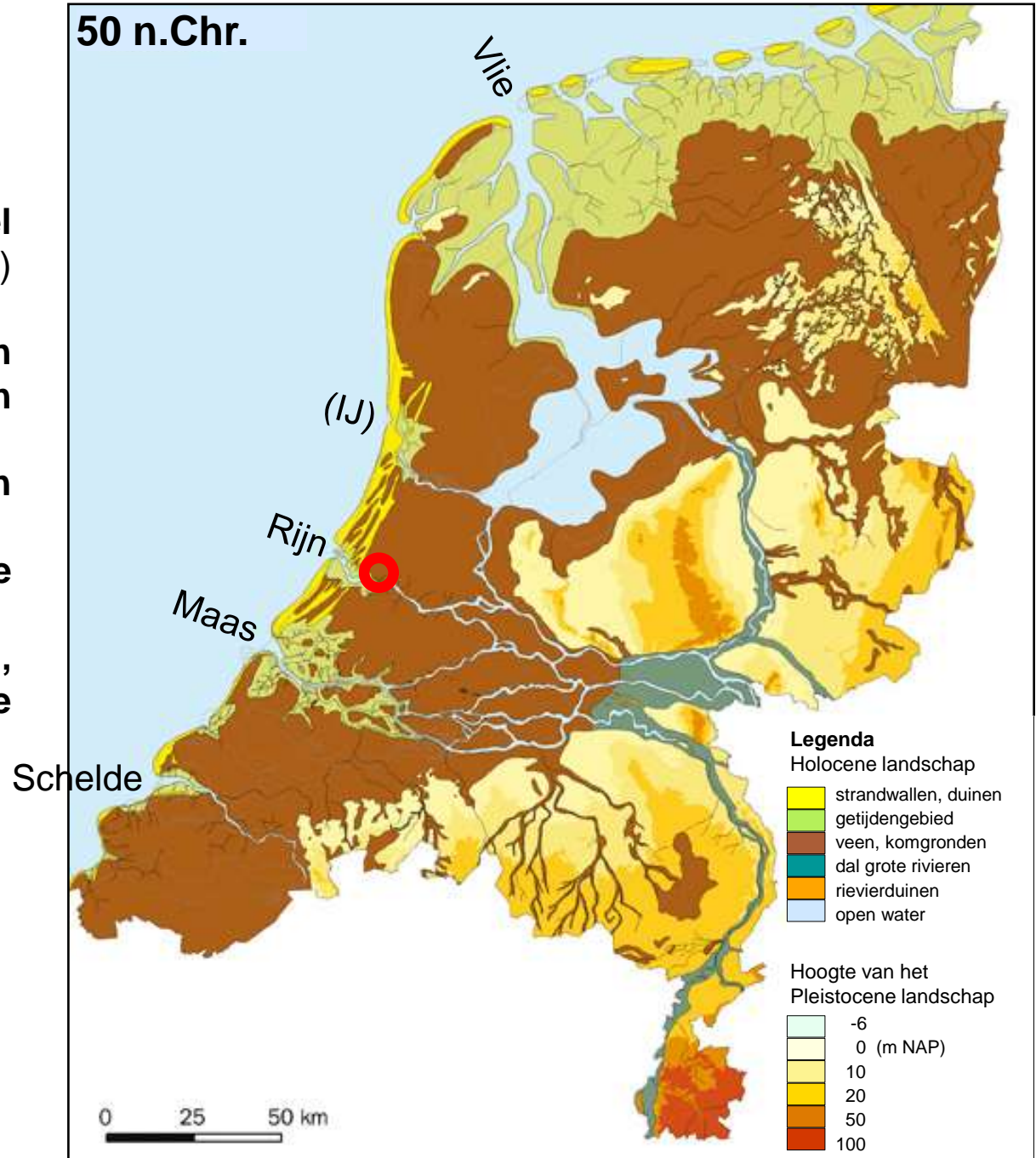


geografie van Nederland 4

- stijging zeespiegel (-1 m)
- vorming nieuwe duinen voor oude duinen
- dikke veenafzettingen
- estuaria Rijn - Maas - Schelde
- ontwikkeling IJssel, Flevomeer en Vlie

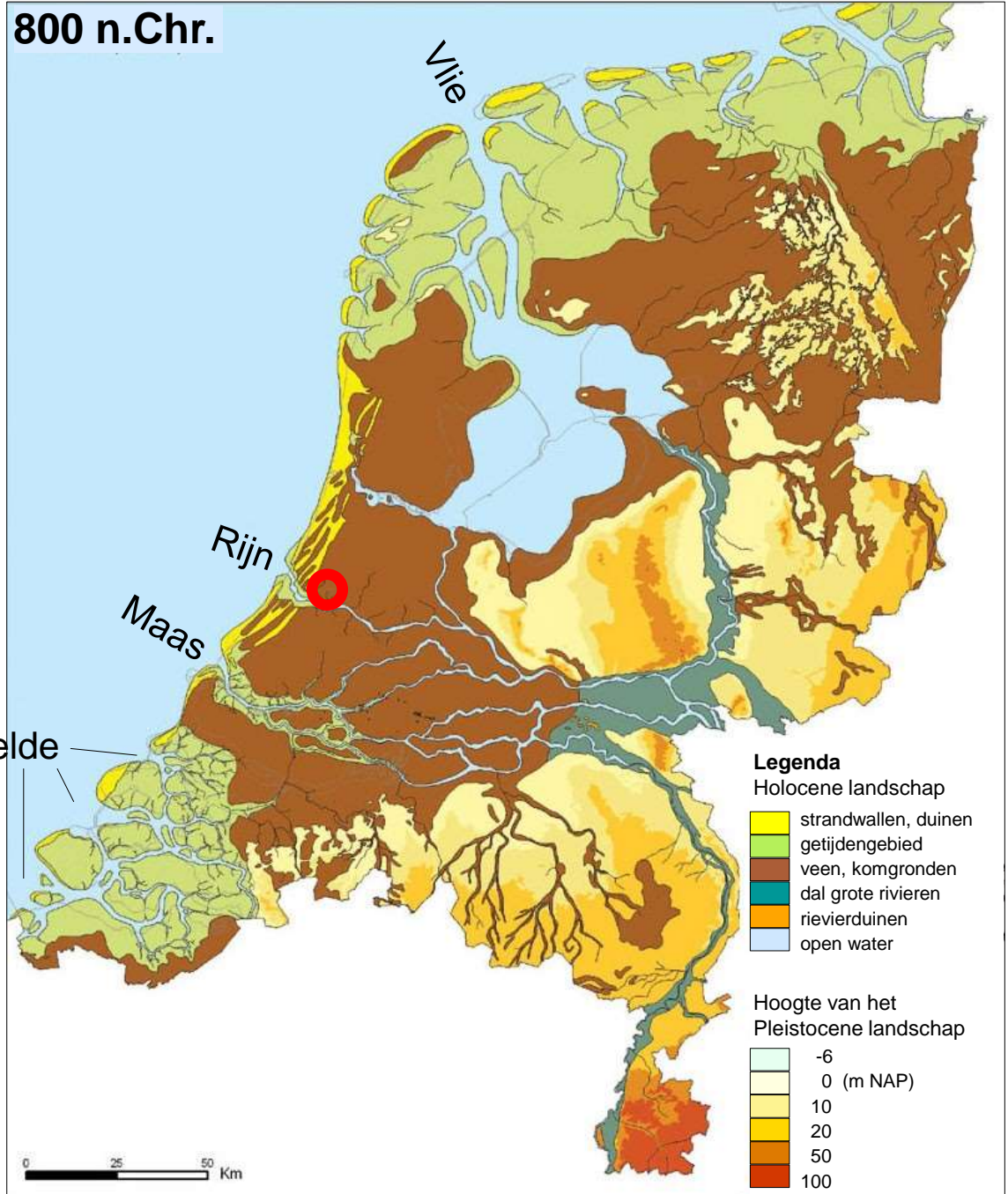


50 n.Chr.



geografie van Nederland 5

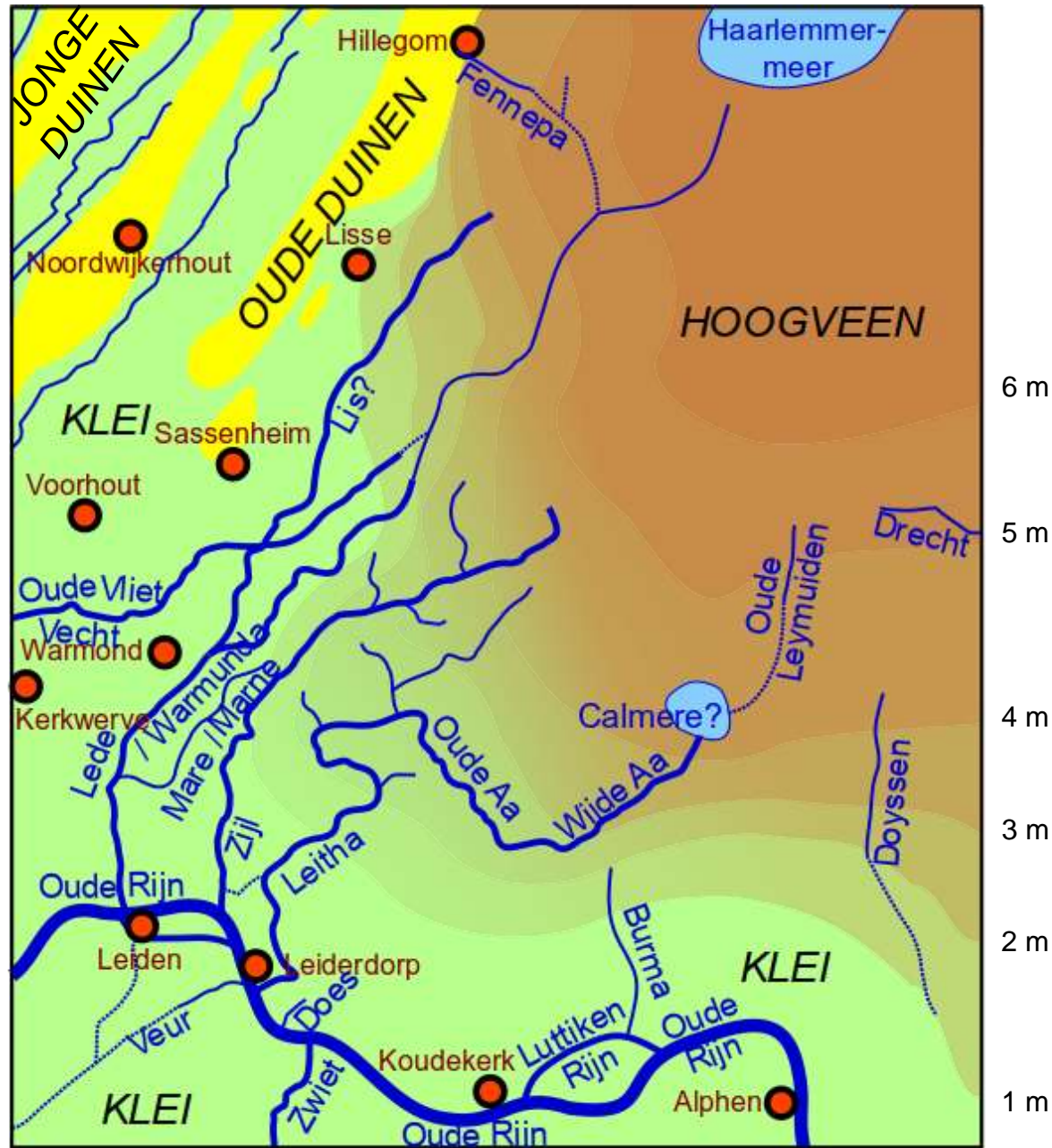
stijging zeespiegel
overstromingen door
diverse zeegaten
groei Flevomeer > Almere



veenlandschap



voormalig veenkussen met afwateringsriviertjes





ondiep

menselijk handelen

de Grote Ontginning van het veen

inklinking, bodemdaling

reliëf omkering

bedijking natuurlijke stroom van de Oude Rijn

verlaging grondwaterpeil

inklinking, broeikasgassen

de Grote Ontginning van het veen vanaf ca. 800 n.Chr.





turfwinning voor zout

moernering, selnering of darinkdelven, ca. 1540



turfwinning voor brandstof

tot in de 19 eeuw

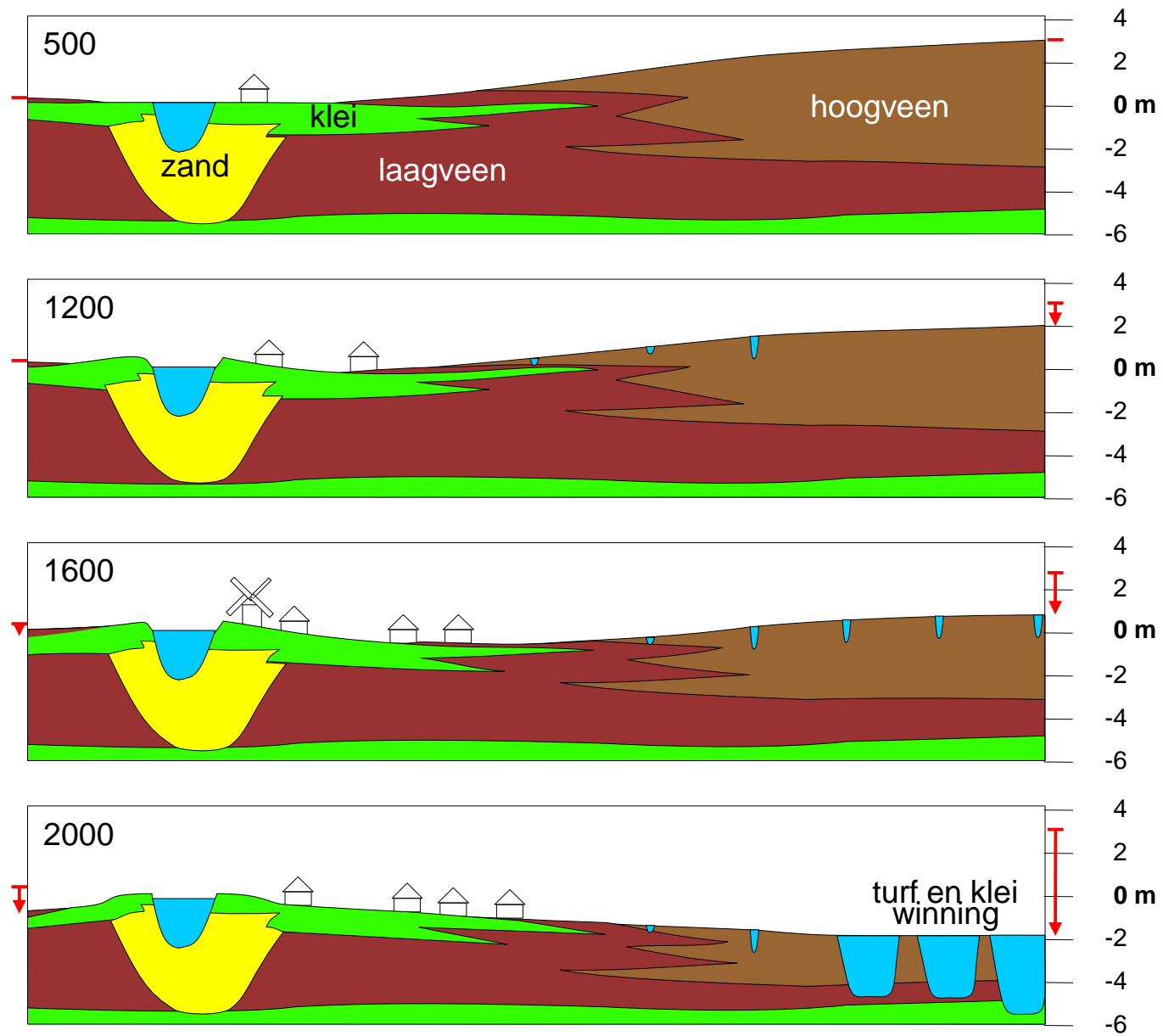


Jan Pen, 1976

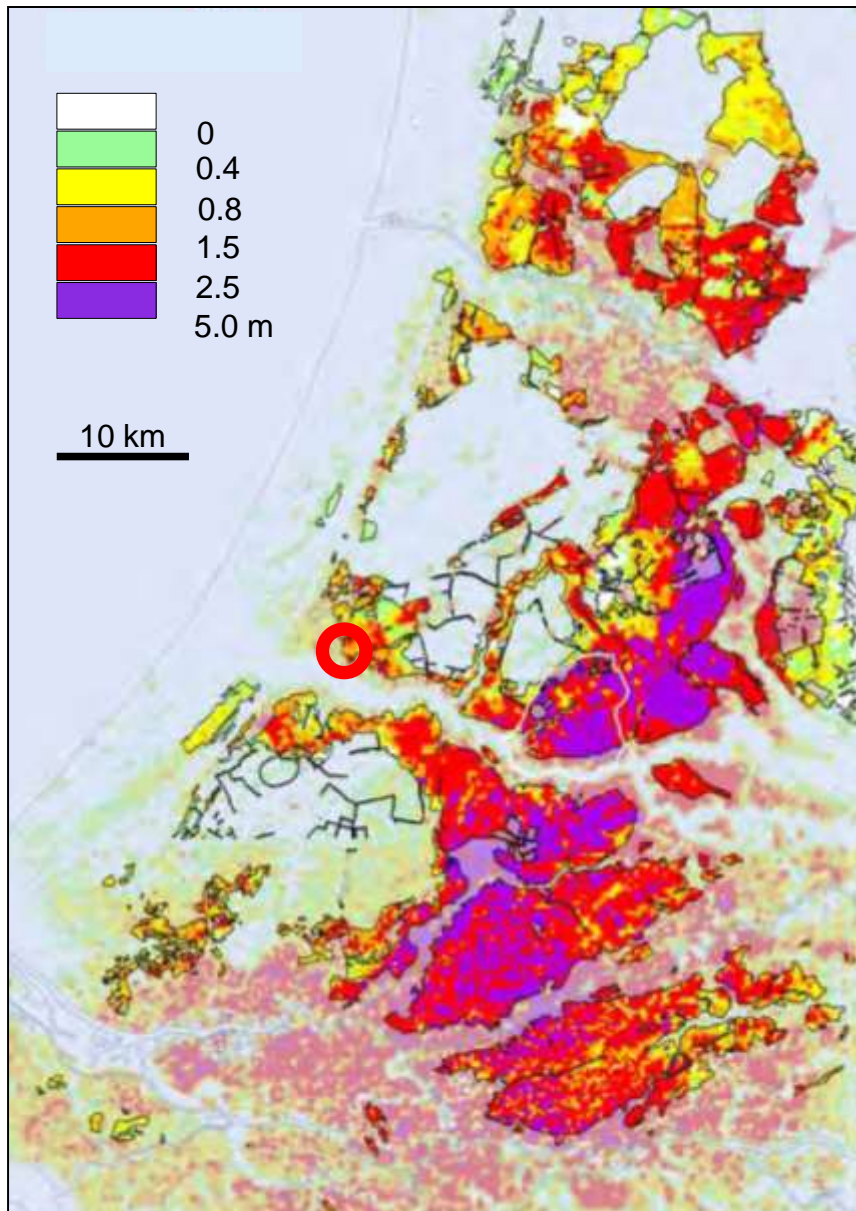
kleiwinning voor steenbakkerijen

14 - 20
eeuw

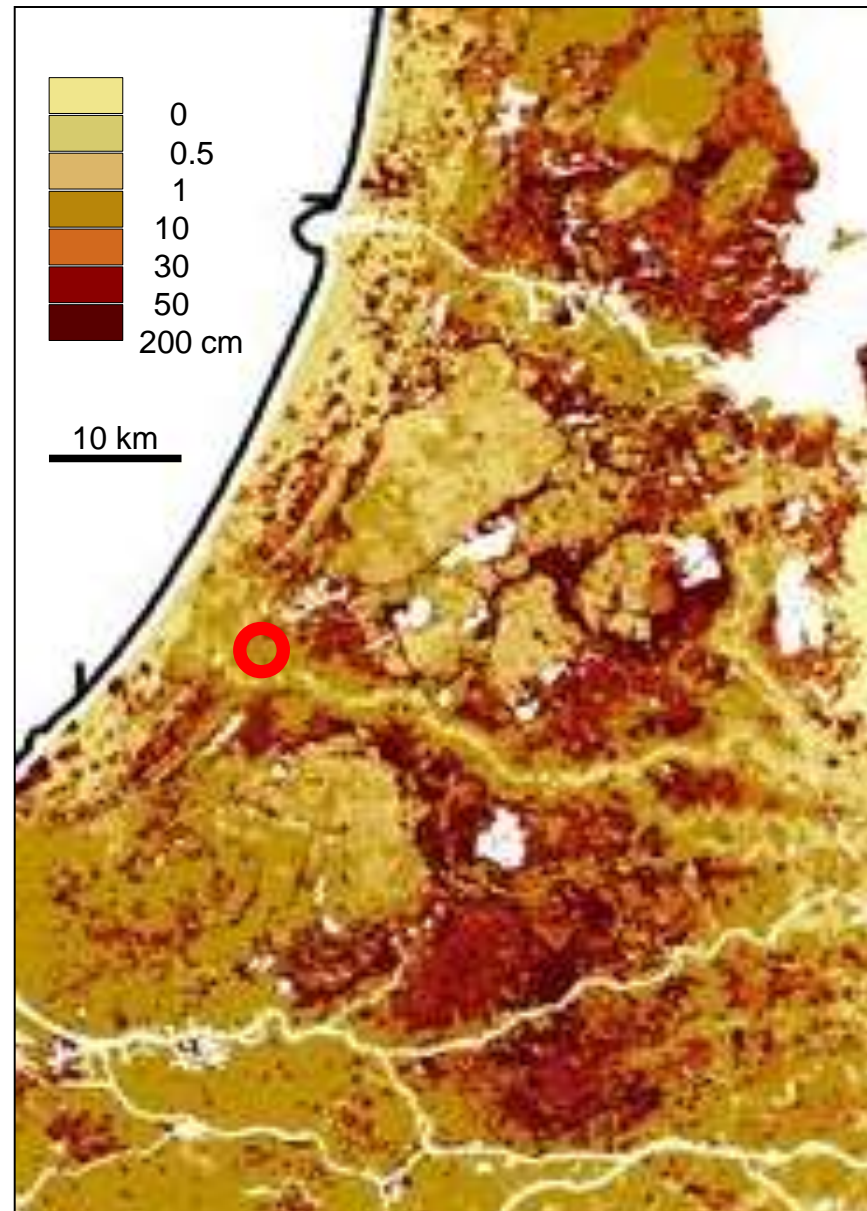
landschapontwikkeling door menselijk ingrijpen



dikte van het veen

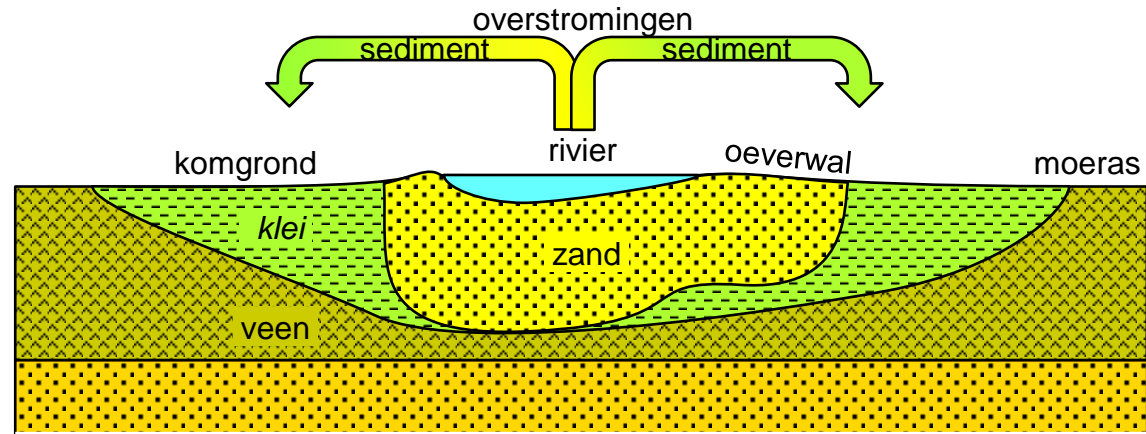


verwachte bodemdaling 2002 - 2050

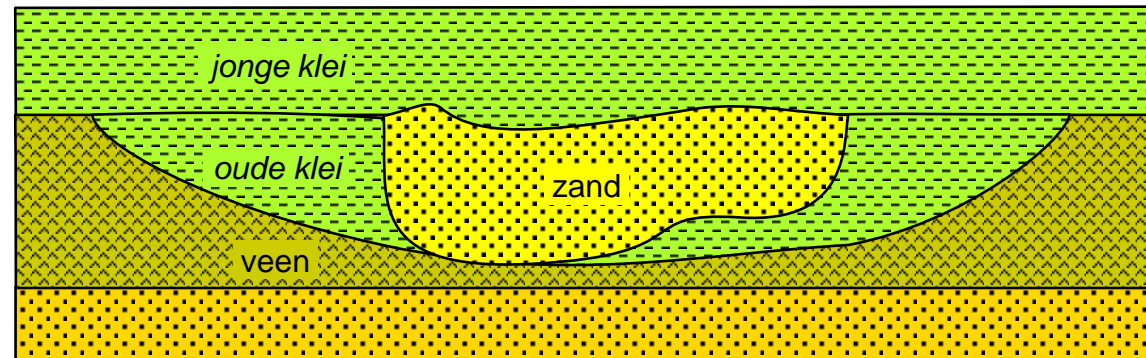


reliëfomkering

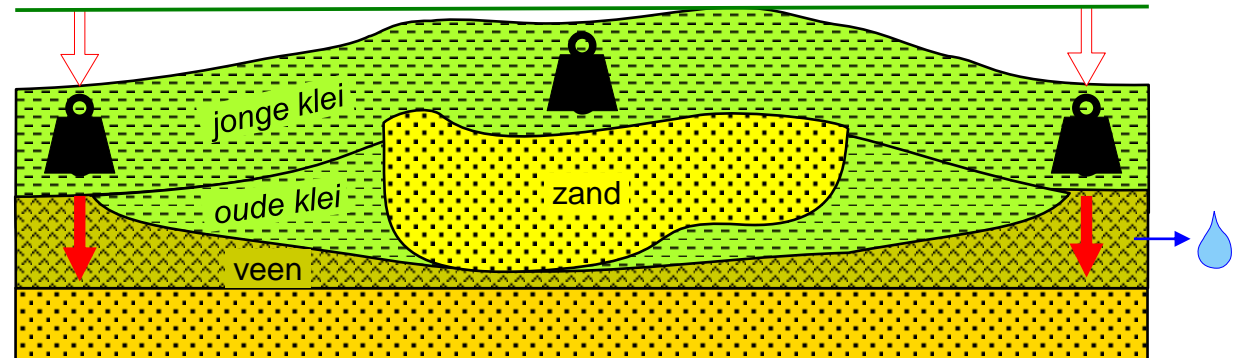
natuurlijke rivier



sediment
(rivierzand,
klei en veen)
onder jonge klei



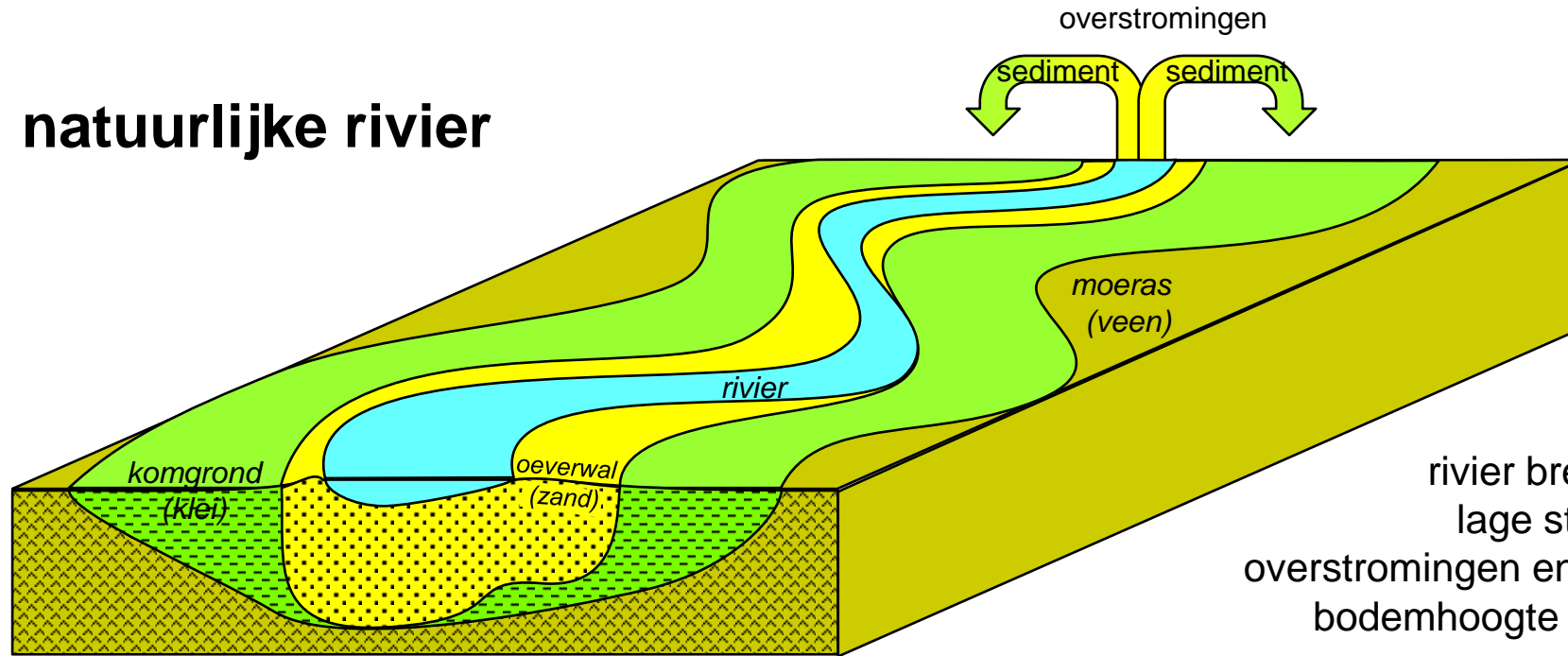
inklinking
van het veen



reliëfomkering N11

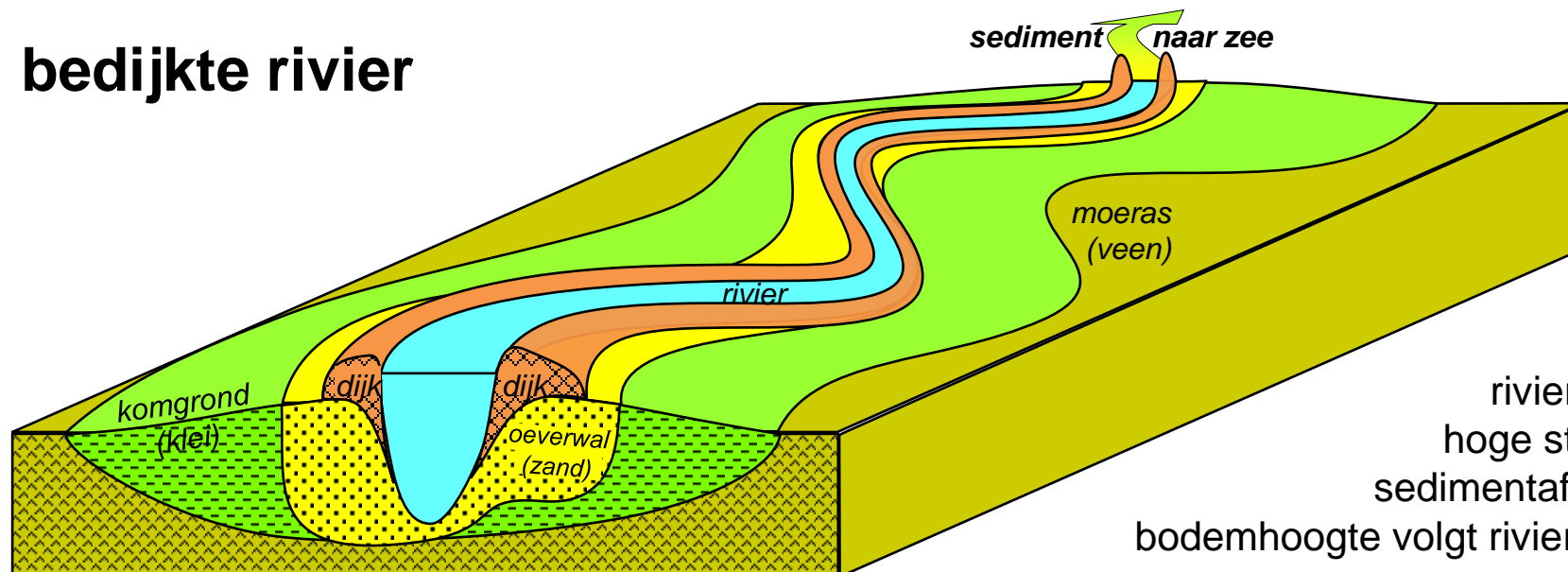


natuurlijke rivier



rivier breed en ondiep
lage stroomsnelheid
overstromingen en sedimentatie
bodemhoogte volgt rivierpeil

bedijkte rivier



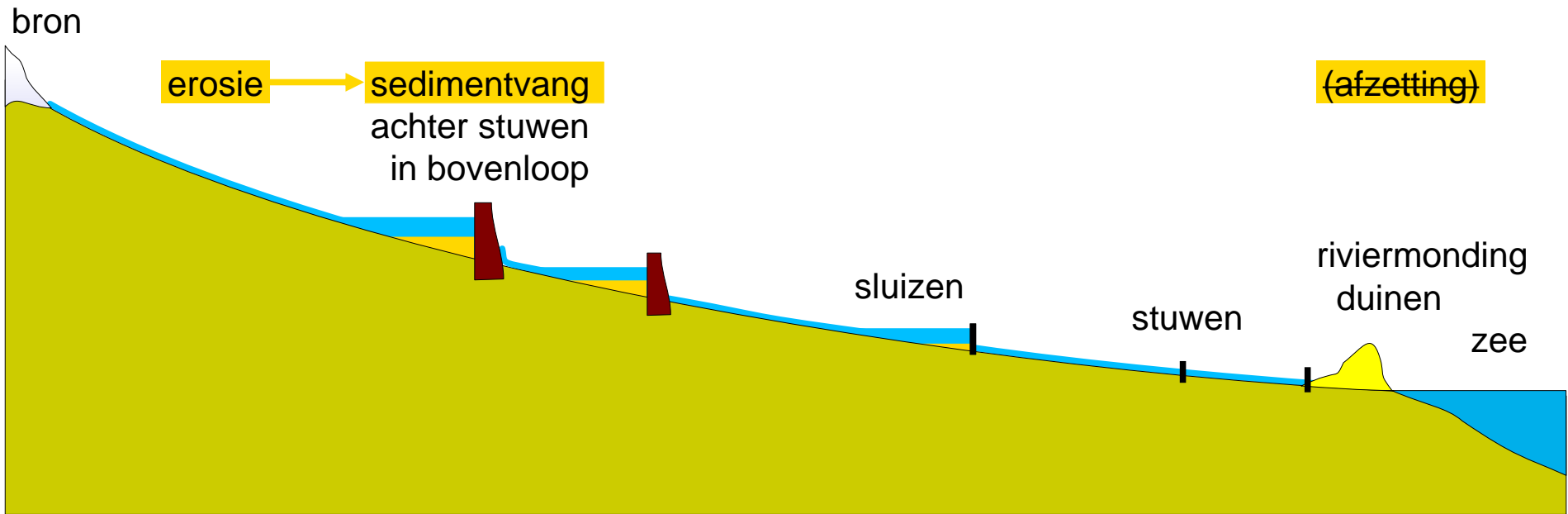
rivier smal en diep
hoge stroomsnelheid
sedimentafvoer naar zee
bodemhoogte volgt rivierpeil niet meer

natuurlijk transport van sediment in rivier

bron



werkelijk transport van sediment in rivier



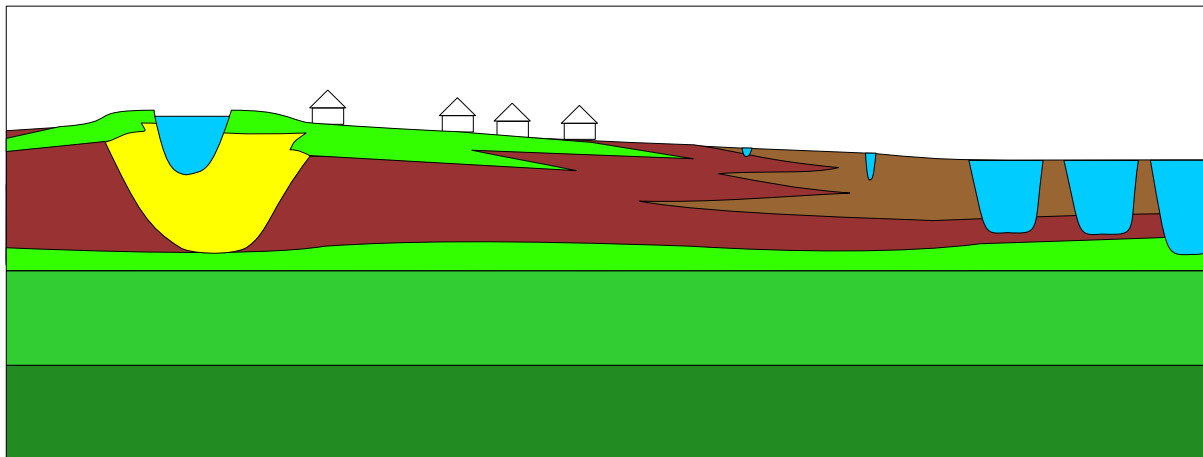
inklinking en fundering



1939-1940, Maarssen
Nederlandse bunker met heipalen



1942, Leiderdorp
Duitse bunker zonder heipalen



ondiepe processen

maar wat gebeurt er hier?

bodemdaling



diepe ondergrond

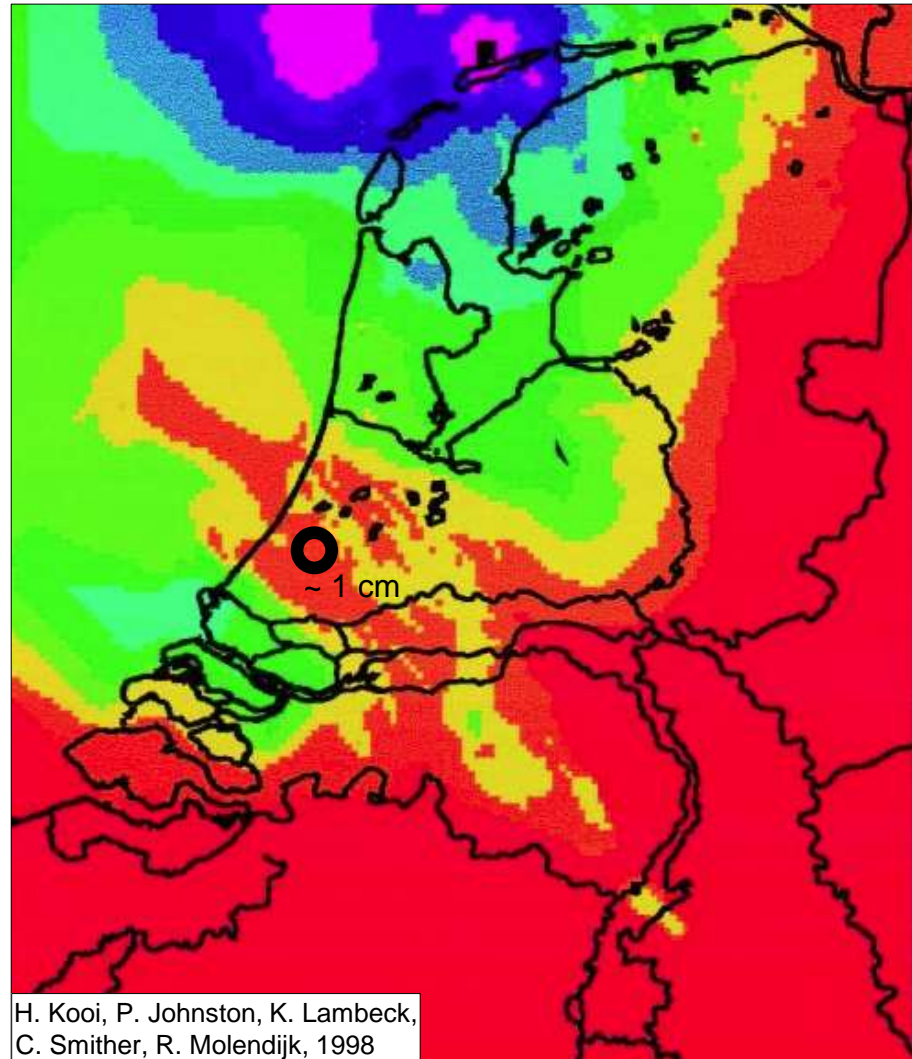
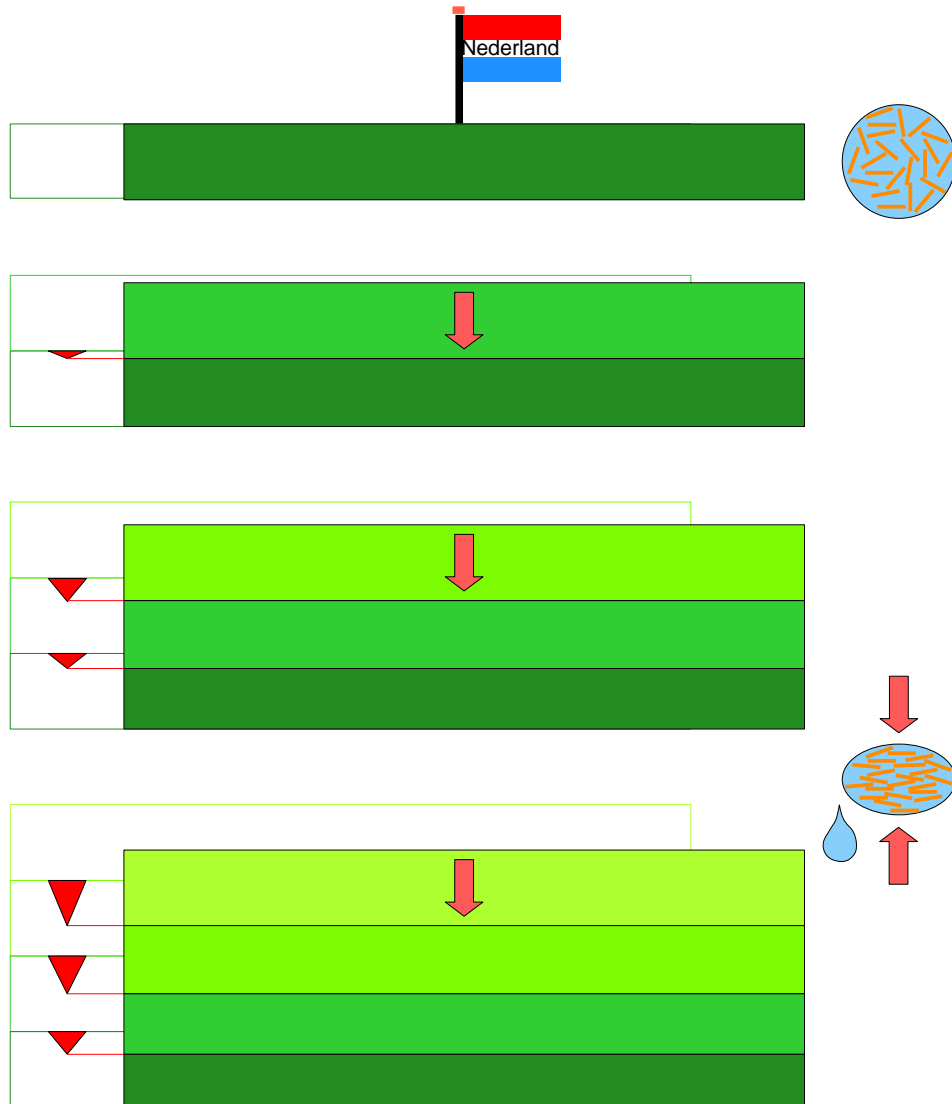
natuurlijke processen

compactie kleilagen

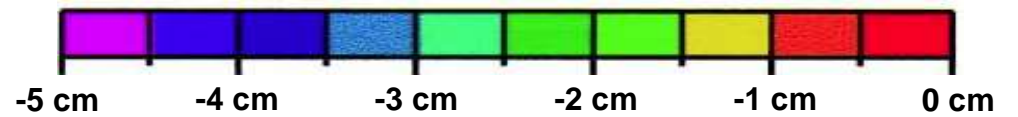
drift der continenten

smelten landijs Scandinavië na laatste ijstijd

samendrukking van klei in de diepe ondergrond (compactie)

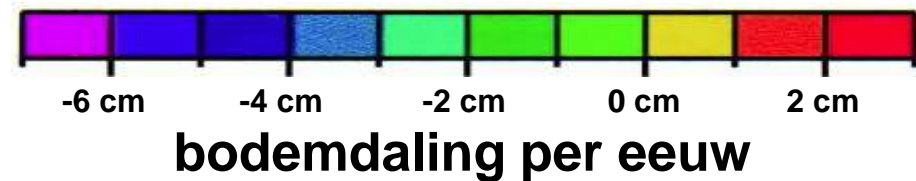
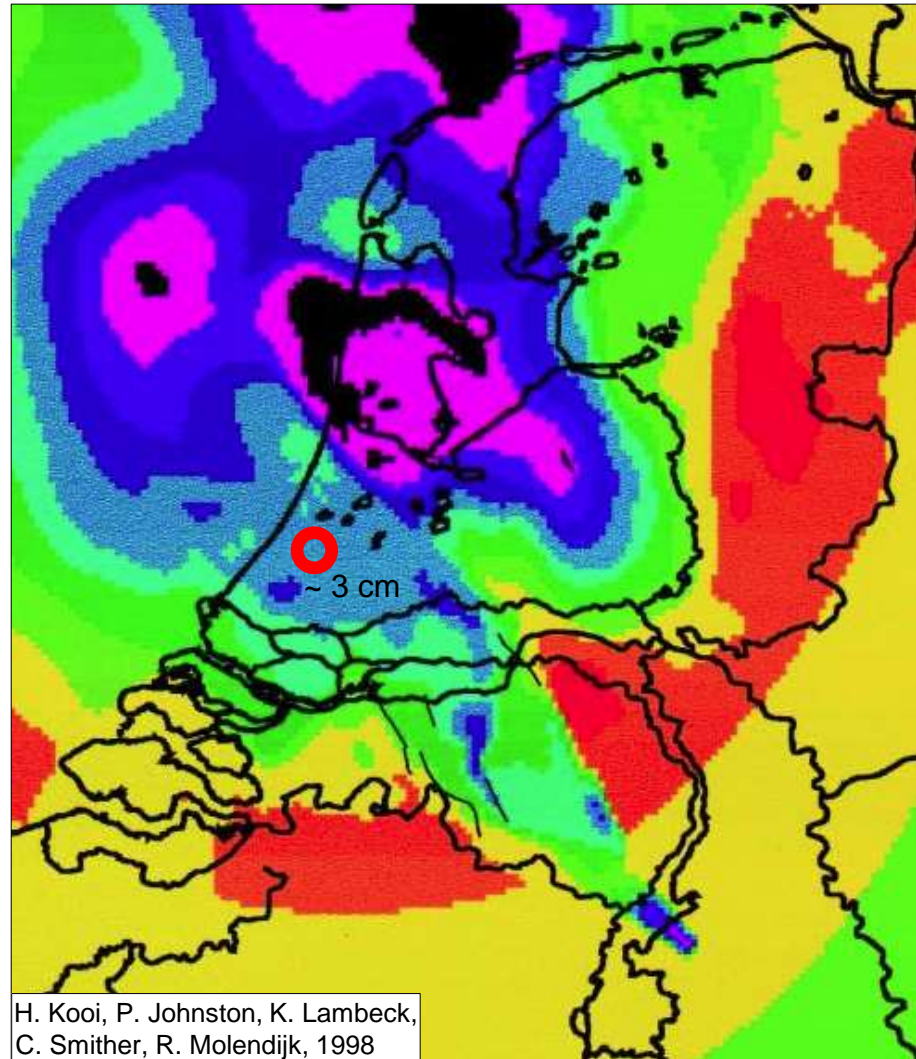
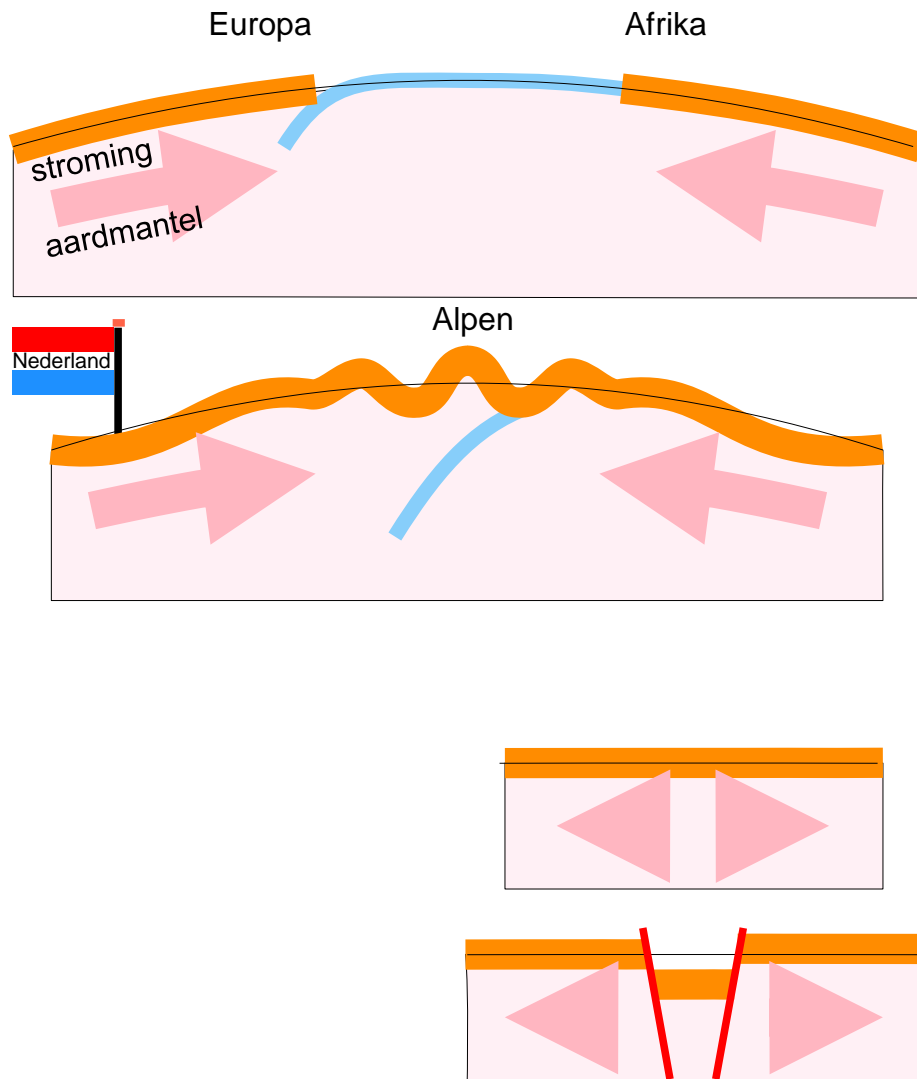


H. Kooi, P. Johnston, K. Lambeck,
C. Smither, R. Molendijk, 1998

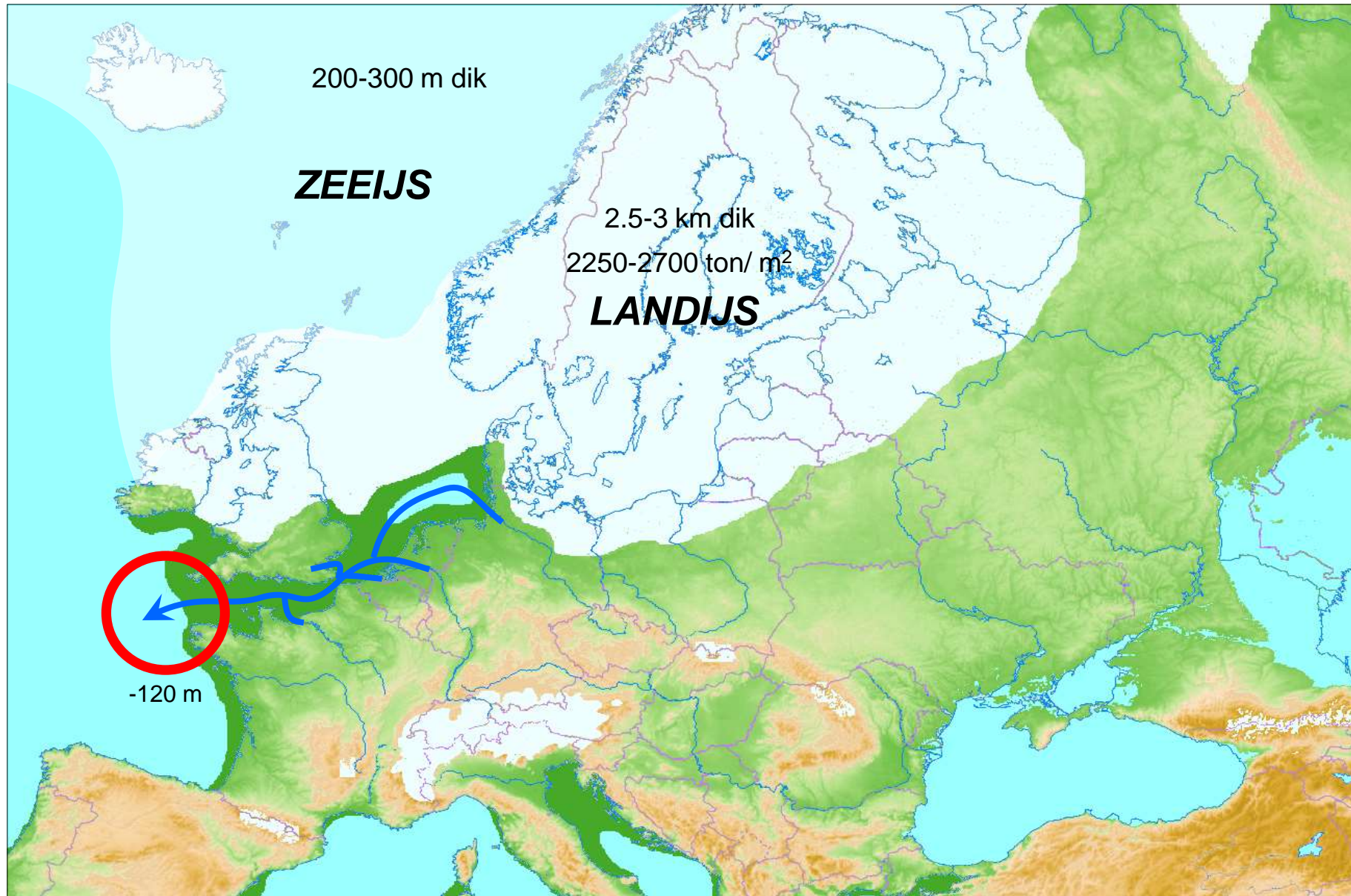


bodemdaling per eeuw

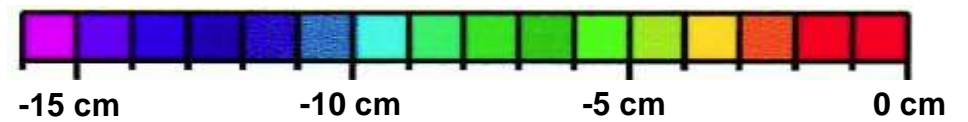
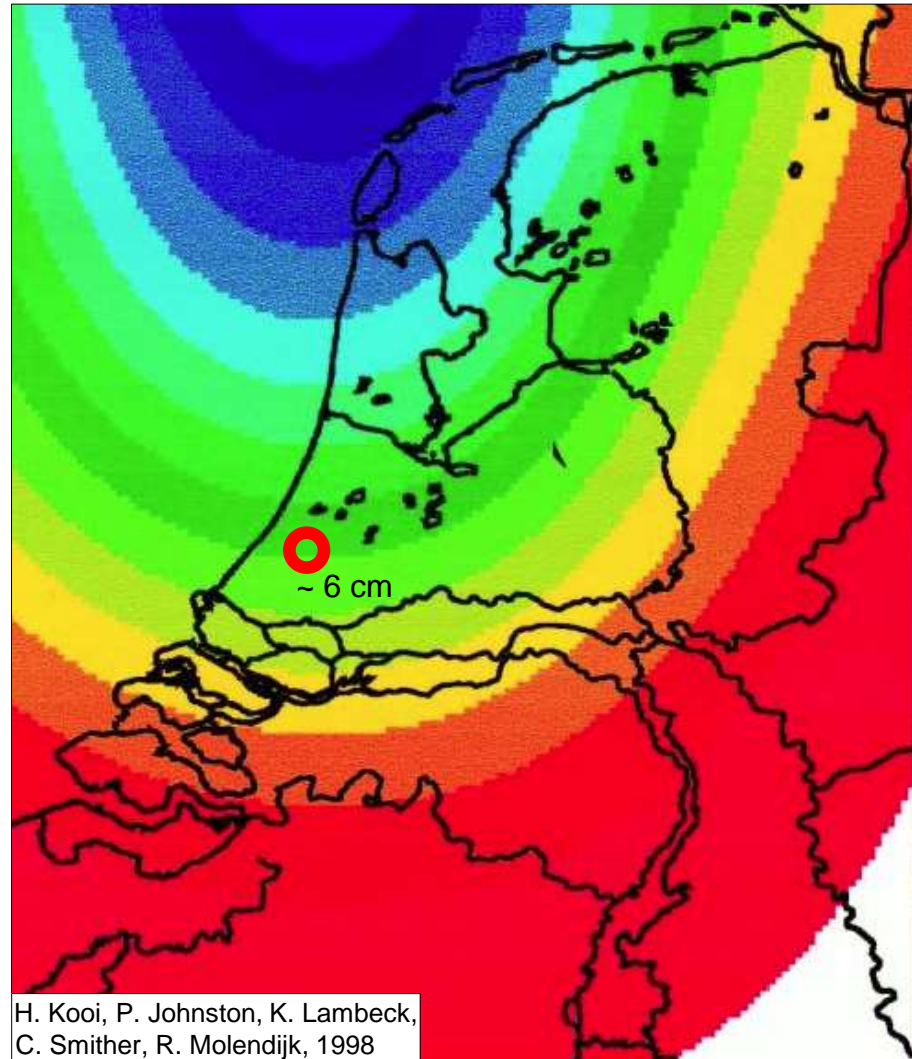
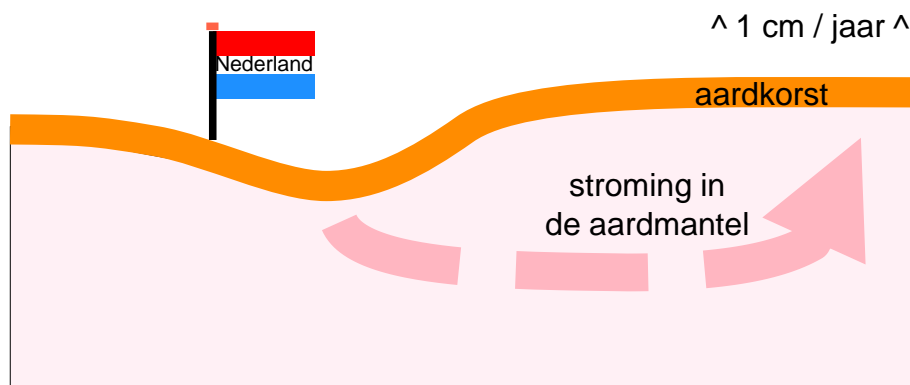
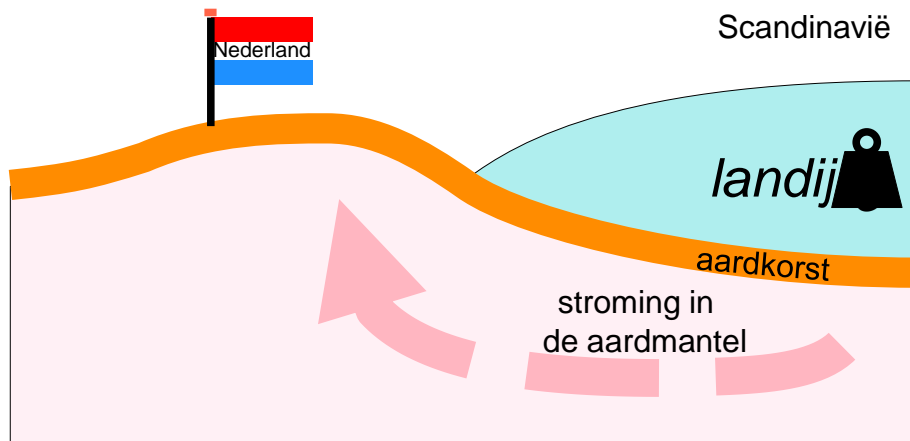
bodembewegingen door drift der continenten (tektoniek)



landijs, zeeijs en Rijnmondning ver weg tijdens de laatste ijstijd



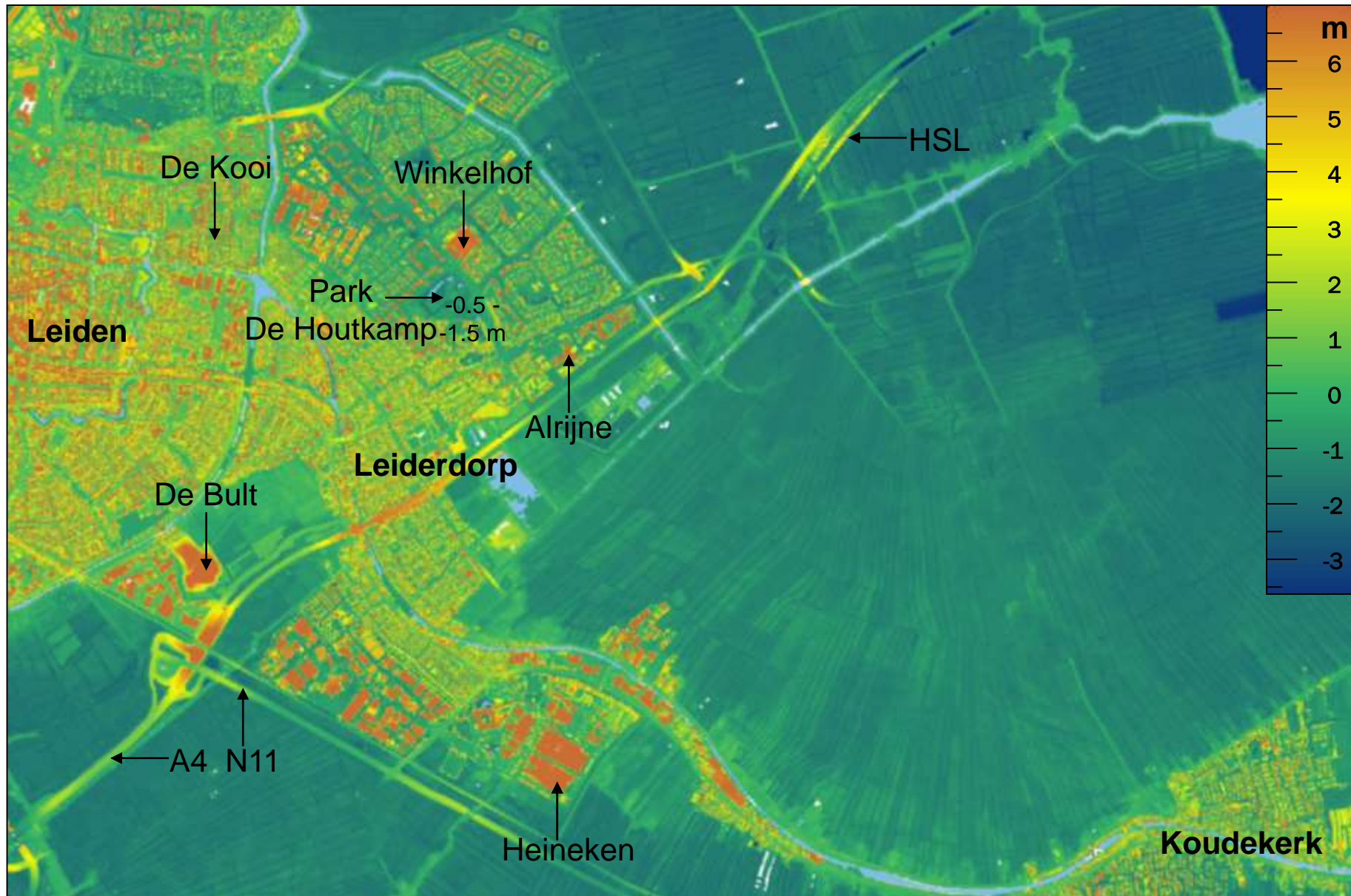
daling aardkorst door smelten land-ijs (isostasie)



bodemdaling per eeuw

Algemene Hoogtekaart Nederland

bodemdaling Leiden e.o. door diepe processen: ~10 cm / eeuw



klimatewisselingen ijstijden



klimateveranderingen

natuurlijke temperatuurschommelingen

landijs smelt

meer zeewater

zeewater zet uit

oceanen en zeeën: 72% aardoppervlakte

gemiddelde diepte = 3.69 km

thermische uitzetting 1 m³ water = 0.000214 m³/°C

*thermische uitzetting kolom met hoogte 3.69 km = **79 cm/°C***

menselijk handelen

broeikasgassen > temperatuurstijging

permafrost ontdooit

grondwaterpeil verlaging

veengrond vergaat (oxidatie + inklinking)

broeikasgassen

oorzaken klimaatwisselingen

1 emissievariatiaties van de zon

2 astronomische factoren

rotatie en baan van de Aarde

3 vulkanisme

super-vulkanen (ejecta $>1000 \text{ km}^3$)
(Taupo, Toba, Yellowstone)

mega-basaltuitvloeiingen

broeikasgassen: CO_2 , CH_4 ,

4 meteoriet-inslagen

5 ligging van de continenten

6 samenstelling atmosfeer

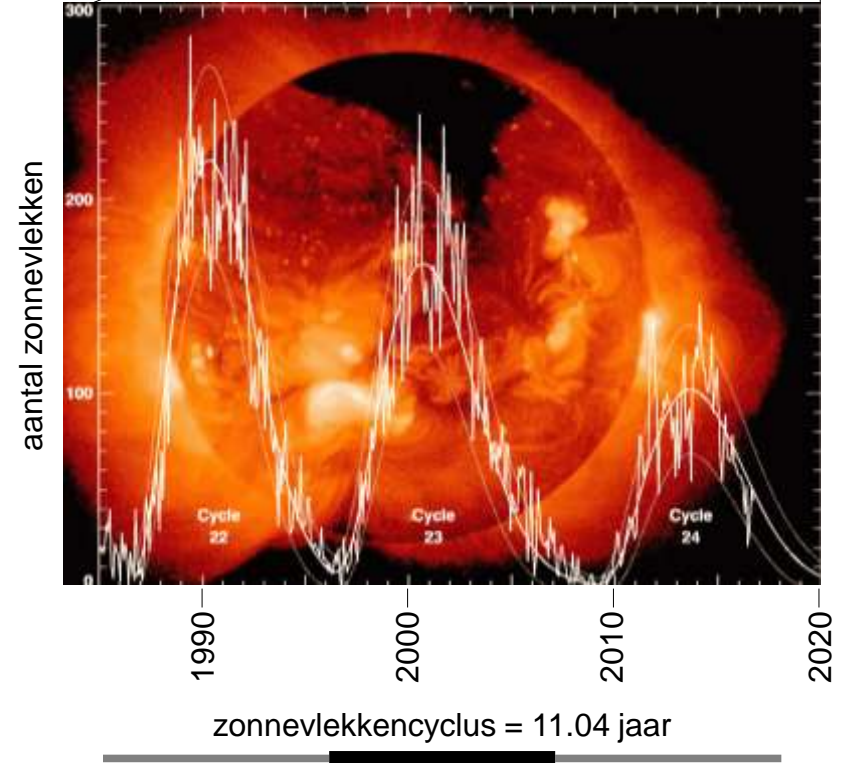
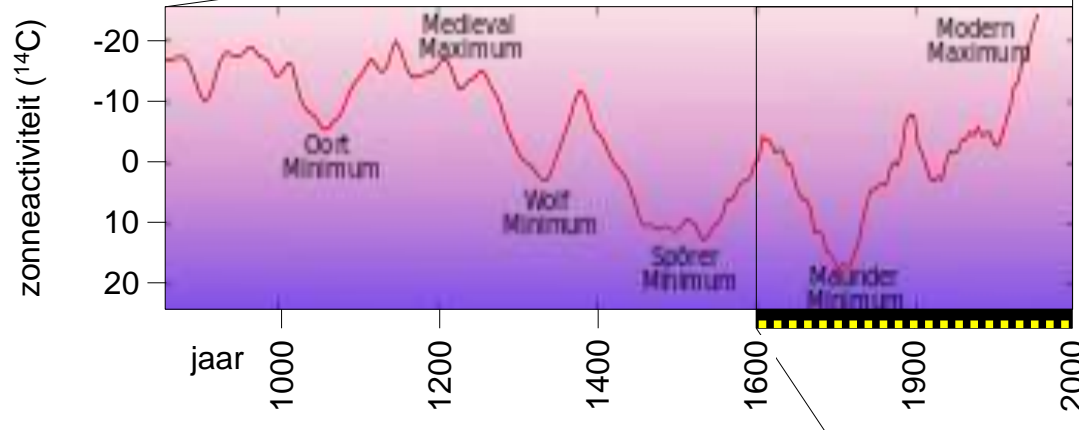
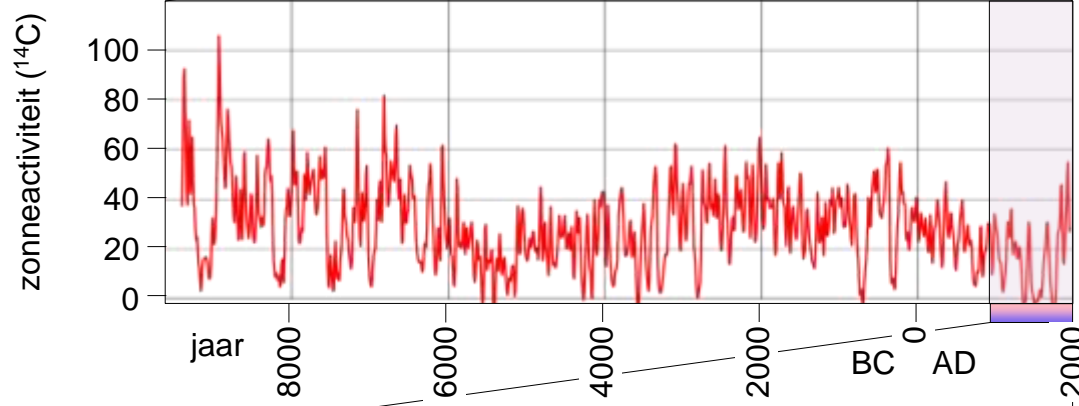
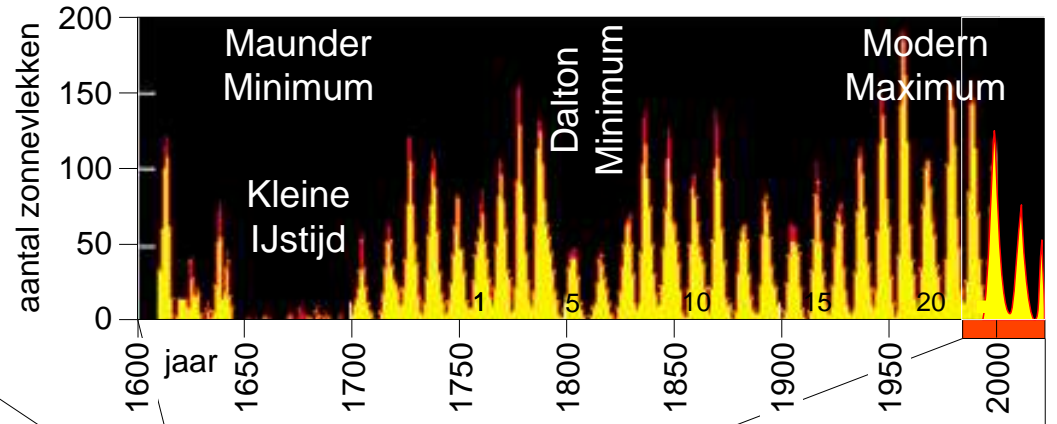
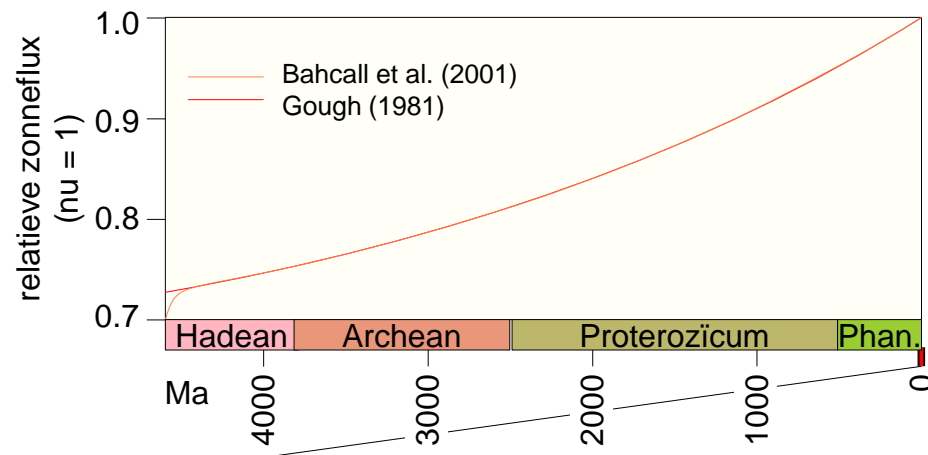
Het **klimaat** is het patroon van het weer in een gebied over een bepaalde periode (lange termijn gemiddelde over bv. 30 jaar).

Het klimaat is niet stabiel, het kan veranderen door natuurlijke en menselijke invloeden.

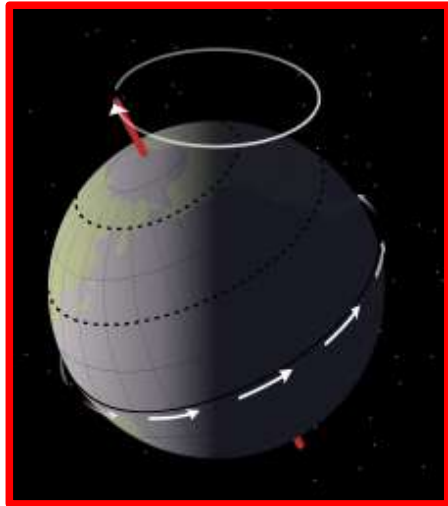
VEI (Vulkanische Explosie Index)

5	Mount St. Helens	1980	(~1 km ³)
6	Vesuvius	79	(~3,3 km ³)
7	Mount Pinatubo	1991	(~10 km ³)
8	Krakatoa	1883	(~25 km ³)
9	Santorini	-1620	(~61 km ³)
10	Tambora	1815	(>100 km ³)
11	Taupo	-26,5 ka	(~1170 km ³)
12	Yellowstone	-2,1 Ma	(~2450 km ³)
13	Toba	-74 ka	(~2800 km ³)

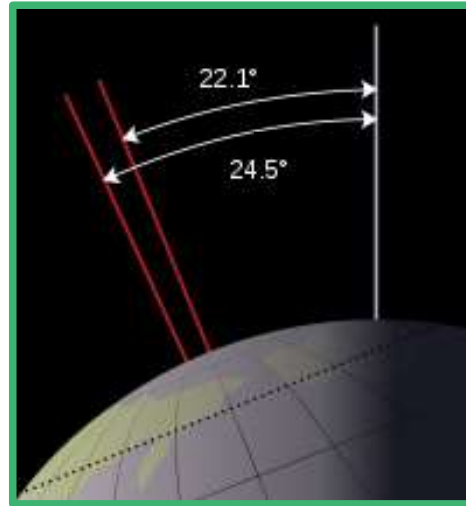
zonneactiviteit (zonnevlekken)



Aardse bewegingen (t.o.v. de zon)

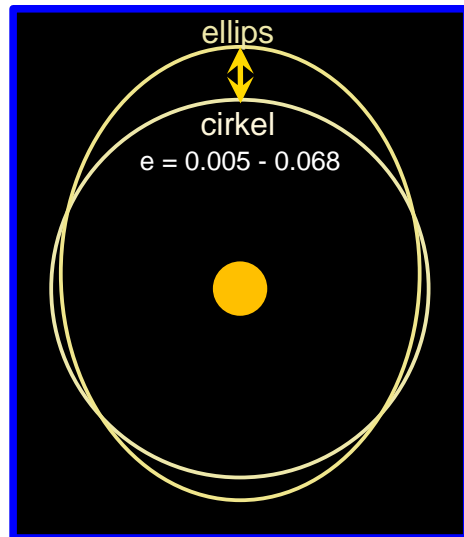
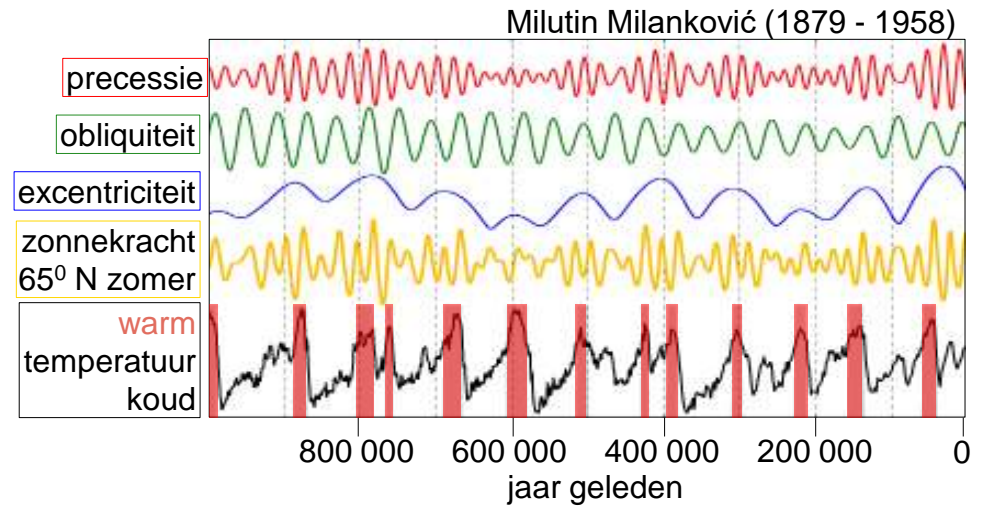


precessie
(25 700 jaar)

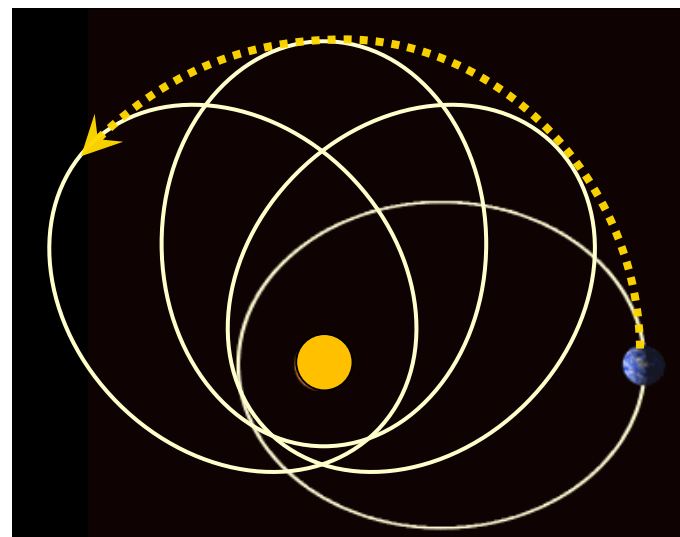


obliquiteit
(41 000 jaar)

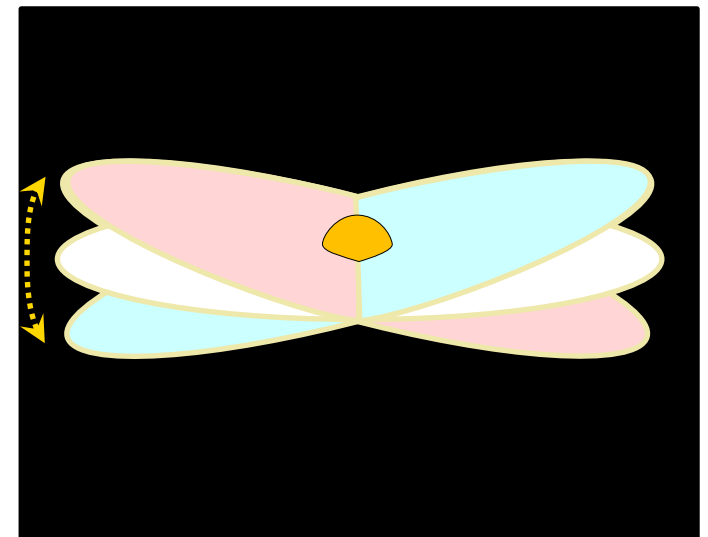
Milanković cycli



excentriciteit
(100 000 - 400 000 jaar)



apsidale precessie
(112 000 jaar)



eclips precessie
(70 000 jaar)

vloedbasalten



65-66 Ma



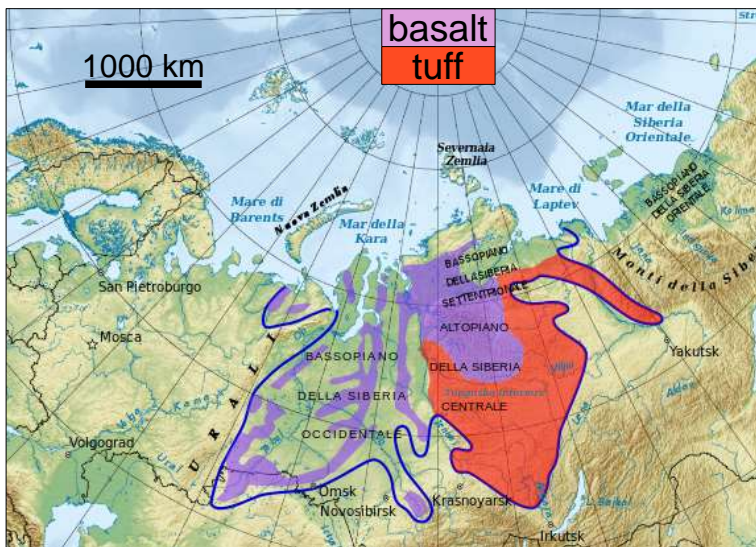
Deccan Traps

Deccan Traps

oppervlakte: $5 \times 10^5 \text{ km}^2$
 ~ 1 x Spanje
 volume: $\sim 1 \times 10^6 \text{ km}^3$



Siberische Traps



~252 Ma

Siberische Traps

oppervlakte: $7 \times 10^6 \text{ km}^2$
 ~ 14 x Spanje
 volume: $\sim 4 \times 10^6 \text{ km}^3$



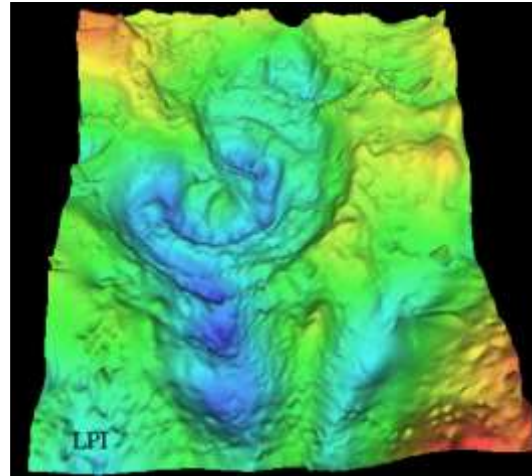
meteorietinslagen



Chicxulub inslag

Yucatan Mexico

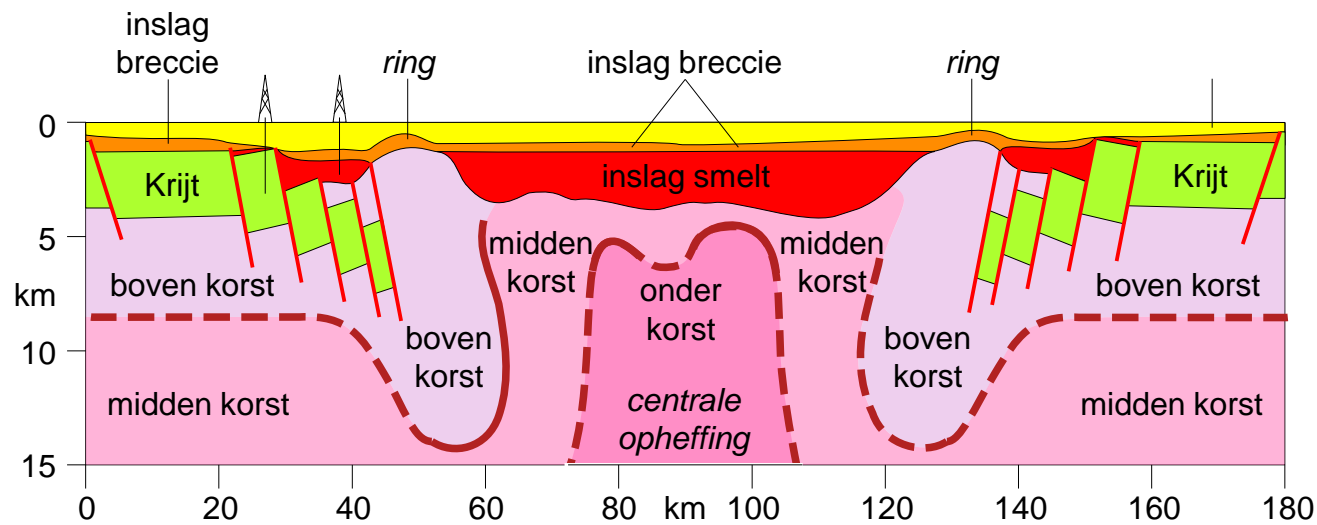
66 Ma Krijt-Paleogeen



meteoriet Ø 10 km

krater Ø 180 km
diepte 20 km

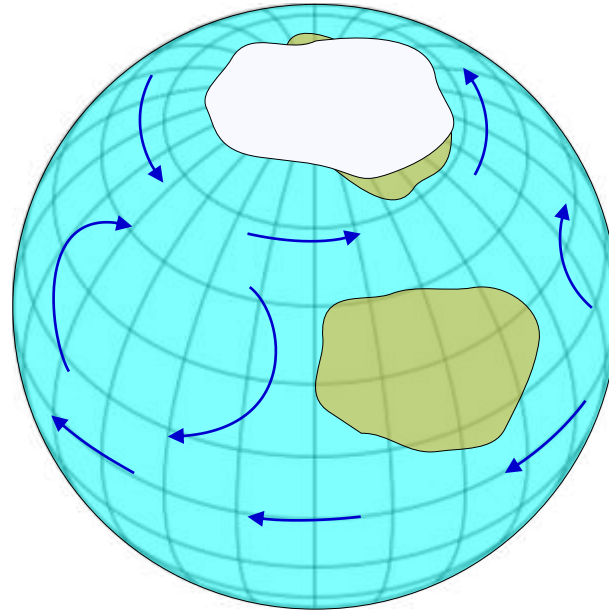
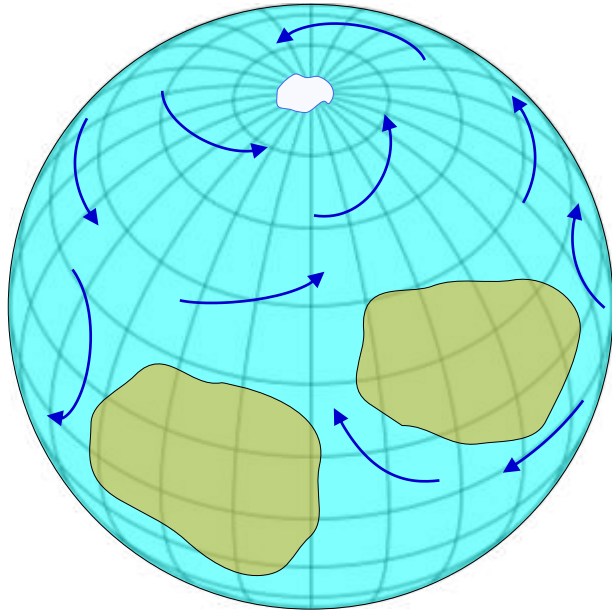
ejecta volume $1,3 \times 10^5 \text{ km}^3$
(vast, ongeveer 20 geste)



Tertiair sediment



posities continentale platen

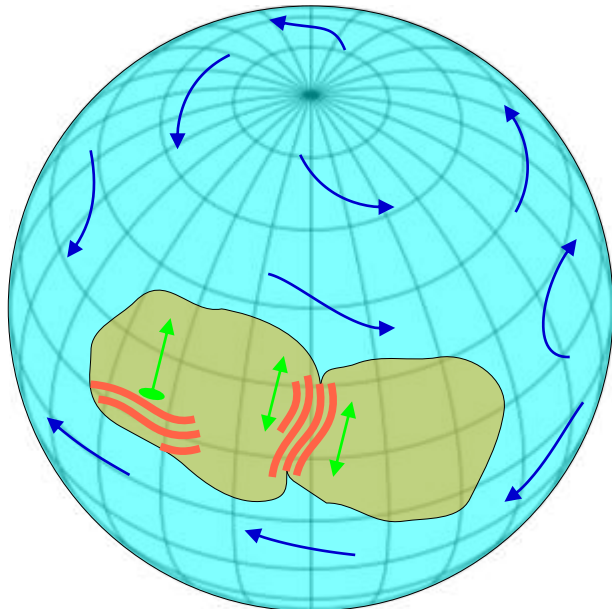


oceanstromingen



Laat Ordovicium 444 Ma

- △ tillieten, gletsjerklassen
- glaciomarine sedimenten



gebergten
(Alpen, Himalaya,
Rockies, Andes)
luchtstromingen

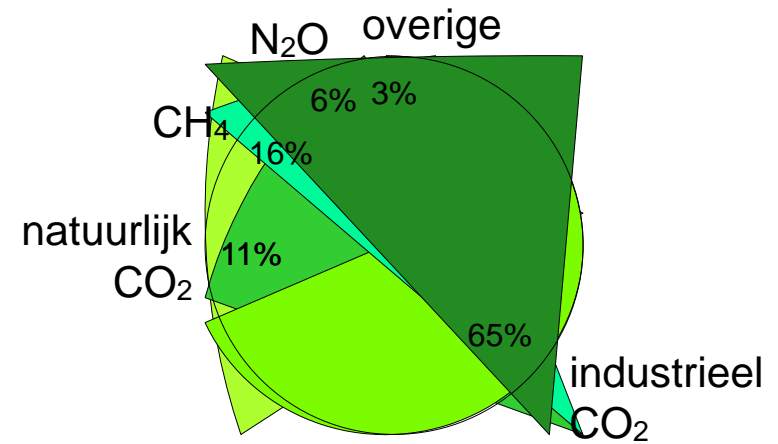
weerkaatsingsvermogen
van het aardoppervlak
albedo: verse sneeuw = 90 %
albedo: kale aarde, rots, bos = 10 %

atmosfeer

H₂O ~60 % broeikas effect

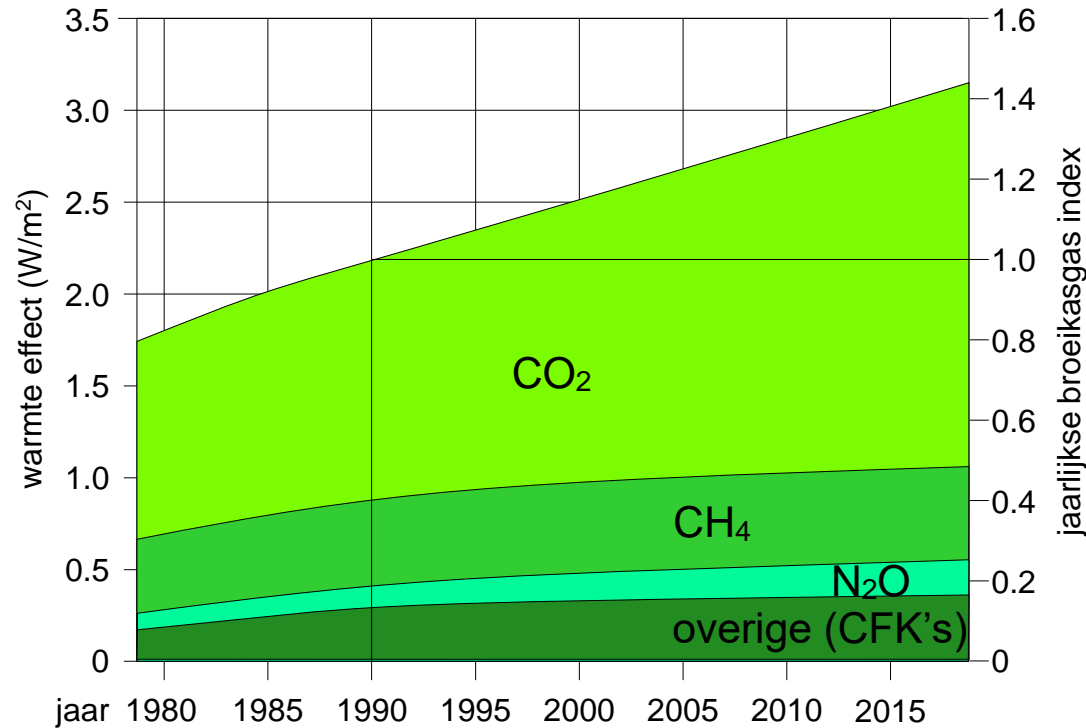
warmte effect in CO₂ equivalenten

CO ₂	1	
CH ₄	27.9	
N ₂ O	273.0	O ₃ , NO, CO
CFK's	1000-10000	aerosolen

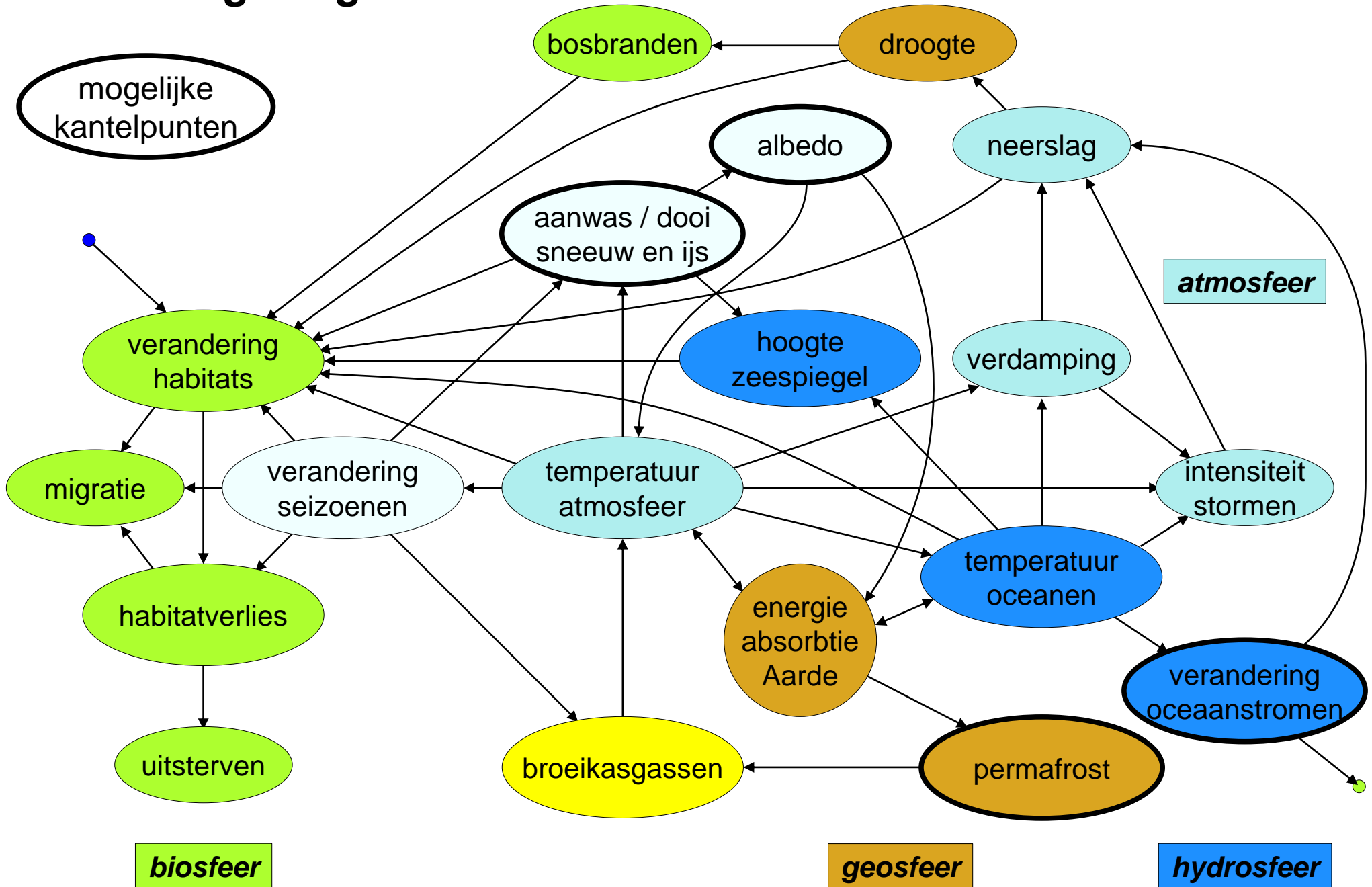


bijdrage opwarming door broeikasgassen

zonder broeikasgassen:
gemiddelde temperatuur 33 °C lager
-18 °C i.p.v. +15 °C



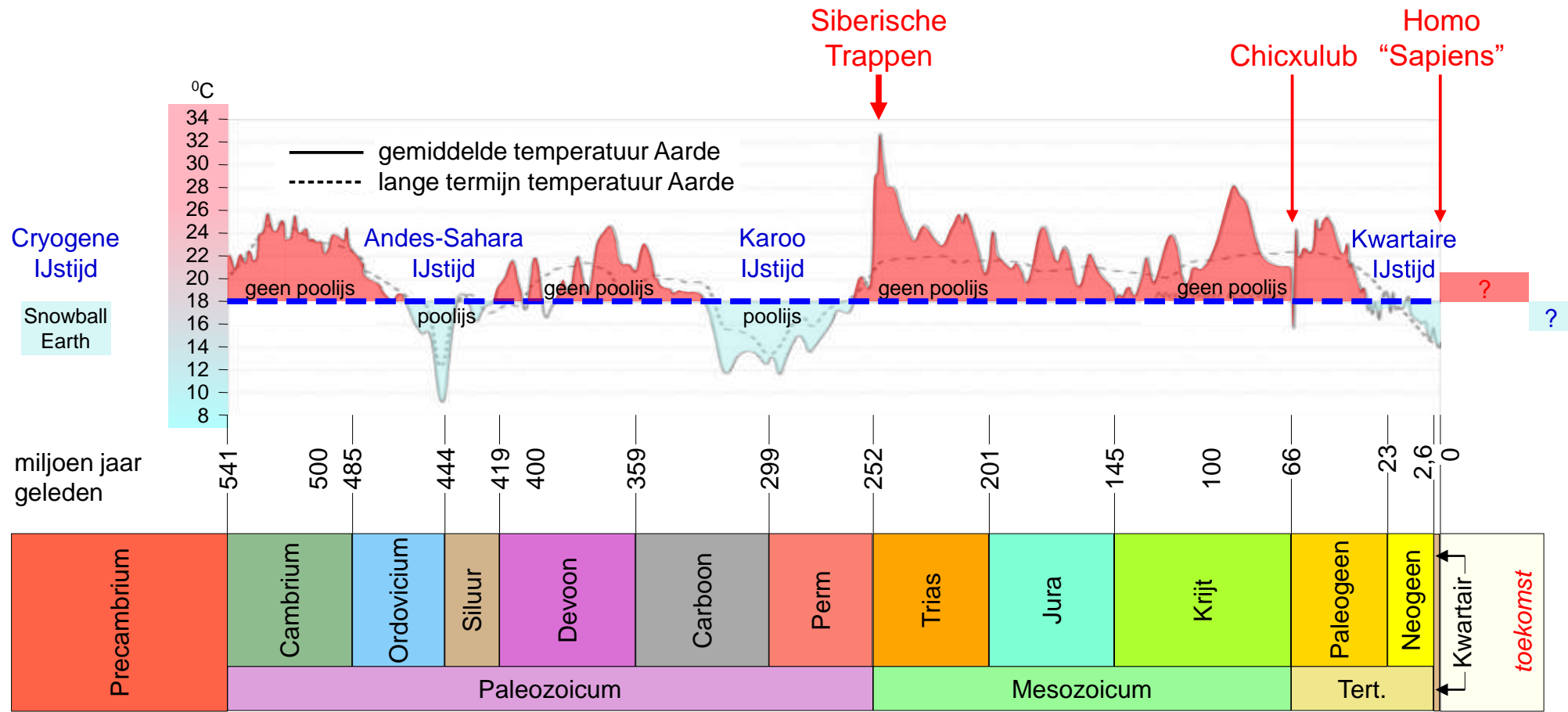
oorzaak - gevolg





pauze

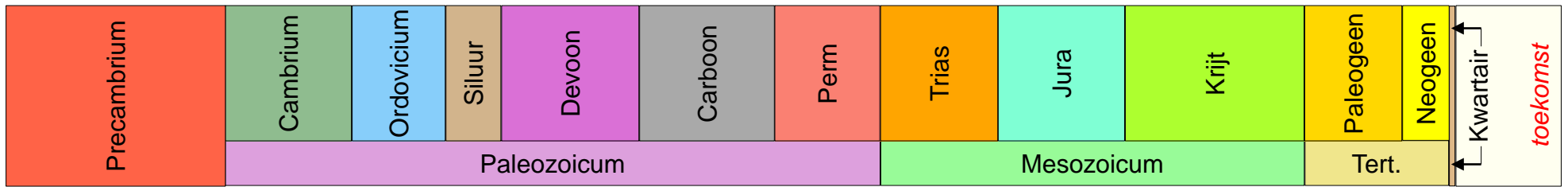
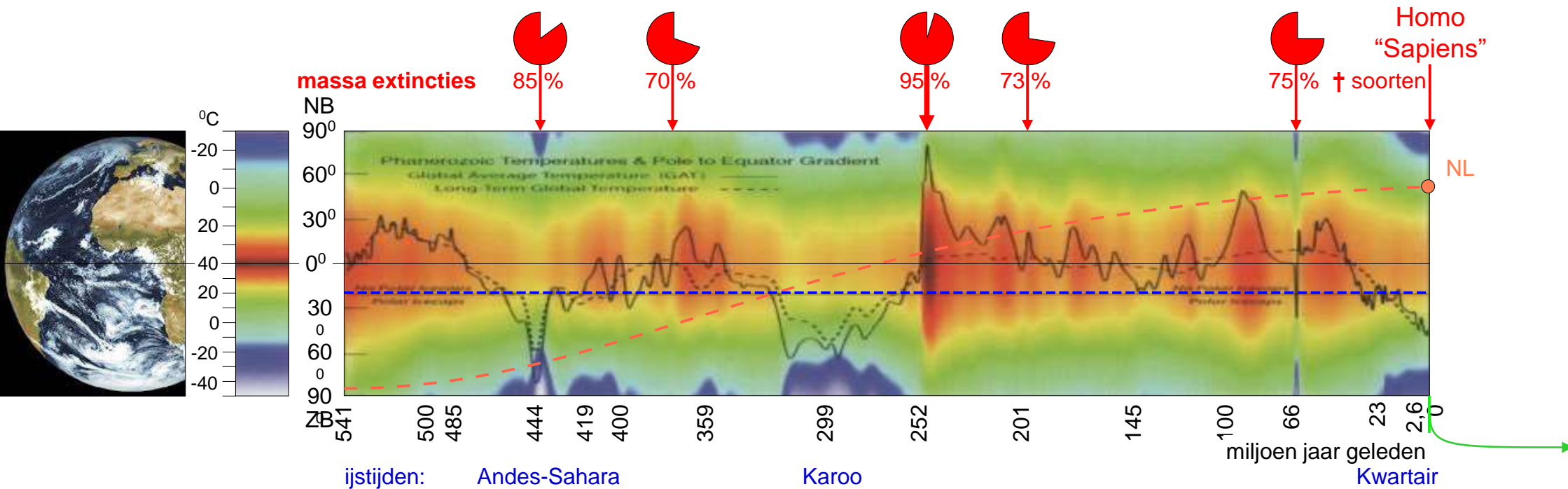
geologische tijdschaal - temperatuur - ijstijden



een half miljard jaar

naar Scotese, 2021

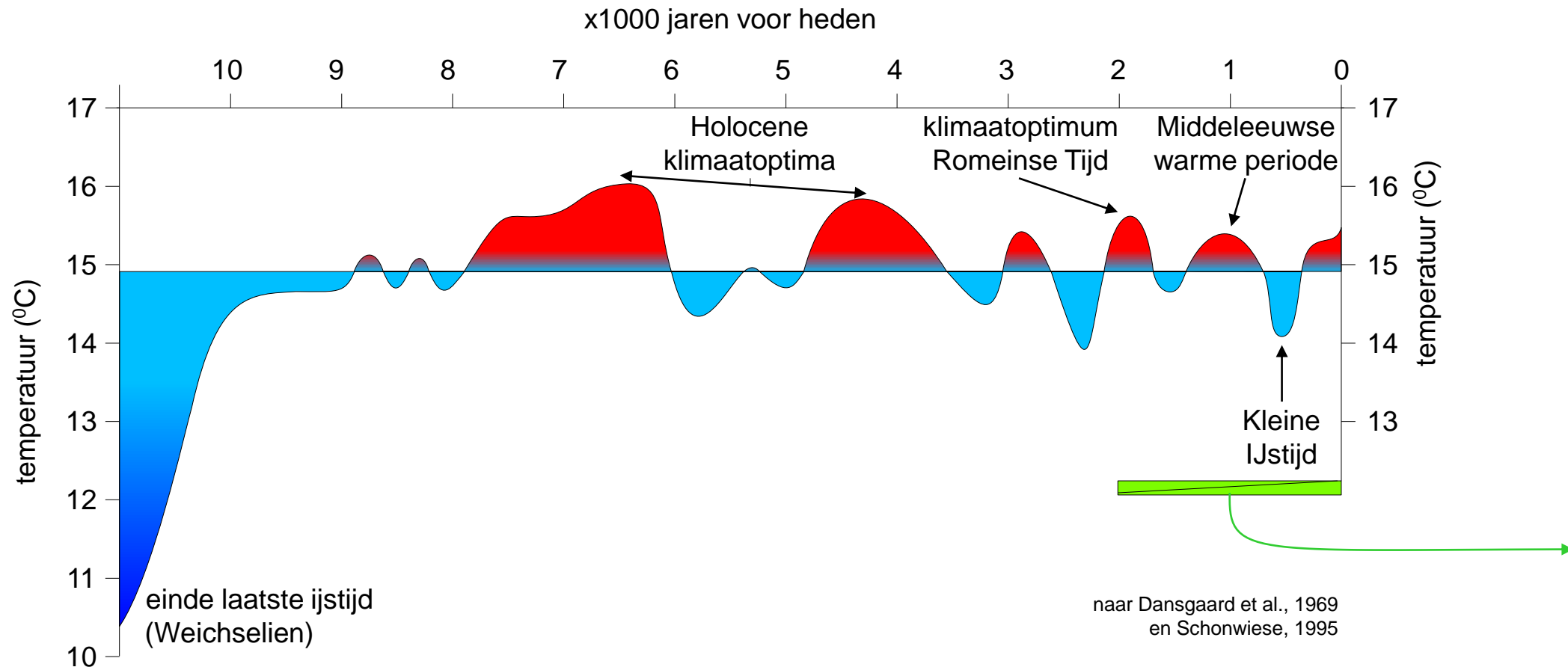
geologische tijdschaal - temperatuur - ijstijden



een half miljard jaar

naar Scotese, 2021

temperatuurverloop over de laatste 11000 jaar

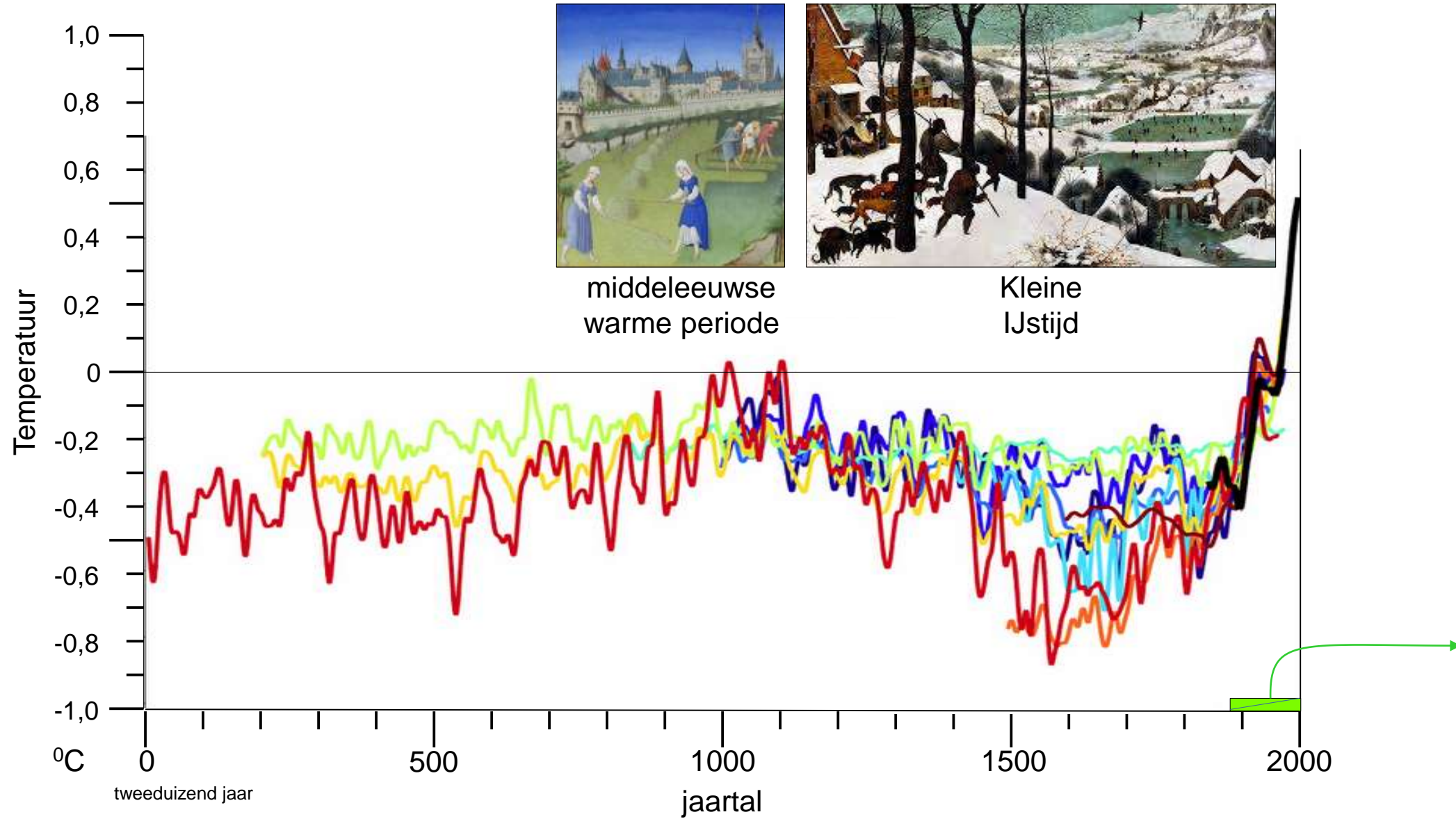


elfduizend jaar

naar Dansgaard et al., 1969
en Schonwiese, 1995

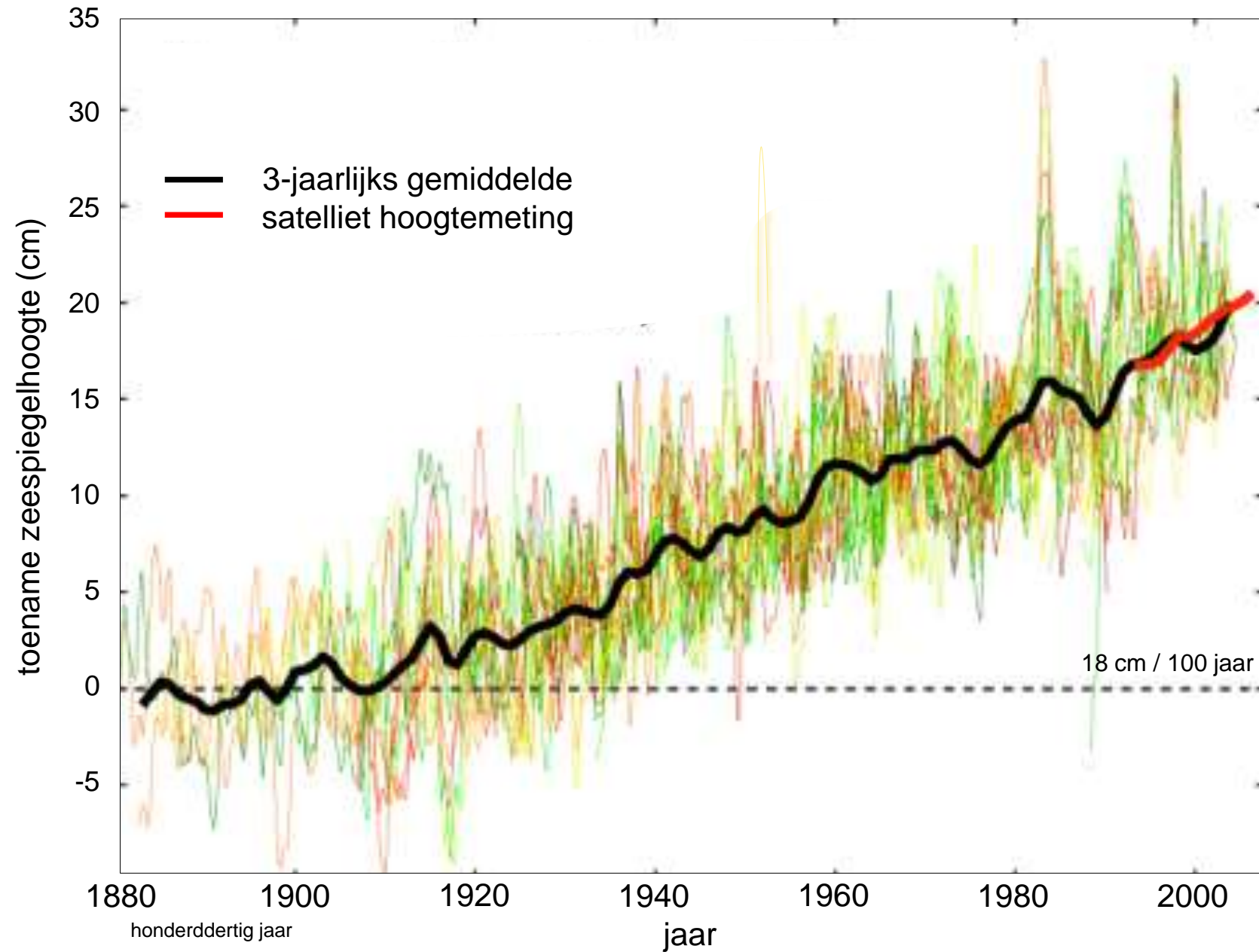
reconstructie temperatuurschommelingen

(11 verschillende onderzoekers)



recente zeespiegelstijging

(23 getidemetrs wereldwijd)



zeespiegelstijging

"Dieu créa le monde, mais les Hollandais créèrent la Hollande"

René Descartes (apocrief)

de strijd van de Nederlanders tegen het water

de Noordzee, Zuiderzee, Waterwolf

samenwerking, poldermodel, heemraden



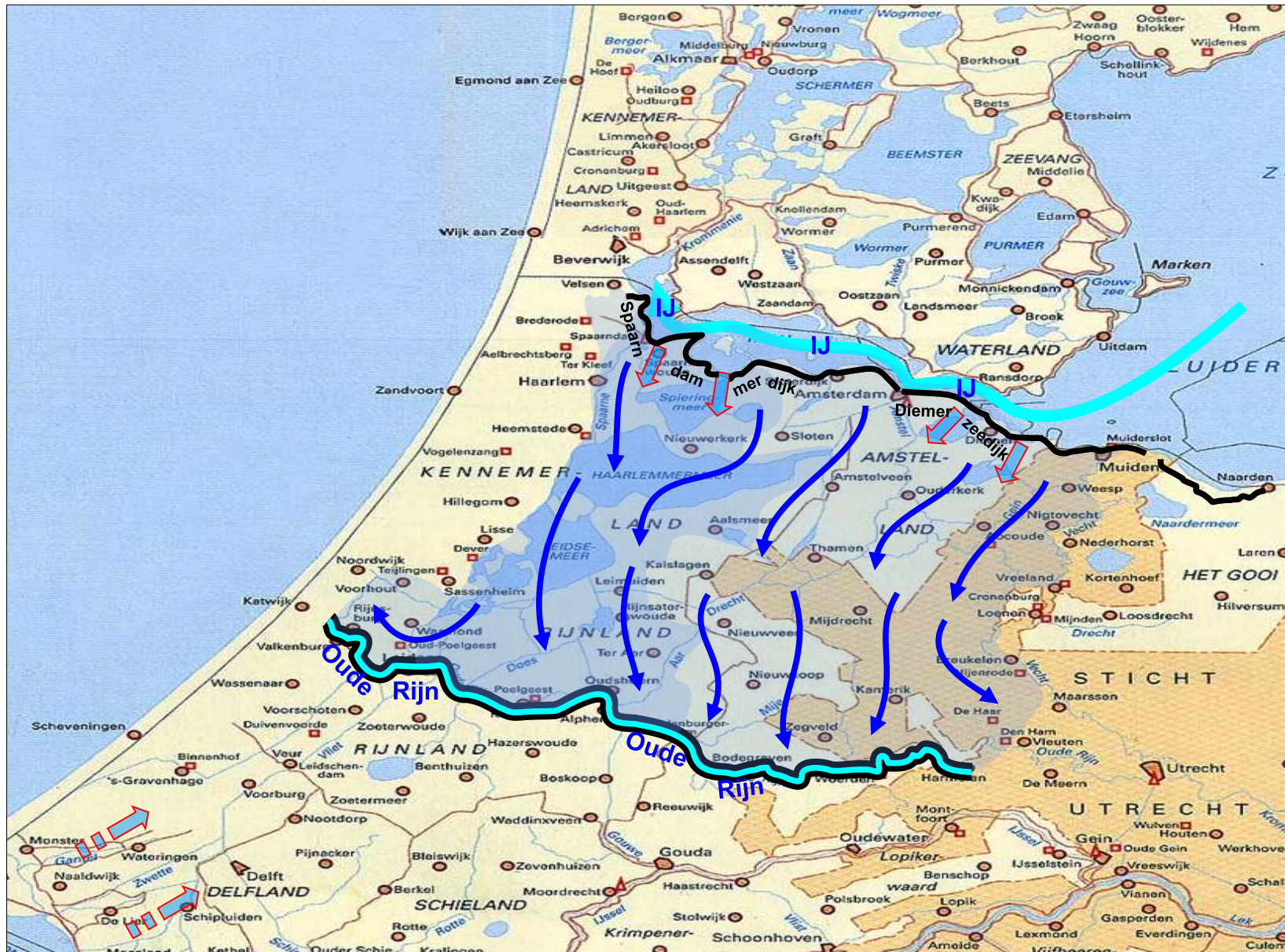


watersnood in Rijnland

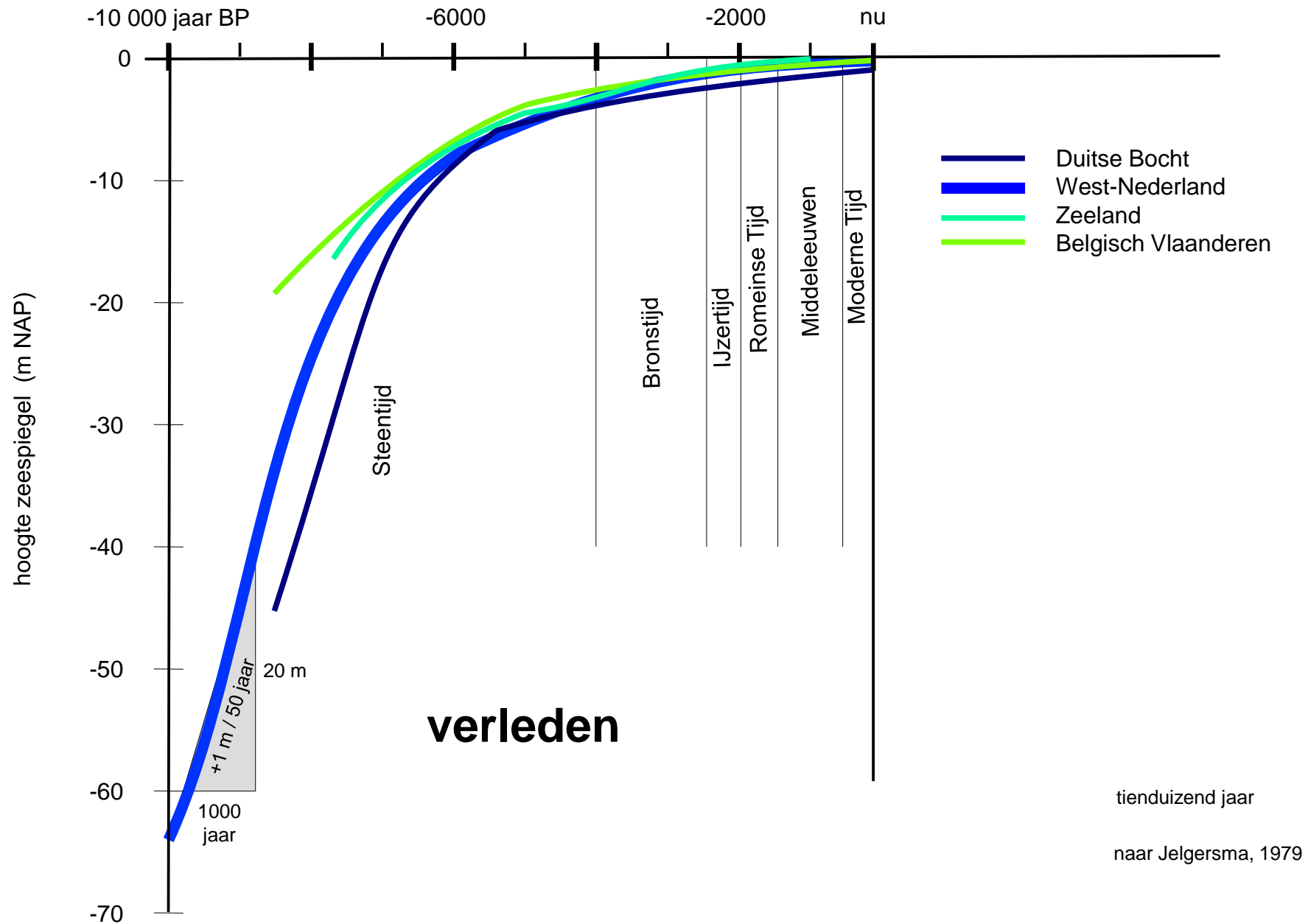


doorbraak Spaarndammerdijk 1675

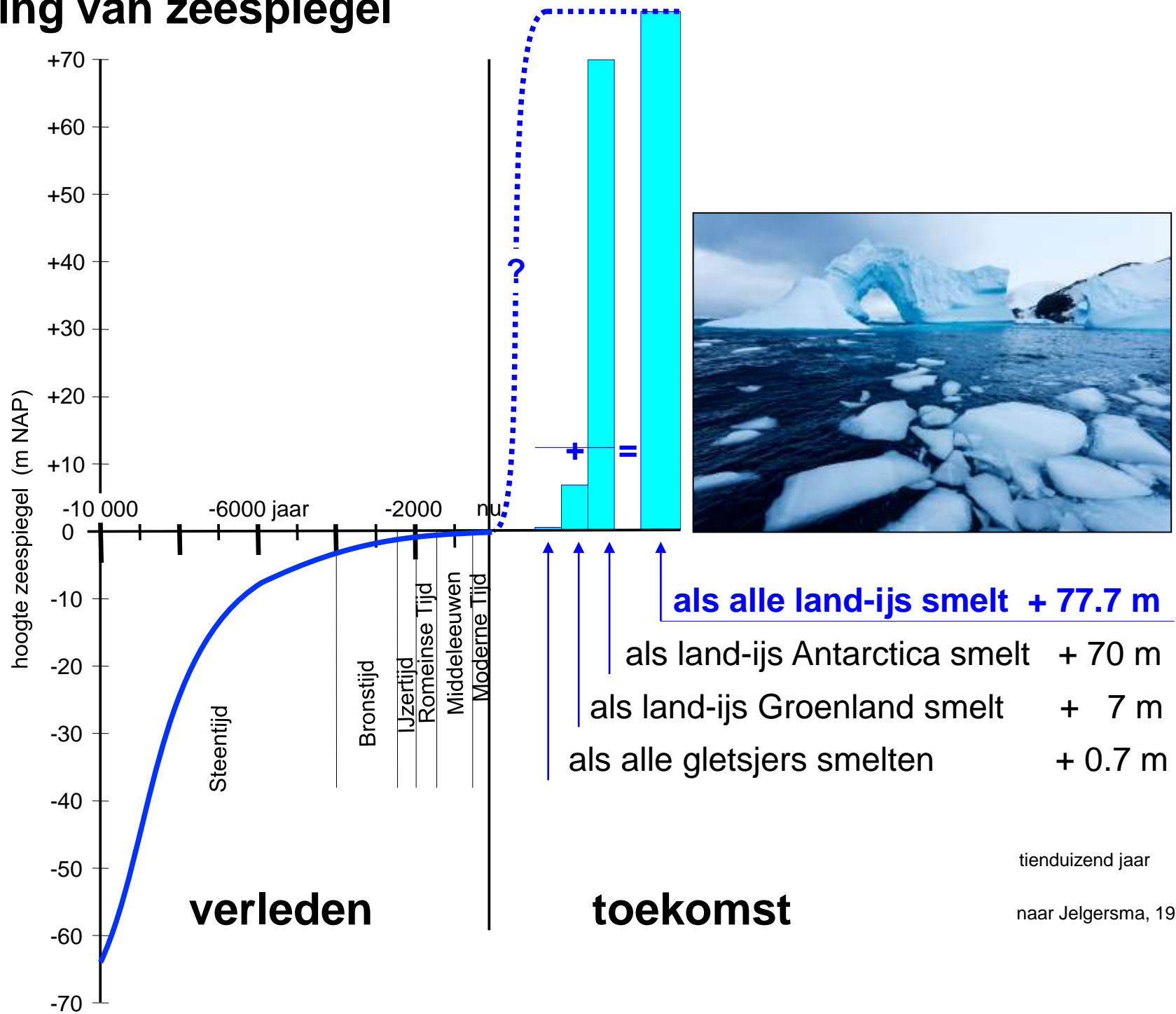
overstroming van Rijnland



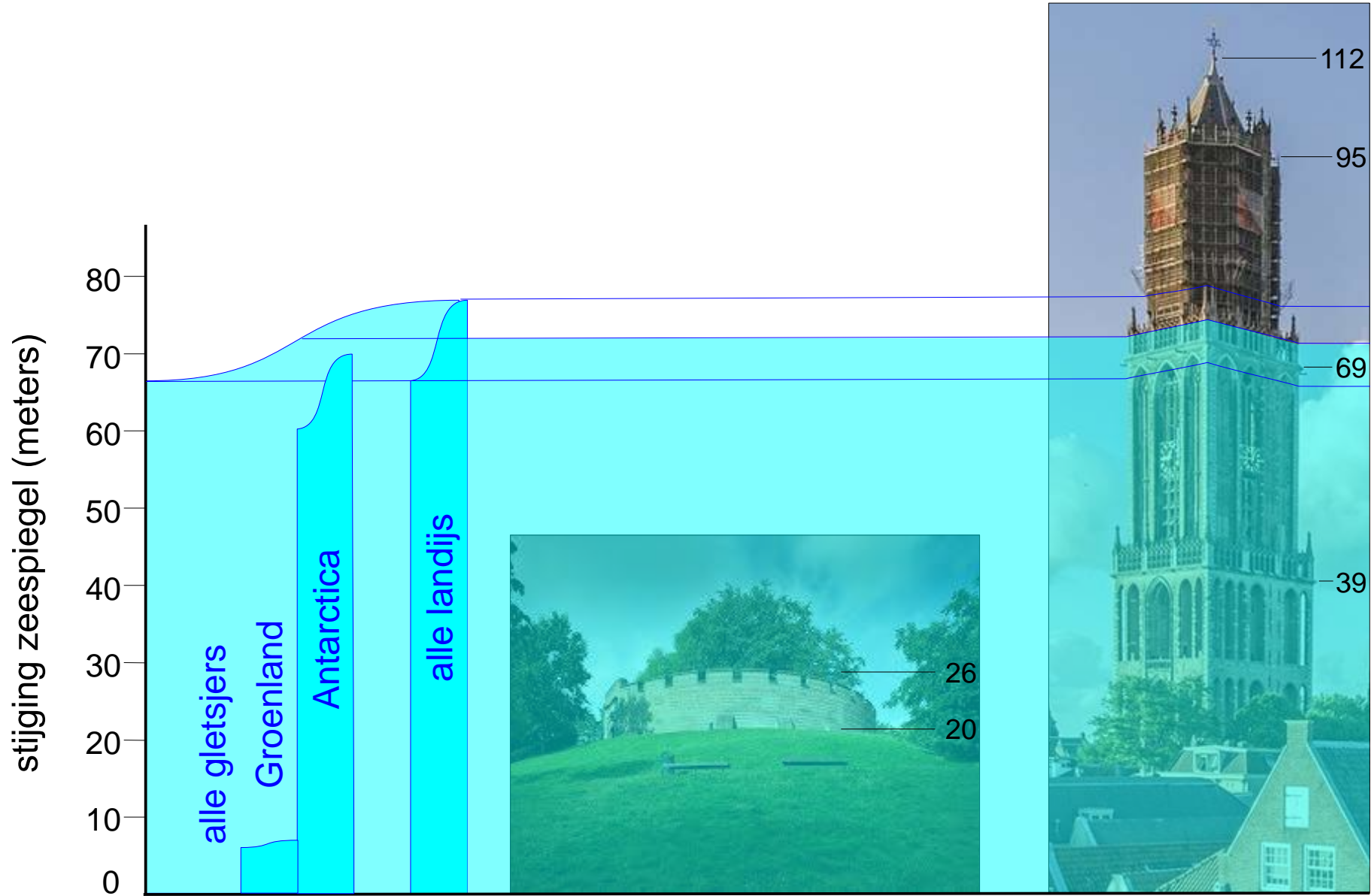
stijging van zeespiegel



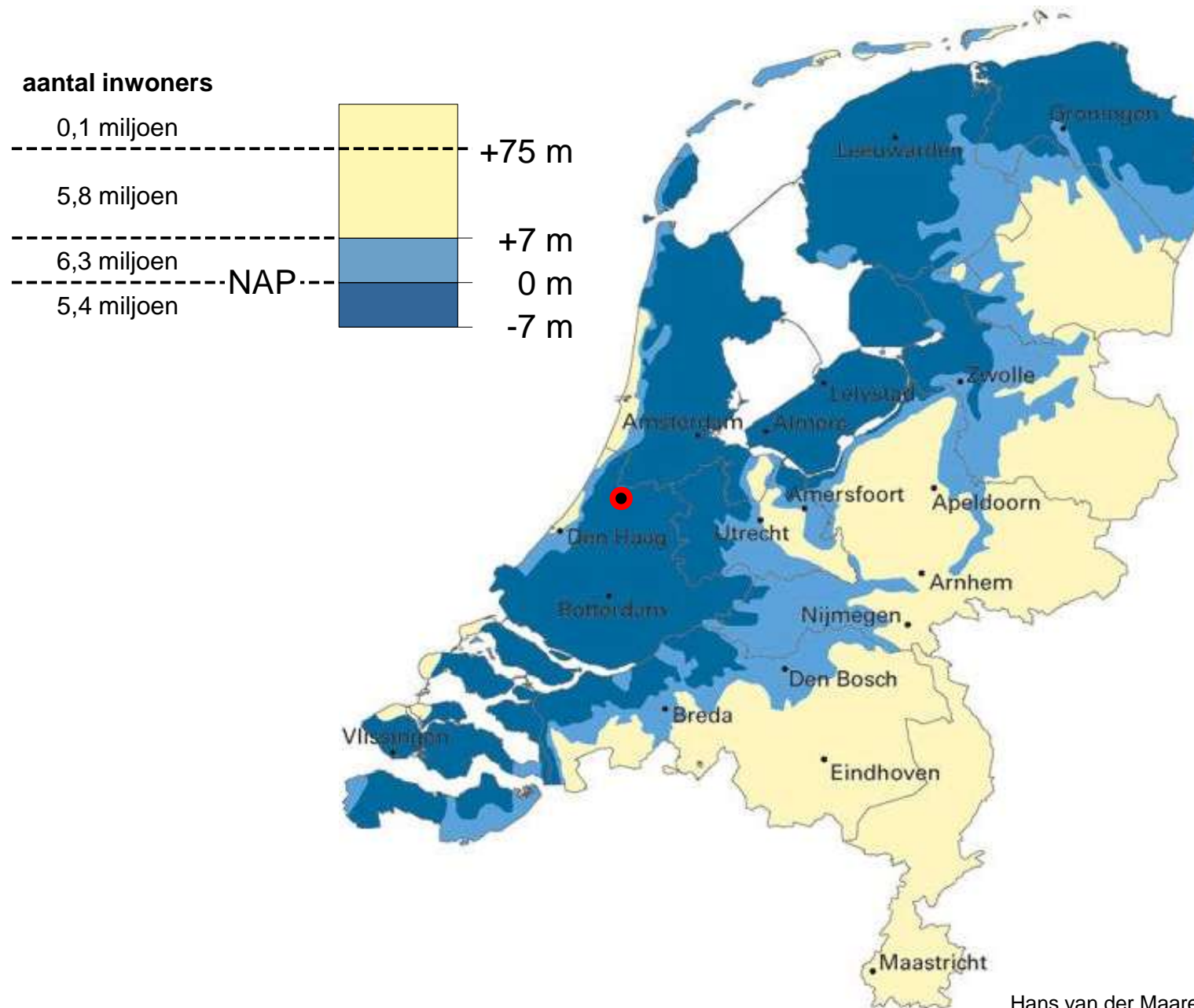
stijging van zeespiegel



“na de zondvloed”



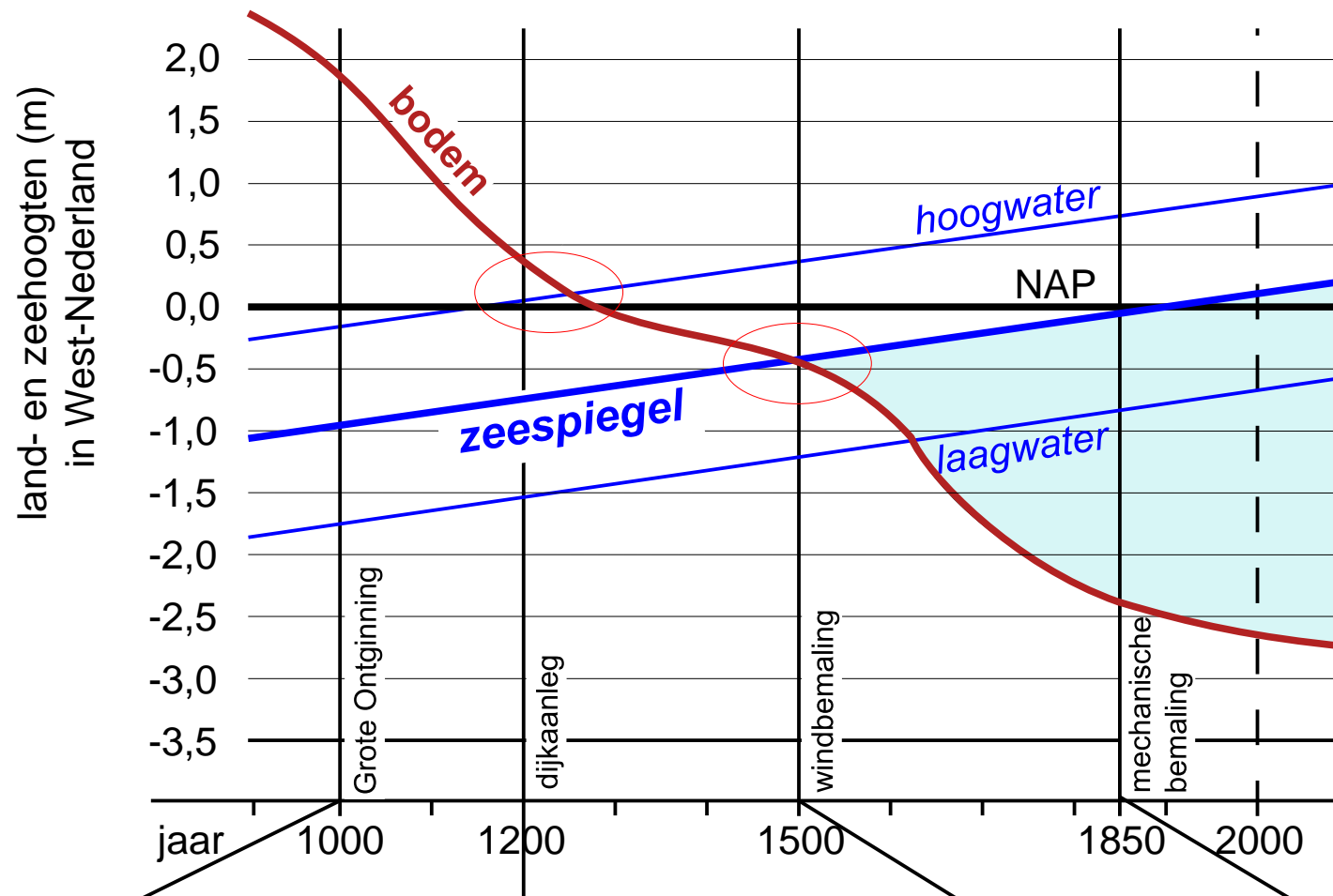
Nederlandse bevolking beneden de zeespiegel



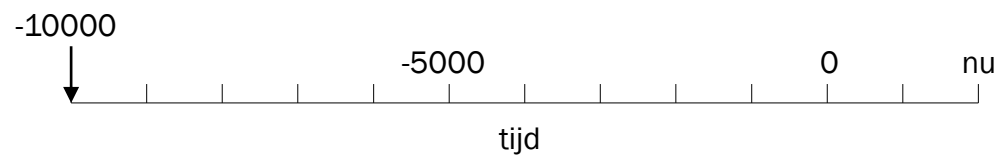
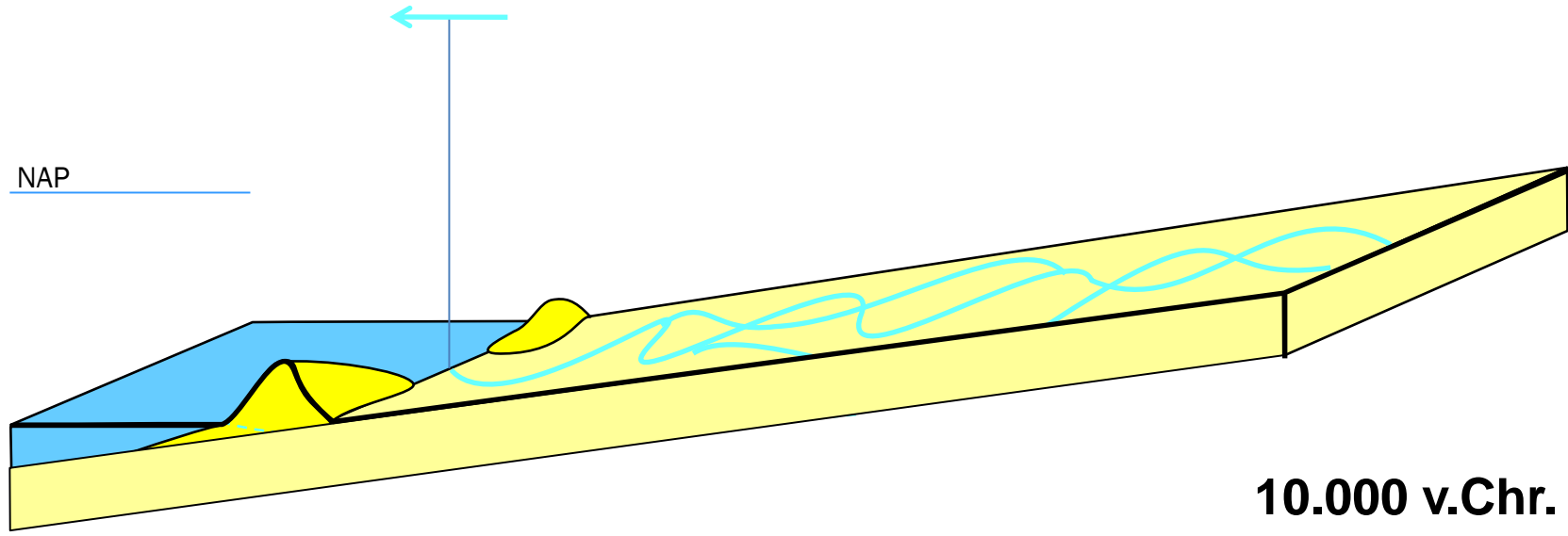
zeespiegelstijging + 77 meter

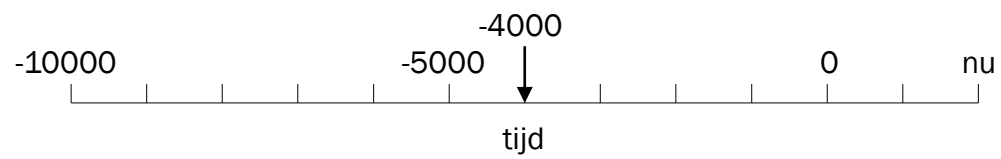
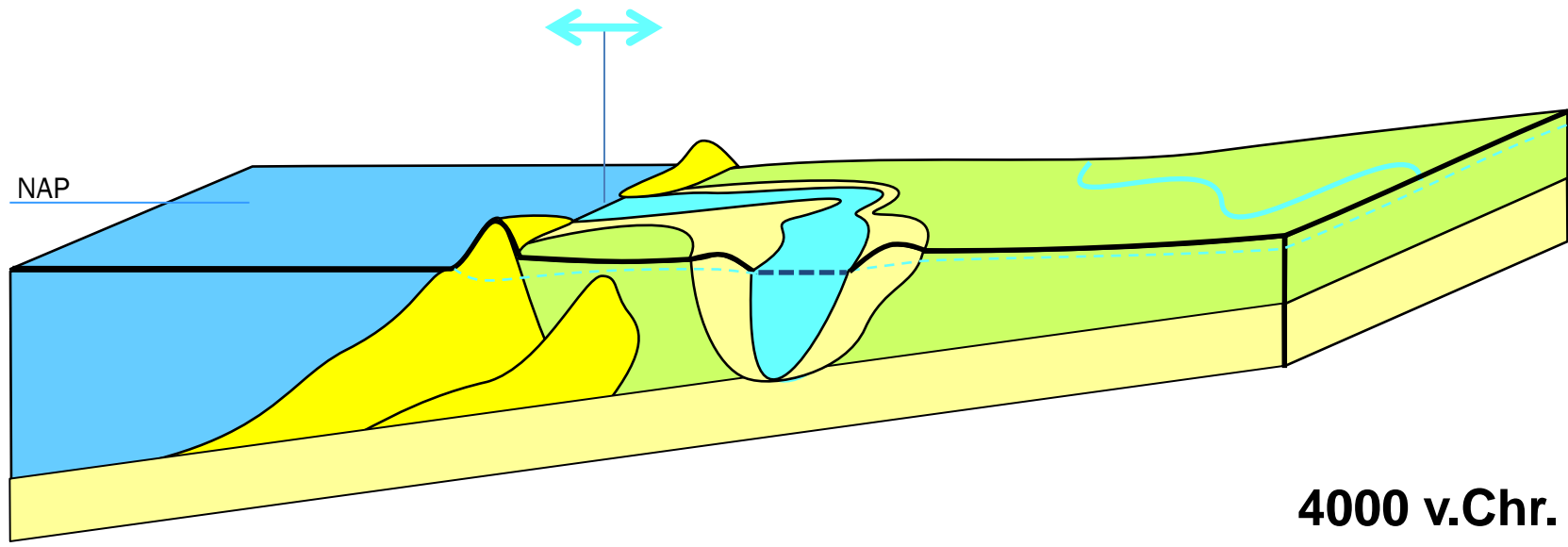


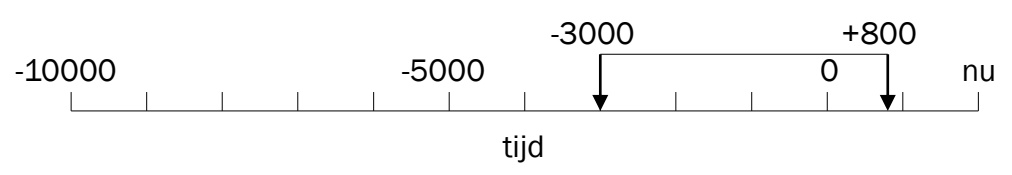
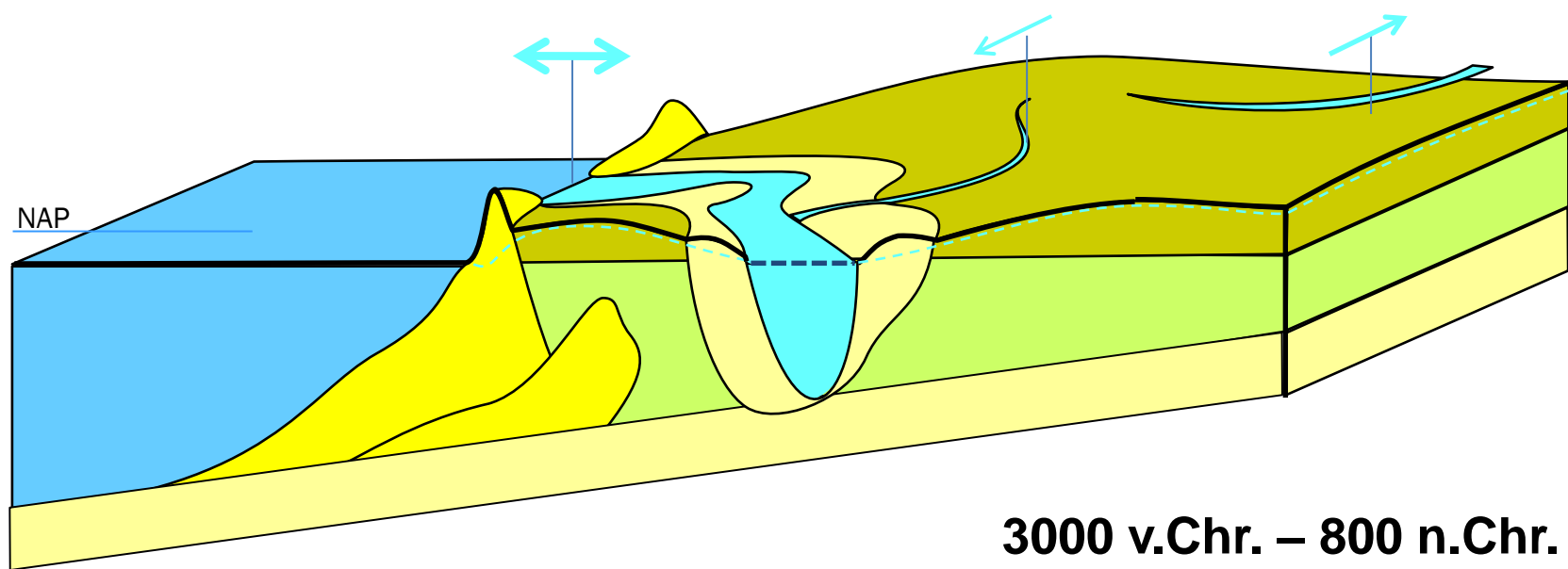
bodemdaling èn zeespiegelstijging in West Nederland

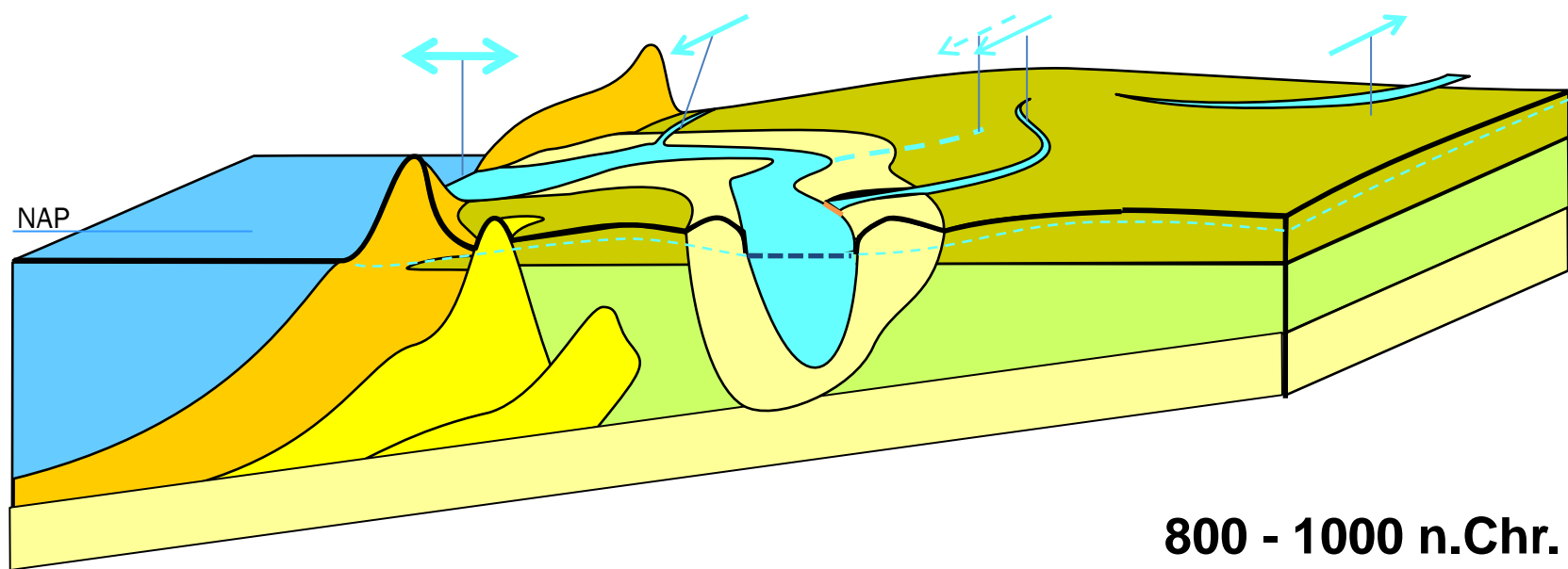


Einde laatste ijstijd

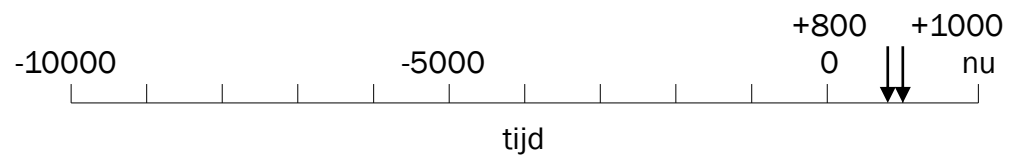


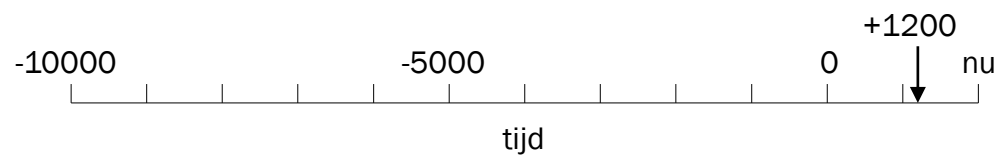
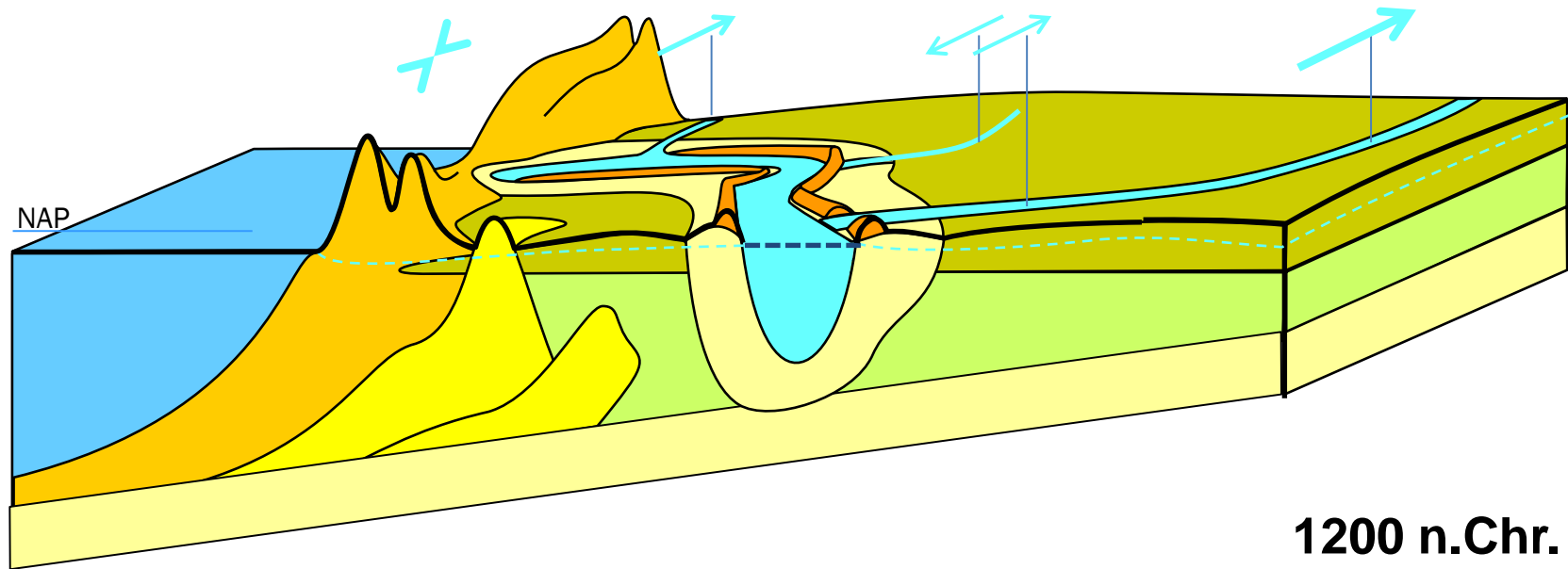


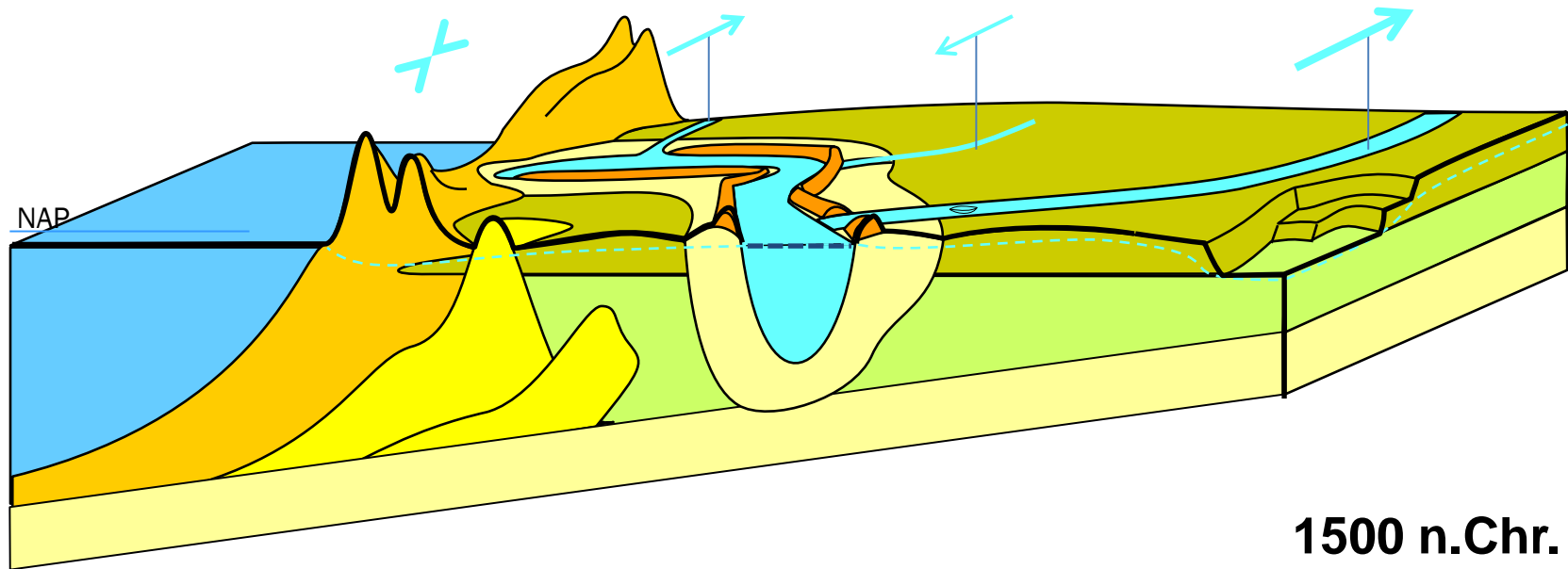




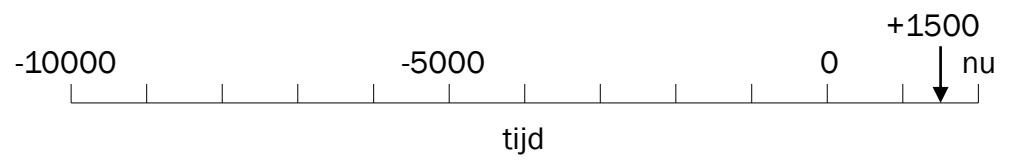
800 - 1000 n.Chr.

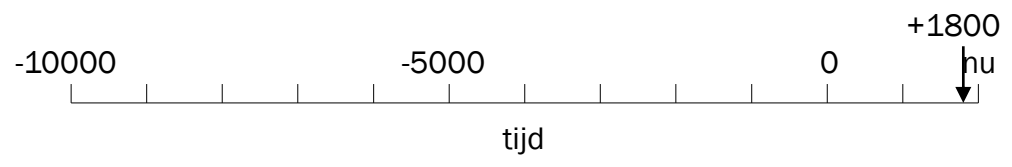
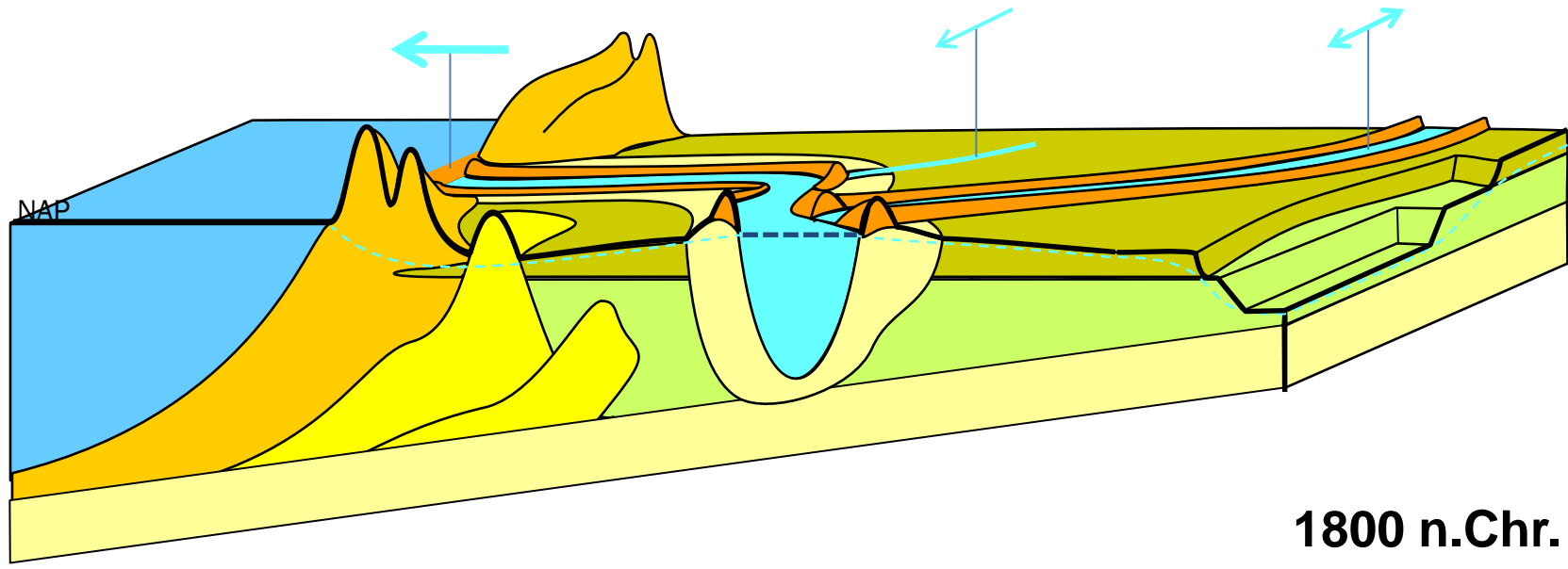


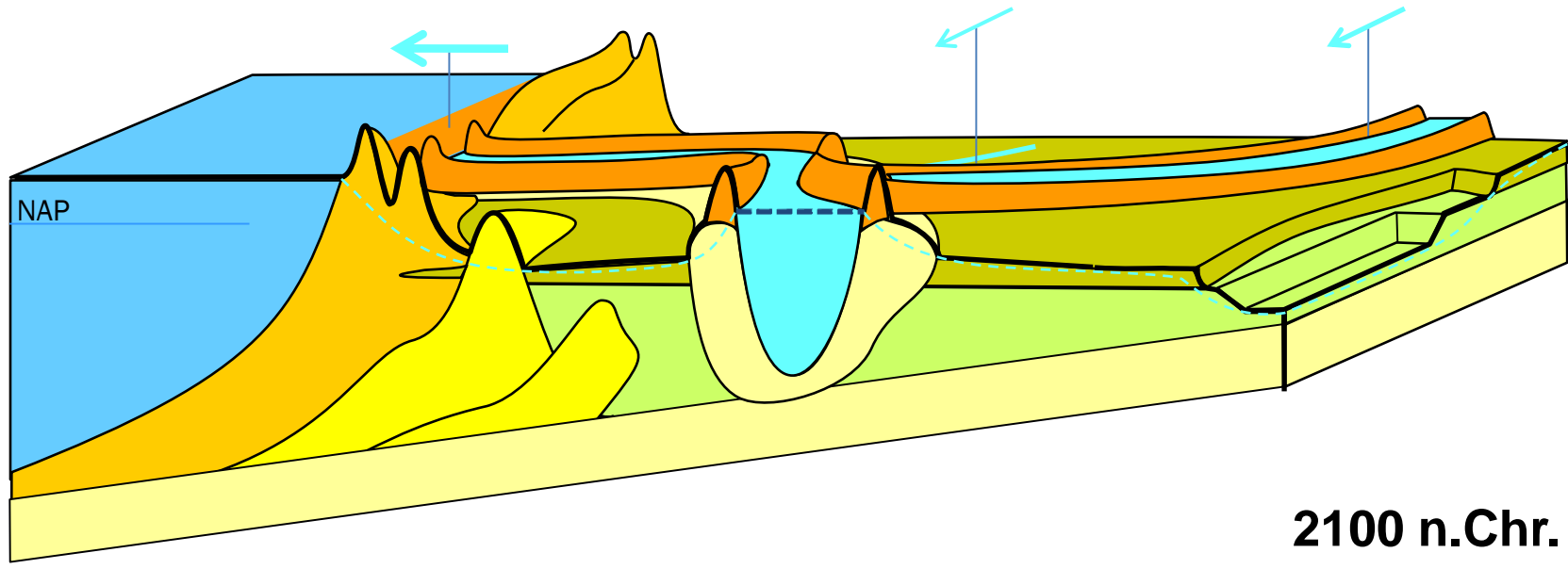




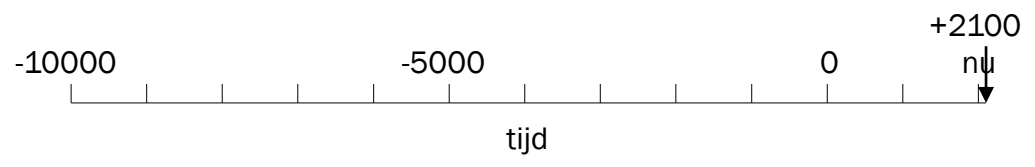
1500 n.Chr.



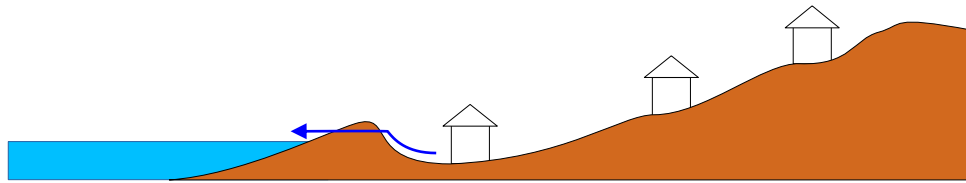




2100 n.Chr.

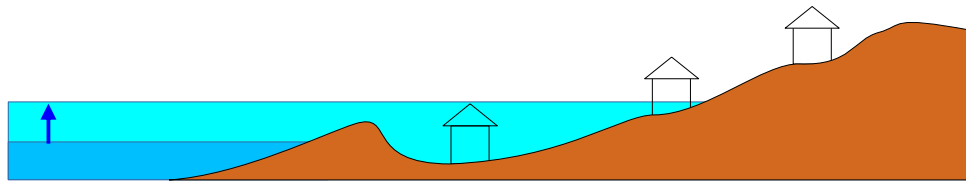


mogelijke aanpassingen

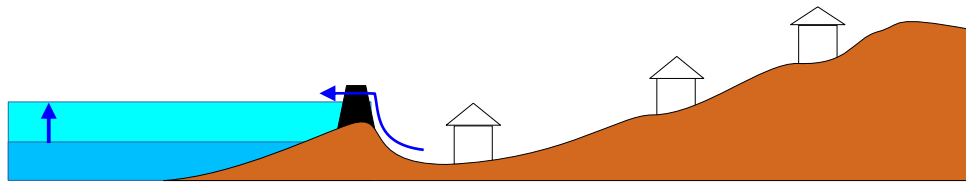


mechanische
uitwatering

huidige situatie

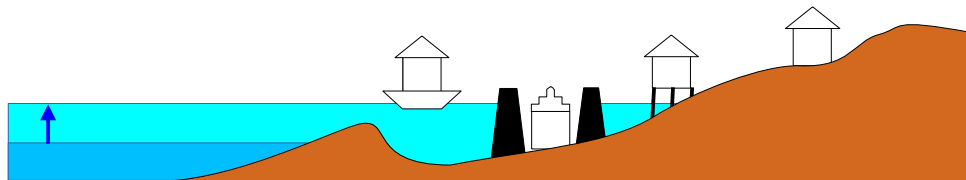


passief

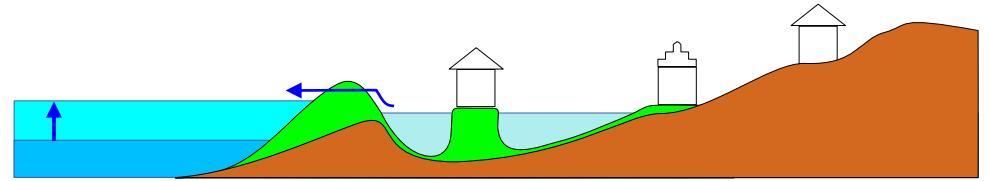


mechanische
uitwatering

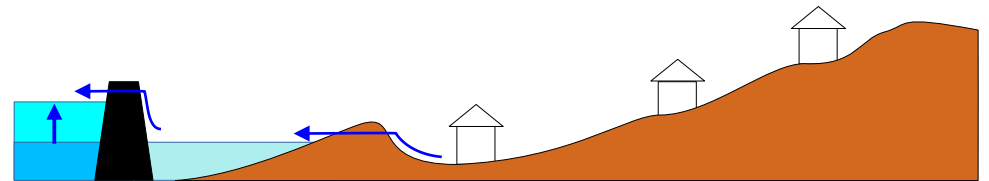
defensief



aanpassen

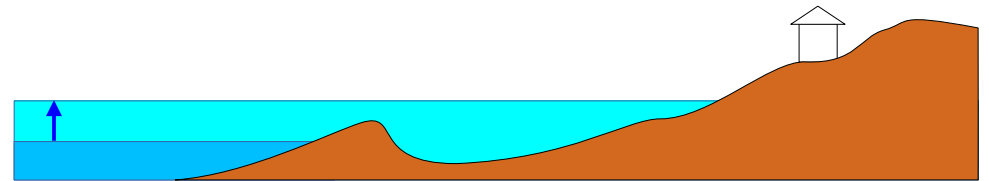


ecologisch aanpassen



mechanische
uitwatering

offensief



terugtrekken

zeespiegelstijging + 1 meter

ecologisch aanpassen 2121

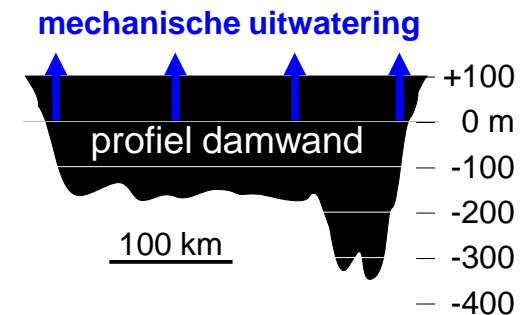
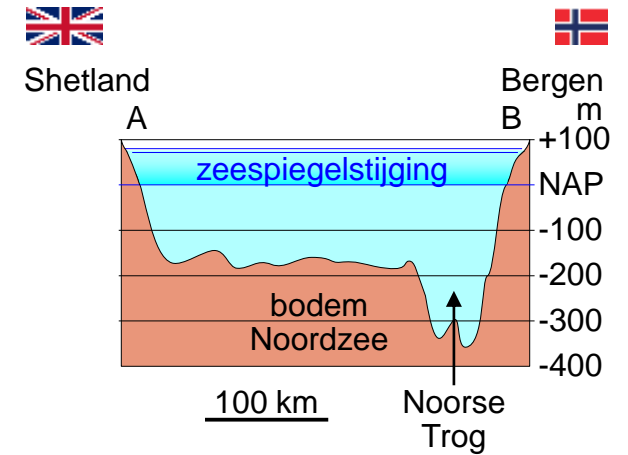
van Groene Hart
naar Blauwe Hart

Rotmans & Kuiper Compagnons, 2021



extreme dijken als offensief

afwateringsgebied Noordzee, Oostzee, Kanaal



dilemma's op korte termijn

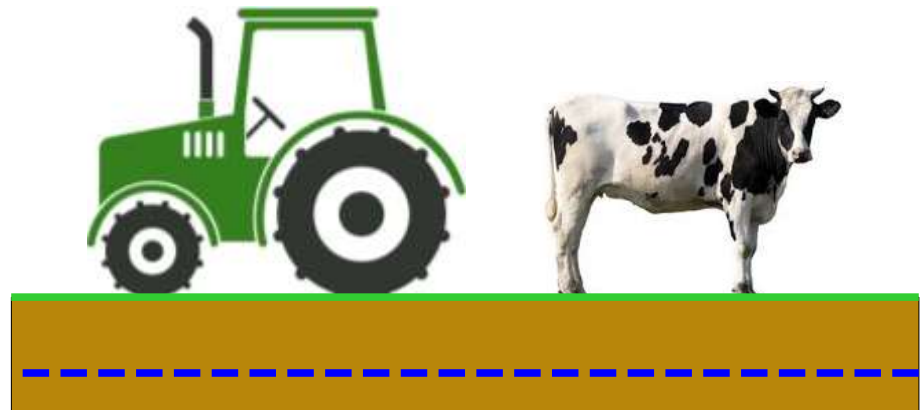
grondwaterpeil

beheer door: Hoogheemraadschap van Rijnland

hoog + behoud veen: weinig verzakking
– te drassig voor boeren



laag + droge voeten
– veen vergaat: bodemdaling



locale dilemma's

ophoging straten en wijken

zand

- + goedkoop
- + natuurlijk materiaal
- zwaar, verhelpt verzakking tijdelijk

kunststofkorrels

- + licht, verhelpt verzakking langdurig
- kostbaar
- milieubelastend materiaal



dank voor uw aandacht

vragen?