

Er wordt veel gepraat over het klimaat.  
Veel mensen maken zich zorgen.  
Niet alleen grote mensen maar ook kinderen.  
Ook op de basisschool van **Ko Klimaat**.

Het is namelijk de afgelopen periode warmer geworden.  
Een stijging van ongeveer 1 graad in ruim 150 jaar.  
Veel mensen zijn bang dat het klimaat te snel verandert.  
Hierdoor zouden mensen, dieren en planten in problemen komen.

Veel mensen verwachten op basis van voorspellingen:

- smeltende ijskappen op en rond de Noord- en Zuidpool
- daardoor problemen voor ijsberen
- een sterk stijgende zeespiegel
- meer zware tropische stormen
- en meer grote regenbuien
- waardoor veel meer wateroverlast
- meer droogte
- waardoor meer woestijnen
- en minder voedsel
- en daardoor meer hongersnood en vluchtelingen

Veel mensen denken dat CO<sub>2</sub> opwarming veroorzaakt.  
Vooral de CO<sub>2</sub> door activiteiten van mensen.  
Bijvoorbeeld door auto's en fabrieken.  
Dit noemt men het broeikaseffect.

De regering heeft daarom plannen gemaakt om de uitstoot van CO<sub>2</sub> te verlagen.  
De verwachting is dat de temperatuur daardoor minder hoog wordt.  
De problemen waar men bang voor is zouden dan voorkomen worden.  
Men noemt dit ook wel "het klimaat redden".



Ko Klimaat gaat samen met zijn hondje Einstein op zoek naar informatie over het klimaat. Ga met Ko mee op reis en leer meer over het klimaat.

# Inhoud

Ko onderzoekt het **heden** op zijn wereldreis



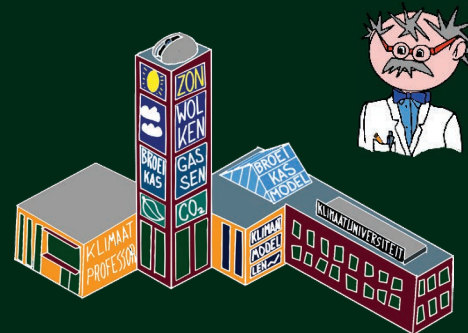
Wereldreis.....	6
Nederland.....	7
Noordpool.....	18
Groenland.....	24
Amerika.....	27
Australië.....	30
Himalaya.....	38
Malediven.....	42
Zuidpool.....	45
Wereld.....	52

Ko onderzoekt het **verleden** op zijn tijdreis



Tijdreis.....	68
Temperatuur in het verleden.....	69
50 miljoen geleden Tropische Aarde.....	73
18.000 v.C. Ijstijd.....	75
0 Romeinse Rijk.....	77
1000 Middeleeuwen.....	79
1700 Kleine Ijstijd.....	81
1922 Angst voor opwarming.....	84
1975 Nieuwe ijstijd?.....	86
2100 Fictie van een Eindtijd.....	88

Ko kijkt naar de **toekomst** bij de klimaatprofessor



Klimaatprofessor.....	91
Invloed van de Zon.....	92
Invloed van wolken.....	95
Broeikaseffect.....	101
Broeikasgassen.....	104
CO <sub>2</sub> .....	109
Klimaatmodellen.....	115
Warme steden.....	121
Goed meten is goed weten.....	125
Bronnen grafieken en kaarten.....	129
Bronnen onderzoeksrapporten.....	132



Noordpool

Groenland



Amerika



Nederland

Himalaya



Malediven



Australië



Wereld



Zuidpool



aandachtsgebieden

-  temperatuur
-  ijs
-  zeespiegel
-  orkanen/regen/droogte
-  bosbranden
-  biodiversiteit
-  woestijnen
-  koraal
-  CO2
-  gezondheid

# Wereldreis

**Ko Klimaat** gaat op zoek naar de feiten over het klimaat. Hiervoor gaat hij samen met zijn trouwe hondje Einstein op wereldreis. Hij spreekt met verschillende inheemse dieren over het klimaat.

Op zijn wereldreis bezoekt Ko plaatsen waar klimaatverandering goed zichtbaar is:

- De polen voor het zee-ijs
- Zuidpool en Groenland voor het landijs
- De bergen voor de gletsjers
- Koraaleilanden
- Amerika en Australië vanwege bosbranden
- Diverse plaatsen rond de wereld vanwege:
  - Zeespiegelstijging
  - Temperatuurontwikkeling
  - Orkanen, regen en droogte
  - Gevolgen voor de natuur en gezondheid





Bonte de Koe graast  
in de Hollandse weide.  
Zij weet alles van  
het Hollandse weer en  
klimaat.

## Nederland

Het KNMI meet de temperatuur, wind en regen, en maakt de weersverwachting. Dit weerinstituut ligt in De Bilt. Dat ligt in de buurt van Utrecht. Het KNMI gebruikt de meetgegevens van De Bilt als de officiële gegevens voor heel Nederland.

## Om over na te denken

'Nederland' is dus eigenlijk 'De Bilt'. Wat zou dat betekenen voor de officiële temperatuurgegevens van 'Nederland'?



Je moet niet  
over één  
nacht ijs  
gaan.



## Zachte winters

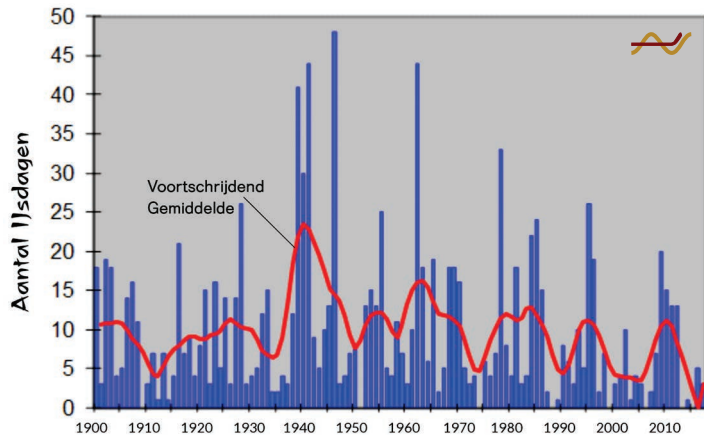
Nederland heeft een zeeklimaat. Bij een zeeklimaat horen zachte winters. Sommige mensen zeggen dat je vroeger elke winter kon schaatsen. Maar soms is ons geheugen bedrieglijk.

De laatste vijftig jaar zijn er ook geregeld strenge winters geweest met lage temperaturen, drie Elfstedentochten en soms veel sneeuwval. De Nederlandse Spoorwegen hebben om deze reden de afgelopen jaren zelfs een speciale winterdienstregeling gemaakt.



Het KNMI<sup>1</sup> zegt dat de winters zachter zijn geworden, doordat de wind vaker uit het westen kwam. De zomers zijn iets warmer geworden door een toename van de zonnestraling. Dit is vooral het gevolg van de schonere lucht.

### Aantal Ijsdagen in De Bilt 1901-2018

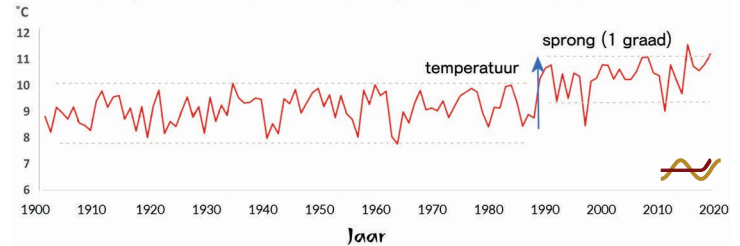


Op een ijsdag komt de maximum temperatuur niet boven de nul graden.

### Om over na te denken

Is het in het Nederlandse klimaat 'normaal' dat je iedere winter kunt schaatsen?

### Temperatuurontwikkeling De Bilt, Nederland



Het verloop van de temperatuur in De Bilt in de afgelopen 120 jaar. Rond 1990 was er een opmerkelijke temperatuursprong.



### Temperatuur in Nederland

In Nederland is het warmer geworden: Volgens het KNMI  $1,8\text{ }^{\circ}\text{C}$  sinds 1901. In onze buurlanden is de opwarming vergelijkbaar.

Op Aarde steeg de temperatuur sinds 1850 gemiddeld  $1,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Het is de vraag waarom het in Nederland een stuk warmer is geworden.

In Nederland steeg de temperatuur tussen 1901 en 1988 slechts  $0,4\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Maar tussen

1988 en 1991 sprong de temperatuur omhoog met maar liefst  $1,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Daarna is er weinig opwarming.

Het grootste deel van de Nederlandse temperatuurstijging gebeurde dus rond 1990. Toen maakte de gemiddelde temperatuur een sprong met  $1,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

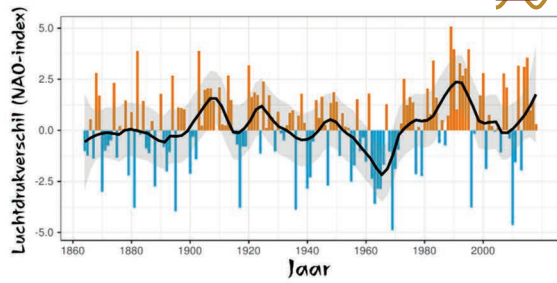
Deze opmerkelijke temperatuursprong wordt waarschijnlijk veroorzaakt door een aantal factoren:

1. **Meer westenwind > Meer tropische warmte**  
Sinds de jaren 1980 waait er vaker een zuidwestenwind in West-Europa. Deze brengt zachte tropische lucht van de zee naar Europa. Dit leidt tot relatief zachte winters met veel neerslag. Het zeeklimaat is sinds 1980 in West-Europa versterkt.

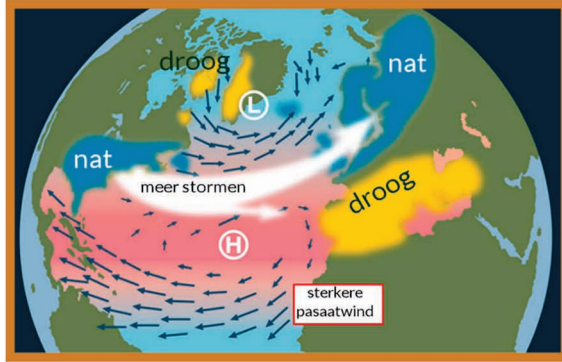


2. **Schonere lucht > Meer zon, warmer**  
Vanaf 1985 is de lucht in West-Europa schoner. Gevolg: minder mist, smog en wolken, en daardoor meer zonlicht en hogere temperaturen.
3. **Meer bebouwing > Meer warmte van de stad**  
De Bilt ligt vlak bij de grote stad Utrecht. Deze stad is in 100 honderd jaar wel 10 keer zo groot geworden. Een omgeving met bebouwing wordt overdag warmer, en koelt 's nachts minder af. Door het oprukken van de stad meet De Bilt hogere temperaturen. Dit noemt men het hitte-eilandeffect.
4. **Aanpassingen oude gegevens (verdwenen hittegolven)**  
Het KNMI heeft in 2016 de temperaturen van voor 1950 naar beneden bijgesteld. Hierdoor is het verleden kouder gemaakt.

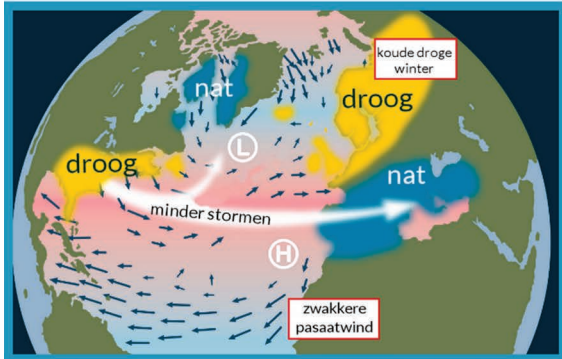
Al deze oorzaken hebben niets met het broeikas-effect en de opwarming van de Aarde te maken.



Noord-Zuid  
Luchtdrukverschil  
Noordelijke  
Atlantische  
Oceaan



Positieve NAO  
aanhoudend  
vanaf 1975



Negatieve NAO

De NAO (luchtdrukverschil boven de noordelijke Atlantische Oceaan) bepaalt het weer in Europa

Vaker westenwind > Warmer

Op de Atlantische Oceaan is er meestal een hoqedrukgebied bij de Azoren en een laagdrukgebied bij IJsland. Sinds 1975 is het luchtdrukverschil tussen de gebieden sterker. Dit noemt men een positieve NAO. Hierdoor overheerst sinds 1975 bij ons de zuidwesten wind. Deze brengt zachte lucht van de zee naar West-Europa. Dit leidt tot relatief zachte winters met veel neerslag. Ons zeeklimaat wordt dus in deze situatie in West-Europa versterkt.

Het sterke luchtdrukverschil rond 1990 veroorzaakte waarschijnlijk de temperatuursprong. Dat het daarna warm bleef heeft een aantal andere oorzaken. Dat lees je op de volgende bladzijden.



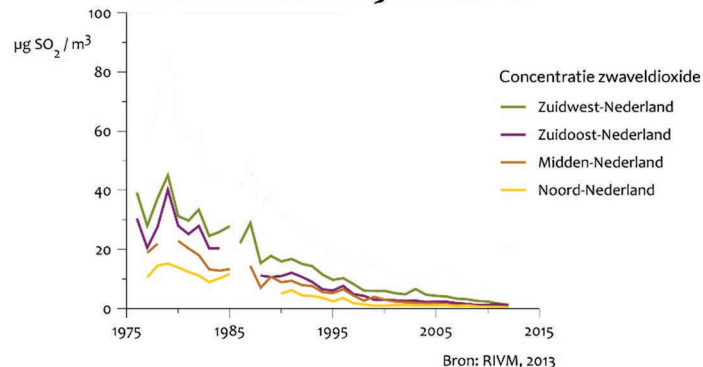


## Schone lucht > Warmer

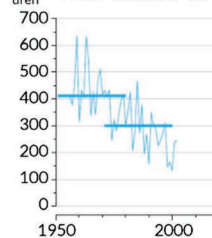
Sinds 1980 zijn er veel maatregelen genomen om de luchtvervuiling terug te dringen. De uitstoot van zwavel is sindsdien sterk afgenomen. Zwaveldioxide ( $\text{SO}_2$ ) zorgt voor smog. Dit is slecht voor de gezondheid. De smogdeeltjes (aerosolen) versterken de vorming van wolken en mist, en ze houden het zonlicht tegen.

De lucht is sinds 1985 heel veel schoner. Hierdoor is er minder smog, minder mist, minder bewolking en meer zonlicht. De zonnestraling is vanaf de jaren 80 toegenomen, met 9 procent (tussen 1981 en 2013). Volgens het KNMI steeg hierdoor de temperatuur met  $0,2^\circ\text{C}$ .

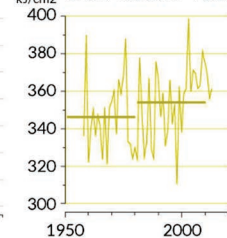
## Luchtvervuiling neemt af



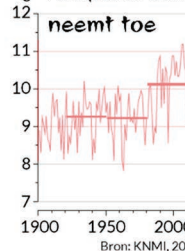
## Mist neemt af



## Zon neemt toe



## Temperatuur neemt toe



Zwaveldioxide ( $\text{SO}_2$ ) is verreweg het belangrijkste stofje (aerosolen) welke het zonlicht tegenhoudt en smog en mist veroorzaakt.

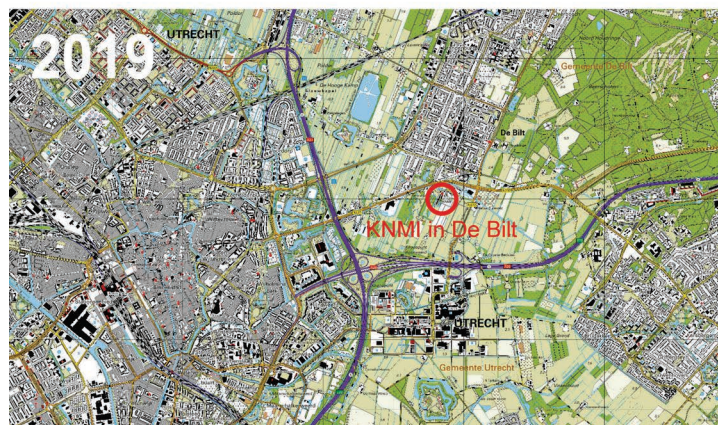
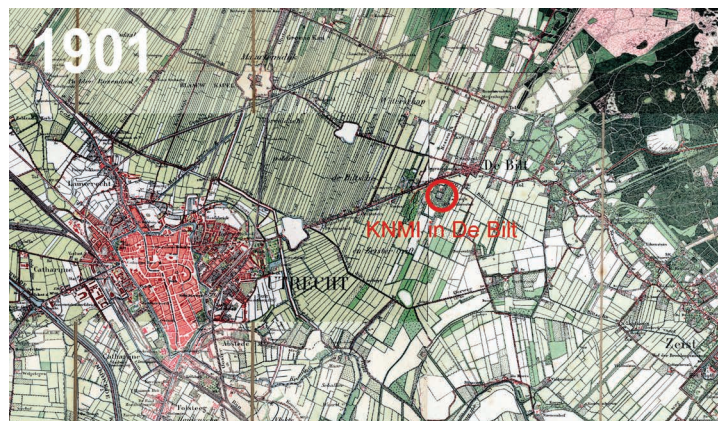


## Hitte-eiland rond De Bilt

Het weerstation van het KNMI in De Bilt staat in een stedelijke omgeving. De warmte van de stad verhoogt de temperatuur bij het KNMI. Volgens satellietmetingen is deze temperatuurverhoging meer dan  $0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Vroeger was er veel minder bebouwing rond het weerstation De Bilt. Dus toen was er veel minder temperatuurverhoging door de bebouwing. De oude situatie is nog geldig voor Soesterberg. Dit weerstation ligt op 9 kilometer van De Bilt. In de omgeving van Soesterberg is een stuk minder bebouwing dan in de omgeving van De Bilt.

Vroeger meten de twee weerstations ongeveer dezelfde temperaturen. Tegenwoordig meet het weerstation in Soesterberg duidelijk lagere temperaturen. Het verschil tussen Soesterberg en De Bilt is nu opgelopen tot  $0,6\text{ }^{\circ}\text{C}$ .



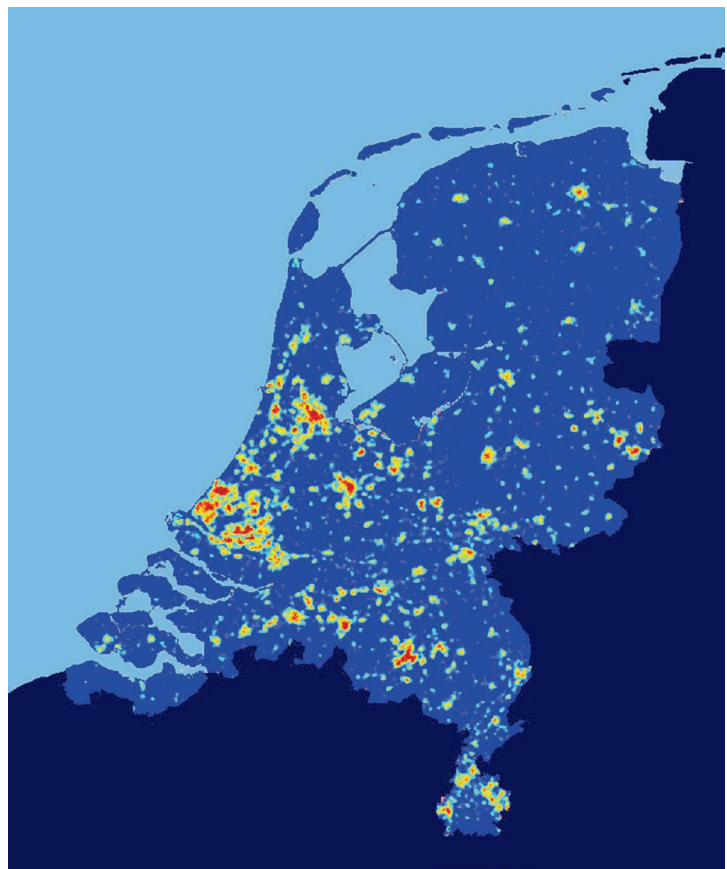
Het KNMI werd in 1901 opgericht. Toen was er nog weinig bebouwing. Nu is er veel meer bebouwing. Hierdoor is het gemiddeld  $0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$  warmer dan vroeger.



Het KNMI erkent de invloed van de stad. Ze verlagen de huidige temperatuurmetingen voor 'De Bilt' met  $0,11\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Echter, volgens de satellietmetingen en de gegevens van Soesterberg is deze correctie veel te weinig.

### Om over na te denken

Het weerstation van Nederland 'De Bilt' ligt vlakbij de grote stad Utrecht. Wat zou dat betekenen voor de  $1,8$  graden opwarming die wordt gerapporteerd voor Nederland? (Terwijl wereldwijd  $1,0$  graden stijging wordt gemeten?)



Kaart van Nederland in infraroodlicht. Met een infraroodcamera kan je de warmte van de omgeving goed zien. Blauw is koel en rood is warm. Duidelijk is te zien dat de steden als warme eilanden in het land liggen.



Einstein: "Ik heb de verdwenen hittegolven gevonden!"

### Verdwenen hittegolven

Het is de afgelopen eeuw warmer geworden in Nederland. Maar dit was niet zichtbaar in het aantal hittegolven. De statistieken tonen geen duidelijke stijging. De laatste 20 jaar zijn er niet meer hittegolven dan vroeger.

Toch zei de weerman van het KNMI in de warme zomer van 2018 dat hittegolven nu veel vaker

voorkomen dan een eeuw geleden. Dat is het gevolg van een aanpassing van de oude gegevens.

Het KNMI heeft in 2016 de waarden voor de temperatuur van vóór 1951 bijgesteld. Ze denken dat hun oude gegevens van De Bilt te hoog zijn. In 1950 was de meetapparatuur 300 meter verplaatst. Ze waren toen 'vergeten' om hun metingen te corrigeren.

Voor de correctie maakten ze gebruik van de temperaturen van het weerstation Eelde. Dat dorpje ligt in Groningen. In Groningen is het meestal koeler dan in De Bilt. Met de gegevens van 'Eelde' is het verleden van 'De Bilt' kouder gemaakt (op papier).

### Om over na te denken

Wat voor gevolg heeft de verlaging van de oudere temperaturen op de gedachte dat het klimaat verandert?

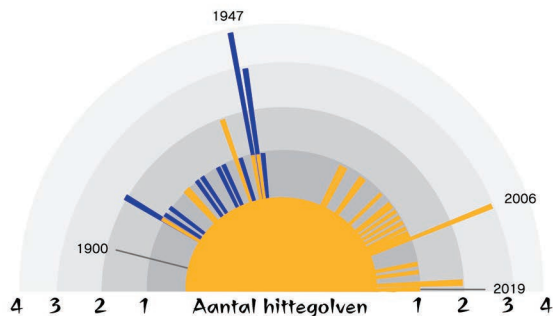
Het gevolg van de correctie voor de periode 1901-1951:

- \* Aantal zomerse dagen daalt van 931 naar 629
- \* Aantal tropische dagen daalt van 164 naar 76
- \* Aantal hittegolven daalt van 23 naar 7

Sommige deskundigen twijfelen aan deze correctie. Ze hebben er kritische vragen<sup>2</sup> over gesteld. Maar het KNMI wil hun vragen niet beantwoorden. Dat is jammer.

### (Verdwenen) Hittegolven sinds 1900 in Nederland

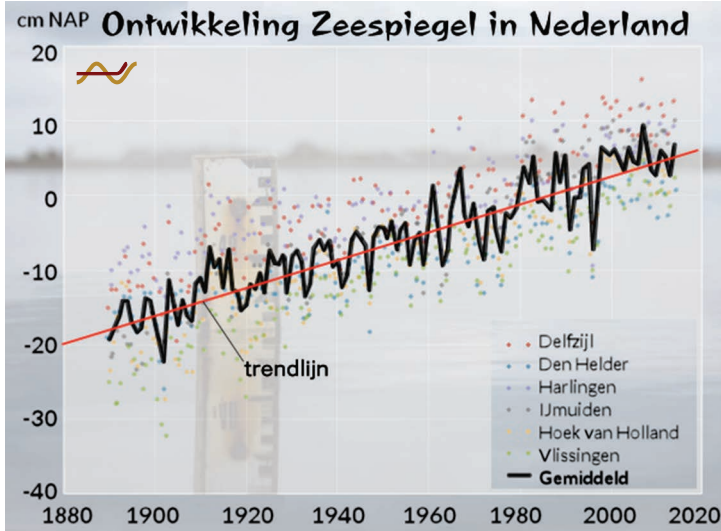
- Huidige hittegolven gehanteerd door KNMI
- Verdwenen hittegolven na 'KNMI-correctie Eelde' (2016)



### De zeespiegel in Nederland

De hoogte van de zee aan de kust noemt men de zeespiegel. Deze wordt aan de Nederlandse kust al vanaf 1865 nauwkeurig gemeten. Volgens een onderzoek<sup>3</sup> stijgt de zeespiegel vanaf 1890 bij ons met 14 centimeter per eeuw.

Volgens de verwachtingen van de modellen gaat de zeespiegel sneller stijgen. Maar volgens de metingen is er geen versnelling. Vanaf het begin van de metingen is de stijging van de zee vrijwel constant.



Zeespiegelmetingen van zes Nederlandse plaatsen aan de kust. Het gemiddelde stijgt stabiel en versnelt niet.

## Om over na te denken

Er wordt wel gewaarschuwd voor een versnelde stijging van de zeespiegel. Wordt deze versnelling al waargenomen aan onze Nederlandse kust?

## Bodemdaling

In het westen van Nederland daalt de bodem. Dat komt door de verdroging van veengrond. Dit heeft niets te maken met klimaatverandering. De bodemdaling was sinds 1890 4,5 centimeter. Dit betekent dat de zee ten opzichte van de Nederlandse bodem 18,5 centimeter per eeuw stijgt.

## Nederland is veilig

Nederland is een laag land. 26% van ons land ligt onder zeeniveau. Zonder sterke dijken en duinen zou 60% van Nederland regelmatig onder water staan.

Volgens de huidige trend stijgt de zeespiegel deze eeuw minder dan 20 centimeter. Bij de hoogte van de dijken is al rekening gehouden met deze stijging.



De dijken langs de Nederlandse kust zijn heel hoog: 12 meter. Ze bieden bescherming voor hoogwaterstanden van ongeveer 5 meter. Ook de rivierdijken zijn in Nederland heel veilig.

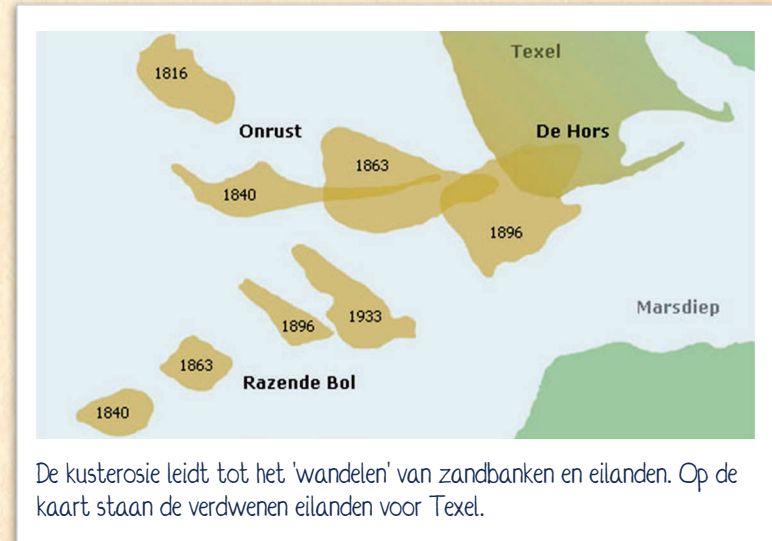
### Nederlandse kust altijd in beweging

De Nederlandse zandstranden zijn voortdurend in beweging. Door zeestromingen, getijden, golven en de wind verplaatst het zand langs de kusten. Op sommige plaatsen verdwijnt het zand. Dit noemt men erosie. Op andere plaatsen laat de zee het zand aangroeien. Door dit proces van erosie en aangroeien gaan de zandbanken en eilanden 'wandelen'.

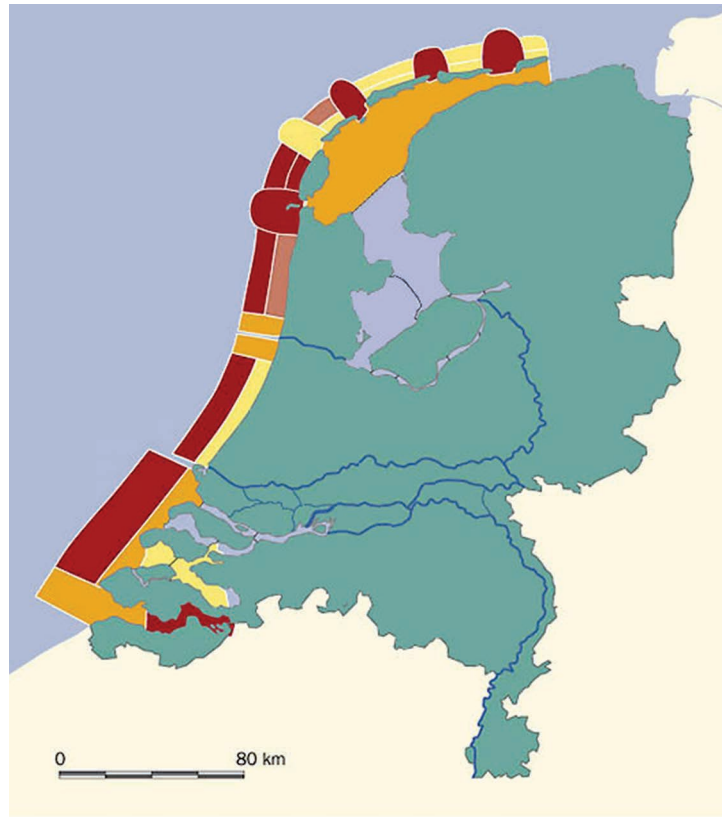
De Waddeneilanden verplaatsen zich langzaam richting het oosten. Aan de westkant verdwijnen de meeste eilanden langzaam in zee en aan de oostkant ontstaan steeds grotere zandbanken. In het verleden heeft het wandelen geleid tot het

verloren gaan van de westelijke dorpen op Vlieland en Schiermonnikoog.

De Nederlandse kust is altijd dynamisch. In Zeeland zijn er sinds de 14de eeuw 200 dorpen verdrongen. De bewoners hebben zich altijd aangepast aan de veranderingen. De zee neemt en de zee geeft.



De kusterosie leidt tot het 'wandelen' van zandbanken en eilanden. Op de kaart staan de verdwenen eilanden voor Texel.




Toename zandhoeveelheid	Afname zandhoeveelheid
<span style="color: orange;">■</span> meer dan 0,5 mln m <sup>3</sup> /j	<span style="color: brown;">■</span> 0 - 0,5 mln m <sup>3</sup> /j
<span style="color: yellow;">■</span> 0 - 0,5 mln m <sup>3</sup> /j	<span style="color: red;">■</span> meer dan 0,5 mln m <sup>3</sup> /j

De erosie van de zandige kust is het sterkst langs de kust van Noord-Holland. De Waddenzee heeft zandhonger. Hier komt steeds meer zand. Met het opspuiten van zand probeert Rijkswaterstaat de erosie te voorkomen. Kaartje uit 1995.



Berend de IJ sbeer leeft op de Noordpool. Berend vertelde Ko alles over het ijs.

## Noordpool

  Het Noordpoolgebied is een oceaan omringd door land. Een groot deel van de zee is bevroren. Het ijs dat op zee drijft noemt men drijfijjs of pakijjs. De hoeveelheid drijfijjs heeft geen invloed op de hoogte van zeespiegel. Als al het drijfijjs zou smelten, stijgt de zeespiegel op Aarde niet. Dit zie je goed in een glas water met ijsblokjes. Als de ijsblokjes smelten, blijft het waterpeil in het glas gelijk.