

■ Opgave 3 Hoog water

Een groot deel van Zuidwest-Nederland moet door dijken tegen de zee worden beschermd. Tot in de jaren veertig liet men zich bij het bepalen van de vereiste hoogte van een dijk leiden door de hoogste waargenomen waterstand tot dan toe, in de verwachting dat het water nooit hoger zou komen. De watersnoodramp van 1953 heeft laten zien hoe funest deze benadering was. Het water kwam toen zo hoog dat grote delen van Zuidwest-Nederland overstromden. Meer dan 1800 mensen verdronken. De kort daarna ingestelde Deltacommissie moest onder andere een antwoord zien te vinden op de vraag welke dijkhoogte voldoende veiligheid zou bieden. Het Mathematisch Centrum te Amsterdam kreeg de opdracht een statistisch onderzoek uit te voeren.

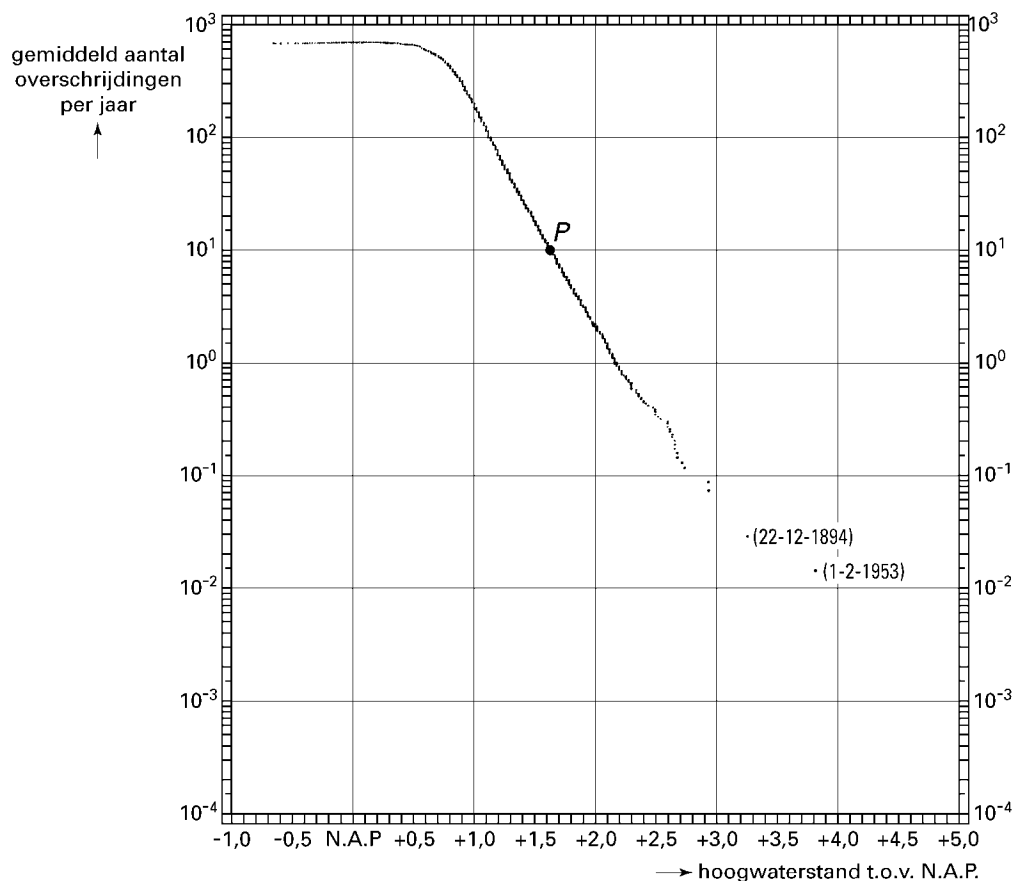
In Hoek van Holland waren sinds 1 januari 1888 alle hoogwaterstanden geregistreerd. Ten tijde van het onderzoek kon men beschikken over deze hoogwaterstanden tot en met 31 december 1956.

Een hoogwaterstand is de hoogste waterstand gedurende een eb-en-vloed-periode. Zo'n periode duurt 12 uur en 25 minuten.

- 5p **11** □ Bereken hoe vaak er een hoogwaterstand in de periode van 1888 tot en met 1956 in Hoek van Holland geregistreerd is. Ga uit van jaren van gemiddeld 365,25 dagen.

Met behulp van deze hoogwaterstanden is figuur 2 gemaakt. Deze figuur staat ook vergroot op de bijlage. Op de horizontale as staat de waterhoogte in meter ten opzichte van N.A.P. Op de verticale as staat op een logaritmische schaal het gemiddelde aantal keren per jaar dat deze waterhoogte bereikt of overschreden wordt, kortweg het aantal overschrijdingen genoemd. Zo is bijvoorbeeld bij punt *P* te zien dat in deze periode het water gemiddeld 10 keer per jaar een hoogte heeft bereikt van 1,65 meter boven N.A.P. of hoger.

figuur 2



- De op een na hoogste waterstand in de onderzochte periode werd gemeten op 22 december 1894.
- 3p **12** Verklaar waarom het bijbehorende punt is getekend bij een gemiddeld aantal overschrijdingen per jaar van ongeveer 0,03.

- Met behulp van figuur 2 is berekend hoe groot de kans is dat een hoogwaterstand van 2,5 meter of meer wordt bereikt. Voor elke eb-en-vloed-periode is deze kans ongeveer gelijk aan 0,0006.
- 5p **13** Bereken de kans dat in een jaar met 365 dagen ten minste 1 keer een hoogwaterstand van 2,5 meter of meer voorkomt.

Tussen 1 meter en ruim 2 meter boven N.A.P. liggen de getekende punten vrijwel op een rechte lijn. Door deze lijn te trekken krijgen we een model voor het verband tussen de waterhoogte en het gemiddelde aantal keren per jaar dat deze hoogte bereikt of overschreden wordt.

- Rechtsonder in de figuur wijken de getekende punten nogal van deze lijn af, maar dat is te verklaren doordat daar weinig waarnemingen zijn. Voor de afwijkingen linksboven in de figuur ligt dat anders. De punten die horen bij waterhoogten tot ongeveer 0,5 meter boven N.A.P. kunnen onmogelijk op de hierboven genoemde lijn liggen.
- 3p **14** Verklaar waarom dat onmogelijk is. Je mag hierbij de figuur op de bijlage gebruiken.

Het hierboven genoemde model heeft betrekking op de lijn door de punten die horen bij alle hoogwaterstanden tussen 1 meter boven N.A.P. en ruim 2 meter boven N.A.P. Voor extreme hoogwaterstanden bleek dit model sterk verbeterd te kunnen worden. Dit verbeterde model leidde tot de formule:

$$f = 408 \cdot 0,0513^h$$

Hierbij is h de waterhoogte in meter boven N.A.P. en f het gemiddelde aantal keren per jaar dat deze hoogte bereikt of overschreden wordt.

Bij de watersnoodramp van 1953 kwam het water 3,85 meter boven N.A.P. Volgens het verbeterde model is te verwachten dat gemiddeld één keer in de 227 jaar het water deze hoogte bereikt of overschrijdt.

- De Deltacommissie adviseerde de dijken zo hoog te maken dat deze dijkhoogte gemiddeld slechts één keer per 10 000 jaar bereikt of overschreden zou worden. De hiertoe benodigde dijkhoogte kan met het eerstgenoemde model worden bepaald, maar ook met het verbeterde model.
- 6p **15** Onderzoek hoe groot het verschil tussen de zo gevonden dijkhoogten is. Je mag hierbij de figuur op de bijlage gebruiken.

Eindexamen wiskunde A vwo 2000-I

Bijlage bij de vragen 14, 15

Wiskunde A

—
— **Examen VWO 2000**
—
— Tijdvak 1
— Woensdag 17 mei
— 13.30–16.30 uur

Examennummer
.....

Naam
.....

Vragen 14 en 15

gemiddeld aantal
overschrijdingen
per jaar

