

de **Sinusoïde**
en de waterstanden
op de
Waddenzee



platform
wiskunde nederland

De sinusoïde en de waterstanden op de Waddenzee

Deze opgaven horen bij de video *De sinusoïde en de waterstanden op de Waddenzee* van de videoserie *Succesformules in beeld* van Platform Wiskunde Nederland.

De meerpaal bij vertrek en aankomst in de haven

De video is gemaakt op 30 mei 2024. Toen waren de waterstanden ten opzichte van de kaart (LAT¹):

Datum	uu:mm	HW cm LAT	LW cm LAT
30 mei, donderdag	4:04	244	
(LK 19:13)	9:46		57
	16:17	284	
	22:41		48

Tabel 1

Om 6 uur 's ochtends was de waterstand ongeveer 196 cm. Dit ga je narekenen met de 1/12 regel, we leggen deze hier nog een keer uit. Om 9:46 uur was het laag water, de laagste stand van het water was toen 57 cm. Dit kun je ook in de tabel zien. Hoe hoog was het water dan weer toen we terugkwamen met de boot?

Volgens de tabel is het hoogwater om 16:17 uur. Volgens de 1/12 regel kun je dan als volgt rekenen:

Het verschil tussen laag water (om 9:46 uur) en hoog water (om 16:17 uur) is op dat moment $284 - 57 = 227$ cm.

227 cm gedeeld door 12 is afgerond 19 cm. Hier gaan we mee rekenen in tabel 2:

Uur getij	Deel van 1/12 regel	Hoeveelheid water erbij	Totale waterstand
Eerste uur	1/12	19 cm	ongeveer $57 + 19 = 76$ cm
Tweede uur	2/12	38 cm	ongeveer $76 + 38 = 114$ cm
Derde uur	3/12	57 cm	ongeveer $114 + 57 = 171$ cm
Vierde uur	3/12	57 cm	ongeveer $171 + 57 = 228$ cm
Vijfde uur	2/12	38 cm	ongeveer $228 + 38 = 266$ cm
Zesde uur	1/12	19 cm	ongeveer $266 + 19 = 285$ cm

Tabel 2

Opgave 1: de meerpaal

Stel dat we om 14 uur terugkwamen. Dat is 3 uur en een kwartier na laagwater.

Hoe hoog stond het water ongeveer toen we terugkwamen met de boot?

Hoe groot is het verschil met 6 uur 's ochtends? Klopt dit met de video?

¹ LAT is NAP-175 cm in Lauwersoog. Waterstanden worden over het algemeen gegeven in NAP, de kaart is in LAT. We hebben de waterstanden vast omgerekend naar LAT.

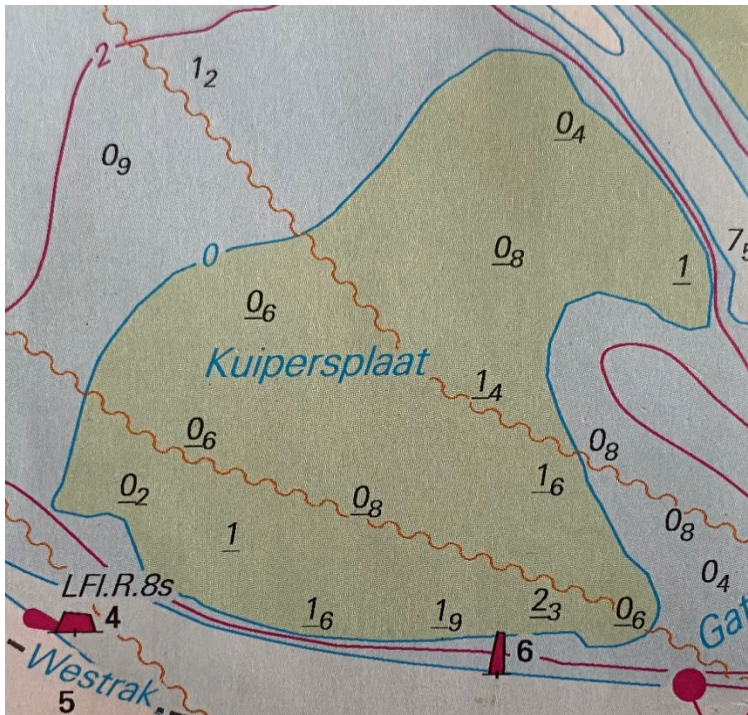
De Kuipersplaat en de zeehonden

We kijken nu een paar dagen eerder naar de zeehonden op de plaat. Bij die dag hoort de volgende tabel:

Datum	uu:mm	HW cm LAT	LW cm LAT
22 mei, woensdag	4:29		36
	10:49	273	
	16:51		46
	22:29	280	

Tabel 3

De zeehonden liggen op de Kuipersplaat. Daarbij hoort het volgende stuk zeekaart:



Zeekaart Kuipersplaat

We leggen nu uit hoe je deze kaart kun lezen: het getal 0_8 staat in een blauw gedeelte van de kaart (zonder streepje onder het eerste getal) en dat betekent dat daar altijd 8 dm water blijft staan. Het getal $\underline{1}_4$ staat in een groen gedeelte van de kaart (met een streepje onder het eerste getal), en dat betekent dat dit stuk zeebodem bij laag water 14 dm boven water uitsteekt, ofwel: dat stuk zeebodem valt droog.

Opgave 2: de zeehonden op de Kuipersplaat

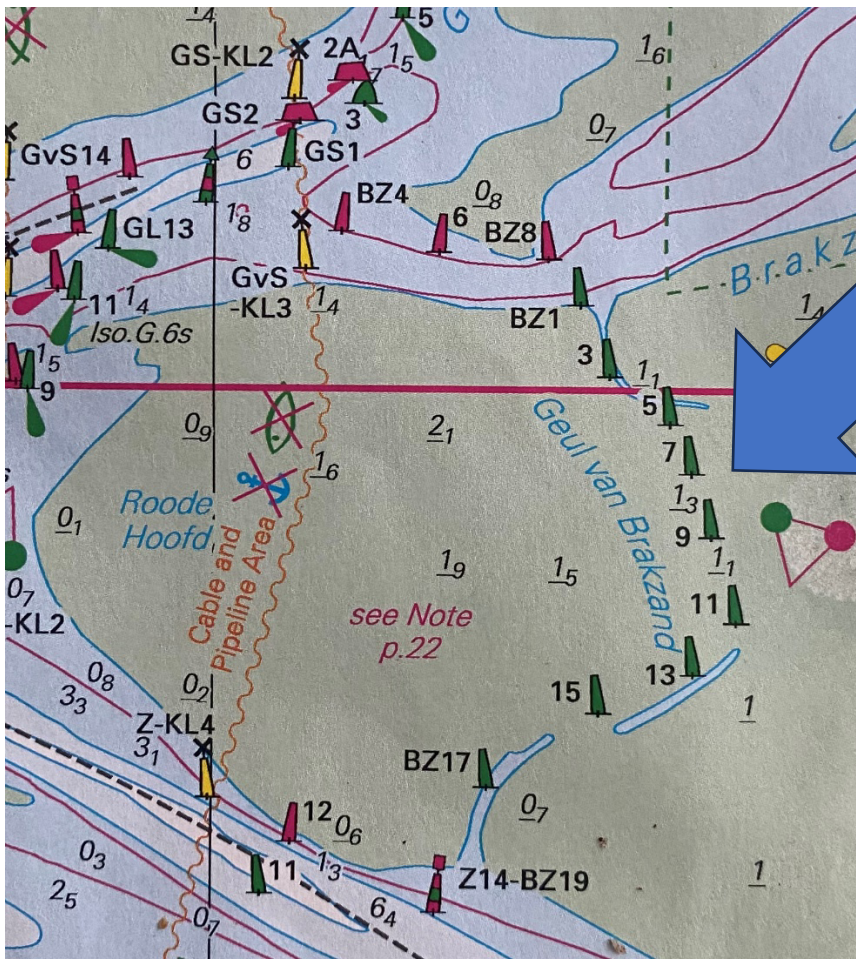
Bereken nu met behulp van de tabel 3, de 1/12 regel én het hoogste punt van de kaart waar de zeehonden liggen, hoelang de zeehonden vanaf 16:51 's middags nog droog op de plaat kunnen blijven liggen.

De ZK9 en de vaarroute over Brakzand

Je hebt op de video de kapitein horen zeggen dat zijn boot, de Zoutkamp 9, afgekort ZK9, aan de achterkant de meeste diepgang heeft, namelijk 1,40 meter. Op de zeekaart zie je dat er een vaarroute loopt over Brakzand. Daar staan verschillende dieptes langs de boeien (de BZ boeien) van de route. Om te onderzoeken of de ZK9 over deze vaarroute kan varen en wanneer, hebben we drie gegevens nodig: de grootste diepgang van de boot (1,40 meter), het hoogste punt van de vaarroute (zoek het hoogste getal langs de rij BZ boeien) en natuurlijk de waterstanden. We nemen de waterstanden van 8 mei 2024, want toen was de waterstand bij hoog water héél hoog. De tabel van 8 mei is als volgt:

Datum	uu:mm	HW cm LAT	LW cm LAT
8 mei, woensdag	5:20		21
(NM 5:22)	11:27	278	
	17:42		22
	23:42	298	

Tabel 4



Uitwerkingen

Opgave 1: de meerpaal

Zie de tabel boven de opgave: 3 uur na laag water is de waterstand 171 cm. In het 4^e uur komt daar nog 57 cm bij, dus in één kwartier is dat $57/4 = \text{ca. } 14 \text{ cm}$. Dus de waterstand om 14 uur is ongeveer $171+14 = 185 \text{ cm}$.

Waterstand om 6 uur 's ochtends:

Hoogwater om 4:04 uur is 244 meter, laagwater om 09:46 is 57 cm. Dus het water daalt in totaal $57-244 = -187 \text{ cm}$.

$187/12 = 16 \text{ cm}$ (afgerond) per uur, dus:

Om 4 uur is de stand +244;

Om 5 uur is de stand $244-16 \text{ cm}$ ($1/12^{\text{e}}$ deel), dus +228 cm

Om 6 uur is de stand $228-32 \text{ cm}$ ($2/12^{\text{e}}$ deel), dus +196 cm

Dus het verschil tussen aankomen en 6 uur 's ochtends is $185-196 = -11$, dus ongeveer een verschil van 11 cm.

Opgave 2: de zeehonden op de Kuipersplaat

Het hoogste deel op de kaart is 23, dus 23 dm. Dus totdat het water de hoogte van 230 cm heeft bereikt, liggen de zeehonden nog droog op dat stukje van de Kuipersplaat.

Laagwater om 16:51 uur, waterhoogte 46 cm

Hoogwater om 22:29, waterhoogte 280 cm

Dus: tussen laag- en hoogwater komt er $280-46 = 234 \text{ cm}$ water bij. $1/12^{\text{e}}$ regel: $234/12 = 19,5 \text{ cm}$.

De zeehonden liggen op z'n hoogst op 230 cm, dus het verschil met laagwater is $230-46 = 184 \text{ cm}$, ofwel: als het water 184 cm gestegen is, dan krijgen de zeehonden een natte buik.

De stijging van $1/12^{\text{e}}$, 19,5 cm, past ongeveer 9,5 keer in 184 cm ($9,5 \times 19,5 = 185$), dus $9,5/12^{\text{e}}$ deel is genoeg voor een natte buik.

Eerste uur: $1/12^{\text{e}}$ deel

Tweede uur: $2/12^{\text{e}}$ deel, dus totaal $3/12^{\text{e}}$ deel

Derde uur: $3/12^{\text{e}}$ deel, dus totaal $6/12^{\text{e}}$ deel

Vierde uur: $3/12^{\text{e}}$ deel, dus totaal $9/12^{\text{e}}$ deel

Vijfde uur: $2/12^{\text{e}}$ deel, dus totaal $11/12^{\text{e}}$ deel... oeps! De zeehondjes worden nat!

Dus: op ongeveer $1/4^e$ deel van het vijfde uur is de waterhoogte van 230 cm bereikt, dus om 16:51 uur + 5 uur en 15 minuten: ongeveer om 22:04 uur, laten we zeggen om ongeveer tien uur 's avonds.

Opgave 3: de diepgang van de boot van kapitein Eppo

Bereken of de ZK9 op deze dag rond 11 uur 's ochtends, en zo ja tussen welke tijden, over de vaarroute van Brakzand kan varen. Lukt dit, of moet de kapitein wachten tot kwart voor 12 's avonds?

Het hoogste deel op de kaart is 13, dus 13 dm, dus dit gedeelte van de plaat valt droog bij laag water. Daar moet de onderkant van de boot van kapitein Eppo overheen. De boot heeft een diepgang van 1,4 meter, dus 14 dm. De waterstand moet in totaal dus 14 dm water méér dan de 13 dm op de kaart worden, dus in totaal moet er minimaal $13+14 = 27$ dm waterdiepte zijn (en liefst natuurlijk meer!) zodat de boot langs deze boeien kan varen.

In de tabel lees je af dat bij hoogwater er 278 cm water staat om 11.27 uur, dus net iets meer dan 27 dm... maar dat is heel krap. Dus ja, het kan. Maar het kan zijn dat de boot vastloopt aan de grond, en dat de kapitein pas 's avonds om 23:42 uur weer verder kan varen, want dan is het voorspelde hoogwater hoger (298 cm, dus meer dan 29 dm).