

## Getijdenmachines

door Jan Huisman

*In dit nummer wordt weer eens aandacht besteed aan de waterstand in onze haven. Het water van de Gelderse IJssel gaat nu eenmaal zes meter op en neer. Echt hoog water hebben we in geen tijden gezien, maar laag water des te meer. In dit stukje wil ik het echter over een andere oorzaak van waterhoogten hebben, iets waar we op de hogere zandgronden weinig mee van doen hebben, maar wat we op langere tochten beslist tegenkomen: **het getij**.*

### Wat is getij?

Het getij (of: het tij) is de dagelijkse waterbeweging, zowel in horizontale als in verticale zin, van de grote watermassa's op deze aarde. Het horizontale tij veroorzaakt stroming in een bepaalde richting, waar we ons voordeel mee kunnen doen.

In *stroomatlassen* kun je de stroomsterkte op elk moment aflezen en daarop je vaarplan baseren. Is voor een bepaald gebied eenmaal het horizontale tij vastgelegd door metingen, dan verandert daar niet zo veel meer aan. We kunnen dezelfde stroomatlassen dan ook jarenlang blijven gebruiken. Wel moeten we weten hoe dan het verticale tij verloopt, want uiteraard zijn de waterstromen afhankelijk van de waterhoogten tussen twee punten. Zo zie je dat horizontaal en verticaal tij onverbrekkelijk met elkaar verbonden zijn.

De waterhoogten op een bepaalde plaats haal je uit de *getijdentabellen*, die elk jaar opnieuw vastgesteld worden en die in elke watersportwinkel te koop zijn. Om niet al te veel tabellen te moeten gebruiken heeft men een aantal plaatsen als centrale punten aangewezen. Voor onze Noordzeekust zijn dat Vlissingen, Hoek van Holland, IJmuiden en Den Helder. Voor de Wadden is het Harlingen. Voor plaatsen in de buurt kan men dan uit deze centrale punten het tij bepalen met de opgegeven tijdsverschillen voor hoog en laag water.

### Hoe komen ze eraan?

Om getijdentabellen te kunnen samenstellen zijn zeer veel complexe berekeningen nodig. We hebben allemaal op school geleerd dat het tij veroorzaakt wordt door de aantrekking

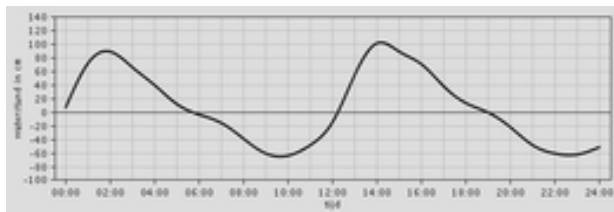
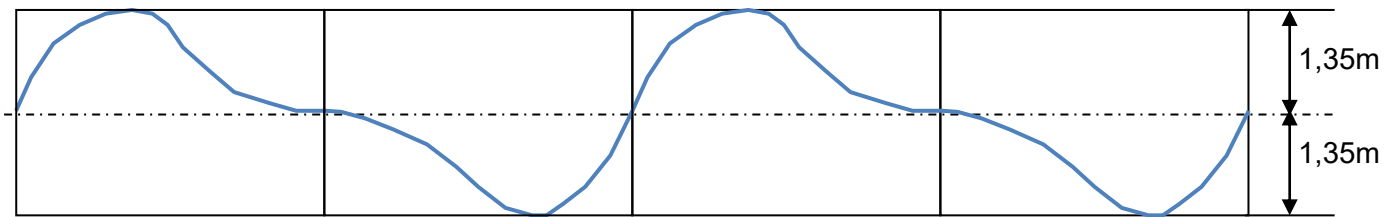
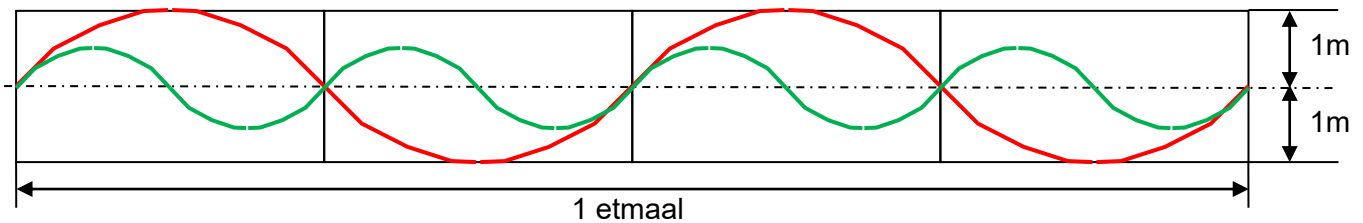
van de maan op het water op aarde, maar zo simpel ligt het niet. Het heeft dan ook vele eeuwen geduurd voordat de denkers er uit waren welke invloeden zoal het tij bepaalden. Dat een van die denkers aan de Middellandse Zee woonde, waar vrijwel geen tij is, heeft die zaak niet versneld. Er deden allerlei theorieën de ronde, zoals de gedachte dat de zon het water verwarmde, waardoor het uitzette, met tij tot gevolg. Dat er 's nachts ook tij is maakte die theorie uiterst discutabel. Dat de maan, zo ver van onze aarde staande, op aarde aantrekkingskracht zou kunnen hebben, dat was eeuwenlang ondenkbaar. Nog sterker was dat voor de zon, die nog weer een stuk verder weg staat.

Isaac Newton heeft in 1687 uiteindelijk de wetten geformuleerd waarmee het tij verklaarbaar werd. Vanaf dat moment begon men ook met het vastleggen van de tijden van hoog en laag water en met het voorspellen van het toekomstige tij. Dit was gebaseerd op langdurige waarnemingen ter plaatse, pas honderd jaar later was men in staat om de verschillende componenten die het tij bepalen uit die gegevens te halen, zodat berekening mogelijk werd.

### Moeizame berekeningen

Maan en zon, dat zijn wel de twee grootste beïnvloeders van het tij. Maar er zijn veel meer invloeden! Elke obstructie in het water (eilanden, ondiepten, bochtige trajecten, bodemgesteldheid) heeft invloed en vergeet niet de neiging van water in een min of meer afgesloten bassin om heen en weer te schommelen. Dit kan iedereen in een badkuip of keukenspoelbak uitproberen. Hoe snel het water heen en weer schommelt hangt weer van alles af. Zo wordt het verhaal steeds complexer. Als je bedenkt dat het tij voor de Noordzee al met 60 variabelen berekend wordt, dan voel je het probleem wel aan.

Wereldwijd is er erg veel behoefte aan betrouwbare getijdentabellen. Kon je die maken, dan was er goed geld mee te verdienen. Zo kwam het dat er instituten opgericht werden waar men op commerciële basis getijdentabellen berekende. Met de hand is dat een duivels karwei, maar er werden machines gebouwd die het ook konden.



Een getijdecurve van IJmuiden (21 jan 2012)

Die machines moesten iets kunnen wat wij nu met een computer achteloos kunnen doen: het bij elkaar optellen van de componenten die samen het tij bepalen. Een voorbeeld: In een etmaal loopt er een tij met twee keer hoog water, 1 meter boven het gemiddelde peil, en twee keer laag water, 1 meter onder het gemiddelde (de rode lijn in de bovenste figuur). Ook schommelt het water heen en weer, met vier maxima en vier minima per dag (groene lijn). We nemen even aan dat deze verschijnselen op hetzelfde moment beginnen.

Nu gaan we de rode en de groene waarden bij elkaar optellen en wat blijkt? Er zijn nog steeds twee hoogwaters en twee laagwaters per dag, maar op andere tijdstippen. Ook is het hoogwater hoger en het laagwater lager geworden (beide 1,35m). Deze getijdecurve lijkt overigens aardig op die van IJmuiden.

### Machines

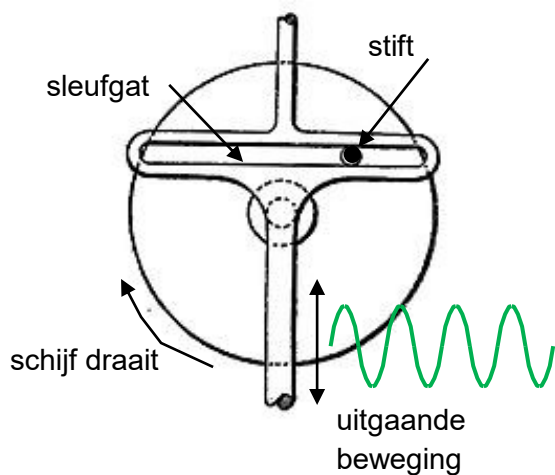
Als de getijdenberekening zo eenvoudig was als hierboven geschetst, dan zou het een saaie bedoening worden. Maar het zal duidelijk zijn dat met 60 factoren, die niet op hetzelfde tijdstip beginnen, er sprake is van een uitdaging. Gelukkig kwamen er machines die de complexe berekeningen konden doen. Uiteraard geen computers, dat zou nog honderd jaar duren.

De eerste getijdenberekeningsmachine werd door Lord Kelvin bedacht in 1872. Het was een machine die 10 factoren kon meenemen en het resultaat was een getijdenkromme op een rol grafiekpapier. De machine moest met de hand worden rondgedraaid en bestond uit tandwielen waarmee schijven werden aangedreven. Van elke schijf kon het startpunt en de grootte van de factor waar het om gaat worden ingesteld. Eigenlijk is het principe heel eenvoudig, je moet er maar op komen.



Kelvin's getijdenmachine, te bewonderen in het Science Museum in Londen

Als de schijven ronddraaien moet uit de draaiing een heen en weergaande beweging worden afgeleid. Dat deed men met een mechanisme, bestaande uit een sleufgat,



dat om een stift in de draaiende schijf paste. Als de schijf gedraaid werd maakte de sleuf een sinusvormige beweging, dat is de vorm van de twee curves die we hierboven bij elkaar optelden. De beginstand van de draaiende schijf en de plaats van de stift kon men instellen, waarmee de grootte en het tijdstip van de optredende factor bepaald waren.

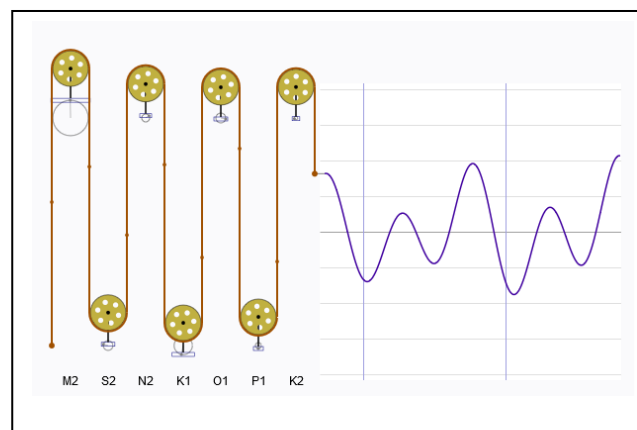
De uitgaande beweging van elke schijf werd overgebracht op een katrol, waarover een rekvrije band liep naar een schrijfpen op een draaiende rol. Klinkt misschien eenvoudig, maar als je ziet hoe het werkt moet je toch bewondering hebben voor de inventiviteit van de bedenkers en de makers.

De machines waren mechanisch zeer complex, ware stukjes meesterschap van instrumentmakers. Ze werden ook steeds groter, want 10 factoren bleek niet voldoende te zijn. De Doodson-Légé machine van 1950 is de op een na grootste die ooit gebouwd is. Deze machine, goed voor maximaal 42 factoren, was gemakkelijker te programmeren dan de machine van Kelvin. Toch kostte het nog een maand om voor een bepaalde plaats de getijdentabel voor een jaar te maken. Men deed dit enkele jaren vooruit, voor elke locatie waar men ervoor wilde betalen. In Liverpool was een groot instituut gevestigd, met honderden blonde jonge vrouwen (die hadden de voorkeur van de directeur) om de machines te bedienen. Dit werd tot de jaren 70 nog gedaan.

Op het internet is een prachtige animatie te bekijken van een getijdenmachine voor 7 factoren. Te zien is hoe de schijven via de

stiften een heen en weergaande beweging maken en hoe die beweging via rollen en een touw uiteindelijk een schrijfpen bedienen. Laat deze animatie flink lang draaien, dan zie je dat er ook langetermijnfactoren zijn die je op het eerste gezicht niet ziet.

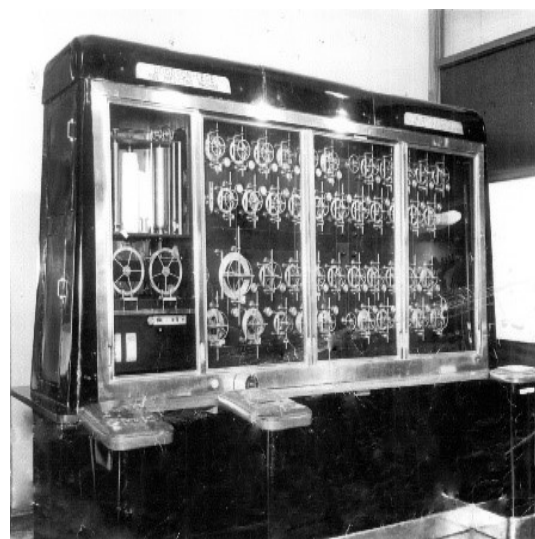
<http://www.ams.org/samplings/feature-column/fcarc-tidesiii3>



*Animatie van een machine voor 7 factoren*

## Computers

Toen in de 60er jaren de computers kwamen was de glorie tijd van de getijdenmachines en van die grote instituten voorbij. Met een computer kun je vrij gemakkelijk de berekeningen maken, al is het verkrijgen van de juiste invloedsfactoren nog steeds de grote kunst. De meeste getijdenmachines zijn onder de slopershamer terechtgekomen. Enkele exemplaren zijn in musea geplaatst, soms met heel veel moeite en liefde gerestaureerd door vrijwilligers. Een periode was afgesloten.



*Doodson-Légé machine*



