

inleiding

Tijdens een weekje varen met Nigel Foster viel me op dat zijn aanwijzingen op het gebied van stuurtechniek per kanoër verschilde, waarbij ook de invloed van de kanovorm op de stabiliteit en kanotechnieken werd besproken. Naar aanleiding daarvan heb ik op internet gezocht naar artikelen over de invloed van de kanovorm op het gedrag van de kano.

Wat hieronder volgt, is grotendeels een bewerking van het internetartikel "Kayak Stability and Leaning" van Nick Schade op de site van Guillemot Kayaks (www.guillemot-kayaks.com). Zelf vond ik dat een verhelderend artikel om beter te snappen wat er gebeurt bij het opkanten en wat de vorm van de boot er toe doet.

Omdat het verhaal toch wel lang is geworden, splits ik het in twee of drie delen. In dit eerste deel gaat het om de invloed van de vorm van een kano op de stabiliteit van de boot. Allereerst vertel ik welke basisvormen je bij kano's kunt onderscheiden. Vervolgens leg ik het principe van stabiliteit uit en behandel ik de invloed van de kanovorm op de stabiliteit. Tot slot ga ik nog even kort in op het effect van de hoogte van het zwaartepunt op de stabiliteit. De bedoeling is dat ik in het tweede artikel zal uitleggen welke kanotechnieken je het beste kunt toepassen gegeven een bepaalde kanovorm.

Kanovormen

Iedereen weet dat er kano's in verschillende vormen bestaan, die voor verschillende doeleinden zijn ontworpen, bijv. om zo snel mogelijk te kunnen varen, om minder windgevoelig te zijn, om zo wendbaar mogelijk te zijn of om zo stabiel mogelijk te zijn. Vaak zoeken de ontwerpers naar een compromis tussen de verschillende vormeigenschappen. Belangrijke eigenschappen voor het vaargedrag van de kano zijn de lengte, de breedte, het volume, de kiellijn en de rompvorm. Voor de stabiliteit van de kano is in de eerste plaats de rompvorm van belang. De rompvorm is de vorm die je zou krijgen als je net voor de kuip een kano door zou zagen (= dwarsdoorsnede). In dwarsdoorsnede van de romp (verder korthedshalve rompvorm genoemd) komen de volgende basisvormen voor (zie fig. 1): V-vorm, trapeziumvormig, rechthoekig, U-vormig, afgerond (= rondspant) en allerlei tussenvormen, zoals de P&H Sirius, een rondspant met een lichte V-bodem is.

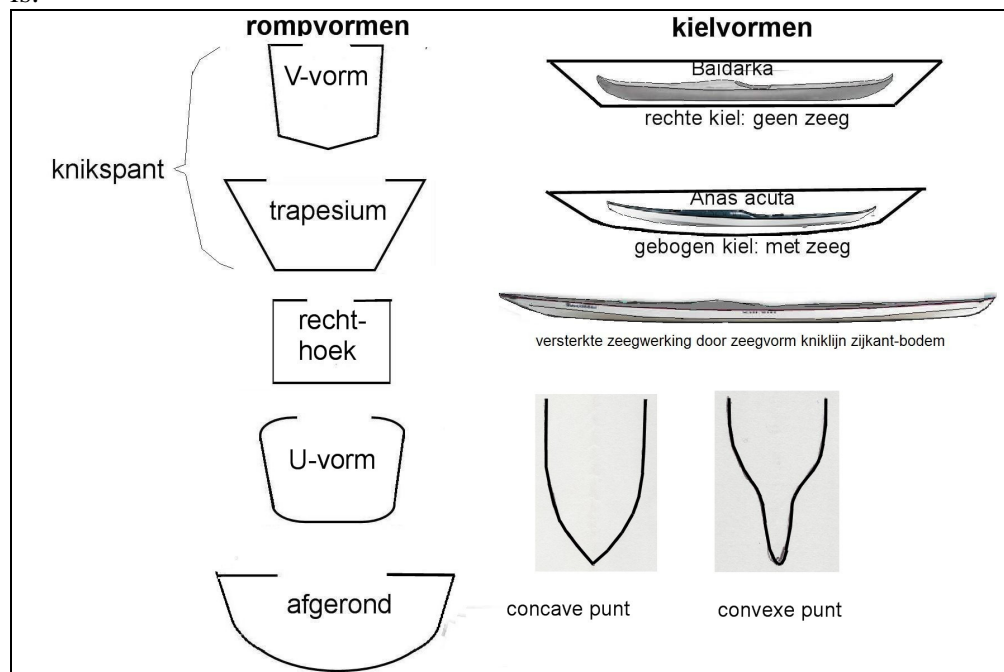


Fig. 1. kanovormen

De rechthoekige vorm komt weinig voor. De V- en de trapeziumvorm hebben een zogenaamde knikspant (engels: hard chines): de overgang van de zijkant naar de bodem gaat met een scherpe knik. Bij de U-vorm en de rondspant buigt de zijkant naar de bodem geleidelijk om in een

afgeronde bocht (eng.: soft chines). Deze basisvormen zijn van grote invloed op de stabiliteit van de kano, zoals we zullen zien.

In de lengterichting zijn twee basisvormen te onderscheiden: die met een rechte kiel en die met een zeeg (eng.: rocker), waarbij de kiel een gebogen lijn heeft en de kano min of meer een banaanvorm krijgt (zie fig. 1). Het kan bij een rechte kiel ook voorkomen dat de kiel in meer of mindere mate uitloopt in een vaste skeg (Zeekano's zijn tegenwoordig meestal met een variabele skeg uitgerust die je in en uit kan schuiven).

De zeegwerking kan versterkt worden doordat de kniklijn, die de overgang tussen de zijkant en de bodem vormt, zelf ook een zeegvorm heeft.

De wijze waarop de zijkanten naar de voor- en achterpunt lopen kan ook per type verschillen. De lijn van de kiel naar de voor- of achterpunt kan meer of minder steil oplopen. Zijkanten kunnen bol naar de punten toelopen (concave punt) of al een stuk voor de punt "indeuken" waardoor de kano een min of meer een vlak voor- of achtersteven krijgt (convexe punt); bij kano's met een vaste skeg buigt de kiellijn aan de achterkant soms zelfs nog iets naar beneden. Voor de stabiliteit zijn deze verschillen van minder van belang, maar des te meer voor het effect van de verschillende kano- en stuurtechnieken.

Een laatste, voor de stabiliteit niet onbelangrijk, element is de hoogte van het zitje ten opzichte van de bodem.

Al deze eigenschappen van een kano beïnvloeden het vaargedrag en dus de kanotechnieken die je in bepaalde situaties moet toepassen om overeind te blijven of om te sturen. Voor de stabiliteit is vooral de dwarsdoorsnede van de romp van belang. In dit artikel beperken we ons daarom tot de verschillen in de rompvorm. De andere vormeigenschappen van een kano komen in een volgend artikel aan het bod.

Het principe van stabiliteit

Bij stabiliteit spelen twee krachten een belangrijke rol: de zwaartekracht die de kano naar beneden trekt en de opwaartse kracht van het water die de boot omhoog duwt. Het evenwicht tussen beide krachten bepaalt de diepgang en de stabiliteit van de boot bij verschillende standen van de boot (rechtop of gekanteld). De stabiliteit van een kano kent drie afzonderlijke fasen. De beginstabiliteit is de stabiliteit van een horizontaal stilliggende boot. Bij het kantelen heb je vervolgens eerst te maken met de secundaire stabiliteit, waarbij de boot nog uit zichzelf terug wil kantelen naar horizontaal. Vervolgens heb je de eindstabiliteit als je de boot maximaal kantelt waarbij je nog overeind kunt komen zonder lage steun.

Hoe komen de diverse stadia van stabiliteit tot stand? Alle elementen die bij de zwaartekracht een rol spelen, resulteren in een zwaartepunt (Z). Net zo resulteren de elementen die voor de opwaartse kracht zorgen in een centraal opwaarts punt, het drukkingspunt (O) geheten. Het gaat vooral om de relatieve waarden van Z en O en niet zozeer om de absolute waarden.

Een boot ligt stabiel als Z en O boven elkaar liggen. De meest stabiele situatie voor een kano+kanoër is als het zwaartepunt onder het drukkingspunt ligt, dus als de boot op zijn kop ligt. Rechtop bevindt de boot zich in een labiel evenwicht. Zodra een boot overhelst, ligt het zwaartepunt niet meer boven het drukkingspunt en zal, als de hoek te groot wordt, de kano verder kantelen en kapseizen als je niet ingrijpt. Het ontwerp van de boot is van invloed op de fatale hoek waarna de kano om zal slaan als je dat niet met bijv. een hoge of lage steun voorkomt. Zodra Z en O niet meer boven elkaar liggen zal er een kracht moeten worden uitgeoefend om dat weer wel te bereiken. Dat kan door het zwaartepunt terug te brengen naar het midden of door het drukkingspunt te verplaatsen naar het zwaartepunt. Door je lichaam naar het midden te bewegen breng je het zwaartepunt terug naar het midden. Afhankelijk van de rompvorm verander je dan bovendien de plaats van het drukkingspunt. Maar de rompvorm roept ook uit zichzelf een weerstand op die het kantelen tegengaat (zie hieronder bij hellingsweerstand). Wat er precies gebeurt als de kano onder een hoek op het water ligt, bijv. als je iets opkant, wordt weergegeven in fig. 2.

Als de kano iets kantelt, wordt gedeelte b uit het water getild, terwijl gedeelte c onder water wordt gedrukt. De oorspronkelijke positie van het drukkingspunt (Oa+b) verplaatst zich naar

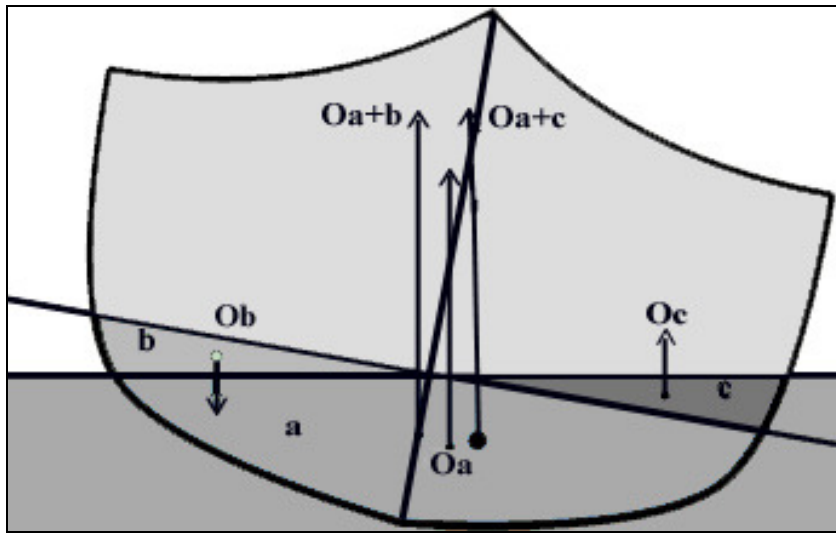


fig. 2. De werking van opwaartse druk en de zwaartekracht

positie O_a door de afname met volume b en schuift nog verder naar positie O_{a+c} door de toename met volume c . Door deze verplaatsing van het drukingspunt ontstaat opnieuw stabiliteit. De wijziging in opwaartse druk wordt veroorzaakt door wijzigingen in het volume ter hoogte van de waterlijn. Dit komt omdat de beginstabiliteit - dit is de stabiliteit van de kano als hij horizontaal ligt - afhankelijk is van de lengtedoorsnede van de kano ter hoogte van de waterlijn, dus van de bootvorm en de breedte van de boot ter hoogte van de waterlijn. De rompvorm onder water is dan nog niet van belang.

Het verplaatsen van het drukingspunt kost kracht, omdat de boot zich verzet tegen wijziging van het drukingspunt: de hellingsweerstand. Naarmate de lengtedoorsnede ter hoogte op de waterlijn een groter oppervlak heeft, zal de boot bij het kantelen meer weerstand bieden, en zal de boot stabiel aanvoelen. De vorm van de dwarsdoorsnede van de kano is bij kleine kantelhoeken niet van invloed: Een kano met een V-vorm zal dezelfde beginstabiliteit hebben als een kano met een U-profiel als ze dezelfde lengte en breedte hebben ter hoogte van de waterlijn.

De rompvorm (het dwarsprofiel van de kano) gaat wel een belangrijke rol spelen als de hellingshoek groter wordt, omdat, naarmate de kano meer op zijn kant komt te liggen, de lengtedoorsnede ter hoogte van de waterlijn nu wel van vorm verandert en dus van invloed is op de opwaartse kracht. Naarmate de hellingshoek groter wordt, nemen de volumes van de delen die uit het water en onder water komen, versneld toe. De verplaatsing van het drukingspunt gaat daarom steeds sneller naarmate de hellingshoek toeneemt. Korte, wijde boten hebben een vergelijkbare hellingsweerstand als lange smalle boten.

Het verloop van deze hellingsweerstand wordt voor verschillende modellen kano's door de fabrikanten vaak weergegeven in een zgn. stabiliteitscurve, zie fig. 3.

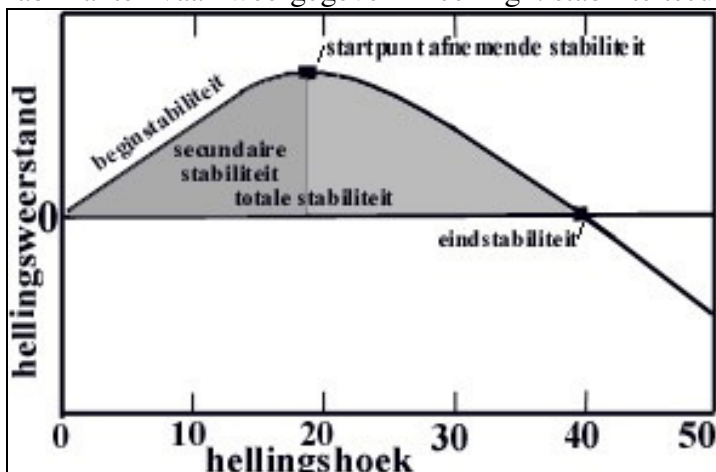


Fig. 3. principe van een stabiliteitscurve (zie tekst).

De stabiliteitscurve geeft de hellingsweerstand weer in relatie tot de hellingshoek van de gekantelde kano ten opzichte van het wateroppervlak. De hellingsweerstand is evenredig met de horizontale afstand tussen het drukkingspunt en het zwaartepunt. Daarom wordt bij grafieken van de stabiliteitscurve op de Y-as vaak deze afstand afgezet als maat voor de hellingsweerstand. Zolang de grafiek boven de 0-lijn zit, zal de boot zich zelf oprichten, tenzij er krachten zijn die het verder kantelen bevorderen (wind, golven, e.d.). Als de grafiek onder de 0-lijn komt, zal de boot omgaan tenzij je dat met bijv. lage steun voorkomt.

De hellingsweerstand is te berekenen door de horizontale afstand tussen het drukkingspunt en het zwaartepunt (in de engelse literatuur in voet) te vermenigvuldigen met het gewicht van de boot+kanoër. Hoe groter het gebied tussen de curve en de 0-lijn is en met name hoe hoger de top van de curve ligt des te stabielere de kano zal zijn.

De hellingshoek aan het begin geeft de beginstabiliteit aan (hoe steiler des te stabielere).

Het gebied tussen het beginpunt en het hoogste punt geeft de secundaire stabiliteit aan.

Vanaf het hoogste punt – dus vanaf een bepaalde hellingshoek (op de X-as) - zal de stabiliteit afnemen en komt het steeds meer aan op de vaardigheden van de kanoër of de kano zal omgaan of niet. Elk duwtje in de verkeerde richting verkleint de stabiliteit in steeds sterkere mate en vergroot steeds sterker de kans op omgaan.

Het effect van de rompvorm op de stabiliteit

Hoe de rompvorm de hoogte en vorm van de stabiliteitscurve bepaalt, wordt weergegeven in fig. 4. Het gaat daarbij voornamelijk om de relatieve verschillen tussen de boten en niet om de absolute waarden, omdat die te veel afhankelijk zijn van de individuele situaties per boot + kanoër + bagage. Hoewel de boten in dit theoretische voorbeeld verschillende vorm hebben, hebben ze als ze in rust rechtop liggen allemaal hetzelfde oppervlak op de waterlijn. In fig. 4 is daarom alleen de rompvorm van invloed op de vorm van de curve. Als de kano's worden gekanteld, veranderen door de verschillende rompvormen het waterlijnoppervlak en de breedte wel op verschillende manieren, zodat voor elke kanovorm een specifieke curve ontstaat.

Voor de boten die naar boven wijder worden (de afgeronde en de trapeziumvorm) ligt de top van de curve hoger en bij een veel grotere hellingshoek (veel meer naar rechts) dan voor boten waarbij dat minder het geval is, zoals die met een rechthoekige en V-vormige romp. Hoewel alle boten in het voorbeeld dezelfde beginstabiliteit hebben, hebben ze dus zeer verschillende waarden voor de secundaire stabiliteit.

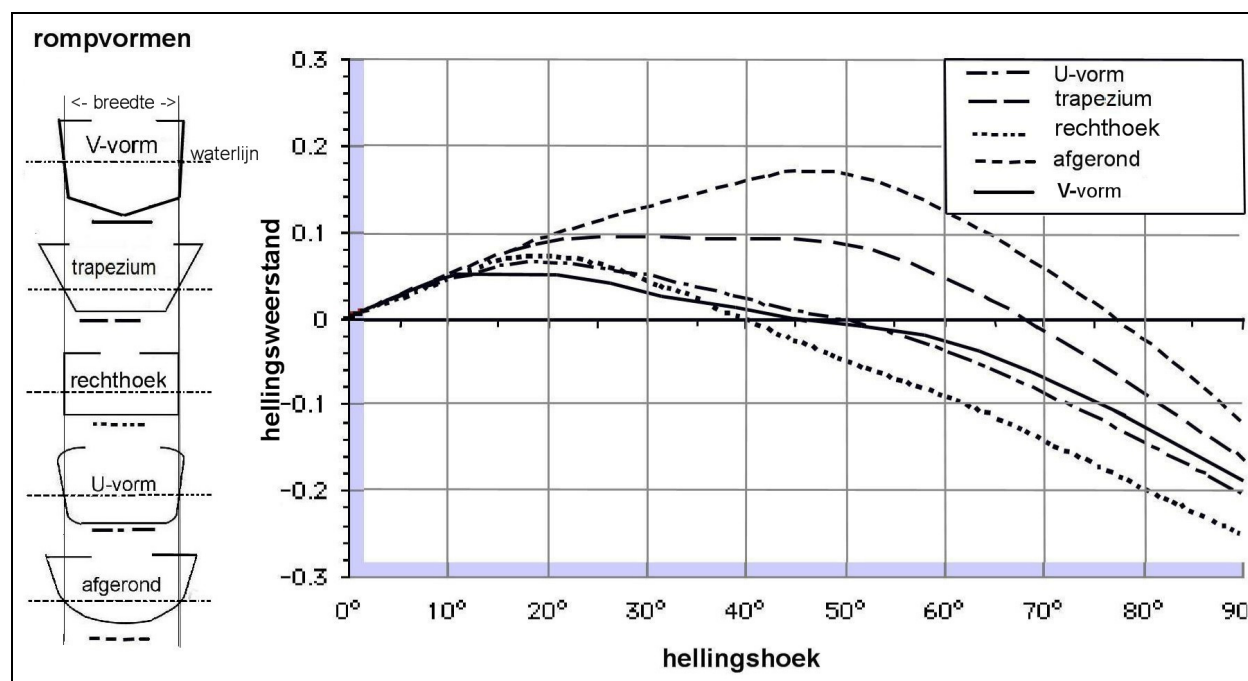


Fig. 4. stabiliteit bij verschillende rompvormen met een gelijk oppervlak van de waterlijn-doorsnede (de y-as geeft de horizontale afstand in voet tussen het drukkingspunt en het zwaartepunt als maat voor de hellingsweerstand)

Een andere, meer realistische situatie krijg je als je niet uitgaat van de breedte en het oppervlak ter hoogte van de waterlijn, maar van kano's met bij het dek dezelfde breedte. De breedte op de waterlijn verschilt dan per kano. In fig. 5 wordt deze situatie weergegeven met een breedte waarbij de minste stabiele boot toch nog een positieve beginstabiliteit heeft. De situatie is behoorlijk veranderd in vergelijking met de eerste situatie: daar was de beginstabiliteit – af te lezen aan de hellingshoek omhoog vanaf het 0-punt - voor alle boten vrijwel gelijk, maar nu verschilt deze aanzienlijk voor de verschillende vormen.

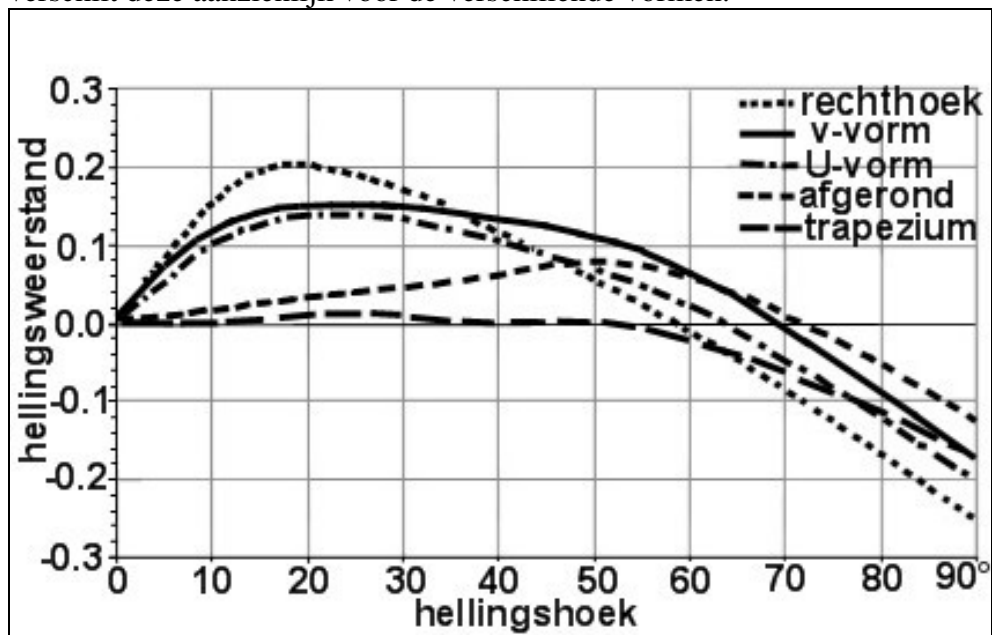


fig. 5. stabiliteitscurven bij 5 verschillende rompvormen met een gelijke bovenbreedte (de y-as geeft de horizontale afstand in voet tussen het drukkingspunt en het zwaartepunt als maat voor de hellingsweerstand)

Terwijl kano's met een trapezium- of afgeronde vorm in fig. 4 de stabielste vormen waren, zijn dit nu de boten met de laagste beginstabiliteit. De trapeziumvorm heeft ook vrijwel geen secundaire stabiliteit en kantelt sneller in vergelijking met de kano's met andere rompvormen. Een kano met een platte bodem en verticale zijanten daarentegen heeft bij een geringe kanteling (<math><20^\circ</math>) de hoogste secundaire stabiliteit, maar wordt bij een grotere hoek wel snel instabiel. Het kost dus relatief veel moeite hem enigszins te kantelen, en daarna zul je al je techniek nodig hebben om niet om te gaan.

Een boot met een afgeronde vorm (rondspant) heeft weliswaar nog een secundaire stabiliteit die ook bij een hoge hellingshoek nog in stand blijft (in het voorbeeld tot een hellinghoek van

De kano's met een V- of U-vorm hebben een sterkere secundaire stabiliteit dan de afgeronde vorm. In het voorbeeld neemt de hellingsweerstand bij de V-vorm na een hellinghoek van

De hoek van de curve na het hoogste punt en de hoogte tot de nullijn geven een maat voor de kracht waarmee de kanoër moet terugleunen of hoe sterk de lage steun moet worden uitgevoerd om de boot op te richten of om de hoek vast te houden bij het opkanten. Hoe stijler de curve naar beneden loopt, des te sneller neemt de hellingsweerstand af en komt het des te meer aan op je kanotechniek of je de boot nog overeind weet te krijgen.

De kanoër kan de stabiliteit van de kano gelukkig sterk beïnvloeden door bij het opkanten naar het midden te leunen en daarmee het zwaartepunt zoveel mogelijk naar het midden van de boot te brengen.

de hoogte van het zwaartepunt

Bij een lange kanoër ligt het zwaartepunt als hij rechtop zit hoger dan bij een korter persoon of als hij bukt. In fig. 6 zie je het effect van de hoogte van het zwaartepunt op de stabiliteitscurve. Als bij de 100%lijn het zwaartepunt bijv. 25 cm boven de waterlijn ligt, komt elke 10% verhoging of verlaging van het zwaartepunt neer op een verhoging of verlaging van 2,5 cm. De figuur laat zien dat verhoging of verlaging een behoorlijke invloed heeft op de stabiliteit. Want hoe groter de verticale afstand tussen het zwaartepunt en het drukingspunt is, des te groter zal de horizontale afstand tussen beide punten zijn als de boot overhelt. Een kleine persoon zal daarom een kano in het algemeen als stabielervaren dan een lange kanoër. Verhogen van het zitje (bijv. doordat je er een rubbermat oplegt) verhoogt ook het zwaartepunt en verlaagt dus de stabiliteit. Maar als je de boot verzwaard door er bijv. flessen water in te leggen, verlaagt je daarmee het zwaartepunt ten opzichte van het drukingspunt en verhoog je de stabiliteit. Bovendien maak je de boot daarmee wat ongevoeliger voor zijwind en zijgolfslag. Maar daarover meer in een volgend artikel.

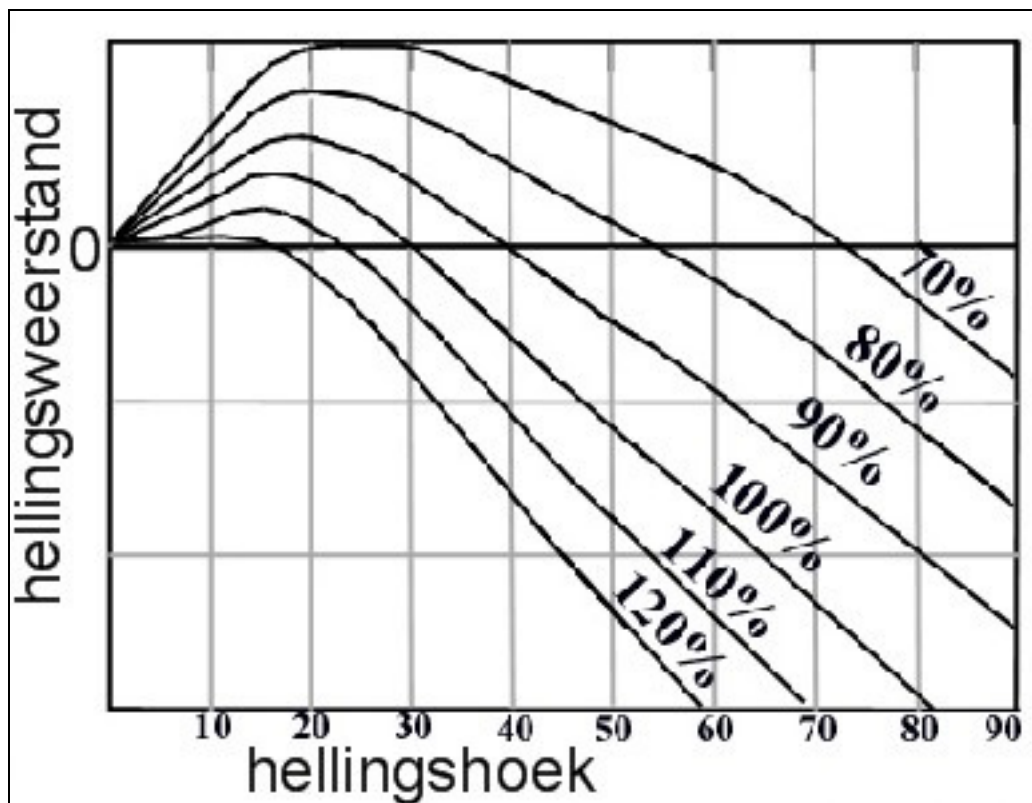


fig. 6. Effect van de hoogte van het zwaartepunt op de stabiliteit.