

Praktijk versus theorie: vleugelprofiel

In molenwereld wordt vaak gesteld dat de theorie omtrent het vleugelprofiel waarmee in de vliegtuigwereld het in de lucht blijven van een vliegtuig veelal mee verklaard wordt en ook voor het kruis van een molen geldt. Die theorie klopt echter niet veel van en is al helemaal niet op een molenkruis van toepassing. Ogenschijnlijk zijn er veel overeenkomsten tussen een vliegtuigvleugel en een molenkruis. In de praktijk zijn de enige overeenkomsten evenwel dat beiden gebruik maken van de massastraagheid van de luchtmoleculen, maar dan wel tegengesteld aan elkaar. Een vliegtuig blijft in de lucht door passief gebruik te maken van de massastraagheid van luchtmoleculen en een molenkruis maakt op een actieve wijze gebruik van de massastraagheid (en door die massastraagheid ontstaat kinetische energie).

De theorie van het vleugelprofiel

De meest gangbare theorie omtrent vliegvlugels stelt dat een vleugel asymmetrisch van vorm moet zijn (afbeelding 1 en 2). Dit houdt in dat verreweg het grootste deel van de lucht waar een vliegtuig zich doorheen beweegt over de vleugels heen stroomt en maar een heel klein gedeelte onder de vleugels door gaat. Vervolgens wordt er gesteld dat de luchtstromingen over een vleugels heen sneller gaan bewegen doordat die lucht een grotere weg af moet leggen dan de lucht die onder de vleugels door gaat. Die grotere weg over de vleugels heen zal dan een **onderdruk** boven de vleugels genereren en de langzamere stroming onder de vleugels door een **overdruk** op de onderzijde van de vleugels uitoefenen (afbeelding 1). Kort gezegd wordt (volgens de vleugeltheorie) de lucht boven de vleugels verdund en er onder verdicht, met daarbij dat de onderdruk boven de vleugels groter is dan de overdruk er onder. Vervolgens wordt dan gesteld dat de vliegtuigvleugel(s) en daarmee het hele vliegtuig door die onderdruk boven de vleugels als het ware omhoog gezogen en voor een veel kleiner gedeelte door de overdruk onder de vleugels naar boven gedrukt worden (afbeelding 2). Volgens afbeelding 2 ontstaat er zelfs een onderdruk in een richting schuin voorwaarts omhoog. Men beroept zich hierbij op de wet van Bernoulli.¹ Deze wet geldt evenwel alleen voor wrijvingloze materie welke niet samendrukbaar is (bijv. water of olie, maar dan zonder een wrijvingscoëfficiënt en dan ook nog in een afgesloten ruimte zoals leidingen. Van geen van drieën is bij vliegtuigvleugels noch molenkruizen echter sprake.

Waar de theoretici omtrent de vleugeltheorie geen rekening mee houden is de luchthoud van de vleugels. De lucht welke door de vleugels verdrongen wordt verdwijnt, volgens deze theorie, blijkbaar in het niets. Een vliegtuig beweegt echter door de lucht waarbij (tenminste) de vleugelinhoud aan lucht verplaatst moet worden. Die lucht zal evenwel toch ergens naar toe moeten doordat in het niets verdwijnen onmogelijk is. Door het asymmetrische profiel van de vleugels zal het grootste gedeelte van die lucht dan ook naar boven verplaatst worden en een veel kleiner gedeelte naar beneden. Volgens deze theorie stroomt de lucht vanaf de voorrand naar de achterrand over de vleugels heen. Voor een vliegtuig in de lucht is dit onjuist. De lucht stroomt niet over een vleugels heen maar het vliegtuig verplaatst zich door de lucht. De luchtmoleculen blijven in de vliegrichting in het horizontale vlak dan ook nagenoeg op hun plaats. In verticale richting worden die moleculen juist wel verplaatst omdat zij door de vleugels verdrongen worden. Door de wrijvingsweerstand bewegen de luchtmoleculen welke de vleugels raken en die dicht bij de vleugels in de buurt zijn, daarbij eerder veel tot een beetje mee in de voorwaartse richting van het vliegtuig i.p.v. naar de achterrand te vloeien.

¹ https://nl.wikipedia.org/wiki/Principe_van_Bernoulli

De Microsoft® Encarta® Encyclopedia 2002. © 1993-2001 Microsoft Corporation/Het Spectrum, zegt dit er over: “Een vliegtuig wordt tijdens de vlucht gedragen door krachten die erop worden uitgeoefend door de moleculen van de omringende atmosferische lucht. Als het vliegtuig zich door de lucht beweegt, worden de omringende moleculen gedwongen uit te wijken en door wrijving zelfs een eindweegs meegesleurd. Dit gaat gepaard met een snelheidsverandering (versnelling) van de moleculen die veroorzaakt wordt door de erop uitgeoefende kracht. Omgekeerd oefenen de moleculen een even grote reactie als luchtkracht uit op het vliegtuig. Deze luchtkracht maakt het vliegen mogelijk.”

Om deze materie met een voorbeeld inzichtelijk te maken het gedrag van water rondom een zeilend vaartuig. Mijn boot lijkt me wel een goed voorbeeld. Het gaat bij de boot als voorbeeld danwel om een vloeistof (water) en niet om een gas (lucht), maar op het verschil in massa draagbaarheid na is er geen verschil tussen de gedragingen van een gas of een vloeistof wanneer daar een bewegend lichaam doorheen gaat. Vloeistoffen en gassen zijn alleen maar aggregatie-toestanden van een materie. Wat daarom voor een varende boot opgaat, gaat in principe ook voor vliegtuigvleugels op.

Zoals de boot op de afbeeldingen vaart heeft het onderwaterschip in ongeveer het horizontale vlak een profiel dat veel met een vliegtuigvleugel overeenkomt. Onder deze helling is de lijzijde sterk en de loefzijde licht gekromd (afbeelding 3 en 4). De dwarsdoorsnede van deze boot is die van een halve ellips (afbeelding 4). In de lengterichting heeft deze boot eveneens een ellipsvorm, maar dan uiteraard een die veel meer gerekt is.

Op beide afbeeldingen is een boeggolf te zien met daarachter (in de midscheeps) een kuil in het water. Op afbeelding 4 is de hekgolf eveneens duidelijk te zien. Doordat de boeg, om ruimte voor de boot in het water te maken, water wegduwt ontstaat daardoor een boeggolf. De richting van het verplaatste water is bij een boot / schip van dit model, ongeveer dwars op de boot / schip. Het water dat door de boot opzij geduwd wordt moet weer ander water weg duwen, wat door de massa draagbaarheid in golfvorming (boeggolf) resulteert doordat het water vanwege de massa draagbaarheid makkelijker in de hoogte opgestuwd kan worden dan in het horizontale vlak. Op afbeelding 3 is eveneens te zien dat deze boeggolf schuin naar achteren gericht is en op afbeelding 4 dat ook de hekgolf die richting heeft. Dat de golfkam schuin naar achteren gericht is komt doordat het water even tijd nodig heeft om weg te stromen en de boot ondertussen verder gevaren is, waarbij er continu water in zijdelingse richting verplaatst is. Vanwege het in de boeggolf opgestuwde water is het logisch dat er achter die boeggolf een kuil in het water gekomen is doordat de watermoleculen niet op twee plaatsen tegelijk kunnen zijn. Wanneer nu de beweging die de boeg in het water veroorzaakt heeft verdwenen is (de energie in de dwars van de boot af gerichte stroming is verdwenen) dan haast het water zich naar de boot terug om de kuil in de midscheeps weer op te vullen. De evenwichtstoestand wordt daarmee hersteld. Doordat de boot echter verder gevaren is en het water tijd nodig heeft om terug te stromen, komt het water van de boeggolf niet in de kuil (hier midscheeps) terecht maar meer naar achteren. De kuil in het water midscheeps blijft tijdens het varen door het voortdurend opstuwven van water in de boeggolf tijdens het verder varen van de boot, dan ook continu bestaan.

Volgens de theorie zou verder de boot zeer lijgierig² moeten zijn. De theorie stelt immers dat een gas of een vloeistof, in dit geval gaat het om water, wat de grootste afstand af moet leggen een onderdruk genereert. Op grond van deze theorie zou de boot, varende zoals op de afbeeldingen, door de onderdruk in het water voortdurend sterk moeten verlijeren doordat de onderdruk in het water de boot a.h.w. overdwars weg wil zuigen en zou er dan ook niet mee te zeilen zijn. Het tegendeel is evenwel het geval. De boot is, onder de helling zoals hij op de afbeelding vaart, loefgierig³ i.p.v. lijgierig. Om te voorkomen dat de boot in de wind op gaat

² (scheepvaart) (van een schip) geneigd om zich te wenden naar de kant waar de wind heengaat

³ Zeilschip dat voortdurend in de wind op wil gaan varen.

lopen moet er continu enig tegenroer gegeven worden. Kortom: het water dat door de boot verplaatst wordt duwt de boot in de wind op, wat dus tegengesteld aan de theorie is.

Een derde reden dat er niets van die vleugeltheorie klopt is dat er een lichaam met een profiel nodig is (afbeeldingen 1 en 2) om de lucht sneller over het bolle oppervlak te laten stromen dan langs de nagenoeg vlakke onderzijde, om de zgn. lift te krijgen.⁴ De zeilen van ieder zeilschip of zeilboot laten echter duidelijk zien dat dit onjuist is doordat die helemaal geen vleugelprofiel hebben. Volgens de theorie zou de boot, varend zoals op de afbeeldingen, dan ook geen meter vooruit komen en toch zeilt hij tegen de 10 km/h.

Waar in de theorie ook geen aandacht voor is, is dat een vliegtuig door de zwaartekracht naar beneden getrokken wordt. Een vliegtuig in de lucht is dan ook voortdurend bezig met vallen, wat door de vleugels voorkomen moet worden. Alleen daardoor al is de overdruk onder de vleugels veel groter dan in de theorie gesuggereerd wordt. De enige reden dat een vliegtuig de lucht in kan komen en kan blijven is gelijk aan de reden dat een speedboot en waterskiërs **over** het water glijden i.p.v. er doorheen. Een speedboot op snelheid en waterskiërs, planeren en sommige zeilboten kunnen dat ook. D.w.z. dat zo'n boot of waterskiër zo hard gaat dat het water onder de boot of skiën geen of onvoldoende tijd heeft om voor zo'n boot of skiën te wijken. De snelheid van een speedboot of waterskiër over de watermoleculen heen is dan hoger dan de watermoleculen er voor kunnen wijken. Van vliegtuigvleugels kan daarom ook gezegd worden dat die planeren. Ze persen de lucht onder de vleugels samen en glijden daarbij sneller over de luchtmoleculen onder de vleugels heen, dan dat die kunnen wijken. Wanneer dan die vleugels de lucht onder de vleugels samen persen is het vanzelfsprekend dat er boven de vleugels een overeenkomstige onderdruk gaat ontstaan (luchtmoleculen kunnen ook niet op twee plaatsen tegelijk zijn). De onderdruk boven de vleugels is daarbij omgekeerd evenredig aan de overdruk onder de vleugels (de onderdrukfactor als min heeft dezelfde waarde als de overdrukfactor als plus). Vliegtuigvleugels moeten hierbij de lucht zo weinig mogelijk verplaatsen omdat dat (lucht)weerstand geeft, wat de snelheid van een vliegtuig negatief beïnvloed. Dit is dus waarom vliegtuigen passief gebruik maken van de massastraagheid.

Nog een reden waarom het door de theorie geëiste asymmetrische profiel niet opgaat is dat de vleugels van stuntvliegtuigen een symmetrisch profiel hebben. Volgens de theorie genereert zo'n profiel aan beide zijden van de vleugel een onderdruk. Vliegtuigvleugels met zo'n symmetrisch vleugelprofiel zullen, volgens de theorie, dan ook aan beide zijden een onderdruk genereren, waardoor zulke vliegtuigen onmogelijk kunnen vliegen en toch doen ze dat (en hoe!). Bovendien kan, in principe, ieder vliegtuig ondersteboven vliegen. Met kleine en militaire vliegtuigen wordt dat ook wel gedaan. Commercieel gebruikte vliegtuigen doen dat om praktische redenen echter niet (ziet bijv. een ieder zichzelf al met het koppie naar beneden, in de veiligheidsgordel hangen omdat de piloot een poosje ondersteboven vliegen zo leuk vindt?).

Dat een vleugelprofiel zoals op afbeelding 1 en 2 voorgesteld, zorgt voor de zgn. lift van een vleugel en alleen maar daarom kan vliegen is dan ook niet meer dan een fantasie!

Molenkruis in de praktijk

In de "molenwereld" is volgens velen deze vleugeltheorie onverkort op een molenkruis van toepassing. Zoals hierboven aangegeven maakt het kruis van een windmolen actief gebruik van de massastraagheid van de wind. Vliegtuigvleugels doen dat passief doordat een gemotoriseerd vliegtuig door een propeller door de lucht gesleurd, danwel door een straalmotor door de lucht gesabeld wordt.

Dat een molenkruis actief gebruik maakt van de massastraagheid wordt veroorzaakt door de schoot van de hekkens waardoor de wind (luchtstromingen) **gedwongen** wordt vanuit de

⁴ "lift" is de som van de overdruk onder de vleugels en de onderdruk er boven.

oorspronkelijke richting van haaks op het kruis in een veel meer dwarse richting naar het achterlijk toe af te buigen. Door dat naar de achterzoom afbuigen van de wind ontstaat er als gevolg van de massastraagheid kinetische energie welke in een tegengestelde richting van de afgebogen wind werkt, waar het kruis vervolgens in vooruitgaande richting voor wil wijken.⁵ Weliswaar gaat de meeste windenergie in de lengterichting van de as verloren, maar daar is niets aan te veranderen. Een kruis (en ook het gevlucht van een windturbine) moet het daarom van de kinetische energie hebben die door het afbuigen van de wind naar de achterzoom toe ontstaat. De vormgeving van de hekkens is daarom zo dat die kinetische energie in een nagenoeg dwarse richting t.o.v. de windrichting werkt. Beter gezegd is dat een molen alleen doordat de hekkens de wind afbuigen vermogen uit de wind kan halen. Dit is het actief gebruik maken van de massastraagheid van de stroming van de luchtmoleculen.

En dan dat door velen veronderstelde vleugelprofiel dat roeden zouden hebben.⁶ Wanneer ik naar die hoekige roedebalk en het overige wat haakse hoeken vertoond kijk, kan ik er met geen mogelijkheid een vleugelprofiel aan vinden. Een volgen van de luchtstromingen van een vleugelprofiel aan de lijzijde, zoals verondersteld, is dan ook helemaal geen sprake van. Bovendien wordt er in die theorie ook aangenomen dat er in de lij van de roeden een onderdruk gaat heersen die de roeden als het ware vooruit zuigen. Volgens die theorie speelt immers de onderdruk in de lij van de roeden een veel grotere rol dan de overdruk aan de windzijde. Zo dat juist zou zijn dan moet die onderdruk zich veel meer voor de roeden bevinden (in de richting waarin het kruis zich beweegt) dan in de lij daarvan, omdat een kruis **alleen dan** wat aan de aanzuigende werking van een onderdruk kan hebben (afbeelding 5). Bovendien is het niet mogelijk dat er voor de roeden uit een onderdruk zal ontstaan doordat de roeden wind voor zich uit stuwen. De molenaars zeiden vroeger niet voor niets dat "roeden de wind moeten snijden". Zij wisten vanuit de praktijk heel goed dat er in de vooruitgaande richting van de roeden géén onderdruk ontstond.

De onderdruk alleen in de lij van de roeden heeft een molen dan ook niets aan doordat die onderdruk de roeden alleen maar in de richting van de hartlijn van de as probeert te buigen. De lijzijde van een roede geeft hierbij, i.p.v. vloeiende luchtstromingen, alleen maar een hele hoop windwervelingen en daarmee genereert een kruis een hoop weerstand (afbeelding 6). Een windmolen moet het dan ook **alleen van de overdruk** op de windzijde van het kruis hebben. Dit in die zin dat de hekkens de wind dwingen van richting te veranderen (naar het achterlijk toe stromen), waardoor er in een tegengestelde richting een (reactie)kracht op de hekkens uitgeoefend wordt welke het kruis gaat dwingen er voor te wijken (actie is reactie).

De "kracht" van een molenkruis

Door velen en met name door hen die heil in windturbines zien, wordt een molenkruis vanwege de "slechte" aërodynamische eigenschappen als zeer in-efficiënt gezien. Maar... is dat zo?

Bij een molen moet het uitgangspunt zijn dat die voor het drijven van mechanische werktuigen gebouwd is, zoals bijv. maalstenen, pelstenen, een vijzel c.q een scheprad, zagen, et cetera. De molens met een vlucht van een 22 meter of meer zijn gebouwd om voor een kwalitatief goede productie een vermogen van een 20 kW (\pm 27 pk), met een uitloop in windvlagen tot hooguit een 30 kW (\pm 40 pk) aan het eigenlijke werktuig te leveren (kleinere molens uiteraard voor minder). Pelmolens vormen hier een uitzondering op. Die moeten meer vermogen dan de andere molens aan de (pel)stenen leveren. Naar ik van wijlen Goffe

⁵ Derde wet van Newton is hier van toepassing: iedere actie veroorzaakt een omgekeerd evenredige reactie.

⁶ "roeden" hier in dit geval a.u.b. in de vaktaal van de beroepsmolenaars verstaan. D.w.z. : de roede zelf maar daar ook de hekkens aan beide zijden van de roede mee inbegrepen.

Brouwer (van de Anjumer molen) gehoord heb vragen pelstenen minstens een 60 pk (± 44 kW) en kon men niet eerder pellen dan bij een 6 Bft.⁷

Moeten deze mechanische werktuigen echter meer vermogen opnemen dan waar ze voor gemaakt zijn dan resulteert dat onherroepelijk in een slechte tot zeer slechte productie. Maalstenen gaan hobbelen en produceren dan doodgemalen meel met daar doorheen “meel” dat die kwalificatie niet verdiend of mag hebben. Vijzels gooien het water over de balk, schepraderen gaan het water over de kop werpen en daardoor dol draaien. Zagen gaan zweven, pelgoed wordt gebroken of er komt veel te veel meel in, etc, etc. Het malen schiet daarbij bovendien ook helemaal niet op. Kortom: er is geen enkel in de molens toegepast werktuig dat bij teveel toegevoerd vermogen een kwalitatief acceptabele productie levert of kan leveren.

Doordat het vaak minder waait dan gewenst moesten de molens ook bij weinig wind nog kunnen malen (produceren). Te weinig wind voor een goede productie met een windmolen komt namelijk meer voor dan genoeg of te veel. Wanneer een molen het werktuig bij weinig wind (± 3 Bft.) helemaal niet kon trekken dan was zo'n werktuig onbruikbaar. Deze mechanische werktuigen kunnen (zoals al aangegeven) echter niet meer dan een bepaald vermogen opnemen en zijn daarbij afgestemd op het vermogen dat een molen bij een matige wind kan leveren.⁸ Het vermogen dat de werktuigen vragen is dan ook toegespitst op het vermogen dat een molenkruis uit een matige wind kan halen, namelijk bij een 4 tot een kleine 5 Bft., waarbij er ook bij 3 Bft. nog enige tot een acceptabele productie verlangd werd. Doordat de wind echter nooit stabiel van kracht is komt het vaak voor dat een molen in een vlaag meer vermogen gaat leveren dan op dat moment persé nodig is. Met een korenmolen bijvoorbeeld wordt dat dan als eerste opgevangen door de steen iets meer bij te houden en / of wat meer maalgoed in de laten. Een vijzel van een watermolen vangt dat meerdere aangevoerde vermogen meestal zelf op, zolang het tenminste niet te gek gaat, door de opbrengst te verhogen. Wanneer het zwaarder belasten van het werktuig niet helpt dan zal er gezwicht moeten worden, of misschien wat meer onder de wind kruien. Wanneer er echter om de haverklap gezwicht, zeil bijgelegd of heen en weer gekruit moet worden schiet het malen niet op. Alles wat tijdens het malen aan het kruis gedaan moet worden moet daarom zoveel mogelijk vermeden kunnen worden.

In verband met de windvlagen – zowel bij veel als bij weinig wind – komt dat door het kruis genereren van vuile wind evenwel juist **heel goed** van pas. Wie wel eens naar het meterspul van een windturbine gekeken heeft, heeft vast opgemerkt dat het vermogen dat zo'n ding uit de wind haalt in een mum van tijd verdubbeld, verdrie- of verviervoudigt. De oorzaak hiervan is dat het gevlucht van een windturbine, in tegenstelling tot een molenkruis, heel goed gestroomlijnd is en daardoor nauwelijks vuile wind genereert. Een windturbine zet daarom iedere windvlaag direct in een sterke toename van elektriciteitsproductie om, wat dan vervolgens het elektriciteitsnet ingedrukt wordt. Met een windmolen moeten dergelijke snelle wisselingen van aan de werktuigen toegevoerd vermogen, om hier boven al genoemde redenen, evenwel zoveel mogelijk vermeden worden. Wanneer een molen dan ook met een gevlucht zoals van een windturbine uitgerust zou worden dan zou er niet mee te malen zijn. Zo'n molen zou (in vlagen) telkens weer de neiging hebben en dat vaak ook doen, om in een

⁷ Dit geldt dan alleen voor molens die ook kunnen malen. Zuivere pelmolens zoals in de Zaanstreek moesten met minder wind ook kunnen pellen omdat die anders geen bestaansrecht konden hebben vanwege te vaak te weinig wind.

⁸ Windturbines zijn voor minstens 7 Bft. gebouwd omdat men blijkbaar geen kans gezien heeft of ziet, om die bij harde wind voldoende te kunnen zwichten.

“tafelsboerd”⁹ te gaan staan. De werktuigen kunnen immers die snelle toename van toegevoerd vermogen niet aan waardoor het aantal einden zeer snel toe zal nemen. Verdekkerde en verbusselde molens waren of zijn, hier een voorbeeld van. Die molens wilden in vlagen nogal graag aan de haal gaan. Van de molen van Wijns bijvoorbeeld is, van de tijd dat hij verdekkert was, bekend dat hij in vlagen nogal snel aan de haal ging. Men liet hem dan meestal maar. Wanneer de vlag voorbij was ging het wel weer rustiger.

Voor een watermolen met een vijzel is de neiging snel te hard te gaan nog niet zo erg doordat een vijzel v.w.b. een snelle vermogenstoename wel wat aan kan; zolang hij het water maar niet over de balk gooit. Alle andere soorten molens moeten de neiging nogal snel te hard te gaan veel minder dan een watermolen hebben doordat de werktuigen een snelle, door het kruis geleverde, vermogenstoename niet tot veel minder dan een vijzel aan kunnen. Een zo ongeveer om de haverklap snelle wisseling van het aantal einden (per minuut) is altijd slecht voor productie qua kwaliteit en ook kwantiteit. Een molen die zo egaal mogelijk maalt produceert het beste en het meeste. Windvlagen heeft een molen doorgaans dan ook hooguit nauwelijks iets tot veel vaker niets aan. Soms echter was (of is) malen met een erg vlagerige wind toch de enige optie omdat er wel malen maar geen goede maalwind was (of is) en ja, dan mot je wel us wat. En of je dan blij bent met een zeer slecht aërodynamisch kruis! Door die vuile wind wordt de gang van het kruis in vlagen behoorlijk tot veel afgeremd waardoor een molen niet zo snel aan de haal wil gaan en de productie van goede kwaliteit is. Met een gevlucht van een windturbine daarentegen zou de kwaliteit bij ieder windkracht vanwege de vlagen, on-acceptabel zijn.

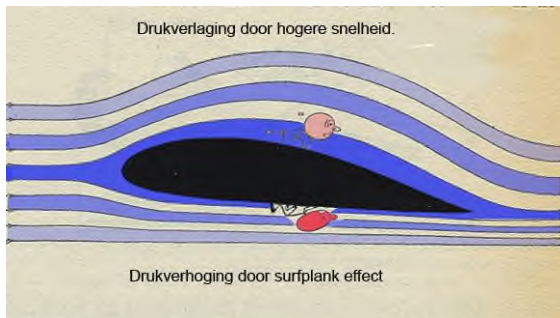
Conclusie

Doordat de eigenschappen van mechanische werktuigen niet toelaten dat de toegevoerde energie in zeer korte tijd het maximum vermogen welke zulke werktuigen op kunnen nemen, meer of minder fors gaat overschrijden zijn de slechte aërodynamische eigenschappen van een kruis t.o.v. een gevlucht van een windturbine juist geen nadeel, maar **het grote voordeel** van een windmolen.

Hier komt nog bij dat wanneer een windmolen een gevlucht zou hebben zoals van een windturbine, hij zich binnen zeer afzienbare tijd tot brandhout (houten molen) of in puin (stenen molen) gemalen zou hebben. Een kast van een standaardmolen of een toren van hout of steen kan de zeer snelle wisseling van krachten zoals die zich bij een windturbine voordoen, zonder zichzelf uitelkaar te malen, namelijk niet lang verdragen. Alleen wanneer de molens minstens een keer zo zwaar / sterk uitgevoerd zouden zijn dan ze zijn, zou het misschien kunnen (maar of ze het dan minstens een paar honderd jaar uit zouden kunnen houden?). De molens zouden dan echter zo duur om te bouwen geweest zijn dat zij nooit gemeengoed geworden waren. Het is daarom maar goed dat de aërodynamische theorieën die er nu zijn, in de tijd van de ontwikkeling van de molens (vanaf ± het jaar 1000 tot 1700) er toen nog niet waren. Waren die er wel geweest dan was men het kruis ongetwijfeld aan de hand van die theorieën gaan maken, met als resultaat dat de molens een onhaalbare zaak gebleken zouden zijn. Anders gezegd: door die (op het oog) slechte aërodynamische eigenschappen van het kruis konden de molens **juist** tot ontwikkeling komen. Er kan bij dit alles dan ook gesteld worden dat voor produceren met windkracht d.m.v. mechanische werktuigen, het kruis van een windmolen veruit superieur is aan het gevlucht van een windturbine!

⁹ Op hol gaan. In een “tafelsboerd gaan staan” wil zeggen dat een molen zo hard gaat dat de roede-einden amper tot niet meer van elkaar te onderscheiden zijn waardoor de cirkel die het kuis doorloopt op een dicht vlak gaat lijken.

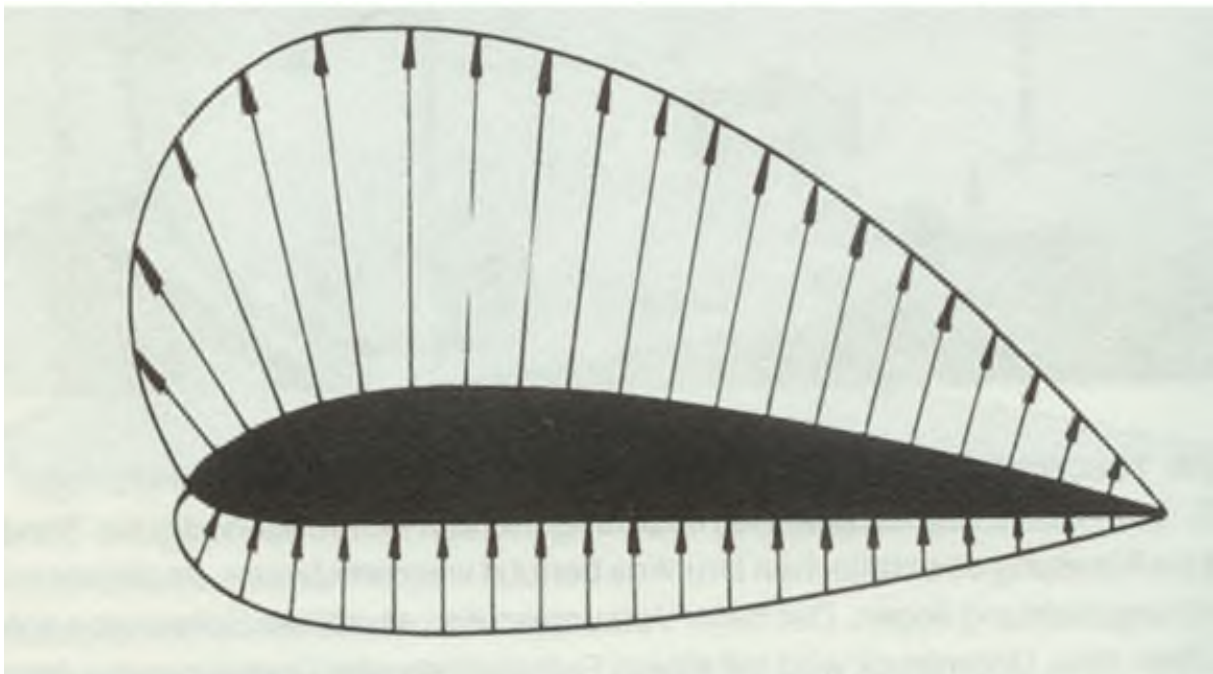
Afbeeldingen



Afbeelding 1 - Bron: www.funfly.nl.

Met dergelijke afbeeldingen wordt in de vleugeltheorie de veronderstelling dat de lucht sneller over de vleugels heen moet stromen dan er onder door, als gevolg van de grotere kromming van de bovenzijde t.o.v. de onderzijde, visueel inzichtelijk gemaakt.

Afbeelding 2 - Bron: www.funfly.nl



Met de pijlen op deze afbeelding wordt gesuggereerd dat de onderdruk boven de vleugel veel groter is dan de overdruk er onder. Dit kan echter niet meer dan een fantasie zijn doordat de luchtdruk overal rondom een vliegtuigvleugel even groot is en daarmee in evenwicht is. Alleen wanneer een vleugel die evenwichtstoestand plaatselijk verstoort doordat die lucht gaat verdringen ontstaan de over- en onderdrukken. Het resultaat van dat luchtverdringen is dat de onderdruk boven de vleugel nooit groter kan zijn dan de overdruk er onder.

Afbeelding 3 – Bron: eigen foto



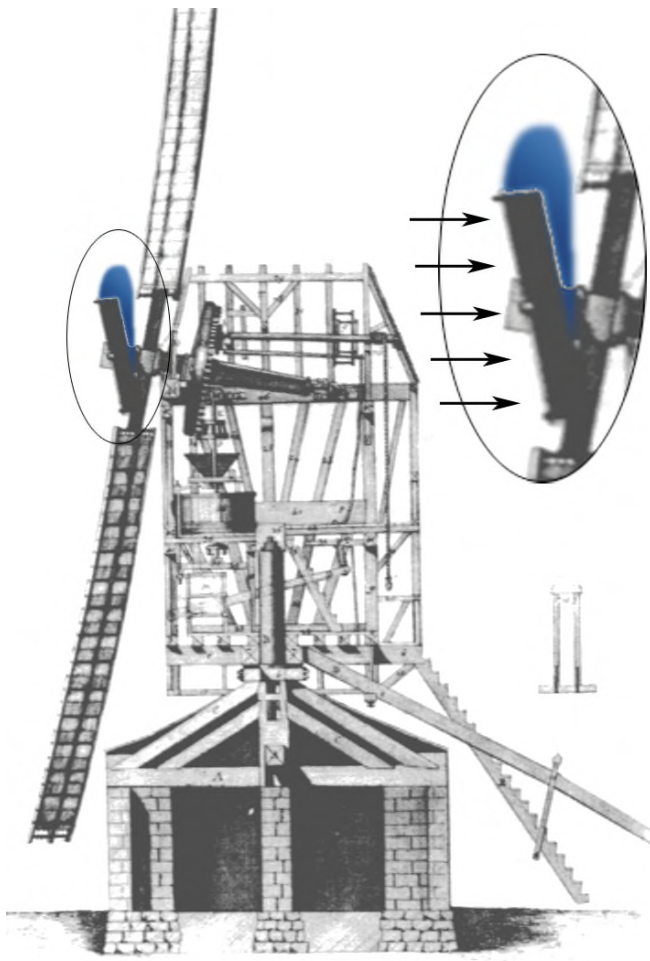
Deze boot stuwt geen of nauwelijks water voor de boeg uit doordat het voorschip nogal scherp is. Het water wordt direct zijwaarts weg gedrukt. Een soortgelijke afbeelding van een rond- of platbodem zou beter geweest zijn doordat die wel water voor het schip uitstuwden, maar die heb ik niet beschikbaar.

Afbeelding 4 - Bron: eigen foto

De geprononceerde hekgolf wordt veroorzaakt doordat de boot in de breedte maar ook in de lengte, een ellipsvorm heeft. Naar het verticale vlak toe vindt onder de boot hetzelfde v.w.b. de waterverplaatsing plaats als in het horizontale vlak. Het water wordt daar naar beneden weg gedruwd en veroorzaakt daarachter eigenlijk ook een onderdruk in het water. Wanneer de van de boot afgerichte energie verdwenen is stroomt het water ook vanonder de boot omhoog en daarmee naar de boot terug. Deze omhoog gerichte stroming veroorzaakt dan vervolgens en ook weer door de massastraagheid van het water, de hekgolf (materie in beweging wil in die beweging en in een rechte lijn, volharden).



Afbeelding 5 - Bron: Wiekssystemen voor polder- en industriemolens van G. J. Pouw.
Doorsnede van een standaardmolen met een gelijkzijdig opgehekt kruis.



De zwarte pijlen op de inzet verbeelden de wind en de druk daarvan op het kruis. Het blauwe gedeelte stelt de in de vleugeltheorie veronderstelde onderdruk voor.

Afbeelding 6 – Bron: eigen foto's



Het bovenste gedeelte van de afbeelding hiernaast is een schermafdruk van een filmpje en het onderste part een gedeelte van een foto. Bij een paar proefnemingen omtrent een eventueel vleugelprofiel rond de roeden is gebleken dat veel windstromingen direct in de lij van de hekkens zo ongeveer alle kanten op kunnen wervelen en globaal vaak een schuin naar de roede-einden toe gericht zijn. Deze schuin naar de roede-einden gerichte windstromingen zijn een gevolg van de centrifugale krachten door de wrijving van de luchtmoleculen met de hekkens.