



SCHEVE SCHROEFRAND IS BRANDSTOFBESPAREND

Op vele manieren wordt er binnen de scheepsbouwsector gesleuteld om het varen nog “groener” te maken. Zo is er onderzoek gedaan om de schepsschroef ook “groener” te ontwikkelen.

Een schepsschroef van een binnenvaartschip draait met gemiddeld 370-450 toeren per minuut door het water om hiermee voortstuwing te creëren. De stompe intreezijdes van een schepsschroef veroorzaken weerstand bij de circulatie.

De afgelopen jaren heeft Jooren Schepsschroeven in Dordrecht onderzoek gedaan om middels een innovatieve schroef brandstof te besparen. Het bedrijf bestaat sinds 1959 en heeft door een breed ontwikkelingspakket aan schepsschroeven de nodige expertise opgedaan om een efficiëntieslag te maken. Door een samenspel tussen enkele binnenvaartschipper-ondernemers en Jooren is het idee opgepakt om met een innovatieve aanpassing de schroef nog “groener” te maken. Dit heeft erin geresulteerd dat de bladen een scheve rand hebben gekregen.



Schroef links met scheve rand. Schroef rechts zonder scheve rand.

Hierdoor kan een schip gemiddeld dezelfde snelheid bereiken met dertig à veertig minder schroefomwentelingen per minuut, wat resulteert in een brandstofbesparing van circa vijf procent. Tevens bleek dat de schroef minder lawaai produceerde, ongeveer 3 tot 4 decibel. Geluid in het achterschip bij de verblijven is een belangrijk aandachtspunt en moet aan de gestelde regelgeving voldoen.

Geluidsvoorschriften

Het Europees Comité voor de opstelling van standaarden voor de binnenvaart (CESNI) heeft een Europese standaard tot vaststelling van de technische voorschriften voor binnenschepen vastgelegd (ES-TRIN). Hierin liggen in onderdeel ES-II-5 de voorschriften voor geluidsmetingen en de toelatingswaarden van de geluidsdruk vast. Voor de controle van het maximaal toegestane niveau van de geluidsdruk bedoeld in de standaard moeten de uitvoering van proeven en de voorwaarden voor de kwantitatief reproduceerbare meting van de niveaus van de geluidsdruk overeenkomstig vastgelegde procedures zijn. De decibeltoetsingswaarden zijn voor de machinekamer 110, voor de stuurhut 70,5, voor de woonkamer 70,5 en voor de slaapkamers 60,5.

Ook de metingen van het geluid (akoestiek) dat door de vaartuigen op de vaarwegen en in havens wordt voortgebracht, moeten wor-

den uitgevoerd volgens de Europese norm EN ISO 2922 : 2013, onderdelen 7 tot en met 11. Tijdens de metingen moeten de deuren en vensters van de machinekamers gesloten zijn.

EN-ISO 2922 specificeert de voorwaarden voor het verkrijgen van reproduceerbare en vergelijkbare meetresultaten van het luchtgeluid uitgestraald door vaartuigen van alle soorten, op binnenwateren en in havens en havenbekkens, met uitzondering van pleziervaartuigen met motoraandrijving zoals gespecificeerd in de ISO 14509-serie.

Dit document is van toepassing op zeeschepen, havenschepen, baggerschepen en alle vaartuigen, met inbegrip van niet-verplaatsbare vaartuigen, die gebruikt worden of gebruikt kunnen worden als vervoermiddel op het water. Er gelden geen beperkingen voor de toepassing van dit document met betrekking tot de snelheid, lengte en hoogte van vaartuigen, zolang wordt vastgesteld dat het schip zich gedraagt als een puntbron op de referentieafstand van 25 meter. Alle overeenkomstig dit document verkregen geluidsgegevens hebben betrekking op een referentieafstand van 25 meter.

Inmiddels zijn er 4000 binnenvaartschepen uitgerust met een schroef met scheve rand

Onderzoek

Vooraf wordt in een formule een aantal eenheden verzameld om tot de juiste omvang van de schroef te komen, zoals type schip, motorvermogen, maximumtoerental, reductie op de schroefas, volgstroomfactor en displacement in tonnen, leeg en geladen. Hieruit volgt een optimum om de "spoed" van de schroef vast te stellen. Daarbij wordt gekeken of het een drie- of vierbladsschroef zou moeten zijn.

De spoed ϕ van een schroef is de afstand die deze afgelegd zou hebben indien deze in een vaste stof zou ronddraaien, vergelijkbaar met schroefdraad. De spoed wordt bepaald door de hoek die de bladen maken met de schroefnaaf. Dit heeft invloed op de stroomsnelheid waarmee het water de schroef verlaat. In vloeistof legt de schroef een minder grote afstand af. Het verschil wordt slip genoemd. Hoewel deze zo klein mogelijk moet zijn om een goed rendement te halen, is een minimale slip ook nodig omdat de invalshoek een liftkracht genereert.

Doordat de bladen onder een hoek staan ten opzichte van de aanstroomhoek, wordt deze liftkracht opgewekt. Deze heeft een voorwaartse component, de stuwkracht, die het schip voortstuwt. In de rekenexercitie wordt ook gebruikgemaakt van het softwaremodel Quaestor van MARIN (Wageningen). Deze schroefontwerptool biedt een geïntegreerd traject van offerte, schroefontwerp tot en met productievoorbereiding op basis van bestaande kennis en gereedschappen. Dit kennissysteem heeft de *time-to-market* op het

gebied van ontwerp en engineering met ongeveer zestig procent gereduceerd. Bovendien is het aantal schroefcorrecties na productie gehalveerd.

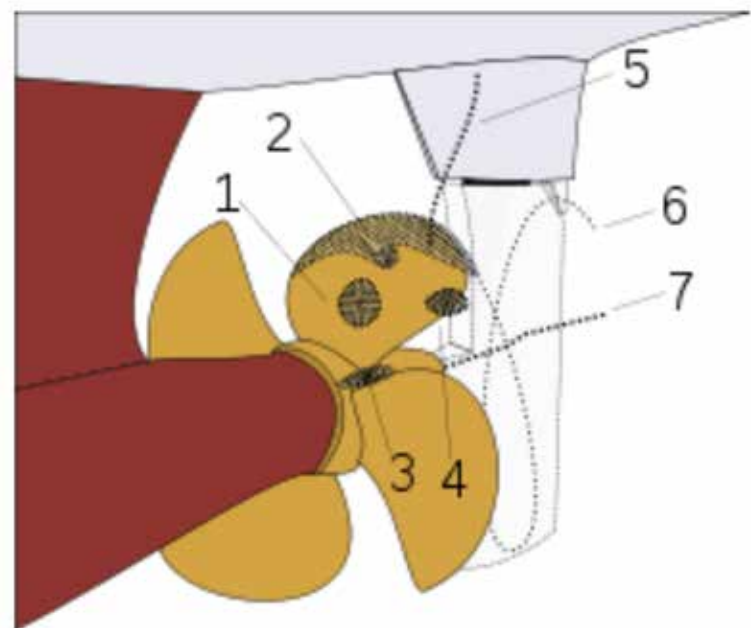
De eerste 3D-test is gedaan met een CFD-scan (Computational Fluid Dynamics) ofwel numerieke stromingsleer, de studie van de stroming. Hieruit kwam een vermogenstoename van 2,3 procent bij de scheve-randschroef.

Als extra toetsing van de validatie van de ontwikkelde "groene schroefrand" is in de Duurzaamheidsfabriek te Dordrecht nogmaals twee dagen getest op de Dynamic Maritime Test Facility (DMTF). Met de groene schroefrand heeft de schroef minder weerstand bij de circulatie, waardoor bij minder schroefomwentelingen per minuut toch dezelfde vaarsnelheid kan worden bereikt. Deze test heeft, naast de ervaringscijfers van meerdere schepen, vastgesteld dat er een substantiële brandstofbesparing (circa vijf procent) gerealiseerd wordt.

Minder cavitatie bij schroef met scheve rand

Op de DMTF-test is de *performance* van de schroef, eerst zonder en daarna met de groene schroefrand onder gecontroleerde condities getest. Daarbij werd er, naast vaarsnelheid, stuwdruk op en torsie in de aandrijfas en het door de aandrijfmotor opgenomen vermogen, ook zo mogelijk gekeken naar het al of niet optreden van cavitatie. In de metingen kwam ook naar voren dat bij de schroef zonder scheve rand de gemiddelde Signal Noise Ratio (SNR) en het *reliability*-getal betrekkelijk laag zijn waardoor er meer cavitatie meetbaar, zichtbaar en hoorbaar was.

SNR of signaal-ruisverhouding, is een maat voor de kwaliteit van een signaal waarin een storende ruis aanwezig is. De SNR geeft het vermogen (sterkte) van het gewenste signaal in verhouding tot het



Soorten cavitatie: 1: bellencavitatie, 2: vliescavitatie, 3: bladwortelcavitatie, 4: wolkencavitatie, 5: schroef-rompcavitatie, 6: tipwervelvavitatie, 7: naafwervelvavitatie.



Uit een eerste CFD-scan (computational fluid dynamics) van de schroef met scheve rand kwam een vermogenstoename van 2,3 procent.

vermogen van de aanwezige ruis. De SNR wordt meestal gegeven als het quotiënt van de gemiddelde vermogens P_{gewenst} van het gewenste signaal en P_{ruis} van de achtergrondruis.

De formule om SNR te berekenen is: $SNR = P_{\text{gewenst}} : P_{\text{ruis}}$

De uitkomst is de ruimte tussen de signaalsterkte en de sterkte van de ruis op de achtergrond. Hoe hoger hoe beter, omdat de ruis bij een hoge waarde niet opvalt.

De wervelingen die het blad verlaten zijn ongelijkmatig en waaieren breed uit. Bij 800 rpm is er een reliability van 4,8 procent bij een 17,7 SNR. De meting bij de scheepsschroef met de scheve rand geeft daarentegen een positief beeld, met minder cavitatie, minder geluid en een werveling die heel vloeiend en synchroon loopt. Bij 800 rpm is er een reliability van 100 procent bij een 24,3 SNR. Inmiddels zijn er 4000 binnenvaartschepen uitgerust met een scheve-rand-

schroef en zijn de meldingen van schippers positief. Met een lager toerental op de hoofdmotor wordt dezelfde vaarsnelheid behaald als voorheen. Daarbij is er minder geluid (decibels) in de verblijven door verminderde cavitatie van de schroef.

Cavitatie

Er zijn verschillende soorten cavitatie. Cavitatie is het verschijnsel dat in een turbulent bewegende vloeistof de plaatselijke druk lager

wordt dan de dampdruk van de vloeistof. In de DMTF-test bleek dat met name tipwervel- en vliescavitatie afnamen (zie de figuur op de vorige pagina).

De natuurkundige Daniel Bernoulli (1700-1782) heeft het stromingsgedrag van vloeistoffen en gasen beschreven en de drukveranderingen aan hoogte- en snelheidsveranderingen. Volgens de Wet van Bernoulli treden er drukverlagingen op. Hierdoor zullen dampbellen ontstaan die met kracht kunnen imploderen als ze in een gebied komen waar de druk weer hoger is. Door de implosie wordt een schokgolf opgewekt die te horen is als geluid, maar ook schade kan toebrengen aan schroefbladen. Als cavitatie optreedt, zal dit een kenmerkend geluid veroorzaken.

Er is minder geluid in de verblijven door verminderde cavitatie van de schroef



Martin van Dijk

Onafhankelijk adviseur binnenvaart en redactielid van SWZ|Maritime, mhzefir@gmail.com