

Golven zijn nooit te vertrouwen.

Prof.dr.ir. J.A. Pinkster/
Nico Wittebrood

Report nr. 989-P

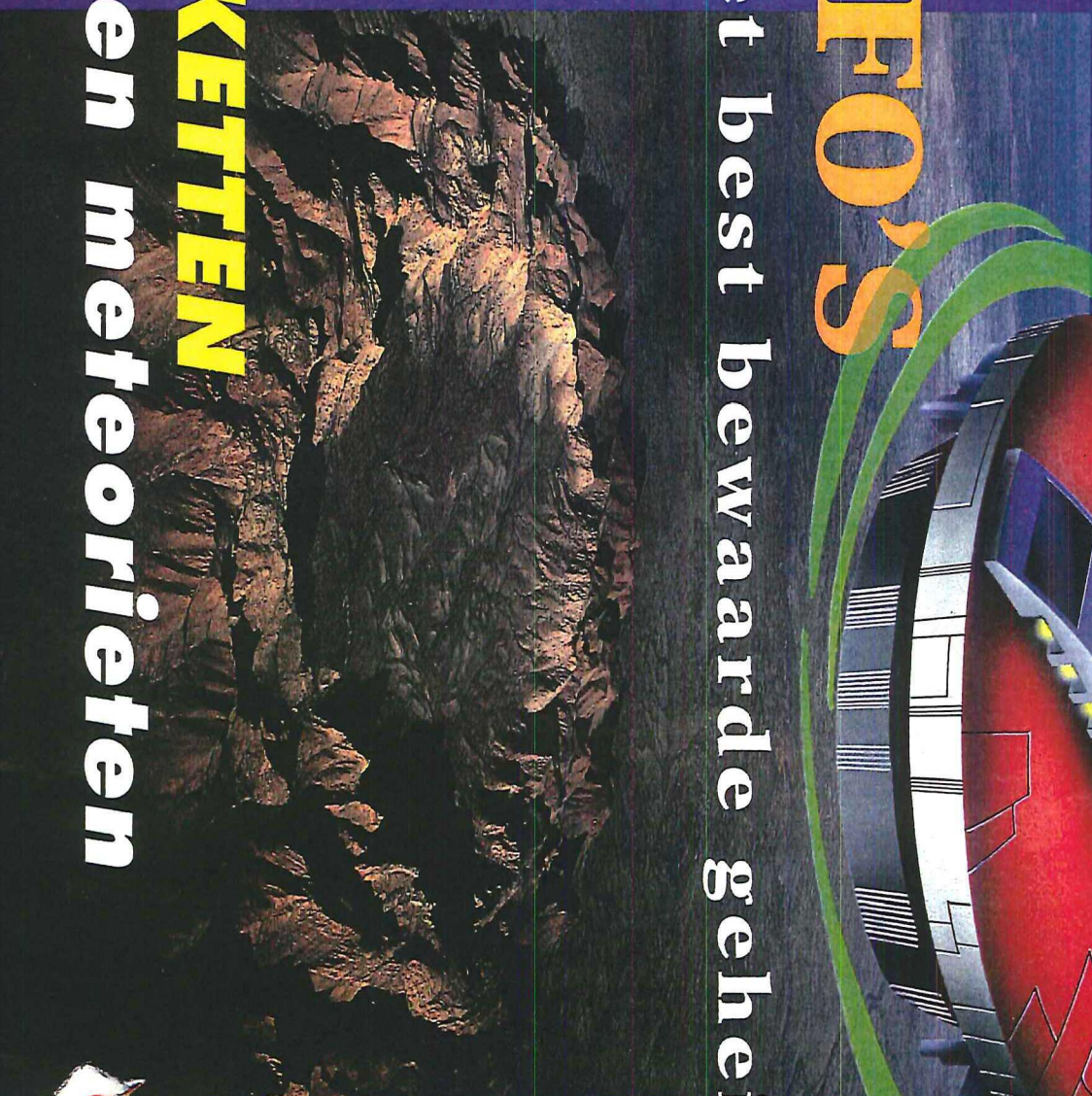
Publ. KIJK, december 1993

WIKI

POPULAIR

UFO'S

Het best bewaarde geheim



SAKETTEN egen meteorieten

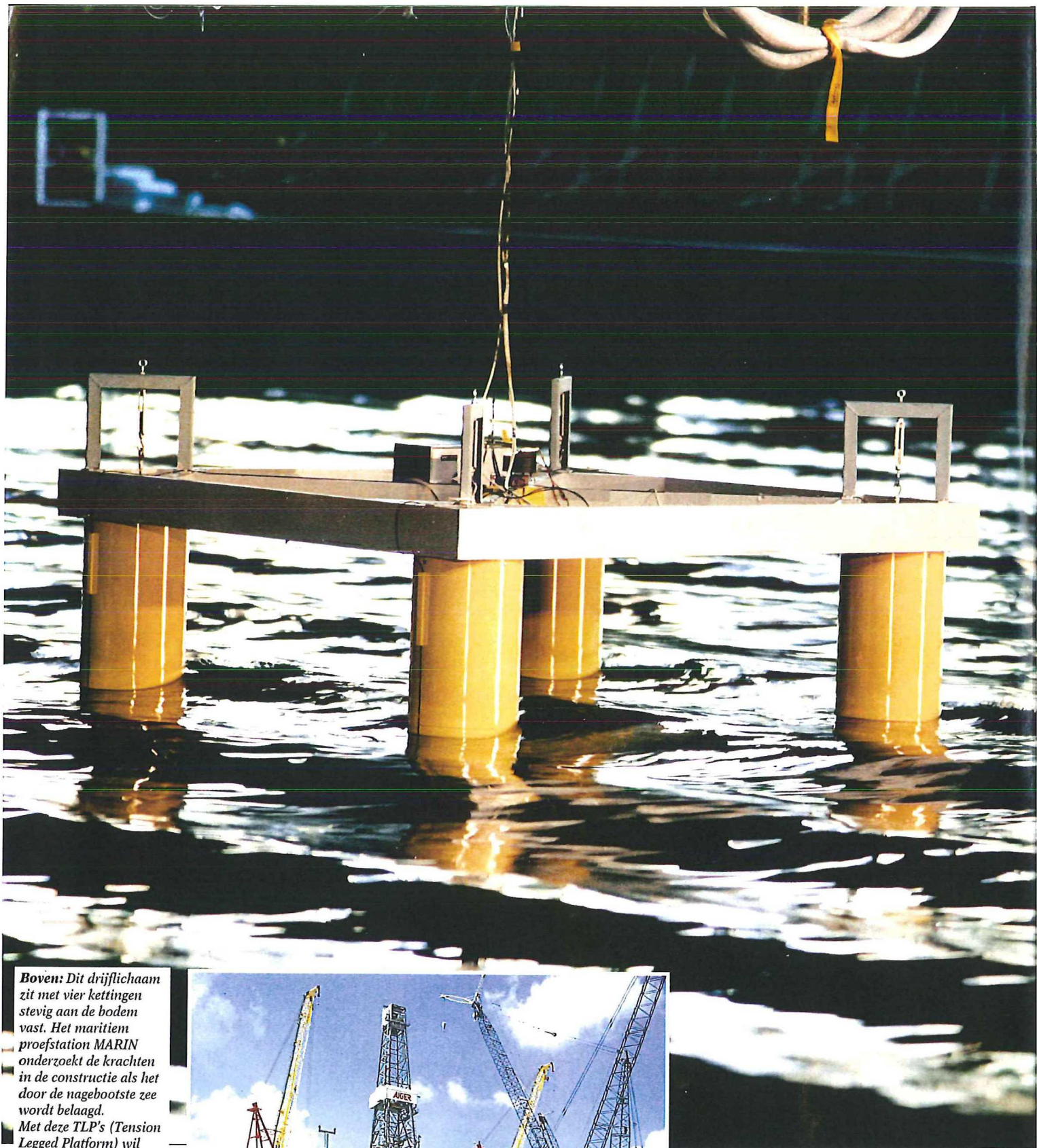
DE KAT IS NIET VOOR DE POES

Moet de **wetenschap** aan de ketting?

Onzichtbare gast verziekt kerstmaal

Auto's die niet mochten





Boven: Dit drijflichaam zit met vier kettingen stevig aan de bodem vast. Het maritiem proefstation MARIN onderzoekt de krachten in de constructie als het door de nagebootste zee wordt belaagd. Met deze TLP's (Tension Legged Platform) wil men olie en gas uit de diepzee halen. Shell Oil bijt de spits af: de Auger-TLP (rechts) gaat in 1996 produceren in de Golf van Mexico, boven 872 meter diep water. TLP's zouden tot 3000 meter kunnen produceren.

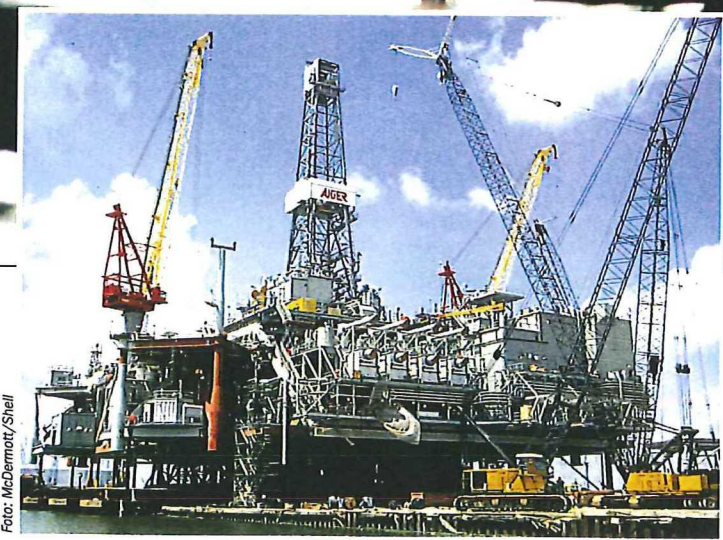


Foto: McDermott/Shell

GOLVEN Z



De nieuwste typen booreilanden staan niet meer vast op de zeebodem. Dat kan ook niet meer als je olie wilt winnen in een zee van achthonderd meter diepte. Die drijvende platforms moeten onder de zwaarste omstandigheden op hun plaats blijven. En dat stelt de constructeurs voor bijzondere problemen.

Foto: Mann

Verwend genoeg lag er naast het veldje waarop we een balletje traptent altijd wel een sloot. En als je dan geen stok of tak had, stond je machteloos te kijken naar de dobberende bal, die steeds verder wegdreef. Tot iemand zich de 'golfmethode' herinnerde: steentjes of kluitjes aarde gooien achter de bal, zodat de opgewekte golfjes de bal in de juiste richting stuwden. En dat werkte. Al duurde het een eeuwigheid voor je de bal weer in handen had, doordat altijd

wel een vriendje met een verkeerde worp 'tegen-golven' maakte. De blijdschap over de terugveroverde bal was uiteraard groter dan de nieuwsgierigheid over de werking van de golfmethode. Zelfs voetballertjes die later in de hydromechanica gingen werken, lieten het verschijnsel links liggen. "We waren hoofdzakelijk geïnteresseerd in het krachtenspel tussen varende objecten en golven," verklaart professor Pinkster, van de TU-Delft. "Van wat golven met dobberende of afgemeerde schepen doen, kenden we alleen de bewegingen die het schip ondergaat: stampen en rollen. Niet de krachten waardoor een schip met de golven meedrijft."

Volgens Pinkster werd dat terrein 25 jaar geleden pas betreden; het moment waarop de olie- en gaswinning op zee, beter bekend als offshore, begint. "Schepen die op zee voor anker liggen, doen dat tijdelijk. Als ze voor langere tijd uit de vaart worden genomen, brengen de eigenaars ze naar 'rustig water' zoals de Noorse fjorden. Offshore-constructies daarentegen zijn juist ontworpen om jaren achtereen op dezelfde plek op zee te blijven. Ook onder de zwaarste omstandigheden." In die omstandigheden blijkt de golfdrijfkracht (*wave drift force*, in vaktaal) een bijzondere rol te spelen.

In januari 1993 schrok Europa op van de milieuramp bij de Schotse Shetland Eilanden. De motor van de olietanker Braer was in zwaar weer uitgevallen, waardoor het schip stuurloos raakte. Pinkster: "Als zo'n lamgeslagen scheepsreus van 2 à 300.000 ton dwars op de golven komt te liggen, merk je goed het effect van golfdrijfkrachten. Laat in gedachten de wind en de stroming even buiten beschouwing en kijk alleen naar de huize-hoge golven. Die duwen de Braer zomaar even opzij met een kracht van pakweg 200-300 ton." Natuurlijk, de kracht van ruw water, nog versterkt door een zware storm, is enorm. Maar een schip dat op het water drijft is toch niet vergelijkbaar met een offshore-constructie die stevig op de zeebodem staat? Klopt, maar de nieuwste typen

kunstmatige eilanden op zee staan niet meer op eigen benen. Daardoor krijgen hun constructeurs wel degelijk te maken met golfdrijfkrachten. De productie van olie en gas vindt steeds meer plaats in diepe zeeën. De grote diepte betekent dat de constructeurs hun platforms niet langer kunnen laten dragen door torens die op de zeebodem rusten. De onvoorstelbaar grote kolos die nu in het Noorse Stavanger wordt vervaardigd voor het Troll-gasveld, vormt waarschijnlijk de grens van deze 'starre' bouwwijze. De betonnen onderbouw is maar liefst 370 meter hoog en behoort daarmee tot de grootste bouwwerken ooit door mensenhanden gemaakt.

Voor nog grotere diepten zoeken de offshore-bouwers hun heil in drijvende platforms. Die verankert men zo strak mogelijk aan de bodem. Een goed voorbeeld zijn de zogeheten *Tension Legged Platforms* (TLP's). In 1984 kwam op de Noordzee de eerste TLP in actie: de Hutton-TLP, in een nog voorzichtigte waterdiepte van 160 meter. Maar de ontwikkeling gaat pijlsnel. Shell Oil in de Verenigde Staten is al vergevorderd met de bouw van de Auger-TLP. Die zal in 1996 in de Golf van Mexico in actie komen boven een 872-meter diepe zee.

Behalve diepgelegen olie- en gasvelden ontginnen de oliemaatschappijen steeds vaker kleinere reservoirs. Die halen ze leeg met drijvende productieplatforms. Hiervoor gebruiken de producenten aangepaste tankers, waarbij de ladingtanks dienen als opslagruimte voor de ruwe olie. Maar, TLP of tanker, beide constructies liggen langere tijd op één plaats in de golven. Daardoor krijgen ze onherroepelijk te maken met de golfdrijfkracht.

Professor Pinkster werkte voorheen bij Marin, het vermaarde onderzoeksinstituut voor de zeevaart in Wageningen. "Begin jaren zeventig kregen we vragen uit de offshore, in de trant van: wat doet een afgemeerd schip dat in zware storm op zee drijft? Daar bleek zeer weinig over bekend te zijn. Op initiatief van oliemaatschappij Exxon begonnen we in 1977 een uitgebreid onderzoek naar het wezen van golfdrijfkrachten. Daar zijn we tot 1983 mee bezig geweest. Het probleem was zo universeel dat Exxon een groot aantal andere oliemaatschappijen zover kreeg de concurrentie even te vergeten en hieraan mee te betalen." Dat de kwestie de moeite waard was om op te helderen, bleek in 1988. Boven het Britse Fulmarveld in de Noordzee lag al vier jaar een olietanker van 300.000 ton afgemeerd, als opslagruimte voor de geproduceerde ruwe olie. De Fulmar-tanker ligt vast op één punt, maar kan wel draaien om dat ene ankerpunt. Op die manier staat de neus altijd in de wind en in de golven.

JN NOOIT TE VERTROUWEN

Pinkster: "Het schip is in een zware winterstorm losgeslagen. Achteraf bleek het afmeersysteem een zwakke plek te hebben. De golfdrijfkrachten hebben piekkrachten veroorzaakt waar het afmeer-systeem niet tegen bestand was."

Het Marin onderzoekt in zijn bassins proefondervindelijk of bepaalde ontwerpen aankunnen waarvoor ze zijn ontworpen. Dr.ir. Wichers, hoofd projectleiding Offshore: "Eén van de ontwerp-eisen voor de offshore op de Noordzee is dat de constructie berekend moet zijn op 'de honderdjarige storm'. Dat is een extreem zware belasting, door een weersgesteldheid die in theorie één keer in de honderd jaar optreedt. Nu de offshore-industrie in toenemende mate drijvende of flexibele constructies inzet, moeten ook die standhouden bij een golfhoogte tot wel 30 meter."

Schepen die, simpel gezegd, aan een touwtje in de golven liggen, vertonen iets eigenaardigs. Wichers: "Hier in het bassin kunnen we golfdrijfkrachten prima nabootsen. Stel we hebben een scheepsmodel van een tanker dat we met een schaalmodel van een ketting vastmaken aan een paal. We starten alleen de golfmachine, dus géén stroming en géén wind. Dan zie je dat het schip langzaam heen en weer gaat bewegen. De ketting gaat strakker staan, tot er evenwicht is en de zakkende ketting aangeeft dat het schip naar voren beweegt. Dit proces herhaalt zich eindeloos."

Uitvoerige experimenten hebben ons twee belangrijke zaken geleerd: als we de golfhoogte twee keer groter maken, neemt de golfdrijfkracht met een factor vier toe. Ten tweede bleek dat één heen-en-weer-beweging van het schip steeds 3 tot 5 minuten duurt. Dat betekent dat het geketende schip kan gaan resoneren."

Resonantie kan prettig zijn. Bijvoorbeeld als de klankkast van een gitaar meetrilt met de snaar, en zo het geluid versterkt. Dat is ook de taak van de kast. Resonantie kan ook slopend zijn. Bijvoorbeeld als het wegdek van een brug gaat meetrillen met de dreun van marcherende soldaten. Daar is een brug niet op berekend. Het schoolvoorbeeld van de vernietigende kracht van resonantie is het verhaal van de Tacoma Narrows Bridge, in de Amerikaanse staat Washington. Deze hangbrug begon door een stevige wind zo hevig te deinen, dat hij na een paar uur instortte (zie KIJK april '92, blz. 59 e.v. over *resonantie*). Een afgemeerd schip op zee kan ook door golven in resonantie raken: de op zich bescheiden golfdrijfkracht laat het schip in een langzame resonantie heen en weer varen, waarbij de kracht in het afmeersysteem gevaarlijke pieken kan bereiken.

Ook bij TLP's blijken golfdrijfkrachten resonantie te kunnen veroorzaken. Het drijflichaam van een TLP is op de vier hoeken met een aantal zware kabels verankerd aan de zeebodem. Wichers: "Die tuikabels zijn voorgespannen: hoe het zee-oppervlak ook op en neer gaat, het uit de kluiten gewassen platform volgt de deining niet. Al steekt de honderdjarige storm de kop op, met zijn theoretische golfhoogte van 30 meter: de

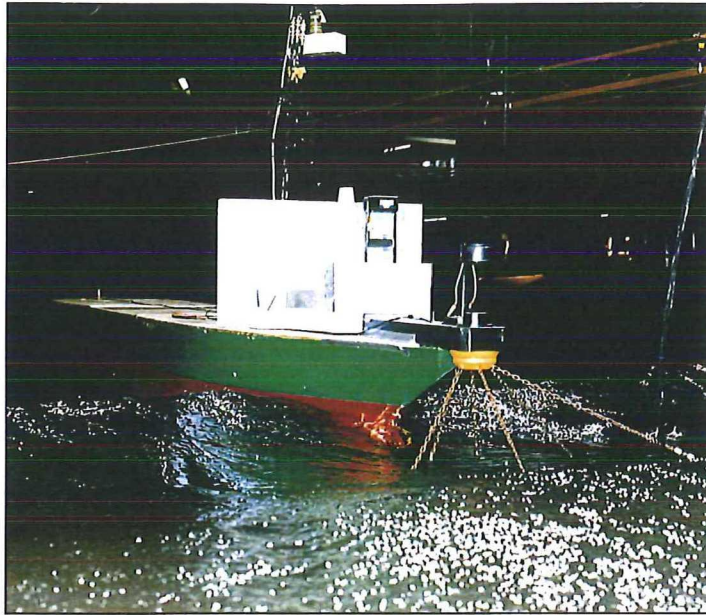
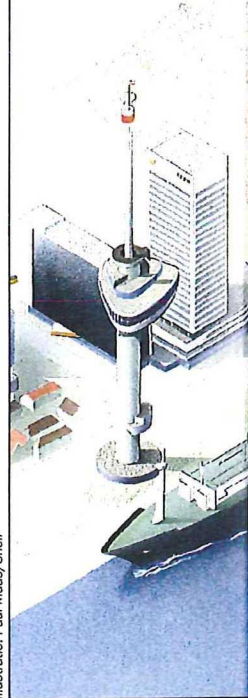


Foto: Marin

kabels blijven strak en het dek blijft droog." Goed, op het platform van een TLP ondervind je dus geen golfdeining. Toch is er beweging. De tuikabels lopen verticaal, waardoor golven kunnen zorgen voor een horizontale beweging. (De 'kleine' Hutton-TLP zwaait maximaal ruim 50 meter heen en weer.) Het grote gevaar schuilt volgens Wichers echter weer in resonantie: "Hoe stevig de tuikabels ook zijn, ze hebben enige rek. In ons proefbassin hebben we vastgesteld dat golfdrijfkrachten kunnen zorgen voor een gecombineerde horizontale en verticale beweging. De frequentie van die beweging is 2 á 3 seconden...en, helaas, dat is ook het gebied van de eigenfrequentie van TLP's. Dan kunnen er gevaarlijke piekkrachten optreden."

Wat dan nog? Als oorzaak (golven) en gevolg (piekkrachten) bekend zijn, kan de constructeur zijn ontwerp toch sterk genoeg maken? Wichers grijnst: was het maar zo simpel. "We kunnen, mede dank zij computers, heus heel veel, maar één verschijnsel kunnen we niet, nog niet, volledig in formules vastleggen: het gedrag van bewegend water, zoals bijvoorbeeld golven. Al onze berekeningen zijn gebaseerd op de zogeheten potentiaaltheorie. Die zegt dat waterdeeltjes op een ideale manier bewegen, uitsluitend als gevolg van drukkrachten. In werkelijkheid is water *viskeus*, waardoor zaken als wrijving een belangrijke rol spelen. Nu hebben we daar geen vat op. Achter elke piek in het krachtenspel die we 'herkennen' en waar we rekening mee houden, gaat een aantal onbekende pieken schuil. Daarom zijn modelproeven onmisbaar. In de bassins zijn golven echte golven, die het model meedogenloos belasten. Die draaien niemand een loer." Maar overall in de wereld maken de maritieme onderzoekers vorderingen. Wichers schat dat over 10-15 jaar computers een veelvoud van hun huidige rekenvermogen zullen hebben. Dan zal het bewegend water 'gekoooid' zijn in formules. "Maar modelproeven zullen nooit overbodig

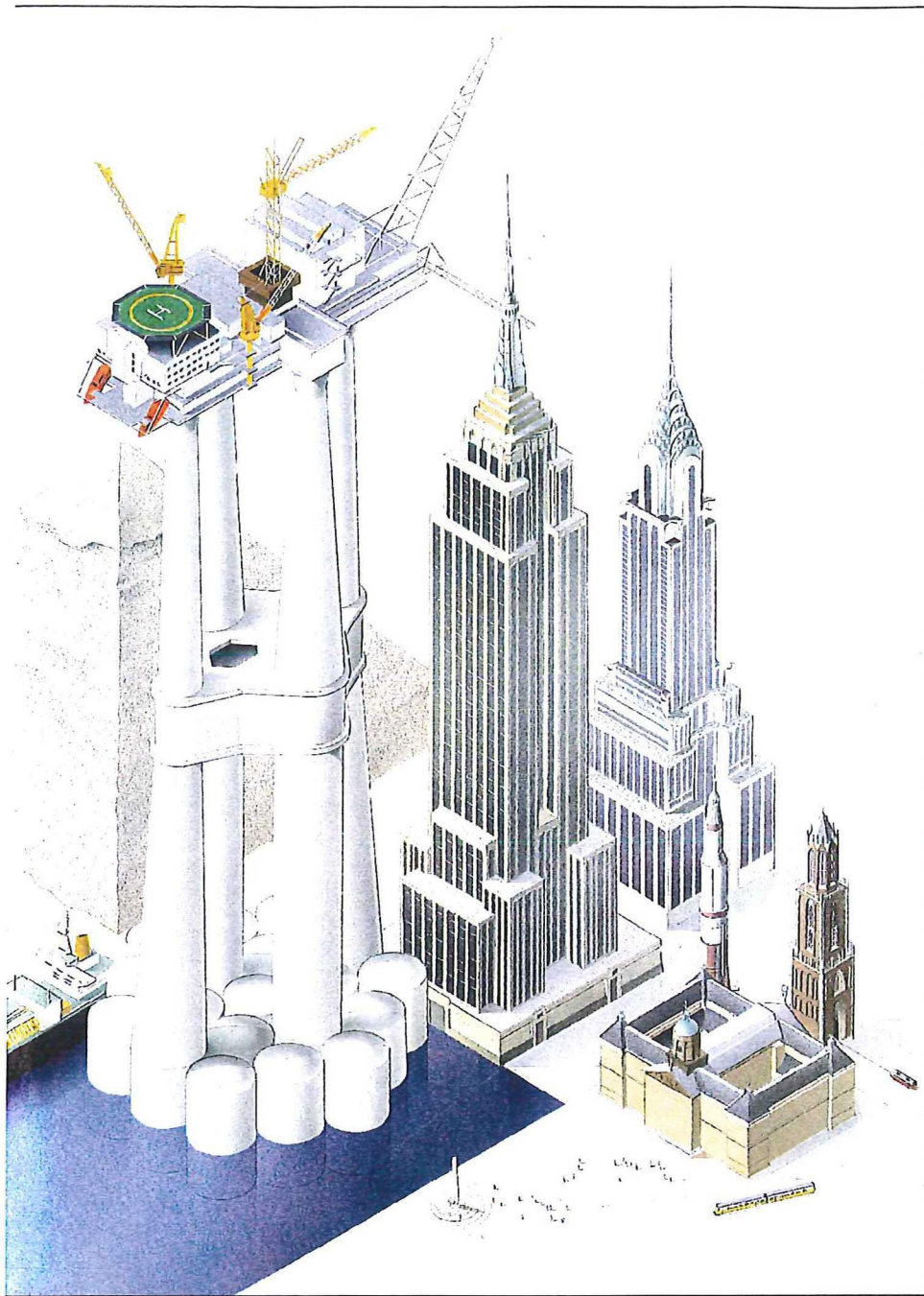
Boven: Voor kleine olie-velden zet men drijvende productieplatforms in. Opdat ze kunnen draaien met wind, stroming en golven, test MARIN allerlei scharnierende verbindingen tussen schip en olieleiding naar de zeebodem. Proeven tonen aan dat de golfdrijfkracht het lager en de kettingen van deze 'boegkoopel' zwaar belast.



Illustratie: Paul Maas/Shell

worden," haast Wichers zich te zeggen. "Laatst nog berichtten Noren dat op een van hun platforms bij een bepaalde zeeegang een trilling optrad. Ze noemden het 'ringing' vanwege het bijbehorende geluid van een rinkelende telefoon. Niemand kon het theoretisch verklaren, geen computerprogramma toverde het uit modelberekeningen te voorschijn. Een Noors maritiem proefstation startte een experiment: schaalmodel van het platform in het water, weers- en wateromstandigheden zo goed mogelijk nagebootst. Mooi dat het verschijnsel optrad, en wel degelijk een mechanische belasting voor de constructie vormde. Voortaan worden offshore-platforms ook op 'ringing' beproefd."

Tekst: Nico Wittebrood



Boven: Met platforms die op de zeebodem staan, is inmiddels ruime ervaring opgedaan (wereldwijd zijn er zesduizend stuks). Maar met de bouw van het gigantische Troll-gasplatform voor Norske Shell lijkt de dieptegrens bereikt. Euromast en Utrechtse Domtoren zijn speelgoed, alleen het Empire State Building (381 meter) komt in de buurt van Troll (410 meter). Als Troll in 1996 aan het werk gaat, is 26 miljard gulden geïnvesteerd.

Links: De voet van Troll in aanbouw in de van nature diepe haven van Stavanger in Noorwegen.

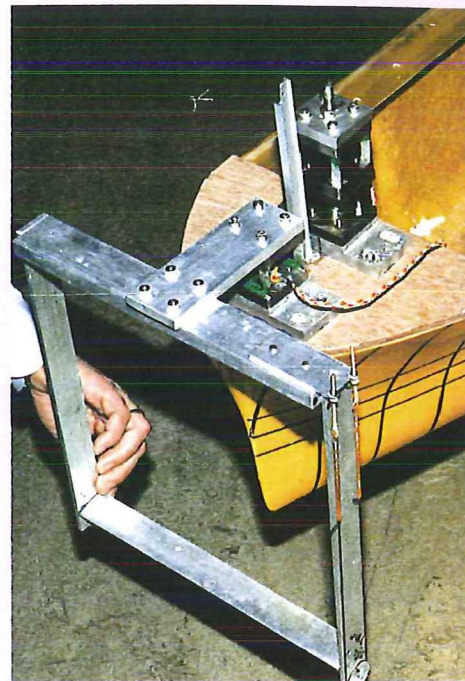
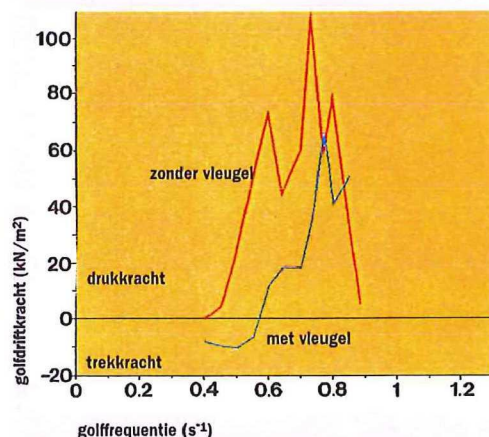


Foto: TU-Delft



Illustratie: Hilbert Bolland/TU-Delft

VLEUGEL BETEUGELT GOLFDRIFT

Zeebioloog Herman Linden zag hoe krachtig dolfijnen zich dank zij hun zwiepende staart voortbewegen. Hij construeerde achter zijn roeiboot een scharnierende plaat en merkte in de golven zowaar enige voortstuwing. In 1895 kreeg Linden patent op deze aandrijving. Verwijzend naar Linden introduceerde professor J.A. Pinkster, mede namens afstudeerder Robert Luth, dit jaar op de Offshore Technology Conference in Houston, Texas, een horizontaal scharnierende vleugel voor de boeg van een afgemeerde tanker. Pinkster beoogt met zijn 'boegvleugel' geen vervanging van de schepsschroef. Hij wil uitsluitend de golfdrift helpen beteugelen. Proeven in de golftank van de TU-Delft hebben aangetoond dat bij een tanker van 65.000 ton met Linden-vleugel, een vermindering van de golfdrijfkracht optreedt. "Het is weliswaar geen schroef, maar toch zorgt de boegvleugel bij bepaalde golven voor een voortstuwende kracht," meldt Pinkster. "Dat bracht me op het idee om met een ronddraaiende Linden-vleugel energie aan golven te onttrekken. Student Christiaan Marburg gaat hierop in 1994 afstuderen."