

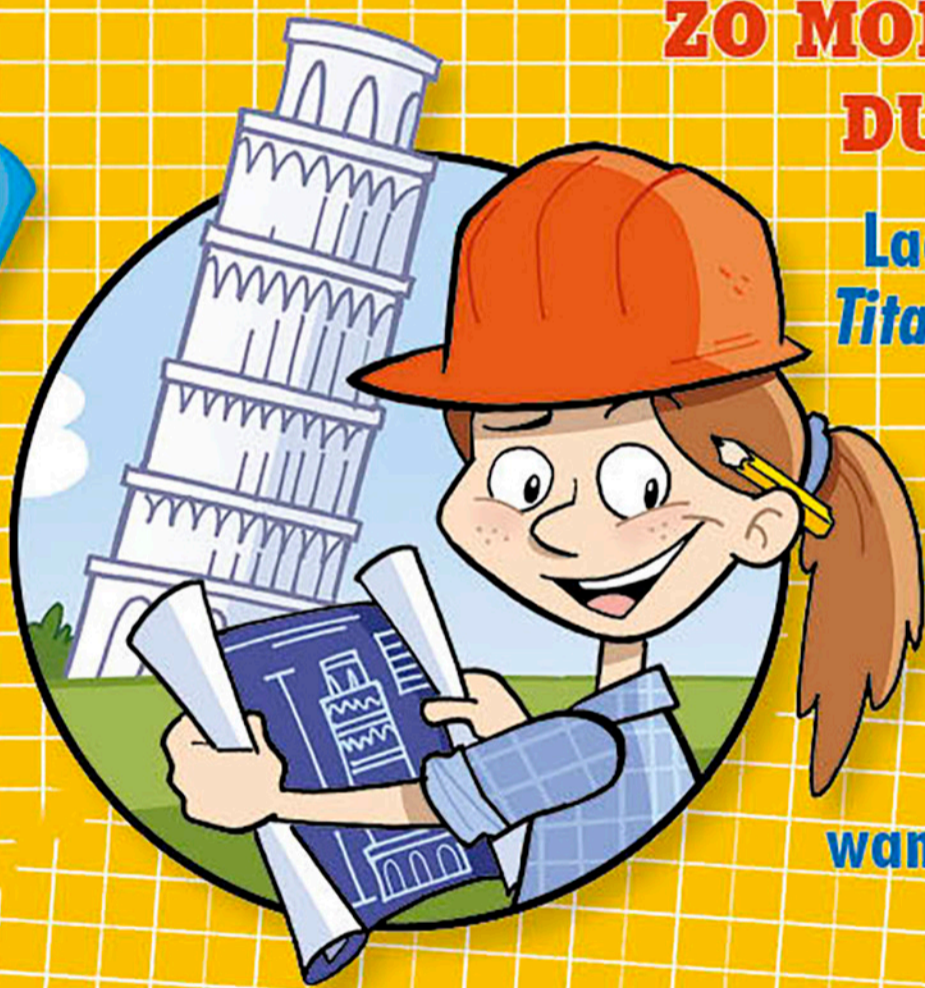
# BIJZONDER BEROERDE BOUWERS

**ZO MOET HET  
DUS NIET**

Laat je eigen  
*Titanic* zinken!

Kukel een  
stadion  
om!

Bouw een  
wankele brug!



**33**

geweldige experimenten  
bij de grootste bouwblunders  
uit de geschiedenis

**SEAN CONNOLLY**





## OM TE BEGINNEN

### ‘WAT EEN SCHITTERENDE

toren heb jij gebouwd! Precies hoog genoeg, mooie bogen ook, en dat witte marmer maakt ’m echt af. Alleen nog één klein dingetje... Hij staat scheef. Echt, kijk maar, hij helt over. Mensen noemen hem zelfs al de scheve toren van Pisa.’

‘O, dat komt nog wel goed. Hij moet gewoon een beetje bijtrekken. Over een jaar of twee staat hij kaarsrecht, let maar op.’

Je kunt je best voorstellen dat dit gesprekje ergens in de middeleeuwen is gevoerd, toen het werk aan de klokkentoren bij de kerk van Pisa eindelijk klaar was.

Inmiddels zijn we een paar eeuwen verder, en nog steeds staat-ie zo scheef dat het bijna eng is. Maar die beroemde toren had gewoon rechtop gestaan als ze vroeger hun huiswerk wat beter hadden gedaan, vooral die bouwers van toen.



## HOE ERG IS ERG?

Kun je de toren van Pisa echt een bijzonder beroerd bouwwerk noemen? Want het tegendeel is ook waar: die scheve toren heeft Pisa wel hartstikke beroemd gemaakt bij de toeristen. Niemand maakt toch een omweg voor de rechtopstaande torens van Bologna, of voor de keurig rechte zuilen van Napels? En toch, als je erover nadenkt, heeft die toren in Pisa iets... tja... gènants.

Zo staan er in *Bijzonder beroerde bouwers* nog veel meer gevallen van ‘oepsie’ die je gaat ontdekken. Wat vind je bijvoorbeeld van het elektrische voertuig zonder dak, de Sinclair C5, die aan de pers werd gepresenteerd op een winterse middag, in de regen? Of van de *Spruce Goose*, een van de grootste, duurste vliegtuigen ooit, die maar één keer heeft gevlogen, tot op een hoogte van



maar liefst 21 meter? En dan heb je ook nog dat ene meer in de Amerikaanse staat Louisiana, dat gewoon leegliep als een badkuip – doordat er per ongeluk gaten werden geboord op de verkeerde plek.

Het lijken allemaal grappige en onschuldige gebeurtenissen. Maar bouwfouten kunnen ook zomaar tot dodelijke ongelukken leiden. Bijna tweeduizend jaar geleden werd er in Italië overhaast een houten amfitheater neergezet. Toen het instortte, kostte dat duizenden mensenlevens. Ook het rampzalige einde van de *Titanic* in 1912 komt door slecht reken- en tekenwerk. Zelfs de dodelijke stroopgolf in 1919 had niet hoeven gebeuren als de bouwers even hadden bedacht wat vloeistof doet die onder enorme druk staat.

## DE GOEDE VRAGEN STELLEN

In dit boek ga je 20 rampzalige bouwprojecten onderzoeken, van diep in de oudheid tot aan onze eigen 21e eeuw. Hou je hoofd erbij, want jij kunt ervoor zorgen dat deze fouten niet nog een keer worden gemaakt!

Elk hoofdstuk begint met een korte uitleg over de tijd en plaats van de technische ramp. Zo snap je wat er zich allemaal afspeelde toen het onheil toesloeg. Daarna kun je de ramp van dichtbij bekijken in het gedeelte 'Wat ging er mis?'. Je krijgt daar het hele verhaal te lezen, inclusief de gevolgen – en de prijs – van het fiasco.

Gewapend met die kennis mag je gaan proberen de klok terug te draaien. Dan wordt het pas echt leuk. Want dan neem je een kijkje achter de schermen. Dus zie je niet alleen *wat* er misging, maar ook *waarom* het al die keren misging. En dat 'waarom' heeft

OM TE BEGINNEN ► 11



opvallend vaak te maken met techniek. Dan ga je snappen dat ze er ook anders naar hadden kunnen kijken. Dat ze een andere keus hadden kunnen maken, telkens als ze een stapje verder kwamen met ontwikkelen. Dat is het soort kwesties waar ingenieurs zich elke dag mee bezighouden.

Natuurlijk is het in de techniek belangrijk dat dingen worden gemaakt zoals het hoort en dat die dingen goed werken. Maar het is net zo belangrijk dat je tijdens het maken lekker nieuwsgierig blijft. Dat je die nieuwsgierigheid gebruikt. En dat je vragen stelt. Gaat een project goed, dan hebben de bouwers vast heel vaak gezegd: 'Stel nou eens dat...' Of: 'Hoe zit het trouwens met...' En: 'Waarom eigenlijk niet?' Dit is je kans om zelf een paar van dat soort vragen te stellen. Want aan het eind van ieder hoofdstuk mag je zelf aan de slag. En de uitkomsten kunnen je nog wel eens verrassen.

## EN NU JIJ

In elk hoofdstuk staan een of twee experimenten. Op die manier ga je namelijk beter begrijpen welk wetenschappelijk principe de hoofdrol speelde bij de ramp. Straks sta je dus ineens te experimenteren met (hou je vast!) luchtdruk, thermische belasting, het zwaartepunt of seismische golven. Er zit zelfs een superleuk experiment bij waarmee je niet-Newtonse vloeistoffen kunt aantonen. Maar een waarschuwing is op zijn plaats: mogelijk zit er als je klaar bent tandpasta op je plafond!

### **DIT HEB JE NODIG:**

Alle spullen die je nodig hebt voor het experiment staan onder dit kopje op een rij. Bijna alles ligt zo voor het grijpen bij jou thuis, in de garage of in de schuur.

### **DIT GA JE DOEN:**

De instructies voor de aanpak van je experiment zijn duidelijk genummerd. Ze zijn daardoor net zo makkelijk te volgen als een recept. Of als de instructies voor het bouwen van een modelvliegtuigje.





### **WAT GEBEURT ER?**

Dit is je kans om te begrijpen wat bepaalde wetenschappelijke principes met je experiment te maken hebben.

### **KIJK UIT!**

Hier en daar staat er een waarschuwing bij een experiment. Dan moet je opletten met vuur, scherpe voorwerpen of andere risico's.

## **TERUG NAAR DE TEKENTAFEL?**

Onthou waar het om draait in *Bijzonder beroerde bouwers*: tot op de bodem uitpluizen wat er misging en wat de bouwers hadden kunnen doen om de ramp te voorkomen. Met je eigen slimheid, nieuwe wetenschappelijke kennis en met de ervaringen die je nu zelf hebt, zit jij in elk geval aan de goede kant van het verhaal.

Dat is nog eens een stevig fundament!



OM TE BEGINNEN ► 13





HOOFDSTUK 1

226 V.CHR.

RHODOS,  
GRIEKENLAND

# DE KOLOSSUS VAN RHODOS

**J**e staat al op het dek en kunt bijna niet meer wachten. Eerst krijg je land in zicht. Dan de skyline van een stad. Die stad, met zijn adembenemende wolkenkrabbers, die ken je – zelfs al ben je er nog nooit geweest. De torenhoge gebouwen en ‘ravijnen van beton’ kunnen maar één ding betekenen: dit is New York. Je vaart vlak langs een deftige dame met een mantel en een brandende fakkel.

Die wereldberoemde vrouw in de haven van New York is natuurlijk het Vrijheidsbeeld. Ze is wel 50 meter hoog, net als de sokkel waar ze op staat. Zo is ze een sterk symbool van Amerika en van vrijheid.

Het vrijheidsbeeld heeft ook een andere naam: de ‘Nieuwe Kolossus’. Er was dus al eerder een Kolossus – ook al zo’n reus. Hij bewaakte de haven van Rhodos (een eiland in de Middellandse Zee). De Kolossus van Rhodos is meer dan tweeduizend jaar geleden gebouwd en heeft er ruim zestig jaar gestaan, tot een aardbeving hem in 226 v.Chr. pootje haakte. Hadden de bouwers van dat antieke wereldwonder hem niet wat beter kunnen beschermen?



# WAT GING ER MIS?

## HET GRIEKSE EILAND

Rhodos ligt in het oosten van de Middellandse Zee, vlak voor de kust van wat nu Turkije is. Alexander de Grote veroverde het in 332 v.Chr. en de eilandbewoners verwelkomden hem en zijn Griekse manier van leven met open armen. Maar in 323 v.Chr. ging Alexander dood en zo

begon een eindeloze burgeroorlog. Samen met bondgenoot Egypte sloot Rhodos zich aan bij de Griekse commandant Ptolemaeus. De aartsrivaal van Ptolemaeus heette Antigonus. In 305 v.Chr. viel Antigonus Rhodos aan. Het leger werd geleid door zijn zoon, Demetrius. Die nam maar liefst 40.000 soldaten mee én een

enorme draagbare toren, want de muren om Rhodos waren hoog. De toren sneuvelde al snel in een onverwachte storm. Maar Demetrius gaf niet op en bouwde nog een toren. Toen zetten de mensen uit Rhodos gewoon het slagveld onder water en door de modder viel de tweede toren om.

Intussen waren er Egyptische schepen onderweg om Rhodos te helpen, dus hield Demetrius het voor gezien. Een overwinning! Volgens de mensen uit Rhodos was die te danken aan hun beschermgod: Helios. En hoe konden ze hun zege beter herdenken dan met een gigantisch standbeeld van Helios, die de haven van het



eiland bewaakte, net zoals hij gewaakt had over de eilandbewoners in de strijd?

Het werk aan de Kolossus begon waarschijnlijk in 292 v.Chr. en duurde twaalf jaar. Het 'skelet' van het beeld was gemaakt





## DE ZEVEN WERELDWONDEREN

Volgens reizigers in de oudheid hoorde de Kolossus van Rhodos bij de zeven wereldwonderen. Stuk voor stuk waren ze het toppunt van wat mensen konden ontwerpen en bouwen. De andere wonderen zijn:

- De piramiden van Gizeh (Egypte)
- De hangende tuinen van Babylon (Irak)
- De tempel van Artemis in Efeze (Turkije)
- Het standbeeld van Zeus (Griekenland)
- Het mausoleum van Halicarnassus (Turkije)
- De Pharos van Alexandrië (Egypte)

van ijzeren staven en de 'huid' van bronzen platen. De reus stond op een marmeren voetstuk van 20 meter breed. De bronzen platen waren 1,5 vierkante meter groot en hadden omgeslagen randen, zodat ze aan elkaar konden worden geklonken.

Het voltooide standbeeld torende majestueus boven de haven van Rhodos uit, net zoals het Vrijheidsbeeld de haven van New York siert. Het zou daar eeuwenlang kunnen blijven staan. Maar dat gebeurde niet. Al in 226 v.Chr. viel hij om, toen een vreselijke aardbeving Rhodos teisterde. Een heleboel gebouwen en tempels stortten in. Volgens de boeken brak Kolossus af bij zijn knieën en tuimelde hij in brokstukken op de grond. Wij hebben alleen nog maar een paar restanten, die al eeuwen op de kade liggen.





# 60 TERUG IN DE TIJD

## HET IS NIET HELEMAAL

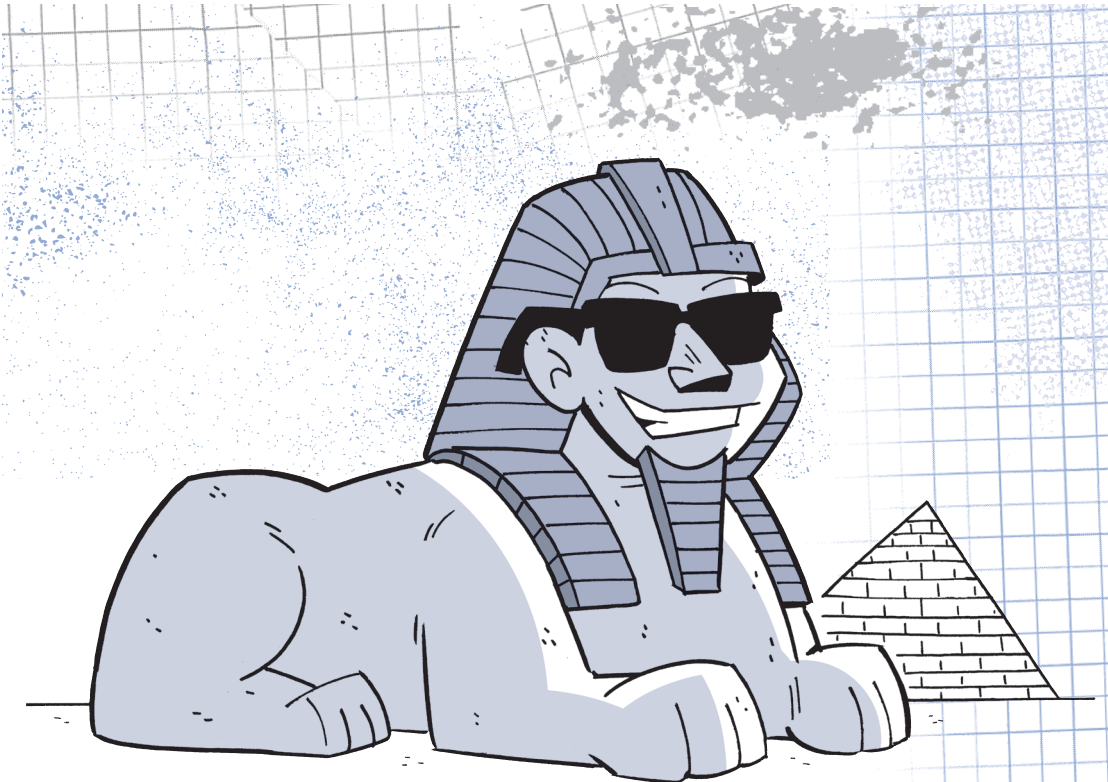
eerlijk om als moderne bouwer meer dan tweeduizend jaar terug in de tijd te gaan en kritiek te leveren op bouwtechnieken die toen werden gebruikt. In de oudheid hadden ze tenslotte nog geen elektriciteit of grote machines. En hoe groot de Kolossus echt geweest is kunnen we alleen maar schatten door terug te rekenen: een duim of stukje neus opmeten en dan de verhoudingen bepalen. Zo weten we dat de Kolossus inderdaad kolossaal was. Maar kunnen wij dan beweren dat het ons wel lukt om zo'n kolos eeuwenlang overeind te houden? En hoe dan?

Nou, als we willen weten waarom de Kolossus neerstortte, hebben we aan één woord genoeg: aardbeving. Wij houden daar tegenwoordig rekening mee, maar voor de Kolossus betekende die ene gebeurtenis, die waarschijnlijk maar een paar minuten duurde, het einde. Rondom de Middellandse Zee hadden ze echt wel vaker met aardbevingen te maken. En toch bleven ze bouwsels neerzetten die niet meebewogen en overeind bleven maar afbraken en instortten.

## HOE ONTSTAAN AARDBEVINGEN?

De buitenste schil van de aarde heet de korst. Die korst is niet één geheel: hij lijkt meer op een legpuzzel van steen. De puzzelstukjes noem je platen. De plekken tussen de platen heten breuklijnen en daar gebeuren de meeste aardbevingen. Twee buurplaten kunnen best probleemloos langs elkaar schuren. Het gaat mis als een van de twee blijft steken terwijl er van anderen nog steeds tegenaan wordt gedrukt. Uiteindelijk komt de plaat met een schok los – net zoals je voet schokt als je die over de straat sleept om te remmen bij het fietsen.





Op plekken met veel aardbevingen, zoals in Tokyo of San Francisco, houden bouwers tegenwoordig rekening met die enorme krachten uit de aardkorst. Bij een aardbeving schokt de aarde heen en weer en daarom ontwerpen ze daar huizen met dempers. Die dempers vangen de schokken op, net als de schokdempers van een auto. Gebouwen die op zo'n demper staan, zijn een stuk veiliger en raken veel minder snel beschadigd. De architecten gebruiken ook andere technieken. Vaak is dat een kwestie van gezond verstand. In nieuwe gebouwen zitten bijvoorbeeld veel lichte onderdelen, vooral op het dak. Want denk maar eens na: als de muren bij een aardbeving beginnen te wankelen, woon jij dan graag onder een zwaar betonnen plafond?

Maar hadden die bouwers duizenden jaren geleden dan echt geen idee hoe ze het aardbevingsprobleem konden oplossen? Denk eens aan andere standbeelden die net zo oeroud zijn. De Grote Sfinx in Egypte zit daar al zo lang als we ons kunnen herinneren. Het standbeeld van Zeus, zittend op een troon in de Griekse stad Olympia, heeft duizend jaar lang aardbevingen overleefd, totdat een brand zijn houten karkas in de as legde. Deze standbeelden 'zaten', zodat het meeste gewicht was verdeeld over de hele onderkant. Kolossus 'stond': Die had dus alleen maar twee voeten om al zijn gewicht te dragen.



[www.uitgeverijdefontein.nl](http://www.uitgeverijdefontein.nl)

Oorspronkelijke titel: *The Book of Massively Epic Engineering Disasters*

Verschenen bij Workman Publishing Co., Inc.

© 2017 Sean Connolly

Voor deze uitgave:

© 2020 Uitgeverij De Fontein, Utrecht

Vertaling: Jaap Slingerland

Omslagafbeelding en illustraties: Pat Lewis

Omslagontwerp: Splendid, naar een ontwerp van Galen Smith

Grafische verzorging: Atelier van Wageningen

Uitgeverij De Fontein vindt het belangrijk om op milieuvriendelijke en verantwoorde wijze met natuurlijke bronnen om te gaan. Bij de productie van het papieren boek van deze titel is daarom gebruikgemaakt van papier waarvan het zeker is dat de productie niet tot bosvernietiging heeft geleid.

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch door fotokopieën, opnamen of enige andere manier, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever.

ISBN 978 90 261 5312 9 (e-book 978 90 261 5313 6)

NUR 212, 283