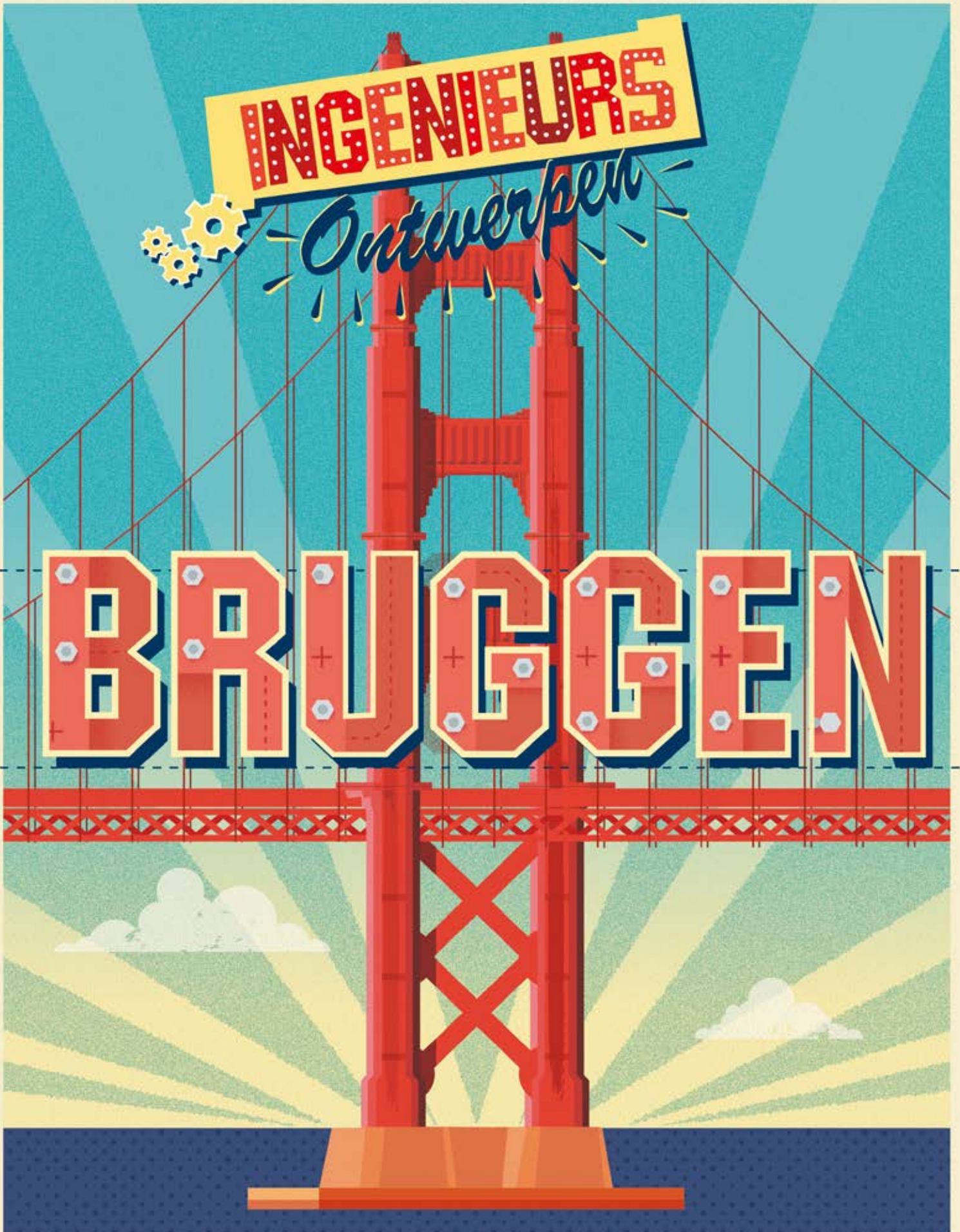


**INGENIEURS**

*Ontwerpen*

**BRUGGEN**



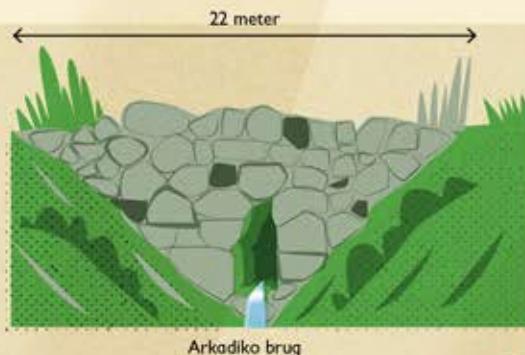
# KOM OVER DE BRUG!

Bruggen verbinden plaatsen met elkaar. Mensen gebruiken ze al duizenden jaren om er overheen te reizen. Zo kom je in contact met andere mensen en kun je handel drijven. Door steeds betere technieken kunnen de bruggen langer worden en meer gewicht dragen, en veranderen de vormen.

De Iron Bridge is de eerste gietijzeren boogbrug ter wereld. Hij werd in 1781 geopend en overspant de rivier de Severn in Engeland. IJzer is niet sterk genoeg voor extreem lange bruggen; deze brug is daarom maar 30 meter lang.

## De oudste bruggen

Eén van de oudste nog bestaande bruggen is de Arkadiko brug in Griekenland. Hij werd tussen 1300 en 1200 vóór Chr. gebouwd. Het is een kleine boogbrug van 4 meter hoog en 22 meter lang. Hij is gemaakt van **kalkstenen** blokken die stevig op elkaar zijn gestapeld. De brug loopt over een klein beekje. Je kon er met paard en wagen overheen rijden, want er waren zelfs wielsporen in gemaakt voor de wagens.



## Soorten bruggen

Je kunt bruggen indelen volgens hun ontwerp. Er zijn zes basisvormen. Alle ontwerpen zijn afgeleid van deze zes:



## Krachten in evenwicht

Bruggen moeten de volgende **krachten** met elkaar in **evenwicht** brengen:

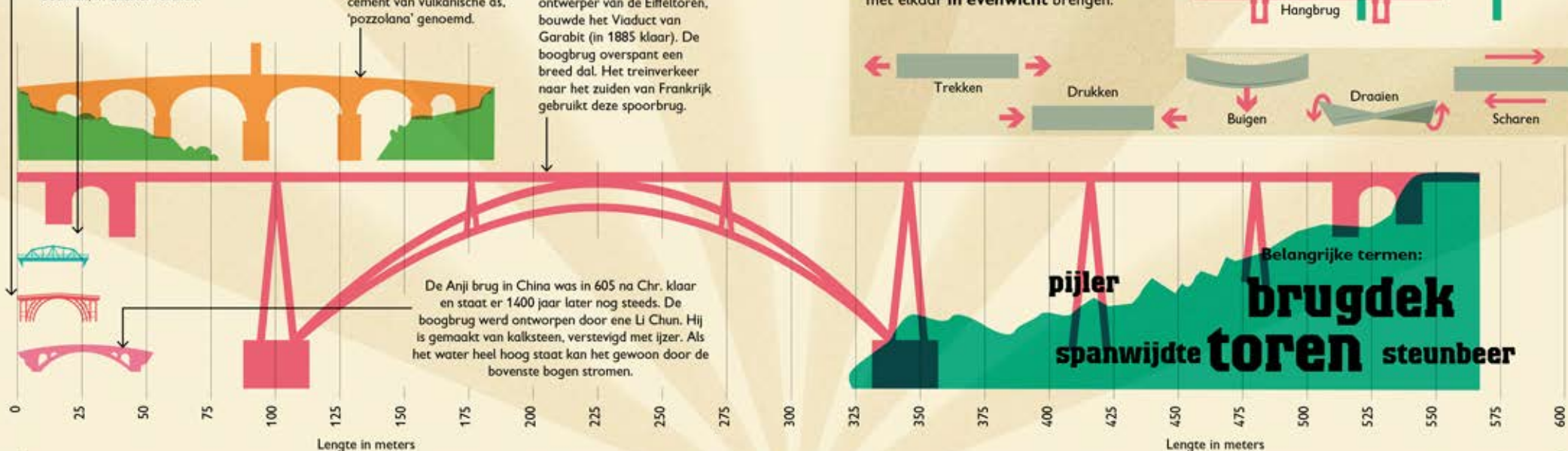


De Alcántara brug in Spanje werd door de Romeinen gebouwd, tussen 104 en 106 na Chr. Ze gebruikten daarvoor stenen en een soort cement van vulkanische as, 'pozzolana' genoemd.

Omdat de kwaliteit van staal steeds beter werd, werden de bruggen steeds langer en sterker. Gustave Eiffel, de ontwerper van de Eiffeltoren, bouwde het Viaduct van Garabit (in 1885 klaar). De boogbrug overspant een breed dal. Het treinverkeer naar het zuiden van Frankrijk gebruikt deze spoorbrug.

De 27 meter lange Maurzyce brug in Polen is de eerste volledig gelaste brug. Hij werd in 1929 geopend. Door nieuwe lastechnieken kon men veel langere stalen bruggen bouwen, in allerlei vormen.

De Anji brug in China was in 605 na Chr. klaar en staat er 1400 jaar later nog steeds. De boogbrug werd ontworpen door ene Li Chun. Hij is gemaakt van kalksteen, verstevigd met ijzer. Als het water heel hoog staat kan het gewoon door de bovenste bogen stromen.



# SI-O-SE POL

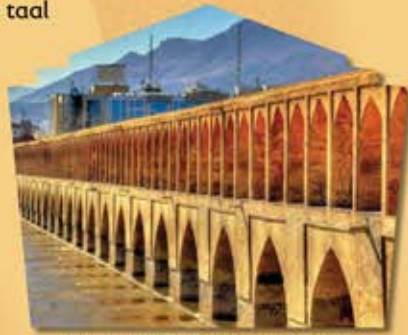
De Si-o-Se Pol is een schitterende boogbrug over de Zayandeh rivier in Isfahan, Iran. Hij werd al tussen 1599 en 1602 gebouwd van stenen en baksteen. In het Farsi (de taal van Iran) betekent de naam 'brug met 33 bogen'. Dat klopt, want de brug heeft twee rijen van 33 bogen.

## Het idee

Bouw een brug over de rivier, die het noorden en zuiden van de stad Isfahan verbindt. De brug moet tegen de sterke stroming in de rivier kunnen. En hij moet de voetgangers beschermen tegen de harde wind en de zon.

**Bouwer:** Ostad Hossein Banna (onder toezicht van Allahverdi Khan Undiladze)

**Locatie (plek):**  
Isfahan, Iran



De brug heeft twee rijen met bogen.

## Waarom is een boogbrug een goed idee?

Bij een boogbrug wordt de **drukkracht** heel netjes verdeeld. Eerst over de bogen en daarna over de **pijlers** en de rest van de brug. De pijlers zitten aan het einde van de brug vast aan **steunberen**. Deze zware stukken muur zorgen ervoor dat de bogen niet wijken en instorten.

## Fundering

Een brug heeft een sterke ondergrondse **fundering** nodig. Voor het bouwen van de Si-o-Se Pol werd de rivier omgeleid, zodat men eerst de fundering in de rivierbodem kon leggen. Die bestaat uit **aardewerken** buizen, gevuld met puin en klei. Hierop steunen de stenen pijlers en daar steunen dan de bogen weer op. Aan beide uiteinden van de brug werden steunberen gebouwd. Daarmee werd de brug stevig vastgezet.

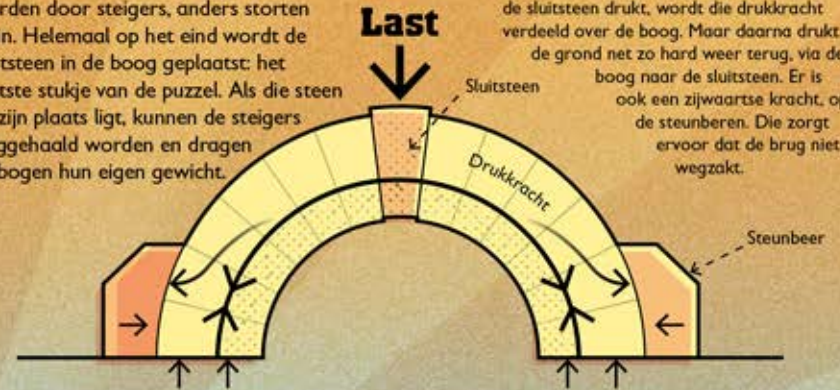


Het brugdek draagt een levende last: alle voetgangers die erop lopen.

## Sluitsteen

De laatste steen die bij de bouw van de boog wordt gelegd, heet de **sluitsteen**. Tijdens het bouwen moeten de bogen gesteund worden door steigers, anders storten ze in. Helemaal op het eind wordt de sluitsteen in de boog geplaatst: het laatste stukje van de puzzel. Als die steen op zijn plaats ligt, kunnen de steigers weggehaald worden en dragen de bogen hun eigen gewicht.

In de natuurkunde geldt dat voor elke kracht (actie) een even grote tegenkracht (reactie) bestaat. Als de belasting op de brug op de sluitsteen drukt, wordt die drukkracht verdeeld over de boog. Maar daarna drukt de grond net zo hard weer terug, via de boog naar de sluitsteen. Er is ook een zijwaartse kracht, op de steunberen. Die zorgt ervoor dat de brug niet wegzakt.



Deze brug heeft een dubbele rij bogen. Hij is bijna 298 meter lang. Het brugdek (dat is de weg waarover de voetgangers lopen) steunt op de onderste rij bogen. De bovenste rij bogen is er alleen maar voor de sier.

# INGENIEURS Ontwerpen

## BRUGGEN

Over de hele wereld vind je de prachtigste bruggen die mensen en plaatsen met elkaar verbinden. Hoe gaat dat eigenlijk: zulke sterke en veilige bruggen bouwen?

In *Bruggen* lees je over beroemde bruggen, overal ter wereld. Welke problemen moesten er overwonnen worden bij de bouw? Kijk ook naar de tekeningen en de prachtige foto's! Zo begrijp je hoe ongelooflijk knap het is om dit soort bouwwerken te ontwerpen en te bouwen.

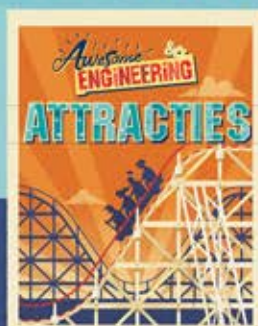
Lees ook de andere boeken van deze serie:

corona

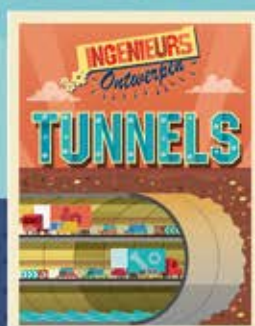


9 789463 414159

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



978-94-6341-413-5



978-94-6341-412-8



978-94-6341-414-2