

SLIMME
JONGENS,
DIE
ROMEINEN



ACHTERGROND-
INFORMATIE

ZAGEN

Langs de Rijn worden schepen gebouwd.
(tekening Römisch Germanisch Zentral Museum)

Er zijn verschillende verhalen hoe de eerste zaag is uitgevonden. Volgens de Griekse mythologie zou de zaag zijn bedacht door naar de kaak van een roofvis te kijken, een ander verhaal gaat ervan uit dat de inspiratiebron de ruggengraat van een vis was, of een slangenkaak.

ROMEINSE ZAGEN

De Romeinen gebruikten twee typen zagen die zij geen van tweeën zelf hebben uitgevonden: de handzaag en de spanzaag. De Oude Egyptenaren gebruikten ook al handzagen en spanzagen van brons om verschillende materialen te bewerken, maar een bronzen zaagblad sleet snel. Toen men ontdekte dat ijzer veel sterker was, ging men over op een ijzeren zaagblad. De Romeinen noemde de zaag *serra ferrea* of *serrula ferrea*: 'kleine ijzeren zaag'.

Een handzaag was niet veel meer dan een ijzeren zaagblad met een houten handvat. Tegenwoordig wordt dit handvat van plastic gemaakt, maar verder is er nauwelijks verschil. Een spanzaag lijkt op een moderne figuurzaag: een houten frame waar spanning op staat. Is de spanning in het frame onvoldoende, dan buigt het blad en kan er niet gezaagd worden.



Bladzaag (Foto's Rijksdienst voor Cultureel Erfgoed)

TANDJES VAN DE HANDZAAG

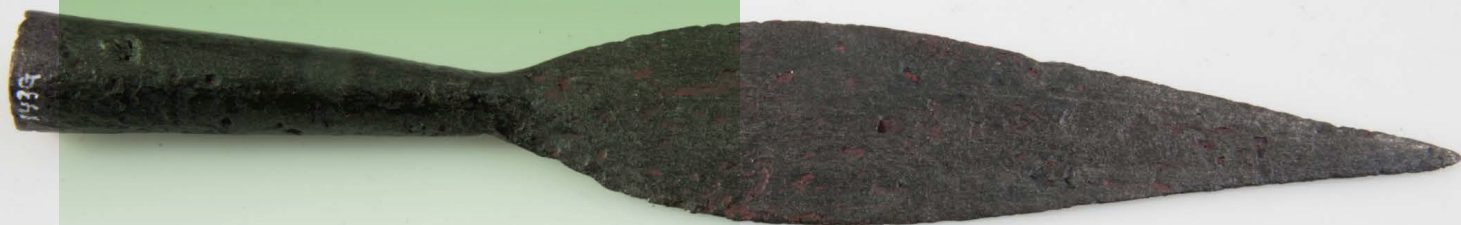
De eerste Romeinse ijzeren zagen waren voorzien van driehoekige tandjes die beide kanten op konden zagen, waardoor men bij iedere beweging een nieuwe zaagsnede kon maken. Door de grote belasting op de tandjes sleet een zaag bijzonder snel, want het ijzer was niet van heel goede kwaliteit. Daarom werd een nieuwe type handzaag ontwikkeld, waarbij de tandjes in de richting van de persoon staan. Op deze manier wist men zeker dat het blad altijd onder spanning stond als er een nieuwe snede werd gemaakt: bij het terugtrekken van het blad kwam er spanning op het blad te staan en werd de zaagsnede gemaakt. Dit kwam de duurzaamheid ten goede. Bij moderne zagen staan de tandjes vaak steeds tegengesteld naar binnen of buiten, waardoor de snede altijd iets breder is dan de zaag zelf. Bij Romeinse zagen is dit meestal niet het geval; alle tandjes staan keurig recht achter elkaar, waardoor de snede heel smal blijft. Zagen was namelijk een precies werkje!

SPANZAAG

Romeinen maakten graag gebruik van spanzagen. Een spanzaag bestond uit een H-vormig frame, waar spanning op stond. Deze spanning kon worden bijgesteld door een touw tussen de twee bovenste armen van de H te plaatsen en op te draaien met een stokje dat daarna vastgeklemd werd in de horizontale legger van de H. Spanzagen moesten altijd door twee personen worden bediend, terwijl de handzaag ook door één persoon gebruikt kon worden. Net als de Egyptenaren gebruikten de Romeinen de spanzaag niet alleen voor hout, maar ook voor zachte steensoorten.



IJZER SMEDEN



Ijzeren lanspunt, Romeinse tijd. Opgegraven bij castellum Albaniana, Alphen aan den Rijn. Opgraving AWN Rijnstreek 2002-2003.

Rome had veel ijzer nodig om het Romeinse Rijk zo groot te krijgen. Ijzer voor in het dagelijks leven en de bouw, maar ook voor de uitrusting van alle soldaten. Hoewel de Romeinen goed ijzer konden smeden, was hun ijzer niet van de allerbeste kwaliteit.

De matige kwaliteit van ijzer had te maken met de grote snelheid waarmee er veel ijzer gemaakt moest worden; op de kwaliteit werd minder gelet. Net zoals de producten uit sommige winkelketens nu: goedkoop en snel te krijgen, maar ook snel weer kapot.

Overall in het Rijk waar de Romeinen kwamen, hadden volkeren hun eigen manier om ijzer te winnen en te smeden. De Romeinen keken goed naar de verschillende manieren waarop dat gebeurde. Soms namen ze zelfs lokale smeden in dienst om voorwerpen voor de Romeinse markt te maken; dat scheelde tijd en geld.

IJZER WINNEN: DE OVEN

Om ijzer te maken heb je een bepaald soort oven nodig, een meiler. Een meiler is een schachtoven, een oven met een hoge schoorsteen. Deze oven ziet eruit als een fles van klei, met daarin openingen voor blaasbalgen om de oven op te kunnen stoken. Aan de voorzijde, net boven de grond, wordt er een slakkengat gemaakt. Door dit gat kan de oven gestookt worden, en ontsnapt later het afvalmateriaal van de ijzerproductie; het slak.

IJZER WINNEN: IJZEROER

IJzer kan uit twee materialen worden gewonnen: uit ijzererts of uit ijzeroer. IJzererts is een gesteente waarin ijzermineralen zitten, ijzeroer wordt gehaald uit moerasen met ijzerverbindingen. De ijzerdeeltjes uit oer zijn ooit opgelost geweest in het water, maar zijn uiteindelijk weer aan elkaar geplakt. Voordat je oer kunt gebruiken, moet je het eerst wassen en drogen en in kleine stukjes slaan. Deze kleine stukjes worden geroosterd, zodat zwavel, vuil en vocht eruit branden. Wat overblijft is licht poreus oer, dat eruit ziet als een klomp roest.



IJzeroer, gevonden op 1,5 meter diep

IJZER WINNEN: STOKEN

Als de oven klaar is kan deze gestookt worden met hout. Zodra de oven heet genoeg is, wordt er in plaats van hout, verder gestookt met houtskool. Het slakkengat aan de voorzijde van de oven wordt op dat moment dichtgemaakt. Als de kolen smeulen wordt het ijzeroer aan het geheel toegevoegd. Met blaasbalgen wordt steeds nieuwe zuurstof aangevoerd. Zodra de inhoud van de oven in begint te zakken, wordt er meer houtskool en ijzeroer toegevoegd. Hiermee gaat men door tot er echt niets meer bij kan.

Na een aantal keren bijvullen wordt het slakkengat opengemaakt en loopt het slak als taaie stroop de oven uit, gemengd met houtskoolresten. Hier is weinig mee te doen. Als het slak eruit gestroomd is, wordt de rest van de oven opengemaakt. Als het goed is, zit de oven dan vol met niet verbrand houtskool, slakresten die niet zijn uitgestroomd en de wolf, de klont ruwijzer, opgebouwd uit kleine korreltjes, waar het om gaat. Het ijzer is niet gesmolten, daar wordt een meiler niet heet genoeg voor.



De stappen van ijzeroer tot klont halffabricaat.

De klont ijzer is op dit moment nog slap en ziet er vaak uit als een sponsachtige massa, vervuld met houtskool en slakresten. De enige manier om er goed bruikbaar ijzer van te maken, is de klont verhitten en er net zolang op slaan tot er slakkenvrij ijzer ontstaat. Pas daarna kan het ijzer verwerkt worden tot een product.

WATER- DICHT MAKEN



Het maken van een schip kost veel tijd en moeite en heeft alleen maar zin, wanneer het schip ook waterdicht is. Hoe goed een schip ook is gebouwd is, hout blijft altijd een beetje werken: het kan uitzetten of krimpen. Door het krimpen van de planken, ontstaan er kleine kiertjes en scheurtjes waardoor water naar binnen kan.

BREEUWEN

Het waterdicht maken van schepen was een belangrijke uitvinding. De Romeinen gebruikten de technieken van de oude Grieken, die naar de oude Mesopotamiërs hadden gekeken. Er waren verschillende manieren om schepen goed waterdicht te maken.

Het bouwen van schepen werd gedaan door professionele bouwers. Zij droegen er zorg voor dat het schip zo precies mogelijk werd gebouwd, met nauwkeurig gezaagd en geschaafd materiaal. Als het schip eenmaal af was, werden kleine openingen opgevuld met zacht organisch materiaal, zoals mos en planten. Deze plantenresten werden met kleine spijkertjes tussen de planken getimmerd om op hun plek te blijven zitten. Deze manier van afdichten wordt breeuwen genoemd.



Met de kleinste spijkers werden de plantenresten vastgezet tussen de planken (reconstructie Archäologisches Park Xanten / foto Paul van der Heijden)

DICHTSMEREN

Helaas was het opvullen van kieren niet genoeg om een boot echt waterdicht te maken of te beschermen tegen de invloeden van (zout)water. Planken zuigen zich vol water, waardoor breekwiel in de kieren loslaat en wegspoelt. Daarom werden de kieren en soms zelfs al het hout aan zowel de binnenkant als de buitenkant van de romp, ingesmeerd met een laagje pek: bitumen. Ook werd er wel een combinatie van pek en bijenwas gebruikt. De onderkant van een schip werd in sommige gevallen met lood bekleed, hoewel dit het schip heel zwaar maakte.



Breeuwijger
(foto Provincie Zuid-Holland)

WAT IS BITUMEN?

Bitumen is een bestanddeel van aardolie en komt in de natuur zowel vast als vloeibaar voor. Lang voor de tijd van de Romeinen gebruikten de Mesopotamiërs al bitumen om hun vaartuigen waterdicht te maken. Antieke scheepsbouwers maakten bij het afdichten van schepen alleen gebruik van een vloeibare vorm van bitumen. Deze dikke, stroopachtige vorm, smeerden zij rechtstreeks op de vaartuigen. De vloeibare bitumen droogde op en werd keihard, waarna er een waterdichte laag achterbleef op het hout.



Vloeibare bitumen

WOL, HARS EN MASTIEK

Naast mos, plantenresten en bitumen, is het ook mogelijk om schepen waterdicht te maken met een combinatie van wol, hars en mastiek, hars van de boom *Pistacia lentiscus*. Deze combinatie vond men in Frankrijk bij het opgraven van enkele Romeinse schepen.

SLIMME
JONGENS,
DIE
ROMEINEN

#4 ACHTERGROND-
INFORMATIE

PROJECTIELEN SCHIETEN

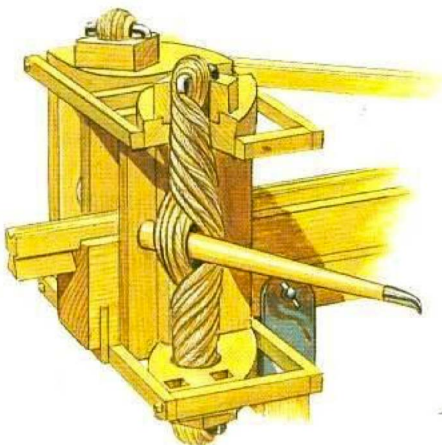


Romeinse soldaten laden een grote katapult, de balista. Met de de balista kunnen pijlen en kogels worden afgeschoten.
(foto Paul van der Heijden)

De Romeinen maakten bij het voeren van oorlog gebruik van slimme wapens die projectielen konden wegschieten. Hierbij werd gebruik gemaakt van torsiekracht, de kracht die vrijkomt vanuit spanning. Eerder was men afhankelijk van de kracht van de strijders zelf, die zelf de pees van een boog moesten spannen of een kogel moesten wegslingeren. De Romeinen wilden ver, hard en precies schieten. Ingenieurs bedachten de katapult met torsieveren; ineengedraaide touwen die bij het losschieten voor veel extra kracht zorgen.

UITERLIJK

Een katapult bestaat uit een spanraam met twee verticale torsieveren, met in elk een boogarm. De veren zitten boven en onder vast tussen spanbussen. Het wapen kan worden gespannen wanneer de schuiver in de klauw wordt gehangen. De klauw is wat vroeger de vingers van de schutter waren. Daarna wordt de schuiver met een windas naar achteren getrokken. De schuiver kan worden vastgezet. Doordat de spanbussen draaien tijdens het opspannen, worden de veren ineengedraaid en komt de boog op spanning te staan.



Het principe van torsie: spanning dankzij torsieveren boogarmen.

Aan beide kanten moet de spanning gelijk zijn anders gaat het projectiel scheef. Wanneer het wapen gespannen is wordt de pijl ingelegd en de trekker bediend. De kracht van een torsieboog is afhankelijk van de grootte van de torsieveren en de draaihoek van de boogarmen. Hoe groter de draaihoek, hoe groter de vuurkracht. Je kunt het vergelijken met het opdraaien en wegschieten van een elastiekje.

Er zijn verschillende torsiewapens, sommige zijn heel groot. Met een scorpio werden grote pijlen richting de vijand geschoten. Een ballista vuurde zware ronde projectielen af tot 30 kilo over een afstand van 100 meter.



De manuballista was een kleine scorpio, die vastgehouden werd als een geweer. Er werd een soort viziertje op gebouwd, waardoor de schutter zeer nauwkeurig kleine pijltjes kon afschieten.

Torsiewapens kunnen heel goed werken, maar hoe verder wordt geschoten, hoe sneller het doel wordt gemist. Experimenten hebben aangetoond dat over afstanden van 50-90 meter torsiewapens vrij trefzeker zijn, maar na 100 meter neemt dit sterk af. Wilde men een muur kapot schieten met een katapult, dan maakte dit niet zoveel uit; daarbij is alleen de kracht van het projectiel belangrijk.



Slimme jongens die Romeinen. Onderwijsproject over Romeinse technieken langs de Limes voor leerlingen van 11 tot 14 jaar. Samenstelling achtergrondinfo: Ratna N. Drost, MA. Een uitgave van Erfgoedhuis Zuid-Holland en het Archeon.

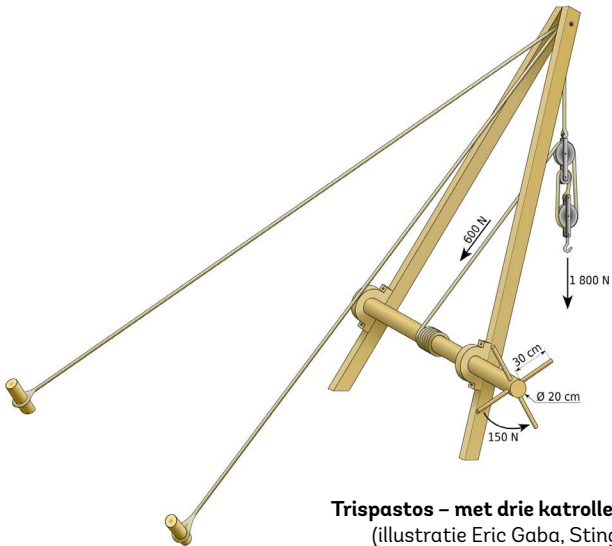
LADEN, LOSSEN EN TILLEN



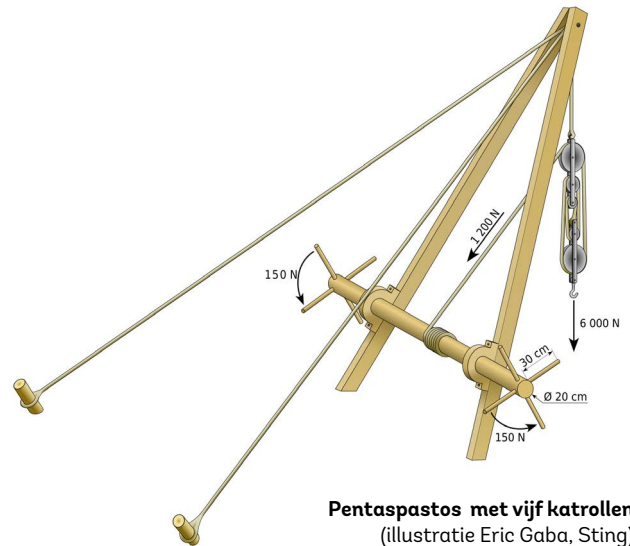
Model van een hijskraan van de Romeinen,
behorend bij de tentoonstelling
'High Tech Romeinen' (2015-2016)
in museum Het Valkhof in Nijmegen.

Het tillen van een zware lading uit een schip of het bouwen van grote bouwwerken is lastig of onmogelijk met alleen menskracht. De eerste hijskranen werden door de Grieken uitgevonden in de zesde eeuw v.C..

De Grieken gebruikten kranen die bestonden uit een frame, touwen, een of meerdere katrollen en een knijptang, om grote blokken steen voor de bouw van tempels te verplaatsen. In veel steenblokken zijn dan ook sporen van deze knijptang te zien. Voor de komst van de kraan, maakte men gebruik van sleephellingen en grote aantallen arbeiders om de blokken van ongeveer 20 ton te verslepen. Dit kostte niet alleen veel mankracht, maar ook heel veel tijd. De kraan maakte het werk dus heel wat efficiënter.



Trispastos – met drie katrollen
(illustratie Eric Gaba, Sting)



Pentaspastos met vijf katrollen
(illustratie Eric Gaba, Sting)

ROMEINSE KRANEN VAN VITRUVIUS

De Romeinen verbeterden het Griekse ontwerp van de kraan. Hier is nog vrij veel over terug te lezen dankzij de beschrijvingen van Romeinse architect Vitruvius:

TRISPASTOS

De meest eenvoudige kraan. Een licht naar voren hellende houten A met slechts drie katrollen;

PENTASPASTOS

een hijskraan bestaande uit een hefboom, een haspel, touw en een hijsblok met 5 katrollen. Gewichtsverdeling: overbrenging 5:1, twee mannen kunnen samen in één keer maximaal 600 kilo tillen.

POLYSPASTOS.

Een hijskraan bestaande uit 3 katrolrijen met elk vijf katrollen, en een veelvoud aan touwen en meerdere tredmolens in plaats van simpele haspels. Dit type kraan tilt zulke zware objecten, dat handkracht niet voldoende is. Met de tredmolen waar meerdere mensen tegelijk in lopen, kunnen elementen worden opgetild. Gewichtsverdeling: overbrenging afhankelijk van het aantal katrollen en tredmolens.

WERKING VAN KATROLLEN

In alle gevallen geldt de volgende regel bij het hijsen van objecten: hoe meer touwen en katrollen, hoe kleiner het gewicht dat een persoon omhoog hoeft te hijsen.

Bij een totaal gewicht van 180kg, drie katrollen en een windas met een r van 10cm en 40 cm lange hefboomen: $180/3=60$ kg. windas: $60\text{kg}/(40/10) = 15\text{kg}$. 15 kilo is per hefboom goed te tillen door een persoon.

SLIMME
JONGENS,
DIE
ROMEINEN

#6 ACHTERGROND-
INFORMATIE

LAND- METEN

Het nauwkeurig kunnen uitmeten van land was een belangrijke voorwaarde voor de bouw van waterleidingen, straten en tunnels of het vastleggen van kavelgrenzen. Landmeting omvatte de volgende onderwerpen in de Romeinse tijd:

- Afstandsmetingen
- Rechte hoeken uitzetten
- Waterpassen
- Hoekmetingen

Romeinse landmeters zetten met behulp van groma lijnen uit voor de aanleg van een weg. (foto Henk Braam)

AFSTANDMETEN MET DE HODOMETER

De makkelijkste manier voor het meten van kleine afstanden is met de meetketting of het meettouw. Dit zijn kettingen van ijzer of stukken touw die een vaste lengte hebben, net zoals de moderne liniaal. Het meten van grote afstanden is hiermee echter niet mogelijk.

Grotere afstanden konden worden gemeten met een hodometer. Dit apparaat werd al door de Romeinse architect Vitruvius beschreven. Een hodometer is een kast op wielen die een doorsnee heeft van 4 voet. Deze maat komt overeen met de omtrek van 12,5 voet (370 cm). 400 Omwentelingen van het wiel was 1 Romeinse mijl (1480 meter). Uiteraard telde een landmeter niet tot 400. Een aan de binnenste wielnaaf bevestigde ijzeren pin greep bij iedere omwenteling van het wiel in een verticaal geplaatst tandwiel met 400 tandjes. Na 400

omwentelingen heeft dit tandwiel een volledige ronde gemaakt. Op dat moment grijpt een op het tandwiel bevestigde pin in een bovenop de wagen geplaatst horizontaal tandwiel, waar steentjes in 400 gaatjes liggen. Na iedere volledige omwenteling van het verticale tandwiel, komt een van deze gaatjes boven een opening in de kast te liggen en valt het steentje naar beneden in een bakje. Aan het einde van de rit, geeft het aantal gevallen steentjes aan hoeveel meter er is afgelegd.

RECHTE HOEKEN METEN MET EEN GROMA

Om rechte hoeken uit te meten gebruikten de Romeinen een groma, een handig instrument dat ook nog draagbaar was. De groma bestaat uit een ijzeren kruis op een houten statief, met aan de armen hangende gewichtjes. Door te kijken over de lijn van beide assen, wordt er een grondlijn vastgesteld. Door te wisselen van kijkrichting over de tweede as wordt de rechte hoek uitgezet.

WATERPASSEN MET EEN CHOROBATES



Schietslood van brons met een loden kern.
Hoogte 5,5 cm, 100 gram. Romeinse tijd 50 – 270 na Chr.
Opgegraven in Arentsburg, Forum Hadriani. Rijksmuseum van Oudheden, Leiden (foto Paul van der Heijden)

Met een waterpas kun je het hoogteverschil tussen twee punten vaststellen en eventueel corrigeren. Bij de Romeinen zag een waterpas eruit als een lat op poten, in het midden voorzien van een sleuf gevuld met water. Op de lat werden loodrechte lijnen gekerfd, waarlangs schietsloodjes hingen om het instrument loodrecht te kunnen plaatsen.

Een chorobates werkt als volgt:

- 1 Zet een rechte lijn uit over 40 meter met een groma.
- 2 Plaats de chorobates op de rechte lijn.
- 3 Zorg dat de chorobates waterpas staat: kijk naar het water in de sleuf en de schietsloodjes aan de zijkanen.
- 4 Meet de relatieve hoogte tot de bovenkant van de chorobates.
- 5 Kijk langs de viziertjes naar een persoon 40 Romeinse voet verderop (bijna 12 meter verderop). Deze staat hier met een meetlat en een knijpertje. Hij zal het knijpertje net zolang verplaatsen tot de persoon bij de chorobates het object in zijn viziertjes kan zien.
- 6 De maatstreep hoogte wordt genoteerd. De hoogte, gemeten bij de chorobates wordt hiervan afgetrokken om het daadwerkelijke hoogteverschil tussen de twee plekken te bepalen.
- 7 De persoon met de meetlat schuift nog eens 40 Romeinse voet op en herhaalt het proces.
- 8 Er wordt een geheel profiel van het land opgetekend.

De chorobates was een 6 meter lang, nogal onhandig apparaat en werd daarom niet veel gebruikt,

SLIMME
JONGENS,
DIE
ROMEINEN

#7 ACHTERGROND-
INFORMATIE

HEIEN

Replica van een Romeinse fistuca
(foto internet)



Zowel de Grieken als Romeinen gebruikten heimachines, het is niet duidelijk wanneer deze zijn uitgevonden. De eerste geschreven bron over heimachines dateert uit de 4de eeuw v.C. en is afkomstig van de Griekse Herodotus. Hij schrijft dat de Paeonianen woonden in huizen die op stevige palen midden in een meer waren gebouwd, een traditie die ook in Vroeg-Europa wordt gevonden.

Helaas weten we niet met wat voor machines deze palen in de bodem werden geslagen. De eerste echt duidelijke bronnen over het gebruik en het uiterlijk van een heimachine, komen uit de klassieke oudheid, wanneer geschreven wordt over het bouwen van bruggen.

ROMEINSE BRUGGEN

Een heimachine had verschillende namen: machinationes of een fistuca en bestond uit een houten opengewerkte piramide, waar schuin heiblokken in gehangen werden. Met katrollen en touwen, konden de heiblokken worden opgetild. De heipalen werden op deze manier licht schuin in de grond of het water gestampt.

Heien was een arbeidsintensieve onderneming; de machine maakte gebruik van menselijke of dierlijke kracht, bij het constant tillen en laten vallen van het heiblok middels katrollen. Ondanks de zware arbeid, was het heien snel; binnen 10 dagen konden houten bruggen gebouwd worden, zoals blijkt uit de geschriften van Caesar.

De Romeinen ontwikkelden een sterke boogbrug, opgebouwd uit gemetseld materiaal in plaats van hout. Het heien was nodig om de stenen pijlers te kunnen metselen. Het indammen van een rivier gebeurde door houten dammen te bouwen, bestaande uit geheide palen. Dit soort dammen worden cofferdammen genoemd.

WEGEN- BOUW



De aanleg van een Romeinse weg
(illustratie E. van Rootselaar)

Hoewel de Romeinen verantwoordelijk zijn voor een belangrijk deel van het Europese wegennetwerk, vonden Romeinse schrijvers wegen niet zo interessant om over de schrijven.

De eerste echte straten dateren uit 2600 v.C. en werden aangelegd in Mesopotamië. Rond 600 v.C. begonnen ook de Grieken met het aanleggen van een uitgebreid wegennetwerk. In Italië waren het de Etrusken die de eerste wegen aanlegden rond 700 v.C. De Romeinen namen in de vierde eeuw v.C. het stokje over toen zij een van de bekendste wegen ter wereld, de Via Appia aanlegden. Daarna werd een indrukwekkend wegennetwerk aangelegd.

ROMEINSE EFFICIËNTIE

Voor de Romeinen was een rechtlijnig, uitgebreid wegennet met zo min mogelijk hellingen en dalingen van groot belang. Het wegennet was bedoeld om militairen en ma-

terialen snel te kunnen verplaatsen: hoe beter de wegen, hoe sneller het Romeinse Rijk kon groeien. Uiteindelijk was er een uitgebreid wegennetwerk en kon iedereen snel en efficiënt reizen over deze wegen. Afhankelijk van de grondsoort waarop de weg gebouwd moest worden, pasten de Romeinen de bouwwijze ervan aan. Veel Romeinse wegen zijn door de goede aanleg nog steeds goed begaanbaar.

HARDE ONDERGRONDEN

Romeinen legden bij voorkeur wegen aan op een stevige ondergrond. Stapsgewijs ging men als volgt te werk:

- 1 Het graven van ontwateringskanalen en het markeren van de straatkanten.
- 2 Het uitgraven van de aarde tot een bepaalde diepte.
- 3 Het plaatsen van de randstenen die de weg op zijn plek dienden te houden. Deze stenen steken vaak een stukje uit boven het wegdek.
- 4 Het aanleggen van de fundering, bestaande uit drie lagen:
 - a statumen: een rollaag van in elkaar hakende stenen. Te vergelijken met de stenen langs de rails.
 - b rudus: een laag mortel met stenen gemengd
 - c nucleus: een laag mortel met grind gemengd.

Deze laag is licht bol aan de bovenzijde, zodat het regenwater makkelijker van de uiteindelijke deklaag kan aflopen.

- 5 Het aanleggen van het uiteindelijke wegdek, het pavementum of summa crusta, de bovenste korst.

Het aanleggen van een weg was een bijzonder arbeidsintensief karwei, waar met veel mankracht aan werd gewerkt. In veel gevallen hielpen de soldaten mee bij het aanleggen van een weg. Plaveisel werd overal uit het Rijk gehaald en per kar of schip aangevoerd.

NATTE ONDERGRONDEN

In verschillende delen van het Rijk kregen de Romeinen te maken met een natte ondergrond, waardoor het aanleggen van wegen op de traditionele manier niet goed mogelijk was. De fundering en wegdek van een stenen weg waren doorgaans tussen de 1 en de 1,40 meter dik en tussen de 1 en de 6 meter breed en dus bijzonder zwaar. De oplossing werd gevonden in het aanleggen van veel lichtere knuppel- en plankenwegen.



Knuppelpad in Museumpark Archeon. Foto C. Thunnissen

Een knuppelweg is een weg waarbij er in de lengte van de weg houten planken langs de kant worden gelegd, met daar haaks bovenop rondhouten. Een plankenweg is nagenoeg hetzelfde maar dan met planken i.p.v. rondhouten. Het grote voordeel van een plankenweg is dat het wegdek vlak is en dus lekkerder loopt en rijdt. Als de ondergrond ook te nat was voor een knuppelweg, dan werd er een fundering aangelegd. De meeste stappen van aanleg lijken op die van de bouwwijze van een stenen weg, maar dan met een extra laag. Na de weg afgegraven te hebben, stak men in de lengte van de weg allemaal paaltjes in de grond. Vervolgens legde men de lagen a, b, c en het wegdek aan. Aan de zijanten werden als laatste hoge bermen aangelegd die dezelfde hoogte hadden als de randstenen.



De provinciale weg van Valkenburg (ZH) doorsnijdt de Romeinse limesweg. In het landschap is de doorsnede van de Romeinse weg zichtbaar gemaakt, met ingeheidde palen en een schelpenwegdek. Erlangs staan cipressen van beton, die de route markeren. Foto C. Thunnissen.

DE BOVENKANT

Romeinse wegen liepen vaak een beetje bol. Zo liep het vuil en regenwater makkelijker weg en bleef de straat veilig tijdens het rijden en bewandelen. Veel wegen werden voorzien van drainagegootjes. Romeinen hadden al snel door dat het niet zo handig was om voetgangers, ruiters en wagenmenners op dezelfde weg te hebben. Speciaal voor voetgangers legden zij aan beide kanten van een weg een voetpad aan van gravel.

Sommige wegen werden voorzien van vluchtstroken waar reizigers konden stoppen als zij iets nodig hadden, zonder dat ander verkeer daar last van had. Deze uitvalhoeken dienden ook als een soort taxistop. Ook werden er op sommige wegen om de 5 meter extra hoge randstenen geplaatst, zodat ruiters makkelijker op en af konden stappen. Op gezette afstanden werden mijlstenen geplaatst, zodat men wist hoe ver het nog rijden was naar een bepaalde bestemming. Ook stond er vaak op wie de weg had laten aanleggen en welke reparaties er recentelijk hadden plaatsgevonden.

Veilig de weg op en af kunnen, of weten hoe ver het nog reizen was naar je bestemming, was niet de enige service bij een Romeinse weg. Er werd ook gedacht aan de reiziger die in het donker moest reizen. Romeinen kenden al een soort straatverlichting, door tussen de stenen van het pavementum kleine stukjes wit marmer te plaatsen. In het maanlicht reflecteerden deze goed en wist je waar je liep.

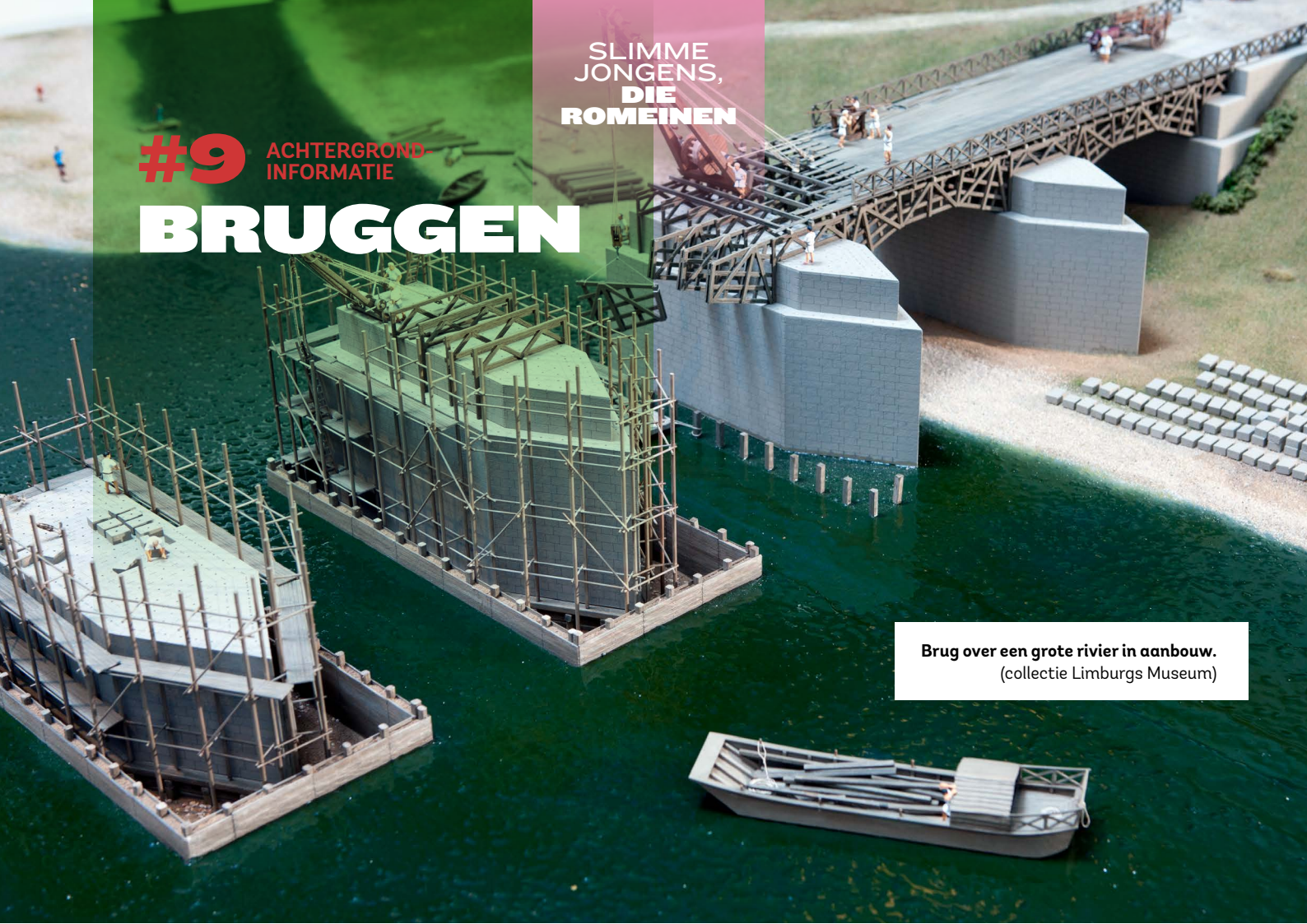


SLIMME
JONGENS,
DIE
ROMEINEN

#9

ACHTERGROND-
INFORMATIE

BRUGGEN



Brug over een grote rivier in aanbouw.
(collectie Limburgs Museum)

Wie een rivier wilde oversteken kon dat op een doorwaadbare plaats in het water te voet doen. Bij een rustige stroom kon er gevaren worden. Was het water echter te breed, diep of woest, dan was het in veel gevallen praktischer om een brug te bouwen. De Romeinen waren 's werelds eerste grote bruggenbouwers, maar opvallend genoeg worden bruggen nergens echt goed beschreven in de Romeinse geschriften.

DE ROMEINEN KENDEN DRIE SOORTEN BRUGGEN:

SCHIPBRUG

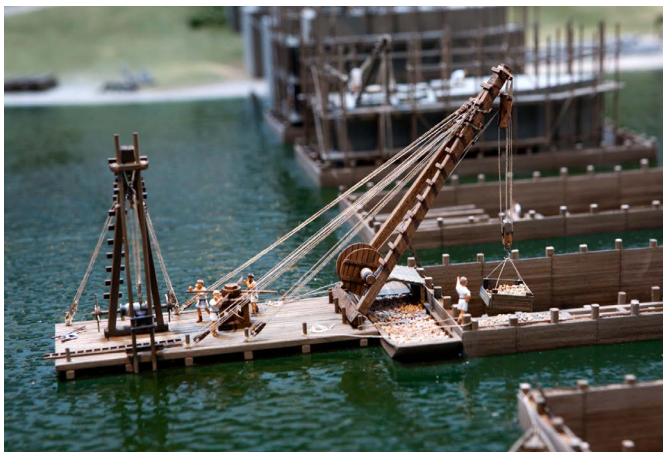
dit was een tijdelijk brug, bestaande uit aan elkaar verbonden bootjes. Na gebruik werd de brug weer uit elkaar gehaald, dus er is niets meer van terug te vinden, behalve in schriftelijke bronnen en op afbeeldingen.

HOUTEN BRUGGEN

het Romeinse leger gebruikte waarschijnlijk ook vaak houten bruggen, zo is er een uitgebreide beschrijving van de houten bruggen van Caesar over de Rijn. Het bouwen van een houten brug was een bijzondere prestatie. Werken met zware houten machines en logge houten onderdelen was heel lastig in sterk stromend water. Houten bruggen werden niet alleen voor militaire doeleinden gebouwd, ze waren ook de eerste bruggen voor nieuw aangelegde wegen. Vanwege de kwetsbaarheid van hout en het risico van verwoesting, werden ze, als dat mogelijk was, zo snel mogelijk vervangen door duurzame stenen bruggen.



Brug over het Kanaal van Corbulo bij Park Matilo in Leiden
(foto Hazenberg Archeologie)



Bij de aanleg van een grote brug werden midden in de rivier stukken droog gepompt. Zo konden brugpijlers worden aangelgd. Die pijlers dienden als 'voeten' voor de brug. Tegenwoordig gebeurt dat nog steeds op de dezelfde manier.
(collectie Limburgs Museum)

STENEN BRUGGEN

Het maken van een stenen brug, was duurzamer dan een brug van hout, maar ook een stuk lastiger. Een stenen pijler, bestond tenslotte niet uit één stuk zoals een boomstam, maar uit allemaal losse stenen die aan elkaar gemetseld moesten worden. Metselen in water gaat niet omdat het cement dan wegspoelt. Romeinen konden dus alleen een stenen brug metselen als zij steeds een stuk van een rivier voorzagen van damwanden, waarna het afgezette gedeelte kon worden leeggepompt, zodat er gewerkt kon worden.

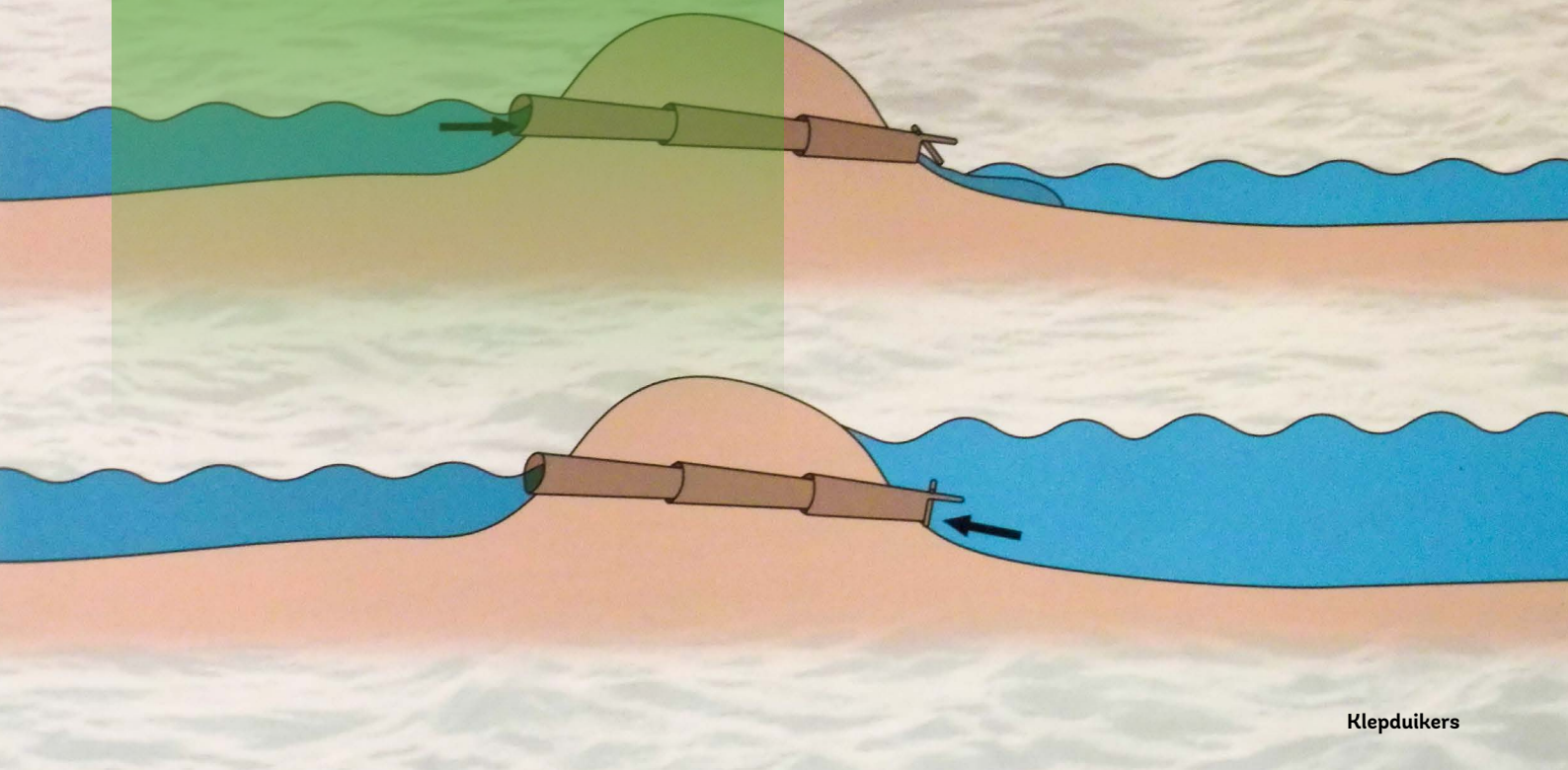
Romeinse stenen bruggen bestonden uit een reeks bogen die alleen gebouwd konden worden door architecten deze bouwtechniek beheersten. Werden de bogen niet goed gebouwd, dan stortte de boel in onder het eigen gewicht of door het dagelijkse gewicht van de gebruikers. Om zwakke plekken te voorkomen, werden er zo min mogelijk pijlers gebruikt. Net als bij lego geldt; een paar dikkere torentjes zijn steviger dan een heleboel dunne torentjes.

Het geringe aantal pijlers en bogen leidde ertoe dat de spanwijdte van de boog veel groter werd. Veel brugbogen zijn ook niet helemaal rond, maar een segmentboog. Dit is een boog die niet perfect halfrond, maar platter is. Hoe groter de spanwijdte van de boog, hoe hoger de bovenbouw moest zijn om de druk op te vangen.

Een stenen brug moest beschermd worden tegen onderspoeling en erosie aan het gesteente. De brugpijlers werden ter bescherming op pijlereilanden geplaatst. Bij de aanzet werden de pijlers opengewerkt, hierdoor hadden pijlers geen last van opspattend water.



Slimme jongens die Romeinen. Onderwijsproject over Romeinse technieken langs de Limes voor leerlingen van 11 tot 14 jaar. Samenstelling achtergrondinfo: Ratna N. Drost, MA. Een uitgave van Erfgoedhuis Zuid-Holland en het Archeon.



Klepduikers

Uit een citaat van Plinius blijkt al dat het noorden van het Romeinse Rijk een gebied was met veel water: rivieren, moerassen, meertjes en zeeën. De lokale bevolking had zich aangepast aan het water, woonde op terpen en gebruikte schepen voor vervoer. Om te voorkomen dat het land ongewenst onder water kwam te staan, maakte men veelvuldig gebruik van klepduikers om overtollig water af te voeren.

KLEPDUIKERS

Een klepduiker is in de waterbouwkunde een duiker met aan de voorzijde een klep die onder druk uit de gewenste richting open gaat staan, maar onder druk uit tegengestelde richting dicht blijft. Klepduikers worden gebruikt om een gebied in de gewenste richting af te voeren. Een klepduiker werkt alleen als het water afwisselend aan beide kanten hoger staat, zoals dit bijvoorbeeld het geval kan zijn in gebieden die onderhevig zijn aan een sterk wisselend waterniveau.



STRIJD TEGEN HET WATER: DE OUDSTE KLEPDUIKER VAN NEDERLAND

Deze klepduiker komt uit de periode 91 v.C.-57 n.C. In een kreek hadden vermoedelijk Cananefaatse boeren een dam, met daarin een duiker gebouwd. Deze bestond uit twee uitgeholde boomstammen, die in elkaar waren geschoven tot een buis van 6,30 meter lang. In de voorzijde van de eerste boomstam zaten rechthoekige gaten, waar een klepje aan gemonteerd moet hebben gezeten. De kant met het klepje mondde uit in een kreek. Bij hoogwater werd de klep vanzelf dichtgedrukt door het gestegen water in de kreek, terwijl het overtollige regenwater bij laagwater automatisch de klep open duwde en zo kon wegvloeien in de kreek, waardoor het hoger gelegen land droog bleef. Deze duiker werkte als een zelfregulerende sluis, de oudste bekende sluis uit West-Europa.



ERFgoedhuis-ZH

Slimme jongens die Romeinen. Onderwijsproject over Romeinse technieken langs de Limes voor leerlingen van 11 tot 14 jaar. Samenstelling achtergrondinfo: Ratna N. Drost, MA. Een uitgave van Erfgoedhuis Zuid-Holland en het Archeon.