

### 25.3.15 Bruggen bouwen

De eenvoudigste manier om een kloof of rivier te overbruggen is een boom op de oever vellen en naar de overzijde laten vallen. Sommige takken kunnen als houvast dienen. Twee of drie stammen naast elkaar, met ertussen een opvulling van steen en/of grond maken de brug breder. En een leuning of reling maakt ze veiliger.

Bij grote overspanningen zijn verstevigde constructies nodig. Bijvoorbeeld schuine, ondersteunende palen van op de oevers. Of heipalen in het water. Hout rot onder water niet zo snel. Wel op de overgang tussen nat en droog.

De aantastingsnelheid voor hout is  
onder water  $\approx 0$  tot 1 mm/jaar  
bij droogstand  $\approx 2$  tot 10 mm/jaar  
bij sterke droogstand  $\approx 100$  mm/jaar.

Daarom wordt voor paalwoningen, dammen, sluisdeuren hout van duurzaamheidsklasse 1 gebruikt.

Klasse 1: pakhout, azobé (veel gebruikt bij bruggen), klasse 2: taxus, kastanje, robinia, 3: noten, eik (schepen) 4: appel, vuren, iep. Eiken, grenen en vuren worden het meest gebruikt als heipalen.

Zuurstof is de cruciale factor bij bacteriële aantasting in de paalfunderingen 📖. Onder water blijft hout zeer lang goed en sterk. 'Hout, dat voortdurend onder water ligt, wordt ten laatste steenhard; vooral geldt dit voor eikenhout.' Stond er al in De praktische metselaar, handboek voor architecten, metselaars, opzichters en leerlingen, Leiden 1874. Heipalen 📖 moeten tot in de dragende ondergrond gedreven worden.

In Amsterdam staat Het Paleis op de Dam sinds 1665 op 13.659 houten palen, het Centraal Station op 8.687 stuks, al sinds 1889. Venetië staat op een woud van honderdduizenden palen sinds de 14de - 15de eeuw. Meestal gebruikte men eiken-, elzen- of olmenhout. Op 10 tot 30 cm onder de grondwaterspiegel zaagde men de kop van de palen af zodat ze volledig onder water stonden. Het waterpeil wordt soms tot 4x/dag gecontroleerd.

Bij palen boven het grondwaterpeil gebeurt het rotten op de overgang tussen maaiveld of grondwaterpeil en het aan lucht blootgestelde deel. Vooral die zone moet dus behandeld worden.

*♫ Wie met modder gooit heeft zelf vuile handen.*

Ook stenen constructies zijn bruikbaar onder water.



De Myceense brug van Kazarma (in Arkadiko, Griekenland, ca. 1300–1190 v.Chr.) is de oudste bewaarde en nog gebruikte brug van Europa. Ze bestaat uit grote, ruw gekapte stenen zonder mortel. Kleine stenen werden in de tussenruimtes gewerkt voor stabilisatie.

Cementproducten (mortel en beton) worden niet zoals klei hard door te drogen, maar door een chemische reactie (die water nodig heeft), ook onder water! Zo wordt het ook

in het labo getest. Cement is een hydraulisch bindmiddel, onderwater hardt het zelfs sneller uit. Eenmaal uitgehard lost beton of mortel niet meer terug op in water. (Speciaal onderwaterbeton 📖 krijgt een toevoeging om het stroperig te maken zodat de massa samenblijft onder water.)

Mogelijkheden om de brug te verstevigen zijn het aanbrengen van bogen of evenwijdige bruggen onder of boven het wegdek, en beiden te verbinden.

Ook kunnen er pylonen met een zware fundering opgericht worden waaruit kabels aan weerszijden naar de brug lopen (📖 een tuibrug), hetzij vertrekkend uit één punt en uitwaaierend, hetzij afzonderlijk van punt naar punt (harpvorm).

Net zoals bij een snaar kan elke tui met een bepaalde frequentie trillen. Dit wordt de eigenfrequentie van de tuidraad genoemd. Om dit trillen tegen te gaan worden dempers gebruikt.

Niet alleen tuien hebben een eigenfrequentie, bruggen ook: de trillingstijd 📖. Militairen marcheren niet op een brug, de groepen stappen uit de pas om synchronisatie te vermijden! Als de tijd tussen de stappen hetzelfde is als de trillingstijd van de brug, gaat de brug meetrillen en kan daardoor beschadigd worden.

Enkele speciale types zijn ophaalbrug, hangbrug, pontonbrug, draaibrug...

Je kan een zelfdragende parabolische boog voor een brug of dak maken volgens een constructieprincipe dat Leonardo Da Vinci bedacht (1502). Zonder nagels, schroeven, touwen of lijm, enkel met (ijslollystokjes of satéprikkers om te oefenen of) balken. De kleinste constructie kan al met 8 latjes (en is herhaalbaar en koppelbaar). Op internet vind je tekeningen, video's en bouw pakketjes die duidelijk maken hoe de spanning en belasting op de gebruikte stukken die ook samenhouden.

Brugingenieurs beweren niet overdekte houten bruggen een levensduur van 20 jaar hebben; maar overdekte wel 100 jaar meegaan.

*♫ Mijn tip: luister nooit naar het advies van anderen.*