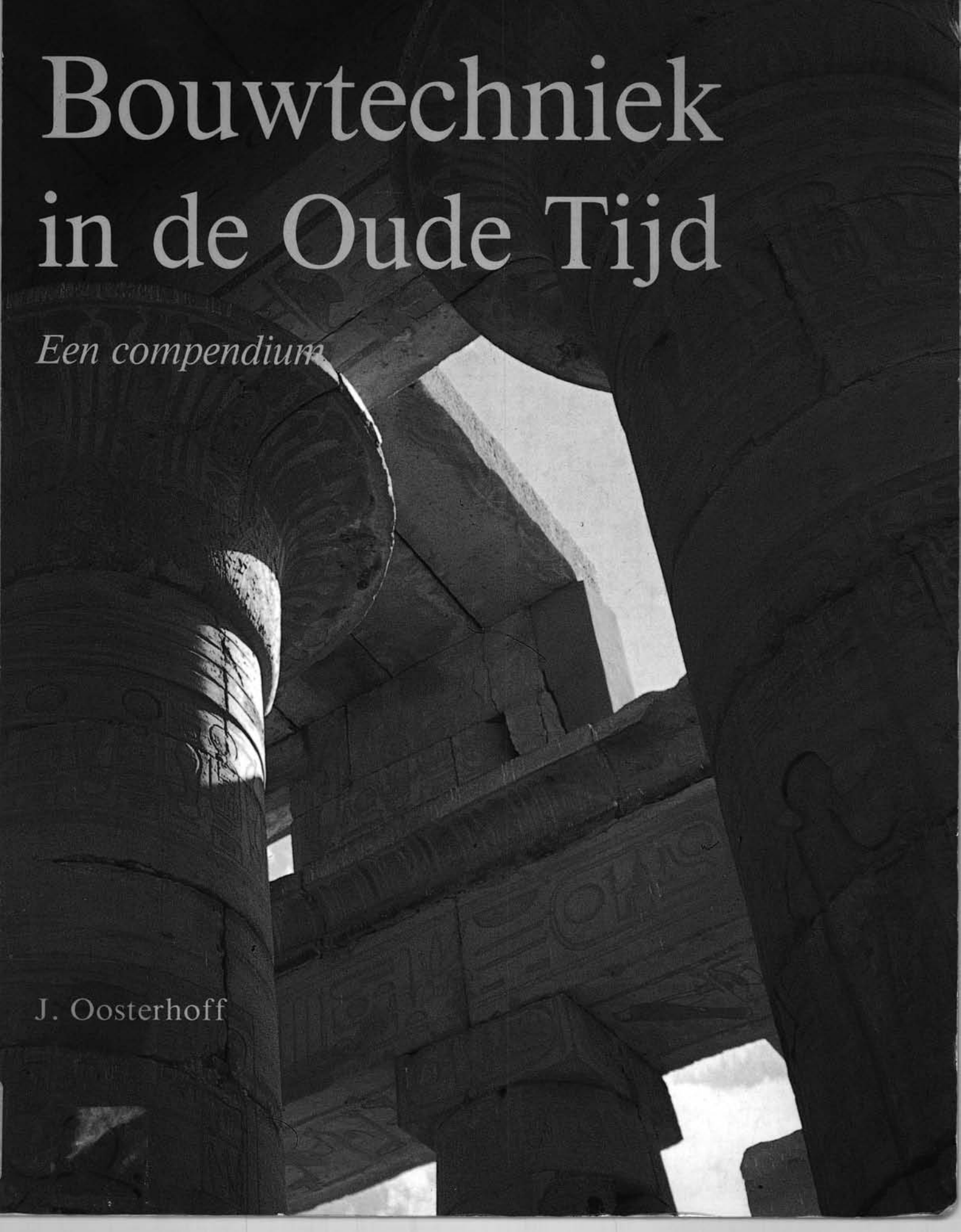


Bouwtechniek in de Oude Tijd

Een compendium

J. Oosterhoff



22952302

1910999 1A3 mg
o.n.a.

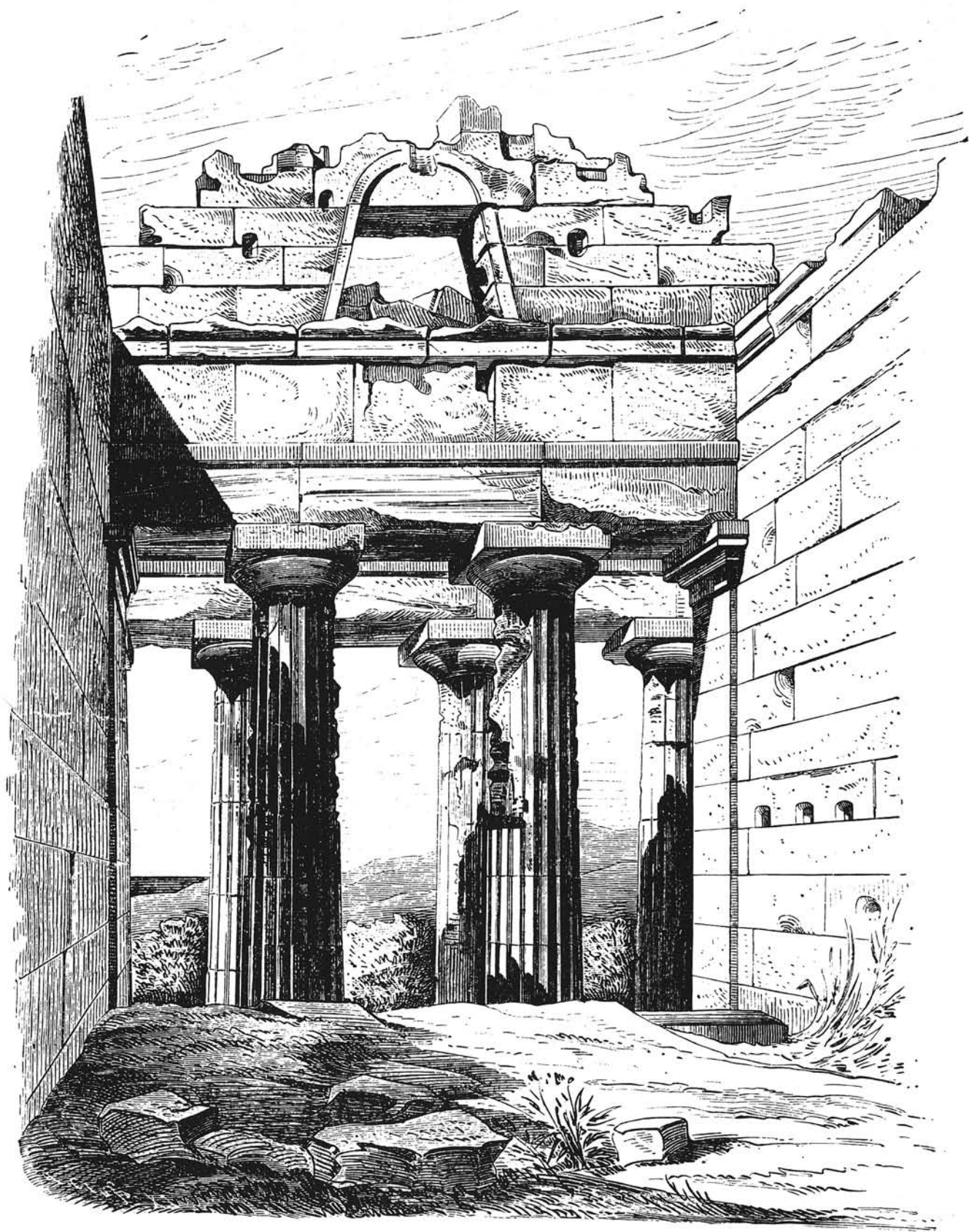
Bouwtechniek
in de Oude Tijd

2295
230
2

Bibliotheek TU Delft



C 1913758



Bouwtechniek in de Oude Tijd

Een compendium

J. Oosterhoff

22952302



Uitgegeven door:
Delftse Universitaire Pers
Stevinweg 1
2628 CN Delft

Telefoon (015) 78 32 54
Telefax (015) 78 16 61

Omslag:
De tempel van Amon te Karnak
(foto Fas Keuzenkamp, Faculteit der
Bouwkunde, Technische Universiteit Delft)

© 1991 by Delft University Press / CIP

ISBN 90-6275-712-X

NUGI 923

Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotocopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook, hetzij elektronisch, hetzij mechanisch, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgeverij.

INHOUD

Voorwoord	VII
1. Inleiding	1
2. Egypte	3
2.1. Algemeen	3
2.2. Mastaba's en piramiden	3
2.3. Tempels	9
2.4. Obeliskken	13
2.5. Gewelven	14
2.6. Literatuur	17
3. Mesopotamië	19
3.1. Algemeen	19
3.2. Tempels	20
3.3. Ziggoerats	20
3.4. Paleizen	24
3.5. Riethutten	27
3.6. Gewelven	27
3.7. Transport	27
3.8. Literatuur	27
4. Anatolië	29
4.1. Algemeen	29
4.2. Literatuur	30
5. Perzië	31
5.1. Algemeen	31
5.2. Grafmonumenten	31
5.3. Heiligdommen	31
5.4. Paleizen	31
5.5. Literatuur	36
6. De Grieken	37
6.1. Algemeen	37
6.2. De Kretenzische beschaving	38
6.3. De Myceense beschaving	39
6.4. De Griekse middeleeuwen	40
6.5. De Helleense tijd en de Hellenistische tijd	40
6.5.1. Tempels	40
6.5.2. Raadhuizen	50
6.5.3. Stoa's	53
6.5.4. Opslagruimten	53
6.5.5. Grafmonumenten	54
6.6. Muren	54
6.6.1. Vestingmuren en keermuren	54
6.6.2. Muren van tempels	55
6.7. Zuilen	56

6.8.	Architraven	57
6.9.	Daken	58
6.10.	Gewelven	59
6.11.	Transport	59
6.12.	Literatuur	59
7.	De Romeinen	63
7.1.	Algemeen	63
7.2.	Bouwwerken	64
7.2.1.	Algemeen	64
7.2.2.	Tempels	64
7.2.3.	Basilica's	69
7.2.4.	Kerken	72
7.2.5.	Grafmonumenten	72
7.2.6.	Thermen	74
7.2.7.	Amphitheatres en theaters	74
7.3.	Beton	76
7.4.	Muren	77
7.5.	Zuilen en architraven	81
7.6.	Daken	84
7.7.	Bogen en gewelven	87
7.8.	Transport	100
7.9.	Literatuur	101
8.	Het overige Europa	103
8.1.	Algemeen	103
8.2.	Megalietwerken	103
8.3.	Literatuur	106
9.	Torens en andere hoge bouwwerken	107
10.	Bruggen	109
	Index	119
	Verantwoording van de afbeeldingen	123

VOORWOORD

Het kennismaken van wat in het verleden gebeurde is niet alleen een interessante maar ook nuttige bezigheid. Dat geldt in het bijzonder als men hierbij de geschiedenis van het eigen vakgebied betreft. Voor de schrijver van dit boek is dat vakgebied het bouwen, met als specialiteit het ontwerpen van overspannings- en ondersteuningsconstructies voor bouwwerken. Hij ontdekte dat het lezen over het bouwen en over de bouwtechniek in het verleden afstand schiep tot het doen van alledag, dat datgene, wat nu modern bouwen wordt genoemd, in een aantal gevallen helemaal niet modern is en dat veel reeds in het verleden, soms in het verre verleden, werd uitgevonden. Al lezende werden aantekeningen gemaakt, te beginnen met de Oude Tijd en vanzelfsprekend ontstaat dan het verlangen om de verzamelde kennis onder een groter publiek dan de naaste omgeving te brengen, met andere woorden om er een boek van te maken. Dat is dan nu voor wat betreft de Oude Tijd gebeurd. De nadruk ligt daarbij op het vakgebied van de schrijver: vooral die bouwwerken zullen worden getoond welke interessante overspannings- en ondersteuningsconstructies hebben.

Het is beslist niet de bedoeling geweest om een naslagwerk te maken. Het boek is, ook als het alleen om de bouwtechniek en de bouwconstructies gaat, bij lange na niet volledig. Wel is er naar gestreefd om een beeld te geven van de soorten bouwwerken en constructies die in de Oude Tijd zijn ontstaan. De beeldvorming moet letterlijk worden opgevat: er zijn veel afbeeldingen opgenomen. De opvatting van de schrijver is dat een afbeelding van een constructie sneller en beter duidelijk maakt wat de functie en hoe de samenstelling ervan is dan een uitvoerige beschrijving dat zou kunnen doen. Daarom is de tekst zo beknopt mogelijk gehouden, vandaar ook de ondertitel 'Een compendium'.

Niet al het bouwen in de Oude Tijd zal worden behandeld. Het boek beperkt zich tot de westerse wereld die in de Oude Tijd niet verder ging dan Europa. Wel zijn mede die culturen opgenomen die de bakermat waren voor het Europese bouwen, de culturen van Egypte, Mesopotamië en Perzië. De achtergrond hiervan is dat de schrijver met het lezen over de geschiedenis van het bouwen de bedoeling had de hieruit geputte kennis te benutten voor het beschrijven van de bouwtechniek en de bouwconstructies in de periode na 1800 toen het bouwen een grote vlucht nam en zijn wortels had en nog heeft in de westerse wereld. Zo ver is hij nog niet gekomen maar het lijkt zinnig om alvast het stuk voorstudie te publiceren dat over de Oude Tijd gaat.

Het spreekt vanzelf dat, waar dit boek een overzicht van het bouwen wil geven en de tekst beknopt is gehouden, er bij de lezer vele vragen zullen opkomen. Enerzijds zal hij misschien over een bepaald onderwerp meer willen weten, anderzijds zal hij zich wellicht afvragen welke de bronnen zijn van de informatie die het boek geeft. Daarom is aan het einde van ieder hoofdstuk een lijst opgenomen van de belangrijkste geraadpleegde literatuur. De meeste van deze bronnen lenen zich voor verdere bestudering van een bepaald onderwerp. Naast deze specifieke literatuurvermeldingen bestaat er ook algemene literatuur over de geschiedenis van het bouwen in de Oude Tijd. Deze is aan het einde van hoofdstuk 1 'Inleiding' gegeven.

In de literatuurlijsten komen vrij veel titels uit de 19de eeuw voor. Niet alleen geven deze vaak veel informatie maar in een aantal standaardwerken trekt ook het fraaie tekenwerk de aandacht. Bekend is het werk van G. Perrot en Ch. Chipiez 'Histoire de l'art dans l'antiquité', aan het eind van de 19de eeuw in een aantal delen verschenen, met vele reconstructietekeningen van Chipiez waarvan een aantal later in andere werken zijn overgenomen. Ook het werk van Josef Durm moet worden geprezen. Hij verzorgde omstreeks 1900 drie delen van de serie 'Handbuch der Architektur', over de Grieken, de Etrusken en de Romeinen en over de renaissance in Italië. Het is verbazingwekkend hoeveel tekeningen Durm eigenhandig heeft gemaakt, daarbij in aanmerking genomen dat zij vrijwel alle zeer gedetailleerd zijn. Verder moet worden genoemd het voortreffelijke standaardwerk 'A history of architecture', oorspronkelijk in het laatst van de 19de eeuw geschreven door Bannister Fletcher en later in vele drukken herzien en uitgebreid.

Voor de (zeer beknopte) overzichten van de geschiedenis van een aantal culturen is voornamelijk gebruik gemaakt van de Historische Winkler Prins (Amsterdam 1957). Aan dit werk is ook de spelling van de namen van personen en geografische objecten ontleend voor zover zij daarin voorkomen. Voor bouwkundige benamingen is gebruikt het boek van E.J. Haslinghuis 'Bouwkundige termen' in de bewerking van 1986.

In het boek worden veel getallen genoemd. De reden hiervoor ligt in het feit dat de schrijver een ingenieur is. Ingenieurs hebben behoefte aan getallen. Deze werken voor hen mee aan de beeldvorming. De getallen hebben enerzijds meestal betrekking op de afmetingen van bouwwerken en van hun constructies, anderzijds op de tijd waarin de bouwwerken tot stand kwamen. Voor beide categorieën zijn de getallen bedoeld als een indicatie. Voor

ons doel – het geven van een beeld van de ontwikkeling – is een grote nauwkeurigheid niet nodig. Zij zou alleen maar aanleiding tot misverstanden geven. Maten van bijvoorbeeld overspanningen zijn vaak tot op hele of halve meters afgerond, jaartallen zijn globaal gegeven, met een spreidingsgebied dat, naar mate het bouwen in de tijd verder weg ligt, groter is. Om het boek niet te overladen met aanduidingen als 'ongeveer', 'omstreeks' en 'circa' zijn deze meestal weggelaten.

De indeling van de stof is die naar de behandelde bouwculturen. Per hoofdstuk wordt een geografisch cultuurgebied of het bouwen van een volk beschouwd. Daarbij is hoofdzakelijk aandacht besteed aan gebouwen. Aan het einde van het boek volgen nog hoofdstukken over torens en andere hoge bouwwerken en over bruggen. De opbouw van ieder hoofdstuk is in principe zo dat, na een korte beschrijving van de geschiedenis van de onderhavige cultuur, eerst een aantal bouwwerken wordt beschreven die van belang zijn geweest voor de ontwikkeling van het overspannen en ondersteunen. Daarna volgen beschrijvingen van de constructies van onderdelen van gebouwen zoals muren en kolommen, daken, gewelven, kappanten en dergelijke. Ook wordt aandacht besteed aan de wijze waarop bouwelementen werden getranspor-

teerd omdat het transport een van de belangrijkste onderdelen van de bouwtechniek is. Daartegenover zijn niet behandeld het bouwgereedschap, bijvoorbeeld voor het bewerken van natuursteen, niet de wijze waarop natuursteen in de groeve werd vrijgemaakt, evenmin de methoden voor het maken van kleisteen en baksteen enz. enz. De beschrijving daarvan zou te ver voeren en is niet nodig voor het vormen van het beoogde beeld, de ontwikkeling van het overspannen en ondersteunen.

Evenmin is, met enkele uitzonderingen, beschreven hoe de krachten in constructies werken en hoe deze krachtswerking aanleiding was tot het ontstaan van bepaalde constructietypen. Hiervoor wordt verwezen naar het boek 'Kracht en vorm' dat de auteur enige tijd geleden schreef.

Dank is verschuldigd aan ir. J.M. Gerrits en A.J. Valk van de Technische Universiteit Delft die, al weer lang geleden, materiaal verzamelden en tekenwerk verrichtten, aan ir. G.G. Nieuwmeijer, eveneens van de TU Delft die het manuscript kritisch doorlas en aan de Delftse Universitaire Pers die de zorg voor de uitgave op zich nam.

J. Oosterhoff
November 1991

1. INLEIDING

Eén van de kenmerken van het ontstaan en de vooruitgang van beschaving is de ontwikkeling van het bouwen. De nomadentent en de primitieve hut werden in de loop van de tijd gebouwen, de boomstam over een beekje werd een brug over een rivier. De menselijke behoeften namen toe, bouwwerken voorzagen daarin.

Bouwwerken onderscheiden zich van andere gebouwde objecten zoals schepen, voertuigen en machines vooral door hun gebondenheid aan de plaats waar ze ontstaan. Voor wat de Oude Tijd betreft kunnen ze ruwweg worden verdeeld in gebouwen en de werken voor de wegen- en waterbouw. Van de laatste werden de bruggen als de belangrijkste gekozen. Niet al het bouwen in de Oude Tijd, die wij in 500 vC laten eindigen, zal worden behandeld. Er is een beperking tot de westerse wereld die in de Oude Tijd niet verder reikte dan Europa. Wel zijn mede die culturen opgenomen die de bakermat waren van het Europese bouwen, die van Egypte, Mesopotamië en Perzië. Na een kort uitstapje naar Anatolië (in het huidige Turkije) komt vervolgens het bouwen door de Grieken en de Romeinen en in het overige Europa aan de orde. Aan het einde wordt nog afzonderlijk aandacht besteed aan hoge bouwwerken en aan bruggen.

Het compendium is geschreven door een ingenieur en het draagt daarvan dan ook de kenmerken. Er komt veel in voor over de bouwtechniek (de wijze waarop bouwwerken tot stand kwamen) en over de constructie van bouwwerken (de wijze waarop deze uit bouwmaterialen en bouwelementen zijn samengesteld). Het is de schrijver bij zijn verkenningen in de literatuur opgevallen dat het feit, dat in een bepaalde cultuur indrukwekkende bouwwerken tot stand kwamen, niet behoeft in te houden dat daarvoor een geavanceerde techniek werd gebruikt. In Egypte bestaan imposante tempelruïnes die nu nog een indruk geven van de grootsheid van deze bouwwerken in de Oude Tijd. Niettemin kwamen deze werken tot stand met middelen, met name die voor het transport van de bouwmaterialen, die wij heden primitief noemen. Het blijkt dat in het oude Egypte de geest, die daar werd gedragen door de religie en de macht van de farao's, ver uitging boven het technische kunnen en dat die geest de tekorten hierin overwon.

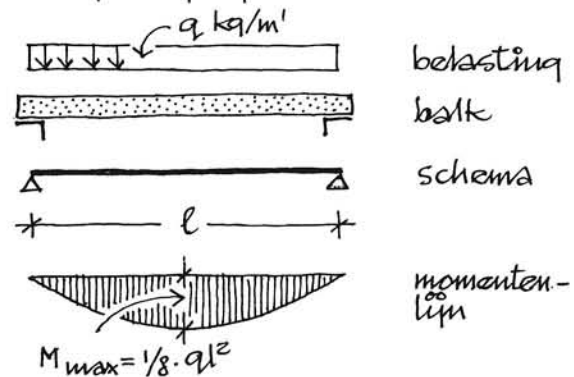
Het zal de lezer opvallen dat bij constructies, die ruimten overspannen, altijd de grootte van de overspanning zal worden genoemd. Voor de vorm van de constructie, in de brede zin van het woord, is deze dimensie van groot belang. De krachten in een overspanningsconstructie worden vooral bepaald door de zogenaamde buigende mo-

menten die erin optreden en waarvan de grootste, bij een constructie die vrij is opgelegd op twee steunpunten, wordt weergegeven door de formule

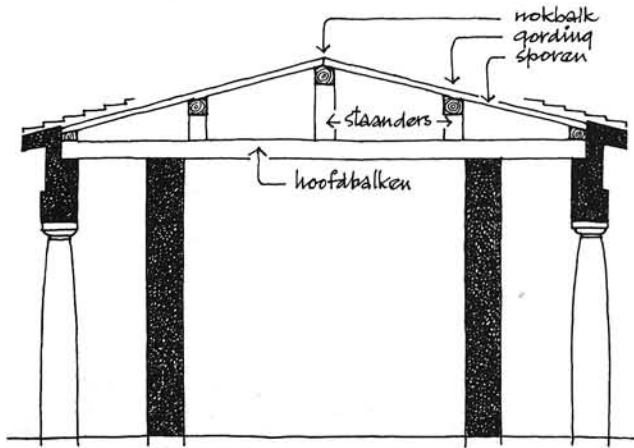
$$M = 1/8 \cdot q l^2$$

Hierin is M het maximale buigende moment, q de belasting op de constructie per lengte-eenheid en l de overspanning (afb. 1). De laatste komt in het kwadraat voor en heeft daardoor veruit de grootste invloed op de grootte van het buigende moment. Niet alleen bepaalt vooral de overspanningslengte de grootte van de krachten in een constructie en daardoor ook de afmetingen ervan maar ook is zij maatgevend voor de keuze van het type van de overspanningsconstructie. Een voorbeeld daarvan is de constructie die de Grieken in de Helleense tijd, dus voor 300 vC, gebruikten voor het overspannen van brede ruimten. De voornaamste van deze ruimten was de tempelcella. De constructie was van hout en bestond uit balken en staanders (afb. 2). Er waren hoofdbalken in de breedterichting van de ruimte. Deze droegen staanders die weer de gordingen in de lengterichting van het dak steunden. Zo'n constructie heeft, wat de ermee te bereiken overspanning betreft, een limiet. Maatgevend zijn hiervoor de hoofdbalken. Indien deze dicht bij elkaar worden gelegd (bijvoorbeeld balken met een doorsnede van 50x50 cm op afstanden van 1 m hart op hart zodat er tussen de balken ruimte voor een kassettenaftimmering overblijft) dan ligt de maximaal te bereiken overspanning in de buurt van 12 m. Boven die overspanningslengte moeten de afmetin-

Een op buiging belaste balk



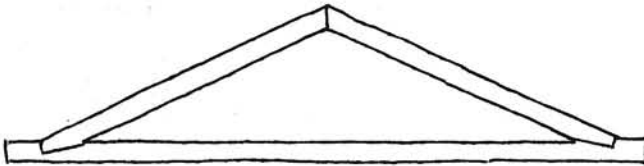
1. Krachten in een balk.



2. De kapconstructie van Griekse tempels voor 300 vC.

gen van de hoofdbalken zo groot worden dat de natuur ze redelijkerwijs niet meer kan leveren, althans niet in voldoende aantallen. Er zijn enkele tempels met een cellabreedte van 12 m op deze wijze overspannen maar grotere cella's bleven voor 300 vC onoverdekt. Eerst in de Hellenistische tijd, na 300 vC, werd het kaspant geïntroduceerd, met twee spantbenen en een trekbal waarmee veel grotere overspanningen konden worden bereikt (afb.3).

De mogelijkheden om steeds grotere ruimten te overspannen zijn in de loop van de tijd toegenomen. Ook in de Oude Tijd was dit reeds het geval. Met name door de Romeinen werd een imposante overspanningstechniek ontwikkeld. Deze reikte bij gebouwen met langwerpige ruimten tot een overspanning van ruim 27 m bij de basilica te



3. Het driehoekige kaspant.

Trier uit het begin van de 4de eeuw nC en bij koepels tot een voetdiameter van ruim 43 m bij het Pantheon te Rome uit 120 nC. In de bruggenbouw kwamen overspanningen boven 30 m voor met als grootste de boog van de brug over de Nera bij Narni uit 25 vC met een opening van 32 m. In onze tijd komen aanzienlijk grotere overspanningen voor: in de Verenigde Staten zijn sporthallen gebouwd met koepels die meer dan 200 m overspannen terwijl de hangbrug over de Humber bij Hull een middenopening van 1400 m heeft. Toch is het goed te bedenken dat de koepeldiameter van het Pantheon in steenachtig materiaal eerst in 1913 werd overtroffen met de bouw van een gewapendbetonkoepel met een diameter van 65 m voor de Jahrhunderthalle in Breslau.

In de in het boek aan de orde komende hoofdstukken is aan het einde een lijst gegeven van literatuur met betrekking tot de erin behandelde onderwerpen. Het is specifieke literatuur die dus gaat over een beperkt kennisgebied. Daarnaast is er ook literatuur die de stof in het algemeen en over het gehele tijdsgebied van de Oude Tijd behandelt. De belangrijkste boeken, die daartoe behoren, zijn hieronder vermeld.

- E. Cornell, Byggnadstekniken. Metoder och idéer genom tiderna, Stockholm 1970
- B. Fletcher, A history of architecture, vele herziene en uitgebreide drukken door J.C. Palmes, London
- F. Hart, Kunst und Technik der Wölbung, München 1965
- R.J. Mainstone, Developments in structural form, London 1975
- J. Oosterhoff, Constructies. Momenten uit de geschiedenis van het overspannen en ondersteunen, Delft 1980(2)
- J. Oosterhoff, Kracht en vorm. De draagconstructie van bouwwerken eenvoudig verklaard, Delft 1990
- H. Straub, Die Geschichte der Bauingenieurkunst. Ein Überblick von der Antike bis in die Neuzeit, Basel 1964(2)
- H.J.W. Thunnissen, Gewelven. Hun constructie en toepassing in de historische en hedendaagse bouwkunst, Amsterdam 1950

2. EGYPTE

2.1. Algemeen

De Egyptische beschaving, die zich in het dal van de Nijl ontwikkelde, is voor het bouwen van grote betekenis geweest in de tijd tussen 3000 vC en het begin van onze jaartelling. In die tijd waren er drie grote bloeiperioden:

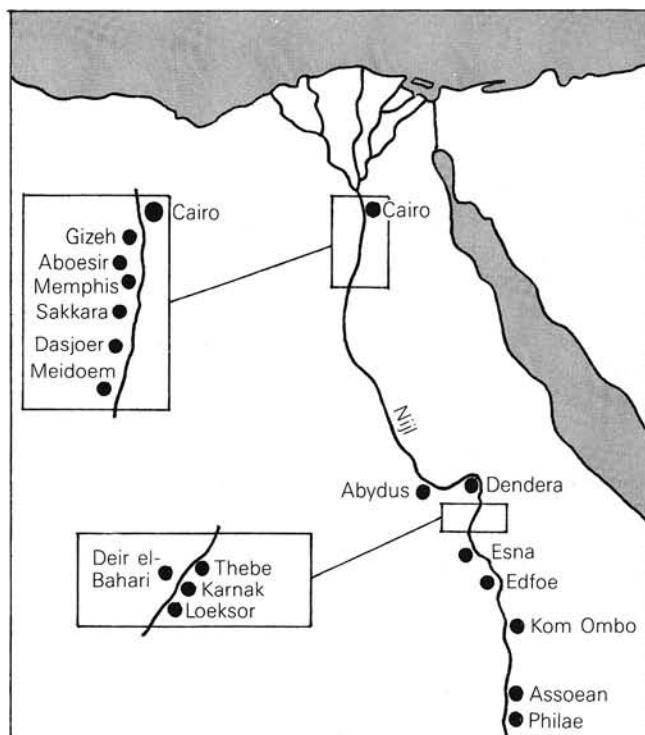
- 3200-2300 vC. Het Oude Rijk, centrum langs de Beneden-Nijl (het noorden), hoofdstad Memphis.
- 2100-1800 vC. Het Midden Rijk, centrum langs de Midden-Nijl, hoofdstad Thebe.
- 1600-500 vC. Het Nieuwe Rijk, centrum langs de Midden-Nijl, hoofdstad Thebe.

Na 500 vC werd Egypte achtereenvolgens beheerst door de Perzen, de Grieken (Ptolemaeën) en de Romeinen die overigens op de wijze van bouwen en de stijl ervan weinig invloed uitoefenden: de bouwwerken behielden een eigen karakter.

Egypte heeft een zeer gunstig klimaat voor het behoud van bouwwerken. Het is er warm, sneeuw en vorst zijn onbekend en behoudens in de Nijldelta komt regen zelden voor.

Tijdens het Oude Rijk waren de belangrijkste bouwwerken de mastaba's en de piramiden met de bij de laatste behorende tempels. Tijdens het Midden Rijk waren de grote bouwwerken voornamelijk graftempels, bestemd voor de eredienst aan de goddelijke farao's. Gedurende het Nieuwe Rijk ontstonden de grote tempelbouwwerken van Thebe, Loeksor en Karnak en de rotsgraven in het Dal der Koningen bij Thebe. Ook tijdens de Ptolemaeïsche en de Romeinse periode werd, vooral langs de Midden-Nijl, een aantal opmerkelijke tempels gebouwd, geheel volgens de Egyptische tradities.

Voor bouwwerken met een eenvoudige constructie zoals woningen, maar ook voor paleizen, is als bouw materiaal naast steen ook hout gebruikt, voornamelijk het inlandse palmhout. Maar zelfs in het gunstige Egyptische klimaat is hout een vergankelijk bouw materiaal: uit de Oude Tijd is niets ervan overgebleven. Hout was overigens ook schaars, alleen langs de Nijloevers groeiden bomen. Mede hierdoor werd bij het bouwen voor het overgrote deel gebruik gemaakt van steen. Veel werd gebouwd met kleisteen, vervaardigd van klei met toevoeging van zand of gehakt stro (om het krimpen van de klei te beperken) en in de zon gedroogd. Baksteen werd, vanwege het gebrek aan hout voor brandstof, zelden toegepast. Natuursteen is in Egypte in overvloed aanwezig: kalksteen in



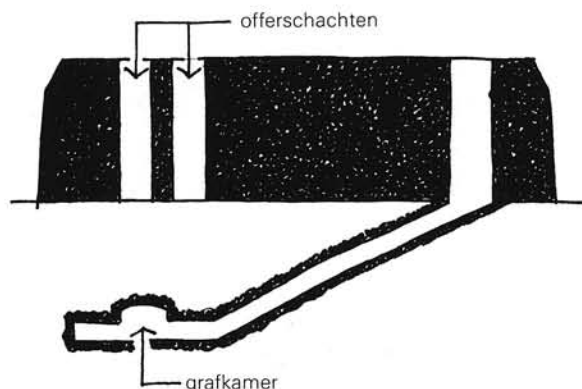
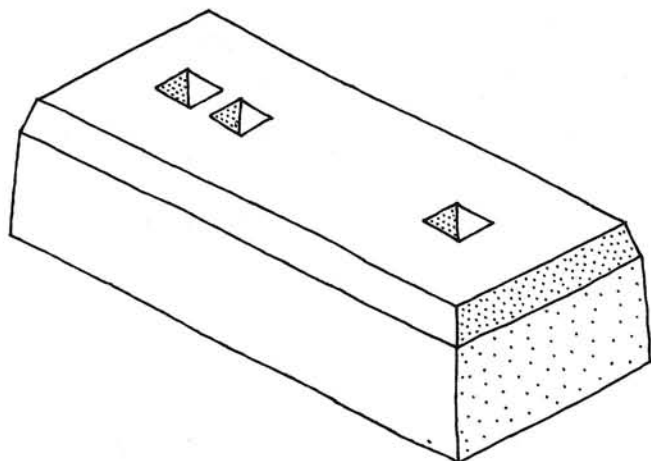
4. Egypte in de Oude Tijd.

het noorden, zandsteen in het midden en zuiden en in de omgeving van Assoean graniet. Voor grote bouwwerken was natuursteen dan ook het belangrijkste bouw materiaal.

2.2. Mastaba's en piramiden

De belangrijkste bouwwerken van het Oude Rijk waren de mastaba's en de piramiden.

De mastaba's waren de grafmonumenten voor de aanzienlijken, tijdens de eerste dynastieën ook voor de farao's. Zo ligt bij de drie piramiden te Gizeh een veld met enkele honderden mastaba's. Een mastaba heeft een rechthoekige plattegrond en is grotendeels massief, van natuursteen of van kleisteen of van kleisteen met een bekleding van natuursteen. In het inwendige komen als uitgespaarde ruimten slechts kleine grafkamers, gangen en schachten voor (afb.5).



5. Mastaba.

De piramiden waren de grafmonumenten voor de farao's. Het zijn massieve stapelwerken van kalksteenblokken. De belangrijkste delen zijn de grafkamers, soms uitgespaard in de steenstapeling, soms uitgehouwen in de eronder gelegen rots. De grote piramiden werden gebouwd tijdens de 3de tot en met de 5de dynastie (2750-2500 vC, zie tabel 1 en afb.6). Zij zijn gelegen aan de westzijde van

Tabel 1. De grote piramiden in Egypte.

plaats	farao	tijd vC	grondvlak in m ²	hoogte in m
Sakkara	Djoser (trappenpiramide)	2750	109x125	60
Meidoem	Hoeni, Snefroe	2700	144x144	90
Dasjoer	Snefroe (knikpiramide)	2700	187x187	102
Dasjoer	Snefroe (rode piramide)	2700	219x219	104
Gizeh	Cheops (grote piramide)	2600	231x231	146
Gizeh	Chefren	2600	216x216	143
Gizeh	Mycerinus	2600	109x109	67
Aboesir	Sahoere	2400	79x79	48

de Nijl, de meeste in een gebied van 100 km lengte tot Meidoem in het zuiden.

De grote periode van de piramidenbouw ligt tussen de regering van Djoser (3de dynastie) en die van Mycerinus (4de dynastie) en beslaat een periode van ongeveer 200 jaar (2750-2550 vC) met een zwaartepunt tijdens de 4de dynastie (van Snefroe tot Mycerinus). Van de piramiden, in deze tijd gebouwd, zijn de inhouden, berekend naar de voltooide toestand:

- 3de dynastie: ca. 2 miljoen m³ in ca. 60 jaar.
- 4de dynastie: ca. 8 miljoen m³ in ca. 120 jaar.

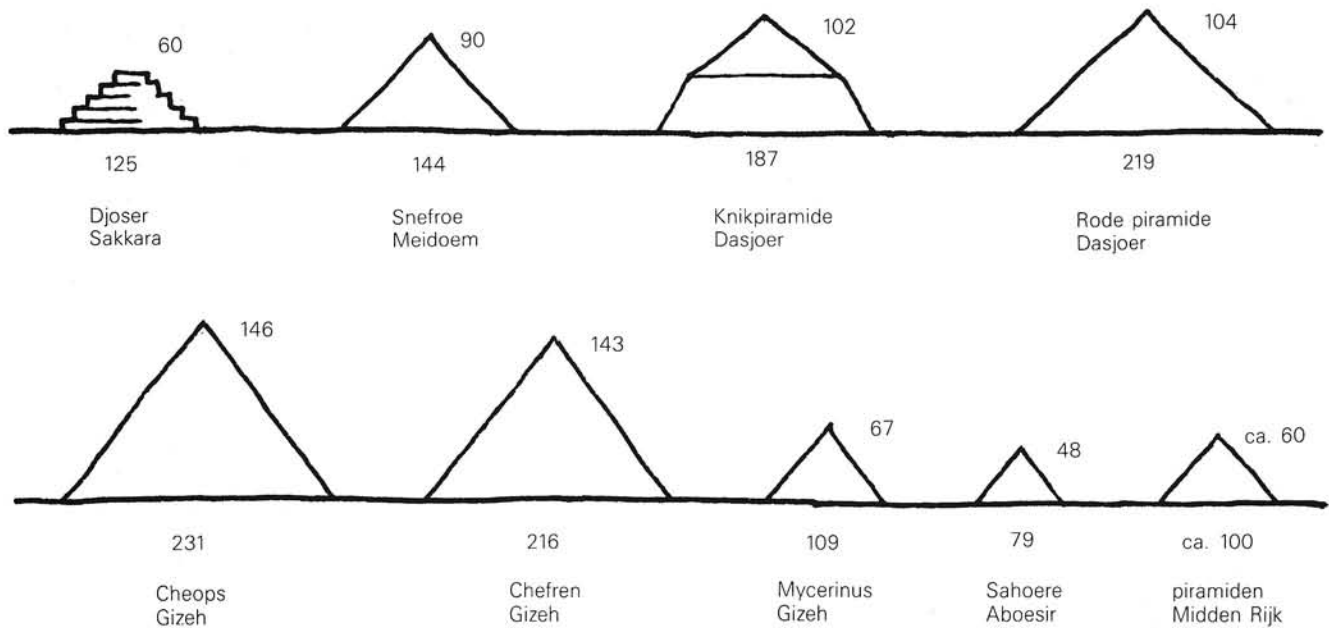
De grootste piramide is die van Cheops te Gizeh met een inhoud van ongeveer 2,6 miljoen m³.

Na het bereiken van een hoogtepunt tijdens de 4de dynastie was er een plotselinge ommekeer. Sjepseskaf, de opvolger van Mycerinus in de 4de dynastie, bouwde niet meer een piramide maar volstond met een mastaba. De piramide van Mycerinus was trouwens reeds veel kleiner dan die van zijn beide voorgangers, Cheops en Chefren. De piramiden, gebouwd tijdens latere dynastieën, waren veel kleiner en van een beduidend mindere kwaliteit. De 5de dynastie bouwde in ongeveer 150 jaar 8 piramiden met een totale inhoud van ca. 1 miljoen m³, de 6de dynastie in 160 jaar 4 piramiden met een inhoud van ca. 0,5 miljoen m³.

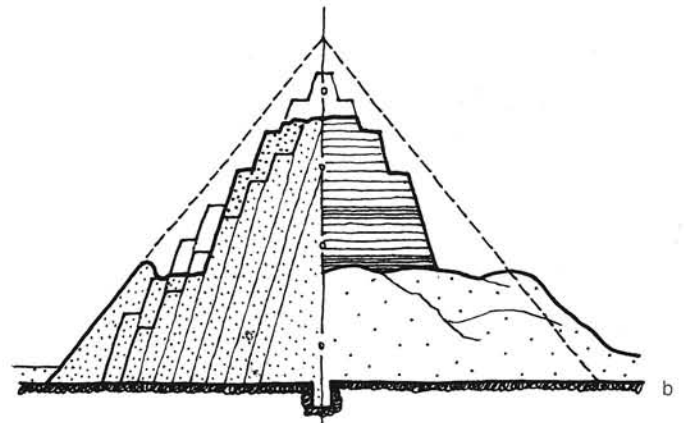
De piramiden van het Oude Rijk waren als regel opgebouwd uit steil hellende muren van ruw bewerkte kalksteenblokken uit de omgeving, met een breedte van 2,5 tot 5 m rond een kegelvormige kern met een vierkante doorsnede (afb.13). Hierdoor ontstond een getrapte vorm zoals deze voorkomt bij de trappenpiramide van Djoser te Sakkara (afb.7). Bij de volgende piramiden werden de treden opgevuld met ruwe blokken en afge-



7. De piramide van Djoser te Sakkara. 2750 vC. Trappenpiramide.



6. De belangrijkste piramiden.



8. De piramide te Meidoem. 2700 vC.

a. De ruïne.

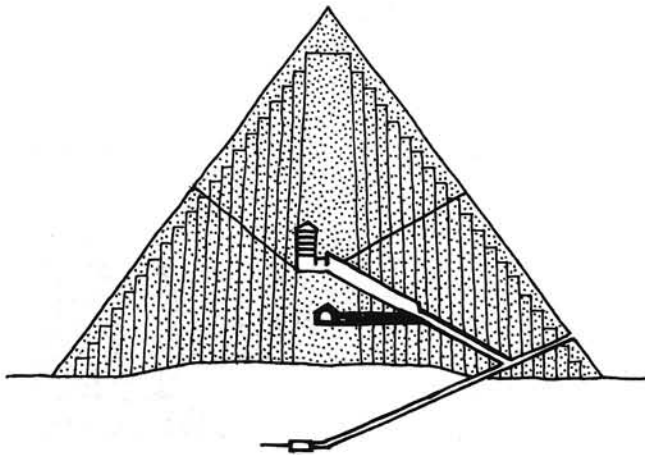
b. De oorspronkelijke toestand volgens Borchardt (1928).

9. De zuidelijke of knikpiramide van Snefroe te Dasjoer. 2700 vC.

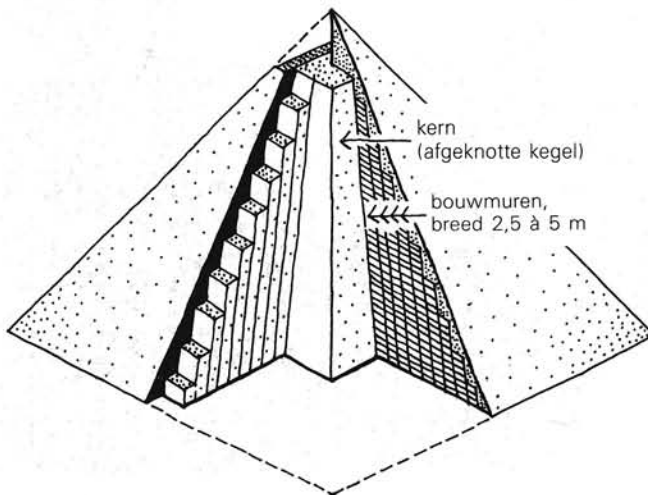




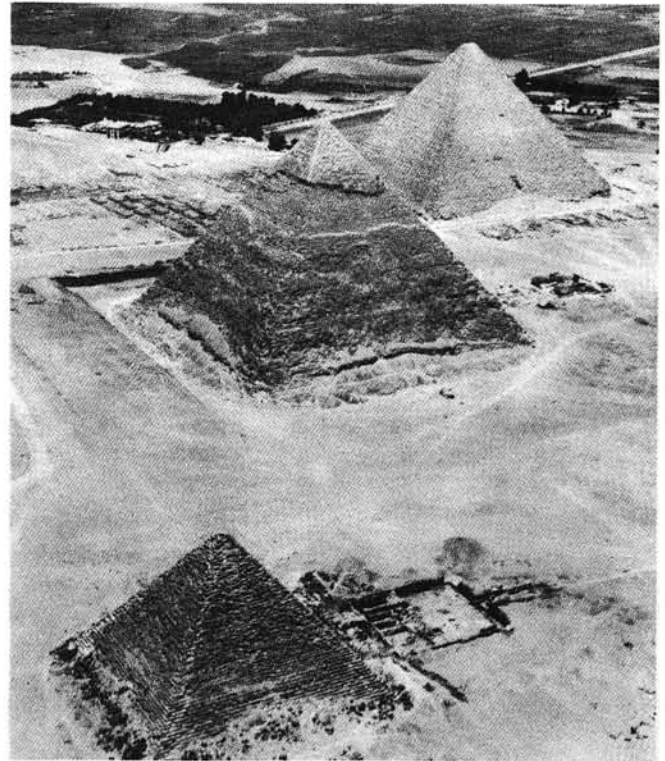
10. De noordelijke of rode piramide van Snefroe te Dasjoer. 2700 vC.



12. De piramide van Cheops te Gizeh. 2600 vC. Doorsnede.



13. De structuur van een piramide. Om een kegelvormige kern werden 2,5 tot 5 m dikke bouwmuren gestapeld.



11. De drie piramiden te Gizeh. 2600 vC. Van achteren naar voren: Cheops, Chefren, Mycerinus.

werkt met fijne kalksteen uit de groeven bij Toera, aan de overzijde van de Nijl.

Uit een oogpunt van constructie zijn de piramiden zeer eenvoudig van samenstelling. Wel werken er in de steenstapeling grote krachten. Indien wordt aangenomen dat de druk op de ondergelegen rots op ieder punt evenredig is met de hoogte van de piramide ter plaatse (dit is bij benadering het geval) en voor de volumieke massa van het stapelwerk wordt gerekend met 2500 kg/m^3 ($= 25 \cdot 10^{-6} \text{ N/mm}^3$) dan is bij de piramide van Cheops, met een hoogte van 146 m, de maximale druk, berekend over een geheel gevulde horizontale doorsnede:

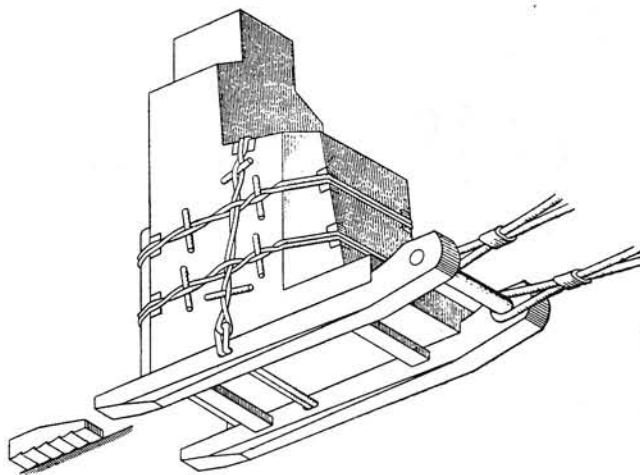
$$25 \cdot 10^{-6} \cdot 146 \cdot 10^3 = 3,7 \text{ N/mm}^2$$

Dit is een zeer grote druk, niet zozeer voor de rots, waarop de piramide staat, maar wel voor de steenstapeling onder in de piramide. Ongetwijfeld zal hierin tijdens de bouw bij het vorderen van de hoogte van de piramide bij de aanrakingspunten tussen de blokken vergruizing zijn opgetreden en wellicht ook breuk van de blokken. Daardoor zullen verzakkingen in de steenmassa zijn ontstaan. Ook de krachten rond uitsparingen in het stapelwerk (de grafkamers en de gangen) vragen aandacht. Boven de Koningkamer in het centrum van de piramide zijn eerst vijf lagen granietplaten aangebracht waarboven een driehoekige ontlastingsconstructie ligt, bestaande uit schuin tegen elkaar geplaatste granietblokken. Deze leiden het gewicht van de steenmassa erboven naar opzij waarbij zijdelings gerichte krachten (spatkrachten) ontstaan. Deze

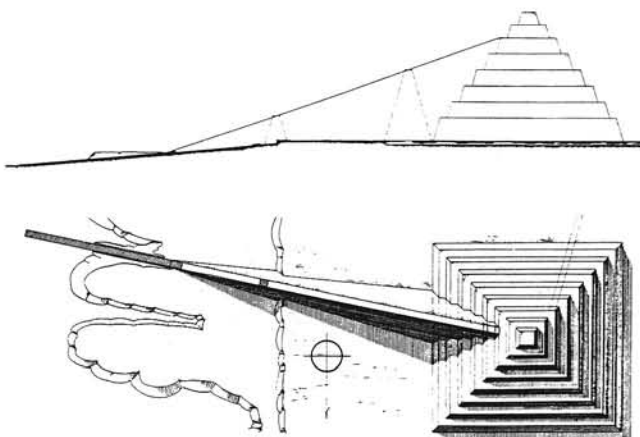
kunnen door de steenstapeling gemakkelijk worden opgenomen (afb.14).

Uit een oogpunt van bouwtechniek is bij de piramiden vooral van belang de wijze waarop de natuursteenblokken zijn getransporteerd. Daarbij valt te bedenken dat de Egyptenaren noch het wiel noch de katrol kenden. Het overgrote deel van de kalksteenblokken kwam uit de naaste omgeving van de piramide en is ongetwijfeld met sleden naar de bouwplaats gebracht (afb.15). Voor het verticale transport van de blokken bestaan vele hypothesen. Bij enkele piramiden zijn er aanwijzingen dat er bouwhellingen zijn geweest loodrecht op de zijvlakken waarover de blokken met sleden naar boven zijn gesleept (afb.16)¹. Anderen menen dat rondom de piramide bouwhellingen werden aangelegd, op de trappen die bij het aanbrengen van de 'bouwmuren' ontstonden (afb.17 en 18)². Een andere zienswijze is die waarbij voor het verticale transport hefwerktuigen zijn gebruikt. Reeds Herodotus maakte hiervan melding in zijn reisverslag uit de 5de eeuw vC (afb.19)³.

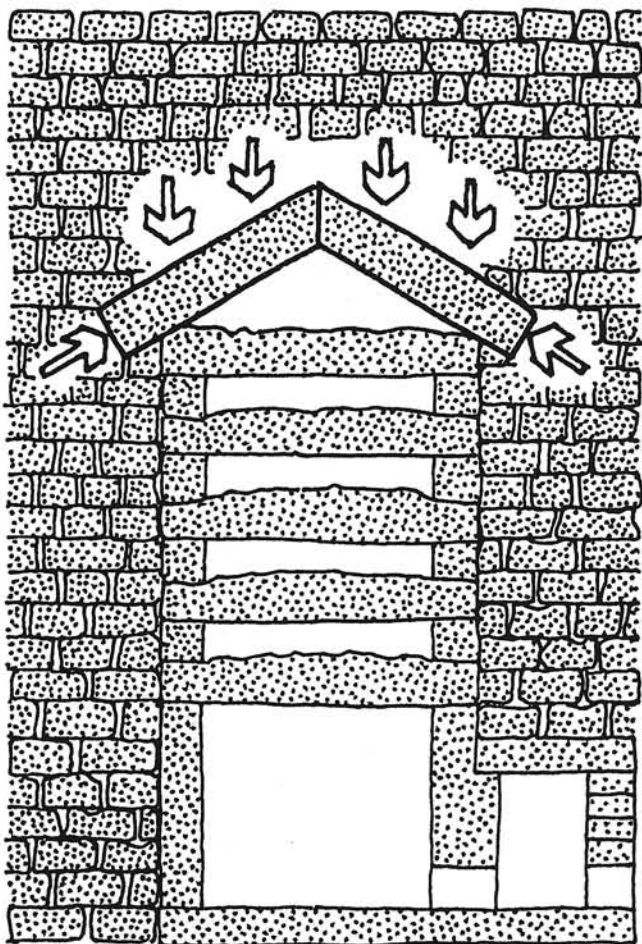
De bouw van de piramiden moet een grote inzet van arbeidskrachten hebben gevergd. Vermoedelijk werd er,



15. Slede volgens Choisy (1904).



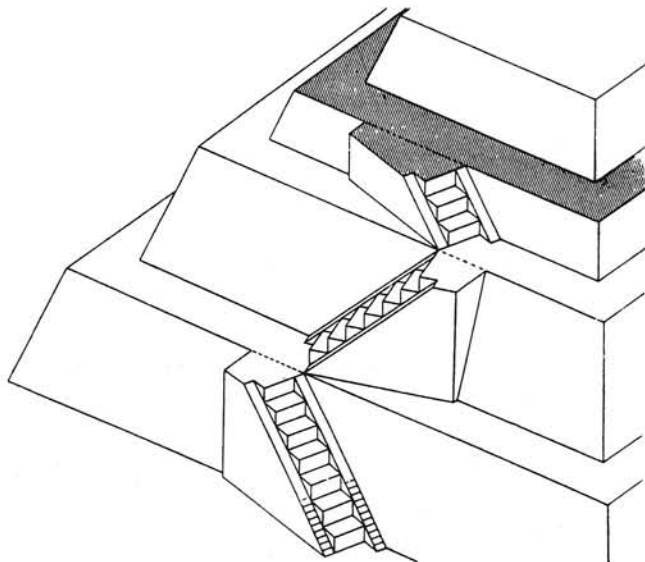
16. Bouwhelling bij de piramide te Meidoem volgens Borchardt (1928).



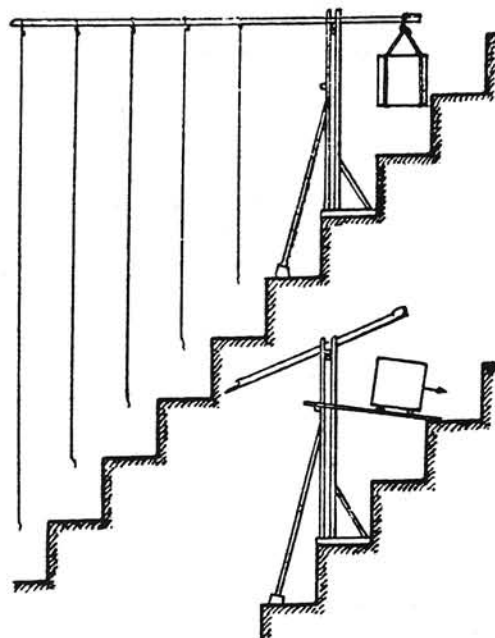
14. De Koningskamer in de piramide van Cheops. Schuin geplaatste blokken leiden de druk van de steenstapeling zijdelings af.



17. Bouwhellingen rondom een piramide. Het model van Dunham (1956) van de piramide van Mycerinus te Gizeh.

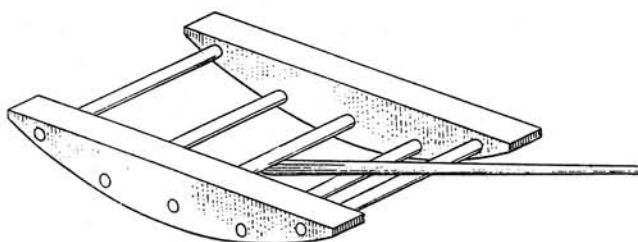
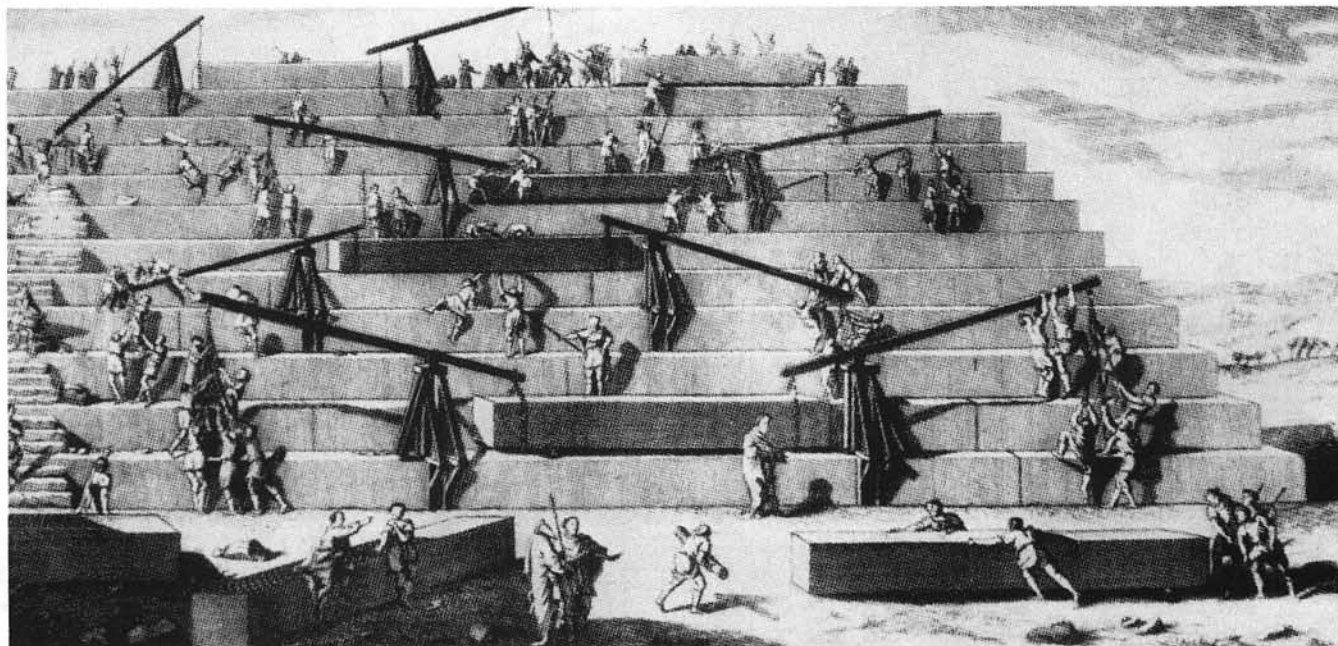


18. Bouwhellingen langs de bouwmuren volgens Choisy (1904).



20. Hefboom voor het verticale transport van natuursteenblokken volgens Croon (1925).

19. Het verticale transport van natuursteenblokken naar een beschrijving van Herodotus, 5de eeuw vC.



21. Kipslede volgens Legrain en Choisy (1904) voor het verticale transport van natuursteenblokken.

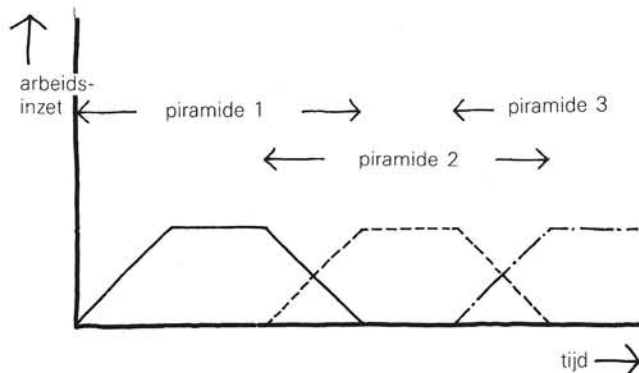
buiten een kleine groep van vaklieden, alleen gewerkt tijdens de drie maanden waarin de Nijl jaarlijks de oevers overstroomde. Er waren dan veel arbeiders beschikbaar die in die tijd niet in de landbouw konden werken. Herodotus spreekt bij de piramide van Cheops over ploegen van 100.000 arbeiders hetgeen vermoedelijk te hoog is. De bouw van deze piramide zou twintig jaar hebben gevergd. Volgens Croon⁴ zou het aantal arbeiders, dat tegelijkertijd aan deze piramide werkte, maximaal 40.000 zijn geweest.

Zonder twijfel heeft de bouw van de piramiden grote invloed gehad op de economie van het land tijdens het Oude Rijk. Naast de piramiden werden ook tempels en paleizen gebouwd maar de piramiden hebben veruit het meeste beslag gelegd op het arbeidspotentieel. Herodotus maakte er reeds gewag van dat Cheops door de bouw van zijn piramide het land economisch ten gronde zou hebben gericht.

Mendelsohn⁵ heeft over de economische betekenis van de piramidenbouw de hypothese ontwikkeld dat deze, aanvankelijk begonnen met het doel om monumenten te scheppen, uitgroeide tot een onderneming van een gigantische omvang die de economie van het land ging beheersen en dan ook aan economische regels werd gebonden. Het werd een afzonderlijke bouwindustrie met de daarbij behorende behoefte aan arbeidscontinuïteit. De aanleiding tot het bouwen van een piramide was toen niet alleen meer de behoefte daaraan als grafmonument, het was ook een middel tot arbeidsvoorziening. Hieruit zou zijn te verklaren waarom er tijdens de regering van koning Snefro niet minder dan drie grote piramiden zijn gebouwd. Mendelsohn stelde zich voor dat het bouwproces zo verliep dat jaar op jaar een ongeveer gelijk aantal mensen in de piramidenbouw werkzaam was. Zodra een piramide zover gevorderd was dat er minder mensen nodig waren voor het transport, werd aan de bouw van een nieuwe piramide begonnen (afb.22). Ook meende Mendelsohn dat de piramidenbouw politieke betekenis kan hebben gehad. De Egyptische steden waren in die tijd klein. Veruit het grootste deel van de bevolking leefde op het platteland langs de Nijl in een stammenverband. Tussen de verschillende stammen bestond rivaliteit. Vooral tijdens de inundatieperiode, wanneer niet in de landbouw kon worden gewerkt, was er kans op stammenoorlogen. Juist dan legde de piramidenbouw beslag op arbeidskracht. Bovendien kwamen de stammen door het gezamenlijke bouwen met elkaar in aanraking, werden ze gemengd en bovendien ingezet voor een gemeenschappelijk doel. Vooral dit laatste stimuleerde dat ze werden verenigd tot de bevolking van een staat waardoor de eenheid van het rijk werd bevorderd.

2.3. Tempels

In Egypte zijn vele soorten tempels gebouwd. Tijdens het Oude Rijk waren dat voornamelijk graftempels voor de farao's bij de piramiden. Een voorbeeld daarvan is de daltempel bij de piramide van Chefreden te Gizeh (afb.23). Deze was aan de buitenzijde een massieve ongelede bouwmassa met een vierkante plattegrond van 45x45 m en een

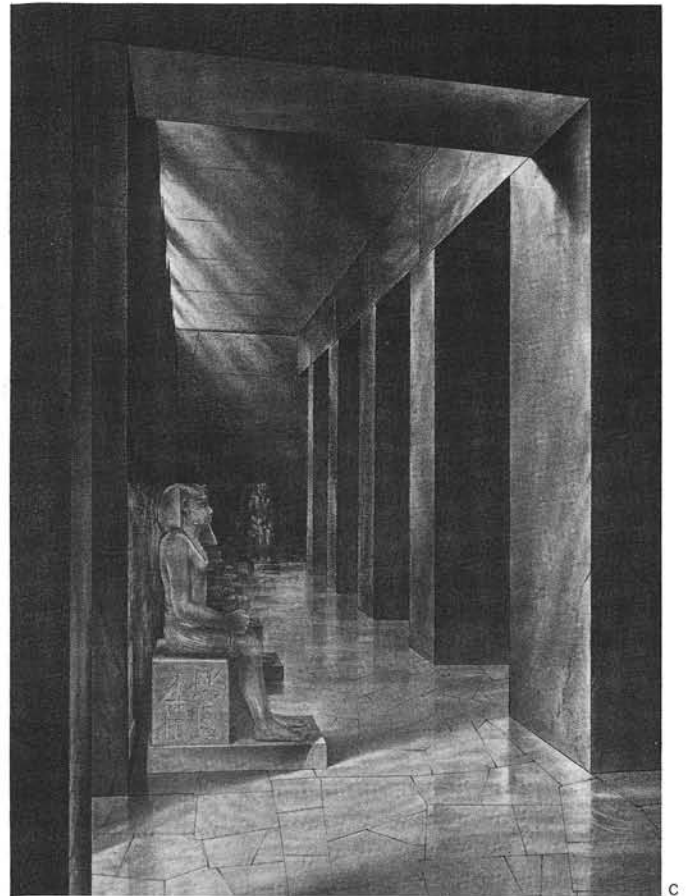
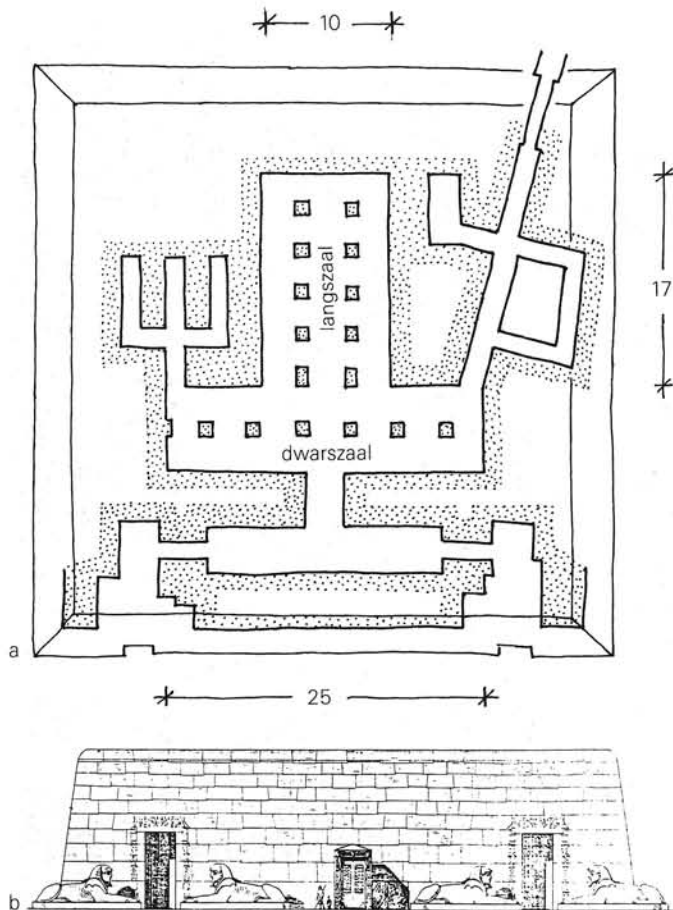


22. Het verband tussen arbeidsinzet en tijdsverloop van de bouw van een aantal piramiden volgens Mendelsohn (1974).

hoogte van 13 m. Van oost naar west waren de ruimten in het inwendige van de tempel een ingangsruijnte, een voorhal en een zuilenzaal. De ingangsruijnte was het hoogst (ruim 9 m), iedere volgende ruijnte was lager dan de voorgaande. De zuilenzaal was de belangrijkste ruijnte van de tempel. Zij had in plattegrond een T-vorm, met een tweebeukige dwarszaal en een driebeukige langzaal. De granieten zuilen hadden een doorsnede van ongeveer 1x1 m. De grootste overspanningen kwamen voor in de dwarsaal waar tussen de zijanten van de zuilen een afstand van 2,6 m was terwijl de afstand tussen de langswanden en de zuilen 2,9 m was. De architraven, eveneens van graniet, droegen een dak van graniet- en kalksteenplaten, tezamen vermoedelijk 1,2 m dik.

De bekendste tempel uit het Midden Rijk is die van Mentoehotep te Deir el-Bahari bij Thebe uit 2000 v.C. Van hetzelfde type is de ernaast gelegen tempel van koningin Hatsjepsoet uit het Nieuwe Rijk (1500 v.C, afb.24). Hij is opgebouwd uit terrassen, gevormd door het uitvlakken van de rots ter plaatse. Er zijn drie niveau's, onderling verbonden door twee hellingen. De ruimten op deze drie niveau's werden alle aan de voorzijde begrensd door dubbele colonnaden.

Tijdens het Nieuwe Rijk werden vele cultustempels gebouwd, bestemd voor de eredienst aan de goden. Een voorbeeld hiervan is de geheel van zandsteen gebouwde tempel van Amon te Karnak die tussen 1500 en 300 v.C tot stand kwam en de grootste onder de Egyptische tempels is (afb.25). Hij begint met een voorhof (103x84 m) die achter een ingangspyloon is gelegen (een pyloon bestaat meestal uit twee grote torens op een rechthoekige plattegrond aan weerszijden van een lagere centrale poort). Achter een tweede pyloon ligt de zuilenhal (hypostilium). De constructie ervan is een voorbeeld van de normale wijze van het overspannen van ruimten door de Egyptenaren, met stenen platen en balken, rustende op stenen zuilen. Gewelven kwamen in deze bouwwerken nauwelijks voor. De zuilenhal heeft een inwendige oppervlakte van 103x52 m en bestaat uit een verhoogde middenhal met aan weerszijden twee lagere zijhallen. In de middenhal



23. De daltempel bij de piramide van Chefren te Gizeh. 2600 vC.

a. Plattegrond.

b. Gevel.

c. Reconstructie van de zuilenzaal volgens Hölscher.

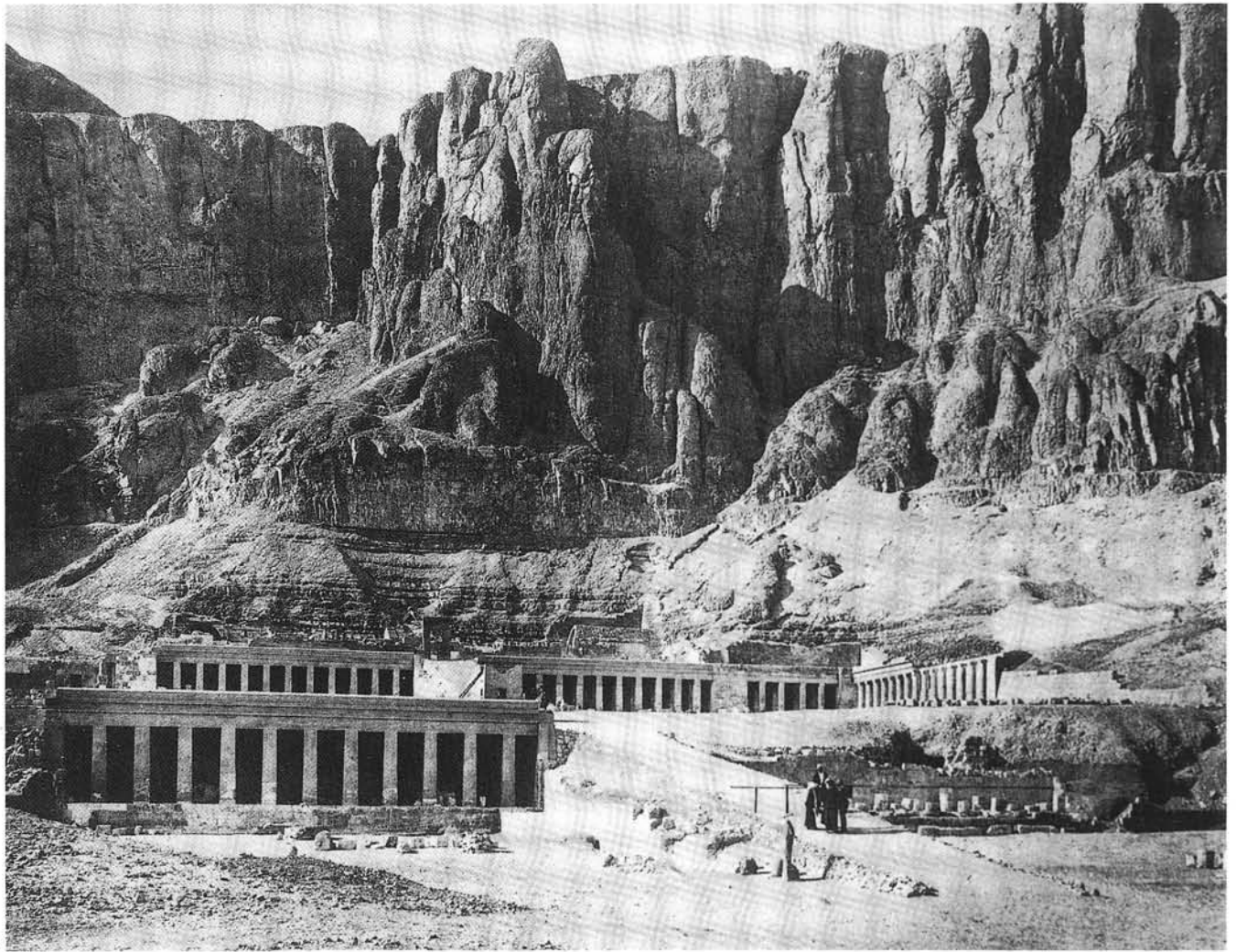
stonden twee rijen van zes zuilen op een onderlinge afstand in breedterichting van de tempel van 9 m hart op hart (h.o.h.). In de rijen staan de zuilen ruim 7 m h.o.h. Zij hebben een cirkelvormige doorsnede met een grootste diameter van 3,4 m en dragen kapitelen in de vorm van de geopende kelk van de papyrusbloem met een diameter van 6 m aan de bovenzijde. De totale hoogte van deze zuilen is 21 m. Hierop dragen via vierkante oplegblokken architraven met een totale doorsnede van 2,4 m breedte en 1,9 m hoogte en een lengte van 7 m. Zij bestaan in principe uit twee delen van 1,2x1,9 m. Bij een aantal architraven zijn deze delen nog weer samengesteld uit twee blokken boven elkaar. Klaarblijkelijk waren de Egyptenaren zich niet bewust dat dit een aanzienlijke vermindering van de sterkte van de architraaf inhield. Op de architraven rustten natuursteenplaten met een grote lengte (in de middenbeuk 9 m, vrije overspanning $9 - 2,4 = 6,6$ m). De hoogte van de middenbeuk onder deze platen was 24 m. In de zijhallen staan de zuilen op een vierkantenstramien van 5,7 m. Zij hebben een grootste diameter van 2,8 m en dragen kapitelen in de vorm van de gesloten knop van de

papyrusbloem. Hun totale hoogte is 13 m. Via een oplegblok rustten op de zuilen architraven waarvan de twee eerste rijen in langsrichting van de tempel lagen, de overige in breedterichting. Ook de zijhallen waren afgedekt met natuursteenplaten die aan deze ruimte een inwendige hoogte van 14 m gaven.

Het verhoogde dak van de middenhal is zijdelings afgesloten met geperforeerde natuursteenplaten (claustra's) die op de daken van de beide zijhallen staan en waardoor, voornamelijk in de middenhal, een gedempt daglicht kon toetreden.

Uit de perioden van vreemde overheersing, de Ptolemaïsche en de Romeinse periode na 300 vC, stammen voornamelijk bouwwerken in het zuiden, zoals de tempels te Kom Ombo, Dendera, Edfoe, Esna en op het eiland Philae.

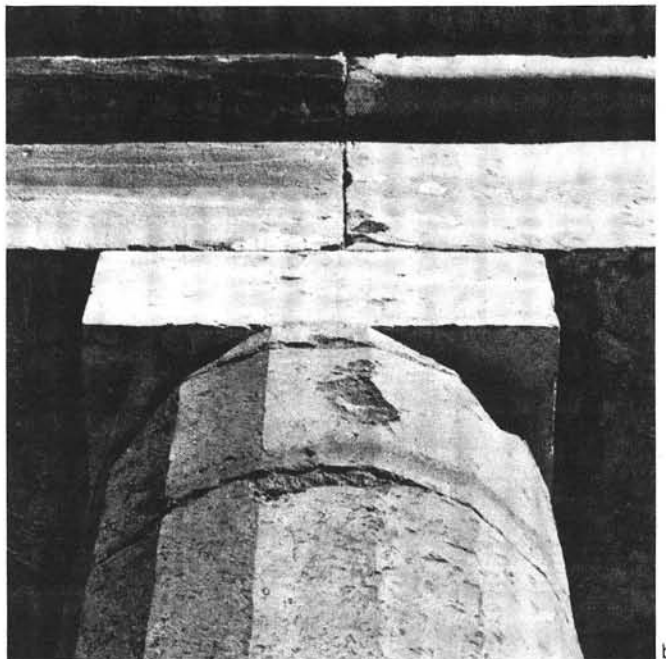
Waar het bij de Egyptische tempels ging om natuursteen die in het zicht bleef, zoals bij muren en zuilen, werd steeds gewerkt met mortelloze voegen, vermoedelijk om de reliefs ononderbroken door te kunnen voeren over het oppervlak. Hiertoe werden, bijvoorbeeld bij de trommels



24. De tempel van koningin Hatsjepsoet te Deir el-Bahari. 1500 vC.

a. Overzicht.

b. Eén van de zuilen.



25. De tempel van Amon te Karnak. 1500-300 v.C.

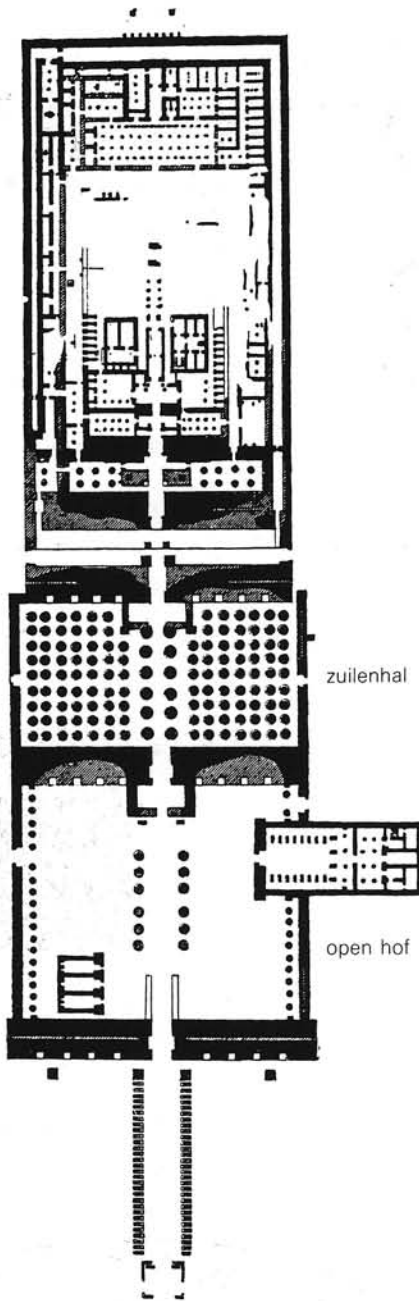
a. Het complex.

b. De zuilenhal volgens Perrot en Chipiez (1882).

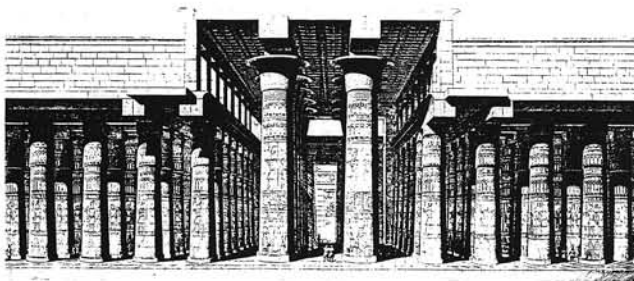
c. De grote zuilen van de zuilenhal volgens Perrot en Chipiez (1882).

d. De constructie van de zuilenhal volgens Perrot en Chipiez (1882).

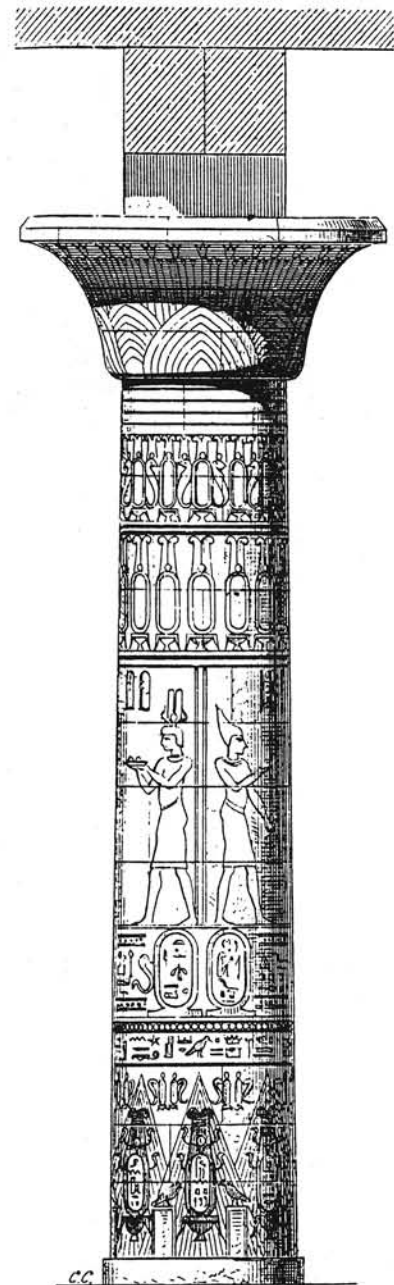
e. Dakplaten en architraven van de zuilenhal.



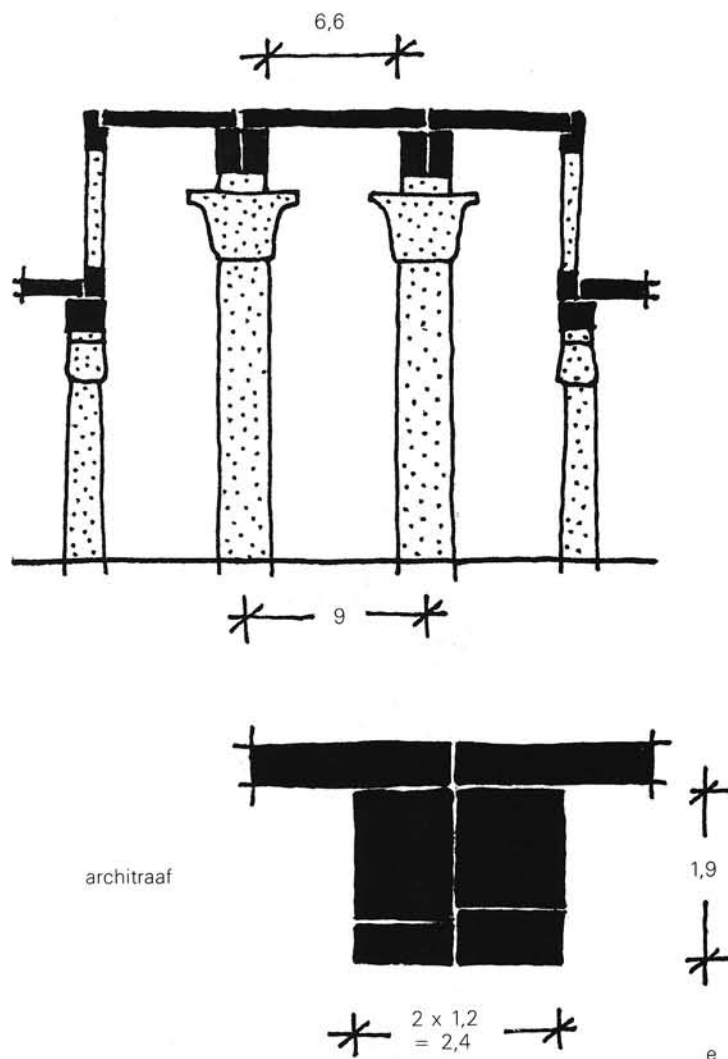
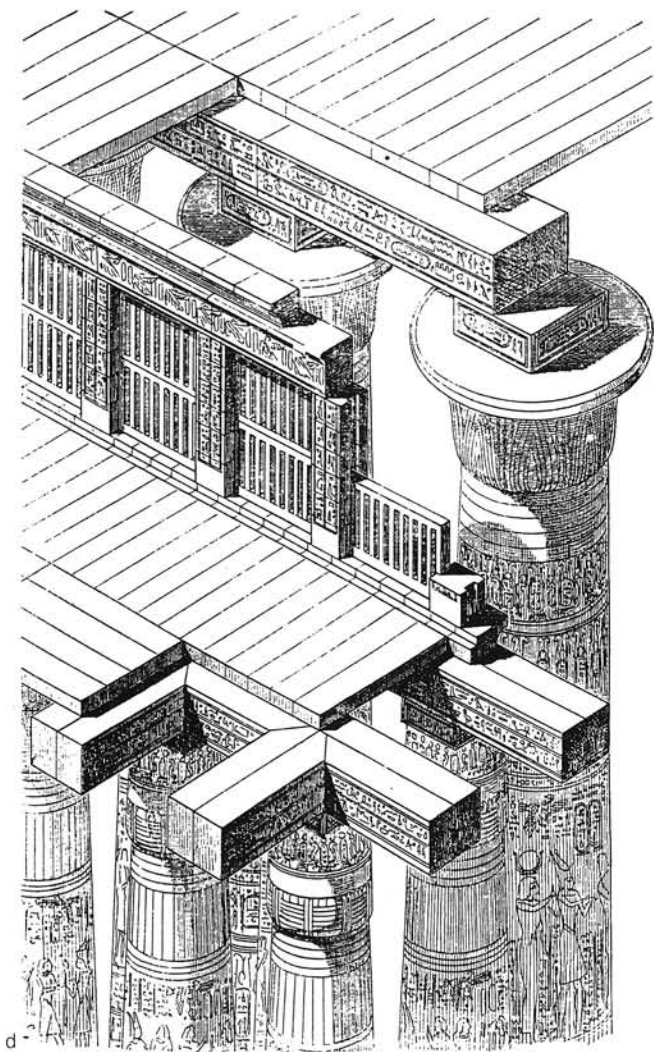
a



b



c

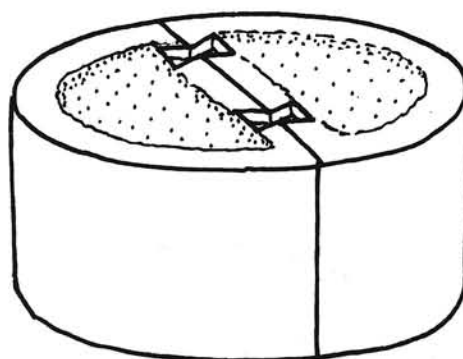


van de zuilen, de randen van de aansluitvlakken over een geringe breedte nauwkeurig bewerkt. Verder naar binnen werden de vlakken terugliggend behakt (afb.26).

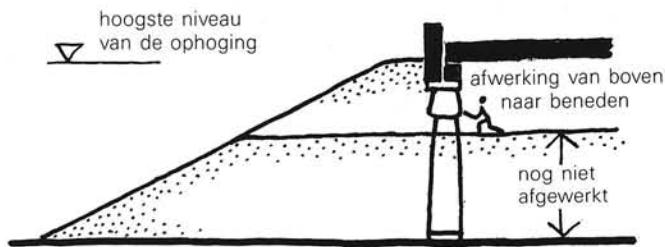
Bij de tempels werden de natuursteenblokken in ruw bewerkte vorm langs tijdelijke bouwhellingen omhoog gesleept. Naarmate de bouw vorderde werden de hellingen verhoogd en verlengd. De afwerking geschiedde van boven naar beneden waarbij de bouwhellingen gaandeweg werden verwijderd (afb.27).

2.4. Obelisken

Obelisken zijn hoge natuursteenmonolieten met vier zijden, naar boven toe versmallend en eindigend in een kleine piramide. De zijvlakken zijn bezet met inscripties. Zij zijn van graniet en werden gewonnen in de omgeving van Assoean waar zich nog een onvoltooide obelisk in de groeve bevindt (afb.28). Van daar werden ze per schip



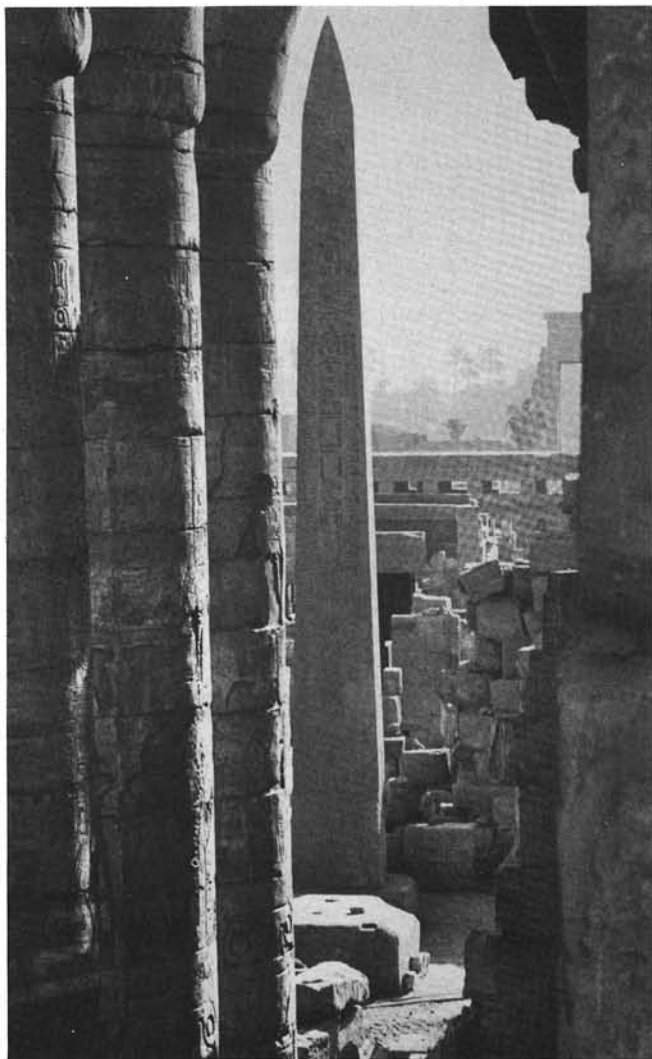
26. De bewerking van natuursteen. De aansluiting van de (half)trommels van zuilen. De buitenrand van de aansluitvlakken werd nauwkeurig bewerkt, het inwendige was ruw en terugliggend behakt.



27. De bouw van een tempel.

28. De onvoltooide obelisk bij Assoean, lang bijna 42 m.

29. De obelisk van koningin Hatsjepsot bij de tempel van Amon te Karnak, de hoogste thans nog aanwezig in Egypte (29,5 m).



over de Nijl vervoerd. De grootste obelisk stonden bij de tempels bij Thebe. Daar is, bij de tempel van Amon te Karnak, nu nog aanwezig de obelisk van koningin Hatsjepsot die met 29,5 m de hoogste in Egypte is (afb.29). Veel obelisk zijn in de loop van de tijd naar andere landen gebracht. Egyptische obelisk staan in Londen, Parijs, New York en Istamboel maar vooral in Rome. Daar staat de hoogste Egyptische obelisk ter wereld (32,2 m) op het Piazza San Giovanni in Laterano (afb.30). Over de wijze van oprichten van obelisk bestaat een aantal hypothesen zoals die van Chevrier (afb.31).

2.5. Gewelven

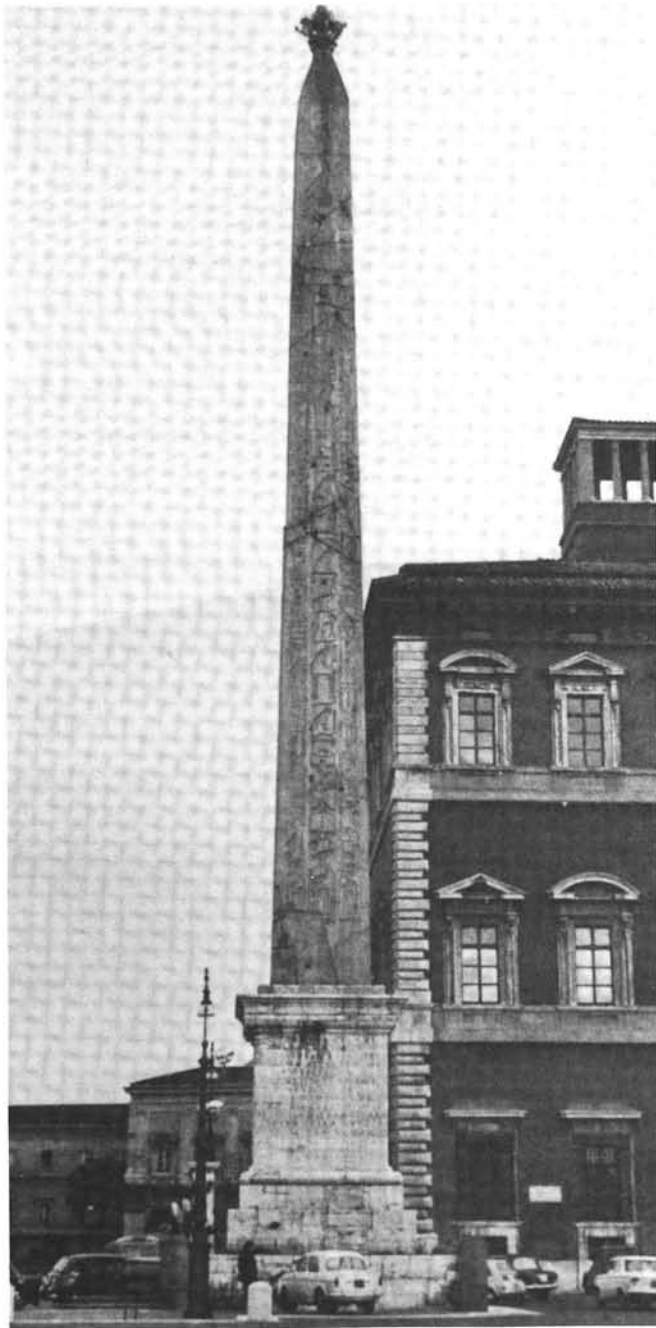
In Egypte zijn gewelven, in de vorm van ton- en koepelgewelven, slechts beperkt gebouwd en met kleine overspanningen.

Zo komen in het magazijnencomplex van het Ramesseum bij Thebe (1300 vC) kleistenen tongewelven voor met overspanningen van 3 á 4 m (afb.32). De kleistenen zijn gemetseld met kleimortel in hellende lagen zonder een ondersteunend steigerwerk. Voor zulke gewelven werden platte stenen gebruikt (bv. 35x18x4 cm), licht opdat ze tijdens het metselen niet naar beneden zouden zakken en voorzien van kerven in de platte vlakken voor een goede hechting aan de mortel.

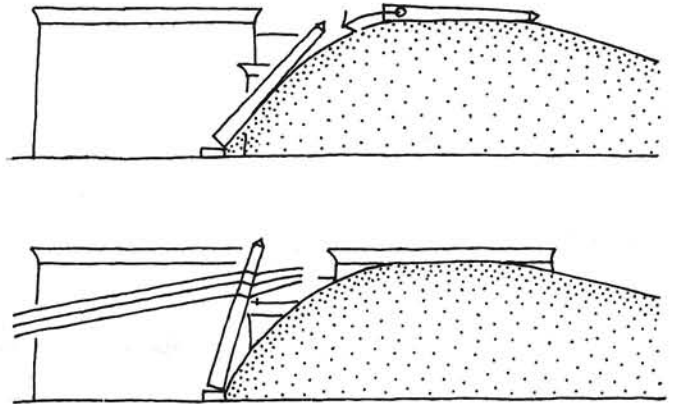
Een voorbeeld van een andere tongewelfvorm is het kleine natuurstenen kraaggewelf in de kamer van een mastaba van de 12de dynastie te Dasjoer (afb.33).

In grafkamers te Abydos en Deir el- Bahari komen natuurstenen koepelgewelven voor met een grondvlakdiameter van 3 m (afb.34).

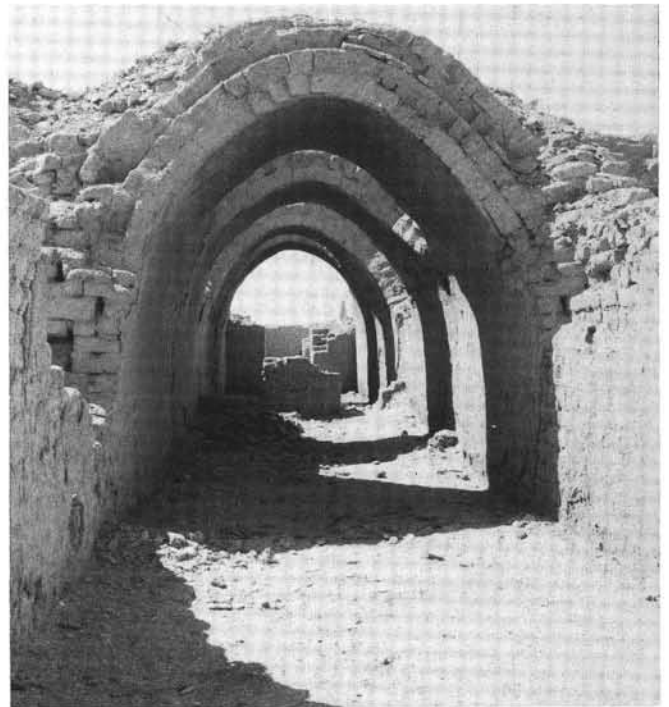
Boven de grafkamers in piramiden, maar ook boven toegangen in de zijvlakken zijn ontlastingsconstructies



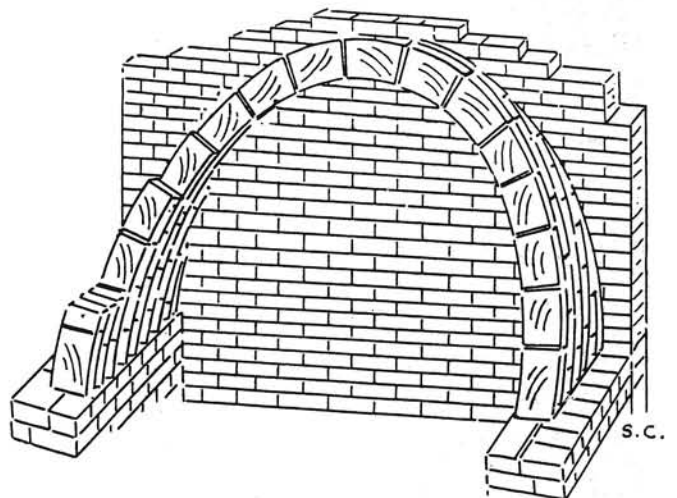
30. De obelisk op het Piazza San Giovanni in Laterano te Rome, de hoogste buiten Egypte (32,2 m).

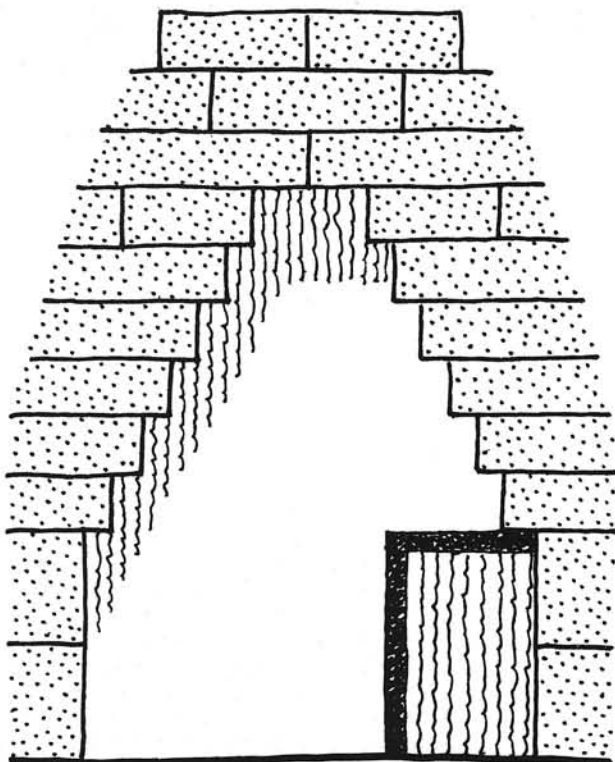


31. Het oprichten van een obelisk volgens Chevrier.



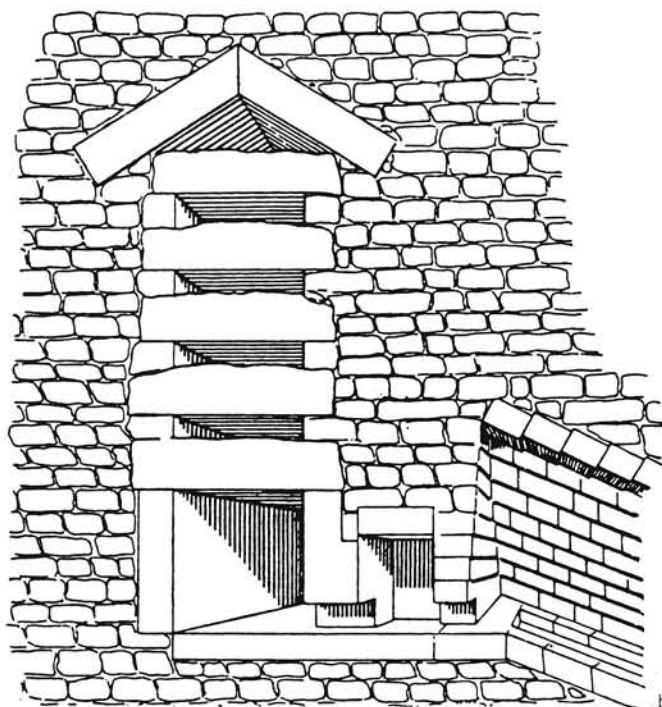
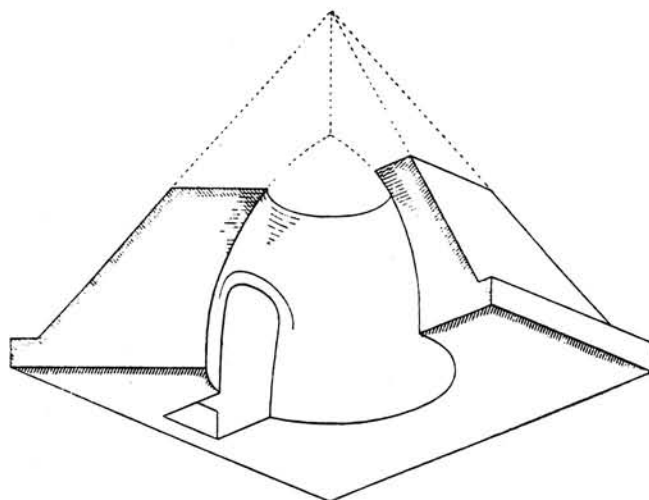
32. Tongewelven van kleisteen voor magazijnen bij het Ramesseum te Thebe. 1300 vC. De vervaardiging van de gewelven volgens Clarke en Engelbach (1930).





33. Het kraagsteengewelf in de kamer van een mastaba van de 12de dynastie te Dasjoer.

34. Koepelgewelf volgens Choisy (1904).



35. Ontlastingsconstructie, bestaande uit schuin geplaatste natuursteenblokken, in de piramide van Cheops te Gizeh. 2600 vC.

a. Boven een ingang.

b. Boven de Koningskamer.

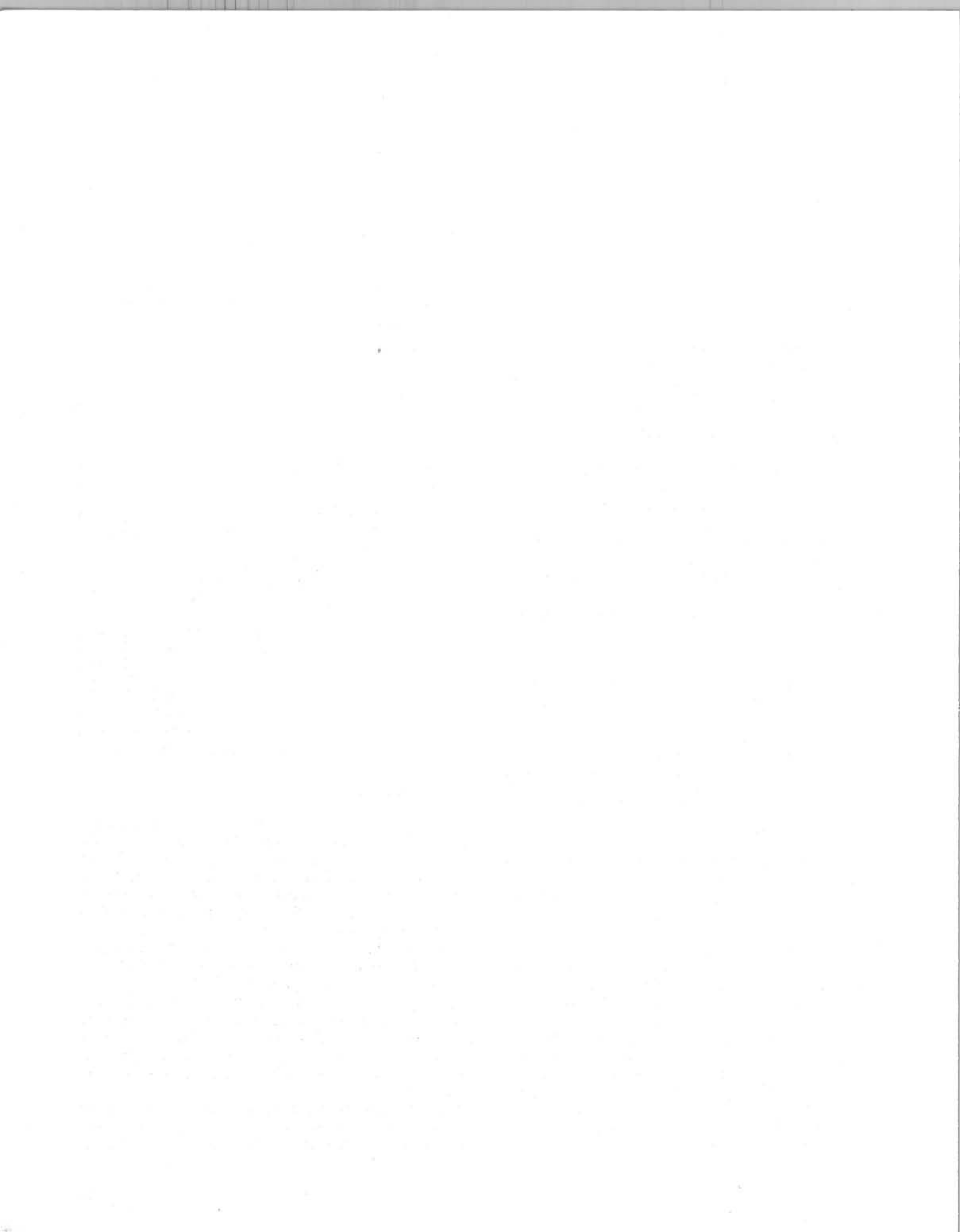
aangebracht in de vorm van vlakke natuursteenplaten die hellend tegen elkaar zijn gezet. Zulke constructies lijken op gewelven omdat zij eveneens spatkrachten op de ondersteunende delen uitoefenen (afb.35).

2.6. Literatuur

- L. Borchardt, Das Grabdenkmal des Königs Sahure. Band I. Der Bau, Leipzig 1910
- L. Borchardt, Die Entstehung der Pyramide. An der Baugeschichte der Pyramide bei Mejdum nachgewiesen. Mit einem Beitrage über Lastentransport und Bauzeit von Louis Croon, Berlin 1928
- L. Borchardt, Einiges zur dritten Bauperiode der grossen Pyramide bei Gise. Mit einigen Bemerkungen zur zweiten Bauperiode der dritten Pyramide von Herbert Ricke, Berlin 1932
- A. Choisy, L'art de bâtir chez les Egyptiens, Paris 1904
- G.S. Clarke, R. Engelbach, Ancient Egyptian Masonry. The Building Craft, London 1930
- L. Croon, Lastentransport beim Bau der Pyramiden, Hannover 1925 (dissertatie)
- D. Dunham, Building an Egyptian Pyramid, Archaeology 9(1956)3.p.159-165
- I.E.S. Edwards, The Pyramids of Egypt, London 1972 (herz.dr.)
- L. Grinsell, Egyptian Pyramids, Gloucester 1947
- L. Habachi, The obelisks of Egypt, New York 1977
- K. Mendelsohn, The Riddle of the Pyramids, London 1974
- W. Müller, Architekten in der Welt der Antike, Zürich 1989
- G. Perrot, C. Chipiez, Histoire de l'Art dans l'Antiquité. Tome 1. L'Egypte, Paris 1882
- W.M.F. Petrie, The Pyramids and Temples of Gizeh, London 1885(2)
- A. Wegener Sleeswijk, Pyramid building as an integrated process, History and Technology (1985)Vol.2, p.203-320

Noten

1. Zie: Borchardt, 1928.
2. Zie: Choisy, 1904; Dunham, 1956.
3. Herodotus vertelt over de bouw van de piramide van Cheops met de nodige terughoudendheid. Hij beseftte dat alles wat hem werd gezegd door overlevering vervormd kon zijn (er was sinds de bouw 2000 jaar verstreken). Choisy (1904) maakt gewag van het gebruik van kipsleden voor het omhoog brengen van natuursteenblokken, een methode die later door Wegener Sleeswijk (1985) is uitgewerkt (afb.18 en 21). Ook Croon (1925, 1928), een Duitse werktuigbouwkundig ingenieur, die in 1925 promoveerde op transportvraagstukken met betrekking tot de bouw van de piramide van Cheops, meende dat er hefwerktuigen moeten zijn gebruikt (afb.20).
4. Zie: Croon, 1925.
5. Zie: Mendelsohn, 1974.



3. MESOPOTAMIË

3.1. Algemeen

Het te behandelen gebied, in hoofdlijnen overeenkomend met het huidige Irak, is voornamelijk het stroomgebied van de rivieren Eufraat en Tigris dat in het zuiden wordt begrensd door de Perzische Golf, in het oosten en noorden door het Zagrosgebergte en in het westen door de Arabische Woestijn. Historische landstreken hierin zijn:

- Babylonie (in het zuiden, geconcentreerd langs de Eufraat).
- Sumerie, het zuidelijke gedeelte; voornaamste steden: Eridoe, Nippoer, Ur, Uruk.
- Akkad, het noordelijke gedeelte; voornaamste steden: Babylon, Borsippa, Kish, Sippar.
- Elam (ten oosten van Babylonie); voornaamste stad: Susa.
- Assyrie (in het noorden, geconcentreerd langs de Tigris); voornaamste steden: Assoer, Kalah, Ninive, Chorsabad.

Later, onder vreemde overheersing, werden Ktesifon, Seleucia en Hatra, alle gelegen aan de Tigris, belangrijke steden.

Het klimaat is subtropisch, soms zeer warm met temperaturen boven 45°C. In het midden van Mesopotamië komt in januari en februari soms vorst voor en van mei tot oktober valt er praktisch geen regen. Ook 's winters is het daar betrekkelijk droog. In het uiterste noorden is het kouder en valt er meer regen. In het zuiden is er 's winters soms zware regenval.

De geschiedenis van het bouwen begint in Mesopotamië ongeveer 3000 vC toen in het zuiden de Sumeriërs woonden in nederzettingen op heuvels waaruit later steden als Eridoe, Ur, Uruk en Nippoer zijn ontstaan. In het midden van Mesopotamië woonden toen de Akkadiërs. Omstreeks 2300 vC overwon Sargon van Akkad de Sumeriërs en ontstond het Babylonische Rijk met Babylon als hoofdstad. In 2000 vC was de macht weer in handen van de Sumeriërs met bekende koningen als Urnammoer en Sjoelgi. Tussen 1800 en 1600 vC heersten de Babyloniërs, onder anderen onder koning Hammoerabi (1700 vC), over Assyrie en Syrië. Na een lange periode van verval waren tussen 1100 en 600 vC de Assyriërs in Mesopotamië aan de macht met koningen als Assoernasirpal, Sargon II (residentie Chorsabad) en Sennacherib (residentie Ninive). In 689 werd Babylon verwoest en daarna herbouwd onder koning Asarhaddon. Latere koningen waren As-



36. Mesopotamië in de Oude Tijd.

soerbanipal II, Nabopolassar en Nebukadnezar II. In 539 vC werd Mesopotamië veroverd door Cyrus van Perzië waarbij Babylon opnieuw werd verwoest. In 330 vC werd Mesopotamië onderdeel van het Griekse Seleucidische rijk dat zijn centrum in Babylon had en een Hellenistische cultuur bracht. Vanaf 240 vC was de macht aan de Parthen die Ktesifon (nabij Babylon) tot hoofdstad maakten. Tijdelijk (omstreeks 100 vC heersten ook de Romeinen in Mesopotamië. Vanaf 224 nC werd het land geregeerd door het Perzische Sassanidische huis.

Hoewel, evenals in Egypte, in Mesopotamië hout schaars was moeten er wel houtconstructies zijn geweest. Zo werden de platte daken van aanzienlijke gebouwen gedragen door houten balklagen, veelal van geïmporteerd hout. Van deze en andere houtconstructies is echter niets bewaard gebleven.

Ook natuursteen was in Mesopotamië, vooral in het zuiden en midden, slechts in geringe hoeveelheden aanwezig. Zeer weinig bouwwerken zijn dan ook uitgevoerd in

dit materiaal. Dit had tevens tot gevolg dat de stenen zuil en de daarmee samenhangende architraafbouw in Mesopotamië niet voorkwamen.

Alle bouwwerken van enig belang hadden dan ook muren van kleisteen, vaak van een aanzienlijke dikte, in een aantal gevallen bekleed met baksteen.

Van de gebouwen waren de belangrijkste de tempels, ziggoerats en paleizen. De tempels en ziggoerats waren gericht op de eredienst. Grafmonumenten kwamen slechts beperkt voor.

De bouwwerken vervielen na hun bouw al spoedig tot ruïnes, niet alleen door de vergankelijkheid van de kleisteen maar ook door aardbevingen en verwoestingen tijdens oorlogen. Omdat tempels op dezelfde heilige grond herbouwd moesten worden ontstonden in de loop der tijden vele lagen ruïnes op elkaar, niet zelden tot een gezamenlijke hoogte van 20 m.

3.2. Tempels

In Mesopotamië waren tempels de plaatsen waar de goden woonden en waar ze werden geëerd. Zij kwamen vaak voor als onderdelen van grote tempelcomplexen. Met name in Babylonië besloegen deze grote stadsgedeelten en waren er woonhuizen, voorraadschuren en werkplaatsen in opgenomen. Voorts werden tempels ook gebouwd op terrassenheuvels (zie bij 3.3 'Ziggoerats').

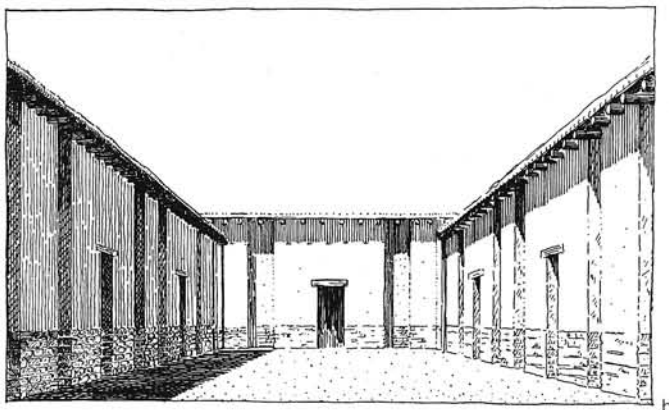
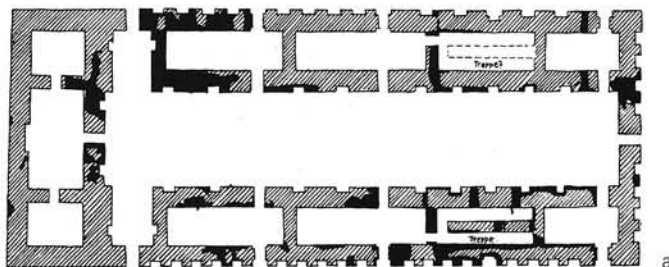
De normale plattegrond van de Mesopotamische tempel kenmerkt zich door een centrale binnenruimte waaromheen kleinere ruimten (o.a. het heiligdom) zijn gegroepeerd. Vermoedelijk waren de centrale binnenruimten open hoven. De aanzienlijke breedte, soms meer dan 11 m, maakt het onwaarschijnlijk dat ze in die tijd met stenen gewelven zouden zijn overspannen. Nergens zijn ook aanwijzingen gevonden voor houten balklagen. De ruimten rond de binnenhof hadden een geringe breedte, tot ongeveer 5 m en zullen vermoedelijk overdekt zijn met platte daken op houten balklagen. De muren, van kleisteen, waren vaak enkele meters dik.

Een voorbeeld van een vroege tempel is de kalksteen-tempel te Uruk, 3000 vC (afb.37). Deze had een langwerpige binnenhof, ongeveer 11 m breed, met aan weerszijden nevenruimten en aan de zuidwestzijde een verbreding waarachter onder meer het heiligdom lag. De tempel ontleent zijn naam aan het materiaal van de fundering, kalksteen in de vorm van breuksteen. De bovenbouw, waarvan niets meer aanwezig is, had vermoedelijk muren van kleisteen.

Een latere tempel is die van Ishtar te Isjali in Akkad uit 1700 vC (afb.38). Ook hier waren de grote binnenhoven open en hadden de overige ruimten kleine overspanningen. Hetzelfde geldt voor de tempel van Ninmach te Babylon uit 600 vC (afb.39).

3.3. Ziggoerats

Ziggoerats zijn tempeltorens of tempelheuvels, meestal met een vierkante plattegrond en een trapvormige opbouw. Zij werden gebruikt voor de eredienst en fungeer-



37. De kalksteen-tempel te Uruk. 3000 vC.

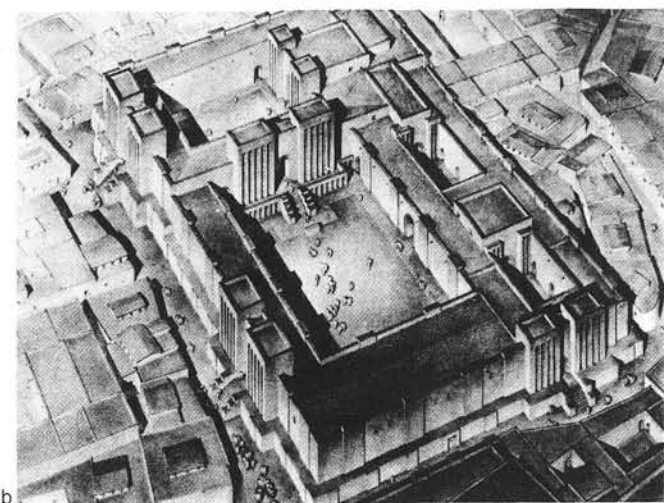
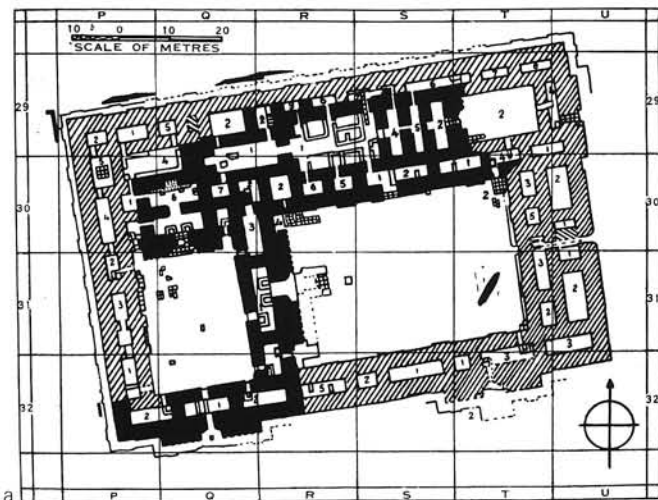
a. Plattegrond.

b. Reconstructie van de binnenhof van Heinrich (1934).

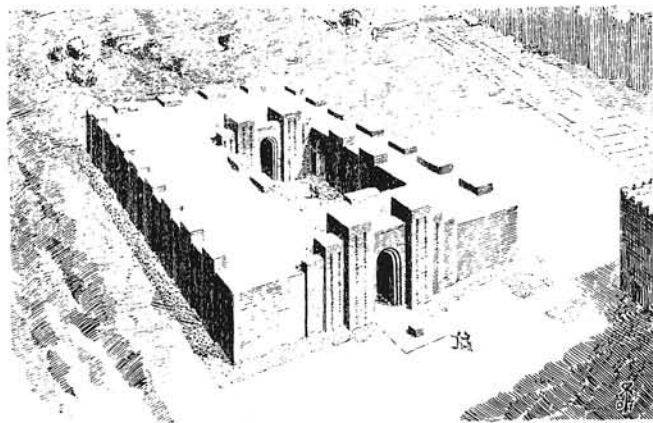
den meestal als het centrum van een religieus complex. Het waren massieve bouwwerken van kleisteen, zonder enige uitsparingen in het inwendige, met vaak een dikke ommanteling van baksteen.

De belangrijkste ziggoerats waren:

- De ziggoerat te Uruk, 2000 vC, met een grondvlak van 52x56 m (afb.40). Het kleisteenlichaam was versterkt met rietlagen en een netwerk van rietskabels. Het was bekleed met een pleisterlaag van kleimortel.
- De ziggoerat van Urnammoe te Ur, 2000 vC (afb.41). Zij was een van de eerste ziggoerats met een getrapte vorm en bestond uit drie bouwlagen met oppervlakten van 43x63, 26x36 en 11x30 m. Het inwendige was met kabels versterkt. Aan de buitenzijde was de ziggoerat bekleed met baksteen in bitumenmortel. Beneden was deze bekleeding 2,5 m dik.
- De ziggoerat van Nippoer, 2000 vC (afb.42). Deze ziggoerat had een grondvlak van 40x57 m en was vermoedelijk in drie tot vijf bouwlagen getrap.
- De ziggoerat te Dur Kurigalzoë, ten westen van Bagdad, 1500 vC (afb.43). Het grondvlak was 68x69 m. De ruïne steekt thans nog 57 m boven het terrein uit en toont een lagenstructuur, veroorzaakt door rietmatten en -kabels.
- De ziggoerat te Dur Untaschi (Tchoga-Zambil bij Susa), 13de eeuw vC (afb.44). Opgebouwd uit vier lagen, ieder met een basement waarop een tempel. Het grondvlak was 103x103 m, de hoogte 53 m.



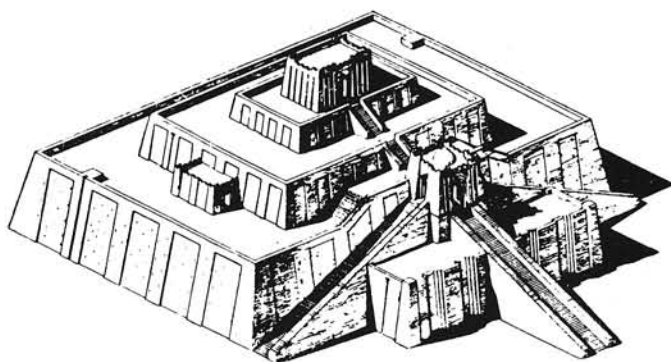
38. Het tempelcomplex van Ishtar te Isjali, Akkad. 1700 vC.
a. Plattegrond.
b. Reconstructie van H.D. Hill, University of Chicago.



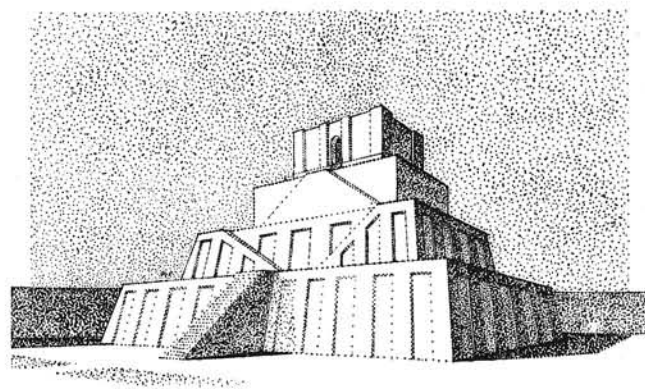
39. De tempel van Ninmach te Babylon. 600 vC.



40. De ziggoerat te Uruk. 2000 vC. De ruïne.



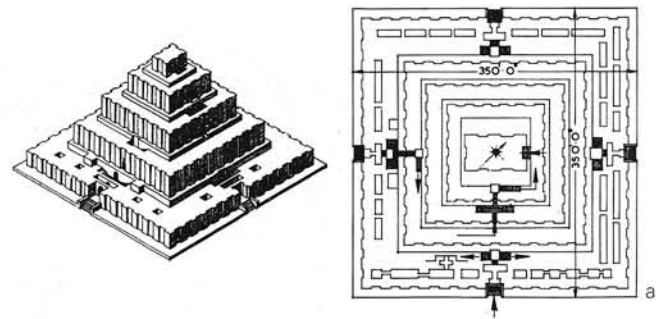
41. De ziggoerat van Urnammo te Ur. 2000 vC. Reconstructie van Woolley (1953).



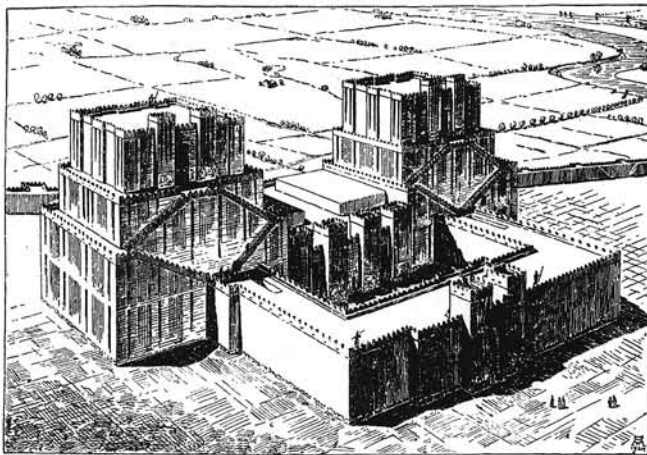
42. De ziggoerat te Nippoer. 2000 vC. Reconstructie van Busink (1949).



43. De ziggoerat te Dur Kurigalzoë. 1500 vC. De ruïne.

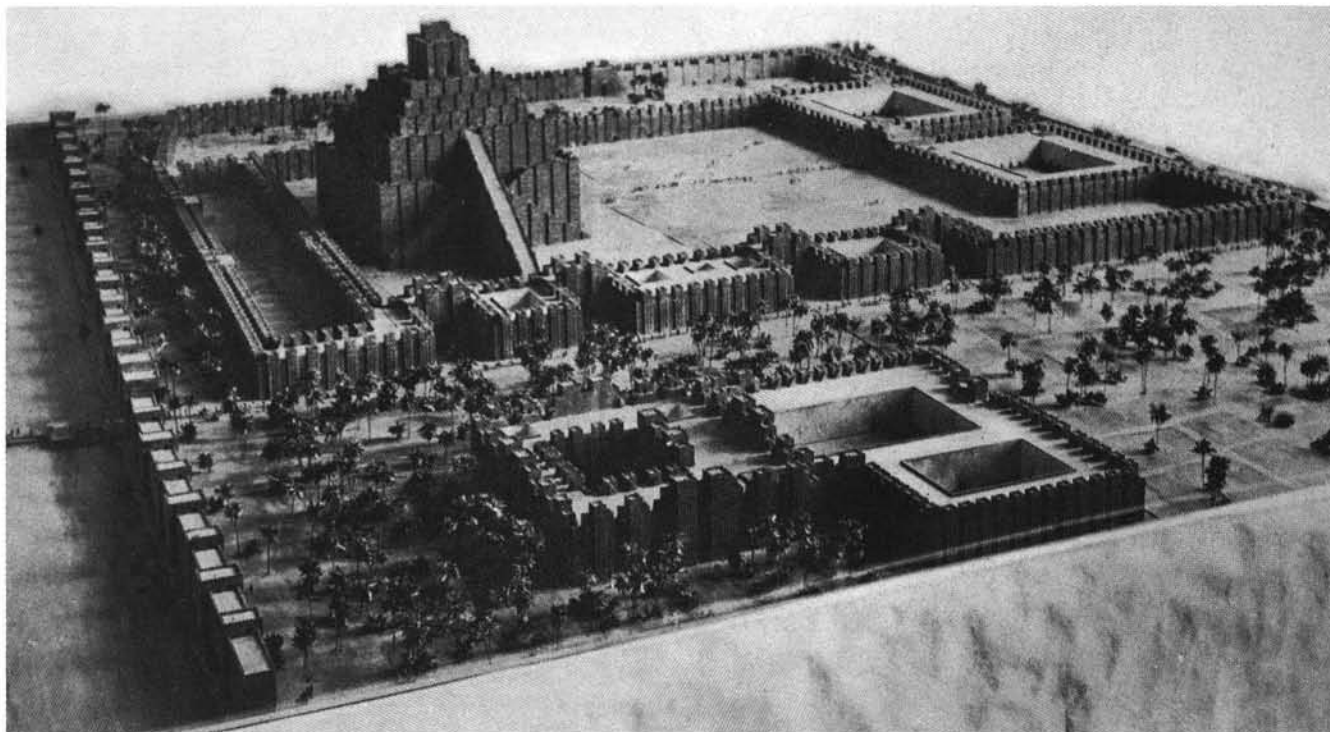


44. De ziggoerat te Dur Untaschi (Tchoga-Zambil). 13de eeuw vC.
a. Reconstructie.
b. De ruïne.



45. De ziggoerats van Anu en Adad te Assoer. 850 vC. Reconstructie van Andrae (1938).

- De twee ziggoerats van de tempel van Anu en Adad te Assoer, 850 vC (afb.45), met grondvlakken van 36x39 en 25x25 m.
- De ziggoerat Etemenanki, bekend als de toren van Babylon. Zij werd omstreeks 600 vC gebouwd door Nebukadnezar II maar er waren op deze plaats, in het centrum van een tempelcomplex, reeds vele torens eerder gebouwd (afb.46). De ziggoerat bestond vermoedelijk uit uit zeven bouwlagen met een basis van 90x90 m en een hoogte van 80 m. Verondersteld wordt dat de buitenvlakken van gekleurde geglazuurde baksteen waren en dat er aan de top een tempel was met blauwe wanden en een metalen, misschien wel gouden dak. Er zijn vele reconstructies gemaakt waarvan afbeelding 47 een beeld geeft.

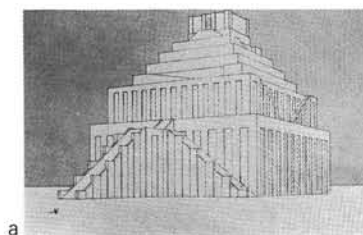


46. Het heiligdom van Mardoek met de toren van Babylon. 600 vC. Reconstructie.

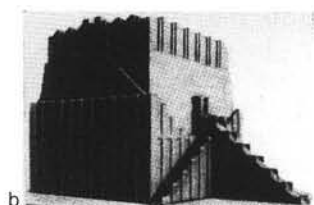
47. De toren van Babylon. 600 vC.

Reconstructies volgens:

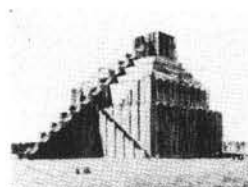
a. Busink. b. Koldewey. c. Andrae. d. Martigny. e. Unger. f. Dombart. g. Moberg.



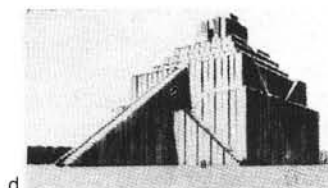
a



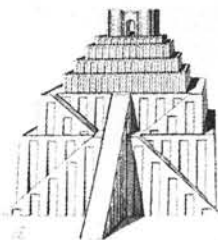
b



c



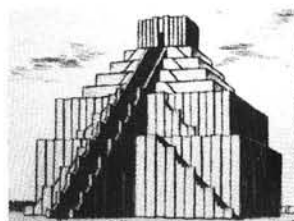
d



e



f

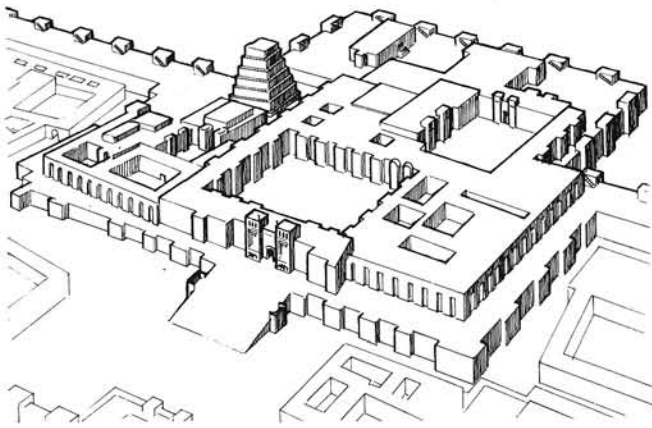


g

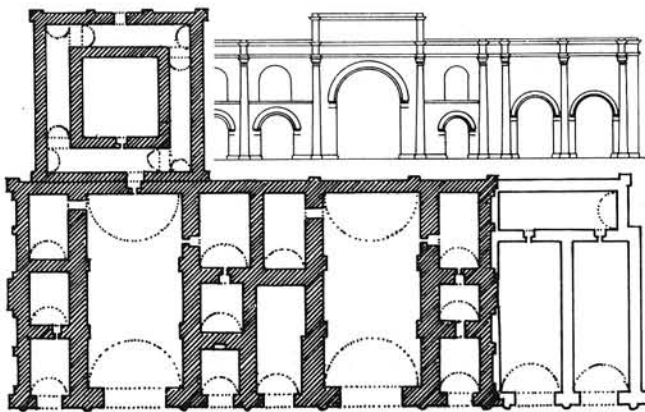
3.4. Paleizen

De vroege paleizen (de woningen van de koning) vertonen gelijkenis met de tempels hetgeen te verklaren is uit het sacrale karakter van het koningschap (de koning was tevens opperpriester). Er komen langwerpige ruimten met een geringe breedte in voor, gescheiden door dikke muren. De grootste ruimten hadden een breedte tot ongeveer 12 m (in het paleis van Sennacherib te Ninive).

Een voorbeeld is het paleis van Sargon II te Chorsabad uit 700 vC (afb. 48). Het is een groot complex met vele binnenhoven. De inwendige afmetingen van de troonzaal waren 11x50 m. Er wordt verondersteld dat deze ruimte een plat dak had, gedragen door een houten balklaag waarvan men aanneemt dat deze mede gedragen werd door een rij middensteunpunten. De muren hadden gemiddeld een dikte van 6 m.



48. Het paleis van Sargon II te Chorsabad. 700 vC. Reconstructie.



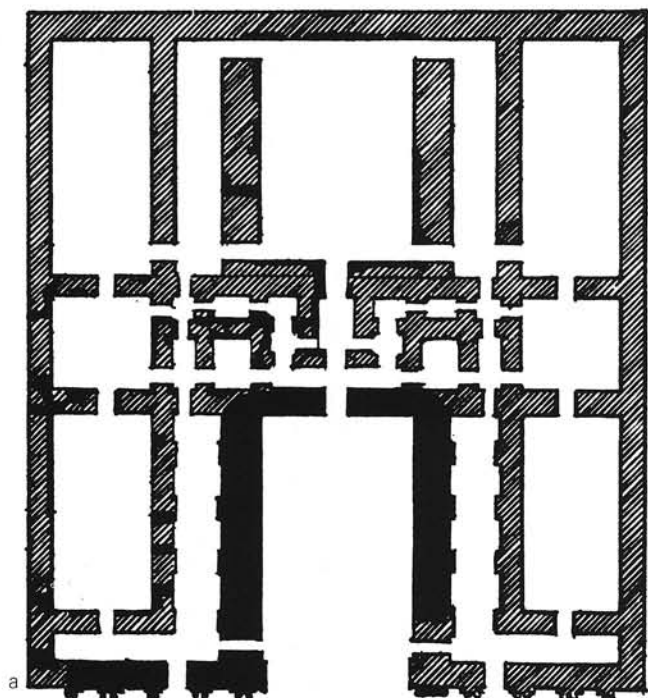
49. Het Parthische paleis te Hatra. 1ste eeuw vC. Plattegrond. Er zijn twee iwans die met tongewelven waren overspannen.

Onder de Parthen werd in de 1ste eeuw vC in Hatra een paleis gebouwd waarin als een nieuwoortige ruimte was opgenomen de iwan, een ontvangstzaal die aan een van de korte zijden, in de gevel gelegen, open was. In het paleis te Hatra kwamen twee iwans voor met een inwendige breedte van 14 m (afb. 49). Zij waren overdekt met half-cirkelvormige tongewelven die uit wigvormige natuursteenblokken waren gebouwd, gelegd in rijen in de langsrichting van het gewelf, in verband gemetseld en aan de bovenzijde aangevuld met breuksteen in mortel. De spatkrachten van de gewelven werden naar dwarsmuren in de zijruimten geleid. Aan de open zijde werden de tongewelven beëindigd met een randboog. Deze gewelven zijn, voor zover bekend, de oudste in Mesopotamië voor het overdekken van grote ruimten.

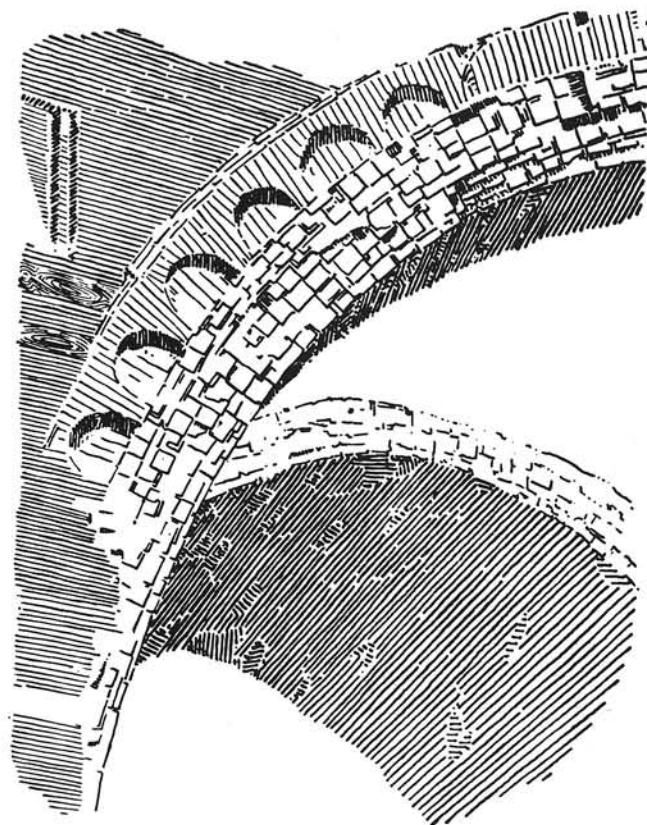
Nog opmerkelijker is de overdekking van de iwan van het Sassanidische paleis te Ktesiphon (afb. 50). Het gebouw wordt meestal toegeschreven aan Chosroës I (531-579 nC) maar mogelijk is het veel ouder en gebouwd voor Sapor I (241-272 vC). Tot 1888 waren de 100 m lange voorgevel en de iwan met het grote tongewelf nog grotendeels intact. Toen werden zij door een aardbeving in ernstige mate aangetast. Van de rest van het paleis is de plattegrond niet met zekerheid bekend. Het bakstenen gewelf van de iwan is het grootste tongewelf dat uit de Oude Tijd bewaard is gebleven. Het heeft een breedte van 25,5 m bij een lengte van 43 m en een hoogte van 30 m in de top. De doorsnede heeft ongeveer de vorm van een kettinglijn die op 11 m hoogte begint. Hieronder zijn de binnenvlakken van de ondersteunende baksteenmuren verticaal. Ze hebben beneden een dikte van 7,3 m. Het gewelf begint met uitkragende horizontale lagen over 8,5 m hoogte. Daarboven begint het eigenlijke gewelf, aan de voet 1,8 m en aan de top 1 m dik. Het is gebouwd in ringlagen met een geringe helling naar achteren (ongeveer 10°). De baksteen, die van middelmatige kwaliteit is, heeft een vierkant formaat met zijden van 30 tot 32 cm en een dikte van 8 tot 9 cm.

De vorm van de doorsnede van tongewelven uit de Oude Tijd heeft in het algemeen, behalve met stijloptingen, veel te maken met de wijze van uitvoering. In houtarme landen zoals Mesopotamië bestond de behoefte om zulke gewelven te bouwen zonder een ondersteunend steigerwerk en formelen. Het gewelf bestond dan uit achteroverhellende boogvormige klei- of baksteenlagen die aan het einde van de ruimte steunden tegen een dikke muur (afb. 51). Voorwaarde was bij deze werkwijze dat de stenen in de verse mortel niet naar beneden zouden glijden. Om dit te voorkomen werden platte steenformaten gebruikt met een groot oppervlak om de aanhechting te bevorderen. Deze uitvoeringswijze is ook van invloed op de vorm van het gewelf. De stabiliteit van de vers gemetselde lagen wordt bevorderd door een vorm die de druklijn door het eigen gewicht zo dicht mogelijk benaderd. Deze druklijn is een kettinglijn. Bovendien is bij deze vorm het naar het horizontale neigende deel in de top kleiner dan bij de halve cirkel (de bij de Romeinen gebruikelijke vorm) waardoor de stenen daar beter blijven liggen (afb. 52).

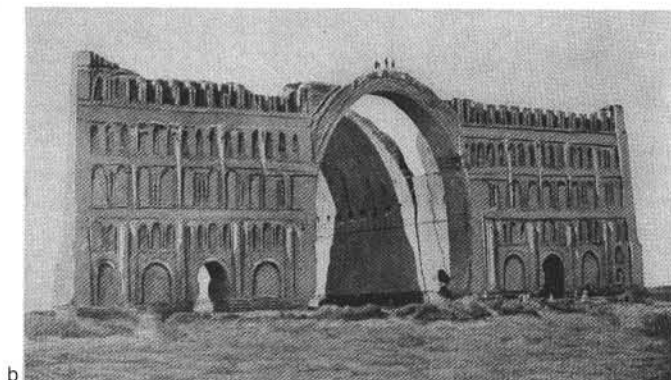
Bij de Iwan-i Kharka bij Susa (in Elam, 4de of 6de eeuw nC, afb. 53) was over twee lange, 9 m brede ruimten een



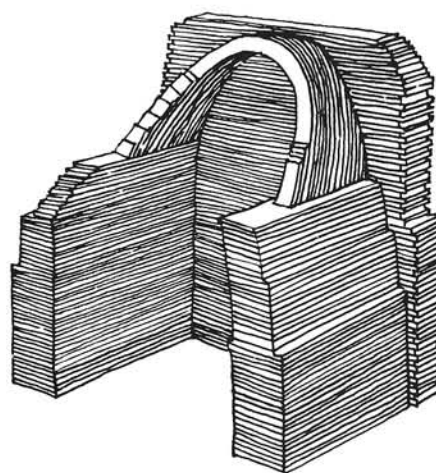
a



d



b



e



c

50. Het paleis te Ktesiphon. 3de of 6de eeuw nC.

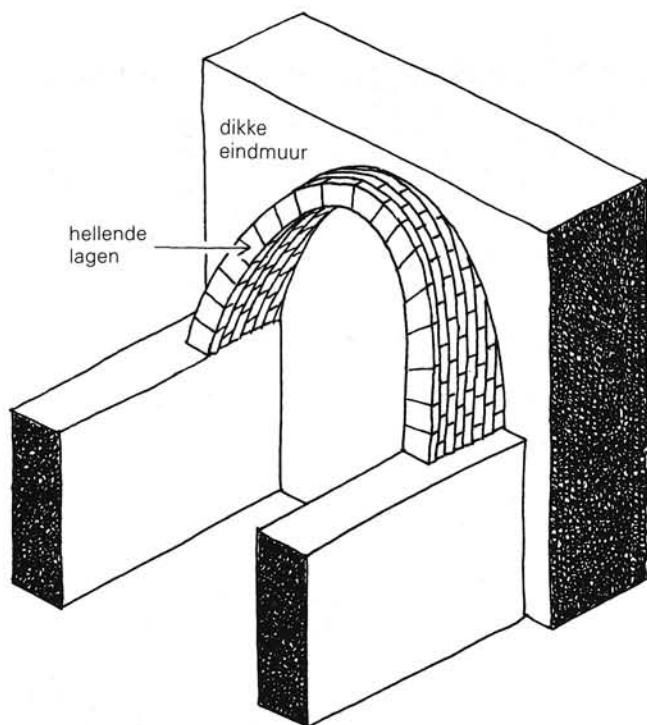
a. Plattegrond.

b. De toestand voor 1888.

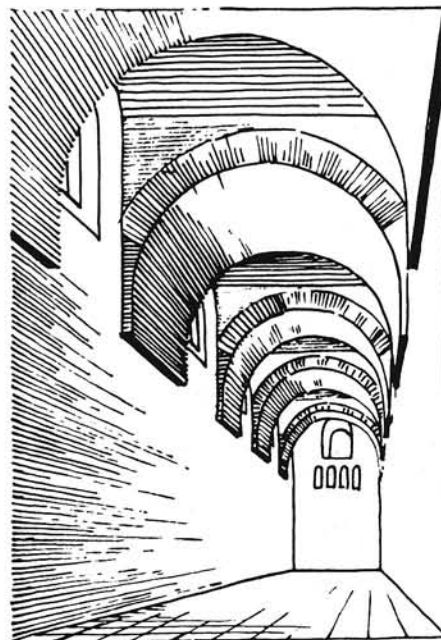
c. De toestand na 1888.

d. De randboog aan de voorzijde van het tongewelf voor 1888.

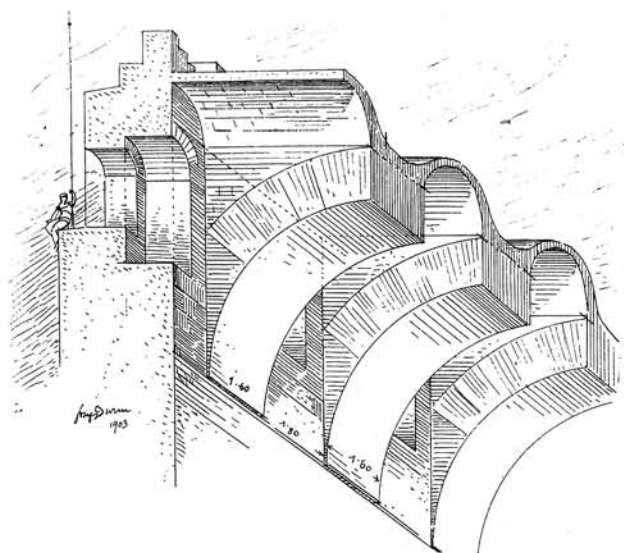
e. Het principe van de opbouw van het tongewelf.



51. Het bouwen van een tongewelf zonder ondersteuning.



a



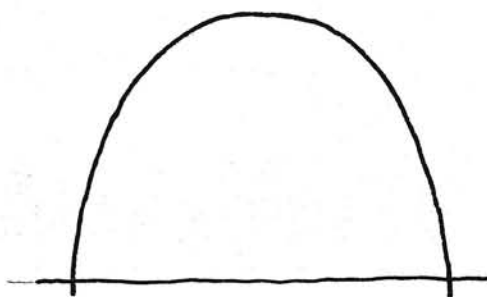
b

53. De Iwan-i Kharka te Susa (Elam). 4de of 6de eeuw nC. Samengestelde gewelven.

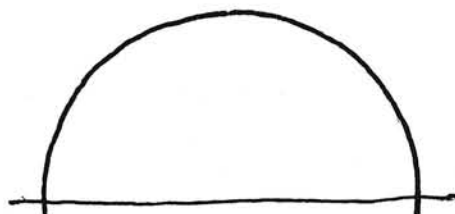
a. Interieur.

b. De constructie.

tongewelf gebouwd dat niet doorgaand was maar onderbroken werd door brede gordelbogen waartussen dwarse tongewelven. Door deze structuur werden de oplegkrachten geconcentreerd op muurpenanten hetgeen grote raamopeningen in de ondersteunende muren mogelijk maakte.



a



b

52. Kettinglijn en halve cirkel.

a. Kettinglijn.

b. Halve cirkel.

3.5. Riethutten

In het zuiden van Mesopotamië, aan de benedenloop van Eufraat en Tigris, komen grote rietwouden voor. Met het materiaal hiervan werden en worden nog grote riethutten gebouwd. Hele stadsdelen moeten uit deze hutten hebben bestaan. Het meest voorkomende type is tegenwoordig de srefe, met een tonvormig dak (afb.54).

3.6. Gewelven

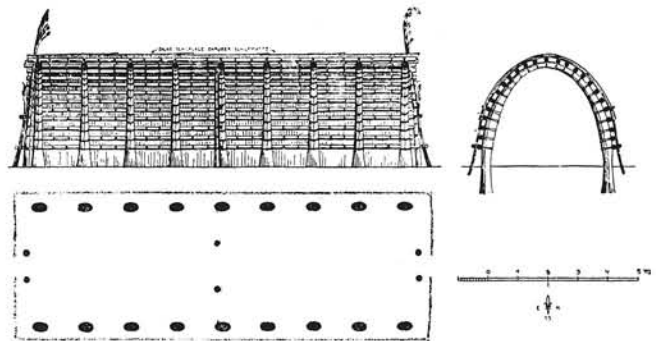
Uit de periode voor de vreemde overheersing (voor 500 vC) is slechts weinig bekend over de gewelfbouw. De nog bestaande overwelingen betreffen kleine tongewelven zoals die over leidingkanalen, grafkamers, magazijnen en dergelijke. Opmerkelijk is dat in de periode tussen 500 vC en 500 nC in Mesopotamië geen koepelgewelven zijn gebouwd. Wel is een aantal grote tongewelven tot stand gekomen zoals die van het Parthische paleis te Hatra en van het Sassanidische paleis te Ktesiphon.

3.7. Transport

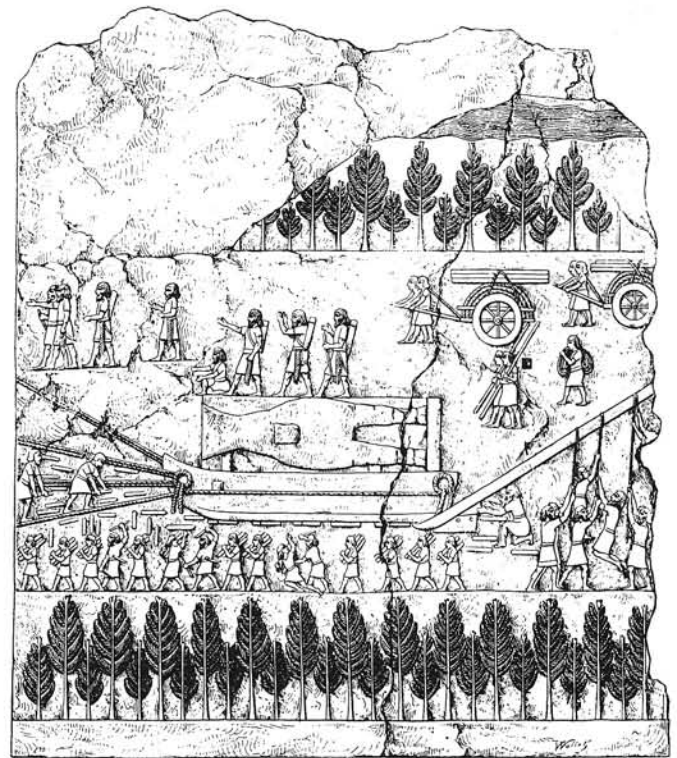
Anders dan in Egypte, waar grote natuursteenblokken verplaatst moesten worden voor de bouw van piramiden en tempels, was er in Mesopotamië vrijwel steeds sprake van licht transport (kleisteen, baksteen, hout, riet). Slechts een enkele keer ging het om zwaar transport, bijvoorbeeld de Assyrische alabaster colossusbeelden, stieren met vleugels en mensenhoofden in afmetingen van bijvoorbeeld 4x4x0,4 à 0,6 m met een gewicht van meer dan 20 ton (afb.55). Zulke blokken werden meest over water vervoerd, deels over land, met sleden, rollen, touwkabels, hefbomen en dergelijke. Voor lichter transport werden wellicht wagens gebruikt want de Mesopotamiërs kenden het wiel.

3.8. Literatuur

- W. Andrae, Das wiedererstandene Assur, Leipzig 1938
- Th.A. Busink, De toren van Babel, Batavia 1938
- Th.A. Busink, Sumerische en Babylonische tempelbouw, Batavia 1940
- Th.A. Busink, Etemenanki. De toren van Babel. Jaarbericht van het Vooraziatisch-Egyptisch Gezelschap 'Ex Oriente Lux', Leiden 1945-48 nr.10.p.526-536
- Th.A. Busink, De Babylonische Tempeltoren. Een Archaeologische en Stijlcritische Studie, Leiden 1949
- E. Heinrich, Schilf und Lehm. Ein Beitrag zur Baugeschichte der Sumerer, Berlin 1934, dissertatie
- J. Jordan, Konstruktions-Elemente Assyrischer Monumentalbauten, Berlin 1910, dissertatie
- R. Koldewey, Die Tempel von Babylon und Borsippa, Leipzig 1911
- R. Koldewey, Das wieder erstehende Babylon, Leipzig 1913
- F. Krischen, Weltwunder der Baukunst in Babylonien und Ionien, Tübingen 1956
- H.J. Lenzen, Die Entwicklung der Zikkurat von ihren



54. De constructie van een riethut (srefe).



55. Het transport van een colossusbeeld volgens Layard.

Anfängen bis zur Zeit der III.Dynastie von Ur, Leipzig 1941

- J. Oates, Babylon, London 1979
- A. Parrot, Ziggurats et Tour de Babel, Paris 1949
- A. Parrot, Archéologie mésopotamienne. Technique et problèmes, Paris 1953
- G. Perrot, Ch. Chipiez, Histoire de l'art dans l'antiquité. Tome II. Chaldée et Assyrie, Paris 1884
- L. Woolley, Ur Excavations. Volume V. The Ziggurat and its Surroundings, New York 1939

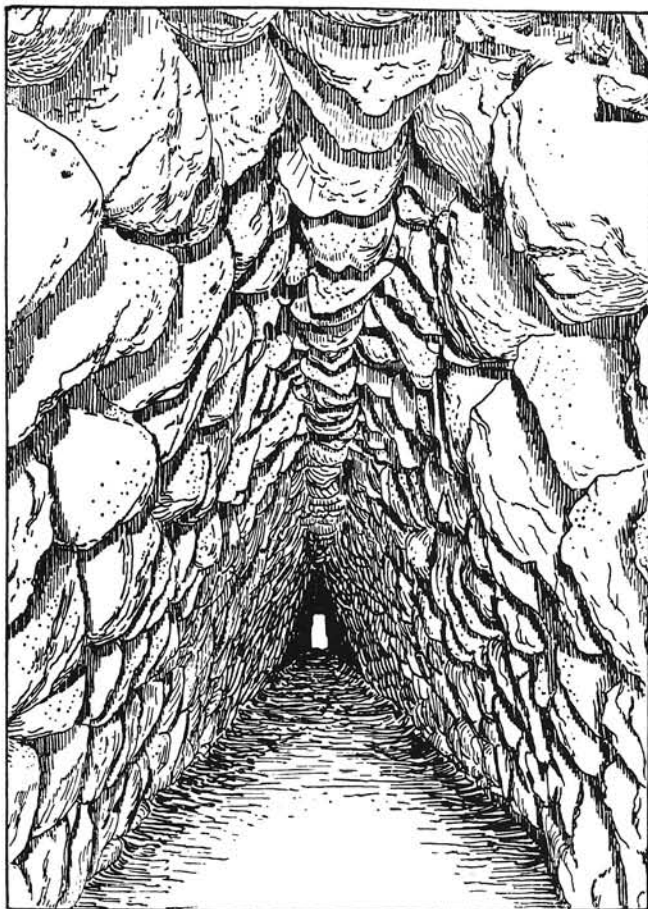


4. ANATOLIË

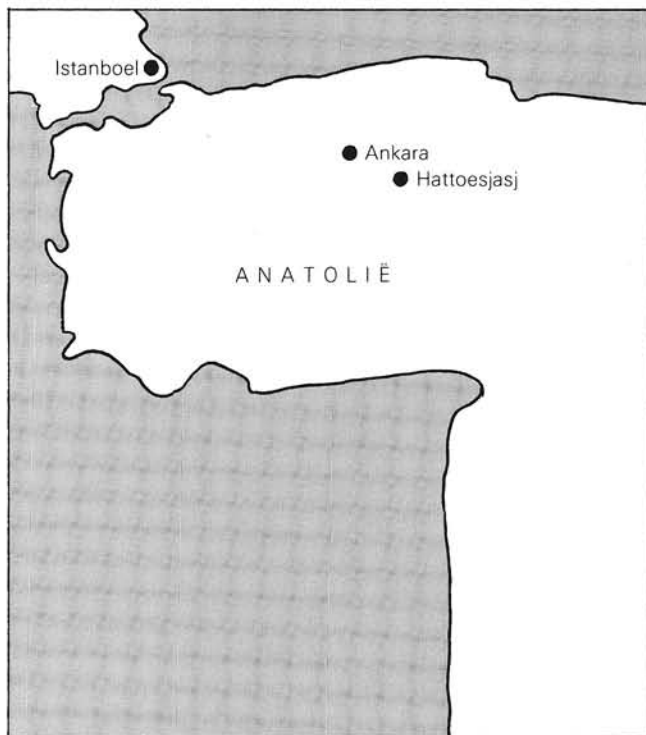
4.1. Algemeen

Omstreeks 2000 vC werd Anatolië, in het centrum van Klein-Azië, bevolkt door de Hethieten. Hun hoofdstad was Hattoesjasj, het huidige Bogazköy. De macht van de Hethieten strekte ver. Zo werd bijvoorbeeld in 1530 vC Babylon door hen geplunderd. Omstreeks 1200 vC viel het rijk uiteen en bleef alleen in Noord-Syrië een Hethitische cultuur bestaan tot het gebied omstreeks 700 vC door Assyrië werd veroverd.

De meeste Hethitische bouwwerken, die bewaard zijn gebleven, stammen uit de 15de tot de 13de eeuw vC, de



57. Gang door een stadsmuur van Hattoesjasj. 15de-14de eeuw vC. Volgens Puchstein en Bittel. Gebouwd volgens het kraagsteenprincipe.



56. Anatolië in de Oude Tijd.



58. De Koningspoort te Hattoesjasj. 15de-14de eeuw vC. Reconstructie volgens Puchstein (1912).

bloeitijd van het Hethietenrijk. Bekende bouwwerken van Hattoesjasj zijn enkele tempels en de stadsmuur met een aantal poorten, onder andere de Koningspoort (afb.58) en de Leeuwenpoort. Zij kenmerken zich door een ruwe bouwwijze. De stadsmuren, soms tot 8 m dikte, werden bijvoorbeeld uitgevoerd als stapelingen van ruw behakte natuursteenblokken, vaak met een bovenbouw van kleisteen.

4.2. Literatuur

- K. Bittel, Die Ruinen von Bogazköy. Der Hauptstadt des Hethitenreiches, Berlin 1937
- R. Naumann, Architektur Kleinasiens. Von ihren Anfängen bis zum Ende der hethitischen Zeit, Tübingen 1955
- O. Puchstein, Boghasköi. Die Bauwerke, Leipzig 1912

5. PERZIË

5.1. Algemeen

Perzië of Iran bestaat voor een groot deel uit een hoogland, in het zuiden en westen begrensd door een kaal bergland. Alleen in de hogere delen valt regen van enige betekenis. Vooral in het zuiden kan het zeer warm zijn. Het land was vroeger hoofdzakelijk woestijn en steppe waarin de steden bij oasen lagen.

De geschiedenis van het Nabije Oosten werd, na de suprematie van Mesopotamië tot omstreeks 600 vC, aanvankelijk beheerst door de expansie van de Perzen. De Achaemenidische koning Cyrus de Grote veroverde omstreeks 550 vC grote gebieden ten westen van Perzië waaronder ook Mesopotamië. Onder Darius I (500 vC) vond de grootste uitbreiding van het Perzische Rijk plaats. Persepolis werd toen de hoofdstad maar ook Pasargadae en Susa waren residenties van de Achaemenieden. Zijn zoon Xerxes (485-465 vC) voerde enkele succesvolle oorlogen tegen de Grieken doch daarna kwam het rijk in verval. In 330 vC werd Perzië veroverd door Alexander de Grote van Macedonië. In zijn gevolg was de generaal Seleukos wiens nakomelingen (de Seleucieden) tot 240 vC over het oostelijke deel van het rijk van Alexander bleven heersen. Het centrum van het Seleucidische Rijk lag vooral in Babylonië en Syrië. Vanaf 240 vC werd Perzië beheerst door de Parthen onder de dynastie der Arsacieden. Ook Mesopotamië raakte spoedig onder Parthisch beheer. De hoofdstad was aanvankelijk Ecbatana, na 10 nC Ktesiphon (nabij Babylon). In 224 nC werd de macht in het Perzische Rijk overgenomen door de dynastie der Sassanieden die deze behielden tot 650 nC toen het rijk onder Arabische invloed kwam en de Islam zijn intrede deed. Buiten het Romeinse rijk was het Sassanidische rijk de enige grootmacht in die tijd die nauwe verbindingen met het westen onderhield. Belangrijke koningen waren Ardasjir, de stichter van de dynastie (224-241), Sapor I (241-272), Sapor II de Grote (310-379), Bahram V (420-458) en Chosroës I (531-579).

5.2. Grafmonumenten

Het bekendste grafmonument in Perzië is dat van Cyrus de Grote te Pasargadae uit 530 vC (afb.60). Op een getrapte onderbouw (13,4x14,4 m, hoog 5,2 m) staat de graftombe (2,3x3,2 m, hoog 5,6 m) met een zadelvormige beëindiging. Het monument was oorspronkelijk omgeven door zuilen. Het is vrijwel massief met alleen een klei-



59. Perzië in de Oude Tijd.

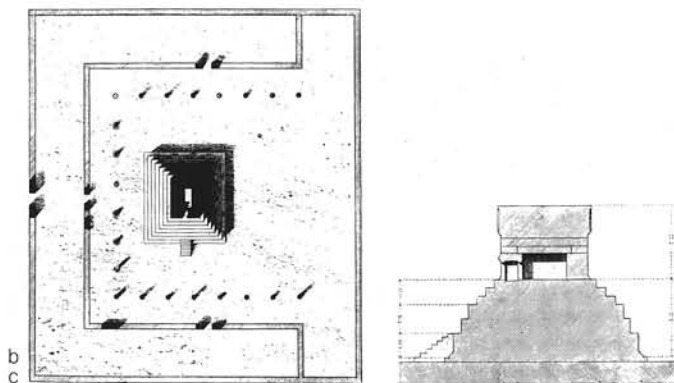
ne grafkamer in het inwendige. Het is gebouwd van kalksteen, in grote blokken, nauwkeurig bewerkt, met mortelloze voegen, verbonden door ijzeren zwaluwstaartdoken.

5.3. Heiligdommen

Een voorbeeld hiervan is het vuurheiligdom te Naksj-i Roestem (ten noorden van Persepolis) uit 500 vC. Het is een vierkante natuurstenen toren met slechts één ruimte in het inwendige (afb.61).

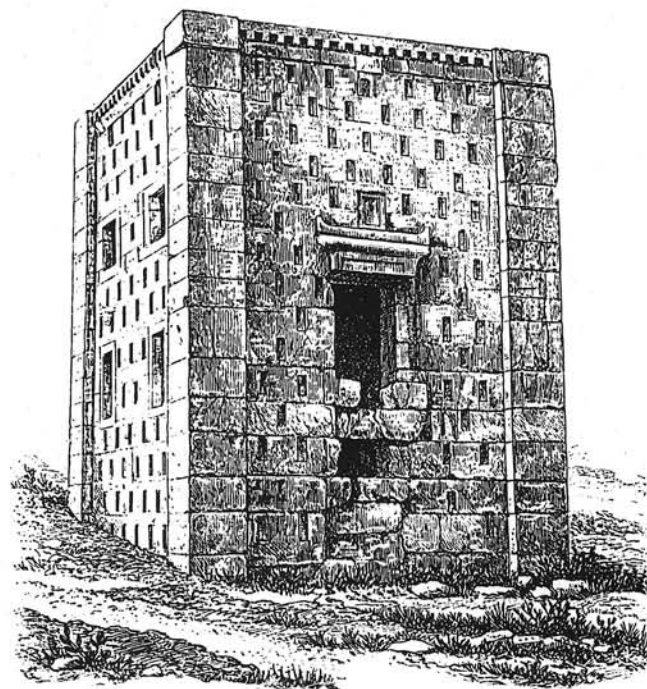
5.4. Paleizen

In Persepolis werd door de Achaemenieden tussen 520 en 450 vC een complex van paleizen gebouwd (afb.62). Hier-



60. Het grafmonument van Cyrus de Grote te Pasargadae. 530 vC. Volgens Dieulafoy (1884).

- a. Overzicht.
b. Plattegrond.
c. Doorsnede.



61. Het vuurheiligdom te Naksj-i Roestem. 500 vC.

in kwamen twee grote ruimten voor: de grote ontvangthal (apadana) en een troonzaal, de zogenaamde hal met de honderd zuilen. Daarnaast waren er vele kleinere ruimten, alle met zuilen, sommige met vele.

De apadana werd begonnen onder Darius I en is door zijn opvolgers voltooid. De zaal was vierkant met zijden van 60 m en werd omsloten door 5 m dikke gepleisterde muren van kleisteen. In de zaal waren 36 natuurstenen zuilen, in zes rijen van zes, op onderlinge afstanden van 8,6 m h.o.h. De zuilschachten hadden een cirkelvormige doorsnede, onder met een diameter van 1,6 m, met 48 fijne cannelures. De zuilhoogte was vermoedelijk ongeveer 19 m.

De grote troonzaal, begonnen onder Xerxes, was eveneens vierkant, met zijden van 69 m. Zij bevatte honderd natuurstenen zuilen in tien rijen van tien, op onderlinge afstanden van 6,2 m h.o.h. De vorm van de zuilen was ongeveer als in de apadana. De hoogte is niet nauwkeurig bekend, de schattingen lopen uiteen van 11 tot 13 m.

De zuilen in het complex waren opgebouwd uit delen van grote en ongelijke lengte. Enkele waren monolieten. Er was dus niet een opbouw uit trommels van beperkte hoogte zoals bij de Egyptenaren en de Grieken normaal was. De zuilen waren bekroond met langgerekte kapitelen, gebaseerd op stieren- en leeuwenkoppen (afb.62c).

De daken moeten plat zijn geweest. Dakelementen van natuursteen zijn niet gevonden. Bekend is de reconstructie van de hal met de honderd zuilen van Chipiez (afb.62d). De uitgangspunten ervoor zijn echter twijfelachtig, reden waarom de constructie ervan hier verder onbesproken blijft.

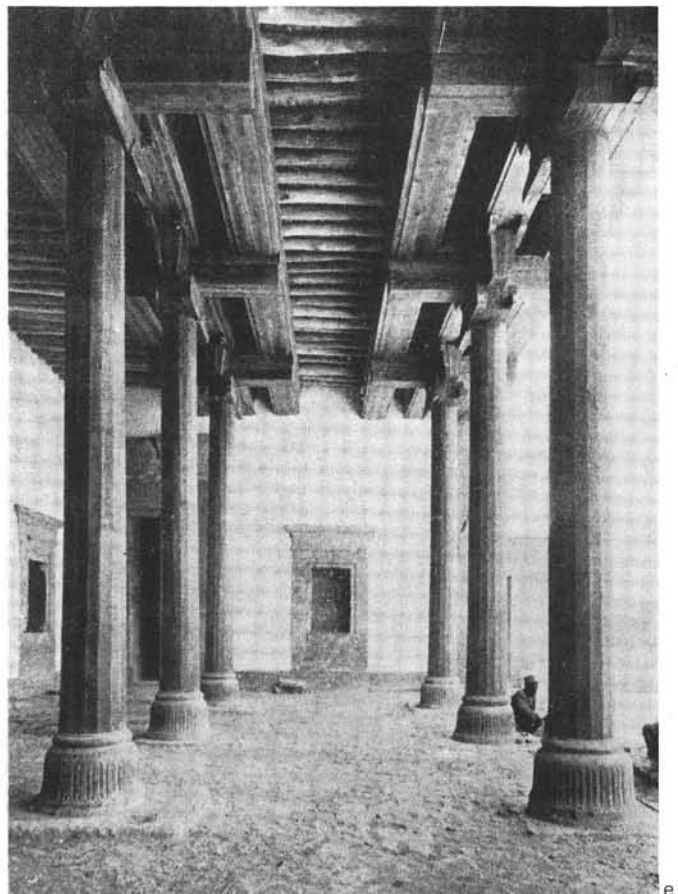
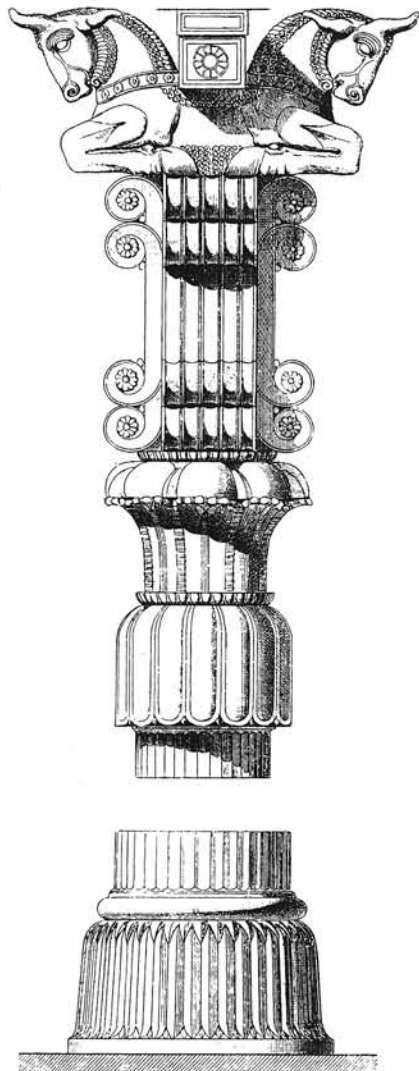
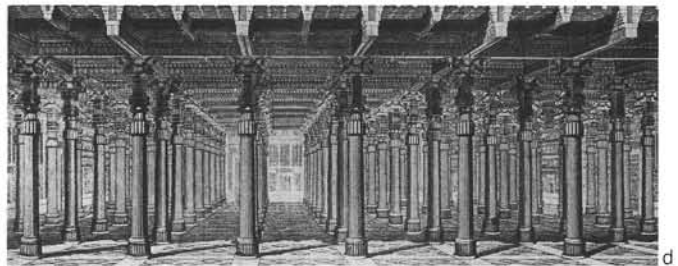
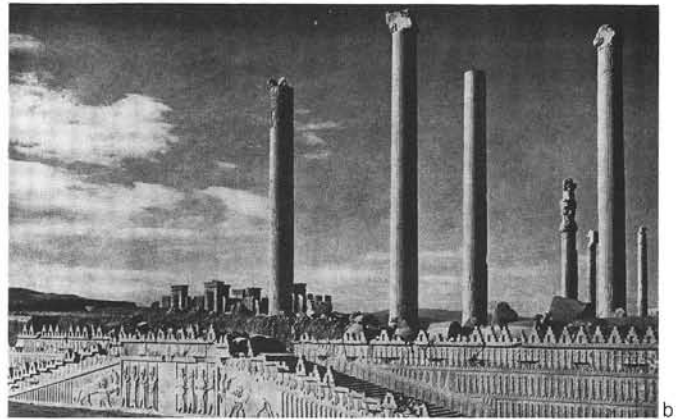
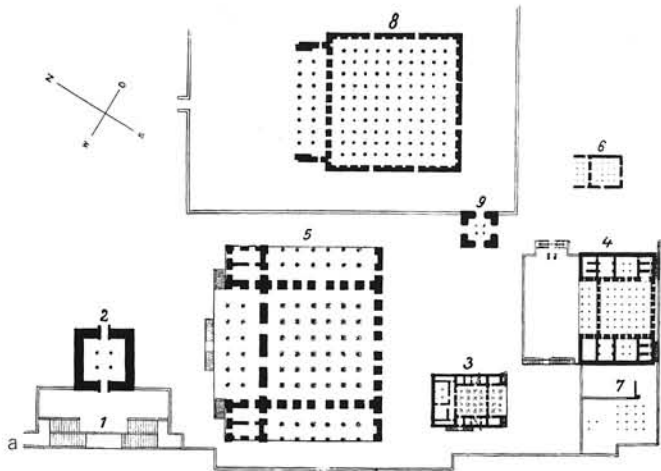
In de 3de eeuw nC werden onder de Sassanidische koningen (225-650 nC) enkele opmerkelijke paleizen met koepelgewelven gebouwd.

Van het paleis te Feroesabad (afb.63), dat een oppervlakte van 56x103 m had en vermoedelijk werd gebouwd voor koning Ardasjir (224- 241 nC) was de hoofdtoegang een iwan, breed 13,3 m, met links en rechts daarvan zijruimten. Daarachter lagen drie vierkante zalen met zijden van 13,3 m, vermoedelijk gebruikt als ontvangstruimten, ieder overdekt met een koepelgewelf. Vervolgens kwam men in een grote open hof, omgeven door kleinere ruimten. De langwerpige ruimten waren alle overspannen met tongewelven.

De vierkante zalen waren omgeven door 4,7 m dikke muren. Deze grote dikte was waarschijnlijk gekozen om weerstand te bieden aan de spatkrachten van de koepelge-

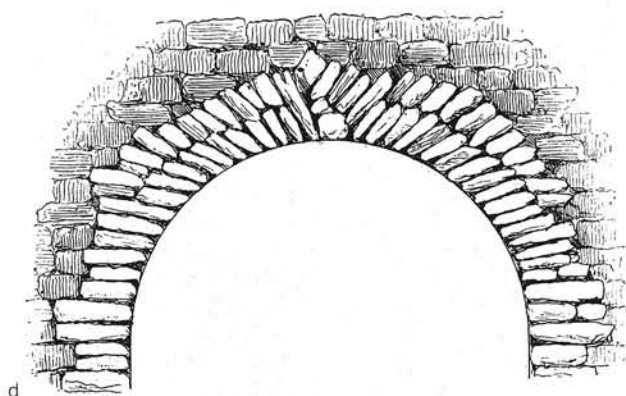
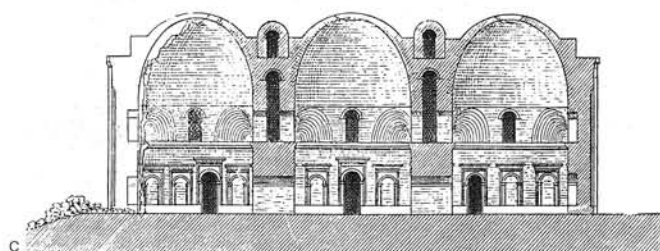
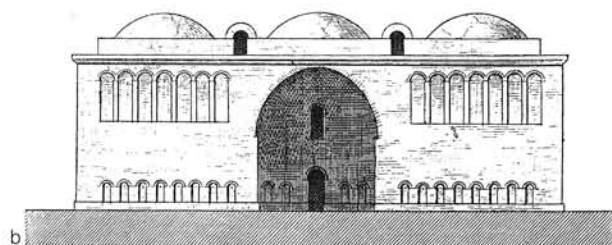
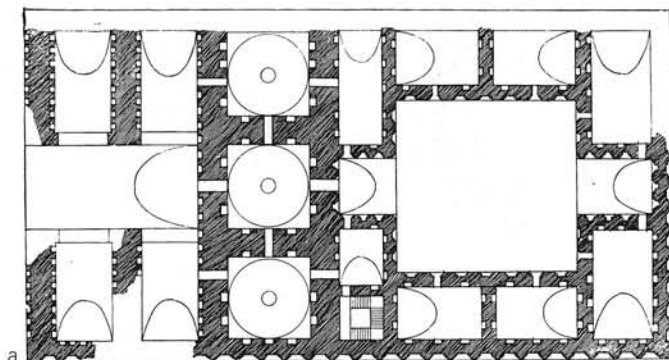
62. De Achaemenidische paleizen te Persepolis. 520-450 vC.

- a. Overzicht van het complex volgens Sarre.
5. Apadana. 8. Zaal met de honderd zuilen.
b. Een deel van het complex met enkele zuilen.
c. Voorbeeld van een zuil volgens Flandin en Coste (1840).
d. Reconstructie van de hal met de honderd zuilen volgens Chipiez (1890).
e. Het paleis van Xerxes. 475 vC. Reconstructie, natuurstenen zuilen met een houten dak.



c

e



63. Het paleis te Feroesabad. 3de eeuw nC. Volgens Flan-
din en Coste (1840).

a. Plattegrond.

b. Gevel.

c. Doorsnede over de zalen met koepelgewelven.

d. Bouwwijze van de tongewelven volgens Dieulafoy
(1884).

welven hoewel de grote afmetingen van bepaalde constructiedelen ook werden ingegeven door de status van het gebouw. De muren hadden in de hoeken trompen om de overgang van de vierkante plattegrond van de zaal naar de cirkelvormige plattegrond van de koepel te bewerkstelligen. De verticale doorsnede van de koepel was een kettinglijn of een daarop gelijkende vorm zoals een parabool of een staande halve ellips. De top van de koepelgewelven lag 22 m boven de vloer. Misschien was er in de top een cirkelvormige opening voor verlichting en ventilatie. Het feit dat de Sassanidische koepels geen halfcirkelvormige doorsnede maar een hogere hadden kan ook verband houden met het feit dat zulke hogere koepels eenvoudiger zonder een ondersteunend steigerwerk zijn te bouwen dan bijvoorbeeld koepels met een halfcirkelvormige doorsnede.

Het metselwerk van de muren was van breuksteen in gipsmortel, aan de zichtzijden afgewerkt met dikke pleisterlagen waarin ornamenten waren aangebracht. De koepels werden gebouwd van platte ruwbewooven natuursteenblokken die bij de geboorte van het gewelf horizontaal werden gelegd, hogerop hellend maar nimmer radiaal gericht, klaarblijkelijk met de bedoeling om zonder ondersteuning te kunnen bouwen.

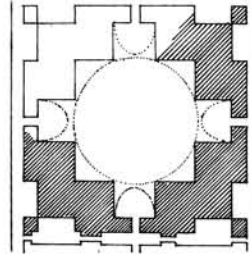
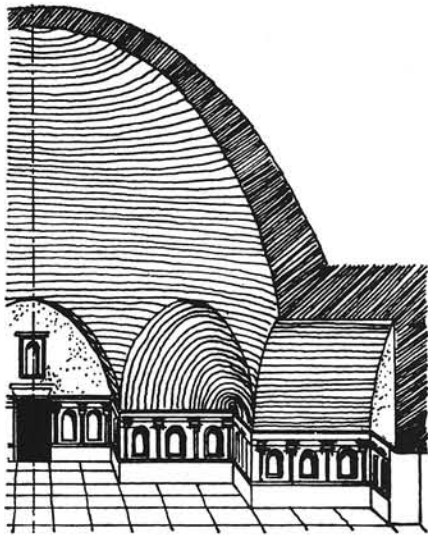
Het paleis te Bisjapoer (afb. 64) werd vermoedelijk gebouwd voor Sapor I (241-272). De centrale ruimte had een vierkante plattegrond (22x22 m) met aan iedere zijde een nis, ruim 7 m diep en overdekt met een tongewelf. De daartussen overblijvende hoeken waren overdekt met trompen. Het koepelgewelf had in verticale doorsnede ongeveer de vorm van een kettinglijn. De materialen en de bouwwijze waren ongeveer dezelfde als die van het paleis te Feroesabad.

Het paleis te Sarvistan (afb. 65) stamt uit de 4de eeuw nC. Het had een oppervlakte van 35x40 m. Aan de westzijde (de voorgevel) waren drie iwans waarvan de middelste toegang gaf tot een vierkante zaal met een koepelgewelf. Daarachter lag een open hof. Aan de noordzijde en de zuidzijde waren vleugels met onder andere twee langwerpige ruimten, overspannen met tongewelven. Aan de zuidoostzijde was nog een kleinere koepelzaal.

Het grote koepelgewelf was gebouwd op een vierkante plattegrond met zijden van 12,5 m. In iedere wand was een nis met een opening naar de aangrenzende ruimte. De hoge eivormige koepel rustte in de hoeken op 3,5 m hoge trompen. In het koepelgewelf waren vermoedelijk kleine openingen, verspreid over het oppervlak, voor lichttoetreding.

De tongewelven over de langwerpige ruimten in de noord- en de zuidvleugel, met een overspanning van 5 m, werden ondersteund door korte zuilen, paarsgewijs gegroepeerd, met een intercolumnium tussen de zuilenparen van 3 m. Op de zuilenparen, die 1,5 m voor de zijmuren stonden, waren hoge penanten opgetrokken die tegen het dikke achterliggende muurwerk steunden. De ruimte tussen de penanten werd overbrugd door bogen.

Ook de kleine koepel werd, op ongeveer dezelfde wijze als bij de tongewelven, ondersteund door korte zuilen in de hoeken die een vrije ruimte van 5 m in de vierkante ruimte van 8x8 m overlieten. De zuilen droegen via hoekpijlers grote bogen die op de eerste etage een vierkante ga-



64. Het paleis te Bisjapoer. 3de eeuw nC.

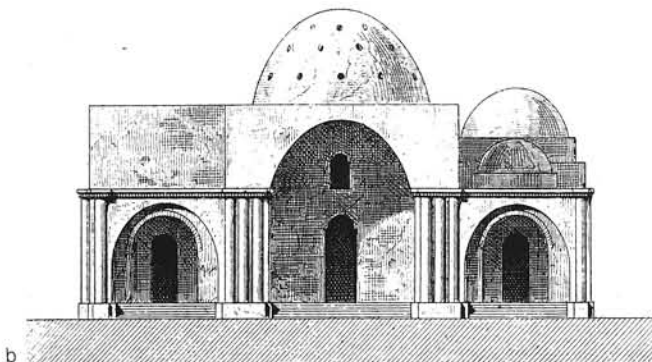
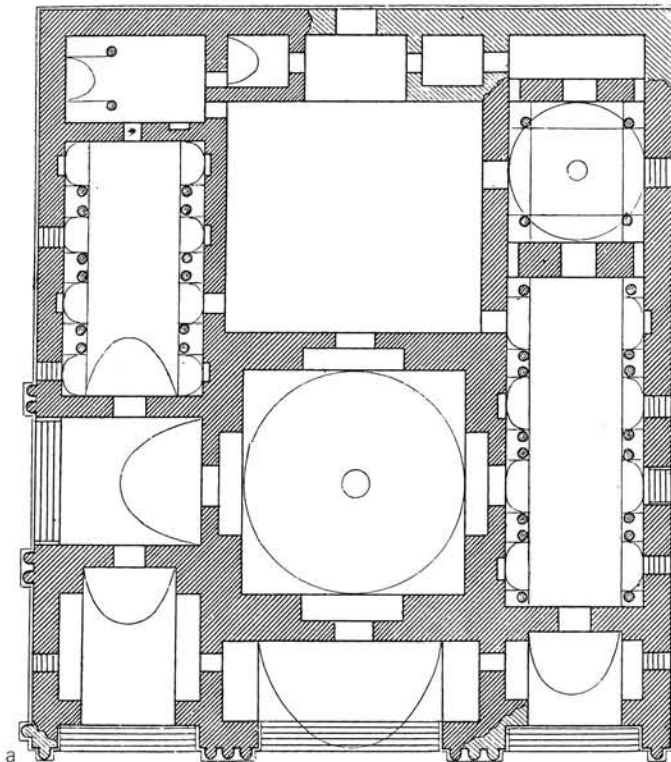
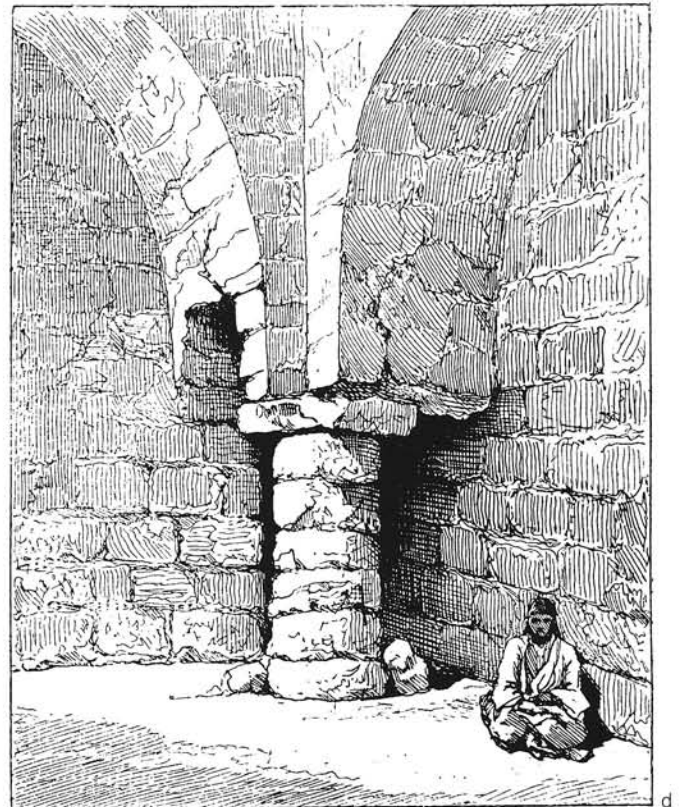
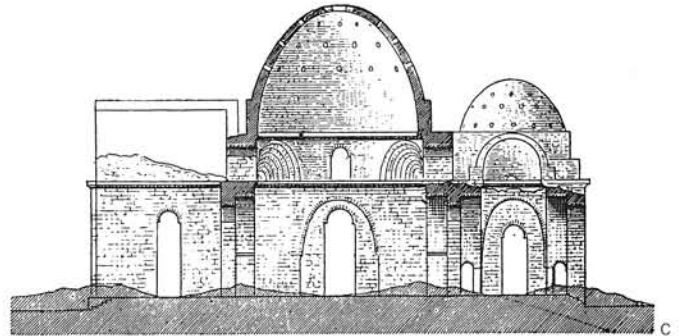
65. Het paleis te Sarvistan. 4de eeuw nC. Volgens Flan-
din en Coste (1840).

a. Plattegrond.

b. Gevel.

c. Doorsnede over de grote koepel.

d. Zuil in de hoek van de kleine koepel volgens Dieulafoy
(1884).



lerij ondersteunden. Op de hoekpijlers steunden op deze etage weer bogen die uiteindelijk de koepel droegen.

De gewelven waren vervaardigd van baksteen van groot formaat (28x25x8 cm), rood en goed doorbakken. De muren en de korte zuilen waren van kleine natuursteenblokken.

Samengevat waren de overspanningen van de Sassanidische koepels (de inwendige zijde van het plattegrond-vierkant):

• Paleis te Feroesabad	13,3 m
• Paleis te Bisjapoer	22
• Paleis te Sarvistan	
centrale ruimte	12
kleine koepel	5

5.5. Literatuur

- M. Dieulafoy, *L'art antique de la Perse*, Paris 1884
- K. Erdmann, *Die Kunst Irans zur Zeit der Sassaniden*, Berlin 1943
- E. Flandin, P. Coste, *Voyage en Perse pendant les années 1840 et 1841*, Paris z.j.
- G. Perrot, Ch. Chipiez, *Histoire de l'art dans l'antiquité. Tome V. Perse. Phrygie – Lydie et Carle – Lycie*, Paris 1890
- E.F. Schmidt, *Persepolis*, Chicago 1953.

6. GRIEKEN

6.1. Algemeen

Het bouwen door de Grieken vond niet alleen plaats op het Griekse vasteland en de omringende eilanden in de Middellandse en de Aegeïsche Zee maar ook in Klein-Azië, Syrië, Palestina, Egypte, Lybië, Zuid-Italië en op Sicilië. De Griekse invloed reikte tot ver buiten de grenzen van het moederland, anders dan bij de Egyptenaren, de Mesopotamiërs en in zekere zin ook bij de Perzen het geval is geweest.

Van de omringende eilanden was in de vroege tijd vooral Kreta (met de hoofdplaats Knossos) belangrijk. Op het Griekse vasteland waren, van zuid naar noord, invloedrijk de Peloponnesus (het zuidelijke schiereiland, met de steden Mycene, Tiryns, Korinthe, Olympia, Sparta en Epidaurus), Attica (met Athene, Piraeus, Eleusis en het eiland Aegina voor de kust), Boeotië (met Thebe) en later Macedonië in het noorden. In Klein-Azië concentreerde de Griekse invloed zich op de westkust (met steden als Halicarnassus, Milete, Priene, Ephese, Pergamon en Troje). Meer naar het binnenland lag Sardes. Op Sicilië waren belangrijk de steden Akragas (het huidige Agrigento), Selinus en Syracuse, in Zuid-Italië Paestum.

De oudste beschaving in het Griekse gebied, die belangrijke gebouwen opleverde, was de Aegeïsche. Er waren twee centra: het eiland Kreta en de stad Mycene op het vasteland in Argolis. Hieraan zijn dan ook de benamingen Kretenzische en Myceense (of Helladische) beschaving ontleend. De Kretenzische beschaving wordt ook wel Minoïsch genoemd, naar koning Minos van Knossos. Deze had haar hoogtepunt voor 1400 v.C. Bij de Myceense beschaving lag het zwaartepunt in de periode van 1400 tot 1000 v.C. De aard van het landschap, een ruw bergland, gaf aanleiding tot rivaliteit tussen de verschillende bevolkingscentra. Dit leidde tot vestingsteden met citadelpaleizen zoals Mycene en Tiryns waarbinnen zich een verfijnde beschaving ontwikkelde die in scherpe tegenstelling moet zijn geweest tot de omstandigheden en leefwijze buiten de steden. Na de Griekse middeleeuwen (1100-800 v.C), waarin het prototype van de Griekse tempel ontstond, volgde de Helleense tijd (800-300 v.C). De eerste twee eeuwen hiervan worden de archaïsche periode genoemd waarin de stadstaat (polis) naar voren kwam die de basis zou worden van de Griekse gemeenschap. In de 8ste eeuw was er expansie over het gehele gebied van de Middellandse Zee, vooral naar Sicilië, Zuid-Italië en de westkust van Klein-Azië (het Ionische Griekenland). De collectieve naam van al deze volken was Hellenen. Omstreeks 600 v.C



66. De Grieken in de Oude Tijd.

hadden de Griekse steden hun eigen regeringsvormen gevonden zoals de oligarchie, de tyrannie en de democratie. Van buitenaf was er bedreiging door de Perzen die in Klein-Azië de macht veroverden. Een opstand van de Ionische steden in 500, waarbij men de hulp kreeg van Athene, leidde tot een strafexpeditie van de Perzen onder Darius I die, na aanvankelijk Thracië en Macedonië te hebben veroverd, in 490 v.C werd verslagen. De steden hadden nu hun macht gevestigd. Er ontstonden democratische regeringen op basis van verkiezingen. Vooral Athene werd invloedrijk. De regering van Pericles werd daar gekenmerkt door grote welvaart. Er werd veel gebouwd en de Helleense kunst en architectuur bloeiden er. De rivaliteit met Sparta veroorzaakte de Peloponnesische oorlog (431-404 v.C) waarna de suprematie van Sparta kwam die echter slechts kort duurde. In de 4de v.C ontstond het Hellenistische Griekenland. Tussen de verschillende stadstaten kwam er een federatief systeem onder leiding van Macedonië. Onder Philippus II (359-336 v.C) werd Griekenland

tot een eenheid gebracht die door zijn zoon Alexander de Grote (336-323 vC) werd gestabiliseerd. Gedurende zijn korte regering werden het Perzische Rijk en Egypte veroverd. In dit Hellenistische rijk werd de Griekse beschaving verspreid en ontstonden vele nieuwe steden waarvan Alexandrië de grootste was. Politiek, economisch en cultureel verschoof het centrum van de Griekse wereld naar het oosten. Het Hellenisme, waaronder men de beschavingsvorm verstaat die zich na Alexander de Grote in de onder Grieks beheer staande gebieden verspreidde, werd een wereldcultuur. Eeuwen bleef het Grieks de taal van literatuur, godsdienst, handel en bestuur in het Nabije Oosten. Na de dood van Alexander werd het rijk verdeeld onder zijn generaals. Na ongeveer 40 jaar waren er drie monarchieën: die van Antigonos in Griekenland, van Seleukos in het Nabije Oosten en van Ptolemaeus in Egypte. In de loop van de 3de eeuw vC was er een teruggang in eenheid en welvaart. De Romeinen drongen binnen en schiepen enerzijds orde, absorbeerden anderzijds veel van de Hellenistische cultuur. Griekenland zelf werd in 146 vC een Romeinse provincie. De Griekse staten in Klein-Azië en Egypte kwamen geleidelijk onder Romeinse controle, de laatste in 30 vC.

De religie was van grote invloed op het bouwen. De tempels werden genoemd naar goden waarvan hieronder een overzicht is gegeven, met tussen haakjes de namen van de overeenkomstige Romeinse goden.

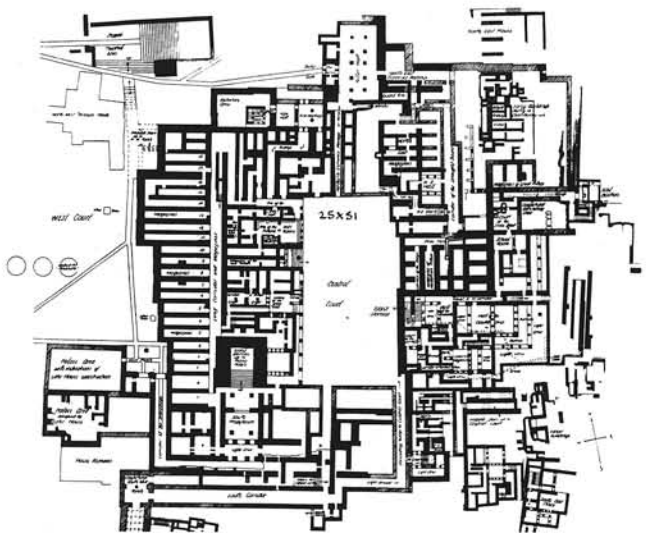
- Zeus (Jupiter), hoofdgod, beheersers van de hemel.
- Hera (Juno), vrouw van Zeus en godin van het huwelijk.
- Apollo (Apollo), god van de wet, kunst, muziek en poëzie; stichter van steden.
- Athena (Minerva), godin van de wetenschappen.
- Poseidon (Neptunus), god van de zee.
- Dionysos (Bacchus), god van de wijn en de feesten.
- Demeter (Ceres), god van de aarde en de landbouw.
- Artemis (Diana), godin van de jacht.
- Hermes (Mercurius), boodschapper van de goden, god van de handel.
- Aphrodite (Venus), godin van de liefde en de schoonheid.
- Hephaestus (Vulcanus), god van het vuur en het smeden, god van de arbeid.
- Ares (Mars), god van de oorlog.
- Heracles (Hercules), god van de kracht, god van de arbeid.
- Asclepios (Aesculapius), god van de geneeskunst.

De belangrijkste bouwmaterialen waren hout (voor daken, vloeren en stijlen), kleisteen (voor muren) en natuursteen (voor muren, zuilen en architraven). Kleisteen werd zowel in private als openbare gebouwen gebruikt. In representatieve ruimten werden kleisteenmuren bekleed met natuursteen. Het formaat van de kleisteen was soms groot, bijvoorbeeld voor de ringmuur van het heiligdom te Eleusis 45x45x10 cm. Baksteen was bij de Grieken reeds vanaf de 10de eeuw vC bekend. Toch werd het weinig gebruikt omdat het ten opzichte van kleisteen duur was. Op het vasteland zijn dan ook geen toepassingen van voor de Hellenistische tijd bekend. Van de vele soorten natuursteen, die in de Griekse wereld voorkwamen, werd

kalksteen het meest gebruikt. Vanaf het begin van de 5de eeuw vC werd voor belangrijke bouwwerken zoals tempels marmer het materiaal. Op Sicilië werd voor tempels ook tufsteen toegepast. IJzer werd door de Grieken als kostbaar beschouwd. Het werd onder meer gebruikt in doken en krammen voor de verbinding van natuursteenblokken en in staven ter versterking van natuursteenconstructies.

6.2. De Kretenzische beschaving (3000-1400 vC)

Van de bouwwerken van de Kretenzische beschaving, geconcentreerd op het eiland Kreta, is het paleis van koning Minos te Knossos een voorbeeld (afb. 67). Het complex, groot 120x120 m, had een grote centrale open binnenhof waaromheen de paleisruimten gegroepeerd waren. De meeste delen hadden tenminste twee bouwlagen met lichthoven. De afmetingen van de ruimten waren betrekkelijk klein, de overspanningen waren niet groter dan 7 m.



a

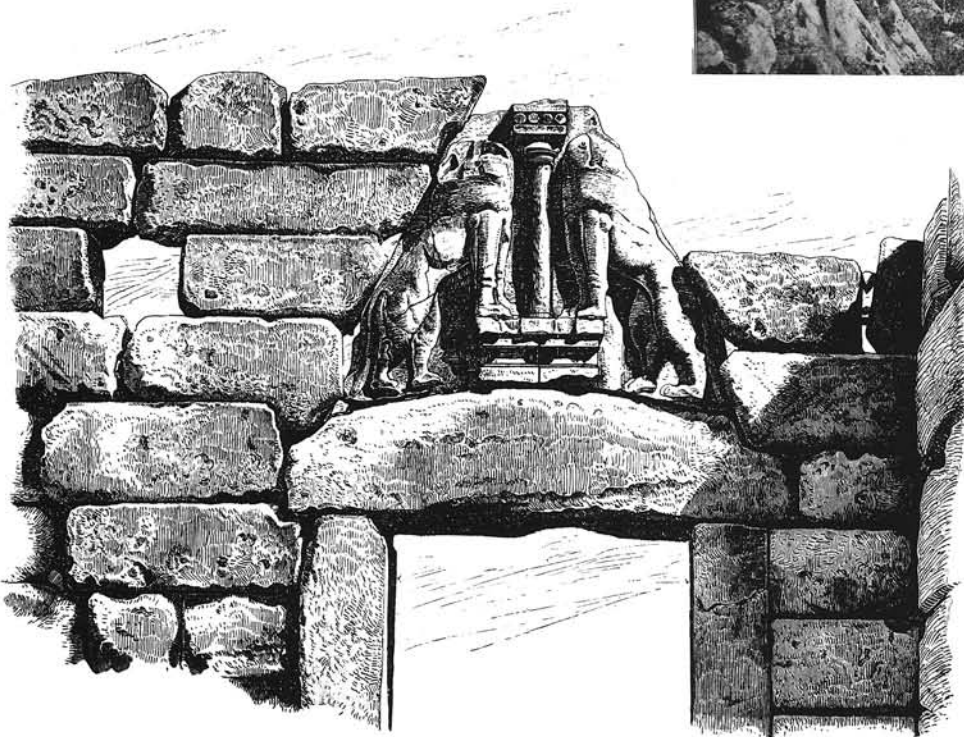


b

67. Het paleis van Minos te Knossos.

a. Plattegrond.

b. De troonzaal met de gereconstrueerde zuilen volgens A.J. Evans.



Eén van de ontvangstzalen mat 13x15 m maar de overspanning werd door twee zuilen gehalveerd tot 6,5 m. In de representatieve ruimten (meestal op de bovenste laag gelegen) kwamen muren voor met een onderste gedeelte van bewerkte natuursteen (kalksteen of gipssteen) waarboven een deel van kleisteen of breuksteen in kleimortel, gevat in een houtskelet. Dit deel werd gepleisterd en voorzien van wandschilderingen. In de onderste bouwlaag waren de muren vaak zeer dik, bijvoorbeeld 1,3 m en gemaakt van breuksteen. In het complex werd gebruik gemaakt van houten zuilen waarvan een door velen in twijfel getrokken reconstructie is gemaakt door A.J. Evans (afb. 67b).

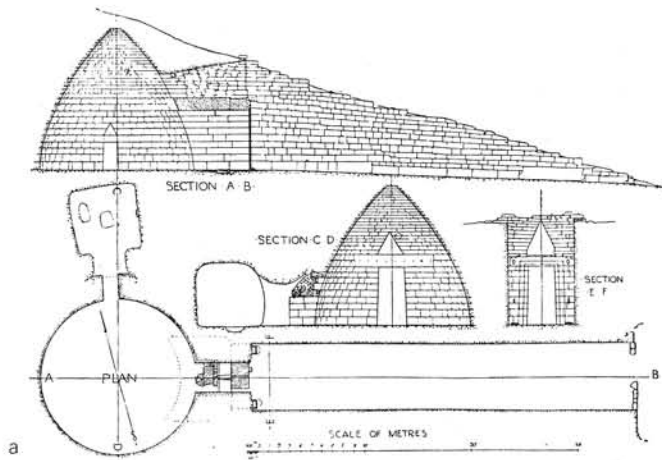
6.3. De Myceense beschaving (1400-1100 vC).

De Myceense beschaving was geconcentreerd in Argolis, in het noordoosten van de Peloponnesus en op enkele ei-

landen in de Aegeïsche Zee. Belangrijke steden waren Mycene en Tiryns, beide omringd door dikke vestingmuren met befaamde poorten erin (afb.68).

De grafcultuur was in deze beschaving sterk ontwikkeld. Er waren zeer grote ondergrondse grafkamers die een cirkelvormige plattegrond hadden. De bekendste daarvan is het graf van Atreus te Mycene (1300 vC, afb. 69), ook genaamd het schathuis van Atreus of de tombe van Agamemnon. De belangrijkste ruimte is de schatkamer, een cirkelvormige overwelfde ruimte met een grond diameter van 14,6 m en een hoogte van 13,4 m. Het gewelf is gebouwd van natuursteenblokken volgens het kraagsteenprincipe.

In de omgeving van Mycene is nog een aantal soortgelijke koepelgraven gebouwd die als ruïnes nog aanwezig zijn. De bekendste daarvan is het graf van Clytemnestra, met een grond diameter van bijna 14 m. Voorts is er in Orchomenos (Boeotië) het koepelgraf van Minyas met een grond diameter van ruim 13 m.



69. Het schathuis van Atreus te Mycene. 1300 vC.
a. Plattegrond en doorsneden.
b. Interieur.



6.4. De Griekse middeleeuwen

In deze periode ontstond het prototype van de Griekse tempel, van het begin af omgeven door colonnaden. De bouwwerken waren eenvoudig van aard. Slechts weinige zijn ervan overgebleven.

6.5. De Helleense tijd (800-300 vC) en de Hellenistische tijd (300-30 vC)

6.5.1. Tempels

De belangrijkste Griekse tempels werden gebouwd vanaf de 6de eeuw vC en wel in drie hoofdgebieden:

- Het Griekse vasteland met de erbij behorende eilanden in de Aegeïsche Zee.
- Het westelijke deel van Klein-Azië, eveneens met de eilanden voor de kust in de Aegeïsche Zee.
- Sicilië en Zuid-Italië.

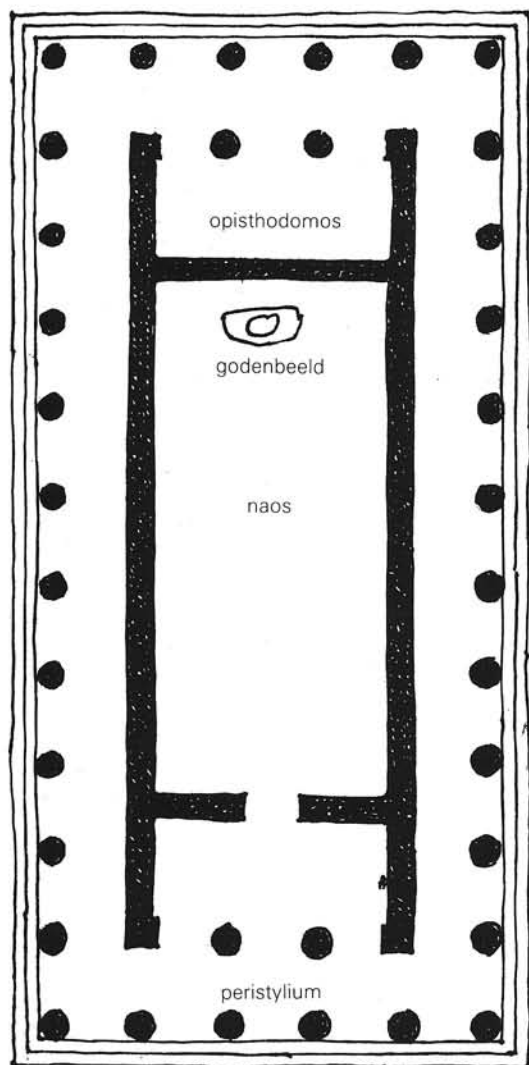
In de tempels vond geen eredienst plaats. Zij dienden alleen als heiligdom voor de god aan wie de eredienst was gewijd. De tempels stonden op een lage onderbouw (krepidoma). Vervolgens hadden de meeste een rechthoekige plattegrond. De kern ervan was de naos of cella waarin het go-

denbeeld zijn plaats had. Aan de voor- en achterzijde waren er portico's, respectievelijk bekend als pronaos en opisthodomos. Deze ruimten waren, zelfs bij de kleinste tempels, omringd door een zuilenomgang (peristylum)(afb.70).

De naos was een langwerpige ruimte. Als de breedte groot was werden er colonnaden in geplaatst die de dakbalken steunden. Bij een aantal zeer grote tempels was de naos niet overdekt, dus een open hof. Soms was er, grenzend aan de naos, nog een tweede binnenruimte zoals bij het Parthenon te Athene (de maagdenkamer, afb.84).

Bij de colonnaden van de zuilenomgang varieerde het aantal zuilen bij de eindgevels. Bij de Dorische orde waren er als regel zes zuilen, bij uitzondering zeven (de tempel van Zeus Olympius te Akragas), acht (de tempel van Apollo te Selinus en het Parthenon) of negen (de basilica te Paestum). Bij de Ionische orde waren er meestal acht zuilen, bij de tempel van Apollo te Didyma zelfs tien. De grote Ionische tempels (op Samos en te Ephese en Didyma) hadden dubbele colonnaden rondom. Dit was ook het geval bij de tempel van Zeus Olympius te Athene, een van de weinige grote tempels uit de Hellenistische tijd.

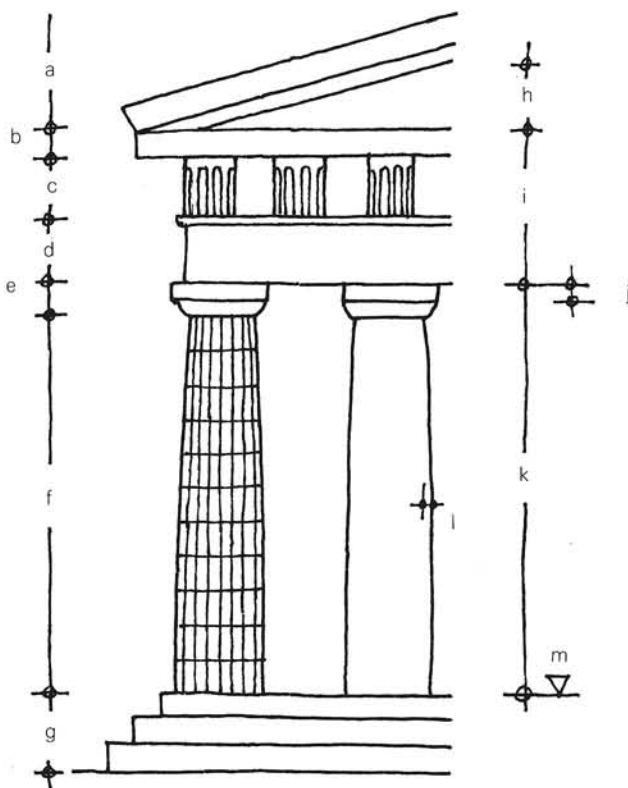
De tempels verschilden aanzienlijk in grootte. Opmerkelijk is dat de grootste tempels gebouwd werden in de buitengewesten, op Sicilië en in Klein-Azië. De tempels op het Griekse vasteland waren kleiner; eerst onder Romeinse invloed werd in Athene de grote tempel van Zeus



70. Typische plattegrond van een Griekse tempel.

71. De eindgevel van een Griekse tempel.

a. fronton. b. kroonlijst. c. fries. d. architraaf. e. kapi-
teel. f. schacht. g. krepidoma. h. tympaan. i. hoofd-
gestel. j. abacus. k. zuil. l. entasis. m. stylobaat.



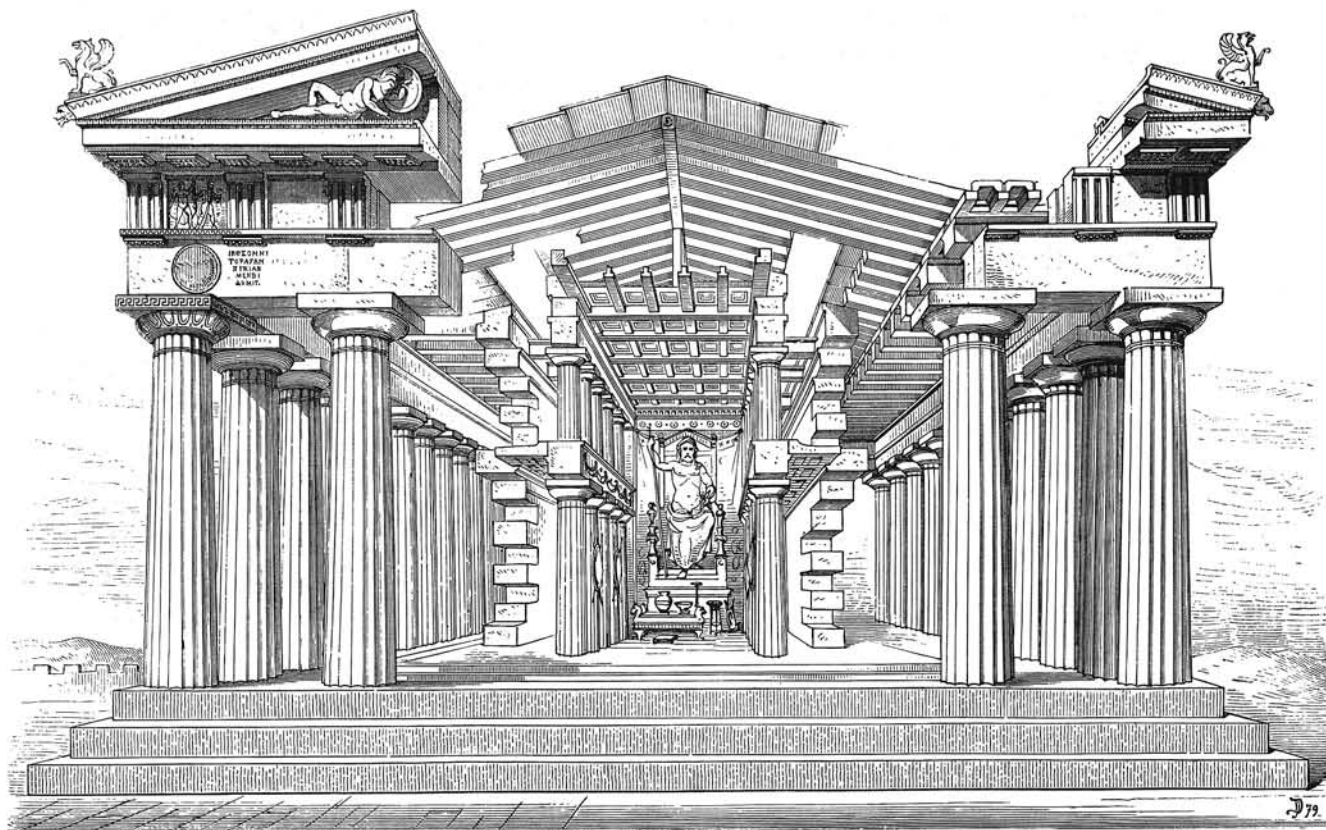
Olympius gebouwd. Klaarblijkelijk stelden de Grieken in het moederland zich bescheidener op dan de Griekse kolonisten. Tabel 2 en afbeelding 73 geven een overzicht van tien grootste tempels van de Griekse wereld, gerangschikt naar het oppervlak van het stylobaat (het bovenvlak van het krepidoma). In de tabel komen slechts twee tempels uit de Hellenistische tijd voor, die van Artemis Leucophryene te Magnesia (Klein-Azië) en de tempel van Zeus Olympius te Athene. De grootste tempels stammen uit de Helleense tijd.

Bij de oudere tempels, uit de archaische periode (800-600 vC) hadden de muren rondom de centrale ruimte meestal een onderbouw van ruwe of bewerkte natuursteen en een bovenbouw van kleisteen in een houtskel, het geheel aan beide zijden gepleisterd zoals dit ook in de Griekse middeleeuwen en daarvoor gebruikelijk was. Reeds vroeg was er al een zuilenomgang, geheel in hout uitgevoerd, met houten zuilen en een houten hoofdgestel, soms afgewerkt met terracotta platen (afb. 74). Op de muren en het hoofdgestel rustte de houten dakconstructie, een flauw hellend zadeldak gedekt met dakpannen.

Omstreeks 600 vC werd het hout van de zuilen en het

Tabel 2. De tien grootste Griekse tempels, gemeten naar de afmetingen van het stylobaat.
Maten volgens Dinsmoor (1950).

plaats	gewijd aan	aanvang bouw vC	afmetingen m	stylobaat m ²
Samos	Hera	530	59,7x115,8	6913
Akragas	Zeus Olympius	510	52,7x110,1	5802
Ephese	Artemis	350	51,4x111,5	5731
Didyma	Apollo	310	51,1x109,3	5585
Selinus	Apollo	520	50,1x110,1	5516
Sardes	Artemis Cybele	300	45,7x99,2	4533
Athene	Zeus Olympius	174	41,1x107,9	4435
Athene	Athena Parthenos	447	30,9x69,5	2148
Magnesia	Artemis Leucophryene	175	31,6x57,9	1830
Olympia	Zeus	470	27,7x64,1	1776



72. Doorsnede over de naos van een Griekse tempel (de tempel van Zeus te Olympia).

hoofdgestel vervangen door natuursteen en werden ook de muren geheel van natuursteen gemaakt. De dakconstructie bleef echter van hout met gebakken pannen. Deze bouwwijze kwam vooral op Sicilië en in Zuid-Italië tot ontwikkeling. Daar werd gepleisterde poreuze kalksteen (tufsteen) gebruikt.

In de 5de eeuw vC kwam op het Griekse vasteland marmer in gebruik als bouw materiaal voor het gehele stenen gedeelte van de tempel. Ook werden daar in een aantal gevallen de gebakken dakpannen vervangen door marmeren platen. Het bekendste voorbeeld van de marmerbouw is het Parthenon te Athene (440 vC).

Het flauw hellende zadeldak werd in alle gevallen gehandhaafd. Bij de eindgevels werd het hoofdgestel voortgezet in de vorm van een driehoekige steenconstructie (fronton) die werd ingevuld met beeldhouwwerk (tympanon) en beëindigd met een kroonlijst. Driehoekige beëindigingen (pedimenten) kwamen ook voor boven de dwarsmuren van de naos en boven de colonnaden die de pronaos en de opisthodomos afsloten.

Op de muren en het hoofdgestel (eventueel ook op colonnaden in de naos) rustte de houten dakconstructie, opgebouwd uit dwarsbalken, gordingen op staanders, een bebording (soms vervangen door langslatten met riet of stro) en pannen of natuursteenplaten.

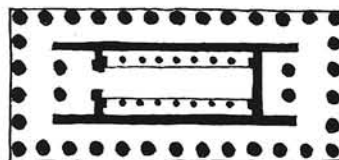
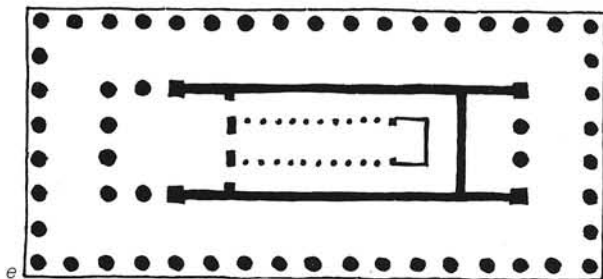
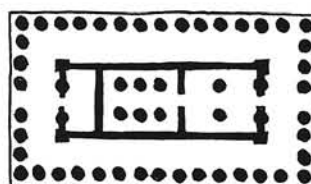
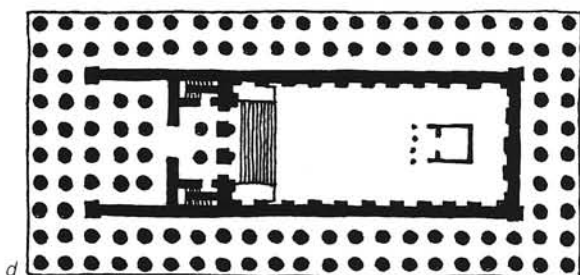
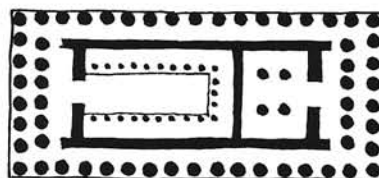
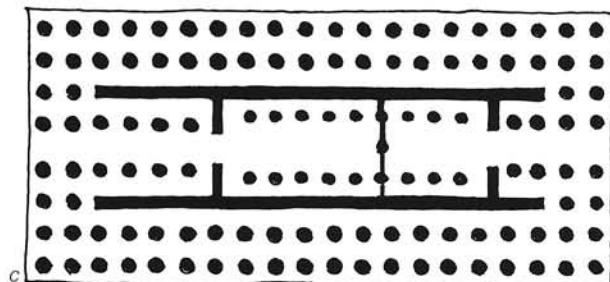
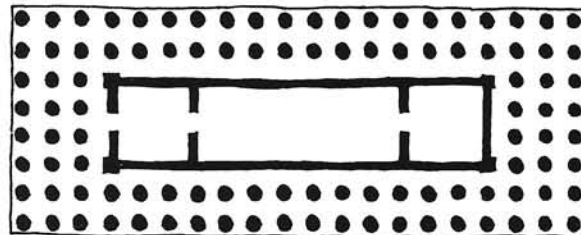
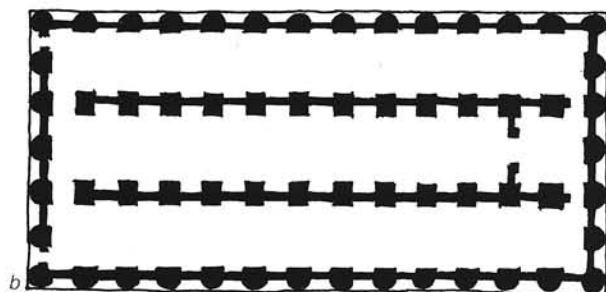
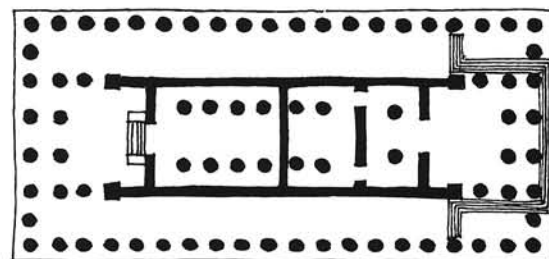
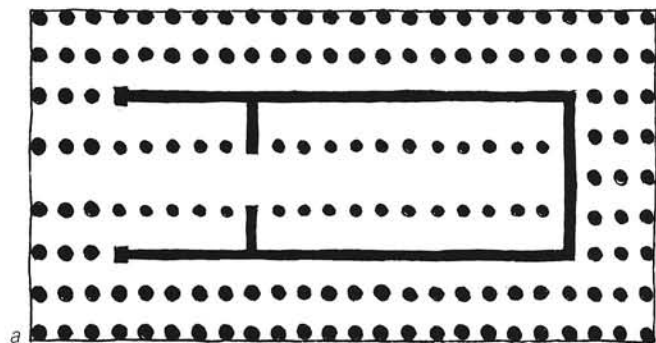
Het plafond van de naos was steeds van hout, opgehangen aan dwarsbalken. Het is niet duidelijk of de ruimte boven het plafond ook als begaanbare zolder werd gebruikt. Bij enkele tempels (onder andere bij de tempel van Concordia te Akragas) zijn er aanwijzingen dat dit het geval was. In de pronaos en de opisthodomos en boven de zuilenomgang kwamen zowel houten als natuurstenen plafonds voor.

Voor de tempels werden in de Griekse wereld drie architectuurstijlen gebruikt (afb. 75):

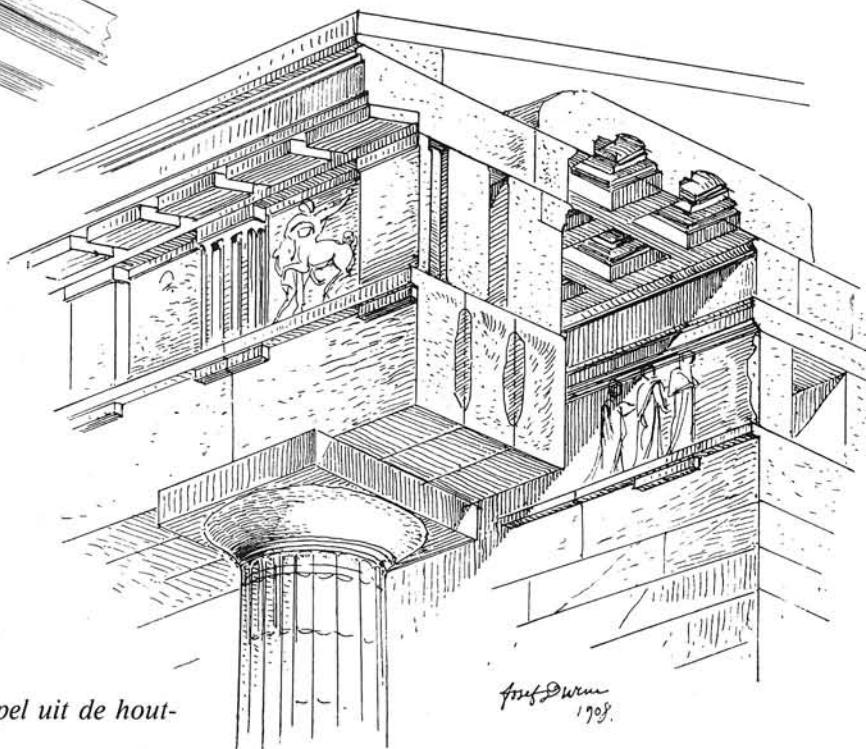
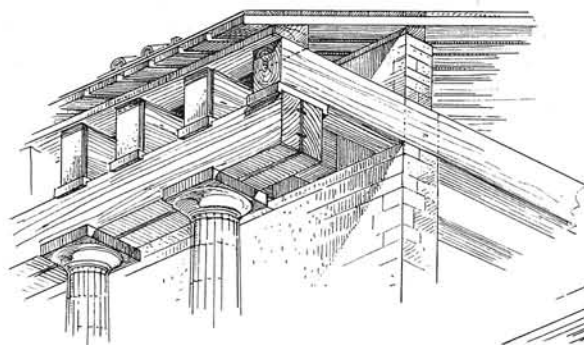
- De Dorische orde.
- De Ionische orde.
- De Korinthische orde.

De Dorische orde, die afgeleid was van vormen van houtconstructies, was veruit de belangrijkste op het Griekse vasteland en werd in Zuid-Italië en op Sicilië uitsluitend gebruikt. Hij kenmerkt zich door eenvoudige vormen, gedrongen zuilen en een hoog hoofdgestel. Veel van het geveloppervlak rond de zuilenomgang was met materiaal ingevuld.

De Ionische stijl werd in het bijzonder gekenmerkt door een zuilenkapiteel met een spiraalmotief (voluut of rolkapiteel). Ook deze orde was afgeleid van houtvormen.



73. Plattegronden van de tien grootste Griekse tempels.
 a. Tempel van Hera op Samos, 530 vC. b. Tempel van Zeus Olympius te Akragas, 510 vC. c. Tempel van Artemis te Ephese, 350 vC. d. Tempel van Apollo te Didyma, 310 vC. e. Tempel van Apollo te Selinus, 520 vC. f. Tempel van Artemis Cybele te Sardes, 300 vC. g. Tempel van Zeus Olympius te Athene, 174 vC. h. Tempel van Athena Parthenos te Athene, 447 vC. i. Tempel van Artemis Leucophryene te Magnesia, 175 vC. j. Tempel van Zeus te Olympia, 470 vC.



74. De ontwikkeling van de stenen tempel uit de houtconstructies van de oude tempels.

Het was de stijl van de Ioniërs in Klein-Azië en op de eilanden voor de westkust ervan. Daarnaast waren er, na 450 vC, enkele toepassingen in Athene. De elementen van deze orde waren aanzienlijk slanker dan die van de Dorische orde.

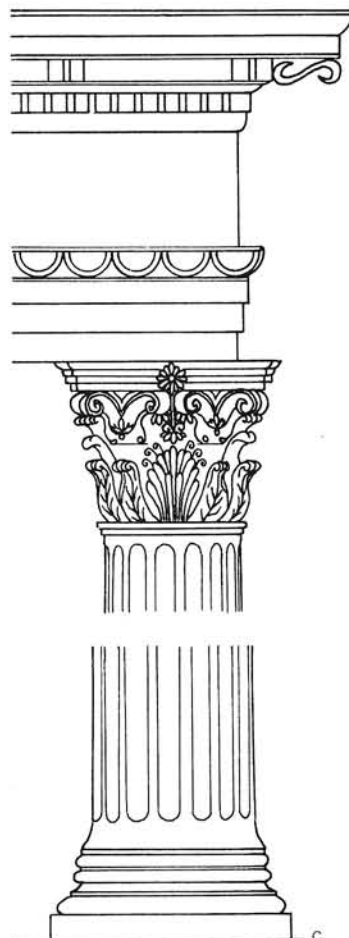
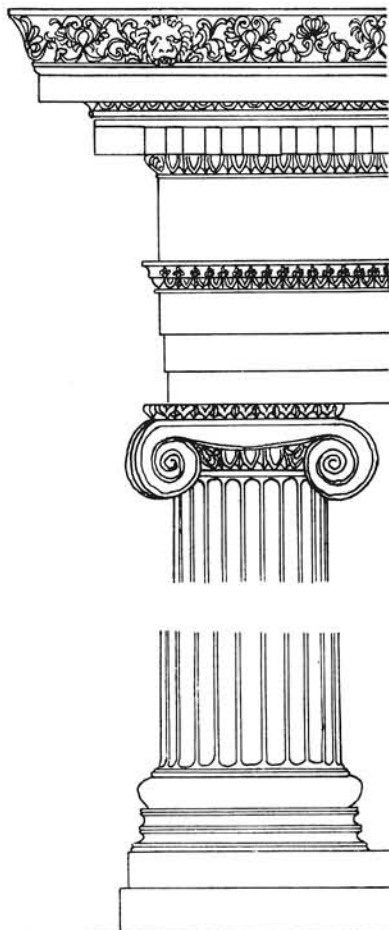
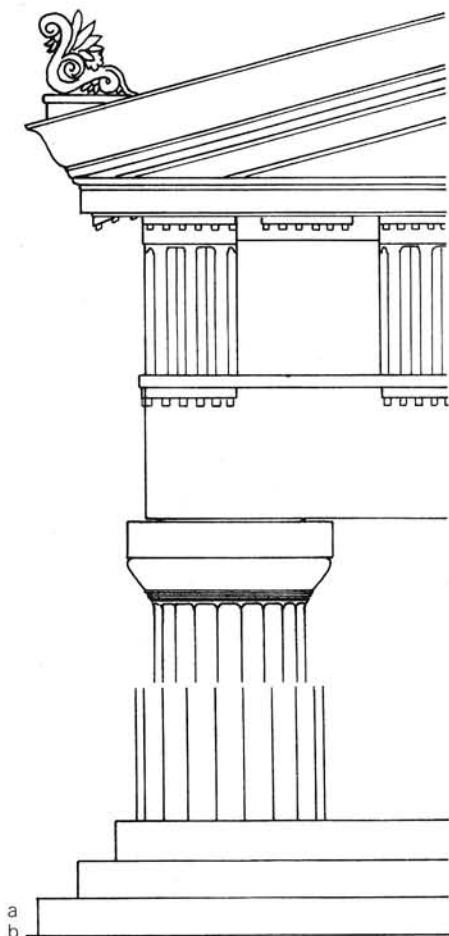
De Korinthische orde was een decoratieve variant van de Ionische orde met als belangrijkste verschil de vorm van het zuilenkapiteel. Er zijn slechts weinig Helleense voorbeelden van, het gebruik ervan nam eerst toe in de Hellenistische tijd.

In verband met de wijze van overspannen van de naos zijn de inwendige breedte van deze ruimte en de aanwezigheid van binnencolonnaden van belang. Tabel 3 geeft hiervan voor de grootste tempels een overzicht. Van de tempels, waarin met zekerheid binnencolonnaden aanwezig waren, was de grootste overspanning 11 m, bij het Parthenon te Athene met twee binnencolonnaden. Bij de meeste grote tempels is de aanwezigheid van binnencolonnaden echter niet zeker. Mogelijk was de naos bij een aantal tempels niet overdekt (hypaethrale tempels). Bij de tempel van Artemis te Ephese (afb.79) en die van Apollo te Didyma (afb.80), beide gelegen in Klein-Azië en met een naosbreedte van 22 m, neemt men aan dat dit het geval was. Bij de tempel van Apollo te Selinus (Sicilië, afb.81) bestaat een opvatting dat de beide zijbeuken wel maar de middenbeuk, breed 7 m, niet zou zijn overdekt.

De tempel van Zeus Olympius te Akragas (Sicilië) had een zeer ongewone vorm, met rondom gesloten muren waarin de buitencolonnaden alleen als halfzuilen verschenen (afb.78). Van de naos, breed 13 m, wordt aangenomen dat hij onoverdekt was, mede omdat de tempel, evenals alle andere zeer grote tempels, nimmer voltooid werd. De tempels van Heracles te Akragas en van Hera te Selinus,

Tabel 3. De breedte van de naos van Griekse tempels.

plaats	gewijd aan	aanvang bouw vC	breedte naos m	beuken- verdeling m
Samos	Hera	530	23	?
Ephese	Artemis	350	22	5 + 12 + 5
Didyma	Apollo	310	22	1 beuk
Athene	Athena Parthenos	447	19	4 + 11 + 4
Sardes	Artemis Cybele	300	18	3 beuken
Selinus	Apollo	520	18	5,5 + 7 + 5,5
Akragas	Zeus Olympius	510	13	1 beuk?
Akragas	Heracles	500	12	1 beuk
Selinus	Hera	470	12	1 beuk



75. De stijlorden.

a. Dorisch.

b. Ionisch.

c. Korinthisch.



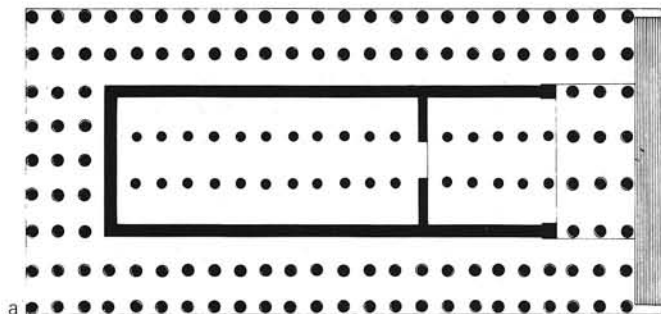
76. Het Parthenon te Athene met een gedeeltelijk open naos (tekening van B. Loviot, 1880).

met de aanzienlijke naosbreedte van 12 m, moeten, als normale tempels, geheel overdekt zijn geweest. Overigens zijn er uit de 19de eeuw tekeningen van een aantal Franse architecten waarin het godenbeeld in een gedeeltelijk open naos staat (afb.76). Zo'n oplossing lijkt aantrekkelijk ten opzichte van situaties zoals bij de tempel van Zeus te Olympia waarbij het Zeusbeeld hoog in een donkere gesloten naos staat (afb.72).

De onderlinge afstand van de zuilen in de colonnaden van de zuilenomgang was meestal gering. Zo was bij het Parthenon te Athene de grootste afstand van de zuilen 4,3 m h.o.h. Bij een breedte van de abacus van 2,0 m was de overspanning van de architraaf dus slechts 2,3 m. De grootste zuilenafstanden waren ruim 8 m h.o.h. (zie tabel 4).

De zuilen waren bij de grote tempels hoog en met name bij de Ionische tempels slank (tabel 5). De slankste zuilen kwamen voor bij de Ionische tempels in Klein-Azië. Bij de tempel van Apollo te Didyma waren de zuilen met inbegrip van basement en kapiteel bijna 20 m hoog bij een voetdiameter van 2,0 m. Een verhoudingsgetal dus van ongeveer 10. Voor Ionische tempels varieerde deze waarde van 8 tot 10 terwijl het hoofdgestel een hoogte van $1/6$ tot $1/4$ van de zuilhoogte had. Bij de Dorische tempels was de slankheid van de zuilen 4 tot 7 met een hoogte van het hoofdgestel van $1/4$ tot $1/2$ van de zuilhoogte.

Het hoogste punt van de tempel werd, afgezien van een



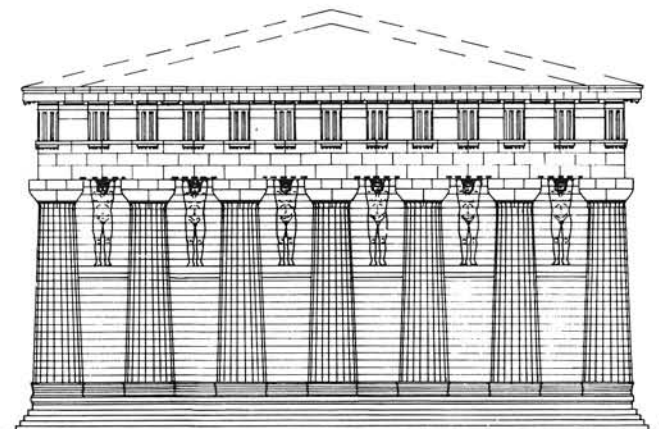
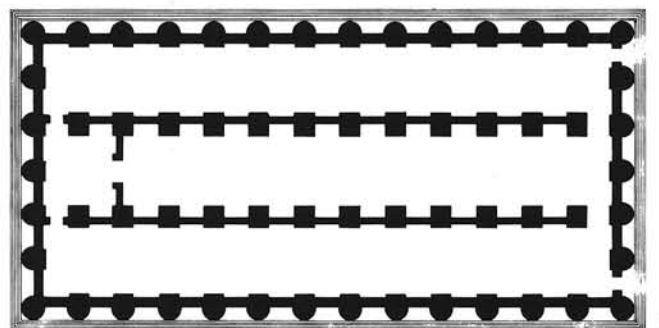
77. De tempel van Hera op Samos. 530 vC.
a. Plattegrond.
b. De ruïne.

erop geplaatst ornament, bereikt bij de top van het fronton. Voor de tempel van Zeus Olympius te Akragas (afb.78) moet dit punt ongeveer 34 m boven het stylobaat hebben gelegen. Bij het Parthenon te Athene was het 18 m hoog.

Voorbeelden van grote Griekse tempels

- De tempel van Hera op Samos. 530 vC. Afb.77. De tempel, in oppervlakte de grootste van de Griekse wereld, bestond uit slechts twee ruimten: de naos, inwendig 23 m breed, en een diepe pronaos. De pronaos had twee rijen van vijf zuilen. Vermoedelijk was het de bedoeling om ook in de naos colonnaden te plaatsen maar deze zijn niet aangebracht. Waarschijnlijk is dus de naos onoverdekt gebleven. Aan de voorzijde had de tempel drie rijen van acht zuilen met een maximale onderlinge afstand van 8,5 m h.o.h.

- De tempel van Zeus Olympius (het Olympieion) te Akragas (Sicilië). 510 vC. Afb.78. Hij werd gebouwd in Dorische stijl en is van een type dat geheel afweek van de overige tempels in de Griekse wereld. Er waren drie beuken, gescheiden door twee binnenmuren en omgeven door geheel gesloten buitenmuren die ook bij de eindgevels werden voortgezet. Er was dus geen omgang met vrijstaande zuilen. Alleen de penanten en halfzuilen in de muren herinneren aan zuilen. De middenbeuk had een breedte van 12,9 m tussen de penanten, de zijbeuken van 11,7 m. De reuzenbeelden in de buitenmuren, 7,5 m hoog, droegen mede het ver naar buiten stekende hoofdstel. Het materiaal van de tempel is kalksteen, afgepleisterd met een dunne laag mortel met een toeslag van gebroken marmer. De tempel werd niet voltooid. Een dak was waarschijnlijk nimmer aanwezig.



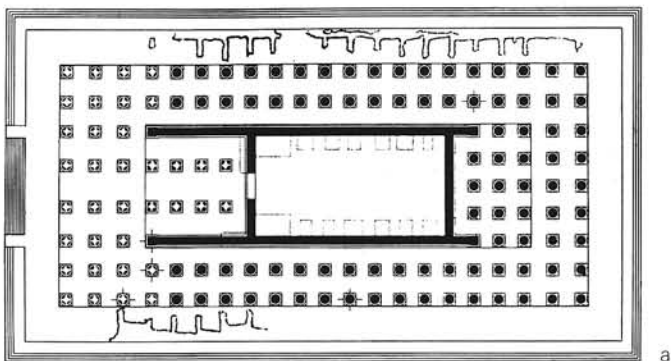
78. De tempel van Zeus Olympius te Akragas. 520 vC.
a. Plattegrond.
b. Voorgevel.

Tabel 4. Maximale afstanden van zuilen van de zuilenomgang bij tempels waarvoor deze afstand meer dan 6 m h.o.h. bedraagt.

plaats	gewijd aan	aanvang bouw vC	max.afst. zuilen hoh m	breedte abacus m	vrije oversp. architraaf m
Ephese	Artemis	350	8,6	1,7	6,9
Samos	Hera	530	8,5	?	?
Akragas	Zeus Olympius	510	8,2	4,8	3,4
Sardes	Artemis Cybele	300	7,1	2,0	5,1
Selinus	Apollo	520	6,8	4,0	2,8
Athene	Athena Parthenos	447	4,3	2,0	2,3

Tabel 5. Hoogte van zuilen van de zuilenomgang (met inbegrip van basement en kapiteel) en hun slankheid.

plaats	gewijd aan	aanvang bouw (vC)	hoogte zuil (a) m	voetdiam. (b) m	a/b	stijl-orde
Didyma	Apollo	310	19,7	2,0	9,8	ionisch
Samos	Hera	530	18,5	?	?	ionisch
Akragas	Zeus Olympius	510	18,0	4,0	4,5	dorisch
Sardes	Artemis Cybele	300	17,8	1,9	9,4	ionisch
Ephese	Artemis	350	17,7	1,8	9,8	ionisch
Selinus	Apollo	520	14,7	3,3 (3,0)	4,5 (4,9)	dorisch
Athene	Athena Parthenos	447	10,4	1,9	5,5	dorisch



a



b

79. De tempel van Artemis te Ephese. 350 vC.

a. Plattegrond.

b. Reconstructie volgens Henderson.

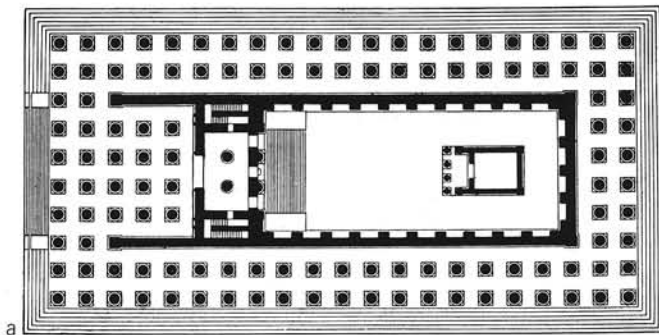
- De tempel van Artemis te Ephese (Klein-Azië). 350 vC. Afb.79. Deze Ionische tempel had rondom een naos, een opisthodomos en een diepe pronaos een omgang met twee rijen zuilen. Bij de pronaos stonden de zuilen 8,6 m h.o.h. Zij hadden een hoogte van 17,7 m bij een voetdiameter van 1,8 m. De naos had een inwendige breedte van 21,7 m. Het is niet zeker of er binnencolonnaden waren. Bij het ontbreken hiervan moet worden aangenomen dat de naos niet overdekt was en dat in de zo ontstane open hof, evenals bij de tempel van Apollo te Didyma, een kleine tempel stond met het beeld van de godin.

- De tempel van Apollo te Didyma (Klein-Azië, bij Milete). 310 vC. Afb.80. Bij deze Ionische tempel bestond de kern uit een naos, een vestibule (dwarszaal) en een diepe pronaos. Een opisthodomos was niet aanwezig. Deze kern was omgeven door twee rijen zuilen op een onderlinge afstand van 5,3 m h.o.h. De naos had een inwendige breedte van 22 m. De vloer lag ruim 3 m lager dan het stylobaat en was door een brede trap verbonden met de vestibule. In de naos was een kleine tempel voor het beeld van Apollo. De aanwezigheid van deze tempel en de grote breedte van de naos maken het waarschijnlijk dat de ruimte niet overdekt was, een open binnenhof dus met

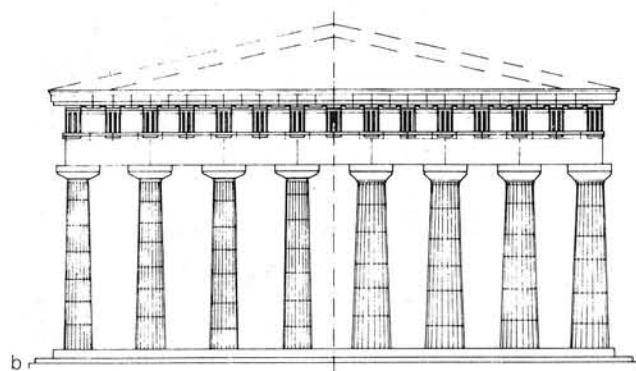
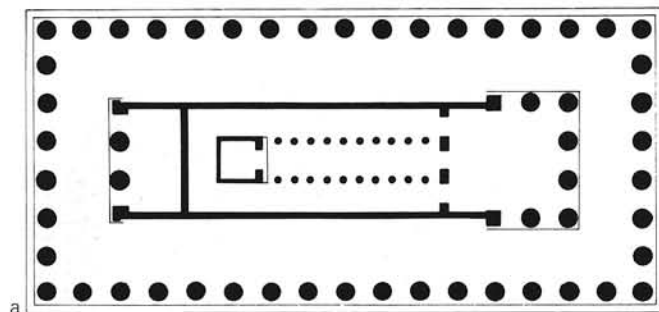
wanden van meer dan 25 m hoogte. De tempel was gebouwd van marmmer.

- De tempel van Apollo te Selinus (Sicilië). 520 vC. Afb.81. Een Dorische tempel met een naos, een grote pronaos en een opisthodomos. De zuilenomgang was zeer breed, aan de langszijden ongeveer 12 m, gemeten van het midden van de colonnade tot de buitenzijde van de naosmuur. De zuilen stonden 6,8 m h.o.h. De naos had een inwendige breedte van 18 m. Er stonden twee zuilenrijen in met een onderlinge afstand van 7,2 m h.o.h. Naast de zuilenomgang had ook de pronaos grote afmetingen, 17x20 m. Eigenlijk zou men hier tussen de anten nog zuilen verwachten die de overspanning zouden verkleinen maar hiervoor zijn geen aanwijzingen gevonden. Mogelijk was de pronaos onoverdekt. In de tempel kwam een aantal zeer grote natuursteenblokken voor. Zo bestonden de architraven uit twee blokken, ieder met een lengte van 6,8 m en een gewicht van ongeveer 40 ton. Sommige zuilentrommels wogen meer dan 50 ton.

- De tempel van Artemis Cybele te Sardes (Klein-Azië). 300 vC. Afb.82. Deze Ionische tempel had een naos met een inwendige breedte van 18 m waarin twee colonnaden stonden. De zuilenomgang had de aanzienlijke breedte



80. De tempel van Apollo te Didyma. 310 vC.
a. Plattegrond.
b. De ruïne.
c. Reconstructie.

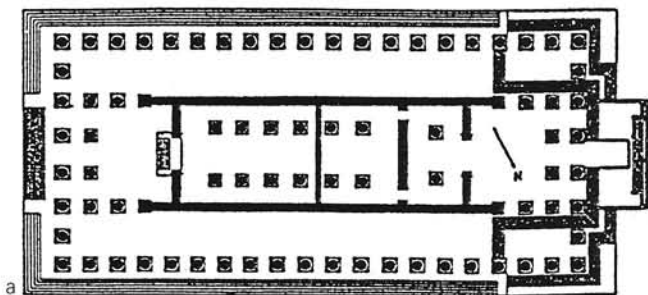


81. De tempel van Apollo te Selinus. 520 vC.
a. Plattegrond.
b. Voorgevel.

van 8,7 m tussen het midden van de colonnade en de buitenkant van de naosmuur. Bij de eindgevels stonden de zuilen op grote afstanden van elkaar met een maximum van 7 m h.o.h. De pronaos en de opisthodomos waren grote ruimten, 13,7x18,3 m. Vermoedelijk waren ze niet overdekt.

- De tempel van Zeus Olympius (het Olympieion) te Athene. 174 vC. Afb.83. De enige van de grote Griekse tempels uit de Hellenistische tijd en gebouwd in Korinthische stijl. De tempel werd aanvankelijk niet afgebouwd en werd eerst onder Hadrianus in 132 nC voltooid. De omgang had twee colonnaden aan de langszijden en drie colonnaden aan de voor- en achterzijde. De naos had een inwendige breedte van 15 m met twee zuilenrijen in de ruimte. Vitruvius meende dat hij onoverdekt was maar vermoedelijk is na zijn tijd (1ste eeuw vC) alsnog een dak aangebracht.

- De tempel van Athena Parthenos (het Parthenon) te Athene. 447 vC. Afb.84. De Dorische tempel werd gebouwd in de zeer korte tijd tussen 447 en 432 vC. Hij heeft een naos, een maagdenkamer (parthenon), een pronaos en een opisthodomos. De naos heeft een inwendige breedte van 19,2 m, het dak ervan wordt mede gedragen door twee colonnaden die op een afstand van 11 m h.o.h. van elkaar staan. In de maagdenkamer zijn vier Ionische zuilen. De zuilenomgang is betrekkelijk smal (3,6 m van het midden van de colonnade tot de buitenkant van de naosmuur). De zuilen staan op onderlinge afstanden van 4,3 m h.o.h. Het materiaal van de tempel is marmer.



82. De tempel van Artemis Cybele te Sardes. 300 vC.

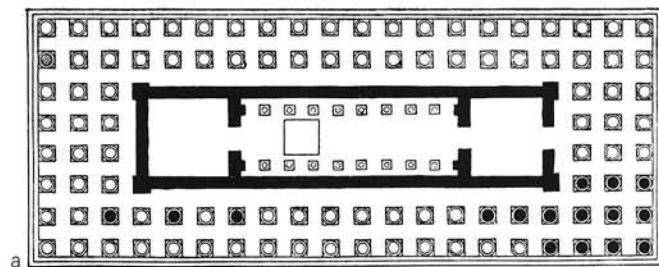
a. Plattegrond.

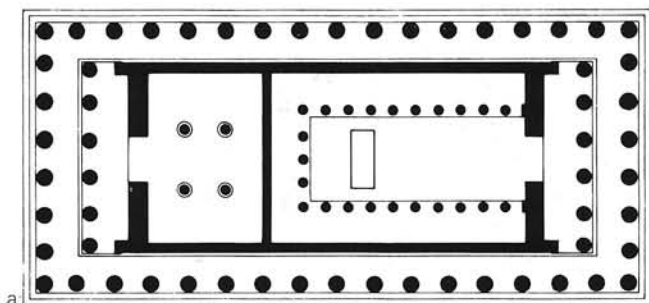
b. De ruïne.

83. De tempel van Zeus Olympius te Athene. 174 vC.

a. Plattegrond.

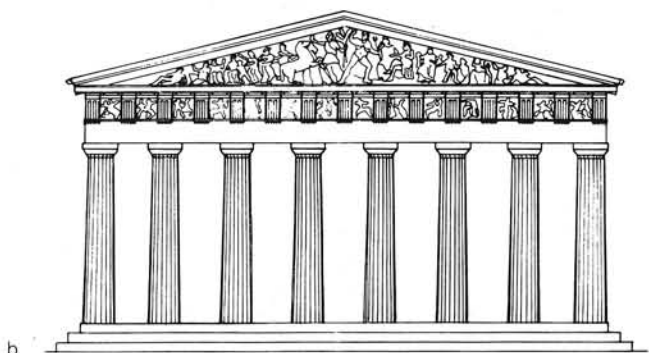
b. De ruïne.



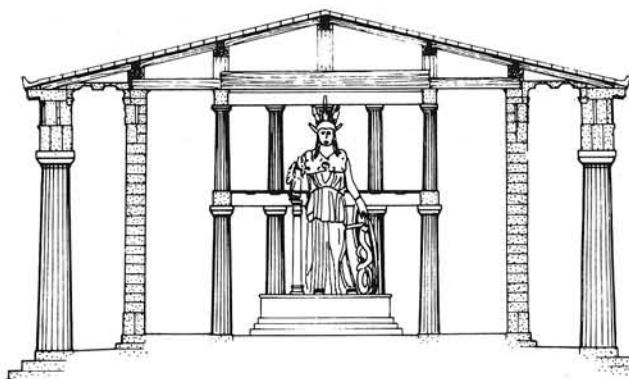


a

84. Het Parthenon te Athene. 447 vC.
a. Plattegrond.
b. Voorgevel.
c. Doorsnede.
d. De ruïne, exterieur.
e. De ruïne, interieur.



b



c



d



e

Ronde tempels

In de Griekse wereld is een aantal ronde tempels (tholoi) gebouwd. Rondom een cirkelvormige cella stond concentrisch een buitencolonnade terwijl in de cella een binnen-colonnade was opgenomen waarvan de zuilen soms tegen de cellamuur waren geplaatst. Het dak was kegelvormig. Voorbeelden op het Griekse vasteland zijn:

- De tholos te Delphi, 400 vC (afb.85).
- De tholos te Olympia, het Philippeion, 350 vC.
- De tholos te Epidauros, 350 vC (afb.86).

In de Aegeïsche Zee was op Samothrace in 280 vC het Arsinoeion, eveneens een tholos, gebouwd (afb. 87).

De tholos te Epidauros was de grootste op het vasteland,

met een inwendige celladiameter van 13 m en een binnen-colonnade met een diameter van 10 m. De tholos op Samothrace had een inwendige celladiameter van 17 m. In de cellamuur waren halfzuilen opgenomen, de binnencolonnade ontbrak. De houtconstructie van het dak heeft wellicht de grootste overspanning in de Griekse wereld gehad.

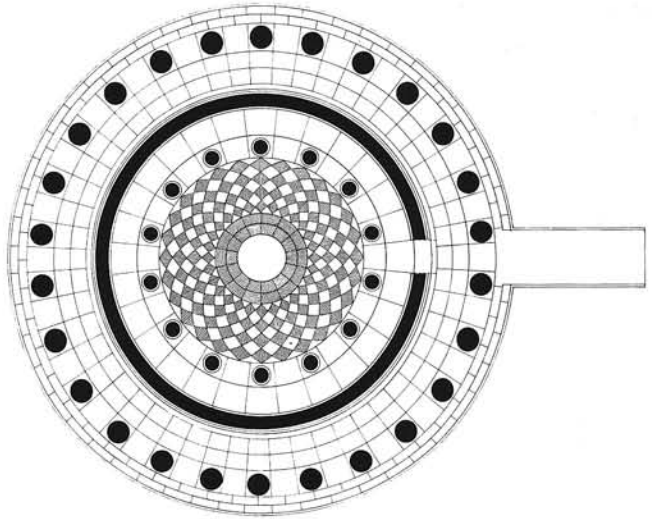
6.5.2. Raadhuizen

In de Hellenistische tijd werd, met name in Klein-Azië, een aantal raadhuizen gebouwd waarin zalen met grote afmetingen voorkwamen.

In het raadhuis te Priene uit 200 vC, ook genaamd het Ecclesiasterion of het Bouleterion, kwam een raadzaal



85. De tholos te Delphi. 400 vC. De ruïne.



a

86. De tholos te Epidauros. 350 vC.

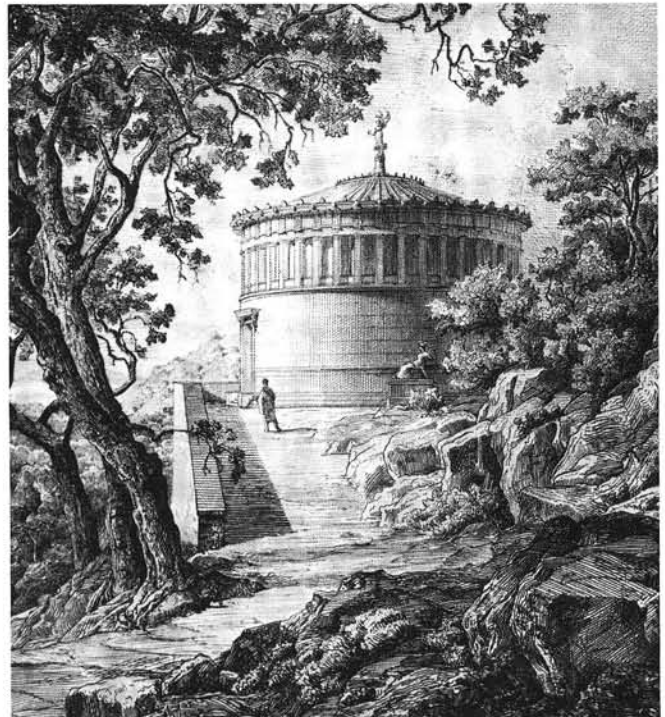
a. Plattegrond.

b. Exterieur volgens Kabbadias.



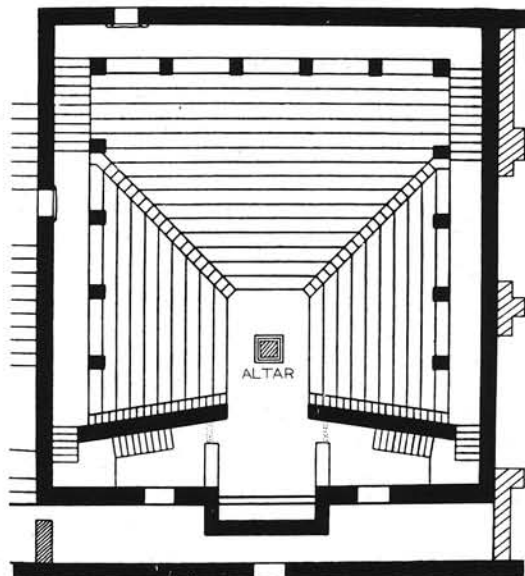
b

87. De tholos te Samothrace. 280 vC.

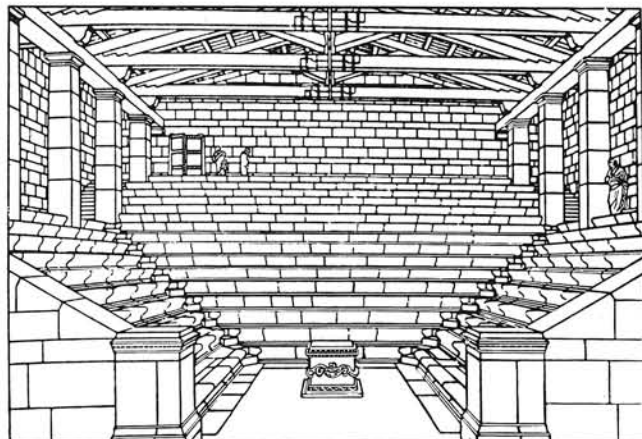


voor met inwendige afmetingen van 19x19 m (afb.88). Hierin waren aan twee zijden colonnaden opgenomen. De overspanning tussen deze zuilenrijen was in de oorspronkelijke toestand 15 m. Later werden zij bij een verbouwing dichters bij elkaar gebracht waardoor de overspanning 10,5 m werd. Bij de reconstructie van F. Krischen (1941) werden in de houten dakconstructie driehoekspanten aangegeven hetgeen, gezien de datering in de Hellenistische tijd, niet onmogelijk is.

Van het raadhuys te Milete uit 170 vC met de raadzaal 22x32,5 m tussen de omringende natuurstenen muren (afb.89). Bij een reconstructie van Krischen (1941), mede gebaseerd op onderzoeken van Knackfusz (1908) werden in de ruimte vier steunpunten aangenomen op afstanden van 13x16,5 m. Ook in deze reconstructie zijn voor de dakconstructie houten driehoekspanten aangenomen.



a

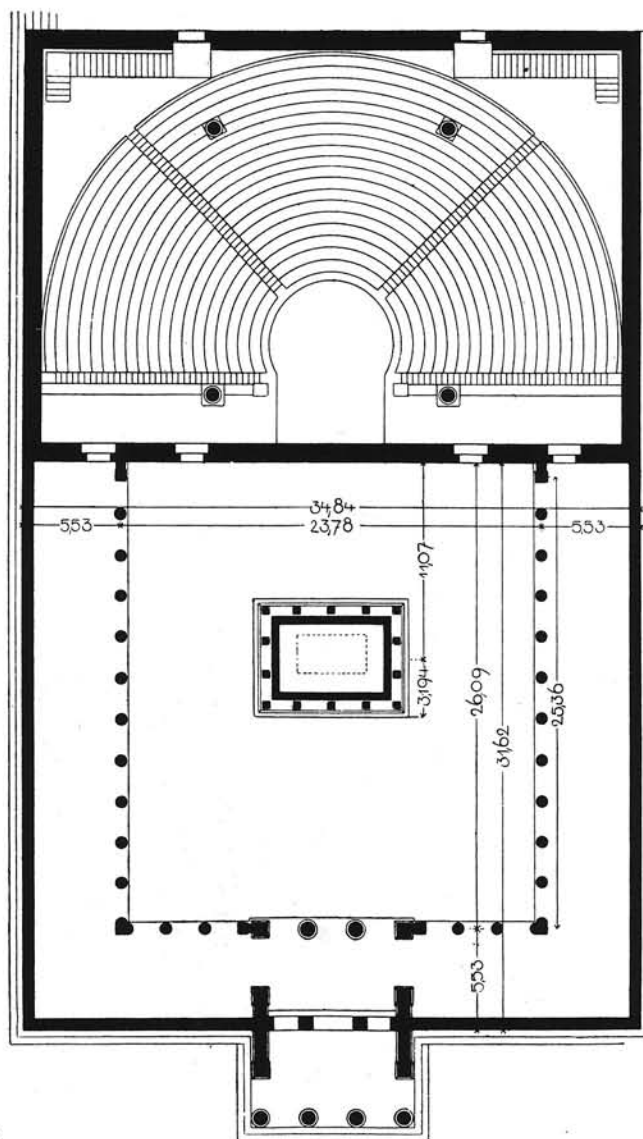


b

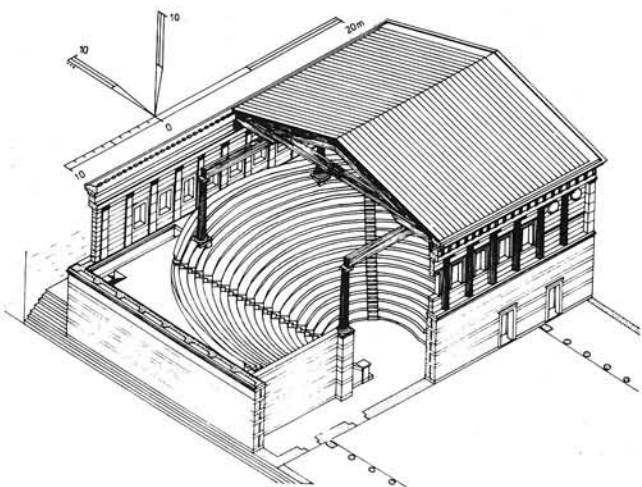
88. Het raadhuis te Priene. 200 vC. Reconstructie volgens Krischen (1940).

a. Plattegrond.

b. Interieur.



a



b

89. Het raadhuis te Milete. 170 vC.

a. Plattegrond.

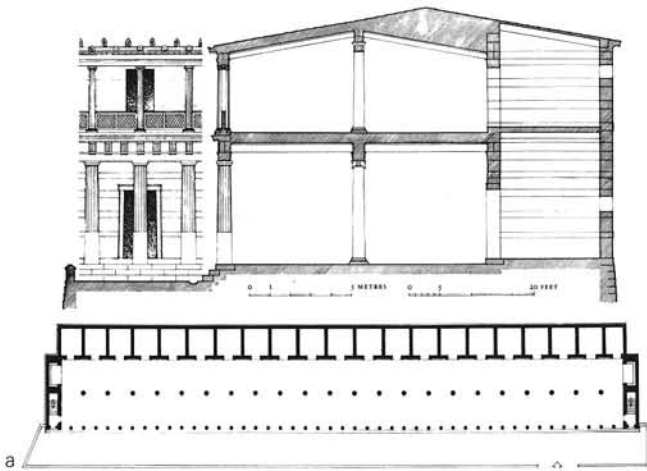
b. Een reconstructie.

6.5.3. Stoa's

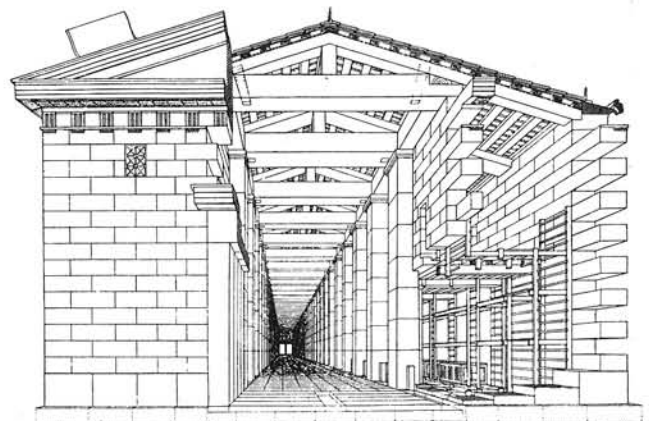
Stoa's zijn langwerpige, aan pleinen gelegen en van colonnaden voorziene gebouwen die voor verschillende doeleinden werden gebruikt. De stoa van Attalus II te Athene uit 150 vC, herbouwd in 1953, had een lengte van 117 m. Het gebouw had twee bouwlagen met op beide lagen aan de voorzijde een 13 m brede hal, voorzien van een colonnade aan de voorzijde en één in het midden (afb.90). Aan de achterzijde waren kleine ruimten. De zuilen en de muren waren van marmer.

6.5.4. Opslagruimten

Onder meer ten behoeve van leger en vloot bouwden de Grieken een aantal grote opslagplaatsen. De bekendste daarvan is het arsenaal te Piraeus bij Athene uit 340 vC met een oppervlakte van 120x17 m (afb.91). Er was een hoge middenbeuk, breed 7 m, met aan weerszijden in de zijbeuken twee bouwlagen. Van dit gebouw zijn geen resten overgebleven, wel zijn er documenten gevonden op grond waarvan reconstructies zijn gemaakt. De bekendste daarvan is die van Dörpfeld (1883).



90. De stoa van Attalus II te Athene. 150 vC.
a. Plattegrond en doorsnede.
b. Extérieur, restauratie.
c. Intérieur, restauratie.

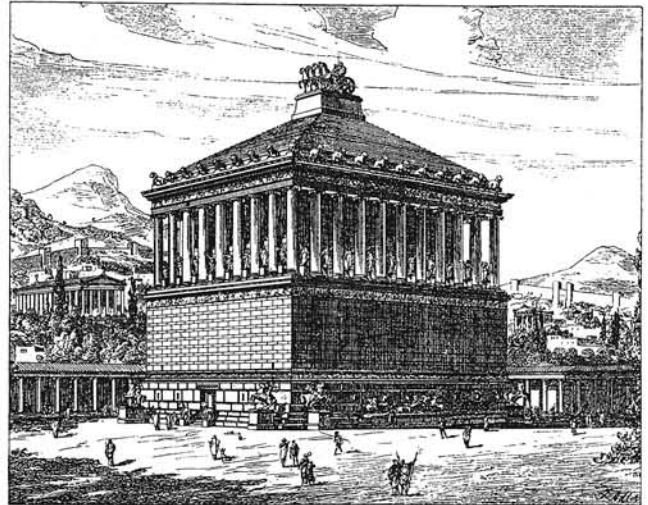


91. Het arsenaal te Piraeus. 340 vC. Reconstructie.

6.5.5. Grafmonumenten

Het bekendste grafmonument is het Mausoleum te Halicarnassus uit 350 vC (afb.92). Het werd gebouwd voor koning Mausolus en was één van de zeven wereldwonderen. Het monument heeft een hoog voetstuk met een grondvlak van 27x36 m waarop een op een tempel gelijkende bovenbouw staat, afgedekt met een piramidevormig dak.

92. Het Mausoleum te Halicarnassus. 350 vC. Reconstructie volgens Adler.



6.6. Muren

De muren, die uit een oogpunt van bouwen van belang zijn, zijn voornamelijk die voor vestingen, grondkerende muren en de omringende muren van ruimten van tempels.

6.6.1. Vestingmuren en keermuren

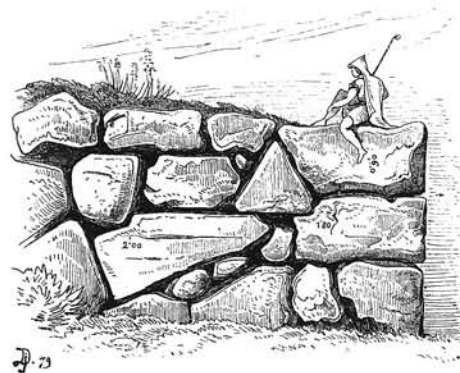
- Cyclopmuren (afb.93). Bij deze muren werden de natuursteenblokken verwerkt in de vorm waarin ze uit de groeve kwamen. De ruimten ertussen werden aangevuld met kleine brokken. Voorbeelden ervan zijn de vestingmuren van Mycene, Tiryns en Argos, waarschijnlijk reeds gebouwd in de 12de eeuw vC.

- Polygonaalmuren (afb.94 en 95). Deze muren verschenen in de Helleense tijd. De blokken waren onregelmatig van vorm maar werden nauwkeurig bewerkt zodat ze met dunne, mortelloze voegen op elkaar aansloten. Een voorbeeld ervan is de keermuur bij het Apollo-complex te Delphi.

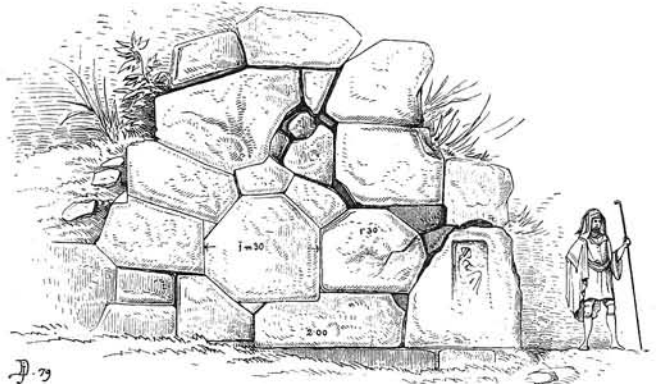
- Muren met horizontale voegen (afb.96). Deze muren bestaan uit rechthoekige of trapeziumvormige natuursteenblokken die nauwkeurig zijn bewerkt en met mortelloze voegen op elkaar aansluiten. Soms waren de horizontale voegen verspringend.

- Holle muren en muren met vullingen (emplecton) (afb.97). Deze muren, die bij de Grieken voor de Hellenistische tijd weinig voorkwamen, werden aan de buitenzijden opgetrokken van bewerkte natuursteenblokken. Vaak zijn de beide bladen van de muur verbonden door dwarsliggende blokken. Meestal werd een vulling van ruwe steenbrokken aangebracht. Eerst in de Romeinse tijd werden de holtten tussen de blokken aangevuld met mortel (opus caementitium).

- Kleisteenmuren (afb.98). Deze werden meestal opgetrokken op een onderbouw van natuursteenblokken om het optrekken van vocht te voorkomen.



93. Een cyclopmuur te Tiryns.



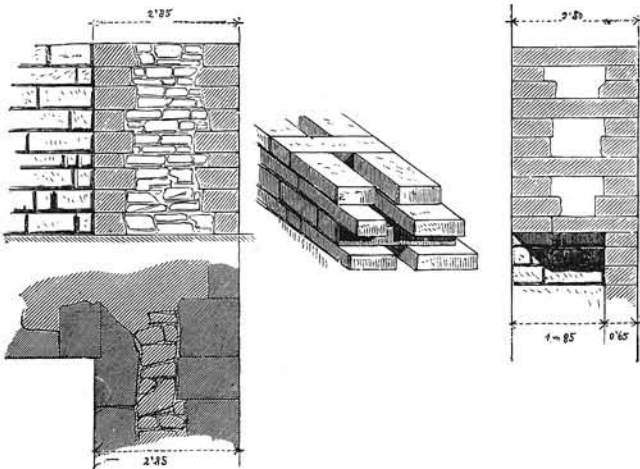
94. Een polygonaalmuur te Argos.



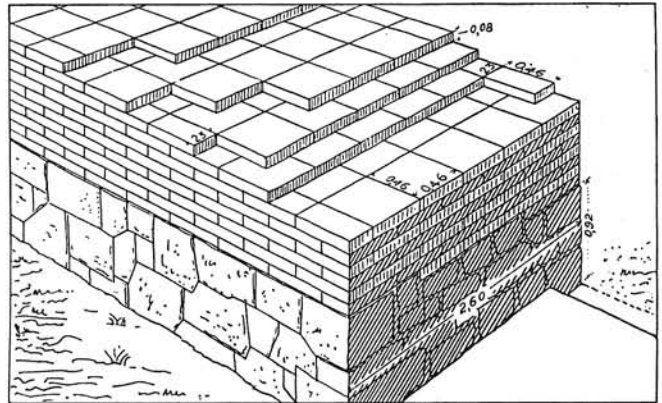
95. Een polygonaalmuur bij de tempel van Apollo te Delphi.



96. Een muur met rechte horizontale voegen.



97. Holle muren en muren met vullingen. Enkele voorbeelden uit Assos (Klein-Azië).

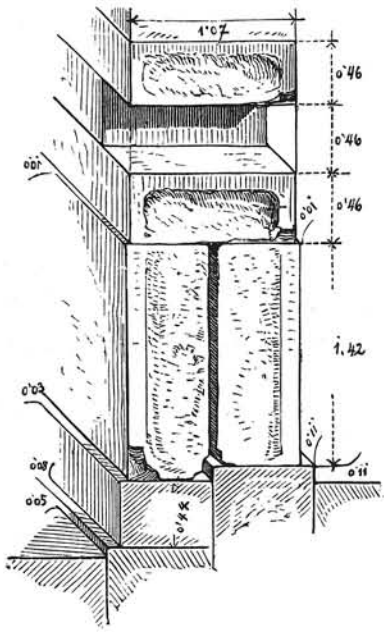


98. Een muur van kleisteen, opgetrokken op een onderbouw van natuursteen.

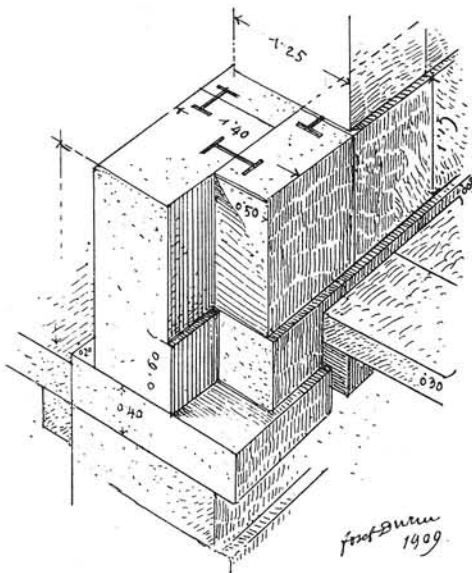
6.6.2. Muren van tempels

Aanvankelijk werden de muren van tempels gebouwd van kleisteen, vaak als vullingen binnen een houtskelet op een onderbouw van natuursteen. Na 600 vC werden de muren van aanzienlijke tempels geheel van natuursteenblokken gemaakt, in een zorgvuldig verband, met horizontale lintvoegen en verticale stootvoegen. Soms werden de muren gepleisterd, zoals bij de tufstenen muren van de tempels op Sicilië het geval was, maar meestal bleef het natuursteenwerk in het zicht. Een veel voorkomende opbouw is die met aan de onderzijde staande platen (orthostaten) op een plint, iets uitstekend voor het opgaande

werk (afb.99). De blokken waren nauwkeurig bewerkt en werden met dunne voegen mortelloos op elkaar gestapeld. Bij de verticale aansluitvlakken werd aan de beide zijkanten en aan de bovenzijde een smalle rand fijn bewerkt terwijl de rest terugliggend werd behakt (anathyrosis). Vaak werd dit principe ook bij de horizontale voegen toegepast. De blokken werden onderling verbonden met ijzeren verbindingsmiddelen, in lood gegoten; verticaal met doken, horizontaal met ankers, vermoedelijk om bij aardbevingen het verband tussen de blokken te bewaren (afb.100). Bij het Parthenon te Athene varieerde de muurdikte van 0,9 tot 2 m. De buitenmuren van de naos hebben daar een dikte van 1,3 m.



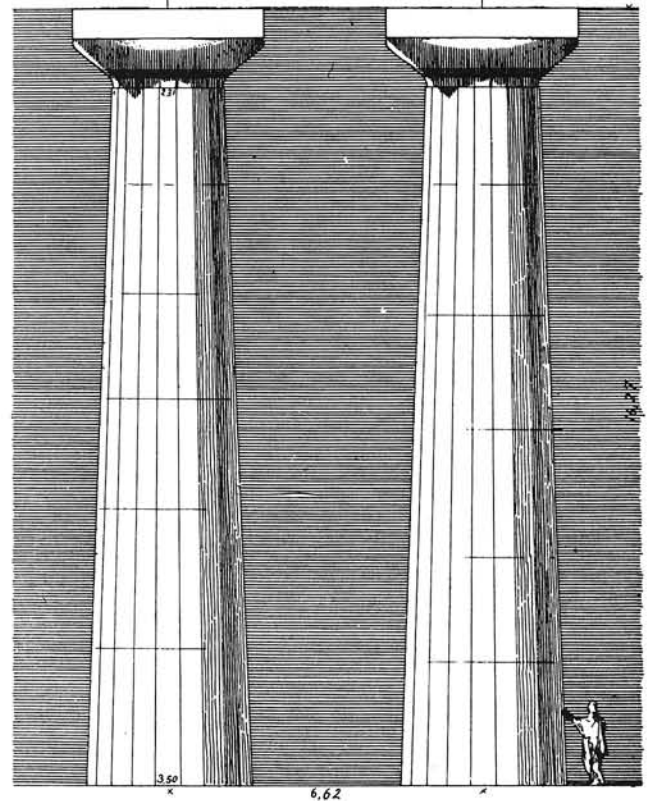
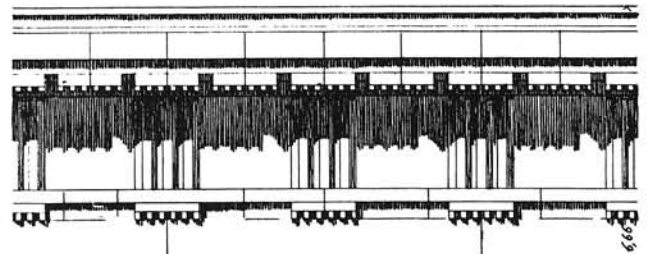
99. De opbouw van een naosmuur.



100. De verbinding van natuursteenblokken van een muur met ijzeren ankers, in lood gegoten.

6.7. Zuilen

Bij de grote tempels uit de tijd na 600 vC waren de zuilen altijd van natuursteen. Ze bestonden uit een basement, een schacht en een kapiteel. De schacht had een ronde doorsnede, was naar boven toe versmald, echter niet rechtlijnig maar met een verdikking in het midden (entasis). Vaak was de schacht bewerkt met cannelures. De grootste voetdiameter kwam voor bij de Dorische tempel van Apollo te Selinus (tot 3,5 m, afb. 101), de hoogste zuilen waren die van de Ionische tempel van Apollo te Didyma (bijna 20 m, met inbegrip van basement en kapiteel, afb. 102). Bij de laatste tempel was de voetdiameter 2 m, de verhouding van de hoogte van de zuil tot de voetdiameter (de slankheid) was dus bijna 10. Voor Ionische tempels was een slankheid van 8 tot 10 gebruikelijk. De Dorische zuilen waren meer gedrongen, met normaal een slankheid van 4 tot 6.



101. Dorische zuilen van de tempel van Apollo te Selinus (Sicilië), 500 vC, met voetdiameters tot 3,5 m.

De zuilschachten waren soms monolieten maar meestal waren ze opgebouwd uit trommels. De voegen tussen de trommels waren dun en mortelloos. Hiertoe was, zowel aan de onder- als aan de bovenzijde van de trommel, een smalle rand aan de buitenzijde nauwkeurig bewerkt en de rest van de vlakken terugliggend en ruw behakt. Voornamelijk ten behoeve van het stellen waren meestal in het midden houten blokjes, in lood vastgegoten, als verbinding aangebracht (afb.103). De cannelures werden eerst aangebracht na het stellen van de trommels.

6.8. Architraven

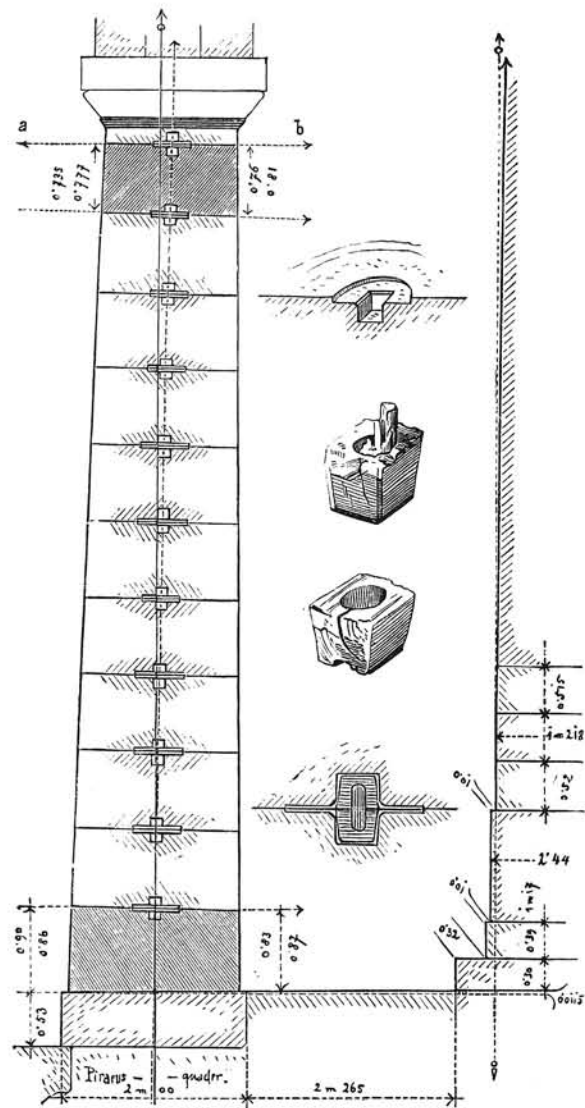
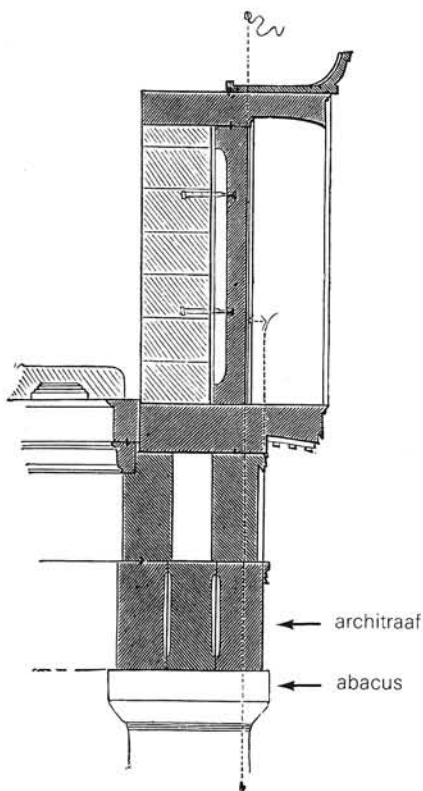
Bij de tempels uit de Helleense en de Hellenistische tijd waren de overspannende elementen in de gevels natuurstenen balken (architraaf). Zij droegen het hoofdgestel en het daarop rustende deel van het dak en het plafond van de zuilenomgang en waren via kopplaten (abacus) opgelegd op de zuilen (afb.104). De lengte van de architraven was in een aantal gevallen groot zoals bij de tempel van Artemis te Ephese (8,6 m) en die van Hera op Samos (8,5 m). De overspanning werd echter steeds aanzienlijk verkleind door de grote afmetingen van de kopplaten. Soms waren de architraven monoliete natuursteenblokken maar meestal bestonden ze uit twee of



102. Ionische zuilen van de tempel van Apollo te Didyma bij Milete (Klein-Azië), 310 vC, met een hoogte van bijna 20 m.

103. Een zuil van het Parthenon te Athene, 447 vC.

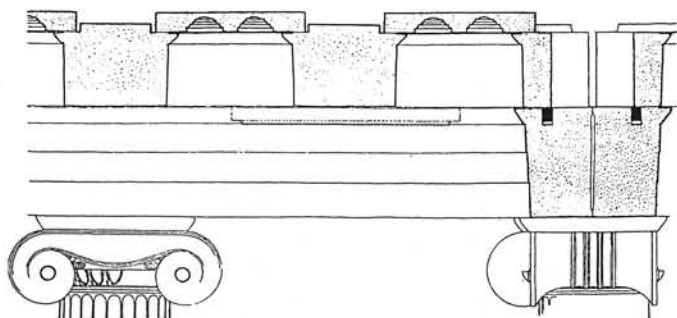
104. Doorsnede over een architraaf met de daarop rustende fronton van het Parthenon te Athene, 447 vC.



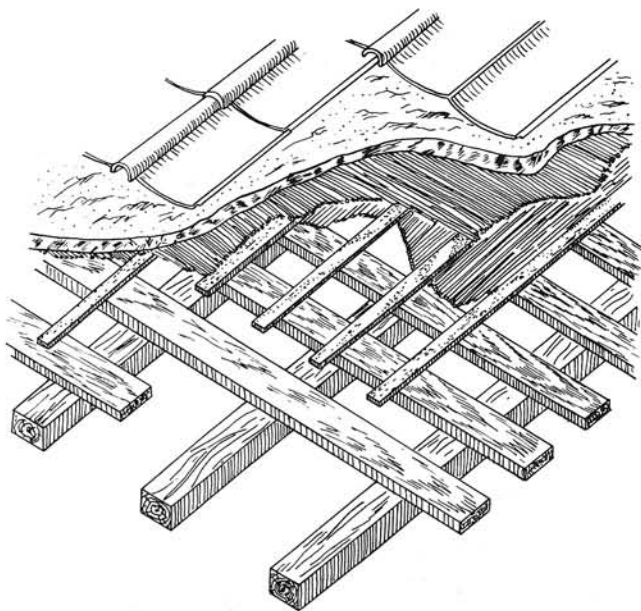
drie naast elkaar geplaatste blokken. Bij de verticale eindvoegen tussen de architraven werden de eindvlakken slechts aan de omtrek aan drie zijden nauwkeurig bewerkt en werd het overblijvende deel ruw en terugliggend behakt (anathyrosis, afb.99). Aan de eindén werden de architraven met elkaar verbonden door ijzeren ankers meestal met een I-vorm. In sommige gevallen zijn ter versterking ijzeren staven gebruikt zoals bij een aantal zwaar belaste architraven in de Propylaeën te Athene (437 vC, afb.105).

6.9. Daken

De tempels uit de Helleense en de Hellenistische tijd hadden een flauw hellend zadeldak dat gedekt was door dakpannen van terracotta of platen van natuursteen in een laag klei (afb.106). Voor de daaronder liggende houtconstructie bestaat een reconstructie van de tempel van Aphaia te Aegina (490 vC) door A. Furtwängler (1906, afb.107). Onder de kleilaag ligt een bebording die steunt



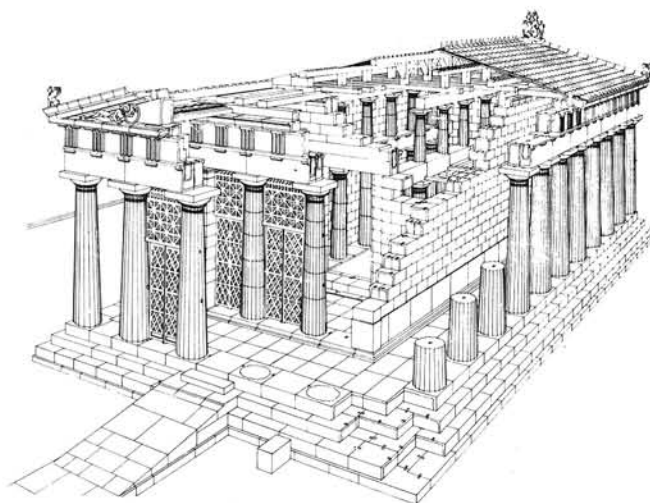
105. De versterking van architraven van de Propylaeën te Athene (437 vC) met ijzeren staven.



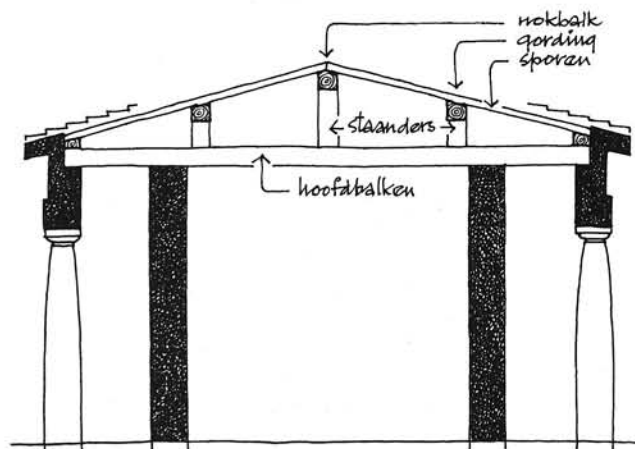
106. De opbouw van de dakhuid van een tempel. Dakpannen op een laag klei.

op sporen in dwarsrichting van de tempel. De sporen rusten op langs balken, dat wil zeggen twee muurplaten, vier gordingen en een nokbalk. Bij de buitencolonnaden rust het dak op het hoofdstel. De langs balken dragen via staanders op dwars balken die in de naos, behalve door de buitenmuren, ondersteund worden door architraven op twee binnencolonnaden. De draagconstructie van het dak bestond dus uit een stapelwerk van houten balken en staanders (afb.108). Met zulke stapelwerken moeten ook de daken van de tempel van Heracles te Akragas (500 vC) en die van Hera te Selinus (470 vC), beide met een naos-breedte van 12 m, zijn ondersteund.

Aangenomen wordt dat de Grieken voor 300 vC het kapspant niet kenden en dat dit eerst in de Hellenistische tijd werd geïntroduceerd. De eenvoudigste vorm van een kapspant is het driehoekspant, met twee spantbenen, een trek balk, een hanger en meestal twee schoren naar de beide spantbenen (afb.109). Van het raadhuys te Priene (200 vC) bestaat een reconstructie van F. Krischen (1941) waarin zulke driehoekspanten voorkomen met een overspanning van ongeveer 15 m (afb.88).



107. Reconstructie van het dak van de tempel van Aphaia te Aegina volgens Furtwängler (1906).



108. De houten dakconstructie van Griekse tempels in de Helleense tijd (tot 300 vC). Het principe van de stapeling van balken en staanders.



109. Het kapsant in driehoeksvorm.

6.10. Gewelven

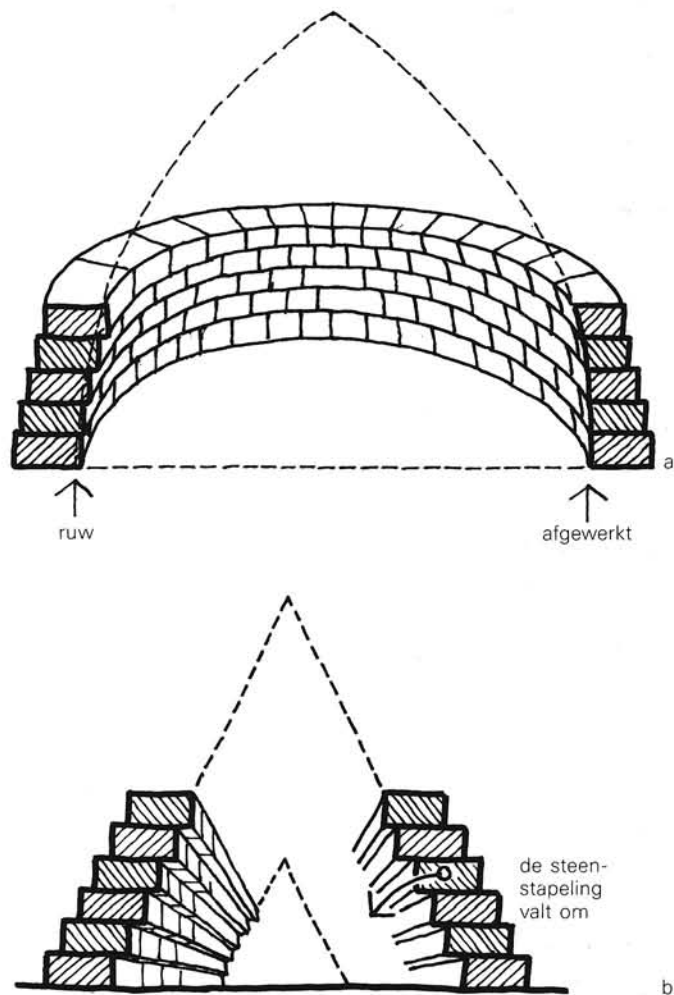
De Griekse architectuur wordt gekenmerkt door rechte lijnen en rechthoekige ontmoetingen. Voor gebogen lijnen was geen plaats. Daarom komen gewelven weinig voor. Indien zij werden toegepast was het meestal voor ondergrondse werken van ondergeschikte betekenis. Een uitzondering hierop vormen de koepelvormige schatkamers van de ondergrondse grafmonumenten die in de Myceense tijd (1400-1100 vC) werden gebouwd in de omgeving van Mycene. De bekendste schatkamer is die van Atreus te Mycene uit 1300 vC (afb. 69). Het koepelgewelf heeft een cirkelvormige plattegrond met een diameter van 14,6 m en een hoogte van 13,4 m. Het heeft een spitsboogvormige verticale doorsnede en is gebouwd van natuursteenblokken volgens het kraagsteenprincipe (afb. 110a). De opbouw vond plaats in 34 horizontale ringen waarbij de onder- en bovenzijden en de stootvoegen van de natuursteenblokken nauwkeurig waren bewerkt. Op ieder moment, dat tijdens de opbouw een ring gesloten werd, ontstond weer een stabiel geheel dat weerstand kon bieden aan naar binnen gerichte krachten (voor deze koepel de druk van de aanvullingsgrond). Boven de toegangsopening is een grote gebogen latei aangebracht. Hierboven is, ter ontlasting van de latei, een driehoek in het natuursteenstapelwerk uitgespaard. Nadat de koepel geheel was gebouwd werd de binnenzijde nauwkeurig behakt.

Het kraagsteenprincipe leent zich in het bijzonder voor de bouw van koepels. Het is ook wel gebruikt voor het overspannen van langwerpige ruimten (afb. 110b). Hier ontbreekt echter de mogelijkheid om gebruik te maken van ringdrukkrachten voor de stabiliteit van het gewelf.

6.11. Transport

Transportproblemen treden vooral op als volumineuze of zware bouwdelen moeten worden verplaatst. Dit is met name het geval bij grote natuursteenblokken. Zo kwamen bij de grote tempel van Artemis te Ephese (350 vC) zuilentrommels voor met een diameter van 1,8 m en een hoogte van 2,1 m en architraven met een lengte van 8,6 m.

Voor het vervoer van natuursteenblokken van de groeve naar de bouwplaats werd gebruik gemaakt van sleden (afb. 111) en vierwielige wagens (afb. 112). Voor zeer grote blokken, zoals de architraven van de tempel te Ephese, schijnt men aan de uiteinden ervan wielen te hebben aangebracht (in Ephese met een diameter van 3,5 m, afb. 113).



110. Het kraagsteenprincipe.

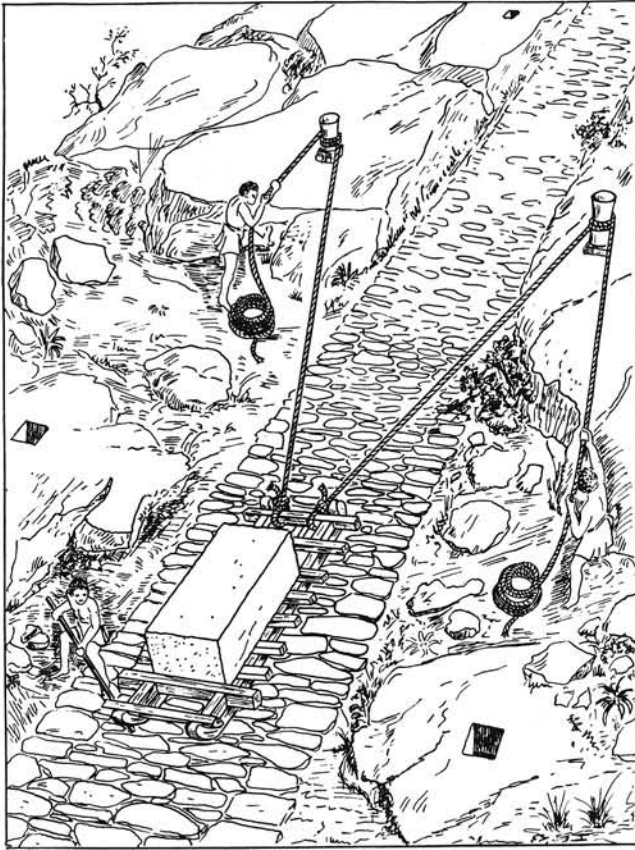
a. Voor een koepel.

b. Voor een langwerpig gewelf.

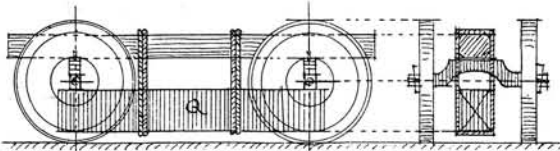
Op de bouwplaats moesten de blokken worden gehezen. Behalve het wiel kenden de Grieken ook de katrol en de lier (handspak). Het hijsen geschiedde met bokken (afb. 114). Voor het bevestigen van de blokken tijdens het hijsen werden tangen en vorken gebruikt. Ook werden gaten en sleuven in de blokken aangebracht voor het aanslaan van kabels (afb. 115). Voor zeer grote blokken, die niet gehesen konden worden, werden hellingen van aarde of zandzakken gemaakt.

6.12. Literatuur

- H. Berve, G. Gruben, Griechische Tempel und Heiligtümer, München 1961
- J.S. Boersma, Athenian Building Policy from 561/0 to 405/4 B.C, Groningen 1970
- J.J. Coulton, The architectural development of the Greek stoa, Oxford 1976

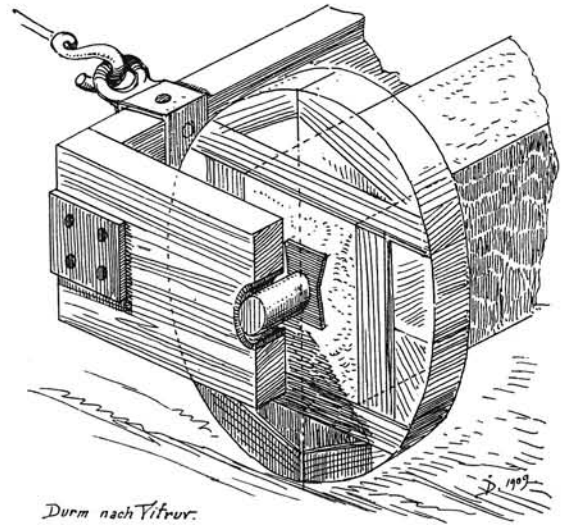
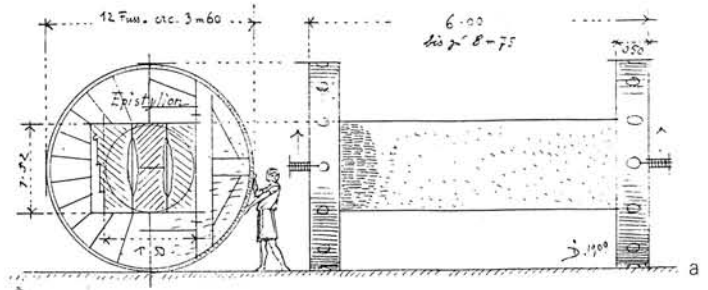


111. Het transport van een natuursteenblok met een slede.

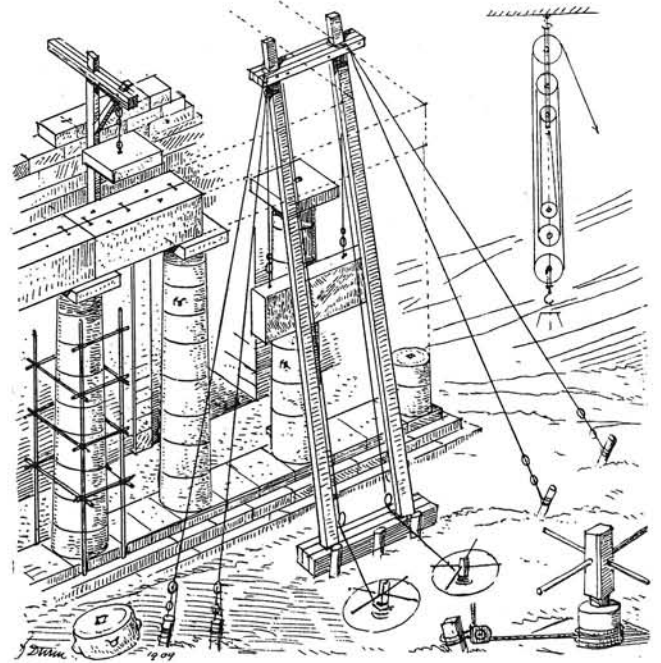


112. Het transport van een natuursteenblok met een vier-wielige wagen.

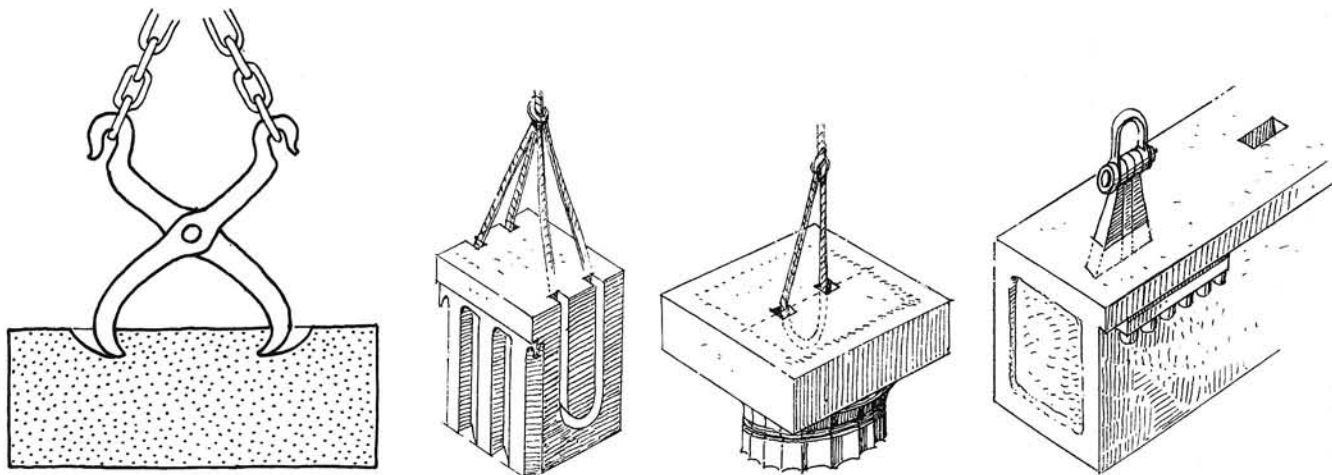
- J.J. Coulton, Greek Architects at Work. Problems of Structure and Design, London 1977
- W.B. Dinsmoor, The Architecture of Ancient Greece. An account of its historic development, London 1950(3)
- W. Dörpfeld, Die Skenotheke des Philon. Athenische Mitteilungen, Deutsches Archäologisches Institut, VIII 1883
- J. Durm, Die Baukunst der Griechen. Handbuch der Architektur, zweiter Teil, I. Band, Leipzig 1910(3)
- A. Furtwängler, Aegina. Das Heiligtum der Aphaia, München 1906
- J.W. Graham, The Palaces of Crete, Princeton 1962
- A.T. Hodge, The woodwork of the Greek roofs, Cambridge 1960
- H. Knackfusz, Das Rathaus von Milet. In: T. Wiegand,



113. Het transport van een natuursteenblok met houten rollen aan de uiteinden.



114. Het hijsen van een natuursteenblok met een bok, katten en handspaken.



115. Voorzieningen voor het hijsen van natuursteenblokken.

Milet. Ergebnisse der Ausgrabungen und Untersuchungen seit dem Jahre 1899

- R. Koldewey, O. Puchstein, Die griechischen Tempel in Unteritalien und Sicilien. I. Band, Berlin 1899
- F. Krischen, Antike Rathäuser. Unter Mitarbeit von K. Wulzinger und A. von Gerkan. Studien zur Bauforschung herausgegeben von der Koldewey-Gesellschaft. Heft 4, Berlin 1941
- F. Krischen, Weltwunder der Baukunst in Babylonien und Ionien, Tübingen 1956
- A.W. Lawrence, Greek Architecture, Harmondsworth 1957
- C.J. Livadefs, The Structural Iron of the Parthenon, Journal of the Iron and Steel Institute (1956).p.49-66
- E. Lorenzen, The arsenal at Piraeus, Copenhagen 1964
- R. Martin, Manuel d'architecture grécque. I. Matériaux et techniques, Paris 1965
- R. Meiggs, Trees and timber in the ancient mediterranean world, Oxford 1982
- W. Müller, Architekten in der Welt der Antike, Zürich 1989
- A. Orlandos, Les Matériaux de Construction et la Technique Architecturale des Anciens Grecs. Uit het Grieks. Première Partie, Paris 1966, Seconde Partie, Paris 1968
- Paris.Rome.Athènes. Le voyage en Grèce des architectes français aux XIXe et XXe siècles. Tentoonstelling te Parijs. Paris 1982, 1983(2)
- D.S. Robertson, Greek and Roman Architecture, London 1974(2)
- R.L. Scranton, Greek Walls, Cambridge (Mass.) 1941
- Th. Wiegand, Achter vorläufiger Bericht über die von den Staatlichen Museen in Milet und Didyma unternommenen Ausgrabungen. Abhandlungen der preussischen Akademie der Wissenschaften. 1924 Nr.1. Berlin 1924



7. DE ROMEINEN

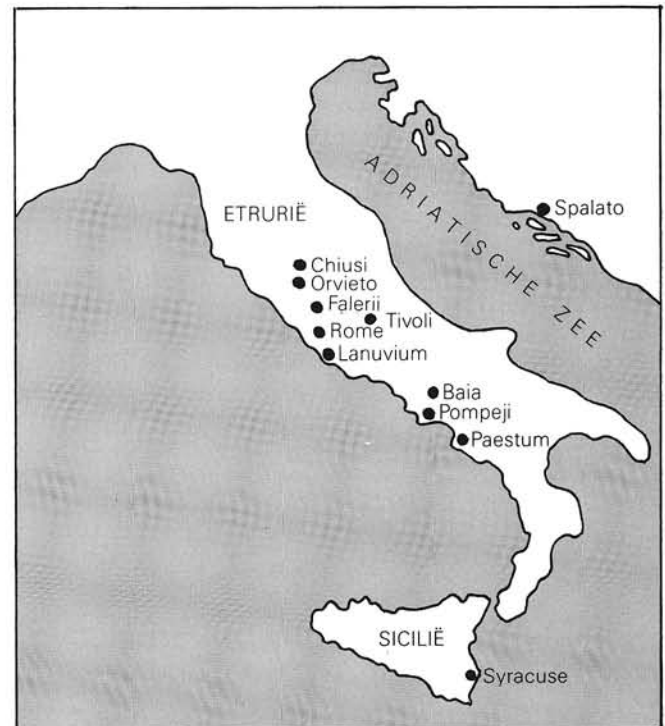
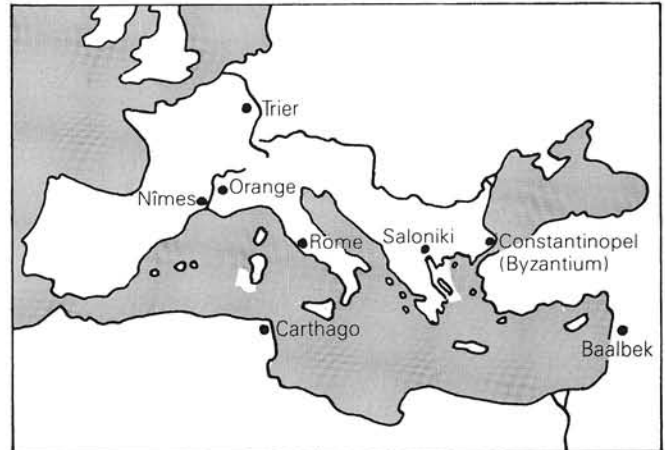
7.1. Algemeen

Het gebied van het Romeinse bouwen heeft als centrum Italië met daarin als belangrijkste stad Rome. In zijn bloeitijd strekte het Romeinse rijk zich echter uit over een groot gebied buiten Italië.

De Romeinse beschaving werd voorafgegaan door de Etruskische, in Etrurië, het huidige Toscane ten noorden van Rome. Omstreeks 500 vC heerste de Etruskische koning Tarquinius nog over Rome doch werd toen verdreven. Het begin van de Romeinse geschiedenis ligt bij de ommuring van de Palatinus en de Quirinalis, de twee oudst bewoonde heuvels van Rome, omstreeks 700 vC. Door veroveringen in Zuid-Italië en op Sicilië kwamen de Romeinen omstreeks 475 vC in aanraking met de Carthagers met wie ze een aantal oorlogen voerden die omstreeks 150 vC eindigden met de verwoesting van Carthago. Door deze en andere oorlogen heersten de Romeinen toen over Spanje, Griekenland, Noord-Afrika en westelijk Klein-Azië. Ook Egypte kwam onder Romeins gezag en omstreeks 60 vC onderwierp Julius Caesar Gallië, de Nederlanden en westelijke en noordelijke delen van Duitsland. Omstreeks 100 nC werden ook Engeland en Roemenië aan het rijk toegevoegd. Aan het begin van onze jaartelling eindigde de republikeinse staatsvorm. Toen begon de Keizertijd. De eerste keizer was Octavianus die de naam Augustus aannam. Onder Constantijn de Grote (324-337 nC), die zich tot de christelijke godsdienst bekeerde, verplaatste het centrum van het rijk zich naar het oosten. Byzantium (Constantinopel) werd toen de hoofdstad. Omstreeks 400 nC werd het rijk gescheiden in het Westromeinse en het Oostromeinse rijk (later het Byzantijnse rijk genoemd). In de 5de eeuw drongen verschillende Germaanse stammen, onder andere de Goten, Italië binnen. Dit leidde omstreeks 475 nC tot het einde van het Westromeinse rijk waarvan Ravenna in de laatste periode de hoofdstad was. Het Byzantijnse rijk handhaafde zich tot de val van Constantinopel in 1453.

Overzicht van Romeinse keizers wier namen in verband met het bouwen worden genoemd.

• Augustus	27vC-14nC
• Nero	54-68
• Vespasianus	69-79
• Domitianus	81-96
• Trajanus	98-117
• Hadrianus	117-138



116. De Romeinen in de Oude Tijd.

• Marcus Aurelius	161-180
• Caracalla	211-217
• Gordianus III	238-244
• Diocletianus	284-305
• Maxentius	306-312
• Constantijn de Grote	306-337

7.2. Bouwwerken

7.2.1. Algemeen

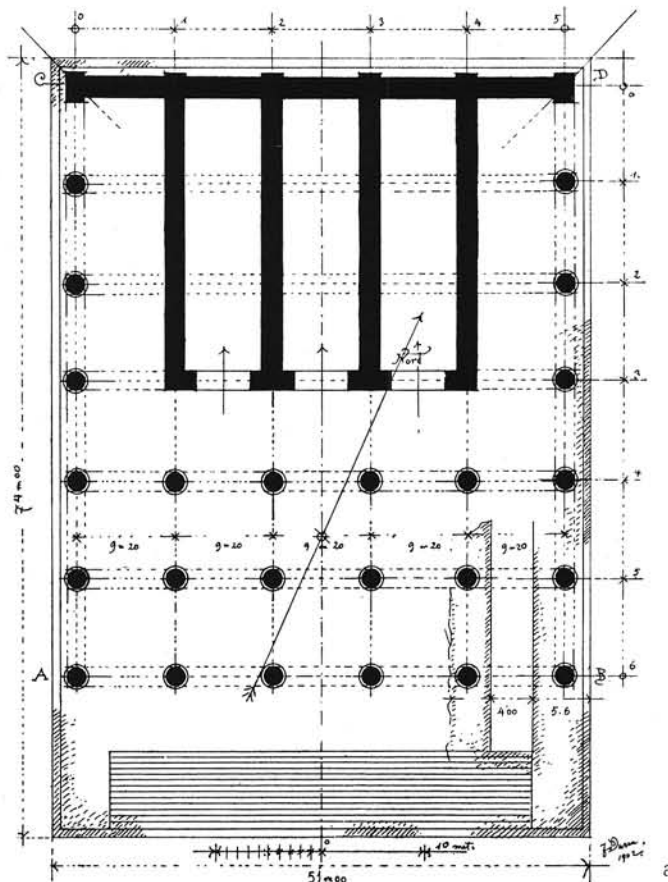
Het bouwen in de Romeinse tijd wordt gekenmerkt door een tot dusver ongekende grootschaligheid. Onder meer zorgden de Romeinen in het door hen beheerste gebied voor een uitgebreide infrastructuur. Er werd een wegstelsel aangelegd met de daarbij behorende bruggen en andere oeververbindingen. Steden werden van water voorzien door een leidingstelsel waarin vele aquaducten waren opgenomen. De hygiëne werd bevorderd door de bouw van openbare badhuizen (thermen). Voor de verwerking van landbouwproducten waren bedrijfsgebouwen nodig. Voor de eredienst werden vele tempels gebouwd, voor openbare ontmoetingen waren er grote hallen (basilica's) en voor de openbare spelen theaters en amphitheatres. Met de bloei van het Romeinse rijk groeide de bouwactiviteit. De bouwtechniek maakte een ontwikkeling door die, wat haar originaliteit betreft, slechts vergelijkbaar is met die van de industriële revolutie in de 19de eeuw. Er ontstonden bouwwerken van tot dusver ongekende afmetingen en met nieuwe constructievormen. Met name de gewelvbouw ontwikkelde zich tot een hoog niveau.

7.2.2. Tempels

De Romeinse tempels zijn als type een vermenging van de Etruskische en de Griekse tempel. Een voorbeeld van een vroege Etruskische tempel is die van Juno Sospita te Lanuvium uit de 5de eeuw vC, een in hout uitgevoerde constructie waarvan een reconstructie bestaat die gebaseerd is op een beschrijving van Vitruvius (afb.117). Ook de tempel van Jupiter Capitolinus te Rome was oorspronkelijk een Etruskische tempel uit het laatste van de 6de eeuw vC (afb.118). Hij was toen hoofdzakelijk van hout en had reeds een verhoogde sokkel. De cella bestond uit drie delen, de middelste voor het beeld van Jupiter, de beide belendende voor de beelden van Juno en Minerva.



117. De tempel van Juno Sospita te Lanuvium. 5de eeuw vC. Reconstructie van een Etruskische tempel in houtconstructie volgens Vitruvius.

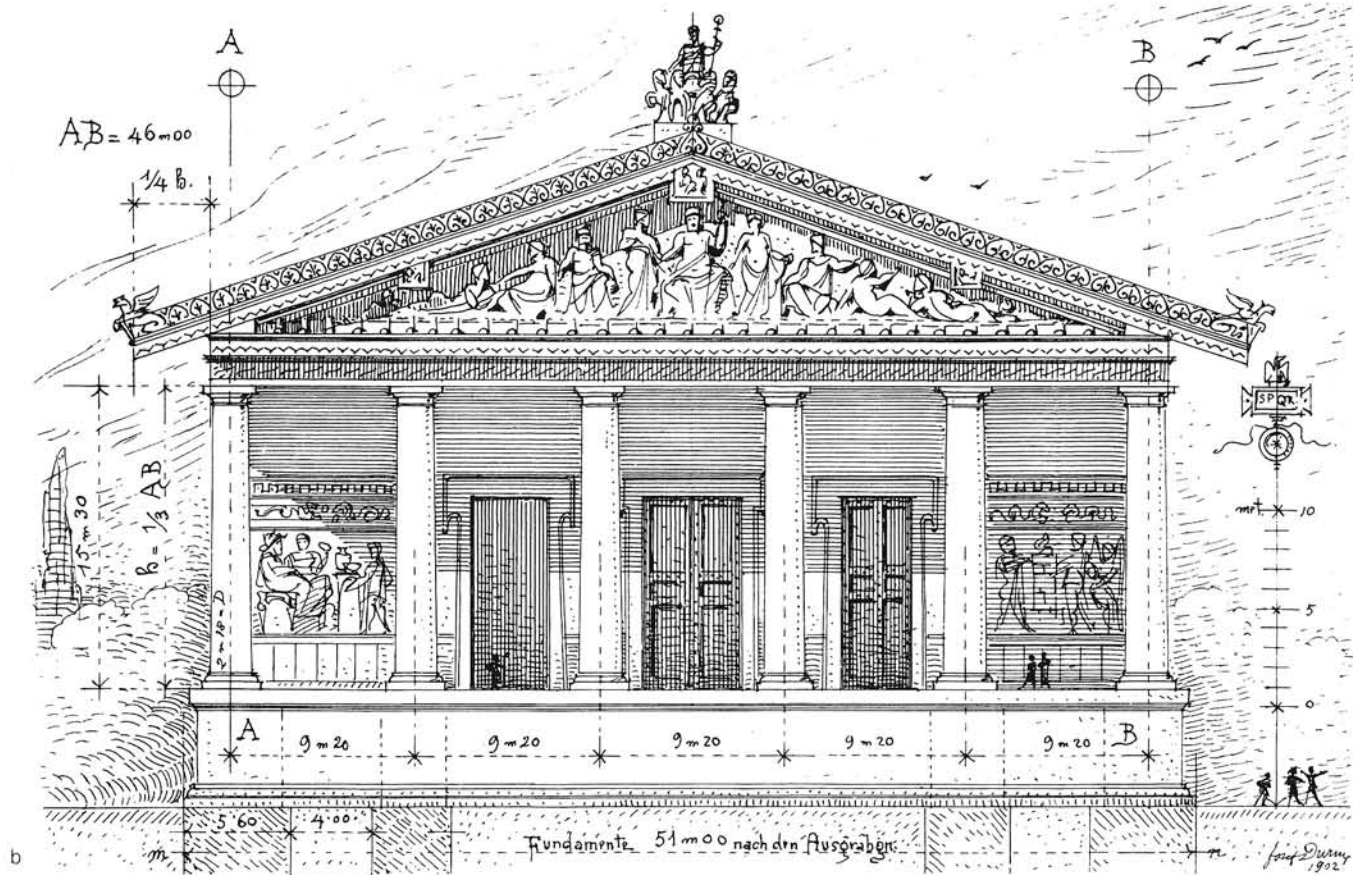


118. De tempel van Jupiter Capitolinus te Rome.
a. Plattegrond.
b. Voorgevel.

De voorruimte was bezet met zuilen op afstanden van ruim 9 m. De tempel brandde tweemaal af, in 83 vC en 69 nC. Bij de herbouw in 82 nC werden de zuilen van natuursteen gemaakt. De grote zuilafstanden moesten voor een houten dakconstructie geen bezwaar zijn geweest. Het is echter niet bekend of voor de Romeinse herbouw natuurstenen architraven zijn gebruikt. De tempel fungeerde in Rome als hoofdtempel.

De meeste Romeinse tempels hadden alleen een cella met een voorruimte (portico). De zuilenomgang, zoals deze bij de Griekse tempels rondom voorkwam, werd door de Romeinen slechts bij grote tempels gebruikt. Bij kleine tempels waren de colonnaden bij de cella ingekrompen tot halfzuilen tegen de cellawanden. Terwijl de Griekse tempels vaak tweemaal zo lang als breed waren hadden de Romeinse tempels een verhoudingsgewijs aanzienlijk kortere lengte. Soms werd de achterwand van de cella beëindigd met een halfronde absis zoals bij de tempel van Mars Ultor te Rome (10 vC, afb.120). Een geheel afwijkende plattegrond had de dubbeltempel van Venus en Roma te Rome (130 nC, afb.121) waar twee tempels met hun absiden ruggelings tegen elkaar waren geplaatst.

De cella was als regel breder dan die van de Griekse tempels. Waar bij de laatste voor een naos zonder binnen-colonnaden 12 m een grote maat was had de Romeinse



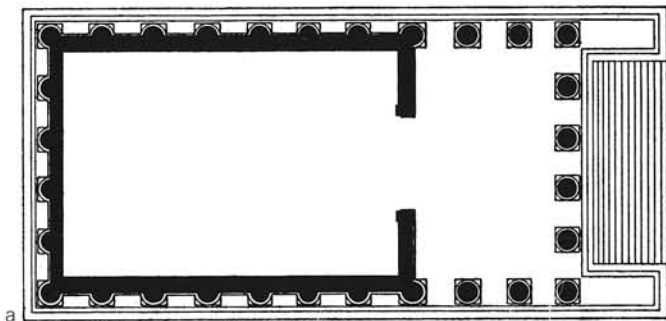
cella niet zelden een ongeeelde breedte van 17 m en meer. Waarschijnlijk speelde hierbij een rol dat de Romeinen in staat waren om, met gebruikmaking van houten kasspannen, grotere ruimten te overspannen. Dit is vermoedelijk ook de reden waarom in de cella slechts in enkele gevallen binnencolonnaden waren geplaatst. Grote breedten van meer dan 20 m tussen de cellawanden kwamen voor bij de tempels van Mars Ultor (10 vC, afb.120) en van Venus en Roma (130 nC, afb.121), beide te Rome, en bij de tempel van Jupiter te Baalbek (22 m, 150 nC, afb.122).

In tegenstelling tot de Griekse tempels, die op een lage krepidoma stonden, werden de meeste Romeinse tempels gebouwd op een hoge sokkel (podium). Een trap, geflankeerd door brede muren, voerde naar de ingang van de tempel.

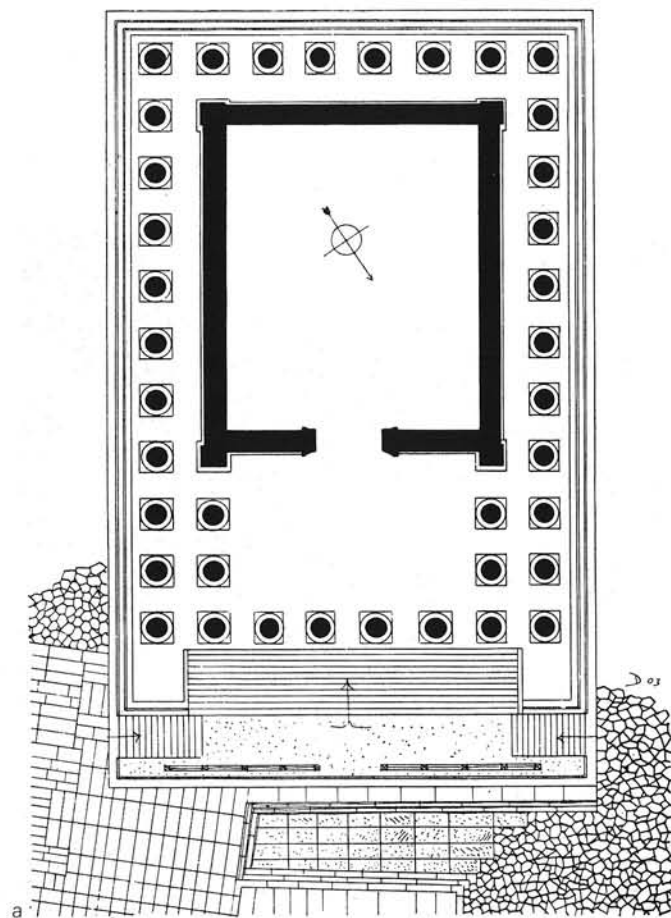
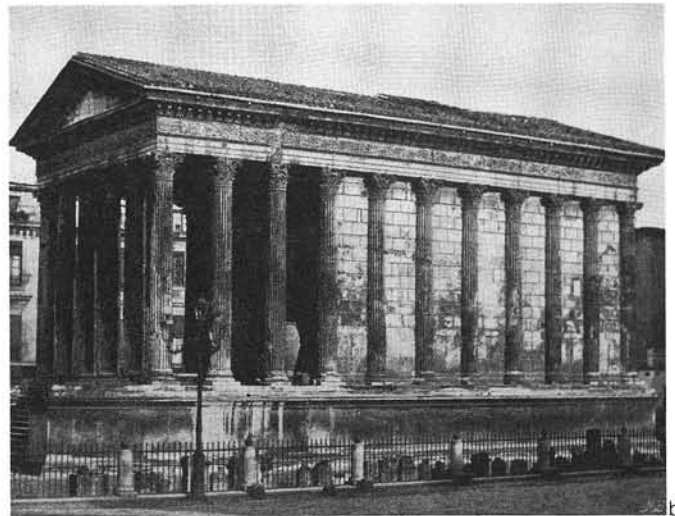
De rechthoekige Romeinse tempels waren alle gedekt met flauw hellende zadeldaken die op Griekse wijze werden beëindigd met driehoekige frontons. Het dak werd gedragen door houten kasspannen waaraan een houten plafond werd opgehangen. Een enkele maal werd de cella overspannen door een stenen tongewelf waarover een houten zadeldak werd aangebracht, zoals bij de dubbeltempel van Venus en Roma (130 nC, afb.121), de tempel van Diana te Nîmes (140 nC, afb.123) en bij de tempel van Jupiter te Baalbek (150 nC, afb.122).

Voorbeelden van rechthoekige Romeinse tempels.

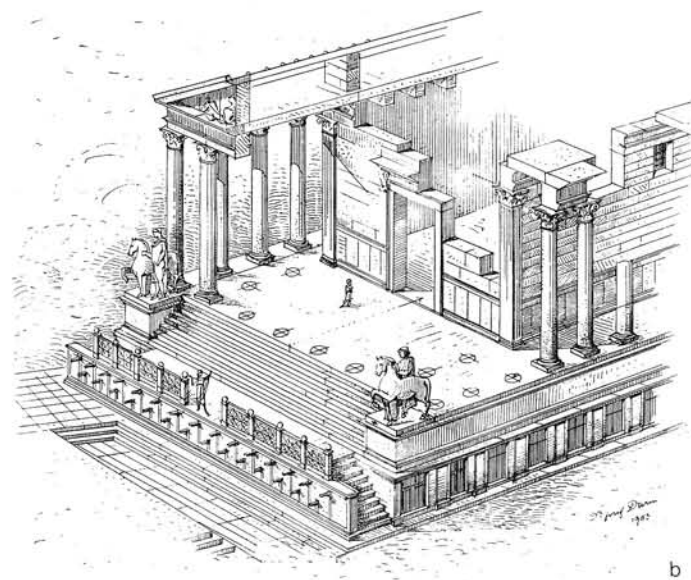
- De tempel van Mars Ultor te Rome. 10 vC. Afb.120. Eén van de grootste en mooiste tempels van Rome. Hij had Korinthische zuilen met een hoogte van bijna 18 m. Aan de achterzijde werd de tempel begrensd door een hoge muur waarin een absis was opgenomen, aan de drie andere zijden waren er buitencolonnaden. In de cella stonden twee colonnaden op een onderlinge afstand van ongeveer 17 m h.o.h.
- De tempel van Venus en Roma te Rome. 130 nC. Afb.121. Een dubbeltempel met aan alle zijden een zuilenomgang. In iedere cella waren twee colonnaden dicht bij de buitenwanden die echter geen functie hadden voor het dragen van het dak. Beide cella's waren overdekt met een bakstenen tondak met een overspanning van ongeveer 20 m en werden beëindigd met een absis. De tempel werd na een brand in 330 nC herbouwd.
- De tempel van Jupiter te Baalbek. 150 nC. Afb.122. De cella, met een inwendige breedte van 22 m, was overdekt met een stenen tondak.
- De tempel van Diana te Nîmes. 130 nC. Afb.123. Vermoedelijk was dit geen tempel maar een hal bij een badhuis. De ruimte is overdekt met een natuurstenen tondak waarvan de overspanning ongeveer 10 m is.

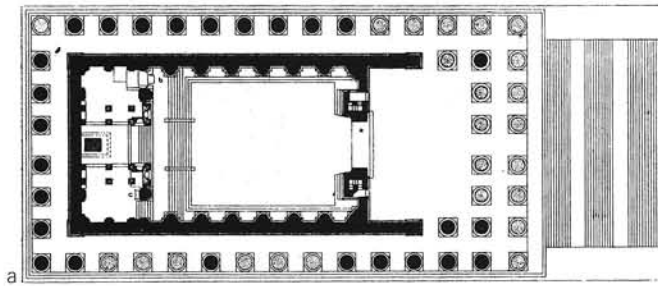


119. Plattegrondtypen van Romeinse tempels.
A. Maison Carrée te Nîmes. 10 vC. Voorbeeld van een kleine tempel waarvan de buitencolonnaden bij de cella zijn ingekrompen tot halfzuilen tegen de cellawanden.
a. Plattegrond.
b. Extérieur.

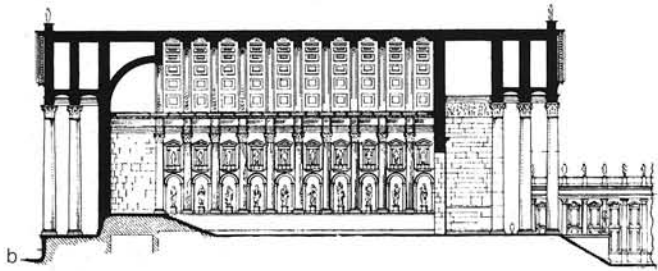


B. De tempel van Castor en Pollux te Rome. 10 nC. Voorbeeld van een grote tempel met rondom de gehele tempel een zuilenomgang.
a. Plattegrond.
b. Isometrie.

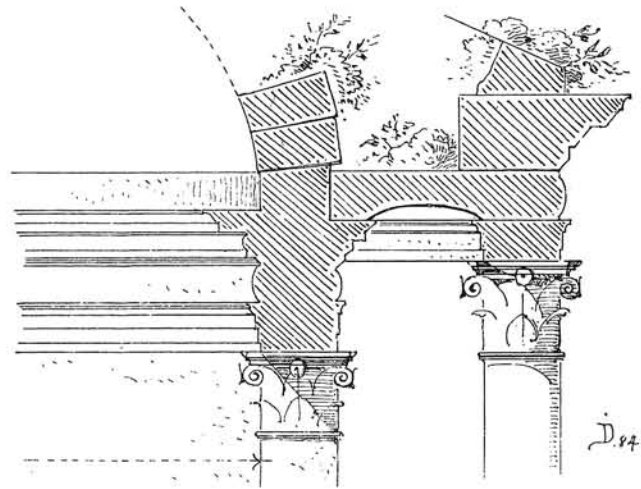




a



b



e

122. De tempel van Jupiter te Baalbek. 150 nC.

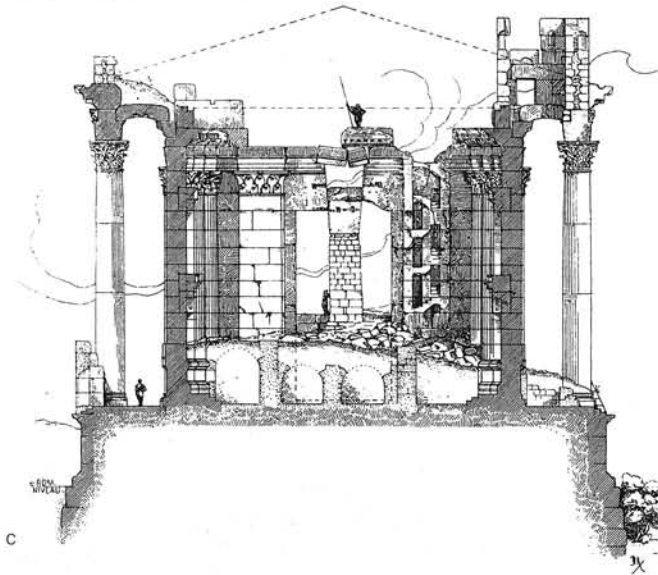
a. Plattegrond.

b. Langsdoorsnede.

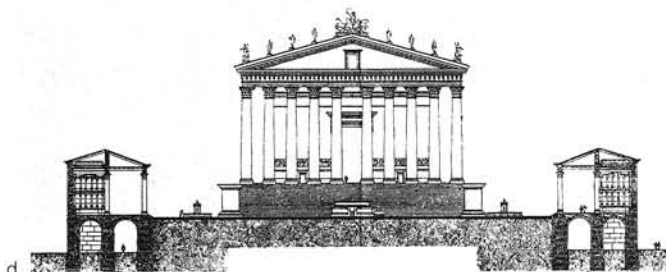
c. Dwarsdoorsnede over de ruïne (ca. 1900).

d. Voorgevel.

e. Doorsnede over de geboorte van het gewelf volgens Durm.



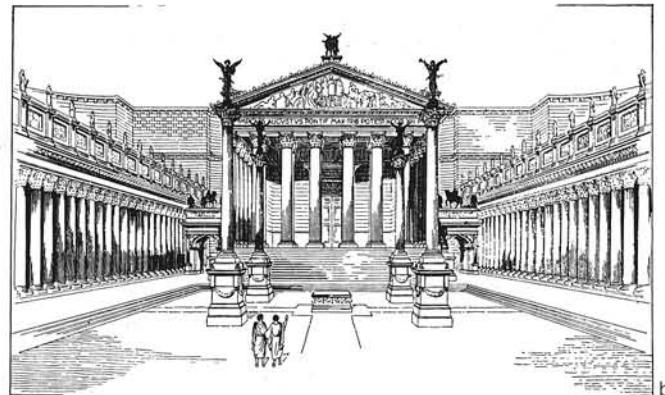
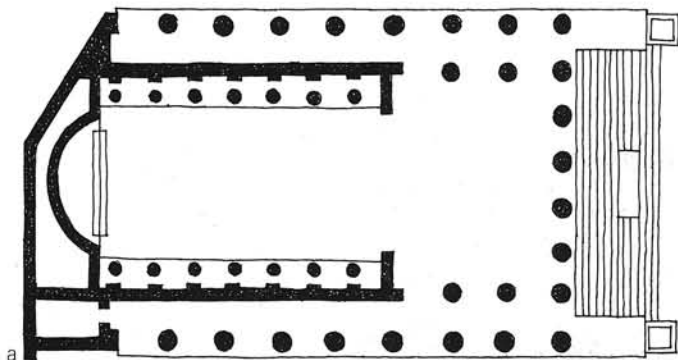
c



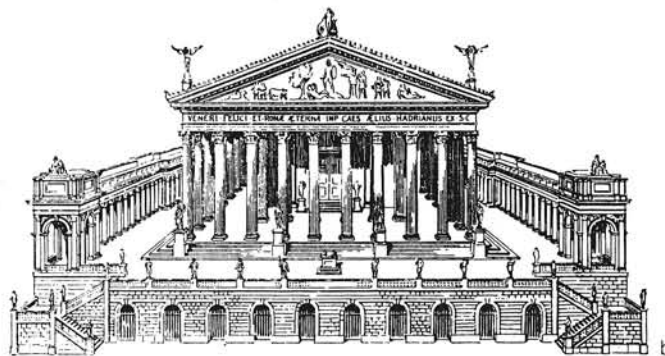
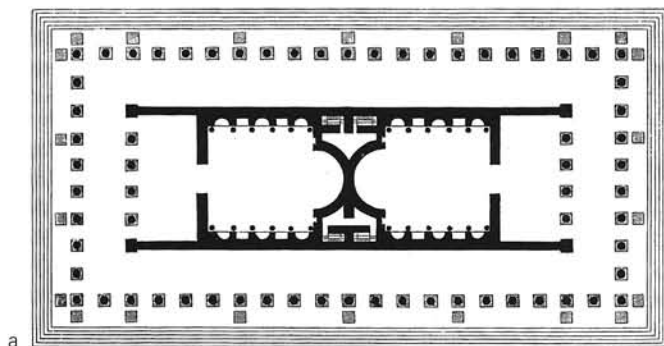
d



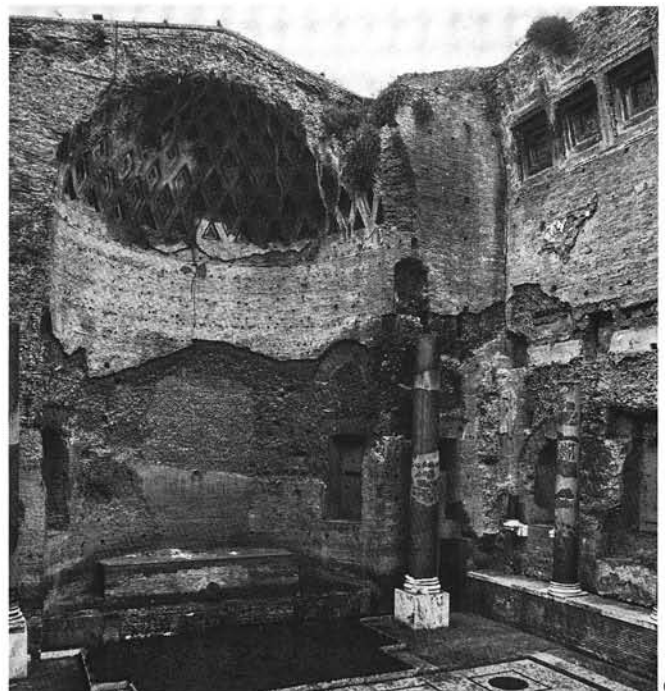
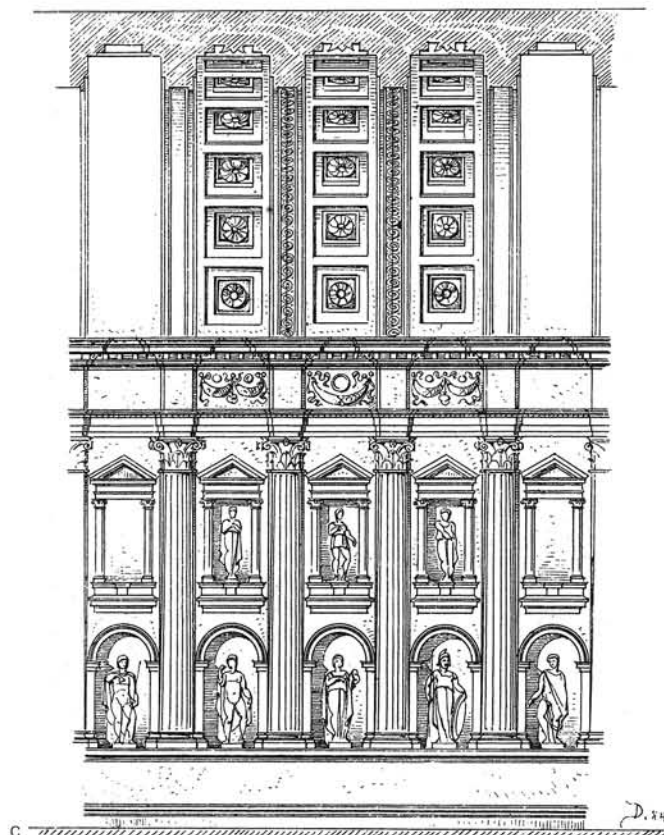
123. De tempel van Diana te Nîmes. 130 nC.



120. De tempel van Mars Ultor te Rome. 10 vC.
a. Plattegrond volgens Kähler.
b. Exterieur volgens Fletcher.



121. De tempel van Venus en Roma te Rome. 130 nC.
a. Plattegrond.
b. Exterieur volgens Fletcher.
c. Gedeeltelijke langsdoorsnede.
d. Interieur van de ruïne met gezicht op de absis (herbouw 330 nC).



Ronde tempels.

In de Romeinse wereld zijn vele ronde tempels gebouwd waarvan enkele zeer opmerkelijk zijn.

Voorbeelden.

- De tempel van Vesta te Tivoli. 80 vC. Afb.124. De ronde cella heeft een inwendige diameter van ruim 7 m en is omgeven door een colonnade van 18 Korinthische zuilen met een hoogte van 7 m.

- De tempel van Vesta te Rome. 80 vC. Afb.125. De ronde cella heeft een inwendige diameter van 8,5 m en is omgeven door een colonnade van 20 Korinthische zuilen met een hoogte van 10,5 m.

Zowel de ronde tempel te Tivoli als die te Rome moeten een houten dak hebben gehad.

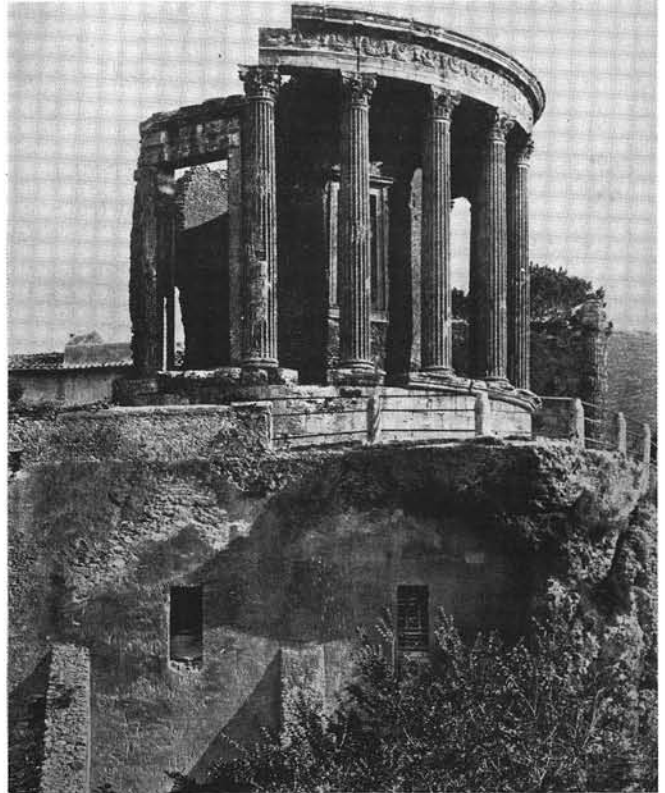
- In de thermen van Baia, ten noorden van Napels, kwamen enkele opmerkelijke ronde ruimten voor die in de literatuur tempels worden genoemd. Zij werden overdekt met koepels zoals de tempel van Diana uit de tweede helft van de 2de eeuw nC. Van de koepel, die een diameter van 29,5 m heeft, is de helft nog aanwezig (afb.189). De grootste koepel te Baia, waarvan slechts de voet nog als ruïne aanwezig is, was die van de tempel van Apollo uit de 2de eeuw nC met een voetdiameter van 36 m (afb.190).

- De bekendste ronde tempel is het Pantheon te Rome uit 120 nC (afb.126). Deze tempel aller goden bestaat uit een portico en een rotonde. De laatste is cirkelvormig met een inwendige diameter van 43,4 m en met wanden van 6,5 m dikte. Op deze tamboer rust een halfbolvormige koepel waarin cassettevormige uitsparingen zijn aangebracht en die in de top een onafgedekte lichtopening heeft met een diameter van ruim 8 m.

7.2.3. Basilica's

Een basilica is een overdekte hal, gewoonlijk met een rechthoekige plattegrond, vaak beëindigd met een absis. Meestal was er een middenbeuk met zijbeuken waarbij de middenbeuk boven de zijbeuken uitstak zodat zijdelings lichtopeningen konden worden gemaakt. De basilica fungeerde als ontmoetingscentrum voor de handel en het sociale verkeer. Ook vonden er rechtshandelingen plaats. In het Romeinse rijk werden vele basilica's gebouwd. De bekendste daarvan is de basilica van Maxentius, ook wel de basilica van Constantijn of de Basilica Nova genoemd.

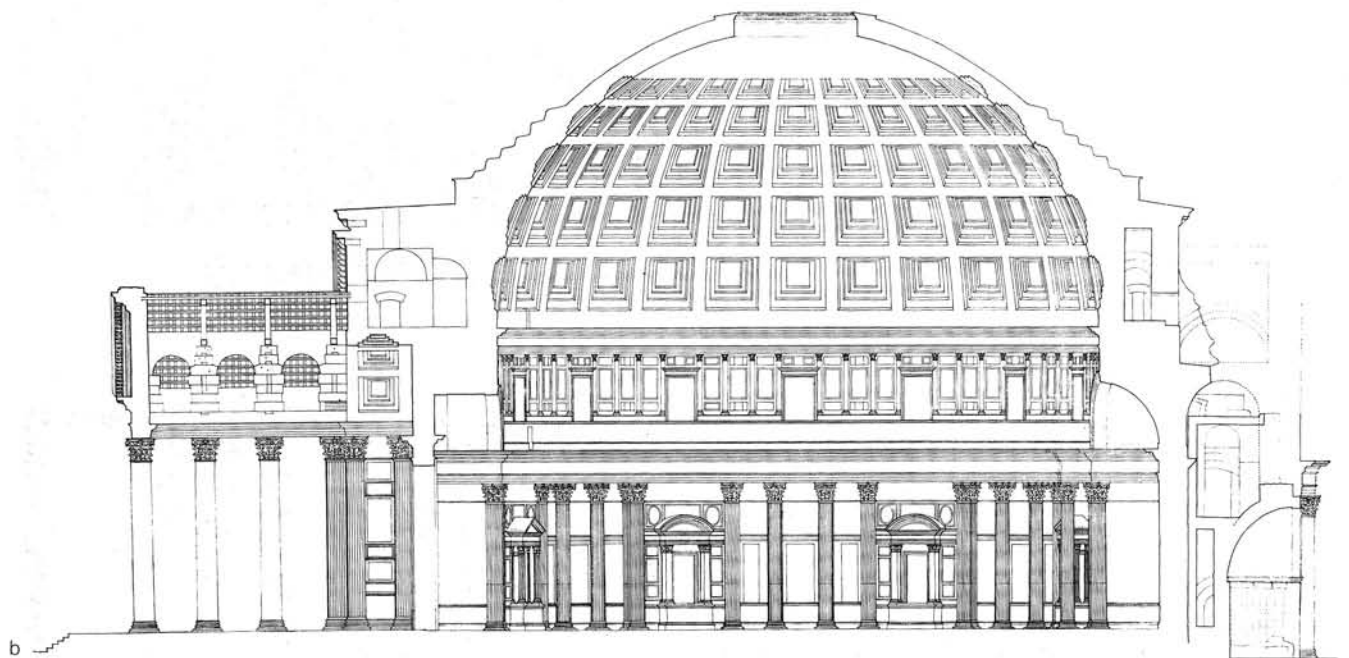
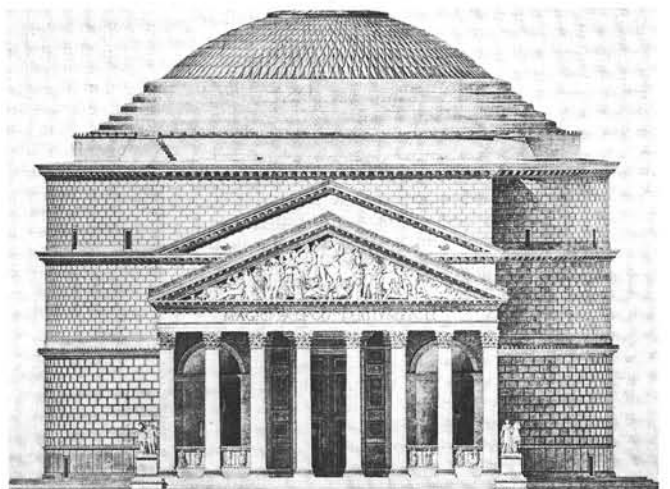
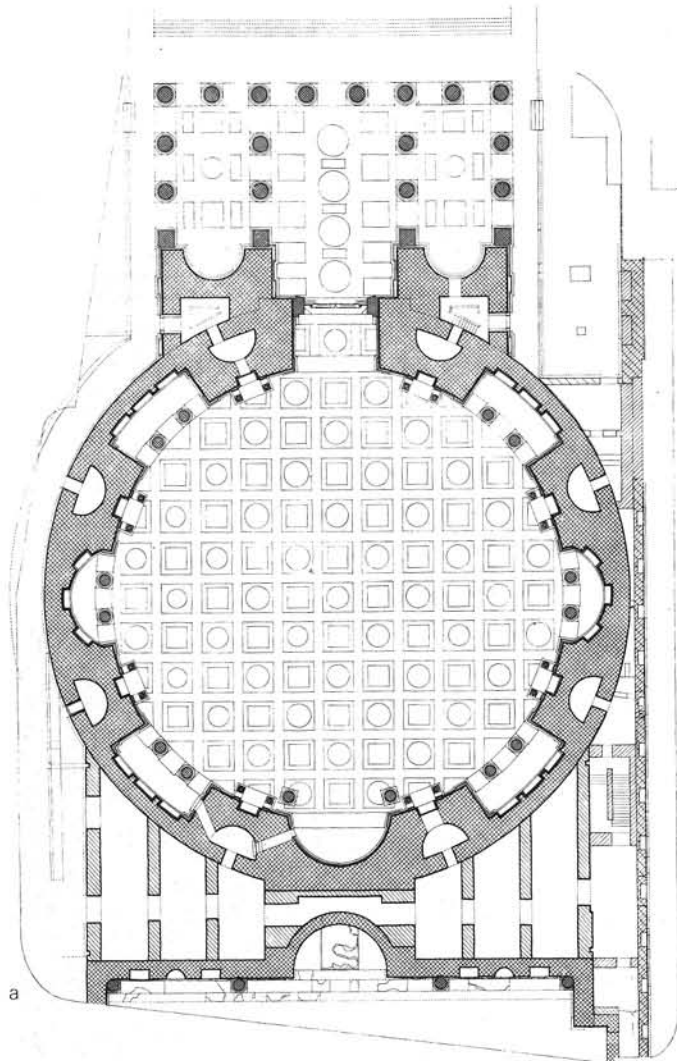
De bouw ervan werd begonnen onder Maxentius en omstreeks 310 nC voltooid door Constantijn de Grote (afb.127). De hal had een verhoogde, met een halfronde absis beëindigde middenbeuk, ruim 25 m breed en 80 m lang, met aan weerszijden een zijbeuk, breed 17 m. In de lengterichting was de basilica verdeeld in drie traveeën met een lengte van ongeveer 26 m. De middenbeuk was overdekt met stenen kruisgewelven die aan de bovenzijde, door aanvullingen, de vorm van elkaar snijdende zadeldaken hadden. De zijbeuken, waarvan één nog aanwezig is, waren in iedere travee overdekt met een stenen tongewelf met cassetten aan de onderzijde en een overspanning van ruim 23 m. De tongewelven steunden op dwarsmuren die tevens zorgden voor het openen van de spatkrachten van de kruisgewelven van de middenbeuk. Tegen deze zijmuren stonden in de middenbeuk ruim 14 m hoge zuil-

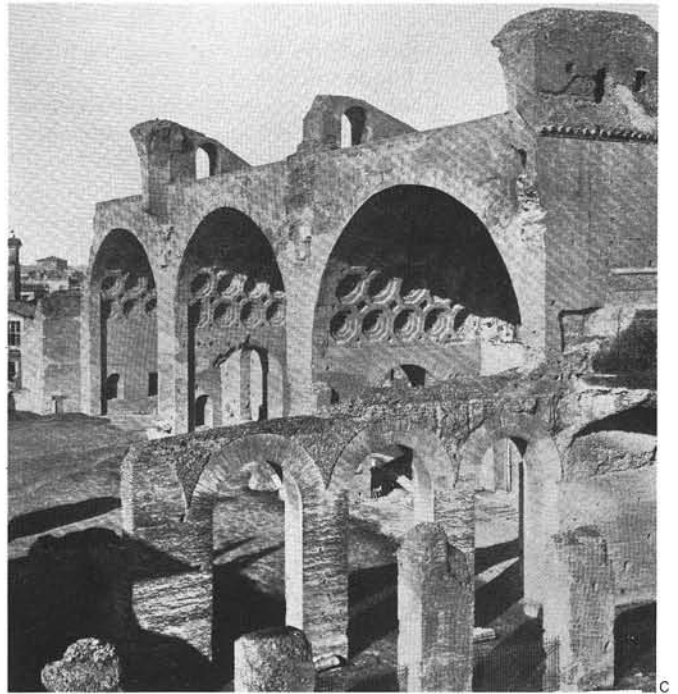
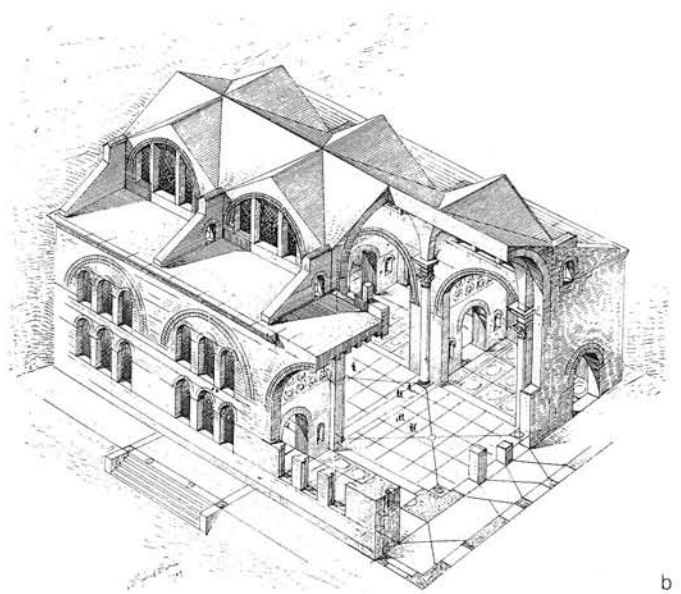


124. De tempel van Vesta te Tivoli. 80 vC.



125. De tempel van Vesta te Rome. 80 vc.



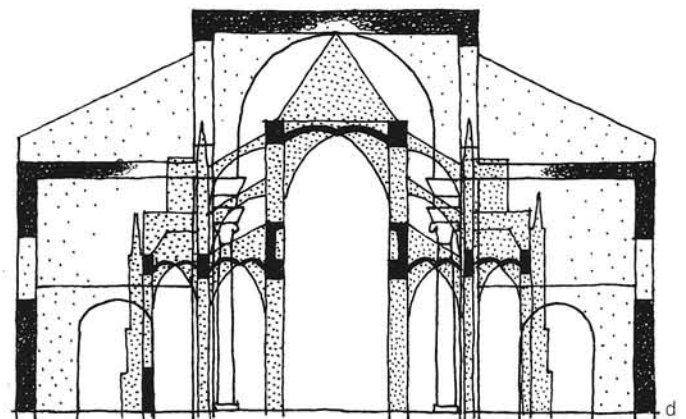
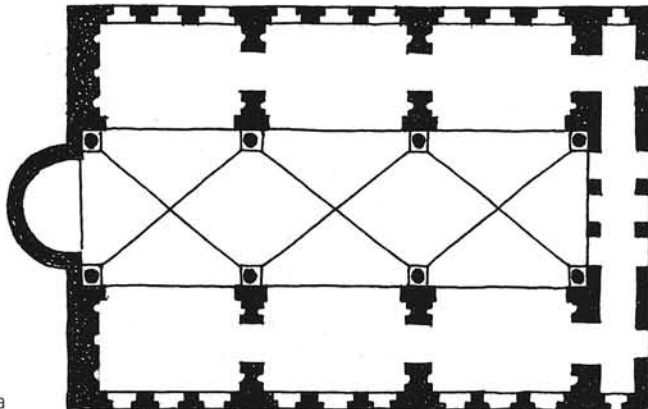


126. Het Pantheon te Rome. 120 nC.

- a. Plattegrond.
- b. Doorsnede.
- c. Vooraanzicht.
- d. Exterieur.
- e. Interieur naar een schilderij van G.P. Panini.

127. De basilica van Maxentius te Rome. 310 nC.

- a. Plattegrond.
- b. De opbouw volgens Durm.
- c. De nog aanwezige zijbeuk.
- d. De grootte van de basilica ten opzichte van de kathedraal van Sint Jan in 's-Hertogenbosch.



len die overigens geen dragende functie voor het dak hadden. De inwendige hoogte van de middenbeuk moet ongeveer 35 m zijn geweest. De vormgeving ervan lijkt veel op die van de centrale hallen van de thermen van Caracalla (afb.136) en die van Diocletianus (afb.137).

Een grote basilica buiten Rome was die te Trier uit het begin van de 4de eeuw nC (afb.128). Deze heeft slechts één beuk met een breedte van 27,5 m en is beëindigd met een halfcirkelvormige absis. De muren zijn geheel van baksteen, het dak wordt gedragen door houten kapspan-ten.

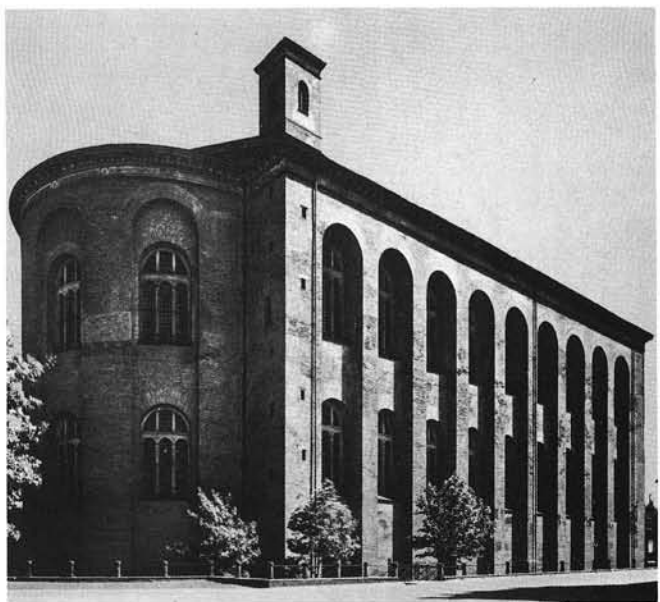
7.2.4. Kerken

De vroege christelijke kerken in het Romeinse rijk werden tot 500 nC gebouwd in het voetspoor van de Romeinse bouwtradities. De vorm was gebaseerd op die van de basilica waarvan de Nederlandse naam 'basiliek' is afgeleid. De plattegrond was rechthoekig, met een middenbeuk en aan weerszijden daarvan één of twee zijbeuken. Aan het einde van de kerk was vaak een dwarschip waarin het altaar was geplaatst. Achter het altaar bevond zich een half-ronde absis.

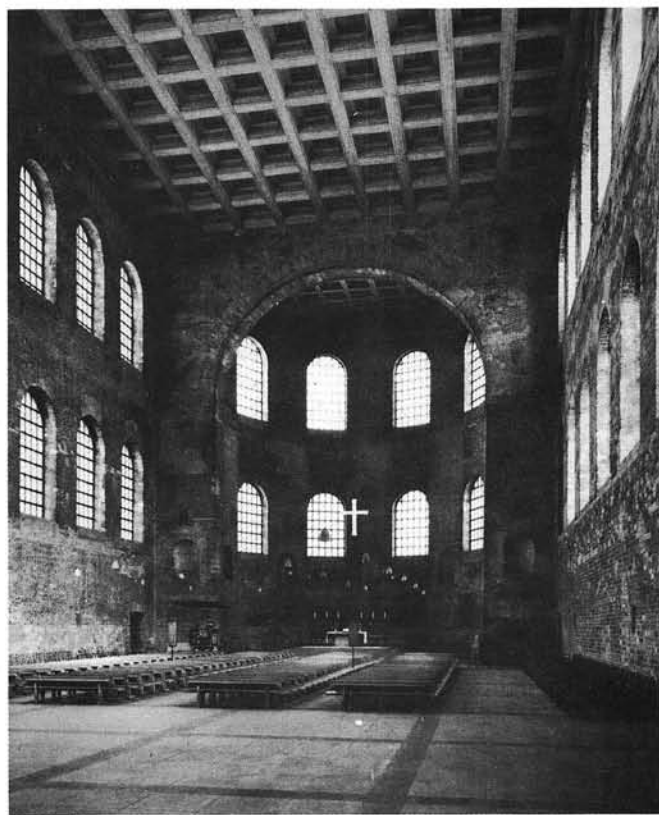
De middenbeuk was overdekt met houten daken die gedragen werden door kapspan-ten. Een plafond, opgehangen aan de spanten, was in de vroege tijd nog niet aanwezig. De breedte van de middenbeuk was vaak aanzienlijk, bij de twee grote kerken te Rome, de basiliek van Sint Pieter (330 nC, afb.129) en die van Sint Paulus buiten de muren (380 nC, afb.130), ongeveer 25 m. De zijmuren van de middenbeuk werden gedragen door zuilen. Als deze dicht bijeen stonden werd er in Romeinse trant een hoofdstel op geplaatst zoals in de Sint Pieter het geval is. Stonden de zuilen verder van elkaar dan werd de afstand ertussen overbrugd door bogen zoals in de basiliek van Sint Paulus. De absis werd overdekt door een halfkoepel. Boven de zijbeuken werden soms stenen gewelven aangebracht, afgedekt met een houten lessenaardak. Soms was de plattegrond cirkelvormig zoals bij de kerk van Sint Georgius te Saloniki uit 300 nC (afb.131) waarvan de centrale ruimte overwelfd wordt door een koepel met een diameter van ruim 24 m. Aan de buitenzijde is het dak kegelcormig afgewerkt.

7.2.5. Grafmonumenten

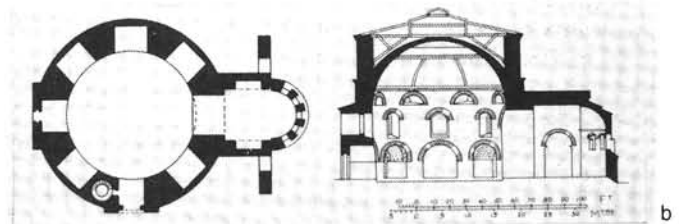
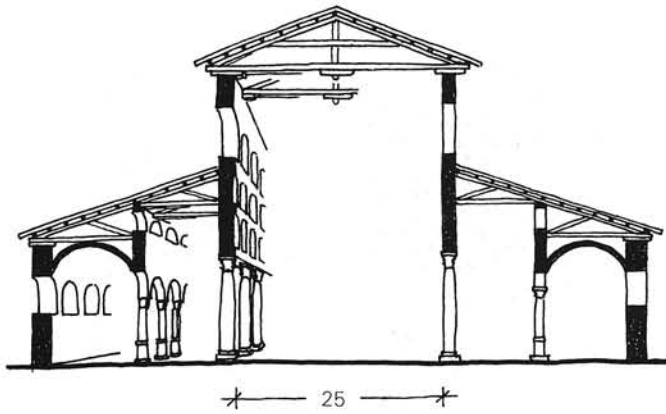
De bekendste van de Romeinse grafmonumenten zijn de grote cirkelvormige mausolea die afgeleid zijn van de Etruskische grafheuvels (tumuli). In principe waren deze mausolea massief, van grond en steen. Een voorbeeld ervan is het mausoleum van Hadrianus te Rome (135 nC, afb.132), thans het Kasteel van San Angelo. Dit mausoleum had een vierkant podium met zijden van 87 m en een hoogte van 13 m. Hierop stond een cirkelvormige opbouw met een diameter van 70 m en meer dan 30 m hoogte. Vervolgens was er wellicht een flauw hellende getrapte conus waarop een massieve, misschien door zuilen omgeven toren. Op het dak, 55 m boven de grond, stond een groot beeld. Het geheel was massief, opgebouwd uit grond binnen door muren gescheiden ruimten. Deze samenstelling diende ervoor om de ringmuur te ontlasten



128. De basilica te Trier. Begin 4de eeuw nC.
a. Extérieur.
b. Intérieur.

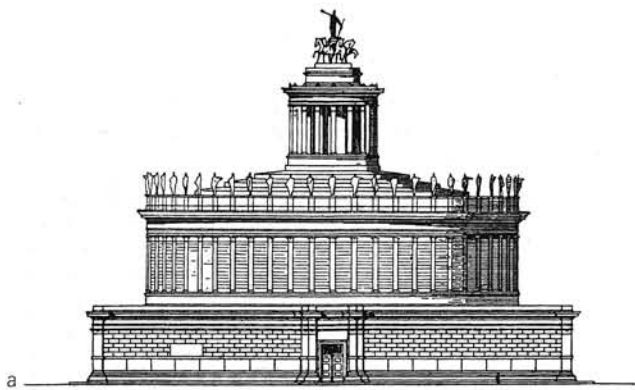


129. De basiliek van Sint Pieter te Rome. 330 nC.



130. De basiliek van Sint Paulus buiten de muren te Rome. 380 nC.
a. Plattegrond.
b. Interieur.

131. De kerk van Sint Georgius te Saloniki. 300 nC.
a. Extérieur.
b. Doorsnede.



132. Het mausoleum van Hadrianus te Rome. 135 nC.
a. Reconstructie van Durm.
b. Doorsneden.

van gronddruk. In het massief was slechts één ruimte uitgespaard, de grafkamer in het midden, met de vloer ter hoogte van de bovenzijde van het podium en overdekt met een tongewelf. De grafkamer was bereikbaar via een spiraalvormig oplopende gang.

Van geheel andere aard was het mausoleum van Diocletianus uit 300 nC, opgenomen in zijn paleis te Spalato, het huidige Split in Joegoslavië (afb.133). Het monument was van buiten achthoekig, van binnen cirkelvormig met een inwendige diameter van 13 m. De muren droegen een koepelgewelf dat geheel van baksteen was vervaardigd. Van dezelfde grootte en vorm was het mausoleum van Gordianus (Tor de'Schiavi) te Rome uit 240 nC (afb.134).

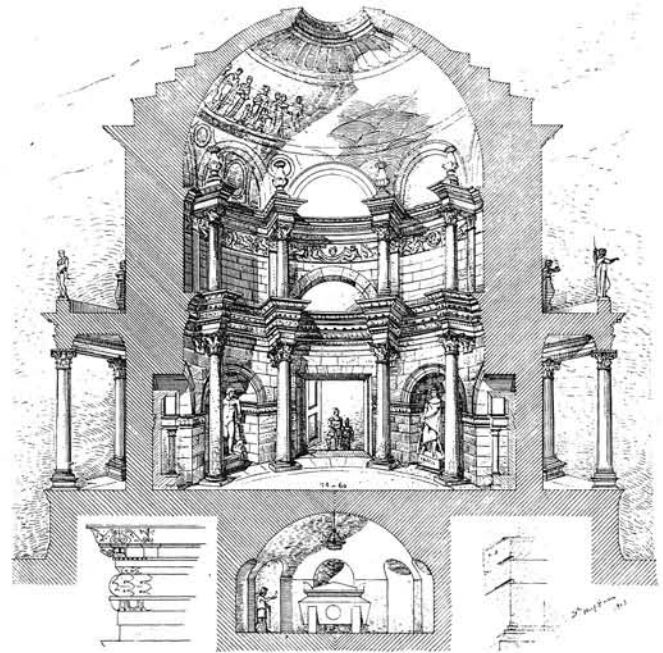
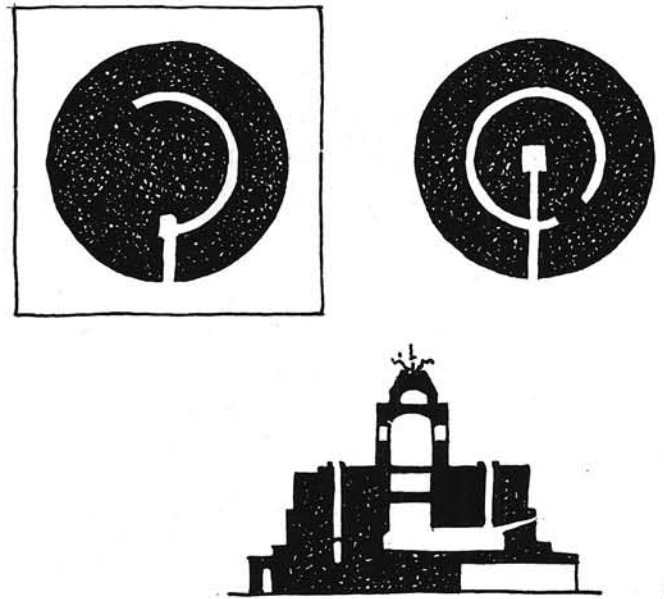
7.2.6. Thermen

In de Keizertijd werden vele openbare badhuizen (thermae) gebouwd. De grote daaronder waren complexen van veelsoortige ruimten met verschillende soorten baden zoals het frigidarium (onverwarmd, in de open lucht), het caldarium (heet) en het centraal gelegen tepidarium (warm). De belangrijkste thermen waren in Rome gelegen, de bekendste daarvan zijn de thermen van Caracalla (220 nC, afb.136) en die van Diocletianus (300 nC, afb.137). Beide hadden een centrale hal met een breedte van bijna 25 m, overdekt met stenen kruisgewelven, bezet met cassetten en doorgaand over drie traveeën. In de thermen van Caracalla was het cirkelvormige caldarium overdekt met een koepel met een voetdiameter van 35 m.

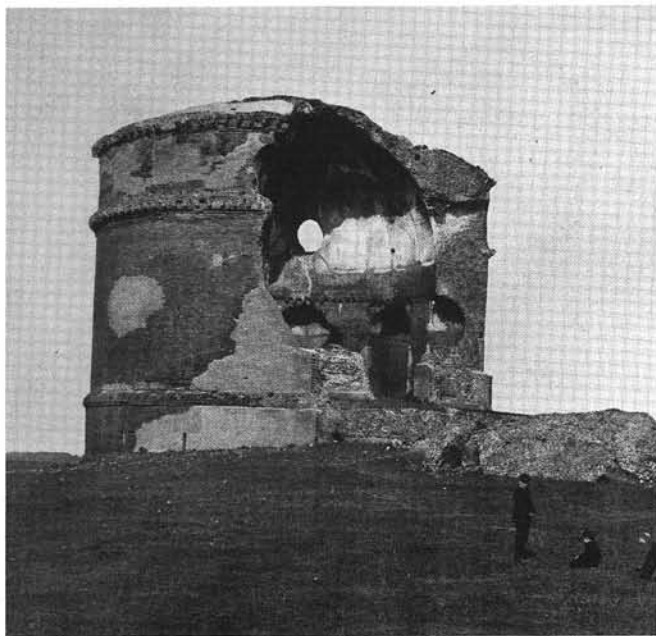
7.2.7. Amphitheatres en theaters

In bijna iedere belangrijke Romeinse nederzetting was een amphitheater waar openbare spelen, gladiatorengevechten en dergelijke werden gehouden. Centraal in het amphitheater was de arena waar rondom heen zich tribunes bevonden.

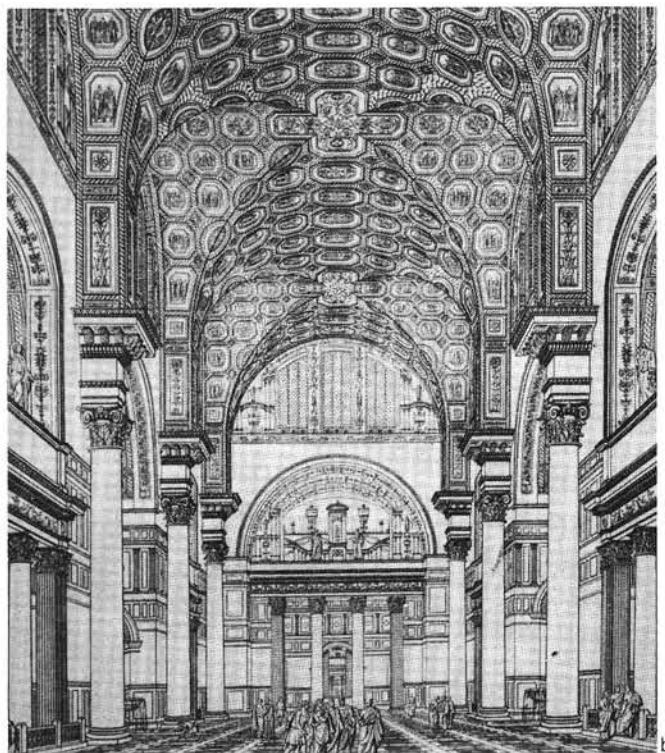
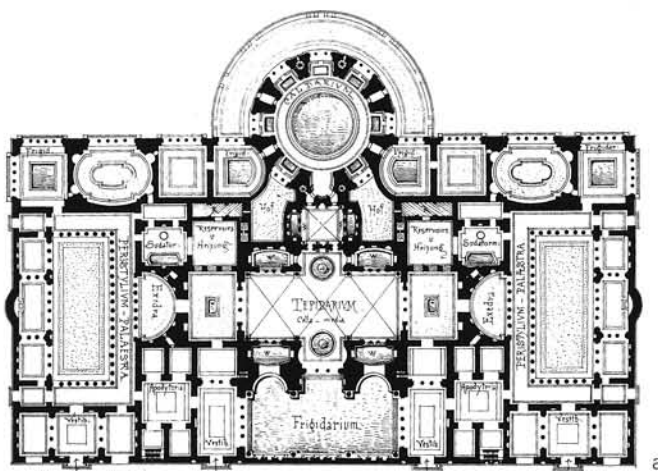
Het grootste amphitheater is het Colosseum te Rome uit 80 nC, ook wel het Flavische amphitheater genoemd



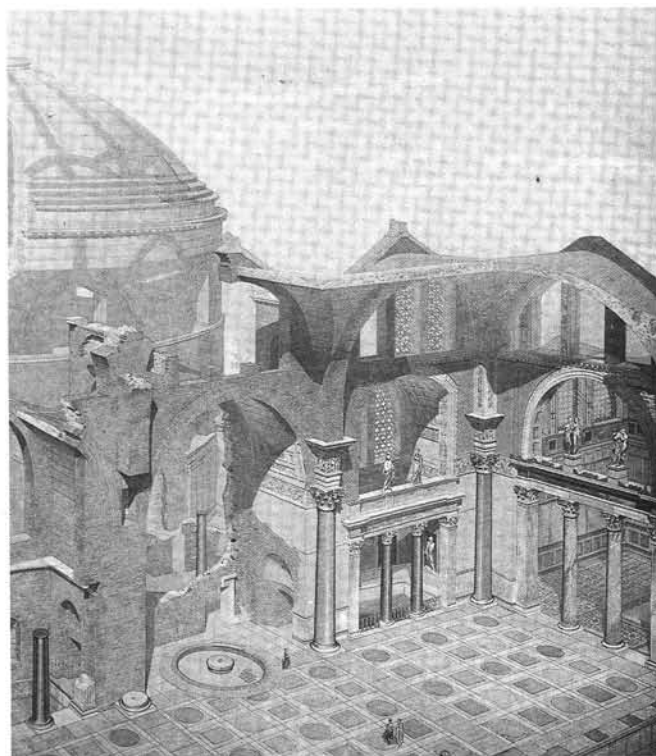
133. Het mausoleum van Diocletianus te Spalato. 300 nC.
Reconstructie van Durm.



134. Het mausoleum van Gordianus (Tor de'Schiavi) te Rome. 240 nC.



136. De thermen van Caracalla te Rome. 215 nC.
a. Plattegrond volgens Durm.
b. Het tepidarium (centrale hal) volgens Blouet.



135. De structuur van de grote Romeinse thermen met de centrale hal en op de achtergrond het caldarium. Reconstructie van Viollet-le-Duc.



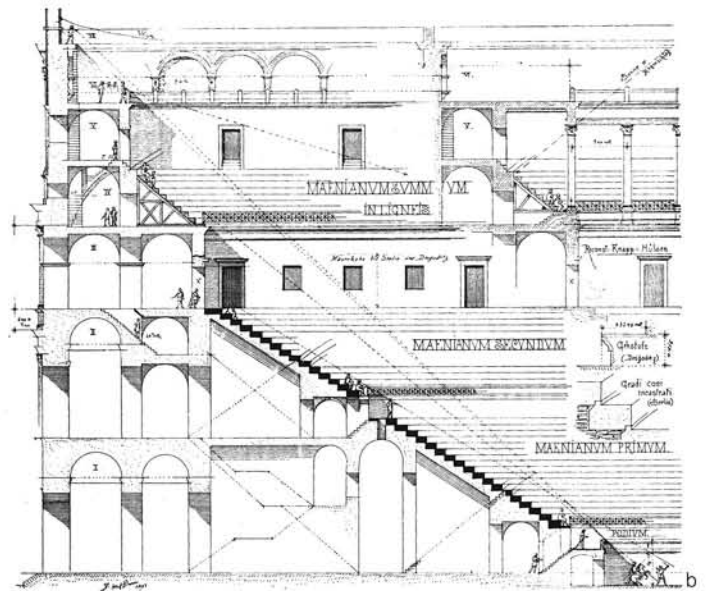
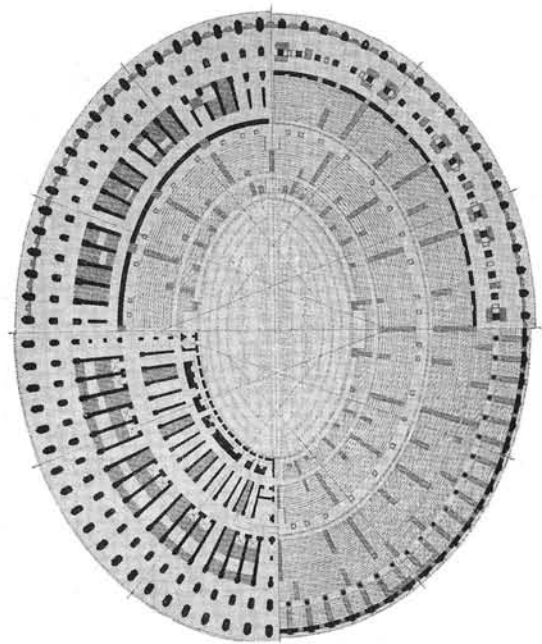
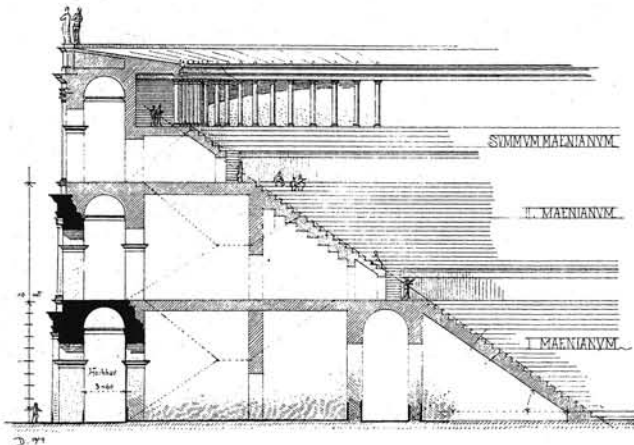
137. De thermen van Diocletianus te Rome. 300 nC.

waarvan de ruïne nog aanwezig is (afb.138). Het Colosseum heeft een elliptische plattegrond met assen van 156 en 189 m. De arena, eveneens elliptisch, meet 55x87 m en is omgeven door een 5 m hoge muur. Op de tribunes was plaats voor 50.000 mensen. Daaronder bevindt zich een samenstel van gangen en ruimten, gevormd door muren en gewelven van beton en baksteen. Ook onder de arena is een gangenstelsel aanwezig. De buitengevel, die over vier bouwlagen doorgaat, heeft over de onderste drie lagen arcaden, de bovenste is gesloten. De tribunes konden waarschijnlijk worden overdekt met een doek (velum) ter bescherming tegen de zon.

Naast de amphitheatres waren er ook theaters voor het opvoeren van toneelspelen. Evenals de Griekse hadden de Romeinse theaters halfronde tribunes rond een toneel (scaena) dat aan de achterzijde was afgesloten met een wand. Het verschil met de Griekse theaters is dat deze in de grond waren uitgegraven zodat de tribunes op de taluds van de ingraving konden worden aangebracht. De Romeinse theaters werden echter vaak boven het maaiveld gebouwd. Zoals bij de amphitheatres bevonden zich dan onder de tribunes ruimten en gangen. Mogelijk konden ook hier de tribunes in een aantal gevallen met een velum worden overdekt. Het grootste theater was dat van Marcellus te Rome (20 vC, afb.139) dat ruim 20.000 toeschouwers kon bevatten. In Orange (Frankrijk, afb.140) is nog een theater uit 50 nC in goede staat aanwezig waarvan de uitwendige diameter van de tribunes ruim 100 m is en dat aan 7.000 toeschouwers plaats kan bieden.

7.3. Beton

Door de Romeinen werd op grote schaal beton gebruikt, bestaande uit grove delen (gebroken natuursteen of baksteen) en mortel. De mortel werd samengesteld uit zand en een bindmiddel dat steeds als basisbestanddeel luchtkalk had. Luchtkalk wordt gemaakt van zuivere kalksteen door het eerst tot kalkmeel te malen, daarna in kalkovens te branden en het vervolgens te blussen (mengen met water). Deze luchtkalk verhardt door het opnemen van koolzuur uit de lucht. Hij kan dus slechts in contact met lucht verharden, dit in tegenstelling tot de hydraulische bindmiddelen die verharden door een chemische reactie met water. Niet alleen kunnen zulke bindmiddelen ook onder water verharden maar door de reactie

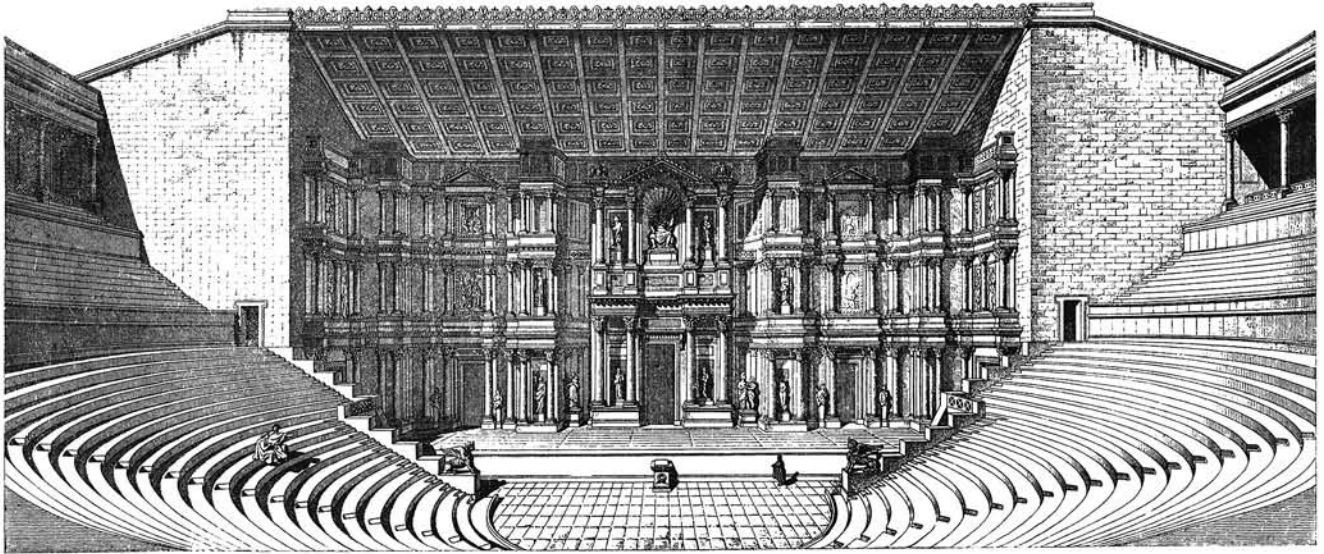


138. Het Colosseum te Rome. 80 nC.

a. Plattegrond.

b. Doorsnede.

139. Het theater van Marcellus te Rome. 20 vC. Doorsnede volgens Von Reber.



140. Het theater te Orange. 50 nC. Reconstructie volgens Caristie.

met het aanmaakwater van de mortel verhardten zij veel sneller dan luchtkalk. De hydraulische werking berust in het algemeen op de aanwezigheid van klei in de kalksteen en ook op het branden bij een hoge temperatuur. Hoewel de Romeinen de kunstmatige vervaardiging van hydraulische bindmiddelen niet kenden waren zij er zich wel van bewust dat er in de natuur stoffen aanwezig zijn die hydraulische eigenschappen hebben. Het ging daarbij om puzzolaanaarde, genoemd naar de vindplaats Puzzuoli aan de Golf van Napels. Het is een fijn vulkanisch materiaal dat al van nature bij een hoge temperatuur is gebrand. Deze puzzolaanaarde werd waar nuttig aan de luchtkalk toegevoegd.

Het Romeinse beton werd gemaakt in lagen. Eerst werd een laag breuksteen of brokken baksteen (vaak afval zoals gebroken dakpannen) aangebracht, daarover werd de mortel gegoten waarna het mengsel door stampen werd verdicht. Door het verharden van de mortel werd de steen aaneengekit en ontstond een monoliete massa met een aanzienlijke druksterkte. Het beton werd op twee manieren in constructies verwerkt:

- Tussen twee muren (bladen) van metselwerk van natuursteen of baksteen (afb. 144). Deze methode werd voor muren gebruikt.
- Tussen of op een bekisting van houten planken en balken (afb. 151). Deze werkwijze vond vooral toepassing bij gewelven maar ook bij muren.

Het gebruik van beton voor muren is ontwikkeld vanuit het Griekse emplecton waarbij bladen van zorgvuldig bewerkte natuursteenblokken met mortelloze voegen werden gebruikt en waarvan de vulling uit breuksteen of ruw behakte blokken bestond. De Romeinen noemden hun beton opus caementicium, afgeleid van opus (werk) en caementum (breuksteen). Later is, door begripsverande-

ring, uit het caementum de naam voor het (hydraulische) bindmiddel cement ontstaan.

7.4. Muren

In de Etruskische tijd werden voor grote muren dezelfde bouwwijzen gebruikt als door de Grieken gebezigd zoals stapelwerken van ruwe blokken (afb. 141), het polygonale verband (afb. 142) en het rechthoekige verband (afb. 143).

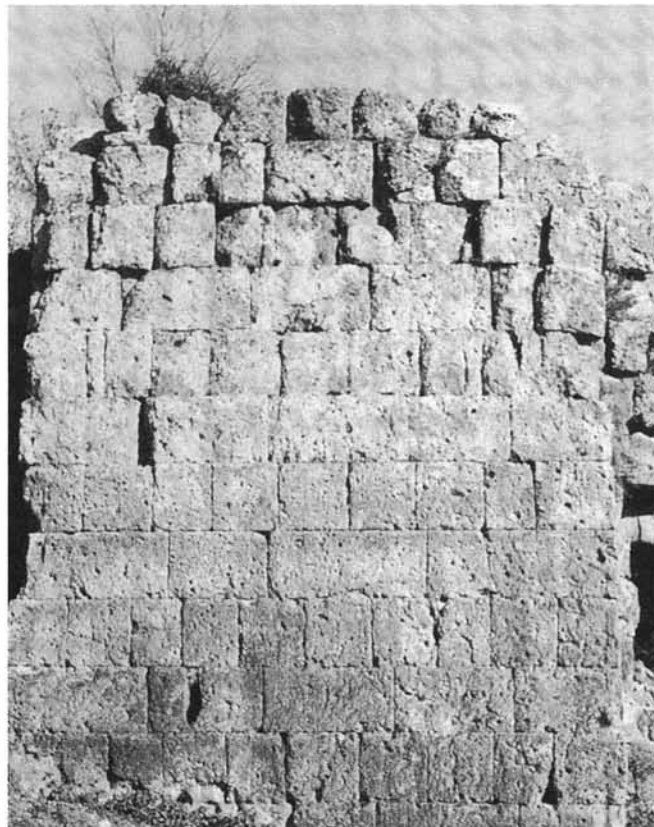
De Romeinse muren kenmerken zich doordat, naast natuursteen, op grootschalige wijze gebruik werd gemaakt van baksteen en beton. Ook in voorgaande beschavingen was de baksteen bekend maar hij werd slechts spaarzaam gebruikt. Meestal was de brandstof voor het bakken (hout) schaars en was baksteen duur ten opzichte van de in de zon gedroogde kleisteen. Voorts was de kleisteen in warme en vooral droge gebieden redelijk duurzaam. Door de Romeinen werden kleistenen in vroege tijden wel gebruikt maar in bouwwerken uit de Keizertijd zijn zij in steden als Rome en Pompeji niet meer aangetroffen. Klei werd ook voor muren gebruikt door het materiaal te stampen tussen een houten bekisting.

Baksteen werd vooral in de Keizertijd een belangrijk constructiemateriaal. Het kwam voor in vierkante, rechthoekige en driehoekige formaten. Daarnaast waren er voor bijzonder gebruik speciale vormstenen. De bakstenen waren soms zeer groot, met zijden tot 60 cm lengte. De dikte was zeer verschillend, van 2 tot 10 cm. Zij werden vaak verwerkt met dikke mortelvoegen. Soms waren, bij dunne stenen, de voegen even dik of zelfs dikker dan de steen zoals bij de basilica te Trier uit het begin van de 4de eeuw nC.

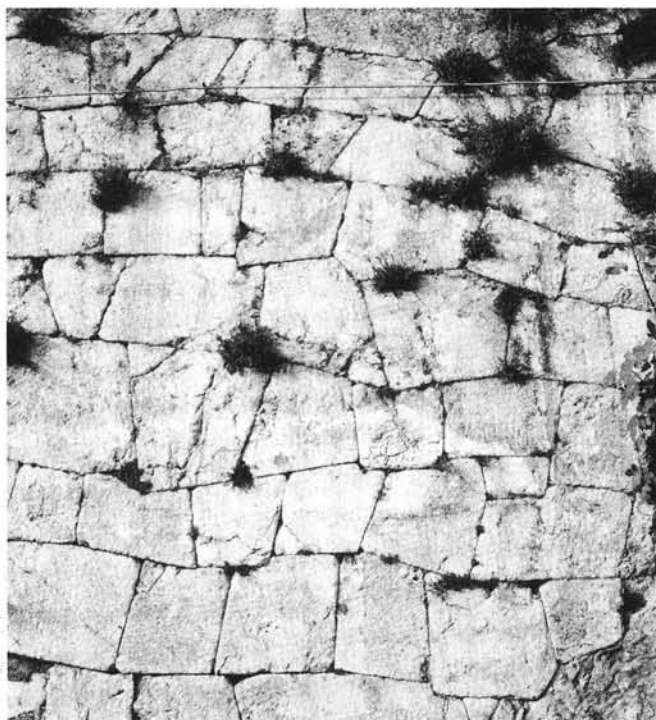
Bij de muren van natuursteen volgden de Romeinen in



141. Muur van de acropolis van Arpino. 5de eeuw vC. Stapelwerk van ruwe natuursteenblokken.



143. Rechthoekig verband bij de natuurstenen muur van een toren in de stadsmuur van Falerii Novi. Na 240 vC.



142. Polygonaalverband van een natuurstenen terrasmuur bij de tempel van Fortuna te Palestrina. 3de eeuw vC.

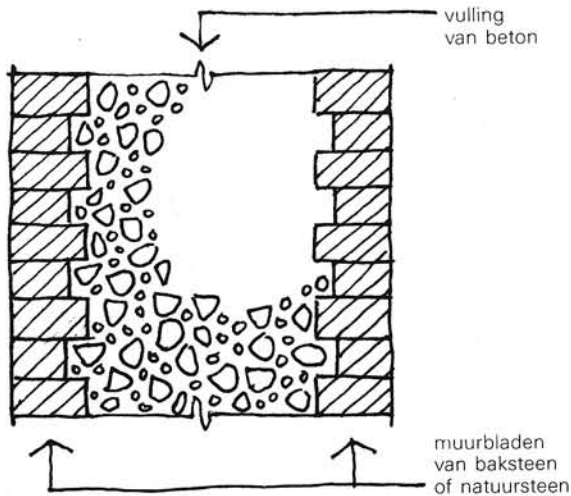
hoofdzaak de vormen die ook al bij de Grieken in gebruik waren. De voegen waren mortelloos, voor de onderlinge aansluiting van de blokken werd de anathyrosis gebruikt, er werden metalen ankers toegepast voor de verbinding van de blokken. Voor de bevestiging van transportkabels werden bijvoorbeeld sleuven in de zijvlakken gehakt (afb.115).

Het gebruik van beton in muren geschiedde vooral door het als een kern aan te brengen tussen twee muurbladen van baksteen of natuursteen. De algemene naam hiervoor is opus caementicium (afb.144). Zulke muren kwamen al voor vanaf 300 vC. Er is een aantal constructies voor ontwikkeld zoals:

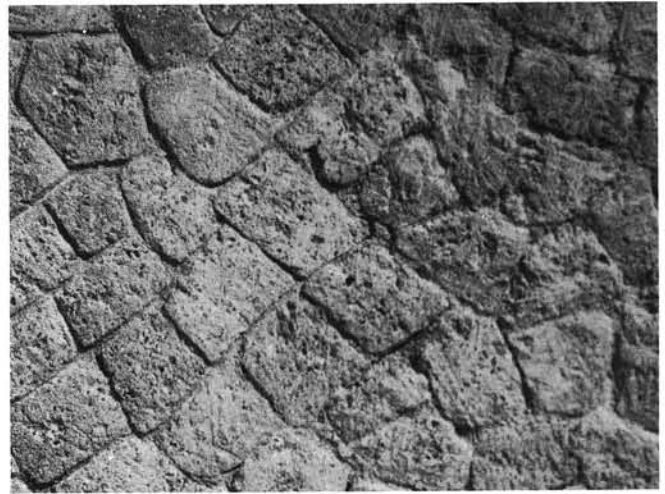
a. Opus quadratum. De bladen waren van nauwkeurig bewerkte natuursteenblokken van regelmatige vorm met mortelloze voegen. Deze muren stammen uit de vroege tijd. Afb.145.

b. Opus incertum. De bladen werden samengesteld uit uit kleine en minder nauwkeurig bewerkte natuursteenblokken, gemetseld in mortel. Hiervan zijn reeds voorbeelden uit ongeveer 250 vC. Afb.146.

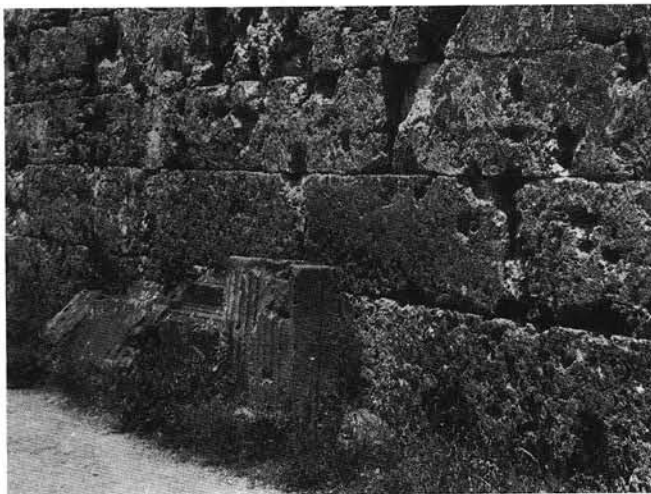
c. Opus reticulatum. Hierbij zijn de bladen van kleine natuursteenblokken, piramidevormig behakt met een vierkant grondvlak met zijden van 6 tot 7 cm. Deze werden di-



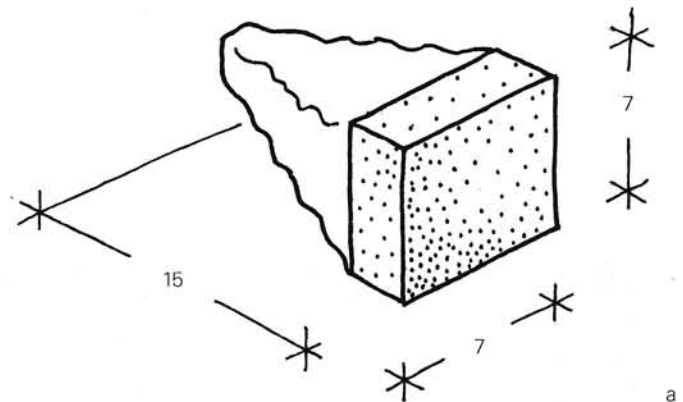
144. Schema van een muur, uitgevoerd in *opus caementicium*.



146. *Opus incertum*



145. *Opus quadratum*.



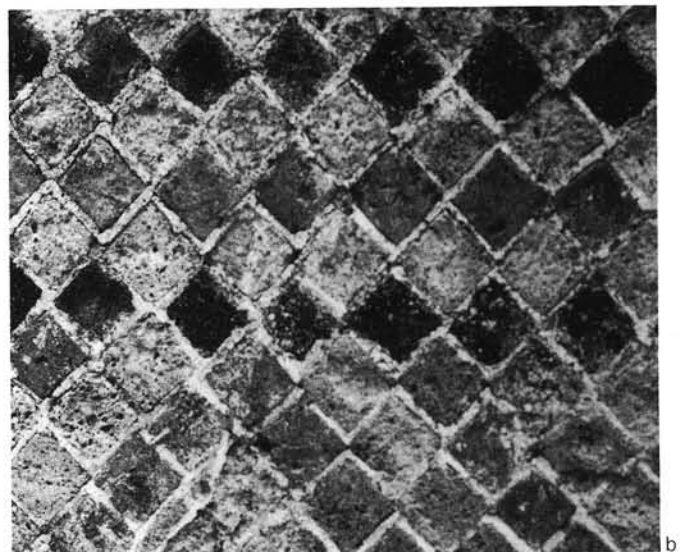
agonaal vermeteld. Door de spitsen van de piramiden werd een betere aanhechting van de natuursteen aan het beton verkregen. De eerste toepassingen zijn van 80 vC waarna het twee eeuwen lang veelvuldig werd gebruikt. Afb.147.

d. *Opus testaceum*. De bladen waren van baksteen. Vaak werden bakstenen met een driehoekig formaat gebruikt. Afb.148.

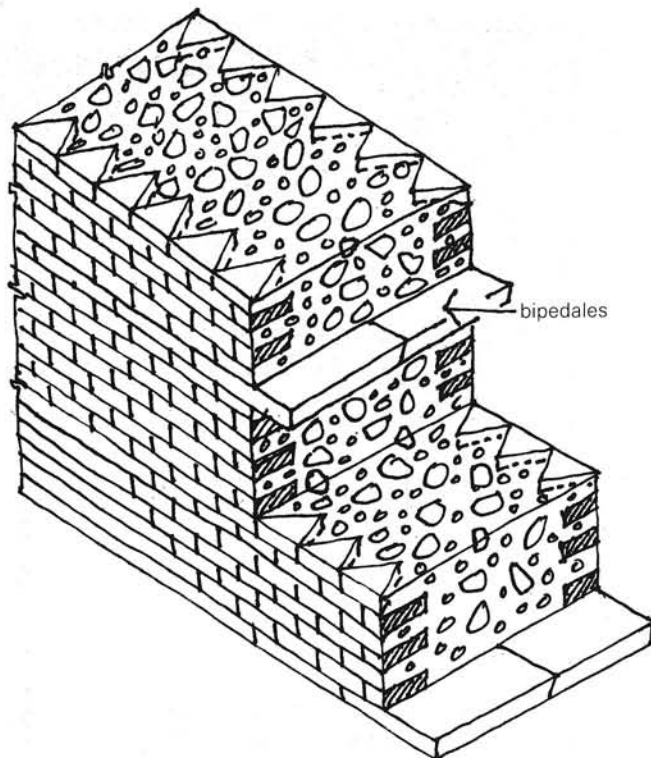
e. *Opus mixtum*. In de bladen werd baksteen gecombineerd met natuursteen. Afb.149.

De bladen van baksteen werden meestal onderling gekoppeld door het op regelmatige afstanden aanbrengen van horizontale lagen van grote platte gebakken tegels (bipedales, afb.148). Soms werden ijzeren ankers gebruikt.

Bij utilitair werk werd de muur soms geheel van beton gemaakt, aangebracht tussen een bekisting van houten planken en stijlen (afb.151).

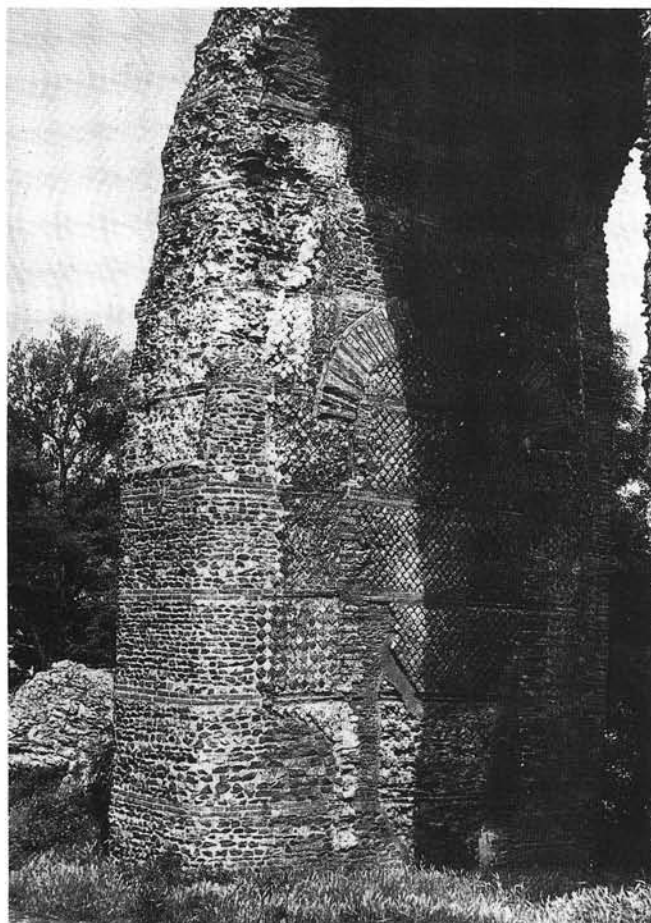


147. *Opus reticulatum*.



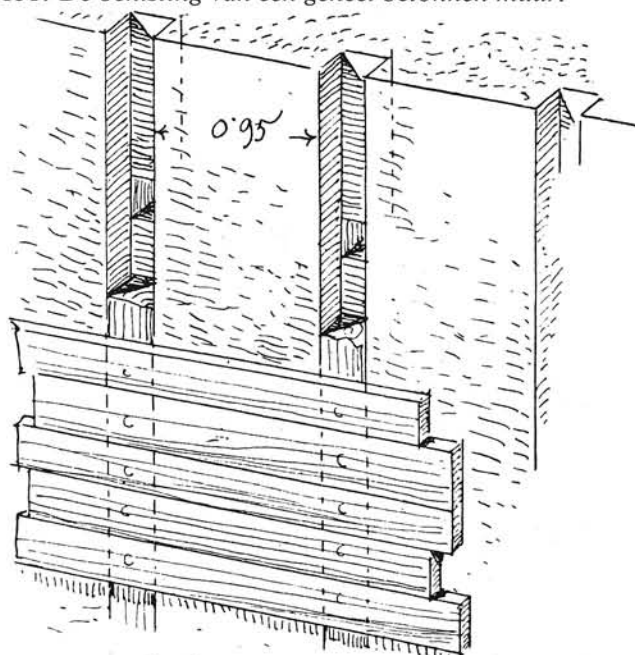
148. *Opus testaceum.*

149. *Opus mixtum*, uit baksteen en tufblokken.



150. Muur van een aquaduct te Beaunant bij Lyon. Begin 2de eeuw nC. Hierin zijn verschillende constructies van *opus caementicium* gebruikt. Op regelmatige afstanden komen lagen van gebakken tegels (*bipedales*) voor die de beide muurbladen met elkaar verbinden. Vaak bestonden deze verbindingen uit twee lagen tegels, in verband gemetseld.

151. De bekisting van een geheel betonnen muur.

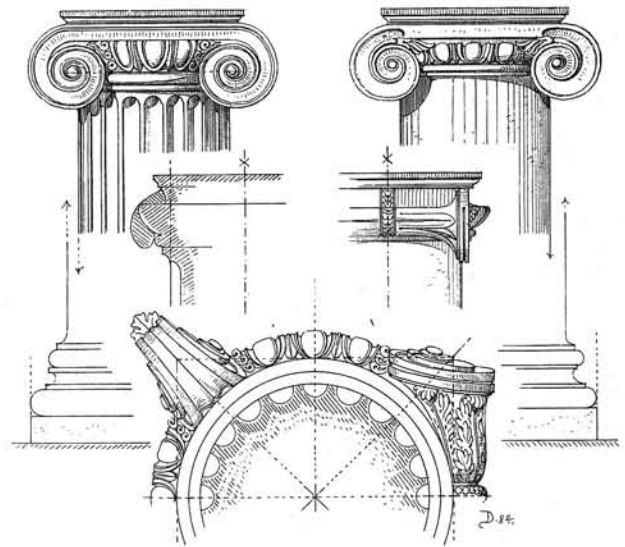


7.5. Zuilen en architraven

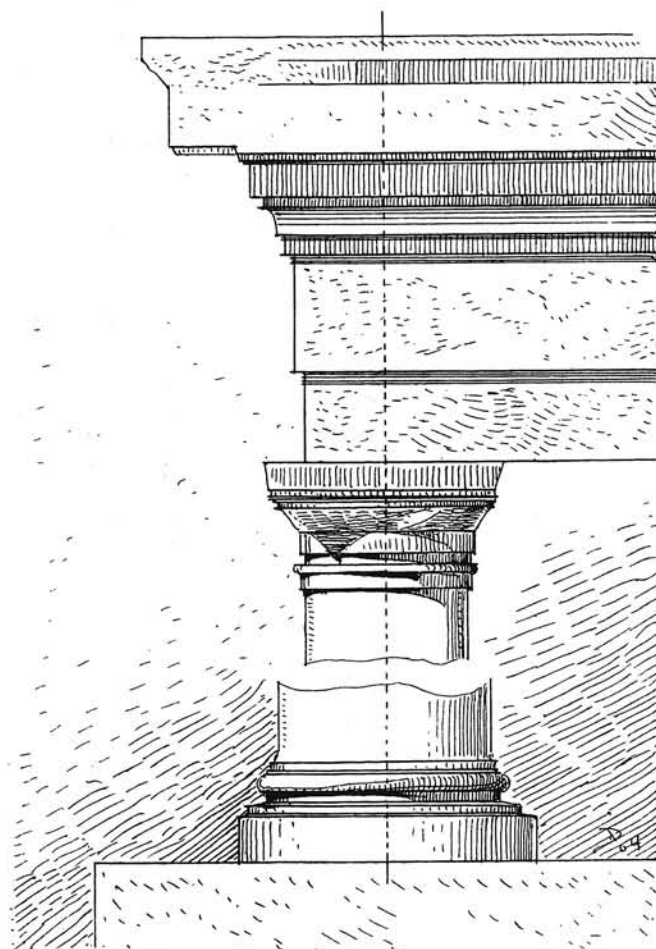
Zuilen werden voor het overgrote deel uitgevoerd in natuursteen. Daarbij werden de Griekse stijldorden gehanteerd: Dorisch, Ionisch en Korinthisch. Met name de laatste orde werd overwegend gebruikt. Door de Etrusken en de Romeinen werden aan de orden toegevoegd de Toscaanse orde, een variant op de Dorische orde (afb.152) en de Composietorde, ontwikkeld uit de Korinthische orde (afb.155).

Waar de Grieken bij één gebouw vrijwel altijd slechts één orde gebruikten pasten de Romeinen de verschillende orden soms ook op één bouwwerk toe zoals bij het Colosseum te Rome uit 80 nC waar voor de halfzuilen in de gevel van onder naar boven achtereenvolgens de Dorische, Ionische en Korinthische orde werden gebruikt (afb.156). Bij de meest gebruikte orde, de Korinthische, was de slankheid van de zuilen (de verhouding van de totale hoogte, met basement en kapiteel, tot de onderste diameter van de schacht) 9 á 10, dus ongeveer zoals bij de Ionische orde. Hoge zuilen, van bijna 20 m, kwamen voor bij de tempel van Jupiter te Baalbek uit 150 nC.

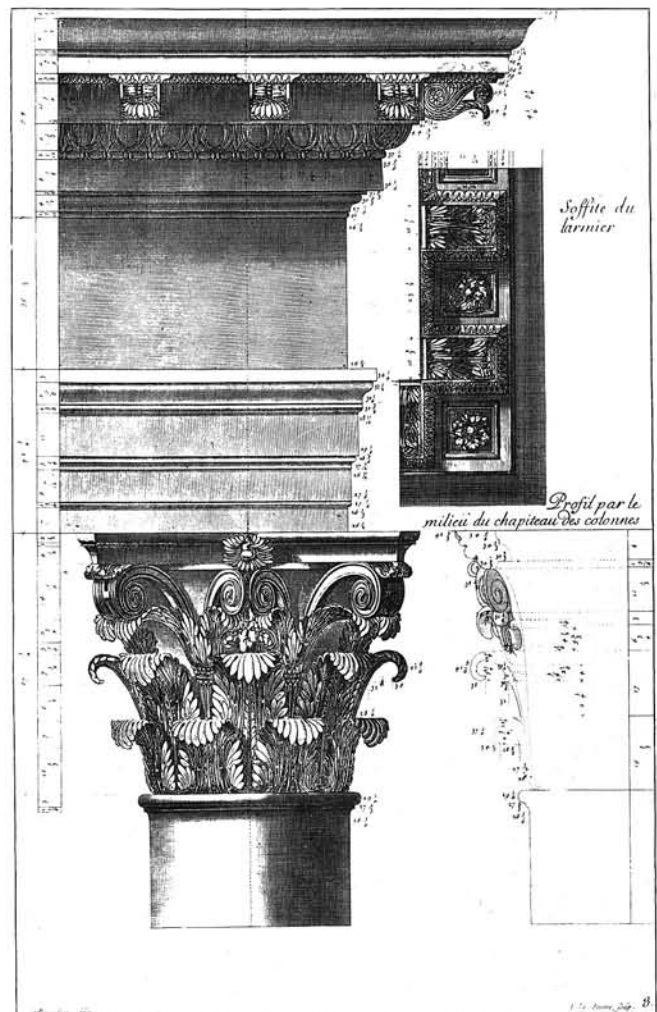
Meestal waren de zuilschachten opgebouwd uit trommels, alleen bij harde gesteenten zoals graniet en fijn marmer waren de schachten soms monoliet (afb.157). De onder- en bovenvlakken van de trommels werden op de



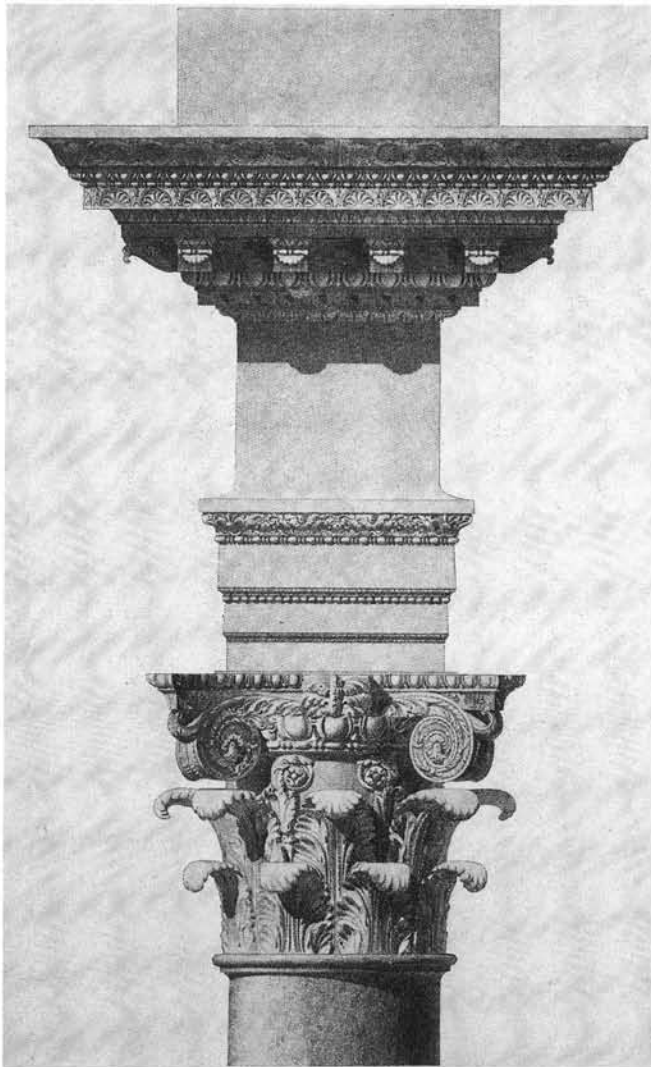
153. De Ionische orde.



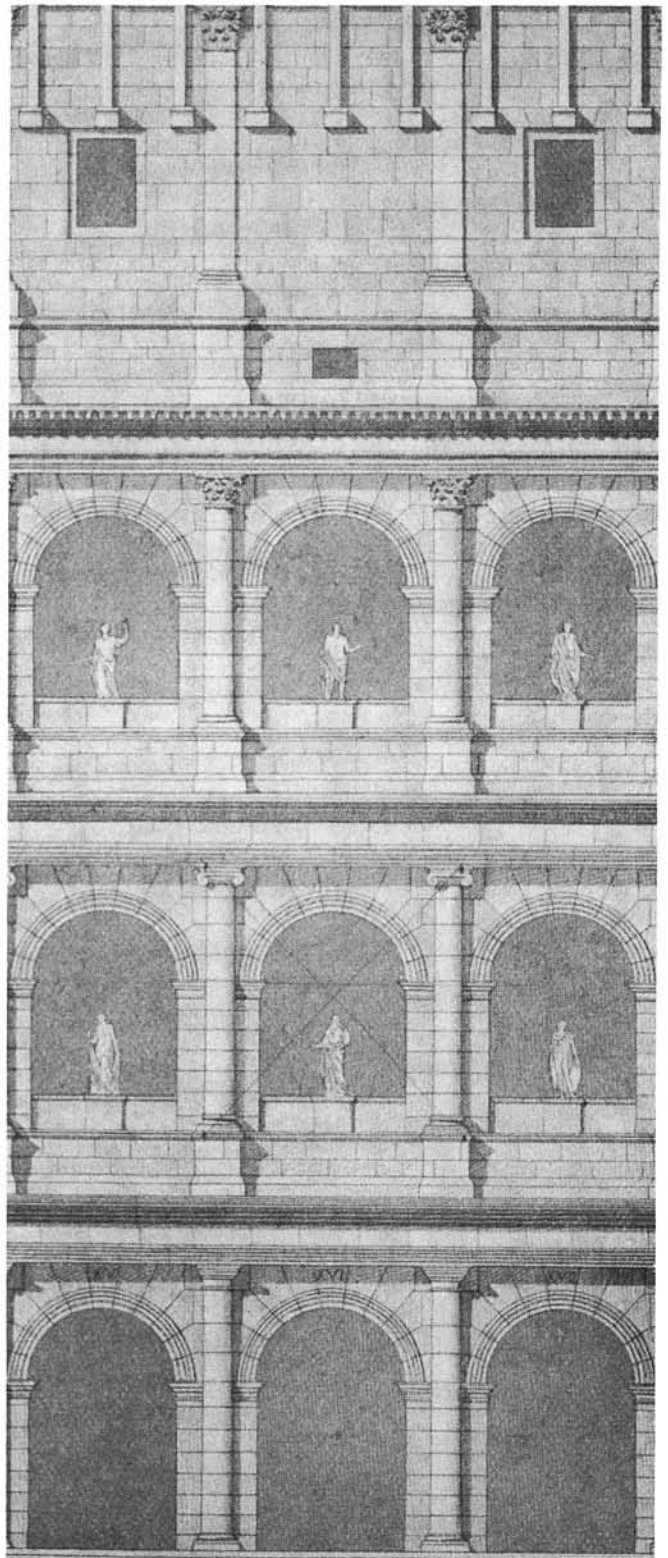
152. De Toscaans-Dorische orde.



154. De Korinthische orde.



155. De Composiet-orde.



156. Het Colosseum te Rome. 80 nC. Toepassing van de Dorische, Ionische en Korinthische orde in één bouwwerk.

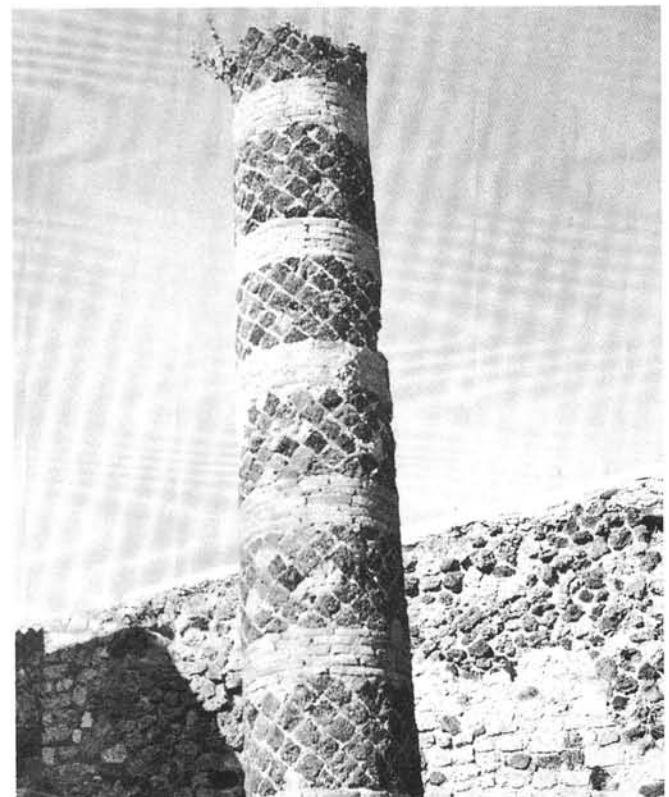


157. De tempel van Antoninus en Faustina te Rome. 140 nC. De zuilen, hoog 14 m, hebben monoliete schachten van fijn marmer.



158. Zuil van de basilica te Pompeji, vervaardigd van speciaal gevormde baksteen. De schacht was gepleisterd.

159. Een zuil van de Forumthermen te Pompeji, vervaardigd van afwisselend lagen baksteen en opus reticulatum.



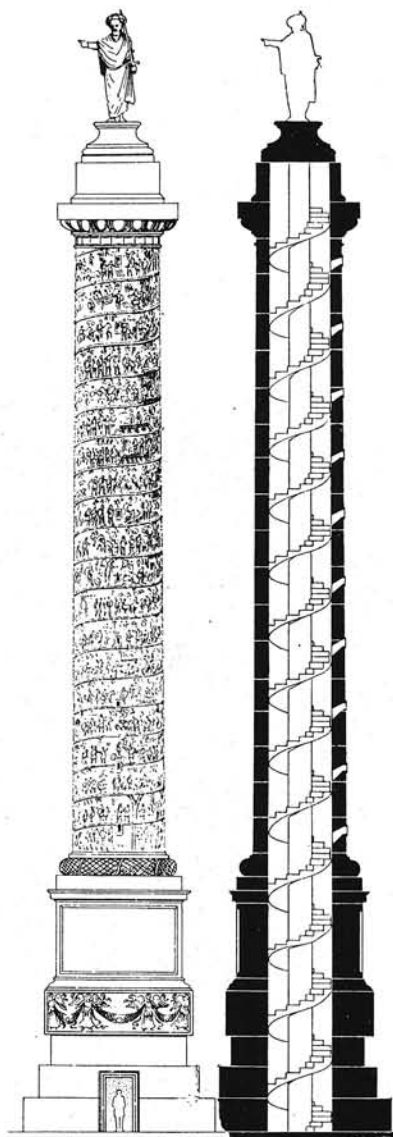
zelfde wijze bewerkt als bij de Grieken: aan de buitenzijde werd een smalle rand nauwkeurig bewerkt zodat deze de krachten kon overbrengen terwijl de rest terugliggend werd behakt. De trommels werden onderling verbonden door aangegoten metalen doken. Deze verbinding was bijvoorbeeld bij de tempel te Baalbek zo goed uitgevoerd dat een omgevallen zuil daar ongebroken tegen de cellamuur rust.

Behalve van natuursteen werden zuilen ook gemaakt van baksteen en natuursteen (afb.158 en 159).

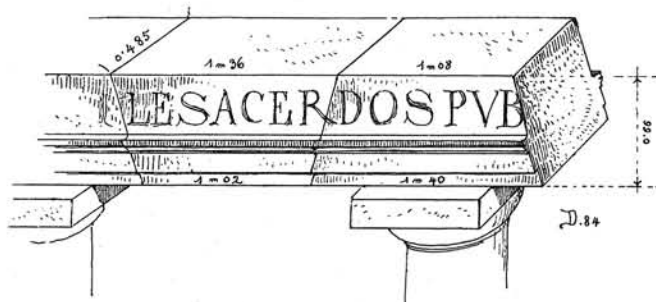
Bij de tempels werden, afgezien van de oude tempels met een houtconstructie, in de gevels de afstanden tussen de zuilen overbrugd door natuurstenen architraven die onderdeel uitmaakten van het hoofdgestel. Dit laatste was eenvoudiger van vorm en anders geledend dan bij de Griekse tempels. Een kenmerkend voorbeeld daarvan is het hoofdgestel, gedragen door Korinthische zuilen, van

de voorhal van het Pantheon te Rome uit 120 nC (afb.126). De zuilen stonden hier 4,4 tot 4,9 m h.o.h. van elkaar. In een aantal gevallen werden in architraven wigvormige of getande blokken gebruikt (afb.160, 161 en 162). Omdat zulke blokken dwarskrachten op de belendende blokken kunnen overbrengen kan hiermee een samenhangend geheel worden gemaakt. Wel blijft zo'n balk slechts in stand door boogwerking zodat hij aan de uiteinden goed gesteund moet worden.

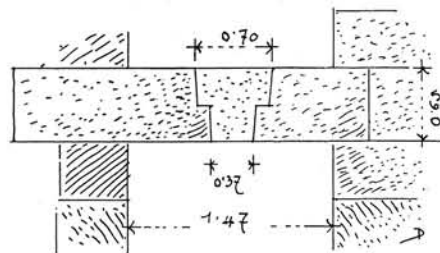
Bijzondere zuilen waren de ere- en zegezuilen die de Romeinen in verschillende steden oprichtten. De twee mooiste en grootste zijn de erezuilen van Trajanus (113 nC) en Marcus Aurelius (174 nC), beide te Rome. De grootste is die van Marcus Aurelius (afb.163), tot de top van het bekronende beeld bijna 50 m hoog. De zuil bestaat uit een vierkant piedestal waarop een schacht is geplaatst die samengesteld is uit marmeren ringen met een



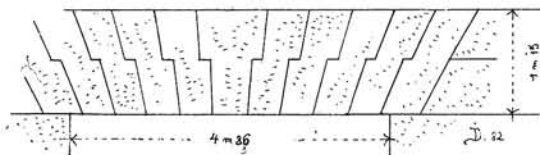
163. De erezuil van Marcus Aurelius te Rome. 174 nC.



160. Een architraafconstructie te Pompeji met een wigvormig middenblok.



161. Een architraafconstructie te Syracuse met een wigvormig en getand middenblok.



162. Een architraaf te Orange, samengesteld uit getande blokken.

uitwendige diameter van 4 m. Op de schacht is een spiraalvormig omhoog lopende band uitgehouwen die de strijd van Marcus Aurelius tegen de Germaanse stammen ten noorden van de Donau in relief uitbeeldt. In de schacht bevindt zich een wenteltrap. De zuil was oorspronkelijk bekroond met een beeld van Marcus Aurelius dat in de 16de eeuw werd vervangen door een beeld van Sint Paulus.

7.6. Daken

De Romeinse daken zijn te onderscheiden in die welke door een houtconstructie worden ondersteund en de daken die op stenen gewelven droegen.

Zowel wat de hout- als de gewelfconstructies betreft ontwikkelden de Romeinen nieuwe vormen waardoor zij in staat waren grotere ruimten te overspannen dan in voorgaande bouwculturen het geval was. Grote stenen gewelven (kruisgewelven) kwamen voor in de centrale hallen van de thermen van Caracalla (220 nC, afb.136) en van Diocletianus (300 nC, afb.137) en in de middenbeuk van de basilica van Maxentius (310 nC, afb.127), alle in Rome en met overspanningen van ongeveer 25 m. Bij het

laatste gebouw kwamen in de zijbeuken stenen tongewelven voor met een overspanning van ruim 23 m. Zie voor meer informatie over gewelven paragraaf 7.7 'Bogen en gewelven'.

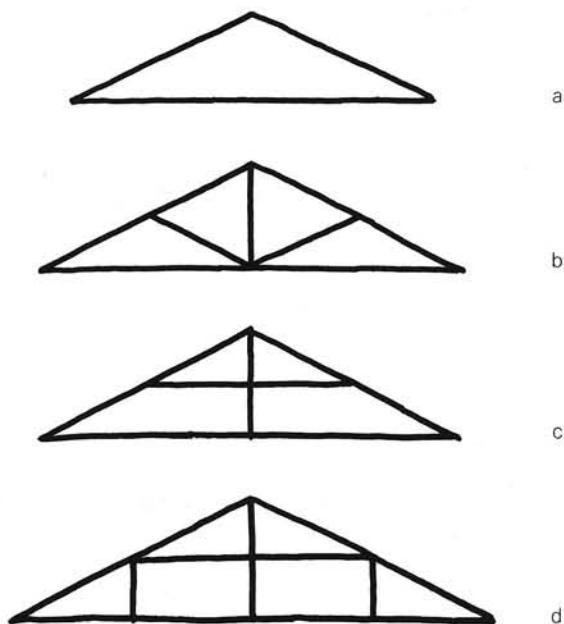
In het algemeen waren de daken flauwhellende zadeldaken of lessenaardaken. Zij waren gewoonlijk gedekt met gebakken pannen, bij bijzondere gebouwen zoals tempels soms met natuursteenplaten of met metaal. Zo had de koepel van het Pantheon te Rome een bronzen beplating die echter in de loop van de tijd werd verwijderd om voor andere gebouwen te worden gebruikt.

Van de houten dakconstructies van de Romeinen is niets bewaard gebleven. De huidige opvattingen over hun vorm en samenstelling berusten op oude geschriften, onder andere van Vitruvius. Aangenomen wordt dat de constructies, bestaande uit een stapeling van houten balken en staanders zoals bij de Griekse tempels werden gebruikt (afb.107) in de 3de eeuw vC plaats maakten voor kapsantent. Het is niet bekend of deze van Griekse dan wel Romeinse oorsprong zijn. Wel moeten zij door de Romeinen in grote getale en in een aantal nieuwe vormen zijn toegepast. De eenvoudigste vorm is die van het driehoekspant, alleen bestaande uit twee spantbenen en een trekbalke (afb.164a). Een voorbeeld daarvan is de huidige dakconstructie van de kathedraal te Syracuse met een overspanning van bijna 10 m (afb.165). De houtafmetin-

gen ervan zijn fors, voor de trekbalke 35x60 cm, voor de spantbenen 35x35 cm. Bij het toenemen van de overspanning was het nodig om de spantbenen te ondersteunen. Dit gebeurde met schoren die naar de onderkant van een hanger liepen (afb.164b) of met een hanebalke, gecombineerd met één of meer hangers (afb.164c en d). Over zulke kapsantent werden in de lengterichting van het dak gordingen aangebracht, zonodig met sparren loodrecht daarop en al dan niet een bebording onder de dakpannen. De overspanningen, die met zulke houtconstructies werden bereikt, waren aanzienlijk. Zo hadden de twee christelijke basilieken in Rome, Sint Pieter (330 nC, afb.166) en Sint Paulus buiten de muren (380 nC, afb.167) middenbeuken met een breedte van ongeveer 25 m. De eenbeukige basilica te Trier (begin 4de eeuw nC, afb.128) was nog breder, ongeveer 27,5 m.

Soms, bij bijzondere gebouwen, werden kapsantent van brons gemaakt zoals in de voorhal van het Pantheon te Rome (120 nC, afb.168) waar de middenbeuk een breedte van 12 m tussen de zuilen heeft.

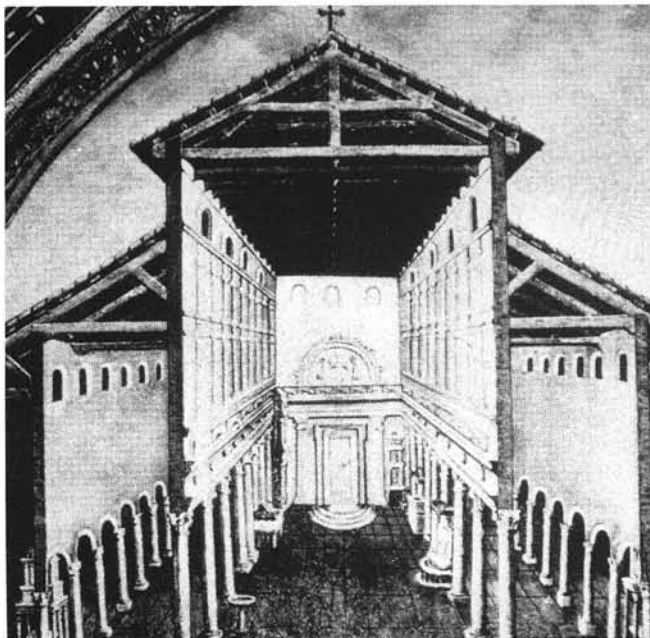
Van een aantal Romeinse amphitheaters en theaters wordt verondersteld dat de tribunes konden worden overdekt met doek (velum) ter bescherming tegen de zon zoals bij het Colosseum te Rome (80 nC). De doekconstructie was bevestigd aan houten masten die op de ommuring van het amphitheater stonden (afb.169).



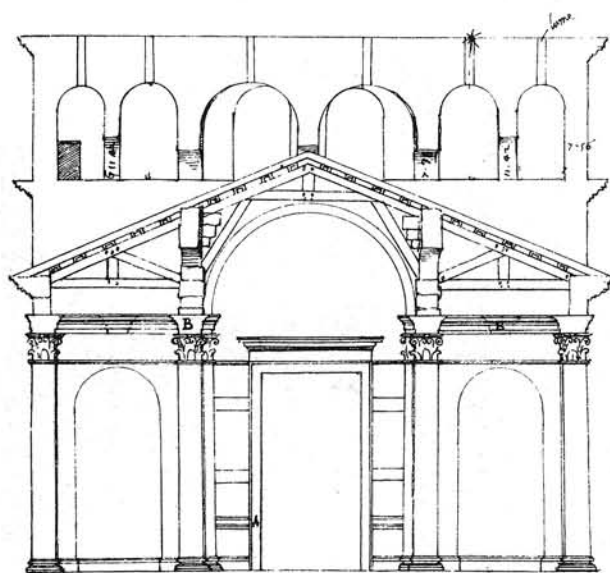
164. Houten driehoekspantent in Romeinse gebouwen.
a. Met alleen twee spantbenen en een trekbalke.
b. Met twee schoren en een hanger.
c. Met een hanebalke en een hanger.
d. Met een hanebalke en drie hangers.



165. De huidige kapconstructie van de kathedraal te Syracuse. Het houten driehoekspant in zijn eenvoudigste vorm, met alleen twee spantbenen en een trekbalke. Overspanning 10 m.

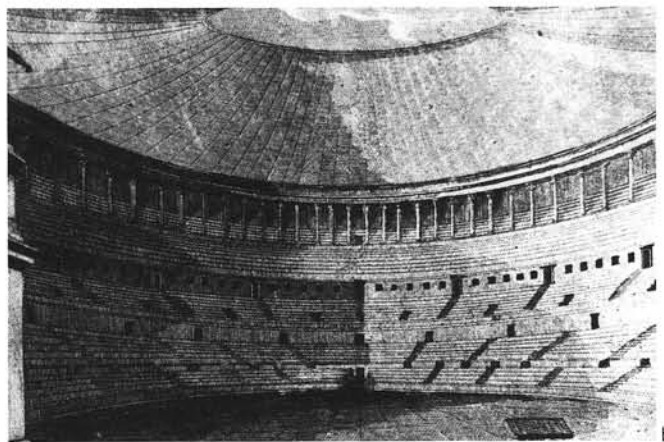
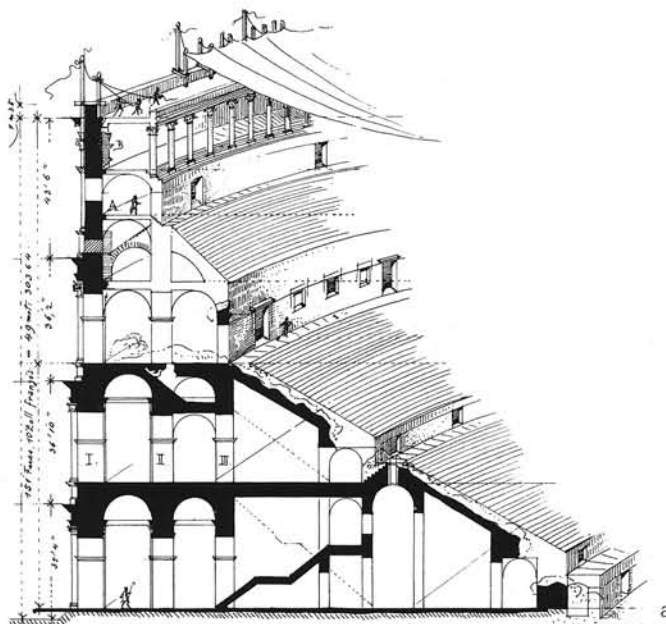


166. De eerste basiliek van Sint Pieter te Rome. 330 nC. Naar een fresco. Houten driehoekspanten met een makeelaar en één hanger. Overspanning ongeveer 25 m.



168. De bronzen kaspanten van de voorhal van het Pantheon te Rome. 120 nC. Reconstructie van Dosio.

167. De basiliek van Sint Paulus buiten de muren te Rome. 380 nC. Houten driehoekspant met een hanebalk en drie hangers. Reconstructie van Rondelet (1814). Overspanning ongeveer 25 m.



169. Het velum van het Colosseum te Rome. 80 nC.

7.7. Bogen en gewelven

Bogen zijn constructie-elementen met een gebogen vorm waarvan de hartlijn gewoonlijk in een plat vlak ligt en waarvan de afmetingen loodrecht op dat vlak klein zijn. Bij gewelven hebben we te maken met gebogen vlakken. Zowel door bogen als gewelven worden op de ondersteuning, behalve verticale krachten, ook horizontaal naar buiten gerichte krachten uitgeoefend (spatkrachten).

In Etrurië is een aantal fraaie natuurstenen bogen in stadspoorten uit de Etruskische tijd bewaard gebleven zoals in de poort van Jupiter te Falerii Novi (na 240 vC, afb.170).

Een voorbeeld van een Romeinse natuurstenen boog is die bij het amphitheater te Pompeji, met een rechthoekige beëindiging aan de bovenzijde (80 vC, afb.171).

Soms werden bogen gemaakt met een combinatie van natuursteen en baksteen zoals in de villa van Hadrianus te Tivoli waar twee smalle blokken tufsteen werden afgewisseld met een laag baksteen (afb.172).

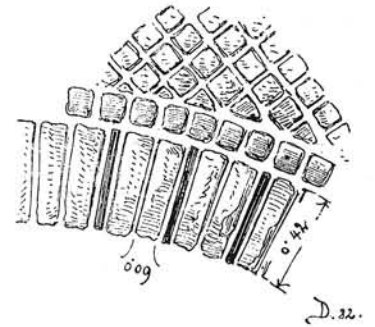
Zowel bij de Etrusken als de Romeinen hadden de natuurstenen bogen de vorm van een halve cirkel.

De bakstenen boog werd door de Romeinen veelvuldig gebruikt, zowel boven openingen ter afsluiting daarvan als in metselwerk of beton in de vorm van ontlastingsbogen om de krachten uit de bovenliggende constructie af te leiden naar de steunpunten. Meestal was de vorm een halve cirkel maar ook segmentbogen kwamen voor (afb.173). Vaak werd baksteen gecombineerd met beton. De zichtvlakken werden dan uitgevoerd als bakstenen bogen waartussen beton werd gestort. De beide baksteenbogen werden verbonden door bipedales (afb.148).

Behalve bogen maakten de Etrusken ook gewelfachtige constructies, voornamelijk voor grafkamers, met kleine



171. Natuurstenen boog bij het amphitheater te Pompeji met een rechthoekige beëindiging aan de bovenzijde. 80 nC.



172. Boog in de villa van Hadrianus te Tivoli met afwisselend twee blokken tufsteen en een baksteen.



170. Natuurstenen boog uit de Etruskische tijd in de poort van Jupiter te Falerii Novi. Na 240 nC.



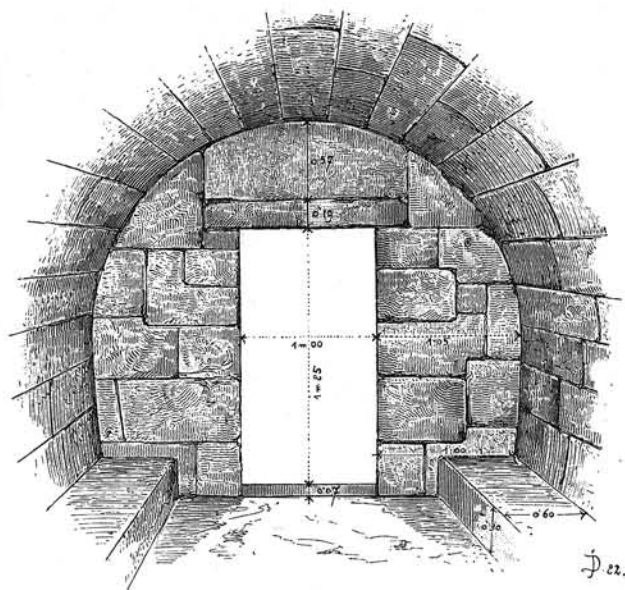
173. Een muur met openingen waarboven segmentbogen van baksteen te Ostia. Begin 2de eeuw nC.

afmetingen en uitgevoerd als kraagsteenconstructies van natuursteen. Een voorbeeld daarvan is een grafkamer te Orvieto, met een breedte van 2 m (afb.174). Een enkele maal werd ook het tongewelf gebruikt, gemaakt van natuursteenblokken in de lengterichting van de ruimte, in verband gestapeld met mortelloze voegen zoals over een grafkamer te Chiusi met een breedte van 3 m (afb.175).

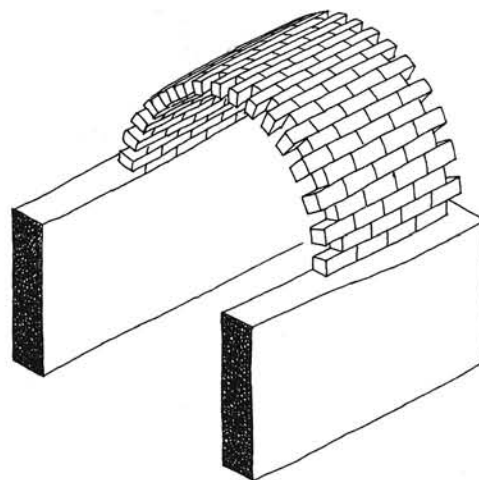
Bij de Romeinen komen de gewelven voor in de vorm van tongewelven, kruisewelven en koepels. In het algemeen waren de gewelven tijdens de Republiek tongewelven met een beperkte overspanning, uitgevoerd in natuursteen. Tijdens de Keizertijd overheersten baksteen en beton en kwamen kruisewelven en koepels in zwang. Door de gewelfbouw en door het grootschalig gebruik van baksteen en beton werden grote overspanningen mogelijk.

Natuursteen werd vooral voor tongewelven gebruikt. Daarbij kwamen twee constructiemethoden voor. Bij de eerste methode werden blokken in de lengterichting van het gewelf gelegd en in verband gestapeld met mortelloze voegen (afb.176). Een voorbeeld daarvan is het grafmonument te Patara (Lycië, Klein-Azië, afb.177). De tweede methode hield in het aanbrengen van bogen die naast elkaar of op een kleine afstand van elkaar werden geplaatst. Het voordeel hiervan was vooral dat het ondersteunende steigerwerk slechts voor één boog behoefde te worden gemaakt. Zodra deze gereed was werd het steigerwerk naar de volgende boog overgebracht. Op deze wijze werd het tongewelf uitgevoerd van de zogenaamde tempel van Diana te Nîmes uit 130 nC met een overspanning van 10 m (afb.178). Hier zijn tussen de bogen in in-kassingen korte natuursteenblokken gelegd. Een ander groot natuurstenen tongewelf is dat van de tempel van Jupiter te Baalbek uit 150 nC met een overspanning van 22 m (afb.122).

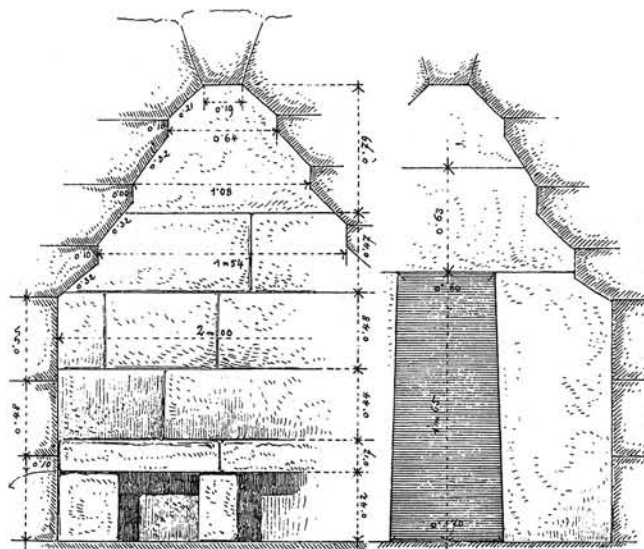
Zowel met baksteen alleen als met de combinatie van beton en baksteen zijn tongewelven met aanzienlijke overspanningen uitgevoerd. Zo kwam in de tempel van Venus



175. Grafkamer te Chiusi. Een Etruskisch tongewelf in hoefijzervorm met een breedte van 3 m.



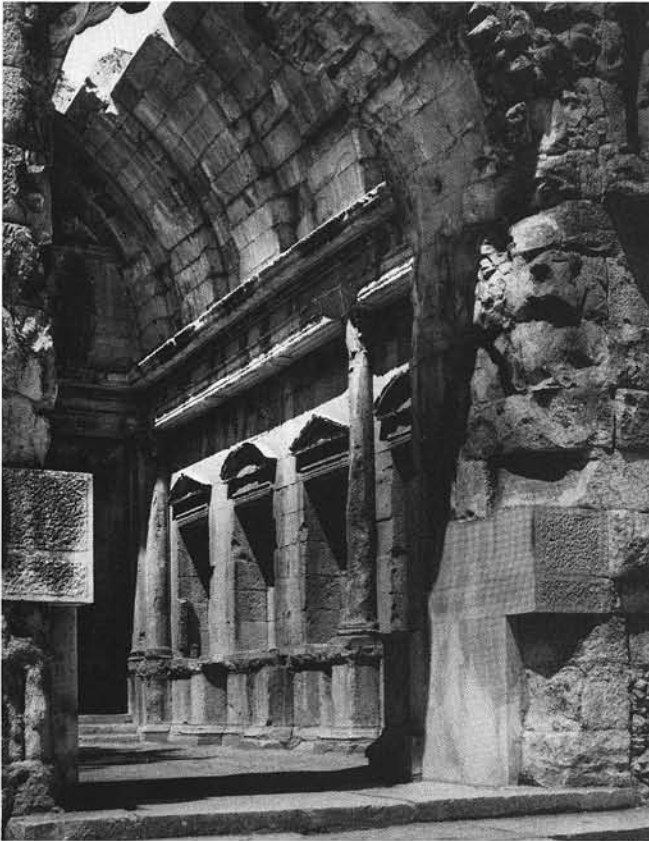
176. Het tongewelf met een langverband.



174. Grafkamer te Orvieto. Een Etruskisch kraagsteen-gewelf met een breedte van 2 m.



177. Grafmonument te Patara (Lycië, Klein-Azië). Een tongewelf van natuursteen.



178. Het natuurstenen tonggewelf in de tempel van Diana te Nîmes. 130 nC.

a. Interieur.

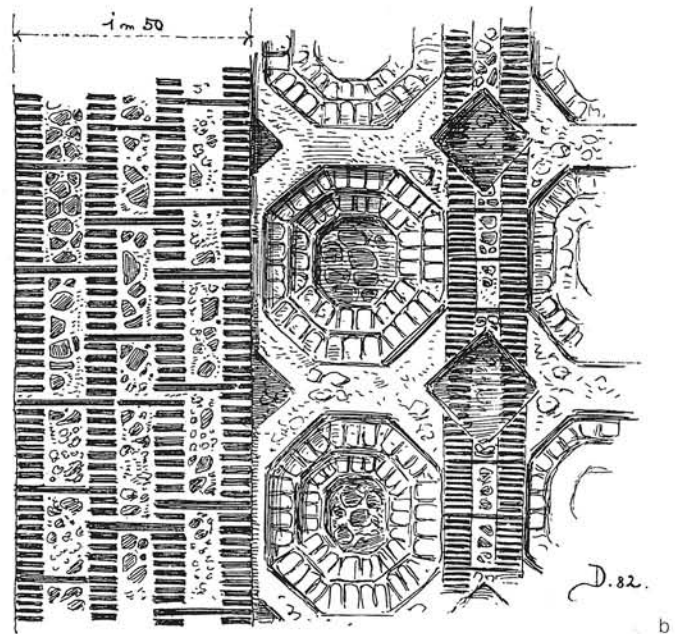
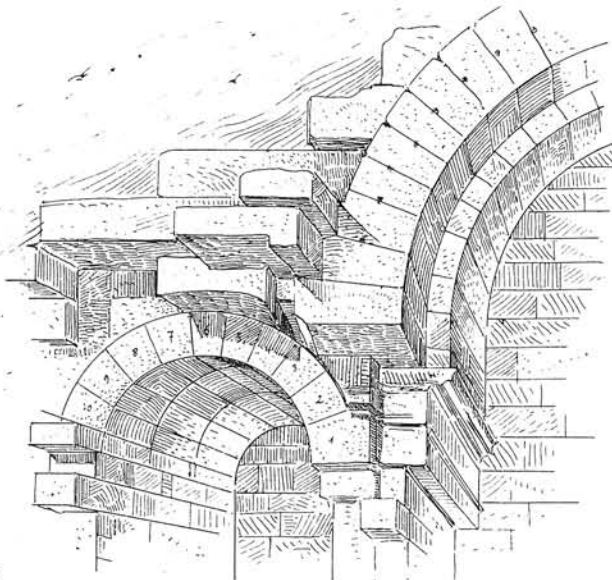
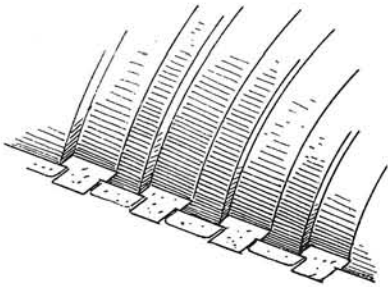
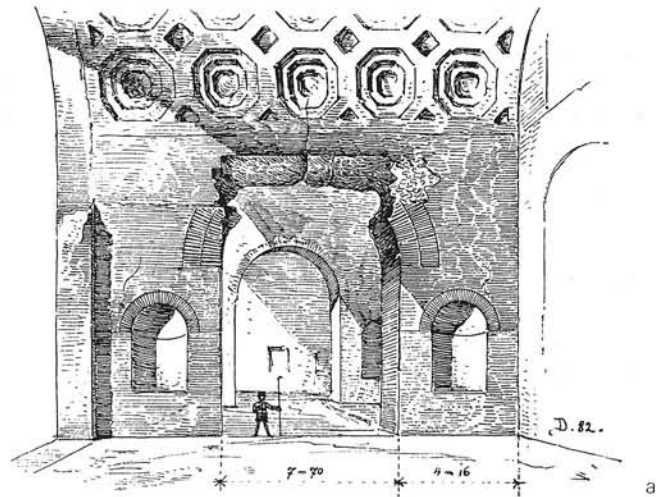
b. De constructie.

c. De bogen met de ertussen liggende blokken.

179. De tonggewelven over de zijbeuken van de basilica van Maxentius te Rome. 310 nC. Overspanning 23 m.

a. De voet van één van de gewelven met aanzicht tegen de ondersteunende muur.

b. Onderaanzicht van het gewelf. De randboog, met een breedte van 1,5 m, bestaat uit baksteenbogen, onderling verbonden door tegels en aangevuld met beton. Ook tussen de cassetten, die in het beton worden gevormd, liggen baksteenbogen.



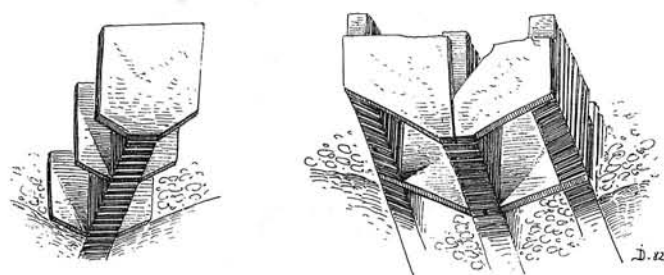
en Roma te Rome (130 nC) een bakstenen tongewelf voor met een overspanning van ruim 20 m (afb.121), vermoedelijk tot stand gekomen bij de herbouw na een brand in 330 nC. In de basilica van Maxentius te Rome (310 nC) waren de tongewelven in de zijbeuken uitgevoerd in beton en baksteen met een overspanning van ruim 23 m (afb.179).

Bij de kruisgewelven kwamen uitvoeringen in natuursteen voor, echter alle met kleine overspanningen. Het merendeel van de kruisgewelven is echter uitgevoerd in beton en baksteen waarbij grote overspanningen werden bereikt. Voorbeelden hiervan zijn de centrale hallen van de thermen van Caracalla (220 nC, afb.136) en die van Diocletianus (300 nC, afb.137) en de middenbeuk van de basilica van Maxentius (310 nC, afb.127). Bij alle drie bouwwerken gaat het om een aaneenschakeling van kruisgewelven over drie traveeën. De hallen hadden een breedte van ongeveer 25 m. In de basilica van Maxentius waren de gordelbogen en de kruisribben uitgevoerd als baksteenbogen, doorschoten met tegels, waartussen het beton was gestort (afb.180). Bij de thermen van Caracalla was op de bekisting eerst een platte laag grote bakstenen

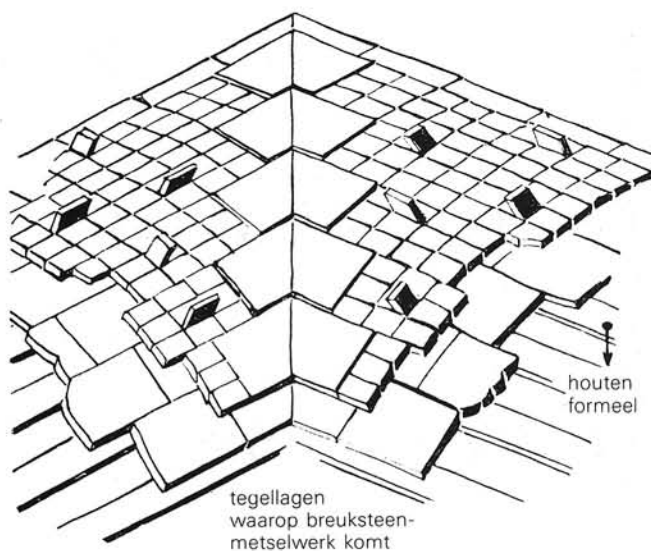
aangebracht. Hierop werd een tweede laag van kleinere stenen gemetseld waarop het beton werd gestort. Plaatse-lijk werden enkele stenen op hun kant gezet voor een goede verbinding met het beton (afb.181). Bij al deze kruisgewelven gaat het om doorsnijdingen van tongewelven waarvan de toplijnen horizontaal zijn.

De ondersteuningsconstructies van de ton- en kruisgewelven moeten niet alleen weerstand bieden aan aan verticale krachten, voornamelijk veroorzaakt door het gewicht van de zware gewelven, maar ook aan horizontale krachten waarvan de spatkrachten van de gewelven de grootste zijn (windkrachten spelen bij deze grote steenmassa's slechts een ondergeschikte rol).

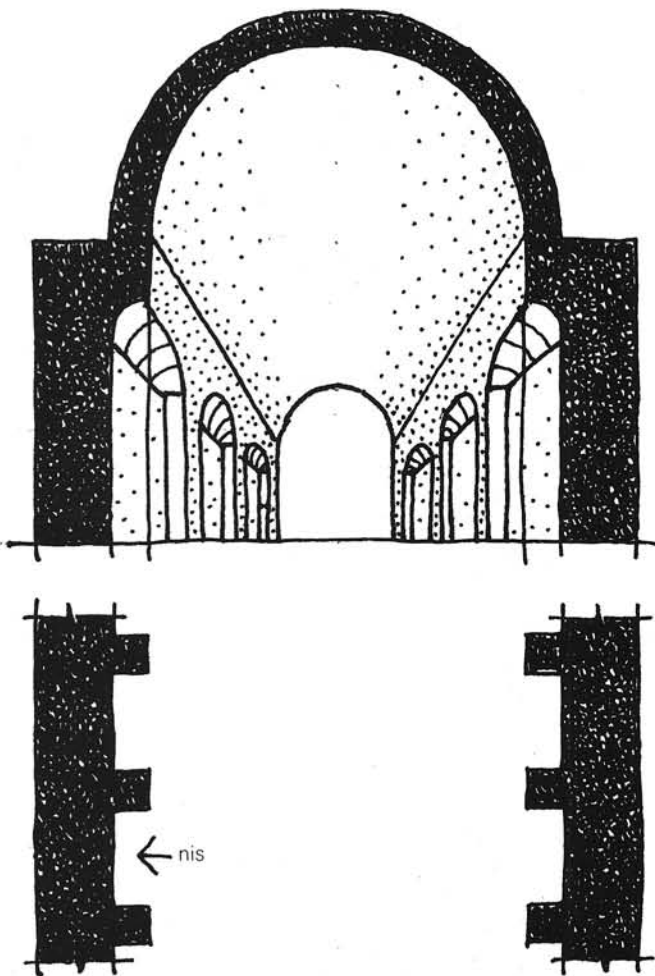
De Romeinse tongewelven werden vrijwel zonder uitzondering ondersteund door dikke langsmuren. Op deze muren worden bij de voet van het gewelf krachten uitgeoefend die gelijkmatig over de lengte van de muur verdeeld zijn. De verticale oplegkrachten leveren geen moeilijkheden op. Zij veroorzaken in de ondersteunende muur slechts kleine spanningen. Anders is dit bij de spatkrachten die aan de voet van de muur grote buigende momenten doen ontstaan. Om aan de krachten uit de tongewel-



180. De baksteenbogen in de kruisgewelven in de middenbeuk van de basilica van Maxentius te Rome. 310 nC.



181. Gewelven van de thermen van Caracalla. Beton op kleine en grote gebakken tegels.



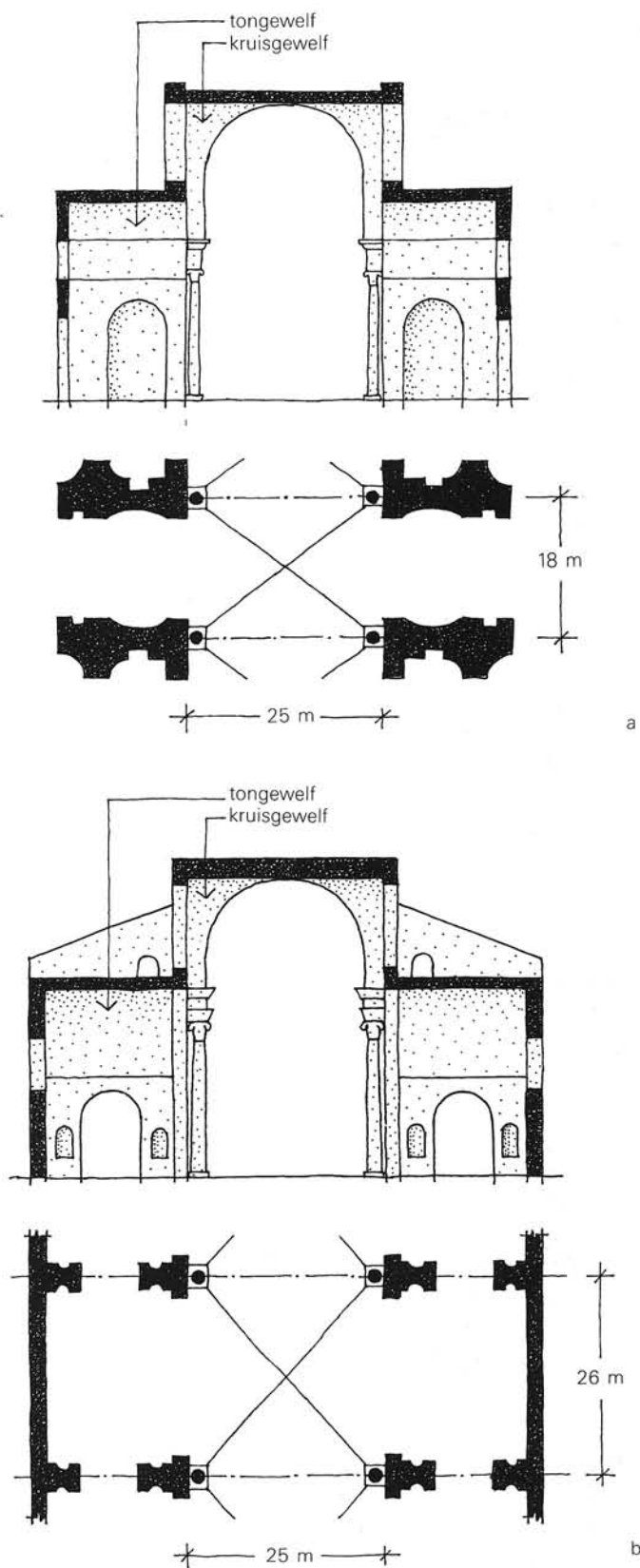
182. De ondersteuning van Romeinse tongewelven.

ven weerstand te kunnen bieden werden de langsmuren dik gemaakt. Het was geen bezwaar om, zoals veelal het geval was, in de muur aan de binnenzijde nissen uit te sparen mits hiertussen maar pijlers van voldoende breedte bleven staan (afb.182). Het buigende moment door de spatkrachten is immers zodanig gericht dat aan de buitenzijde van de muur de grootste spanningen (drukspanningen) ontstaan.

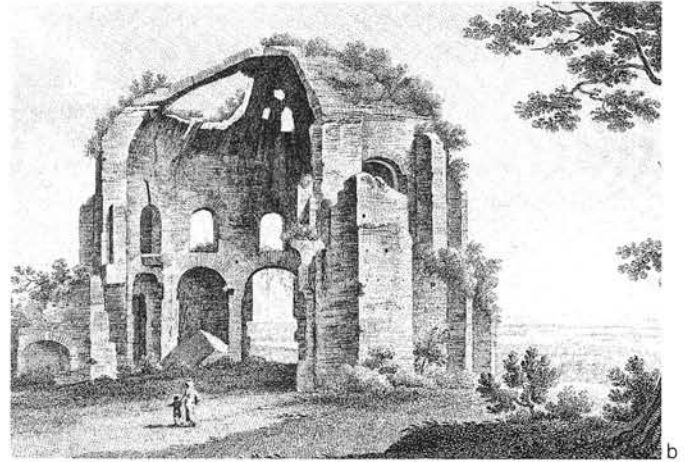
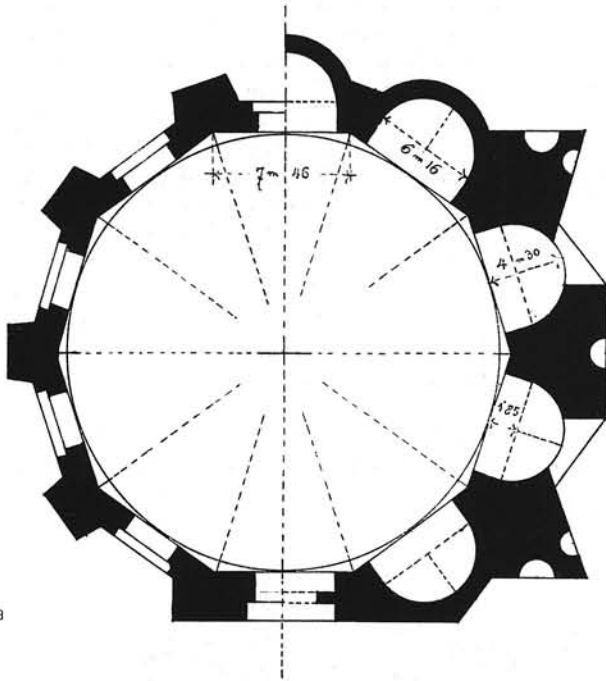
Geheel anders dan bij de tongewelven is de krachtenverdeling bij de ondersteuning van kruisgewelven (afb.183). Hier worden zowel de verticale oplegkrachten als de spatkrachten in punten geconcentreerd. Het grote voordeel hiervan is dat in de zijwanden nu grote openingen konden worden gemaakt. De kruisgewelven van de hiervoor genoemde drie grote hallen te Rome hadden met elkaar gemeen dat zij schijnbaar rustten op natuurstenen zuilen die onder de geboortepunten waren geplaatst. In werkelijkheid is dit niet het geval: alleen al door de verticale kracht ten gevolge van het gewicht van het dak zouden in deze zuilen ontoelaatbaar hoge drukspanningen optreden. Bovendien zijn ze in het geheel niet in staat om weerstand te bieden aan de spatkrachten. Bij de thermen van Caracalla waren achter de zuilen dan ook forse pijlers aanwezig die bovendien verbonden waren met nog grotere, verder naar buiten geplaatste steenmassa's. De binnenste pijlers zorgden voor het opnemen van de verticale krachten uit het dak, de buitenste moesten weerstand bieden aan de spatkrachten (afb.183a). Ook bij de basilica van Maxentius is een dergelijke constructie aanwezig (afb.183b). Achter de niet-dragende natuurstenen zuilen bevinden zich in de zijbeuken dwarsmuren die bij de middenbeuk beginnen als pijlers. Aan de spatkrachten uit de kruisgewelven kunnen de ruim 3 m dikke dwarsmuren gemakkelijk weerstand bieden, te meer omdat zij ook nog verticaal worden belast door de tongewelven van de zijbeuken. Duidelijker dan bij de thermen van Caracalla wordt hier het constructieprincipe zichtbaar van de hoge middeleeuwse kerkhallen waar steunberen fungeren voor het opnemen van de spatkrachten uit de gewelven.

Koepels worden in het algemeen gebouwd op een plattegrond die ten opzichte van twee onderling loodrechte assen op gelijke wijze symmetrisch is, zoals een vierkant, een regelmatige veelhoek en een cirkel. In het Westromeinse rijk komen koepels op een vierkante plattegrond slechts voor in beperkte afmetingen, met overspanningen kleiner dan 10 m. Eerst in het Byzantijnse rijk werden grote koepels op een vierkante plattegrond gebouwd zoals in de Hagia Sofia te Constantinopel (530 nC, voetdiameter 33 m) en bij de Perzen in de paleizen van de Sassanidische koningen (225- 650 nC).

Een koepel op een veelhoekige plattegrond, in dit geval een tienhoek, is die van de zogenaamde tempel van Minerva Medica te Rome (begin 4de eeuw nC, afb.184) met een overspanning van 24,5 m. De koepel, van baksteen en beton, heeft brede baksteenribben die naar de hoekpijlers lopen en daartussen smallere baksteenribben die uitkomen op baksteenbogen boven de muuropeningen tussen de hoekpijlers. De baksteenribben werden aangevuld met beton waarin kassetten werden uitgespaard. Het probleem van de overgang van een veelhoek naar de cirkelvorm van de koepel deed zich hier nauwelijks voor omdat



183. De ondersteuning van Romeinse kruisgewelven.
a. De thermen van Caracalla, Rome.
b. De basilica van Maxentius, Rome.



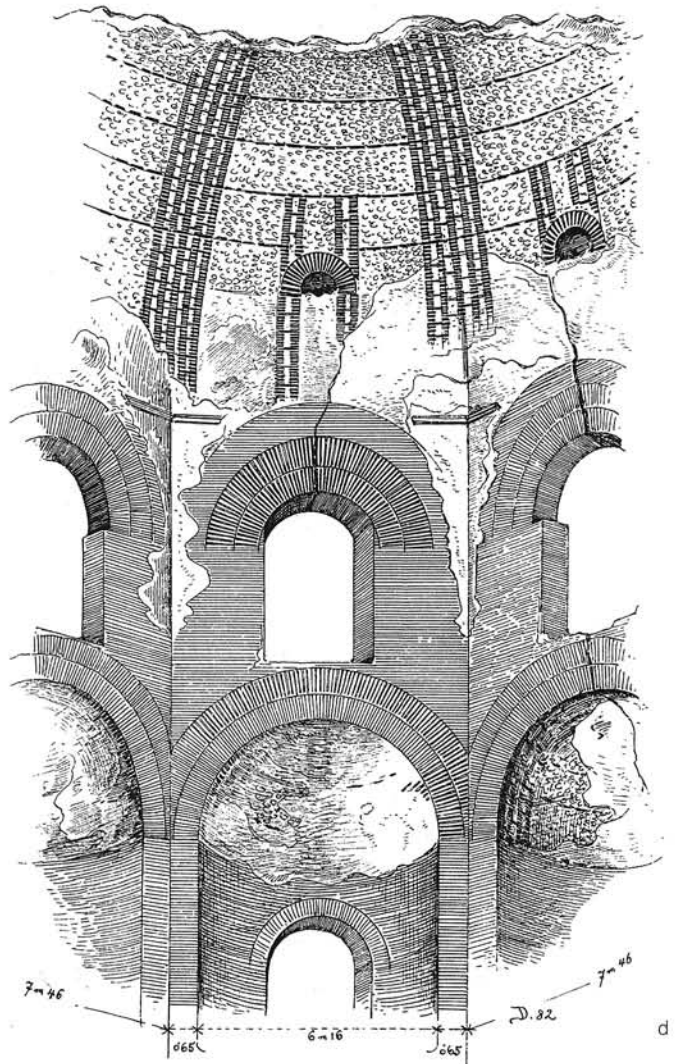
184. De tempel van Minerva Medica te Rome. Begin 4de eeuw nC.

a. Plattegrond.

b. De ruïne in 1825. Naar een gravure.

c. De ruïne in de huidige toestand.

d. De constructie.



de tienhoek de cirkel dicht benadert. Het over een geringe hoogte uitkragend metselen van baksteen vanuit de hoekpunten van de veelhoek was voldoende.

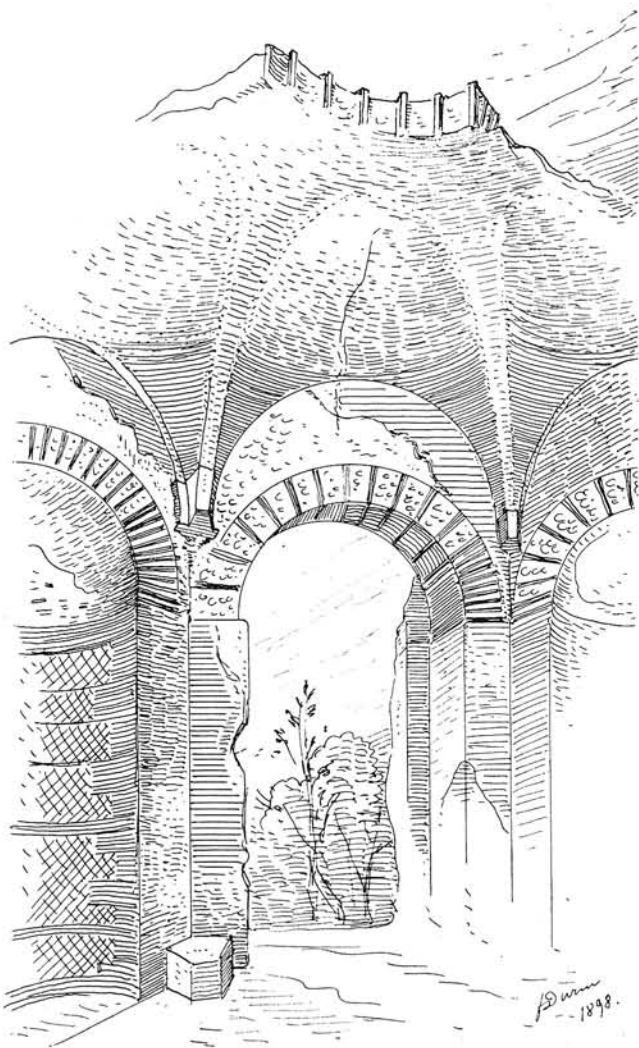
Een andere wijze van het overgaan van een veelhoek, in dit geval een achthoek, naar de cirkel is te vinden bij de Piazza d'Oro in de villa van Hadrianus te Tivoli waarbij vanuit de hoeken ribben zijn gemaakt die geleidelijk overgaan in de cirkelvormige doorsnede van de koepel (afb.185).

Pendentiefs werden door de Westromeinen weinig gebruikt en niet bij koepels met een grote overspanning. Zij kwamen eerst tot ontwikkeling in het Byzantijnse rijk, bijvoorbeeld bij de Hagia Sofia.

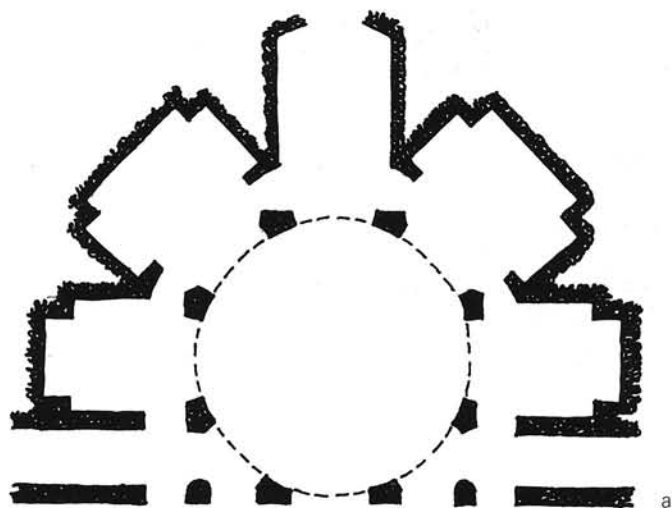
In het Gouden Huis (Domus Aurea), het paleis van Nero te Rome (60 nC) kwam een koepel voor op een achthoekige plattegrond met een overspanning van ruim 13 m en een opening in het midden (afb. 186). De koepel is

heel van beton. De ondersteuning ervan is hier niet een muur met openingen, zoals bij veruit de meeste Westromeinse koepels het geval is, maar wordt gevormd door pijlers waartussen bakstenen lateien.

In de thermen van Baia, ten noorden van Napels, kwam een aantal opmerkelijke koepels voor, zoals bij de zogenaamde tempels van Mercurius, Venus, Diana en Apollo. De tempel van Mercurius werd vermoedelijk in het begin van de 1ste eeuw nC gebouwd. De koepel heeft een voetdiameter van 21,5 m en is gemaakt van tufsteen (afb.187). De koepel van de tempel van Venus dateert uit het midden van de 2de eeuw nC en had een diameter van 26,5 m (afb.188). Hij was van beton en baksteen. Van de tempel van Diana, uit de tweede helft van de 2de eeuw nC, is de helft van de koepel nog aanwezig (afb.189). Deze heeft een voetdiameter van 29,5 m. Het onderste gedeelte is van baksteen, het bovenste van kleine lichte tufsteen-



185. Het koepelgewelf over de Piazza d'Oro in de villa van Hadrianus te Tivoli.



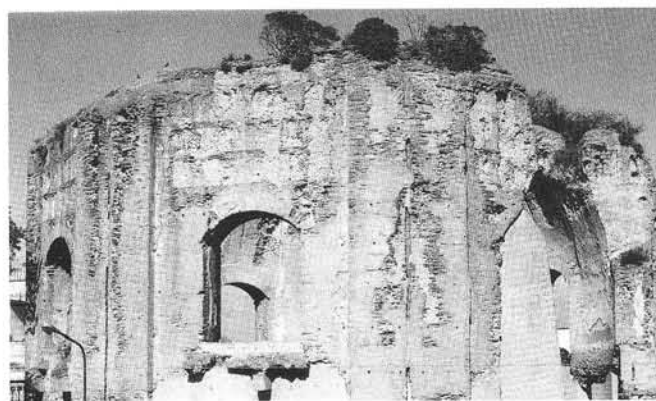
186. Het Gouden Huis (Domus Aurea) van het paleis van Nero te Rome. 60 nC.

a. Plattegrond.

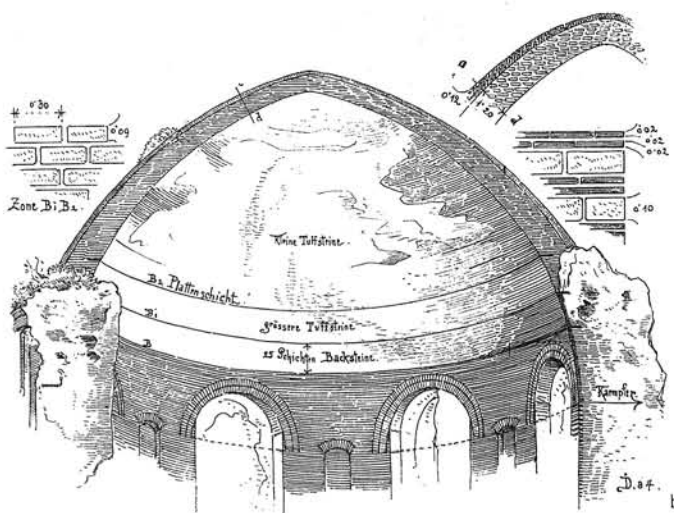
b. Interieur.



187. De tempel van Mercurius te Baia. Begin 1ste eeuw nC. Interieur.



188. De tempel van Venus te Baia. Midden 2de eeuw nC. De ruïne.



189. De tempel van Diana te Baia. Tweede helft 2de eeuw nC.

a. De nog aanwezige halve koepel.

b. De constructie.

blokken, alles gemetseld in horizontale lagen. De verticale doorsnede van de koepel is een spitsboog, een vorm die, in tegenstelling tot de halve cirkelboog, het metselen in horizontale lagen tot aan de top mogelijk maakt. Van de tempel van Apollo uit de 2de eeuw nC is slechts de ondersteunende ringmuur met de aanzet van de voet van de koepel nog aanwezig. De voetdiameter is 36 m, na het Pantheon de grootste bij de Romeinen (afb.190).

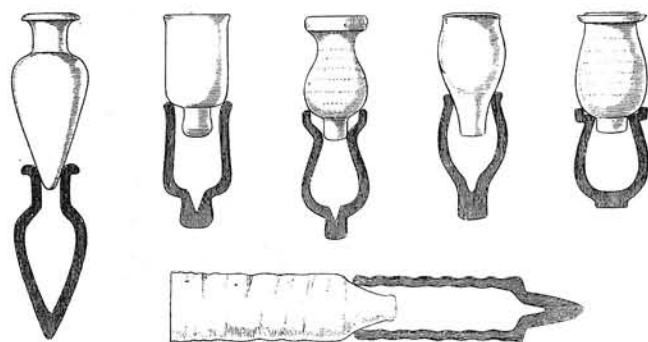
In de thermen van Caracalla te Rome (220 nC, afb.136) heeft het caldarium een ronde vorm. Het was overdekt door een koepel met een voetdiameter van 35 m die aan de binnenzijde was bezet met tegels. Het gewicht van de koepel was verminderd door er holle stenen kruiken in te verwerken, vermoedelijk een van de eerste toepassingen daarvan (afb.192). Het mausoleum van Gordianus (Tor de'Schiavi) te Rome uit 320 nC is bekend vanwege het op grote schaal voorkomen van holle kruiken in de koepel (afb.193).

Het grootste koepelgewelf uit de Romeinse tijd is dat van het Pantheon te Rome uit 120 nC, met een voetdiameter van 43,5 m (afb.194). De grootte van deze overspan-

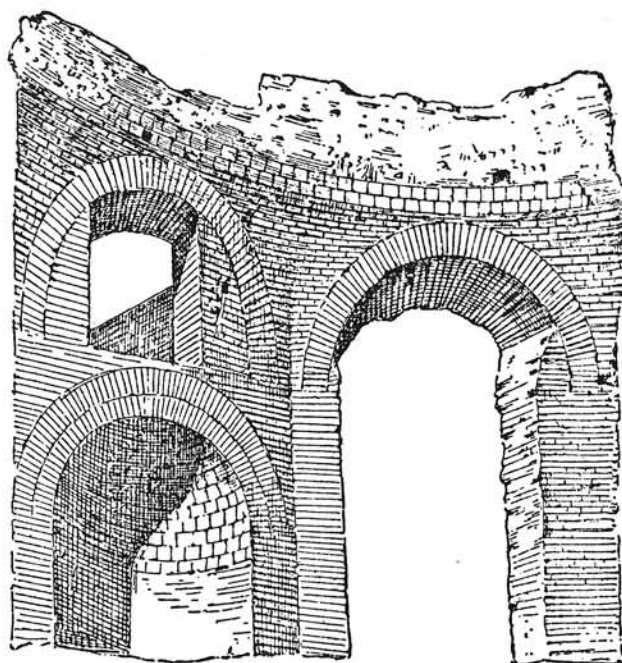
ning is bij gebouwen eeuwenlang een haast magische bovengrens geweest. Zij is, in steenachtig materiaal, eerst in 1913 overtroffen door de koepel van de Jahrhunderthalle te Breslau, in gewapend beton met een diameter van 65 m. De koepel van het Pantheon wordt gedragen door een tamboer met een muurdikte van 6,5 m, vervaardigd van beton met een bekleding van baksteen. De koepel heeft aan de binnenzijde cassetten en in de top een onafgedekte opening met een diameter van 8,2 m. Hij is geheel uitgevoerd in beton. De dikte van de koepelschaal, gemeten op de ribben tussen de cassetten, is ruim 1,5 m. Over het onderste deelte is het koepelgewelf echter verbreed door een trapvormige uitbouw met zeven treden. Bovendien is aan de buitenzijde de muur van de rotonde nog ruim 8 m doorgetrokken boven de voet van de koepel aan de binnenzijde. Zowel het gewicht van de trapvormige verbreding als dat van het verhoogde muurgedeelte dragen bij tot de stabiliteit van de tamboermuur. Een andere maatregel om de krachten, die door de koepel op deze muur worden uitgeoefend, te verminderen is de vervaardiging van de koepel in drie horizontaal gescheiden lagen van be-



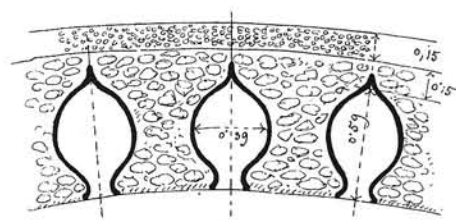
190. De tempel van Apollo te Baia. 2de eeuw nC.



192. Holle kruiken zoals deze in vele vormen werden ingebouwd in gewelven voor de vermindering van het gewicht ervan.



191. De rotonde van de thermen van Caracalla te Rome. 215 nC.



193. Holle kruiken in de koepel van het mausoleum van Gordianus (Tor de'Schiavi) te Rome. 320 nC.

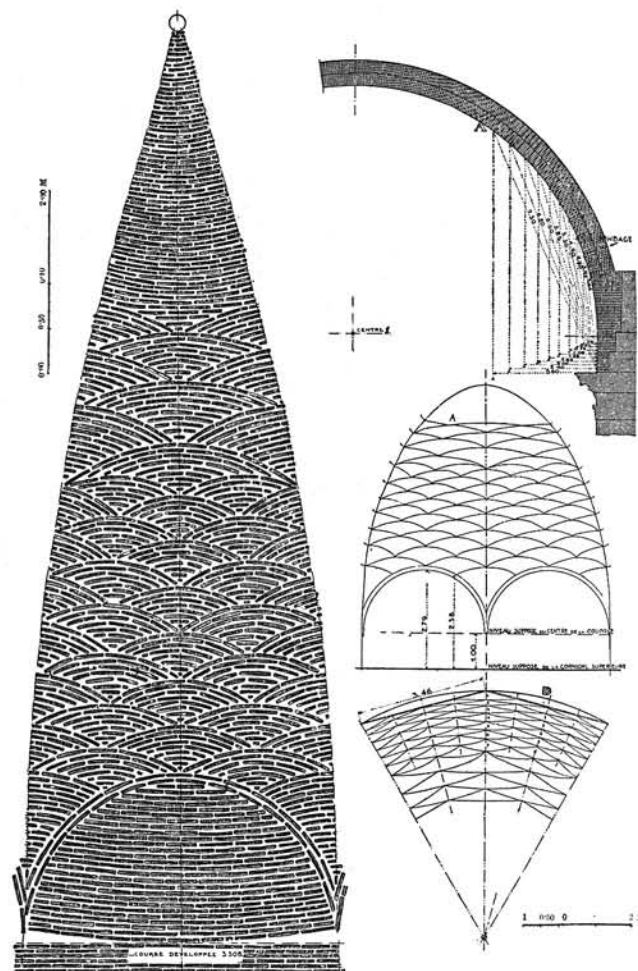
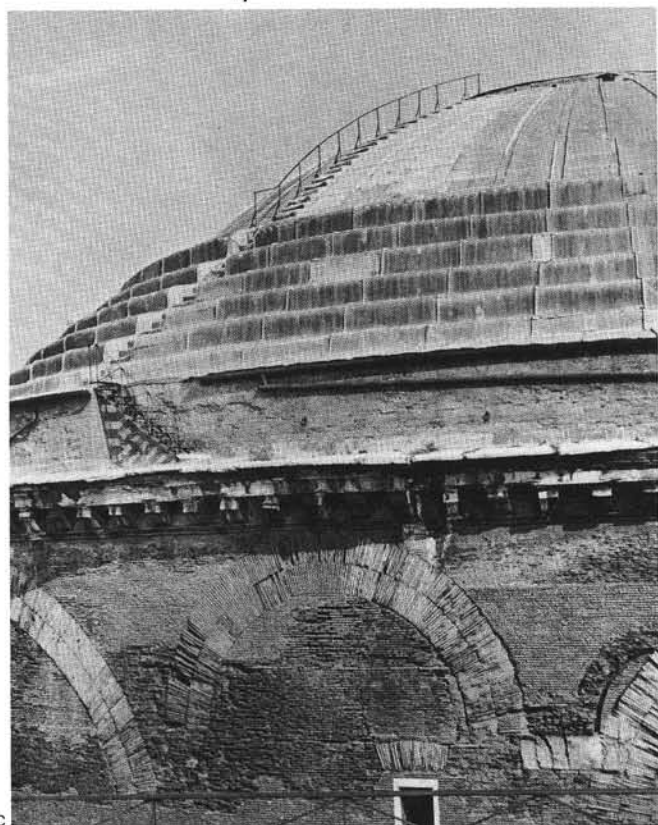
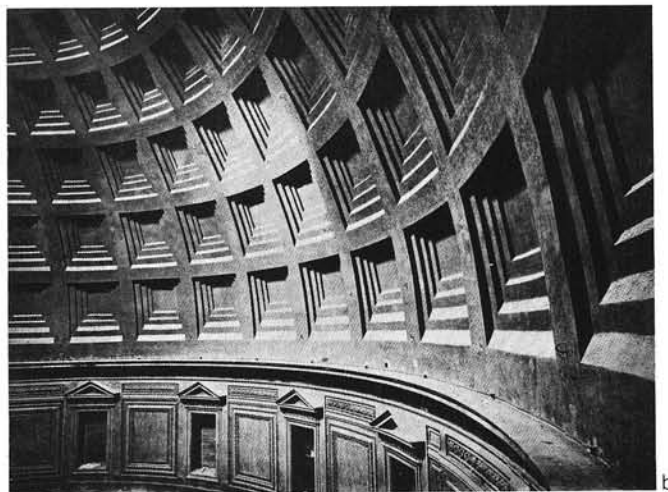
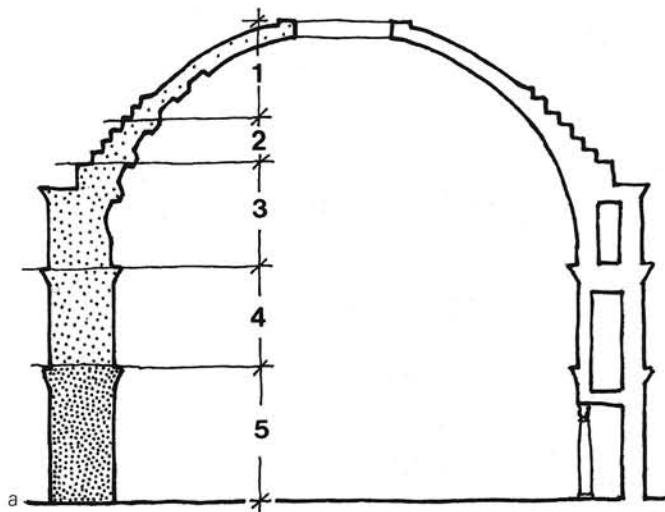
ton van verschillende samenstellingen. De onderste laag, de zwaarste, ongeveer 12 m hoog, heeft een toeslag van gebroken tufsteen en baksteen (volumieke massa ongeveer 1600 kg/m³). Bij de tweede laag, ongeveer 2 m hoog, is naast gebroken baksteen lichtere tufsteen gebruikt. In de derde laag, ongeveer 9 m hoog, bestaat de toeslag uit tufsteen en bims (volumieke massa 1350 kg/m³). Om de lichtopening ligt een baksteenring die als drukelement fungeert. In het beton van de koepel is voor een betere samenhang een aantal flauwhellende lagen van baksteentegels aangebracht. De baksteenbogen en -ribben, die op een aantal oude tekeningen voorkomen, zijn echter niet aanwezig.

Eén van de weinige koepels, die geheel in baksteenmetselwerk zijn uitgevoerd, is die van het mausoleum van Diocletianus in Spalato (het huidige Split in Joegoslavië) uit 300 nC (afb. 133 en 195). De onderbouw, met muren van 3 m dikte, is uitwendig achthoekig, van binnen cirkelvormig met een inwendige diameter van 13 m. Het gewelf is uitgevoerd in twee schalen, ieder dik 0,3 m. In de binnenste schaal is de baksteen in het onderste gedeelte

hoogsgewijs in een schubbenpatroon verwerkt, daarboven in ringen van naar het middelpunt van de bol gerichte stenen. De buitenzijde van de koepel is met beton aangevuld tot een achthoekige piramide.

Eén van de weinige Westromeinse koepels, die ondersteund worden door zuilen, is die van het grafmonument van Santa Constanza te Rome uit de eerste helft van de 4de eeuw nC (afb. 196). De zuilen zijn gerangschikt in twaalf radiaal gerichte paren. Tussen de zuilenparen zijn bogen aangebracht waarop de koepel, met een voetdiameter van 11 m, via opgaand metselwerk, dik 1,5 m, rust. Tussen de zuilen en de 3 m dikke buitenmuur ligt een rondgaand tongewelf. De koepel is gemaakt van beton met baksteenribben.

De Romeinen waren de grote gewelfbouwers van de Oude Tijd. Niet alleen hadden zowel hun ton- als hun koepelgewelven grote afmetingen maar zij introduceerden voor grote overspanningen ook het kruisgewelf. De afbeeldingen 197 en 198 en de tabellen 6 en 7 geven een overzicht van de grote gewelven uit de Oude Tijd. Hieruit blijkt hoe groot het aandeel van de Romeinen hierin was.



194. Het Pantheon te Rome. 120 nC.

a. Verticale doorsnede met de betonsamenstellingen van de tamboer en de koepel.

1. beton met lichte brokken tuf en bims (volumieke massa 1,35).

2. beton met brokken tuf en baksteen (vol.massa 1,50).

3. beton met brokken tuf en baksteen (vol.massa 1,60).

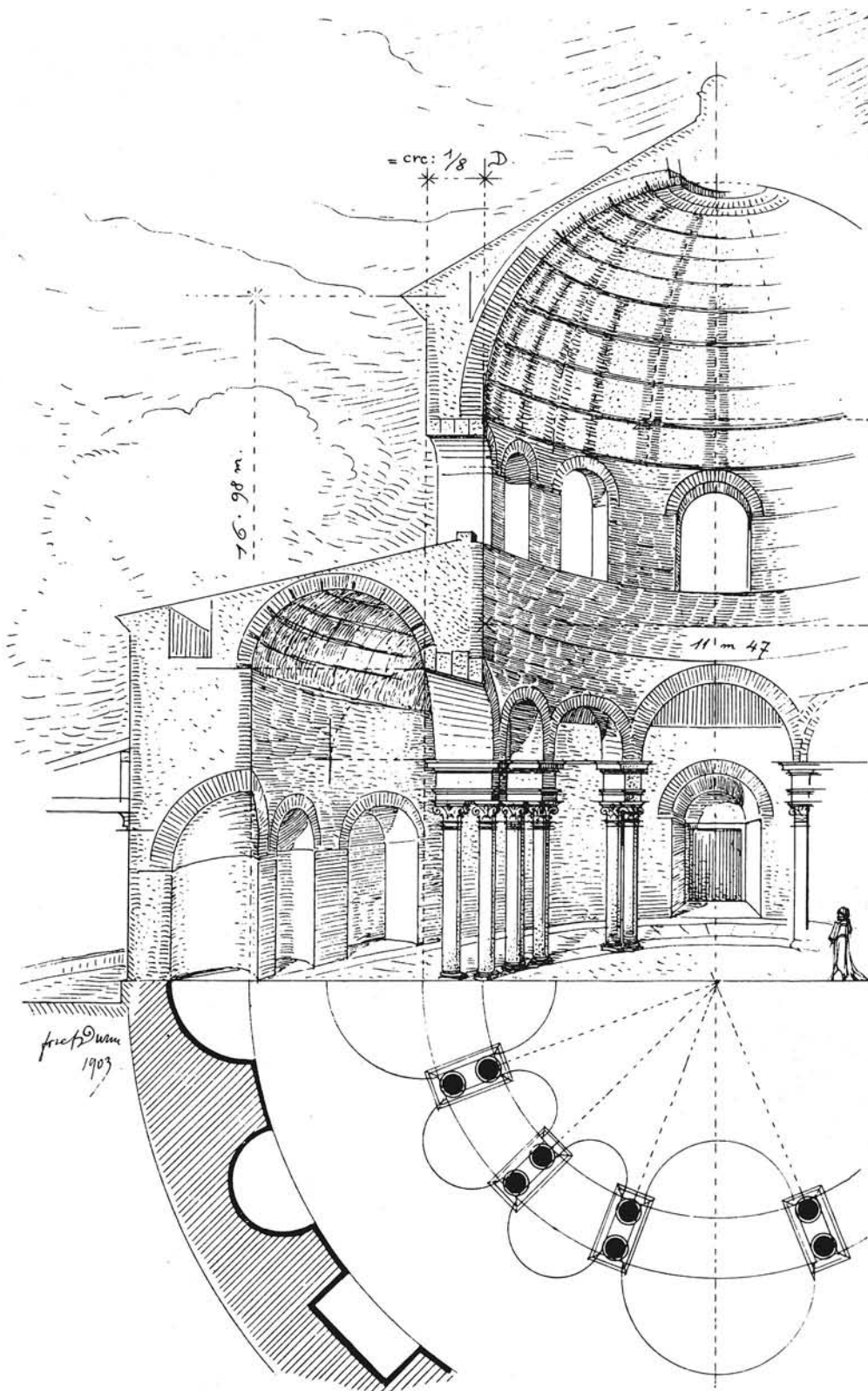
4. beton met grotere brokken tuf en baksteen (vol.massa 1,60).

5. beton met brokken travertijn en tuf (vol.massa 1,75).

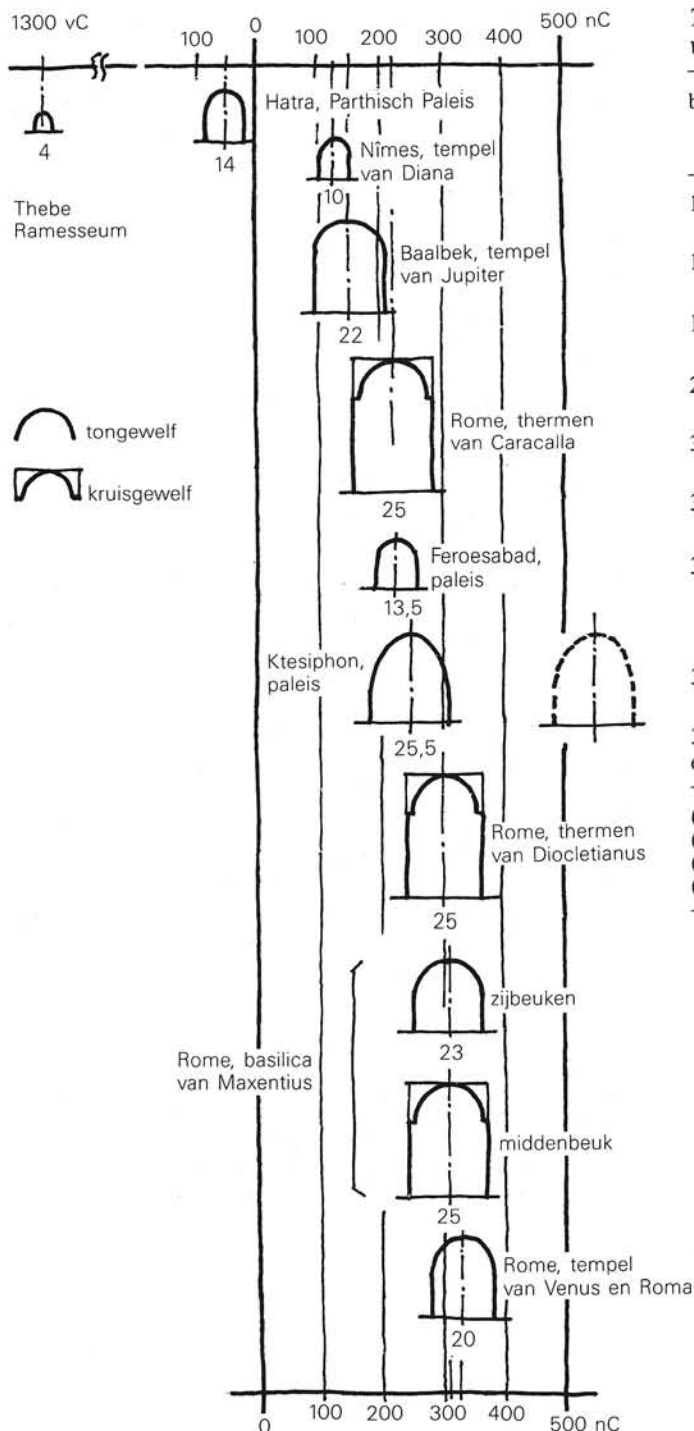
b. De koepel met de cassetten.

c. Exterieur met de trapvormige, thans met lood beklede verbreding van de koepel.

195. Het mausoleum van Diocletianus te Spalato. 300 nC. Het koepelgewelf is geheel van baksteen.



196. Santa Constanza te Rome. Eerste helft 4de eeuw nC.



Tabel 6. Overzicht van de belangrijkste ton- en kruisgewelven van de Oude Tijd.

bouwtijd	plaats	naam	over- spanning m	type (1)	mate- riaal (2)	vorm (3)
1e eeuw vC	Hatra	Parthisch	14	t	ns	kl
130 nC	Nîmes	tempel van Diana	10	(4)	ns	hc
150 nC	Baalbek	tempel van Jupiter	22	t	ns	hc
220 nC	Rome	thermen van Caracalla	25	k	bt + bs	hc
3e eeuw nC	Feroesabad	Sassanidisch paleis	13,5	t	ns	?
300 nC	Rome	thermen van Diocletianus	25	k	bt + bs	hc
310 nC	Rome	basilica van Maxentius	23	t	bt + bs	hc
		zijbeuken	25	k	bt + bs	hc
330 nC	Rome	tempel van Venus en Roma	20	t	bs	hc
3e of 6e eeuw nC	Ktesiphon	Sassanidisch paleis	25,5	t	bs	kl

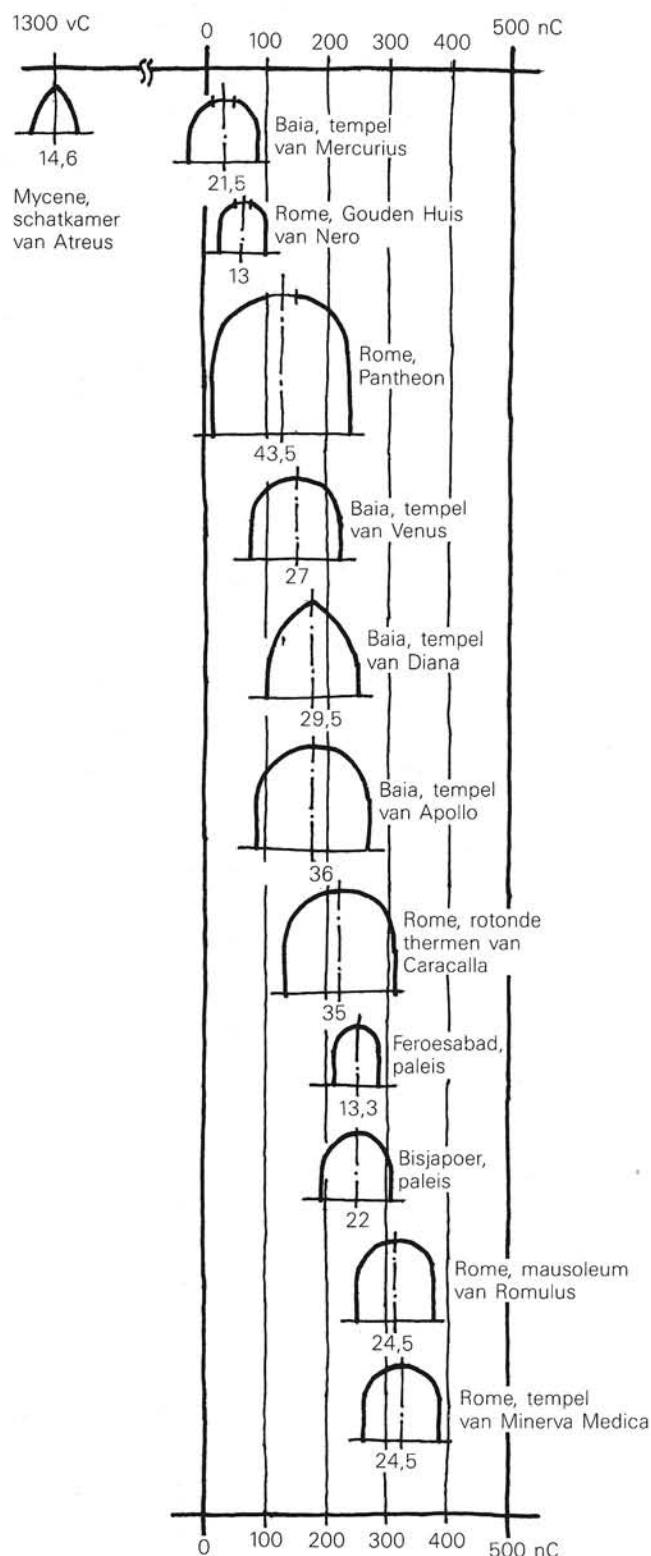
(1) t = tongewelf; k = kruisgewelf

(2) ns = natuursteen; bs = baksteen; bt = beton

(3) kl = kettinglijn of daarop gelijkend; hc = halve cirkel

(4) constructie met bogen

197. Overzicht van grote ton- en kruisgewelven in de Oude Tijd.



Tabel 7. Overzicht van de belangrijkste koepelgewelven van de Oude Tijd.

bouwtijd	plaats	naam	diameter m	materiaal (1)
1300 vC	Mycene	schathuis van Atreus	14,6	ns
begin 1ste eeuw nC	Baia	tempel van Mercurius	21,5	ns
60 nC	Rome	Gouden Huis van Nero	13	bt
120 nC	Rome	Pantheon	43,5	bt
2de eeuw nC	Baia	tempel van Venus	26,5	bt + bs
2de eeuw nC	Baia	tempel van Diana	29,5	bt + ns
2de eeuw nC	Baia	tempel van Apollo	36	?
220 nC	Rome	rotonde thermen van Caracalla	35	?
300 nC	Spalato	mausoleum van Diocletianus	13	bs
300 nC	Saloniki	kerk van St Georgius	24	?
310 nC	Rome	mausoleum van Romulus	24,5	?
320 nC	Rome	Tor de'Schiavi	13	bt
begin 4de eeuw nC	Rome	tempel van Minerva Medica	24,5	bt + bs
1ste helft 4de eeuw	Rome	kerk van Santa Constanza	11	bt + bs
3de eeuw nC	Feroesabad	paleis	13,5	ns
3de eeuw nC	Bisjapoer	paleis	22	ns
4de eeuw nC	Sarvistan	paleis	12	bs

(1) ns = natuursteen; bs = baksteen; bt = beton

198. Overzicht van grote koepelgewelven in de Oude Tijd.

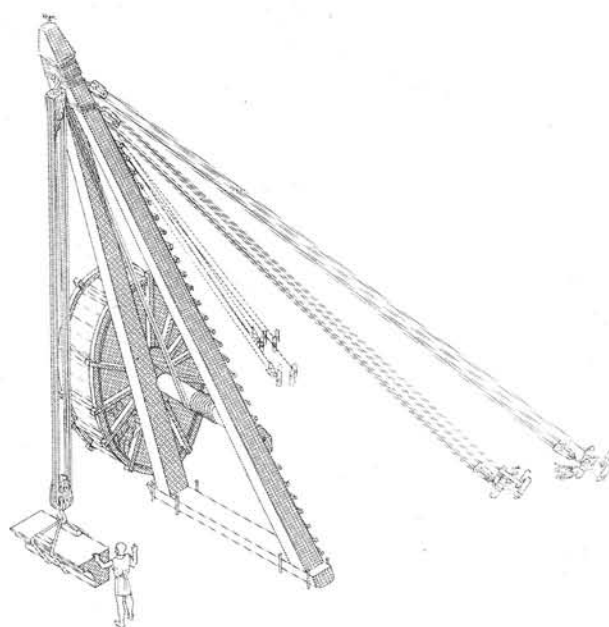
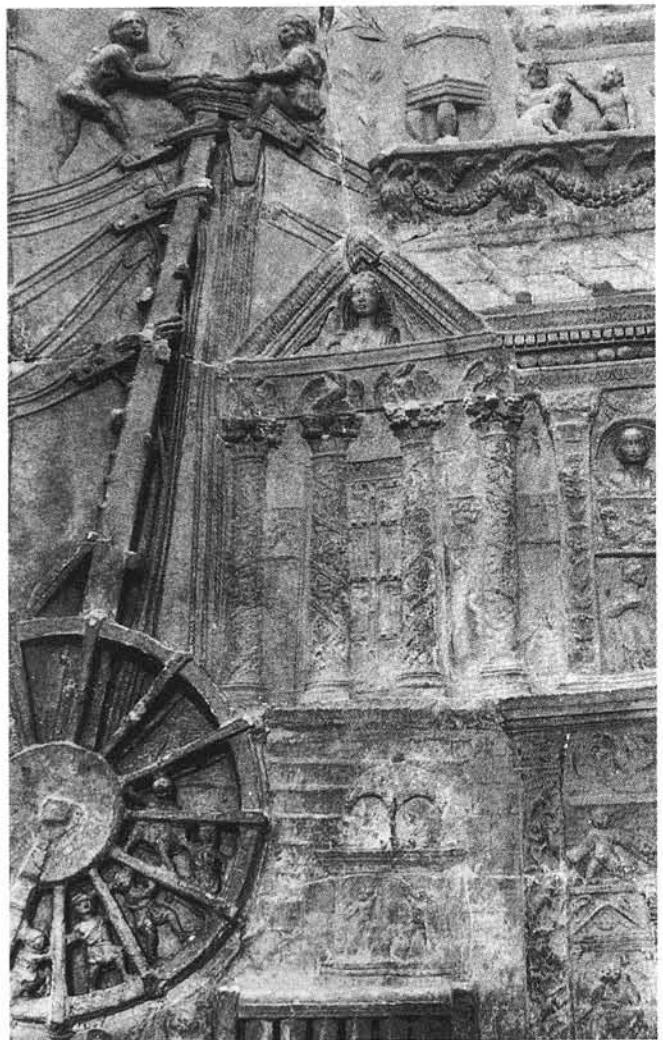
7.8. Transport

Zoals bij het Griekse bouwen reeds werd opgemerkt treden transportproblemen vooral op als volumineuze of zware bouwdelen moeten worden verplaatst. Dit is met name het geval bij grote natuursteenblokken. In het Romeinse gebied zijn voorbeelden daarvan de drie enorme natuursteenblokken die verwerkt zijn in het terras van de tempel te Baalbek, met een lengte van ruim 19 m en een hoogte van 4 m. In een steengroeve bij Baalbek is een niet geheel losgemaakt blok achtergebleven met afmetingen van 4,2x4,3x21,5 m en een gewicht van bijna 1000 ton (afb.199). Het is niet zeker dat het initiatief tot het maken van zulke grote blokken, met de daaraan verbonden transportproblemen, aan de Romeinen moet worden toegeschreven. Misschien waren zulke ideeën afkomstig van de plaatselijke bevolking, de Feniciërs, in het voetspoor van de Egyptenaren. Eerder schijnt het dat de Romeinen, met hun pragmatische instelling, dergelijke zware bouwdelen vermeden. Voor het transporteren en stellen van natuursteenblokken moet dan ook overwegend gebruik zijn gemaakt van de werkwijzen en werktuigen die ook al bij de Grieken in zwang waren. Een reliëf uit het begin van de 4de eeuw nC laat zien dat de Romeinen gebruik maakten van tredmolens terwijl een hijsbok is afgebeeld met vele ingeschoren blokken (afb.200).



199. Het grote natuursteenblok (4,2x4,3x21,5 m), achtergebleven in een steengroeve bij Baalbek.

200. Reliëf uit het begin van de 4de eeuw nC met een tredmolen en een hijsbok met vele ingeschoren blokken.



7.9. Literatur

- J.-P. Adam, La Construction Romaine. Matériaux et techniques, Paris 1984
- A. Choisy, L'art de bâtir chez les Romains, Paris 1873
- J. Durm, Die Baukunst der Etrusker. Die Baukunst der Römer. Handbuch der Architektur. Zweiter Teil. Band 2, Stuttgart 1905(2)
- K. de Fine Licht, The Rotunda in Rome. A Study of Hadrian's Pantheon, Copenhagen 1968
- R. Graefe, Vela Erunt. Die Zeltdächer der römischen Theater und ähnlicher Anlagen, Mainz am Rhein 1979
- H.-O. Lamprecht, Opus Caementitium. Bautechnik der Römer, Düsseldorf 1984
- W.L. MacDonald, The Pantheon. Design, meaning en progeny, London 1976
- W. Müller, Architekten in der Welt der Antike, Zürich 1989
- G.T. Rivoira, Roman architecture and its principles of construction under the Empire, Oxford 1925
- D.S. Robertson, Greek and Roman Architecture, Cambridge 1974
- Vitruvius, The ten books on architecture, New York 1960

8. HET OVERIGE EUROPA

8.1. Algemeen

Behoudens wat de Romeinen in hun buitengewesten deden was het bouwen in Europa buiten Italië en Griekenland van primitieve aard. Woningen en boerderijen waren zeer eenvoudig van samenstelling en grote overspanningen waren in het geheel niet aan de orde. Het enige wat uit een oogpunt van bouwtechniek de aandacht trekt zijn de werken die werden samengesteld uit megalieten. Het transport van de grote natuursteenblokken naar de bouwplaats en het oprichten ervan moet van de plaatselijke bevolking een grote inspanning hebben gevergd.

Megalietwerken komen in bijna geheel Europa voor. Concentraties zijn er:

- In gebieden die niet ver van een zee kust zijn gelegen zoals in Groot-Brittannië, Frankrijk, Spanje en op de eilanden in en de landen rondom de Middellandse Zee, met inbegrip van de kusten van Voor-Azië en Noord-Afrika.
- In gebieden waar grote keien voorkomen, afkomstig uit de ijstijden, zoals in Zuid-Scandinavië, Denemarken, Noord-Duitsland en Nederland (Drente).

8.2. Megalietwerken

Megalieten zijn grote natuursteenblokken (van het Grieks: mega = groot; lythos = steen).

De werken, die van megalieten werden gemaakt, zijn in hoofdzaak van de volgende typen.

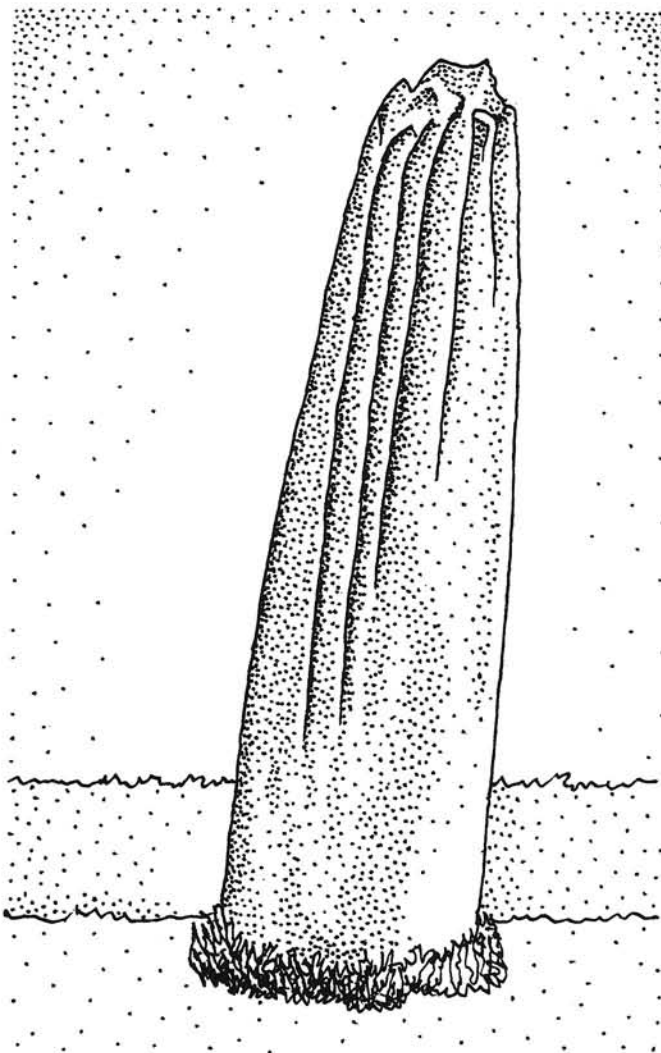
a. Menhirs

Menhir: van het Bretons; man-steen.

a.1. Alleenstaande menhirs

Deze kunnen zeer grote afmetingen hebben. Voorbeelden ervan zijn:

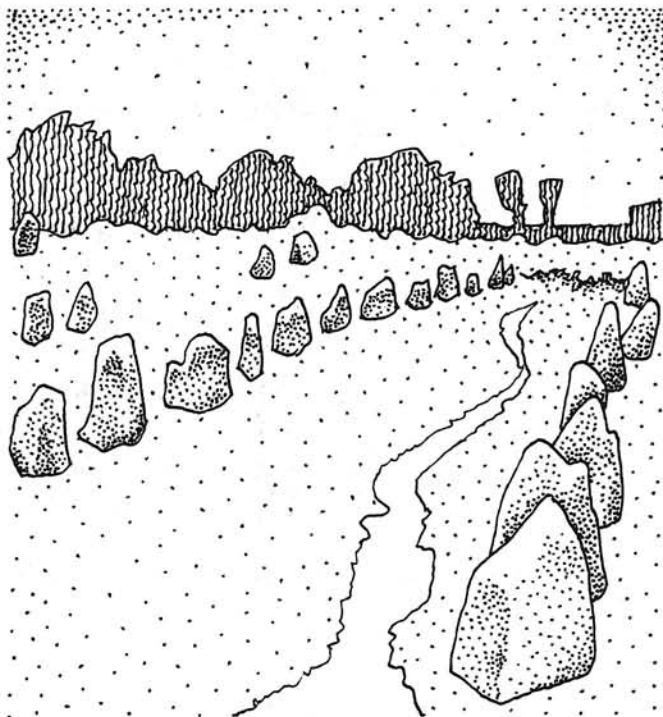
- De menhir van Locmariaquer bij Carnac in Bretagne. Deze menhir, die omgevallen is, heeft een gewicht van ongeveer 350 ton.
- De menhir van Kerloas bij Plouarzel in Bretagne. Dit is de grootste nog rechtop staande menhir, met een gewicht van 150 ton.
- De drie 'Devil's Arrows' bij Boroughbridge in Yorkshire. De zuidelijkste steen heeft een hoogte van 7,5 m (afb.201).



201. Een van de drie 'Devil's Arrows' bij Boroughbridge, Yorkshire.

a.2. Groepen van menhirs die gerangschikt zijn volgens een geometrisch patroon.

- Rijen van menhirs. Gerangschikt in rijen komen deze menhirs soms voor in grote velden (afb.202). Bekend zijn de velden in de omge-



202. Een veld van menhirs, gerangschikt in rijen.

ving van Carnac in Bretagne. Het menhirveld van Kermario telt daar meer dan duizend stenen, verdeeld over tien bijna parallelle rijen met een lengte van meer dan een kilometer.

• Kringen van menhirs.

De vorm van de kringen is meestal die van de cirkel of het ei. Kringen van menhirs komen veel voor in Groot-Britannië en worden daar cromlechs (kromme stenen) genoemd. Een voorbeeld daarvan zijn de kringen van Avebury (afb.203).

b. Werken, opgebouwd uit megalieten

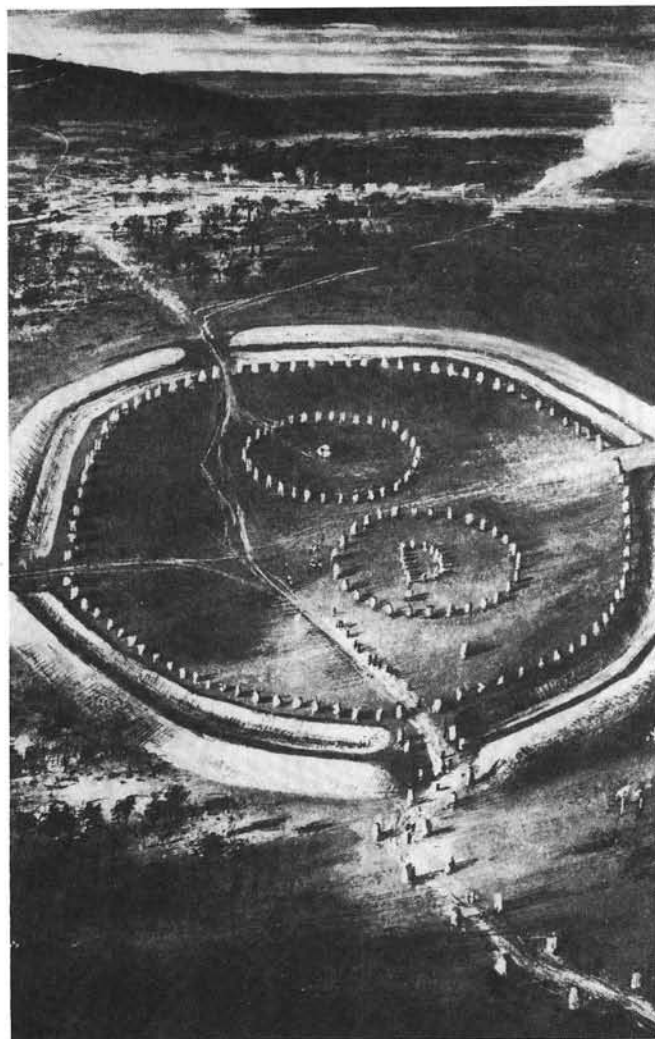
b.1. Dolmens

Dolmen: van het Bretons; tafel van steen.

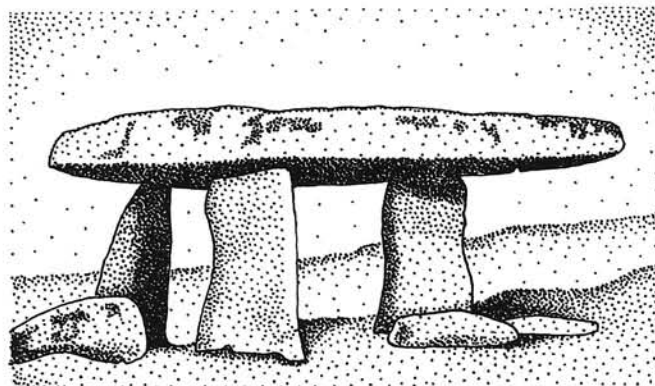
Een dolmen is meestal samengesteld uit drie of meer staande megalieten waarop een grote dekplaat steunt die niet zelden een gewicht van ongeveer 50 ton heeft. De dolmens behoren tot de megalietgraven. Een voorbeeld ervan is die van Lanyon Quoit in Cornwall, Engeland (afb.204).

b.2. Ganggraven

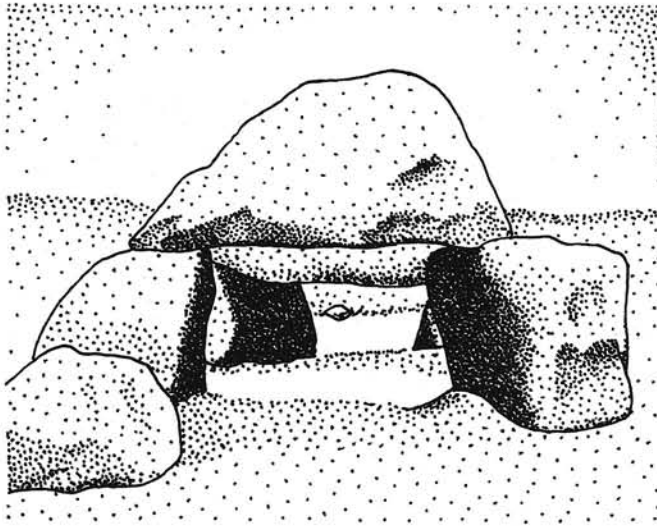
Ganggraven zijn gebouwd uit meestal twee evenwijdige rijen megalieten op een korte onderlinge afstand waarover dekstenen zijn gelegd. Tot deze groep behoren de hunebedden zoals deze voorkomen in Drente en Noord-Duitsland (vele op de Lüneburger Heide). Afb.205. Ook in Spanje komen ganggraven voor waarbij de megalieten, in tegenstelling tot de hunebedden in Noord-Europa, bewerkt zijn tot min of meer rechthoekige blokken zoals dit



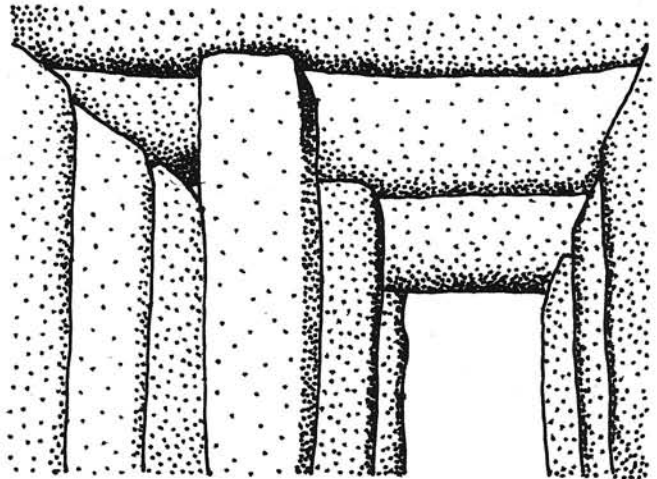
203. De steenkringen te Avebury, Zuid-Engeland.



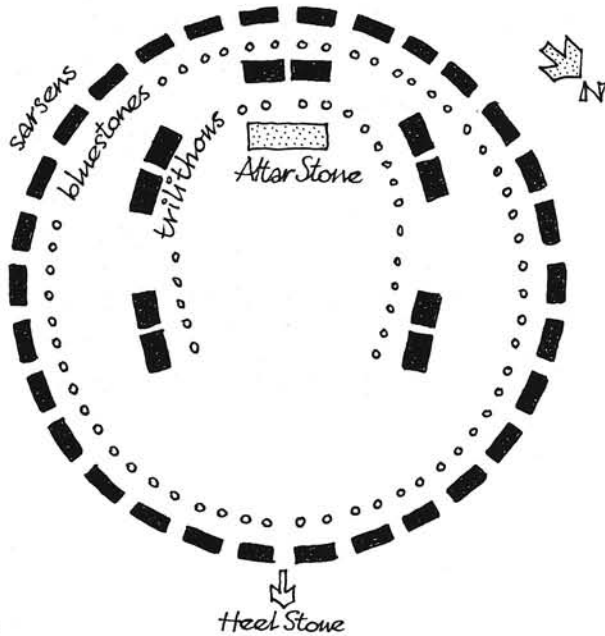
204. Een dolmen bij Lanyon Quoit in Cornwall.



205. Een hunebed.



206. Het ganggraf Cueva de Manga bij Antequera in de provincie Malaga, Spanje.



a

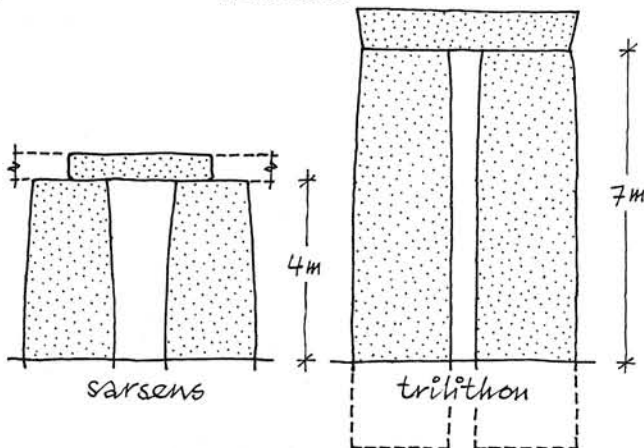


b

207. Het monument van Stonehenge, Zuid-Engeland.

a. Plattegrond.

b. Reconstructie.



het geval is bij de Cueva de Manga bij Antequera in de provincie Malaga (afb.206).

b.3. Kringen van samengestelde megalieten

De bekendste hiervan is het monument van Stonehenge op de vlakte van Salisbury in Zuid-Engeland (afb.207). Het werd in fasen in concentrische cirkels gebouwd. Uiteindelijk bestond het van buiten naar binnen uit een twee meter hoge aarden wal met een diameter van bijna 100 m, een cirkel van kuilen (naar hun ontdekker de Aubrey Holes genoemd), een cirkel met een diameter van ongeveer

30 m van 'sarsens', dertig staande zandsteenblokken met een hoogte van ongeveer 4 m, afgedekt met horizontale blokken, en een cirkel van blauwe dolerietkeien (de 'blue-stones'). In het centrum van het monument stonden in hoefijzervorm, met de opening naar de plaats van de midzomerzonsopgang, de vijf 'trilithons', ieder samengesteld uit twee verticale zandsteenblokken en een horizontaal blok. Zij namen naar het midden van het hoefijzer in hoogte toe tot een grootste hoogte van de verticale blokken van 7 m met daarbij nog een gedeelte van 2 m in de grond. De grootste stenen van Stonehenge werden daarmee 9 m lang en wegen circa 45 ton. Binnen de trilithons was nog een kleiner hoefijzer van bluestones. Midden hierin stond de bijna 5 m lange Altar Stone. Buiten het monument ligt de Heel Stone, een grote kei die waarschijnlijk bedoeld was om de plaats van midzomerzonsopgang aan te geven.

Van de megalietgraven zijn vele overdekt of overdekt geweest met aarde. Deze overdekking groeide bij een aantal graven uit tot grote heuvels (tumuli). Een van de grootste is de Silbury Hill bij Marlborough, Zuid-Engeland. Hij heeft een hoogte van 43 m (afb. 208).

Over de betekenis van de megalietwerken, waarvan de meeste tussen 3000 en 1500 vC werden gebouwd, is weinig met zekerheid bekend. Zeker is wel dat een aantal ervan graven voor aanzienlijken waren. Bij de meeste zal de aanleiding tot het bouwen ervan van religieuze aard zijn geweest. Ook wordt verondersteld dat astronomische verschijnselen, zoals de beweging van zon en maan ten opzichte van de aarde, een rol hebben gespeeld. Met name bij het monument van Stonehenge moet dit het geval zijn geweest.

Uit een oogpunt van bouwtechniek is het meest in het oog springend het feit dat de soms zeer grote natuursteenblokken over een aanzienlijke afstand moesten worden getransporteerd. Zo veronderstelt men dat de 'sarsens' van het monument van Stonehenge, die gemiddeld een gewicht van circa 25 ton hadden, van ongeveer 40 km ver uit



208. De Silbury Hill bij Marlborough, Zuid-Engeland.

de omgeving van Avebury in Noord-Wiltshire kwamen. Er is een schatting gemaakt dat voor het verplaatsen van een steen van 45 ton (het grootste blok van Stonehenge) over vlak terrein 1100 man nodig zou zijn geweest, een getal dat vooral betekenis krijgt als men het vergelijkt met de schaarse bevolking van het gebied rondom het monument in de tijd van de bouw die slechts met veel inspanning in haar levensonderhoud moet kunnen hebben voorzien.

8.3. Literatuur

- C. Chippindale, *Stonehenge Complete*, London 1983
- E. Hadinghan, *Circles and Standing Stones*, London 1978
- F.R. Paturi, *Monumenten uit de oertijd*, Deventer 1978, uit het Duits.

9. TORENS EN ANDERE HOGE BOUWWERKEN

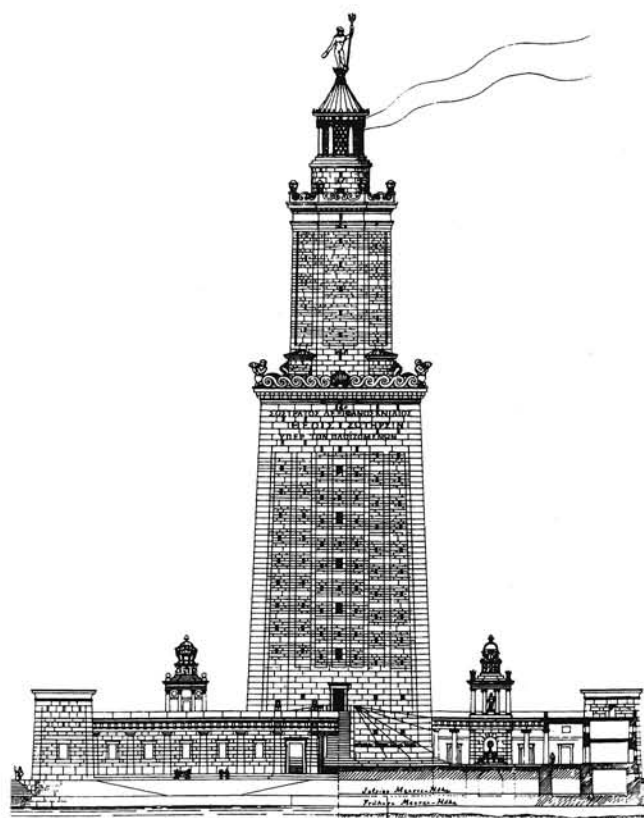
Uit de Oude Tijd zijn slechts zeer weinig hoge bouwwerken bewaard gebleven. Onder de zeven wereldwonderen van de antieke wereld (waarvan in de loop van de tijd verschillende lijsten bestonden) was een aantal met een grote hoogte zoals de piramide van Cheops, de Colossus van Rhodos (een bronzen reuzenbeeld in de haven van Rhodos dat de zonnegod Helios voorstelde) en de vuurtoren op het eiland Pharos bij Alexandrië. De laatste werd omstreeks 300 vC gebouwd. Slechts delen van de onderbouw zijn nog aanwijsbaar, voor reconstructies zijn slechts weinig gegevens beschikbaar en de schattingen van zijn hoogte zijn dan ook zeer uiteenlopend, tot 140 m. In het onderstaande overzicht is eenvoudigheidshalve een hoogte van 100 m genoteerd. De basis moet een vierkant van ongeveer 30x30 m zijn geweest. Slank was de toren dus niet en het is opmerkelijk dat het hoogste bouwwerk uit de Oude Tijd de steenstapeling van de piramide van Cheops is (146 m boven het terrein).

De mogelijkheden om hoog te bouwen werden voorna-

Overzicht van enkele hoge bouwwerken uit de Oude Tijd

	hoogte m
• De piramide van Cheops te Gizeh	146
• De piramide van Chephren te Gizeh	143
• De piramiden te Dasjoer	100
• De vuurtoren bij Alexandrië	100
• De piramide van Snefroë te Meidoem	90
• De toren van Babylon	80
• Het mausoleum van Hadrianus te Rome	60
• De erezuil van Marcus Aurelius te Rome	50
• De basilica van Maxentius te Rome	40
• De tempel van Zeus Olympius te Akragas	34
• De Egyptische obelisk op het Piazza San Giovanni in Laterano te Rome	32
Zuilen	
• De tempel van Jupiter te Baalbek	28
• De tempel van Amon te Karnak	21
• De tempel van Apollo te Didyma	20
• De tempel van Jupiter te Baalbek	20
• De Achaemenidische paleizen te Persepolis	19

De hoogte van de zuilen is met inbegrip van kapiteel en basement.



209. De vuurtoren van Alexandrië. Ca. 300 vC. Reconstructie van H. Thiersch (1909).

melijk bepaald door de ontwikkeling van de methoden voor het verticale transport van bouwmaterialen. Eén van de theorieën voor de wijze waarop hoge Egyptische bouwwerken, zoals piramiden en grote tempels, tot stand kwamen is dat de natuursteenblokken, waaruit ze waren opgebouwd, met sleden over bouwhellingen van zand en kleisteen naar boven werden gebracht. Bij deze wijze van transport moet de hoogte normalerwijze wel beperkt zijn. Bij een bepaalde maximum helling, in verband met het slepen, neemt de inhoud van het hellinglichaam toe met de derde macht van de hoogte. Het is dan ook waarschijnlijk dat bij hoge piramiden, zoals die van Cheops, althans voor het hoogste gedeelte, ook andere transportmethoden moeten zijn gebruikt. De Egyptenaren kenden echter voor de tijd van vreemde overheersing noch het wiel noch de katrol. Alleen eenvoudige hefwerktuigen moeten hun

ten dienste hebben gestaan. Ook bij de Mesopotamiërs waren de middelen voor verticaal transport beperkt. Bij de ziggoerats werd echter slechts in beperkte mate gebruik gemaakt van natuursteen, de bouwmaterialen waren kleisteen en baksteen die eenvoudiger verticaal zijn te vervoeren. De toren van Babylon is, met ongeveer 80 m, vermoedelijk de hoogste ziggoerat geweest. Waarschijnlijk zijn eerst bij de Grieken de hijsbok, de handspaan en de katrok in gebruik gekomen. Toch bestond, met uitzonderingen, noch bij de Grieken noch bij de Romeinen de neiging om zeer hoge bouwwerken te maken. Afgezien van de piramiden van Cheops en Chephren bleef de vuurtoren van Alexandrië zeer lang het hoogste bouwwerk van de

westerse wereld. Eerst in het begin van de Middeleeuwen werd werkelijk een aanvang gemaakt met de torenbouw, aanvankelijk in de vorm van klokkentorens bij kerken.

Literatuur

- E. Heinle, F. Leonhardt, Türme aller Zeiten – aller Kulturen, Stuttgart 1988
- E. Klengel-Brandt, Der Turm von Babylon, Legende und Geschichte eines Bauwerkes, Wien 1982
- W. Müller, Architekten in der Welt der Antike, Leipzig 1989

10. BRUGGEN

In de prehistorische tijd werden er slechts bruggen gebouwd over klein water. Zij waren van hout of steen en van eenvoudige aard. Van de houten bruggen is niets bewaard gebleven maar hun vormen zullen ongetwijfeld overeenkomst hebben gehad met die van bruggen zoals men die nu nog in minder ontwikkelde gebieden tegenkomt. Wel zijn nog aanwezig stenen bruggen van de typen die in Engeland 'clambridge' en 'clapperbridge' worden genoemd. Bij de 'clambridge' wordt het water overbrugd door één grote natuursteenmonoliet die aan beide oevers op rotsblokken rust (afb.210). De 'clapperbridge' bestaat uit een aantal natuurstenen platen achter elkaar, meestal twee of drie, die in het bed van de beek ondersteund worden door enkele grote natuursteenblokken of door pijlers van op elkaar gestapelde kleinere blokken (afb.211). Verder komen in Engeland de Tarr Steps voor. Een voorbeeld daarvan zijn die in Exmoor (afb.212). Deze brug werd omstreeks 1000 vC gebouwd en bestaat uit rotsblokken in de bedding die nauwelijks boven het wateroppervlak uitsteken en waarover platen zijn gelegd. De schuine blokken aan weerszijden dienen om bij hoog water de stroom te breken en de platen van het brugdek zijdelings te steunen.

Uit het oude Egypte is slechts weinig bekend over bruggen. In ieder geval waren zij klein van afmetingen. Bruggen over de Nijl waren, gezien de zeer wisselende waterstanden, in die tijd niet mogelijk. Ook in onze tijd zijn er nog weinig Nijlbruggen.

In Mesopotamië moeten er vele bruggen zijn geweest. Er was onder meer een groot kanalenstelsel voor de bevloeiing van het land hetgeen de bouw van bruggen en aquaducten noodzakelijk maakte. Uit de tijd van Sanherib (705-681 vC) stamt een kanaal dat 40 km ten noordoosten van Ninive, bij het huidige dorp Dscherwan, met een damachtig aquaduct over een 300 m breed dal werd geleid. Ter plaatse van de dalbeek was er een brug van kalksteenblokken met vijf openingen. De vier pijlers waren reeds voorzien van stroombrekers. Bekend uit de geschiedschrijving is voorts de brug over de Euphraat in Babylon uit 600 vC, vermoedelijk gebouwd op last van koningin Semiramis. De brug verbond de beide stadsdelen aan weerszijden van de rivier en was gelegen in een processieweg. Zij is vaak tot in detail beschreven, zij het wel met aanmerkelijke verschillen. De lengte was circa 125 m en er waren twee land- en zes stroompijlers. De openingen waren 7 tot 9 m breed met uitzondering van een grote opening van ongeveer 20 m. Mogelijk was er in deze opening een schipbrug of een ander wegneembaar deel. De pijlers



210. Een 'clambridge' bij Dartmoor, Engeland.



211. De Postbridge bij Dartmoor, Engeland (een 'clapperbridge').

waren volgens de beschrijvingen van grote natuursteenblokken, onderling verbonden met ijzeren ankers, hoewel bij opgravingen in 1910 slechts resten van baksteen werden aangetroffew. Mogelijk waren alleen de bekledingen van natuursteen. De pijlers waren voorzien van stroombrekers. De bovenbouw was van ceder- en cypresenhout.

Ook in Perzië waren er reeds onder de Achaemenidische koningen (ca. 500 vC) grote waterwerken voor bevoeiingsdoeleinden. Voorts was er een uitgebreid wagenet. Bekend zijn, onder andere door de geschiedschrijving van Herodotus, de schipbruggen die de Achaemenieden op hun veldtochten werden gemaakt. Zo liet Cyrus de Grote voor de overtocht van zijn leger in 540 vC een schipbrug over de Euphraat bouwen. Omstreeks 500 vC



212. *De Tarr Steps in Exmoor, Engeland.*

legde Darius I voor zijn oorlog tegen de Grieken een schipbrug over de Bosporus. De schepen waren zijdelings geankerd en voorzien van een houten bovenbouw. Er schijnt een leger van 600.000 man over te zijn gegaan. De bouw van de brug was een grote prestatie gezien de sterke stroom in de Bosporus en de hevige stormen die daar voorkomen. Een tweede schipbrug bouwde Darius bij de mond van de Donau. Xerxes, de zoon van Darius, sloeg omstreeks 480 vC een brug over de Dardanellen. Een eerste poging hiertoe mislukte: toen de brug bijna klaar was werd zij door een storm weggeslagen. Xerxes, in woede ontstoken, liet het water geselen en de bouwmeester onthoofden. Een nieuwe brug was een beter lot beschoren. Zij bestond uit twee rijen van ongeveer 700 schepen, zijdelings geankerd in de rivierbodem en met twee banen zodat tegenverkeer mogelijk was. Over de brug waren kabels gespannen die het houten dek droegen. Onder de Sassanidische koningen, vanaf de 3de eeuw vC, werden in Perzië vele bruggen gebouwd. Tot de grootste behoorde de onder Sapor I omstreeks 250 nC gebouwde brug over de Karun bij Shushtar met een lengte van 500 m. De brug is onder meer uitvoerig beschreven door de Nederlandse ingenieur Graat van Roggen. In die tijd waren er in Perzië vele Romeinse krijgsgevangen (uit de veldslag bij Epida). Het is echter niet bekend in hoeverre zij op het ontstaan van de brug invloed hebben gehad.

Het Griekse vasteland en de Griekse eilanden hadden slechts weinig bruggen. Verkeer vond in hoofdzaak plaats over zee. Door de politieke structuur (stadstaten) was er weinig behoefte aan verbindingswegen waarvan de aanleg in het woeste bergland trouwens moeilijk was. Alleen bij de steden zijn er bruggen geweest. Zo zijn bij de burcht van Mykene resten gevonden van een grote stenen brug van cyclopisch stapelwerk. Zij had het karakter van een brede muur met openingen erin. Over de vorm daarvan, driehoek of spitsboog, is niets bekend.

De Romeinen waren de grote bruggenbouwers van de Oude Tijd. Zij legden een wegnnet aan dat bij de expan-

sie van het rijk zich uitbreidde over alle veroverde gebieden. In deze wegen was een groot aantal bruggen opgenomen. Vele daarvan moeten geheel van hout zijn geweest maar van slechts enkele daarvan zijn nog bijzonderheden bekend. Zo berichtte Julius Caesar over de houten bruggen die hij tijdens zijn veldtochten in Noordwest-Europa over de Rijn liet slaan. Omstreeks 55 vC werd in tien dagen een brug gebouwd in de buurt van Neuwied bij Koblenz. Zij had 56 openingen en bestond uit eikenhouten paaljukken en een houten dek (afb.213). De korte bouw-tijd is des te meer een opmerkelijke prestatie als men in acht neemt dat de hulpmiddelen eenvoudig waren en bijlen vermoedelijk de enige ijzeren gereedschappen waren. De jukken waren zijdelings gesteund door schoorpalen en aan de stroomzijde beschermd door verticale palen die dienst deden als stroombrekers.

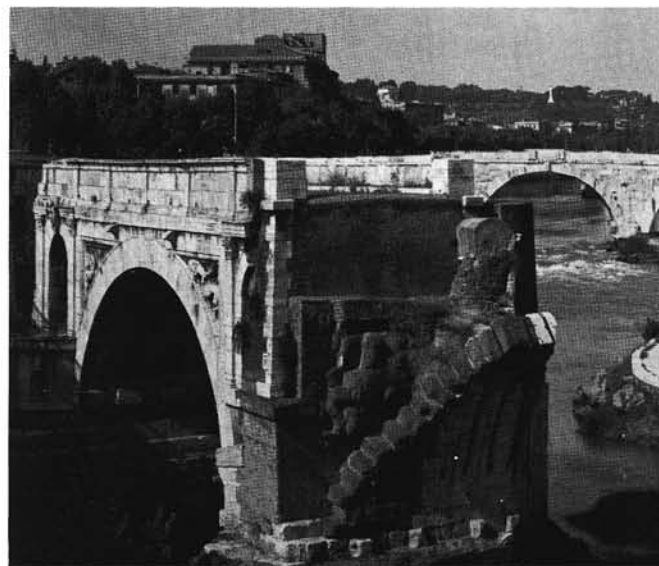
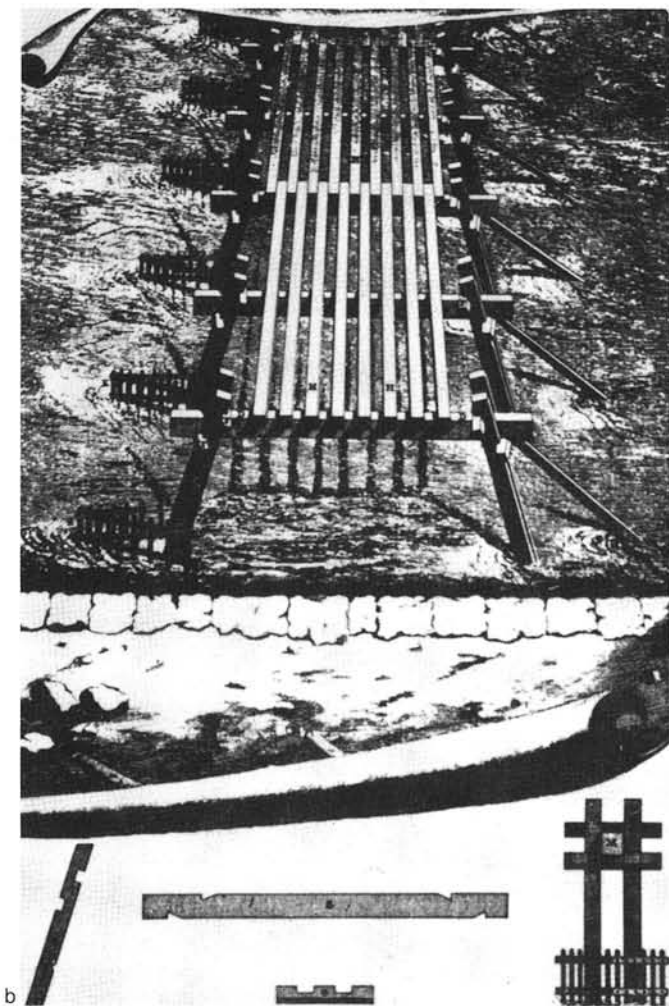
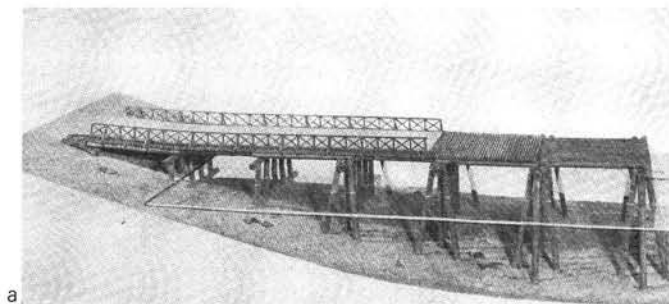
De meeste grote Romeinse bruggen hadden in de tijd voor het begin van onze jaartelling een stenen onderbouw en een houten bovenbouw. Later werd bij vele bruggen de houten opbouw vervangen door stenen gewelven. De oudste brug van deze soort is waarschijnlijk de Pons Sublicius over de Tiber te Rome, gebouwd omstreeks 620 vC. De brug werd bij een Etruskische belegering van Rome afgebroken en daarna weer opgebouwd. Beschrijvingen vermelden dat de herbouw geschiedde zonder nagels. Daardoor kon de bovenbouw indien nodig snel weer worden weggenomen. Dat de bruggen een houten bovenbouw hadden kan dan ook zijn voortgekomen uit de wens om deze in oorlogstijd te kunnen verwijderen. Een andere reden moet vanzelfsprekend zijn geweest dat men in vroege tijden nog geen grote stenen gewelven kon maken. De eerste grote brug met stenen bogen schijnt de Pons Aemilius te Rome te zijn geweest (ca. 80 vC, afb.214).

Beroemd is de brug die Trajanus omstreeks 100 nC over de Donau bij het huidige Turnu Severin liet bouwen. Zij had 20 stenen pijlers en een houten bovenbouw die, zoals uit een relief op de Trajanuszuil te Rome (afb.215) kan worden opgemaakt, gedragen werd door een samenstel van bogen boven elkaar. Ook de bruggen over de Rijn bij Mainz (1ste eeuw nC) en bij Keulen (4de eeuw nC) hadden stenen pijlers en een houten bovenbouw.

De geheel stenen bruggen hadden ten opzichte van de bruggen met een houten bovenbouw het nadeel van een grotere hoogte. De Romeinen gebruikten als boogvorm vrijwel alleen de halve cirkel waarbij de geboorte van het gewelf boven de normale waterstand lag. Daarboven was dus een hoogte nodig gelijk aan de helft van de breedte van de opening tussen de pijlers (afb.216). Bij een aantal bruggen, vooral die met slechts één opening, had dit sterk hellende toeritten tot gevolg, soms zo steil dat dit voor het vrachtvervoer een ernstige belemmering was (afb.217). De segmentboog, die dit euvel kon verbeteren, werd door de Romeinen niet voor bruggen gebruikt.

De mogelijkheid om duurzame vaste bruggen over breed water te bouwen ontstond pas toen men erin slaagde om in de rivierbedding stenen pijlers te bouwen. Daarbij deed zich een aantal problemen voor. Door het plaatsen van pijlers werd in het in regentijden snel stromende water de stroomsnelheid ter plaatse van de brug nog aanzienlijk vergroot vanwege de verkleining van de rivierdoorsnede. Dit te meer omdat de Romeinen aan de pijlers

213. De brug van Julius Caesar over de Rijn bij Neuwied.
a. Een reconstructiemodel in het Rheinisches Landesmuseum te Bonn.
b. De brug volgens een tekening van Palladio.

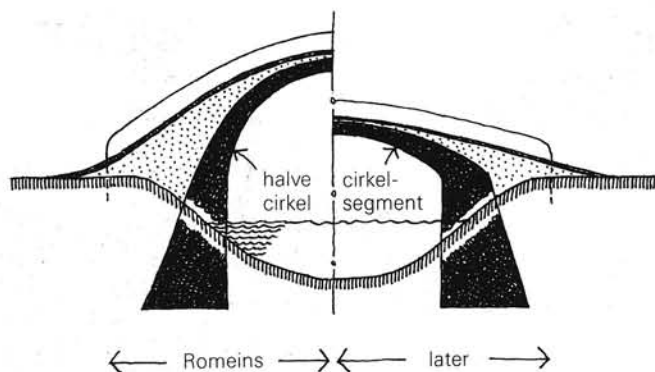


214. De ruïne van de Pons Aemilius (Ponte Rotto) over de Tiber te Rome.



215. De Trajanusbrug over de Donau bij Turnu Severin.
a. Reconstructie volgens Cichorus.
b. De brug in een relief van de Trajanuszuil te Rome.

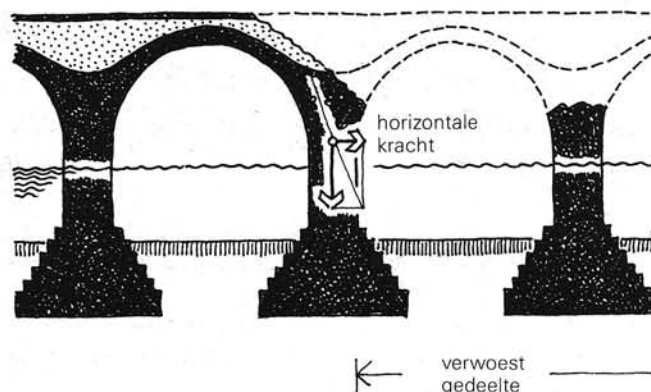




216. Een brug met een boog in de vorm van een halve cirkel.

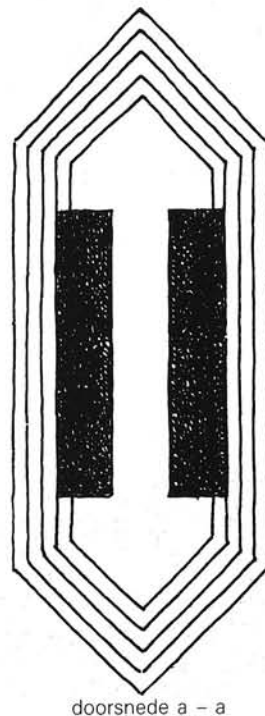
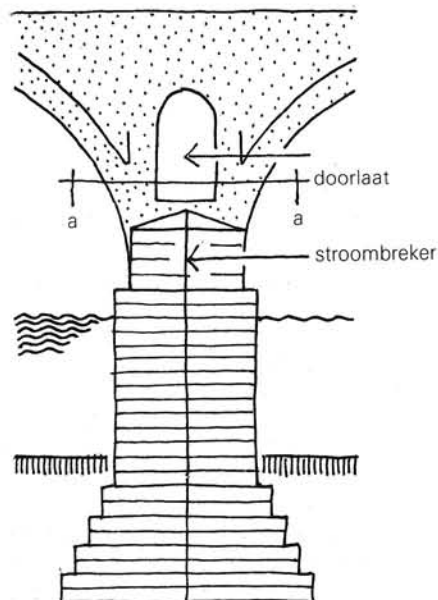


217. De Pons Salarius over de Anio bij Rome. Een voorbeeld van een boogbrug met een steile oprit. Naar een tekening van Piranesi.



218. Krachten van een boogbrug op een pijler.

een grote dikte gaven, van $1/4$ tot $1/3$ van de breedte van de brugopeningen. Zij hadden hiervoor goede redenen want de pijlers moesten in lengterichting van de brug weerstand bieden aan de horizontale krachten (spatkrachten) die de gewelven erop uitoefenden (afb.218). Weliswaar heffen deze spatkrachten elkaar op als zich aan weerszijden van de pijler even grote bogen bevinden maar er werd rekening mee gehouden dat aan één zijde een gewelf weg zou vallen hetgeen in oorlogstijd nogal eens gebeurde. Om de kracht van de stroom op de pijlers te verminderen werden aan de stroomopwaartse zijde



219. Het principe van een Romeinse brugpijler.

stroombrekers gebouwd in de vorm van puntige voorbouwen die tot ruim boven de normale waterstand reikten. Bovendien werden vaak in de pijler openingen gemaakt die bij hoge waterstanden als doorlaten fungeerden en zo de kracht van de stroom op de pijler verminderden (afb.219).

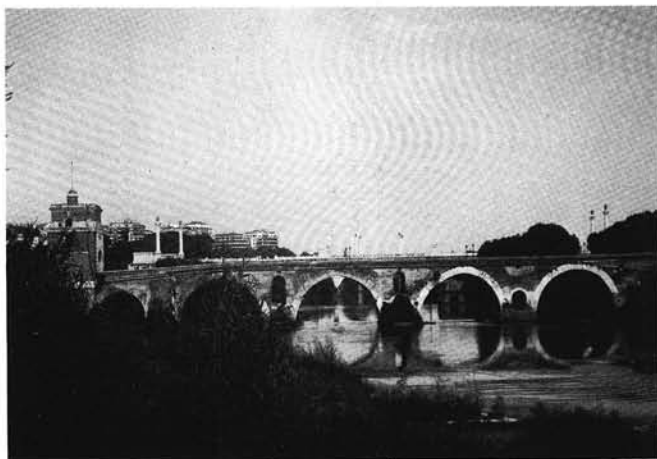
In het gebied van het huidige Italië bevonden de meeste bekende bruggen zich te Rome. De oudste stenen brug over de Tiber was, zoals reeds gezegd, de Pons Aemilius uit 180 vC. De brug stortte een aantal malen in en thans is nog slechts een gedeelte ervan aanwezig dat de naam Ponte Rotto (verwoeste brug) draagt. Daarop volgde de Pons Milvius (thans in het Italiaans: Ponte Mollo) uit 110 vC (afb.220). Zij heeft zeven bogen waarvan de middelste een opening van 24 m heeft. De Pons Fabricius (thans de Ponte Quattro Capi, met twee openingen van bijna 25 m, afb.221) ontstond in 60 vC, de Pons Cestius in 40 vC (afb.222). Deze beide bruggen liggen in elkaars verlengde en voeren naar het Tibereiland waarop in vroeger dagen een heiligdom stond. De mooiste brug van Rome was de Pons Aelius (Ponte Sant'Angelo) uit 140 nC (afb.223). De drie huidige middelste bogen zijn vermoedelijk nog van het oorspronkelijke bouwwerk. De grote engelenbeelden, waaraan de brug nu haar naam ontleent, zijn eerst in de 17de eeuw aangebracht.

Een indruk van de constructie van de Romeinse bruggen in Rome geeft de tekening van Piranesi waarin een langsdoorsnede over de Pons Fabricius is weergegeven hoewel het niet zeker is dat de constructie ook werkelijk zo is (afb.221c).

Buiten Rome zijn in Italië verder bekend de Pons Augustus te Rimini (20 nC, met openingen tot 9 m breedte, bekleed met wit marmer, afb.224) en de Pons Augustus over de Nera bij Narni uit 25 vC die met een boog van 32 m de grootste overspanning van de Romeinse bruggen had (afb.225). Er zijn nog slechts een boog en een pijler bij de linkeroever van overgebleven.

In Frankrijk zijn nog vele Romeinse bruggen bewaard gebleven waarvan er tien tot de thans beschermde monumenten behoren.

In Spanje werd onder Trajanus in 100 nC de brug over



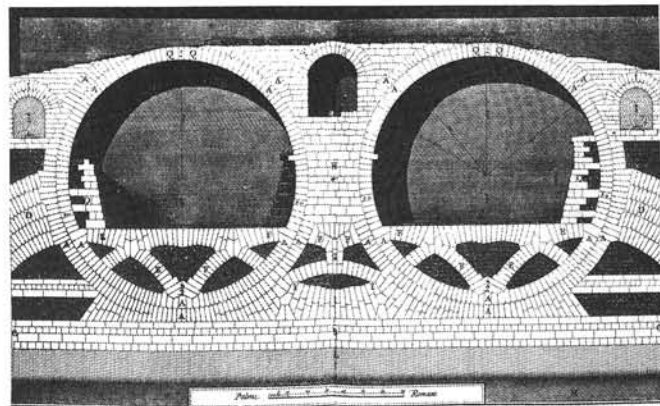
220. De Pons Milvius over de Tiber te Rome.



a



b



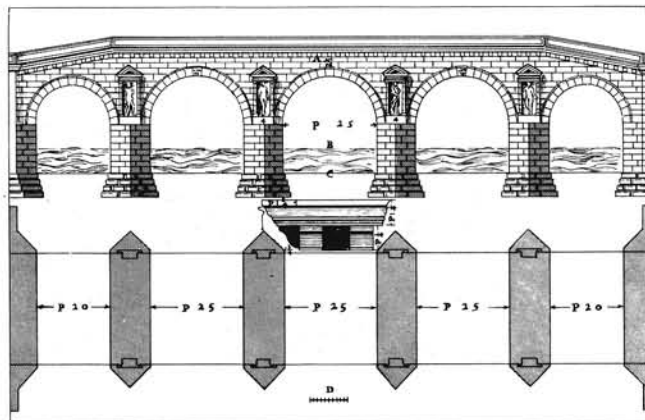
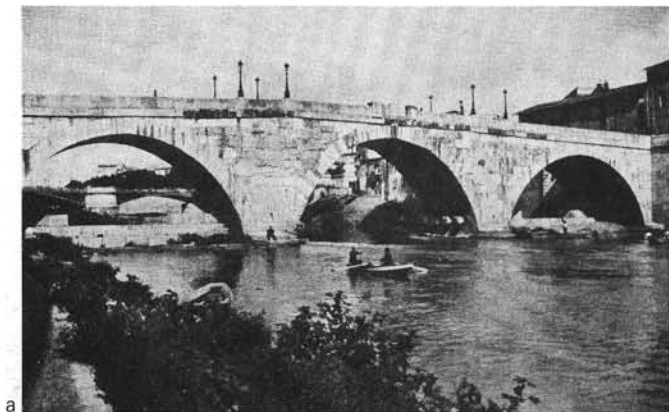
c

221. De Pons Fabricius over de Tiber te Rome.

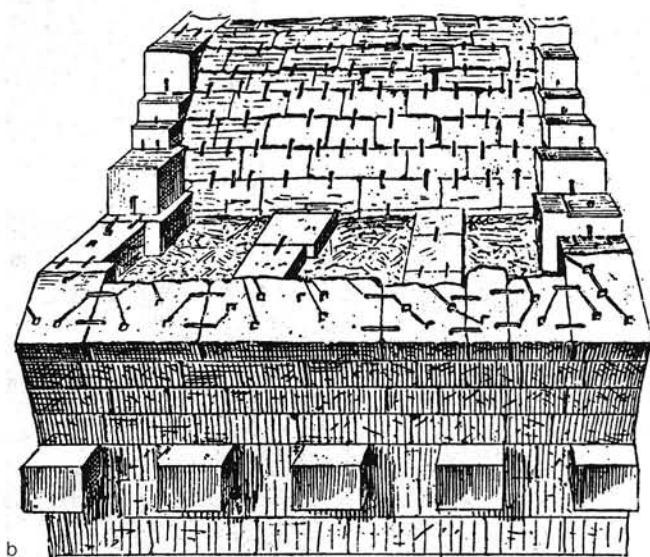
a. Het aanzicht van de brug, met een stroombreker en een doorlaatopening in de pijler.

b. De brug volgens een tekening van Piranesi.

c. Een langsdoorsnede over de brug volgens Piranesi.



224. De Pons Augustus te Rimini naar een tekening van Palladio.



222. De Pons Cestius over de Tiber te Rome.
a. Het aanzicht van de brug.
b. De constructie.



223. De Pons Aelius (Engelenbrug) over de Tiber te Rome.

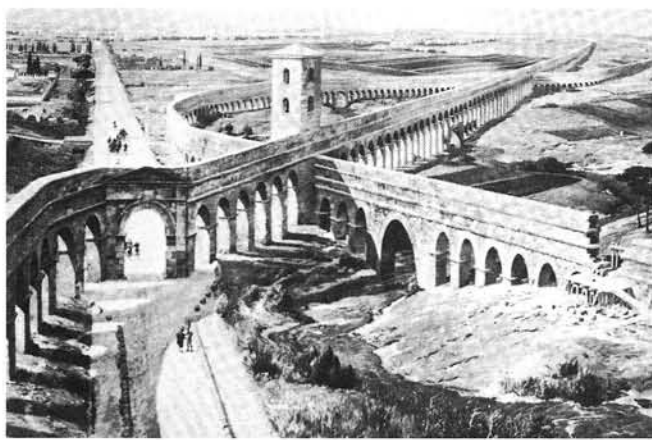
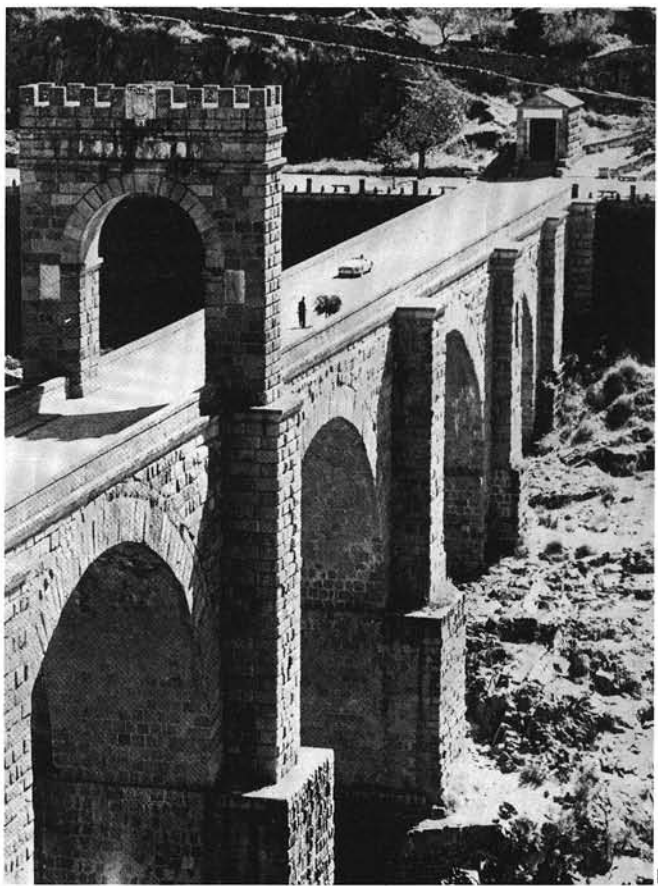


225. De ruïne van de Pons Augustus over de Nera te Narni.

226. De brug over de Taag te Alcantara, Spanje.

a. Overzicht.

b. Langsaanzicht.



227. Aquaducten bij het oude Rome. Naar een schilderij van Zeno Diemer.

de Taag bij Alcantara gebouwd, met zeer hoge pijlers en middenopeningen van ongeveer 30 m. Zij was gebouwd van granietblokken met mortelloze voegen (afb.226). Verder zijn er in Spanje de brug over de Guadiana te Merida (met 64 bogen) en die over de Tormes te Salamanca (met 15 bogen van Romeinse oorsprong).

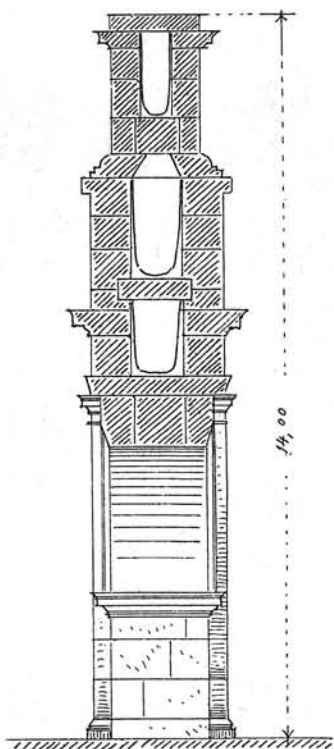
Vele Romeinse bruggen werden ook gebouwd in het huidige Joego-Slavië en in de streken langs de zuidelijke en oostelijke kust van de Middellandse Zee, Turkije, Irak en tot in de Kaukasus. In Midden-Europa en Engeland zijn nog slechts weinig resten van Romeinse bruggen overgebleven.

De Romeinen besteedden veel aandacht aan de watervoorziening van hun steden. Er waren uitgebreide voorzieningen om water, soms van ver, uit de bergen naar de stad te brengen. Overal in het rijk werden deze waterleidingstelsels aangelegd maar het grootste was dat van Rome. Voor een deel werd het water door middel van aquaducten over dalen geleid (afb.227). De kanalen boven op de aquaducten hadden een breedte variërend van 0,5 tot 1,2 m en een hoogte van 0,6 tot 2,5 m. Bij Rome zijn nog

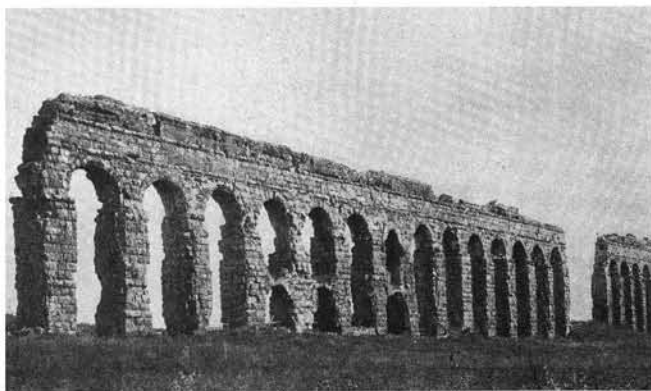
ruïnes aanwezig van een aantal aquaducten zoals de Aqua Marcia uit 140 vC dat plaatselijk deel was van een drieduidig aquaduct dat bij de Porta San Lorenzo zowel de Aqua Marcia als de Aqua Tepula (130 vC) en de Aqua Julia (30 vC) droeg. Er lagen daar drie kanalen boven elkaar (afb.228). De Aqua Claudia, uit 40 nC, bracht het water over een afstand van 72 km naar Rome. Het is één van de mooiste aquaducten van Rome, soms meer dan 30 m hoog (afb.229).

De mooiste aquaducten werden in de buitengewesten gebouwd. In Spanje staat bij Segovia een groot Romeins aquaduct waarover nu nog water vloeit (afb.230). Het bekendste aquaduct is ongetwijfeld de Pont du Gard bij Nîmes in Frankrijk uit 20 vC. Het bestaat uit drie arcaden boven elkaar. De bogen in de twee onderste rijen hebben openingen van 16 tot 25 m, de bovenste arcade heeft kleinere bogen met openingen van 5 m. Daarboven ligt het kanaal (afb.231). De verbreding van de onderste arcade met een rijweg vond eerst in de 18de eeuw plaats.

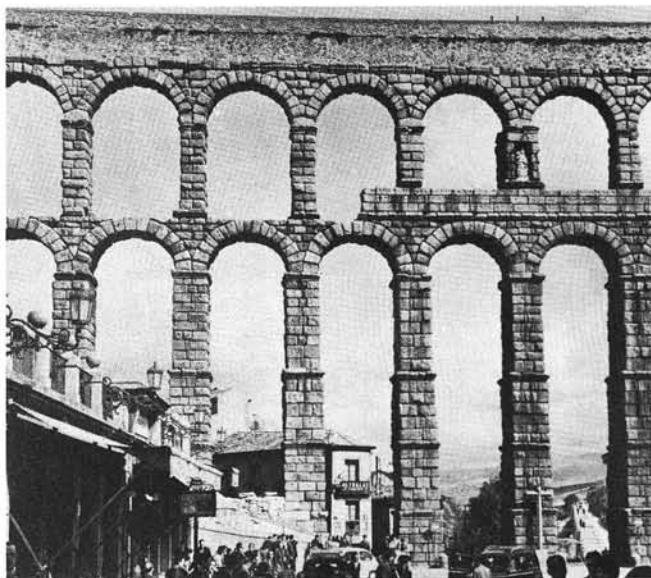
Bij het aquaduct in Segovia en bij de Pont du Gard is het natuursteenwerk samengesteld uit grote blokken met



228. Doorsnede over de Aqua Marcia.



229. De Aqua Claudia bij Rome.

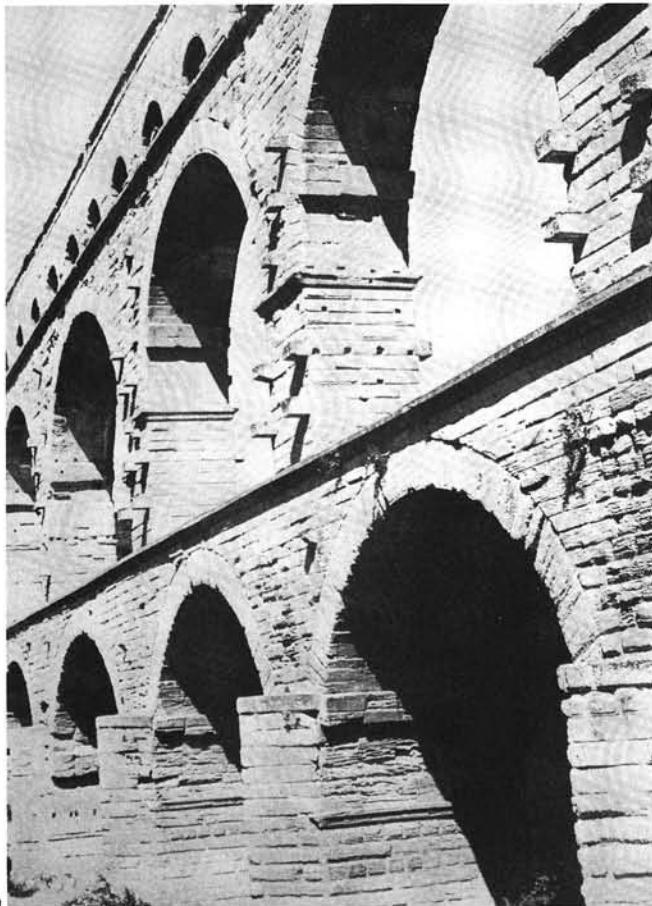


230. Het aquaduct te Segovia, Spanje.

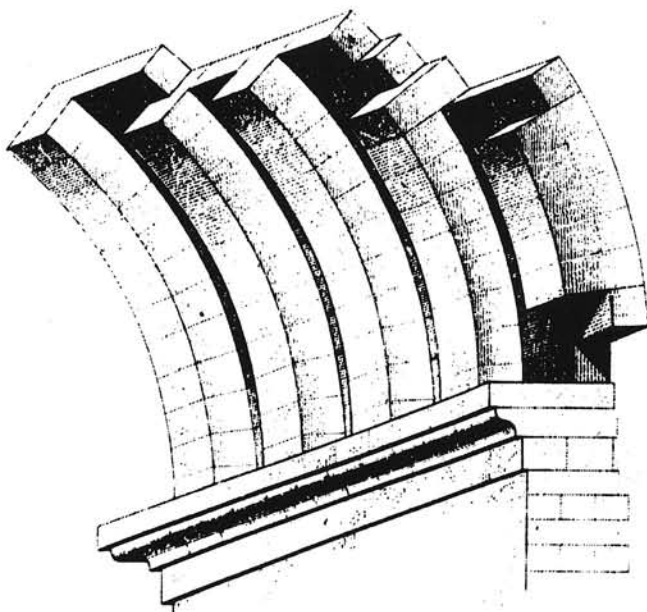
mortelloze voegen, behoudens het kanaal waarvan de blokken in een waterdichte mortel zijn gemetseld.

Bij vele Romeinse bruggen en aquaducten zijn de overspannende gewelven gebouwd in de vorm van naast elkaar staande bogen. Soms sluiten de bogen direct op elkaar aan zoals bij de Pont du Gard (afb.231c), ook wel werden de bogen op enige afstand van elkaar gebouwd waarbij de ruimte ertussen gevuld werd met natuursteenblokken (zoals bij de brug te Narni, afb.232) of met beton (zoals bij de Ponte San Martino bij Aosta, met een overspanning van ruim 30 m, afb.233). De bedoeling van deze constructie was om bij de bouw ervan met één formeel voor één boog te kunnen volstaan. Was een boog gereed dan liet men het formeel wat zakken en werd het naar de plaats van de volgende boog verschoven. In het algemeen waren deze formelen vrijdragend en werden zij niet gesteund door een steigerwerk. Zulke steigerwerken waren niet alleen duur, zoals bij het overbruggen van diepe dalen waar de steigers hoog moesten zijn, maar vaak ook moeilijk aan te brengen zoals in snel stromend water.





b



232. De constructie van de brug te Narni. Naast elkaar staande bogen waartussen natuursteenblokken zijn geplaatst.

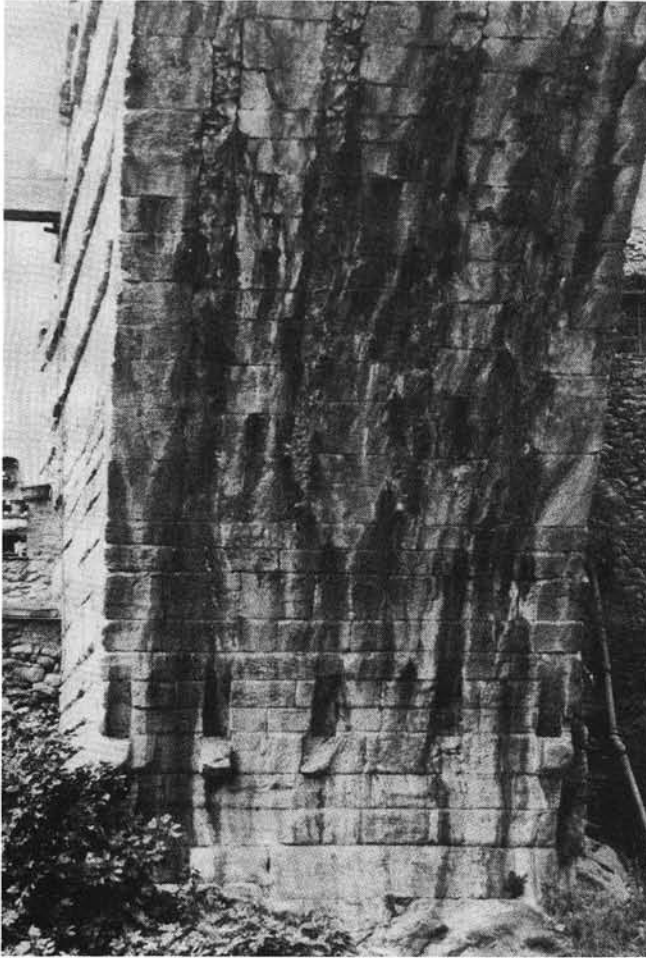


c

231. De Pont du Gard bij Nîmes, Frankrijk.
a. Overzicht.
b. De bogen en zijvlakken.
c. De constructie van de gewelven. Opbouw uit naast elkaar staande bogen.



233. De Ponte San Martino bij Aosta.



234. *De constructie van de Ponte San Martino bij Aota. Naast elkaar staande bogen waartussen beton.*

Vaak zijn bij Romeinse bruggen en aquaducten bij de geboorte van de gewelven nog uitstekende natuursteenblokken aanwezig waarop de formelen werden geplaatst (afb.233b). Maar ook lag de geboorte van het gewelf wel terug ten opzichte van het zijvlak van de pijler (afb.226b) of werden er ter plaatse gaten gespaard om houten balken in te kunnen steken. Ook bij de zijvlakken van hoge aquaducten zijn soms uitstekende natuursteenblokken aanwezig (bij de Pont du Gard is dit het geval, afb.231b) die klaarblijkelijk dienden om aan een steigerwerk houvast te geven.

Literatuur

- H.J. Hopkins, *A Span of Bridges. An illustrated history*, Newton Abbot 1970
- H. de Jong, *Over bruggen*, Delft 1983
- Ch. Jurecka, *Brücken. Historische Entwicklung – Faszination der Technik*, Wien 1976 (1), 1986 (2)
- Ch.S. Whitney, *Bridges. Their art, science and evolution*, New York 1983 (facs. 1929)

INDEX

- Aboesir, piramide 4, (6)
- Abydos, grafkamer 14, (34)
- Aegina, tempel van Aphaia 58, (107)
- Akragas
 - tempel van Concordia II, 42
 - tempel van Heracles 44, 58
 - tempel van Zeus Olympius 40, 41, 44, 46, 47, 107, (73), (78)
- Alcantara, brug over de Taag 115, (226)
- Alexandrië, vuurtoren 107, (209)
- anathyrosis 58, (99)
- Aosta, Ponte San Martino 116, (233), (234)
- apadana 32
- Argos, polygonaalmuur 54, (94)
- Arpino, acropolis 78, (141)
- Assoean, onvoltooide obelisk 13, (28)
- Assoer, ziggoerats van Anu en Adad 22, (45)
- Assos, holle muren 55, (97)
- Athene
 - Parthenon 40, 41, 42, 44, 45, 47, 48, 55, (73), (76), (84), (103) (104)
 - Propylaeën 58, (105)
 - stoa van Attalus II 53, (90)
 - tempel van Zeus Olympius 40, 41, 48, (83)
- Avebury, kringen 104, (203)
- Baalbek, tempel van Jupiter 65, 81, 88, 98, 100, 107, (122), (197)
- Babylon
 - brug over de Euphraat 109
 - tempel van Ninmach 20, (39)
 - ziggoerat Etemenanki (toren van -) 22, 107, (46), (47)
- Baia
 - tempel van Apollo 69, 94, 99, (190), (198)
 - tempel van Diana 69, 93, 99, (189), (198)
 - tempel van Mercurius 93, 99, (187), (198)
 - tempel van Venus 93, 99, (188), (198)
- Beaunant, aquaduct 80, (150)
- Bisjapoer, paleis 34, 36, 99, (64), (198)
- Boroughbridge, Devil's Arrows 103, (201)
- Bosporus, Perzische schipbruggen 110
- Carnac, menhir van Locmariaquer 103
- Chiusi, grafkamer 88, (175)
- Chorsabad, paleis van Sargon II 24, (48)
- Constantinopel, Hagia Sofia 91
- Cueva de Manga, ganggraf 105, (206)
- Dartmoor
 - clambridge 109, (210)
 - Postbridge 109, (211)
- Dasjoer
 - knikpiramide 4, 107, (6), (9)
 - mastaba 14, (33)
 - rode piramide 4, 107, (6), (10)
- Deir el-Bahari
 - grafkamer 14, (34)
 - tempel van Hatsjepsot 9, (24)
 - tempel van Mentoehotep 9
- Delphi
 - Apollo-complex 54, (95)
 - tholos 50, (85)
- Dendera, tempel 10
- Didyma, tempel van Apollo 40, 41, 44, 45, 47, 56, (73), (80), (102)
- Dscherwan, aquaduct 109
- Dur Kurigalzoë, ziggoerat 20, (43)
- Dur Untaschi, ziggoerat 20, (44)
- Edfoe, tempel 10
- emplecton 77
- Ephese, tempel van Artemis 40, 41, 44, 47, 57, 59, (73), (79), (113)
- Epidaurus, tholos 50, (86)
- Esna, tempel 10
- Euphraat, schipbrug 109
- Exmoor, Tarr Steps 109, (212)
- Falerii Novi
 - poort van Jupiter 87, (170)
 - toren 78, (143)
- Feroesabad, paleis 32, 34, 36, 98, 99, (63), (197), (198)
- Gizeh
 - daltempel van Chefren 9, (23)
 - piramide van Chefren 4, 107, (6), (11)
 - piramide van Cheops 4, 6, 9, 107, (6), (11), (12), (14), (35)
 - piramide van Mycerinus 4, (6), (11), (17)
- Halicarnassus, Mausoleum 54, (92)
- Hatra, paleis 24, 27, 98, (49), (197)
- Hattoesjasj
 - Koningspoort 30, (58)
 - Leeuwenpoort 30
- Isjali, tempel van Isjtir 20, (38)

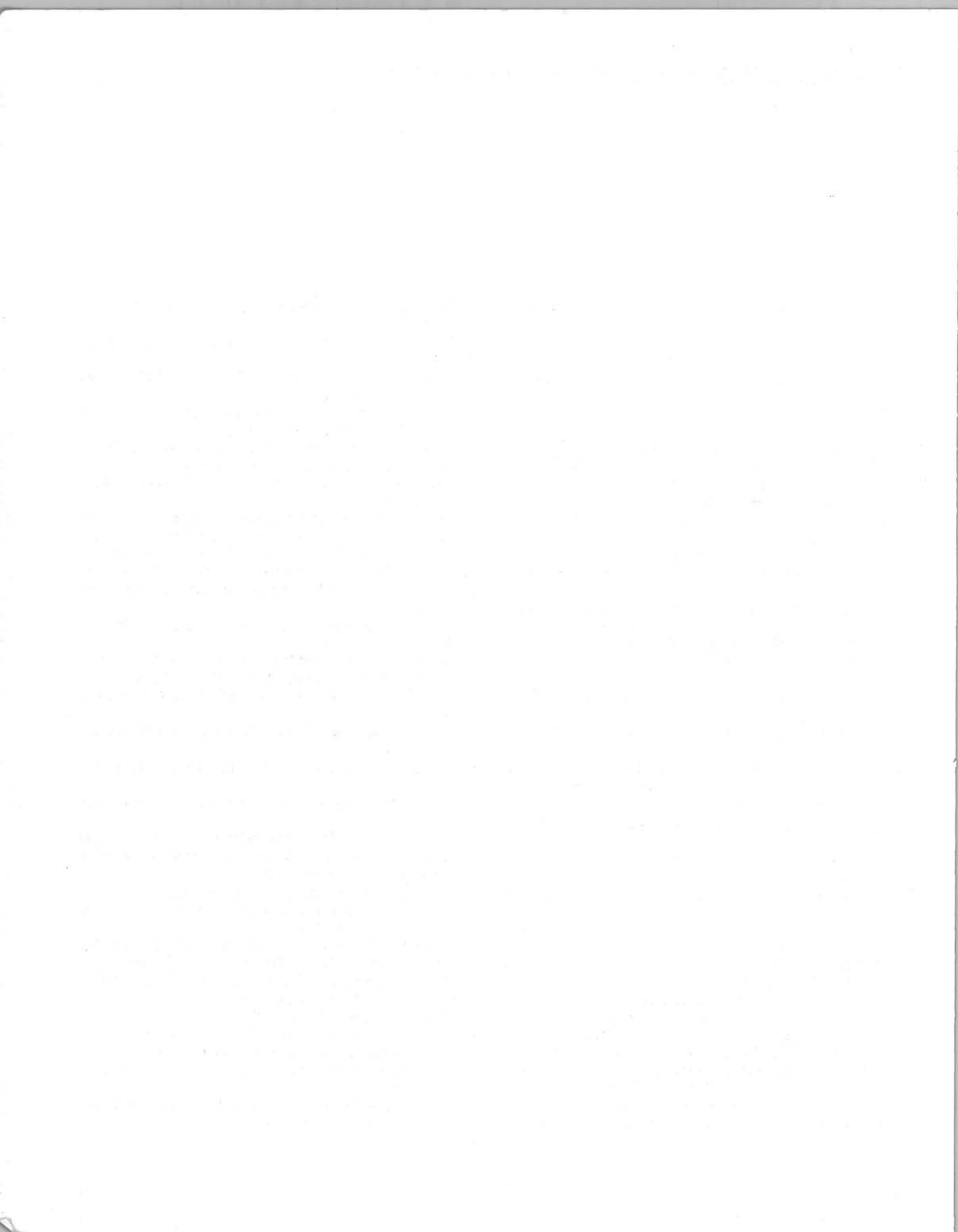
- iwan 24
Iwan-i Kharka, paleis 24, 26, (53)
- Karnak
obelisk van Hatsjepsot 14, (29)
tempel van Amon 9, 10, 107, (25)
- Keulen, brug over de Rijn 110
- Knossos, paleis van Minos 38, 39, (67)
- Kom Ombo, tempel 10
- kraagsteengewelf 59, (110)
- Ktesiphon, paleis 24, 27, 98, (50), (197)
- Lanuvium, tempel van Juno Sospita 64, (117)
- Lanyon Quoit, dolmen 104, (204)
- Magnesia, tempel van Artemis Leucophryene 41, (73)
- Mainz, brug over de Rijn 110
- Marlborough, Silbury Hill 106, (208)
- Meidoem, piramide 4, 107, (6), (8), (16)
- Merida, brug over de Guadania 115
- Milete, raadhuis 51, (89)
- Mycene
graf van Clytemnestra 39
Leeuwenpoort 39, (68)
schathuis van Atreus 39, 59, 99, (69), (198)
- Naksj-i-Roestem, vuurheilgdom 31, (61)
- Narni, Pons Augustus 113, 116, (225), (232)
- Neuwied, brug over de Rijn 110, (213)
- Nîmes
Maison Carrée 66, (119)
Pont du Gard 115, 116, 118, (231)
tempel van Diana 65, 88, 98, (123), (178), (197)
- Ninive, paleis van Sennacherib 24
- Nippoer, ziggoerat 20, (42)
- Olympia
tempel van Zeus 41, 45, (72), (73)
tholos 50
opus caementitium 77, (144)
opus incertum 78, (146)
opus mixtum 79, (149)
opus quadratum 78, (145)
opus reticulatum 78, 79, (147)
opus testaceum 79, (148)
Orange, theater 76, (140)
Orchomenos, graf van Minyas 39
Orvieto, grafkamer 88, (174)
- Paestum, basilica 40
- Palestrina, tempel van Fortuna 78, (142)
- Pasargadae, grafmonument van Cyrus de Grote 31, (60)
- Patara, grafmonument 88, (177)
- Persepolis, paleizen 31, 32, 107, (62)
- Philae, tempel 10
- Piraeus, arsenaal 53, (91)
- Plouarzel, menhir van Kerloas 103
- Pompeji
amphitheater 87, (171)
basilica 83, (158)
Forumthermen 83, (159)
- Priene, raadhuis 50, 51, 58, (88)
- Rimini, Pons Augustus 113, (224)
- Rome
Aqua Julia 115
Aqua Marcia 115, (228)
Colosseum 74, 76, 81, 85, (138), (156), (169)
basilica van Maxentius 69, 84, 90, 91, 98, 107, (127), (179), (180), (183), (197)
basiliek van Sint Paulus buiten de muren 72, 85, (130), (167)
basiliek van Sint Pieter 72, 85, (129), (166)
Gouden Huis 93, 99, (186), (198)
grafmonument van Santa Constanza 95, 99, (196), (198)
mausoleum van Gordianus (Tor de'Schiavi) 74, 94, 99, (134), (193), (198)
mausoleum van Hadrianus 72, 74, 107, (132)
mausoleum van Romulus 99, (198)
obelisk Piazza San Giovanni in Laterano 14, 107, (30)
Pantheon 69, 84, 85, 94, 95, 99, (126), (168), (194), (198)
Pons Aelius 113, (223)
Pons Aemilius 110, (214)
Pons Cestius 113, (222)
Pons Fabricius 113, (221)
Pons Milvius 113, (220)
Pons Sublicius 110
Ponte Mollo 113, (220)
Ponte Quattro Capi 113, (221)
Ponte Rotto 113
Ponte Sant' Angelo 113, (223)
tempel van Antoninus en Faustina 83, (157)
tempel van Castor en Pollux 66, (119)
tempel van Jupiter Capitolinus 64, (118)
tempel van Mars Ultor 64, 65, (120)
tempel van Minerva Medica 91, 99, (184), (198)
tempel van Venus en Roma 64, 65, 88, 98, (121), (197)
tempel van Vesta 69, (125)
theater van Marcellus 76, (139)
thermen van Caracalla 72, 74, 84, 90, 91, 94, 98, 99, (136), (181), (183), (191), (197), (198)
thermen van Diocletianus 72, 74, 84, 90, 98, (137), (197)
zuil van Marcus Aurelius 84, 107, (163)
zuil van Trajanus 84
- Sakkara, piramide 4, (5), (7)
- Salamanca, brug over de Tormes 115
- Saloniki, kerk van Sint Georgius 72, 99, (131), (198)
- Samos, tempel van Hera 40, 41, 44, 46, 47, 57, (73), (77)
- Samothrace, tholos 50, (87)
- Sardes, tempel van Artemis Cybele 41, 44, 47, (73), (82)
- Sarvistan, paleis 34, 36, 99, (65), (198)
- Segovia, aquaduct 115, (230)
- Selinus
tempel van Apollo 40, 41, 44, 47, 56, (73), (81), (101)
tempel van Hera 44, 58
- Shustar, brug over de Karun 110
- Split, mausoleum van Diocletianus 74, 95, 99, (133), (195), (198)
- Stonehenge, monument 105, 106, (207)
- Syracuse, kathedraal 85, (165)
- Tchoga-Zambil, ziggoerat 20, (44)

Thebe, Ramesseum 14, (32)
Tiryns, cyclopenmuur 54, (93)
Tivoli
 tempel van Vesta 69, (124)
 villa van Hadrianus 87, (172)
 villa van Hadrianus, Piazza d'Oro 93, (185)
Trier, basilica 72, 77, 85, (128)

Turnu Severin, brug over de Donau 110, (215)

Ur, ziggoerat van Urnammoe 20, (41)

Uruk
 kalksteentempel 20, (37)
 ziggoerat 20, (40)



VERANTWOORDING VAN DE AFBEELDINGEN

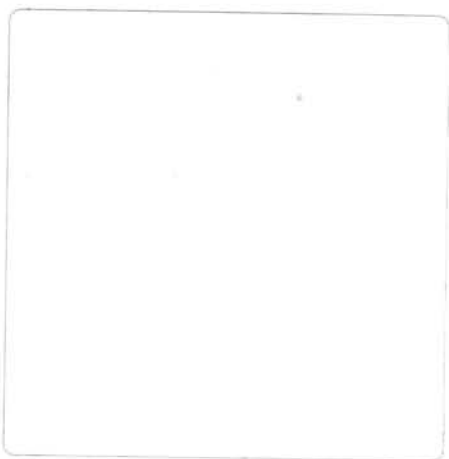
De afbeeldingen werden, voor zover het niet eigen tekeningen zijn, ontleend aan de volgende boeken.

- J.-P. Adam, *La Construction Romaine*, Paris 1984: 141, 142, 143, 157, 158, 159, 165, 166, 167, 170, 171, 173, 177, 184b, c, 187, 188, 189a, 190, 199, 200
- B. Allsopp, *A History of Classical Architecture*, London 1965: 79b
- W. Andrae, *Das wiedererstandene Assur*, Leipzig 1938: 45
- W. Bernhard, *Brücken gestern und heute*, Berlin 1986: 213a
- L. Borchardt, *Die Entstehung der Pyramide. An der Bauschichte der Pyramide bei Mejdum nachgewiesen. Mit einem Beitrage über Lastentransport und Bauzeit von Louis Croon*, Berlin 1928: 16
- Th. A. Busink, *De toren van Babel*, Batavia 1938: 47a t/m g
- Th. A. Busink, *Sumerische en Babylonische tempelbouw*, Batavia 1940: 38a
- Th. A. Busink, *Etemenanki. De toren van Babel*, Jaarbericht van het Vooraziatisch-Egyptisch Gezelschap "Ex Oriente Lux", Leiden 1945-48, nr.10, p. 526,536: 42
- J.L. Cénival, H. Stierlin, *Egypte. Epoque pharaonique*, Fribourg 1964: 24b
- A. Choisy, *L'art de bâtir chez les Egyptiens*, Paris 1904: 15, 18, 21, 34
- G.S. Clarke, R. Engelbach, *Ancient Egyptian Masonry*, London 1930: 32
- P. Calyton, *Archaeological Sites of Britain*, London 1976: 208
- J.J. Coulton, *Greek Architects at Work*, London 1977: 77a, 78a,b, 81a,b, 84a,b,c, 89b, 90b
- L. Croon, *Lastentransport beim Bau der Pyramiden*, Hannover 1925: 20
- J.M. Deinhard, *Massivbrücken, gestern und heute*, Wiesbaden 1964: 221b, 226a, 231a
- M. Dieulafoy, *L'art antique de la Perse*, Paris 1884-1885: 60a,b,c, 63d, 65d
- W.B. Dinsmoor, *The Architecture of Ancient Greece*, London 1950 (3): 69a, 82a, 83a, 84d
- D. Dunham, *Building an Egyptian Pyramid*, *Archaeology* 9 (1956)3 p. 159-165: 17
- J. Durm, *Die Baukunst der Griechen*, Darmstadt 1881: 68,72
- J. Durm, *Die Baukunst der Etrusker. Die Baukunst der Römer*, Stuttgart 1905(2): 53b, 118a,b, 119Ab,Ba,b, 121a,c, 122a,c,d,e, 127b, 132a, 133, 136a, 137, 138a,b, 139, 140, 151, 152, 153, 155, 156, 160, 161, 162, 169, 172, 174, 175, 178b,c, 179a,b, 180, 184a,d, 185, 189b, 192, 193, 196, 228, 229
- J. Durm, *Die Baukunst der Griechen*, Leipzig 1910 (3): 74, 86b, 89a, 92, 93, 94, 97, 99, 100, 103, 104, 112, 113, 114, 115
- J.E.S. Edwards, *The Pyramids of Egypt*, London 1961 (herz. dr.): 8a, 10
- K. Erdmann, *Die Kunst Irans zur Zeit der Sasaniden*, Berlin 1943: 50c
- K. de Fine Licht, *The Rotunda in Rome*, Copenhagen 1968: 126a,b,c,d,e, 154, 168, 194b,c
- E. Flandin, P. Coste, *Voyage en Perse pendant les années 1840 et 1841*, Paris z.j.: 62c, 63a,b,c, 65a,b,c
- B. Fletcher, *A history of architecture*, London 1975 (18): 88a,b, 107, 117, 120b, 121b, 122b, 127a, 131a,b, 163
- H. Frankfort, *The art and architecture of the ancient orient*, London 1954: 62b
- R. Graefe, *Vela Erunt. Die Zeltdächer der römischen Theater und ähnlicher Anlagen*, Mainz am Rhein 1979: 169
- J.W. Graham, *The Palaces of Crete*, Princeton 1962: 67a
- L. Habachi, *The obelisks of Egypt*, New York 1977: 28, 29,30
- G. Haegemann, *Vom Caementum zum Zement*, Wiesbaden 1964: 19
- F. Hart, *Kunst und Technik der Wölbung*, München 1965: 49, 50a,e, 64, 69b
- M. Hayden, *The Book of Bridges*, London 1976: 230, 231b
- E. Heinrich, *Schilf und Lehm*, Berlin 1934: 37a,b, 54
- U. Hölscher, *Das Grabmal des Königs Chefren*, Leipzig 1912: 23b,c
- H.J. Hopkins, *A span of bridges*, Newton Abbot 1970: 221a, 224, 231c, 233, 234
- Ch. Jurecka, *Brücken*, Wien 1976: 210, 212, 214, 215a, 217, 220, 226b
- H. Kähler, *Der römische Tempel*, Berlin 1970: 119Aa, 121d, 178a
- R. Koldewey, *Das wieder erstehende Babylon*, Leipzig 1913: 39
- R. Koldewey, O. Puchstein, *Griechische Tempel in Unteritalien und Sicilien*, I. Band, Berlin 1899: 101
- F. Krischen, *Antike Rathäuser*, Berlin 1941: 88a,b
- F. Krischen, *Weltwunder der Baukunst in Babylonien und Ionen*, Tübingen 1956: 79a
- H.-O. Lamprecht, *Opus Caementitium. Bautechnik der Römer*, Düsseldorf 1984: 145, 146, 147, 149, 150, 186b
- J.-Ph. Lauer, *Das Geheimnis der Pyramiden*, München 1980: 9
- A.W. Lawrence, *Greek Architecture*, Harmondsworth 1957: 80a,b, 83b, 85, 86a, 90a, 91, 102
- H.J. Lenzen, *Die Entwicklung der Zikkurat von ihren Anfängen bis zur Zeit der III. Dynastie von Ur*, Leipzig 1941: 40
- S. Lloyd e.a., *Baukunst aller tijden*, Amsterdam 1965: 11, 17, 44b, 46
- R. Martin, *Manuel d'architecture grècque. I. Matériaux et techniques*, Paris 1965: 96, 106, 111

- W. Müller, *Architekten in der Welt der Antike*, Zürich 1989: 24a, 75, 209
- R. Naumann, *Architektur Kleinasiens*, Tübingen 1955: 57
- F. Noack, *Die Baukunst des Altertums*, Berlin z.j.: 67b, 68, 124, 125, 126e, 127c, 134
- J. Oates, *Babylon*, London 1979: 43
- A.T. Olmstead, *History of the Persian Empire: Achaemenid Period*, Chicago 1948: 62e
- J. Oosterhoff, *Kracht en vorm*, Delft 1990: 14
- A. Orlandos, *Les Matériaux de Construction et la Technique Architecturale des Anciens Grecs*, Prem. Partie, Paris 1966: 89, 105
- Paris, Rome, Athene, Paris 1983 (2): 76
- F.R. Paturi, *Monumenten uit de oertijd*, Deventer 1978: 203, 207b
- G. Perrot, Ch. Chipiez, *Histoire de l'Art dans l'Antiquité*. Tome I. L'Egypte, Paris 1882: 25a,b,c,d, 35b
- G. Perrot, Ch. Chipiez, *Histoire de l'Art dans l'Antiquité*. Tome II. Chaldée et Assyrie, Paris 1884: 55
- G. Perrot, Ch. Chipiez, *Histoire de l'Art dans l'Antiquité*. Tome V. Perse. Phrygie-Lydie et Carle-Lycie, Paris 1890: 61
- O. Puchstein, *Boghasköi. Die Bauwerke*, Leipzig 1912: 58
- Pyramides en Moskeeën, Delft 1981: 7
- D.S. Robertson, *Greek and Roman Architecture*, Cambridge 1974 (2): 123, 191, 195
- F. Sarre, *Die Kunst des alten Persien*, Berlin 1923: 62a
- F. Sarre, E. Herzfeld, *Archäologische Reise im Euphrat- und Tigris-Gebiet*, Berlin 1920: 50d
- K. Schefold, *Die Griechen und ihre Nachbarn*, Berlin 1967: 77b, 80c, 82b, 84e, 87, 90c, 95
- H. Straub, *Die Geschichte der Bauingenieurkunst*, Basel 1964 (2): 222b
- H.J.W. Thunnissen, *Gewelven*, Amsterdam 1950: 53a, 181
- N. Upton, *An Illustrated History of Civil Engineering*, London 1975: 215b, 227
- Le voyage d'Italie d'Eugène Viollet-le-Duc 1836-1837, Paris 1980: 135, 136b
- J.B. Ward-Perkins, *Architektur der Römer*, Stuttgart 1975: 128a,b
- Ch. S. Whitney, *Bridges*, New York 1983 (facs.): 213b, 221c, 222a, 225
- H. Wittfoht, *Triumph der Spannweiten*, Düsseldorf 1972: 223
- L. Woolley, *Spadework*, London 1953: 41
- G.N. Wright, *Bridges of Britain*, Bradford Barton 1973: 211
- Voorts:
- F. Keuzenkamp, TU Delft, Faculteit der Bouwkunde: Omslag-foto en de afbeeldingen 7 en 35a.

Bij de samenstelling van dit boek is geprobeerd van alle illustraties de rechthebbende te bereiken; dit is helaas niet in alle gevallen gelukt. Hun wordt verzocht alsnog contact op te nemen met de uitgeverij.

1913758



De techniek van het bouwen heeft in de loop van de eeuwen een aantal fasen van ontwikkeling doorgemaakt, met heuvels en dalen. Eén van de hoogtepunten was het bouwen door de Romeinen. Toen omstreeks 500 nC het Romeinse rijk uiteen viel raakten, althans voor wat West-Europa betreft, ook de bij deze cultuur behorende bouwmethoden een aantal eeuwen in de vergetelheid.

Maar ook vóór de Romeinse tijd kwamen veel belangrijke bouwwerken tot stand, in de beschavingen van de Egyptenaren, de Mesopotamiërs, de Perzen en de Grieken: tempels, paleizen, piramiden, ziggoerats, grafmonumenten, basilica's en nog vele andere.

Over de technische aspecten hiervan gaat 'Bouwtechniek in de Oude Tijd': over de constructies en over de bouwmethoden waarmee deze tot stand kwamen. De teksten zijn kort gehouden, maar de vele afbeeldingen geven meer informatie dan uitvoerige teksten zouden kunnen doen.

Het boek is een overzichtswerk dat niet alleen werd geschreven voor historici en voor wie bij het bouwen betrokken zijn, maar ook voor de geïnteresseerde leek.

Jacob Oosterhoff werd geboren in 1924. In 1951 behaalde hij het diploma van civiel ingenieur aan de Technische Hogeschool Delft. Na enkele jaren op een architectenbureau te hebben gewerkt richtte hij in 1953 het ingenieursbureau op dat later het Adviesbureau voor Bouwtechniek te Velp (G) zou worden.

In 1965 werd hij in Delft hoogleraar, zowel aan de Afdeling der Bouwkunde als aan die der Civiele Techniek, om onderwijs te geven in de vormgeving van de draagconstructies van gebouwen.

Al spoedig ging hij zijn belangstelling voor historie toepassen op zijn eigen vakgebied, de bouwtechniek.

Bij de Delftse Universitaire Pers verschenen eerder van zijn hand 'Constructies. Momenten uit de geschiedenis van het overspannen en ondersteunen' (1978) en 'Kracht en vorm' (1990), het vierde deel van de serie 'Bouwtechniek in Nederland'.

