

RONALD STENVERT

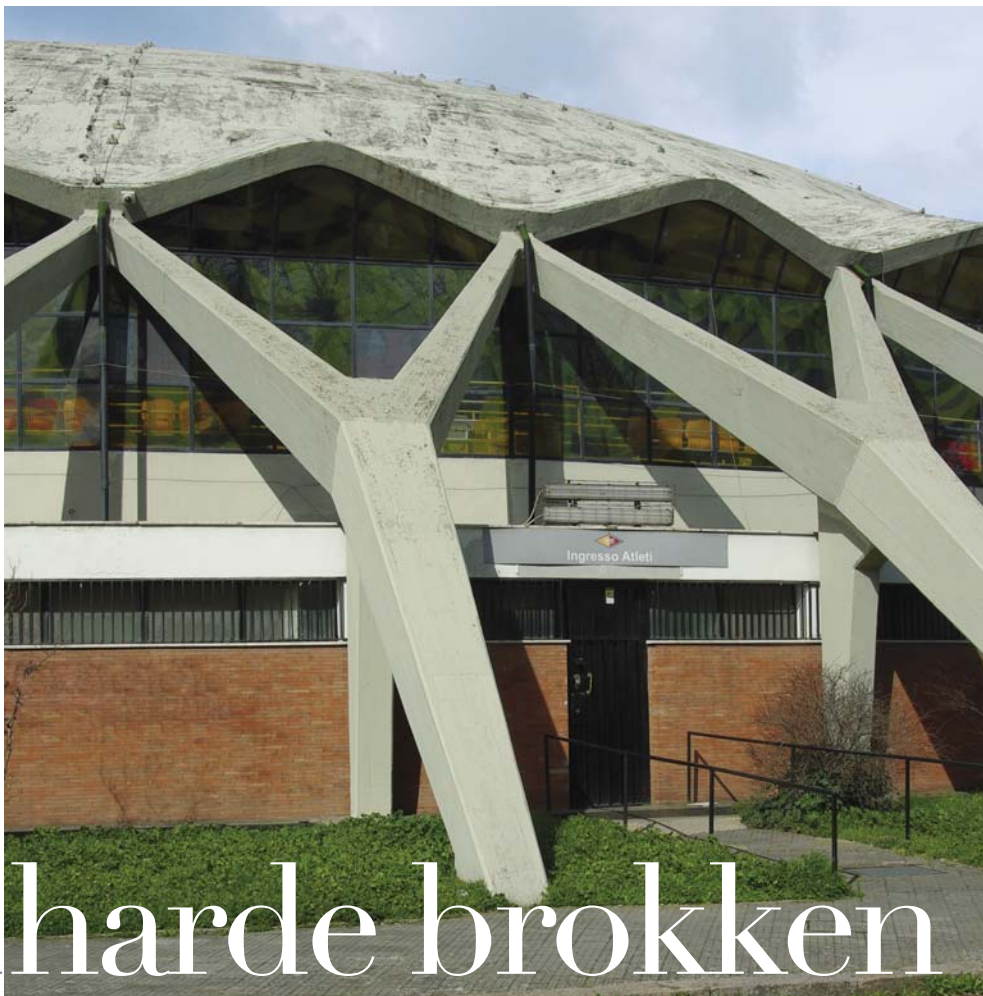
ARCHITECTUUR- EN BOUWHISTORICUS,
MEDEOPRICHTER EN FIRMANT VAN
BBA.BUREAU VOOR BOUWHISTORIE
EN ARCHITECTUURGESCHIEDENIST
TE UTRECHT

BOUWHISTORIE: GEWAPEND BETON DEEL 2

Stampen, spuiten & schokken

Steenharde brokken

In de eerste aflevering stonden de wortels van het gewapend beton en het begin van de betontechnologie centraal.¹ In deze tweede bijdrage wordt de aandacht gericht op de 'tweede betonrevolutie'. Innovaties van kort voor de Tweede Wereldoorlog, die dunnere en lichtere betonconstructies opleverden, kwamen met de wederopbouw tot volle bloei. Ook vernieuwingen op het gebied van de wapening, zoals voorspanning, gingen een rol spelen. Daarnaast zorgden een verbeterde betontechnologie en verwerkingsmethoden voor een harder beton dat fabrieksmatig geproduceerd kon gaan worden. Schaaldaken en schokbeton zullen hier de grootste aandacht krijgen, maar ook zal blijken dat verdergaande specialisatie op dit gebied leidde tot een toenemende scheiding tussen architect, ingenieur, constructeur en bouwer. Dit levert soms auteursproblemen op over wie de vorm 'werkelijk' bedacht heeft.



1 - ROME, PALAZZETTO DELLO SPORT NAAR ONTWERP VAN PIER LUIGI NERVI, 1959.

Nog steeds tot de verbeelding sprekend, is het werk van de architect Pier Luigi Nervi (1891-1979). Deze Italiaan was een gelauwerd ontwerper van knap ontworpen betonconstructies, waaronder stadions en vliegtuighallen, en van het na de Tweede Wereldoorlog gebouwde grote Palazzo en het kleinere Palazzetto dello Sport voor de Olympische spelen van Rome in 1960 (*figuur 1*).² Eén van zijn grote verdiensten was dat hij nog de kwaliteiten van zowel architect als constructeur in zich verenigde, een combinatie die inmiddels schaars was geworden. De voortschrijdende splitsing van taken maakt

het voor de architectuurhistoricus steeds moeilijker precies te achterhalen wie de auctor intellectualis van menig bouwwerk is. Niet zelden is er daarbij sprake van een esthetisch ontwerper, een uitvoerend architect, een constructeur, een ingenieursbureau, een al dan niet door een octrooi beschermd systeem, uitgevoerd door een licentiehoudende bouw-firma of tenslotte de grotere toevloed van kant en klare producten uit de betonfabriek.

Van planetarium tot fabriek

Eén van de hoogtepunten uit de vroeg betonbouw is de imposante Jahrhunderthalle te

Breslau (nu Wrocław, Polen) uit 1911³ met een koepel van 65 meter doorsnede. De hal werd gebouwd door de in 1865 te Karlsruhe als 'Zementwarenfabrik' gestichte bouwonderneming Dyckerhoff & Widmann. Deze firma werkte vanaf 1906 als vaste aannemer voor de firma Zeiss te Jena en de hieraan gelieerde Jenaer Glaswerke. Voor deze laatstgenoemde fabriek maakten ze in 1924 een gebouw met een koepel van 40 meter doorsnede en slechts zes centimeter dikte. Deze vernieuwende constructie bracht het gewicht van de koepel terug tot slechts twintig procent van die te Breslau. Dit werd bereikt door een schaal-

constructie die in verhouding dunner was dan een eierschaal.⁴

Walter Bauersfeld (1879-1959) van de firma Zeiss was twee jaar eerder, in 1922, begonnen met de ontwikkeling van een planetarium-projector. Om te kunnen projecteren, had hij een halfrond hemelgewelf nodig en dacht daarvoor aan een schaalconstructie. Op het dak van de Zeiss-fabriek bouwde hij een koepelvormige schaal van zestien meter doorsnede door ijzeren staven in driehoeksvormen met elkaar te verbinden, ze vervolgens van een dun ijzeren draadnet te voorzien en het geheel zowel van binnen als van buiten met enkele centimeters snelverhardend spuitbeton te bedekken. De firma Zeiss patenteerde dit procédé.⁵

Voor het ontwerp werkte Bauersfeld samen met Franz Dischinger (1887-1953) van de genoemde bouwonderneming. Samen construeerden ze een grotere versie van dit planetarium elders in Jena. Deze schaalconstructie met een doorsnede van 25 meter kwam in 1926 gereed en werd een voorbeeld voor vele andere planetaria in de wereld (figuur 2).⁶ In 1923 trad Ulrich Finsterwalder (1897-1988) tot de bouwonderneming toe. Beide concurrerende constructeurs legden zich toe op de ontwikkeling van schaalconstructies: Dischinger op tonschaaldaken en veelhoekige koepelconstructies en Finsterwalder op de ontwikkeling van de segmentvormige schaaldaken.⁷ Finsterwalder ontwikkelde ook een methode voor een rechthoekige schaal met een halve cilinderform die zijn dwarsbelasting op de vier hoekpunten afdroeg door middel van gebogen wapeningsstaven in het vlak van de cilinderform. Deze staven volgden de richting van de spanningsbanen (zogenoeten trajectoriënwapening).

Eenlaagse fabrieksgebouwen bestonden tot die tijd uit sheddaken met een steilere schuine zijde voorzien van een vensterstrook voor de lichttoetreding en een flauwhellend deel als dak. Dit laatste werd vervangen door een gebogen cilindersegment. De eerste belangrijke toepassing van dergelijke segmentvormige shedschalen geschiedde in 1933 bij de textiel-fabriek 'Grafa' te Buenos-Aires.⁸ Nadat in 1934 een vergelijkbare schaalconstructie van een vliegtuighal in Cottbus was bezweken, werden de tonschalen versterkt met knikribben.⁹ De in 1923 opgerichte 'Kuppelbau-GmbH' beheerde de patenten van wat bekend werd als het 'systeem Zeiss-Dywidag'. Ze verleenden licenties aan buitenlandse firma's. In Nederland blijkt de 'Nederlandse Maatschappij voor Havenwerken NV' (NMH) rond 1939 een licentie te bezitten.¹⁰ Een artikel in De 8 en Opbouw maakt hier melding van. Het artikel



3 - ARNHEM, TONSCHALEN VAN DE DRIEBEUKIGE STROLOODS VOOR DE ALGEMENE KUNSTZIJDE INDUSTRIE IN DE KLEEFSE WAARD, 1942.

2 - JENA, PLANETARIUM GEBOUWD VOLGENS HET ZEISS-DYWIDAG-SYSTEEM, 1926.

4 - NIJMEGEN, CONTINUESPINNERIJ VAN DE NYMA MET TWEE KEER VIER TONSCHALEN, 1948.



werd geïllustreerd met een door Derk Masselink (1909-1982) ontworpen driebeukige stroloods van drie maal van 100 bij 25 meter in opdracht van de Algemene Kunstzijde Unie in de Kleefsche Waard te Arnhem uit 1942 (figuur 3).¹¹

Gebogen schalen

Na de oorlog leverden schaaldaken een belangrijke bijdrage aan de grote vraag naar fabrieksruimte. Als belangrijke voordelen werden aangevoerd een geringer staalgebruik, grote brandveiligheid, weinig onderhoudskosten, ideale verlichting en last but not least 'een esthetische aantrekkelijkheid'. Ten gevolge van de financiële oorlogsafwikkeling was het octrooi op het systeem Zeiss-Dywidag eind 1949 vervallen verklaard. Toch bleef de NMH sterk

betrokken op dit gebied.¹² Met Marshallhulp bouwde men in 1948 voor de NYMA te Nijmegen een continuespinnerij met acht tonschalen (figuur 4).¹³ Het jaar daarop bouwde men voor de firma Bates Cepro Zakken Maatschappij N.V. te Velsen-Noord een fabrieksgebouw van twaalf segmentvormige schalen, waarbij het beton werd niet gespoten, maar 'aardvochtig' op de wapening werd aangebracht en handmatig werd afgewerkt met de plakspaan.¹⁴ De NHM bouwde ook in 1946-1947 naar ontwerp van J.D. Postma (1890-1960) de Ned. Am. Bandenfabriek Vredestein te Enschede en in 1952 de eveneens door Postma ontworpen J.B. Bussink's Koninklijke Nederlandse Koekfabrieken te Deventer. De berekeningen van deze schalen werden uit-

gevoerd door ingenieur Arend Maarten Haas (1898-1972), de toenmalige directeur van de bouwer die het werk uitvoerde.¹⁵ Haas was in 1949 gepromoveerd op de berekening van paddestoelvloeren en legde zich vooral toe op de berekening van schaalconstructies nadat hij 1953 hoogleraar te Delft was geworden.

In Hengelo was Gerrit Beltman jr. (1905-1967) in 1954 verantwoordelijk voor de realisatie van de fabriek van de Koninklijke Weefgoederenfabriek C.T. Stork & Co. (figuur 5). De berekening was van B.A. Sassen (1923-2000), die na zijn afstuderen bij Haas in Delft van 1952 tot 1959 aan bureau Beltman was verbonden.¹⁶ De bouw werd opnieuw uitgevoerd door de NHM. Dezelfde combinatie van architect, constructeur en aannemer stond ook in 1956 aan de basis van de nieuwe fabriek voor de Coöperatieve weverij en textielhandel De Ploeg te Bergeijk. Vermaard werd de fabriek doordat Gerrit Rietveld (1888-1964) voor de esthetische vormgeving werd ingeschakeld. Het verhaal dat Rietveld tijdens een studiereis naar Noord-Italië op het idee van de gebogen schaaldaken was gekomen, blijkt een fabel en is feitelijk onjuist. Als esthetisch adviseur beperkte Rietvelds invloed zich tot de lichte verdraaiing van de kopse gevels, het kleurenschema van de bekleding en de staalconstructie bij de ingangspartij (figuur 6).¹⁷

Staven onder spanning

Een tweede belangrijke ontwikkeling werd het toepassen van voorgespannen beton. De Fransman Eugène Freyssinet (1879-1962) kreeg hier in 1928 een patent op. Al eerder bestonden er patenten op aangespannen stalen

draden die in beton waren ingegoten, maar krimp en kruip van beide materialen maakte dat de spankracht al na korte tijd verloren ging. Freyssinet toonde aan dat blijvende voorspanning enkel mogelijk is met staal van een zeer hoge vloeigrens. Het normale bouwstaal dat in die tijd met St. 37 werd aangeduid, was daarvoor niet voldoende. Kort na de oorlog kwam hoogsterk staal beschikbaar, aangeduid als St. 90, dat bijna drie keer zo sterk was en, na aftrek van krimp en kruip, een flinke hoeveelheid effectieve trekkracht overhield.¹⁸ Sterker staal impliceerde echter ook harder beton en dat stelde extra eisen aan de samenstelling en de verdichting van het beton.

Voor kleinere constructieonderdelen als lateien, vloerbalken etc. wordt de wapening eerst op spanning gebracht (voorgerekte wapening) en in het beton gegoten. Voor grotere constructies maakt men eerst de betonconstructie met daarin kokers. In de kokers worden tot spankabels samengestelde wapeningstaven getrokken die door middel van vijzels op spanning worden gebracht (nagerekte wapening).¹⁹ De holten tussen koker en kabel worden vervolgens gevuld met grout (een mengsel van water en cement).

De eerste toepassing van voorgespannen beton in een fabriek dateert uit 1949 bij een door Dyckerhoff & Wildmann gebouwde weverij van Weber & Ott. te Forchheim.²⁰ Vermoedelijk het eerste Nederlandse fabrieksgebouw met voorspanning is de in 1954 geopende Cincinnati-fabriek voor gereedschapswerktuigen te Vlaardingen. Het architectenbureau Van Tijen en Maaskant was bij de uitvoering betrokken, maar het ontwerp stamde van de moedermaat-

schappij in Ohio (VS). De berekening voor de schalen met voorgespannen staven werd gemaakt door de latere Eindhovense hoogleraar Bartel Willem van der Vlugt (1923-2001) van de I.B.I.S. (Ingenieursbureau voor Industrie-Service).²⁰¹

Het jaar daarop, in 1955, kwam bij Oosterhout de nieuwe Jaminfabriek tot stand, eveneens met voorgespannen schaaldaken. In het proces keren een aantal bekenden terug. Architectonisch advies berustte bij D. Masselink, de uitvoering was in handen van de NHM en de berekeningen werden door A.M. Haas uitgevoerd. Deze laatste had in het kader van zijn hoogleraarschap een kartonnen model op schaal 1:10 laten maken, dat in het Instituto Técnico de la Construcción y de Cemento te Madrid werd beproefd.²² In 1961 publiceerde Haas een overzicht van schaalconstructies, waar naast diverse van de al genoemde schaalconstructies ook de melkfabriek te Hilversum van de in het ontwerp van melkfabrieken gespecialiseerde architectenfirma Martens & Kramer uit 1955 was opgenomen. Zij ontwierpen, eveneens met de I.B.I.S. als constructeur, het jaar daarop een kleinere variant in Heiloo (figuur 7).²⁴

De toen net gefuseerde textielfirma Nijverdal-Ten Cate te Almelo liet in 1952 de hele firma doorlichten door het Zwitserse textieladviesbureau Gherzi. Dit bureau was in 1948 begonnen met het aanbieden van kant en klare bouwkundige oplossingen en leverde de ontwerpen voor zowel een weefhal in Almelo als in Nijverdal. De firma Van Heek & Co. te Enschede, ooit de grootste werkgever van Nederland, kon niet achterblijven en nam in

5 - HENGELO, SHEDSCHALEN VAN DE KON. EEFGOEDERENFABRIEK C.T. STORK & CO., 1954.



6 - BERGEIJK, SHEDSCHALEN VAN DE WEVERIJ DE PLOEG MET ESTHETISCH ADVIES VAN GERRIT RIETVELD, 1956.





7 - HEILOO, INTERIEUR MET TONSCHALEN VAN DE CAMPINA-FABRIEK, 1955.

1958 eveneens een dergelijke weefhal in gebruik. Gherzi zorgde opnieuw voor het plan en voor de enorme airconditioning-installatie met manshoge luchtkokers. De uitvoering geschiedde door het Enschedese aannemersbedrijf Van Eegteren & Zn. dat de voorgespannen balken ter plekke op de bouwplaats goot, afspande en vervolgens in de constructie takelde. Op de balken kwamen prefab dakplaten van bimsbeton te liggen (figuur 8).²⁴ Op deze manier werd eveneens een relatief licht geconstrueerde hal gerealiseerd. Lang heeft de firma niet van hun toen hypermoderne weefhal kunnen profiteren, want in 1967 ging ze failliet. Ook het hoogtepunt van de schaalconstructies was toen voorbij ten gevolge van de loonronden uit het begin van de jaren zestig die de voor de schaaldaken benodigde tijdsintensieve bekistingen te duur maakten.²⁶

Hard als schokbeton

Op 4 juli 1935 kreeg Gerrit Lieve (1888-1944) een octrooi op betonverdichting door middel van schokken.²⁷ In 1932 had hij samen met Matthijs Elias Leeuwrik (1900-1980) de N.V. Schokbeton opgericht. Het principe van het schokken is verdichting zonder ontmenging, zoals ook een zak suiker door enkele keren op tafel stoten inklinkt. Ellipsvormige wielen onder een schoktafel met daarop een kist vol aardvochtige beton zorgen voor deze schokken en voor een mechanische verdichting. Dit

levert meer dan anderhalf keer de sterkte van gewoon beton op. Andersom kan met een kleine doorsnede eenzelfde sterkte bereikt worden en dat is voordelig bij het maken van de betonnen kozijnen. In het begin legde Schokbeton zich toe op de productie van kleinere prefabelementen. Vanwege hun grote dichtheid worden ze tot de hardbetonproducten gerekend.²⁸ Schokbetonnen stalvensters werden toegepast

bij de boerderijen in de nieuwe Wieringermeerpolder. Wel was het van belang om van te voren precies te bepalen waar de gaten, pluggen en draadeinden moesten komen, in een tijd vóór de uitvinding van de hamerboor. Schokbeton in Zwijndrecht startte begin 1940 met de productie van elementen voor de afbouw van de Rivierahal van de door S. van Ravesteyn (1889-1983) ontworpen Rotter-



8 - ENSCHEDE, GHERZI-WEEFHAL VAN DE FIRMA VAN HEEK & CO., 1958.



9 ◀ - ROTTERDAM, DE IN 1972 GESLOOPTE UITZICHTTOREN VAN DE DIERGAARDE BLIIDORP SCHUIN NAAR BOVEN GEZIEN, UIT HET NIEUWE DIERGAARDE BOEK.

11 ▶ - ENSCHEDE, TORENBEKRONING VAN HET STATION MET HARBETONNEN ARTISTONE SIERELEMEN- TEN VAN DE FIRMA METEOR UIT DE STEEG, 1949-1950.

10 ▼ - ROTTERDAM, DETAIL VAN DE RIVIÉRAHAL IN DE DIERGAARDE BLIIDORP MET SCHOKBETON VENSTERS EN LICHT PAARS GEKLEURD SCHOKCRETE SIERBETON.



damse Diergaarde Blijdorp. Naast schokbeton-vensters werden ook elementen geproduceerd die als montagebouw op de bouwplaats tot grotere delen werden samengesteld (figuur 9).²⁹ Daarbij leverde de firma betonnen elementen, die op de in het zicht komende oppervlakten van een extra deklaag waren voorzien. Natuursteengruis werd daarin verwerkt, zoals dat ook al langer bij sierbeton gebeurde, waarna de oppervlakte een speciale nabewerking kreeg (figuur 10). Schokbeton bracht dit sier-

beton op de markt onder de naam Schokcrete.³⁰ Ondanks het octrooi van Schokbeton gingen ook andere betonfabrieken hun eigen hardbeton en sierbeton produceren. Een belangrijke concurrent was de in 1931 gestichte betonfabriek De Meteor in De Steeg, die naast Stelconplaten (hardbetonplaten met een stalen rand) vanaf 1938 sierbeton onder de naam Artistone ging produceren. In 1946 blijken diverse firma's beton-kunststeen te leveren, met namen als Ostalon, Articon en Colcret.³¹

Later kwam daar nog Bastolite Sierbeton bij van de firma Bastolite te Oudenbosch.³²

Niet alle hardbeton blijkt Schokbeton. Zo worden leveringen van betonelementen voor het Rotterdamse Groothandelsgebouw (1949-1950) zowel in het jaarverslag van Schokbeton als in het jubileumboek van de Meteor genoemd.³³ Uit dit laatste boek blijkt ook dat De Meteor ook de betonelementen leverde voor het door H.G.J. Schelling (1888-1978) ontworpen station van Enschede uit 1949-1950. Voor dit en enkele andere stations experimenteerde Schelling met diverse toeslagstoffen, waaronder gemalen baksteen en glas (figuur 11).³⁴ Uiteindelijk was het aanbod aan betonwaren dermate groot dat de in 1922 opgerichte Bond van Fabrikanten van Betonwaren in 1957 een compendium van de betonproducten uitgaf, helaas zonder verwijzingen naar de afzonderlijke producenten.³⁵



12 - OUDEMIRDUM, LUCHTWACHTTOREN VOLGENS HET RAAT-SYSTEEM, 1953. FOTO 2009

Onder leiding van Leeuwrik maakte Schokbeton na de oorlog een enorme bloei door, van 32 werknemers in 1933 tot 1090 in 1950. Dit kwam door bijna on-Nederlandse ambitieuze projecten, zoals een slechts ten dele gerealiseerd plan uit 1953 voor de bouw van een geheel nieuw stadsdeel aan Accra in de Goudkust (nu Ghana) vol systeemwoningen en een wel gerealiseerd project uit 1957 voor prefabgebouwen op militaire vliegbasissen op Groenland en IJsland.³⁶ Met het oog op de toekomstige ontwikkeling in de nieuwe IJsselmeerpolders werd in 1947 een tweede vestiging te Kampen gesticht.³⁷ Daar werd in 1950 geëxpe-

rimenteerd met een proefwoning volgens het bouwsysteem Raatbouw, dat door de Friese architect Marten Zwaagstra (1895-1988) was ontwikkeld. Indien gewenst konden de raten met betontegels gevuld worden. Als woningbouwsysteem had het geen succes, maar het werd wel in 1953 succesvol toegepast bij de bouw van 138 luchtwachttorens voor een netwerk van uitkijkposten voor het Korps Luchtvaart Dienst (figuur 12).³⁸ Ook produceerde Schokbeton onder meer in 1950-1954 de gevelelementen voor de elektriciteitscentrales in Harculo bij Zwolle, Hemweg, Geertuidenberg en Buggenum. Hun grootste opdracht was de bouw van ruim 900 montage-schuren in de Noordoostpolder. In 1949-1950 werd een eerste serie van ruim honderd geproduceerd, in 1951-1953 gevolgd door een tweede serie en in 1954-1958 een derde serie, waarvan er ook nog ruim 200 in Oostelijk Flevoland gebouwd werden. Een montagestal met gemiddeld 180 betonelementen, inclusief een aantal gelamineerde houten spanten, kon met een team van zes man en één kraan in drie dagen op een van te voren gestorte fundering gemonteerd worden (figuur 13).³⁹

Hoewel ze nog jaren lang betonelementen bleven produceren (figuur 14), richtten ze zich vanaf 1950 ook op voorgespannen spantconstructies, nadat ze een licentie voor het systeem Freyssinet hadden verworven. Voor de ontwikkeling trokken ze Bernardus Hermanus Henricus Zweers (1900-1967) als adviseur aan. Hij was hoogleraar utiliteitsbouw in Delft van 1946 tot 1965 en ontwierp naast voorgespannen boogspanten ook tweescharnierportalen met voorspanning. Hoeveel er daarvan zijn gebouwd en nog bestaan is helaas onbekend (figuur 15). In 1960 opende Schokbeton een nieuwe vestiging in Vianen speciaal voor de productie van grote wandelementen ten behoeve van de zware montagebouw die in die tijd tot ontwikkeling kwam voor de productie van seriematige galerijflats. In 1968 leverden ze de gevelplaten voor de kantoortoren van de uitbreiding van het Bouwcentrum in Rotterdam dat in 1947 door de Stichting Ratiobouw in het leven was geroepen als coördinatiepunt van de wederopbouw. Die wederopbouw kon in 1968 echter als afgesloten beschouwd worden.

Verkrumelen in turbulente tijden

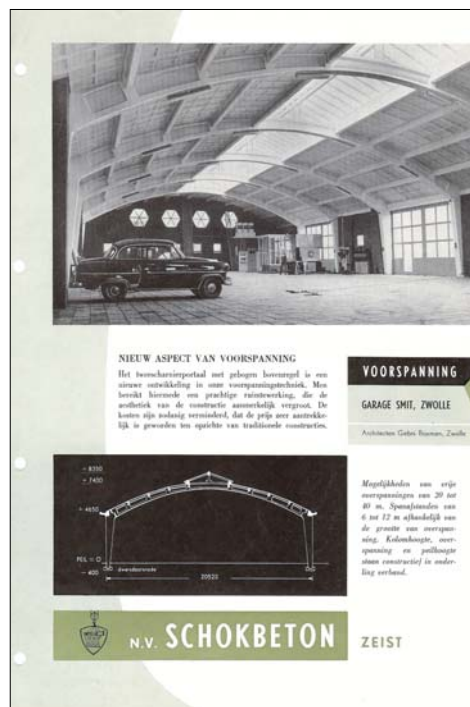
Voor de viering van hun 75-jarig jubileum in 1966 liet Philips door L.C. Kalff (1897-1976) en L. de Bever (*1930) een expositiegebouw ontwerpen. Dit Evoluon lijkt op een vliegende schotel en bestaat uit een bovenbouw van betonelementen en een voet van twaalf V-vormige poten. Deze poten werden in het werk gestort. Schokbeton leverde de drie maal 100



13 - LELYSTAD, MONTAGESCHUUR UIT DE NOORDOOSTPOLDER, NU IN HET NIEUW LAND ERFGOEDCENTRUM, 1949-1953. FOTO 2006



14 - AMSTERDAM, CHR. LAGERE EN MIDDELBARE TECHNISCHE SCHOOL PATRIMONIUM AAN DE VROLIKSTRAAT MET EEN BETONSKELET EN BEKLEDING MET SCHOKBETONELEMENTEN, 1956-1957. FOTO 2009



15 - BROCHURE SCHOKBETON OVER VOORGESPANNEN SPANTEN MET DAARTUSSEN BIMSBETONPLATEN, 1954.



16 - HENGELO, SLOOP VAN DE SHEDSCHALEN VAN DE KON. WEEFGOEDERENFABRIEK, 2008. FOTO 2008 JAAP KROMMENDIJK

schalen voor ieder van de drie ringen van de onderschotel. De firma Abex uit Hoogkerk produceerde de ruim 800 dakelementen van de bovenkoepel.⁴⁰

De opvallende vormgeving leidde tot keuze voor schalen in een tijd dat de bouw daarvan normaal gezien te duur was geworden. Nadat in 1989 het museum over wetenschap en techniek in het Evoluon werd gesloten, zag het er

enige tijd somber voor het gebouw uit, maar het bleef gelukkig behouden. Dat geldt niet voor vele andere gebouwen die in hun tijd als belangrijke constructies werden beschouwd, maar inmiddels in de vergetelheid zijn geraakt. Zo wordt de hier afgebeelde strolods in Arnhem – de oudste tonschaalconstructie in Nederland – bedreigd. Ook de melkfabriek in Heiloo en de weefhal in Enschede zijn hun

toekomst niet zeker. Hier wreekt zich hier het feit dat bij het onderzoek naar de wederopbouw wel categorieën gebouwen onder de loep zijn genomen, maar onderzoek naar constructies is vergeten. Dit leidt ertoe dat in de Wederopbouw top-100 wel de shedschaalconstructie te Bergeijk wordt beschermd,⁴¹ maar zijn directe voorbeeld uit Hengelo recentelijk ongedocumenteerd werd gesloopt (figuur 16).

Noten

¹ Stenvert, Ronald, 'Stampen, spuiten en schokken I: Gestolde massa', *Vitruvius*, 3(2009)10, 22-29.

² Huxtable, Ada Louise, Pier Luigi Nervi: *The masters of world architecture series*, New York 1960. Zie ook: Oosterhoff, J., *Constructies: Momenten uit de geschiedenis van het overspannen en ondersteunen*, Delft 1980.

³ Gebouwd naar ontwerp van Max Berg (1870-1947) ter herdenking van de Slag bij Leipzig in 1813. Na 1945 Hala Ludowa genoemd en sinds 2006 Unesco-monument.

⁴ Klass, Gert von, *Weit spannt sich der Bogen 1865-1965: Die Geschichte der Bauunternehmung Dyckerhoff & Widmann*, Wiesbaden 1965, 68-70. Het ging om 1467 ton ten opzichte van slechts 325 ton.

⁵ Kurze, Bertram, *Industriearchitektur eines Weltunternehmens: Carl Zeiss 1880-1945*, Erfurt 2006, 64. In 1922 kregen ze een patent op 'Knotenpunktverbindung für eiserne Netzwerke'. Gebruikt werd een machine die Carl Weber in 1919 had uitgevonden om een droog mengsel van snelverhardend beton te kunnen spuiten. Zijn firma ging Torkret AG heten en het proces van spuitbeton werd in Duitsland bekend werd als Torkretverfahren.

⁶ De op het Romeinse Pantheon geïnspireerde architectuur was van de architectenfirma Schreiter & Schlag uit Jena. Deze huisarchitecten van Zeiss waren ook betrokken bij de Venlose Nedinsco-fabriek (een dochterfirma van Zeiss). Zie: Hermans, Frans, *De Nedinsco-fabriek in Venlo 1921-2008: Monument van het Modernisme*, Venlo 2008.

⁷ Hij promoveerde hierop in 1930. Finsterwalder, Ulrich, *Die querversteiften zylindrischen Schalen-gewölbe mit kreissegmentförmige Querschnitt*, Berlin 1933.

⁸ Ontworpen door Hubert Rüschi (1903-1979), hoofdingenieur aan de Argentijnse vestiging van Dyckerhoff & Widmann. Von Klass 1965, 78.

⁹ Dischinger, Fr. e.a., *Neues Bauen in Eisenbeton: Herausgegeben vom Deutschen Beton-Verein*, Berlin 1938 (tweede druk), i.h.b. 62-74.

¹⁰ Nederlandsche Maatschappij voor Havenwerken N.V., *Daken in betonschaalbouw: Systeem 'Zeiss-Dywidag'*, Amsterdam s.a. (circa 1939). De firma was in 1912 opgericht.

¹¹ Weiden, P.A. van der, *Schaalconstructies*, De 8 en opbouw, 13(1942), 141-146. De auteur had onder meer de betonconstructies voor de AVRO-studio in 1936 berekend. Stro werd gebruikt als surrogaatmateriaal voor het schaarse naaldhout voor de winning van cellulose ten behoeve van de kunstzijdeproductie, maar was volumineuzer en leverde minder cellulose op.

¹² Bloem, H., *Betonnen schaaldaken*, Cement, 5(1953), 78-79, 209-211.

¹³ Naar ontwerp van de architectencombinatie Zanstra, Giesen en Sijmons. Stenvert, Ronald, Voormalige N.V. Kunstzijdespinnerij NYMA, Winselingsweg 12-16 en 41, Nijmegen, Bouwhistorische verkenning, Utrecht 2006.

¹⁴ Schrier, W. van der, *Schaaldaken en fabriek voor de papierverwerkende industrie, uitgevoerd met daken in betonschaalbouw*, Cement, 1(1949), 220-226.

In 1936 vestigde de fabriek van papieren zakken zich in de nabijheid van de ENCI cementfabriek.

In 1949 stichtten ze een tweede fabriek nabij de CEMIJ fabriek van hoogovencement. De fabriek nabij de staalhaven in IJmuiden is inmiddels weer verdwenen.

¹⁵ Postma, J.D., *Moderne fabrieksbouw te Deventer*, De Ingenieur, (1953), B73- B76. De bouwer was de N.V. Ned. Aann.mij v/h Fa. H.F. Boersma, later Nedam genoemd.

¹⁶ Stenvert, Ronald, *Ontwerpen voor wonen en werken: 125 jaar bureau Beltman*, Utrecht 1996.

¹⁷ Ook in Kuipers, Marieke (red.), *Toonbeelden van de wederopbouw: Architectuur, stedenbouw en landinrichting van herrijking Nederland*, Zwolle 2002, 106-107 wordt deze fabriek nog ten tonele gevoerd.

¹⁸ St. 37 heeft een trekkracht van 37-45 kg/mm²; St. 90 staal van 90-100 kg/mm² waarvan 55 kg/mm² voorspanning leidt tot 40 kg/mm² effectief.

Kokje, J.K.J., *Schaaldaken in voorgespannen beton volgens het voorspanstelsel 'Dywidag'*, Cement, 6(1954)19-20, 329-332.

¹⁹ Bruggeling, A.S.G. mmv J.A.H. Hartmann & J.C. Meischke, *Voorgespannen beton*, Delft 1950.

²⁰ Joedicke, Jürgen, *Schalenbau: Konstruktion und Gestaltung*, Hilversum 1962.

²¹ Maaskant, H.A., *Voorgespannen schaaldaken: Nog eens het oude probleem: ijzer of beton?*, Bouw, 9(1954)I, 370-375, 504-507.

²² Haas, A.M., *Ontwerp en berekening van schaaldaken in voorgespannen beton voor 2 x 40 m overspanning*, De Ingenieur, 68(1956)15, 35-44; Baas, J.G., *Over de uitvoering van de voorgespannen schaaldaken van de fabriek voor de N.V. C. Jamin te Oosterhout (N.Br.)*, De Ingenieur, 68(1956)20, 47-53; W[erf], A. van der, *Voorgespannen schaaldaken te Oosterhout*, Katholiek Bouwblad, 24(1956-1957)16, 253-254, 269-271; Bruins, G. & A. van der Zoo de Jong, *De fabriek van C. Jamin N.V. te Oosterhout (N.Br.)*, Cement, 10(1958), 799-803 en Garcia, Rafael & Maria Teresa Valcarce, *Cylindrical Shed Construction: The Shell Roof on te Jamin Factory at Oosterhout, Netherlands*, in: Kurrer, Karl-Eugen, Werner Lorentz & Volker Wetzck, Proceedings of the Third International Congress on Construction History, Cottbus 2009, 647-654.

²³ Haas, A.M., *Betonnen schaalconstructies in Nederland*, Cement, 13(1961), 421-453.

²⁴ Stenvert, Ronald, *Campinafabriek, Kanaalkweg 32, Heiloo, Bouwhistorische verkenning met waardstelling*, Utrecht 2009.

²⁵ Stenvert, Ronald, Weverij Van Heek & Co., Lage Bothofstraat 159-175, Enschede, Bouwhistorisch rapport, Utrecht 2009. Het adviesbureau werd in 1929 gesticht door Giuseppe L. Gherzi (1902-1992).

Bimsbeton is een lichtgewichtbeton met als

toeslagstof poreus vulkanisch gesteente. Bimsbetonplaten zijn al vanaf 1916 op de markt.

²⁶ Dat weerhield Haas er overigens niet van om zijn berekeningsmethoden verder te verfijnen: Haas, A.M., *Design of thin concrete shells: Vol. 1 Positive Curvature Index*, New York/London 1962 en Vol. 2 Negative Curvature Index, New York/London/Sidney 1967.

²⁷ Octrooi no. 36029. Zuijlen, Lucas van, *Schokbeton is Superbeton*, do.co.mo.mo-nl nieuwsbrief, 3(2003)6, 16-19. Bij de brand op 13 mei 2008 bij Bouwkunde in Delft is een doos met onderzoeksmateriaal over Schokbeton verloren gegaan, verzameld door Lucas van Zuijlen voor zijn artikel. Het Stadsarchief Dordrecht bezit het archief van de N.V. 'Schokbeton' (Toegangsnummer 517), maar dit is nog ongeinventariseerd en daardoor ontoegankelijk.

²⁸ K., *Schokbeton*, Gewapend Beton, 24(1936)6, 81-90.

²⁹ Ginkel-Meester, Saskia van & Ronald Stenvert, Rivierhul Blijdorp, Van Aerssenlaan bij 47, Rotterdam: *Bouwhistorische verkenning en kleuronderzoek met waardstelling*, Utrecht 2008.

De schokbetonelementen werden tegen het staalskelet van de toren gemonteerd. De toren is in 1972 gesloopt.

³⁰ Bonnema, Tj. & J.J.M. Vegter, *Kennis van Bouwstoffen: Kunststeen II: Niet gebakken kunststeen, artikelen van asbest-cement en beton*, Deventer 1946 106-110.

³¹ Scharroo, P.W., *Betonkalender voor 1945-1946*, Amsterdam 1945 (33ste druk), 50-51.

³² Verschuyf, P.J. & O. Jelsma, *Catalogus voor de Bouwwereld 1955*, 's-Gravenhage 1955, 32.

³³ Elias, E., *50 jaren Meteor beton: 1907-1957*, De Steeg 1957.

³⁴ Schelling, H.G.J., *Enkele mededelingen in verband met het nieuwe stationsgebouw te Enschede*, Cement, 39(1951)1-2, 12-17. Zie ook: Nijland, Timo G., *Van Doornikse kalksteen tot beton 'als het definitieve materiaal': Het materiaalgebruik van spoorwegarchitect H.G.J. Schelling*, Bulletin KNOB, 108(2009)5/6, 210-216.

³⁵ Bond van Fabrikanten van Betonwaren in Nederland, *Betonwaren*, Amsterdam 1957 (tweede druk 1964).

³⁶ Schokbeton, N.V., *Survey report on the development of the schokbetonprocess in the Gold Coast*, Zeist 1952 en Wolbeer, H.J., *Schokbeton in de Poolstreken: Bij de aanleg van Amerikaanse luchtbases*, Bouw, 12(1957), 310-313.

³⁷ Meijn, S.J., *Een na-oorlogse industrie te Kampen [Schokbeton]*, Kamper Almanak, (1954-1955), 208-224. De Kampense vestiging werd in 1982 gesloten.

³⁸ Kruidenier, Michiel, *Militair Erfgoed: Categorieel Onderzoek Wederopbouw 1940-1965*, Zeist 2007.

³⁹ Eck, A.D. van, *Boerderijenbouw in de Noordoostpolder: Landbouwschuren in montagebouw*, Bouw, 4(1949), 690-709.

⁴⁰ www.evoluon.org.

⁴¹ Santen, Jacqueline van e.a., *Monumenten van Herrezen Nederland*, Amersfoort 2007, 55. ■