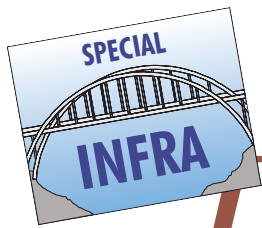


ITAIPU, DE GROOTSTE STUWDAM TER WERELD, IS BIJNA COMPLEET



De zingende rots

DE ITAIPU-DAM OP DE GRENS TUSSEN BRAZILIË EN PARAGUAY IS MET DE PLAATSING VAN TWEE NIEUWE GENERATOREN BINNEN ENKELE MAANDEN EINDELIJK KLAAR. DE BOUW VAN DE GROOTSTE STUWDAM TER WERELD WAS EEN MEGAPROJECT: DE GEBRUIKTE HOEVEELHEID STAAL (500 000 TON) IS GOED VOOR 380 EIFFELTORENS. BRAZILIË DEKT EEN KWART VAN ZIJN ENERGIEBEHOEFTE MET STROOM UIT DE 'ZINGENDE ROT'S'.

DE AMERICAN SOCIETY OF CIVIL Engineers stelde in 1995 voor het Amerikaanse tijdschrift *Popular Mechanics* een lijst met de zeven moderne wereldwonderen op. De uitverkiezing was gebaseerd op een enquête onder ingenieurs uit de meest uiteenlopende landen. Op zeer Amerikaanse wijze noemde het blad de zeven grootste civiele ingenieursprestaties 'een toonbeeld dat de mens van de twintigste eeuw het onmogelijke mogelijk heeft gemaakt'. Op de lijst stond de stuwdam van Itaipu naast de Golden Gate Bridge in San Francisco, het Panamakanaal, de Eurotunnel, de Deltawerken, het Empire State Building in New York en de Tower of Canadian National in Toronto.

Itaipu, die in de taal van de inheemse bevolking 'rots die zingt' betekent, maakt dan ook een verpletterende indruk. Van de bezoekersingang naar de eerste halte is al een kwartier rijden met de auto. Het centrale uitkijkpunt, met een weids uitzicht op de hoofddam, is 196 m hoog. Rechts ligt het kanaal dat is

gegraven om de rivier om te leiden tijdens de bouwwerkzaamheden. Verder vallen meteen de witte *forced conduct pipes* op. Hier stroomt het water doorheen dat de turbines in beweging zet. Het zichtbare deel van de buizen is 30 m lang en heeft een binnendiameter van 10,5 m. Het rivierwater gaat er met zo'n 700 m³/s doorheen. De gids wijst er fijntjes op dat drie van deze pijpen samen gelijk staan aan het debiet van de beroemde watervallen van Iguacu, 35 km verderop. De negen pijpen links bevinden zich in Paraguay, de negen rechts in Brazilië.

PARANÁ

De grootste waterkrachtcentrale van de wereld is een gezamenlijke onderneming van Brazilië en Paraguay. De samenwerking dateert van de jaren zestig. In 1974 is Itaipu Binacional, die de dam exploiteert, opgericht. De bouw van de stuwdam begon in 1975. Amerikaanse en Italiaanse bedrijven hebben Itaipu ontworpen om onenigheid tussen Brazilië en Paraguay te voorkomen. De eerste belangrijke stap was het omleiden van de rivier Paraná, in watervolume na de Amazone de tweede grootste rivier van Zuid-Amerika. Daartoe kwam in 1978 het *diversion channel* gereed. De rivier nam voortaan een omweg

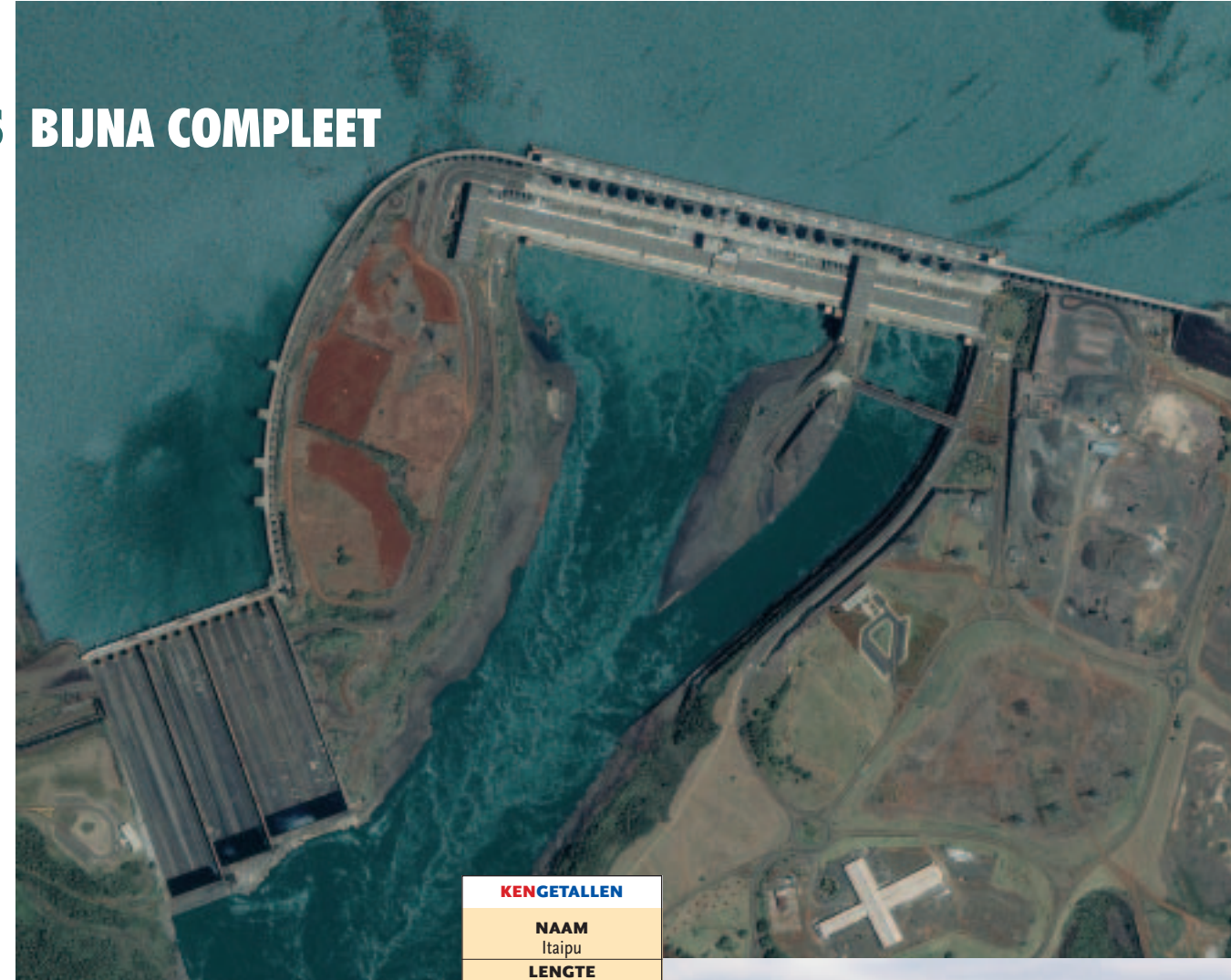
Waterafvoer door een forced conduct pipe.



FOTO: WIM THON/OUT

door dit kunstmatige kanaal, zodat het oorspronkelijke rivierbed kon uitdrogen, een voorwaarde voor de bouw van de dam. Het kanaal is 2 km lang, 150 m breed en 90 m diep en daarmee dieper dan de rivier.

Tijdens de piek in het bouwproces ging het storten van beton 24 uur per dag door. Er werkten in die fase zo'n 40 000 mensen in



Satellietfoto van de dam, die 8 km lang is. Daarvan is 2,8 km van beton (hoofddam, wateroverlaat en omleidkanaal), 3,5 km is met rots opgevuld (zowel links als rechts van de hoofddam) en 1,9 km van aarde (geheel rechts).

KENGETALLEN

NAAM	Itaipu
LENGTE	8 km
BREEDTE	7,5 km
HOOGTE	225 m
DEBIET	700 m ³ /s per generator
VERMOGEN	14 000 MW

ononderbroken ploegendiensten aan het megaproject. Deze veelal eenvoudige werklui woonden dicht bij de dam in de Braziliaanse stad Foz do Iguacu en in Paraguay. Elk uur werd voldoende beton aangebracht voor een gebouw van 25 verdiepingen. In totaal is 30 miljoen beton gebruikt en 500 000 ton staal, wat gelijkstaat aan 380 Eiffeltorens. Om de temperatuur van het beton tijdens het bouwen in de zomer te regelen werd ijs gebruikt. Hiervoor stonden op het terrein twee speciale ijsfabrieken.

In 1982 was de dam klaar, zodat de omleiding weer gesloten kon worden. Binnen veertien dagen steeg het waterpeil achter de dam 100 m en vormde zich een stuwmeer van 1350 km². Het water begon in eerste instantie

De wateroverlaat in gebruik.



Een panoramafoto boven op de Itaipu-dam met rechts het stuwmeer en links de Paraná-rivier.

FOTO: WIM THON/OUT



Plaatsing van turbine 18A, de tiende aan Braziliaanse kant.

een wisselspanning van 18 kV opgewekt, die vervolgens voor transport wordt verhoogd naar 500 kV.

STORM

Hoeveel er ook aan is gedaan de capaciteit van de dam te maximaliseren, de natuur levert de energie. In het recordjaar 2000 wekte Itaipu 93,4 miljard kWh. Maar in 1997 beleefde de dam een dieptepunt, toen hoogspanningsmasten tijdens een tropische storm omwaaiden. Met de twee nieuwe generatoren in werking is de verwachting dat gemiddeld 95 miljard kWh per jaar haalbaar is, met uitschieters tot boven de 100 miljard kWh.

Paraguay neemt 7 % van alle opgewekte energie van de dam af en dekt daarmee 95 % van het verbruik van het land. Brazilië gebruikt 93 % en dat is een kwart van het totale gebruik. Brazilië koopt dus elektriciteit over van Paraguay. Daarom staan aan de Braziliaanse kant omzetstations voor het converteren van de 50 Hz van de Paraguayaanse stroom naar de benodigde 60 Hz.

Op het moment zijn IT-specialisten bezig met het invoeren van Supervisory Control And Data Acquisition (Scada) om 1500 kasten

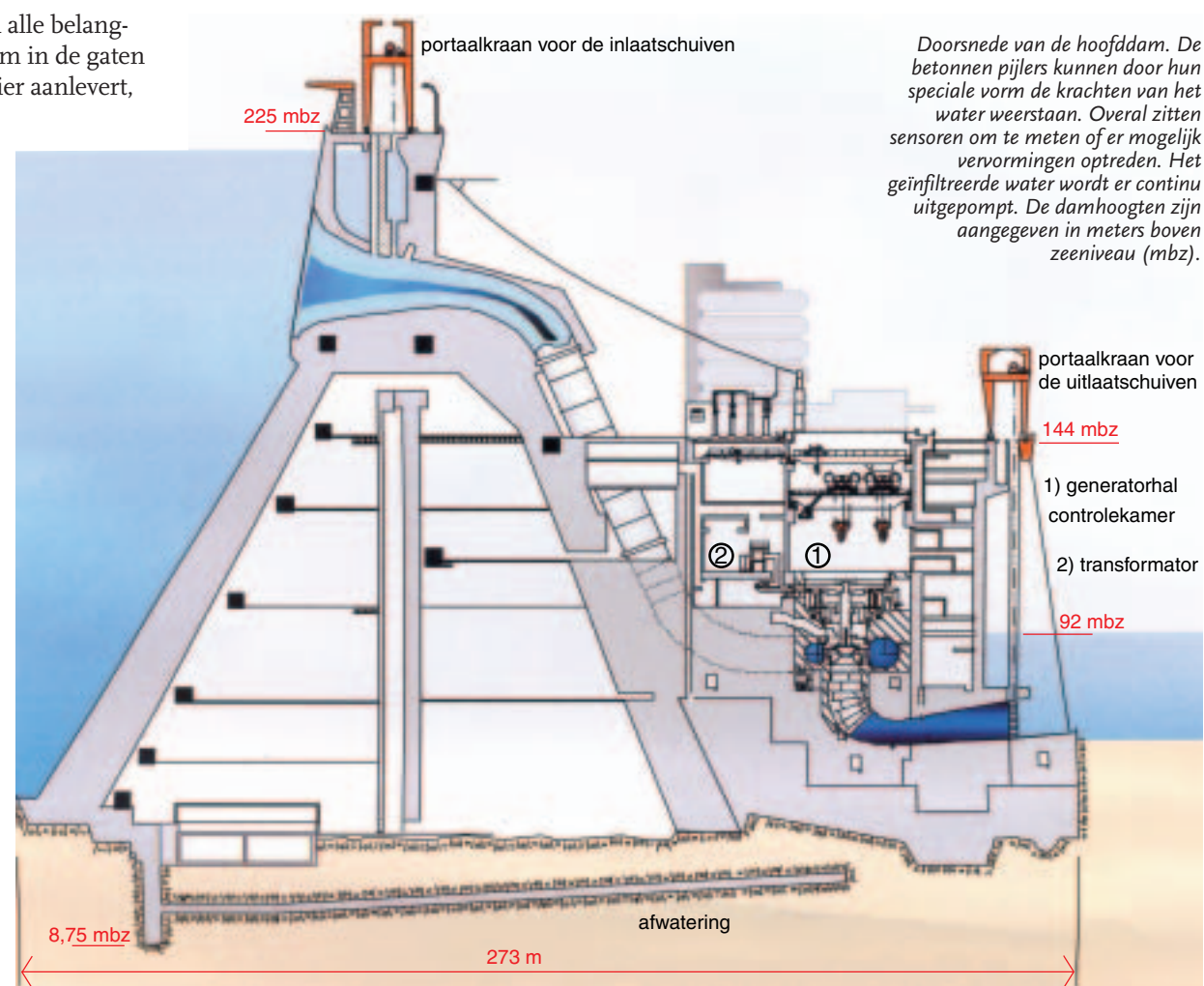
door de wateroverlaat te stromen. In 1984 trad de eerste generator van de dam in werking. Per jaar kwamen er grofweg twee generatoren bij. De achttiende en tot nu toe laatste ging in 1991 elektriciteit produceren. Het project heeft twintig miljard dollar gekost. Itaipu Binacional heeft aan Braziliaanse en buitenlandse banken nog een schuld uitstaan van twaalf miljard dollar. Dit bedrag is naar verwachting in 2023 afbetaald.

lijke deel van Zuid-Amerika.

Eén turbine levert maximaal 700 MW. Met achttien stroomturbines komt de dam op een totaal van 12 600 MW, het equivalent van zo'n 450 000 vaten olie per dag. Naar schatting halverwege 2006 zijn de twee nieuwe eenheden klaar, die het totale vermogen op 14 000 MW brengt. Daarmee bereikt de Itaipu-dam zijn maximum. De nieuwe turbines en generatoren zijn technisch hetzelfde als de eenheden uit 1984. Met de generatoren wordt

PORTUGNOL

In de controlekamer worden alle belangrijke parameters van de stuwdam in de gaten gehouden: hoeveel water de rivier aanlevert, het waterniveau in het reservoir, de hoeveelheid vermogen die elke generator levert en de afname van elektriciteit. De ruimte bevindt zich in een gebouw op de dam, precies op de grens tussen Paraguay en Brazilië. Deze loopt als een dikke gele lijn ook letterlijk midden door de ruimte. Alle bureaus en computers zijn gespiegeld en er hangen twee klokken in de ruimte, die precies gelijk lopen. Ook van de drieduizend medewerkers van Itaipu is de ene helft Braziliaans en de andere helft Paraguayaans. De samenwerking verloopt uitstekend. De operators communiceren in een mengeling van Spaans (Paraguay) en Portugees (Brazilië), door de Itaipu-medewerkers met een knipoog Portugnol genoemd. Overal staan de houten kroezen met mate (spreek uit: ma-teh), de traditionele thee van het zuid-



Verbindingsas tussen turbine en rotor.

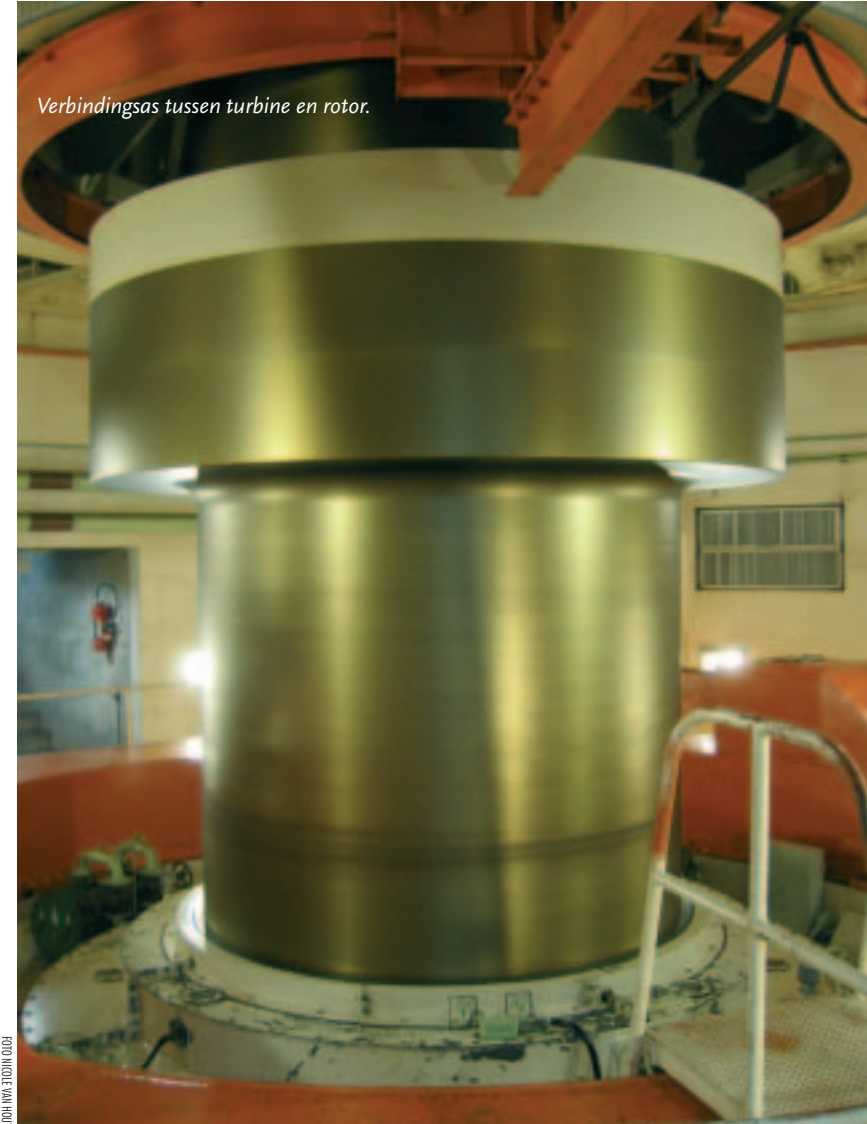


FOTO: MICHEL VAN NINOU



ILLUSTRATION: DE WERKER

De Itaipudam bevindt zich in het rode kader op de grens tussen Brazilië en Paraguay in de Paraná-rivier.

en panelen te vervangen die zijn verspreid over heel de dam en waarop de informatie over het functioneren van Itaipu staat. Met het systeem kunnen de controllers centraal de gewenste elektrische, mechanische, thermische en hydraulische waarden van de dam en de installaties in de gaten houden. Met Scada zijn zij in staat operationele problemen sneller op te lossen en de prestaties van de dam nog wat te verhogen.

ROTOR

Op de betonnen hoofddam zijn de trillingen van de generatoren en turbines voelbaar. De ruimte met de rijdende kraan met een vermogen van 785 kN bevindt zich precies boven de generatoren, die onder grote, rode metalen platen in de vloer liggen. De rotor, het deel van de generator dat draait, weegt 1760 ton en heeft magnetische polen aan de buitenkant, die op slechts een paar centimeter afstand vóór de spoelen op de stator langs bewegen. Daardoor wordt in de spoelen een wisselstroom opgewekt. Vanwege de verschillende frequenties van de stroom in de twee landen is de geometrie van de generatoren ook anders. De negen eenheden van Paraguay hebben 66 magnetische polen op de rotor en draaien met 90,9 omwentelingen per minuut om 50 Hz op te wekken. De Braziliaanse hebben 78 polen en houden 92,3 omwentelingen

per minuut aan (60 Hz). Voor onderhoud moeten de generatoren af en toe worden stilgelegd, maar nooit meer dan twee tegelijk vanwege de verplichte elektriciteitsleveringen.

SKISCHANS

Tussen de hoofddam en de wateroverlaat ligt een tunnel. Daar is niets bijzonders aan, ware het niet dat dit de enige tunnel in heel Paraguay is. De wateroverlaat, door de Itaipu-werknemers steevast skischans genoemd, dient om het niveau van het stuwmeer te reguleren. Als de rivier te veel water voor de turbines aanvoert, moet een deel van het water worden doorgelaten. Daarom gaat één van de drie poorten (20 bij 21 m en 300 ton) af en toe voor een deel open. Een spectaculair schouwspel, doordat het water flink opstuift. Dit heeft als doel de waterstroom wat te vertragen. Helaas was de skischans tijdens mijn bezoek niet in gebruik.

De wateroverlaat heeft een maximale capaciteit van 62 200 m³/s. Ruim voldoende, want het grootste debiet dat ooit in de Paraná-rivier is gemeten, was 49 240 m³/s.

Het stuwmeer is even breed als de dam, 7,5 km, en 170 km lang. Ter vergelijking, de oude rivier was slechts 200 m breed. Aan het door de aanleg van de dam ontstane Itaipu-meer zijn kunststranden aangelegd voor recreatie. Om de schade die de dam heeft ver-

oorzaakt te verzachten, betaalt Itaipu Binacional de dorpen en steden die last hebben van het meer, jaarlijks een vergoeding.

Aan de kant van het stuwmeer, bij de waterinlaat, zit op 30 m diepte een groot rooster om te voorkomen dat er vuil, dieren en planten in de turbines komen. Het personeel maakt het rooster regelmatig schoon met behulp van de grote rijdende bruggen op de dam. Hoewel vissen meestal niet naar binnen zwemmen, worden er elk jaar tijdens onderhoudswerkzaamheden in de schoepen toch altijd wel wat dierlijke resten gevonden.

De vraag is of Itaipu lang de grootste stuwdam ter wereld blijft. De Drieklovendam in China is in capaciteit in elk geval groter, maar Itaipu Binacional is ervan overtuigd dat de Paraná een constantere aanvoer van water garandeert, zodat Itaipu de grootste dam in werkelijk opgewekt vermogen zal blijven. Maar ook al streven de Chinezen de Braziliaanen en Paraguayanen voorbij, de Itaipu-dam blijft een belevenis. ●

www.itaipu.gov.br/rp@itaipu.gov.br technische excursies met een gids zijn mogelijk, de rondleidingen zijn gratis.

De wateroverlaat heeft een maximale capaciteit van 62 200 m³/s