



# UITBREIDING VAN DE SLUIZENCOMPLEXEN IN HET PANAMAKANAAL

**JEREMY AUGUSTIJN**

SENIOR PROJECT MANAGER, IV-INFRA BV

**Iv-Groep heeft zestien sluisdeuren voor de uitbreiding van de sluiscomplexen in het Panamakanaal ontworpen, de scheepsdooorgang tussen de Atlantische Oceaan en de Stille Oceaan. In totaal investeert de Panamese overheid ruim 5,25 miljard dollar in de verbreding van het kanaal, met als doel de doorgang van bredere schepen mogelijk te maken en daarmee de economie van het land te stimuleren. Het kanaal is ruim 81 kilometer lang en loopt door het 27 meter hoger gelegen Gatún-meer, een zoetwatermerengebied dat het land voorziet van drinkwater en energie.**

← Artist impression, deur opengewerkt; onderwagen op kolom zichtbaar

**M**et een breedte van 33,5 meter op het smalste punt is het Panamakanaal nu nog toegankelijk voor schepen die voldoen aan de zogenoemde Panamax, de maximale afmetingen van een schip waarmee het in de Panama-sluisen kan schutten. Post-Panamaxschepen zijn echter aanzienlijk breder en kunnen het kanaal daarom niet gebruiken, waardoor Panama aanzienlijke inkomsten misloopt. Op 22 oktober 2006 stemde de bevolking daarom door middel van een referendum massaal in met een verbreding van het Panamakanaal, waardoor schepen tot 55 meter breed de waterweg en de sluisen kunnen passeren. De verwachting is dat dit de economie een flinke impuls zal geven. Met de opening van het nieuwe sluiscomplex neemt de capaciteit van het Panamakanaal met ongeveer tachtig procent toe. In de nieuwe situatie is het kanaal toegankelijk voor schepen met een capaciteit van zo'n 14.500 containers. Deze schepen zijn nu nog veroordeeld tot een omweg van zeven à achtduizend kilometer via Kaap Hoorn, wat resulteert in het feit dat reders gedwongen zijn kleinere schepen in te zetten voor verkeer van de Atlantische Oceaan naar de Stille Oceaan en vice versa.

#### **UITBREIDING SLUIZENCOMPLEXEN**

Het project uitbreiding sluiscomplexen Panamakanaal voorziet in de aanleg van een derde set sluisen



naast de bestaande sluiscomplexen (de Gatún-sluisen aan de Atlantische kust en de Miraflores- en Pedro Miguel -sluisen aan de Stille Oceaan). Net als bij de bestaande sluisen zullen drie kamers achter elkaar worden aangelegd die de schepen van zeeniveau naar het 27 meter hoger gelegen Gatún-meer brengen. De sluisen zijn 60% breder en 40% langer dan de bestaande sluisen en bestaan elk uit drie schutkolken. Voor elke kering worden steeds dubbele deuren geplaatst. In totaal is er dus sprake van acht deuren per sluiscomplex. Deze deuren moeten bestand zijn tegen enorme waterdruk, tegen eventuele botsingen van schepen en tegen aardbevingen. Daarnaast moeten ze binnen vijf minuten open of dicht kunnen, mogen ze maar beperkt water doorlaten en moeten ze voor 99,6% van de tijd beschikbaar zijn, wat aanzienlijke gevolgen heeft voor het ontwerp en onderhoud. De enorme afmetingen van de deuren maken dat conventionele ontwerpmethoden niet langer toereikend zijn. Daarvoor moest er gezocht worden naar alternatieve methoden om te voldoen aan de eisen en de functies zoals als kernen en afdichten op deze schaal te kunnen vervullen.

De deuren van de sluisen zijn tussen de 22,5 en 33 meter hoog, ruim 57 meter breed en 10 meter dik. Ze zijn per stuk drieduizend ton en kunnen in een tijdsbestek van vijf minuten worden geopend of gesloten met een elektromechanisch aandrijfsysteem. De oude sluisen zijn voorzien van puntdeuren, maar de deuren in de nieuwe sluisen zijn roldeuren, die bij het openen en sluiten een horizontale beweging maken, loodrecht op de vaarrichting.

#### **STRENGE EISEN EN OPLOSSINGEN 99,6% BESCHIKBAARHEID**

Bij het ontwerp van de sluisdeuren speelt een aantal zeer strenge voorwaarden een rol. De intensieve scheepvaart maakt het nodig dat het nieuwe sluiscomplex 99,6% van de tijd beschikbaar moet zijn, inclusief gepland en ongepland onderhoud. Het aandrijfsysteem van de nieuwe sluisdeuren is daarom bestand tegen het enkelvoudig falen van kabels,

← Artist impression, bovenwagen en deur



↑ 3 Belastingbegrenzers (Load Limiting Devices) voor rotwagens

elektromotoren, tandwielkasten, koppelingen enzovoort. Voor het vervangen van (onderdelen van) de boven- en onderwagens van de sluisdeuren is per keer maar vier uur beschikbaar. Nu wordt er voor onderhoud bij de huidige sluisen met duikers gewerkt, maar in het nieuwe ontwerp kan de hele onderwagen van bovenaf door de sluisdeur uit het water worden gelicht. Hierdoor kunnen de wagens binnen de voorgeschreven vier uur, zonder stremming van het kanaal worden vervangen. Omdat de onderdelen een lange levensduur moeten hebben, is er veel aandacht besteed aan slijtage- en vermoeingsberekeningen.

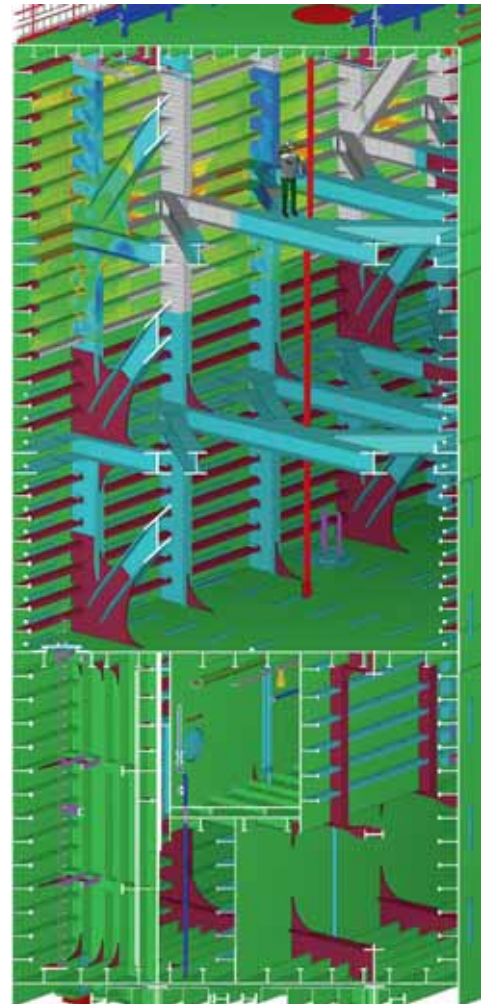
#### AARDBEVINGSBESTENDIGHEID

Een andere specifieke eis betreft de aardbevingen waartegen het ontwerp bestand moet zijn. Het sluisencomplex aan de kant van de Stille Oceaan ligt pal boven twee breuklijnen in de aardkorst die met zekere regelmaat lichte, maar ook zware aardbevingen kunnen



veroorzaken. Ook moet rekening worden gehouden met schepen die de sluisdeuren per ongeluk aanvaren. Als de deuren grote schade oplopen, bestaat de kans dat de in het kanaal gelegen zoetwatermeren leeglopen naar de oceaan. Het duurt dan vele jaren voordat het meer weer gevuld is. In het ontwerp zijn daarom dubbele deuren opgenomen: bij calamiteiten keert de eerste deur het schip, de tweede keert het water.

Bij een aardbeving of aanvaring kan de belasting op de roldeuren hoog oplopen. Om de boven- en onderwagens tegen overbelasting te beschermen, is een belastingbegrenzer ontwikkeld, een zogenaemde LLD: Load Limiting Device. Bij een te hoge belasting kan de LLD inveren en worden de verticale belastingen via de 'poten' van de deur doorgevoerd. Doordat de LLD bestaat uit een set voorgespannen schotelveren, zal compressie niet optreden tijdens normaal gebruik. Omdat de LLD zelfherstellend is, zal de deur na een aardbeving zijn originele positie weer innemen en kan de sluis direct in gebruik worden gesteld.



↑ Impressie Teken/FEM-rekenmodel deur

← Bouwput d.d. 11-2014

## TEGENGAAN LEKKAGE ZOET WATER

Believe dat de sluisen dus vrijwel permanent beschikbaar moeten zijn en tegen flinke schokken van aardbevingen en schepen kunnen, mogen ze ook maar zeer beperkt zoet water naar de oceanen lekken. Dit water, afkomstig uit het 27 meter hoger gelegen zoetwatermerengebied Gatún, is van belang voor de drinkwater- en elektriciteitsvoorziening van het land. Lekkage van het zoete water door een sluisdeur is beperkt toegestaan: een gemiddelde lekkage van vijf liter per meter per minuut en een maximale lekkage voor enig punt op de deur van tien liter per meter. De afdichting die lekkage tegengaat moet vijftien jaar meegaan, wat inhoudt dat de deur in die tijd 135.000 maal geopend en gesloten wordt. Gedurende die tijd moeten de seals aan alle strenge eisen blijven voldoen en mogen ze dus niet te veel slijten. Hiertoe werd speciaal een door drukverschil geactiveerd afdichtings-/geleidingssysteem ontworpen, dat zorgt voor een soepele horizontale geleiding en een eenvoudige correcte installatie, terwijl wordt voldaan aan de strenge afdichtingseisen. Voor dit systeem is door Iv-Groep een patent aangevraagd.

Om zo min mogelijk zoet water verloren te laten gaan, wordt bij het schutten van de schepen gebruik gemaakt van spaarbekkens. Deze spaarbekkens, drie naast elke sluiskamer, beperken het waterverlies tijdens het schutten met 60%. Door een deel van het water tijdens het schutten via deze bekkens te laten lopen, kan het worden hergebruikt.

## VERMOEIING

Elk uur staat er beurtelings 0 tot 18 meter waterhoogte verschil aan weerszijde van de deur. Dit betekent dat de deuren op vermoeiing worden belast en daar 250.000 cycli lang tegen moeten kunnen. In Ijmuiden is dit bijvoorbeeld 0 tot 5 meter, eens in de tien jaar. Door het grote verschil in verval tussen naast elkaar gelegen sluiskamers moesten de kamers die vereist zijn om het bedrijfsgewicht te reduceren, aan de onderzijde van de deuren worden geplaatst. Om te zorgen voor een efficiënte en veilige verplaatsing van de deuren werd een speciaal drijfmechanisme ontworpen. Dit mechanisme, dat bestaat uit verwijderbare schotten en



↑ 7 Vijf sluisdeuren gereed voor installatie in de sluis

tijdelijke vaste ballast, zorgt ervoor dat de deuren zelfstandig en stabiel en rechtopstaand drijven.

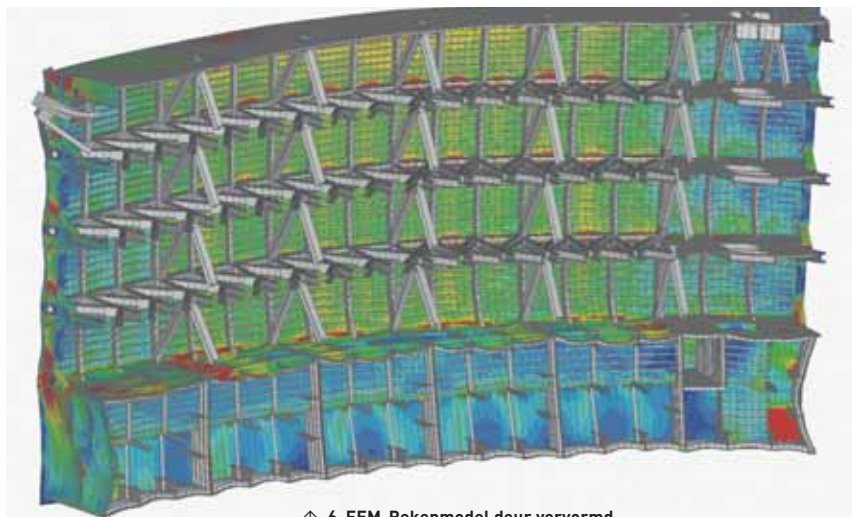
## BRUGFUNCTIE

Per complex zijn vier van de sluisdeuren voorzien van een rijdek aan de bovenzijde, zodat motorvoertuigen de sluis kunnen passeren wanneer deze deuren gesloten zijn. Met name aan de zijde van de Atlantische oceaan is deze route belangrijk voor wegverkeer, omdat geen alternatief in de vorm van een brug aanwezig is. Aan de Pacific (zuid) zijde zijn deze wel aanwezig in de vorm van puentes de los Americas en puente Centenario. Toch zijn ook hier vier van de acht deuren voorzien van een rijdek voor de ontsluiting van het door de bouw van de nieuwe sluis ontstane eiland, waar de machinegebouwen en spaarbekkens van dit complex zich bevinden.

## TOEKOMSTIGE UITBREIDING

Bijzonder is ook dat er in het ontwerp rekening is gehouden met toekomstige uitbreiding van de capaciteit van het kanaal. Zo is voldoende ruimte 'over' voor weer een nieuwe dubbele set sluisen. De deuren zijn ontworpen op een levensduur van 50 jaar en de betonconstructies op 100 jaar.

Het ontwerp van de zestien sluisdeuren is afgerond en de deuren zijn gebouwd in Italië en getransporteerd naar Panama. De deuren voldoen bovendien aan alle eisen die door de opdrachtgever zijn gesteld. Iv-Groep zet haar specialistische kennis op het gebied van uitdagende sluisconstructies ook in voor andere opdrachtgevers.



↑ 6 FEM-Rekenmodel deur vervormd



↑ 8 Artist impression overzicht toekomstig sluisencomplex