



Minimale impact op scheep-
vaartverkeer Södertälje bij
bouw nieuwe sluis

Bouw sluishoofden naast bestaand kanaal

Het is een gecompliceerde operatie: het verlengen, verbreden en renoveren van een sluis zonder het scheepvaartverkeer te hinderen. Dat is dan ook de grote uitdaging bij de bouw van de nieuwe Södertäljesluis in het gelijknamige kanaal nabij Stockholm in Zweden. De bouw van twee bouwputten naast de bestaande sluis biedt uitkomst. Hierin worden de nieuwe sluishoofden gebouwd en getest voordat ze in hun totaliteit naar hun definitieve plaats worden ingevaren.



De huidige sluis in het Södertäljekanaal is gebouwd in 1819 en ligt tussen het Mälarenmeer en de Baltische Zee. Deze sluis, die in 1924 al werd gerenoveerd, heeft een sluisolk van 135 m lang en 20 m breed en is de grootste van Scandinavië. Om het groeiende maritieme verkeer aan te kunnen, is de bouw van een nieuwe sluis toch onvermijdelijk. De hoeveelheid scheepvaart is in de loop der jaren exponentieel toegenomen, evenals de formaten van de zeeschepen. Met een nieuwe sluis krijgen zeeschepen van 165 m bij 23 m toegang tot havens die verder landinwaarts liggen. De vernieuwing van de sluis is onderdeel van het grootschalige Mälarenproject.

ir. Jeremy Augustijn

Iv-Infra

ir. Douwe Dijkstra

MH Poly

1 Impressie nieuwe Södertäljesluis

Het project bestaat uit de verlenging en verbreding van de sluis en de bouw van twee nieuwe sluishoofden en sluisdeuren plus een nieuwe basculebrug (fig.1). Het ontwerp en de engineering van het project wordt, met uitzondering van de basculebrug, uitgevoerd door S3P, een samenwerkingsverband tussen de Nederlandse ingenieursbureaus MH Poly Consultants & Engineers B.V. en Iv-Infra.

Eisen

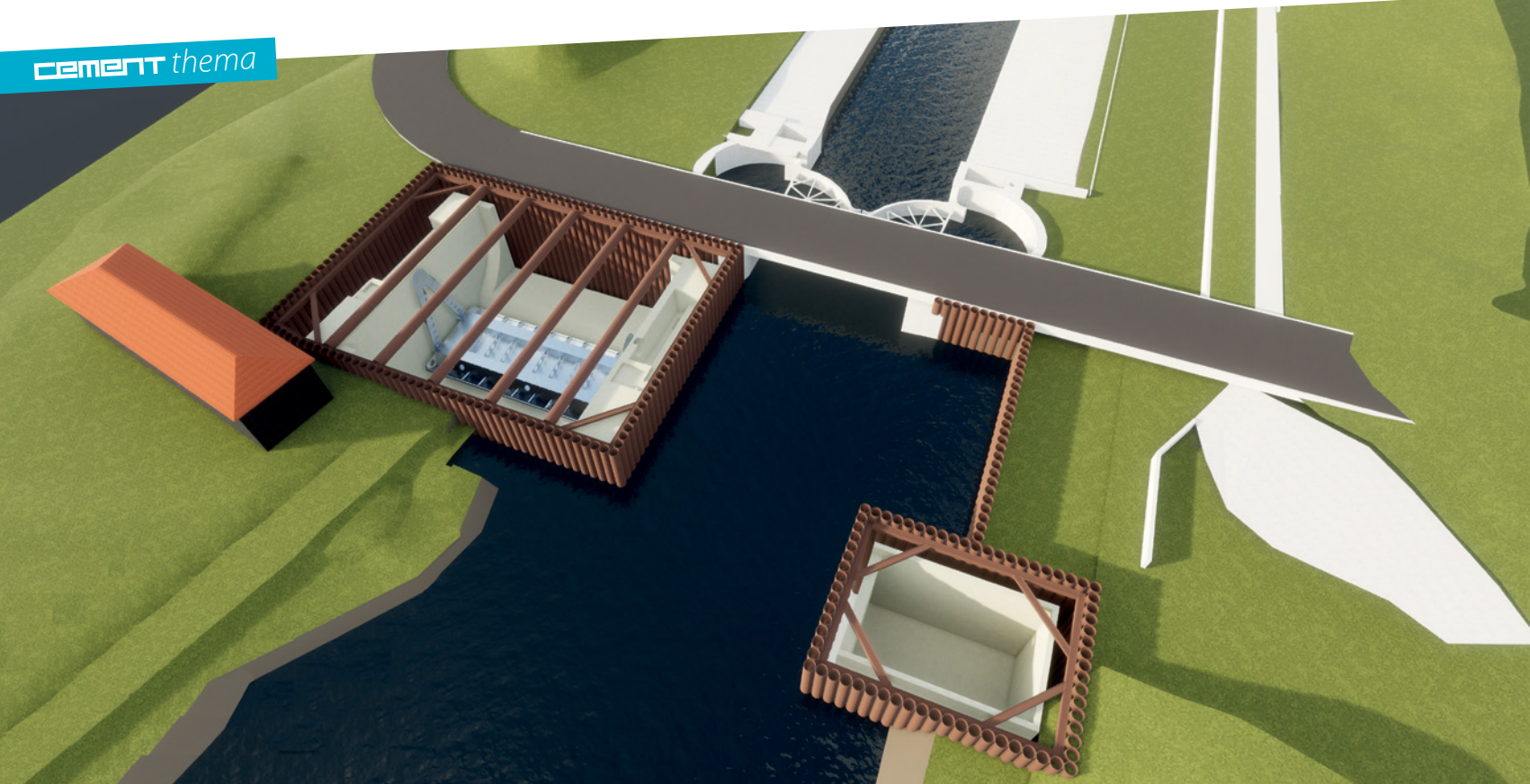
De opdrachtgever heeft belangrijke voorwaarden gesteld waar het inschrijvingsontwerp aan moest voldoen. Zo is het belangrijk dat de sluis gedurende de (bouw)werkzaamheden in bedrijf blijft; de werkzaamheden moeten worden uitgevoerd zonder de scheepvaart te stremmen of te verleggen. Dit betekent dat de oude sluisdeuren pas buiten werking kunnen worden gesteld wanneer de nieuwe sluisdeuren volledig operationeel zijn. Ook dienen de bouwwerkzaamheden zo veel mogelijk in de omgeving van de bestaande sluis te worden uitgevoerd. Het is verder cruciaal dat omliggende (monumentale) panden geen schade mogen ondervinden van de bouwactiviteiten.

In het referentieontwerp van de opdrachtgevers is in de eerste instantie uitgegaan van de bouw van de sluishoofden op de definitieve locatie van de landhoofden. Een geprefabriceerde drempel zou tussen deze landhoofden worden gehesen. Deze oplossing bleek na studie te risicovol, onder meer door de levensduur, uitvoerbaarheid en benodigde stremming. Een andere oplossing moest worden gevonden.

Nieuwe oplossing

In de tenderfase is een oplossing voorgesteld om beide sluishoofden naast de definitieve locatie te bouwen in een 'droge' bouwput (fig. 2) en vervolgens in zijn geheel op de juiste positie te varen. De nieuwe sluishoofden komen voor en achter de bestaande sluishoofden te liggen. Ook de kolk wordt verbreed door aan één zijde een nieuwe kolkwand te plaatsen. Dit idee werd in de tenderfase ingebracht en na gunning verder geoptimaliseerd, onder andere om een kleinere bouwput mogelijk te maken. Dit was nodig vanwege de beperkte ruimte in en om het kanaal.

De bouwput bestaat uit gestempelde combiwanden uit damwanden, deels versterkt met HE-profielen. De bodem van de bouwput is gerealiseerd met een onderwaterbetonvloer die met trekankers is vastgezet.



2

- 2 Bouwput voor nieuw sluishoofd
- 3 Sluisvloer met kokers aan voor- en achterzijde
- 4 Betonconstructie neus van de gekromde drempel
- 5 Nieuwe sluis voor en achter bestaande sluis
- 6 Segmentdeur deels geopend

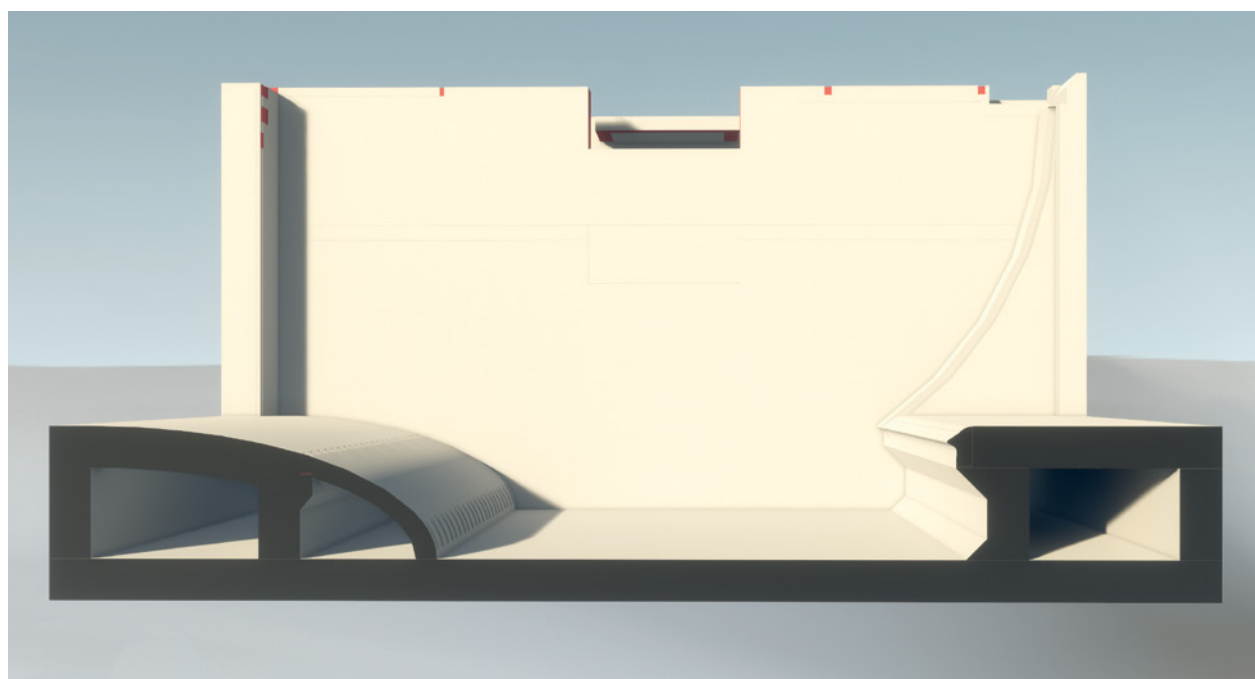
Door deze oplossing kan het kanaal tijdens de werkzaamheden beschikbaar blijven voor de scheepvaart, terwijl de sluishoofden in de droge bouwkuipen worden gebouwd. Hier worden ook de deuren in de sluishoofden geïnstalleerd en kunnen er mock-up-tests met het aandrijvingssysteem worden gedaan. Ook de afdichtingen worden uitvoerig getest.

Opdrijvende sluishoofden

Na het bouwen van de sluishoofden worden deze in zijn geheel naar de definitieve locatie verplaatst. Na diverse risicosessies en

afwegingen is er uiteindelijk voor gekozen de sluishoofden op te laten drijven en naar de definitieve positie te 'varen'. Zodra de sluishoofden gereed zijn, wordt water in de bouwput gelaten, waardoor de sluishoofden opdrijven. Naast het creëren van voldoende 'holle ruimten' in de constructie – zoals holle drempels voor- en achterin de bodem – worden er kopschotten in de sluis geplaatst om voldoende drijfvermogen te creëren.

Wanneer het sluishoofd in positie is gebracht, wordt deze in de hoeken tijdelijk opgehangen aan een speciale ophangconstruc-



3

tie. Tussen de onderzijde van het sluishoofd en de bodem zit nog een holle ruimte; deze ruimte wordt gedurende de tijdelijke oplegging van het sluishoofd met beton of grout opgevuld. De invaarloperatie, inclusief nauwkeurig positioneren en aanbrengen van de vulling, moet per sluishoofd binnen één week zijn voltooid. Langer mag de sluis niet buiten dienst zijn.

Betonconstructie

Voorafgaand aan de bouw doorloopt het ontwerp van het sluishoofd verschillende fasen. Zo is de robuustheid van het ontwerp in verschillende fasen berekend en beoordeeld op mogelijke vervormingen en spanningsontwikkelingen; in zowel de bouwfase, de drijfphase als tijdens de tijdelijke oplegging van het sluishoofd. Verder is er in het ontwerp rekening gehouden met de waterstandsverschillen die de betonconstructie gedurende de levensduur van 120 jaar kan verwachten.

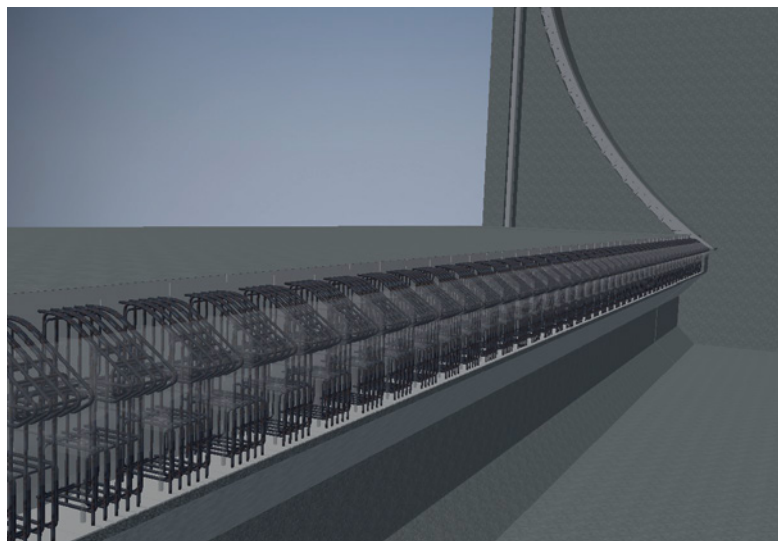
In het uiteindelijke ontwerp hebben de sluishoofden een relatief dunne sluisvloer van 1 m dik, met aan de voor- en achterzijde een zwaargewapende koker van 4 m hoog (fig. 3.). Deze combinatie leidt tot een stijve constructie, met een minimale vervorming tot in de uiterste hoeken van de constructie. Om de sluisdeuren nauwkeurig aan te laten sluiten op de betonconstructie zullen alle aansluitingen in een separate stort worden aangebracht. Hierdoor kan aan de strenge geometrische toleranties worden voldaan. Dit gebeurt pas nadat de constructieve elementen gereed zijn.

Anders dan gebruikelijk in Zweden worden de gebogen delen geprefabriceerd. Bijvoorbeeld de neus van de gekromde drempel waarop de sluisdeuren aansluit. Om de stroming die de sluisvloer ingaat goed over het gehele doorstroomprofiel te verdelen, is ervoor gekozen de achterzijde van de drempel een kwart ellipsvorm te geven. Hierdoor blijft het water langer aan het beton 'plakken' en schiet het niet direct omhoog, wat voor een rustiger stroombeeld zorgt. Het constructieve deel van de drempel wordt wel volledig in de betonconstructie opgenomen (fig. 4).

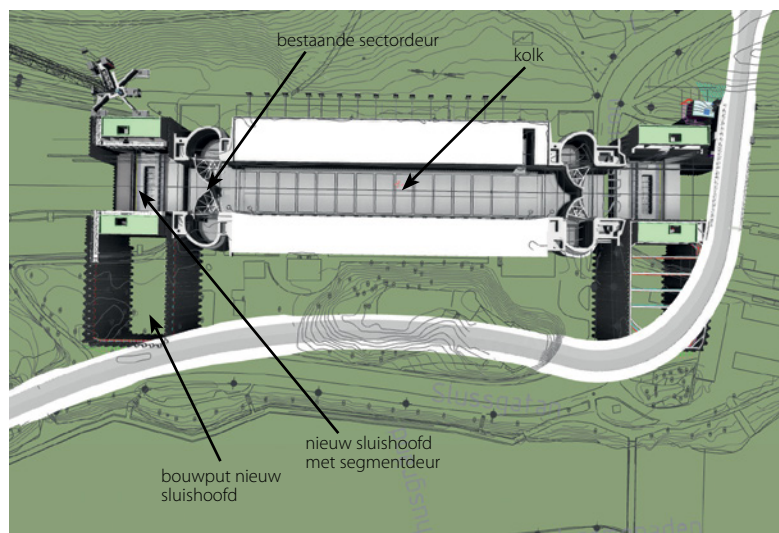
Sluisdeur

De bestaande sluis heeft sectordeuren. Dit zijn deuren die bestaan uit een cirkelsegment dat via armen om een verticale as draaien (fig. 5). Op verzoek van de opdrachtgever wordt voor de nieuwe sluisdeuren een ander type gebruikt: een segmentdeur uitgevoerd in duplex roestvaststaal.

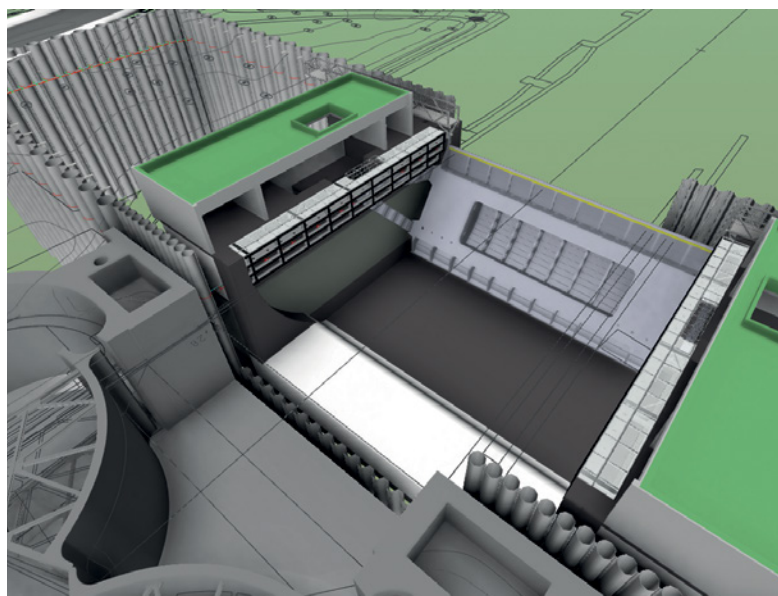
Segmentdeuren zijn net als sectordeuren cirkelvormig, maar draaien om een horizontale as. Om de sluis te openen, draaien de deuren naar beneden weg (fig. 6). Het voordeel van deze deuren is dat de krachten als gevolg van de hydrostatische druk, als normaalkracht worden overgebracht en dicht bij de hoofdass blijven.



4



5



6

De deuren van dit systeem hebben ook als voordeel dat ze tweezijdig kunnen keren en met stroming kunnen worden gesloten. De deuren kunnen voor inspectie of onderhoud omhoog boven waterniveau.

De segmentdeuren worden gebruikt voor het nivelleren van de waterstand in de sluisolk, door middel van een nivelleeropening in de deur. Hiermee ontstaat tijdens het openingsproces een opening waardoor water kan stromen. Bij een hoek van 5° wordt de sluisdeur tijdelijk stil gehouden, zodat het water in de schutolk even hoog kan stijgen als het water aan de andere kant van de sluisdeur.

Het gedrag van de stroming van het water dat hierbij ontstaat, is onderzocht met een Computational Fluid Dynamics-studie (CFD). In deze studie wordt gekeken of de inkomende stroming op deze manier zo optimaal mogelijk kan worden verdeeld over het gehele doorstroomprofiel en niet te veel naar de oppervlakte wordt geleid. Dit is ondervangen door de vorm van de drempel aan te passen.

Aan de achterkant van de staalplaat van de deuren bevinden zich twee drijfkamers. Deze zorgen ervoor dat de sluisdeur de neiging heeft automatisch te sluiten. De drijfkamers hebben mede tot doel de permanente belasting te reduceren. Vanwege veiligheidsredenen wordt de deur vastgezet wanneer hij open of dicht is.

Elke sluisdeur wordt aangedreven door een hydraulische cilinder op de hoofdas. De uitkragende as wordt op zijn plaats gehouden door een primaire lager direct naast de dwarsarmen en een secundaire lager in het machinegebouw. De hydraulische cilinder en beide lagers zijn op een zogenoemde skid geïntegreerd dat op de betonconstructie is verankerd. Deze skid kan in een later stadium worden aangepast, zodat eventuele zettingen of tijdsafhankelijke vervormingen niet tot onnodig hoge spanningen, wrijving of slijtage in de primaire lagers zal leiden.

Het raakvlak tussen de afdichtingen aan de zijkant van de sluisdeur en de tegenoverliggende oppervlakten in het sluishoofd is cirkelvormig, net zoals de sluisdeuren zelf. Het middelpunt van dit raakvlak ligt iets lager dan het middelpunt van de sluisdeur zelf. Hierdoor bewegen de afsluitingen van de sluisdeur, bij het openen ervan, van de het sluishoofd af. Er ontstaat zo minder wrijving en slijtage aan de afsluitingen.

Om te voorkomen dat schepen de dwarsarmen beschadigen, is een modulaire fenderconstructie van bijna 2 m breed aangebracht op het sluishoofd en tussen de dwarsarmen en het kanaal.

Verbreiding kolk

De verbreding van de kolk bestaat uit twee onderdelen: het deels afbreken en opnieuw opbouwen van de twee kadewanden en het integreren van de oude sluishoofden in de nieuwe kolkwanden.

Het sluisplateau in de huidige kade bestaat uit een betonvloer, waarbij de damwanden aan de kolkzijde worden ondersteund door een op palen gefundeerde balk. De nieuw te plaatsen wand wordt achter de oude, oostelijke wand geplaatst.

De deuren van de oude sluishoofden worden, na het in gebruik nemen van de nieuwe, verwijderd. De bestaande sluishoofden worden echter niet volledig weggehaald, aangezien het verlengde deel van de kade op het oude sluishoofd komt te liggen. Aan de westzijde worden de kamer van de oude sluisdeur dichtgezet met damwanden en de overgebleven ruimte opgevuld. Aan de oostzijde van de sluis wordt het landhoofd van het sluishoofd verankerd in de grond, waarna het overtollige beton wordt weggehaald tot aan de gewenste breedte. De ruimte die hiertussen is ontstaan, wordt afgesloten met een nieuwe damwand.

Kennis

Inmiddels zijn de voorbereidende werkzaamheden gestart. Niet alleen het ontwerp, ook de uitvoering van dit allerm minst alledaagse project is al even uitdagend. Voor de betrokken Nederlandse bureaus vormt het een unieke kans hun kennis en ervaring op het gebied van sluizenbouw uit te breiden. ☒

PROJECTGEGEVENS

project Södertäljesluis

opdrachtgever Sjöfartsverket (Zweedse maritieme dienst)

aannemer Züblin Scandinavia AB

ontwerp en engineering sluishoofden Joint venture S3P, bestaande uit Iv-Infra en MH Poly