



KUNSTSTOF BRUGDEK VOOR AAN- EN DRAAIBRUG

DOSSIER: BRUGGEN & VIADUCTEN

Biologische brug Terneuzen toetssteen voor toekomst
'Designbruggen met zeggingskracht'
Fietsbrug moet identiteit Heerhugowaard versterken
Herstel historische brug tussen Oost- en West-Souburg



Tweede Julianasluis
Nieuwe sluis ligt pal naast
monumentale zus



Stil wegdek
Provincie Gelderland ontwerpt
zelf duurzaam, stil asfalttype

DOSSIER

BRUGGEN & VIADUCTEN

Vlas als brugbestanddeel 12
Voor de bouw van een 'biobased' brug bij Terneuzen wordt wellicht gebruikgemaakt van vlas. Vlas groeit namelijk de regio en heeft sterke constructieve eigenschappen.

Composietcomposities 14
Ontwerper Rop Ranzijn ontwierp vijf concept-designbruggen, gemaakt van composiet, waarmee hij de spreekwoordelijke brug wil slaan naar morgen.

Brede bochten 16
In Heerhugowaard is uit veiligheidsoverwegingen de nieuwe fietsbrug in de bochten aanzienlijk breder dan op de rechte stukken.



Een tweede leven 18
Met de renovatie van de aan- en draaibrug tussen Oost- en West Souburg krijgt deze monumentale stalen brug een tweede leven dankzij een kunststof brugdek.



ACTUEEL

Samen watertekort voorkomen 4

Van de redactie 5

Krimpen: wel of geen dijkverlegging? 6

Bedrijvig 7

Portret 9

Trends & Cijfers 10

Agenda 11

Productinformatie 31

EN VERDER

Terugdringing van zouttong 21
In 2012 won het concept Balance Island de Delta Water Award. Dit concept staat voor terugdringing van de zouttong in de Haringvliet. Het resultaat van de Balance Island-variant als schiereiland is een terugdringing van de zouttong met 8 km in de Haringvliet en het ontstaan van een brakwaterintergetijde gebied van ongeveer 10 km² tussen Balance Island en de Haringvlietdam. De natuur bouwt dan zelf een kustboog.

Gezusterlijk naast elkaar 24
De Julianasluis in Gouda heeft er een zusje bij. Direct naast de in 1936 gebouwde sluis ligt nu de 2 m bredere tweede Julianasluis. Beide sluisen worden bediend vanuit het naastgelegen sluiswachtershuis dat is opgeknapt en ondergronds uitgebreid. Ook het Sluiseiland is opnieuw ingericht; zo zijn fiets- en wandelpaden verlegd en is er een zonneweide aangelegd.

Deterministisch en probabilistisch 26
Om de daadwerkelijke sterkte van sluisen en stuwen langs de Vlaamse kust goed in te schatten, was er behoefte aan meer gedetailleerde berekeningen, waarbij alle faalmechanismen in beschouwing zijn genomen. Advies- en ingenieursbureau Grontmij heeft hier de deterministische en probabilistische berekeningen voor uitgevoerd. De Demeyssluis (anno 1900) in de haven van Oostende werd als eerste in ogenschouw genomen.

De staat van de Knardijk 28
Tijdens de KIVI-lezing werd de veiligheid van Flevoland nader onder de loep genomen. Dijk-



graaf Hetty Klavers zet haar vraagtekens bij de faalkansberekening en de Knardijk. "Wij weten niet precies hoe sterk de Knardijk is. In de loop der jaren is er toch aan het lichaam geknutseld en dat is niet altijd even nauwkeurig bijgehouden. Als waterschap willen wij een oplossing waarvan we op aan kunnen. Het kost serieus geld om de Knardijk aan te pakken; dat kun je niet buiten beschouwing laten. Voetstoots ervan uitgaan dat deze dam een compartimenterende werking heeft, gaat ons te ver."

Taludloze ophogingen 32
Ondanks samendrukbare ondergrond slaagde het consortium A4all erin om de nieuwe trambaan over de 6 m hoge landstunnel van de A4 in slechts twaalf weken te realiseren. Voornamelijk dankzij de toepassing van de taludloze en lichtgewicht ophogingen van het EPS kon de tramlijn onbelemmerd in gebruik blijven tijdens de gefaseerde bouw. De uitvoeringstijd kon radicaal worden ingekort.

Nieuw type stil wegdek 34
De provincie Gelderland heeft het initiatief genomen om een nieuw type stil wegdek te ontwikkelen, waarbij een balans is gezocht tussen een redelijke geluidreductie en een acceptabele levensduur. Het uitgangspunt van Gelderland was dat het wegdektype kon worden gekarakteriseerd door middel van civieltechnische eigenschappen, dat iedere asfaltproducent het in principe moet kunnen produceren en dat elke aannemer het moet kunnen verwerken.

De baan van een gestuurde boring 36
Zo zijn er zelfs speciale technieken om de baan van een gestuurde boring achteraf op het netvlies te krijgen. In 2010 karteerde TerraCarta voor het eerst voor ProRail een gestuurde boring. In de jaren daarna werd vervolgens sporadisch een boring gekarteerd. Dat leverde fotomateriaal, werkmaterieel en ervaring op. Deze vormden een goede basis om op de ingeslagen weg voort te gaan.

Colofon 38

Zettingvrije trambaan over A4 in twaalf weken

De trambaan over de A4 in het kader van project 'A4all' is een bijzondere civieltechnische oplossing. Ondanks samendrukbare ondergrond slaagde het consortium A4all er in om de nieuwe trambaan over de 6 m hoge landstunnel van de A4 in een recordtijd van twaalf weken te realiseren.

DR.IR. M. DUŠKOV / IR. J. DE JONGH

Na enkele decennia is de impasse doorbroken en consortium A4all is in opdracht van Rijkswaterstaat bezig om het ontbrekende snelweggedeelte van de A4 tussen Delft en Schiedam te voltooien. In het verleden zijn er bewust geen brede ontsluitingswegen tussen Schiedam en Vlaardingen aangelegd die het A4-tracé door kruisen. Wel ligt er sinds oktober 2005 de trambaan van de doorgetrokken lijn 23. De toekomstige A4 ligt in de bebouwde kom tussen Vlaardingen en Schiedam in een zogenaamde landtunnel voor een minimale omgevingsimpact. Ter plaatse van de desbetreffende ongelijkvloerse kruising rijden sinds 2 december de trams via een nieuw tramviaduct over de snelweg heen.

De gecombineerde trambaan en wegophogingen aan weerszijden van de landtunnel zijn in totaal 400 m lang. Ondanks de op locatie geconstateerde dikke samendrukbare grondlagen en het ontbreken van voorbelastingen mochten er alleen minimale restzettingen van de recent gerealiseerde trambaan voorkomen. Dat vereiste een zetting- en onderhoudsarm/-vrij oplossingscenario. Daarnaast wogen de kostenaspecten vanzelfsprekend zwaar en moest de tramlijn exclusief de twaalf weken durende buitendienstregeling normaal blijven functioneren. Behalve het

IN 'T KORT - UITVOERING

Lichtgewicht trambaan- en wegophoging via gestapelde EPS-blokken en paalmatrassen

Glijvlakberekeningen tonen aan dat veiligheid tegen afschuiven voldoende is

Tramlijn is slechts twaalf weken buitendienst dankzij gefaseerde bouw

Zonder talud is goedkoper en sneller, want minder ruimtebeslag en ophoogmateriaal



Weergave van alle bouwfases van de trambaan over de A4.

voorkomen van stremmingen voor de trams eiste de opdrachtgever dat overlast voor de omwonenden maximaal werd ingeperkt. De tramlijn ligt immers midden in de bebouwde kom met hoge flatgebouwen die pal naast het tracé staan. De aan de trambaan parallel liggende wegconstructie dient normaliter als een fietspad maar is wel geschikt voor zwaar vrachtverkeer bij calamiteiten. Deze complexe randvoorwaarden dicteerden de toepassing van de ingenieuze ontwerpmethodiek en uitvoeringswijze voor de nieuwe trambaan.

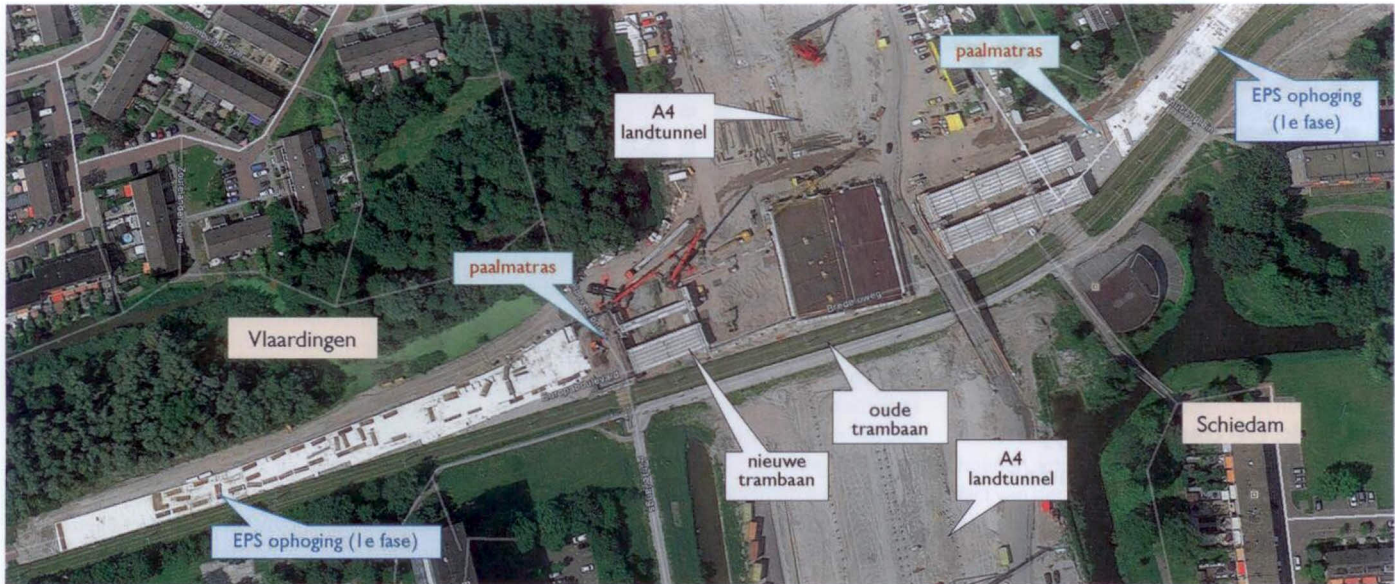
Voornamelijk dankzij de toepassing van de taludloze en lichtgewicht ophogingen van het EPS kon de tramlijn onbelemmerd in gebruik blijven tijdens de gefaseerde bouw. De uitvoeringstijd werd radicaal ingekort zonder concessie aan de contractuele voorwaarden of aan het eindresultaat. Zo'n doorbraak in de ingeburgerde ontwerpmethodiek (met ophogingstalud) maakte een ander precedent in de Nederlandse ingenieurpraktijk mogelijk. Medio 2012 is namelijk de snelwegverbreding van de A76 bij kruispunt Kerensheide verwezenlijkt met 4 m hoog verticaal gestapelde EPS-blokken (zie Land+Water van december 2012). Deze referentie en de in 25 jaar opgebouwde expertise van de betrokkenen overtuigde de R.E.T. van de voordelen en de mogelijkheid van de voorgestelde geoptimaliseerde ontwerpmethodiek.

(Extra) voordelen

Om aan de complexe randvoorwaarden te voldoen moesten de betrokkenen 'alles uit de kast halen'. Conform het evenwichtprincipe (of met paalmatrassen) te bouwen impliceerde het praktisch elimineren van de additionele bovenbelasting op de ondergrond en minimalisatie van de restzettingen. Daarbij komen ook de voordelen van een snellere bouwtijd (voorbelasting is niet nodig), gegarandeerd hoge stabiliteit en een genoeg onderhoudsvrij ontwerp levensduur. Toch maakte pas de implementatie van taludloze ophogingen aan weerszijden van de A4 het doorslaggevende verschil. Praktisch verticale zij-kanten resulteren in minder EPS-blokken, minder ruimtebeslag, geen nadelige effect op nabijgelegen (ondergrondse) infrastructuur én de mogelijkheid om gefaseerd parallelle ophogingshelften aan te leggen. Dit resulteerde in een autonome wegophoging van het fietspad, voordat het werk aan het trambaandeel begon.

Gefaseerde bouw

Autonome voltooiing van de wegophoging van het fietspad had geen consequenties voor bijvoorbeeld de stabiliteit van de ophoging. Na de ingebruikname van het fietspad ging de aannemer ongehinderd verder met verticaal opstapelen van EPS-blokken direct naast de bestaande verticale buitenkant. Een soortgelijke voortzet-



Situatiefoto van de bouw van de trambaan over de A4.

ting gold voor de drie paalmatrasen. In de volgende bouwfase verdween de zuidelijke ophogingbuitenkant in het midden van het totale EPS-pakket. In totaal is er 22.000 m³ ingebouwd. Uiteraard ging het om die 'heilige' twaalf weken wanneer ter plaatse van de oude tramlijn de ophoging voor de verhoogde trambaan over een lengte van bijna 400 m gebouwd en geleverd moest worden. Dit gold ook voor de bouw van alle civieltechnische elementen, inclusief de masten, kabels en leidingen. Oorspronkelijk was er sprake van een jaar voor de bouwtijd met het gebruik van conventionele ophogingen.

Taludloos ontwerp

De trambaan uit 2005 lag nagenoeg op het maaiveldniveau (tussen NAP-1,3 m en -1,6 m). Het viaduct van de trambaan ter plaatse van de landtunnel bereikt NAP+5,4 m. Dat hoogteverschil moest dus met ophogingen bestaande uit met verticaal opgestapelde EPS-blokken (Expanded PolyStyrene, ofwel 'piepschuim') zonder taluds worden overbrugd. Qua zettinggedrag is

de EPS-constructie zodanig gedimensioneerd dat extra verticale korrelspanningen – en daarmee zetting in de ondergrond – worden vermeden. Wat betreft de constructieve aspecten leverden de uitgebreide analyses (inclusief Plaxis-modellen met interface-elementen) en de genoemde snelwegverbreding van de A76 overtuigend bewijs over constructieve degelijkheid van zulke lichtgewicht ophogingen zonder constructieve zijdelingse steun. De zijdelingse spanningen, veroorzaakt door het eigen gewicht en de tramcomposities oftewel verkeersbelasting door vrachtwagens, worden opgevangen door met name de wrijving tussen de EPS-blokken. Daarbij spelen twee bijzondere materiaaleigenschappen een belangrijke rol. Ten eerste is de wrijvingscoëfficiënt tussen de EPS-blokken afdoende zodat er een monolietachtig pakket ontstaat. Ten tweede resulteert de drukbelasting slechts in een kleine horizontale component vanwege de bijzonder lage dwarscontractiecoëfficiënt van het EPS ($n_{EPS} < 0,1$). Bovendien garandeert de lage volumieke massa van het EPS

($\rho < 25 \text{ kg/m}^3$) dat de constructie met een maximale hoogte van 6,5 m een minimaal eigen gewicht heeft.

De lager elasticiteitsmodulus ($E_{EPS} < 10 \text{ MPa}$) van het EPS, die veel lager is dan die van conventionele ophogematerialen, betekent extra aandacht voor de lastspreidende lagen. Per saldo rijden er volle tramcomposities overheen met aanzienlijke aslasten. De verharding van het fietspad is geschikt gemaakt voor zware vrachtwagens in het geval van calamiteiten. Een cementgebonden laag bovenop het EPS zorgt zowel voor adequate lastspreiding in de gebruiksfase als voor een klankbodem voor hoger liggende ongebonden verhardingslagen in de bouwphase. Vanuit esthetisch oogpunt zijn er langs de verticale zijanten schanskorven geplaatst zonder constructieve bijdrage. Dat het oog ook wat wil, is begrijpelijk, maar deze keuze leidde wel tot onwenselijke additionele lijnbelasting van de ondergrond. Technisch gezien kon het EPS veel eenvoudiger worden afgedekt. Langer dan een halfjaar lag er alleen een folie overheen aan de zijanten.

Toepasbaarheid

De gerealiseerde ontwerp oplossing is toepasbaar voor alle lichtgewicht trambaan- en (snel) wegophogingen met EPS, die voornamelijk gebruikt worden om de bouwtijd te reduceren en tegelijk de zettingen te minimaliseren van de samendrukbare grondsoorten in het westen van Nederland. De tweede succesvolle toepassingen van het EPS met verticale zijanten onder complexe omstandigheden zoals voor het project A4all is grootschaliger dan voor de snelwegverbreding van de A76 en bewijst weer dat deze oplossing ook veel breder inzetbaar is. De toegepaste ontwerp methode vereist wel specifieke expertise, maar de te behalen voordelen zijn meervoudig en significant.

Milan Duškov is directeur/grotaandeelhouder bij InfraDelft. Johan de Jongh is senior adviseur Geotechniek bij Heijmans.



De verticale zijwand met EPS-blokken.