

# Constructief knippen en stempelvrij overpakken

**Bij de 'vernieuwbouw' van Thialf wordt de bestaande constructie zo veel mogelijk hergebruikt, maar door de grote aanpassingen, zoals een tweede verdiepingvloer en een nieuwe dakvorm, treedt een wijziging op in het constructief ontwerp. Extra van invloed op ontwerp en bouw is de wens van tussentijdse openstelling, wegens het schaatsseizoen. Dit leidt tot een constructieve knip: dak en opvangconstructie worden eerst gehandhaafd en na de bouwonderbreking gecontroleerd overgepakt door een nieuwe constructie.**

**R.M.W. Stoter RC en ir. R.E. Hoogenboom**

Ronald Stoter is voormalig senior projectleider en Rob Hoogenboom is adviseur, beiden bij Aronsohn Constructies raadgevende ingenieurs in Rotterdam.

De Heerenveense ijsvereniging 'Thialf' zet vanaf de oprichting in 1885 jaarlijks de 'Tjal-leberder Petten' onder water. De kunstijsbaan met de naam Thialf stamt uit oktober 1967 en bestaat dan uit een overdekte ijshockeybaan met (ernaast) een niet overdekte 400-meterbaan. De laatste WK-sprint in de buitenlucht wordt in '85 gehouden, waarna in '86 de tweede overdekte 400-meterbaan in Europa

wordt opgeleverd, met een constructie die uitblinkt in minimaal materiaalgebruik, nieuwe tribunes en de ideale omstandigheden om tien wereldrecords te laten sneuvelen. Maar de accommodatie voldoet niet meer; in en buiten Nederland zijn nieuwe overdekte schaatsbanen gebouwd, worden wedstrijdlicenties vergeven en records verreden. Om de positie als onbetwist schaatsmekka veilig te stellen, wordt met Nieuw Thialf de focus primair op topsport gelegd. Plannen daarvoor dateren al van 2008, eerst in de vorm van nieuwbouw elders, maar de keuze valt op 'vernieuwbouw' op de bestaande locatie. De uitgeschreven tender (UAV-GC) wordt gewonnen door een ontwerpteam samengesteld door Ballast Nedom.

## Bestaande constructie

Thialf bestaat uit twee naast elkaar liggende banen, de 400-meterbaan en de ijshockeyhal, met daartussen een tweelaags gebouw, het 'tussenlid', waarin onder meer kleedruimten. Voor de ijshockeyhal en naast de 400-meterbaan bevindt zich het tweelaags entreegebouw. De 400-meterbaan is een gebouw met een grote ijsvloer, omgeven door een tribune en verdiepingvloer. Onder de tribunes zijn op de begane grond aan de noord-, west- en zuidzijde kantoren en opslag- en traforuimten

ondergebracht. De verdiepingvloer vormt hier een omloop met staanplaatsen. Aan oostzijde maken de ruimten onder de tribunes en op de verdieping onderdeel uit van het tussenlid, dat doorloopt tot aan de ijshockeyhal. De eerste verdiepingvloer zit hier hoger dan aan de andere zijden van het gebouw. De tribune is op een aantal plaatsen onderbroken voor doorgangen. Aan de noord-oostzijde zit een brede doorgang voor groot transport, hierna 'de uitloop' genoemd (ooit bestemd voor de uitloop van de ijsbaan in verband met kortebaantwedstrijden). De dakconstructie wordt hier opgevangen door een 'lichtbrug' met kolomvrije, driedimensionale vakwerkconstructies. Verder ligt onder de ijsvloer een tunnel die vanuit het midden van de ijsvloer naar het tussenlid loopt. De vernieuwbouw betreft de 400-meterbaan, het tussenlid en het entreegebouw. De ijshockeyhal wordt daarom hoofdzakelijk buiten beschouwing gelaten, met uitzondering van de dakconstructie waarop – door de verhoging van het dak van het tussenlid – een hogere sneeuwbelasting kan ontstaan. De tribune en het dak van de 400-meterbaan zijn (in 1986-'87) om en boven de toen bestaande 400-meter buitenbaan gebouwd. Het entreegebouw is toen ook grotendeels gebouwd, maar later uitgebreid. In 2001 is de

ijsvloer van de 400-meterbaan vervangen door een nieuwe ijsvloer over het gehele oppervlak tussen de tribunes. Daarbij zijn ook de tunnel en een belangrijk deel van de ruimten onder de tribune gerealiseerd.

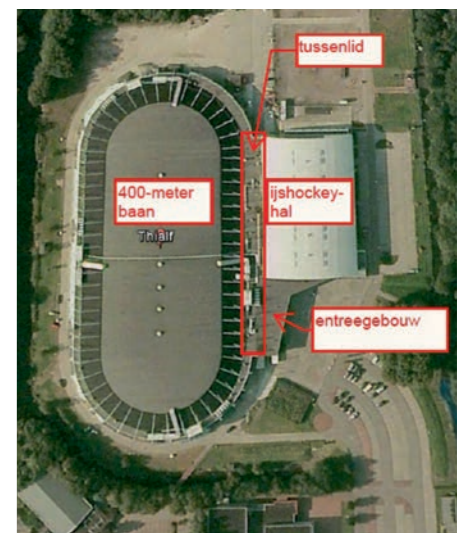
## Dakconstructie 400-meterbaan

Voor de dakconstructie van de 400-meterbaan zijn een middengedeelte en een randzone te onderscheiden. Het middelste deel bestaat uit lensvormige stalen vakwerkliggers van ongeveer 66 m lang en maximaal 5,5 m hoog, ook wel 'inhangliggers' genoemd. De ronding aan de noord- en de zuidzijde wordt gevormd door halve inhangliggers. Deze komen aan de binnenzijde in een punt bij elkaar, op het uiteinde van een vakwerkligger die in de noord-zuid middenas is aangebracht halverwege de overspanning van de normale inhangliggers. Deze middenligger verdeelt de reactiekracht van de halve inhangliggers over de hele inhangliggers. De hele en halve inhangliggers rusten aan de buitenzijde op constructies in de randzone. De dakconstructie is in het midden in dwarsrichting gedilateerd. In de randzone zijn stalen staafwerkconstructies aangebracht, beter bekend als 'snavel': een stalen pylloon met een van de onderzijde schuin naar binnen/boven stekende boomligger die wordt opgevangen door een trekstaaf

vanaf de top van de pylloon. De constructie wordt aan de buitenzijde afgeschoord door een schuine trekstaaf die bij de voet van de pylloon verticaal wordt afgebogen op het einde van een naar buiten stekende dakligger. De inhangliggers rusten met glijblokken op de punten van de snavel. De oplegging biedt enige centimeters bewegingsruimte in de lengterichting van de inhangliggers. De stalen dakplaten steunen de bovenregel van de inhangliggers en de schuine boomligger horizontaal tegen uitknikken.

## Tribuneconstructie/ondersteuning dak

De pylonen van de snavel staan op betonkolommen die op hun beurt weer op betonnen 'tribuneschijven' staan. Deze schijven vormen tevens de ondersteuning voor de tribunes en eerste verdiepingvloer. Aan de buitenzijde van deze schijven zijn op het uiteinde consoles aangebracht waarop de verticale trekstaaf van de snavelconstructie aansluit. De schijven aan de noord-, west- en zuidzijde zijn in zekere mate uniform, maar aan de oostzijde zijn ze hoger en voorzien van grote sparingen voor de functionele ruimten. Voor de stabiliteit zijn tussen de tribuneschijven op funderings- en eerste verdiepingniveau koppelbalken aangebracht en



Bovenaanzicht bestaand gebouwcomplex.

op een aantal plaatsen dwarswanden. De tribunes en de eerste verdiepingvloer bestaan uit kanaalplaten.

## Andere gebouwdelen en stabiliteit

De ijsvloer is een constructievloer met kanaalplaten op funderingsbalken. Op de kanaalplaten ligt een isolatiepakket en een topvloer met koelleidingen. De ijsvloer is door onderbreking van de kanaalplatenvloer opgedeeld in verschillende zones. De funde-



ringsbalken onder de vloer liggen op korte betonnen heipalen.

De tunnel en ijsput zitten tussen stalen damwanden die zijn achtergebleven. Zij zijn opgebouwd uit een betonvloer, betonwanden en een betonnen dek waarvan de bovenkant ongeveer gelijk zit met het niveau van de kruipruimte en zijn ook op korte betonnen heipalen gefundeerd.

Door de ronde vorm van het gebouw zijn eigenlijk geen stabiliteitselementen nodig. Alle spanten en wandschijven zijn loodrecht op de buitengevel in zich stabiel. Toch zijn zes windbokken op betonnen stabiliteitswanden aangebracht voor de belasting door windwrijving op het dakvlak, excentriciteiten en de horizontale component van de tribunebelasting.

Het dak van de ijshockeyhal bestaat uit houten driescharnierspanten met stalen trekstaven, met daarover houten gordingen en stalen dakplaten. Het dakniveau van het nieuwe tussenlid komt in de nieuwe situatie boven het dakniveau van de ijshockeyhal, waardoor een sneeuwophoping op het ijshockeydak kan optreden. Hoewel de ijshockeyhal geen onderdeel is van de vernieuwbouw is de capaciteit van het dak wel op deze sneeuwophoping getoetst. Het dak en de verdiepingvloer van het tussenlid waren op verschillende stramienmaten uitgelegd. Dit gebouwdeel is vrijwel geheel vervangen door nieuwbouw. De constructie van het entreegebouw was zelfstandig ten opzichte van de ijshockeyhal en de 400-meterbaan. Ook dit gebouw is vrijwel geheel gesloopt om plaats te maken voor nieuwbouw. De ruimten onder de tribunes zijn op verschillende manieren uitgevoerd. Lokaal zijn er tussen de wandschijven betonnen vloeren aangebracht.

#### De transformatie

De vernieuwbouw betreft in hoofdzaak de volgende aanpassingen:

- uitbreiding van de eerste verdiepingvloer aan noord-, west- en zuidzijde;
- een tweede verdiepingvloer rondom (b = 12 m) en een dak daarboven;
- onderbrengen van vrijwel alle installaties in een nieuwe installatieruimte;
- vervangen van de topvloer en de isolatie van de ijsbaan;
- een tunnel vanuit het midden van de ijs-

vloer tot onder de tribune aan westzijde;

- een nieuw entreegebouw;
- aanpassen en uitbreiden van de ruimten onder de tribune.

In hoofdlijnen betekent dit: voor een functionele, nieuwe tweede verdiepingvloer moeten diverse onderdelen van de constructies worden verwijderd die nu nog het dak boven de ijsbaan dragen. Het middengedeelte van het dak blijft gehandhaafd en moet worden opgevangen door de constructies van het nieuwe dakgedeelte.

#### Sloop constructies

Doel is om zo duurzaam en economisch mogelijk de gewenste functionaliteit te realiseren. Hergebruik van bestaande constructies, zonder concessies aan de functionaliteit en meer kwaliteit van beleving bij evenementen, vormt hierop voor een deel het antwoord. Onderzoek hiernaar resulteert in de sloop van de volgende constructieonderdelen.

- De boomlijger en trekstaven van de snavelconstructie, omdat deze vrij gebruik van de nieuwe tweede verdiepingvloer en zicht vanaf de tweede verdiepingvloer op de ijsvloer belemmeren.
- De vakwerken van de luchtbrug boven de uitloop, omdat het buitenvakwerk het ruimtegebruik op de eerste verdieping aldaar hindert. Met de vakwerken vervalt de gehele luchtbrug, inclusief vloer en dak.
- De begane-grondvloer van de ruimten onder de tribunes, omdat de begane-grondvloer en bovenliggende verdiepingvloeren verder naar buiten worden uitgebreid.
- Delen van de 400-meterbaan voor de nieuwe tunnel en de installaties voor de nieuwe ijsvloer.
- Het entreegebouw en het tussenlid (aangezien met de sloop van het entreegebouw een groot deel van de draagconstructie van het tussenlid vervalt).
- Verschillende vloerdelen voor trapgaten, lift- en leidingschachten.

#### Hergebruik constructies

Uiteraard moet in ogenschouw worden genomen dat de hergebruikte constructies op andere wijze worden belast, in het bijzonder het middendeel van het dak van de 400-meter-

baan, de tribuneschijven en bijbehorende betonkolommen. Deze zijn op de nieuwe belastingsituatie gecontroleerd, en waar nodig versterkt. De controle van bestaande constructiedelen met bestaande en nieuwe belastingen vindt plaats op basis van NEN 8700 waarbij ten opzichte van een berekening conform de Eurocodes voor nieuwbouw bepaalde reducties in belasting en belastingfactoren mogelijk zijn. Dit is vooraf afgestemd met en goedgekeurd door de opdrachtgever en het bevoegd gezag (zie kader p. 48).

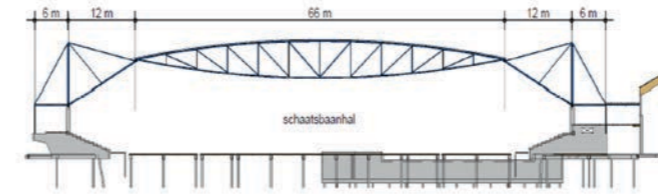
#### Betonkolommen op tribuneschijven

De betonkolommen op de tribuneschijven tussen de eerste verdieping- en (nieuwe) tweede verdiepingniveau leveren in de bestaande situatie alle stabiliteit loodrecht op de gevels. Door de nieuwe invulling van de randzone ontstaan hogere gevels en dus ook een grotere windbelasting. Zouden alleen de betonkolommen voor de stabiliteit moeten zorgen, dan worden deze op veel plaatsen overbelast en zijn versterking nodig. Dit is opgelost door de doorgaande gevelstijl in de onderbouw en de daklijger in te klemmen, (verend) af te steunen tegen de betonkolom en de wandschijf en daarmee de betonkolom te ontlasten.

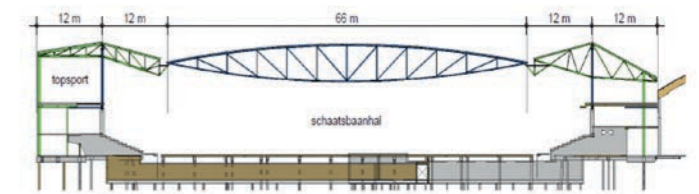
Daarnaast rust ook een tweede verdiepingvloer op de kolom. Door het grotere achterveld van de nieuwe snavelconstructie wordt de neerwaartse kracht op de stalen pyloon en onderliggende betonkolom echter sterk gereduceerd, wat de extra belasting mogelijk maakt.

#### Tribuneschijven

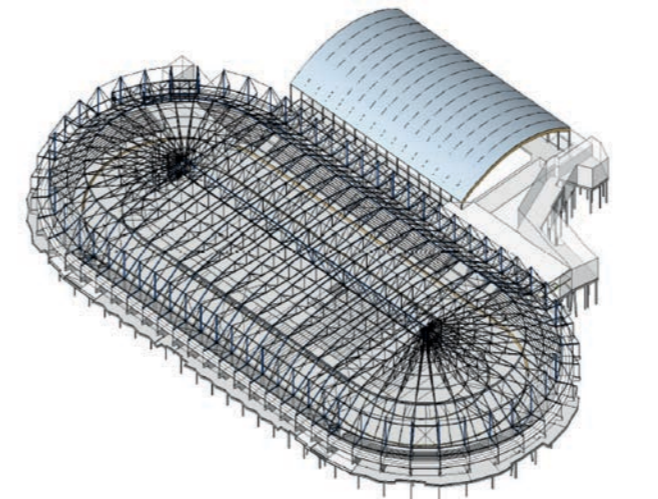
De funderingspalen onder de tribuneschijven staan zodanig gepositioneerd dat hun zwaartepunt samenvalt met het zwaartepunt van de belastingen uit de dak- en tribuneconstructie. In de nieuwe situatie vervalt de opwaartse kracht op het punt van de achterconsole, verschuift het zwaartepunt van de belastingen en wordt de funderingspaal aan de buitenzijde te zwaar belast. Om deze paal te ontlasten, is het nodig om weer een opwaartse kracht in te voeren aan de buitenzijde van de betonschijf. Theoretisch volstaat het om dit weer te doen op het uiteinde van de console, maar dit is volgens de huidige Eurocodes – zelfs met toe-



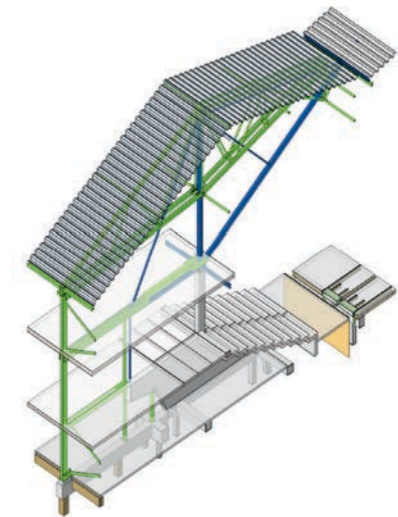
Dwarsdoorsnede van het oorspronkelijke gebouw.



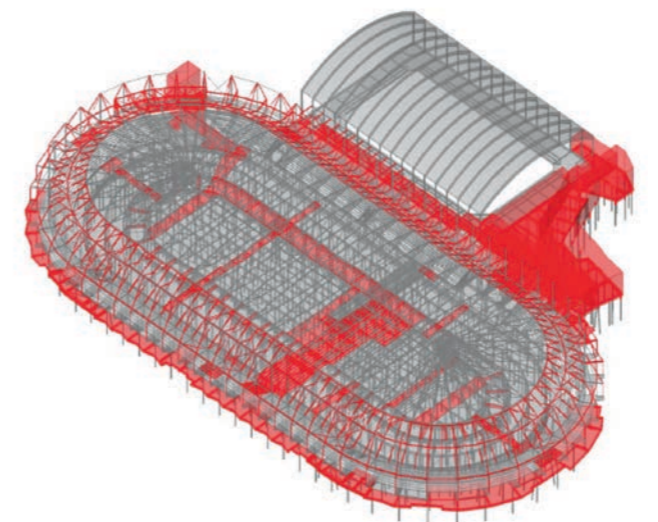
Dwarsdoorsnede nieuwe opzet.



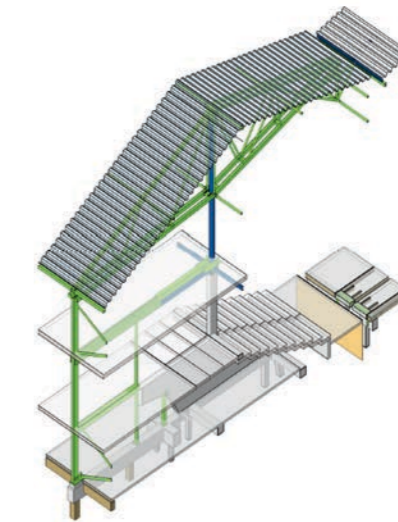
3D-model oorspronkelijke toestand.



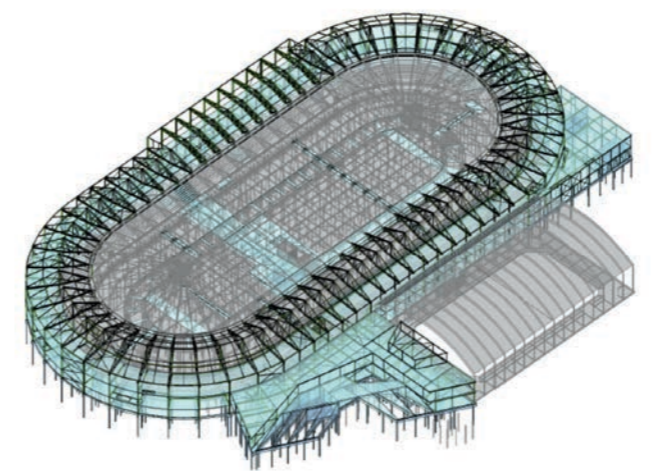
Oude en nieuwe constructie in tijdelijke situatie.



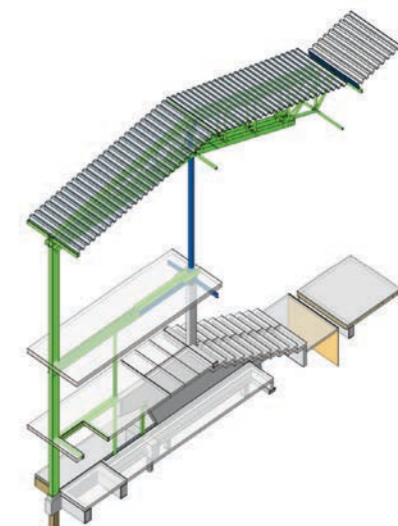
3D-model te slopen constructies.



Eindsituatie.



3D-model vernieuwd ijsstadion.



Eindsituatie bij gebouwdeel met verhoogd dak.



passing van NEN 8700 – niet meer te verantwoorden qua dwarskracht, en is ervoor gekozen om de kracht bij de ‘oksel’ van de console in te voeren. Hier zijn nieuwe funderingspalen aangebracht en wordt de kracht ingeleid met een op spanning gebrachte stalen kolom.

### Ijsvloer

De belasting op de kanaalplaten met relatief zwaar gewapende druklaag bestaat uit het isolatiepakket, de topvloer met de koelleidingen, de ijslaag van maximaal 35 mm en de mensen op de ijsvloer. De capaciteit is voldoende, ook voor de machines die het ijs onderhouden, de ‘Zamboni’s’, en extra bewegingen door personen en inrichting tijdens evenementen.

### Tijdelijk ingebruikname

Omdat Thialf dit winterseizoen weer (tijdelijk) in gebruik moet zijn, wordt ook de bouw onderbroken. Het aanbrengen van de nieuwe tunnel en ijsvloer maakt het niet mogelijk om de bestaande inhangliggers boven de 400-meterbaan tijdelijk op de bestaande vloerconstructie te laten dragen. De voor het huidige winterseizoen (2015-'16) beschikbare tijd om de gehele nieuwe opvangconstructie uit te voeren, en hierbij direct het bestaande dak over te pakken, was ook te kort. Met het uitvoeren van de gehele nieuwe opvangconstructie na het huidige winterseizoen, zou echter de overeengekomen eindoplevering in oktober 2016 in gevaar komen. Om het project toch binnen de gegeven tijdsplanning te realiseren, is een heldere constructieve knip bedacht. Het bestaande dak met de oorspronkelijke opvangconstructie wordt tot na het schaatsseizoen gehandhaafd. De nieuwe constructie is om en over de bestaande constructie gebouwd. De nieuwe opvangconstructie inclusief het nieuwe dak boven de omloop is over het oorspronkelijke dak aangebracht en afgedragen op de bestaande stalen pylonen en nieuwe gevelkolommen. Na het winterseizoen worden kleine van onderaf stalen opvangkukjes onder de nieuwe opvangconstructie gemonteerd. Tussen de opvangkukjes en de bestaande inhangliggers worden vijzels geplaatst om de belasting uit het dak gedoseerd over te dragen naar de nieuwe dakconstructie. Na het overpakken wordt de oorspronkelijke opvangconstructie met de

daarop bevestigde dak- en gevelbeplating verwijderd. Hierna worden de bouwkundige aanpassingen vanaf de 1e verdiepingvloer verder uitgevoerd, waarna ook vanuit de nieuwe 2e verdieping zicht op de 400-meterbaan ontstaat. Overigens wordt met de 400-meterbaan het gehele middengebied bedoeld, inclusief een 333-meterbaan, een shorttrackbaan, een *icederby*-baan en een krabbelbaan.

### Geen stempels

Er is dus een constructie gekozen waarmee het mogelijk is de oorspronkelijke snavelconstructie, en daarmee de ondersteuning van de inhangliggers in het middendeel van het dak, zo lang mogelijk te handhaven. Hiertoe is de hoofdligger van het nieuwe dak van de randzone uitgevoerd als een deels dubbel vakwerk dat over de bestaande snavelconstructie heen is aangebracht. Hierbij zijn geen stempelconstructies onder het dak benodigd. Het middendeel van het bestaande dak wordt na het winterseizoen gedoseerd overgedragen op de nieuwe constructie. De nieuwe buitenzone is hiervoor grotendeels ‘voor de voet’ afgemaakt terwijl de oorspronkelijke ruimte binnen nog kan worden gebruikt. Het overpakmoment is voorzien in het voorjaar van 2016.

### Dak randzone

De dakconstructie draagt de 12 m brede nieuwe dakzone boven de nieuwe tweede verdiepingvloer, de aansluitende 12 m brede nieuwe dakzone boven de tribunes en het hergebruikt middendeel van het dak. Voor de vakwerkliggers, zodanig uitgevoerd dat ze over de bestaande pyloon van de snavelconstructie passen, is een voorziening getroffen. Bovenop elke pyloon is een nieuw kroonstuk voor de oplegging aangebracht dat tevens ruimte laat om de oorspronkelijke trekstaven later eenvoudig te demonteren. Door oplegging op de top van de pyloon heeft de vakwerkligger tevens een economische vorm: hoog waar het buigend moment het grootst is. Aan de gevelzijde rust de vakwerkligger op de gevelstijl. Vanwege de voor de horizontale stijfheid benodigde inklemming van de gevelstijlen hebben de vakwerkliggers aan de gevelzijde een hoogte die voor de inklemming efficiënt is. Tussen de vakwerkliggers is in de bochten

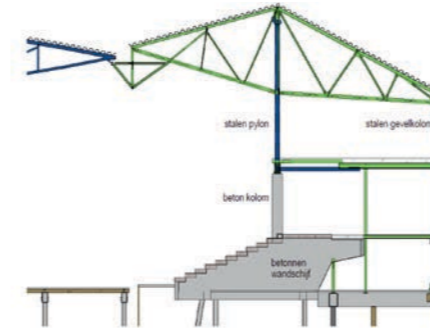
een secundair raster van liggers aangebracht om de overspanning van de dakplaten tot een economische maat te reduceren.

### Ontwerp verdiepingvloeren

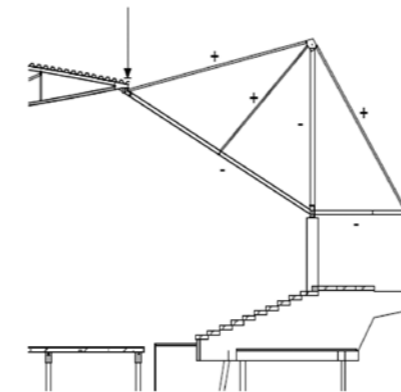
De tweede verdiepingvloer is opgebouwd uit kanaalplaten met een druklaag, die op stalen liggers dragen. De liggers hebben vanaf boven gezien de vorm van een stemvork, zodat de bestaande horizontale dakligger in de nieuwe constructie kan worden opgenomen en de tweede verdiepingvloer kan worden gemaakt, zonder dat de oorspronkelijke snavelconstructie vroegtijdig dient te worden gesloopt. Aan de gevelzijde rust de stalen ligger op de gevelstijlen, aan de tribunezijde op de bestaande betonkolom en halverwege de overspanning op een stalen tussenkolom. Bij het tussenlid zit het bestaande dak hoger; hierbij waren de vorkliggers niet mogelijk zonder het dak te slopen. In deze zone is er daarom voor gekozen de kanaalplaten in de andere richting boven de stalen dakplaten te spannen en te laten dragen op stalen liggers tussen de bestaande betonkolommen en de nieuwe stalen gevelkolommen. Dit maakte ook een uitkraging van enkele tribunetreden aan de ijsbaanzijde mogelijk. Voor de horizontale uitbreiding van de eerste verdiepingvloer is op de nieuwe funderingsbalken in de lijn van de tribuneschijven een reeks stalen halfportalen gemaakt waarop een kanaalplaatvloer is aangebracht. Aan de gevelzijde sluit dit halfportaal aan op de gevelstijl. Waar mogelijk zijn prefab betonpalen toegepast. Waar een geringe hoogte beschikbaar is, zijn stalen buispalen toegepast. De randzone van de bestaande begane-grondvloer is gesloopt, voor zover nodig voor het maken van de nieuwe fundering. De nieuwe vloeren zijn overwegend uitgevoerd zoals de bestaande op staal gefundeerde betonvloer. Bij toiletruimten en trappenhuisen zijn de begane-grondvloeren uitgevoerd als systeemvloer met kruipruimte.

### Tunnel

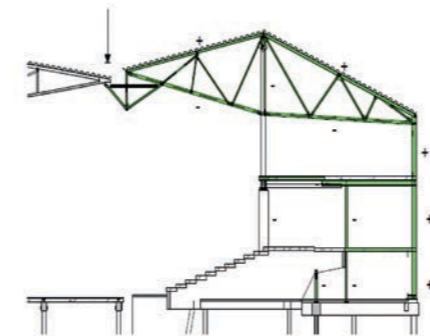
Tussen het middengebied van de 400-meterbaan en het topsportgedeelte aan de westzijde is een nieuwe tunnel aangebracht en gekoppeld met de oorspronkelijke tunnel onder het middengebied en de oostzijde van de



Overzicht van de nieuwe constructie.



Krachtswerking oorspronkelijke constructie.



Krachtswerking nieuwe constructie.



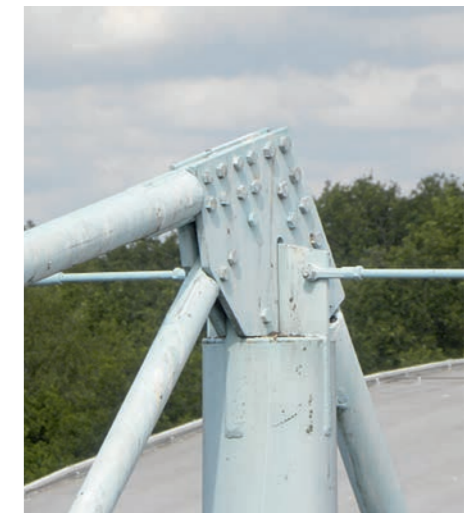
Nieuw kroonstuk.



Nieuw kroonstuk is geplaatst.



Voorziening voor opvangjuk inhangligger.



Het bestaande kroonstuk.



### Projectgegevens

Opdracht tender Thialf OG, Heerenveen • Opdracht Ballast Nedam, Nieuwegein • Architectuur Zwarts & Jansma, Amsterdam • Constructief ontwerp Aronsohn Constructies raadgevende ingenieurs, Rotterdam • Staalconstructie Kampstaal, Emmeloord met Hutten Metaal Staalbouw, Hardenberg • Gevel SAB-profiel (carrier), IJsselstein met MRP Dak en Wand, Heerenveen • Data start bouw februari 2015, oplevering oktober 2016, schaatsseizoen 2015-2016 tijdelijke ingebruikname

### Literatuur

A. Krijgsman en H. Th. Rekveld, 'Het overdekte ijsstadion Thialf in Heerenveen', *Bouwen met Staal* 79, p. 35-39.



## NEN 8700

De veiligheidsbeoordeling van een bestaande constructie wijkt op enkele punten essentieel af van die van nieuwbouw. Een bestaand casco mag volgens het huidige bouwbesluit getoetst worden met NEN 8700. Deze norm geeft de mogelijkheid om het gewenste veiligheidsniveau te bepalen gewogen naar persoonlijke veiligheid en kosteneffectiviteit. Tevens kan een restlevensduur worden bepaald, waardoor extreme belastingen (gebaseerd op de standaard nieuwbouw-referentieperiode) mogen worden gereduceerd. Ook de door metingen verkregen resultaten mogen hierbij in rekening worden gebracht.

Zou de constructie van Thialf nu volledig nieuw worden gebouwd, dan zou deze volledig worden berekend op basis van de vigerende Eurocodes (de nieuwe constructies zijn ook op basis hiervan ontworpen). Op basis van de Eurocode en de publiekfunctie van Thialf, waarbij meer dan 500 personen tegelijkertijd aanwezig kunnen zijn en de overspanning groter is dan 50 m, behoort de constructie ingedeeld te worden in gevolgklasse CC3. Als ontwerplevensduur (= referentieperiode) voor de nieuwbouw-onderdelen dient minimaal 50 jaar te worden aangehouden.

Omdat bij vernieuwbouw ook sprake is van verbouw, mag NEN 8700 worden toegepast in combinatie met de Eurocodes voor de controleberekening van de bestaande constructie-elementen, zoals aangewezen in het Bouwbesluit. Bij de toetsing van de bestaande constructie conform NEN 8700 is het hanteren van de vigerende nieuwbouweisen in principe het uitgangspunt. Afwijking tot het niveau 'verbouw' wordt toegestaan indien er disproportionele kosten ontstaan om aan de nieuwbouweis te voldoen (voor de filosofie achter de toepassing van NEN 8700 zie het artikel 'Veiligheidsfilosofie bestaande bouw, toepassing en interpretatie NEN 8700', *Cement* 2012/4).

Voor de restlevensduur van de constructie geldt een ondergrens van 15 jaar. Bij verbouw moet als referentieperiode voor de belastingen ten minste de restlevensduur worden aangehouden. De karakteristieke waarden van de veranderlijke belastingen

zou gedefinieerd in Eurocodes mogen op basis van deze afwijkende referentieperiode worden bepaald.

De oorspronkelijke constructie van Thialf is ontworpen op basis van de NEN 3800-serie, waarbij de constructieve veiligheid op basis van een algemene basisbelastingfactor  $g = 1,5$  is getoetst (resp. 0,9 bij gunstig werkende belasting) met een minimale reservecapaciteit. Bij de 'vernieuwbouw' wordt een groot deel van de bestaande constructie gehandhaafd, maar treedt er door de diverse aanpassingen een wijziging op in de optredende belastingen en krachtwerving, waardoor een controleberekening noodzakelijk is. De eerste (zeer) globale controleberekeningen van de bestaande constructie lieten zien dat het realiseren van het 'nieuwbouwniveau' zou kunnen leiden tot het nagenoeg integraal versterken van de bestaande constructie en daarmee tot extreem hoge investeringskosten. Met name de bij nieuwbouw en gevolgklasse CC3 te hanteren factor  $K_{\alpha}$  van 1,1 was van grote invloed. Hierdoor werd het hanteren van 'verbouwniveau' als ondergrens de aangewezen aanpak. In overleg met Thialf en het bevoegd gezag wordt een restlevensduur van 30 jaar gehanteerd. Daarbij mogen, conform NEN 8700, tabel A.1.2 (B), de belastingfactoren volgens *tabel 1* (onder) worden aangehouden. Door de gewijzigde (hogere) opgelegde belastingen op en aan het oorspronkelijke dak, werd een zeer gedetailleerde bepaling van de sneeuw- en windbelastingen noodzakelijk. Door het hogere dakvlak en de vorm van de dakconstructie van de nieuwbouw, dient nu met een sneeuwophoping gerekend te worden. De nieuwe dakvorm is hierbij zo vormgegeven dat de sneeuwophoping beperkt blijft. Door de gewijzigde vorm van het gebouw en de gebouwhoogte is de windbelasting in de vier hoofdrichtingen van het gebouw bepaald. Met een 3D-raamwerkberkening is hierna de nieuwe krachtsverdeling bepaald en de bestaande staalconstructie getoetst. Het bestaande dak van de wedstrijdhal met de inhangliggers kan daarbij zonder aanvullende constructieve voorzieningen worden gehandhaafd.

Tabel 1. NEN 8700, tabel A.1.2 (B).

factoren bij verbouw, gevolgklasse 3				
belastingcombinaties	blijvende belastingen		overheersende belasting anders dan wind	veranderlijke wind maatgevende belasting
	ongunstig	gunstig		
	$g_{G,sup}$	$g_{G,int}$	$g_{D,1}$	$g_{D,1}$
vgl. 6.10a	1,20	0,90	1,50	1,50
vgl. 6.10b	1,20	0,90	1,50	1,50

Waarden geldend voor gebouwen waarvoor een omgevingsvergunning is verleend onder Bouwbesluit 2003 of daarvoor.

omloop. De nieuwe tunnel is uitgevoerd met prefab betonwanden en een in het werk gestorte betonnen keldervloer, waarvoor de grondwaterstand tijdelijk is verlaagd. Het dek van de tunnel is uitgevoerd met kanaalplaten. Tussen het dek van de tunnel en de kanaalplaatvloer van de 400-meterbaan is ruimte beschikbaar voor installaties voor de ijsvloer.

### Dilataties

- De oplegging van de inhangliggers op de nieuwe spantconstructies vormt rondom het middendeel een dilatatie.
- De stalen dakconstructie blijft in het midden van de noord-zuidlengte gedilateerd.
- De verdiepingvloeren worden op diverse posities gedilateerd.
- De constructievloer onder de ijsvloer blijft in vakken opgedeeld door open stroken voor de ijsinstallaties.

### Stabiliteit

Net als in de bestaande situatie is iedere constructie op alle stramien in zich stabiel in de

richting loodrecht op de gevel door het samenstel van vakwerklijger in het dak, de daarin geklemde gevelstijl, de bestaande betonkolommen en -tribuneschijven. De stijfheid van de bestaande betonkolommen is hierbij iteratief bepaald, waarna een boven- en ondergrens van de stijfheid is vastgesteld. Een hoge stijfheid van de betonkolommen resulteert in de grootste krachten in de betonkolom, een lage stijfheid van de betonkolom resulteert in de grootste krachten in de stalen gevelkolom. Op basis hiervan zijn de stalen gevelkolommen geoptimaliseerd zonder versterking van de betonkolommen. De bestaande windbokken zijn naar boven toe verticaal uitgebreid tot het nieuwe dakniveau en aangepast op de gewijzigde belastingen (windwrijving op het dakvlak, excentriciteit van de spanten en de horizontale componenten uit de tribunebelasting). Aan de uiteinden van het hoge topsportgedeelte ontstaan sprongen in het dak, die een extra door wind aangeblazen oppervlak vormen. De belasting hieruit wordt door verticale windverbanden en -bokken opgenomen.

### Overige aspecten

De constructie van het dak en de tweede verdiepingvloer in de randzone zijn al omschreven, maar bijzonder is nog wel dat de kolom die in de rest van het gebouw als gevelstijl en stabiliteits-element fungeert, hier iets terugligt uit de gevel van de ijshockeyhal. De installatieruimte is uitgevoerd met een staalconstructie, een kanaalplaten dak, een gevelbeplating en een in het werk gestorte begane-grondvloer met funderingsbalken op betonpalen. De dakconstructie is zodanig dat er slechts weinig kolommen in de technische ruimte nodig zijn. Het nieuwe entreegebouw bestaat uit twee verdiepingen en een dakopbouw. Het dak is uitgevoerd met stalen dakplaten en stalen liggers. Bij de bovendakse installaties is een deel met kanaalplaten uitgevoerd. De eerste verdiepingvloer is uitgevoerd met kanaalplaten met druklaag op stalen liggers en kolommen. Hierbij is gekozen voor relatief grote overspanningen van de kanaalplaten waardoor er weinig kolommen nodig zijn in de ruimten van het entreegebouw. Waar nodig (voor installaties) zijn geïntegreerde stalen liggers toegepast. De begane-grondvloer bestaat uit geïsoleerde kanaalplaten op funderingsbalken en prefab betonpalen. De trappenpartij buiten het entreegebouw wordt opgebouwd uit prefab betonplaten op wanden. Deze wanden bestaan overwegend uit kalkzandsteen en bij de gevel uit betonwanden. •

