

Voorbij de pioniersfase

Biopartner 5 is de eerste grootschalige toepassing van het Donorskelet-principe. Een 3D BIM-model van het bestaande gebouw is opgesteld om de gecodeerde elementen te kunnen relateren aan hun nieuw positie. Biopartner 5 is ook het hoogst haalbare langs de meetlat van duurzaam construeren, zonder daarbij de kosten uit het oog te verliezen. De verbindingen tussen de kanaalplaten en de stalen liggers zijn demontabel, maar hebben ook een rol in de schijfwerking. Er is wel van sprake van een traditionele fundering: dit blijft vooralsnog de grote opgave voor toekomstige projecten.

dr.ir. K.C. Terwel, ir. M.J.M. Moons RC en ir. P.G. Korthagen RC

Karel Terwel is projectleider/raadgevend ingenieur, Matthij Moons is projectconstructeur en Paul Korthagen is /raadgevend ingenieur/directeur, allen bij/van IMd Raadgevende ingenieurs in Rotterdam. Dit artikel is gebaseerd op de paper 'Lessons learned from using a donor skeleton in a 3 storey office building', van o.a. Terwel, IABSE Congress Ghent 2021, Structural Engineering for Future Societal Needs. Congress Proceedings, Eds. H.H. Snijder, B. De Pauw, S. van Alphen en P. Mangeot, IAE, Zurich, 2021.

De afgelopen jaren is de aandacht voor duurzaam construeren sterk gegroeid. Herbestemming van bestaande gebouwen en het beperken van de milieulast zijn steeds meer gemeengoed. Het hergebruik van

elementen, bijvoorbeeld met een donorskelet, werd echter nog maar op relatief kleine schaal toegepast. Dit levert risico's op en werd daarmee regelmatig als financieel onaantrekkelijk gezien. In 2018 was er de mogelijkheid

om een donorskelet toe te passen op grotere schaal, bij Biopartner 5, een lab-/kantoorgebouw van 6.700 m².

Achtergrond en oorspronkelijk ontwerp

De wens van de opdrachtgever is om een incubator voor biotech-bedrijven te maken in de nabijheid van Universiteit Leiden. Diverse start-ups vonden een plek in eerder ontwikkelde gebouwen, maar er bleef vraag naar meer ruimte. Daarnaast wilde de opdrachtgever een iconisch gebouw. Niet door zich te onderscheiden met een spectaculaire vormgeving, maar door een uitzonderlijk duurzaam ontwerp.

Het Voorlopig constructief Ontwerp was in basis een conventionele staalconstructie waarbij gezocht werd naar optimaal ruimtegebruik. Door goed te onderzoeken wat de modulaire maat in het gebouw kan zijn, is



Leuvehavenpaviljoen, Rotterdam (foto: Bart van Hoek).

Duurzame strategie

Duurzame ontwikkeling kan worden gedefinieerd als een ontwikkeling die aan de huidige behoefte voldoet zonder de behoeften van toekomstige generaties in gevaar te brengen^[1]. De keuzes van constructeurs hebben een grote invloed op de milieu-impact, omdat de hoofdconstructie ± 60% van het gewicht van een gebouw bepaalt. In de praktijk zijn er vele initiatieven op het gebied van duurzaamheid ontwikkeld. IMd was al heel vroeg bezig om structureel en methodisch duurzaam te construeren. In 2009 zijn 'de vijf principes' gepubliceerd

van Duurzaam Construeren die in 2020 zijn geëvalueerd en geüpdatet^[2].

1. Verlengen levensduur van een gebouw/constructie.
2. Materiaalgebruik beperken.
3. Duurzame materialen toepassen.
4. De milieu-impact van logistiek en transport meenemen.
5. Ontwerpen voor toekomstig circulair gebruik.

In de eerste plaats betekent een hoge mate van aanpasbaarheid dat er diverse mogelijkheden zijn voor toekomstig hergebruik. Daarmee wordt de noodzaak van sloop en

DESIGN	Refuse	1		
	Reduce	2		
	Rethink	3	4	5
OBJECT	Re-use		1	3
	Repair		3	
	Refurbish		1	5
	Remanufacture		3	
RAW MATERIALS	Repurpose		3	
	Upcycle		3	
	Recycle		3	
	Downcycle			

herbouw vermindert en wordt de levensduur van de constructie verlengd.

Het tweede principe, minimaliseren van de hoeveelheid materiaal kan niet los gezien worden van het derde principe: materialen met een zo laag mogelijke milieu-impact toepassen. Deze kunnen tegenstrijdig zijn: het is bijvoorbeeld mogelijk dat de totale milieu-impact minder is, wanneer iets grotere funderingsbalken met lagere betonkwaliteit worden toegepast dan slankere balken



Opbouw van Biopartner 5. De staalconstructie van de drie bovenste verdiepingen van het naburige Gorlaeus-gebouw (inzet) is tegen schrootprijs 'gedoneerd'.

met hogere betonkwaliteit. Er moet een optimum worden gezocht tussen het tweede en derde principe. Het is niet voldoende als de focus puur op de constructiematerialen ligt; ook logistiek en transport moeten mee worden genomen (4^e principe). Het heeft de voorkeur om materialen toe te passen die op een korte afstand van de bouwplaats kunnen worden geproduceerd. Het vijfde principe dient hergebruik van de totale constructie of haar elementen al tijdens het ontwerp in ogenschouw te worden genomen.

Re...

Binnen de vakliteratuur worden diverse lijstjes, of top 10's, van duurzame strategieën beschreven. Eén van deze, in Nederland meest bekende, strategieën is het 10R-model van Cramer^[4]. Gebaseerd op dit model kan de volgende hiërarchie met elf strategieën worden opgesteld: Refuse (afzien van), reduce (beperken), rethink (heroverwegen), re-use (hergebruiken), repair (repareren), refurbish (opknappen), remanufacture (reviseren), repurpose (hergebruiken), upcycle (materialen verwerken tot grondstoffen met hoogwaardiger toepassing), recycle (materialen verwerken tot grondstoffen met gelijkwaardige toepas-

sing) en downcycle (materialen verwerken tot grondstoffen met laagwaardiger toepassing), zie *afbeelding p. 26 rechts*. De eerste drie strategieën (refuse, reduce, rethink) zijn gerelateerd aan het ontwerp. De daaropvolgende vijf strategieën aan het object zelf en de laatste drie aan de ruwe grondstoffen.

Als we de vijf principes van Duurzaam Construeren koppelen aan deze strategieën dan wordt duidelijk dat in de ontwerp-fase alle vijf principes van Duurzaam Construeren kunnen worden beïnvloed (nummerbollen in *afbeelding p. 26*).

De laatste jaren zijn deze principes door IMd en andere bureaus veelvuldig toegepast. Met name werden veel bestaande gebouwen getransformeerd om een nieuwe functie te faciliteren, waarbij de levensduur van het gebouw werd verlengd. Daarnaast is er veel aandacht besteed aan de milieu-impact en het energiegebruik van nieuwe gebouwen, hierbij gebruik makend van labels als BREEAM en LEED.

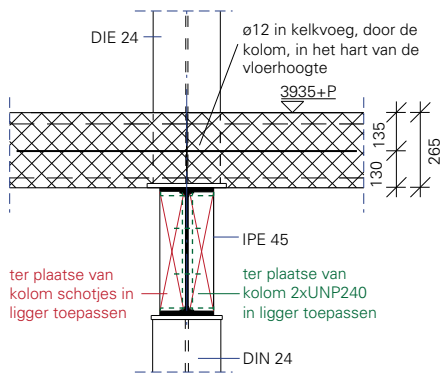
In de jaren '70 en '80 werden diverse modulaire constructietypen ontwikkeld, vooral in Scandinavië. Echter, tot op heden is het hergebruik van elementen maar heel beperkt toegepast. Het risico van het niet passen van elementen en inferieure kwaliteit door aangetaste materialen leiden

tot hogere inschatting van de risico's en bijbehorende kosten.

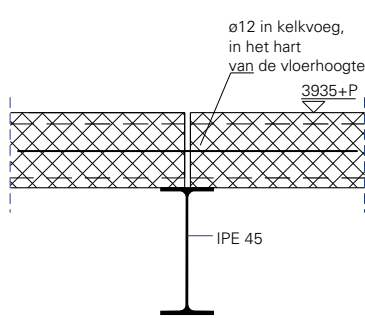
Er is een toenemende bewustwording dat het nodig is de huidige bouwpraktijk te veranderen, om zo het uitputten van grondstoffen te voorkomen. In dat licht zijn concepten als het Donorskelet ontwikkeld. Bij een donorskelet wordt een bestaande constructie gedemonteerd en de onderdelen op een nieuwe locatie hergebruikt. Hierbij wordt een nieuw type constructie met andere vorm gecreëerd. Het streven is dat daarbij zo min mogelijk aanpassingen nodig zijn.

Tot op heden werd het idee van een donorskelet voornamelijk op kleine schaal toegepast, zoals bij individuele woonhuizen, of bij het Leuvehavenpaviljoen in Rotterdam. Om de schaal te vergroten zijn verschillende initiatieven ontwikkeld, zoals Madaster dat een database bijhoudt met bouwelementen in bestaande gebouwen. Wanneer een gebouw wordt gesloopt, kan men met de informatie uit deze database nagaan of hergebruik mogelijk is voor een nieuw project.

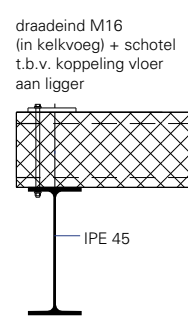
Biopartner 5, dat in 2021 is opgeleverd, is een voorbeeld van een kantoorgebouw waar diverse van de genoemde strategieën voor duurzaam construeren zijn toegepast.



Middenoplegging vloer bij de kolom-ligger-kolom stapeling. Rood is de 'oude' aanpassing, die na de ontdekking van het verzinken is gewijzigd naar geboude UNP's (groen) (geldt bij alle details met groene notitie).



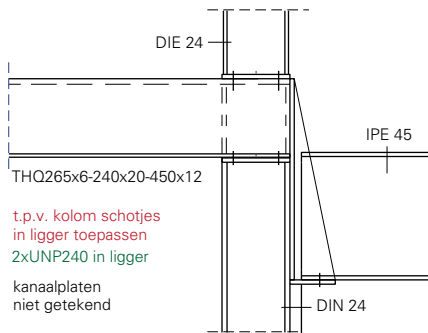
Middenoplegging vloer.



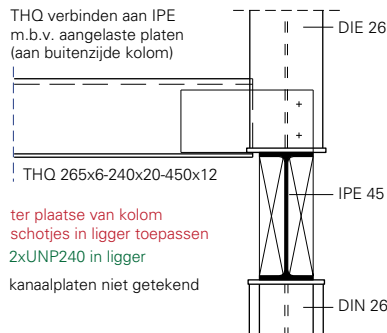
Koppeling vloer-randligger (zie foto p. 30).



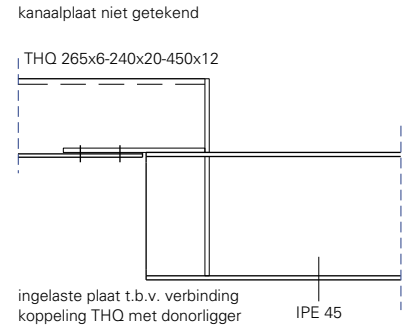
Oplegging vloer-raveelijzer (bij open ruimte tussen twee donor T-spanten, zie ook foto rechts).



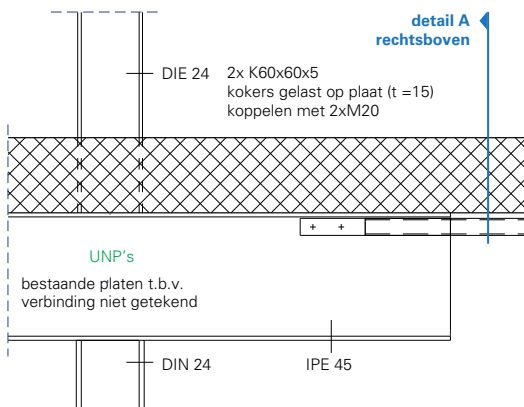
Ligger via schoen opgelegd op geïntegreerde ligger.



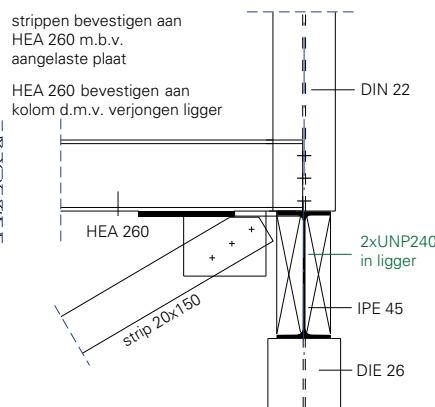
Verbinding windverband (strip en ligger).



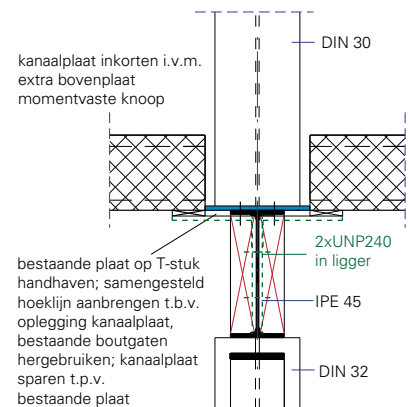
Oplegging met demontabele verbinding.



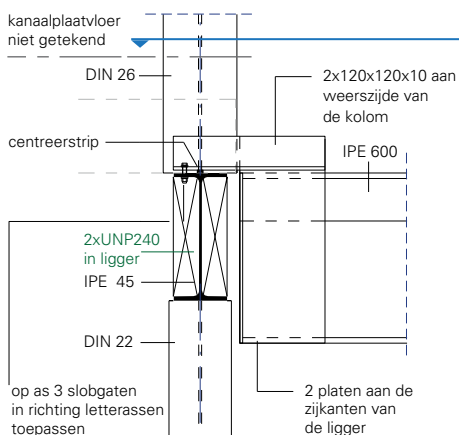
Detail verbindingskoker 60x60x5 aan ligger (zie foto p. 29, daar met afgeschuinde IPE 45).



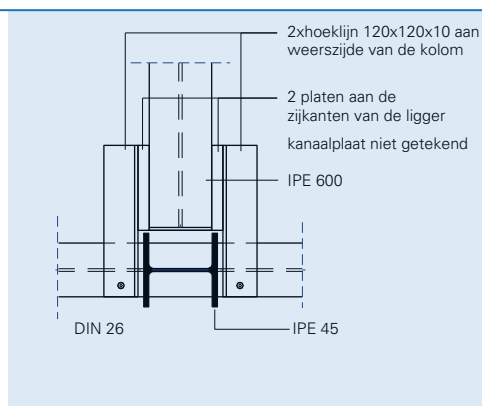
Verbinding windverband (strip en ligger).



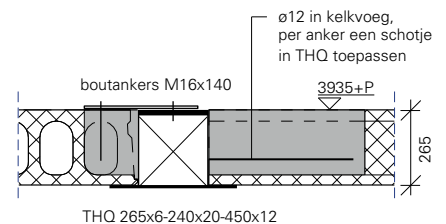
Aanvullende oplegging kanaalplaatvloer bij momentvaste knoop kolom-ligger (zie ook foto p. 31, onderin).



Oplegdetail ligger bij de tuinbouwkas op het Gorlaeus-staal aan weerszijden.



Oplegdetail ligger bij de tuinbouwkas op het Gorlaeus-staal aan weerszijden (horizontale doorsnede).



Geïntegreerde (nieuwe) ligger met (demontabele) ha-merkop-koppeling voor afdracht horizontaalkracht.



De oorspronkelijk bedachte gelaste schotten in de liggers zijn vervangen door geboute UNP's. 2xK60x60x5 koppelen de hergebruikte IPE's 45 (zie ook detail A, links).

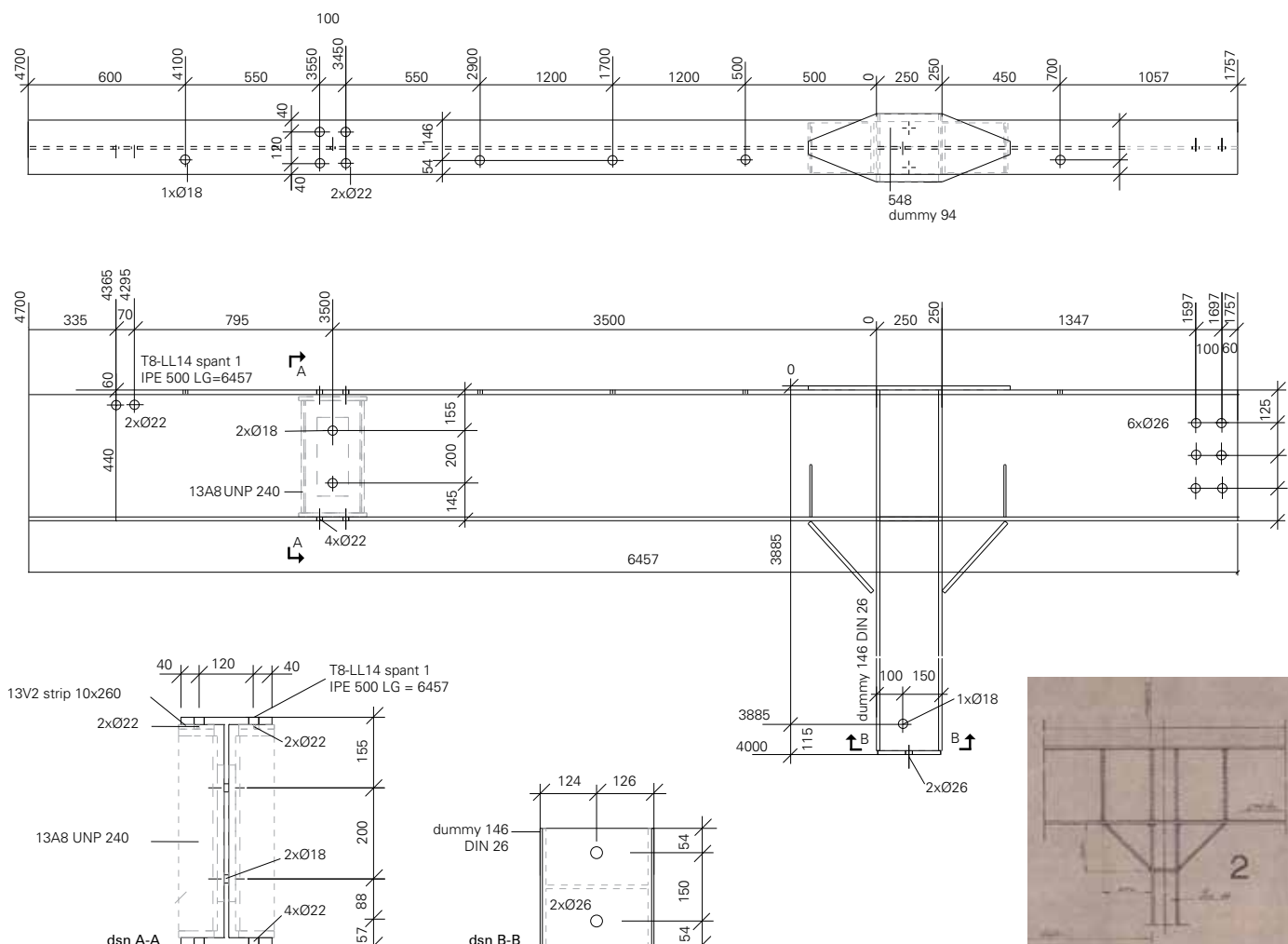
toelichting voorstel destructief onderzoek fase B

- Vic maakt een som voor verwachtingswaarde
- vaststellen opneembare kracht per proefstuk
- vaststellen treksterkte bovenplaat (4x per proefstuk) en

test is geslaagd als er voldoende vertrouwen in de sterkte is. daarvoor moet minimaal voldaan worden aan:

- beta-waarde (lassterkte groter dan moedermateriaal)
- afschuifkracht die in de verbinding opneembaar is, is voldoende groter dan in de gebruikssituatie optredend

Eerste voorstel fysieke labtest. De foto's ('macro's') geven de lassen weer van de extra staalplaat bij de momentvaste knoop en de flens van de ligger. Uit deze macro's bleek al dat de root penetration behorend bij klasse C (executieklasse EXC2) onvoldoende was. De afbeeldingen links zijn representatief voor de las; de andere twee zijn uitzondering en geven een goede las weer. De fysieke test is dus uiteindelijk niet uitgevoerd door deze resultaten van de macro's, en vanwege uitvoerbaarheid test.



Gorlaeus is destijds niet volgens tekening uitgevoerd (inzet 2). Overgangsdetails kolom-ligger-kolom (A-A) zijn 'ingelegd' met UNP's en voetplaten zijn toegevoegd (B-B).

een flinke slag in materiaalverbruik behaald door de kolommen veel dichter op elkaar te zetten dan vaak gebruikelijk. Vervolgens is de ambitie gesteld om het gebouw de- en remon- tabel te maken, zodat toekomstig hergebruik mogelijk wordt. Ook de vloeren werden demontabel ontworpen en er werd gedacht aan het toepassen van tweedehands vloerplaten. Gedurende de ontwerpfase kreeg het ontwerpteam informatie over het in de periode 1963-1971 gebouwde Gorlaeus-gebouw. Dit gebouw staat ook op de Leiden Bio Science Park in Leiden en zou worden gesloopt. Het ontwerpteam onderzocht vervolgens of de elementen van dit gebouw zouden kunnen worden gebruikt. Uiteindelijk werd besloten om een groot deel van de staalconstructie van dit gebouw te gaan hergebruiken. Hierdoor werd het slooppand gepromoveerd tot Donorskelet. Daarnaast bleek dat diverse andere onderdelen van het bestaande gebouw konden worden gebruikt; zoals metselwerkpuin voor de korven van een groene gevel. Het ontwerpteam controleerde vervolgens of het bestaande ontwerp geschikt was voor toepassing van het beschikbare donorskelet.

De stramienlijnen van het oorspronkelijk ontwerp waren uitgelegd op 3,6 m, omdat dit een efficiënt ontwerp opleverde. Bij deze stramienmaat bleken de donoriggers overcapaciteit te hebben, terwijl een stramienmaat van 5,4 m niet goed paste bij de indeling. Deze overcapaciteit is gebruikt door stabiliteit in één richting met portaalwerking te verzorgen. Er bleek namelijk een momentvaste verbinding tussen kolom en vloer aanwezig die hiervoor capaciteit kon leveren. Een mooie bijkomstigheid, omdat de bestaande constructie hierdoor ook in grotere onderdelen hergebruikt kan worden.

Constructief ontwerp

Het constructief ontwerp bestaat uit kanaalplaatvloeren die afdragen op een staalconstructie van liggers en kolommen. Stabiliteit wordt in één richting verzorgd door windverbanden en in de andere richting door momentvaste portalen. De staalconstructie bestaat voor een groot gedeelte uit elementen van het donorskelet. Op een aantal plaatsen, bijvoorbeeld bij de windverbanden en een vakwerk voor de win-

tertuin, zijn nieuwe staalementen gebruikt. Hiertoe werd besloten omdat dit efficiënter was met betrekking tot de hoeveelheid arbeid en bijkomende kosten. De doelstelling is echter steeds geweest om zoveel mogelijk staal te hergebruiken. Met de keuze voor bestaand staal werd het idee van demontabele verbindingen niet verlaten. Het ontwerpteam ontdekte dat het toepassen van demontabele, geboude verbindingen



Demontabiliteit via draaieind en (volg)plaat (p. 28).



De bestaande lussen komen ook niet overeen met de architecttekeningen. Na onderzoek...



...zijn er extra gaten gefreesd en pasbouten toegepast.



De momentvast verbindingen in de oude T-spanten verzorgen de stabiliteit van het nieuwe gebouw.



Nieuw staal voor horizontale (wind)krachten.

dingen voordeel bood in transportkosten. Er is zoveel mogelijk met boutverbindingen gewerkt, zodat transport naar de fabriek voor het verwijderen van de zinklaag en nieuw laswerk kon worden voorkomen. De verbindingen tussen de kanaalplaten en de stalen liggers zijn ook demontabel, maar hebben een rol in de schijfwerking. Bij de randliggers is een draadeind aan de bovenflens gebout bij de kelkvoeg. Na plaatsing van

de kanaalplaatvloer zijn daar stalen platen op gebout en de kelkvoegen zijn vol gegoten. Bij demontage kan de stalen plaat worden verwijderd, de kanaalplaat losgezaagd en uitgehesen (een ervaring opgedaan bij de Tijdelijke Rechtbank in Amsterdam). Bij de tussenliggers is alleen een wapeningsstaaf $\varnothing 12$ in de kelkvoeg geplaatst om rotatie van de ligger te voorkomen bij ongelijkmatige vloerbelasting en voor de doorvoer van de windkrachten.

Door demontabele verbindingen toe te passen bij donorstaal, is er sprake van een dubbel duurzame constructie. De fundering is traditioneel met prefab betonnen palen en in het werk gestorte liggers. Het blijkt lastig om hiervoor donorelementen te vinden, of elementen te ontwerpen die demontabel zijn alhoewel een prefab fundering even overwogen is, maar vanwege het aantal verschillende elementen is losgelaten. Dit blijft vooralsnog de grote opgave voor toekomstige projecten.



Aangeboute hoeklijn voor oplegging kanaalplaatvloer (zie ook p. 36).

Testen materiaal

Om de constructieve eigenschappen van de bestaande staalconstructie te kennen, zijn diverse monsters genomen voor destructieve testen. De chemische samenstelling van het staal werd gecontroleerd om de geschiktheid voor lassen te bepalen. Pas na het verwijderen van de verf bleek de staalconstructie te zijn verzinkt wat lassen moeilijker zou maken. De strategie om zoveel mogelijk met boutverbindingen te werken kwam hier dus goed van pas en is nog verder doorgevoerd in een aantal details.

Een herberekening van de bestaande constructie werd gedaan om na te gaan welke spanningen redelijkerwijs al waren opgetreden. Er werd besloten een toelaatbare staalspanning van 180 MPa aan te houden. Vervolgens werden een aantal monsters getest, waarbij aangetoond werd dat deze monsters een minimale sterkte S235 hadden. Gekozen werd om de waarde van 180 MPa te handhaven als maximaal toelaatbare spanning, waarmee extra veiligheid werd ingebouwd zodat eventuele afwijkingen in het staal konden worden ondervangen.

Ten slotte zijn destructieve testen van een aantal lassen uitgevoerd (p. 29). Het bleek dat een aantal lassen van de momentvaste verbindingen niet aan de vereisten voor fatsoenlijk laswerk voldeden. De koppelplaat van deze verbindingen moest daarom in een laat stadium van het project worden gekoppeld met pasbouten aan het profiel, zodat de lassen zouden worden ontlast en het benodigde steunpuntmoment via de bovenplaat van het profiel kon worden opgenomen (p. 30, *middelste tekening*).

Demontage

Architect en constructeur hebben alle elementen, die zouden worden hergebruikt, in het werk gecodeerd (p. 35). Een 3D BIM-model van het bestaande gebouw is opgesteld om de gecodeerde elementen te kunnen relateren aan hun nieuw positie. Verder is een protocol opgesteld met de afmetingen van de elementen en de toegestane afwijkingen in maat, maar ook in haaksheid en toegestane beschadigingen door sloopwerkzaamheden. Het bleek een redelijke opgave voor de sloopaannemer om te voldoen aan de toelaatbare afwijkingen bij de sloop. Gedurende de demontage zijn verschillende onderdelen meer beschadigd dan toegestaan (p. 35). Daarnaast zijn de elementen niet altijd zorgvuldig opgeslagen waardoor additionele vervormingen konden ontstaan. Voor de voetplaten waar de boutgaten waren beschadigd bij wegbranden van de oorspronkelijke bouten, moeten nieuwe boutgaten worden aangebracht (p. 30, *dsn B-B*). Omdat de eisen aan de verbinding beperkt waren, is het aantal nieuwe bouten ook beperkt gehouden. Een ander probleem dat tijdens de rit moest worden opgelost, was dat de bestaande T-spanten op sommige plaatsen te kort waren in lengte. Dit werd opgelost met

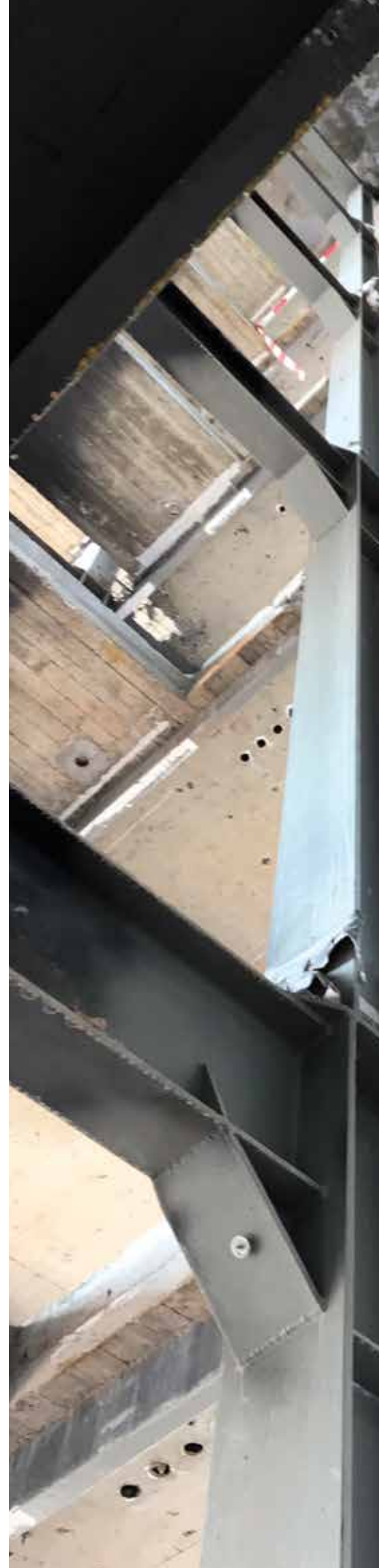
een kleine koppelkoker tussen de T-spanten om windkrachten door te voeren (p. 31, *rechtsonder*). De vrije hoogte onder de vloer die daardoor ontstond kan worden gebruikt voor installaties en toekomstige aanpassingen van deze installaties. Voor een aantal afgekeurde profielen werd binnen het overgebleven donorstaal vervanging gevonden.

Voorschouwing

Tijdens het ontwerpproces ontstond een hechte samenwerking waarbij veel minder werd gekeken naar eigen opdrachten en verantwoordelijkheden, en veel meer naar wie welk onderdeel het beste kon oppakken en hoe de teamleden elkaar hierin kunnen versterken. Hierdoor kwam het besef dat de uitvoerende partijen, toen nog onbekend, onderdeel moest gaan worden van dit op elkaar ingespeelde team. Het succes van het ontwerp met donorstaal moest zich nog gaan bewijzen in de praktijk. Gekozen is voor een strategie waarbij de constructeur veel meer staaldetails heeft uitgewerkt dan vaak gebruikelijk. Ook zijn er rapportages gemaakt van de onderzoeken, inventarisatie van het staal en de ontwerpgedachten voor demontage en hergebruik. Doel hiervan was zoveel mogelijk vertrouwen te wekken over de kwaliteit van het ontwerp. Vervolgens is de inschrijvende aannemers niet gevraagd een presentatie te geven maar zijn de aannemers uitgenodigd op de bouwplaats van het Gorlaeus-gebouw om het staal te komen bekijken en is er juist door het ontwerpteam een presentatie gegeven van alles wat is uitgewerkt. Dit bleek een hele goede manier om te bespeuren wat het enthousiasme en vakmanschap was van de inschrijvende aannemers.

Uitvoeringsfase

Het aanbrengen van de paalfundering en de in het werk gestorte funderingsbalken verliep zonder noemenswaardige problemen. Voorafgaand aan de montage van het donorstaal zijn alle elementen ingemeten en waar nodig passend gemaakt. Dit gebeurde zoveel mogelijk op het werk in een tijdelijk ingerichte werkplaats om transportbewegingen te beperken. De staalbouwer bouwde speciaal hiervoor een demontabele loods. Door de staalbouwer zijn in samenspraak met de con-





Literatuur

1. World Commission on Environment and Development, *Our common future*, Oxford University Press (UK) 1987.
2. S. Brand, *How buildings learn*, Viking Press, New York 1994.
3. P. Peters, R. Wiltjer, B. Silvius en M. Landman, 'Duurzaam construeren 10 jaar later', *Cement* 1 (2020), p. 42-45.
4. J. Cramer, *Circulaire economie: van visie naar realisatie*, Utrecht Sustainability Institute 2015.
5. K.C. Terwel, e.a., 'Lessons learned from using a donor skeleton in a 3 storey office building', IABSE Congress Ghent 2021, Structural Engineering for Future Societal Needs. Congress Proceedings, Eds. H.H. Snijder, B. De Pauw, S. van Alphen en P. Mangeot, IAE, Zurich, 2021.

Nieuwe didactiek

Het project is in 2020 geëvalueerd met input van de projectmanager, hoofdaannemer, staalleverancier, architect en constructeur. De volgende lessen kunnen worden getrokken uit het toepassen van donorstaal.

- Het nieuwe ontwerp moet aansluiten bij het beschikbare materiaal om de hoeveelheid aanpassingen te beperken. Bij Biopartner 5 bleek de stramienmaat goed aan te sluiten bij het beschikbare donorstaal. Daarnaast konden bestaande moment-vaste verbindingen worden gebruikt voor stabiliteit via portaalwerking.
- Er moet zorgvuldig worden bepaald welke elementen in het nieuwe gebouw kunnen worden uitgevoerd met bestaande elementen en welke beter kunnen worden uitgevoerd met nieuw materiaal.
- Hergebruik hoeft niet beperkt te blijven tot elementen, maar waar mogelijk kunnen ook componenten worden hergebruikt. Bij Biopartner 5 zijn de T-frames opnieuw gebruikt zodat er minder handelingen nodig zijn om de verbindingen te kunnen maken. Transport van deze samengestelde onderdelen bleek/leek wel lastiger, maar viel mee vanwege de zeer korte afstand.
- Wanneer duidelijk is welke donorelementen kunnen worden gebruikt, moet een testprogramma worden opgesteld om de eigenschappen en bruikbaarheid te bepalen. Het is van belang om voldoende proefstukken te kiezen om de toelaatbare spanning te bepalen. Herberekening van de bestaande constructie kan hierbij aanvullend inzicht geven in de spanningen die de constructie in het verleden al heeft ondergaan. Daarnaast moet de samenstelling en conservering van het bestaande staal worden bepaald. Wanneer het staal bijvoorbeeld verzinkt is, is laswerk moeilijker en is het lastiger een brandwerende coating aan te brengen.

Daarnaast moet bekend zijn of er Chrom 6-verf is toegepast.

- Het gebruik van donorstaal bij een executieklasse 3 zal lastig zijn, omdat de oorsprong van het staal vaak niet bekend is.
- Demontabele verbindingen vragen speciale aandacht voor robuustheid. In het ontwerp van een kanaalplaatvloer zonder druklaag is speciale aandacht nodig voor de verbindingen in verband met de benodigde schijfwerking.
- Het demonteren van een bestaande constructie met als doel hergebruik is zeer afwijkend van regulier sloopwerk. Communicatie over mogelijkheden van en vereisten aan het donorstaal tussen aannemer en constructeur is essentieel.
- Er moet worden vastgelegd welke afwijkingen aan het donorstaal toelaatbaar zijn. Daarnaast moeten maatregelen worden opgesteld in samenspraak tussen staalleverancier en constructeur om onacceptabele afwijkingen in afmetingen en rechtheid van profielen op te lossen. Dit kan betekenen dat sommige profielen niet geschikt zijn voor hergebruik; daarom is een ruime hoeveelheid donormateriaal nodig.
- Om transportbewegingen te beperken kan het aantrekkelijk zijn (bij een donorgebouw in de buurt van de bouwplaats en een staalfabriek op afstand) om een tijdelijke loods in te richten waar staalwerkzaamheden kunnen worden uitgevoerd.
- Om succesvol te zijn, moeten alle projectpartners geëncouraged zijn. Gedurende het ontwerp en de uitvoering kwamen diverse spanningsmomenten langs, die vaak meer tijd en aandacht vroegen dan bij traditionele projecten. Dit vraagt om goede communicatie en – nogmaals – commitment van alle partners tijdens ontwerp, demontage en uitvoering.

structuur nog een aantal optimalisaties doorgevoerd in de details, om de maakbaarheid en mate van demontage te vergroten. Hierin is op een prettige wijze een vervolg gegeven aan de samenwerking in het ontwerpteam.

Toekomstige mogelijkheden

Het ontwerp en uitvoering was een dynamische, maar verrijkende ervaring. Dankzij de inspanning van alle bouwpartners is het project voorbeeld geworden van dubbele duurzaamheid: een donorskelet (hergebruik) en demontabele verbindingen voor toekomstig hergebruik. Momenteel vraagt

de toepassing van een donorskelet extra engineeringtijd en meer aandacht in de uitvoering. De kosten kunnen daardoor hoger zijn, hoewel de aanschaf van het staal juist weer (fors) goedkoper kan zijn. Aan de andere kant blijkt er ook een commercieel voordeel te zijn: diverse potentiële huurders werden aangetrokken door het duurzame karakter. Wanneer de pioniersfase van het donorskelet voorbij is, zou er voldoende marge/balans moeten zijn tussen de prijs van nieuwe grondstoffen/materialen en bestaande elementen om een solide business case te krijgen. •