

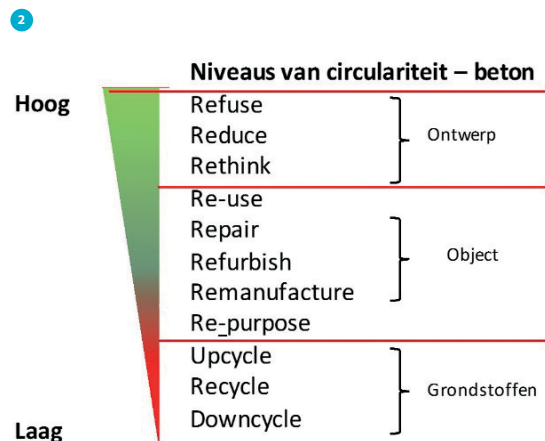


Grote milieuwinst te halen in hoofddraagconstructie, onder andere met het donorskelet

Construeren met tweedehands-elementen

Door gebruik te maken van tweedehands constructieve elementen wordt voldaan aan een van de hoogste stappen in de circulaire economie. Onderdelen van de hoofddraagconstructie worden op die manier immers weer gelijkwaardig ingezet en daarmee wordt de levensduur van deze elementen aanzienlijk verlengd. Dit vraagt wel een nieuwe kijk op constructief ontwerpen.

In september 2016 presenteerden de toenmalige staatssecretaris Sharon Dijksma van Infrastructuur en Milieu en minister Henk Kamp van Economische Zaken het Rijksbrede programma 'Nederland Circulair



in 2050'. “Voor hergebruik is veel minder energie nodig dan bij het verwerken van nieuwe grondstoffen. Zo wordt het milieu ook ontzien, omdat er minder broeikasgassen worden uitgestoten”, lieten de bewindslieden weten. Vanaf die tijd gaat het in de discussie over duurzaamheid ook over circulair bouwen. Een goede zaak, want door de primaire grondstoffen circulair in te zetten, gaan we de ‘wegwerpmaatschappij’ in de bouw tegen. Het recyclen van deze grondstoffen zou daarbij de minimale eis moeten zijn. De stip op de horizon is het opnieuw inzetten van constructieve elementen om hoger op de ladder van circulariteit te komen (fig. 2).

Het introduceren van het donorskelet in 2012 is een eerste aanzet geweest om het bouwen met tweedehands constructieve elementen leven in te blazen. De draagstructuur wordt in dat geval zó uit elkaar gehaald dat de onderdelen in andere gebouwen gebruikt kunnen worden. Met deze donorskeletten is al de nodige ervaring opgedaan, onder andere met het gebruik van tweedehands stalen liggers bij het project op de Hoogstraat (foto 1 en 3). Belangrijke les is dat het gebruik van een tweedehandsconstructie vraagt om een nieuwe kijk op constructief ontwerpen.

Vandaag de dag wordt echter nog steeds meer dan 90% van de grondstoffen die zijn gebruikt voor constructies, na het vervullen van de functie gedowncycled tot opvulmateriaal, in plaats van het te recyclen of te hergebruiken voor het bouwen van nieuwe projecten. Bekend voorbeeld is het toepassen van puingranulaat als fundering voor wegebouw.



3

Milieuwinst via MPG

Duurzaam bouwen was tot voor kort volledig gericht op reductie van energieverbruik in gebouwen. In het rijksbeleid kwam daar verandering in onder meer dankzij de Kamerbrief ‘Groene Groei voor een sterke, duurzame economie’ (2013). Daarin werd de focus gericht op beperking van CO₂-emissies (energiebesparing) en uitputting van grondstoffen. Sinds 2013 geldt een verplichting voor het maken van een milieuprestatieberekening volgens bepalingsmethode ‘Milieuprestatie gebouwen en GWW-werken’. Deze methode geeft regels voor het kwantificeren van die milieueffecten in een zogenoemde Milieuprestatie gebouw (MPG). Deze milieuprestatie wordt uitgedrukt in schaduwkosten per m² brutovloeroppervlakte (€/m² BVO) per jaar. Pas in januari 2018 is er een grenswaarde voor deze MPG ingevoerd.

1,3 Project Hoogstraat waar gebruik is gemaakt van tweedehands stalen liggers

2 De circulariteitsladder

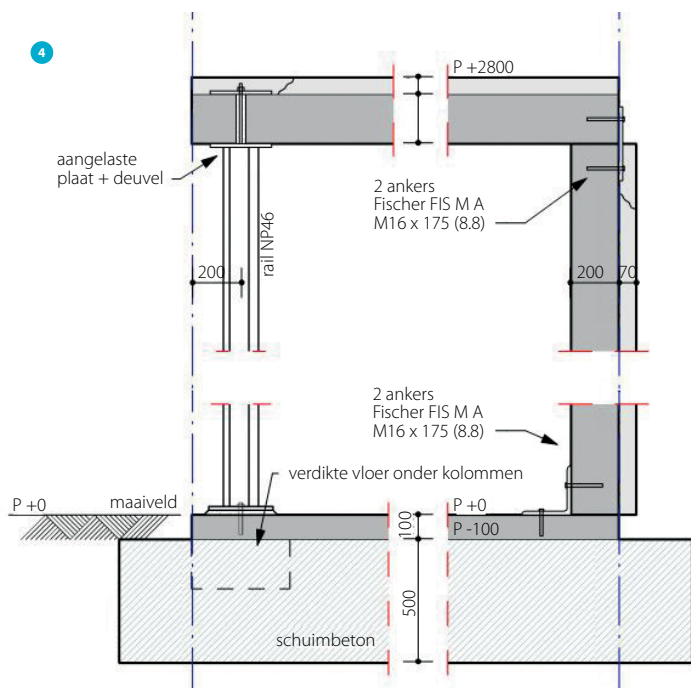
Constructeurs hebben nog weinig tot geen fingerspitzengevoel als het gaat over milieulast. Daarom is het een goede reden om bij de afweging van constructieve bouwsystemen de MPG-berekening in de keuzematrix op te nemen. De berekening is een belangrijke maatstaf voor duurzaamheid van een gebouw; hoe lager de MPG, des te duurzamer het materiaalgebruik. Uiteraard moeten naast de MPG-berekening ook de gebruikelijke bouwkosten, bouwhoogte en bouwtijd in de overwegingen worden meegenomen.

In de MPG is veel winst te behalen in de hoofddragconstructie. Die bepaalt immers circa 60% van de MPG-belasting van het gebouw. Vooral de invloed van de constructieve vloeren is substantieel, waarbij ook rekening moet worden gehouden met de benodigde vloerbalken en kolommen.

De invloed van de vloer op de draagconstructie en vice versa maakt het complex om op voorhand iets over de invloed van het bouwsysteem op de MPG te zeggen. Duidelijk is wel dat het donorskelet hier een belangrijke rol in kan spelen. Hiermee kan de milieulast tot maar liefst 75% worden gereduceerd [1].

Ontwerpproces vraagt andere mindset

Het gebruik van tweedehandsconstructies vraagt een ander ontwerp- en bouwproces. Toepassing ervan raakt niet alleen de constructeur, maar ook de opdrachtgever, architect en



Donorproces

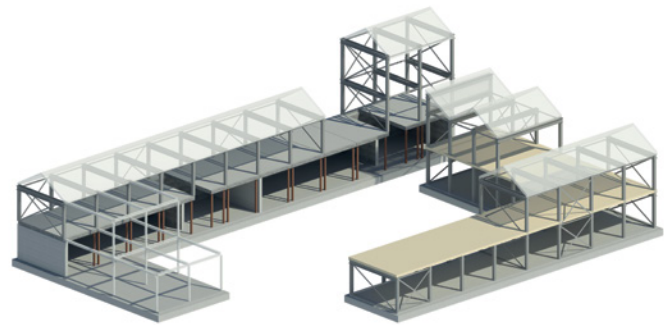
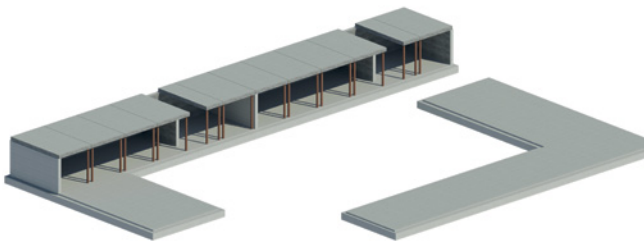
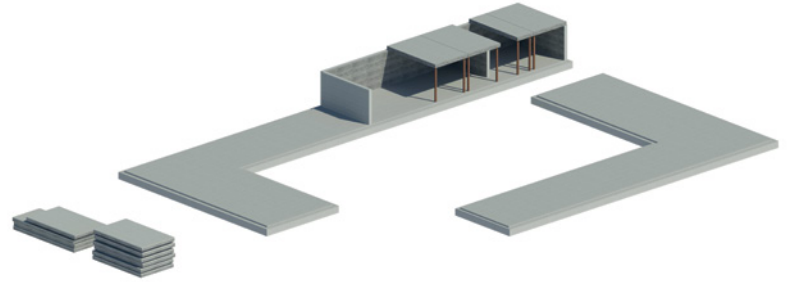
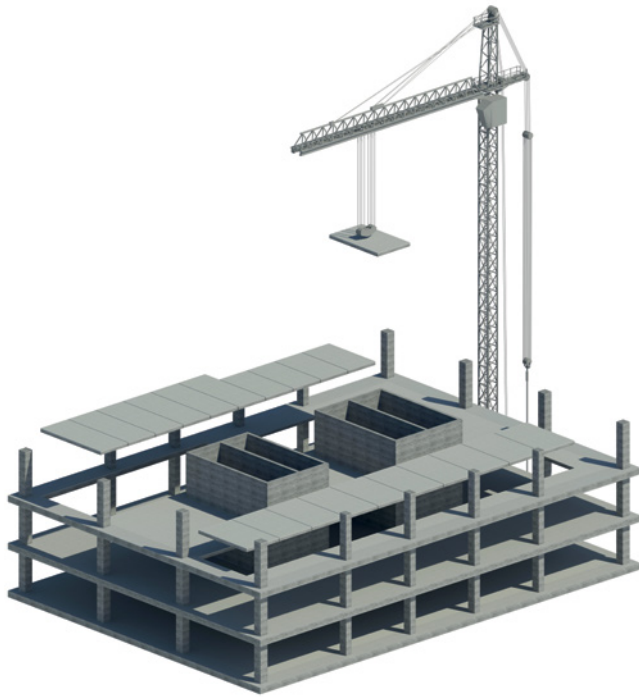
In het donorproces zijn in principe zes stappen te onderscheiden (fig. 5):

- 1 inventarisatie van het te slopen gebouw
- 2 kwaliteitscontrole van de onderdelen
- 3 demontage
- 4 (minimale) aanpassing voor nieuw gebruik
- 5 transport
- 6 uiteindelijke toepassing

(sloop)aannemer. Zodra alle betrokkenen het concept omarmen, kan het bouwen met tweedehands constructieve elementen pas echt van de grond komen. Dit wordt deels veroorzaakt door de versnipperde verantwoordelijkheden die er in het bouwproces zijn ingeslopen. Bij nieuwbouw zijn de verantwoordelijkheden vastgelegd en omljnd in de diverse normen en richtlijnen. Constructeurs zijn gewend een (integraal) constructief ontwerp te maken dat voldoet aan de vraagstelling, vastgelegd in het programma van eisen. Daarbij worden de constructieve randvoorwaarden bepaald zoals vloeroverspanningen, kolomafstanden en verdiepingshoogte. Als deze uitgangspunten vastliggen, is het een zeer grote uitdaging hiervoor een geschikte donor te vinden.

Voor het toepassen van een donorskelet, moet het ontwerp-proces worden aangepast. De constructieve randvoorwaarden worden bepaald door het donorskelet dat ingezet gaat worden en in mindere mate door het programma van eisen. Het analyseren van de aanwezige constructieve elementen levert de bouwstenen voor het nieuwe ontwerp. Creativiteit van de constructief ontwerper is hierbij onontbeerlijk. Niet alleen om te kunnen bepalen welke elementen uit een bestaande constructie kunnen worden gehaald, maar vooral hoe deze in het nieuwe ontwerp weer kunnen worden ingezet. Daarbij kan ook worden gedacht aan gewijzigde functies van elementen. Zo kunnen betonvloeren bijvoorbeeld worden ingezet als dragende wanden. Er is een scala aan mogelijkheden door gebruik te maken van de constructieve kennis en de mechanica, zonder uitgebreide berekeningen te hoeven maken.

Voor de inzet van tweedehands constructieve elementen moet er in het ontwerp ook meteen worden nagedacht over de verbindingen (fig. 4). Om de bouwkosten door arbeid te beperken en doordat het instorten van verbindingsmiddelen geen optie is, moeten met name droge verbindingen met op maat gemaakte koppelstukken worden toegepast. Daarmee past het concept in de traditie van Industrieel, Flexibel en



5

Demontabel bouwen. Sterker nog: het transformeert elementen die er aanvankelijk niet voor bedoeld waren, zoals in het werk gestort beton, tot te (de)monteren elementen. Deze worden op zo'n manier losgezaagd en vervolgens in een nieuw project weer aan elkaar verbonden, dat ze vervolgens daarna weer eenvoudig te demonteren zijn en dus daarna nógmaals gebruikt kunnen worden.

De kracht van eenvoud

Door het ontbreken van eenduidige rekenregels voor de inzet van tweedehands constructieve elementen, is het vooral noodzaak vertrouwen te creëren. De opdrachtgever moet het vertrouwen krijgen dat hij een degelijke constructie krijgt, die de functie voor het gebouw gedurende de gebruiksfase kan blijven waarborgen. Als constructief ontwerper moet je het vertrouwen hebben dat de elementen die je inzet, aan de eisen voldoen die daarvoor benodigd zijn. En voor het verkrijgen van een bouwvergunning is het van groot belang om het vertrouwen van de vergunningverlenende instanties te verkrijgen.

Naast een creatief ontwerp is een goede onderbouwing nodig om de constructieve veiligheid te kunnen aantonen. Dit vraagt bij het donorskelet om meer dan alleen het uitvoeren van complexe berekeningen. Misschien is het juist de kunst en noodzaak de berekeningen zo eenvoudig mogelijk te houden. Zo kan met duidelijke mechanische schema's de benodigde draagkracht van de in te zetten elementen worden aangetoond. En zo kunnen eenvoudige verbindingen tussen de elementen worden ontworpen. De berekeningen aangevuld met een robuustheidsanalyse, ofwel een tweede draagweg, helpen de constructieve veiligheid te onderbouwen. Zo kunnen de tweedehands constructieve elementen ook worden ingezet op basis van de risicoklasse die in NEN 6700 is opgenomen. Hoe lager het risico in de draagconstructie, hoe groter de kans van slagen.



6

Voorbeeld: Paviljoen Buitenplaats Brienoord

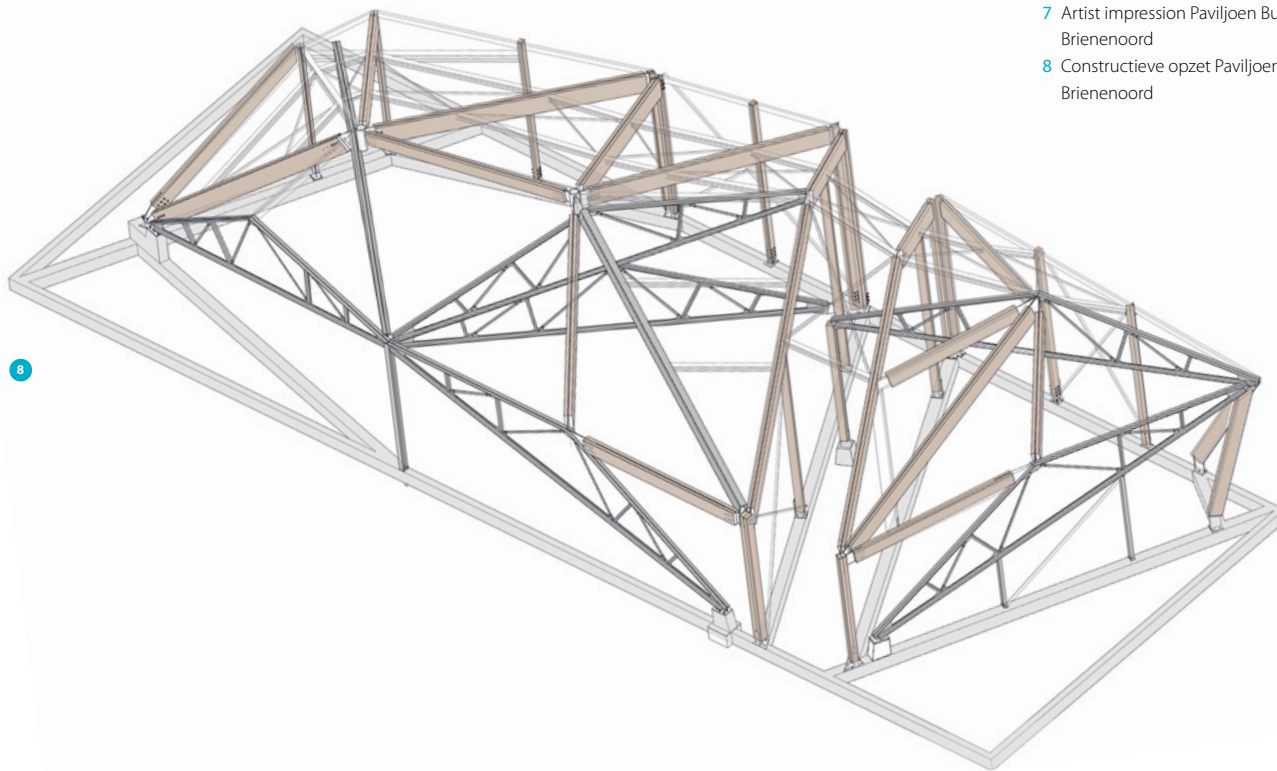
Het belang van een eenvoudige constructie-opzet en rekenonderbouwing is recent duidelijk geworden bij het nieuwe paviljoen op Buitenplaats Brienoord. Het nieuwe paviljoen is door Superuse Studios vormgegeven met behulp van construc-

tieve elementen uit een op de locatie aanwezige loods (foto 6). Het sprekende ontwerp (fig. 7) heeft geleid tot een redelijk complexe oplossing voor de constructie (fig. 8). Dit onder meer vanwege de samenwerking van de houten balken en stalen spanten door inklemmingen bij de verbindingen.

7



- 6 Bestaande loods is gebruikt voor Paviljoen Buitenplaats Brienoord
- 7 Artist impression Paviljoen Buitenplaats Brienoord
- 8 Constructieve opzet Paviljoen Buitenplaats Brienoord



Door deze oplossing was het moeilijk de constructieve veiligheid te onderbouwen met eenvoudige berekeningen. Aanpassingen in het constructief ontwerp in overleg met Superuse Studios heeft ertoe geleid dat dit wel mogelijk was. Door het herpositioneren van de spanten en de kolommen is de afdracht van de krachten op de constructie aanzienlijk vereenvoudigd. Dit, in combinatie met de eenvoudige rekentechnische onderbouwing, heeft ertoe geleid dat er uiteindelijk een vergunning is verkregen voor het paviljoen.

Donorskelet ruggengraat duurzame nieuwbouw

De kansen voor constructeurs om een bijdrage aan een duurzame samenleving te leveren, liggen in eerste instantie bij het ontwerpen van constructies met minimale milieulast en een lange levensduur. Door bij de hoofddragconstructie in het ontwerp van gebouwen rekening te houden met flexibiliteit en aanpasbaarheid in functies, kan de levensduur aanzienlijk worden verlengd. Daarmee ontstaat een betonskelet inzetbaar voor de toekomst, wat exact voldoet aan de definitie van duurzaamheid volgens de World Commission on Environment and Development van de Verenigde Naties in het rapport 'Our Common Future': "Duurzame ontwikkeling is de ontwikkeling die aansluit op de behoeften van het heden zonder het vermogen van de toekomstige generaties om in hun eigen behoeften te voorzien in gevaar te brengen" (WCED, 1987).

Een nog grotere uitdaging ligt er op korte termijn om het sloopafval in 2050 terug te brengen tot nul. Daarvoor moeten we met elkaar ervaring opdoen in het donorproces. Om dit te faciliteren, moeten hiervoor eerst rekenregels worden opgesteld

Voorbeelden

Op de website van IMd staan voorbeelden van het gebruik van tweedehandselementen, namelijk over het Hof van Cartesius in Utrecht en over hergebruik van het betonskelet van het KPN-gebouw voor SSH Studentenhuisvesting Utrecht.

om eenduidigheid te verschaffen. Samen met NEN zijn kwartiermakers hiervoor bezig een aanzet te geven. Juist betonnen tweedehandselementen zullen nog de nodige onderzoeken vergen. Want wat is de geschikte manier van demonteren, transporteren en daarna weer monteren? Afhankelijk van de elementen moet hiervoor een eenvoudige systematiek worden gevonden. Anders kunnen de kosten voor het inzetten van een betonnen donorskelet niet in de buurt komen van die van nieuwbouw en kunnen we de hoge stap van circulair bouwen bij beton onmogelijk bereiken. ☒

LITERATUUR

- 1 Alexandros Glias, The "Donor Skelet"- Designing with reused structural concrete elements (Masterscriptie), TU Delft (2013)