
Milieulast reduceren van constructies in gebouwen

De invloed van de constructeur



'In het land der blinden is eenoog koning.' Als het over duurzaam bouwen gaat is dit vandaag de dag misschien wel een passend gezegde. En dan met name als het gaat om de invloed van het materiaalgebruik op de milieulast. Eenooog slaat daarbij ook op de constructeur, die zijn pijlen nu vooral nog richt op mechanica en constructieve veiligheid.

Naast het reduceren van energiegebruik, wordt er in het ontwerp-proces van gebouwen eindelijk ook aandacht besteed aan de (hoeveelheid) toegepaste materialen.

Ook opdrachtgevers en architecten zijn zich bewuster geworden van het grote aandeel dat de constructie daarin speelt. Dit is te danken aan de invoering van een minimum-eis voor de MilieuPrestatie Gebouwen (MPG) in het Bouwbesluit 2012.

De noodzaak om in het ontwerp de milieulast te beperken, onder meer om aan het klimaatakkoord van Parijs 2015 te kunnen voldoen, wordt steeds sterker. Dat blijkt alleen al uit het feit dat op 1 juli 2021 een wijziging van het Bouwbesluit 2012 in werking treedt met een aanscherping van de MPG van 1,0 naar 0,8. Het streven is om de norm uiterlijk in 2030 te halveren naar 0,5. Om dit te kunnen halen, is invloed vanuit het constructief ontwerp noodzakelijk. Onomstotelijk staat vast dat de constructeur zich niet meer kan onttrekken aan de discussie over duurzaamheid.

Constructief ontwerp

Circa 60% van alle toegepaste materialen in gebouwen wordt gebruikt voor de constructie, waarbij de vloeren het grootste aandeel voor rekening nemen. Met deze wetenschap en het groeiende belang de milieulast van gebouwen te reduceren, moet de bewustwording hiervan wel gaan doordringen bij constructief ontwerpers. In het ontwerp zijn grote slagen te maken, omdat hierin de

auteurs



IR. PIM PETERS RO

Directeur / Raadgevend
ingenieur
IMd Raadgevende
Ingenieurs



**IR. MARIJN
LANDMAN**

Constructeur
IMd Raadgevende
Ingenieurs

keuzes en constructieve uitgangspunten voor het gebouw worden vastgesteld. De constructief (register)ontwerper moet zijn rol pakken aan tafel bij de opdrachtgevers, architecten, duurzaamheidsadviseurs en bouwers om voor het gebouw tot de optimale duurzame constructie te komen.

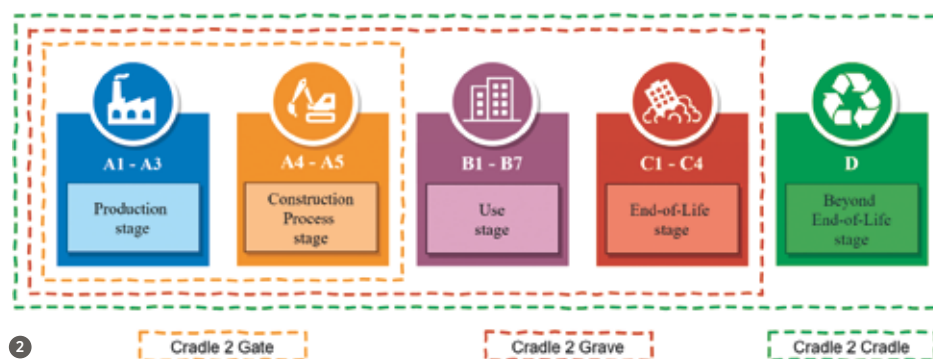
Ontwerpen op milieulast Door bij de constructieve varianten van het gebouw direct de MPG-berekening toe te voegen, kan met de onderbouwing van de milieulast, naast onder andere de bouwkosten, verdiepingshoogte en bouwtijd, het ontwerp ook inhoudelijk worden gestuurd op duurzaamheid. Hierbij is het van belang om de functionele eenheid van de constructieve elementen voor alle te beschouwen varianten van het gebouw gelijk te houden. Voor de elementen met een bouwkundige én constructieve functie moeten in andere varianten de bouwkundige equivalenten in de MPG-berekening worden meegenomen. Belangrijkste winst die bij deze onderbouwing kan worden behaald, is overduidelijk dat constructieve materialen worden toegepast daar waar deze het beste tot hun recht komen. Daar zijn in het verleden al diverse hybride constructies uit voortgekomen door te sturen op een lagere milieulast (foto 3).

Levensduurverlenging Om de milieulast door de toegepaste materialen te kunnen vergelijken met het benodigde energieverbruik per jaar, wordt de berekende milieulast met de MPG-berekening uitgedrukt →

NATIONALE MILIEUDATABASE EN MPG

De milieulast van (constructieve) producten is vastgelegd in productkaarten in de Nationale Milieudatabase (NMD) op basis van een levenscyclusanalyse (LCA), waarin alle milieueffecten in rekening worden gebracht vanaf de winning van grondstoffen tot aan het einde levensduur (fases A1-A5, B1-B7 en C1-C4 in een LCA-berekening) (fig. 2).

Die milieulast is bepalend bij het vaststellen van de MPG, de MilieuPrestatie Gebouwen. In de Bepalingsmethode 'Milieuprestatie Gebouwen en GWW' zijn geharmoniseerde rekenregels opgesteld die in acht moeten worden genomen bij het opstellen van een MPG-berekening. Op 1 oktober 2020 is er een wijzigingsblad gepubliceerd dat ingaat op het in zijn geheel hergebruiken van een product. Tot op heden is deze wijziging nog niet geïmplementeerd in de productkaarten in de NMD. Momenteel is de Bepalingsmethode van januari 2019 tezamen met het wijzigingsblad van juli 2019 van kracht om te voldoen aan de Regeling Bouwbesluit 2012 voor de milieuprestatie. Volgens deze regeling kan men producten die in zijn geheel worden hergebruikt zonder milieulast in een MPG-berekening opnemen.



in de schaduwkosten, verdeeld over het bruto vloeroppervlak en de levensduur van het gebouw. Hierbij wordt gebruikgemaakt van een defaultwaarde van 50 jaar voor kantoren en 75 jaar voor woningen. Afwijken van deze defaultwaarde is mogelijk door aan te tonen dat het (constructief) ontwerp adaptief is en bijvoorbeeld verschillende functies in de gebruiksfase kan faciliteren. De verwachte levensduur van het gebouw wordt daarmee opgerekt, waardoor de schaduwkosten per jaar lager uitvallen. Levensduurverlenging is ook te realiseren door gebouwen te ontwerpen die remontabel zijn. Na de functionele levensduur kan het uit elkaar worden gehaald en elders weer worden ingezet. Dit kan op de schaal van het gehele

gebouw of van de losse constructieve elementen. Goede documentatie door middel van bijvoorbeeld een constructiepaspoort naast het materialenpaspoort is daarbij een belangrijk aandachtspunt.

Donorskelet In 2013 lanceerde IMd Raadgevende Ingenieurs het onderzoek naar het toepassen van een donorskelet bij nieuwbouw. Hergebruik door de toepassing van een donorskelet bleek een enorme invloed te hebben op de reductie van de milieulast: er wordt downcycling van primaire grondstoffen mee voorkomen. Een goede integratie in het ontwerp kan zelfs leiden tot een meerwaarde in de beleving van het gebouw. Niet de minste resultaten van het onder-

Door bij varianten direct de MPG-berekening toe te voegen kan de constructief (register)-ontwerper in het ontwerp sturen op duurzaamheid



zoek, naast het feit dat een donorskelet aansluit op de transitie naar een circulaire economie.

De stap van onderzoek naar werkelijkheid is gelukt door in het ontwerp te pleiten voor de toepassing van een donorskelet en te onderbouwen dat het gebruik van al toegepaste constructieve elementen wel dege-lijk tot de mogelijkheid behoort (foto 4). Alle ontwerppartners hiervan overtuigen is een belangrijke taak voor de constructief ontwerper. Het vertrouwen creëren dat het constructief verantwoord kan, staat daarbij voorop. Maar bovenal het oppakken van de uitdagingen samen met de bouwpartners.

Uitwerking constructief ontwerp

Op de schouders van de (register)con-structeur rust de uitwerking van het ontwerp dat door de constructief ontwerper samen met de opdrachtgever en het ontwerpteam is vormgegeven. De werkzaamheden van de constructeur bestaan niet alleen uit sommen maken om de constructieve veiligheid te onderbouwen, maar ook uit het aanschouwen van het ontwerp met een kritische blik. Waar zijn er nog optimalisaties mogelijk? Kan er nog aan knoppen worden gedraaid zodat het ontwerp een lagere milieulast tot gevolg heeft? Oftewel: kunnen er nog ontwerppuntjes worden aangescherpt, aangevuld of verbreed? Een kritische en duurzame constructeur neemt bij de start van en gedurende zijn werkzaamheden de

mogelijke opties met de constructief ontwerper door, waardoor de grenzen van het speelveld duidelijk worden en deze kunnen worden gecommuniceerd aan de opdrachtgever en het uitvoeringsteam.

Bewaken ontwerppuntjes De grootste verantwoordelijkheid van de constructeur ligt bij het bewaken van de ontwerppuntjes op het gebied van de constructieve veiligheid én het milieu. Voor het vastleggen van deze uitgangspunten heeft de constructeur beschikking over diverse stukken: de rapportages, tekeningen en het bestek.

In 2017 ondertekende de gemeente Tilburg samen met het Netwerk Betonketen het convenant 'Beton in de circulaire economie' waardoor er een extra motivatie was vanuit de opdrachtgever om de renovatie van Stadskantoor 1 zo duurzaam mogelijk aan te pakken (foto 5). Dit project was voor Imd Raadgevende Ingenieurs het eerste project waarbij er, in samenwerking met het Netwerk Betonketen, werd onderzocht op welke manier een onafhankelijk ingenieursbureau in het bestek iets kan specificeren over de MKI-waarden van constructieve elementen. Er is destijds voor de in het werk gestorte delen en de kanaalplaatvloeren aangegeven dat de aannemer de MKI-waarde per m³ beton en m² vloer moest verstrekken. Dit had mede als doel inzicht te krijgen in een branchegemiddelde MKI, zodat →

*Levensduur-
verlenging is
te realiseren
door gebouwen
adaptief of
remontabel te
ontwerpen*



De grootste verantwoordelijkheid van de (register)-constructeur ligt bij het bewaken van de ontwerpuitgangspunten op het gebied van de constructieve veiligheid én het milieu



IMd Raadgevende Ingenieurs en het Netwerk Betonketen bij toekomstige projecten gericht konden adviseren over het opnemen van een plafondwaarde in het bestek.

Minimaliseren materiaalgebruik Het minimaliseren van het materiaal in het constructief ontwerp is een handeling die de constructeur voornamelijk vanuit een economisch oogpunt uitvoert. Naast de financiële gevolgen van het overdimensioneren van de constructie, is er ook een directe invloed op de grootte van de milieulast van het project. Het inzicht van de constructeur op deze invloed is nog onvoldoende aanwezig en moet worden vergroot door het opbouwen van kennis en het sleutelen aan de dimensies en materiaalkeuzes van constructieve elementen op basis van een MPG-berekening.

De BunkerToren in Eindhoven (foto 1) is een voorbeeld van een project waarbij er, ondanks de grote overspanningen van 9,00 m, voor is gepleit om een dunnere, in het werk gestorte verdiepingsvloer van 280 mm toe te passen. Een keuze die niet direct voor de hand lag, maar waar wel minimaal 510 m³ beton mee is bespaard (ongeveer 7% van het totale volume aan verdiepingsvloeren). Deze keuze heeft er mede toe geleid dat er een extra verdieping mogelijk werd binnen het bestemmingsplan.

Gebruik duurzame (beton)materialen Een andere manier waarop de constructeur invloed kan uitoefenen op een duurzaam ontwerp is nagaan voor welke constructieve elementen er (innovatieve) alternatieven beschikbaar zijn. Helaas is bij de toepassing van deze alternatieven de strenge normering →

Het inzicht van de constructeur op de invloed van het materiaal op het milieu is nog onvoldoende en moet worden vergroot

vaak doorslaggevend, waardoor de toepassing uiteindelijk wordt gestaakt.

In 2016 heeft Imd Raadgevende Ingenieurs deze normering omzeild door bij het ontwerp van het Food Forum in Almere de beganegrondvloer als niet-constructief te beschouwen (foto 6). De veiligheidsrisico's voor dit onderdeel gingen daarmee naar een laag niveau waardoor er 100% gerecycled beton kon worden toegepast. In de afwerkingsvloer op de eerste verdieping is olifantsgras gebruikt als alternatieve wapening.

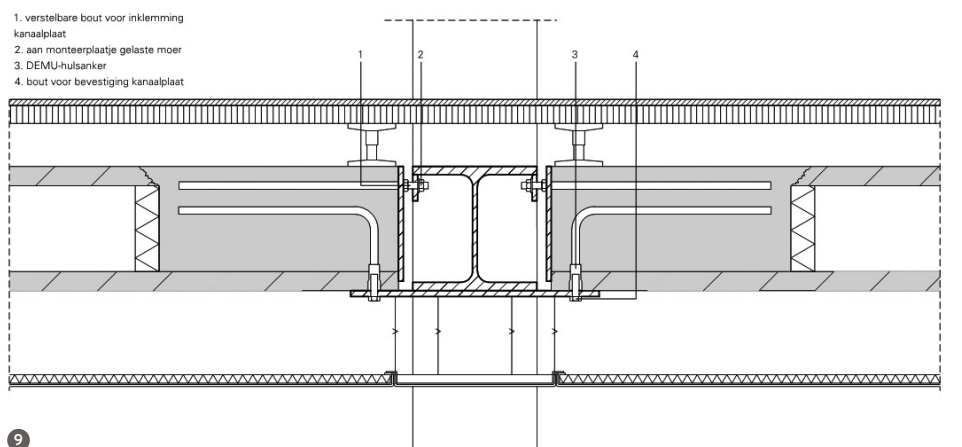
Afstemmen impact betonmengsel op de uitvoeringsmethodiek Van alle materialen in de bouw is er op het gebied van de betontechnologie nog veel mogelijk om tot een lagere milieulast te komen. De 28 handelingsperspectieven uit de Road Map CO₂ van het Betonakkoord onderstrepen dit. Voor de constructeur komt het erop neer dat er meer kennis nodig is van de betontechnologie om het gesprek aan te gaan met de aannemer en beton-/cementproducent, zodat men samen tot een werkbare en duurzame uitwerking van het ontwerp kan komen. Het draait hierbij voornamelijk om de sleutelwoorden cementshoeveelheid, uithardingstijd en hergebruik. Om de hoeveelheid cement in het betonmengsel te verminderen, kan er in de uitvoering bijvoorbeeld voor worden gekozen de betonnen elementen langer in de bekisting te laten zitten.

Voor het project Valkenburgerstraat (foto 7) is Imd Raadgevende Ingenieurs in 2016 een samenwerking aangegaan met Albeton om te onderzoeken wat de invloed van de samenstelling van betonmengsels en verschillende uithardingstijden is op de milieulast. In de uitvoering is er met de aannemer voor gekozen om de fundering langer te laten uitharden in de bekisting waardoor er een lager cementgehalte in het beton kon worden toegepast.

Losmaakbaarheid waarborgen bij remontabel ontwerp Vanuit het gedachtegoed van de circulaire economie is na het reduceren van het materiaalgebruik, het circulair omgaan met de onderdelen waaruit het ontwerp bestaat, de volgende stap. Voor de constructeur ligt hier een uitdaging om de traditionele details van verbindingen remontabel te ontwerpen, waardoor de losmaakbaarheid van de constructie wordt gewaarborgd. De constructeur hoeft dit niet in zijn eentje op te lossen, maar kan juist gebruikmaken van overleg met leveranciers om zo tot de nodige ontwikkelingen te komen.

De Tijdelijke Rechtbank in Amsterdam is volgens dit ideaal ontworpen. Het ontwerp met boutverbindingen in de staalconstructie en kanaalplaatvloeren zonder druklaag vroeg om een innovatieve vloerliggerverbinding. In samenwerking met VBI





is een momentvaste verbinding ontworpen door aan de bovenzijde een drukpunt te vormen en aan de onderzijde een trekverbinding met behulp van gebogen ankers in de kanaalplaten. Aan de bovenflenzen van de liggers zijn kleinere plaatjes gelast die zijn voorzien van schroefdraad en een verstelbare bout. Deze bout werd in het werk uitgedraaid tot tegen de stalen plaat aan de kopzijde van de sleuf zodat de drukkrachten konden worden doorgevoerd. De gebogen ankers (met schroefdraad) onderin de kopsleuven zijn door-en-door verbonden met de onderflens van de ligger waarmee de trekkrachten opgenomen konden worden (foto 8, fig. 9). Binnenkort wordt dit gebouw gedemonteerd en ergens anders opnieuw opgebouwd, dit zal een schat aan informatie opleveren waarmee het innovatieve detail verder kan worden ontwikkeld.

Milieulastexperts

Door in het ontwerp en de uitwerking van de constructie aan de juiste knoppen te draaien, kunnen constructeurs een belangrijke bijdrage leveren aan het thema milieu. Hoewel we als constructeurs nog niet echt het fingerspitzengefühl hebben ontwikkeld, is deze bijdrage wel goed te onderbouwen met de MPG-berekening. We zullen deze rekenmethodiek, naast de mechanica, bij ons dagelijks werk moeten gaan meenemen. Alleen op die manier kunnen we ons de expertise over milieulast door constructiematerialen echt toe-eigenen en als milieulastexperts aan tafel tot dé optimale duurzame constructie in het gebouw komen. ●

VERANTWOORDELIJKHEDEN

De constructief (register)ontwerper en de (register)constructeur hebben verschillende verantwoordelijkheden als het gaat om de milieulast van de constructie in gebouwen te reduceren.

Constructief ontwerper

- *Ontwerpen op milieulast*

Door in de variantenstudie gebruik te maken van een MPG-berekening kan er, naast onder andere de bouwmethode, -kosten en -tijd, worden gestuurd op de milieulast van het ontwerp.

- *Sturen op levensduurverlenging*

Een adaptief en remontabel ontwerp van een gebouw levert een langere levensduur en daardoor een lagere milieulast op.

- *Creatief omgaan met bestaande constructies*

In het voorstadium van het ontwerp de mogelijkheden onderzoeken voor het toepassen van een donorskelet.

- *Verzorgen van vertrouwen bij (bouw)teampartners*

De constructieve veiligheid staat in het ontwerp voorop. Het is aan de RO om deze veiligheid in de duurzame alternatieven van het gebouw te bewaken.

Constructeur

- *Bewaken ontwerpuitgangspunten*

Naast het bewaken van de constructieve veiligheid, speelt ook het aanscherpen van de uitgangspunten op het gebied van milieu een rol.

- *Minimaliseren materiaalgebruik*

Optimalisaties in de hoeveelheid materiaal leiden direct tot een lagere milieulast.

- *Gebruik duurzame (beton)materialen*

Voor de constructeur ligt er een kans om innovaties op te schalen door het toepassen van duurzame (beton)materialen in (pilot)projecten.

- *Afstemmen impact betonmengsel op uitvoering*

Niet alleen voor de scheurwijdtebeheersing is het van belang dat de constructeur weet wat voor mengsel de aannemer gaat toepassen, de samenstelling heeft vanwege het cementgehalte een grote invloed op de milieulast.

- *Losmaakbaarheid waarborgen bij remontabel ontwerp*

De detaillering van de verbindingen moet goed worden afgestemd en gecommuniceerd met de bouw(team)partners.