

**De rol van constructeurs in de aanpak van de klimaatcrisis  
Een stappenplan voor duurzame constructies**

Terwel, K.C.; Crielaard, R.

**Publication date**

2023

**Document Version**

Final published version

**Published in**

Cement: vakblad voor de betonwereld

**Citation (APA)**

Terwel, K. C., & Crielaard, R. (2023). De rol van constructeurs in de aanpak van de klimaatcrisis: Een stappenplan voor duurzame constructies. *Cement: vakblad voor de betonwereld*, 2023(1), 20-29. <https://www.cementonline.nl/rol-van-constructeurs-in-aanpak-klimaatcrisis>

**Important note**

To cite this publication, please use the final published version (if applicable). Please check the document version above.

**Copyright**

Other than for strictly personal use, it is not permitted to download, forward or distribute the text or part of it, without the consent of the author(s) and/or copyright holder(s), unless the work is under an open content license such as Creative Commons.

**Takedown policy**

Please contact us and provide details if you believe this document breaches copyrights. We will remove access to the work immediately and investigate your claim.



# De rol van constructeurs in de aanpak van de klimaatcrisis

Een stappenplan voor duurzame constructies

*MKI, MPG, BENG, CO<sub>2</sub>-neutraal, LCA, EPD, cascadering, circulair bouwen, donorskelet. De duurzaamheidsdiscussie is de laatste jaren opgelaaid en heeft geleid tot nieuwe termen, afkortingen en in gespecialiseerde duurzaamheidsconsultants met eigen jargon. Door de grote hoeveelheid en soms tegenstrijdige informatie, zie je door de bomen het bos niet meer. Wat is duurzaam construeren eigenlijk? Vraag het drie constructeurs en je krijgt vier verschillende antwoorden. Om de studenten van TU Delft hier meer houvast in te geven is op basis van inzichten uit de literatuur en praktijkervaring een stappenplan opgezet.*

### **De CO<sub>2</sub>-uitstoot van de mens heeft de afgelopen 100 jaar tot een opwarming van de aarde geleid.**

Dit resulteert steeds vaker in overstromingen, periodes van droogte, stormen en branden, met catastrofale gevolgen van dien. We naderen in rap tempo het kantelpunt waarna de effecten van de opwarming extreme vormen aannemen. Het is overduidelijk dat er gedragsverandering nodig is, om de uitstoot te beperken, zo bevestigt ook IPCC [1].

De bouw heeft een belangrijk aandeel in het bereiken van de nationale en internationale doelstellingen voor het beperken van de emissie van CO<sub>2</sub> en andere broeikasgassen<sup>1</sup>. Het bouwen (11%) en gebruiken (28%) van gebouwen zorgt namelijk voor ongeveer 40% van de wereldwijde uitstoot van CO<sub>2</sub> [2]. In het gebruik van gebouwen is een flinke reductie in uitstoot gerealiseerd. Het aandeel in de uitstoot ten gevolge van de bouw zelf is daarmee als aandeel gegroeid tot ongeveer een kwart [3] tot de helft [4] van de uitstoot. Het aandeel van de constructie in de uitstoot ten gevolge van de bouw is ongeveer de helft tot twee derde [5]. Deze impact zal alleen maar toenemen door een verwachte verdere reductie van de uitstoot tijdens gebruik, bijvoorbeeld door passieve gebouwconcepten maar ook door de decarbonisering van onze energievoorziening. Het is daarom de hoogste tijd dat constructeurs zich veel bewuster worden van de rol die zij

auteurs



**DR. IR. KAREL TERWEL**

TU Delft /  
IMd Raadgevende  
Ingenieurs



**IR. ROY CRIELGAARD**

TU Delft / Arup

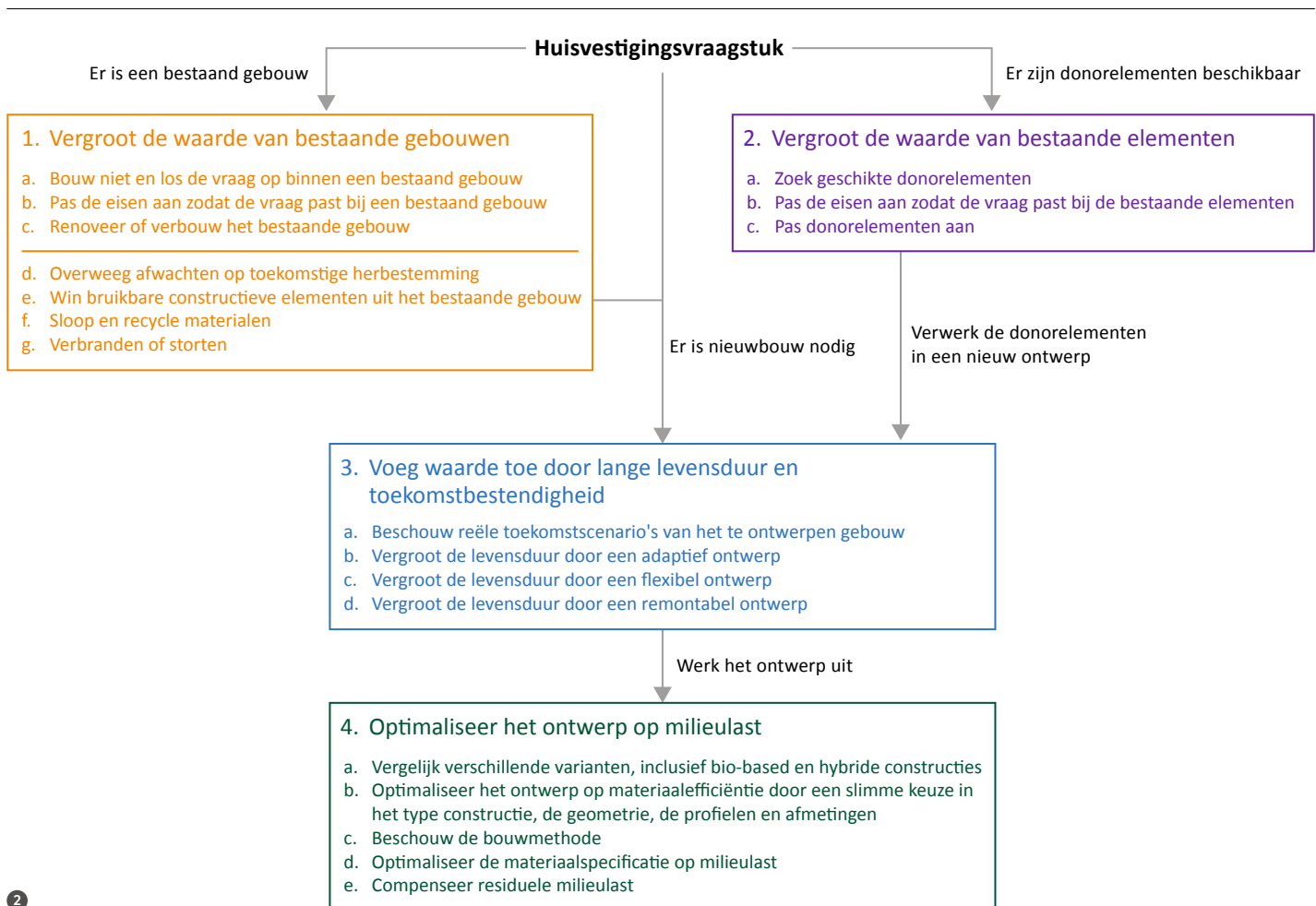
<sup>1)</sup> In dit artikel wordt verder de term 'CO<sub>2</sub>' gebruikt voor alle broeikasgassen, waarmee in feite wordt bedoeld op CO<sub>2</sub>-equivalent (CO<sub>2</sub>e).

spelen in het verlagen van de milieu-impact van gebouwen en het leveren van een bijdrage in het voorkomen van een klimaatcrisis. Dus: wat kunnen we doen?

### **Eisen MPG**

Om ook de uitstoot bij de totstandkoming van het gebouw te reduceren, zijn er in Nederland eisen gesteld aan de Milieu Prestatie van Gebouwen en GWW-werken (MPG). Deze MPG geeft aan wat de milieubelasting is van de toegepaste materialen in een gebouw. Hoe lager de MPG, hoe duurzamer het materiaalgebruik. Bij elke aanvraag van een omgevingsvergunning moet worden aangetoond dat de MPG voldoet aan een vastgestelde eis. Voor kantoren en woningen was deze eis aanvankelijk 1,0. Voor woningen is deze eis in 2021 aangescherpt naar 0,8. Deze eisen zijn op dit moment nog niet heel belemmerend. In 2025 of 2030 zullen ze verder worden aangescherpt naar 0,5. De verwachting is dat dan niet meer elke bouwwijze kan worden toegepast.

De rekenwijze voor de MPG staat momenteel ter discussie. Daarbij gaat het er bijvoorbeeld om in welke mate CO<sub>2</sub>-opslag in hout moet worden meegenomen en of het uitsmeren van uitstoot over de levensduur wel een goede aanpak is. Daarnaast gaan er steeds meer stemmen op om de eisen nog verder aan te scherpen en om te werken met CO<sub>2</sub>-budgetten die zijn afgeleid van de wereldwijde doelen voor reductie. →



2

### Impact constructeur

Ongeacht de rekenmethode en de doelen moeten constructeurs actie ondernemen. Zij kunnen ervoor kiezen bijvoorbeeld niet op vliegvakantie te gaan naar New York vanaf Schiphol (en ongeveer 1,5 ton CO<sub>2</sub> te besparen op een retourvlucht) of om vlees, zuivel en bier uit het dieet te schrappen (en ongeveer 2 ton CO<sub>2</sub> te besparen op jaarbasis). Maar verreweg de grootste impact heeft de constructeur door duurzame keuzes te maken in het ontwerp. Uiteraard is dit afhankelijk van de schaal en de type projecten, maar de impact van ons werk is, na een simpele rekensom, één à drie ordes groter dan wat wij met bovenstaande privémaatregelen kunnen bewerkstelligen. Voorbeelden laten zien dat een besparing van tientallen tot wel honderden tonnen CO<sub>2</sub> binnen handbereik is op een breed scala van projecten [6]; voor grootschalige projec-

ten is een nog grotere besparing mogelijk. Maar dan moet een constructeur wel weten welke keuzes echt duurzaam zijn voor welk project.

### Stappenplan

In Nederland zijn diverse publicaties verschenen die een overzicht geven van mogelijkheden om circulair te bouwen dan wel duurzaam te construeren (10R-model, 5 principes duurzaam construeren, CB'23 etc.). In het Verenigd Koninkrijk, vanuit The Institution of Structural Engineers [7], is een eerste opzet gemaakt van een overzicht van de diverse keuzemogelijkheden die er zijn. Op basis hiervan en met de eigen ervaring, hebben de auteurs de verschillende modellen en strategieën samengevoegd in een hanteerbaar stappenplan. In dit stappenplan worden vier kernstrategieën benoemd (fig. 2):

# Het is de hoogste tijd dat constructeurs zich bewuster worden van de rol die zij spelen in het verlagen van de milieupact van gebouwen

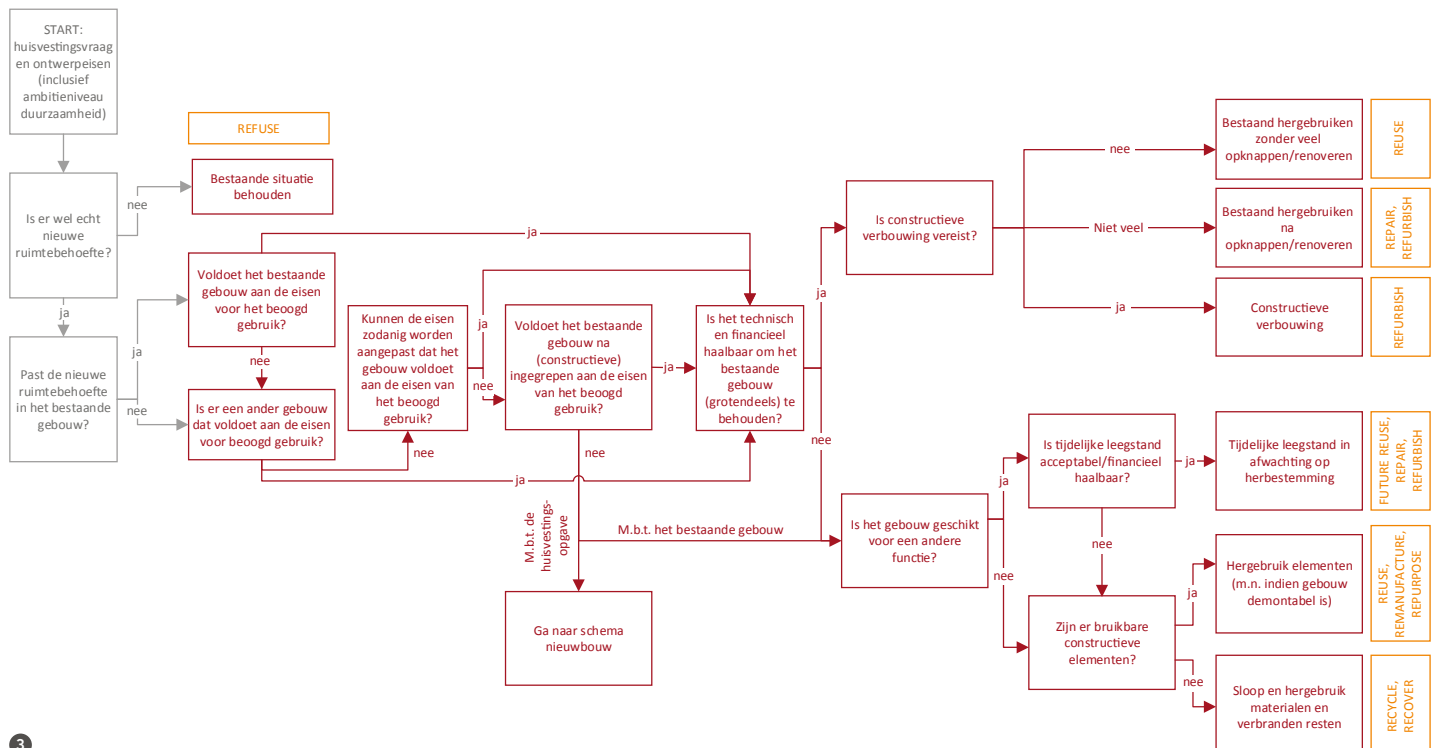
- 1 Vergroten van de waarde van bestaande gebouwen
  - 2 Vergroten van de waarde van bestaande constructie-elementen
  - 3 Vergroten van de waarde door lange levensduur en toekomstbestendigheid
  - 4 Optimaliseren van het ontwerp op milieulast
- Elk van deze strategieën heeft een plaats gekregen in een stappenplan.

## Stap 1: Vergroot de waarde van bestaande gebouwen (fig. 3)

Helaas, maar waar: de meest duurzame constructie is de niet-gebouwde constructie. Wanneer er een huisvestingsvraag komt, moet men zich eerst afvragen of het echt wel nodig is, of dat wellicht het anders invullen van bestaande huisvesting het (ver-)bouwen kan voorkomen. Voor de bouwsector misschien geen gewenste boodschap, maar gezien de enorme bouwambitie die er is, kan vermindering in de nieuwbouwvraag geen kwaad. Het moet de verantwoordelijkheid van de constructeur en het ontwerpteam worden dat de achterliggende doelen van een huisvestingsvraag worden behaald.

Daarbij is het niet zo zeer van belang dat er wordt gebouwd of verbouwd. Constructeurs zijn dan veel meer adviseurs die uitdagen en adviseren om duurzame keuzes te maken, dan alleen rekenaars.

Wanneer blijkt dat er wel behoefte aan nieuwe huisvesting is, moet worden nagegaan of het eventuele bestaande gebouw geschikt kan worden gemaakt. Wanneer dit redelijkerwijs niet het geval is, moet worden bepaald of er een ander bestaand gebouw is dat in deze behoefte kan voorzien. Hiervoor moet, vaak op basis van archiefstukken en op basis van NEN 8700, worden bepaald of die constructie voldoet aan de nieuwe eisen. Wanneer de constructieve haalbaarheid van het oorspronkelijke bestaande gebouw of een alternatief bestaand gebouw niet voldoende is, moet worden gekeken of eisen kunnen worden bijgesteld. Hier ligt een verantwoordelijkheid voor de constructeur in het kritisch ondervragen van de opdrachtgever en het beschouwen van de daadwerkelijk behoefte. Kunnen er bijvoorbeeld lagere vloerbelastingen worden geaccepteerd? Kan hiermee een ingrijpende versterking worden voorkomen? →





4

## UPDATE

De verwachting is dat komende jaren het stappenplan kan worden geüpdate met de nieuwe inzichten die zullen ontstaan. Studenten en ervaringsdeskundigen worden uitgenodigd om aanvullingen of commentaar te delen met de auteurs (k.c.terwel@tudelft.nl en roy.crielaard@arup.com).

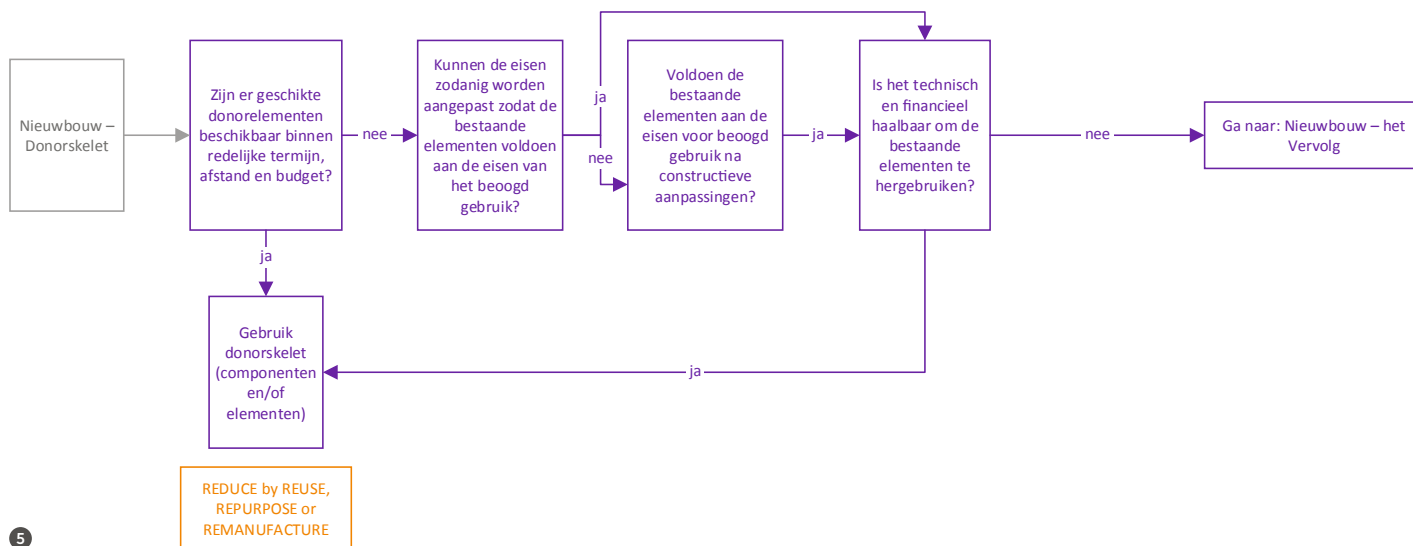
Wanneer de eisen niet verder kunnen worden bijgesteld, moet worden nagegaan of het mogelijk is om het bouwwerk aan te passen of te versterken. Naast de technische haalbaarheid is het evident dat de financiële haalbaarheid moet worden getoetst, waarbij wordt bepaald of herbestemming van het bestaande pand een goede business case oplevert.

Wanneer er geen sluitende business case is voor herbestemming van het bestaande pand, moet worden nagegaan of tijdelijke leegstand acceptabel is met de verwachting van toekomstig gebruik. Wanneer dit ook niet realistisch is, dan rest verantwoorde sloop/demontage. Hierbij moeten zoveel mogelijk elementen worden hergebruikt. Het overige materiaal kan dienen als grondstof voor nieuwe producten, of in het slechtste geval worden verbrand om energie op te wekken.

## Stap 2: Vergroot de waarde van bestaande constructie-elementen (fig. 5)

Als nieuwbouw toch noodzakelijk blijkt, is het goed om eerst na te gaan of er bestaande donorelementen uit een andere constructie beschikbaar zijn, die geschikt zijn voor toepassing in de nieuwe constructie.

Het is van belang dat deze elementen tijdig beschikbaar zijn. Daarnaast moeten ze voldoen aan de eisen. Hiervoor is een nadere constructieve beoordeling nodig en vaak ook materiaaltesten. Daarnaast moet de prijs voor het donormateriaal acceptabel zijn. Vaak zijn er nog diverse, soms kostbare, aanpassingen nodig en moet worden bepaald of na deze aanpassingen er een sluitende business case overblijft. Het is raadzaam om de beschikbare afmetingen en capaciteit van de elementen uit een donorskelet leidend te laten zijn in het ontwerp, omdat er anders te veel aan-



*Een stappenplan met vier kernstrategieën geeft inzicht in de verschillende mogelijkheden voor duurzaam construeren*

passingen en versterkingen nodig zijn, met hoge kosten tot gevolg. In de praktijk kan het voorkomen dat de optie van een donorskelet pas later in het proces wordt beschouwd, vanwege het later beschikbaar komen ervan.

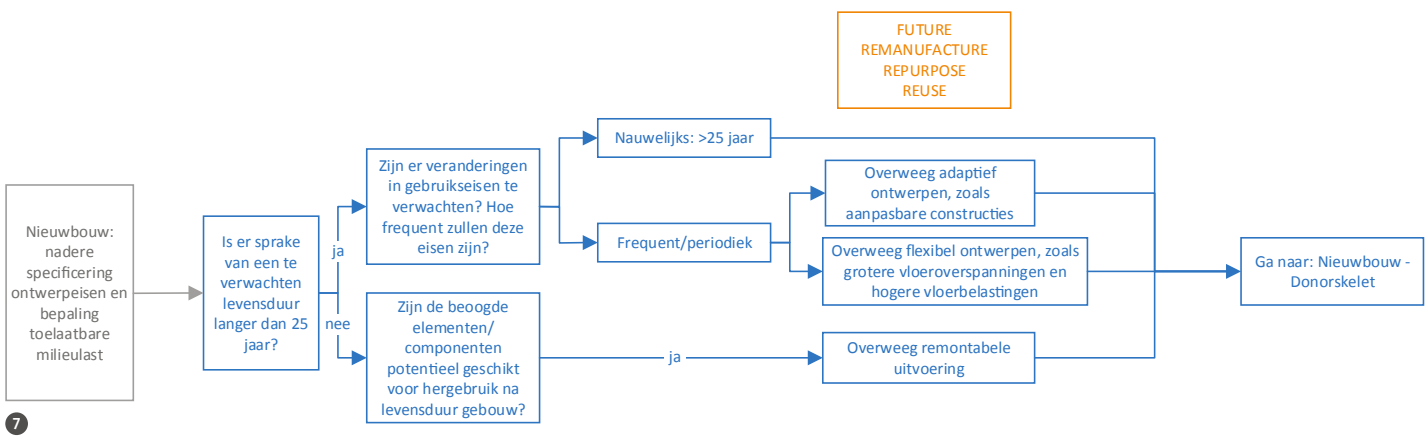
### Stap 3: Voeg waarde toe door lange levensduur en toekomstbestendigheid (fig. 7)

Als wordt besloten tot nieuwbouw, is het eerst van belang de toelaatbare milieulast scherp te stellen. De huidige MPG-eisen dragen bij-

voorbeeld te weinig bij aan het behalen van de milieudoelen. Een ontwerpteam zal, samen met de opdrachtgever, moeten besluiten een hogere ambitie te hanteren. De laatste tijd wordt dit ook steeds vaker geëist door financiers of vanuit de gemeente bij een tender. Een reële waarde voor de uitstoot van nieuwe constructies die op korte termijn ontworpen worden, is  $< 200 \text{ kgCO}_{2e}/\text{m}^2$  [8].

Vervolgens moet binnen die doelstelling van de milieulast een toekomstbestendig gebouw met een lange levensduur worden →





7

*Als wordt besloten tot nieuwbouw, is het eerst van belang de toelaatbare milieulast scherp te stellen*

ontworpen. Bij deze strategie gaat het om het inzicht dat op de dag van oplevering een gebouw niet af is. Op dat moment begint het 'leven' van het gebouw pas, met alle wijzigingen die zich zullen voordoen gedurende de levensduur. Een uitgangspunt om met deze toekomstige wijziging om te gaan is om de verschillende 'lagen' in het gebouw (gevel, draagconstructie, installaties, etc.) zo veel mogelijk los van elkaar te houden [9] (fig. 8).

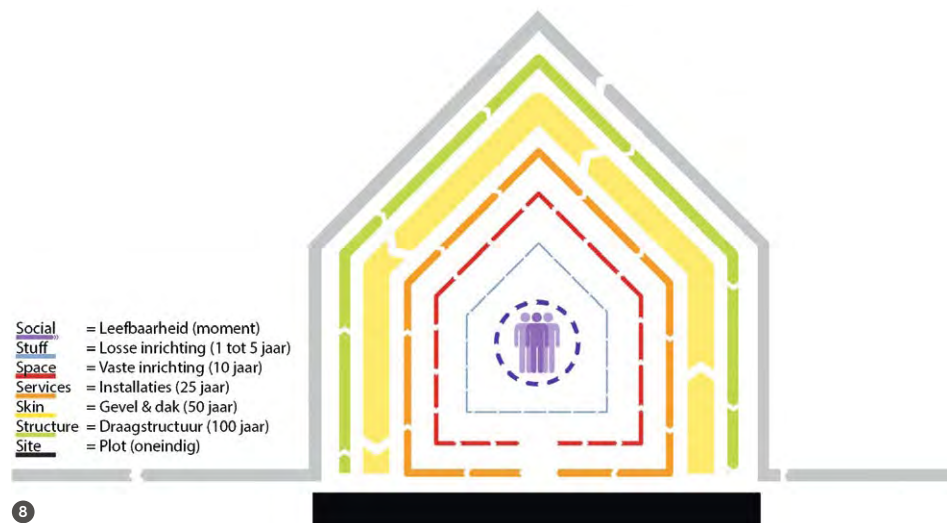
Om deze stap succesvol te doorlopen moet worden bepaald wat de beoogde levensduur is van de nieuwe constructie in relatie tot mogelijke toekomstscenario's. Wanneer de beoogde levensduur van de constructie (veel) minder is dan 25 jaar, dan is het te overwegen een remontabele constructie toe te passen, wanneer de constructieve elementen redelijkerwijs geschikt zijn voor hergebruik. Deze strategie wordt steeds interessanter wanneer

materialen schaarser en duurder worden.

Wanneer de beoogde levensduur langer is dan 25 jaar, is het van belang om te bepalen of er veel veranderingen in gebruik en bijbehorende eisen worden verwacht.

Wanneer er vrijwel geen veranderingen zijn te verwachten, dan moet een degelijk gebouw worden ontworpen dat goed is beschermd tegen aantastingsmechanismen, zodat het daadwerkelijk lang mee kan gaan.

Wanneer er frequent de nodige veranderingen zijn te verwachten, kan het verstandig zijn om een constructie te ontwerpen die eenvoudige aanpassingen van gebruik mogelijk maakt. Bijvoorbeeld door een bepaalde modulaire maat te hanteren, waarbinnen aanpassingen van bijvoorbeeld installaties en scheidingswanden mogelijk zijn. Daarnaast kan worden overwogen om te ontwerpen met een hogere vloerbelasting, met grote



8





kolomvrije ruimtes, of hoge verdiepingen, zodat er flexibiliteit ontstaat voor toekomstige invulling. Dit kan bijvoorbeeld succesvol worden toegepast als vaak wijzigingen plaatsvinden of die wijzigingen elkaar snel opvolgen.

#### Stap 4: Optimaliseer het ontwerp op milieulast (fig. 10)

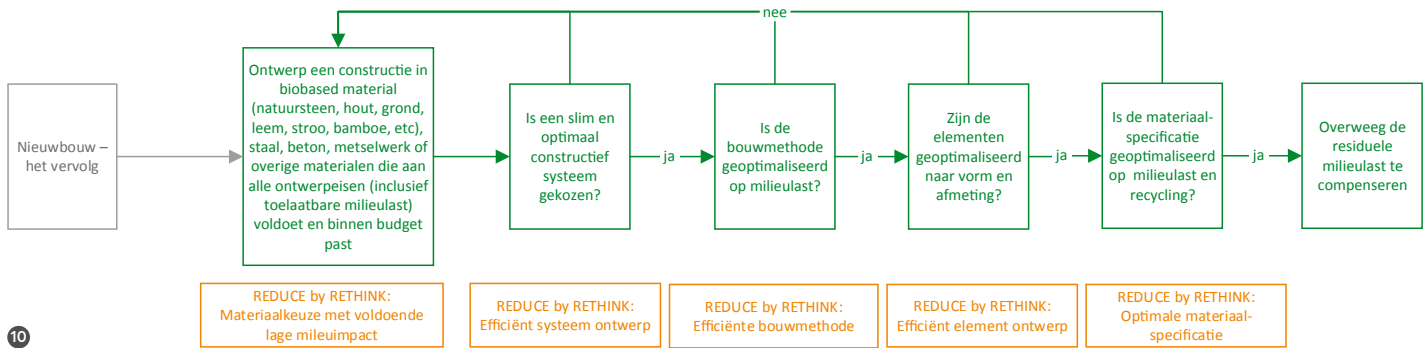
Als eenmaal bepaald is volgens welke strategie (bestaand gebouw, bestaande elementen, of toekomstbestendig nieuw met lange levensduur) er gebouwd gaat worden, moet de milieulast van het ontwerp verder worden geminimaliseerd.

Allereerst kunnen diverse constructievarianten in verschillende materialen worden ontworpen, die uiteraard voldoen aan de eisen en ook binnen budget passen. Ook de wijze van uitvoering (gezaagd of gelamineerd hout, prefab of in situ beton etc.) kan van invloed zijn op de milieulast. Gezien de urgentie van de milieuproblematiek is het een verantwoordelijkheid voor constructeurs bij opdrachtgevers *biobased* en *low carbon* oplossingen voor te stellen.

Ook dient te worden beschouwd of het gekozen systeem slim is wat betreft het type constructie, de geometrie en de gekozen profielen en afmetingen. Denk bijvoorbeeld aan axiaal belaste elementen in plaats van elementen belast op buiging, het kiezen van een efficiënte overspanning of het vergroten van de constructieve hoogte. Ook de afmetingen en profielen van elementen kunnen worden geoptimaliseerd, waarbij de uitvoerbaarheid in het oog moet worden gehouden, zeker ook van de verbindingen.

Als laatste stap moet worden nagegaan of de materiaalspecificatie optimaal is. Bijvoorbeeld: zijn er mogelijkheden om het betonmengsel duurzamer uit te voeren? Heeft het hout een goede herkomst? Is de beoogde materialisering bij einde levensduur geschikt voor hergebruik of recycling, of zijn diverse materialen zodanig geïntegreerd dat dit ingewikkeld wordt?

Wanneer binnen de gekozen strategie de milieulast is geminimaliseerd, kan worden nagegaan of voor de overgebleven milieupact nog een compensatie wordt gedaan, →



10

## LITERATUUR

- 1 Climate change widespread, rapid, and intensifying – IPCC, The Intergovernmental Panel on Climate Change.
- 2 United Nation Environment Programme, UNEP.
- 3 Koezjakov et al, 2018.
- 4 LETI, 2020 Embodied Carbon Primer.
- 5 Kaethner, S.C., Burridge, J.A., Embodied CO<sub>2</sub> of Structural Frames. *The Structural Engineer*, 90 (5), 2020, pp. 33–40.
- 6 Arnold, W., The structural engineer's responsibility in this climate emergency. *The Structural Engineer* 98 (6), 2020, pp. 10–11.
- 7 MacNamara, E., Applying circular principles to the design process. *The Structural Engineer* 98 (8), 2020, pp. 9–11.
- 8 Arnold, W., Setting carbon targets: an introduction to the proposed SCORS rating scheme. *The Structural Engineer* 98 (10), 2020, pp. 8–12.
- 9 Brand, S., How buildings learn: What happens after they're built, 1994.
- 10 Arnold, W. A short guide to carbon offsetting. *The Structural Engineer* 99 (7), 2020, pp. 16–17.

waarvoor verschillende mogelijkheden bestaan met wisselende effectiviteit [10].

### Dilemma's en tegenstrijdigheden

In bovenstaande aanpak doen zich verschillende dilemma's voor en soms zijn strategieën strijdig met elkaar.

→ Hergebruik van bestaande gebouwen of bestaande elementen geeft ontwerprestricties. Vaak is dit oplosbaar, maar het kan als belemmering worden gezien. Daarnaast is er soms onzekerheid over de eigenschappen en betrouwbaarheid. Het borgen hiervan geeft extra verantwoordelijkheid voor de constructeur, bouwteamleden en opdrachtgever. Ook moeten vraag en aanbod beter bij elkaar worden gebracht dan momenteel gebeurt.

→ Wanneer met een donorskelet wordt ontworpen, wordt het beschikbare materiaal als uitgangspunt genomen. Dit kan betekenen dat lokaal *unity checks* heel laag zijn, omdat alleen 'te zware' profielen beschikbaar zijn. Hierop zou het ontwerp kunnen worden geoptimaliseerd, wat extra advieskosten met zich mee brengt. Daarnaast kan er sprake zijn van grote knipverliezen wanneer profielen moeten worden ingekort.

→ Wanneer wordt ontworpen op verlenging van levensduur, kan het nodig zijn de constructie te verzwaren, met een initieel hogere milieu-impact tot gevolg. Dit kan voorkomen bij zowel het ontwerpen van iconische gebouwen met een lange beoogde levensduur, maar ook als een hoge mate van flexibiliteit in het ontwerp wordt meegenomen. Wanneer de levensduur daadwerkelijk wordt verlengd, is de milieulast per jaar vaak gunstiger door de beperkte verzwaring. Wanneer echter geen gebruik wordt gemaakt van de overcapaciteit, dan is de milieulast hoger geweest dan strikt nodig zou zijn. Overwogen kan worden om niet voor meer dan 50 jaar te ontwerpen, en na 50 jaar te evalueren of de levensduur kan worden verlengd.

→ Wanneer puur wordt geoptimaliseerd op de milieulast voor één enkele gebruikscyclus, zal initieel materiaal worden bespaard. Het bouwwerk kan echter vroegtijdig verouderd zijn en daarmee minder duurzaam over de totale levensduur.

→ Het rekenkundig verdelen van uitstoot over een lange termijn is een concept dat onderdeel is van de huidige MPG-methodiek. Maar gezien de urgentie van de klimaatproblematiek hebben we daar niet veel aan voor het behalen van de klimaatdoelen op korte termijn (2030). De absolute milieu-impact vindt namelijk voor een groot deel nu plaats.

Deze dilemma's vragen een zorgvuldige beoordeling per project. Ook is het goed om de komende jaren de ervaring te delen binnen de (brancheverenigingen van de) bouwsector, om ervan te leren.

### De beste duurzaamheidsstrategie?

Het is de uitdaging voor de constructeur om met bovenstaande dilemma's toch tot een goed ontwerp te komen. Een uitweg kan zijn om stappen te combineren: Eerst kijken naar behoud van de bestaande situatie en overwegen eisen aan te passen, daarna kan hergebruik van gebouwen en elementen worden onderzocht. Als toch de keuze op nieuwbouw valt, moeten vervolgens gebruiksscenario's worden opgesteld en een realistische levensduur worden ingeschat. De scenario's die realistisch zijn, kunnen dan in



het ontwerp van de constructie worden meegenomen en resulteren in een reële en wenselijke toekomstige flexibiliteit. Het ontwerp moet vervolgens worden geoptimaliseerd om de milieu-impact zo laag mogelijk te houden. Het verdient aanbeveling om eerst materialen te onderzoeken met een lage of zelf negatieve uitstoot én om het materiaalgebruik te minimaliseren.

Niet één aanpak is in alle situaties de beste. Onze vakbroeders in het Verenigd Koninkrijk maken daarom gebruik van het credo: *Long life, loose fit and lean design*. Ontwerp op lange levensduur, waarin flexibiliteit is meegenomen, maar waar binnen die kaders ook is geoptimaliseerd. ●

