

Bepalingsmethode milieuprestatie Verbouw en Transformatie

Addendum bij de Bepalingsmethode milieuprestatie gebouwen en GWW-werken, januari 2019

Status: definitief

Opdrachtgever

Stichting Bouwkwaliiteit
Postbus 1201
2280 CE Rijswijk

Uitvoerder

ir. D. Anink (contactpersoon)
W/E adviseurs
Arthur van Schendelstraat 650
3511 MJ Utrecht

Utrecht, 11 november 2020



Inhoudsopgave

1	Achtergronden	1
1.1	Behoeftte: sturen op milieuprestatie bij verbouw en transformatie	1
1.2	Vorm: addendum op de bepalingsmethode	2
2	Context bij verbouw en transformatie	2
2.1	Ingrepen in de bestaande bouw	2
2.2	Extra parameters	2
2.2.1	Keuze tussen handhaven en verwijderen	2
2.2.2	Toevoegen van nieuwe producten	3
2.2.3	Restlevensduur en vloeroppervlakte	4
2.2.4	Invloed van de extra parameters	5
2.2.5	Aandachtpunten bij transformatie (functieverandering)	6
2.2.6	Relatie met waardering hergebruik	7
3	Methodische benadering	8
3.1	Bepalingsmethode nieuwbouw	8
3.1.1	EN15804, indeling naar fasen en modules (modulen)	8
3.1.2	Renovatie als module B5 in de gebouwlevensloop	9
3.2	Bepalingsmethode Verbouw en Transformatie	10
3.2.1	'Onvoorziene' renovatie	10
3.2.2	Mee te nemen milieubelasting	11
3.2.3	Vaststellen restfrequentie en restbelasting	13
4	Rekenregels MPG Verbouw en Transformatie	15
4.1	Uitgangspunten	15
4.1.1	Benodigde gegevens	15
4.1.2	Aanvulling / wijzigingen ten opzichte van de rekenregels MPG Nieuwbouw	15
4.2	Rekenregels per fase en module	16
4.2.1	Milieubelasting Product-fase A1-3 (PRODUCT)	16
4.2.2	Milieubelasting Constructie-fase A4+A5 (CONSTRUCTION)	18
4.2.3	Milieubelasting Gebruik-fase B (USE)	20
4.2.4	Milieubelasting Afdank-fase C (END OF LIVE)	24
4.2.5	Milieubelasting Buiten-levensloop (BEYOND THE BUILDING LIFE CYCLE)	27
4.3	Rekenregels MKI bouwwerk en MPG	28
	Bibliografie	29

1 Achtergronden

1.1 Behoeft: sturen op milieuprestatie bij verbouw en transformatie

Het bouwbesluit stelt eisen aan de milieuprestatie van nieuwbouw van woningen en kantoren. De huidige bepalingsmethode (Stichting Bouwkwaliiteit, januari 2019) is op nieuwbouw gericht met een korte paragraaf 3.3.3, die op bestaande gebouwen ingaat (Figuur 1.1).

3.3.3. Bestaande gebouwen

De “Bepaling van de milieuprestatie van te renoveren, of te transformeren, bestaande gebouwen” geeft aanwijzingen over hoe om te gaan met de restwaarde en afschrijving van milieu-impact, waarmee de milieuprestatie van renovatie of transformatie kan worden berekend. Zie de website www.milieudatabase.nl. Dit geldt alleen voor gebouwen, niet voor GWW-werken.

Figuur 1.1: verwijzing vanuit de bepalingsmethode naar het addendum bestaande bouw (W/E adviseurs, maart 2014)

Gezien de enorme verduurzamingsopgave die er in de bestaande bouw ligt, is het zeer wenselijk dat ook voor renovatie en transformatie mogelijk wordt gemaakt om een milieuprestatieberekening te maken. Daardoor zou ook bij de aanpak van de bestaande voorraad op een duurzaam materiaal gebruik gestuurd kunnen gaan worden. Deze wens is dan ook aanleiding voor het ministerie van BZK om de milieuprestatie bij ingrepen in de bestaande bouw expliciet op de agenda te zetten (Figuur 1.2).

Uitbreiden toepassingsgebied milieuprestatie-eis

De milieuprestatie-eis geldt nu alleen voor nieuwe woningen en kantoren (groter dan 100 m²). Hiermee wordt een groot deel van de bouwproductie gedekt, maar er ligt ook nog een groot potentieel open. Ik zal uw Kamer in de eerste helft van 2020 informeren over de mogelijkheden voor de uitbreiding van de toepassing van de milieuprestatie-eis voor de nieuwbouw van andere gebruiksfuncties, zoals onderwijs, zorg, sport, winkels, horeca en bedrijfshallen en voor verbouw en transformatie.

Figuur 1.2: relevante paragraaf uit de kamerbrief van 8 oktober 2019 (Ollongren, oktober 2019)

In de kamerbrief spreekt de minister van verbouw en transformatie. In figuur 1.3 wordt op dit onderscheid ingegaan. Het onderscheid zegt niets over de zwaarte van de ingreep, iets wat wel relevant is voor methodiekontwikkeling. Er dient immers aandacht te zijn voor voldoende proportionaliteit tussen de milieu-impact van de ingreep en de gevraagde inspanning voor de berekening. Hoewel dergelijke vraagstukken aan bod zullen komen, in het nog volgende regelgevings-traject, is iets van een afbakening noodzakelijk. Het ministerie van BZK heeft mondeling toegezegd dat de methodiek bedoeld is voor de milieuprestatieberekening bij ingrepen, waarbij een essentieel deel van het gebouw wordt aangepakt. Verbouw-ingrepen, zoals het plaatsen van een dakkapel behoren hier niet toe. De duurzaamheid zal via een andere, nog vast te stellen, route geborgd worden. De definitieve inregeling van waar wel, en waar niet, een milieuprestatieberekening vereist wordt, zal in het regelgevings-traject plaatsvinden.

Wat is transformatie?

In Bouwbesluit 2012 wordt niet gesproken over transformatie, maar over (het veranderen van) de gebruiksfuncties van een gebouw. Functiewijziging is vanuit het Bouwbesluit gezien een betere naam. Het Bouwbesluit onderscheidt twaalf functies: wonen, bijeenkomsten, de celfunctie, gezondheidszorg, industrie, kantoren, logies, onderwijs, sport, winkels, overige gebruiksfunctie en een gebruiksfunctie voor 'bouwwerken geen gebouw zijnde', zoals kunstwerken. De meeste eisen die het Bouwbesluit omschrijft, zijn uitgesplitst naar deze gebruiksfuncties. Bij transformatie verandert de gebruiksfunctie. Dan zijn de eisen van kracht die het Bouwbesluit verbindt aan verbouw in relatie tot de nieuwe functies die het gebouw krijgt.

Maar wat is dan verbouw? Onder verbouw wordt verstaan het 'geheel of gedeeltelijk vernieuwen of veranderen of het

vergroten van een bouwwerk'. Die definitie is ruim. Bij geheel vernieuwen kan worden gedacht aan de situatie dat een gebouw tot op de fundering wordt gesloopt en het gebouw daarna op dezelfde fundering wordt herbouwd. Van gedeeltelijk vernieuwen is bijvoorbeeld sprake als een gebouw tot op het casco wordt gestript en vervolgens wordt herbouwd. Onder veranderen wordt het aanpassen van (een gedeelte van) een gebouw verstaan, waarbij de contouren ervan niet worden gewijzigd. Dat is bijvoorbeeld het geval bij een interne verbouwing. Bij het vergroten van een gebouw worden de contouren wel gewijzigd. Bijvoorbeeld bij het maken van een aan- of uitbouw, het plaatsen van een dakkapel of het optoppen van een bestaand gebouw. Er kan dus sprake zijn van transformatie met en zonder bouwactiviteiten. In het eerste geval is sprake van verbouw en functiewijziging, in het tweede geval alleen van functiewijziging. Is er sprake van verbouw en functiewijziging, dan spreken we doorgaans van transformatie.

Figuur 1.3: citaat uit artikel 'Transformatie en Bouwbesluit 2012'

1.2 Vorm: addendum op de bepalingsmethode

Op het moment dat een gebouw wordt opgeleverd, verandert het van nieuwbouw in bestaande bouw. Het is belangrijk dat de methodische benadering goed aansluit. Het is onwenselijk dat een berekening bijvoorbeeld 1 jaar naar oplevering een totaal andere milieuprestatie op zou leveren dan de berekening bij nieuwbouw. De bepalingsmethode voor de nieuwbouw (Stichting Bouwkwiteit, januari 2019) en de daarbij horende rekenregels (W/E adviseurs, april 2020) zijn daarom ook als uitgangspunt genomen. Omdat de methodische en rekentechnische uitwerking voor een belangrijk deel identiek zijn, is er voor gekozen geen aparte bepalingsmethode op te stellen, maar een addendum op de bepalingsmethode en rekenregels voor nieuwbouw.

Op dit moment zijn er in de regelgeving alleen eisen voor gebouwen vastgelegd. Ook de uitbreiding naar de bestaande bouw, betreft gebouwen. Het addendum heeft dan ook de titel Bepalingsmethode milieuprestatie 'Verbouw en Transformatie' meegekregen, waarbij de MPG verwijst naar de afbakening tot het gebouw. In het addendum wordt verder ook van gebouwen gesproken, vanwege de aansluiting bij de rekenregels voor nieuwbouw, is in de rekenregels de bredere aanduiding 'bouwwerk' aangehouden.

2 Context bij verbouw en transformatie

2.1 Ingrepen in de bestaande bouw

Het addendum richt zich op het moment dat een ingreep aanstaande is. Bij een bestaand gebouw kunnen de huidige kwaliteit en de huidige eisen en behoeften een aanleiding geven om een ingreep te overwegen:

- **Conditieverbetering**
Bij de methode voor nieuwbouw wordt verondersteld dat met de reguliere vervangingen en onderhoudscycli, de kwaliteit van het gebouw op een acceptabel niveau wordt gehouden. In de praktijk is de situatie vaak anders, het gebouw dreigt bouwtechnisch, esthetisch en/of functioneel door de ondergrens te zakken. Een ingreep, boven op het planmatig onderhoud, is dan nodig om dit te voorkomen of te herstellen.
- **Kwaliteitsverbetering**
Soms wordt met een renovatie ook een kwaliteitsverbetering beoogd, er volgt naast de conditieverbetering ook een upgrading.
- **Functieverandering**
Er kan aanleiding zijn tot een functieverandering, de ingreep betreft dan een transformatie. Deze wordt vaak in combinatie met een conditie- en kwaliteitsverbetering uitgevoerd.

De beheerder/beslisser kan daarbij een aantal strategieën volgen:

1. **Consolideren (in stand houding door regulier onderhoud)**
Bij consolideren wordt besloten geen ingreep (renovatie of sloop) te plegen, die afwijkt van de reguliere vervangingen en onderhoud. Als ook de levensduurverwachting van het gebouw gelijk blijft aan de verwachting op het moment van nieuwbouw, dan zal de milieuscore van het gebouw gelijk blijven aan de bij nieuwbouw berekende score.
2. **Renovatie (verbouw en/of transformatie)**
Op deze optie is het addendum gericht. Bijzonder bij renovatie is dat de beslissing over de ingreep, en daarmee de levensloop, per gebouwelement, en dus per product kan verschillen.
3. **Sloop van het gebouw**
Bij sloop worden alle elementen, en dus producten, verwijderd. Gebeurt dit eerder dan de bij nieuwbouw veronderstelde (standaard) gebouwlevensduur, dan is er sprake van vroegtijdige sloop. Slopen is te beschouwen als de situatie waarbij bij alle producten voor de optie verwijderen gekozen wordt. Na sloop stopt logischerwijs ook het onderhoud en vervangen van alle producten.

2.2 Extra parameters

Omdat anders dan bij nieuwbouw, ook de bestaande situatie van belang is, is het aantal parameters, en daarmee het aantal te nemen voor de milieuprestatie relevante beslissingen, bij de methode Verbouw en Transformatie groter dan bij MPG Nieuwbouw.

2.2.1 Keuze tussen handhaven en verwijderen

Voor de beslisser is het bestaande gebouw met de daarin aanwezige elementen/producten een gegeven. In de rest van het document spreken we van producten, omdat in eerste instantie op

dat niveau de milieuprestatie wordt bepaald (Figuur 2.1). Bij de aanwezige producten gaat het om de laatste productcyclus, die bij langcyclische producten, zoals het casco, ook de eerste cyclus kan zijn. Bij ene renovatie-ingreep wordt het gebouw in één keer aangepakt. Anders dan bij planmatig onderhoud zijn de vervangingen niet ingegeven door afwegingen op productniveau, maar op gebouwniveau. Dit maakt dat veel van de aanwezige producten op het moment van de renovatie-ingreep nog een restlevensduur hebben. Bij de planvorming kan besloten worden deze te benutten (handhaven van het product) of niet (verwijderen van het product).

1. Handhaven

Blijft een product gehandhaafd, dan blijft het product functioneel tot de productlevensduur is verstreken en het product binnen het planmatig onderhoud vervangen wordt. De restlevensduur wordt dus benut, en daarmee de eerste vervanging uitgesteld. Bij producten, die de gebouwlevensduur meegaan, wordt helemaal geen vervanging gepleegd.

Bij deze producten blijft de situatie dus ongewijzigd doorlopen tot het moment van sloop. Dit betekent alleen de reguliere vervangingen en onderhoud, wat ook gebeurt bij consolideren (doorexpluiten, zonder renovatie). Methodisch is consolideren te beschouwen als de situatie waarbij voor alle producten voor handhaven gekozen wordt, en er geen producten worden toegevoegd.

2. Verwijderen

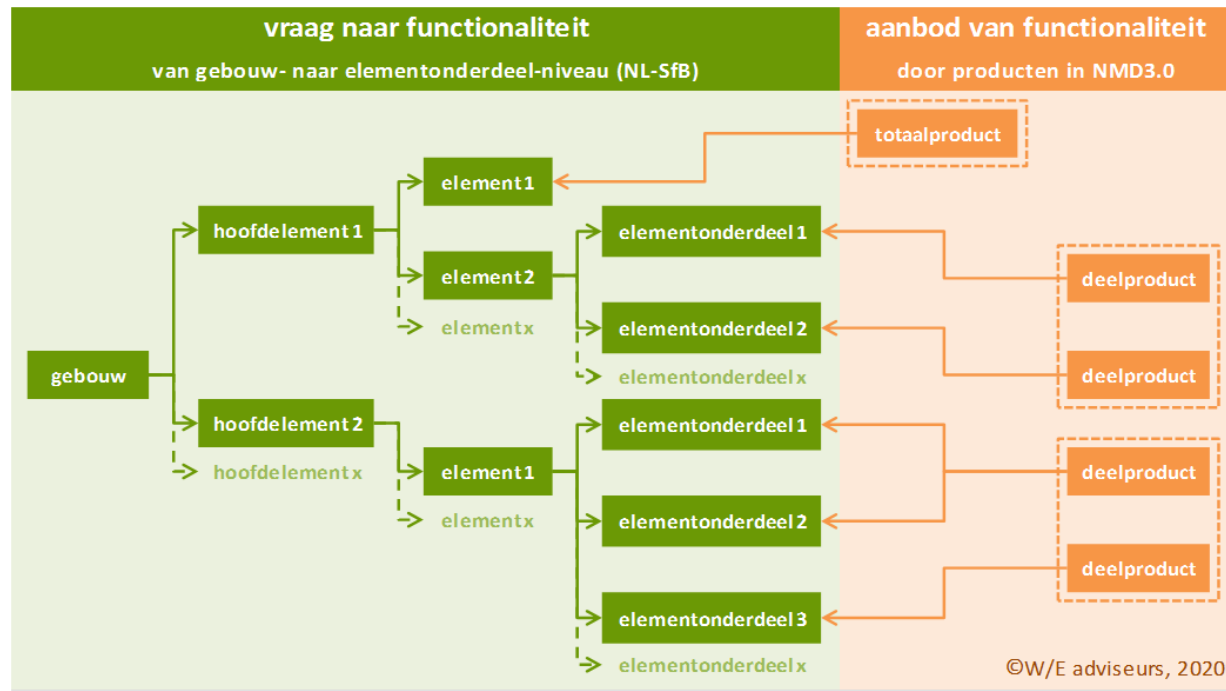
Bij de te verwijderen producten met ene restlevensduur wordt ingegrepen in de levensloop. Er is sprake van vroegtijdige afdanking (de milieulast is nog niet afgeschreven). Als voorbeeld een kantoorgebouw uit 2000, waarbij in 2020 al een renovatie gepleegd wordt. Als bij die renovatie de metselwerk gevel vervangen wordt, dan wordt door deze beslissing op gebouwniveau de levensloop van de gevel fors ingekort (product-levensduur 75 jaar of meer). Vroegtijdige afdanking wordt gezien de circulaire strategie levensduurverlenging als ongewenst gezien. Vroegtijdige afdanking is vooral relevant voor langcyclische producten. Bij kortcyclische producten, zoals de installaties, zal het renovatiemoment niet zo ver afwijken van het reguliere vervangingsmoment (bijvoorbeeld 11 in plaats van 15 jaar).

2.2.2 Toevoegen van nieuwe producten

Het toevoegen van nieuwe producten kan nodig zijn omdat een element bij de ingreep vervangen wordt. Vervangen wordt dus opgedeeld in het verwijderen en opnieuw toevoegen. Het kan bij toevoegen ook gaan om een uitbreiding van de hoeveelheid element (van 45 m² naar 50 m² vloer). Ook het toevoegen van geheel nieuwe elementen is mogelijk (bijvoorbeeld het toevoegen van een zonneboiler). Het toevoegen van producten kan samengaan met de uitbreiding van het bruto vloeroppervlakte (bvo), zoals bijvoorbeeld bij het 'optoppen'.

Natuurlijk is het aan de andere kant denkbaar, dat niet alle verwijderde producten vervangen worden. In dat geval zal het aantal eenheden product na de ingreep kleiner zijn dan daarvoor. Ook hier dit samengaan met een kleiner bvo.

In de voorafgaande tekst wordt gesproken van elementen en producten. De elementen betreffen de onderdelen van het bouwwerk met een bepaalde functionele prestaties. Bij het maken en in-stand-houden van de elementen worden producten ingezet, die gezamenlijk die prestaties moeten bieden. Bij de NMD3.0 zijn de indeling en functionele beschrijvingen uit de NL-SfB-classificatie aangehouden. Elk element is opgedeeld in elementonderdelen, waarbij één of meerdere producten de gevraagde functionaliteit moeten dekken. De milieuprestatieberekening vindt uiteindelijk op product-niveau plaats. In de rest van dit document wordt dan ook van de behandeling van producten gesproken.



Figuur 2.1: relatie tussen elementen (gebouw) en producten(NMD) bij het MPG-systeem

2.2.3 Restlevensduur en vloeroppervlakte

De basisgedachte van deze methode is dat een gebouw gedurende de levensloop een materiaalgebonden milieubelasting (MKIgebouw) veroorzaakt. Omdat de levensloop per product verschillend is (bijvoorbeeld aantal vervangingen) wordt eerst de belasting per product, zoals een buitendeur, bepaald. Daarna volgt de sommatie over alle producten tot de totale belasting van het gebouw, die gedurende de gebouwlevensduur afgeschreven moet worden. De Milieuprestatie gebouw (MPG) wordt bepaald door de totale milieubelasting (MKI) te delen door het bruto vloeroppervlakte (bvo) van het gebouw en de beschouwingsperiode. Bij nieuwbouw betreft dat de gehele gebouwlevensduur (periode nieuwbouw tot sloop). Bij verbouw en transformatie betreft het de periode vanaf het moment van ingreep tot de sloop. Deze periode wordt aangeduid met de restlevensduur.

Restlevensduur

De restlevensduur is een belangrijke parameter bij de MPG. Wordt de restlevensduur, en daarmee de gebruiksperiode, langer dan neemt het aantal vervangings- en onderhoudscycli, en daarmee de totale milieubelasting (MKIgebouw) toe. Toch is het netto-effect meestal gunstig, doordat de totale belasting over meer jaren wordt afgeschreven (MPG). Omdat na de ingreep sprake is van een nieuwe situatie kan de restlevensduur, en daarmee de totale

gebouwlevensduur, aanzienlijk langer worden dan bij nieuwbouw voorzien. De default gebouwlevensduur minus de leeftijd van het gebouw volstaat hier niet.

Bij nieuwbouw is de sloop van het gebouw dusdanig ver weg dat er weinig over de uiteindelijke sloopdatum is te zeggen. Hoewel bij de economische/financiële afwegingen steeds vaker verder gekeken wordt dan de initiële bouw, reikt dit beeld niet verder dan enkele tientallen jaren. De bij bouw opgegeven levensduurverwachting is erg hypothetisch. Een reden om vooral dezelfde defaults te gebruiken. Wel is W/E adviseurs op dit moment bezig met het verkennen van een afsprakenstelsel voor het vaststellen van de specifieke gebouwlevensduur. Dit is een vervolg van een eerder door W/E adviseurs opgesteld Richtsnoer (W/E adviseurs, april 2013).

De MPG Verbouw en Transformatie is vooral aan de orde, als er strategische beslissingen over het bezit genomen zijn. Bij deze beslissingen is de restlevensduur van het gebouw een van de parameters. De beslissers hebben dus enig gevoel voor wat die restlevensduur kan zijn. Een default past hier minder goed. Dit ook omdat het aantal parameters aanzienlijk groter is dan bij nieuwbouw. Voorbeelden van extra vragen zijn: wat wordt gehandhaafd, wat was en wat wordt de conditie, wordt er op kwaliteitsverhoging ingezet? Anders dan bij nieuwbouw, waar met schone lei begonnen wordt, zullen veel omstandigheden ook een ongunstige invloed op de restlevensduur hebben.

Welke eisen aan de objectiviteit van de restlevensduur gesteld worden, hangt af van de toepassing van de methode. Is dit voor de ondersteuning van eigen strategische beslissingen, dan volstaat een zorgvuldige eigen inschatting. Gaat het om profilering naar buiten, of toetsing door externe partijen, dan is een objectievere aanpak gewenst. Een optie is de door W/E adviseurs voorgestelde afsprakenstelsel uit te breiden naar de bestaande bouw. Reële inzichten in de conditie en omgevingsfactoren kunnen vertaald worden naar positieve, maar vooral ook negatieve factoren.

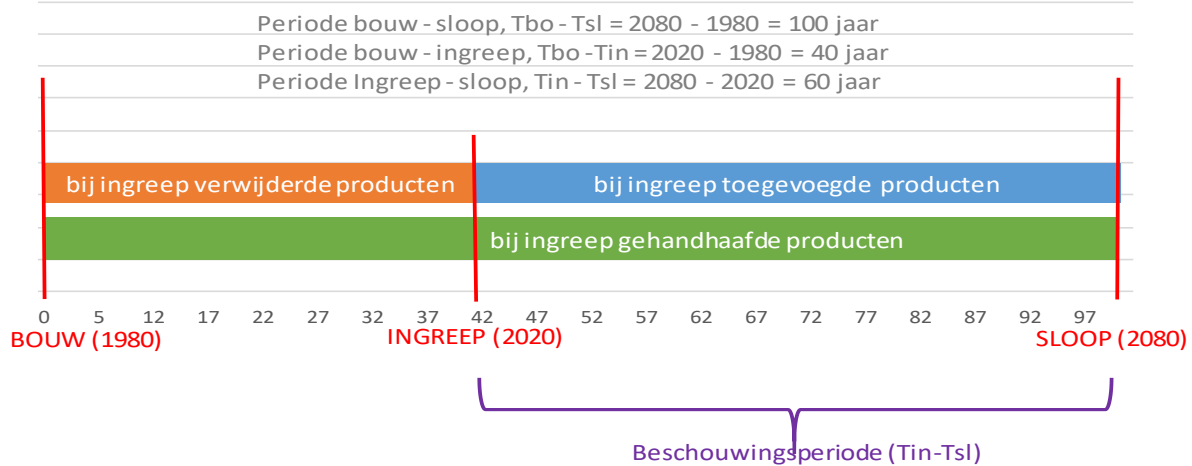
2.2.4 Invloed van de extra parameters

In Figuur 2.2 is de benadering met de diverse parameters schematische weergegeven. Bij de beheerstrategie worden bij deze parameters keuzen gemaakt. Deze keuzen hebben consequenties voor de milieuprestatie van het gebouw, uitgedrukt in de MPG. Door een ingreep kan de milieuprestatie verbeteren, maar ook juist verslechteren. Bij verbouw en transformatie is het resultaat lastiger te voorspellen dan bij nieuwbouw. Van invloed zijn onder andere de volgende kenmerken:

- de bereikte levensduurverlenging gebouw ten opzichte van restlevensduur zonder ingreep (langer is positief);
- een groter of kleiner BVO na de ingreep;
- het aandeel verwijderde versus gehandhaafd product (handhaven is vaak positief);
- betreft het langcyclische¹ of kortcyclische producten (bij langcyclische producten is het effect van handhaving en levensduurverlenging groter);
- de hoeveelheid aan nieuw ingebrachte producten (meer is negatief, tenzij ook het gebruiksoppervlakte vergroot wordt);

¹ Langcyclische elementen zullen niet of slechts enkele keren gedurende de gebouwlevensduur vervangen worden. Het gaat hierbij om bijvoorbeeld het casco en de gevel. Bij deze elementen is het belangrijk dat de kwaliteit (technisch, maar ook esthetische of functioneel - flexibiliteit) dusdanig is dat ze de gebouwkwaliteit niet negatief beïnvloeden. Bij kortcyclische elementen, zoals installaties en inrichting is het vervangingstempo hoger. De nadruk ligt hierbij op het beperken van de milieubelasting (vernieuwbaar, recyclebaar) en het vervangen zonder de levensduur van andere bouwelementen te beïnvloeden (demontabel).

- de materiaalkeuze bij vervanging en de toevoeging van nieuwe producten (bij de gehandhaafde producten is het uitgangspunt dat de reguliere vervangingen worden doorgezet met de huidige materialen).



Figuur 2.2: schematische weergave benadering bij MPG Verbouw en Transformatie

2.2.5 Aandachtpunten bij transformatie (functieverandering)

Transformatie kan gezien worden als een bijzondere vorm van een ingreep. Het grote verschil is de verandering van functie. De bepalingsmethode en rekenregels voor de bestaande bouw zijn ook bij transformatie bruikbaar. Het aandachtspunt is de terugrekening naar de functionele eenheid. Hier gaat het om 2 aspecten:

1. De default gehanteerde gebouwlevensduren verschillen per functie (wonen: 75 jaar, utiliteit: 50 jaar). Echter, als er tijdens de gebouwlevensloop een renovatie-ingreep plaats vindt, dan zal toch al een specifiek scenario, met specifieke restlevensduur aan de orde. De default zijn niet meer relevant.
2. Bij transformatie ontstaat de situatie, waarbij het verleden van voor de ingreep een andere m² biedt dan de toekomst van na de ingreep. Aan een milieuprestatie per m² vloeroppervlakte bij kantoorgebouwen worden andere eisen gesteld dan bij bijvoorbeeld woon- of logiesgebouwen. Voorts kan het eisenpakket bij bijvoorbeeld de functieverandering van Kantoorgebouw naar Woon- of Logiesgebouw er toe leiden dat meer materiaal moet worden toegevoegd:
 - Hogere geluidseisen, zoals aan de gevel bij een nabijheid van een drukke weg
 - Hogere brandwerendheidseisen, zoals extra compartimentering bij onzelfstandig wonen en logies
 - Ook kan er bij de nieuwe gebruiksfunctie meer vloeroppervlakte nodig zijn voor de ontsluiting, zoals voor extra gangen.

Aan de m² bvo, die voor de terugrekening van de MKIgebouw naar de MPG wordt gebruikt, worden echter geen eisen/functioneiteiten gekoppeld. Voor de bepalingsmethode zelf is de functiewijziging dus niet relevant. Als er extra materiaal nodig is, zal dit zich vertalen in een ongunstigere MPG. Waar de functie wel relevant voor is, is de eis. Bij het stellen van de eisen kan met die ongunstigere MPG rekening gehouden worden. Passend bij de methodische keuze om de situatie na de ingreep te beschouwen, past het om de resultaten van de MPG-berekening te toetsen aan de eisen, die gelden voor de functie na de ingreep.

2.2.6 Relatie met waardering hergebruik

Hergebruik van elementen/producten geldt als belangrijke circulaire strategie. Het hergebruik zou gestimuleerd kunnen worden, door dit positief in de MPG te waarderen. Een eerste verkenning is uitgevoerd (SGS-Intron, juni 2019).

Bij een renovatie zijn er meer opties ten aanzien van hergebruik:

1. Hergebruik in gebouw aanwezige elementen
De optie 'Handhaven' is eigenlijk een efficiënte, en daardoor duurzame, vorm van hergebruik. De elementen worden niet verwijderd, waardoor de beschadiging van de elementen zelf en/of de onderconstructie vaak beperkt is. Ook hoeft er niets getransporteerd, opgeslagen, verhandeld, en op maat gemaakt.
2. Hergebruik uit gebouw verwijderde elementen
Dit betreft de optie 'Verwijderen'. Deze elementen kunnen hergebruikt worden in het gebouw zelf (dan ook optie 'Toevoegen'), of in andere gebouwen of zelfs in andere sectoren. Hergebruik is hier een extra interessante optie omdat er vaak producten (vroegtijdig) afgedankt worden, die technisch nog een goede kwaliteit hebben. Door de verwijderde elementen her te gebruiken wordt de milieu-impact van vroegtijdige afdanking (deels) voorkomen. Natuurlijk zijn hier ook extra activiteiten nodig, zoals het herstel, transport, opslag etc.
3. Hergebruik van producten van elders
Dit betreft de optie 'Toevoegen'. Bij de renovatie kan gebruik gemaakt worden van tweedehands producten. Deze komen uit gebouwen afkomstig zijn, maar ook uit andere sectoren. De waardering is vergelijkbaar met die bij de toepassing van tweedehands producten bij nieuwbouw.

Bij MPG Verbouw en Transformatie worden de elementen/producten opgedeeld in 3 categorieën, Waarbij ze hun eigen levensloop volgen. Deze wordt deels beïnvloed door beslissingen op gebouwniveau. Deze benadering, waarbij je denkt vanuit de afzonderlijke elementen is ook voor het waarderen van toekomstig hergebruik interessant. Dit door hergebruik te vertalen naar het doorlopen van de levensloop van het product in een tweede gebouwcyclus. Het gebouw is dan eigenlijk te beschouwen als de context, Waarbij het product een deel van de gebruikperiode een functie vervuld. In dit geval is het een bijzondere manier van handhaven, waarbij de levensduur van het product de totale levensduur over beide gebouwcycli beslaat. Conform de EN15804 dient de winst door de langere levensduur aan module D toebedeeld te worden.

Kanttekening is dat men zich met hergebruik niet rijk moet rekenen:

- Natuurlijk zijn bij handhaven en het toevoegen van tweedehands producten nog steeds de onderhoud- en vervangingscycli van toepassing.
- Eigenlijk gaat het alleen om de laatste productcyclus in het oorspronkelijke gebouw of een ander gebouw, die in het gerenoveerde gebouw wordt doorgezet. Bij een cv-ketel (productlevensduur 15 jaar), die na 10 jaar verwijderd wordt, zal de levensduur met 5 jaar (restlevensduur) opgerekt worden. Daarna volgt de vervanging met een nieuwe ketel (of opnieuw een tweedehands ketel). Hergebruik heeft dus vooral zin bij langcyclische producten.
- Vaak wordt geen rekening gehouden met het verlies bij demontage en de milieu impact van het opknappen en transport.
- Het hergebruik dient daadwerkelijk plaats te vinden. Hier spelen nog veel organisatorische, economische en regelgeving technische belemmeringen.

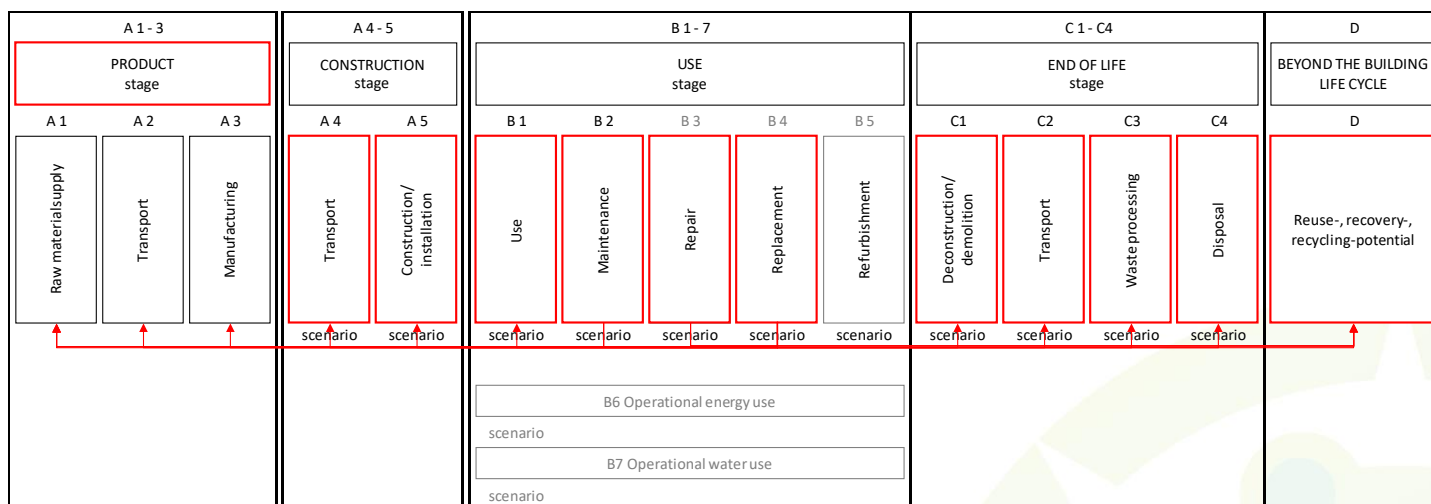
3 Methodische benadering

3.1 Bepalingsmethode nieuwbouw

De methode MPG Verbouw en Transformatie bestaat uit een addendum op de bepalingmethode voor nieuwbouw (Stichting Bouwkwiteit, januari 2019). Deze methode is recent geactualiseerd, waarbij onder andere de volledige aansluiting bij de Europese norm EN15804 (NEN, november 2013) (NEN, april 2018) is gerealiseerd. Deze norm heeft het productniveau als scope. Voor het gebouwniveau is de Europese norm EN15978 (NEN, november 2011) beschikbaar. Ook hier geldt dat de bepalingmethode op enkele punten na conform deze norm is.

3.1.1 EN15804, indeling naar fasen en modules (modulen)

De belasting ontstaat gedurende alle modulen van de gebouwlevensloop. De bepalingmethode volgt hierbij de opdeling die in de EN15804 worden gehanteerd. Hierbij is de levenscyclus van een product/gebouw opgedeeld in 5 fasen en 17 modules.



Figuur 3.1: modules in de EN15804 (in rood: onderscheiden modules bij de milieuprestatieberekening)

Bij de nieuwbouw is nog niet bekend hoe de verdere gebouwlevensloop er uit zal zien. In Figuur 3.1 zijn de modules naar de Product-fase daarom benoemd als scenario's. In de bepalingmethode 'Milieuprestatie gebouw en GWW-werken' zijn de volgende afspraken voor nieuwbouw vastgelegd:

- Bij nieuwbouw is de beschouwingsperiode voor alle producten in het gebouw gelijk, namelijk de theoretische levensduurverwachting van het gehele gebouw. Hierbij worden meestal de defaultwaarden aangehouden: 75 jaar voor woningen en woongebouwen, en 50 jaar voor utiliteitsgebouwen.
- Er wordt rekening gehouden met reguliere planmatige vervangingen (module B4). Bij deze vervangingen is het uitgangspunt dat dit gebeurt met dezelfde producten als bij nieuwbouw. Voor de vervangingsfrequentie wordt de 'breukenmethode' gehanteerd. Veronderstelling is dat de vervangingen strategisch gepland worden en bijvoorbeeld niet net voor de sloop. Het aantal keer dat een product wordt ingebracht (bouw + vervangingen) wordt berekend door de

theoretische levensduur te delen door de productlevensduur (empirisch vastgestelde levensduurverwachting). Omdat bij de bouw elk product één keer wordt aangebracht, is de minimum frequentie bij elk product 1.

3.1.2 Renovatie als module B5 in de gebouwlevensloop

In Figuur 3.1 is te zien dat renovaties ook een plek hebben, namelijk bij module B5: refurbishment. Een belangrijk verschil met planmatige vervangingen (B4) is dat bij een renovatie-ingreep (B5) meerdere gebouwelementen gelijktijdig, en ongeacht de vervangingscyclus, gesloopt of vervangen worden (zie Figuur 3.2).

— **B5 Refurbishment**

The module "refurbishment" covers the combination of all technical and associated administrative actions during the service life of a product associated with the return of a building or other construction works or their parts to a condition in which it can perform its required functions. These activities cover a concerted programme of maintenance, repair and/or replacement activity, across a significant part or whole section of the building.

Figuur 3.2: schermafbeelding EN-15804 (NEN, april 2018): 'definitie' van module B5

Bij de Europese normen EN15804 en EN15978 (Figuur 3.3) is een relevant onderscheid gemaakt in de 'voorzien' en 'onvoorzien' renovatie.

- Voorziene renovatie
In deze situatie wordt bij de berekening voor nieuwbouw al rekening gehouden met een renovatie tijdens de gebouwlevensloop. De milieubelasting wordt gealloceerd in module B5:refurbishment. Zoals hiervoor is beschreven, is deze situatie niet aan de orde bij de milieuprestatieberekeningen voor nieuwbouw.
- Onvoorzien renovatie
Hierbij is bij de milieuprestatieberekening nieuwbouw geen rekening gehouden met een renovatie. De huidige omstandigheden (verder in de levensloop van het gebouw) maken een ingreep nodig/wenselijk. Er wordt vanuit het perspectief van nu een (nieuwe) milieuprestatieberekening gemaakt. Deze situatie is precies de situatie die in de EN15804 en EN15978 als onvoorzien zijn benoemd.

If a building is refurbished and the refurbishment was not taken into account at the outset, i.e. in any previous assessment, a new assessment should be carried out, particularly where the refurbishment changes the functional equivalent, (e.g. there is a change of building type, use, and/or required service life that was not planned or expected, i.e. typical for the building type). In such cases, the refurbishment will not have been included as module B5 in the first assessment. In the new assessment of the refurbished building, the environmental impacts and aspects of the refurbishment materials and reconstruction/installation processes are allocated to modules A1 to A5.

Figuur 3.3: schermafbeelding EN-15978 (NEN, november 2011): onderscheid in 'voorzien' en 'onvoorzien'

Bij de MPG Nieuwbouw is de situatie 'voorzien' renovatie van toepassing. In praktijk is het het meenemen van B5 eigenlijk alleen aan de orde als er een bureaustudie uitgevoerd wordt met een fictieve gebouwlevensloop. Bij het vaststellen van de milieuprestatie van werkelijk te realiseren gebouwen kan er niets zinnigs gezegd worden over een renovatie. Bij de milieuprestatie van nieuwbouw blijft B5 daarom buiten beschouwing.

3.2 Bepalingsmethode Verbouw en Transformatie

3.2.1 'Onvoorziene' renovatie

De MPG Verbouw en Transformatie zal worden toegepast bij de beoordeling van specifieke bestaande gebouwen, waarbij een renovatie is gepland. Generieke scenario's, zoals genoemd in Figuur 3.4 zijn dus niet aan de orde. De renovatie is de uitkomst van een strategische beslissing gericht op de situatie van nu. Ten tijde van de nieuwbouw was deze renovatie nog niet voorzien. De situatie 'onvoorziene' renovatie (zie Figuur 3.3) is dus van toepassing. **De methode MPG Verbouw en Renovatie krijgt dus als basis de scope en allocatie, die bij de situatie 'onvoorziene renovatie' is voorgeschreven.**

Dat het een 'onvoorziene' renovatie betreft, betekent dat de renovatie niet als een module (B5) binnen de oorspronkelijke gebouwlevenscyclus is beschouwd. De EN15978 (zie Figuur 3.4) interpreterend hebben we te maken met **een nieuwe gebouwcyclus, die start op het moment van ingreep (Tin)**. Wel wordt niet met een schone lei begonnen, bij de (duurzame) planvorming dient rekening gehouden te worden met de bestaande situatie. Dit biedt ook kansen om de diverse vormen van hergebruik (zie paragraaf 2.2.6) te benutten.

De beschouwingsperiode loopt door tot de sloop van het gerenoveerde gebouw. De sloopdatum (Tsl) wordt niet bepaald door de bij nieuwbouw veronderstelde (default) gebouwlevensduur. Ook hier wordt de oorspronkelijke gebouwlevenscyclus losgelaten. **Bepalend is de restlevensduur, zoals die op het moment van ingreep wordt ingeschat.**

Er zijn nog geen richtlijnen voor het vaststellen van de restlevensduur. Anders dan bij nieuwbouw, waarbij de sloop geen issue is, heeft de restlevensduurverwachting waarschijnlijk wel een relevante factor gespeeld bij de strategische beslissing tot al dan niet renoveren. Eén enkele defaultwaarde per functie (75 jaar voor wonen en 50 jaar voor utilitaire functies) is hier niet aan de orde.

8.6.4 Scenarios for refurbishment - Module B5

The scenarios for refurbishment of the building, building elements and/or technical equipment shall be developed where details of planned refurbishment are known to the assessor. If no requirements for refurbishment are stated in the client's brief, the scenarios for refurbishment shall be typical for the type of building being assessed.

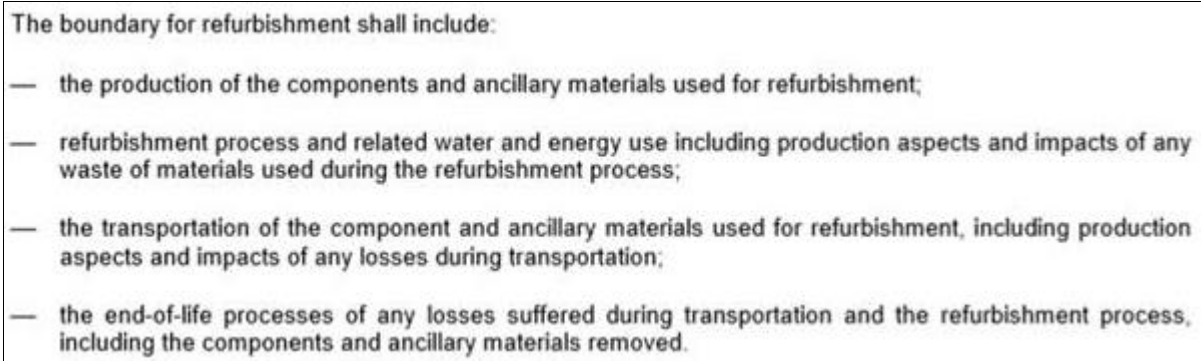
The scenario for refurbishment shall describe all activities with environmental impacts and aspects arising from the refurbishment process, in accordance with the system boundary described in 7.4.4.6.

Where refurbishment is done or planned in conjunction with a change of use (i.e. changes the functional equivalent), the impacts and aspects relating to the new functional equivalent shall be taken into account for the remainder of the required service life, and for the end of life.

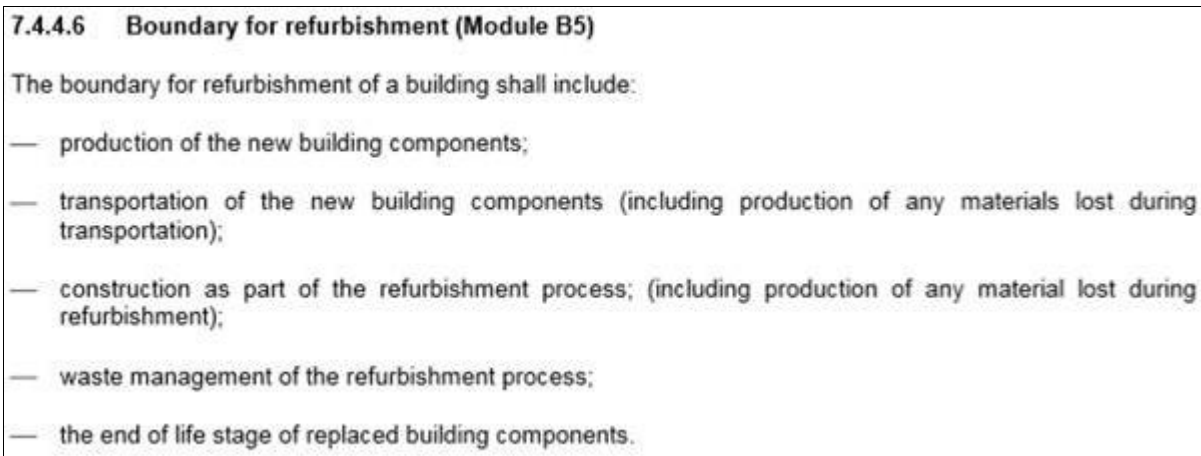
Figuur 3.4: schermafbeelding EN-15978 (NEN, november 2011): gebruik van scenario's

3.2.2 Mee te nemen milieubelasting

In zowel de EN15804 (Figuur 3.5) als de EN15978 (Figuur 3.6) wordt een afbakening meegegeven.



Figuur 3.5: schermafdruck EN-15804 (NEN, april 2018): mee te nemen belasting



Figuur 3.6: schermafdruck EN-15978 (NEN, november 2011): mee te nemen belasting

De opsommingen zijn geïnterpreteerd als:

- de totale milieubelasting van de toe te voegen producten (productie, transport)
- de processen (inclusief afvalverwerking) en het productverbruik bij de renovatie zelf
- de Afdank-fase van de verwijderde producten

Let wel, het gaat hierbij om de fasen in de productlevensloop (zie hoofdstuk 2 in de rekenregels nieuwbouw (W/E adviseurs, april 2020).

De beschouwing als nieuwe gebouwcyclus heeft ook consequenties voor de toebedeling aan de diverse modules van de EN15804. In de laatste regel uit de schermafdruck in Figuur 3.3. staat onder andere dat de milieubelasting van de nieuw toe te voegen producten (inclusief de bouw- en installatieprocessen) aan de modules A1 tot A5 toebedeeld moeten worden en dus niet aan B5. Passend bij de nieuw levensloop zou B5 gericht zijn op de renovatie van het gerenoveerde gebouw. Net als bij nieuwbouw is deze renovatie vaak niet te voorspellen, en wordt deze dus niet geoperationaliseerd.

Milieubelasting en allocatie per productcategorie

Te handhaven producten

Verondersteld wordt dat bij deze producten bij de ingreep niets gebeurt. De restlevensduur van de laatste cyclus wordt benut, het product blijft de functionaliteit leveren in de nieuwe gebouwcyclus (Tin-Tsl). De milieubelasting van de laatste productcyclus (alle modules) kan worden verdeeld over het al voorbijgeen deel op het moment van ingreep en de restlevensduur (zie paragraaf 3.2.3).

Pas als de restlevensduur voorbij is, is de eerste vervanging in de nieuwe gebouwcyclus nodig. Dit is het startmoment voor de reguliere vervangingscycli (B4). De scenario's voor B1:use (emissies tijdens gebruik), B2: maintenance en B3: repair zijn gekoppeld aan de eerste cyclus, die bij de gehandhaafde producten bij de bouw is gestart. Op het moment van sloop zijn de sloop, verwerking aan de orde (C: Afdank-fase en D: Buiten-levensloop-fase).

Kijkend naar de levensloop van deze producten dan gaat het om:

1. Restbelasting van de laatste productcyclus
 - Impact: dit betreft een deel (restlevensduur/productlevensduur) van alle modules.
 - Allocatie: de impact wordt toebedeeld aan module A1-3, omdat door handhaven de toepassing van een nieuw product wordt voorkomen.
2. Belasting tijdens de Gebruik-fase
 - Impact: dit betreft alleen module B4, waarbij het gaat over de periode Tin-Tsl, minus de restlevensduur van de laatste cyclus
 - Allocatie: de impact wordt toebedeeld aan module B4
3. Belasting door sloop na verloop van de restlevensduur (Tsl) en verwerking
 - Impact: dit betreft de modules C1, C2, C3, C4 en D
 - Allocatie: de impact wordt toebedeeld aan de modules C1, C2, C3, C4 en D

De te verwijderen producten

De EN15804 en EN15978 noemen de Afdank-fase. Hieraan wordt net als bij de te handhaven producten de restbelasting van de laatste productcyclus toegevoegd. Een verschil is dat de restlevensduur bij deze producten niet benut wordt in de nieuwe gebouwcyclus, er is sprake van 'vroegtijdige' afdanking (zie paragrafen 2.2.1 en 3.2.6). Kijkend naar de levensloop van de producten dan gaat het om:

1. Restbelasting van de laatste productcyclus
 - Impact: dit betreft een deel (restlevensduur/productlevensduur) van alle modules.
 - Allocatie: de impact door vervroegde afdanking wordt toebedeeld aan module A1-3.
2. Belasting door sloop bij de ingreep (Tin) en verwerking
 - Impact: dit betreft de modules C1, C2, C3, C4 en D
 - Allocatie: de impact van module C2 wordt toebedeeld aan de module A4, omdat het transport betreft in relatie tot de (ver)bouwlocatie; de impact van de modules C1, C3, C4 en D wordt aan de module A5 toebedeeld omdat dit gerelateerd is de sloopactiviteiten bij de ingreep.

De toe te voegen producten

Deze producten worden hetzelfde behandeld als producten, die bij nieuwbouw worden ingebracht. Het verschil is de beschouwingsperiode die loopt van Tin-Tsl in plaats van Tbo-Tsl. Kijkend naar de levensloop van de producten dan gaat het om:

1. Belasting tijdens de productie en constructie bij het moment Tin

- Impact: dit betreft alle modules in de Product- en Constructie-fasen
 - Allocatie: de impact wordt toebedeeld aan de module A1-3, A4 en A5
2. Belasting tijdens de Gebruik-fase
- Impact: dit betreft alle modules in de Gebruik-fase (B5 is ook nu niet geoperationaliseerd) over de periode Tin-Tsl
 - Allocatie: de impact wordt toebedeeld aan de module B1, B2, B3 en B4
3. Belasting door sloop na verloop van de restlevensduur (Tsl) en verwerking
- Impact: dit betreft de modules C1, C2, C3, C4 en D
 - Allocatie: de impact wordt toebedeeld aan de modules C1, C2, C3, C4 en D

3.2.3 Vaststellen restfrequentie en restbelasting

In paragraaf 3.2.2 is aangegeven dat bij de te handhaven en de te verwijderde producten de restbelasting van de laatste (bij ingreep afgebroken) productcyclus wordt meegenomen. De vraag is hoe die op een 'eerlijke' wijze vastgesteld kan worden.

Niet afgeschreven milieulast op basis van restfrequentie

Als voorbeeld is de gevel genoemd, die na 20 jaar verwijderd wordt, terwijl de gevel de totale gebouwlevensduur (bijvoorbeeld een kantoor met $L_g = 50$ jaar) mee had gekund. De eerste productcyclus wordt op $20/50^e$ van de cyclus afgekapt. De niet benutte 'restfrequentie' bedraagt $30/50^e$. De niet afgeschreven milieulast dus $30/50^e \times$ de MKI product (totale milieubelasting over 1 productcyclus).

Het bovengenoemde voorbeeld betreft een erg ongunstige situatie, die vooral optreedt bij langcyclische producten. Bij kortcyclisch producten gaat het ook vaak niet om de eerste productcyclus (producten die bij de bouw zijn toegepast), maar een latere cyclus. Bij het vaststellen van de restfrequentie is alleen de laatste cyclus van belang. Als bij een renovatie van een woongebouw van 40 jaar oud de cv-installatie (productlevensduur 15 jaar) wordt verwijderd, is de restfrequentie $5/15^e$. De laatste cyclus is gestart in jaar 30 en al 10 jaar onderweg. De niet afgeschreven milieulast is dan gering ($5/15^e \times$ de MKI product). Was het gebouw na 30 jaar gerenoveerd, dan was de restfrequentie zelfs $0/15^e$ geweest, en was er geen extra milieulast.

Optimalisatie bij planning vervangingen²

Als bij het voorbeeld met de cv-installaties de renovatie na 31 jaar zou plaatsvinden, dan zou de restfrequentie $14/15^e$ bedragen. Kijken we naar de praktijk, dan zal er voor producten, waarbij verwacht wordt dat ze bij de ingreep verwijderd zullen worden, een optimalisatie plaatsvinden. Men gaat niet 1 jaar voor de renovatie de ketel vervangen. Ergens is er een omslagpunt. Aangehouden is dat dit bij driekwart van de productcyclus ligt. Is de restfrequentie kleiner dan of gelijk aan $0,75$, dan wordt verondersteld dat er nog een nieuwe cyclus wordt gestart, bij groter dan $0,75$ niet meer. Kijkend naar de cv-installatie, dus wel bij een nieuwe cyclus bij een theoretische restfrequentie van $5/15^e$, maar niet bij de restfrequentie van $14/15^e$.

Bij de producten waarbij bij de renovatie nog steeds de eerst cyclus bezig is, bestaat de bovenstaande optimalisatiemogelijkheid niet. Een vervanging is niet aan de orde, en dus ook niet de keuze om de vervanging wel of niet te doen. Bij deze producten geldt de begrenzing op een restfrequentie kleiner dan of gelijk aan $0,75$ niet.

² De optimalisatie betreft de restfrequentie bij de te verwijderen producten, bij de te handhaven producten, waarbij de restlevensduur in de nieuwe bouwcyclus benut wordt, speelt dit niet.

Gezien het bovenstaande is vroegtijdige afdanking het meest relevant voor de langcyclische producten. Het slopen/vervangen van delen van het casco bij een renovatie leidt dus tot een ongunstigere MPG. Bij kortcyclische producten is de impact minder groot.

4 Rekenregels MPG Verbouw en Transformatie

4.1 Uitgangspunten

4.1.1 Benodigde gegevens

De gevraagde gegevens komen voor een groot deel overeen met die bij de MPG Nieuwbouw (Stichting Bouwkwaliiteit, januari 2019). In paragraaf 2.2.4 is ingegaan op een aantal extra parameters. De uitvoerder van de berekening dient de volgende gegevens in te voeren:

1. **Gebouwlevensloop**
De beschouwingsperiode betreft de periode van het moment van ingreep (Tin) tot het moment van sloop (Tsl). De periode Tin-Tsl komt overeen met de restlevensduur. Daarnaast is ook het oorspronkelijke bouwjaar nodig (Tbo) om de vroegtijdige afdanking bij te verwijderde producten en de vervangingsfrequentie bij de te handhaven producten vast te stellen.
2. **Gebouwkenmerken**
Passend bij de nieuw gebouwcyclus gaat het om de situatie na ingreep. Dat geldt onder andere voor de gebruiksfunctie, aan de orde is de functie na een eventuele transformatie. Als parameter voor de berekening is alleen het bruto vloeroppervlakte na de ingreep relevant. Deze is nodig om de MKI gebouw terug te kunnen rekenen naar de vergelijkingseenheid per m²bvo per jaar.
3. **Materialisatie bestaande gebouw**
Het gaat om de elementen/producten, die op het moment van ingrijpen in het gebouw aanwezig zijn. De nieuwbouwsituatie en de tussentijdse aanpassingen zijn dus niet relevant. De kenmerken zijn het type product, de hoeveelheid product (aantal eenheden) en de dimensies (alleen als afwijkend van default).
4. **Materialisatie van de ingreep**
Bij elk product in het gebouw, moet aangegeven worden hoeveel van dit product gehandhaafd blijft en hoeveel er verwijderd³ wordt. Daarnaast moeten de producten opgegeven worden, die bij de ingreep worden toegevoegd. Hierbij gaat het weer het type product, de hoeveelheid product (aantal eenheden) en de dimensies (alleen als afwijkend van default).

4.1.2 Aanvulling / wijzigingen ten opzichte van de rekenregels MPG Nieuwbouw

De bepalingsmethode Milieuprestatie Gebouwen en GWW-werken (Stichting Bouwkwaliiteit, januari 2019) is gericht op de nieuwbouw. Dit geldt ook voor de bijbehorende rekenregels (W/E adviseurs, april 2020). In deze paragraaf zijn alleen de aanpassingen en aanvullingen op die rekenregels beschreven. In dit rapport worden die verder aangeduid als Rekenregels MPG Verbouw en Transformatie.

³ Vervangen betreft het verwijderen van een aantal eenheden product en toevoegen van hetzelfde aantal eenheden product. Hierbij kan het product hetzelfde zijn maar het hoeft niet. Het aantal eenheden kan voor en na de ingreep afwijken (inkrimpen of uitbreiden). Dan is er geen sprake meer van vervangen. Daarom is ervoor gekozen verwijderen en toevoegen als aparte opties te hanteren.

- Ongewijzigd blijven in ieder geval de rekenregels gericht op het productniveau. Deze zijn allen zonder wijzigingen voor de berekeningen bij verbouw en transformatie bruikbaar. Deze formules worden niet herhaald.
- In veel gevallen zijn de rekenregels gesplitst naar de producten, die gehandhaafd, verwijderd of toegevoegd worden. De verdeling over te handhaven en te verwijderen producten wordt vastgelegd in de vorm van een fractie, die gehandhaafd wordt (f_{han}). Wordt bij een product alles verwijderd, dan geldt $f_{han} = 0$. Wordt alles gehandhaafd, dan geldt $f_{han} = 1$.
- De toebedeling van de milieu impact naar de fasen en modules wordt in paragraaf 3.2.2 beschreven.
- Bij de nummering van deze rekenregels zijn de Rekenregels Nieuwbouw, versie 3.0 (W/E adviseurs, april 2020) als uitgangspunt genomen. Waar splitsingen nodig zijn, zijn de cijferaanwijzingen aangevuld met letters. Bij de aanvullingen is doorgenummerd.

4.2 Rekenregels per fase en module

4.2.1 Milieubelasting Product-fase A1-3 (PRODUCT)

In deze fase gaat het om:

- Restbelasting van de laatste productcyclus bij de te handhaven producten
De milieu-impact wordt vastgesteld op basis van de 'restfrequentie'. Daartoe wordt eerst de 'al benutte frequentie bepaald door de gebouwlevensduur (bezien vanuit de situatie na ingreep, dus de periode van bouw tot ingreep en de periode van de ingreep tot aan de sloop) te delen door de productlevensduur. Het gaat hierbij om de productcyclus, die gaande is op het moment van ingreep. Deze kan bij de bouw gestart zijn (bijvoorbeeld het casco) of bij de laatste reguliere vervanging (bijvoorbeeld een cv-ketel).
Bij producten, die de gebouwlevensduur meegaan (bijvoorbeeld het casco), wordt de productlevensduur gelijk gesteld aan de levensduur van het bouwwerk. Ook hier wordt uitgegaan van de totale levensduur, die het bouwwerk bereikt als de renovatie wordt uitgevoerd.
- Vroegtijdige afdanking van de te verwijderen producten
De restbelasting wordt op dezelfde wijze bepaald als bij de te handhaven producten. Zoals in paragraaf 3.2.3 is toegelicht is de veronderstelling dat hier wel sprake is van een optimalisatie. Als voorwaarde is toegevoegd dat de vroegtijdige afdanking alleen aan de orde is als de restfrequentie kleiner dan of gelijk is dan 0,75. Is de restfrequentie groter, dan wordt verondersteld dat er met de ingreep in zicht, geen nieuwe cyclus is gestart. Bij producten, die al vanaf de bouw aanwezig zijn (productlevensduur is langer dan de periode bouw tot ingreep) geldt deze optimalisatie niet.
Bij A1-3.ver (vervroegde afschrijving) wordt alleen de impact van fase A en D van de te verwijderen producten meegenomen (evenredig aan de restfrequentie). Omdat de resterende periode in Tin-Tsl 0 jaar betreft, is fase B niet aan de orde. Fase C wordt meegenomen bij A4+A5.ver.
- Product-fase van de toe te voegen producten
De toe te voegen producten worden op een vergelijkbare wijze behandeld als de producten bij nieuwbouw. Dit houdt onder andere in dat het altijd precies gaat om 1 cyclus, die van het bij de ingreep toe te passen product. Aangezien het een vermenigvuldiging betreft, vervalt de frequentie uit de formule.

Module A1-3: Productie

<69a>
$$\text{Fpr.rest} = 1 - \left(\left(\frac{\text{Tbo-Tin}}{\text{MIN}(\text{Lpr}; \text{Tbo-Tsl})} \right) - \text{afrounden.naar.beneden} \left(\left(\frac{\text{Tbo-Tin}}{\text{MIN}(\text{Lpr}; \text{Tbo-Tsl})} \right) \right) \right)$$

Fpr. rest: rekenkundig afronden op 2 decimalen

Waarbij:

Fpr.rest	= restfrequentie product
Tbo-Tin	= periode bouwjaar tot ingreepjaar (= leeftijd gebouw)
Lpr	= levensduur product
Lbo-Tsl	= levensduur bouwwerk, inclusief invloed ingreep (Tbo-Tin + restlevensduur)

<52a>
$$\text{Mef.A1-3.bw.han} = \sum_{\text{pr.l}} \text{Qpr} \times \text{f.han} \times \text{Fpr.rest} \times \text{Mef.pr}$$

Waarbij:

Mef.A1-3.bw.han	= milieueffect module A1-3 te handhaven producten op bouwwerkniveau = milieueffect Product-fase te handhaven producten op bouwwerkniveau
I	= aantal producten in het bouwwerk (I)
Qpr	= aantal eenheden product in het bouwwerk
f.han	= fractie (%) van het aantal eenheden product, dat gehandhaafd blijft
Fpr.rest	= restfrequentie product
Mef.pr	= milieueffect (alle modules) per eenheid product (zie rekenregels nieuwbouw)

<52b>
$$\text{Mef.A1-3.bw.ver} = \sum_{\text{pr.l}} \text{Qpr} \times (1 - \text{f.han}) \times \text{Fpr.rest} \times (\text{Mef.A1-3.pr} + \text{Mef.A4.pr} + \text{Mef.A5.pr} + \text{Mef.D.pr})$$

Waarbij:

Mef.A1-3.bw.ver	= milieueffect module A1-3 te verwijderen producten op bouwwerkniveau = milieueffect Product-fase te verwijderen producten op bouwwerkniveau
I	= aantal producten in het bouwwerk (I)
Qpr	= aantal eenheden product in het bouwwerk
f.han	= fractie (%) van het aantal eenheden product, dat gehandhaafd blijft
Fpr.rest	= restfrequentie product
Mef.A1-3.pr	= milieueffect module A1-3 per eenheid product (zie rekenregels nieuwbouw)
Mef.A4.pr	= milieueffect module A4 per eenheid product (zie rekenregels nieuwbouw)
Mef.A5.pr	= milieueffect module A5 per eenheid product (zie rekenregels nieuwbouw)
Mef.D.pr	= milieueffect module D per eenheid product (zie rekenregels nieuwbouw)

Formule 52b geldt als voldaan wordt aan één of twee van de onderstaande voorwaarden:

- $\text{Fpr.rest} \leq 0,75$
- $\text{Tbo-Tin} / \text{Lpr} < 1,0$

Waarbij:

Fpr.rest	= restfrequentie product
Tbo-Tin	= periode bouwjaar tot ingreepjaar (= leeftijd gebouw)
Lpr	= levensduur product

Wordt aan geen van beide voorwaarden wordt voldaan, dan geldt:

$\text{Mef.A1-3.bw.ver} = 0$

Waarbij:

Mef.A1-3.bw.ver	= milieueffect module A1-3 te verwijderen producten op bouwwerkniveau
-----------------	---

<52c> $Mef.A1-3.bw.toe = \sum_{pr.m} Qpr.toe \times Mef.A1-3.pr$

Waarbij:	
Mef.A1-3.bw	= milieueffect module A1-3 toe te voegen producten op bouwwerkniveau = milieueffect Product-fase toe te voegen producten op bouwwerkniveau
m	= aantal bij ingreep aan het bouwwerk toe te voegen producten (m)
Qpr.toe	= aantal eenheden aan het bouwwerk toe te voegen product
Mef.A1-3.pr	= milieueffect module A1-3 per eenheid product (zie rekenregels nieuwbouw)

<52d> $Mef.A1-3.bw = Mef.A1-3.bw.han + Mef.A1-3.bw.ver + Mef.A1-3.bw.toe$

Waarbij:	
Mef.A1-3.bw	= milieueffect module A1-3 op bouwwerkniveau
Mef.A1-3.bw.han	= milieueffect module A1-3 te handhaven producten op bouwwerkniveau
Mef.A1-3.bw.ver	= milieueffect module A1-3 te verwijderen producten op bouwwerkniveau
Mef.A1-3.bw.toe	= milieueffect module A1-3 toe te voegen producten op bouwwerkniveau

<53> $MKI.A1-3.bw = \sum_{ef.k} Mef.A1-3.bw \times Wef$ (ongewijzigde formule nieuwbouw)

Waarbij:	
MKI.A1-3.bw	= MKI module A1-3 op bouwwerkniveau = MKI Product-fase op bouwwerkniveau
k	= aantal milieueffecten (ef)
Mef.A1-3.bw	= milieueffect module A1-3 op bouwwerkniveau
Wef	= weegfactor milieueffect

<54a> $MPG.A1-3 = MKI.A1-3.bw / (A.bvo.in \times Tin-Tsl)$

Waarbij:	
MPG.A1-3	= Milieuprestatie Gebouw Product-fase
MKI.A1-3.bw	= MKI Product-fase op bouwwerkniveau
A.bvo.in	= bruto vloeroppervlakte na ingreep
Tin-Tsl	= periode ingreepjaar tot sloopjaar (= restlevensduur)

4.2.2 Milieubelasting Constructie-fase A4+A5 (CONSTRUCTION)

De CONSTRUCTION-stage is opgedeeld in de onderstaande modules:

- A4: Transport
- A5: Construction/installation

De milieubelasting van de modules wordt gesommeerd tot de belasting van de Constructie-fase.

In deze fase gaat het om:

- Constructie-fase van de te verwijderen producten
De afdank(C)-fase van de te verwijderen producten wordt aan de Constructie-fase toegerekend. De impact treedt op bij de ingreep (vergelijkbaar met bouwafval bij nieuwbouw).
- Constructie-fase van de toe te voegen producten
De toe te voegen producten worden op een vergelijkbare wijze behandeld als de producten bij nieuwbouw. Dit houdt onder andere in dat het altijd precies gaat om 1 cyclus, die van het bij de ingreep toe te passen product. Aangezien het een vermenigvuldiging betreft, vervalt de frequentie uit de formule.

Module A4: Transport bouwplaats

Bij de te verwijderen producten wordt de afvoer van het sloopmateriaal aan deze module toebedeeld. De toe te voegen producten worden op een vergelijkbare wijze behandeld als de producten bij nieuwbouw.

<55a> $Mef.A4.bw.ver = \sum_{pr.i} Qpr \times (1 - f.han) \times Mef.C2.pr$

Waarbij:

Mef.A4.bw.ver	= milieueffect module A4 te verwijderen producten op bouwwerkniveau
I	= aantal producten in het bouwwerk (I)
Qpr	= aantal eenheden product in het bouwwerk
f.han	= fractie (%) van het aantal eenheden product, dat gehandhaafd blijft
Mef.C2.pr	= milieueffect module C2 per eenheid product (zie rekenregels nieuwbouw)

<55b> $Mef.A4.bw.toe = \sum_{pr.m} Qpr.toe \times Mef.A4.pr$

Waarbij:

Mef.A4.bw.toe	= milieueffect module A4 toe te voegen producten op bouwwerkniveau
m	= aantal bij ingreep aan het bouwwerk toe te voegen producten (m)
Qpr.toe	= aantal eenheden aan het bouwwerk toe te voegen product
Mef.A4.pr	= milieueffect module A4 per eenheid product (zie rekenregels nieuwbouw)

<55c> $Mef.A4.bw = Mef.A4.bw.ver + Mef.A4.bw.toe$

Waarbij:

Mef.A4.bw	= milieueffect module A4 op bouwwerkniveau
Mef.A4.bw.ver	= milieueffect module A4 te verwijderen producten op bouwwerkniveau
Mef.A4.bw.toe	= milieueffect module A4 toe te voegen producten op bouwwerkniveau

<56> $MKI.A4.bw = \sum_{ef.k} Mef.A4.bw \times Wef$ (ongewijzigde formule nieuwbouw)

Waarbij:

MKI.A4.bw	= MKI module A4 op bouwwerkniveau
k	= aantal milieueffecten (ef)
Mef.A4.bw	= milieueffect module A4 op bouwwerkniveau
Wef	= weegfactor milieueffect

Module A5: Constructie en installatie

Bij de te verwijderen producten wordt alle milieu-impact in de fasen C, uitgezonderd C2, aan de module A5 toebedeeld. De toe te voegen producten worden op een vergelijkbare wijze behandeld als de producten bij nieuwbouw.

<57a> $Mef.A5.bw.ver = \sum_{pr.i} Qpr \times (1 - f.han) \times (Mef.C1.pr + Mef.C3.pr + Mef.C4.pr)$

Waarbij:

Mef.A5.bw.ver	= milieueffect module A5 te verwijderen producten op bouwwerkniveau
I	= aantal producten in het bouwwerk (I)
Qpr	= aantal eenheden product in het bouwwerk
f.han	= fractie (%) van het aantal eenheden product, dat gehandhaafd blijft
Mef.C1.pr	= milieueffect module C1 per eenheid product (zie rekenregels nieuwbouw)
Mef.C3.pr	= milieueffect module C3 per eenheid product (zie rekenregels nieuwbouw)
Mef.C4.pr	= milieueffect module C4 per eenheid product (zie rekenregels nieuwbouw)

<57b> $Mef.A5.bw.toe = \sum_{pr.m} Qpr.toe \times Mef.A5.pr$

Waarbij:

Mef.A5.bw.toe	= milieueffect module A5 toe te voegen producten op bouwwerkniveau
m	= aantal bij ingreep aan het bouwwerk toe te voegen producten (m)
Qpr.toe	= aantal eenheden aan het bouwwerk toe te voegen product
Mef.A5.pr	= milieueffect module A5 per eenheid product (zie rekenregels nieuwbouw)

<57c> $Mef.A5.bw = Mef.A5.bw.ver + Mef.A5.bw.toe$

Waarbij:
 Mef.A5.bw = milieueffect module A5 op bouwwerkniveau
 Mef.A5.bw.ver = milieueffect module A5 te verwijderen producten op bouwwerkniveau
 Mef.A5.bw.toe = milieueffect module A5 toe te voegen producten op bouwwerkniveau

<58> $MKI.A5.bw = \sum_{ef,k} Mef.A5.bw \times Wef$ (ongewijzigde formule nieuwbouw)

Waarbij:
 MKI.A5.bw = MKI module A5 op bouwwerkniveau
 k = aantal milieueffecten (ef)
 Mef.A5.bw = milieueffect module A5 op bouwwerkniveau
 Wef = weegfactor milieueffect

Constructie-fase (A4 + A5)

<59> $Mef.A4+A5.bw = Mef.A4.bw + Mef.A5.bw$ (ongewijzigde formule nieuwbouw)

Waarbij:
 Mef.A4+A5.bw = milieueffect Constructie-fase op bouwwerkniveau
 Mef.A4.bw = milieueffect module A4 op bouwwerkniveau
 Mef.A5.bw = milieueffect module A5 op bouwwerkniveau

<60> $MKI.A4+A5.bw = MKI.A4.bw + MKI.A5.bw$ (ongewijzigde formule nieuwbouw)

Waarbij:
 MKI.A4+A5.bw = MKI Constructie-fase op bouwwerkniveau
 MKI.A4.bw = MKI module A4 op bouwwerkniveau
 MKI.A5.bw = MKI module A5 op bouwwerkniveau

<61a> $MPG.A4+A5 = MKI.A4+A5.bw / (A.bvo.in \times Tin-Tsl)$

Waarbij:
 MPG.A4+A5 = Milieuprestatie Gebouw Constructie-fase
 MKI.A4+A5.bw = MKI Constructie-fase op bouwwerkniveau
 A.bvo.in = bruto vloeroppervlakte na ingreep
 Tin-Tsl = periode ingreepjaar tot sloopjaar (= restlevensduur)

4.2.3 Milieubelasting Gebruik-fase B (USE)

Conform de EN15804 is de USE-stage opgedeeld in de onderstaande modules (submodules). B5 is net als bij nieuwbouw niet geoperationaliseerd. Dit omdat er op het moment van ingreep geen zicht is op een eventuele (tweede) renovatie.

- B1: Use
- B2: Maintenance
- B3: Repair
- B4: Replacement

De milieubelasting van de modules wordt gesommeerd tot de belasting van het Gebruik-fase.

In deze fase gaat het om:

- Gebruik-fase van de te handhaven producten
 Het gaat hier alleen om de reguliere productvervangingen (B4). Deze starten pas nadat de

restlevensduur van het bij de ingreep aanwezige product voorbij is. De modules B1, B2, en B3 van het initiële (bij de bouw toegepaste) product zijn hier niet aan de orde.

- Gebruik-fase van de toe te voegen producten

De toe te voegen producten worden op een vergelijkbare wijze behandeld als de producten bij nieuwbouw. Bij B1, B2 en B3 betreft het één productcyclus (het bij ingreep toegepaste product). Voor deze modules geldt dus dat de toepassingsfrequentie 1 is. Bij B4 gaat ook de initiële productcyclus. Daarnaast wordt ook alle milieubelasting van de vervangende producten toebedeeld. Net als nieuwbouw wordt de frequentie gecorrigeerd als de productlevensduur langer is dan de restlevensduur van het gebouw:

<62a> $FB.in = \min (1; Tin-Tsl / Lpr)$
 FB: rekenkundig afronden op 2 decimalen

Waarbij:
 FB.in = frequentie fase B voor product tijdens periode Tin-Tsl
 Tin-Tsl = periode ingreepjaar tot sloopjaar (= restlevensduur)
 Lpr = levensduur product

Module B1: Gebruik

<63a> $Mef.B1.bw = \sum_{pr.m} Qpr.toe \times FB.in \times Mef.B1.pr$

Waarbij:
 Mef.B1.bw = milieueffect module B1 op bouwwerkniveau
 m = aantal bij ingreep aan het bouwwerk toe te voegen producten (m)
 Qpr.toe = aantal eenheden aan het bouwwerk toe te voegen product
 FB.in = frequentie fase B voor product tijdens periode Tin-Tsl
 Mef.B1.pr = milieueffect module B1 per eenheid product (zie rekenregels nieuwbouw)

<64> $MKI.B1.bw = \sum_{ef.k} Mef.B1.bw \times Wef$ (ongewijzigde formule nieuwbouw)

Waarbij:
 MKI.B1.bw = MKI module B1 op bouwwerkniveau
 k = aantal milieueffecten (ef)
 Mef.B1.bw = milieueffect module B1 op bouwwerkniveau
 Wef = weegfactor milieueffect

Module B2: Onderhoud

<65a> $Mef.B2.bw = \sum_{pr.m} Qpr.toe \times FB.in \times Mef.B2.pr$

Waarbij:
 Mef.B2.bw = milieueffect module B2 op bouwwerkniveau
 m = aantal bij ingreep aan het bouwwerk toe te voegen producten (m)
 Qpr.toe = aantal eenheden aan het bouwwerk toe te voegen product
 FB.in = frequentie fase B voor product tijdens periode Tin-Tsl
 Mef.B2.pr = milieueffect module B2 per eenheid product (zie rekenregels nieuwbouw)

<66> $MKI.B2.bw = \sum_{ef.k} Mef.B2.bw \times Wef$ (ongewijzigde formule nieuwbouw)

Waarbij:
 MKI.B2.bw = MKI module B2 op bouwwerkniveau
 k = aantal milieueffecten (ef)
 Mef.B2.bw = milieueffect module B2 op bouwwerkniveau

Wef = weefactor milieueffect

Module B3: Reparatie

<67a> $Mef.B3.bw = \sum_{pr.m} Qpr.toe \times FB.in \times Mef.B3.pr$

Waarbij:
Mef.B3.bw.toe = milieueffect module B3 op bouwwerkniveau
m = aantal bij ingreep aan het bouwwerk toe te voegen producten (m)
Qpr.toe = aantal eenheden aan het bouwwerk toe te voegen product
FB.in = frequentie fase B voor product tijdens periode Tin-Tsl
Mef.B3.pr = milieueffect module B3 per eenheid product (zie rekenregels nieuwbouw)

<68> $MKI.B3.bw = \sum_{ef.k} Mef.B3.bw \times Wef$ (ongewijzigde formule nieuwbouw)

Waarbij:
MKI.B3.bw = MKI module B3 op bouwwerkniveau
k = aantal milieueffecten (ef)
Mef.B3.bw = milieueffect module B3 op bouwwerkniveau
Wef = weefactor milieueffect

Module B4: Vervanging

Bij module B4 wordt ook alle milieubelasting van de vervangende producten toebedeeld. Bij de toe te voegen producten wordt de frequentie op dezelfde manier berekend als bij nieuwbouw. Dit betekent dat elk product minimaal één keer wordt toegepast. Wel is de beschouwingsperiode Tin-Tsl in plaats van Tbo-Tsl (Lbw).

Bij de te handhaven producten lopen de vervangingen na de ingreep door. De minimalisering op 1 cyclus is dus niet aan de orde. Wel kan de frequentie niet kleiner dan 0 zijn. Ook vindt er een correctie plaats omdat de eerste vervanging na de ingreep pas aan de orde is nadat de restlevensduur van het bij de ingreep aanwezige product voorbij is.

<69b> $Fpr.han = \max(0; ((Tin-Tsl - Fpr.rest \times Lpr) / Lpr))$
Fpr.han: rekenkundig afronden op 2 decimalen

Waarbij:
Fpr.han = vervangingsfrequentie te handhaven product tijdens periode Tin-Tsl - restlevensduur
Tin-Tsl = periode ingreepjaar tot sloopjaar (= restlevensduur)
Fpr.rest = restfrequentie product
Lpr = levensduur product

<69c> $Fpr.toe = \max(1; Tin-Tsl / Lpr) - 1$
Fpr.toe: rekenkundig afronden op 2 decimalen

Waarbij:
Fpr.toe = vervangingsfrequentie toe te voegen product tijdens periode Tin-Tsl
Tin-Tsl = periode ingreepjaar tot sloopjaar (= restlevensduur)
Lpr = levensduur product

<70a> $Mef.B4.bw.han = \sum_{pr.l} Qpr \times f.han \times Fpr.han \times Mef.pr$

Waarbij:
Mef.B4.bw.han = milieueffect module B4 te handhaven producten op bouwwerkniveau
l = aantal producten in het bouwwerk (l)

Qpr	= aantal eenheden product in het bouwwerk
f.han	= fractie (%) van het aantal eenheden product, dat gehandhaafd blijft
Fpr.han	= vervangingsfrequentie te handhaven product tijdens periode Tin-Tsl - restlevensduur
Mef.pr	= milieueffect (alle modules) per eenheid product (zie rekenregels nieuwbouw)

<70b> $Mef.B4.bw.toe = \sum_{pr.l} Qpr.toe \times (FB.in \times Mef.B4.pr + Fpr.toe \times Mef.pr)$

Waarbij:	
Mef.B4.bw.toe	= milieueffect module B4 toe te voegen producten op bouwwerkniveau
m	= aantal bij ingreep aan het bouwwerk toe te voegen producten (m)
Qpr.toe	= aantal eenheden aan het bouwwerk toe te voegen product
FB.in	= frequentie fase B voor product tijdens periode Tin-Tsl
Mef.B4.pr	= milieueffect module B4 per eenheid product (zie rekenregels nieuwbouw)
Fpr.toe	= vervangingsfrequentie toe te voegen product tijdens periode Tin-Tsl
Mef.pr	= milieueffect (alle modules) per eenheid product (zie rekenregels nieuwbouw)

<70c> $Mef.B4.bw = Mef.B4.bw.han + Mef.B4.bw.toe$

Waarbij:	
Mef.B4.bw	= milieueffect module B4 op bouwwerkniveau
Mef.B4.bw.han	= milieueffect module B4 te handhaven producten op bouwwerkniveau
Mef.B4.bw.toe	= milieueffect module B4 toe te voegen producten op bouwwerkniveau

<71> $MKI.B4.bw = \sum_{ef.k} Mef.B4.bw \times Wef$ (ongewijzigde formule nieuwbouw)

Waarbij:	
MKI.B4.bw	= MKI module B4 op bouwwerkniveau
k	= aantal milieueffecten (ef)
Mef.B4.bw	= milieueffect module B4 op bouwwerkniveau
Wef	= weegfactor milieueffect

Gebruik-fase B

<72> $Mef.B1+B2+B3+B4.bw = Mef.B1.bw + Mef.B2.bw + Mef.B3.bw + Mef.B4.bw$ (ongewijzigde formule nieuwbouw)

Waarbij:	
Mef.B1+B2+B3+B4.bw	= milieueffect Gebruik-fase op bouwwerkniveau
Mef.B1.bw	= milieueffect module B1 op bouwwerkniveau
Mef.B2.bw	= milieueffect module B2 op bouwwerkniveau
Mef.B3.bw	= milieueffect module B3 op bouwwerkniveau
Mef.B4.bw	= milieueffect module B4 op bouwwerkniveau

<73> $MKI.B1+B2+B3+B4.bw = MKI.B1.bw + MKI.B2.bw + MKI.B3.bw + MKI.B4.bw$ (ongewijzigde formule nieuwbouw)

Waarbij:	
MKI.B1+B2+B3+B4.bw	= MKI Gebruik-fase op bouwwerkniveau
MKI.B1.bw	= MKI module B1 op bouwwerkniveau
MKI.B2.bw	= MKI module B2 op bouwwerkniveau
MKI.B3.bw	= MKI module B3 op bouwwerkniveau
MKI.B4.bw	= MKI module B4 op bouwwerkniveau

<74a> $MPG.B1+B2+B3+B4 = MKI.B1+B2+B3+B4.bw / (A.bvo.in \times Tin-Tsl)$

Waarbij:	
MPG.B1+B2+B3+B4	= Milieuprestatie Gebouw Gebruik-fase

MKI.B1+B2+B3+B4.bw = MKI Gebruik-fase op bouwwerkniveau
 A.bvo.in = bruto vloeroppervlakte na ingreep
 Tin-Tsl = periode ingreepjaar tot sloopjaar (= restlevensduur)

4.2.4 Milieubelasting Afdank-fase C (END OF LIVE)

Conform de EN15804 is de END OF LIVE-stage opgedeeld in de onderstaande modules (submodules):

- C1: Deconstruction/demolition
- C3: Transport
- C3: Waste processing
- C4: Disposal

De milieubelasting van de modules wordt gesommeerd tot de belasting van de Afdank-fase. In deze fase gaat het om het Afdank-fase van de te handhaven en toe te voegen producten. Beiden worden behandeld zoals de producten bij nieuwbouw. Het betreft het hier één productcyclus (sloop). Voor deze fase geldt dus dat de toepassingsfrequentie 1 is. Aangezien het een vermenigvuldiging betreft, vervalt de frequentie uit de formule.

Module C1: Sloop

<75a> $Mef.C1.bw.han = \sum_{pr.l} Qpr \times f.han \times Mef.C1.pr$

Waarbij:
 Mef.C1.bw.han = milieueffect module C1 te handhaven producten op bouwwerkniveau
 l = aantal producten in het bouwwerk (l)
 Qpr = aantal eenheden product in het bouwwerk
 f.han = fractie (%) van het aantal eenheden product, dat gehandhaafd blijft
 Mef.C1.pr = milieueffect module C1 per eenheid product (zie rekenregels nieuwbouw)

<75b> $Mef.C1.bw.toe = \sum_{pr.m} Qpr.toe \times Mef.C1.pr$

Waarbij:
 Mef.C1.bw.m = milieueffect module C1 toe te voegen producten op bouwwerkniveau
 m = aantal bij ingreep aan het bouwwerk toe te voegen producten (m)
 Qpr.toe = aantal eenheden aan het bouwwerk toe te voegen product
 Mef.C1.pr = milieueffect module C1 per eenheid product (zie rekenregels nieuwbouw)

<75c> $Mef.C1.bw = Mef.C1.bw.han + Mef.C1.bw.toe$

Waarbij:
 Mef.C1.bw = milieueffect module C1 op bouwwerkniveau
 Mef.C1.bw.han = milieueffect module C1 te handhaven producten op bouwwerkniveau
 Mef.C1.bw.toe = milieueffect module C1 toe te voegen producten op bouwwerkniveau

<76> $MKI.C1.bw = \sum_{ef.k} Mef.C1.bw \times Wef$ (ongewijzigde formule nieuwbouw)

Waarbij:
 MKI.C1.bw = MKI module C1 op bouwwerkniveau
 k = aantal milieueffecten (ef)
 Mef.C1.bw = milieueffect module C1 op bouwwerkniveau
 Wef = weegfactor milieueffect

Module C2: Onderhoud

<77a> $Mef.c2.bw.han = \sum_{pr.l} Qpr \times f.han \times Mef.c2.pr$

Waarbij:

Mef.c2.bw.han	= milieueffect module C2 te handhaven producten op bouwwerkniveau
l	= aantal producten in het bouwwerk (l)
Qpr	= aantal eenheden product in het bouwwerk
f.han	= fractie (%) van het aantal eenheden product, dat gehandhaafd blijft
Mef.c2.pr	= milieueffect module C2 per eenheid product (zie rekenregels nieuwbouw)

<77b> $Mef.c2.bw.toe = \sum_{pr.m} Qpr.toe \times Mef.c2.pr$

Waarbij:

Mef.c2.bw m	= milieueffect module C2 toe te voegen producten op bouwwerkniveau
m	= aantal bij ingreep aan het bouwwerk toe te voegen producten (m)
Qpr.toe	= aantal eenheden aan het bouwwerk toe te voegen product
Mef.c2.pr	= milieueffect module C2 per eenheid product (zie rekenregels nieuwbouw)

<77c> $Mef.c2.bw = Mef.c2.bw.han + Mef.c2.bw.toe$

Waarbij:

Mef.c2.bw	= milieueffect module C2 op bouwwerkniveau
Mef.c2.bw.han	= milieueffect module C2 te handhaven producten op bouwwerkniveau
Mef.c2.bw.toe	= milieueffect module C2 toe te voegen producten op bouwwerkniveau

<78> $MKI.c2.bw = \sum_{ef.k} Mef.c2.bw \times Wef$ (ongewijzigde formule nieuwbouw)

Waarbij:

MKI.c2.bw	= MKI module C2 op bouwwerkniveau
k	= aantal milieueffecten (ef)
Mef.c2.bw	= milieueffect module C2 op bouwwerkniveau
Wef	= weegfactor milieueffect

Module C3: Afvalverwerking

<79a> $Mef.c3.bw.han = \sum_{pr.l} Qpr \times f.han \times Mef.c3.pr$

Waarbij:

Mef.c3.bw.han	= milieueffect module C3 te handhaven producten op bouwwerkniveau
l	= aantal producten in het bouwwerk (l)
Qpr	= aantal eenheden product in het bouwwerk
f.han	= fractie (%) van het aantal eenheden product, dat gehandhaafd blijft
Mef.c3.pr	= milieueffect module C3 per eenheid product (zie rekenregels nieuwbouw)

<79b> $Mef.c3.bw.toe = \sum_{pr.m} Qpr.toe \times Mef.c3.pr$

Waarbij:

Mef.c3.bw m	= milieueffect module C3 toe te voegen producten op bouwwerkniveau
m	= aantal bij ingreep aan het bouwwerk toe te voegen producten (m)
Qpr.toe	= aantal eenheden aan het bouwwerk toe te voegen product
Mef.c3.pr	= milieueffect module C3 per eenheid product (zie rekenregels nieuwbouw)

<79c> $Mef.c3.bw = Mef.c3.bw.han + Mef.c3.bw.toe$

Waarbij:

Mef.C3.bw = milieueffect module C3 op bouwwerkniveau
 Mef.C3.bw.han = milieueffect module C3 te handhaven producten op bouwwerkniveau
 Mef.C3.bw.toe = milieueffect module C3 toe te voegen producten op bouwwerkniveau

<80> $MKI.C3.bw = \sum_{ef,k} Mef.C3.bw \times Wef$ (ongewijzigde formule nieuwbouw)

Waarbij:
 MKI.C3.bw = MKI module C3 op bouwwerkniveau
 k = aantal milieueffecten (ef)
 Mef.C3.bw = milieueffect module C3 op bouwwerkniveau
 Wef = weegfactor milieueffect

Module C4: Finaal afval

<81a> $Mef.C4.bw.han = \sum_{pr,l} Qpr \times f.han \times Mef.C4.pr$

Waarbij:
 Mef.C4.bw.han = milieueffect module C4 te handhaven producten op bouwwerkniveau
 l = aantal producten in het bouwwerk (l)
 Qpr = aantal eenheden product in het bouwwerk
 f.han = fractie (%) van het aantal eenheden product, dat gehandhaafd blijft
 Mef.C4.pr = milieueffect module C4 per eenheid product (zie rekenregels nieuwbouw)

<81b> $Mef.C4.bw.toe = \sum_{pr,m} Qpr.toe \times Mef.C4.pr$

Waarbij:
 Mef.C4.bw = milieueffect module C4 toe te voegen producten op bouwwerkniveau
 m = aantal bij ingreep aan het bouwwerk toe te voegen producten (m)
 Qpr.toe = aantal eenheden aan het bouwwerk toe te voegen product
 Mef.C4.pr = milieueffect module C4 per eenheid product (zie rekenregels nieuwbouw)

<81c> $Mef.C4.bw = Mef.C4.bw.han + Mef.C4.bw.toe$

Waarbij:
 Mef.C4.bw = milieueffect module C4 op bouwwerkniveau
 Mef.C4.bw.han = milieueffect module C4 te handhaven producten op bouwwerkniveau
 Mef.C4.bw.toe = milieueffect module C4 toe te voegen producten op bouwwerkniveau

<82> $MKI.C4.bw = \sum_{ef,k} Mef.C4.bw \times Wef$ (ongewijzigde formule nieuwbouw)

Waarbij:
 MKI.C4.bw = MKI module C4 op bouwwerkniveau
 k = aantal milieueffecten (ef)
 Mef.C4.bw = milieueffect module C4 op bouwwerkniveau
 Wef = weegfactor milieueffect

Afdank-fase C

<83> $Mef.C1+C2+C3+C4.bw = Mef.C1.bw + Mef.C2.bw + Mef.C3.bw + Mef.C4.bw$ (ongewijzigde formule nieuwbouw)

Waarin:
 Mef.C1+C2+C3+C4.bw = milieueffect Afdank-fase op bouwwerkniveau
 Mef.C1.bw = milieueffect module C1 op bouwwerkniveau
 Mef.C2.bw = milieueffect module C2 op bouwwerkniveau

Mef.C3.bw = milieueffect module C3 op bouwwerkniveau
Mef.C4.bw = milieueffect module C4 op bouwwerkniveau

<84> $MKI.C1+C2+C3+C4.bw = MKI.C1.bw + MKI.C2.bw + MKI.C3.bw + MKI.C4.bw$ (ongewijzigde formule nieuwbouw)

Waarin:

$MKI.C1+C2+C3+C4.bw$ = MKI Afdank-fase op bouwwerkniveau
MKI.C1.bw = MKI module C1 op bouwwerkniveau
MKI.C2.bw = MKI module C2 op bouwwerkniveau
MKI.C3.bw = MKI module C3 op bouwwerkniveau
MKI.C4.bw = MKI module C4 op bouwwerkniveau

<85a> $MPG.C1+C2+C3+C4 = MKI.C1+C2+C3+C4.bw / (A.bvo.in \times Tin-Tsl)$

Waarbij:

$MPG.C1+C2+C3+C4$ = Milieuprestatie Gebouw Afdank-fase
 $MKI.C1+C2+C3+C4.bw$ = MKI Afdank-fase op bouwwerkniveau
A.bvo.in = bruto vloeroppervlakte na ingreep
Tin-Tsl = periode ingreepjaar tot sloopjaar (= restlevensduur)

4.2.5 Milieubelasting Buiten-levensloop (BEYOND THE BUILDING LIFE CYCLE)

In deze fase gaat het om de Buiten-levensloop-fase van de te handhaven en toe te voegen producten. Beiden worden behandeld zoals de producten bij nieuwbouw. Dit betekent dat het alleen gaat om de laatste productcyclus en de frequentie dus 1 is. Voor deze fase geldt dus dat de toepassingsfrequentie 1 is. Aangezien het een vermenigvuldiging betreft, vervalt de frequentie uit de formule.

Module D: Buiten-levensloop

<86a> $Mef.D.bw.han = \sum_{pr.l} Qpr \times f.han \times Mef.D.pr$

Waarbij:

Mef.D.bw.han = milieueffect module D te handhaven producten op bouwwerkniveau
l = aantal producten in het bouwwerk (l)
Qpr = aantal eenheden product in het bouwwerk
f.han = fractie (%) van het aantal eenheden product, dat gehandhaafd blijft
Mef.D.pr = milieueffect module D per eenheid product (zie rekenregels nieuwbouw)

<86b> $Mef.D.bw.toe = \sum_{pr.m} Qpr.toe \times Mef.D.pr$

Waarbij:

Mef.D.bw = milieueffect module D toe te voegen producten op bouwwerkniveau
m = aantal bij ingreep aan het bouwwerk toe te voegen producten (m)
Qpr.toe = aantal eenheden aan het bouwwerk toe te voegen product
Mef.D.pr = milieueffect module D per eenheid product (zie rekenregels nieuwbouw)

<86c> $Mef.D.bw = Mef.D.bw.han + Mef.D.bw.toe$

Waarbij:

Mef.D.bw = milieueffect module D op bouwwerkniveau = MKI Buiten-levensloop-fase op bouwwerkniveau
Mef.D.bw.han = milieueffect module D te handhaven producten op bouwwerkniveau
Mef.D.bw.toe = milieueffect module D toe te voegen producten op bouwwerkniveau

<87> $MKI.D.bw = \sum_{ef,k} Mef.D.bw \times Wef$ (ongewijzigde formule nieuwbouw)

Waarbij:
 MKI.D.bw = MKI module D op bouwwerkniveau = MKI Buiten-levensloop-fase op bouwwerkniveau
 k = aantal milieueffecten (ef)
 Mef.D.bw = milieueffect module D op bouwwerkniveau
 Wef = weegfactor milieueffect

<88a> $MPG.D = MKI.D.bw / (A.bvo.in \times Tin-Tsl)$

Waarbij:
 MPG.D = Milieuprestatie Gebouw Product-fase
 MKI.D.bw = MKI Product-fase op bouwwerkniveau
 A.bvo.in = bruto vloeroppervlakte na ingreep
 Tin-Tsl = periode ingreepjaar tot sloopjaar (= restlevensduur)

4.3 Rekenregels MKI bouwwerk en MPG

In paragraaf 4.2 zijn de rekenregels voor de bepaling van de milieubelasting per module, en daarna per fase van de bouwwerklevensloop beschreven. Door sommatie over alle fasen uit de EN15804 wordt de MKI voor het bouwwerk verkregen.

<89> $Mef.bw = Mef.A1-3.bw + Mef.A4+A5.bw + Mef.B.bw + Mef.C.bw + Mef.D.bw$ (ongewijzigde formule nieuwbouw)

Waarbij:
 Mef.bw = milieueffect bouwwerk
 Mef.A1-3.bw = milieueffect Product-fase op bouwwerkniveau
 Mef.A4+A5.bw = milieueffect Constructie-fase op bouwwerkniveau
 Mef.B.bw = milieueffect Gebruik-fase op bouwwerkniveau
 Mef.C.bw = milieueffect Afdank-fase op bouwwerkniveau
 Mef.D.bw = milieueffect Buiten-levensloop-fase op bouwwerkniveau

<90> $MKI.bw = \sum_{ef,k} Mef.bw \times Wef$ (ongewijzigde formule nieuwbouw)

Waarbij:
 MKI.bw = MKI bouwwerk
 k = aantal milieueffecten (ef)
 Mef.bw = milieueffect bouwwerk
 Wef = weegfactor milieueffect

<91a> $MPG = MKI.bw / (A.bvo.in \times Tin-Tsl)$

Waarbij:
 MPG = Milieuprestatie Gebouw
 MKI.bw = MKI Product-fase op bouwwerkniveau
 A.bvo.in = bruto vloeroppervlakte na ingreep
 Tin-Tsl = periode ingreepjaar tot sloopjaar (= restlevensduur)

Bibliografie

- Ollongren, M. v. (oktober 2019). *Kamerbrief - Maatregelen voor het bevorderen van circulair bouwen*. Den Haag: Ministerie van BZK.
- SGS-Intron. (juni 2019). *Beoordeling milieuprestaties van her te gebruiken elementen in relatie tot Bouwbesluit 2012*. Sittard: Stichting Bouwkwiteit.
- Stichting Bouwkwiteit. (januari 2019). *Bepalingsmethode Milieuprestatie Gebouwen en GWW-werken; Berekeningswijze voor het bepalen van de milieuprestatie van gebouwen en GWW-werken gedurende hun gehele levensduur, gebaseerd op de EN15804.'*- Versie 3.0. Rijswijk.
- W/E adviseurs. (april 2020). *Rekenregels en richtlijnen bepaling Milieuprestatie Gebouwen en GWW-werken, versie 3.0,deel 1: toelichting op de berekeningswijze bij de gevalideerde rekentools*. Utrecht: Stichting Bouwkwiteit.
- W/E adviseurs. (maart 2014). *Bepaling van de milieuprestatie van te renoveren, of te transformeren, bestaande gebouwen; Addendum op de Bepalingsmethode milieuprestatie gebouwen en GWW-werken'; Referentienummers: 4200457, W/E 8444*. Utrecht.