



Verkenning uniforme meetmethode voor Losmaakbaarheid in de GWW

Onderzoek naar de bruikbaarheid van meetmethoden voor
losmaakbaarheid uit de B&U sector in de GWW sector

In opdracht van Rijkswaterstaat namens het transitieteam Circulaire
Bouweconomie

20 april 2022
2022-0204.004-V3.0

INHOUDSOPGAVE

01	INLEIDING	3
01.01	Vraagstelling	4
01.02	Scope onderzoek	4
01.03	Leeswijzer	5
02	THEORETISCH KADER – LOSMAAKBAARHEID IN DE B&U	6
02.01	Definitie losmaakbaarheid	6
02.02	Toelichting verschillende meetmethoden	7
02.03	Voorbeeld meetmethode voor losmaakbaarheid	7
03	PLAN VAN AANPAK	9
04	RESULTATEN EN BEVINDINGEN	11
04.01	Interviews	11
04.01.01	Belangrijke verschillen B&U en GWW in relatie tot losmaakbaarheid	11
04.01.02	Toepassingsgebieden	11
04.01.03	Losmaakbaarheid voor hergebruik	12
04.01.04	Losmaakbaarheid voor adaptiviteit	12
04.01.05	Losmaakbaarheid voor beheer- en onderhoud	12
04.01.06	Losmaakbaarheid voor restwaarde en alternatieve verdienmodellen	12
04.01.07	Schaalniveaus van losmaakbaarheid	13
04.02	Praktijktoets	13
04.02.01	Werkwijze	13
04.02.02	Uitkomsten rekenmethode	14
04.02.03	Reflectie	16
05	CONCLUSIE EN AANBEVELINGEN	27
05.01	Deelvraag 1	27
05.01.01	Overeenkomsten en verschillen	27
05.01.02	Verschillen	27
05.02	Deelvraag 2	28
05.03	Deelvraag 3	28
05.04	Deelvraag 4	29
05.05	Aanbevelingen voor vervolgonderzoek	29
06	BIJLAGEN	31
06.01	Bijlage 1 – Factoren meetmethode voor losmaakbaarheid	31
06.02	Bijlage 2 – Overzicht rollen en organisatie van geïnterviewden	32
06.03	Bijlage 3 – Beoordeling losmaakbaarheidsindex objecten GWW	32

01 INLEIDING

In Nederland staat circulariteit steeds nadrukkelijker op de agenda. In het Rijksbrede programma Circulaire Economie in 2050 is de bouw als één van de prioritaire thema's aangewezen. In 2018 is daarvoor een transitie-agenda 'Circulaire Bouweconomie' opgesteld. Deze wordt nu door het transitieteam uitgewerkt in de vorm van jaarlijkse uitvoeringsprogramma's. Deze verkenning naar een uniforme meetmethode voor losmaakbaarheid in de GWW is uitgevoerd in opdracht van Rijkswaterstaat namens het transitieteam Circulaire Bouweconomie.

Één van de actiepunten van het uitvoeringsprogramma Circulaire Bouweconomie is het ontwikkelen van meetmethoden voor circulariteit. Onderdeel daarvan is losmaakbaarheid, dat wordt beschouwd als een belangrijke voorwaarde voor het ontwikkelen van circulaire bouwwerken. Dutch Green Building Council (hierna: DGBC) heeft in 2019 een uniforme meetmethodiek losmaakbaarheid laten ontwikkelen om de losmaakbaarheid bij gebouwen te beoordelen¹. De meetmethodiek Losmaakbaarheid is ontwikkeld en getoetst door een consortium van Alba Concepts, Dutch Green Building Council, Rijksdienst voor Ondernemend Nederland en W/E Adviseurs in opdracht van het Ministerie van Binnenlandse Zaken en de Transitieagenda Circulaire Bouweconomie. Parallel hieraan heeft PIANOo² ook een handreiking laten ontwikkelen. Beiden handreikingen gaan uit van dezelfde basisprincipes, maar onderscheiden zich in het aantal technische factoren dat wordt meegewogen. Er is destijds besproken dat binnen de burgerlijke- & utiliteitsbouw (verder B&U) beide meetmethodieken prima naast elkaar te gebruiken zijn, mits een duidelijke keuze wordt gemaakt voor één van de methodieken.

CB'23 is een platform dat zich inzet voor de transitie naar een circulaire bouweconomie door hierover de benodigde afspraken samen met de sector te ontwikkelen. Platform CB'23 richt zich daarbij op de sector als geheel, dus op zowel B&U als grond-, weg- en waterbouw (verder: GWW). In de eerste twee jaren is er door Platform CB'23 o.a. gewerkt aan een kernmethode voor het meten van circulariteit. Daarbij is ook aandacht besteed aan het principe van 'losmaakbaarheid als randvoorwaarde voor (technisch) waardebehoud', met name bij hergebruik en hoogwaardige recycling in volgende levenscycli.

Het doel van dit onderzoek is om te verkennen of het instrument dat de basis vormt voor de huidige handreikingen uit de B&U geschikt zijn voor toepassing in de GWW, welke behoefte aan aanpassing en aanvulling nodig is om dit instrument optimaal bruikbaar te maken voor de GWW of dat een nieuw instrument moet worden ontwikkeld en waar dit dan aan moet voldoen. Daarbij is een aandachtspunt dat ook de inzichten van Platform CB'23 met betrekking tot meten van circulariteit en specifiek losmaakbaarheid en adaptiviteit worden meegenomen.

De GWW sector is een brede sector waarbij het gaat om projecten die Nederland verbinden, zoals het wegennet, dijken, kanalen en bruggen. In de meeste projecten is de overheid de opdrachtgever en vindt de verbinding met de markt plaats via een aanbestedingsprocedure. Dit vraagt om uniforme en verifieerbare meetmethodes voor nieuwe, maar ook complexe thema's.

¹ DGBC (2019). *Circular Buildings: Een meetmethodiek voor losmaakbaarheid*

² PIANOo (2019). *Handreiking Losmaakbaarheid*

Voor de circulaire bouwconomie is losmaakbaarheid interessant, omdat elementen opnieuw uit elkaar gehaald worden voor hoogwaardig hergebruik. Dit heeft twee redenen: Je kan producten schadevrij uit elkaar halen voor hergebruik, alsmede waardebehoud vergroten van de achtergebleven constructie.

01.01 Vraagstelling

In dit rapport wordt antwoord gegeven op vier deelvragen:

1. Waar liggen de kenmerkende verschillen tussen bouw- en utiliteit (hierna: B&U) en Grond Weg en Waterbouw (hierna: GWW) die voor het onderwerp losmaakbaarheid (mogelijk) relevant zijn?
2. Is de methodiek van 'circular buildings' in de huidige vorm goed bruikbaar voor de GWW? En die van de handreiking van PIANOo? Wat zijn de belangrijkste verschillen tussen deze methodieken, en welke heeft op basis daarvan de voorkeur als eventuele basis voor verdere verspreiding en ontwikkeling?
3. Is het mogelijk en wenselijk om voor een op de GWW toegesneden handreiking uit te gaan/voort te bouwen op de basisprincipes van de bestaande methodiek en wat zijn daarbij de overwegingen?
4. Waar moet een meetmethode voor losmaakbaarheid in de GWW aan voldoen?

01.02 Scope onderzoek

Tijdens het onderzoek zijn verschillende onderzoeksmethodes gehanteerd:

- Een analyse van de twee meetmethoden voor losmaakbaarheid;
- Interviews met experts uit de GWW sector;
- Het formuleren van een routekaart om antwoord te krijgen op de vraag of de meetmethode voor losmaakbaarheid toepasbaar is in de GWW sector, en zo ja in welke vorm.
- Het toetsen van de bestaande meetmethode voor losmaakbaarheid in vijf objecten/kunstwerken in de GWW sector.

In het onderzoek wordt, naast een analyse van de twee bestaande methodieken voor de B&U, ook aansluiting gezocht bij reeds lopende ontwikkelingen en inzichten met betrekking tot losmaakbaarheid en adaptiviteit in de GWW.

Gedurende het onderzoek zijn een aantal zaken buiten beschouwing gelaten. Dat zijn de volgende:

- Gedurende dit verkennende onderzoek wordt geen nieuwe meetmethode ontwikkeld. Enkel wordt de toepasbaarheid van de huidige meetmethodiek voor losmaakbaarheid in de GWW sector onderzocht. Op basis hiervan worden aanbevelingen gedaan voor een eventueel vervolgonderzoek/project.
- In het onderzoek "Disassembling the steps towards Building Circularity"³ zijn 26 factoren geïdentificeerd. Dit onderzoek vormt de basis voor de rapporten voor PIANOo en de DGBC, waar respectievelijk zeven en vier van die factoren zijn geselecteerd als meest relevant en de basis van de methode vormen. Bij het toetsen van de bestaande methoden zijn alleen deze factoren beschouwd. Om het volledige spectrum van losmaakbaarheid voor de GWW te toetsen dienen alle 26 factoren beschouwd te worden. Dit onderzoek doet een eerste aanbeveling voor de selectie van factoren die toepasbaar en/of het meest relevant zijn voor de GWW sector, maar er dient een vervolgonderzoek

³ Van Vliet (2018): Disassembling the steps towards building circularity



uitgevoerd te worden om een definitieve uitspraak te doen over de uiteindelijk toe te passen factoren voor de GWW meetmethode.

- In de B&U meetmethoden zijn ook formules opgenomen voor het bepalen van de losmaakbaarheidsindex van een (deel)object of van een geheel bouwwerk. In dit onderzoek zijn uitsluitend onderdelen van verschillende type werken meegenomen. Hoe goed deze eenpuntsscores de integrale losmaakbaarheid van een GWW project weergeven behoorde derhalve niet tot de scope.

01.03 Leeswijzer

Hoofdstuk 2 geeft een omschrijving van de losmaakbaarheid methode en circulariteit in de B&U sector en schept daarmee context voor de GWW sector.

Hoofdstuk 3 omschrijft het plan van aanpak voor het onderzoek naar de toepasbaarheid van de bestaande meetmethoden voor losmaakbaarheid in de GWW sector.

Hoofdstuk 4 omschrijft de uitkomsten van het onderzoek volgend op de gehanteerde onderzoeksmethodes.

Hoofdstuk 5 benoemt de conclusies van het onderzoek en formuleert de aanbevelingen voor het vervolg.

Hoofdstuk 6 is ondersteunend aan het rapport met behulp van bijlages.



02 THEORETISCH KADER – LOSMAAKBAARHEID IN DE B&U

In dit hoofdstuk wordt het theoretisch kader, zoals opgenomen in de bestaande meetmethodieken voor losmaakbaarheid, verder toegelicht. De bestaande meetmethoden zijn met name ontwikkeld voor de B&U sector.

In dit onderzoek is de toepasbaarheid van twee meetmethoden voor losmaakbaarheid in de GWW onderzocht, namelijk:

- Handreiking losmaakbaarheid (PIANOo, 2019);
- Circulair Buildings: Meetmethodiek losmaakbaarheid (DGBC, 2021)⁴.

Beide methoden hebben tot doel om een losmaakbaarheidsindex vast te stellen, die de mate van losmaakbaarheid van (deel)objecten in de toekomst aangeeft.



Figuur 1: Links: Circulair Buildings - Meetmethodiek Losmaakbaarheid (DGBC). Rechts: Handreiking losmaakbaarheid (PIANOo)

02.01 Definitie losmaakbaarheid

Gebouwen zijn een verzameling van complexe entiteiten, opgebouwd uit verschillende materialen, producten en elementen die met elkaar zijn verbonden. De mate waarin deze verbindingen verbroken kunnen worden, zodat een object de functie kan behouden en hoogwaardig hergebruik realiseerbaar is, bepaalt de mate (graad) van losmaakbaarheid.

“De losmaakbaarheid van een gebouw is de mate waarin objecten demontabel zijn op alle schaalniveaus, zonder afbreuk te doen aan de functie van het object of omliggende objecten om zo de bestaande waarde te beschermen.” – Circulair Buildings - Meetmethodiek losmaakbaarheid 2.0 (2021).

⁴ Parallel aan dit onderzoek is de meetmethode “Circulair Buildings: Meetmethodiek losmaakbaarheid” herzien. Dit onderzoek is mei 2021 gepubliceerd.

02.02 Toelichting verschillende meetmethoden

In “Disassembling the steps towards Building Circularity” zijn 26 factoren geïdentificeerd die invloed hebben op de losmaakbaarheid van een bouwwerk. Deze zijn ingedeeld in drie categorieën, namelijk technische, procesmatige en financiële factoren. Op basis van een enquête-onderzoek met 122 respondenten zijn destijds zeven technische factoren uitgewerkt tot een meetmethodiek voor losmaakbaarheid. Vijf procesmatige en financiële factoren zijn aangemerkt als randvoorwaarden en drijfveren om losmaakbaarheid te stimuleren in het ontwikkelproces. Het rapport “Disassembling the steps towards Building Circularity” is de grondlegger van de meetmethoden van PIANOo en DGBC. In dit onderzoek wordt gerefereerd naar het oorspronkelijke rapport “Disassembling the steps towards Building Circularity” en wordt een voorzet gedaan welke overige factoren uit die 26 mogelijk relevant zijn voor de GWW sector. De 26 factoren afzonderlijk worden niet inhoudelijk behandeld.

Handreiking losmaakbaarheid (PIANOo, 2019);

De ‘Handreiking losmaakbaarheid’ (PIANOo) is opgesteld om losmaakbaarheid te integreren in het aanbestedingsproces van de B&U en GWW sector. Hierin is verwezen naar de factoren uit ‘*Disassembling the steps towards Building Circularity*’. In dit onderzoek is de kwantitatieve losmaakbaarheidsindex opgenomen, gebaseerd op de 4 procesmatige en 3 financiële factoren. Wederom zijn randvoorwaarden en drijfveren opgenomen om losmaakbaarheid mee te nemen in het proces om te sturen op een of méér losmaakbare objecten.

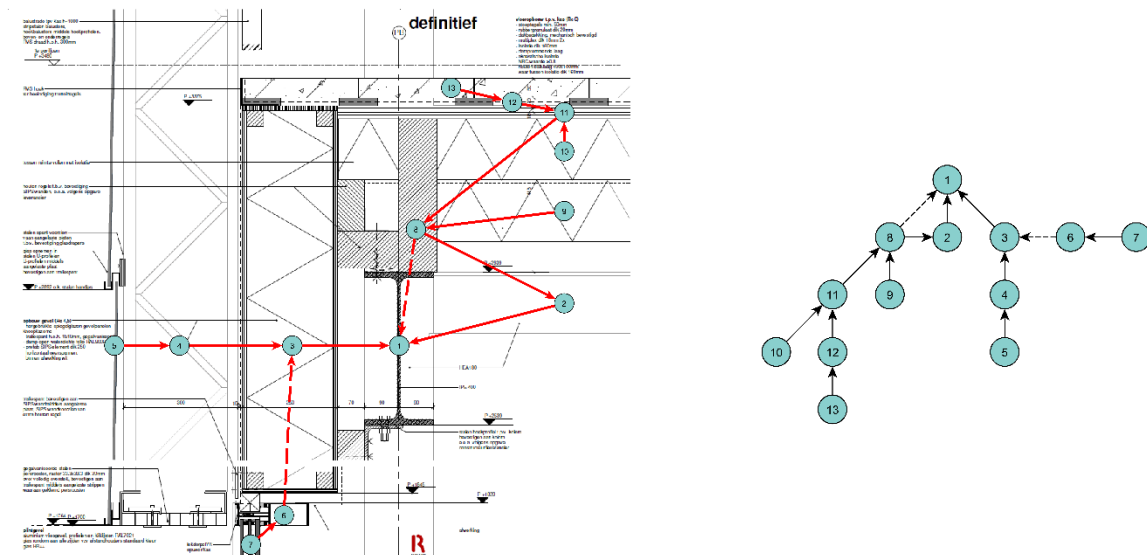
Circular Buildings: een meetmethodiek voor losmaakbaarheid (DGBC, 2018/2021)

In het rapport ‘Circular Buildings: een meetmethodiek voor losmaakbaarheid’ is in overleg met diverse experts een selectie gemaakt van vier essentiële technische factoren om de meetmethode méér praktisch toepasbaar te maken in de B&U sector. De vier factoren zijn rechtstreeks afgeleid uit het onderzoek ‘*Disassembling the steps towards Building Circularity*’ en de ‘Handreiking losmaakbaarheid’ (PIANOo).

In opdracht van DGBC wordt het rapport ‘Circular Buildings: een meetmethodiek voor losmaakbaarheid’ aangepast met de nieuwste kennis uit de markt. In november 2020 is een open oproep gedaan naar marktpartijen die ervaring hebben opgedaan met het toepassen van de meetmethodiek. Op basis van deze feedback is er begin 2021 een nieuwe versie gelanceerd. Deze ontwikkeling liep parallel met dit onderzoek en de meest actuele kennis is verwerkt in dit onderzoek.

02.03 Voorbeeld meetmethode voor losmaakbaarheid

In het figuur hieronder is een voorbeeld uitgewerkt van de toepassing van de meetmethode voor losmaakbaarheid in de B&U-sector conform de DGBC meetmethode uit 2018.



Figuur 2: Voorbeeld van een B&U detail waarvan de (deel)objecten en verbindingen inzichtelijk gemaakt zijn.

Voor ieder detail wordt vastgesteld wat de relevante deelobjecten zijn (Figuur 2, links), en worden deze – met hun onderlinge verbindingen – schematisch weergegeven (Figuur 2, rechts). Daarna worden de verschillende verbindingen (volgens een vastgestelde methode) beoordeeld op de mate van losmaakbaarheid (Tabel 1). Van belang hierbij is het kiezen van het juiste schaalniveau en welke deelverbindingen van belang zijn. In de B&U wordt hierbij uitgegaan van de omgekeerde bouwvolgorde. De omgekeerde bouwvolgorde betekent de volgorde van demonteren aan het einde van de levensduur van het gebouw.

Tabel 1 Gedeeltelijke uitwerking van de losmaakbaarheidsindex van The Green House uit het rapport Circular Buildings: een meetmethode voor losmaakbaarheid.

ID	Element	ID 2	Element onderliggend	VI	DK	Ls element	TV	ToV	Lic element*	LI
21.1.1	Prefab SIPS element	28.1.2	IPE 400 liggers 1e + 2e verdieping	1,00	1,00	1,00	0,80	0,80	0,80	0,90
21.1.2	Traliespant	21.1.1	Prefab SIPS element	1,00	1,00	1,00	0,60	0,80	0,70	0,85
23.0.4	Isolatie tussen balklaag 160mm	23.2.2	Houten balklaag 1e verdieping	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
23.0.5	Isolatie 160mm 1e verdieping	23.2.3	Multiplex 18mm 1e verdieping	1,00	1,00	1,00	0,80	1,00	0,90	0,95
23.0.6	Dakbedekking 1e verdieping	23.2.3	Multiplex 18mm 1e verdieping	1,00	1,00	1,00	0,80	0,40	0,60	0,80
23.2.1	Betontegels begane grond en 1e verdieping	23.0.2	Zandpakket met vloerverwarming	1,00	0,40	0,70	1,00	1,00	1,00	0,85
23.2.2	Houten balklaag 1e verdieping	28.1.3	HEA 180 liggers 1e + 2e verdieping	1,00	1,00	1,00	0,80	0,80	0,80	0,90
23.2.3	Multiplex 18mm 1e verdieping	23.2.2	Houten balklaag 1e verdieping	1,00	1,00	1,00	0,80	0,80	0,80	0,90
28.1.2	IPE 400 liggers 1e + 2e verdieping	28.1.1	HEA 180 kolom	1,00	1,00	1,00	0,10	0,40	0,25	0,63
28.1.3	HEA 180 liggers 1e + 2e verdieping	28.1.2	IPE 400 liggers 1e + 2e verdieping	1,00	1,00	1,00	0,10	0,40	0,25	0,63
31.4.1	Aluminium Vliesgevel	16.0.2	Legioblokken	0,70	1,00	0,85	0,80	0,80	0,80	0,83
31.4.2	Glas HR++ vliesgevel	31.4.2	Glas HR++ vliesgevel	0,70	1,00	0,85	0,80	0,80	0,80	0,83
41.0.1	Hergebruikte spiegelglazen gevelpanelen	21.1.1	Prefab SIPS element	0,20	1,00	0,60	0,80	1,00	0,90	0,75

03 PLAN VAN AANPAK

Wij hebben onderzoek gedaan in hoeverre de huidige meetmethoden van losmaakbaarheid, gericht op de B&U sector, ook bruikbaar zijn in de GWW sector. Om de eerste deelvragen, zoals benoemd in paragraaf 1.1, te beantwoorden heeft Alba Concepts desk- en fieldresearch uitgevoerd.

Eerste analyse B&U versus GWW: Ten eerste is vanuit de expertise van Alba Concepts over de meetmethode een eerste analyse gedaan van de grootste verschillen en overeenkomsten tussen de B&U en GWW sector en welke invloed dit heeft op het meetbaar maken van losmaakbaarheid.

Interviews met experts: Vervolgens is op basis van deze analyse een interviewleidraad opgesteld. De vragen uit deze leidraad zijn in een semi gestructureerd interview aan diverse experts op het gebied van duurzaamheid en circulariteit in de GWW sector voorgelegd. Hiermee zijn de eerste bevindingen en aannames gevalideerd die met het begeleidingsteam en vanuit het theoretisch kader zijn gevormd. Op basis van de eerste bevindingen lijkt de meetmethodiek op hoofdlijnen bruikbaar voor de GWW sector.

Toepassen losmaakbaarheidsindex op GWW-cases: Middels een praktische toets is de losmaakbaarheidsindex van PIANOo en DGBC door de onderzoeker van Alba toegepast in diverse representatieve GWW cases. Hiervoor is technische informatie van de daadwerkelijke projecten gebruikt. De resultaten van de praktische toets laten zien welke implicaties de bestaande methodiek heeft, welke onderdelen ervan ook in de GWW toepasbaar zijn, welke zaken aanpassing of aanvulling behoeven en aan welke randvoorwaarden de meetmethode moet voldoen.

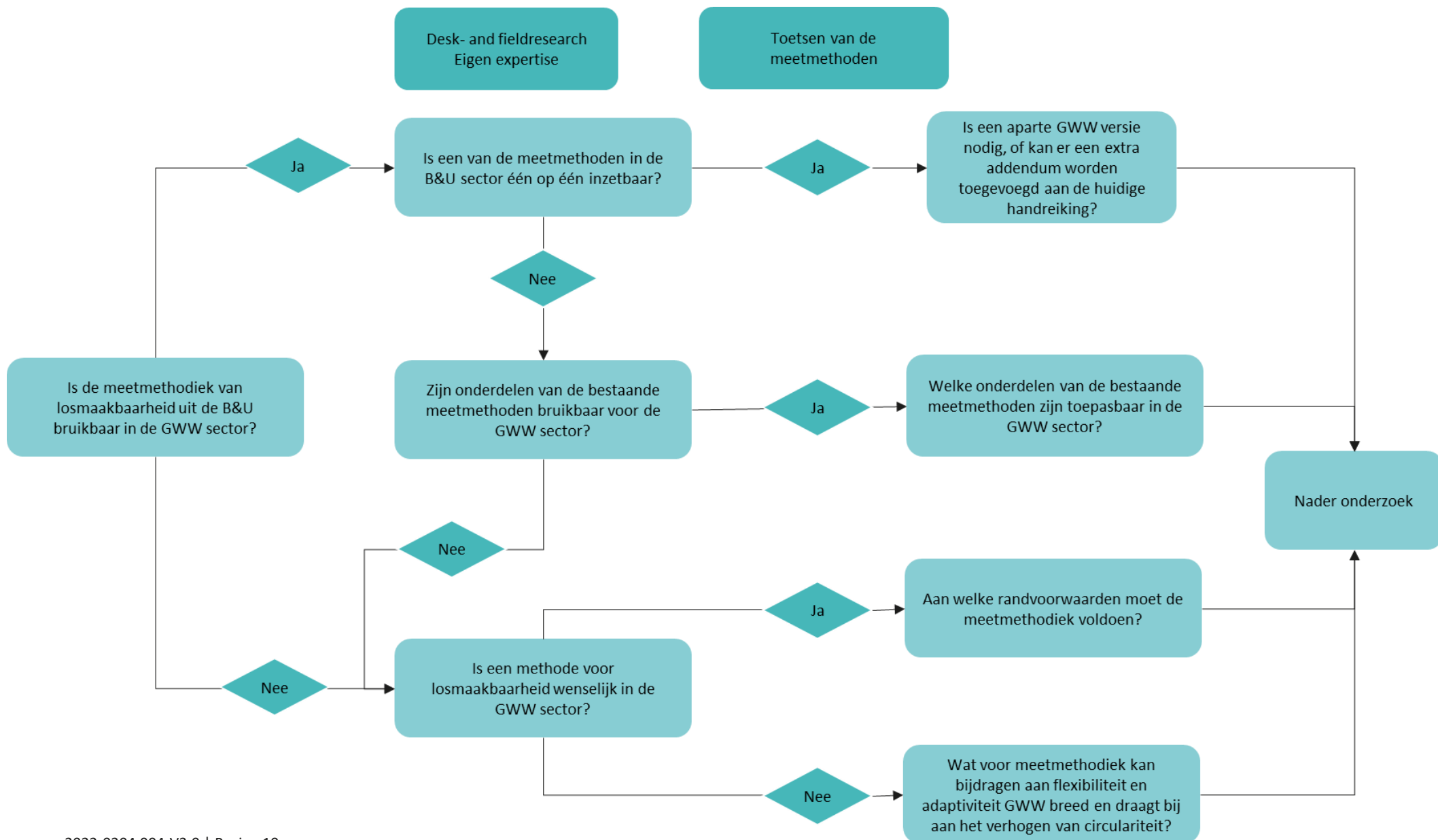
Kennissessie met de sector: Volgend op de praktische toets is een kennissessie georganiseerd in samenwerking met Rijkswaterstaat tijdens de week van de circulaire economie op 4 februari 2021. In deze sessie zijn diverse geïnteresseerden en experts (>50) aanwezig geweest om de eerste bevindingen uit dit onderzoek te beschouwen. Deze sessie is vooral georganiseerd om geïnteresseerden mee te nemen in het denkproces en om draagvlak voor een meetmethode voor losmaakbaarheid in de GWW te toetsen. Relevante inzichten uit de sessie zijn in het verdere proces meegenomen.

Expertsessies: De resultaten van de praktische toets zijn in drie sessies met (technische) experts over beschoeiing, bruggen en wegen besproken. Hierin is behandeld welke verschillen er tussen GWW objecten zijn voor het meten van losmaakbaarheid, welke deelobjecten beoordeeld moeten worden en op welk schaalniveau, hoe relevant de toegepaste losmaakbaarheidsfactoren zijn in de beoordeling en wat de uitkomsten zijn. Deze expertsessies zijn uitgevoerd om inzicht en feedback te verkrijgen op de bestaande meetmethoden voor losmaakbaarheid.

Het resultaat van het onderzoek is een advies over hoe de meetmethodiek voor losmaakbaarheid in de GWW eruit moet zien, en in hoeverre hiervoor op de bestaande methodieken kan worden voortgebouwd. De stappen die genomen zijn om tot de conclusie en aanbevelingen te komen zijn opgenomen in figuur 4.



Figuur 4: schematische weergave Plan van Aanpak



04 RESULTATEN EN BEVINDINGEN

In dit hoofdstuk behandelen wij de belangrijkste resultaten. Gesplitst in interviews en overige gesprekken met experts uit de GWW sector en de praktijktoets van de meetmethode losmaakbaarheid.

04.01 Interviews

In totaal zijn acht interviews afgenomen bij onder andere duurzaamheidsmanagers, constructeurs, adviseurs, (hoog)leraren en docenten van verschillende organisaties. In bijlage 2 is een overzicht opgenomen. Daarnaast hebben andere contactmomenten met experts plaatsgevonden, zoals is vermeld in hoofdstuk 3.

04.01.01 Belangrijke verschillen B&U en GWW in relatie tot losmaakbaarheid

Uit de interviews komen kenmerken van de GWW naar voren, die naar verwachting invloed hebben op hoe we losmaakbaarheid in deze sector moeten en kunnen benaderen/beoordelen. Dat zijn:

- GWW objecten zijn in het algemeen onderdeel van een groter systeem, vergelijk bruggen/viaducten die onderdeel zijn van het wegennet. Bij gebouwen is dat veel minder het geval, die kunnen als losse bouwwerken worden beschouwd. Het betekent dat in de GWW de losmaakbaarheid en uitwisselbaarheid van die kunstwerken in relatie tot het systeem van belang is. Een recent voorbeeld dat dit illustreert is de oprichting van de bruggenbank, waar overheden hun nog functionele bruggen kunnen aanbieden voor toepassing op een andere locatie;
- Een tweede gevolg hiervan is dat ook de functionaliteit van het object bij beheer, renovatie en vervanging van groot belang is. Als het object buiten gebruik is, heeft dat direct invloed op het omliggende systeem. Denk bijvoorbeeld aan een brug die afgesloten wordt, waardoor het verkeer wordt gestremd. Dat betekent dat naast losmaakbaarheid ook de factor 'hinder' of 'benodigde tijd' voor het losmaken van belang is;
- Een derde verschil is dat GWW-objecten vaak flink aan externe invloeden worden blootgesteld, denk aan strooizout bij wegen, (zoet of zout)water bij bruggen en sluizen etc. Dit veroorzaakt vaak degradatie, die van invloed is op de losmaakbaarheid. Denk aan (in principe goed losmaakbare) bouten, die zijn vastgeroest;
- De GWW heeft vaak te maken met een verschil tussen de functionele ontwerp- en de technische levensduur. Kunstwerken kunnen vaak technisch lang mee, maar zijn onderhevig aan veranderende functionele eisen, waardoor ze toch voor einde technische levensduur al worden afgedankt. Losmaakbaarheid kan in dit geval een grote rol spelen voor het mogelijk maken van hergebruik van het gehele bouwwerk of deelobjecten of het aanpassen van deelobjecten aan veranderende eisen (adaptief vermogen).

04.01.02 Toepassingsgebieden

Uit de interviews worden de volgende gewenste toepassingen voor een meetmethode voor losmaakbaarheid in de GWW sector geïdentificeerd:

- De meetmethode als objectieve tool voor opdrachtgever om inschrijvingen van aanbestedingen te beoordelen;
- De meetmethode als tool voor beheerders om onderhoud uit te voeren waardoor de technische levensduur wordt verhoogd en functionele aanpassingen kunnen worden gedaan;
- De meetmethode als ondersteuning voor ontwerpers en constructeurs voor ontwerpverbeteringen;



- De meetmethode als tool voor productontwikkelaars en leveranciers om standaardisatie en losmaakbaarheid te bevorderen.

De bestaande meetmethode in de B&U sector is ontwikkeld om bouwwerken te toetsen en te vergelijken. Een ander toepassingsgebied vraagt om andere randvoorwaarden voor het gebruik van de meetmethode. De meetmethode verandert dus niet, enkele de randvoorwaarden waarin de meetmethode wordt gebruikt.

04.01.03 Losmaakbaarheid voor hergebruik

Onder de geïnterviewden bestaat brede consensus dat losmaakbaarheid in de GWW een belangrijke randvoorwaarde is om objecten, elementen of producten hoogwaardig te kunnen hergebruiken aan het eind van de levensduur. Daarmee kan het een belangrijke positieve bijdrage leveren aan circulariteit binnen de GWW sector. Dit komt overeen met het doel voor losmaakbaarheid in de B&U sector. De GWW heeft vaak te maken met een verschil tussen de functionele ontwerp- en de technische levensduur. Kunstwerken kunnen vaak technisch lang mee, maar zijn onderhevig aan veranderende functionele eisen, waardoor ze toch voor einde technische levensduur al worden afgedankt. Losmaakbaarheid kan bijdragen aan een efficiënter proces tijdens veranderende functionele eisen, doordat een constructie daardoor beter aan te passen, of als geheel of elementniveau op een andere plek in te zetten is. Daarbij is het wel van belang om te beseffen dat de meetmethode voor losmaakbaarheid uitsluitend aan geeft of iets (technisch) losmaakbaar is. Een losmaakbaar (deel)object is niet per definitie circulair. Hierbij spelen nog andere aspecten zoals het gebruikte materiaal en de degradatie een rol.

04.01.04 Losmaakbaarheid voor adaptiviteit

Een losmaakbaar object is eenvoudiger aan te passen aan veranderende functionele eisen. Dit is ook bij de GWW het geval. In het kader van circulariteit wordt afval vermeden en nieuw materiaalgebruik beperkt omdat er geen nieuw object nodig is om te voldoen aan de veranderende functionele eisen. De betreffende onderdelen van het object kunnen eenvoudig verwijderd en vervolgens hersteld, aangepast of vervangen worden. Een specifiek aandachtspunt daarbij is dat losmaakbaarheid invloed heeft op de benodigde tijdsduur voor aanpassingen tijdens de gebruiksfase, en daarmee hinder voor de directe omgeving kan verkorten en bijvoorbeeld het aantal voertuigverliesuren kan beperken.

04.01.05 Losmaakbaarheid voor beheer- en onderhoud

Een hogere mate van losmaakbaarheid heeft mogelijk als gevolg dat onderhoud- en beheerwerkzaamheden gemakkelijker uit te voeren zijn. Uit verschillende interviews blijkt dit een belangrijk aspect te zijn bij losmaakbaarheid, maar nog niet altijd even goed belicht. Ook blijkt losmaakbaarheid voor functieverandering belangrijk te zijn omdat mutaties gemakkelijker zijn als de (deel)objecten demontabel zijn. Een kritische noot hierbij is dat losmaakbaarheid kan leiden tot meer onderhoud omdat (deel)objecten gevoeliger zijn voor degradatie door de aanwezigheid van naden en kieren.

04.01.06 Losmaakbaarheid voor restwaarde en alternatieve verdienmodellen

Een losmaakbaar product heeft een potentieel hogere restwaarde. Daarnaast faciliteert losmaakbaarheid de toepassing van alternatieve verdienmodellen, waarbij een leverancier/producent eigenaar kan blijven van haar totale object of enkel een onderdeel hiervan. Dit vergt wel een kanteling in de huidige manier van financieren en garanderen.



04.01.07 Schaalniveaus van losmaakbaarheid

Objecten bestaan uit (deel)objecten met verschillende schaalniveaus. Er wordt uitgedrukt hoe losmaakbaar een (deel)object is en op welk niveau dit losmaakbaar is. Dat kan op bouwwerkniveau zijn (bijvoorbeeld een brug als geheel) of op productniveau (bijvoorbeeld een brugdek). Uit de interviews blijkt dat schaalniveaus van groot belang zijn voor losmaakbaarheid, want enerzijds kan een bouwwerk als geheel ge(de)monteerd worden en anderzijds in onderdelen. Dit beïnvloedt ook de beoordeling van losmaakbaarheid, omdat het per situatie kan verschillen of op welke niveau gedemonteerd moet worden. In de interviews is aangegeven dat hier in de meetmethode rekening mee gehouden moet worden. Er is echter nog geen consensus over hoe deze schaalniveaus gedefinieerd moeten worden. Er is gerefereerd naar de lagen van Brand en de adaptatie voor de GWW in Platform CB'23 en naar het onderscheid tussen materialen, producten, elementen, bouwwerken enzovoorts. In de praktijktoets van de meetmethode is verder ingegaan op de invloed van verschillende schaalniveaus op de beoordeling van losmaakbaarheid.

04.02 Praktijktoets

In dit hoofdstuk bespreken wij de resultaten van de toets van de meetmethode voor losmaakbaarheid op diverse GWW objecten. De GWW-sector kent veel verschillende typen bouwwerken. Om de meetmethode te toetsen is een keuze gemaakt voor vijf type objecten en bijbehorende details, namelijk:

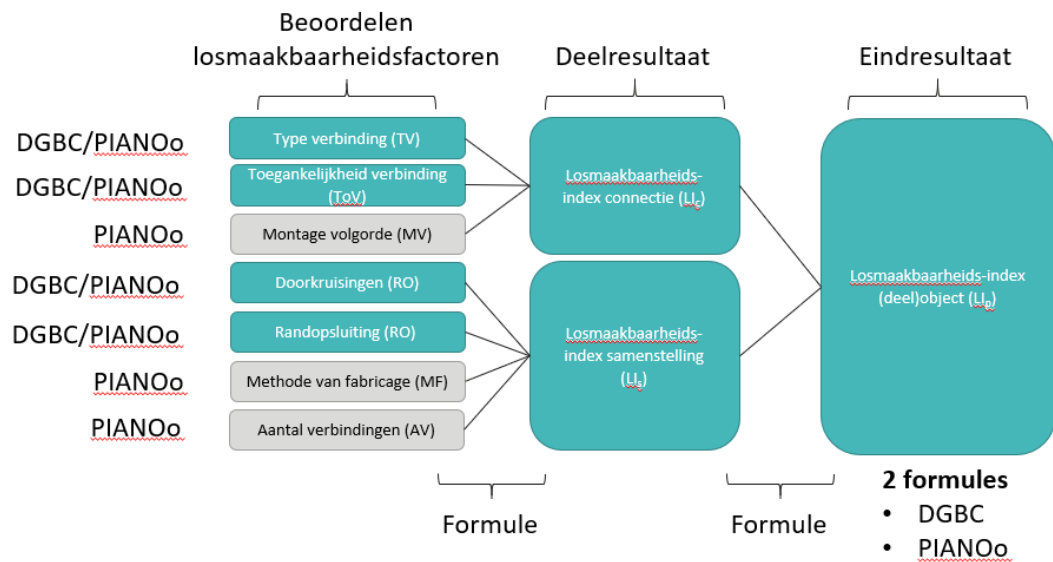
- Beschoeiing;
- Bruggen;
- Geluidsschermen;
- Riolering;
- Wegen.

De getoetste typen objecten en de bijbehorende details zijn in afstemming met de begeleidingscommissie gekozen. Vanwege de scope van dit onderzoek is het niet haalbaar om de losmaakbaarheidsindex voor ieder type bouwwerk te toetsen. Er is gestreefd om een brede diversiteit van type GWW en infra bouwwerken te selecteren. De vijf type bouwwerken betreffen zowel unieke objecten als bouwwerken die onderdeel uitmaken van een groter netwerk. Het uitgangspunt bij de selectie was dat de details veelvoorkomend zijn in de GWW-sector, om te toetsen of de methode toepasbaar is op de huidige bouwtechniek.

04.02.01 Werkwijze

Het bepalen van de losmaakbaarheidsindex van objecten gaat volgens een stappenplan:

1. Voor ieder detail wordt vastgesteld wat de relevante deelobjecten zijn en hoe deze onderling met elkaar zijn verbonden.
2. De deelobjecten worden beoordeeld aan de hand van zeven losmaakbaarheidsfactoren;
3. De losmaakbaarheidsindex van de deelobjecten wordt bepaald. In dit onderzoek is onderscheid gemaakt tussen de formules uit de meetmethode van de DGBC en PIANOo.



Figuur 5: Schematische aanpak beoordeling losmaakbaarheid van GWW objecten.

De beoordeling van de losmaakbaarheidsfactoren is uitgevoerd door circulariteitsadviseurs met expertise over de meetmethode voor losmaakbaarheid, met als doel om de toepasbaarheid van de meetmethode te toetsen. De scores zijn niet per deelobject en per losmaakbaarheidsfactor geverifieerd door (technische) experts uit de GWW sector. De expertsessies, waarin de resultaten zijn besproken, zijn met name gericht op de praktische toepasbaarheid, de relevantie van de losmaakbaarheidsfactoren uit de meetmethode en de manier van beoordelen.

04.02.02 Uitkomsten rekenmethode

In tabel 1 zijn de resultaten van de toets van de meetmethode voor losmaakbaarheid weergegeven. Ieder (deel)object is beoordeeld conform de meetmethoden. Dit resulteert in een losmaakbaarheidsindex van ieder (deel)object. De losmaakbaarheidsindex representeert hoe makkelijk een (deel)object te demonteren is.

ID	Product	TV	ToV	MV	DK	RO	MF	AV	Losmaakbaarheidsindex (Lip) DGBC 1.0	Losmaakbaarheidsindex (Lip) DGBC 2.0	Losmaakbaarheidsindex (Lip) PIANOo
1	Damwand AZ12 S240 L=8,00	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,00	1,00	1,00
2	Groutanker Dywidag Ø32,0 FeP1050	0,1	0,1	1,0	1,0	1,0	0,1	1,0	0,55	0,18	0,61
3	Gording HeB260 S355	0,8	1,0	1,0	1,0	1,0	0,1	1,0	0,95	0,94	0,84
4	Deksloof	0,1	0,6	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,68	0,29	0,81
ID	Product	TV	ToV	MV	DK	RO	MF	AV	Losmaakbaarheidsindex (Lip) DGBC 1.0	Losmaakbaarheidsindex (Lip) DGBC 2.0	Losmaakbaarheidsindex (Lip) PIANOo
1	Azobé	0,8	1,0	1,0	1,0	1,0	0,1	1,0	0,95	0,94	0,84
2	Stalen damwand "de wendel 3450"	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,1	1,00	1,00	0,87
3	Stalen buis t.b.v. geleiding ankerstaaf	0,1	0,1	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,55	0,18	0,74
4	Ankerstoel	0,8	0,8	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,90	0,89	0,94
6	Strip 6x50	0,1	0,6	1,0	1,0	1,0	0,1	1,0	0,68	0,29	0,69
8	2 gordingen NP 220	0,8	0,8	1,0	1,0	1,0	0,1	0,6	0,90	0,89	0,76
9	L 60x6 lang 380	0,1	0,4	1,0	1,0	1,0	0,1	1,0	0,63	0,28	0,66
10	Afstandhouder NP 220 lang 180	0,8	0,8	1,0	1,0	1,0	0,1	1,0	0,90	0,89	0,81
11	Ø26 DYWIDAG lang 9500	0,1	0,1	1,0	1,0	1,0	0,1	0,6	0,55	0,18	0,56
12	Beschermingslaag (polyethyleen)	0,1	0,1	1,0	1,0	1,0	0,1	1,0	0,55	0,18	0,61
14	Puntstuk	0,1	0,1	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,55	0,18	0,74
ID	Product	TV	ToV	MV	DK	RO	MF	AV	Losmaakbaarheidsindex (Lip) DGBC 1.0	Losmaakbaarheidsindex (Lip) DGBC 2.0	Losmaakbaarheidsindex (Lip) PIANOo
1	Rijdek			1,0				1,0	0,6		
2	Schampstrook	0,1	0,1	1,0	0,1	0,1	0,4	0,6	0,10	0,10	0,34
3	Prefab randelement/Schort	0,1	0,4	1,0	1,0	0,1	1,0	0,6	0,40	0,17	0,60
5	Kabel(doorvoer)	1,0	0,8	1,0	1,0	0,4	1,0	1,0	0,80	0,70	0,89
7	Wegverharding	0,1	0,4	1,0	1,0	0,4	0,1	1,0	0,48	0,25	0,57
8	Wegverharding	0,1	0,4	1,0	1,0	0,1	0,1	1,0	0,40	0,17	0,53
9	Beschermingslaag	0,1	0,4	1,0	1,0	0,1	0,1	1,0	0,40	0,17	0,53
16	Leuning	0,8	0,8	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,90	0,89	0,94
17	Geleiderailconstructie	0,8	0,8	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,90	0,89	0,94
ID	Product	TV	ToV	MV	DK	RO	MF	AV	Losmaakbaarheidsindex (Lip) DGBC 1.0	Losmaakbaarheidsindex (Lip) DGBC 2.0	Losmaakbaarheidsindex (Lip) PIANOo
1	Betonnen fundering	1,0	0,8	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,95	0,94	0,97
2	HE 160 A	0,8	1,0	1,0	1,0	1,0	0,1	0,4	0,95	0,94	0,76
3	Betonnen plint	1,0	1,0	1,0	1,0	0,1	1,0	1,0	0,78	0,31	0,87
4	Betonelementen	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,00	1,00	1,00
5	Akoestische voorziening	0,8	0,8	1,0	1,0	1,0	0,1	1,0	0,90	0,89	0,81
ID	Product	TV	ToV	MV	DK	RO	MF	AV	Losmaakbaarheidsindex (Lip) DGBC 1.0	Losmaakbaarheidsindex (Lip) DGBC 2.0	Losmaakbaarheidsindex (Lip) PIANOo
1	Rioleringsbuis	1,0	0,8	1,0	0,1	0,1	1,0	1,0	0,50	0,18	0,71
ID	Product	TV	ToV	MV	DK	RO	MF	AV	Losmaakbaarheidsindex (Lip) DGBC 1.0	Losmaakbaarheidsindex (Lip) DGBC 2.0	Losmaakbaarheidsindex (Lip) PIANOo
1	Deklaag DZOAB 16	0,1	0,1	1,0	1,0	0,1	0,1	1,0	0,33	0,13	0,49
2	Tussenlaag AC Bin TLZ	0,1	0,1	1,0	1,0	0,1	0,1	1,0	0,33	0,13	0,49
3	Onderlaag AC Base	0,1	0,1	1,0	1,0	0,1	0,1	1,0	0,33	0,13	0,49
4	Onderlaag AC Base	0,1	0,1	1,0	1,0	0,1	0,1	1,0	0,33	0,13	0,49
5	Fundering hydraulisch menggranulaat	1,0	0,8	1,0	1,0	1,0	0,4	1,0	0,95	0,94	0,89
6	Zand	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,4	1,0	1,00	1,00	0,91

Tabel 2: Resultaten
praktijktoets
meetmethode voor
losmaakbaarheid

04.02.03 Reflectie

Door de losmaakbaarheidsindex toe te passen op de verschillende bouwwerken is een praktische toets uitgevoerd. De resultaten zijn gedeeld en besproken met experts op het gebied van beschoeiing, bruggen en wegen. Hieronder volgt een reflectie op de toepasbaarheid van de meetmethode op de vijf getoetste bouwwerken. De resultaten uit de expertsessies zijn hierin verwerkt. De reflectie is ingedeeld aan de hand van de volgende aspecten van de meetmethode:

- Algemeen;
- Type verbinding;
- Toegankelijkheid van de verbinding;
- Montage volgorde;
- Doorkruisingen;
- Vorminsluiting/randopsluiting;
- Methode van fabricage;
- Aantal verbindingen;
- Losmaakbaarheidsindex.

In de reflectie zijn concrete aanbevelingen opgenomen voor de verdere uitwerking van de meetmethode.

Algemene reflectie

- Losmaakbaarheid is relevant voor hergebruik van (deel)objecten, vervangingen, beheer en onderhoud, (rest)waarde behoud en flexibiliteit. Uit de toets en expertsessies blijkt dat losmaakbaarheid kan variëren bij verschillende doeleinden. Een brug kan bijvoorbeeld goed losmaakbaar zijn als deze niet meer in gebruik is, maar niet als de brug in gebruik moet blijven. Dit verschil is ook aanwezig in de B&U sector, maar daar is specifiek gekozen voor losmaakbaarheid aan het einde van de levensduur. Uit dit onderzoek blijkt dat in de GWW zowel met de situatie einde levensduur als de situatie in gebruik rekening moet worden gehouden. Hiermee dient in het vervolgonderzoek rekening te worden gehouden.
- Er moet rekening gehouden worden met het verschil tussen de technische levensduur en de functionele levensduur.
- In de expertsessies is aangegeven dat verbindingen vaak onlosmaakbaar zijn, omdat deze constructief nodig zijn (bijvoorbeeld moment vaste verbindingen). Dit is vooral bij constructieve (deel)objecten het geval. Experts geven aan dat een andere manier van verbinden vaak niet mogelijk is vanwege de constructieve eisen. De meetmethode is alleen bedoeld om de mate van losmaakbaarheid van de (deel)objecten te beoordelen. Het is aan de gebruiker de taak om te beoordelen of de mate van losmaakbaarheid verbeterd kan worden en een technische oplossing te bedenken die hieraan voldoet.
- Het is nog onduidelijk welke (deel)objecten beoordeeld moeten worden. De bestaande handleidingen geven hier geen handvatten voor in het kader van GWW en infra bouwwerken. Als hier verschillende interpretaties ontstaan leidt dit tot verschillende resultaten tussen projecten onderling. Experts raden aan om zoveel mogelijk aan te sluiten op bestaande systemen zoals beheer- en onderhoudssystemen, de Milieukosten Indicator (MKI), de ontwikkelingen omtrent materialenpaspoorten en het beoordelen van circulariteit (Platform CB'23).

- De kernmeetmethode voor het meten van circulariteit (Platform CB '23) is zo ontwikkeld dat het op ieder schaalniveau toepasbaar is. Losmaakbaarheid is benoemd in de kernmeetmethode voor circulariteit. Idealiter is de meetmethode voor losmaakbaarheid dus ook op verschillende schaalniveaus toepasbaar. Uit de eerste tests met beschoeiing lijkt dit het geval, maar wij adviseren om dit ook op andere bouwwerken te testen.
- Uit de toets met beschoeiing blijkt dat vergelijkbare (deel)objecten op verschillende schaalniveaus ook verschillende beoordelingen krijgen. Hieruit blijkt dat het bepalen van schaalniveaus een belangrijk aspect is om gelijkwaardigheid te waarborgen. Dit moet in vervolgonderzoek meegenomen worden.
- Het schaalniveau beïnvloedt de hoeveelheid (deel)objecten die beoordeeld worden. Dit is terug te zien in de beoordeling van de beschoeiing op verschillende schaalniveaus. Op een zeer gedetailleerd niveau kost het meer tijd om de losmaakbaarheidsindex te beoordelen, wat de hanteerbaarheid van de meetmethode beïnvloedt.
- Het doel van de meetmethode is van groot belang bij het bepalen van het schaalniveau waarop losmaakbaarheid beoordeeld moet worden.
 - Als de meetmethode ingezet wordt voor doeleinden waarbij projecten vergeleken worden, zoals bij tenders of in duurzaamheidsinstrumenten, dan is het van belang dat projecten gelijkwaardig beoordeeld worden.
 - Als de meetmethode alleen ingezet wordt ter ondersteuning voor het ontwikkelen van een losmaakbaar ontwerp dan zijn schaalniveaus minder relevant en is de beschikbaarheid van informatie in verschillende ontwerpfasen leidend voor de beoordeling.
- Niet alle (deel)objecten zijn in één detailtekening aanwezig. Een 3D-impressie van de constructie is noodzakelijk om volledig te zijn bij de beoordeling. Vervolgonderzoek moet uitwijzen wat voor impact dit heeft op de informatiebehoefte voor de beoordeling.
- In expertsessies is aangegeven dat de meetmethode voor losmaakbaarheid niet geschikt is om de losmaakbaarheid van grondstoffen en daarmee de recyclebaarheid te beoordelen. Daarbij spelen ook aspecten zoals verontreiniging van grondstofstromen een rol.
- In de expertsessies is aangegeven dat de hoogwaardigheid van toekomstig hergebruik (aan de hand van het 10-R'en model) relevant is voor hoe losmaakbaar een (deel)object moet zijn. Echter is het onmogelijk om te voorspellen hoe hoogwaardig een (deel)object herbruikbaar is. Het begrip losmaakbaarheid is een op zichzelf staand begrip. Het integreren van de meetmethode voor losmaakbaarheid in een bredere context van circulariteit is mogelijk onderdeel van vervolgonderzoek.



Uitgangspunt	
Detail 1: Beschoeiing	
ID	Product
1	Damwand AZ12 S240 L=8,00
2	Groutanker Dywidag Ø32,0 FeP1050
3	Gording HeB260 S355
4	Deksloof
Uitgangspunt	
Detail 2: Beschoeiing	
ID	Product
1	Azobé
2	Stalen damwand "de wendel 3450"
3	Stalen buis t.b.v. geleiding ankerstaaf
4	Ankerstoel
6	Strip 6x50
8	2 gordingen NP 220
9	L 60x6 lang 380
10	Afstandhouder NP 220 lang 180
11	Ø26 DYWIDAG lang 9500
12	Beschermingslaag (polyethyleen)
14	Puntstuk

Figuur 6: Beoordeling van de losmaakbaarheidsindex van beschoeiing (doorsnedes) op verschillende schaalniveaus

Beoordeling Type verbinding

Objecten zijn met elkaar verbonden door diverse typen verbindingen. Bij losmaakbaarheid prevaleren droge verbindingen, verbindingen met toegevoegde elementen en directe, integrale verbindingen boven zachte en harde chemische verbindingen. Voor het bepalen van de losmaakbaarheidsindex hoef je slechts één verbinding te beoordelen. Dat is de verbinding die een dragende functie heeft voor het desbetreffende product.

Type verbinding (TV)		Score
Droge verbinding	Los (geen bevestigingsmateriaal) Klikverbinding Klittenbandverbinding Magnetische verbinding	1,00
Verbinding met toegevoegde elementen ⁵	Bout- en moerverbinding Veerverbinding Hoekverbindingen Schroefverbinding Verbindingen met toegevoegde verbindingselementen ⁶	0,80
Directe integrale verbinding	Pin-verbindingen ⁷ Spijkerverbinding	0,60
Zachte chemische verbinding	Kitverbinding Schuimverbinding (PUR)	0,20
Harde chemische verbinding	Lijmverbinding Aanstortverbinding Lasverbinding Cementgebonden verbinding Chemische ankers Harde chemische verbinding	0,10

Tabel 3: **Waardering type verbinding.**

De type verbindingen van verschillende bouwwerken zijn getoetst op basis van de huidige methode. Dit heeft geresulteerd in een aantal conclusies:

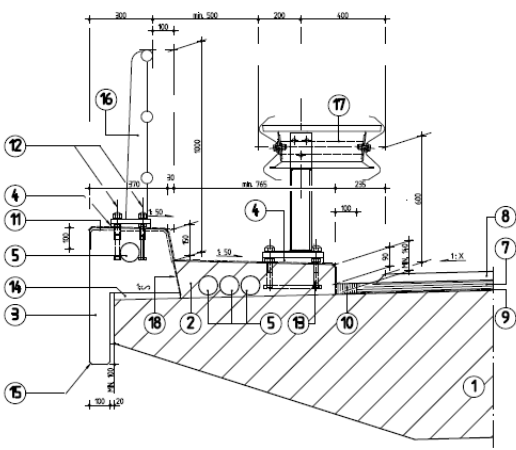
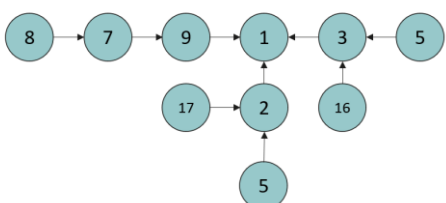
- Het onderscheid tussen product, element, afdichtingsmateriaal en verbindingselement (DGBC) moet duidelijk gedefinieerd worden. In de GWW- en infrasector zijn verbindingselementen doorgaans onderdeel van de constructie. Bijvoorbeeld het groutanker bij beschoeiing. Wij adviseren om de definities af te stemmen op de gehanteerde definities in de GWW- en infrasector. Dit kan leiden tot een afwijking of uitbreiding van de huidig gehanteerde definities in de B&U.
- Alle type verbindingen zijn te beoordelen conform de meetmethode voor B&U. Tijdens de interviews is een gelijkwaardig beoordelingsschema voor type verbinding toegepast (tabel 2) om de verbindingen van de Cruquiusbrug inzichtelijk te maken in een materialenpaspoort. Dit is onderdeel van de

⁵ Toegevoegde verbindingselementen dienen uitgevoerd te worden in materialen die ongevoelig zijn voor degradatie door weer- en/of gebruiksomstandigheden (bijvoorbeeld RVS).

⁶ Bijvoorbeeld een gevel ophangstelsel

⁷ Bijvoorbeeld een niet-verbinding

- inschrijfleidraad voor de Cruquiusbrug. Dit geeft aan dat er draagvlak is voor het categoriseren van de factor “type verbinding” op een gelijkwaardige manier als in de methode voor de B&U sector.
- Type verbindingen zijn niet altijd van de detailtekeningen af te lezen. Dit geldt ook voor details in de B&U sector. Hiervoor is dus kennis nodig over de uitvoeringstechnieken. Dit is vooral van belang voor degene die de losmaakbaarheidsindex gaat beoordelen.
 - In de B&U sector is de dragende verbinding als de meest relevante verbinding gekozen, omdat dit in (bijna) alle situaties de omgekeerde bouwvolgorde representeert. In de GWW is de dragende verbinding echter niet altijd de meest relevante verbinding. Dit is specifiek bij riolering het geval bleek uit de uitgevoerde toets. De dragende verbinding is tussen de riolering en de grond. De verbinding tussen de rioleringsbuizen is echter essentieel voor de mate van losmaakbaarheid omdat je niet altijd de gehele riolering eruit haalt. Wij adviseren om voor de GWW te onderzoeken of een andere verbinding essentieel is bij repeterende (deel)objecten die onderling met elkaar zijn verbonden.
 - In de expertsessie is aangegeven dat een lasverbinding lager scoort dan verwacht. Een lasverbinding is, afhankelijk van de toegankelijkheid van de verbinding, vaak goed door te slijpen en zou daarmee wel als losmaakbaar kunnen worden beschouwd. Dit geldt mogelijk ook voor de B&U sector en het heroverwegen van de waardering van deze score is voor beide sectoren relevant.

Uitgangspunt			
Detail 3: Betonnen brug			
			
ID	Product	Type verbinding	TV
1	Rijdek		
2	Schampstrook	Aanstortverbinding	0,1
3	Prefab randelement/Schort	Cementgebonden verbinding	0,1
5	Kabel(doorvoer)	Los (geen bevestigingsmateriaal)	1,0
7	Wegverharding	Aanstortverbinding	0,1
8	Wegverharding	Aanstortverbinding	0,1
9	Beschermingslaag	Harde chemische verbinding	0,1
16	Leuning	Bout- en moerverbinding	0,8
17	Geleiderailconstructie	Bout- en moerverbinding	0,8

Figuur 7: Beoordeling Type verbinding van een betonnen brug.

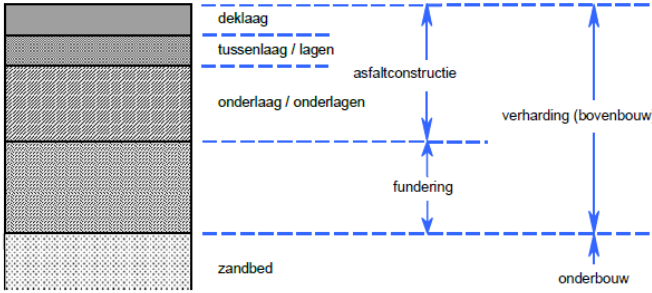
Beoordeling Toegankelijkheid van de verbinding

De toegankelijkheid van verbindingen gaat in op de (fysieke) mogelijkheid om bij verbindingselementen te komen en de mate waarin hierbij schade ontstaat aan de omliggende objecten. Wanneer de toegankelijkheid hoog is, dus wanneer het gemakkelijk is om bij het verbindingselement te komen zonder dat schade ontstaat aan de omliggende gebouwdelen, heeft dit een positief effect op de losmaakbaarheid van een product (tabel 3). De toegankelijkheid van de verbinding wordt net zoals bij het type verbinding bepaald van de dragende verbinding.

De toegankelijkheid van de verbinding van verschillende bouwwerken is getoetst op basis van de huidige methode. Dit heeft geresulteerd in een aantal bevindingen:

- Alle (deel)objecten zijn beoordeeld aan de hand van de factor “Toegankelijkheid van de verbinding”. Een demontageplan of veel kennis van de huidige montage/demontagewijze is essentieel bij de beoordeling, omdat er verschillende mogelijkheden zijn om een (deel)object te demonteren.
- Het is lastig om te bepalen hoeveel schade ontstaat aan objecten en of dit herstelbare of onherstelbare schade betreft. Daarnaast zijn (deel)objecten anders in afmetingen, waarde, hergebruikpotentie et cetera. Een bepaalde mate van schade bij een damwand heeft misschien meer impact dan bij een gording. Het doeleinde van de meetmethode is hierbij van belang. Een onderzoeksrichting is het koppelen van functiebehoud van deelobjecten aan de waardering van de losmaakbaarheidsfactor “Toegankelijkheid van de verbinding”.
- Diverse experts hebben aangegeven dat de mate van functiebehoud tijdens de (demontage-)werkzaamheden essentieel is voor hoe toegankelijk een verbinding is. Bijvoorbeeld bij bruggen zijn voegovergangen (doorgaans) alleen van de bovenzijde toegankelijk. Omdat de brug zoveel mogelijk in gebruik moet blijven voor verkeer, is deze voegovergang ontoegankelijk zonder functieverlies van de brug. Oftewel, de brug moet afgesloten worden om de voegovergang te demonteren. Functiebehoud is nu niet opgenomen in de meetmethode voor losmaakbaarheid.
- In verschillende interviews is aangegeven dat losmaakbaarheid relevant is voor meerdere doeleinden zoals hergebruik van (deel)objecten en flexibiliteit. De toegankelijkheid van de verbinding is anders aan het einde van de levensduur (omgekeerde bouwvolgorde) dan bij aanpassingen of renovatie van een bouwwerk. In de B&U sector is de toegankelijkheid gerelateerd aan de levensduur van producten, wij adviseren om verder uit te zoeken of dit ook geldt voor de GWW- en infrasector.
- Tijdens de expertsessies is aangegeven dat er een onderscheid gemaakt moet worden tussen toegankelijkheid van de verbinding (kun je erbij komen) en risico op schade bij het demonteren. Nu bestaat de factor toegankelijkheid van de verbinding eigenlijk uit twee factoren die los van elkaar gezien kunnen worden.
- In de expertsessies is het frezen van asfalt benoemd als een handeling die ervoor zorgt dat asfalt van de onderlaag gescheiden wordt. Dit wordt in de meetmethode voor losmaakbaarheid beschouwd als destructieve handeling en hoewel dit wel leidt tot recyclebare grondstofstromen, is dit niet het doel waarvoor de losmaakbaarheidsindex voor ontwikkeld is.
- Tijdens de expertsessies is aangegeven dat de score “Toegankelijk met extra handelingen met gedeeltelijk herstelbare schade” (méér dan 20% van de waarde) lastig te interpreteren is. Hiervoor moet in vervolgonderzoek een hanteerbare definitie opgesteld worden.



Uitgangspunt		ID	Product
Detail 6: wegen			
 Figuur 4.1 Opbouw van een wegconstructie met funderingslaag		1	Deklaag DZOAB 16
		2	Tussenlaag AC Bin TLZ
		3	Onderdlaag AC Base
		4	Onderlaag AC Base
		5	Fundering hydraulisch menggranulaat
		6	Zand

ID	Product	Toegankelijkheid van de verbinding	ToV
1	Deklaag DZOAB 16	Niet toegankelijk – onherstelbare schade aan het product of omliggende producten	0,1
2	Tussenlaag AC Bin TLZ	Niet toegankelijk – onherstelbare schade aan het product of omliggende producten	0,1
3	Onderdlaag AC Base	Niet toegankelijk – onherstelbare schade aan het product of omliggende producten	0,1
4	Onderlaag AC Base	Niet toegankelijk – onherstelbare schade aan het product of omliggende producten	0,1
5	Fundering hydraulisch menggranulaat	Toegankelijk met extra handelingen die geen schade veroorzaken	0,8
6	Zand	Vrij toegankelijk zonder extra handelingen	1,0

Figuur 8: Toegankelijkheid van de verbinding van een wegopbouw.

Beoordeling Montage Volgorde

De losmaakbaarheidsfactor montage volgorde verwijst naar het verschil in schaalniveaus tussen (deel)objecten die met elkaar zijn verbonden. De essentie is dat (deel)objecten van een hoger schaalniveau zo min mogelijk verbonden moeten worden met (deel)objecten van een lager schaalniveau.

De montage volgorde van verschillende bouwwerken is getoetst op basis van de huidige methode. Dit heeft geresulteerd in een aantal bevindingen:

- De montage volgorde is theoretisch van aard en zowel in de B&U als de GWW- en infrasector lastig te bepalen vanwege een gebrek aan uniformiteit over schaalniveaus in de sector.
- Het is onduidelijk hoe verschillende schaalniveaus in de GWW- en infrasector bepaald worden en daarom is het onmogelijk om deze factor goed te beoordelen. De volgorde van monteren/demonteren is uiteraard van belang voor losmaakbaarheid, echter adviseren wij om de factor zoals omschreven in de handreiking losmaakbaarheid (PIANOo) te laten vervallen.
- In essentie geeft de losmaakbaarheidsfactor methode van fabricage een gelijkwaardige beoordeling als montage volgorde. Een geprefabriceerd product krijgt een hogere score omdat deze (mogelijk) als entiteit gedemonteerd kan worden.

Beoordeling Doorkruisingen

Het begrip “doorkruisingen” betekent dat producten of elementen door elkaar heen lopen of zelfs in zijn geheel met elkaar zijn geïntegreerd. Hierdoor heb je meer handelingen nodig om een product of element aan het einde van de levensduur te demonteren. Vooral wanneer de levensduren van de desbetreffende producten verschillen, je ze tussentijds moet vervangen en omliggende producten of elementen behouden moeten blijven. In de B&U sector is dit gerelateerd aan de lagen van Brand. Platform CB’23 heeft een geadapteerde versie van de lagen van Brand voor de GWW opgesteld. Door deze versie van de lagen van Brand te adapteren, zijn doorkruisingen zeer beperkt relevant in de geteste bouwwerken.

De doorkruisingen van verschillende bouwwerken zijn getoetst op basis van de huidige methode. Dit heeft geresulteerd in een aantal bevindingen:

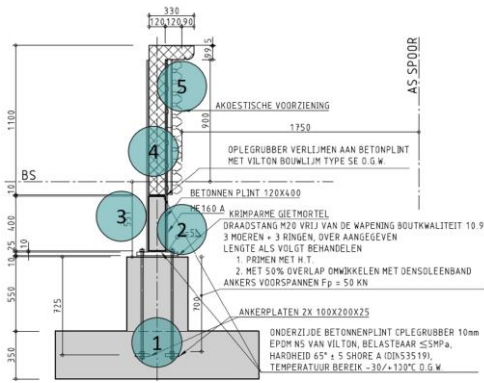
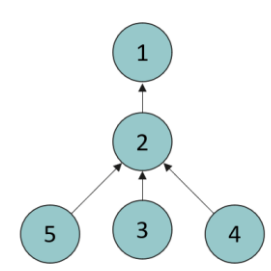
- Uit de toets van de meetmethode blijkt dat in de GWW- en infrasector verschillende (deel)objecten elkaar doorkruisen, zoals installatietechniek in de schampstrook bij bruggen en de groutankers met de damwanden bij beschoeiing. Wij adviseren om te onderzoeken of de factor levensduur als leidraad gebruikt kan worden in de GWW- en infrasector om (ongewenste) doorkruisingen te beoordelen, in plaats van de lagen van Brand.
- Tijdens de expertsessie is geconstateerd dat (deel)objecten met een kortere levensduur goed te onderscheiden zijn bij bruggen zoals installaties, kabels en leidingen, verlichting, voegovergangen, hemelwaterafvoer, verkeersportalen et cetera. Vaak ontstaan daar ook de ongewenste doorkruisingen.
- Een oplossingsrichting is dat kabels en leidingen buiten de schampstrook gemonteerd worden. Dit bevordert de losmaakbaarheid van de kabels, leidingen en de schampstrook.
- Tijdens de expertsessies is aangegeven dat in wegen soms wapeningsnetten, detectielussen of vormen van energieopwekking toegepast zijn. Dit zijn doorkruisingen die verontreiniging van het asfalt tot gevolg hebben en dus invloed hebben op hoe recyclebaar het asfalt is.

Beoordeling Vorminsluiting/Randopsluiting

De factor randopsluiting beoordeelt hoe producten in een samenstelling zijn geplaatst en of dit open is of gesloten. Zoals de benaming suggereert heeft dit te maken met de fysieke “randen” van het product of element. Wanneer een product door omliggende producten “opgesloten” is in de situatie, is er sprake van randopsluiting. Hierdoor is het onmogelijk om een product anders dan in de omgekeerde bouwvolgorde te demonteren. De factor randopsluiting is in twee situaties relevant, namelijk bij enkelvoudige producten die door de samenstelling zijn ingesloten en bij seriematige producten die elkaar insluiten. De factoren vorminsluiting en randopsluiting zijn hetzelfde. De factor is vernoemd van “vorminsluiting” naar “randopsluiting” in het herziene rapport een meetmethode voor losmaakbaarheid (DGBC).

- De richting van demontage is belangrijk bij vorminsluiting/Randopsluiting. Dit vraagt om een toevoeging in de definitie van deze factor:
 - De damwand is “overlappend” aangebracht. Echter is de richting van demontage “omhoog”. Hierdoor belemmeren de damwanden elkaar onderling niet voor demontage.
 - Het betonelement van het geluidsscherm is “gesloten” aangebracht. Echter is de richting van demontage “omhoog”. Hierdoor belemmeren de elementen elkaar onderling niet voor demontage.
- Wij adviseren om te onderzoeken of de losmaakbaarheidsfactor vorminsluiting/randopsluiting kan functioneren als de “onderlinge verbinding” tussen seriematig uitgevoerde (deel)objecten en of de richting van demontage onderdeel moet uitmaken van de losmaakbaarheidsfactor. Tijdens expertsessies is aangegeven dat omliggende objecten anders zijn bij “doorlopende” bouwwerken zoals (asfalt)wegen.
- Tijdens expertsessies is aangegeven dat het bij asfaltwegen vaak gaat om een gedeeltelijke vervanging bij schadebeelden of onderhoud aan een weg. Hiervoor wordt een gedeelte van het asfalt gefreesd. Het is onduidelijk hoe dit beoordeeld moet worden.



Uitgangspunt			
Detail 4: Geluidsscherm			
			
ID	Product	Vorminsluiting/Randopsluiting	RO
1	Betonnen fundering	Open, geen belemmering voor het (tussentijds) uitnemen van producten of elementen.	1,0
2	HE 160 A	Open, geen belemmering voor het (tussentijds) uitnemen van producten of elementen.	1,0
3	Betonnen plint	Gesloten, Volledige belemmering voor het (tussentijds) uitnemen van producten of elementen.	0,1
4	Betonelementen	Open, geen belemmering voor het (tussentijds) uitnemen van producten of elementen.	1,0
5	Akoestische voorziening	Open, geen belemmering voor het (tussentijds) uitnemen van producten of elementen.	1,0

Figuur 9: Beoordeling Randopsluiting van een geluidsscherm.

Beoordeling methode van fabricage

De factor methode van fabricage beschrijft in hoeverre een (deel)object onderdeel geprefabriceerd is buiten de bouwplaats. In het werk gevormde producten, zoals in het werk gestort beton, zijn niet meer terug te brengen naar de oorspronkelijk vloeibare vorm en daardoor ook niet meer demontabel.

De methode van fabricage van verschillende bouwwerken is getoetst op basis van de in de B&U gehanteerde uitgangspunten. Dit heeft geresulteerd in een aantal conclusies:

- De factor methode van fabricage kent drie scores die relatief eenvoudig te beoordelen zijn. Dit is ook gelukt voor alle GWW- en infrasector bouwwerken die beoordeeld zijn in deze toets.
- Bij de score “deels geprefabriceerd, deels geprefabriceerd op de bouwplaats” is extra toelichting nodig zodat gebruikers van de meetmethode deze score eenduidig kunnen beoordelen.
- De losmaakbaarheidsfactor methode van fabricage is niet doorslaggevend voor losmaakbaarheid. Een product dat in het werk gefabriceerd is, kan nog steeds losmaakbaar zijn. Hier moet rekening mee worden gehouden bij het opstellen van de meetmethode voor losmaakbaarheid.
- In de expertsessies is geconstateerd dat asfalt in het werk gefabriceerd is. Het asfaltmengsel wordt dus niet gezien als prefabricage, gelijk aan in het werk gestort beton.

Beoordeling aantal verbindingen

Het aantal verbindingen geeft aan met hoeveel (deel)objecten een specifiek object is verbonden. Hoe meer verbindingen hoe complexer het is om een (deel)object te demonteren. Daarom prevaleert het dat (deel)objecten eenzijdig verbonden zijn met een dragend onderliggend object. Het aantal verbindingen wordt weergegeven door een losmaakbaarheidsschema op te stellen van een detail en het aantal verbindingen te tellen (figuur 9).

Het aantal verbindingen van verschillende bouwwerken zijn getoetst op basis van de huidige methode. Dit heeft geresulteerd in een aantal conclusies:

- Het is gemakkelijk om één detail te weerspiegelen in een losmaakbaarheidsschema zoals bij beschoeiing, riolering en geluidsschermen en wegen. Wanneer een bouwwerk bestaat uit meerdere details of veel afwijkingen in details, wordt het steeds moeilijker een compleet losmaakbaarheidsschema op te stellen. Dit geldt ook voor B&U bouwwerken. Dit maakt het lastig om de losmaakbaarheidsfactor ‘aantal verbindingen’ te beoordelen.
- Tijdens de expertsessies is aangegeven dat bijvoorbeeld brugdetails gestandaardiseerd zijn door Rijkswaterstaat. Dit maakt het mogelijk om één keer alle details uit te werken in een losmaakbaarheidsschema en het aantal verbindingen te beoordelen. Dit is echter minder haalbaar voor GWW en infra bouwwerken die niet dezelfde mate van standaardisatie kennen.

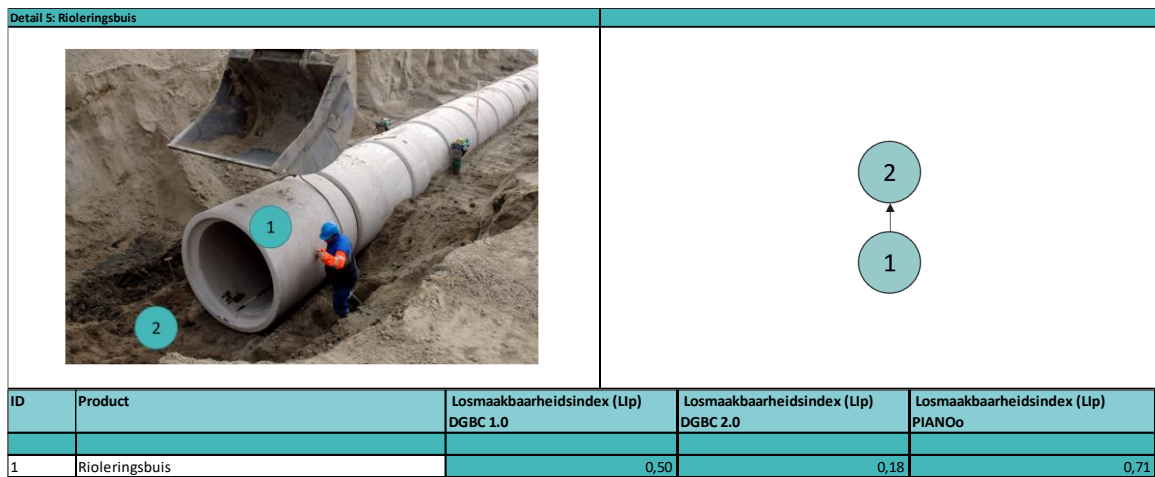
Losmaakbaarheidsindex

Een meetmethode voor losmaakbaarheid is van belang voor verschillende toepassingen zoals het beoordelen van losmaakbaarheid in aanbestedingen, het ontwikkelen van een ontwerptool, het opnemen in het materialenpaspoort, etc. Uit de interviews en expertsessies blijkt dat de behoefte voor het presenteren van de resultaten verschilt per toepassing van de meetmethode. De ontwerper heeft behoefte aan inzicht per losmaakbaarheidsfactor om verbeteringen aan te brengen in het ontwerp, terwijl de aanbestedende dienst behoefte heeft aan een eenpuntsscore om te prestaties van verschillende inschrijvingen op dit thema objectief te vergelijken.

- Er zijn verschillende formules gedefinieerd voor het bepalen van de losmaakbaarheidsindex in de rapporten van DGBC en PIANOo. Dit resulteert in verschillende resultaten.
- Het verschil tussen de formules is afhankelijk van welke losmaakbaarheidsfactoren meegenomen zijn in de beoordeling. In de expertsessies is aangegeven dat het vaststellen van de relevante losmaakbaarheidsfactoren prioriteit heeft boven het opstellen van de formule om te komen tot een eenpuntsscore voor losmaakbaarheid.

In het onderzoek “Disassembling the steps towards Building Circularity” is een poging gedaan een weging te definiëren tussen de verschillende losmaakbaarheidsfactoren. Op basis van een enquête met 122 respondenten is geen verschil aangetoond. Het gemiddelde tussen de losmaakbaarheidsfactoren definieert de losmaakbaarheidsindex. In de herziene versie van het rapport Circular Buildings: Meetmethodiek losmaakbaarheid is in samenwerking met diverse experts een nieuwe formule opgesteld waarbij lage scores meer impact hebben op de score. Hiervoor is gekozen om te waarborgen dat lage scores niet gecompenseerd kunnen worden. Immers een element dat op één onderdeel bijzonder onlosmaakbaar is, moet in belangrijke mate ook voor het geheel als onlosmaakbaar beschouwd worden.

Een eenpuntsscore is nuttig om bouwwerken en deelobjecten met elkaar te vergelijken in aanbestedingen of om de mate van losmaakbaarheid in relatie tot circulariteit te beoordelen. Wij adviseren om te onderzoeken of een losmaakbaarheidsindex gewenst is en welke formule hiervoor toegepast moet worden.



Figuur 10: Losmaakbaarheidsindex van een rioleringsbuis conform de verschillende meetmethoden.

05 CONCLUSIE EN AANBEVELINGEN

Dit onderzoek is een verkenning naar de toepasbaarheid van de bestaande meetmethoden uit de B&U voor losmaakbaarheid in de GWW sector. Voorafgaand aan het onderzoek zijn een aantal deelvragen opgesteld. In dit hoofdstuk is antwoord gegeven op de deelvragen en zijn aanbevelingen voor een vervolgonderzoek opgesteld.

05.01 Deelvraag 1

“Waar liggen de kenmerkende verschillen tussen B&U (gebouwen) en GWW die voor het onderwerp losmaakbaarheid (mogelijk) relevant zijn?”

05.01.01 Overeenkomsten en verschillen

De bestaande meetmethode is geschikt voor verschillende toepassingsgebieden zoals het toetsen van ontwerpprincipes, het opnemen van losmaakbaarheid in aanbestedingen, het vergelijken van bouwwerken, et cetera. In de B&U en GWW worden dezelfde toepassingsgebieden als belangrijk benoemd. De leidraden zijn gericht op het integreren van het aspect losmaakbaarheid in bestaande duurzaamheidsinstrumenten en het opnemen van losmaakbaarheid in aanbestedingen. Voor een aantal toepassingsgebieden moeten de leidraden verrijkt worden, hierin liggen kansen voor uniformiteit tussen de meetmethode voor de B&U sector en de GWW sector.

De toegepaste losmaakbaarheidsfactoren in de meetmethode voor de B&U sector zijn toepasbaar in de GWW-sector, al dan niet met benodigde aanpassingen om ze specifieker te maken. Vervolgonderzoek is nodig om de losmaakbaarheidsfactoren beter te specificeren, de categorische waarden van losmaakbaarheidsfactoren te kalibreren en mogelijk de weging tussen losmaakbaarheidsfactoren te bepalen. Zie het vorige hoofdstuk.

05.01.02 Verschillen

De GWW heeft vaak te maken met een verschil tussen de functionele ontwerp- en de technische levensduur. Kunstwerken kunnen vaak technisch lang mee, maar zijn onderhevig aan veranderende functionele eisen, waardoor ze toch voor einde technische levensduur al worden afgedankt. Losmaakbaarheid kan in dit geval een grote rol spelen voor het mogelijk maken van hergebruik van deelobjecten of het aanpassen van deelobjecten aan veranderende eisen (adaptief vermogen). Objecten en kunstwerken zijn binnen de GWW sector onderhevig aan invloeden van buitenaf (externe factoren) zoals weersinvloeden, zout en pek, (verkeers)ongelukken, etc. Hier hebben bouwwerken in de B&U sector in mindere mate mee te maken omdat constructieve verbindingen beter beschermd zijn. Hierdoor is een theoretisch losmaakbaar bouwwerk in de toekomst mogelijk minder losmaakbaar, omdat verbindingen gecorrodeerd of vervormd zijn. Niet alle experts vinden dit een kritiek punt dus in een vervolgonderzoek is raadzaam te bepalen of het effect van invloeden van buitenaf opgenomen moet worden in de meetmethode voor losmaakbaarheid in de GWW.

GWW objecten zijn onderdeel van een groter infrastructureel netwerk. Het afsluiten van een bouwwerk of kunstwerk heeft impact op de functionaliteit van het netwerk. Voertuig verliesuren is een veelgebruikte term bij Rijkswaterstaat. In tegenstelling tot de B&U sector, waarbij een (vaak afgesloten) bouwplaats wordt gecreëerd en dit niet tot nauwelijks invloed heeft op de directe bereikbaarheid of het functioneren van de omliggende omgeving. Verschillende experts hebben aangegeven dat het

noodzakelijk is om te onderzoeken wat het effect is van functiebehoud van een bouwwerk op losmaakbaarheid. Vooral wanneer losmaakbaarheid in het kader van vervangingswerkzaamheden wordt beoordeeld.

Diverse type GWW werken kenmerken zich door hun “lijnstructuur” (wegen, rioleringen, K&L etc.). Het zijn repeterende objecten die vooral onderling ook met elkaar zijn verbonden. In de B&U sector komt dit zeer beperkt voor. De meetmethode is vooral gericht op het beoordelen van de verbinding tussen verschillende (deel)objecten. Bijvoorbeeld bij riolering is de dragende verbinding niet altijd de meest relevante verbinding, maar juist de onderlinge verbinding tussen de buiselementen. Anderzijds wordt bij asfalt vaak een gedeelte van het wegdek gefreesd om aan te helen. De bestaande meetmethode geeft nog een concrete handvatten om dit te beoordelen. Wij adviseren om in een vervolgonderzoek mee te nemen hoe de meetmethode hierop aangepast moet worden.

05.02 Deelvraag 2

“Is de methodiek van ‘circular buildings’ in de huidige vorm goed bruikbaar voor de GWW? En die van de handreiking van PIANOo? Wat zijn de belangrijkste verschillen, en welke heeft op basis daarvan de voorkeur als eventueel basis voor verdere verspreiding en ontwikkeling?”

De belangrijkste verschillen tussen de twee meetmethoden zijn de toegepaste losmaakbaarheidsfactoren en de formules voor het bepalen van de losmaakbaarheidsindex. Beide meetmethoden zijn gebaseerd op hetzelfde onderzoek dus de basisprincipes zijn gelijk. Wij adviseren voor de GWW niet om te focussen op één van de twee methodieken, maar op een combinatie van beide methodes. Belangrijk is dat de toegepaste losmaakbaarheidsfactoren afgestemd worden op de GWW sector. Bijvoorbeeld door duidelijke randvoorwaarden op te stellen voor GWW objecten, categorische waarden toe te voegen, scores aan te passen, et cetera. Verder zijn de formules voor het bepalen van de losmaakbaarheidsindex van een (deel)object en voor een bouwwerk niet gevalideerd in dit onderzoek. De technische uitwerking van de meetmethode voor de GWW-sector vraagt om vervolgonderzoek.

05.03 Deelvraag 3

“Is het mogelijk en wenselijk om voor een op de GWW toegesneden handreiking uit te gaan van/voort te bouwen op de basisprincipes van de bestaande methodiek en wat zijn daarbij de overwegingen?”

Het is wenselijk om een op de GWW toegesneden handreiking te ontwikkelen, waarbij uitgegaan wordt van de basismetmethode voor losmaakbaarheid uit de B&U sector. Dit is gebaseerd op de interviews, de kennissessie tijdens de week van de circulaire economie, de praktische toets en de expertsessies. Iedereen die gedurende dit onderzoek is gesproken erkent het belang van een meetmethode voor losmaakbaarheid in het kader van circulair bouwen. De feedback richt zich op het verbeteren van de toepasbaarheid van de meetmethode in de praktijk van de GWW.

Op basis van het antwoord op deelvraag 2 adviseren wij om voort te bouwen op de basisprincipes van de meetmethoden voor losmaakbaarheid. Er zijn nog diverse aandachtspunten uit zowel de praktijktoets als de expertsessies die verder opgepakt en uitgezocht moeten worden om de meetmethode beter toepasbaar te maken voor GWW objecten en daarmee de GWW beter te representeren. Deze moeten in een vervolgonderzoek verder uitgewerkt worden.

05.04 Deelvraag 4

“Waar moet een meetmethode voor losmaakbaarheid in de GWW aan voldoen?”

Uit de resultaten blijkt dat de meetmethode geschikt moet zijn om te dienen als:

- ondersteuning voor ontwerpers en constructeurs voor ontwerpverbeteringen;
- objectieve tool voor opdrachtgever om inschrijvingen te beoordelen;
- tool voor productontwikkelaar en leveranciers om standaardisatie en losmaakbaarheid te bevorderen.
- tool voor beheerders om onderhoud uit te voeren waardoor de technische levensduur wordt verhoogd en functionele aanpassingen toegepast worden;

Deze toepassingsgebieden maken ook dat de meetmethode breed inzetbaar moet zijn. Zowel tijdens beginfasen van een project (inschrijving) als tijdens later fasen van het project (ontwerpverbeteringen, productontwikkelaars en leveranciers, en beheer- en onderhoud). De tool moet dus op meerdere fasen toepasbaar zijn door verschillende gebruikers.

Juist dit vraagt om een meetmethode waarbij de basisprincipes relatief eenvoudig zijn. Een risico bij de verdere uitwerking van de meetmethode is dat de meetmethode complex wordt en daardoor niet meer op elk moment tijdens de ontwikkel- en levensfase van een object toepasbaar is.

05.05 Aanbevelingen voor vervolgonderzoek

Dit rapport is een onderzoekend en adviserend rapport over de toepasbaarheid van de bestaande meetmethodes voor losmaakbaarheid in de GWW sector. In de resultaten en de beantwoording van de deelvragen zijn al diverse aanbevelingen en adviezen opgenomen. In deze paragraaf worden de belangrijkste aanbevelingen gerelateerd aan de vraagstelling van het onderzoek nog een keer op een rij gezet. Paragraaf 04.02.03 beschrijft de reflectie op de gedetailleerde toetsing van de meetmethode voor losmaakbaarheid in de GWW sector en de navolgende expertsessies. In deze reflectie zijn specifieke constatering en aanbevelingen opgenomen ten behoeve van het meer toepasbaar maken van de meetmethode in de GWW sector.

- De losmaakbaarheidsfactoren moeten nader worden uitgewerkt om ze beter toepasbaar te maken voor GWW objecten. Onder andere de volgende aspecten zijn hierbij van belang:
 - Wij adviseren om de definities af te stemmen op de gehanteerde definities in de GWW- en infrasector.
 - De dragende verbinding is niet altijd de meest relevante verbinding. In de B&U sector is gekozen voor een dragende verbinding. Er is gekozen voor 95% van de situaties de bepalende verbinding is. Wij adviseren om te onderzoeken hoe dit aangeduid kan worden voor de GWW sector. Bijvoorbeeld bij riolering is dit niet het geval.
 - De factor “toegankelijkheid van de verbinding” is lastig te interpreteren in relatie tot verschillende GWW (deel)objecten. Een onderzoeksrichting is het koppelen van functiebehoud van deelobjecten aan de waardering van de losmaakbaarheidsfactor “toegankelijkheid van de verbinding”.
 - Wij adviseren om de factor “montage volgorde” in de huidige vorm te laten vervallen.
 - Wij adviseren om te onderzoeken of de factor levensduur als leidraad gebruikt kan worden in de GWW- en infrasector om (ongewenste) doorkruisingen te beoordelen, in plaats van de Lagen van Brand.

- Wij adviseren om te onderzoeken of de losmaakbaarheidsfactor vorminsluiting/randopsluiting kan functioneren als de “onderlinge verbinding” tussen seriematig uitgevoerde (deel)objecten en of de richting van demontage onderdeel moet uitmaken van de losmaakbaarheidsfactor.
- Wanneer een bouwwerk bestaat uit meerdere details of veel afwijkingen in details, wordt het steeds moeilijker een compleet losmaakbaarheidsschema op te stellen. Dit maakt het lastig om de losmaakbaarheidsfactor “aantal verbindingen” te beoordelen.
- Het is goed uit te zoeken of losmaakbaarheidsfactoren die niet in de bestaande meetmethode voor losmaakbaarheid uit de B&U opgenomen zijn, wel onderdeel moeten zijn van de meetmethode voor de GWW sector. Bijlage 1 geeft een voorzet voor additionele factoren, maar ook functiebehoud van het netwerk en externe invloeden zijn benoemd tijdens dit onderzoek.
- Er moet een richtlijn opgesteld worden voor meeste relevante objecten om te beoordelen. Dit is afhankelijk van de schaalniveaus van (deel)objecten;
- De meetmethode moet toepasbaar zijn tijdens beheer- en onderhoud, verbouw, functieverandering van bouwwerken en aan het einde van de levensduur. Hiervoor moeten leidraden opgesteld worden met randvoorwaarden en handvatten om de beoordeling uit te voeren. Dit kan in samenwerking met de B&U sector.
- De meetmethode staat in de B&U sector op zichzelf, maar losmaakbaarheid is geen doel op zichzelf. In de B&U sector is de meetmethode geïntegreerd in diverse duurzaamheidsinstrumenten die duurzaamheid en circulariteit als groter geheel beoordelen. Wij adviseren om losmaakbaarheid in de GWW in relatie tot circulaire principes te beoordelen. Dit kan op de volgende manieren:
 - Losmaakbaarheid integreren met andere duurzaamheidsinstrumenten voor de GWW zoals de MilieuKosten Indicator (MKI);
 - Losmaakbaarheid verder integreren in de CB '23 kernmeetmethode voor circulariteit.
- Onder andere Rijkswaterstaat wil aan de slag met het formuleren van eisen of criteria om losmaakbaarheid van bouwwerken te bevorderen. De PIANOo handreiking richt zich vooral op deze toepassing. Wij adviseren om ook alvast te experimenteren met het opnemen van basisprincipes uit de meetmethode voor losmaakbaarheid. Zo is bij de aanbesteding van de Cruquiusbrug al rekening gehouden met het opnemen van de type verbindingen in materialenpaspoorten.
- Op dit moment wordt in een partnerprogramma “de circulaire weg” onderzoek gedaan naar infra als a service. Wij adviseren om de belangrijkste resultaten en aanbevelingen uit het partnerprogramma toe te passen in het vervolgonderzoek voor de meetmethode naar losmaakbaarheid.

06 BIJLAGEN

06.01 Bijlage 1 – Factoren meetmethode voor losmaakbaarheid

Onderstaande tabel is een weergave van alle losmaakbaarheidsfactoren, zoals die in het rapport van Mike van Vliet zijn vastgesteld, en de relatie met de verschillende rapporten. De technische factoren zijn in de meetmethoden opgenomen, de procesmatige en financiële factoren zijn als randvoorwaarden benoemd.

Tabel 4 Losmaakbaarheidsfactoren B&U

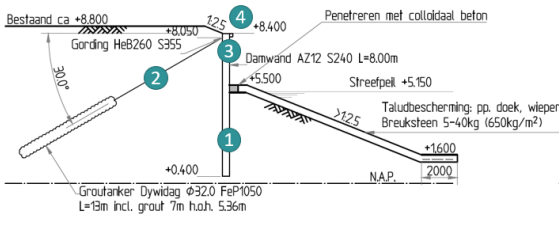
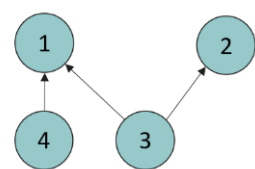
	Losmaakbaarheidsfactoren B&U	Handreiking losmaakbaarheid – PIANOo, 2019	Circular Buildings: Een meetmethode voor losmaakbaarheid V2.0 – DGBC, 2021
Technisch	Scheiding van functies		
	Doorkruisingen	X	X
	Niveau van componenten		
	Toepassing van een tussenelement		
	Coördinatie van levensduren		
	Hanteerbaarheid		
	Aantal verbindingen	X	
	Montage richting		
	Montage volgorde	X	
	Vorminsluiting	X	X
	Methode van fabricatie	X	
	Type verbinding	X	X
	Toegankelijkheid van de verbinding	X	X
	Tolerantie		
	Hoeveelheid bevestigingsmateriaal		
	Benodigd gereedschap		
	Verontreiniging		
Procesmatig	Ervaring		
	Tijdsduur van demontage	X	
	Gebruikersparticipatie		
	Demontage instructies	X	X
	Aantal handelingen	X	
	Veiligheid	X	
Financieel	Restwaarde	X	
	Kosten van demontage	X	
	Codering en markering		

06.02 Bijlage 2 – Overzicht rollen en organisatie van geïnterviewden

Rol van geïnterviewden
Circulariteitsmanager en civiele technische, Witteveen+Bos
Constructeur, provincie Noord-Holland
Promovendus circulaire bruggen, RWS + UTwente
Duurzaamheidsmanager, Dura Vermeer
Senior adviseur, RWS
Adviseur en NEN specialist, RWS
Studenten Civiel Techniek, losmaakbaarheidsmethode getoetst voor bruggen
Hoogleraar, TU Delft

06.03 Bijlage 3 – Beoordeling losmaakbaarheidsindex objecten GWW

Beoordeling beschoeiing

Uitgangspunt			
Detail 1: Beschoeiing			
			
ID	Product	Type verbinding	TV
1	Damwand AZ12 S240 L=8,00	Los (geen bevestigingsmateriaal)	1,0
2	Groutanker Dywidag Ø32,0 FeP1050	Cementgebonden verbinding	0,1
3	Gording HeB260 S355	Bout- en moerverbinding	0,8
4	Deksloof	Lasverbinding	0,1
ID	Product	Toegankelijkheid van de verbinding	ToV
1	Damwand AZ12 S240 L=8,00	Vrij toegankelijk zonder extra handelingen	1,0
2	Groutanker Dywidag Ø32,0 FeP1050	Niet toegankelijk – onherstelbare schade aan het product of omliggende producten	0,1
3	Gording HeB260 S355	Vrij toegankelijk zonder extra handelingen	1,0
4	Deksloof	Toegankelijk met extra handelingen met volledig herstelbare schade	0,6
ID	Product	Montage volgorde	MV
1	Damwand AZ12 S240 L=8,00	Zelfde bouwniveau – zelfde bouwniveau	1,0
2	Groutanker Dywidag Ø32,0 FeP1050	Zelfde bouwniveau – zelfde bouwniveau	1,0
3	Gording HeB260 S355	Zelfde bouwniveau – zelfde bouwniveau	1,0
4	Deksloof	Zelfde bouwniveau – zelfde bouwniveau	1,0

ID	Product	Doorkruisingen	DK	
1	Damwand AZ12 S240 L=8,00	Geen doorkruisingen - modulaire zonering van producten of elementen uit verschillende lagen.	1,0	
2	Groutanker Dywidag Ø32,0 FeP1050	Geen doorkruisingen - modulaire zonering van producten of elementen uit verschillende lagen.	1,0	
3	Gording HeB260 S355	Geen doorkruisingen - modulaire zonering van producten of elementen uit verschillende lagen.	1,0	
4	Deksloof	Geen doorkruisingen - modulaire zonering van producten of elementen uit verschillende lagen.	1,0	
ID	Product	Vorminsluiting/Randopsluiting	RO	
1	Damwand AZ12 S240 L=8,00	Open, geen belemmering voor het (tussentijds) uitnemen van producten of elementen.	1,0	
2	Groutanker Dywidag Ø32,0 FeP1050	Open, geen belemmering voor het (tussentijds) uitnemen van producten of elementen.	1,0	
3	Gording HeB260 S355	Open, geen belemmering voor het (tussentijds) uitnemen van producten of elementen.	1,0	
4	Deksloof	Open, geen belemmering voor het (tussentijds) uitnemen van producten of elementen.	1,0	
ID	Product	Methode van fabricage	MF	
1	Damwand AZ12 S240 L=8,00	Geprefabriceerd	1,0	
2	Groutanker Dywidag Ø32,0 FeP1050	Gefabriceerd op de bouwplaats	0,1	
3	Gording HeB260 S355	Gefabriceerd op de bouwplaats	0,1	
4	Deksloof	Geprefabriceerd	1,0	
ID	Product	Aantal verbindingen	AV	
1	Damwand AZ12 S240 L=8,00	Eén of twee verbindingen	1,0	
2	Groutanker Dywidag Ø32,0 FeP1050	Eén of twee verbindingen	1,0	
3	Gording HeB260 S355	Eén of twee verbindingen	1,0	
4	Deksloof	Eén of twee verbindingen	1,0	
ID	Product	Losmaakbaarheidsindex (Lip) DGBC 1.0	Losmaakbaarheidsindex (Lip) DGBC 2.0	Losmaakbaarheidsindex (Lip) PIANOo
1	Damwand AZ12 S240 L=8,00	1,00	1,00	1,00
2	Groutanker Dywidag Ø32,0 FeP1050	0,55	0,18	0,61
3	Gording HeB260 S355	0,95	0,94	0,84
4	Deksloof	0,68	0,29	0,81

Uitgangspunt	
Detail 2: Beschoeiing	

ID	Product	Type verbinding	TV
1	Azobé	Bout- en moerverbinding	0,8
2	Stalen damwand "de wendel 3450"	Los (geen bevestigingsmateriaal)	1,0
3	Stalen buis t.b.v. geleiding ankerstaaf	Lasverbinding	0,1
4	Ankerstoel	Bout- en moerverbinding	0,8
6	Strip 6x50	Lasverbinding	0,1
8	2 gordingen NP 220	Bout- en moerverbinding	0,8
9	L 60x6 lang 380	Lasverbinding	0,1
10	Afstandhouder NP 220 lang 180	Bout- en moerverbinding	0,8
11	Ø26 DYWIDAG lang 9500	Cementgebonden verbinding	0,1
12	Beschermingslaag (polyethyleen)	Cementgebonden verbinding	0,1
14	Puntstuk	Lasverbinding	0,1

ID	Product	Toegankelijkheid van de verbinding	ToV
1	Azobé	Vrij toegankelijk zonder extra handelingen	1,0
2	Stalen damwand "de wendel 3450"	Vrij toegankelijk zonder extra handelingen	1,0
3	Stalen buis t.b.v. geleiding ankerstaaf	Niet toegankelijk – onherstelbare schade aan het product of omliggende producten	0,1
4	Ankerstoel	Toegankelijk met extra handelingen die geen schade veroorzaken	0,8
6	Strip 6x50	Toegankelijk met extra handelingen met volledig herstelbare schade	0,6
8	2 gordingen NP 220	Toegankelijk met extra handelingen die geen schade veroorzaken	0,8
9	L 60x6 lang 380	Toegankelijk met extra handelingen met gedeeltelijk herstelbare schade (méér dan 20% van de waarde)	0,4
10	Afstandhouder NP 220 lang 180	Toegankelijk met extra handelingen die geen schade veroorzaken	0,8
11	Ø26 DYWIDAG lang 9500	Niet toegankelijk – onherstelbare schade aan het product of omliggende producten	0,1
12	Beschermingslaag (polyethyleen)	Niet toegankelijk – onherstelbare schade aan het product of omliggende producten	0,1
14	Puntstuk	Niet toegankelijk – onherstelbare schade aan het product of omliggende producten	0,1

ID	Product	Montage volgorde	MV
1	Azobé	Zelfde bouwniveau – zelfde bouwniveau	1,0
2	Stalen damwand "de wendel 3450"	Zelfde bouwniveau – zelfde bouwniveau	1,0
3	Stalen buis t.b.v. geleiding ankerstaaf	Zelfde bouwniveau – zelfde bouwniveau	1,0
4	Ankerstoel	Zelfde bouwniveau – zelfde bouwniveau	1,0
6	Strip 6x50	Zelfde bouwniveau – zelfde bouwniveau	1,0
8	2 gordingen NP 220	Zelfde bouwniveau – zelfde bouwniveau	1,0
9	L 60x6 lang 380	Zelfde bouwniveau – zelfde bouwniveau	1,0
10	Afstandhouder NP 220 lang 180	Zelfde bouwniveau – zelfde bouwniveau	1,0
11	Ø26 DYWIDAG lang 9500	Zelfde bouwniveau – zelfde bouwniveau	1,0
12	Beschermingslaag (polyethyleen)	Zelfde bouwniveau – zelfde bouwniveau	1,0
14	Puntstuk	Zelfde bouwniveau – zelfde bouwniveau	1,0

ID	Product	Doorkruisingen	DK
1	Azobé	Geen doorkruisingen - modulaire zonering van producten of elementen uit verschillende lagen.	1,0
2	Stalen damwand "de wendel 3450"	Geen doorkruisingen - modulaire zonering van producten of elementen uit verschillende lagen.	1,0
3	Stalen buis t.b.v. geleiding ankerstaaf	Geen doorkruisingen - modulaire zonering van producten of elementen uit verschillende lagen.	1,0
4	Ankerstoel	Geen doorkruisingen - modulaire zonering van producten of elementen uit verschillende lagen.	1,0
6	Strip 6x50	Geen doorkruisingen - modulaire zonering van producten of elementen uit verschillende lagen.	1,0
8	2 gordingen NP 220	Geen doorkruisingen - modulaire zonering van producten of elementen uit verschillende lagen.	1,0
9	L 60x6 lang 380	Geen doorkruisingen - modulaire zonering van producten of elementen uit verschillende lagen.	1,0
10	Afstandhouder NP 220 lang 180	Geen doorkruisingen - modulaire zonering van producten of elementen uit verschillende lagen.	1,0
11	Ø26 DYWIDAG lang 9500	Geen doorkruisingen - modulaire zonering van producten of elementen uit verschillende lagen.	1,0
12	Beschermingslaag (polyethyleen)	Geen doorkruisingen - modulaire zonering van producten of elementen uit verschillende lagen.	1,0
14	Puntstuk	Geen doorkruisingen - modulaire zonering van producten of elementen uit verschillende lagen.	1,0

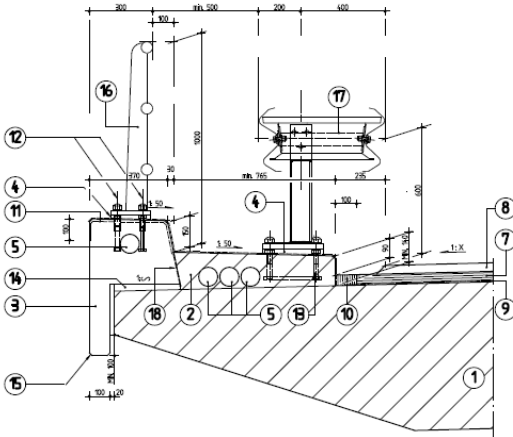
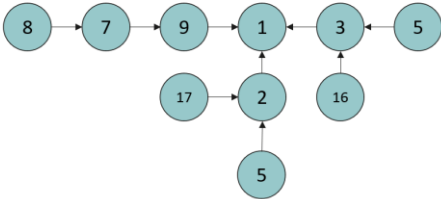
ID	Product	Vorminsluiting/Randopsluiting	RO
1	Azobé	Open, geen belemmering voor het (tussentijds) uitnemen van producten of elementen.	1,0
2	Stalen damwand "de wendel 3450"	Open, geen belemmering voor het (tussentijds) uitnemen van producten of elementen.	1,0
3	Stalen buis t.b.v. geleiding ankerstaaf	Open, geen belemmering voor het (tussentijds) uitnemen van producten of elementen.	1,0
4	Ankerstoel	Open, geen belemmering voor het (tussentijds) uitnemen van producten of elementen.	1,0
6	Strip 6x50	Open, geen belemmering voor het (tussentijds) uitnemen van producten of elementen.	1,0
8	2 gordingen NP 220	Open, geen belemmering voor het (tussentijds) uitnemen van producten of elementen.	1,0
9	L 60x6 lang 380	Open, geen belemmering voor het (tussentijds) uitnemen van producten of elementen.	1,0
10	Afstandhouder NP 220 lang 180	Open, geen belemmering voor het (tussentijds) uitnemen van producten of elementen.	1,0
11	Ø26 DYWIDAG lang 9500	Open, geen belemmering voor het (tussentijds) uitnemen van producten of elementen.	1,0
12	Beschermingslaag (polyethyleen)	Open, geen belemmering voor het (tussentijds) uitnemen van producten of elementen.	1,0
14	Puntstuk	Open, geen belemmering voor het (tussentijds) uitnemen van producten of elementen.	1,0

ID	Product	Methode van fabricage	MF
1	Azobé	Gefabriceerd op de bouwplaats	0,1
2	Stalen damwand "de wendel 3450"	Geprefabriceerd	1,0
3	Stalen buis t.b.v. geleiding ankerstaaf	Geprefabriceerd	1,0
4	Ankerstoel	Geprefabriceerd	1,0
6	Strip 6x50	Gefabriceerd op de bouwplaats	0,1
8	2 gordingen NP 220	Gefabriceerd op de bouwplaats	0,1
9	L 60x6 lang 380	Gefabriceerd op de bouwplaats	0,1
10	Afstandhouder NP 220 lang 180	Gefabriceerd op de bouwplaats	0,1
11	Ø26 DYWIDAG lang 9500	Gefabriceerd op de bouwplaats	0,1
12	Beschermingslaag (polyethyleen)	Gefabriceerd op de bouwplaats	0,1
14	Puntstuk	Geprefabriceerd	1,0

ID	Product	Aantal verbindingen	AV
1	Azobé	Eén of twee verbindingen	1,0
2	Stalen damwand "de wendel 3450"	Vijf of meer verbindingen	0,1
3	Stalen buis t.b.v. geleiding ankerstaaf	Eén of twee verbindingen	1,0
4	Ankerstoel	Eén of twee verbindingen	1,0
6	Strip 6x50	Eén of twee verbindingen	1,0
8	2 gordingen NP 220	Drie verbindingen	0,6
9	L 60x6 lang 380	Eén of twee verbindingen	1,0
10	Afstandhouder NP 220 lang 180	Eén of twee verbindingen	1,0
11	Ø26 DYWIDAG lang 9500	Drie verbindingen	0,6
12	Beschermingslaag (polyethyleen)	Eén of twee verbindingen	1,0
14	Puntstuk	Eén of twee verbindingen	1,0

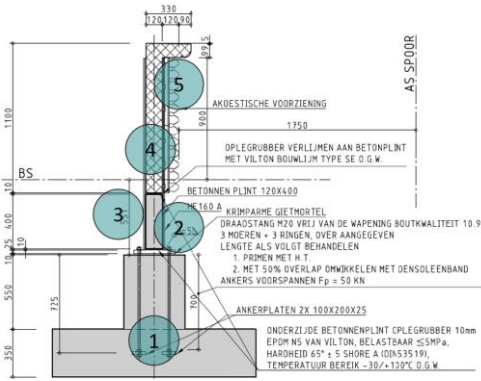
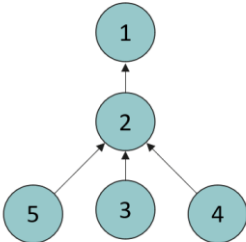
ID	Product	Losmaakbaarheidsindex (Lip) DGBC 1.0	Losmaakbaarheidsindex (Lip) DGBC 2.0	Losmaakbaarheidsindex (Lip) PIANOo
1	Azobé	0,95	0,94	0,84
2	Stalen damwand "de wendel 3450"	1,00	1,00	0,87
3	Stalen buis t.b.v. geleiding ankerstaaf	0,55	0,18	0,74
4	Ankerstoel	0,90	0,89	0,94
6	Strip 6x50	0,68	0,29	0,69
8	2 gordingen NP 220	0,90	0,89	0,76
9	L 60x6 lang 380	0,63	0,28	0,66
10	Afstandhouder NP 220 lang 180	0,90	0,89	0,81
11	Ø26 DYWIDAG lang 9500	0,55	0,18	0,56
12	Beschermingslaag (polyethyleen)	0,55	0,18	0,61
14	Puntstuk	0,55	0,18	0,74

Beoordeling betonnen brug

Uitgangspunt			
Detail 3: Betonnen brug			
			
ID	Product	Type verbinding	TV
1	Rijdek		
2	Schampstrook	Aanstortverbinding	0,1
3	Prefab randelement/Schort	Cementgebonden verbinding	0,1
5	Kabel(doorvoer)	Los (geen bevestigingsmateriaal)	1,0
7	Wegverharding	Aanstortverbinding	0,1
8	Wegverharding	Aanstortverbinding	0,1
9	Beschermingslaag	Harde chemische verbinding	0,1
16	Leuning	Bout- en moerverbinding	0,8
17	Geleiderailconstructie	Bout- en moerverbinding	0,8
ID	Product	Toegankelijkheid van de verbinding	ToV
1	Rijdek		
2	Schampstrook	Niet toegankelijk – onherstelbare schade aan het product of omliggende producten	0,1
3	Prefab randelement/Schort	Toegankelijk met extra handelingen met gedeeltelijk herstelbare schade (méér dan 20% van de waarde)	0,4
5	Kabel(doorvoer)	Toegankelijk met extra handelingen die geen schade veroorzaken	0,8
7	Wegverharding	Toegankelijk met extra handelingen met gedeeltelijk herstelbare schade (méér dan 20% van de waarde)	0,4
8	Wegverharding	Toegankelijk met extra handelingen met gedeeltelijk herstelbare schade (méér dan 20% van de waarde)	0,4
9	Beschermingslaag	Toegankelijk met extra handelingen met gedeeltelijk herstelbare schade (méér dan 20% van de waarde)	0,4
16	Leuning	Toegankelijk met extra handelingen die geen schade veroorzaken	0,8
17	Geleiderailconstructie	Toegankelijk met extra handelingen die geen schade veroorzaken	0,8
ID	Product	Montage volgorde	MV
1	Rijdek	Zelfde bouwniveau – zelfde bouwniveau	1,0
2	Schampstrook	Zelfde bouwniveau – zelfde bouwniveau	1,0
3	Prefab randelement/Schort	Zelfde bouwniveau – zelfde bouwniveau	1,0
5	Kabel(doorvoer)	Zelfde bouwniveau – zelfde bouwniveau	1,0
7	Wegverharding	Zelfde bouwniveau – zelfde bouwniveau	1,0
8	Wegverharding	Zelfde bouwniveau – zelfde bouwniveau	1,0
9	Beschermingslaag	Zelfde bouwniveau – zelfde bouwniveau	1,0
16	Leuning	Zelfde bouwniveau – zelfde bouwniveau	1,0
17	Geleiderailconstructie	Zelfde bouwniveau – zelfde bouwniveau	1,0

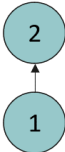
ID	Product	Doorkruisingen	DK	
1	Rijdek			
2	Schampstrook	Volledige integratie van producten of elementen uit verschillende lagen.	0,1	
3	Prefab randelement/Schort	Geen doorkruisingen - modulaire zonering van producten of elementen uit verschillende lagen.	1,0	
5	Kabel(doorvoer)	Geen doorkruisingen - modulaire zonering van producten of elementen uit verschillende lagen.	1,0	
7	Wegverharding	Geen doorkruisingen - modulaire zonering van producten of elementen uit verschillende lagen.	1,0	
8	Wegverharding	Geen doorkruisingen - modulaire zonering van producten of elementen uit verschillende lagen.	1,0	
9	Beschermingslaag	Geen doorkruisingen - modulaire zonering van producten of elementen uit verschillende lagen.	1,0	
16	Leuning	Geen doorkruisingen - modulaire zonering van producten of elementen uit verschillende lagen.	1,0	
17	Geleiderailconstructie	Geen doorkruisingen - modulaire zonering van producten of elementen uit verschillende lagen.	1,0	
ID	Product	Vorminsluiting/Randopsluiting	RO	
1	Rijdek			
2	Schampstrook	Gesloten, Volledige belemmering voor het (tussentijds) uitnemen van producten of elementen.	0,1	
3	Prefab randelement/Schort	Gesloten, Volledige belemmering voor het (tussentijds) uitnemen van producten of elementen.	0,1	
5	Kabel(doorvoer)	Overlapping, gedeeltelijke belemmering voor het (tussentijds) uitnemen van producten of elementen.	0,4	
7	Wegverharding	Overlapping, gedeeltelijke belemmering voor het (tussentijds) uitnemen van producten of elementen.	0,4	
8	Wegverharding	Gesloten, Volledige belemmering voor het (tussentijds) uitnemen van producten of elementen.	0,1	
9	Beschermingslaag	Gesloten, Volledige belemmering voor het (tussentijds) uitnemen van producten of elementen.	0,1	
16	Leuning	Open, geen belemmering voor het (tussentijds) uitnemen van producten of elementen.	1,0	
17	Geleiderailconstructie	Open, geen belemmering voor het (tussentijds) uitnemen van producten of elementen.	1,0	
ID	Product	Methode van fabricage	MF	
1	Rijdek	Geprefabriceerd	1,0	
2	Schampstrook	Deels geprefabriceerd, deels gefabriceerd op de bouwplaats	0,4	
3	Prefab randelement/Schort	Geprefabriceerd	1,0	
5	Kabel(doorvoer)	Geprefabriceerd	1,0	
7	Wegverharding	Gefabriceerd op de bouwplaats	0,1	
8	Wegverharding	Gefabriceerd op de bouwplaats	0,1	
9	Beschermingslaag	Gefabriceerd op de bouwplaats	0,1	
16	Leuning	Geprefabriceerd	1,0	
17	Geleiderailconstructie	Geprefabriceerd	1,0	
ID	Product	Aantal verbindingen	AV	
1	Rijdek	Drie verbindingen	0,6	
2	Schampstrook	Drie verbindingen	0,6	
3	Prefab randelement/Schort	Drie verbindingen	0,6	
5	Kabel(doorvoer)	Eén of twee verbindingen	1,0	
7	Wegverharding	Eén of twee verbindingen	1,0	
8	Wegverharding	Eén of twee verbindingen	1,0	
9	Beschermingslaag	Eén of twee verbindingen	1,0	
16	Leuning	Eén of twee verbindingen	1,0	
17	Geleiderailconstructie	Eén of twee verbindingen	1,0	
ID	Product	Losmaakbaarheidsindex (Lip) DGBC 1.0	Losmaakbaarheidsindex (Lip) DGBC 2.0	Losmaakbaarheidsindex (Lip) PIANOo
1	Rijdek			
2	Schampstrook	0,10	0,10	0,34
3	Prefab randelement/Schort	0,40	0,17	0,60
5	Kabel(doorvoer)	0,80	0,70	0,89
7	Wegverharding	0,48	0,25	0,57
8	Wegverharding	0,40	0,17	0,53
9	Beschermingslaag	0,40	0,17	0,53
16	Leuning	0,90	0,89	0,94
17	Geleiderailconstructie	0,90	0,89	0,94

Beoordeling geluidsschermb

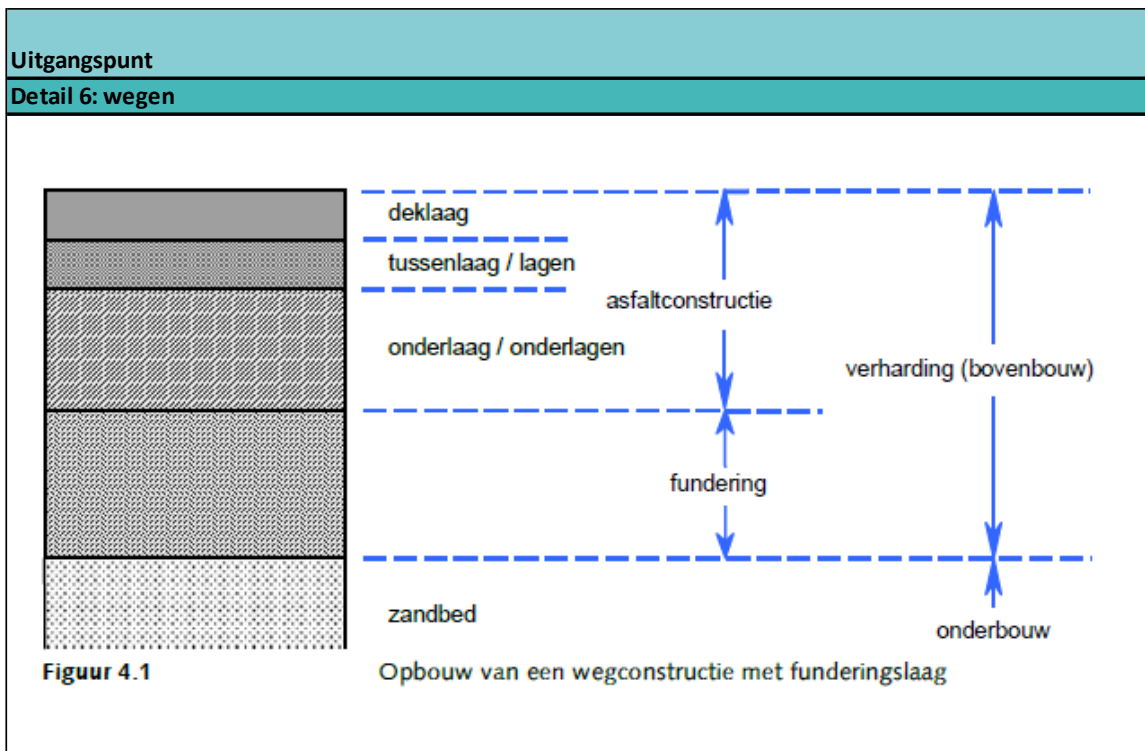
Uitgangspunt Detail 4: Geluidsscherm				
				
ID	Product	Type verbinding	TV	
		Droge verbinding		
1	Betonnen fundering	Los (geen bevestigingsmateriaal)	1,0	
2	HE 160 A	Bout- en moerverbinding	0,8	
3	Betonnen plint	Los (geen bevestigingsmateriaal)	1,0	
4	Betonelementen	Los (geen bevestigingsmateriaal)	1,0	
5	Akoestische voorziening	Verbindingen met toegevoegde verbindingselementen[2]	0,8	
ID	Product	Toegankelijkheid van de verbinding	ToV	
1	Betonnen fundering	Toegankelijk met extra handelingen die geen schade veroorzaken	0,8	
2	HE 160 A	Vrij toegankelijk zonder extra handelingen	1,0	
3	Betonnen plint	Vrij toegankelijk zonder extra handelingen	1,0	
4	Betonelementen	Vrij toegankelijk zonder extra handelingen	1,0	
5	Akoestische voorziening	Toegankelijk met extra handelingen die geen schade veroorzaken	0,8	
ID	Product	Montage volgorde	MV	
1	Betonnen fundering	Zelfde bouwniveau – zelfde bouwniveau	1,0	
2	HE 160 A	Zelfde bouwniveau – zelfde bouwniveau	1,0	
3	Betonnen plint	Zelfde bouwniveau – zelfde bouwniveau	1,0	
4	Betonelementen	Zelfde bouwniveau – zelfde bouwniveau	1,0	
5	Akoestische voorziening	Zelfde bouwniveau – zelfde bouwniveau	1,0	
ID	Product	Doorkruisingen	DK	
1	Betonnen fundering	Geen doorkruisingen - modulaire zonering van producten of elementen uit verschillende lagen.	1,0	
2	HE 160 A	Geen doorkruisingen - modulaire zonering van producten of elementen uit verschillende lagen.	1,0	
3	Betonnen plint	Geen doorkruisingen - modulaire zonering van producten of elementen uit verschillende lagen.	1,0	
4	Betonelementen	Geen doorkruisingen - modulaire zonering van producten of elementen uit verschillende lagen.	1,0	
5	Akoestische voorziening	Geen doorkruisingen - modulaire zonering van producten of elementen uit verschillende lagen.	1,0	
ID	Product	Vorminsluiting/Randopsluiting	RO	
1	Betonnen fundering	Open, geen belemmering voor het (tussentijds) uitnemen van producten of elementen.	1,0	
2	HE 160 A	Open, geen belemmering voor het (tussentijds) uitnemen van producten of elementen.	1,0	
3	Betonnen plint	Gesloten, Volledige belemmering voor het (tussentijds) uitnemen van producten of elementen.	0,1	
4	Betonelementen	Open, geen belemmering voor het (tussentijds) uitnemen van producten of elementen.	1,0	
5	Akoestische voorziening	Open, geen belemmering voor het (tussentijds) uitnemen van producten of elementen.	1,0	
ID	Product	Methode van fabricage	MF	
1	Betonnen fundering	Geprefabriceerd	1,0	
2	HE 160 A	Gefabriceerd op de bouwplaats	0,1	
3	Betonnen plint	Geprefabriceerd	1,0	
4	Betonelementen	Geprefabriceerd	1,0	
5	Akoestische voorziening	Gefabriceerd op de bouwplaats	0,1	

ID	Product	Aantal verbindingen	AV	
1	Betonnen fundering	Eén of twee verbindingen	1,0	
2	HE 160 A	Vier verbindingen	0,4	
3	Betonnen plint	Eén of twee verbindingen	1,0	
4	Betonelementen	Eén of twee verbindingen	1,0	
5	Akoestische voorziening	Eén of twee verbindingen	1,0	
ID	Product	Losmaakbaarheidsindex (Lip) DGBC 1.0	Losmaakbaarheidsindex (Lip) DGBC 2.0	Losmaakbaarheidsindex (Lip) PIANOo
1	Betonnen fundering	0,95	0,94	0,97
2	HE 160 A	0,95	0,94	0,76
3	Betonnen plint	0,78	0,31	0,87
4	Betonelementen	1,00	1,00	1,00
5	Akoestische voorziening	0,90	0,89	0,81

Beoordeling riolering

Uitgangspunt				
Detail 5: Rioleringsbuis				
				
				
ID	Product		Type verbinding	TV
			Droge verbinding	
1	Rioleringsbuis		Los (geen bevestigingsmateriaal)	1,0
ID	Product	Toegankelijkheid van de verbinding		ToV
1	Rioleringsbuis	Toegankelijk met extra handelingen die geen schade veroorzaken		0,8
ID	Product	Montage volgorde		MV
1	Rioleringsbuis	Zelfde bouwniveau – zelfde bouwniveau		1,0
ID	Product	Doorkruisingen		DK
1	Rioleringsbuis	Volledige integratie van producten of elementen uit verschillende lagen.		0,1
ID	Product	Vorminsluiting/Randopsluiting		RO
1	Rioleringsbuis	Gesloten, Volledige belemmering voor het (tussentijds) uitnemen van producten of elementen.		0,1
ID	Product	Methode van fabricage		MF
1	Rioleringsbuis	Geprefabriceerd		1,0
ID	Product	Aantal verbindingen		AV
1	Rioleringsbuis	Eén of twee verbindingen		1,0
ID	Product	Losmaakbaarheidsindex (Lip) DGBC 1.0	Losmaakbaarheidsindex (Lip) DGBC 2.0	Losmaakbaarheidsindex (Lip) PIANOo
1	Rioleringsbuis	0,50	0,18	0,71

Beoordeling wegen



ID	Product	Type verbinding	TV
1	Deklaag DZOAB 16	Harde chemische verbinding	0,1
2	Tussenlaag AC Bin TLZ	Harde chemische verbinding	0,1
3	Onderdlaag AC Base	Harde chemische verbinding	0,1
4	Onderlaag AC Base	Harde chemische verbinding	0,1
5	Fundering hydraulisch menggranulaat	Los (geen bevestigingsmateriaal)	1,0
6	Zand	Los (geen bevestigingsmateriaal)	1,0
ID	Product	Toegankelijkheid van de verbinding	ToV
1	Deklaag DZOAB 16	Niet toegankelijk – onherstelbare schade aan het product of omliggende producten	0,1
2	Tussenlaag AC Bin TLZ	Niet toegankelijk – onherstelbare schade aan het product of omliggende producten	0,1
3	Onderdlaag AC Base	Niet toegankelijk – onherstelbare schade aan het product of omliggende producten	0,1
4	Onderlaag AC Base	Niet toegankelijk – onherstelbare schade aan het product of omliggende producten	0,1
5	Fundering hydraulisch menggranulaat	Toegankelijk met extra handelingen die geen schade veroorzaken	0,8
6	Zand	Vrij toegankelijk zonder extra handelingen	1,0
ID	Product	Montage volgorde	MV
1	Deklaag DZOAB 16	Zelfde bouwniveau – zelfde bouwniveau	1,0
2	Tussenlaag AC Bin TLZ	Zelfde bouwniveau – zelfde bouwniveau	1,0
3	Onderdlaag AC Base	Zelfde bouwniveau – zelfde bouwniveau	1,0
4	Onderlaag AC Base	Zelfde bouwniveau – zelfde bouwniveau	1,0
5	Fundering hydraulisch menggranulaat	Zelfde bouwniveau – zelfde bouwniveau	1,0
6	Zand	Zelfde bouwniveau – zelfde bouwniveau	1,0
ID	Product	Doorkruisingen	DK
1	Deklaag DZOAB 16	Geen doorkruisingen - modulaire zonering van producten of elementen uit verschillende lagen.	1,0
2	Tussenlaag AC Bin TLZ	Geen doorkruisingen - modulaire zonering van producten of elementen uit verschillende lagen.	1,0
3	Onderdlaag AC Base	Geen doorkruisingen - modulaire zonering van producten of elementen uit verschillende lagen.	1,0
4	Onderlaag AC Base	Geen doorkruisingen - modulaire zonering van producten of elementen uit verschillende lagen.	1,0
5	Fundering hydraulisch menggranulaat	Geen doorkruisingen - modulaire zonering van producten of elementen uit verschillende lagen.	1,0
6	Zand	Geen doorkruisingen - modulaire zonering van producten of elementen uit verschillende lagen.	1,0

ID	Product	Vorminsluiting/Randopsluiting	RO	
1	Deklaag DZOAB 16	Gesloten, Volledige belemmering voor het (tussentijds) uitnemen van producten of elementen.	0,1	
2	Tussenlaag AC Bin TLZ	Gesloten, Volledige belemmering voor het (tussentijds) uitnemen van producten of elementen.	0,1	
3	Onderdlaag AC Base	Gesloten, Volledige belemmering voor het (tussentijds) uitnemen van producten of elementen.	0,1	
4	Onderlaag AC Base	Gesloten, Volledige belemmering voor het (tussentijds) uitnemen van producten of elementen.	0,1	
5	Fundering hydraulisch menggranulaat	Open, geen belemmering voor het (tussentijds) uitnemen van producten of elementen.	1,0	
6	Zand	Open, geen belemmering voor het (tussentijds) uitnemen van producten of elementen.	1,0	
ID	Product	Methode van fabricage	MF	
1	Deklaag DZOAB 16	Gefabriceerd op de bouwplaats	0,1	
2	Tussenlaag AC Bin TLZ	Gefabriceerd op de bouwplaats	0,1	
3	Onderdlaag AC Base	Gefabriceerd op de bouwplaats	0,1	
4	Onderlaag AC Base	Gefabriceerd op de bouwplaats	0,1	
5	Fundering hydraulisch menggranulaat	Deels geprefabriceerd, deels gefabriceerd op de bouwplaats	0,4	
6	Zand	Deels geprefabriceerd, deels gefabriceerd op de bouwplaats	0,4	
ID	Product	Aantal verbindingen	AV	
1	Deklaag DZOAB 16	Eén of twee verbindingen	1,0	
2	Tussenlaag AC Bin TLZ	Eén of twee verbindingen	1,0	
3	Onderdlaag AC Base	Eén of twee verbindingen	1,0	
4	Onderlaag AC Base	Eén of twee verbindingen	1,0	
5	Fundering hydraulisch menggranulaat	Eén of twee verbindingen	1,0	
6	Zand	Eén of twee verbindingen	1,0	
ID	Product	Losmaakbaarheidsindex (Lip) DGBC 1.0	Losmaakbaarheidsindex (Lip) DGBC 2.0	Losmaakbaarheidsindex (Lip) PIANOo
1	Deklaag DZOAB 16	0,33	0,13	0,49
2	Tussenlaag AC Bin TLZ	0,33	0,13	0,49
3	Onderdlaag AC Base	0,33	0,13	0,49
4	Onderlaag AC Base	0,33	0,13	0,49
5	Fundering hydraulisch menggranulaat	0,95	0,94	0,89
6	Zand	1,00	1,00	0,91