

Kennisbank Biobased Bouwen

LCA FASE BOUW | LOSMAAKBAAR DETAILLEREN

Samenvatting

De wereldwijde vraag naar grondstoffen leidt tot schaarste, waardoor een transitie naar een circulaire economie noodzakelijk is. De bouwsector is verantwoordelijk voor een aanzienlijk deel van het afval en de CO₂-uitstoot, en hergebruik van bouwmaterialen is momenteel beperkt. Vanaf juli 2024 verplicht EU-wetgeving de bouwsector om gerecyclede materialen te gebruiken.

Losmaakbaar bouwen is essentieel voor circulair bouwen, omdat het de mogelijkheid biedt om materialen en producten aan het einde van hun levensduur te hergebruiken. Dit vereist dat bouwproducten demontabel zijn zonder schade aan andere delen van het gebouw. Losmaakbaarheid bevordert vier functies: reparatie, vervanging, hergebruik en aanpassing, wat bijdraagt aan het behoud van materiaalvoorraden, de kwaliteit van de leefomgeving en bestaande waarden.

In dit Kennisblokje vind je ook een meetmethode voor losmaakbaarheid, die verschillende indicatoren zoals type verbinding, toegankelijkheid, doorkruisingen en randopsluiting omvat. Deze methoden helpen bij het ontwerpen van gebouwen die flexibel en aanpasbaar zijn, wat de levensduur verlengt en de milieu-impact vermindert.

Daarnaast wordt de Rest Waarde Index (RWI) genoemd, die de financiële waarde van herbruikbare materialen in een gebouw aangeeft. Een hoge RWI betekent dat materialen goed hergebruikt kunnen worden, wat bijdraagt aan de circulariteit van het gebouw.

Tot slot wordt benadrukt dat losmaakbaarheid niet alleen van toepassing is op nieuwbouw, maar ook op bestaande gebouwen, en dat het belangrijk is om alle betrokken partijen in het ontwerpproces mee te nemen om de ambities van circulair bouwen te realiseren.

Inhoud van deze module

1	Het belang van losmaakbaar bouwen	3
1.1	Circulaire economie	3
1.2	Het belang van losmaakbaar bouwen	4
1.3	Lagen van gebouwflexibiliteit Losmaakbaarheid voor hergebruik van producten.....	6
2	Losmaakbaarheid voor gebouwflexibiliteit	8
3	Losmaakbaarheid bij beheer- en onderhoud	9
4	Meetmethode.....	10
4.1	Type verbindingen (TV).....	12
4.2	Toegankelijkheid van de verbinding (ToV).....	13
4.3	Losmaakbaarheidsindex van de connectie (Llc)	15
4.4	Doorkruisingen (DK).....	15
4.5	Doorkruisingen (RO)	16
4.6	Losmaakbaarheidsindex van de samenstelling (Lls)	17
5	Losmaakbaarheid en restwaarde	18
6	Losmaakbaarheid in de praktijk: nieuwbouw en renovatie	19
6.1	Losmaakbaarheid in detaillering.....	20
7	Voorbeeld projecten: details, lessons learned en uitdagingen	25
7.1	Voorbeeld 1: Remontabele gelamineerde houten kolom, met slisverbinding.....	25
7.2	Voorbeeld 2: Houtskeletbouw/houten binnenspouwbladen.....	27
7.3	Voorbeeld 3: Houten draagstructuur van wanden, balken (Glulam), vloeren (CLT)	28
8	Bronnenlijst	30
9	Relatie met relevante kennismodules in deze Kennisbank Biobased Bouwen	30
10	Versiebeheer	36

1 Het belang van losmaakbaar bouwen

1.1 Circulaire economie

Door de wereldwijde vraag naar producten en grondstoffen worden de voorraden grondstoffen kleiner. Dat leidt ertoe dat grondstoffen niet altijd meer beschikbaar zijn, of niet zo snel.

De wereldeconomie is veelal nog gebaseerd op een lineair proces, met een 'take-make-waste'-houding. Deze lineaire economie resulteert in de volgende problemen¹:

- Afvalgeneratie door storten, waardoor (schaarse) grondstoffen permanent verloren gaan
- CO₂-uitstoot door verbranding en de noodzaak van fabricatie voor vervangende producten
- Uitputting van de aarde.

Een transitie naar een circulaire economie is dan ook noodzakelijk om de toekomst van de planeet veilig te stellen.

De bouw produceert jaarlijks ca. 22,5 miljoen kg afval, is daarmee verantwoordelijk voor 25% van al het afval in het land en stoot naar verwachting meer dan 11% uit van de nationale CO₂-uitstoot. We hergebruiken bouwproducten te beperkt. Veel van dit afval wordt in minder kwalitatieve toepassingen hergebruikt (downcycling), zoals betongranulaat in de wegenbouw (GWW).

Door EU-wetgeving moet de bouwsector vanaf juli 2024 gerecyclede materialen gebruiken om afval te verminderen en een circulaire economie te bevorderen.

TIP

Zie de volgende kennisblokjes:

- [1.1.1. Urgentie Grondstoffen](#)
- [1.1.2. Parijs 2050](#)
- [1.1.4. Rol Bouwsector In Biobased Bouwen](#)

Nederland heeft de ambitie om in 2030 voor 55% circulair te zijn en in 2050 volledig.

Zie kennisblokje [1.1.3. NL Programma's Circulaire Economie](#)

In een circulaire economie beschouwen we elementen, producten, materialen en grondstoffen bij einde levensduur niet als afval, maar als bron die we kunnen hergebruiken.

¹ Bron: <https://www.dqbc.nl/whitepapers/circular-buildings-een-meetmethodiek-voor-losmaakbaarheid-v2-0/>

In de transitie van een lineaire naar een circulaire economie speelt de bouwsector een belangrijke rol. In een circulaire bouweconomie worden materialen en producten hoogwaardig hergebruikt en gerecycled.

Bouwproducten en elementen kunnen in de toekomst alleen worden hergebruikt als deze losmaakbaar zijn verbonden. Op dit moment is er vooral veel theoretische kennis over losmaakbaarheid. Alhoewel er geen wettelijke bepalingen zijn, zijn er methodieken beschikbaar om losmaakbaarheid te beoordelen, zowel in de B&U- als de GWW-sector. Het ontwerpen op losmaakbaarheid is 'op papier' goed mogelijk².

Het ideale van circulair bouwen is dat bestaande gebouwen dienen als 'voorraadschuur' voor bouwen in de toekomst. Om daar te komen is een trendbreuk nodig. Losmaakbaarheid helpt om die trendbreuk te maken³.

1.2 Het belang van losmaakbaar bouwen

Losmaakbaar bouwen is een waardevolle strategie als je kijkt naar levensduur. Een flexibel indeelbaar gebouw, geschikt voor meerdere functies, of een gebouw waarvan de installaties eenvoudig kunnen worden vervangen zonder schade aan de schil of draagstructuur, levert zeker milieuwinst op en past binnen een circulaire strategie. Maar vaak is niet duidelijk wat die milieuwinst precies is, zeker op de korte termijn⁴.

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 zijn functie behoudt en hoogwaardig hergebruik mogelijk is, bepaalt de mate (graad) van losmaakbaarheid. De DGBC en Alba Concepts definiëren losmaakbaarheid als volgt⁵.

"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."

TIP

Zie kennisblokjes

- [1.2.4. Definities circulair ontwerpen](#)
- [1.4.3. Preventie-waardebehoud-waardecreatie](#)

² [PlatformCB23 Leidraad Losmaakbaar-detailleren](#)

³ [DGBC, whitepaper-circulariteit-in-de-praktijk-losmaakbaarheid-oktober2021](#)

⁴ [LA-Losmaakbaar-detailleren-Werken-aan-een-toekomstbestendige-gebouwvoorraad-19-09-24](#)

⁵ [Circular Buildings - een meetmethodiek voor losmaakbaarheid versie 2](#)

Losmaakbaarheid is een randvoorwaarde om circulair bouwen mogelijk te maken. Een onlosmaakbaar object kun je niet oogsten en daardoor ook niet hergebruiken. Maar losmaakbaarheid is niet het enige aspect dat van belang is voor circulair bouwen: een losmaakbaar object wordt niet per definitie hergebruikt, en losmaakbare gebouwen worden niet altijd getransformeerd.

De meetmethode die we in deze publicatie beschrijven, is ontwikkeld om de losmaakbaarheid van objecten te kwantificeren. Het is dus geen meetmethode voor circulariteit; hierbij spelen meerdere aspecten een rol (zie de link in voetnoot 5)

We beschrijven diverse losmaakbare detailoplossingen. Deze oplossingen maken componenten en materialen remontabel. Hierdoor kunnen ze eenvoudig en zonder schade uit een gebouw worden verwijderd en desgewenst weer teruggeplaatst.

CB'23 beschrijft dat losmaakbaarheid vier functies heeft:

1. Reparatie

Als materialen en componenten losmaakbaar zijn, maakt dat het beheer en onderhoud eenvoudiger en efficiënter. Gebouwdelen kunnen worden gedemonteerd, eventueel teruggestuurd naar de fabriek, (laten) gerepareerd en vervolgens opnieuw gemonteerd. Dit beperkt kosten, materiaalgebruik en milieubelasting, en verlengt de levensduur van een gebouw.

2. Vervanging

Als een element niet meer voldoet aan nieuwe technische, functionele of esthetische eisen, kan het worden gedemonteerd zonder schade toe te brengen aan de rest van het gebouw. Vervolgens kan het vervangen worden door een element dat wel aan de eisen voldoet.

3. Hergebruik

Als materialen en componenten na hun eerste levenscyclus zonder waardeverlies kunnen worden gedemonteerd, kunnen ze worden hersteld (indien nodig) en hoogwaardig hergebruikt. Als dat niet mogelijk is, kan het bouwdeel wellicht nog worden gescheiden in zuivere grondstoffen, waardoor recycling mogelijk wordt.

4. Aanpassing

Als materialen en componenten losmaakbaar zijn, maakt dat een gebouw meer adaptief. Het kan eenvoudig worden aangepast aan nieuwe technische, functionele of esthetische eisen, waardoor de levensduur van het gebouw wordt verlengd zonder verlies van waarden.

Met deze vier functies draagt losmaakbaarheid bij aan drie doelen van circulair bouwen:

- Behoud van materiaalvoorraden (uitputting voorkomen)
- Behoud en verbetering van de kwaliteit van de leefomgeving (het milieu)
- Behoud van bestaande waarden

ISSO heeft referentiedetails opgesteld. Deze geven inzicht in de samenhang tussen verschillende bouwproducten, elementen en componenten voor verschillende soorten constructieve verbindingen (details). In deze uitgave zijn de volgende punten ter uitwerking opgepakt⁶

- Het vaststellen van een aantal relevante indicatoren met betrekking tot het algehele circulaire managementsysteem in een gebouw
- Het gebruiken van bestaande milieuproductverklaringen
- Ontwerpers in staat stellen mogelijkheden te verkennen voor het gebruik van reeds beschikbare producten en materialen in bestaande gebouwen
- Het voorstellen van verschillende oplossingen voor circulariteit en het verstrekken van informatie voor kostenberekening
- Het faciliteren van onderhoud en reparatie van verschillende onderdelen van gebouwen, bouwproducten en -systemen
- Het faciliteren van de beoordeling van de duurzaamheid van verschillende onderdelen van gebouwen, bouwproducten en -systemen
- Het koppelen aan ontwikkelde tools (bijv. BIM, materialenpaspoorten van bouwproducten en -systemen) om snelle en nauwkeurige beoordelingen mogelijk te maken van het potentieel voor terugwinning, hergebruik en recycling van specifieke producten en systemen en bijbehorende waardeproposities.

Als basis voor de bepalingsmethode voor losmaakbaarheid in de ISSO [Referentiedetails](#) is de meetmethode gebruikt die Alba Concepts samen met DGBC en W/E-adviseurs heeft ontwikkeld in opdracht van het Ministerie van Binnenlandse Zaken en de Transitieagenda Circulaire Bouweconomie: '[Circulaire Gebouwen, meetmethode losmaakbaarheid](#)'.

1.3 Lagen van gebouwflexibiliteit

Losmaakbaarheid voor hergebruik van producten

Het goed kunnen demonteren van bouwproducten vraagt om losmaakbaarheid bij de verbinding of de bouwknoop. Als dit niet goed is ontworpen en uitgevoerd, is sloop vaak de enige optie. Losmaakbaarheid is hierin geen doel op zich, maar een middel om elementen, producten en materialen circulair te kunnen hergebruiken.

⁶ [Research report Circularity in Referentiedetails](#)

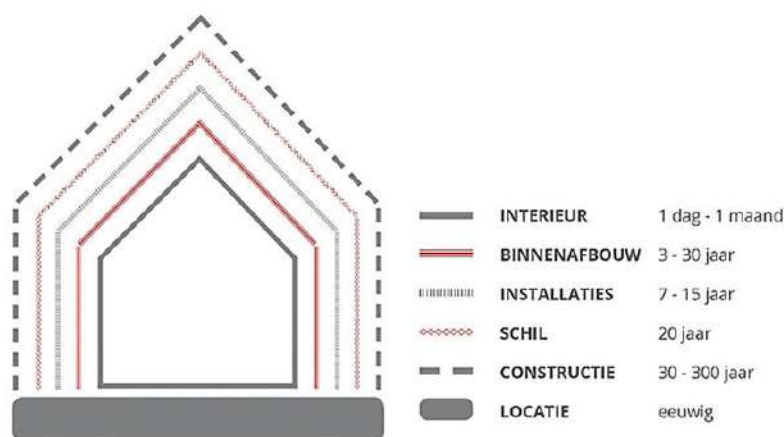
Het [10-R-model](#)⁷ is een strategie die hoogwaardig hergebruik onderscheidt en circulariteit stimuleert. Bovenaan de 10-R-ladder staat *Refuse* (afwijzen), waarbij geen nieuwe grondstoffen worden gebruikt in een product. De laagste trede is *Recover* (terugwinnen), waarbij energie wordt gewonnen uit materialen.

Bij het ontwerpen van gebouwflexibiliteit is het belangrijk dat een gebouw is opgebouwd uit verschillende gebouwlagen die elkaar zo minimaal mogelijk verstoren. Een methode die hiervoor wordt gehanteerd, is *Shearing Layers* of [The Layers of Brand](#)⁸. Elke laag heeft een verschillende levensduur.

De S-lagen zijn:

1. Site (terrein)
2. Structure (constructie)
3. Skin (gevel)
4. Services (installaties)
5. Space plan (inbouw, ruimtelijke indeling)
6. Stuff (spullen: losse inrichting en meubilair)

De gemiddelde levensduur neemt per laag af. Het is van belang om bouwdelen en producten uit verschillende lagen zo min mogelijk met elkaar te vermengen. Dit voorkomt dat bij vervanging van één deel ook een gebouwdeel uit een laag met een langere levensduur moet worden vervangen. Een eenvoudig en losmaakbaar ontwerp voorkomt vermenging en maakt hoogwaardig hergebruik mogelijk⁹



4.2.6.1. Figuur 1 | Lagen van Brand

Bouwbelang; losmaakbaar detailleren, <https://bouwbelang.com/2023/06/losmaakbaar-detailleren/>

⁷ Zie Kennisblok 1.3.1. Modellen en (reken)tools | R-Ladder

⁸ Zie Kennisblok 1.3.2. Modellen en (reken)tools | Lagen van Brand

⁹ [methode-adaptief-vermogen-gebouwen-whitepaper](#)

2 Losmaakbaarheid voor gebouwflexibiliteit

Losmaakbaarheid voor gebouwflexibiliteit zorgt ervoor dat het gebouw adaptief is: *‘het is in staat zich te kunnen aanpassen aan veranderingen van vastgoedvraagstukken binnen een bepaalde gebouwfunctie of in staat zijn om transformaties mogelijk te maken’*.

We streven erna om gebouwen te ontwerpen die zo lang mogelijk meegaan en met kleine aanpassingen geschikt zijn voor hergebruik of een nieuwe toepassing.

Er is een Nederlandse methode die het adaptief vermogen van gebouwen bepaalt. Deze methodiek is geschikt voor duurzaamheidsinstrumenten als BREEAM-NL, GPR Gebouw¹⁰ en raamwerken als ‘Het Nieuwe Normaal¹¹’, maar ook voor tools die specifiek voor adaptief vermogen zijn of worden ontwikkeld. Deze methode sluit tevens aan bij de door Europese Commissie ontwikkelde [Level\(s\) indicator 2.3 – Design for Adaptability](#), de Europese standaard die duurzaamheidsambities van gebouwen beoordeeld. Ontwikkeld Deze methode maakt onderscheid in drie soorten flexibiliteit:

1. (Her)indelingsflexibiliteit
de flexibiliteit om een gebouw, gebouwdeel of unit op een andere manier te kunnen indelen, inrichten of gebruiken
2. Uitbreidingsflexibiliteit
de flexibiliteit om een gebouw, gebouwdeel of unit te kunnen uitbreiden
3. Afstootflexibiliteit
de flexibiliteit om een gebouw, gebouwdeel of unit te kunnen afstoten. Daarbij helpt het als een gebouw - of een deel daarvan - demontabel is. De indicatoren zijn gekoppeld aan een of meerdere van deze drie soorten flexibiliteit. Het onderscheid in de soorten flexibiliteit biedt meer inzicht

Deze strategie kan meetbaar worden gemaakt met een daarvoor ontwikkelde rekenmethodiek.

Losmaakbaarheid maakt daar weliswaar onderdeel van uit, maar het gaat te ver om de methode voor adaptief vermogen inhoudelijk op te nemen in dit kennisblokje *Losmaakbaar Bouwen*.

¹⁰ Zie kennisblokje [4.2.1.1. GPR Gebouw, BREEAM](#)

¹¹ Zie kennisblokje [4.2.1.2 Het Nieuwe Normaal](#)

Toch is het goed om te weten dat sommige elementen tijdens de levensduur van een gebouw één of meerdere keren van functie veranderen en daarom bij voorkeur maximaal losmaakbaar zijn. Denk bijvoorbeeld aan de inbouw. Andere elementen veranderen nauwelijks of helemaal niet, zoals de bodem (*site*) en fundering (*structure*).

Bij de scheiding van levensduren zijn losmaakbare verbindingen – zonder hakken, breken, zagen of frezen – het meest relevant. Hierdoor kan een component of gebouwdeel worden gedemonteerd zonder de rest van het gebouw te beschadigen. Het gedemonteerde element kan vervolgens, indien nodig, worden gereviseerd en hoogwaardig worden hergebruikt. Voor meer informatie over *Adaptief Vermogen* verwijzen we naar de [Whitepaper Methode Adaptief Vermogen Gebouwen, versie 2.0 \(2024\)](#), ontwikkeld door de DGBC, W/E Adviseurs, OMRT en Brink.

3 Losmaakbaarheid bij beheer- en onderhoud

Een gebouw wordt tijdens de levensduur onderhouden om de kwaliteit van de toegepaste producten – en daarmee het gebouw – te waarborgen. Losmaakbare producten zijn gemakkelijker te onderhouden, waardoor de onderhoudskosten dalen. Dit heeft een positief effect op de exploitatiekosten van een bouwwerk.

Bij levensduur is het van belang om zowel de functionele als de technische levensduur in acht te nemen. Als een bouwproduct of element technisch nog functioneert, maar niet meer aan de functionele eisen voldoet, is de functionele levensduur korter dan de technische. Dit kan een reden zijn om dit bouwproduct of element losmaakbaar te maken, zodat het eenvoudig vervangen of aangepast kan worden].

Onderhoud en vervanging van producten worden beïnvloed door gebruik en slijtage. Zo zal een gebouw met een hoge gebruiksintensiteit vaker aan vervanging toe zijn dan een gebouw dat slechts door een beperkt aantal personen wordt gebruikt. De impact van slijtage door gebruik is een belangrijk aandachtspunt, evenals schade door het gebruik van middelen zoals bedden, rollators, steekkarren of heftrucks.

Bij het gebouwontwerp is het zinvol om te analyseren welke verkeersbewegingen er zijn en welke vervoersmiddelen worden gebruikt. Door hier in de routing goede duurzame, maar robuuste en losmaakbare materialen toe te passen, kunnen onderhoudsfrequenties worden verminderd, schade aan naastgelegen bouwkundige onderdelen worden geminimaliseerd en de milieubelasting van materialen worden beperkt.

4 Meetmethode

Een meetmethode moet een indicatie geven van hoe losmaakbaar een gebouw en de producten binnen dat gebouw zijn. Het ontwerp heeft de grootste invloed op losmaakbaarheid. Bij de ontwikkeling van een circulair gebouw moet dit worden gewaarborgd op zowel procesmatig als financieel gebied.

DGBC en Alba Concepts maken met hun meetmethode onderscheid tussen technische, procesmatige en financiële losmaakbaarheidsaspecten¹². Losmaakbaarheid wordt meegenomen op alle schaalniveaus. De index is niet alleen geschikt voor het gebouwniveau, maar ook om afwegingen op productniveau te maken die hergebruik bevorderen. Er wordt onderscheid gemaakt tussen de volgende schaalniveaus:

- Niveau 5 – Gebouw:
Een gebouw bestaat uit een constructie van elementen, bouwproducten en materialen.
- Niveau 4 – Element:
Een deel van een bouwwerk met een bepaalde combinatie van (bouw)producten. Een element is opgebouwd uit één of meer (bouw)producten.
- Niveau 3 – Product:
Een item dat vervaardigd of bewerkt is voor opname in bouwwerken. Een bouwproduct is opgebouwd uit één of meer materialen.
- Niveau 2 – Materiaal:
Een samenvoeging van grondstoffen die specifiek wordt toegepast in een bouwproduct. Dit kan een natuurlijke of kunstmatig geproduceerde stof zijn.
- Niveau 1 – Grondstof:
Een basismateriaal dat wordt gebruikt in een proces om goederen, energie, (bouw)producten of halffabricaten te maken

In de ISSO Referentiedetails wordt een product alleen beoordeeld op losmaakbaarheid als dit product in het beschouwde scenario (zie scenario's) op de bouwplaats individueel uit het gebouw wordt verwijderd. De verwerkingsstappen die na demontage van de producten en elementen plaatsvinden, worden niet meegenomen en beoordeeld bij het bepalen van de [MPG](#) of [de LCA's](#)¹³.

TIP

Zie kennisblokjes

[4.2.5.1. MPG](#)

[1.3.3. Model LCA](#)

¹² methode-adaptief-vermogen-gebouwen-whitepaper
<https://www.dgbc.nl/whitepapers/methode-adaptief-vermogen-gebouwen-versie-2-0/>

¹³ 4.2.6.1. Onderzoeksrapport van circulariteit in referentiedetails - Research report Circularity in Referentiedetails

De losmaakbaarheidsindex van de connectie (**LLc**) representeert de mogelijkheid om een product of element aan het einde van de gebouwlevensduur te demonteren. De losmaakbaarheidsindex van de connectie weerspiegelt dus de omgekeerde bouwvolgorde.

Einde levensduur

Voor het scenario einde levensduur wordt ervan uitgegaan dat de elementen worden verwijderd in omgekeerde assemblagevolgorde; de omgekeerde bouwvolgorde. Dit betekent dat, wanneer de losmaakbaarheid van een element wordt beschouwd, de voorgaande elementen al zijn verwijderd en dus geen invloed meer hebben op de toegankelijkheid van de verbinding. In de ISSO Referentiedetails worden alle elementen genummerd in deze omgekeerde bouwvolgorde.

Het laatste element dat overblijft, kan niet worden beoordeeld op losmaakbaarheid, omdat alle verbindingen die in het betreffende detail worden weergegeven, niet meer aanwezig zijn.

[Standaard wordt dit niet met een kleur weergegeven in de prestatie laag.](#)

De meetmethode van Alba Concepts

[De meetmethode voor losmaakbaarheid van Alba Concepts wordt bepaald op basis van vier technische aspecten](#)

- Het type verbinding (TV)
droge verbindingen, verbindingen met toegevoegde elementen en directe, integrale verbindingen hebben de voorkeur boven zachte en harde chemische verbindingen.
- De toegankelijkheid van de verbinding (ToV)
de mate waarin het benodigde product of element bereikbaar is zonder schade toe te brengen aan omliggende producten of elementen.
- Doorkruisingen (DK)
de mate waarin producten of elementen door elkaar heen lopen of zelfs volledig met elkaar zijn geïntegreerd
- Randopsluiting (RO)
de wijze waarop producten in een samenstelling zijn geplaatst.

Met deze vier indicatoren wordt de losmaakbaarheidsindex (LLc) bepaald.



4.2.6.1. Figuur 2 | losmaakbaarheidsindicatoren

[whitepaper-circulariteit-in-de-praktijk-losmaakbaarheid-oktober2021.pdf](https://circulairebouweconomie.nl/wp-content/uploads/2022/12/Circular-Buildings-een-meetmethode-voor-losmaakbaarheid-versie-2-1.pdf)

<https://circulairebouweconomie.nl/wp-content/uploads/2022/12/Circular-Buildings-een-meetmethode-voor-losmaakbaarheid-versie-2-1.pdf>

4.1 Type verbindingen (TV)

Objecten zijn met elkaar verbonden door diverse typen verbindingen. Bij losmaakbaarheid hebben droge verbindingen, verbindingen met toegevoegde elementen en directe, integrale verbindingen de voorkeur boven zachte en harde chemische verbindingen.

Er geldt een score van 0,10 tot 1,00. De minst losmaakbare verbinding krijgt een score van 0,10 en betreft een harde (chemische) verbinding, zoals chemische ankers, las-, lijm- en aanstortverbindingen.

De best losmaakbare verbinding krijgt een score van 1,00 en betreft droge verbindingen, zoals klik-, magnetische en klittenbandverbindingen. Tussenscores van 0,20, 0,60 en 0,80 worden toegekend aan:

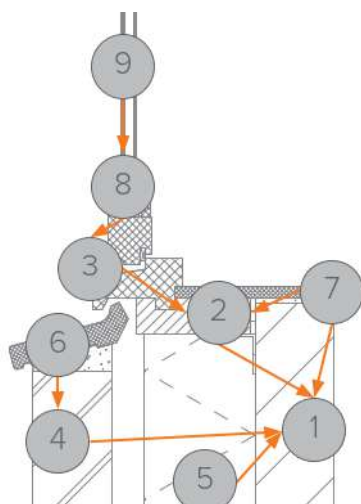
- 0,20
Zachte chemische verbindingen (kit- en schuimverbindingen)
- 0,60
Directe integrale verbindingen (pin- en spijkerverbindingen)
- 0,80
Verbindingen met toegevoegde elementen (bout-, moer-, veer- en schroefverbindingen)

Als richtlijn voor de beoordeling van dit onderdeel (TV) geldt dat slechts één verbinding hoeft te worden beoordeeld: de verbinding die een dragende functie heeft voor het betreffende product. Als meerdere verbindingen functioneel dragend zijn, wordt de slechtst scorende verbinding beoordeeld [Circular Buildings – een meetmethode voor losmaakbaarheid](#)].

ID	Product	Dragende verbinding	Laag	Score TV
1	Kalkzandsteen	(verdiepings) vloer	Structure	0,1
2	Stelkozijn	Kalkzandsteen	Skin	0,8
3	Kozijn	Stelkozijn	Skin	0,1
4	Metselwerk	Kalkzandsteen	Skin	0,1
5	Isolatie	Kalkzandsteen	Skin	0,8
6	Vensterbank	Kalkzandsteen	Space plan	0,2
8	Raamkozijn	Kozijn	Skin	0,8
9	Beglazing	Raamkozijn	Skin	0,2

4.2.6.1. Figuur 3 | beoordeling van de factor type verbindingen

<https://circulairebouweconomie.nl/wp-content/uploads/2022/12/Circular-Buildings-een-meetmethodiek-voor-losmaakbaarheid-versie-2-1.pdf>



4.2.6.1. Figuur 4 | fictief voorbeeld bepaling en waardering factor type verbindingen

<https://circulairebouweconomie.nl/wp-content/uploads/2022/12/Circular-Buildings-een-meetmethodiek-voor-losmaakbaarheid-versie-2-1.pdf>

4.2 Toegankelijkheid van de verbinding (ToV)

Kun je fysiek bij de verbindingselementen komen, en in hoeverre ontstaat er dan schade aan omliggende objecten? Dat is de kern van de factor toegankelijkheid van de verbinding.

Is de toegankelijkheid hoog—dus kom je gemakkelijk bij het verbindingselement zonder schade aan de omliggende gebouwdelen—dan heeft dit een positief effect op de losmaakbaarheid van een product (figuur 3). De toegankelijkheid van de verbinding wordt bepaald op dezelfde manier als het type verbinding.

De minst toegankelijke verbinding krijgt een score van 0,10. Dit betreft een verbinding die 'niet toegankelijk' is en bij vervanging onherstelbare schade veroorzaakt aan het product of omliggende producten. De best toegankelijke verbinding krijgt een score van 1,00 en wordt gekenmerkt als 'vrij

Daarnaast worden de volgende tussenwaardes toegekend:

- 0,40 – Toegankelijk met extra handelingen, met gedeeltelijk herstelbare schade
- 0,60 – Toegankelijk met extra handelingen, met volledig herstelbare schade
- 0,80 – Toegankelijk met extra handelingen, zonder schade aan het product of omliggende elementen

De toegankelijkheid van de verbinding wordt beoordeeld vanuit de omgekeerde bouwvolgorde, aan het einde van de levensduur van het product of element:

- Voor producten of elementen die even lang meegaan als het gebouw, geldt de omgekeerde bouwvolgorde bij demontage van het gebouw
- Voor producten of elementen met een kortere levensduur dan het gebouw, geldt de omgekeerde bouwvolgorde bij vervangingswerkzaamheden

ID	Product	Laag	Score ToV
1	Kalkzandsteen	Structure	0,4
2	Stelkozijn	Skin	0,6
3	Kozijn	Skin	0,6
4	Metselwerk	Skin	0,4
5	Isolatie	Skin	1,0
6	Vensterbank	Space plan	0,6
8	Raamkozijn	Skin	1,0
9	Beglazing	Skin	1,0

4.2.6.1. Figuur 5 | beoordeling van de factor toegankelijkheid van de verbinding (ToV) in het rekenvoorbeeld Figuur 4
<https://circulairebouweconomie.nl/wp-content/uploads/2022/12/Circular-Buildings-een-meetmethodiek-voor-losmaakbaarheid-versie-2-1.pdf>

4.3 Losmaakbaarheidsindex van de connectie (LIC)

De formule voor het bepalen van de losmaakbaarheidsindex van de connectie is:

$$LICn = \frac{2}{\frac{1}{TVn} + \frac{1}{ToVn}}$$

Waarin:

LICn = losmaakbaarheidsindex van de connectie van product of element n;

TVn = type verbinding van product of element n;

ToVn = toegankelijkheid verbinding van product of element n.

4.4 Doorkruisingen (DK)

Het begrip doorkruisingen verwijst naar situaties waarin producten of elementen door elkaar heen lopen of zelfs volledig met elkaar zijn geïntegreerd. Dit maakt demontage aan het einde van de levensduur complexer, vooral wanneer de levensduren van de betrokken producten verschillen en sommige tussentijds moeten worden vervangen, terwijl omliggende producten of elementen behouden moeten blijven.

Als leidraad voor de verschillende bouwlagen geldt de [Layers of Brand](#), waarbij de levensduur van de verschillende bouwlagen idealiter gescheiden van elkaar wordt ontworpen.

Wanneer er geen doorkruisingen zijn en een modulaire zonering van producten of elementen uit verschillende lagen is ontworpen, dan is dit de meest optimale situatie en krijgt deze een score van 1,00.

Een situatie waarin producten of elementen uit verschillende lagen volledig geïntegreerd zijn, wordt als minst gunstig beschouwd en krijgt een score van 0,10. Een incidentele doorkruising van producten of elementen uit verschillende lagen wordt gewaardeerd met een 0,40 score. De beoordeling van doorkruisingen werkt twee kanten op. Zowel het product of element dat de doorkruising veroorzaakt als het product of element dat doorkruist wordt, krijgt dezelfde beoordeling. Dit komt doordat beide een belemmering vormen die opgelost moet worden bij (tussentijdse) vervanging.

Als er meerdere doorkruisingen of vervlechtingen aanwezig zijn, is de laagst scorende beoordeling maatgevend voor het betreffende product of element.

ID	Product	Laag	Score DK
1	Kalkzandsteen	Structure	0,1
2	Stelkozijn	Skin	1,0
3	Kozijn	Skin	1,0
4	Metselwerk	Skin	1,0
5	Isolatie	Skin	1,0
6	Vensterbank	Space plan	0,4
8	Raamkozijn	Skin	1,0
9	Beglazing	Skin	1,0

4.2.6.1. Figuur 6 | beoordeling van doorkruisingen (DK) in het rekenvoorbeeld figuur 4

<https://circulairebouweconomie.nl/wp-content/uploads/2022/12/Circular-Buildings-een-meetmethodiek-voor-losmaakbaarheid-versie-2-1.pdf>

4.5 Doorkruisingen (RO)

Met de factor randopsluiting beoordeel je hoe producten binnen een samenstelling zijn geplaatst en of deze open of gesloten is. Zoals de naam suggereert, heeft dit te maken met de fysieke randen van een product of element.

Wanneer een product zo is gesitueerd dat het 'opgesloten' wordt door omliggende producten, spreken we van randopsluiting. Dit maakt het onmogelijk om een product anders dan volgens de omgekeerde bouwvolgorde te demonteren.

De factor randopsluiting is relevant in twee situaties:

1. Bij enkelvoudige producten die door de samenstelling zijn ingesloten.
2. Bij seriematige producten die elkaar insluiten.

Randopsluiting (RO)	Score
Open, geen belemmering voor het (tussentijds) uitnemen van producten of elementen.	1,00
Overlappend, gedeeltelijke belemmering voor het (tussentijds) uitnemen van producten of elementen.	0,40
Gesloten, volledige belemmering voor het (tussentijds) uitnemen van producten of elementen.	0,10

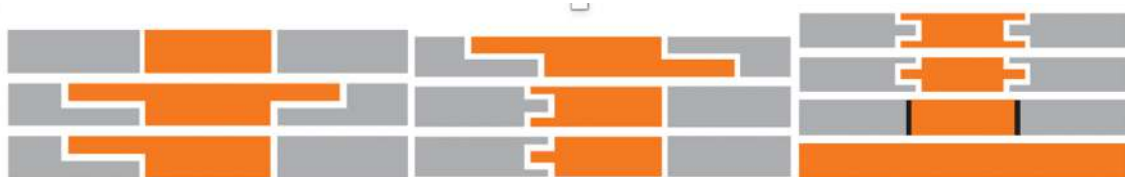
4.2.6.1. Figuur 7 | beoordeling van randopsluiting (RO) in het rekenvoorbeeld Figuur 4

<https://circulairebouweconomie.nl/wp-content/uploads/2022/12/Circular-Buildings-een-meetmethodiek-voor-losmaakbaarheid-versie-2-1.pdf>

Producten zijn niet ingesloten door omliggende producten, linker afbeelding in figuur 8 zijn niet ingesloten door omliggende producten. De randen zijn open ten opzichte van elkaar, waardoor een product minimaal vanaf één toegankelijke kant volledig uit de samenstelling kan worden gedemonteerd.

Producten in de middelste afbeelding van figuur 8 zijn gedeeltelijk ingesloten door omliggende producten. Hierdoor is er minimaal aan één rand een overlapping. Om producten (tussentijds) uit een samenstelling te demonteren, moeten eerst andere producten worden verwijderd.

Producten in de rechter afbeelding van figuur 8 zijn volledig ingesloten door omliggende producten. Hierdoor is er minimaal aan twee randen een insluiting. Om deze producten (tussentijds) uit een samenstelling te demonteren, moeten eerst omliggende producten worden verwijderd.



4.2.6.1. Figuur 8 | randopsluiting

<https://circulairebouweconomie.nl/wp-content/uploads/2022/12/Circular-Buildings-een-meetmethodiek-voor-losmaakbaarheid-versie-2-1.pdf>

4.6 Losmaakbaarheidsindex van de samenstelling (LIs)

De formule voor het bepalen van de Losmaakbaarheidsindex van de connectie is:

$$LIsn = \frac{2}{\frac{1}{DKn} + \frac{1}{ROn}}$$

Waarin:

LIsn = losmaakbaarheidsindex van de samenstelling van element n:

DKn = doorkruisingen van product of element n;

ROn = randopsluiting van product element n.

Losmaakbaarheidsindex van het product of element

De formule voor het bepalen van de losmaakbaarheidsindex van het product of element is:

$$LIpn = \frac{2}{\frac{1}{LICn} + \frac{1}{LIsn}}$$

Waarin:

LIpn = losmaakbaarheidsindex van product of element n.

LICn = losmaakbaarheidsindex van de connectie van product of element n.

LIsn = losmaakbaarheidsindex van de samenstelling van product of element n.

5 Losmaakbaarheid en restwaarde

De restwaarde vertegenwoordigt de financiële waarde van de herbruikbare materialen van een gebouw. De financiële waarde wordt vervolgens ingezet om betere en duurzamere gebouwen te ontwerpen en bouwen. Bbn adviseurs heeft met het inzicht van de Rest Waarde Index (RWI) een methodiek ontwikkeld waarmee elke opdrachtgever samen met de adviseur vroegtijdig invloed uitoefenen op de circulariteit van het gebouw. Door deze RWI te koppelen aan de bouwkosten ontstaat er een stuurmiddel om in de ontwerpfase de restwaarde te optimaliseren. Hierbij zorgt een hoge RWI voor een hoge restwaarde wat zorgt voor een duurzaam gebouw.

De RWI is een score die inzicht geeft in de restwaarde potentie van een gebouw. Een hoge RWI geeft aan dat de producten in een gebouw goed hergebruikt kunnen worden. Bij een hoge RWI score is de potentie op het hergebruik van producten maximaal. De RWI kan tijdens de beginfase van een project sturen op het remontabel gebruik van de juiste materialen. Hierbij wordt de hoogste waarde gecreëerd aan het einde van de levensduur van het gebouw.

Een uniforme meetmethode voor circulariteit zoals de RWI maakt het voor iedereen mogelijk circulaire doelen te behalen en restwaarde te optimaliseren. De RWI is inzetbaar als prestatie eis in bijvoorbeeld een PvE en te waarborgen tijdens het ontwerpproces door:

- de RWI in de ontwerpfase van projecten te integreren, waardoor slimme ontwerpkeuzen gemaakt kunnen worden
- de RWI aan bouwkostenbegrotingen te koppelen en zo kansen voor waardecreatie vroegtijdig te identificeren
- de RWI als stimulans voor innovatie te gebruiken
- de RWI van projecten te benchmarken
- de RWI te gebruiken als een educatief instrument om het bewustzijn over circulair bouwen te vergroten

Het toepassen van circulaire ontwerpprincipes leidt in eerste instantie tot primair waarde behoud. Met de vastgestelde duurzaamheidsambities voor de toekomst kan dit zelfs leiden tot waardevermeerdering, ook wel bekend als waarde creatie. De RWI toont aan dat een hoge materiaalwaarde een hoge financiële restwaarde creëert. Daarmee kan de RWI als sturingsgetal worden ingezet bij bijvoorbeeld ontwikkeltrajecten. Een hoge RWI betekent een hoge financiële restwaarde en daarmee een hoge mate van circulariteit. De rekenregels voor de RWI omvatten een formule, evenals bijbehorende definities en uitgangspunten. Hieronder wordt eerst de formule voor de bepaling van de RWI beschreven, gevolgd door de bijbehorende definities van de verschillende componenten. Tot slot worden de uitgangspunten toegelicht die de basis vormen voor de berekening. Dit wordt inzichtelijk gemaakt middels een rekenvoorbeeld.

$$RWI = \frac{\Sigma mw - \Sigma afw}{Msw \times \Sigma dk}$$

Waarin:

Restwaarde Index (RWI)

De Restwaarde Index (RWI) is een objectief en meetbaar getal dat de restwaarde potentie van een gebouw aangeeft. Een maximale score (1.00) betekent dat het potentieel van de materialen volledig wordt benut. De RWI wordt berekend door de som van de materiaalwaarde, minus de som van de afwaardering, gedeeld door de maximale streefwaarde materiaal met de totale directe kosten vermenigvuldigd.

Totale directe bouwkosten (Σdk)

De totale directe bouwkosten zijn de directe kosten die gemaakt worden voor de realisatie van het gebouw. Dit zijn de kosten voor materiaal, arbeid, materieel en onderaanneming. Overige kosten hebben geen materiaal component en behoren dus niet tot de RWI berekening

Totale materiaalwaarde (Σmw)

Het totaal aan materiaalwaarde beschrijft het totale financiële materiaal aandeel in een gebouw op basis van de oorspronkelijke bouwkosten. Dit is een bedrag per element dat het pure materiaal aandeel beschrijft. Het gaat hierbij om de bouwkosten minus andere kosten zoals arbeid & materieel.

Afwaardering (Σafw) De materiaalwaarde van een product ondergaat vervolgens een verandering wanneer het wordt toegepast in een gebouw. Deze verandering zorgt direct voor een waardedaling, dit noemen we afwaardering. De totale afwaardering voor de RWI bestaat uit 2 onderdelen: het Verlies (V) en de Kwaliteitsreductie (KR).

Het Verlies wordt grotendeels bepaald door de losmaakbaarheidsindex (Li). De Li is een marktgeaccepteerde meetmethode waarmee producten kunnen worden getoetst op de losmaakbaarheid. Losmaakbaarheid is belangrijk voor een hoge RWI omdat een hoge losmaakbaarheid zorgt voor een hoge financiële restwaarde.

6 Losmaakbaarheid in de praktijk: nieuwbouw en renovatie

De bouw omvat zowel nieuwbouw als bestaande bouw. Het bepalen van losmaakbaarheid is mogelijk voor zowel nieuwe als bestaande producten in een gebouw en kan in verschillende situaties worden vastgesteld:

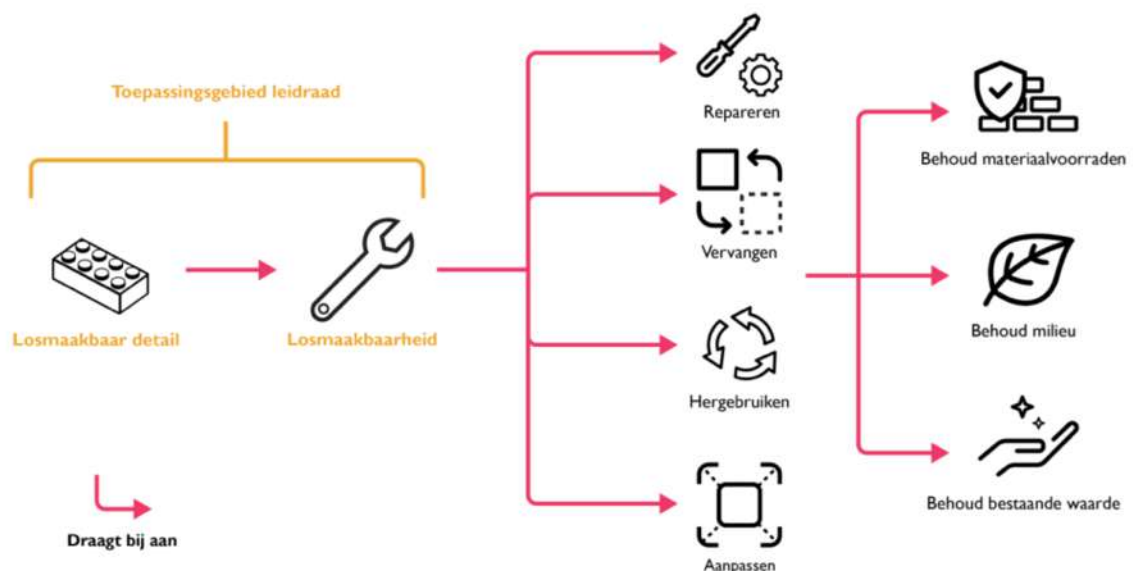
- In de ontwerpfase(n) bij nieuwbouw of renovatie
Hierbij wordt de gebouwflexibiliteit op product- en materiaalniveau bepaald.
- In de exploitatiefase bij beheer en onderhoud
Met name planmatig, preventief en mutatieonderhoud zijn hierin relevant.

- In de sloop- of demontagefase
Hierbij wordt het potentieel hergebruik van bouwproducten en -materialen vastgesteld.

6.1 Losmaakbaarheid in detaillering

Losmaakbare details en losmaakbaarheid zijn binnen circulaire bouw een middel, maar geen doel op zich.

Losmaakbare details dragen bij aan losmaakbaarheid; losmaakbaarheid draagt vervolgens bij aan repareerbaarheid, vervangbaarheid, herbruikbaarheid (idealiter meerdere keren in verschillende cycli) en adaptief vermogen. [Deze factoren dragen op hun beurt weer bij aan de drie doelen van circulair bouwen.](#)



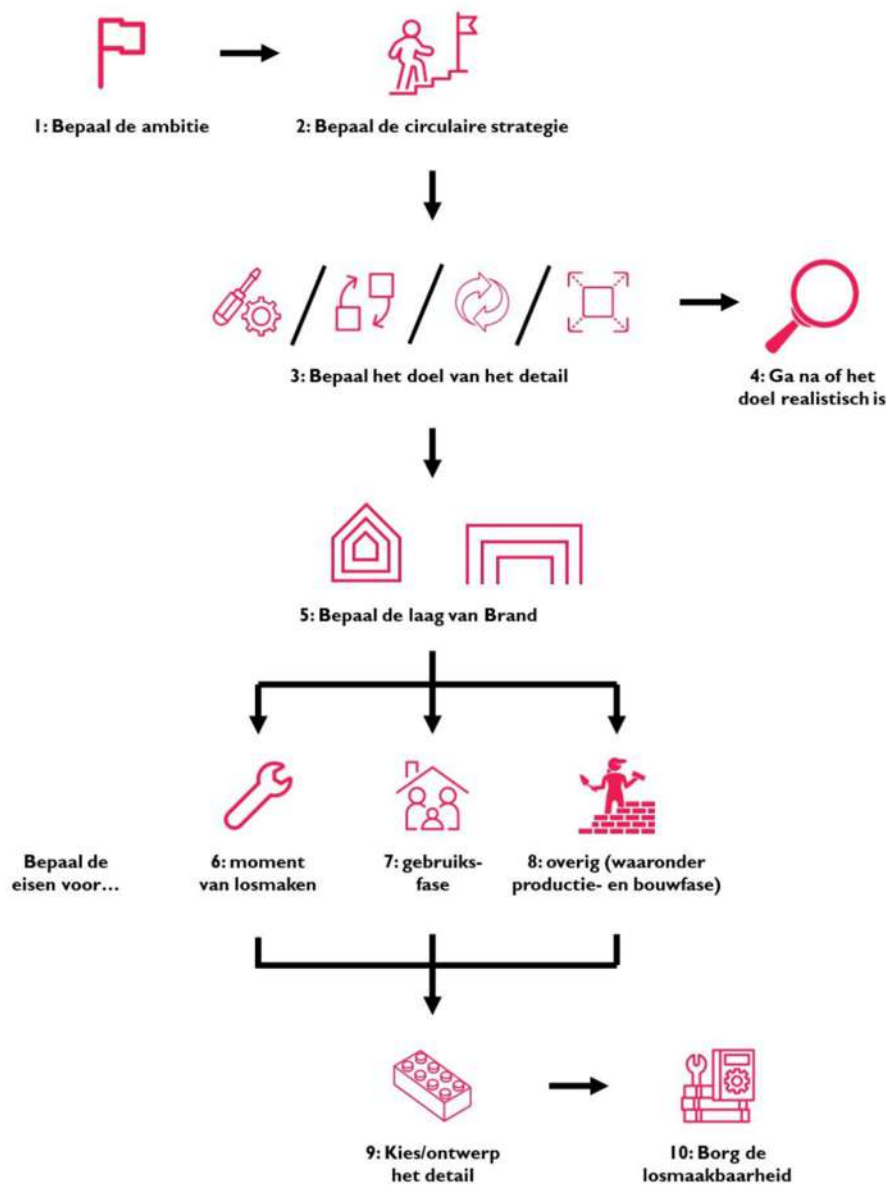
4.2.6.1. Figuur 9 | toepassingsgebied losmaakbaar detailleren

Lente-Akkoord 2.0: <https://www.lente-akkoord.nl/nieuws/handen-en-voeten-geven-aan-losmaakbaar-bouwen>

Zoals eerder beschreven, heeft losmaakbaarheid effect op verschillende schaalniveaus. Deze beschrijving richt zich specifiek op de schaalniveaus 'bouwproduct' en 'element', en gaat dieper in op het losmaakbaar detailleren.

Als je een losmaakbaar detail wilt kiezen of ontwerpen, moet je daarbij een aantal aandachtspunten in acht nemen.

Deze paragraaf biedt daarvoor het door CB'23 ontwikkelde 10 stappenplan.



4.2.6.1. Figuur 10 | Stappenplan van CB'23 om losmaakbaar te detailleren

https://platformcb23.nl/wp-content/uploads/PlatformCB23_Leidraad_Losmaakbaar-detailleren.pdf

De Leidraad Losmaakbaar Detailleren van CB'23 geeft principes en voorbeelddetails met biobased materialen en aandachtspunten voor nieuwbouw.

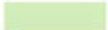
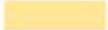
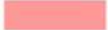
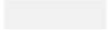
Om de ambities van een project te realiseren, is het essentieel om alle betrokken partijen vanaf het begin mee te nemen in deze ambities, zodat iedereen dezelfde doelstellingen nastreeft. Dit vergroot de kans dat losmaakbare onderdelen optimaal worden benut.

Wanneer partijen verschillende doelstellingen meekrijgen—op het gebied van tijd, geld, hinder of duurzaamheid—verschilt hun focus. Zo kan het gebeuren dat de ene partij een gelddoelstelling meekrijgt, terwijl een andere partij een hinderdoelstelling heeft, wat kan leiden tot conflicterende oplossingen. Zelfs als partijen in eerste instantie geen directe invloed op de doelstellingen lijken te hebben, is het zinvol hen dezelfde doelstelling mee te geven.

Bij het formuleren van doelstellingen is het belangrijk om losmaakbaarheid te presenteren als een middel om doelen te bereiken, zoals reparatie, hergebruik, vervanging of aanpassing. Daarnaast is het essentieel om duidelijk te communiceren op welk niveau—bouwproduct of element—losmaakbaarheid gewenst is.

Van alle elementen die ter plaatse met elkaar verbonden zijn, is door ISSO op de achtergrond een berekening uitgevoerd volgens de Alba methode. De beschouwde elementen zijn aangegeven door middel van een opeenvolgende nummering van de demontagevolgorde, een kwalitatieve beoordeling van de losmaakbaarheidsindex voor de verbinding per element en de verbindingen zelf.

Beoordeling elementen

	Uitstekend	Llc $0,8 < Llc \leq 1$
	Goed	$0,6 < Llc \leq 0,8$
	Matig	$0,4 < Llc \leq 0,6$
	Slecht	$0,2 < Llc \leq 0,4$
	Zeer slecht	$0,1 \leq Llc \leq 0,2$
	Niet te beoordelen	

Aanduiding element



Naam element

Verbindingen



Verbinding parallel aan contactvlak (bv lijmverbinding)



Verbinding met toegevoegde elementen (bv hoekelement)



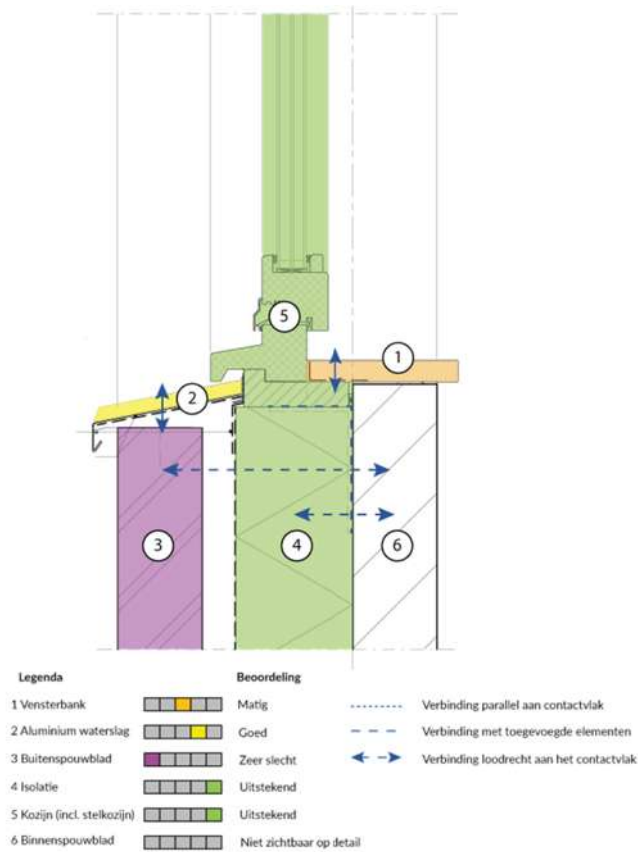
Verbinding loodrecht aan het contactvlak (bv schroefverbinding)

4.2.6.1. Figuur 11 | [Research report Circularity in Referentiedetails](#), p14

ISSO research report: Circularity in referentiedetails (2022)

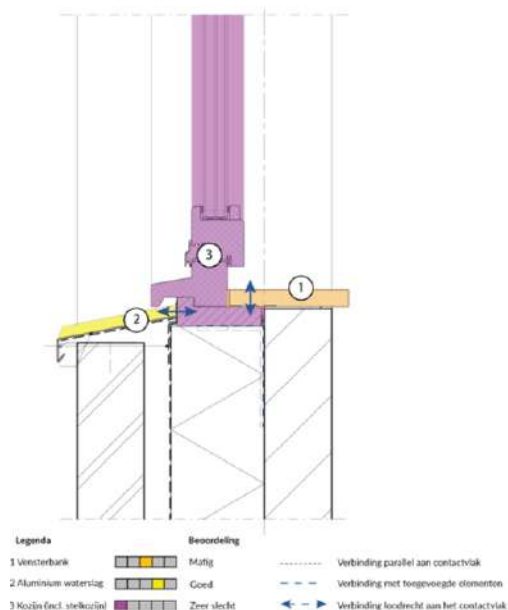
<https://documenten.iss0.nl/s/uC0kWdQL2kgUqIE3p2xoRrJHK1FRH9rC/Research%20report%20Circularity%20in%20Referentiedetails.pdf>

Een voorbeeld van een detail dat de afneembaarheid voor het einde-van-de-levensduur-scenario laat zien, wordt getoond in onderstaande figuur.



4.2.6.1. *Figuur 12 | Voorbeelddetail met losmaakbaarheid van de prestatie laag voor het einde-van-de-levensduurscenario*

Een voorbeeld van een beoordeelde detaillering voor het onderhouds- en beheerscenario is weergegeven in onderstaande figuur.



4.2.6.1. Figuur 13 | Voorbeelddetail met losmaakbaarheid van de prestatie laag voor het einde-van-de-levensduurscenario,

Tekening van Ydo Schuur, nav de bron: https://platformcb23.nl/wp-content/uploads/PlatformCB23_Leidraad_Losmaakbaar-detaileren.pdf - pg 17

Bij een vergelijking van de afneembaarheid voor het einde-levensduurscenario met de afneembaarheid voor het onderhoudsscenario, vallen een aantal zaken op:

- In het onderhoudsscenario worden slechts 3 elementen beoordeeld, omdat ervan is uitgegaan dat alleen de ramen in aanmerking komen voor vervanging
- De beoordeling van de afneembaarheid van het raam in het einde-levensduurscenario is zeer goed, maar in het onderhouds- en beheersscenario zeer slecht. Uit de informatie in figuur 2.6 blijkt dat de bereikbaarheid van de aansluiting slecht is, omdat eerst een deel van de buitenmuur en een deel van de isolatie verwijderd moeten worden om bij de hoekaansluiting te komen. Dit veroorzaakt onherstelbare schade aan deze twee elementen. Hieruit blijkt dat er in de verschillende scenario's verschillende aandachtspunten zijn, met name wat betreft de bereikbaarheid van de aansluiting.

7 Voorbeeld projecten: details, lessons learned en uitdagingen

7.1 Voorbeeld 1: Remontabele gelamineerde houten kolom, met slisverbinding



4.2.6.1. Figuur 14 | gelamineerde houten kolom: https://platformcb23.nl/wp-content/uploads/PlatformCB23_Leidraad_Losmaakbaar-detailleren.pdf - pg 41

Niveau losmaakbaarheid

Element, gelamineerde kolommen en wanden van kruislaaghout

Type verbinding

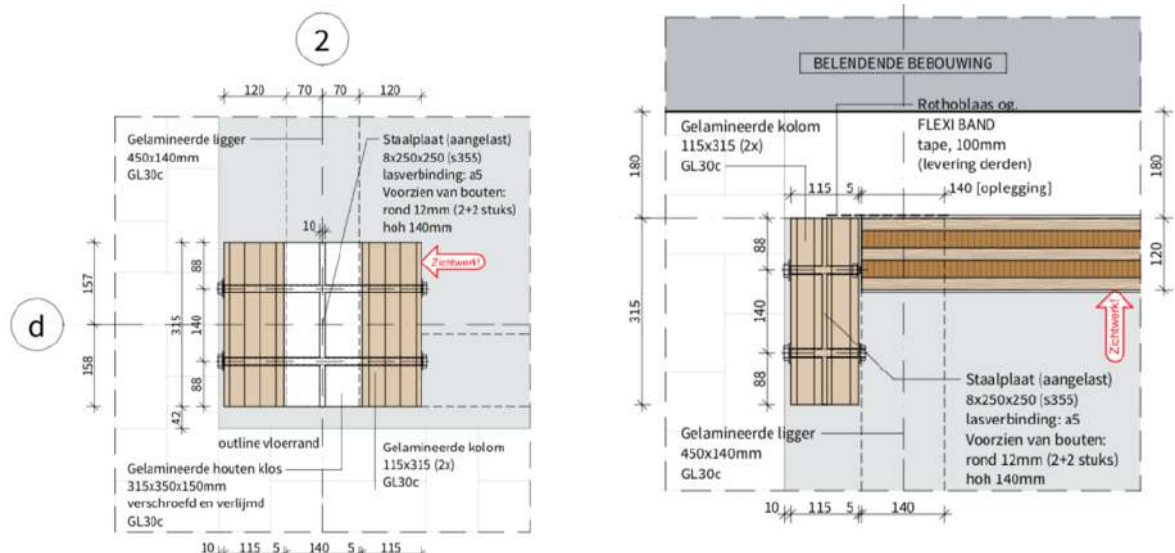
Bout/moer

Het uitgangspunt van het project was om de houten kolommen en wanden herhaaldelijk inzetbaar te maken en volledig aanpasbaar qua maatvoering, functie en esthetiek. De kolommen en wanden zijn losmaakbaar en kunnen worden hergebruikt als kolom en/of wand.

De kolom bestaat uit gelamineerde liggers die ook als ligger verlengbaar zijn. Om het gebouw optimaal remontabel te houden, zijn schroeven, moeren en bouten in het zicht gelaten. Hierdoor kan 90% van het gebouw worden meeverhuisd naar een andere locatie; alleen de fundering en de betonnen grondplaat blijven achter.

Bij de dragende lijnen van de bestaande fundering zijn stalen verbindingsplaten vastgezet op de constructieve betonvloer. Vervolgens is vloerverwarming aangebracht, met daarover een cementdekvloer. De stalen platen steken boven deze dekvloer uit. Hierdoor konden zowel de gelamineerde kolommen voor het skelet als de wanden van kruislaaghout met een slisverbinding worden bevestigd: een sleuf aan de onderzijde van het hout schuift over het staal en wordt vervolgens met bouten vastgezet.

Op de begane grond is gekozen voor een 'droge' vloer. Op de eerste verdieping is een kruislaaghouten vloer geplaatst, met daarboven een computervloer. Het voordeel hiervan is dat de bedrading en het leidingwerk altijd bereikbaar blijven.



4.2.6.1. Figuur 15 | opbouw van de gelamineerde houten kolom in detail

https://platformcb23.nl/wp-content/uploads/PlatformCB23_Leidraad_Losmaakbaar-detaileren.pdf - pg 42

De kosten zijn gelijk aan traditioneel bouwen omdat

- de korte bouwtijd voor de constructie (vijf dagen) opweegt tegen de langere uitwerking in het beginstadium en de meerprijs voor CLT
- de korte montagetijd voor installaties opweegt tegen de langere voorbereiding voor de inzet van technische innovaties

de afwerking en het wegwerken van leidingen is gekozen voor een leidingspouw, die aan het prefab HSB-element is bevestigd. Op de bouwplaats kan hierop een gipsplaat worden aangebracht.

Bij demontage moet de afwerking van de leidingspouw eerst worden verwijderd voordat de schroefverbindingen in het HSB-element bereikbaar zijn.

7.2 Voorbeeld 2: Houtskeletbouw/houten binnenspouwbladen

Niveau losmaakbaarheid

Elementen 2D

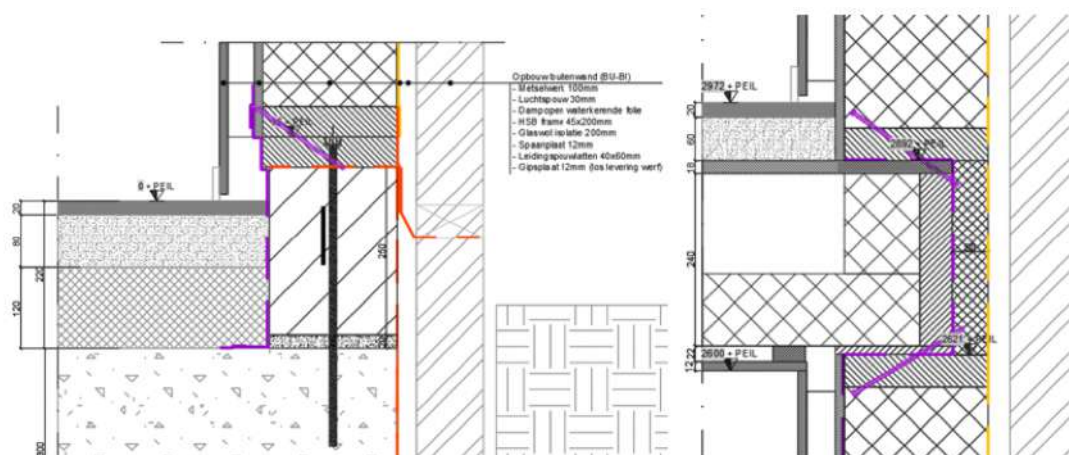
Type verbinding

Bout/moer

Keuzes losmaakbaarheid

Er is niet specifiek voor losmaakbaarheid gekozen. In deze details is gekozen voor het gebruik van zoveel mogelijk circulaire materialen binnen de HSB-elementen (wanden, vloeren en daken). Deze elementen kunnen snel gemonteerd en gedemonteerd worden.

De losmaakbaarheid is hier gerealiseerd door traditionele schroefverbindingen. Deze schroeven zijn van binnenuit geplaatst. Het betreft hier een traditionele verbindingsmethode binnen de HSB-methode.



4.2.6.1. Figuur 16 | Houtskeletbouw/houten binnenspouwbladen (Machiels Building Solutions)

De afwerking en het wegwerken van leidingen is gekozen voor een leidingspouw, die aan het prefab HSB-element is bevestigd. Op de bouwplaats kan hierop een gipsplaat worden aangebracht.

Bij demontage moet de afwerking van de leidingspouw eerst worden verwijderd voordat de schroefverbindingen in het HSB-element bereikbaar zijn.

<https://www.lente-akkoord.nl/uploads/LA-Losmaakbaar-detaileren-Werken-aan-een-toekomstbestendige-gebouwoorraad-19-09-24.pdf> pg 20

Lessons learned

Wanneer er geen gebruik wordt gemaakt van een leidingspouw, lopen de installaties rechtstreeks door het HSB-element. Hierdoor wordt elke hollewanddoos en installatietechnische doorvoer een luchtlek.

Om de doorvoeren weer luchtdicht te maken, moet extra materiaal worden toegevoegd, zoals een manchet.

Hergebruik in de toekomst

Bovenstaande bouwknopen kunnen maximaal twee keer in elkaar worden gezet en uit elkaar worden gehaald voordat het hout te veel beschadigd is.

Voor veel toepassingen is één keer demonteren en weer monteren al voldoende. Bij slechts één à twee cycli is het niet nodig om extra materiaal, zoals verbindingsmiddelen, toe te voegen.

Bij ontwerpen voor tijdelijke huisvesting, waarbij gebouwen meerdere keren verplaatst moeten worden, zijn er oplossingen om de knopen duurzamer en robuuster te maken. Dit kan door meer materiaal, zoals ankers, toe te voegen.

In de betreffende details is ervoor gekozen om van binnenuit te schroeven, maar schroeven vanaf de spouwzijde is ook mogelijk. Bij demontage moet dan eerst het buitenblad (metselwerk, beplating, etc.) worden verwijderd.

Er is nog geen ervaring met demontage en remontage van HSB-elementen. Dit heeft twee redenen:

1. De vraag naar deze demontage wordt nog niet gesteld.
2. De levensduur van gebouwen met deze HSB-elementen is circa 30-50 jaar.

7.3 Voorbeeld 3: Houten draagstructuur van wanden, balken (Glulam), vloeren (CLT)



4.2.6.1. Figuur 17 | Koppeling houten draagstructuur

<https://www.lente-akkoord.nl/uploads/LA-Losmaakbaar-detaileren-Werken-aan-een-toekomstbestendige-gebouwwaarde-19-09-24.pdf> pg 24

Niveau losmaakbaarheid

Product/element

Type verbinding

Bout/moer (Lock T)

Keuzes losmaakbaarheid

Losmaakbaarheid bestaat hier uit toegevoegde verbindingsmiddelen (Lock T), schroeven en borgschroeven. De hoofdconstructie is losmaakbaar maar afhankelijk van de afwerkingen (voorzetwanden, dekvloeren, plafonds) zijn verbindingen en verbindingsmiddelen soms niet meer eenvoudig bereikbaar.

Lessons Learned

Afhankelijk van de toepassing gelden er aanvullende eisen voor bijvoorbeeld brandveiligheid (inclusief bezwijken), geluid en andere aspecten. Hiervoor moeten aanvullende maatregelen worden genomen, zoals brandwerende banden.

Dergelijke verbindingen maken onderdeel uit van de totale draagconstructie en moeten daarom als geheel worden beoordeeld.

Er is een uitdaging op het gebied van overdracht van horizontale belasting. Om schuifbelasting (indien van toepassing) op te vangen, moeten extra ankers worden toegepast.

Daarnaast is het systeem niet compatibel met akoestische ontkoppelingsrubbers.

8 Bronnenlijst

1. Circular Buildings - een meetmethodiek voor losmaakbaarheid versie 2
Bron: <https://www.dgbc.nl/whitepapers/circular-buildings-een-meetmethodiek-voor-losmaakbaarheid-v2-0/>
2. Duurzaam gebouwd: Wat gebeurt er met het bouwafval in Nederland
<https://www.duurzaamgebouwd.nl/artikel/20230525-advertorial-wat-gebeurt-er-met-het-bouwafval-in-nederland#:~:text=Jaarlijks%20wordt%20er%20in%20Nederland,%2C%20metalen%2C%20kunststoffen%20en%20dakafval.>
3. PlatformCB23_Leidraad_Losmaakbaar-detaileren
https://platformcb23.nl/wp-content/uploads/PlatformCB23_Leidraad_Losmaakbaar-detaileren.pdf
https://platformcb23.nl/wp-content/uploads/PlatformCB23_Leidraad_Losmaakbaar-detaileren.pdf
4. methode-adaptief-vermogen-gebouwen-whitepaper
<https://www.dgbc.nl/whitepapers/methode-adaptief-vermogen-gebouwen-versie-2-0/>
5. DGBC, whitepaper-circulariteit-in-de-praktijk-losmaakbaarheid-oktober2021
<https://www.dgbc.nl/whitepapers/circulariteit-in-de-praktijk-losmaakbaarheid/>
6. LA-Losmaakbaar-detaileren-Werken-aan-een-toekomstbestendige-gebouwvoorraad-19-09-24
<https://www.lente-akkoord.nl/uploads/LA-Losmaakbaar-detaileren-Werken-aan-een-toekomstbestendige-gebouwvoorraad-19-09-24.pdf>
7. Research report Circularity in Referentiedetails
https://www.smartcirculair.com/wp-content/uploads/2025/06/4.2.6.1.-Onderzoeksrapport-van-circulariteit-in-referentiedetails-Research-report-Circularity-in-Referentiedetails_compressed.pdf

9 Relatie met relevante kennismodules in deze Kennisbank Biobased Bouwen

1.1. Why (Opgaven) – Urgentie, Grondstoffentransitie en meer

- 1.1.1. Urgentie Grondstoffentekorten
- 1.1.2. Parijs 2050
- 1.1.3. NL programma's Circulaire Economie
- 1.1.4. Rol Bouwsector

- 1.1.5. CO2 uitstoot
- 1.1.6. Aantasting Milieu, biodiversiteit ...

1.2. Definities

- 1.2.1. Van lineair naar circulair
- 1.2.2. Duurzaamheid versus circulariteit
- 1.2.3. Natuurinclusief versus klimaatadaptief
- 1.2.4. Definities circulair ontwerpen

1.3. Modellen en (reken)tools

- 1.3.1. Model R-ladder
- 1.3.2. Model Lagen van Brand
- 1.3.3. Model LCA
- 1.3.4. MPG
- 1.3.5. BCI
- 1.3.6. CO2-tool
- 1.3.7. BENG

1.4. Strategieën

- 1.4.1. Circulaire principes
- 1.4.2. Schaalniveaus circulariteit
- 1.4.3. Preventie-waardebehoud-waardecreatie
- 1.4.4. Natuurinclusief bouwen

2. Biobased Bouwen

2.1. Doelstellingen

- 2.1.1. Waarom Bouwen met Biobased Bouwmaterialen?
- 2.1.2. 'Van Plant tot Pand' - Kansen Biobased Bouwen
- 2.1.3. NABB
- 2.1.4. Reductie stikstof ...

3. LCA Fase - PRODUCTIE

3.1. Winning van grondstoffen

3.1.1. Secundaire grondstoffen

- 3.1.1.1. Technologische cyclus
- 3.1.1.2. Demontage - Sloop
- 3.1.1.3. Kleding
- 3.1.1.4. Papier
- 3.1.2. Plantaardig - Natuurlijke cyclus]
 - 3.1.2.1. Hout
 - 3.1.2.1.1. Massief Hout
 - 3.1.2.1.2. Bewerkt Hout
 - 3.1.2.1.2.1 CLT
 - 3.1.2.1.2.2 LVL

3.1.2.1.2.3 Glulam

3.1.2.1.3. Houtvezel Isolatieplaten (thermische isolatie)

3.1.2.1.4. Houtvezelplaat

3.1.2.1.4.1 Hardboard

3.1.2.1.4.2 Zachtboard

3.1.2.1.4.3 MDF en HDF

3.1.2.1.5. Houtspaanderplaat

3.1.2.1.5.1 Spaanplaat

3.1.2.1.5.2 OSB

3.1.2.1.6. Triplex

3.1.2.2. Hennepvezel isolatie

3.1.2.3. Lisdodde

3.1.2.4. Vlaswolisolatie

3.1.2.5. Zeewier

3.1.2.6. Bamboe Interieur

3.1.2.7. Strobalen bouwmethode

3.1.2.8. Miscanthus

3.1.2.9. Kalkhennepbeton

3.1.2.10. Geëxpandeerde Kurkisolatie

3.1.2.12. Grasisolatieplaten

3.1.2.13. Riet

3.1.2.16. Vlasspaanplaat

3.1.2.17. Inblaastro

3.1.2.18. Stro isolatie infill methode

3.1.2.19. Bamboe exterieurafwerking

3.1.2.20. Kalkhennep blokken

3.1.3. Dierlijke cyclus

3.1.3.1. Wol

3.1.4. Overige grondstoffen

3.1.4.1. Mycelium isolatiepanelen

3.1.4.2. StampLeem en LeemSteen

3.1.5. (Bio)Composieten

3.1.5.1. Biocomposieten met olien en vetten

3.1.5.2. Biocomposieten met plantaardige vezels

3.1.5.3. BioFoam isolatie

3.2. Transport

3.2.1. Keten Agro-Productie-Fabricage

3.3. Productie

3.3.1. Grondstof - Materiaal - Product - Element

3.3.2. Bewerkingen grondstoffen en materialen

3.3.3. Modulair

3.3.4. Samengestelde bouw

3.3.5. Opslag versus emissie CO₂

3.3.6. Opschalen

3.4. Productie Isolatiematerialen

3.4.1. Biobased IsolatieMaterialen

3.4.2. Bindmiddelen en impregneerstoffen

3.5. Productie Plaatmaterialen

3.5.1. Biobased PlaatMaterialen

3.5.2. Bindmiddelen en impregneerstoffen

3.6. Productie Constructieve elementen

3.6.1. Constructieve biobased elementen

3.6.2. Bindmiddelen en impregneerstoffen

4. LCA Fase – BOUW

4.1. Transport

4.1.1. Keten productie-montage

4.1.2. Materiaal vs Product vs Element vs Unit

4.2. Bouw- en installatieproces, aanleg

4.2.1. Initiatieffase

4.2.1.1. GPR Gebouw, BREEAM

4.2.1.2. Het Nieuwe Normaal

4.2.1.3. Circulair bouwen met biobased bouwmaterialen

4.2.1.4. BBL – Gemeente

4.2.1.5. Circulair uitvragen – aanbesteden

4.2.1.6. Integrale strategieën

4.2.1.7. Circulaire ambities

4.2.1.8. Preventie-waardebehoud-waardecreatie

4.2.2. Haalbaarheid product/marktcombinaties

4.2.2.1. Kengetallen

4.2.2.2. Capaciteit

4.2.2.3. Marktcomform

4.2.2.4. Opname en materiaalpaspoort

4.2.2.5. PvE / schets door adviseur

4.2.2.6. Inschrijven voor ontwerpers – architecten

4.2.3. Projectdefinitie

4.2.3.1. Opschaalbaarheid

4.2.3.2. Persoonlijk

4.2.3.3. Aanbestedingsvorm aannemer – consortium

4.2.4. Voorontwerp

- 4.2.4.1. Constructieprincipes
- 4.2.4.2. Damp-open bouwen
- 4.2.4.3. Carbon Based Design
- 4.2.4.4. Gezond Bouwen
- 4.2.4.5. Kwaliteit en Garantie
- 4.2.4.6. VO
- 4.2.4.7. Hergebruik (R-Ladder)
- 4.2.4.8. Passief Bouwen

4.2.5. Definitief ontwerp

- 4.2.5.1. MPG
- 4.2.5.2. Biobased Isolatiematerialen
- 4.2.5.3. R-waarde, warmtecapaciteit, faseverschuiving, verdamping
- 4.2.5.4. Brandveiligheid
- 4.2.5.5. Circulaire materialen
- 4.2.5.6. Montage, demontage, remontage producten
- 4.2.5.7. Constructiecontrole
- 4.2.5.8. 'Bouwbesluit' eisen

4.2.6. Definitief (technisch)-ontwerp

4.2.6.1. Losmaakbaar detailleren

- 4.2.6.2. Droge verbindingen
- 4.2.6.3. Luchtdicht bouwen

4.2.7. Uitvoeringsgereed ontwerp

- 4.2.7.1. Uitvoeringslogistiek
- 4.2.7.2. Montage en demontage voorschriften (materialenpaspoorten)
- 4.2.7.3. WKB Circulair bouwen met Biobased Bouwmaterialen
- 4.2.7.4. Voorbereiding

4.2.8. Uitvoering

- 4.2.8.1. LEAN werkproces toepassen tbv leren en innoveren
- 4.2.8.2. Uitvoering als bouwmanager
- 4.2.8.3. Oplevering, uitzonderingen bouwbesluit en hoe je daar mee om gaat

5. B – GEBRUIK

5.1. Gebruik

- 5.1.1. Handleiding voor gebruiker
- 5.1.2. Levensduur en Kwaliteit
- 5.1.3. Hergebruik/herwinbaar

5.2. Onderhoud

- 5.2.1. MJOB maken en bewaken
- 5.2.2. Nazorg/MJOP

5.3. Reparaties

5.3.1. Klachten en nazorg

5.3.2. Nazorg/MJOP

5.4. Vervangingen

5.4.1. Onderhoud

5.4.2. Losmaakbaarheid

5.4.3. Hergebruik bij vervanging

5.5. Hernieuwing

5.5.1. Verbeteringstrajecten en innoveren

5.6. Operationeel energiegebruik / Passief huis

5.7. Operationeel watergebruik

6. SLOOP

6.1. Sloop

6.1.1. Sloop vs Demontage

6.1.2. Methoden sloop

6.2. Demontage

6.2.1. Waardemodel sloop

6.2.2. Elementen - Producten - Materialen - Grondstoffen Bronnen

6.3. Transport

6.3.1. Keten sloop-verwerking

6.3.2. Afvalscheiding bron vs locatie verwerking

6.4. Afvalbewerking

6.4.1. Principes

6.4.1.1. Keten hergebruik hout

6.4.1.2. Cascadering

6.4.2. Verwerking tot grondstoffen

6.4.2.1. Duurzaamheidsklassen

6.4.2.2. Onbehandeld vs Behandeld hout

6.4.2.3. Natuurlijke cyclus – composteren

6.4.3. Verwerking materialen en producten

6.4.3.1. Kwaliteitsbeoordeling

6.4.4. Stort – Verbranding

6.4.4.1. Hergebruik energie

6.4.4.2. Biochar

6.5. Finale afvalbewerking, producten op basis van secundaire grondstoffen

6.5.1. Producten op basis van secundaire grondstoffen

7. HERGEBRUIK

7.1. Materiaal paspoort i.c.m. 3-D model

7.2. Urban mining

7.3. Tussenhandel secundaire materialen

7.4. Kwaliteitsbeoordeling

7.5. Regelgeving

7.6. Reuse vs Repurpose

10 Versiebeheer

Nr.	Datum	Auteur	Organisatie	Opm.	Status
01	12-06-2025	Ydo Schuuring	Synexys		Startdocument
02					Aanvulling
03					
04					