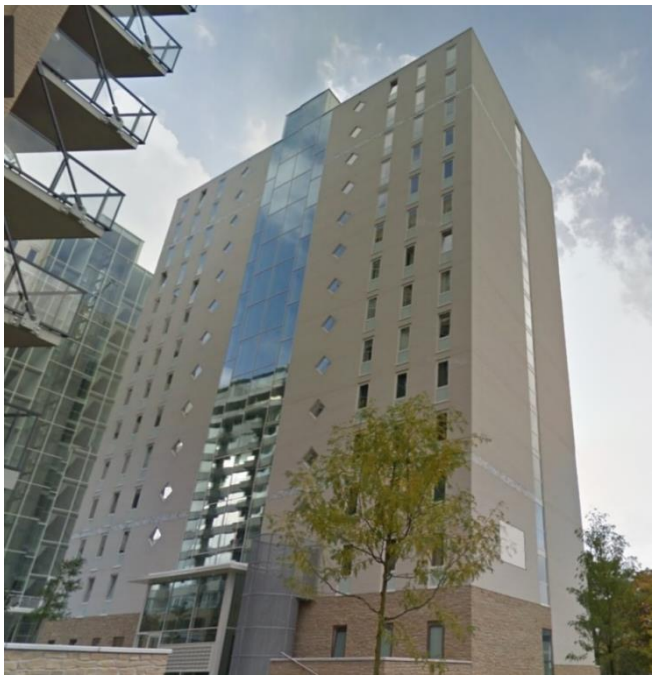
DE IMPACT VAN CIRCULAIR BOUWEN OP BOUW- EN INVESTERINGSKOSTEN

APRIL 2017



UITGEVOERD DOOR

IN OPDRACHT VAN

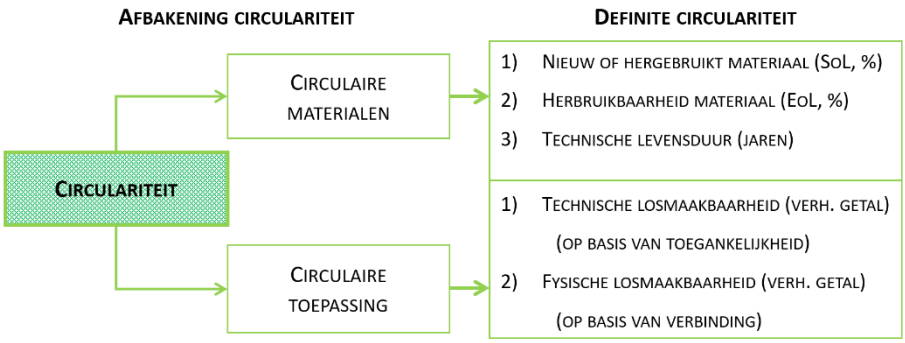
Samenvatting: de impact van circulair bouwen op bouw- en investeringskosten

Circulair bouwen biedt een kans om de negatieve milieu-impact van de bouwsector te reduceren door het minder en anders gebruiken van materialen. Ook geeft het mogelijkheden voor nieuwe samenwerkings- en verdienmodellen voor producenten en leveranciers, waarbij de focus ligt op behoud van de waarde van grondstoffen en materialen. De Gemeente Amsterdam kan als aanjager een bijdrage leveren en is in 2017 onder meer opdrachtgever voor het uitschrijven van drie tenders voor gronduitgifte, waarin circulair bouwen centraal staat. Voor dit onderzoek is gesproken met veel partijen uit de bouwsector, die mede door deze gesprekken een concreter beeld hebben hoe zij aan de slag kunnen en gemotiveerd zijn om hier samen met andere partners stappen in te zetten en de markt echt in beweging te krijgen.

Afbakening circulair bouwen

De circulaire economie is sterk in ontwikkeling. Circulair bouwen en de afbakening van dit begrip daarmee ook. Om voortgang te boeken met circulair bouwen is het nodig om er concreet in projecten mee aan de slag te gaan en de markt uit te dagen en samen te willen leren van opgedane ervaringen. Daarmee kan de volgende stap worden gezet met als doel om tot opschaling te komen.

Circulair bouwen is in dit rapport afgebakend tot het gebruik van *circulaire materialen* en *circulaire toepassing* daarvan: circulariteit. Waar komen materialen vandaan, waar kunnen materialen in de toekomst gebruikt worden en wat is hun technische levensduur? Zijn materialen losmaakbaar op basis van hun type verbinding met andere materialen en zijn deze verbindingen toegankelijk (kan je er fysiek bij om het los te maken)?



Circulariteitsindex

Op basis van bovenstaande afbakening van het begrip circulair bouwen wordt de mate van circulariteit van het totale ontwerp van een gebouw bepaald met behulp van de (in dit rapport nader toegelichte) circulariteitsindex. Deze index berekent de mate van circulariteit door vanuit de hiërarchische opbouw van een gebouw de circulariteit van zowel de materialen als hun toepassing vast te stellen. Vanaf materiaalniveau (voorbeeld: aluminium) wordt de circulariteitsscore opgebouwd via de verschillende producten (voorbeeld: kozijn), elementen (voorbeeld: raam) en systemen (voorbeeld: gevel). De scores van de gebouwonderdelen vormen daarmee samen de circulariteitsscore van het gebouw als geheel.

Traditioneel gerealiseerde gebouwen bezitten al een bepaalde mate van circulariteit, omdat ook hierin gebruik is gemaakt van gerecyclede materialen (voorbeeld: aluminium). Op dit moment is een 100% circulair gebouw op basis van voorgaande definitie nog niet mogelijk om te realiseren, omdat nog niet voor alle producten circulaire alternatieven bestaan.

MEERKOSTEN EN -BATEN CIRCULAIR BOUWEN

Uit ons onderzoek en gesprekken met marktpartijen uit de bouwsector is naar voren gekomen dat een aantal partijen druk bezig is nieuwe verdienmodellen op te zetten rondom een 'circulair' product (voorbeeld: gerecyclede bakstenen) of de vertaling van product naar dienst (voorbeeld: een lift wordt verticaal transport). De kosten van deze nieuwe ontwikkelingen zijn nu nog vaak hoger dan die van een traditioneel product.

Het onderzoek heeft inzichtelijk gemaakt dat circulair bouwen momenteel nog een verhoging van de bouw- en investeringskosten met zich meebrengt. Dit wordt mede veroorzaakt doordat er nog geen volwaardige markt is voor hergebruikte materialen, producten en elementen en dus onvoldoende aanbod van (hoogwaardig) secundair materiaal is. Ook de relatief zwaardere belasting op arbeid ten opzichte van het gebruik van nieuwe grondstoffen in het huidige belastingstelsel speelt hier mee.

Tegenover deze hogere initiële kosten staan op langere termijn een aantal (maatschappelijke) baten tegenover, waaronder (maar niet uitsluitend) toekomstwaarde van het gebouw en de gebouwonderdelen, sociale waarde door toenemende werkgelegenheid bij bouw- en demontagetrajecten en ecologische waarde door minder materiaalgebruik en daardoor minder emissies in productieketens.

Op basis van een referentieproject van een appartementencomplex in Amsterdam zijn drie scenario's uitgewerkt: traditioneel, gemiddeld circulair en hoog circulair. Op investeringskostenniveau zijn de kosten 14% tot 24% hoger ten opzichte van een traditionele realisatie.

CIRCULARITEITSINDEX EN HUIDIGE BOUW- EN INVESTERINGSKOSTEN VOOR CIRCULAIR APPARTEMENTENCOMPLEX

Deze berekening gaat uit van de meerkosten van het bouwproces, zonder daarbij mogelijk toekomstige restwaarde mee te nemen. De circulariteitsindex (CI), de bouwkosten en de totale investeringskosten zijn resultaten uit het rekenmodel.

	CI	Bouwkosten		Totale investeringskosten	
Traditioneel	0,08	€7.710.000		€10.680.000	
Gemiddeld circ.	0,13	€8.380.000	+ €660.000 (+9%)	€12.200.000	+ € 1.090.000 (+14%)
Hoog circulair	0,39	€8.810.000	+1.520.000 (+14%)	€13.220.000	+ € 2.540.000 (+24%)

OPLOSSINGSRICHTINGEN VERLAGING MEERKOSTEN

Er zijn drie oplossingsrichtingen om deze meerkosten de komende periode te verlagen. Ook constateren wij een belangrijke barrière, die oplossingsrichtingen in de toekomst mogelijk beperkt. Ondanks dat een deel van de oplossingen van marktpartijen moet komen, vooral wanneer het gaat over schaalvergroting en kostenverlaging, kan de Gemeente Amsterdam ook hier een rol in hebben. De mogelijkheden hiervoor worden onder oplossingsrichtingen 1 en 2 genoemd.

1 | Schaalvergroting circulaire bouw- en installatieproducten

Op dit moment zijn de kosten voor het verkrijgen, bewerken, produceren en monteren van circulaire bouw- en installatieproducten vooralsnog hoger dan van traditionele producten. De markt is daarom onvoldoende in staat om een financieel concurrerend aanbod te doen voor circulaire bouw- en installatieproducten. Hiervoor zijn een aantal redenen te benoemen:

- Het zoeken ('jutten') van grondstoffen is te kostenintensief door een hoge mate van arbeid en beperkt inzicht in de beschikbaarheid van bewerkbare grondstoffen (locatie en kwaliteit);
- Het bewerken van grondstoffen is te kostenintensief door een hoge mate van arbeid en een lage mate van industrialisatie;

- Voor circulaire start-ups zijn de financieringslasten voor nieuwe productiemachines (te) hoog, mede door beperkte dekking uit reeds gerealiseerde omzet;
- De businesscase wordt nog niet beschouwd vanuit het perspectief van Total Cost of Usage (TCU) op basis van Netto Contante Waarde berekeningen met restwaardekapitalisatie en variatie in materiaalindexaties, waardoor circulaire alternatieven vaak duurder zijn.

Oplossingsrichtingen voor opschaling liggen in het creëren van een marktvraag doordat de gemeente circulaire ambities uitvraagt bij gronduitgifte. Dit leidt tot schaalvergroting, waardoor de productiekosten lager worden en de transitie weer een stap verder wordt gebracht.

Een voorbeeld van een partij die gebaat is bij schaalvergroting is StoneCycling®. De 100% gerecyclede bakstenen zijn op dit moment duurder dan traditionele, vanwege de nog kleinschalige productie. Ook dragen ontwikkelingen zoals Madaster, een initiatief dat wil uitgroeien tot het 'Kadaster voor materialen', positief bij aan de vindbaarheid van te gebruiken materialen en onderdelen.

2 | Verlaging ontwerp-, engineerings- en realisatiekosten

De huidige circulaire bouwprojecten laten zien dat meer tijd moet worden geïnvesteerd in het ontwerpen, engineeren en realiseren, mede omdat nieuwe en hergebruikte producten van verschillende leveranciers op elkaar aan moeten sluiten. De hogere kosten van het ontwerpproces, de engineering en de realisatie zitten onder meer in:

- Andere manier van ontwerpen met (deels) bestaande materialen en producten, met meer aandacht voor detaillering van verbindingen en aansluiting bij eisen Bouwbesluit;
- Intensievere afstemming tussen partijen in de bouwketen om gebouwonderdelen goed op elkaar aan te laten sluiten, wat resulteert in een langere ontwerptijd;
- Andere werkzaamheden in het ontwerp- en bouwproces om losmaakbaarheid te garanderen, waardoor zowel in de voorbereiding als op de bouwplaats meer arbeidsuren nodig zijn;
- Hogere onvoorziene kosten, omdat nieuwe ontwikkelingen altijd aanpassingen vergen van alle betrokkenen in de keten die vooraf niet voorzien waren.

Een oplossingsrichting ligt in het aanjagen van ketensamenwerking door de juiste vraag in de tender voor de gronduitgifte te formuleren. Hierbij moet nadrukkelijk aandacht zijn voor een verdienmodel dat op lange termijn waarde creëert voor alle partijen in de keten. Daarnaast is het wenselijk dat de gemeente in samenwerking met koplopers en andere relevante (kennis)partijen een kennis- en referentiedatabank voor circulair bouwen ontwikkelt.

Deze intensieve vorm van samenwerking tussen partijen in de bouwketen heeft onder andere plaatsgevonden in het woningbouwproject Co-Green in Amsterdam Nieuw-West. Door het creëren van een systeem waarin het projectbelang boven het eigen belang van partijen kwam te staan, zijn faalkosten ingezet om de doelstelling klimaatneutraal en budgetneutraal te realiseren. Ook kunnen voor het ontwerp en de engineering lessen getrokken worden uit lopende voorbeeldprojecten, zoals de tijdelijke rechtbank in Amsterdam en het ABN AMRO paviljoen op de Zuidas.

3 | Aanpassing huidige afschrijvingsregels

Voor het berekenen van de afschrijving is inzicht nodig in de aanschaf-, de rest-, de boek- en de bodemwaarde van het gebouw. Er wordt lineair afgeschreven over de aanschafwaarde, inclusief aankoopkosten, (A) van het gebouw, verminderd met (een evenredig deel van) de waarde van de bijbehorende grond (G). Verder wordt rekening gehouden met de restwaarde van het gebouw (R) en de vermoedelijke gebruiksduur (D). De afschrijving per jaar is dan: (A - R - G) / D.

Hierbij geldt dat niet meer mag worden afgeschreven dan tot de bodemwaarde van het gebouw. Voor gebouwen in de verhuur geldt dat de WOZ-waarde als bodemwaarde wordt gehanteerd. Voor gebouwen in eigen gebruik is de bodemwaarde 50% van de WOZ-waarde.

In geval van een circulair gebouw moet bij de wijze van afschrijving rekening worden gehouden met de volgende aspecten:

- De aanschafwaarde (A) wordt beïnvloed door hogere bouw- en investeringskosten van een circulair gebouw;
- De vermoedelijke gebruiksduur (D) moet worden gecorrigeerd voor de hoge mate van losmaakbaarheid van een circulair gebouw en het verwachte toekomstige hergebruik van gebouw(elementen) op een andere locatie;
- De restwaarde (R) van een circulair gebouw wordt vastgesteld op basis van de waarde van elementen, producten en/of materialen, gerelateerd aan hun opvolgende gebruik;
- De bestaande waarderingsmethodieken voor het vaststellen van de WOZ-waarde bieden onvoldoende ruimte om een circulair gebouw te waarderen. Hiermee wordt de bodemwaarde beïnvloed.

Om circulair bouwen fiscaal ook aantrekkelijk te maken is het noodzakelijk dat de Belastingdienst, de Nederlandse Beroepsorganisatie voor Accountants (NBA) en de Nederlandse Vereniging voor Banken (NVB) gezamenlijk komen tot een standpunt hoe een circulaire gebouw te waarderen is.

Constatering: gevolgen van veranderende internationale accountancyregels

In de transitie naar een circulaire economie vinden verschuivingen plaats van eigendom naar gebruik. Er wordt afgerekend op basis van geleverde prestaties door gebruiksvergoedingen te betalen. Boekhoudkundig heeft deze verschuiving gevolgen, mede door de nieuwe lease-standaard IFRS 16, welke is uitgebracht door de International Accounting Standards Board (IASB).

Vanaf 1 januari 2019 moeten alle leasecontracten als schuld op de balans van de lessee / huurder worden gezet. De huidige regels staan toe dat een deel van de leasecontracten buiten de balans worden gehouden. Het op de balans zetten van leasecontracten leidt tot meer schuld, lagere financiële ratio's en prestatiecijfers. De nieuwe regels zijn mogelijk ook van invloed op bankconvenanten, credit ratings en financieringskosten en resulteren in veranderend gedrag wat niet gaat bijdragen aan de transitie naar een circulaire economie.

De huidige koplopers in de circulaire economie, waaronder vele conform IFRS rapporterende bedrijven, zullen kritisch kijken naar 'lease versus koop'-beslissingen. Hiermee komt de positie van de circulaire aanbieders onder druk te staan, wat niet bijdraagt aan de transitie. Het onderbrengen van materialen, elementen en/of systemen in apart op te richten juridische entiteiten met aandeelhouderschap en dividenduitkering behoort tot één van de nog nader uit te werken oplossingsrichtingen.

TOT SLOT: FOCUS VOOR TENDERS GRONDUITGIFTE

Om circulariteit in de bouwsector aan te jagen en marktpartijen nieuwe stappen te laten zetten, is het nodig om de in dit rapport benoemde principes van circulair bouwen – circulaire materialen en circulaire toepassing – als focus te nemen bij de aankomende drie tenders. Binnen de tender is het sturen op samenwerking, gelijkwaardigheid en vertrouwen essentieel om te komen tot icoonprojecten waar alle partijen optimaal van leren en na afloop trots op zijn.

Inhoudsopgave

Samenvatting: de impact van circulair bouwen op bouw- en investeringskosten 2
Inhoudsopgave 6
1. Aanleiding & opzet 8
2. Waarom circulair bouwen? 9
3. Wat is circulair bouwen? 10
I Bestaande instrumenten 10
II Definitie circulariteit 11
III Gebouwflexibiliteit 12
4. Hoe wordt circulariteit van een gebouw berekend? 13
I Afbakening gebouwtypologie 13
II Verschillende aggregatieniveaus: systemen, elementen, producten en materialen 13
III Gebruikte data 15
IV Circulariteitsindexen op verschillende niveaus 15
V Berekening Product Circulariteit Index (PCI) 16
VI Berekening Element Circulariteit Index (ECI) 17
VII Systeem en Gebouw Circulariteit Index (SCI/ GCI) 17
VIII Materialen met biologische oorsprong 18
5. Hoe scoort circulaire bouw ten opzichte van traditionele bouw? 19
I Scenario's op basis van drie varianten 19
II Vergelijking op circulariteit 20
III Vergelijking op gebouwflexibiliteit 20
6. Wat is de impact van circulariteit op bouw- en investeringskosten? 22
I Opbouw bouw- en investeringskosten, restwaarde en materialenprijsindex 22
II Kosten circulair bouwen per variant 22
III Netto contante waarde per variant 24
IV Visie op ontwikkeling kosten circulair bouwen 25
V Samenvatting bouw- en investeringskosten in relatie tot circulair bouwen 26
7. Wat is de waardecreatie van circulair bouwen? 28
I Creatie van financiële waarde van materialen 28
II Creatie van toekomstwaarde voor het gebouw 28
III Creatie van sociale waarde 28
IV Creatie van ecologische waarde 29
V Creatie van gezondheidswaarde 29
VI Creatie van omgevingswaarde 29
VII Creatie van werkgelegenheid in de keten 29

8. Hoe past circulair bouwen in een aanbesteding? 30
I Bouwstenen circulair aanbesteden 30
9. Wat is belangrijk om te realiseren, wanneer het gaat om circulair bouwen? 31
I Aanjagen circulair bouwen transformeert de bouwsector 31
II Kostenontwikkelingen circulair bouwen 31
III Relatie tussen circulariteit en energieprestatie 32
IV Invloed van fiscale wet- en regelgeving op circulariteit 32
V Tijdsverschil tussen investeringen en baten 32
10. Waarom is één denkrichting nog geen oplossing? 33
11. Over Copper8 & Alba Concepts 34
Bijlage I | Betrokken organisaties 35
Bijlage II | Referentieproject appartementenbouw 36
Bijlage III | Overzicht rekenwaardes losmaakbaarheid voor type verbinding (LI) 38
Bijlage IV | Specificatie gebouwelementen 39
Bijlage V | Specificatie bouwkosten 40
Bijlage VI | Toelichting bijgevoegde rapportage 40

Dit onderzoek is uitgevoerd in opdracht van de Gemeente Amsterdam. Copper8 en Alba Concepts geloven in de kracht van kennisdeling: gebruik dit rapport daarom ter inspiratie. Een aantal gebruikte getallen zijn echter specifiek opgesteld voor de Amsterdamse context en daarom beperkt toepasbaar op andere plaatsen. Neem bij vragen contact op met Copper8.

1. Aanleiding & opzet

"Circulaire economie is hét verhaal dat duurzaamheid en business positief aan elkaar verbindt."
Sybren Bosch, Copper8

Dat de druk op steden toeneemt, is geen nieuws. Dat steden in de toekomst anders met energie en grondstoffen om moeten gaan, net zo min. De gemeente Amsterdam is proactief met deze thema's aan de slag. Met haar Agenda Duurzaam Amsterdam heeft zij de ambitie koploper van Nederland te zijn en blijven op het gebied van circulaire economie.

In de in 2015 gepubliceerde *Amsterdam Circulair: een visie en routekaart voor stad en regio*[i] is de Bouw, naast Biomassa, als één van de twee prioritaire ketens benoemd. Binnen de ketens Bouw zijn vier thema's benoemd om op te focussen, waar *smart design* er één van is. Eén van de concrete aanbevelingen binnen deze keten is om de gronduitgifte te koppelen aan de mate van circulariteit. In dit kader wil de gemeente Amsterdam in de aanbesteding van drie appartementencomplexen die in 2017/2018 worden uitgeschreven het begrip *circulair bouwen* centraal stellen.

De gemeente Amsterdam heeft twee onderzoeken uitgezet om inzicht te bieden in de wijze waarop de gronduitgifte kan worden gekoppeld aan circulariteit, mede gelet op het objectief meten van dit begrip. Enerzijds is een onderzoek uitgevoerd naar de (financiële) impact van circulair bouwen op de bouw- en investeringskosten van een gebouw, en naar de (kwalitatieve) baten van circulair bouwen. Ook wordt een onderzoek uitgevoerd naar welke criteria onderdeel moeten zijn in de tender van de ontwikkeling van een circulair gebouw.

Dit onderzoek richt zich op de onderzoeksvraag: Wat is de impact van circulair bouwen op de grondprijs? De vraag die hierbij centraal staat, is of er bij gronduitgifte voor de aankomende drie circulaire bouwprojecten een (financiële) incentive vanuit de gemeente nodig is bij de uitgifte van woningbouwlocaties teneinde hoge ambities te kunnen realiseren ten aanzien van de circulariteit van woongebouwen.

Door te durven focussen op circulariteit in de drie genoemde projecten is het leereffect van zowel de opdrachtgever als de opdrachtnemers het grootst. Vervolgens is de integratie met andere thema's, waarvan eerder al is aangetoond dat hoge ambities haalbaar zijn, zoals energie en water, een kwestie van het combineren van praktijkervaringen.

Dit rapport bestaat uit verschillende onderdelen. Er wordt gestart met een afbakening van de definitie *circulair bouwen*. Op basis van die definitie en de afbakening van de te hanteren aggregatieniveaus in een gebouw worden op elementniveau de kosten van een traditioneel appartementencomplex vergeleken met twee varianten van een circulair appartementencomplex. De gebouwkenmerken van dit appartementencomplex zijn gebaseerd op een veelvoorkomend soort complex in Amsterdam. Het rekenmodel dat is opgesteld om deze kosten te bepalen, relateert de mate van circulariteit van een gebouw aan de bouw- en investeringskosten. Het rapport sluit af met aanbevelingen over de vervolgstappen om de drie gronduitgiftes op een circulaire manier te realiseren.

[i] Circle Economy, TNO & FABRIC (2016) *Amsterdam: circulaire visie en routekaart voor stad en regio*

2. Waarom circulair bouwen?

"Alle vastgoed wordt straks losgoed."
Thomas Rau, Rau Architecten

Een circulaire economie draagt bij aan een gezonde, klimaatneutrale en inclusieve stad. Op macroniveau zijn daar voldoende bewijzen voor, die naast de positieve impact op deze thema's ook grote economische impact tonen. Daarnaast zien wij op microniveau dat circulaire bouwprojecten al in de praktijk worden gerealiseerd, zowel in renovatie als nieuwbouw.

Op macroniveau kan een circulaire economie op termijn economisch veel opleveren. Voor Europa is berekend dat dit een jaarlijkse besparing van $ 630 miljard aan grondstoffen[ii] kan opleveren, waarbij nog eens $ 1.200 miljard aan additionele baten worden gecreëerd[iii]. TNO becijferde dat een circulaire economie voor Nederland op termijn jaarlijks € 7,3 miljard op kan leveren[iv], wat onder meer resulteert in extra banen voor onderhoud, reparatie en retourlogistiek van producten en componenten. Ondanks verschillende aannames en afbakeningen binnen deze onderzoeken blijft hun conclusie dezelfde: circulaire economie levert zowel een besparing in materiaalkosten op, en creëert nieuwe economische activiteit.

De Nederlandse overheid heeft in september 2016 het Rijksbrede Programma Circulaire Economie gelanceerd[v]. Het doel van dit programma is om in Nederland in 2050 geen gebruik meer te maken van nieuwe grondstoffen. In 2030 moet de grondstofvraag gehalveerd zijn. Deze circulaire ambitie is recent bevestigd in het Grondstoffenakkoord, dat mede door de gemeente Amsterdam is ondertekend. Voor vijf sectoren, waaronder Bouw, wordt op dit moment een aparte transitieagenda uitgewerkt om, samen met lokale overheden en marktpartijen, deze doelstelling te gaan bereiken.

Op microniveau is al eerder aangetoond dat circulair bouwen kan en dat de filosofie en focus daarbij niet per definitie in elk project dezelfde zijn. Bekende 'circulaire' gebouwen in Nederland zijn die van netbeheerder Liander (focus op hergebruik van bestaande materialen), het gemeentehuis van Brummen (focus op toekomstig hergebruik materialen) en het stadskantoor van Venlo (focus op gezondheid en C2C-producten). Het totale aantal 'circulaire' gebouwen is echter nog beperkt gerealiseerd: in verschillende analyses, waaronder die van de Ellen MacArthur Foundation[vi], TNO[vii], en het Economisch Instituut voor de Bouw[viii] komen bovenstaande voorbeelden terug.

Er zijn meerdere redenen waarom partijen met circulair bouwen aan de slag willen. Toekomstige materiaaltekorten worden daarin echter nauwelijks genoemd. Veel vaker gaat het om bredere thema's, zoals energiegebruik, gezondheid en gebouwflexibiliteit. Dit illustreert de enorme diversiteit in afbakening van circulair bouwen, afhankelijk van welke partij hierbij het voortouw neemt.

Mede door de grote impact dat circulair bouwen op verschillende thema's kan hebben, is een integrale benadering van (bijna) alle duurzaamheidsthema's logisch en wenselijk. Voor een optimaal leerproces rondom circulair bouwen, richten wij ons in dit onderzoek 'slechts' op het thema *circulariteit* dat in het volgende hoofdstuk nader wordt toegelicht.

[ii] Ellen MacArthur Foundation (2013) *Towards the circular economy*
[iii] Ellen MacArthur Foundation (2016) *Growth within: a circular economy vision for a competitive Europe*
[iv] TNO (2013) *Kansen voor een circulaire economie in Nederland*
[v] Rijksoverheid (2016) *Nederland Circulair in 2050*
[vi] Ellen MacArthur Foundation (2016) *Circularity in the Built Environment: case studies from the CE100*
[vii] TNO (2016) *Circulaire bouwprojecten*, in opdracht van Gemeente Amsterdam
[viii] EIB (2015) *Circulaire projecten in de praktijk: typologieën en praktijkvoorbeelden*

3. Wat is circulair bouwen?

"Niets is simpel. Alles wat simpel lijkt, is uit zijn verband gehaald."
Dirk Bijl de Vroe, Copper8

Circulair bouwen kan breed worden gedefinieerd. Wij hanteren in dit onderzoek de volgende definitie voor circulair bouwen[ix]: **"Het toepassen van materialen die zijn hergebruikt of kunnen worden hergebruikt op zo'n manier dat deze los kunnen worden gemaakt om opnieuw in te zetten."** Deze definitie komt qua achterliggende doel, een focus op reductie van materiaalgebruik, overeen met die van de Dutch Green Building Council.

> *"Een gebouw dat ontworpen, ontwikkeld, beheerd en gebruikt wordt volgens het systeem van de circulaire economie en waarbij het voorkomen van grondstofuitputting centraal staat. Het doel is zo min mogelijk nieuwe grondstoffen te gebruiken en, daar waar producten, grondstoffen en/of systemen worden ingezet, deze zo lang mogelijk hoogwaardig in de keten te houden."*

Definitie circulair gebouw volgens Dutch Green Building Council

Daarnaast zijn in een integraal duurzaam gebouw ook andere thema's van belang: energie, water, gezondheid, sociale aspecten, ketentransparantie en gebouwflexibiliteit.

I Bestaande instrumenten

Er zijn veel instrumenten die circulaire economie meetbaar (proberen te) maken. Hiervan zijn er twee specifiek ontwikkeld voor de gebouwde omgeving: de Tool Circulair Bouwen (ontwikkeld door de DGBC, met bijdrage van Gemeente Amsterdam) en BREAAM (waarvan MAT5 focust op de herkomst van materialen). Ook TNO heeft voor de Gemeente Amsterdam een analyse gedaan van circulaire gebouwen, met daarin een aantal criteria. Een aantal andere instrumenten is niet specifiek voor de gebouwde omgeving ontwikkeld, maar de indexen zijn wel toepasbaar in dit onderzoek: de *Resource Identification Toolkit* (Metabolic), de *Circle Scan* (Circle Economy), de *Circularity Indicators* (Ellen MacArthur Foundation) en het Cradle-to-Cradle raamwerk.

Uit een analyse van deze instrumenten blijkt dat er een grote diversiteit is in de afbakening van het begrip circulaire economie en daarmee van circulair bouwen. Deze vaak brede definities overlappen met andere prioriteiten, waar al meetinstrumenten voor bestaan. Om overlap in de tenders te voorkomen, adviseren wij om circulair bouwen te beperken tot *circulariteit*. Voor het bepalen van de voortgang op andere prioriteiten kunnen bestaande instrumenten worden gebruikt, waarvan onderstaand een aantal is opgenomen.

Prioriteit	Instrument	Organisatie
Energie	BREEAM	DGBC
	CO_2-prestatieladder	SKAO
Water	Rainproof	Amsterdam Rainproof
Gezondheid	Cradle-to-Cradle	C2C Product Innovation Institute
	WELL	Blue Building Institute
Sociaal	Social Return-methodiek	Rijksoverheid
Gebouwflexibiliteit	Gebouwen met Toekomstwaarde	Ministerie Infrastructuur & Milieu
Ketentransparantie	*geen instrument beschikbaar*	-

Thema's die worden gezien als onderdeel van circulaire economie en instrumenten om deze te beoordelen. Dit overzicht is niet uitputtend.

[ix] Op basis van werksessie met Gemeente Amsterdam, Copper8 & Alba Concepts op 06/12/2016

II DEFINITIE CIRCULARITEIT

Binnen de afbakening van circulair bouwen voor dit onderzoek is een definitie voor *circulariteit* opgesteld. Deze definitie is gebaseerd op eerder onderzoek[x], waarin een analyse van alle meetinstrumenten voor een circulaire economie is opgenomen. Deze definitie bestaat uit twee onderdelen: het gebruik van **circulaire materialen** en de **circulaire toepassing** van die materialen. Deze twee onderdelen zijn opgesplitst in vijf criteria, waarmee de waarde kan worden berekend voor de mate van circulariteit van een (onderdeel van een) gebouw. Deze vijf criteria zijn:

Circulaire materialen

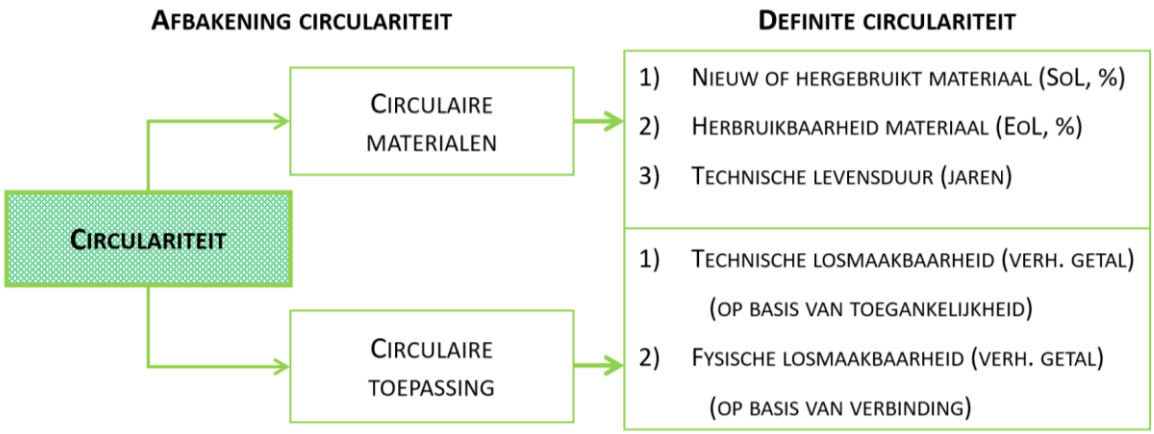
1) Nieuw of hergebruikt materiaal aan begin levensduur gebouw (in percentage)
2) Herbruikbaarheid materiaal aan einde levensduur gebouw (in percentage)
3) Technische levensduur van materiaal (in jaren)

Circulaire toepassing

1) Technische losmaakbaarheid, op basis van toegankelijkheid (verhoudingsgetal)
2) Fysische losmaakbaarheid, op basis van verbinding (verhoudingsgetal)

De mate van nieuw of hergebruikt materiaal is van belang, omdat meer hergebruikt materiaal de noodzaak tot het gebruik van nieuwe materialen reduceert. Door producten, componenten of onderdelen anders te ontwerpen, of andere materialen te gebruiken, kan de mogelijkheid tot hergebruik na deze eerste toepassing toenemen. Tenslotte verlaagt een langere technische levensduur de benodigde hoeveelheid nieuw toe te passen materiaal.

Bij de toepassing van materialen gaat het om de mate waarin materialen weer zo veel als schadevrij mogelijk, los kunnen worden gehaald. Dit illustreren wij aan de hand van een voorbeeld: wanneer een kunststof bouwelement met een levensduur van vijftien jaar is vastgelijmd aan een houten bouwelement met een levensduur van tien jaar, moeten na tien jaar beiden worden vervangen. Wanneer deze op een droge manier aan elkaar zijn verbonden (bout- of kliksysteem), zijn de materialen aan het einde van hun levensduur individueel van elkaar te vervangen en mogelijk opnieuw in te zetten. Wanneer deze verbinding, met een levensduur van 10 jaar, verwerkt zit achter een wand met een levensduur van 15 jaar, beperkt dit de technische losmaakbaarheid. Wanneer beide levensduren op elkaar zijn afgestemd, is deze verhouding optimaal.



Afbakening en definitie circulariteit op basis van circulaire materialen en circulaire toepassing

Naast het inzichtelijk maken van de mate van circulariteit van een bouwproject op basis van de bovenstaande criteria is tijdens de werksessies met gemeente Amsterdam aangegeven dat er een behoefte bestaat om het onderwerp gebouwflexibiliteit toe te voegen.

[x] Verberne, J. (2016) *Building Circularity Indicators: an approach for measuring circularity of buildings*

III GEBOUWFLEXIBILITEIT

De mate van flexibiliteit van een gebouw kan op verschillende manieren worden benaderd. Dit onderzoek sluit aan bij de wijze waarop er in de BREEAM-methodiek wordt omgegaan met gebouwflexibiliteit. Hiervoor wordt gebruik gemaakt van de rekentool *Gebouwflexibiliteit* die hoort bij de credit *MAT8 – Gebouwflexibiliteit*. Hier wordt een onderverdeling gemaakt naar:

- Verkavelbaarheid (inrichtingsniveau);
- Aanpasbaarheid (unitniveau);
- Multifunctionaliteit (gebouwniveau).

In de credit MAT-8 Gebouwflexibiliteit wordt er gescoord op basis van de onderstaande verdeling:

- 1 punt De score berekend door de rekentool Gebouwflexibiliteit is ≥ 33%;
- 2 punten De score berekend door de rekentool Gebouwflexibiliteit is ≥ 50%;
- 3 punten De score berekend door de rekentool Gebouwflexibiliteit is ≥ 67%;
- 4 punten De score berekend door de rekentool Gebouwflexibiliteit is ≥ 84%.

In het rekenmodel wordt het behalen van een BREEAM-score op de credit MAT8 - Gebouwflexibiliteit meegenomen bij het bepalen van de meerkosten van een circulair bouwproject.

IV RELATIE MET MILIEU PRESTATIE GEBOUWEN (MPG)

Bij ieder nieuwbouwproject is voor de aanvraag voor een omgevingsvergunning de MilieuPrestatie Gebouwen (MPG) verplicht: een controle op de milieuprestatie van een gebouw, op basis van een landelijk vastgesteld instrument. Door levenscyclusanalyses (LCA's) van individuele materialen uit te drukken in één cijfer worden schaduwkosten van een gebouw – de negatieve milieuprestaties – met elkaar vergeleken. Onderstaand zijn de elf indicatoren te vinden waaruit de MPG is opgebouwd.

CATEGORIEËN MPG	
Uitputting abiotische grondstoffen	Vermesting
Uitputting fossiele energiedragers	Humane toxiciteit
Klimaatverandering	Zoetwater aquatische ecotoxiciteit
Ozonlaagaantasting	Mariene aquatische ecotoxiciteit
Fotochemische oxidantvorming	Terrestrische ecotoxiciteit
Verzuring	

De opbouw van de MPG in elf categorieën[xi]

Circulair bouwen heeft een positieve impact op de milieubelasting van het gebouw. Natuurlijke en hernieuwbare materialen hebben namelijk een lagere milieubelasting in vergelijking met nieuwgewonnen grondstoffen. Bovendien kunnen toegepaste materialen eenvoudig worden onderhouden en daar, waar nodig, opgewaardeerd.

De definitie van circulair bouwen, die eerder in dit hoofdstuk is vastgesteld, focust zich primair op materialen (herkomst/toekomst en toepassing) en secundair op gebouwflexibiliteit. De MPG gaat veel breder, maar is op het thema materialen beperkt: alleen de indicator *uitputting van abiotische grondstoffen* is onderdeel van de MPG. De indicator wordt bepaald door de verhouding te berekenen tussen onttrokken grondstoffen en de schaarste van een materiaal. Daaraan wordt een referentiemateriaal toegevoegd om de 'urgentie' uit te drukken in schaduwkosten.

Omdat de herkomst van materialen niet te achterhalen is met de MPG, is gekozen om in plaats daarvan de data van het Nederlands Instituut voor Bouwbiologie en Ecologie (NIBE) te gebruiken, in combinatie met de Nationale Milieudatabase (NMD). Ook blijft de impact op de MPG bij niet-schaarse materialen beperkt.

[xi] Stichting Bouwkwaliteit (2011) *Bepalingsmethode Milieuprestatie Gebouwen*

4. Hoe wordt circulariteit van een gebouw berekend?

"Losmaakbaarheid is de sleutel naar opschaling van circulaire bouw."
Jeroen Verberne

Voor het berekenen van de mate van circulariteit van een gebouw is een rekenmodel opgesteld. Dit model gebruikt de definitie van circulariteit uit het voorgaande hoofdstuk. Het model geeft inzicht in de mate van circulariteit van een toegepast *materiaal*, *product*, *element*, *systeem* en volledig *gebouw*[xii] en bepaalt de gerelateerde bouw- en investeringskosten.

I AFBAKENING GEBOUWTYPOLOGIE

In overleg met de gemeente Amsterdam wordt het rekenmodel opgezet voor het circulair bouwen van appartementencomplexen voor verhuur, met een hoogte van circa 15 verdiepingen. De appartementen worden casco[+] opgeleverd met een opleveringsniveau doelmatig en van een gemiddelde esthetische kwaliteit. Voor dit onderzoek hebben wij het inbouwpakket als volgt gedefinieerd:

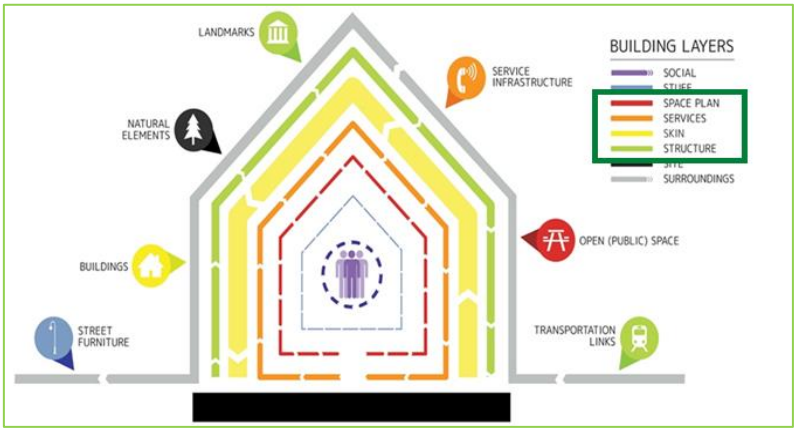
- Binnenwanden en plafonds met spuitwerk;
- Cementdekvloer, zonder vloerafwerking in de appartementen;
- Badkamer met basis sanitair;
- Keuken met basisapparatuur;
- Basisvoorzieningen voor verlichting.

De overige gebouweigenschappen zijn bepaald aan de hand van een referentieproject, waarvan de specificaties van dit project zijn opgenomen in Bijlage II.

II VERSCHILLENDE AGGREGATIENIVEAUS: SYSTEMEN, ELEMENTEN, PRODUCTEN EN MATERIALEN

Een gebouw bestaat primair uit vier aggregatieniveaus, namelijk: systemen, elementen, producten en materialen. Conform de definitie van Brand is een gebouw opgebouwd uit acht systemen[xiii]: *surroundings, site, structure, skin, services, spaceplan, stuff,* en *social*. Voor het bepalen van de mate van circulariteit van een appartementengebouw zijn vier van deze systemen relevant:

- *Structure* (draagconstructie);
- *Skin* (gevel);
- *Services* (installaties);
- *Spaceplan* (binnenafwerking).

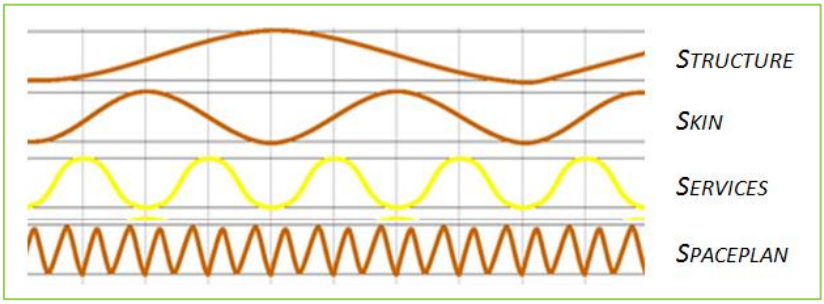


De acht systemen van een gebouw, waarvan er vier van toepassing zijn op circulariteit [xiii]

[xii] De diversiteit in terminologie over hiërarchische niveaus is groot. Dit onderzoek gebruikt deze vijf niveaus.
[xiii] Brand (1995) *The sharing layers of change*

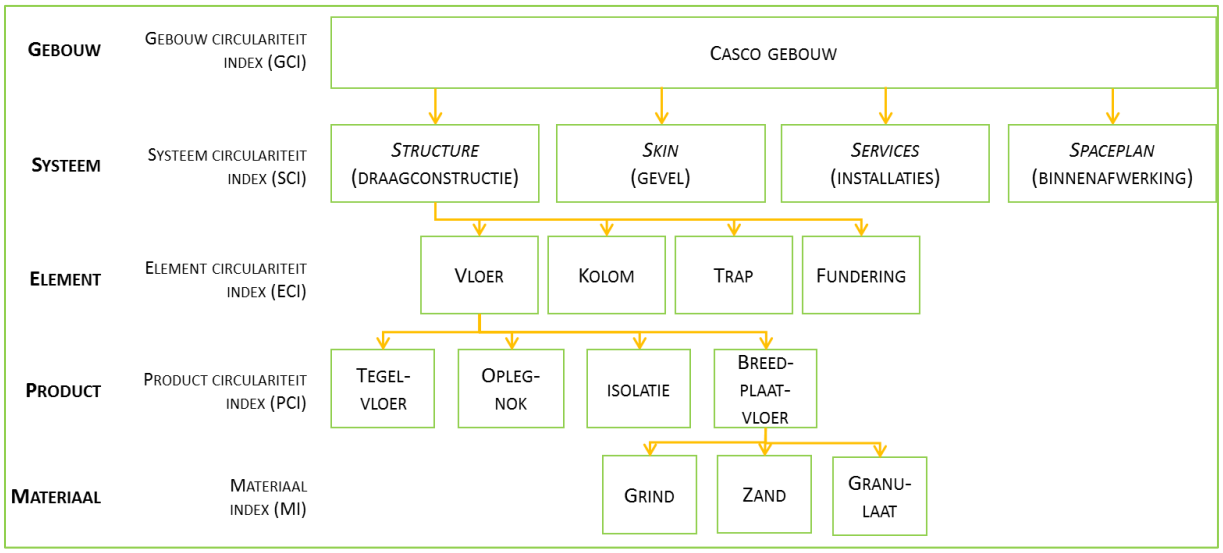
Overige systemen, waaronder de *site* (locatie) en *surroundings* (openbare ruimte), worden in dit onderzoek niet meegenomen, al is dat wel wenselijk aangezien integrale duurzaamheid voorop staat. In dat geval ligt er voor deze twee systemen een rol voor de gemeente in de ruimtelijke inpassing. Ook de systemen *stuff* (inrichting), zoals vloerafwerking in appartementen, armaturen en meubilair en *social* (gedrag) zijn niet meegenomen: dit is afhankelijk van de uiteindelijke bewoners, en valt buiten de invloedssfeer van zowel gemeente als bouwpartijen.

De belangrijkste verschillen tussen deze systemen zitten in de (genormeerde) technische levensduur. Ieder systeem heeft zijn eigen technische levensduur, die varieert van 50 - 80 jaar (*structure*) tot 5 - 10 jaar (*spaceplan*). Deze verschillen in technische levensduren onderstrepen het belang van losmaakbaarheid, zowel op basis van de onderlinge verbindingen van elementen als op basis van levensduur van de verschillende elementen.



De orde van grootte van verschillen in levensduren tussen systemen, in jaren [xiii]

De verschillende systemen bestaan uit elementen, die op hun beurt weer uit producten bestaan, die gemaakt zijn van materialen[xiv]. Een voorbeeld: een draagconstructie (*systeem*), bestaat uit kolommen, balken, vloeren, etc. (*elementen*) waarbij de vloer wordt uitgevoerd als breedplaatvloer (*product*). Zo'n product is samengesteld uit onder meer grind, zand en granulaat (*materialen*). Op al deze hiërarchische niveaus kunnen circulariteitsindexen worden berekend op basis van de mate van circulariteit van het materiaal en de circulaire toepassing.



Vier lagen in de hiërarchie van een gebouw, met het systeem Structure *als voorbeeld uitgewerkt*

[xiv] Durmisevic & Yang (2009) *Hierarchy of material levels*

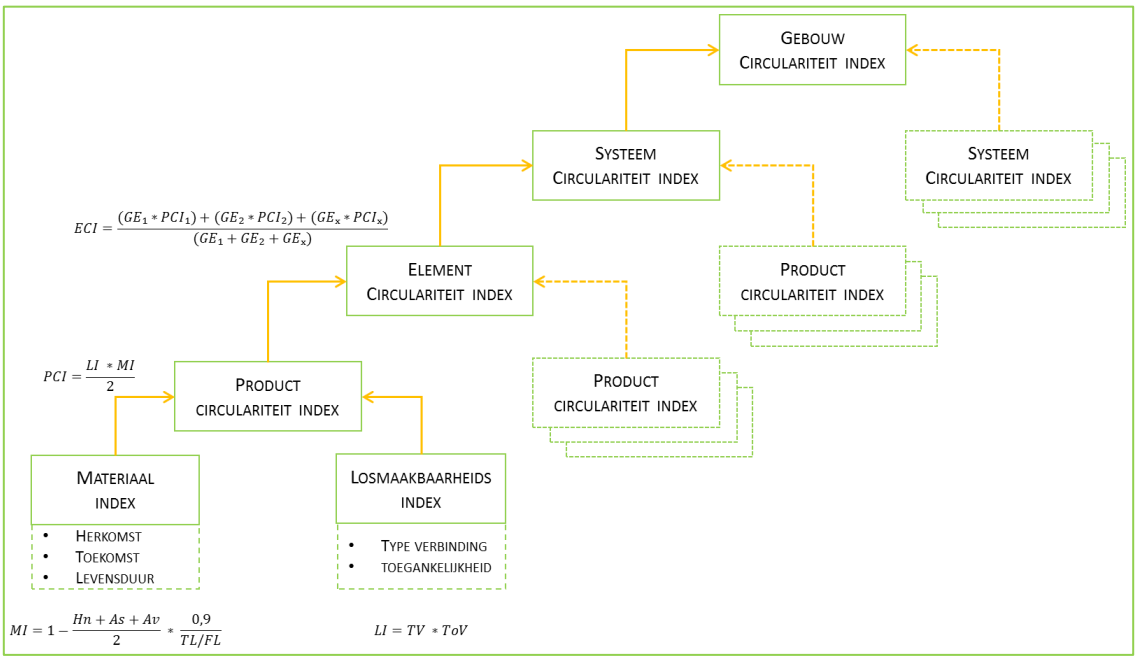
III GEBRUIKTE DATA

Het berekenen van de circulariteitsindexen en de bouw- en investeringskosten is uitgevoerd op basis van data uit milieudatabase van NIBE. Daarnaast is er uitvoerig contact geweest met toeleveranciers van zowel traditionele als circulaire bouwmaterialen voor het bepalen van kosten voor materiaal en arbeid en de technische specificaties[xv]. Deze data is niet beschikbaar in openbare databases. De opgegeven kostprijzen en arbeidsnormen zijn geverifieerd en eventueel na bijstelling opgenomen in het rekenmodel. Vervolgens is op basis van deze productspecificaties de mate van circulariteit bepaald. De bouwkosten zijn bepaald aan de hand van referentieprojecten en de kennis en expertise van twee onafhankelijke bouwkostenadviseurs.

IV CIRCULARITEITSINDEXEN OP VERSCHILLENDE NIVEAUS

Op de verschillende hiërarchische niveaus in een gebouw kan een circulariteitsindex worden berekend. De wiskundige onderbouwing van deze indexen is gebaseerd op het *'Circularity Indicators'* raamwerk van Ellen MacArthur Foundation[xvi]. Het berekenen van de circulariteitsindexen vindt plaatst op basis van waarden ten aanzien van de herkomst van materialen, het afvalscenario, de mate van losmaakbaarheid, de levensduur en het soortelijk gewicht van materialen. De waardering van de Element Circulariteitsindex, Systeem Circulariteit Index en Gebouw Circulariteit Index komt tot stand door gebruik te maken van het naar rato van het totale element of systeem verdeelde soortelijk gewicht. Hiervoor zijn vooralsnog geen correctiefactoren beschikbaar, waarbij bijvoorbeeld rekening wordt gehouden met de wijze van verbinding van systemen in een gebouw. Al deze indexen kunnen een waarde behalen tussen 0 en 1, waarbij '0' een niet-circulair gebouw is, en '1' een maximaal circulair gebouw.

- Materiaal index (MI);
- Product Circulariteit Index (PCI);
- Element Circulariteit Index (ECI);
- Systeem Circulariteit Index (SCI);
- Gebouw Circulariteit Index (GCI).



Opbouw van verschillende indices in een gebouw: de ECI wordt opgebouwd uit verschillende PCI's, etc. waarbij de massa van de verschillende producten de verhouding bepaalt.

[xv] Een lijst met alle betrokken partijen is te vinden in Bijlage I.

[xvi] Ellen MacArthur Foundation & Granta (2015) *Circularity indicators: an approach for measuring circularity*

V BEREKENING PRODUCT CIRCULARITEIT INDEX (PCI)

De PCI is samengesteld uit de Materiaal Index (MI) en de Losmaakbaarheid Index (LI). De MI wordt bepaald op basis van de herkomst van het materiaal uitgedrukt in een percentage nieuw en/of hergebruikt materiaal (*Hn)*, de toekomstscenario's waarin de toekomstige toepassing van het materiaal wordt uitgedrukt (afvalscenario's, *As* + *Av*), de technische levensduur (*TL*) en de functionele levensduur (*FL*). De score van de MI komt tussen 0 en 1 te liggen.

$$MI = 1 - [\frac{Hn + As + Av}{2}] * [\frac{0{,}9}{TL/FL}]$$

In het *Circularity Indicators* raamwerk is in de formule een constante opgenomen van 0,9. Deze constante zorgt ervoor dat een volledig lineair product (100% nieuwe materialen, 100% afval dat gestort wordt) een waarde van 0,1 heeft bij een functionele levensduur die gelijk is aan de technische levensduur. Dit maakt een lagere score mogelijk voor een product waarbij de technische levensduur korter is dan de functionele.

De LI wordt vastgesteld op basis van het type verbinding en de toegankelijkheid van deze verbinding. Ook de LI resulteert in een constante tussen 0 en 1. Wanneer een materiaal dus wel kan worden hergebruikt maar de verbinding is niet losmaakbaar, verlaagt dit de mate van circulariteit. De getallen voor specifieke typen verbindingen staan opgenomen in Bijlage III.

$$LI = TV * ToV$$

VOORBEELDBEREKENING PRODUCT CIRCULARITEIT INDEX | GEVELMETSELWERK & BAKSTEEN

MATERIAAL INDEX (MI)

- Levensduren: technische (TL): 100 jaar | functioneel (FL), o.b.v. SBR 2011: 50 jaar
- Herkomst: nieuw (Hn): 100% | hergebruikt (Hh): 0%
- Toekomst: stort (As): 31,8% | verbranding (Av): 0,0% | recycling (Ar): 68,2 % | hergebruik (Ah): 0,0%

MI = 1- ((Hn+As+Av)/2) * (0,9/(TL/FL)) =
1 - ((100%+31,8%+0,0%)/2) * (0,9/(100/50)) =
1 - ((65,9%) * 0,45) =
0,703

LOSMAAKBAARHEID INDEX (LI)

- Type verbinding (TV): pin (0,6) | cementgebonden (0,1)
- Toegankelijkheid verbinding (ToV): toegankelijk met handelingen met veel schade (0,4)

LI = (TV * ToV) =
(0,6 * 0,4) =
0,240

PRODUCT CIRCULARITEIT INDEX (PCI)

PCI = (LI * MI) / 2 =
(0,703 * 0,24) / 2 =
0,352

VI Berekening Element Circulariteit Index (ECI)

Het element 'gevelmetselwerk' bestaat onder meer uit de producten bakstenen, geveldragers en stalen lateien. De PCI van de verschillende producten bepaalt, samen met de onderlinge losmaakbaarheid van de producten binnen een element, de ECI. In het onderstaande rekenvoorbeeld, een gevel met traditioneel metselwerk, is de ECI nagenoeg gelijk aan de PCI uit het rekenvoorbeeld van de bakstenen. Dit komt door het grote percentage bakstenen in de gevel.

$$ECI = \frac{(GE_1 * PCI_1) + (GE_2 * PCI_2) + .. + (GE_x * PCI_x)}{(GE_1 + GE_2 + .. + GE_x)}$$

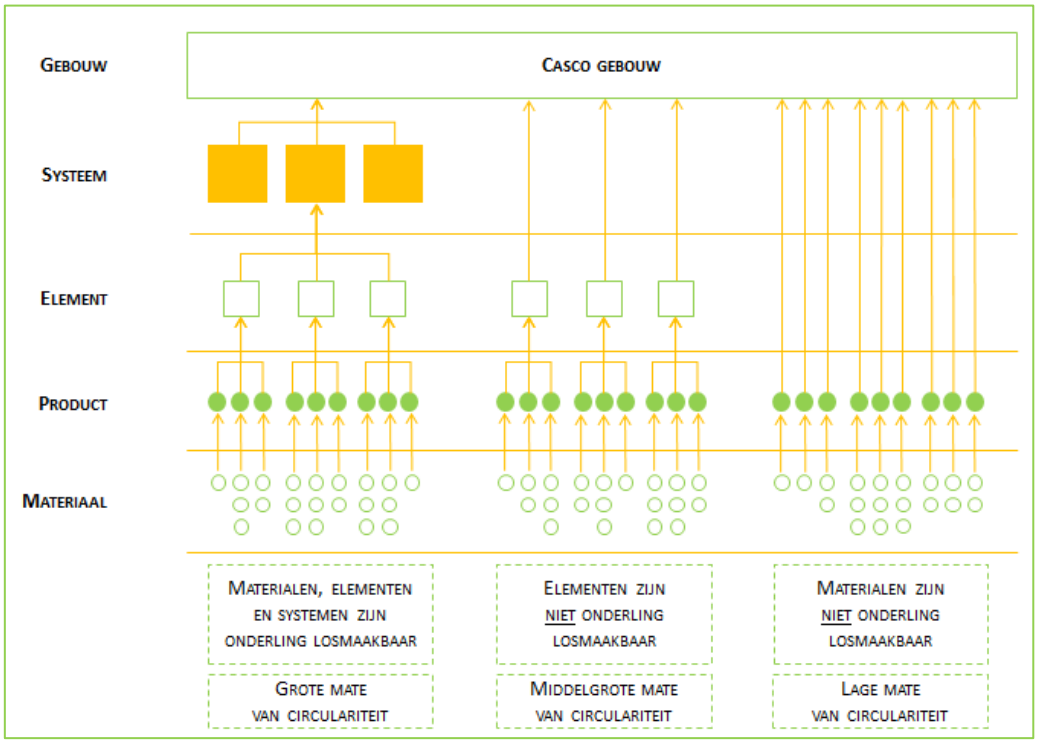
Voorbeeldberekening Element Circulariteit Index | gevel

- Gewicht Element: bakstenen (Geb) 407.160 kg | geveldragers (Geg): 12.330 kg | stalen lateien (Ges): 1055 kg
- PCI baksteen (PCIb): 0,352 | PCI geveldrag. (PCIg): 0,386 | PCI stalen lateien (PCIs): 0,161

ECI = ((GEb * PCIb) + (GEg * PCIg) + (GEs * PCIs)) / (GEb + GEg + GEs) =
((407.160 * 0,352) + (12.330 * 0,386) + (1.055 * 0,161)) / (407.160 + 12.330 + 1.055) =
0,353

VII Systeem en Gebouw Circulariteit Index (SCI/ GCI)

Het bepalen van de Systeem Circulariteit Index (SCI) en de Gebouw Circulariteit Index (GCI) wordt gedaan door de verschillende ECI's naar soortelijke massa met elkaar te verrekenen. Er is nog geen alternatieve rekenmethode beschikbaar die gevalideerd inzicht kan geven in deze stap. Ook wordt er geen gebruik gemaakt van correctiefactoren, omdat die onvoldoende onderbouwd zijn voor deze rekenmethodiek. Dit betekent dat systemen met een hoge soortelijke massa, zoals draagconstructie en gevel, de mate van een circulair gebouw sterker beïnvloeden dan lichtere elementen.



De mate van circulariteit is voor een belangrijk deel afhankelijk van de losmaakbaarheid van de verschillende materialen, producten, elementen en systemen.

VIII MATERIALEN MET BIOLOGISCHE OORSPRONG

Materialen met een biologische oorsprong spelen een belangrijke rol in de circulaire economie. Er is ook veel beweging gaande rondom *bio-based bouwen*, waarbij de biologische herkomst van materialen centraal staat. *Bio-based* materialen hebben in dit rekenmodel naar verwachting een hoge score op *toepassing*, maar een lagere score op losmaakbaarheid, waarmee deze niet per se goed of slecht zijn.

Wat betreft de toepassing worden *bio-based* materialen in het model meegenomen als 100% hergebruikt en 100% herbruikbaar materiaal. Hier zijn twee redenen voor. Allereest is de voetafdruk van *bio-based* materialen kleiner dan die van niet-biologische materialen. Daarnaast kunnen *bio-based* materialen na afloop zonder schade weer terug geleverd worden aan de natuur, waarmee de netto impact (los van arbeid en materieel) nul is.

Bij *bio-based* materialen speelt, naast de herkomst, ook de milieu-impact een belangrijke rol. Deze is onder meer afhankelijk van de herkomst van het biologische materiaal, en van de manier waarop het materiaal onderling gebonden is. De milieu-score van het materiaal staat daarmee los van de score op circulariteit.

Wat betreft losmaakbaarheid scoren *bio-based* materialen niet noodzakelijk goed in het model, omdat de losmaakbaarheid van het materiaal vaak beperkt is. Een voorbeeld is duurzame egalisatiemassa van Uzin. Dit wordt gebruikt om vloeren te egaliseren/ uitvlakken. Een *bio-based* product, maar uiteindelijk wel onlosmakelijk verbonden met de vloer en daardoor slecht scorend op de Losmaakbaarheid Index.

5. Hoe scoort circulaire bouw ten opzichte van traditionele bouw?

"Circulaire bouw gaat, veel sneller dan wij denken, de standaard zijn."
Jim Teunizen, Alba Concepts

I SCENARIO'S OP BASIS VAN DRIE VARIANTEN

Voor de te realiseren appartementencomplexen met verhuurwoningen zijn drie varianten doorgerekend. In deze varianten zijn verschillende keuzes gemaakt ten aanzien van de herkomst van de toegepaste materialen en de mate waarin materialen losmaakbaar zijn.

- Variant 1 – *traditioneel*: een traditioneel gebouwd appartementencomplex volgens bestaande standaarden en minimumeisen (Bouwbesluit 2012);
- Variant 2 – *gemiddeld circulair*: een appartementencomplex, waarin voornamelijk materialen zijn toegepast die of hergebruikt zijn of in de toekomst hergebruikt kunnen worden;
- Variant 3 – *hoog circulair*: een appartementencomplex, waarbij zowel de herkomst van materialen als de losmaakbaarheid belangrijk is. Hier zijn ook circulaire materialen en systemen in opgenomen die in de nabije toekomst worden verwacht.

De vier systemen zijn opgedeeld in 78 elementen. Voor twaalf van deze elementen is een verschil gemaakt in de materiaalkeuze tussen de drie doorgerekende varianten. Voor de andere 66 elementen is de keuze voor materiaal gelijk gebleven, omdat hiervoor nog geen alternatieve circulaire bouwproducten voorhanden zijn. De volledige lijst met elementen is te vinden in Bijlage IV.

12 elementen met circulaire varianten	***VARIANT 1 Traditioneel***	**ECI**	***VARIANT 2 Gemiddeld circulair***	**ECI**	***VARIANT 3 Hoog circulair***	**ECI**
SYSTEEM *STRUCTURE*						
Woningscheidende wanden	Gestorte wand/ tunnelsysteem	0,07	Prefab betonnen wand	0,11	Prefab betonnen wand	0,40
Verdiepingsvloeren	Gestorte vloer/ tunnelsysteem	0,07	Kanaalplaatvloer	0,11	Kanaalplaat-/ appartementenvloer	0,40
	SCI *Structure*	**0,07**		**0,11**		**0,40**
SYSTEEM *SKIN*						
Balkons & balustrades	Beton, 100% nieuw	0,08	Beton, 80% menggranulaat	0,09	Beton, 70% menggranulaat	0,09
Dakbedekking	Bitumineus & verkleefd	0,05	PVC	0,14	Plantaardig membraan	0,24
Buitenblad	Bakstenen, gemetseld	0,35	Gerecyclede bakstenen, gemetseld	0,50	Bakstenen, vastgeklikt	0,61
Isolatie	Glaswol	0,22	Glaswol	0,22	Katoen	0,35
Kozijnen	Hout	0,36	Aluminium, 47% recycling.	0,61	Aluminium, 97% recycling	0,72
	SCI *Skin*	**0,24**		**0,34**		**0,38**
SYSTEEM *SERVICES*						
Warmte-installatie	Waterleiding PE-alu-PE Cv-ketel 100% nieuw	0,12	Waterleiding PVC Cv-ketel 100% nieuw	0,19	Waterleiding koper Cv-ketel 50% recycling	0,34
Transportinstallatie	100% stort (afval)	0,11	50% stort, 50% recycling	0,19	50% stort, 40% recycling, 10% hergebruikt	0,22
	SCI *Services*	**0,12**		**0,19**		**0,30**
SYSTEEM *SPACEPLAN*						
Binnenwanden/ -afwerking	Kalkzandsteenwand	0,14	MS-wand	0,19	Systeemwand	0,28
Binnen kozijnen/ -deuren	Plaatstaal, 100% nieuw	0,26	Plaatstaal, 50% recycling	0,29	Plaatstaal, 80% recycling	0,31
Vloerafwerking	Anhydriet, natuurgips Vloerbedekking verlijmd	0,04	Zwevende dekvloer Vloerbedekking, los gelegd	0,22	Zwevende dekvloer + folie Vloerbedekking, los gelegd	0,28
	SCI *Spaceplan*	**0,09**		**0,21**		**0,28**
	BUILDING CIRCULARITY INDEX	**0,08**		**0,13**		**0,39**

Berekening van de mate van circulariteit van het appartementencomplex op 12 elementen, uitgewerkt in drie varianten: traditioneel, gemiddeld circulair en hoog circulair.

Op basis van de materiaalkeuzes bij de circulaire varianten is te zien dat de circulariteitsindex van het gebouw verder toeneemt, van 0,08 bij de *traditionele* variant tot 0,13 bij een *gemiddeld circulaire* variant en 0,39 bij een *hoog circulaire* variant. Dat er ook bij de traditionele variant al een bepaalde circulariteitsscore is, komt omdat verschillende materialen op dit moment ook al worden hergebruikt en/of al losmaakbaar zijn.

Voor het doorrekenen van de mate van circulariteit is gebruik gemaakt van een referentieproject. Dit referentieproject is een appartementencomplex dat recent in Amsterdam is gerealiseerd. De gegevens van dit project zijn opgenomen in Bijlage II. Daarnaast zijn op basis van de materiaalkeuzes uit bovenstaande tabel berekeningen gemaakt voor de MI, PCI en ECI. Deze berekeningen zijn in Bijlage III opgenomen.

II VERGELIJKING OP CIRCULARITEIT

Uit de vergelijking tussen de traditionele variant (het eerdergenoemde referentieproject) en de circulaire varianten op de mate van circulariteit is een aantal conclusies te trekken.

- In absolute zin wordt de mate van circulariteit op systeemniveau (ECI) tussen *traditioneel* en *hoog circulair* voornamelijk beïnvloed door de elementen woningscheidende wanden en verdiepingsvloeren (binnen het systeem draagconstructie), dakbedekking, warmte-installatie en vloerafwerking.
- De circulariteitsindex van *gemiddeld circulair* ligt dichter bij *traditioneel* dan bij *hoog circulair.* Hierbij ligt de nadruk op keuzes over de herkomst en toekomstige toepasbaarheid van materiaal.
- De elementen binnen het systeem *skin* scoren in de variant *traditioneel* al relatief hoog: het verschil met de andere twee varianten is minder dan een factor 2. Dit komt doordat met name in *hoog circulair* een aantal losmaakbare materialen worden toegepast, zoals het ClickBrick®-systeem, met een aanzienlijk lagere soortelijke massa dan een conventionele baksteen. Doordat bij het extrapoleren van ECI naar SCI en GBI wordt verrekend naar rato gewicht, neemt de bijdrage van *skin* aan de mate van circulariteit van het gebouw af. Het rekenmodel dient hiervoor in de toekomst te worden gecorrigeerd.
- De GCI laat zien dat de variant *traditioneel* een index behaalt van 0,08 en *gemiddeld circulair* een index van 0,13. Wanneer zwaar wordt ingezet op losmaakbaarheid, dan scoort het appartementencomplex in *hoog circulair* met een score van 0,39 veel beter.

III VERGELIJKING OP GEBOUWFLEXIBILITEIT

Uit de vergelijking tussen de traditionele variant (het eerdergenoemde referentieproject) en de circulaire varianten op de mate van gebouwflexibiliteit is een aantal conclusies te trekken. De resultaten op gebouwflexibiliteit, uitgerekend met de Rekentool Gebouwflexibiliteit van de DGBC, zijn in onderstaande tabel te vinden.

- Het verschil in flexibiliteit tussen *traditioneel* en *hoog circulair* zit vooral in *Structure* (42% / 71%) en de *Services* (14% / 71%). Dit komt vooral door toepassing van een flexibel vloerensysteem met bout- en moerverbindingen met een installatiegoot aan de gevelzijden;
- De gebouwflexibiliteit op *Skin* is voor alle drie de varianten gelijk. Dit komt doordat in het referentieproject een gevelconcept is toegepast met een bepaalde open/dicht-verhouding die niet kan worden beïnvloed zonder ontwerpwijzigingen. De circulaire projecten variëren op materialen en mate van losmaakbaarheid, echter veranderen niet in esthetisch ontwerp;
- Tenslotte dient te worden opgemerkt dat variant 3 bijna 3 punten (de grens ligt bij 67%) scoort op deze BREEAM-Credit en dat door gemaakte ontwerpkeuzes in het referentieproject dit nu niet haalbaar is.

SCORES OP GEBOUWFLEXIBILITEIT

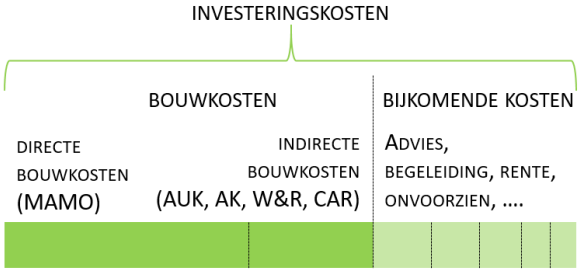
De verschillende varianten zijn doorgerekend met de Rekentool Gebouwflexibiliteit (MAT8) van de BREEAM-methodiek. Deze methodiek rekent de totaalscore uit door de scores op de vier systemen te sommeren en vervolgens te delen door het aantal systemen (vier).

	Traditioneel	*Gemiddeld Circulair*	*Hoog Circulair*
Structure	42%	63%	71%
Skin	33%	33%	33%
Services	14%	48%	71%
Spaceplan	67%	78%	83%
Totaal	**38%**	**56%**	**65%**
Creditscore	1 punt	2 punten	2 punten

Berekening van de gebouwflexibiliteit van het appartementencomplex in drie varianten

6. Wat is de impact van circulariteit op bouw- en investeringskosten?

Het integreren van circulariteit in een appartementengebouw heeft impact op zowel de directe als indirecte bouwkosten. Deze impact neemt verder toe wanneer ook naar de bijkomende kosten wordt gekeken die tezamen de investeringskosten vormen. De verschillende typen kosten van een bouwproject staan hieronder toegelicht. Tot slot wordt inzicht gegeven in de Netto Contante Waarde (NCW) van de kasstroom van de verschillende varianten, waarin ook de potentiële restwaarde van materialen en/of elementen en materialenindices worden meegenomen.



Bouwkosten en bijkomende kosten, die gezamenlijk de investeringskosten vormen

I OPBOUW BOUW- EN INVESTERINGSKOSTEN, RESTWAARDE EN MATERIALENPRIJSINDEX

Er zijn vijf variabelen die invloed hebben op de initiële bouwkosten -en investeringskosten (nominaal) en/of de Netto Contante Waarde van een circulair gebouw.

- De *elementprijs* (uitgedrukt in €/ eenheid) betreft de kosten voor het leveren en aanbrengen van een bepaald element. De prijs bestaat uit kosten voor Materiaal, Arbeid, Materieel en Onderaanneming, kortweg MAMO.
- De *indirecte kosten* (percentages over directe bouwkosten en/of opslagen) betreffen de Algemene Uitvoeringskosten, Algemene Kosten, Winst & Risico, CAR en prijsstijgingen;
- Onderdelen uit de investeringskosten, zoals de *directiekosten* en *onvoorzien*;
- De *restwaarde* van materialen en/of elementen na de technische levensduur en waarbij leveranciers bereid zijn initieel de restwaarde te kapitaliseren;
- De *materialenprijsindex* geeft de prijsontwikkeling van materialen weer.

Daarnaast zijn er twee variabelen die invloed hebben op de netto contante waarde van de investering, omdat zij de toekomstige opbrengsten beïnvloeden.

- De *restwaarde* bepaalt de restwaarde van de systemen, elementen, producten en materialen aan het einde van de levensduur. Deze restwaarde wordt beïnvloed door de fysische losmaakbaarheid.
- De *materiaalprijsindex* geeft de ontwikkelingen in materiaalprijzen weer. Hierbij is er gekozen voor één index voor alle systemen, elementen, producten en materialen in het gebouw. In de praktijk zal een verdere differentiatie nodig zijn: koper en beton hebben een andere verwachte materialenprijsindex.

II KOSTEN CIRCULAIR BOUWEN PER VARIANT

Voor een circulair gebouw nemen zowel de bouw- als de investeringskosten toe. Een circulair bouwproject is niet alleen duurder op materiaal- en arbeidscomponenten, maar ook op bijkomende kosten. Dit heeft ondermeer te maken met toenemende behoefte tot afstemming en ketensamenwerking. Met de huidige mogelijkheden en de stand van de techniek blijkt dat bij een hogere mate van circulariteit, de kosten van zowel materialen en in mindere mate arbeid toenemen. Toeleveranciers geven aan dat de productiekosten nu, in verband met beperkte schaalbaarheid, te hoog zijn om (nagenoeg) gerecyclede bouwmaterialen te produceren.

TOENAME IN BOUW- EN INVESTERINGSKOSTEN CIRCULAIR BOUWEN

	Bouwkosten	
Traditioneel	€ 7.710.000	
Gemiddeld circulair	€ 8.380.000	+ € 670.000 (+9%)
Hoog circulair	€ 8.810.000	+ € 1.100.000 (+14%)
	Bijkomende kosten	
Traditioneel	€ 2.970.000	
Gemiddeld circulair	€ 3.810.000	+ € 840.000 (+28%)
Hoog circulair	€ 4.410.000	+ € 1.440.000 (+48%)
	Investeringskosten (bouwkosten + bijkomende kosten)	
Traditioneel	€ 10.680.000	
Gemiddeld circulair	€ 12.190.000	+ € 1.510.000 (+14%)
Hoog circulair	€ 13.220.000	+ € 2.540.000 (+24%)

Toename in bouw- en investeringskosten voor de doorgerekende varianten. Een verdere uitsplitsing van bovenstaande kosten is te vinden in Bijlage V.

De bouw- en investeringskosten van het doorgerekende referentiecomplex zijn te verdelen over de vier systemen van het gebouw. In het volgende overzicht is dit weergegeven. Primair valt op dat percentuele verdeling van de bouwkosten over de verschillende niveaus gelijk blijft. Absoluut nemen de bouwkosten van *structure, skin* en *spaceplan* toe. De verschillen in investeringskosten zijn in onderstaande tabel niet meegenomen; deze zijn in het rekenmodel percentueel verdeeld naar rato van het verschil in bouwkosten.

De bouwkosten van *services* zijn voor alle drie de varianten nagenoeg gelijk. Dit komt doordat er relatief weinig circulaire ingrepen worden uitgevoerd, omdat deze nog niet beschikbaar zijn in de markt. In de *hoog circulaire* variant worden bij de werktuigbouwkundige installaties (verwarming, onderdeel van *services*) hergebruikte onderdelen toegepast. Deze zijn in bouwkosten echter beperkt goedkoper. Vandaar het beperkte verschil in bouwkosten.

SPECIFICATIE BOUWKOSTEN PER SYSTEEM

	Traditioneel	*Gemiddeld Circulair*	*Hoog circulair*
Structure	€ 2.130.000	€ 2.360.000	€ 2.510.000
Skin	€ 2.260.000	€ 2.540.000	€ 2.680.000
Services	€ 1.510.000	€ 1.510.000	€ 1.520.000
Spaceplan	€ 1.810.000	€ 1.970.000	€ 2.100.000
TOTAAL	**€ 7.710.000**	**€ 8.380.000**	**€ 8.810.000**

Specificatie van de bouwkosten per variant naar de verschillende gebouwsystemen

De toename in de investeringskosten is het gevolg van hogere directiekosten en onvoorziene kosten. Op basis van (beperkte) referentieprojecten en input van architecten, adviseurs en engineers die ervaring hebben met circulaire bouwprojecten zijn de percentages vastgesteld. Op dit moment is er nog geen standaard aanpak/methodiek om circulair te ontwerpen en engineeren. Dit betekent dat er veel meer onderzoek moet worden gedaan naar materiaaltoepassingen, constructieve principes en juridische aspecten ten aanzien van (prestatie)garanties, teruglevering en betalingscondities.

III NETTO CONTANTE WAARDE PER VARIANT

In voorgaande overzichten is een vergelijking tussen de varianten gemaakt op nominale bouw- en investeringskosten waar het vanuit het oogpunt van de circulaire economie past om de financiële kringloop mee te nemen in de benaderingswijze. De meest voor de hand liggende parameters zijn dan de restwaarde en de kostprijsontwikkeling van materialen vertaald in een materiaalprijsindex. Ondanks dat het voor toeleveranciers nog niet gebruikelijk is om restwaarde (deels) te verrekenen in hun aanbieding, is de verwachting dat dit in de toekomst in toenemende mate het geval gaat zijn. Op basis van de ontwikkelingen rondom discussie dat producten van eigendom naar gebruik moeten gaan, grip op producten moet liggen bij toeleveranciers en bepaalde grondstoffen zich in waarde gaan ontwikkelingen zijn voor alle drie de varianten 15 scenario's doorgerekend die variëren op twee variabelen: de restwaarde aan het einde van de technische levensduur van de betreffende elementen en de materialenprijsindex. Hierbij is per doorgerekende variant niet gedifferentieerd naar verschillende systemen, elementen, producten of materialen binnen het gebouw, terwijl daar in de praktijk wel verschillen optreden: koper en beton hebben een andere verwachte materialenprijsindex., namelijk:

- Restwaarde einde technische levensduur: 0,0% | 5,0% | 10,0% | 15,0% | 20,0%
- Materialenprijsindex: laag (0%) | gemiddeld (2%) | hoog (4%)

In het onderstaande overzicht is de gevoeligheidsanalyse weergegeven voor de drie varianten op basis van deze twee variabelen. De materiaalprijsindex is in alle varianten 2,0%, conform de Consumentenprijsindex (CPI), echter zou wanneer er naar specifieke producten en/of elementen wordt gekeken hoger kunnen zijn (bijvoorbeeld 4,0% bij metalen). Hiervoor is nu niet gekozen.

	Traditioneel	*Gemiddeld circulair*	*Hoog circulair*
Materiaalprijsindex *laag* (0%)			
Restwaarde 0,0%	€ 7.710.000	€ 8.380.000	€ 8.810.000
Restwaarde 5,0%	€ 7.690.000	€ 8.360.000	€ 8.780.000
Restwaarde 10,0%	€ 7.670.000	€ 8.340.000	€ 8.750.000
Restwaarde 15,0%	€ 7.640.000	€ 8.310.000	€ 8.730.000
Restwaarde 20,0%	€ 7.620.000	€ 8.290.000	€ 8.700.000
Materiaalprijsindex *gemiddeld* (2%)			
Restwaarde 0,0%	**€ 7.710.000**	€ 8.380.000	€ 8.810.000
Restwaarde 5,0%	€ 7.660.000	€ 8.320.000	€ 8.740.000
Restwaarde 10,0%	€ 7.600.000	**€ 8.270.000**	€ 8.680.000
Restwaarde 15,0%	€ 7.550.000	€ 8.210.000	€ 8.620.000
Restwaarde 20,0%	€ 7.490.000	€ 8.150.000	**€ 8.550.000**
Materiaalprijsindex *hoog* (4%)			
Restwaarde 0,0%	€ 7.710.000	€ 8.380.000	€ 8.810.000
Restwaarde 5,0%	€ 7.550.000	€ 8.210.000	€ 8.630.000
Restwaarde 10,0%	€ 7.390.000	€ 8.050.000	€ 8.450.000
Restwaarde 15,0%	€ 7.230.000	€ 7.880.000	€ 8.270.000
Restwaarde 20,0%	€ 7.070.000	€ 7.710.000	€ 8.090.000

Netto Contante Waarde van bouwkosten met verschillende scenario's voor materiaalprijsindex en restwaarde. Er is gerekend met een discontovoet van 5,0%.

Van deze vijftien scenario's per variant zijn de meest realistische opties gekozen (dikgedrukt) wanneer gekeken wordt naar de twee variabelen. De materiaalprijsindex is bij al deze varianten gelijk, en bedraagt naar inschatting 2%, gemiddeld over alle materialen. De restwaarde van onderdelen neemt in de drie varianten wel toe, omdat de losmaakbaarheid van systemen, elementen en producten verder toeneemt.

- *Traditioneel*: restwaardekapitalisatie van **0,0%** | materiaalprijsindex van **2,0%**;
- *Gemiddeld circulair*: restwaardekapitalisatie van **10,0%** | materiaalprijsindex van **2,0%**;
- *Hoog circulair*: restwaardekapitalisatie van **20,0%** | materiaalprijsindex van **2,0%**.

Toename Netto Contante Waarde bij circulair bouwen
Voor een circulair gebouw neemt de Netto Contante Waarde toe. Er is een vergelijking gemaakt op bouwkosten, waar de bijkomende kosten om te komen tot investeringskosten niet zijn meegenomen in de NCW-berekening. Deze kosten vertegenwoordigen geen restwaarde en zijn niet onderhevig aan een materiaalprijsindex.

		Bouwkosten	
Traditioneel		€7.710.000	
Gemiddeld circulair		€8.380.000	+ € 670.000 (+9%)
Hoog circulair		€8.810.000	+ € 1.100.000 (+14%)

	Restwaarde	**Netto Contante Waarde**	
Traditioneel	0,0%	€7.710.000	
Gemiddeld circulair	10,0%	€8.270.000	+ € 560.000 (+7%)
Hoog circulair	20,0%	€8.550.000	+ € 840.000 (+11%)

Het verschil tussen de nominale bouwkosten van de drie varianten bedraagt € 8.810.000,- minus € 7.710.000,- is € 1.100.000,-. Wanneer het verschil in NCW wordt beschouwd vanuit de meest aannemelijke scenario's blijkt dit verschil € 8.550.000,- minus 7.710.000,- is € 840.000,- te bedragen. De impact van de restwaardekapitalisatie is zodoende redelijk beperkt met een verschil tussen de nominale waarde en NCW van € 260.000,-. Dit kan worden verklaard door het feit dat in de NCW-berekening de technische levensduur die wordt gehanteerd de termijn is waarop de restwaarde wordt ingerekend ('vrijvalt'). Wanneer er wordt gerekend op basis van functionele levensduren geeft dit een ander beeld met kortere termijnen waarop restwaarde wordt ingerekend en een meer positieve impact op de NCW van Variant 2 en 3, die lager wordt en nader komt tot Variant 1.

IV Visie op ontwikkeling kosten circulair bouwen

Bouwmaterialen zijn aan prijsschommelingen onderhevig, wat invloed kan hebben op de kosten van een bouwproject. Dit gaat zowel over de inflatiecorrectie, als over de schaarste van grondstoffen. Omdat deze kostenfluctuaties lastig in te schatten zijn, rekent een aannemer een percentage over de bouwsom gedurende de ontwerp- en realisatiefase om toekomstige prijsontwikkelingen te compenseren. Dit percentage is gekoppeld aan het gehanteerde prijspeil en wordt vastgesteld op basis van de BDB-bouwkostenindex.

Deze indexcijfers geven inzicht in de kostenontwikkelingen van de lonen, materiaal en materieel, waarbij onderscheid wordt gemaakt tussen structurele en conjuncturele ontwikkelingen. Structurele kostenontwikkelingen omvatten de prijsontwikkelingen van de productiekosten bij een onveranderde vraag. Met andere woorden, dit is de kostprijsontwikkeling. Conjuncturele kostenontwikkelingen omvatten prijsontwikkelingen die ontstaan door vraag en aanbod op de aanbestedingsmarkt. Dit geeft de marktwerking weer. In dit onderzoek wordt vooral gekeken naar structurele kostenontwikkeling door een toenemende schaarste van bouwmaterialen.

Veel bouwmaterialen zijn onderhevig aan fluctuerende of stijgende prijzen. Voorbeelden hiervan zijn brandstoffen (olie, diesel, gas en benzine), (asfalt)bitumen, kunststoffen, metalen (staalsoorten) en non-ferro metalen (aluminium, aluminium legeringen, koper, lood, nikkel, tin en zink). Een substantieel deel van de directe bouwkosten is toe te kennen aan deze materialen. Als gevolg hiervan is de kans op prijswijzigingen tijdens een bouwproces groot.

De directe invloed van prijsontwikkelingen op bouwkosten betekent dat de meerkosten van circulair bouwen lastig te bepalen zijn. Echter: in een circulaire uitvraag wordt ook gestuurd op de toepassing van hergebruikte materialen. Door maximale toepassing van hergebruikte materialen kan de invloed van prijsstijgingen door schaarste beperkt blijven. Dit heeft als gevolg dat materiaalcomponent in de prijsindex nagenoeg constant blijft en niet toeneemt ten gevolge van inflatie en slechts de arbeidscomponent zich ontwikkelt en moet worden ingeschat.

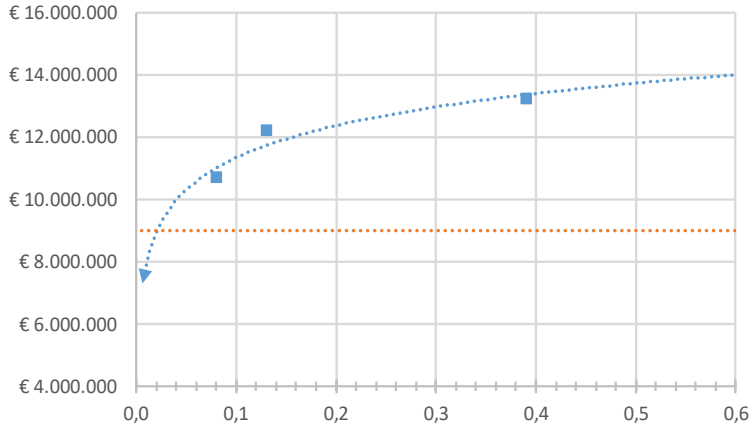
V SAMENVATTING BOUW- EN INVESTERINGSKOSTEN IN RELATIE TOT CIRCULAIR BOUWEN

Wanneer de bouw- en investeringskosten worden weggezet tegen de Gebouw Circulariteit Index (GCI), dan is de sprong van *traditioneel* naar *gemiddeld circulair* vrij groot. Echter, de stap van *gemiddeld circulair* naar *hoog circulair* op bouw- en investeringskosten is veel beperkter. Dit staat hieronder schematisch weergegeven.

Overzicht bouw- en investeringskosten versus GCI

	GCI	**Δ Bouwkosten**	**Δ Investeringskosten**	
Traditioneel	0,084			
Gemiddeld circulair	0,131 (+56%)	+ € 670.000 (+9%)	+ € 1.510.000	(+14%)
Hoog circulair	0,389 (+196%)	+ € 1.100.000 (+14%)	+ € 2.540.000	(+24%)

Overzicht van bouw- en investeringskosten, uitgezet tegen de GCI



Circulariteitsindex uitgezet tegen bouwkosten, op basis van doorgerekende varianten

Wanneer deze vergelijking wordt uitgevoerd op basis van de Netto Contante Waarde wordt de stap van *gemiddeld circulair* naar *hoog circulair* aantrekkelijker. Belangrijkste oorzaak voor het kostenverschil tussen deze twee scenario's is het inrekenen van een toename van de restwaarde in de twee varianten. Het is wel zo dat de risico's voor dit aspect volledig bij de markt ligt en de impact hiervan voor de gemeente beperkt blijft.

Overzicht Netto Contante Waarde versus GCI
Bij het bepalen van de Netto Contante Waarde is uitgegaan van de bouw- als investeringskosten, waarbij in de doorgerekende varianten gebruik is gemaakt van de eerdergenoemde factoren voor restwaardekapitalisatie en materiaalprijsindex.

	GCI	**∆ NCW**
Traditioneel	0,084	
Gemiddeld circulair	0,131 (+56%)	+ € 560.000 (+7%)
Hoog circulair	0,389 (+196%)	+ € 840.000 (+11%)

Overzicht van Netto Contante Waarde van het complex, uitgezet tegen de GCI

Ondanks de verwachting dat er een verschuiving in de bouwkosten plaatsvindt van materiaalkosten naar arbeidskosten bij een circulair project is dit niet uit voorgaande onderzoek gebleken. De toeleverende industrie erkent dat er andere type arbeid dient te worden verricht, zoals 'grondstofjutten' en het bewerken van te hergebruiken of recyclen materialen. Zij geven echter aan dat zij deze additionele arbeidskosten kunnen verrekenen met een efficiëntievoordelen door prefabricage en het sneller aanbrengen van de materialen door meer eenvoudige verbindingen, zoals klik-, druk-, schroef- of boutverbindingen. Vooralsnog lijkt er daarom geen verband te zijn tussen de mate van circulariteit (op basis van materialen en toepassing) en een verschuiving van materiaalkosten naar arbeidskosten in de bouwkostenraming.

Op basis van (beperkte) ervaringen in circulaire (woning)bouwprojecten is gebleken dat er op dit moment nog additionele kosten moeten worden gemaakt voor het ontwerp en de engineering in vergelijking met traditionele projecten. In de bijkomende kosten zijn deze inspanningen opgenomen door hogere honoraria voor architect, constructeur en overige adviseurs. Dit creëert direct meer werkgelegenheid bij ontwerpers, adviseurs en ingenieursbureau's.

7. Wat is de waardecreatie van circulair bouwen?

"Een circulaire economie is gebaseerd op het leveren van échte toegevoegde waarde, en daarmee breder dan alleen financieel."
Noor Huitema – Copper8

De initiële meerkosten van circulair bouwen betalen zich over de levensduur van het gebouw ruimschoots terug. Voor een deel in financiële waarde en voor een deel in waarden die (nog) niet goed meetbaar ofwel kwalitatief zijn. Beide waarden zijn (nog) niet in harde cijfers uit te drukken, omdat er geen referentieprojecten zijn, maar zijn zeker aanwezig.

I Creatie van financiële waarde van materialen

Wanneer materialen losmaakbaar zijn, kunnen deze – na de functionele of economische levensduur van het gebouw of het systeem waar de materialen onderdeel van zijn – opnieuw worden ingezet. Dit kan levensduurverlenging op locatie zijn, omdat de technische levensduur van het gebouw of systeem nog niet voorbij is. Dit kan ook inzet van het materiaal op een andere locatie of met een andere toepassing zijn. Het gemeentehuis van Brummen, ontworpen door Rau Architecten, is de locatie waar het principe van ontwerpen voor losmaakbaarheid van materialen sterk is toegepast.

II Creatie van toekomstwaarde voor het gebouw

Wanneer in een ontwerp aandacht is voor flexibiliteit van het gebouw, en systemen losmaakbaar zijn en eenvoudig te verplaatsen, kan het gebouw relatief eenvoudig worden 'omgebouwd' naar een andere functionaliteit. Hiermee behoudt het gebouw waarde bij veranderende marktomstandigheden in het gebied. Door relatief eenvoudig te kunnen schakelen tussen kantoor, woonruimte en/of andere vormen van gebruik kan het gebouw naar de toekomst toe altijd een functie blijven behouden. In de nieuwe Omgevingswet, die vanaf 1 januari 2019 in werking treedt, ontstaat hiervoor meer ruimte.

III Creatie van sociale waarde

Wanneer materialen en componenten van gebouwen losmaakbaar zijn, ontstaat tijdens de bouw- en demontagefase additionele werkgelegenheid. Vooral het demonteren van alle verschillende onderdelen kost immers meer tijd dan wanneer de sloopkogel wordt gebruikt. De inschatting is dat er in tussentijds onderhoud en reparatie netto dezelfde hoeveelheid werkgelegenheid blijft bestaan.

Het creëren van arbeidsplaatsen voor mensen met een afstand tot de arbeidsmarkt in deze drie projecten is uitdagend. "Duurzame arbeid" wordt door de gemeente Amsterdam gezien als langdurige arbeid in de buurt waar de betrokkenen wonen, waarin tevens een leerproces wordt doorlopen. Allereerst heeft de gemeente geen zicht op waar de arbeiders voor bouwprojecten vandaan komen: de inschatting is dat zij voor een belangrijk deel buiten Amsterdam wonen. Daarnaast is arbeid in bouwprojecten vaak relatief kortlopend. Ook blijft met simpele werkzaamheden het leereffect beperkt. Tot slot zorgt inzet van mensen met een afstand tot de arbeidsmarkt (langdurig werkeloos) er mogelijk ook voor dat reguliere arbeiders in de WW terecht komen.

Het creëren van sociale waarde zit daarmee vooral in de projectmatige creatie van meer werk tijdens bouw- en demontagewerkzaamheden. Tijdens de bouw gaat dit om meer handwerk in het bevestigen van materialen met klik-, schroef- of boutverbindingen. Tijdens de sloop gaat dit om het eerder genoemde 'jutten' van grondstoffen. Netto moeten deze arbeidskosten opwegen tegen de lagere materiaalkosten en eventuele vervaardigingskosten op de bouwplaats.

IV Creatie van ecologische waarde

Losmaakbare materialen die opnieuw ingezet kunnen worden, zorgen voor een verlaging van de hoeveelheid nieuw, benodigd materiaal. Dit zorgt zowel voor verminderd gebruik van materieel en productiemachines in de keten als voor een verlaging van de hoeveelheid *embodied energy* in het product. De energie die het gekost heeft om een materiaal te produceren, wordt over een veel langere levensduur verspreid en daarmee verlaagd.

Naast deze *embodied energy* wordt nog op drie aanvullende vlakken ecologische waarde gecreëerd. Allereerst zorgt de vermindering van nieuwe materialen voor het in stand houden van natuurlijke omgevingen. Ten tweede zorgt de verlaging van het energieverbruik in de productieketen (omdat er minder nieuwe materialen geproduceerd worden) voor minder emissies van CO_2 en andere schadelijke stoffen. Tot slot zorgt een verlaging van de hoeveelheid (bouw)afval ook voor een verminderde milieudruk.

V Creatie van gezondheidswaarde

Natuurlijke materialen zijn belangrijk voor circulariteit en de kans dat deze materialen een belangrijke rol gaan spelen in een circulair gebouw, is aanzienlijk. Natuurlijke materialen hebben vaak geen giftige stoffen in zich, wat de gezondheid van de bewoners van het gebouw ten goede komt. In Venlo is het Cradle-to-Cradle stadskantoor ontwikkeld vanuit de filosofie dat het een gebouw moest zijn met een positieve impact op de gezondheid, zowel van medewerkers binnen de muren als van passanten buiten de muren. Luchtkwaliteit en gebruik van gezonde materialen hebben de rode draad van dit ontwerp gevormd.

VI Creatie van omgevingswaarde

Afhankelijk van de keuze in thema's waarop in de aanbesteding aandacht wordt gevraagd, worden er voor de fysieke omgeving nog andere waarden gecreëerd. Dit kan bijvoorbeeld een verlaging van het *urban heat island effect* zijn door meer groen op/rond het gebouw. Ook kan een verlaging van de waterdruk bij extreem weer optreden, bij waterbuffering of toepassing van een groen dak. Tot slot kan een verhoging van de luchtkwaliteit optreden, bijvoorbeeld door de toepassing van groene gevels. Al deze elementen zijn vaak aanvullend aan een integraal duurzaam gebouw, maar niet noodzakelijk verbonden aan de uitvraag voor een *circulair* gebouw.

VII Creatie van werkgelegenheid in de keten

Wanneer gekeken wordt naar de inzet van hergebruikte materialen, ontstaan nieuwe samenwerkingen in de keten. Rondom hergebruikt materiaal worden immers nieuwe logistieke bewegingen gecreëerd en nieuwe werkgelegenheid in het remonteren van de materialen. Omdat het huidige aanbod van hergebruikt materiaal divers en vaak niet direct geschikt is, is dit veelal maatwerk. Daarmee ontstaan extra arbeidsplaatsen. De hoeveelheid arbeid in de toelevering van nieuwe producten neemt wel iets af.

8. Hoe past circulair bouwen in een aanbesteding?

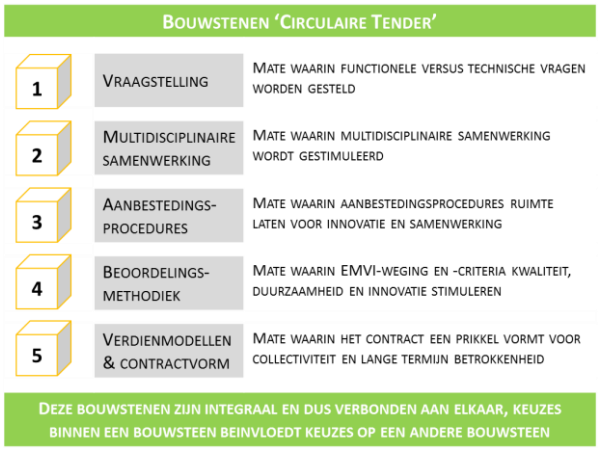
"Een betere wereld begint bij het stellen van een betere vraag."
Cécile van Oppen – Copper8

Om de ambitie van een circulair gebouw waar te kunnen maken, moet circulariteit in de tender eenduidig meegenomen worden. In het voorjaar van 2016 heeft Copper8 in opdracht van de Gemeente Amsterdam een handleiding voor duurzaam en circulair inkopen ontwikkeld[xvii], waarin ook op de gebouwde omgeving wordt ingegaan.

De belangrijke uitdaging bij circulaire tenders is dat de circulaire producten veelal (nog) niet voor handen zijn en de theoretische circulariteit bij inschrijving zich in de praktijk nog moet bewijzen. Dit betekent dat plannen op papier een hoge mate van circulariteit kunnen behalen terwijl dit mogelijk in de praktijk niet wordt waargemaakt. Daarnaast heeft circulariteit pas écht waarde als hoogwaardig hergebruik van materialen geborgd is na toepassing in het voorliggende project. Concreet betekent dit dat de gemeente hoge circulariteitseisen in een tender kan meenemen én geborgd moet worden dat de afspraken over retourname (op langere termijn) ook worden nageleefd. Wellicht zal de betrokkenheid van de gemeente bij circulaire bouwprojecten dus langer worden (ook tijdens de exploitatie en onderhoudsfase) dan bij andere projecten.

I Bouwstenen circulair aanbesteden

Voor de tenders van de drie appartementencomplexen zal de meervoudige, openbare procedure het uitgangspunt zijn. Binnen de kaders van deze procedure is veel mogelijk om hoge ambities op specifieke thema's, waaronder circulariteit, uit te vragen. Een van de manieren om een circulair tendertraject in te richten, is door gebruik te maken van de vijf onderstaande bouwblokken.



Bouwstenen voor invulling van een circulaire tender [16]

In ieder bouwblok zijn keuzes te maken, die de mate van circulariteit in het project beïnvloeden. Bij de Vraagstelling (blok 1) gaat het om de mate waarin er een functionele of een technische vraag gesteld wordt. In de Organisatievorm (blok 2) gaat het om de keuze hoe marktpartijen onderling samen gaan werken, zowel in de tenderprocedure als later in de realisatie. Bij de procedure (blok 3) zal gezocht moeten worden naar maximale ruimte voor innovatie en samenwerking. Bij de beoordelingsmethodiek (blok 4) gaat het om de keuze voor de juiste selectiecriteria, waarbij voldoende belang moet zijn voor visie en kwaliteit ten opzichte van prijs. Bij de contractvorm (blok 5) is het van belang om dit zo te organiseren, dat een lange-termijn samenwerking ontstaat die kwaliteit garandeert.

[xvii] Copper8 (2016) *Handleiding voor duurzaam en circulair inkopen*

9. Wat is belangrijk om te realiseren, wanneer het gaat om circulair bouwen?

"We hebben te weinig tijd om iedereen mee te krijgen, en om gezamenlijk 100% te kunnen halen, zullen wij dus 140% moeten geven."
Onno Dwars, Ballast Nedam

In de looptijd van dit onderzoek is veel gesproken met marktpartijen: zowel bouwbedrijven als organisaties uit de toeleverende industrie en kennisinstellingen. De totale lijst met betrokken organisaties is te vinden in Bijlage I. Hieruit is een aantal belangrijke inzichten opgedaan.

I AANJAGEN CIRCULAIR BOUWEN TRANSFORMEERT DE BOUWSECTOR

Ondanks dat de bouwsector vaak als conservatief bestempeld wordt, is er een groeiende groep bedrijven heel actief rondom duurzaamheid en circulariteit. Zij kijken op dit moment naar zowel opdrachtgevers als elkaar wat de volgende stappen zijn die zij op dit terrein moeten gaan nemen.

Toeleveranciers zijn in toenemende mate bezig om producten op de markt te brengen met een ander verdienmodel, dat sterker gericht is op continue inkomsten over de levensduur: denk hierbij aan Mitsubishi Electric, die in plaats van liften verkopen tegenwoordig verticaal transport als dienst aanbiedt. Nieuwe, innovatieve bedrijfjes maken bouwproducten uit voormalig, waardeloos bouwafval: neem StoneCycling®, die oude bakstenen omzet in nieuwe. Losmaakbaarheid en modulariteit van materialen komen op, waarbij bijvoorbeeld brancheorganisatie VMRG samen met leveranciers leaseconcepten voor gevels aan het ontwikkelen is.

Buiten deze innovatieve toeleveranciers die het voortouw nemen, zijn er ook veel traditionele toeleveranciers die toekijken wat de ontwikkelingen gaan doen. Zij realiseren zich dat wanneer *circulariteit* daadwerkelijk een belangrijke eis gaat worden in de uitvraag, zij zowel hun productieproces als hun verdienmodel moeten gaan transformeren om concurrerend te kunnen blijven. Enkele koplopende opdrachtgevers, waaronder de gemeente Amsterdam, kunnen door focus op circulair bouwen een belangrijke rol hebben in het aanjagen van transformatie van de sector.

Ook in de sloop zijn veel ontwikkelingen gaande. Waar sloop voorheen ging over het zo snel mogelijk effectief verwijderen van een gebouw en zijn materialen, begint ook bij slopers het besef te ontstaan dat materialen in een gebouw waardevol zijn. Omdat veel materialen moeilijk losmaakbaar zijn, is het netjes verwijderen van materialen en het geschikt maken voor hergebruik echter relatief duur. Er zijn partijen, zoals New Horizon, die sloopprojecten aannemen om waarde te creëren uit de materialen in een gebouw. Hun visie is dat over enkele jaren sloopbedrijven zelf moeten betalen om een gebouw te mogen demonteren, in plaats van betaald worden voor de sloop.

II KOSTENONTWIKKELINGEN CIRCULAIR BOUWEN

In dit onderzoek zijn de huidige kosten van een circulair gebouw opgenomen. Deze huidige kosten van circulaire alternatieven zijn gebaseerd op vaak kleinschalige productie. Hierdoor zijn de meerkosten van een circulair gebouwonderdeel nog relatief hoog. StoneCycling®, bijvoorbeeld, geeft aan dat zij bij een hogere vraag investeringen kunnen gaan doen in andere typen machines, waarmee hun productiekosten significant afnemen. Dit is voor meer circulaire alternatieven het geval.

Ook ontstaan er andere samenwerkingen tussen partijen in de bouwketen, die zorgen voor reductie van faalkosten. Denk hierbij aan een aannemer en installateur die voor de start van de bouw vanuit hun expertise met de architect meedenken over mogelijkheden om projectdoelstellingen te halen (bijvoorbeeld circulair of energieneutraal). Een voorbeeld van zo'n project is Co-Green Overtoomse-veld, waar een gezamenlijk verdienmodel is gecreëerd rondom het verlagen van faalkosten.

Zodoende is het lastig om een precieze uitspraak te doen over de ontwikkeling van de meerkosten van circulair bouwen. Wel is duidelijk dat de reductie van meerkosten twee belangrijke oorzaken heeft: de opschaling van productie van circulaire onderdelen van gebouwen en de verlaging van faalkosten door betere ketensamenwerking. Specifieke focus op deze twee gebieden kan dan ook leiden tot verdere kostenverlagingen.

III Relatie tussen circulariteit en energieprestatie

De mate van circulariteit en de energieprestatie van een gebouw zijn met elkaar gerelateerd. Daarvoor is het belangrijk om de energieprestatie van een gebouw op te splitsen in de energieprestaties tijdens de levensduur en de *embodied energy* van de materialen in het gebouw.

Technisch is het realiseren van 'energieneutrale gebouwen' – gebouwen met een netto energiegebruik van nul tijdens de levensduur – goed mogelijk. Dit is in voldoende bouwprojecten eerder aangetoond. Omdat een circulair gebouw – met focus op toepassing en losmaakbaarheid van materialen – niet eerder technisch is aangetoond, is op dit moment niet te zeggen wat de energieprestatie van dit gebouw tijdens de levensduur gaat zijn.

Wel heeft een circulair gebouw invloed op de *embodied energy* – de energie die is opgeslagen in materialen, producten en elementen van een gebouw. Doordat deze onderdelen losmaakbaar zijn, is zowel tussentijdse reparatie als toekomstige toepassing na het einde van de levensduur van het gebouw eenvoudiger. Onderdelen worden langer gebruikt, waarmee de impact van de energie die het gekost heeft om deze onderdelen te maken, over de levensduur van het onderdeel afneemt.

IV Invloed van fiscale wet- en regelgeving op circulariteit

Circulair bouwen vraagt om andere verdienmodellen met andere prikkels voor partijen in de keten. Wanneer leveranciers financieel verbonden blijven aan de producten die zij leveren (middels lease, koop-terugkoop, of andere variant), hebben zij een prikkel om een product te ontwerpen voor een langere levensduur, en om producten zo samen te stellen dat materialen onderling losmaakbaar zijn zodat materialen opnieuw hergebruikt kunnen worden.

Wettelijk moet een leverancier een product op zijn balans laten staan, wanneer hij een toezegging doet voor terugkoop die boven de 10% van de oorspronkelijke verkoopprijs ligt. Dit heeft een negatieve fiscale impact, doordat er onder andere vermogensbelasting dient te worden betaald over de (markt)waarde van het product op dat moment. De Nederlandse Beroepsvereniging voor Accountants (NBA) kent dit probleem en heeft dit intern geagendeerd.

V Tijdsverschil tussen investeringen en baten

De impact van circulair bouwen op de bouw- en investeringskosten bevindt zich vooral aan het begin van de levensduur. Ondanks dat wellicht een deel van de baten zich al tijdens de levensduur manifesteert, waaronder meer gemak in reparaties, wordt het grootste gedeelte van de baten pas aan het einde van de levensduur zichtbaar: vaak meerdere decennia. Omdat de tussenliggende periode zo lang is, is de onzekerheid te groot om de baten financieel nu al hard zichtbaar te maken.

10. Waarom is één denkrichting nog geen oplossing?

"Omdat circulair bouwen vanuit de markt sterk in ontwikkeling is, bestaat er nog geen 'waarheid'."
Noor Huitema – Hellemans, Copper8

Circulair bouwen is relatief nieuw. Buiten een aantal koplopers wordt bij ambitieuze doelstellingen op dit gebied vaak direct in technische en/of financiële onmogelijkheden gedacht. Een visie op hoe circulair bouwen op lange termijn een bijdrage gaat leveren aan een duurzame economie en verdere ontwikkeling van de stad Amsterdam helpt om marktpartijen mee te krijgen de juiste richting op.

Wanneer de markt een kant op gaat, is de volgende reflex vaak om direct naar één technische oplossing toe te willen werken. Circulair bouwen volgens één definitie, met één focusgebied. Zo simpel is het helaas niet. De veelheid en diversiteit van afbakeningen van circulair bouwen maakt het onmogelijk om nu, zo vroeg in een veranderingsproces, één definitie vast te stellen.

De in dit onderzoek gestelde definitie is ook geen heilige graal. Het is een heldere afbakening die een denkrichting mee kan geven over wat circulair bouwen zou kunnen zijn. Door te durven focussen rond deze definitie bestaat de kans om dit in de praktijk te brengen, beperkingen te ontdekken, fouten te maken, en door te leren nieuwe stappen te zetten.

Ook cijfermatig is er nog geen uniforme meetmethodiek rondom circulariteit. Rijkswaterstaat en RIVM zijn samen bezig met het integreren van circulaire economie in hun LCA-methodiek, en ook de WBCSD geeft aan veel toegevoegde waarde te zien voor LCA's in het meten van circulariteit[xviii]. Een LCA kan veel zeggen over de *embodied energy* en de herkomst van materialen, maar niets over de toepassing. Ook LCA's zijn daarom naar ons idee op dit moment niet de uniforme waarheid.

Ook het model uit dit onderzoek is niet meer dan een versimpelde rekenmethodiek, die door alle betrokkenen in het bouwproces gebruikt kan worden om een score te geven aan de mate van circulariteit. Omdat het concept circulair bouwen vanuit de markt sterk in ontwikkeling is, lijkt het verstandig om nu een relatief simpele methodiek aan te reiken die een percentage circulariteit berekent. De uitkomsten van het model, die in dit rapport zijn opgenomen, zijn ook niet meer dan een momentopname met data van nu.

Dit model geeft daarmee een mogelijke denkrichting voor het bepalen van de mate van circulariteit. Uiteraard zijn, met andere afbakeningen van circulair bouwen, andere methoden voor het bepalen van de circulariteit van een gebouw mogelijk. Hierin bestaat op dit moment geen goed of fout. Dat is aan alle betrokkenen om, op basis van de bestaande denkrichtingen, in de komende periode samen te gaan ontwikkelen.

[xviii] WBCSD Materials (2016) *The Business Case for the Use of Life Cycle Metrics in Construction and Real Estate*

11. Over Copper8 & Alba Concepts

Alba Concepts en Copper8 hebben een gedeelde identiteit: we zijn bedrijven die het anders doen en een duurzamere wereld nastreven. Omdat het traditionele economische systeem onze maatschappij volgens ons niet meer verder gaat brengen, zetten wij in op samenwerking, vertrouwen, en nieuwe vormen van waarde. We doen dat met enthousiasme, kennis van zaken en met het geloof dat het anders kán.

Wij geloven dat een betere wereld begint bij het stellen van een betere vraag. Opdrachtgevers kunnen innovatie, duurzaamheid en circulaire economie veel sneller aanjagen door partijen te selecteren op basis van visie en ambitie, en vervolgens met hen samen die visie en ambitie vertalen naar specificaties voor het concrete project. En ook opdrachtnemers kunnen andere toeleveranciers selecteren om bestaande producten circulair te maken of nieuwe circulaire producten te ontwikkelen.

Wij willen samen met ambitieuze opdrachtgevers en opdrachtnemers projecten realiseren die vooraf niemand had verwacht. Hierin is voor een goede samenwerking met zowel de opdrachtgever als elkaar essentieel. Ons doel is om samen te laten zien dat het kan. Daarmee willen we niet alleen onze opdrachtgevers, maar ook de rest van de markt inspireren en uitdagen om de volgende stap te zetten.

Zowel Alba Concepts als Copper8 richten zich in hun advieswerk op de gebouwde omgeving. Alba Concepts richt zich primair op de financiële en rekenkundige kant van vastgoed. Hoe kan een project optimaal worden gerealiseerd? Welke creatieve mogelijkheden zijn er om een innovatieve uitvraag binnen beperkte financiële kaders te realiseren? Copper8 heeft een focus op het realiseren van samenwerkingen, onder andere door de begeleiding van aanbestedingstrajecten. Hoe organiseer je een proces dat leidt tot een voor iederéén succesvol resultaat? Welke vragen moet je daarvoor wanneer stellen en aan wie?

Wij merken uit onze praktijkervaring dat het realiseren van circulaire projecten meer vraagt dan het denken in technische oplossingen. Ook nieuwe vormen van samenwerking zijn nodig om te komen tot radicaal nieuwe oplossingen: er zijn geen partijen meer die alle kennis intern hebben. Daarnaast is een belangrijke rol weggelegd voor andere verdienmodellen, die helpen om de niet-financiële waarde van een project te borgen. Wij geloven dat alleen in samenspel tussen techniek, samenwerking en andere verdienmodellen een circulaire economie écht van de grond kan komen.

Bijlage I | Betrokken organisaties

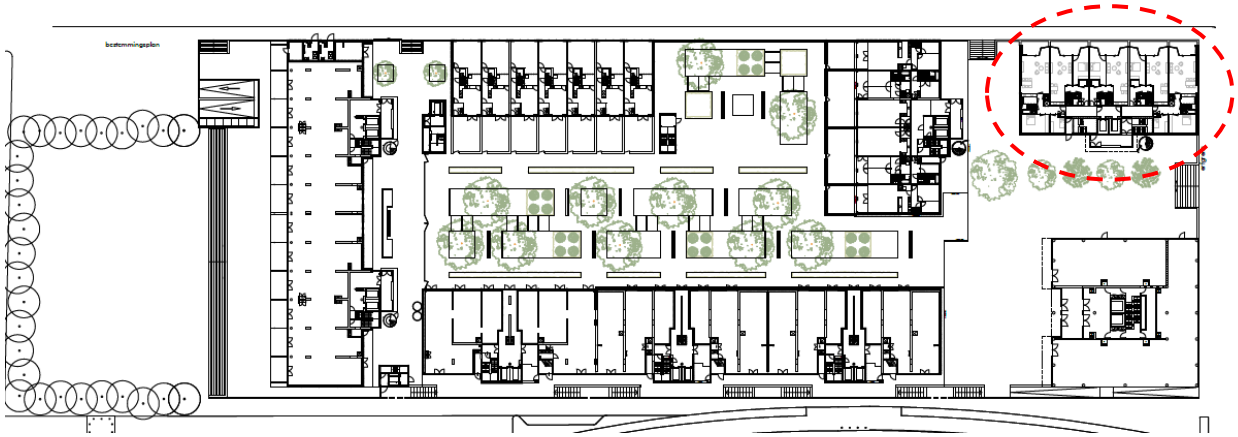
Bijlage II | Referentieproject appartementenbouw

Ten behoeve van het maken van een vergelijking tussen een traditioneel en circulair bouwproject wordt er gebruik gemaakt van een referentieproject bestaande uit een parkeerkelder met appartementen. Hierna worden de gebouwkarakteristieken, hoeveelheden en vormfactoren gegeven. Deze hebben gediend als basis voor de bouwkostenraming, zoals opgenomen in Bijlage III.

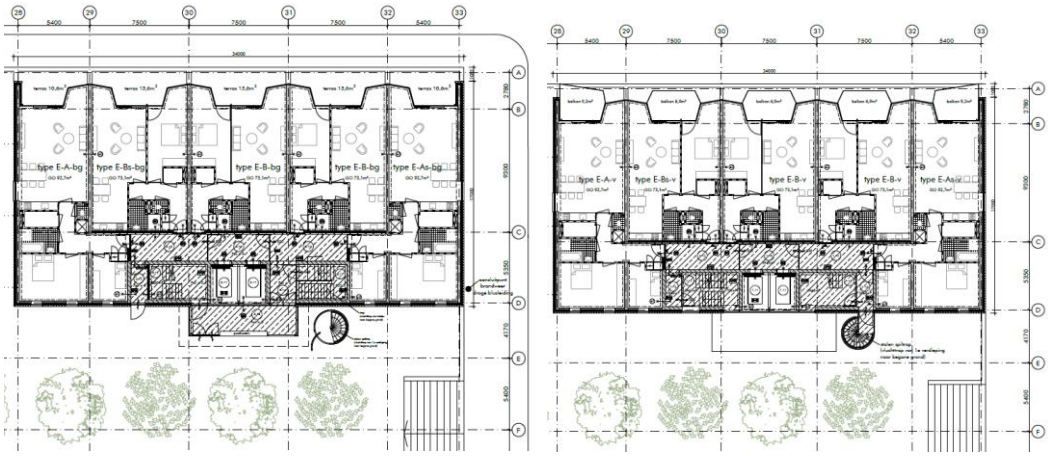
Hoeveelheden & vormfactoren referentieproject			
Hoeveelheden			
Aantal appartementen		70	st
Aantal bergingen		73	st
Bruto inhoud, kelder	(BI)	2.282	m3
Bruto inhoud, appartementen	(BI)	23.874	m3
Bruto vloeroppervlakte, kelder	(BVO)	764	m2
Bruto vloeroppervlakte, appartementen	(BVO)	7.575	m2
Totaal bruto vloeroppervlakte	(BVO)	8.339	m2
Gebruiksoppervlakte, appartementen	(GBO)	5.666	m2
Gevels, open		2.244	m2
Gevels, dicht		3.059	m2
Bruto geveloppervlakte	(BGO)	5.303	m2
Bruto dakoppervlakte	(BDO)	824	m2
Vrije verdiepingshoogte, appartementen		2,80	m1
Vormfactoren			
GBO / BVO, appartementen		0,75	
BGO / BVO, appartementen		0,70	
Gevel open / BGO		0,42	
Gevel open / dicht		0,73	
BDO / BVO		0,10	
BI / BVO, appartementen		3,15	

Overzicht met hoeveelheden en vormfactoren

Het referentieproject is gelegen te Amsterdam en vormt een onderdeel van een ensemble aan gebouwen. De plattegrond is weergegeven in figuur 1 en rood gestippeld is Blok E aangegeven, wat in dit onderzoek dient als referentieproject.

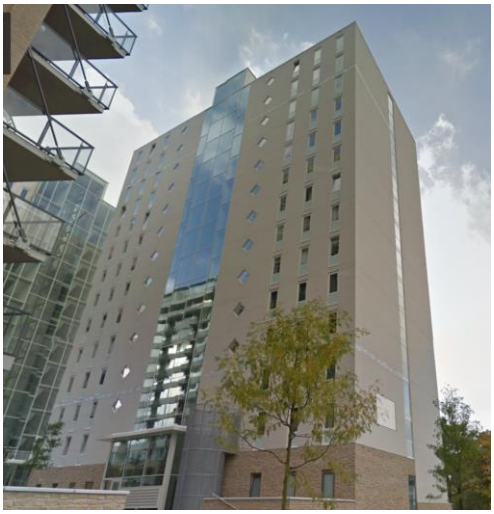


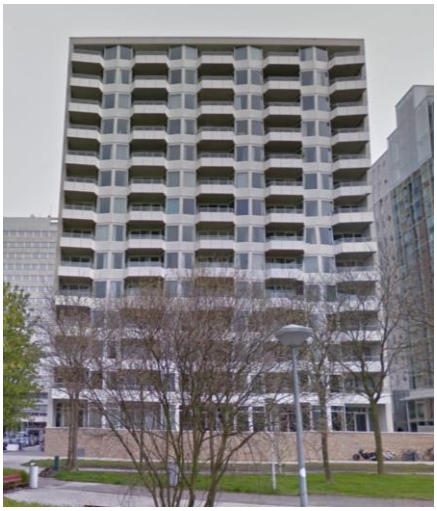
Hierna zijn nog een aantal plattegronden en doorsneden van bouwdeel E gegeven.



Plattegronden en doorsneden Blok E

Oost- en Westaanzicht van Blok E





Foto's van Oost- en Westaanzicht van Blok E

Bijlage III | Overzicht rekenwaardes losmaakbaarheid voor type verbinding (LI)

Losmaakbaarheid Index (LI)		
1. Type verbinding		
Droge verbindingen	Drogeverbinding	1,0
	Klikverbinding	1,0
	Klittenbandverbinding	1,0
	Magnetische verbinding	1,0
Verbindingen met toegevoegde verbindingselementen	Bout- en moerverbinding	0,8
	Veerverbinding	0,8
	Hoekverbindingen	0,8
	Schroefverbinding	0,8
Directe integrale verbindingen	Pin-verbindingen	0,6
	Spijkerverbinding	0,6
Zachte chemische verbinding	Kitverbinding	0,2
Harde chemische verbinding	Lijmverbinding	0,1
	Aanstortverbinding	0,1
	Lasverbinding	0,1
	Cementgebondenverbinding	0,1
	Cemische ankers	0,1
2. Toegankelijkheid verbinding		
Toegankelijk		1,0
Toegankelijk met extra handelingen die geen schade veroorzaken		0,8
Toegankelijk met extra handelingen met herstelbare schade		0,6
Toegankelijk met extra handelingen met veel schade		0,4
Niet toegankelijk – totale schade aan beide elementen		0,1

Losmaakbaaheidsindexen voor verschillende typen verbindingen

Bijlage IV | Specificatie gebouwelementen

STRUCTURE

2A. Fundering
A1. Grondwerk
A2. Damwanden
A3. Funderingspalen
A4. Funderingsbalken
A5. Keldervloeren
A6. Betonnen buitenwanden kelder
A7. Betonnen binnenwanden kelder
A8. Begane grondvloer / kelderdek
A9. Liftput
2B. Skelet
B1. Tunnelsysteem
B1a. Woningscheidende wanden prefabbeton
B1b. Kanaalplaatvloeren
B2. Prefab wanden
B3. Staal
B4. Betonnen trappen
B5. Stalen trappen
B6. Betonnen bordessen

SKIN

3A. Dakafwerking
A1. Dakbedekking
A1a. Leveren en aanbrengen PVC dakbedekking
A1b. Overige onderdelen (lood, noodoverstort, ballast, tegels)
A2. Dakranden/dakvalbeveiliging
A3. Dakbedekking bergingsdek & terrassen
A4. Dakrand bergingsdek & terrassen
A5. Inrichting daktuinen
3B. Gevelafwerking
B1. Gevelafwerking dicht (binnenspouwblad) [kzs]
B2. Gevelafwerking dicht (buitenspouwblad) [metselwerk]
B2a. Aankoop gevelmetselwerk StoneCycling
B2b. Verwerken gevelmetselwerk StoneCycling
B2c. Overige onderdelen (specie, profielen, ankers en voegwerk)
B3. Gevelafwerking dicht (buitenspouwblad) [moulons]
B4. Gevelafwerking dicht (buitenspouwblad) [rock panels]
B5. Gevelafwerking dicht (buitenspouwblad) [natuursteen]
B6. Isolatie
B6a. Aankoop isolatie
B6b. Verwerken isolatie
B7. Aluminium kozijnen
B7a. Leveren en monteren aluminium kozijnen
B7b. Overig (o.a. stelkozijnen, ankers, schilderwerk, kit)
B8. Vliesgevels
B8a. Leveren en monteren aluminium vliesgevels
B8b. Overig (o.a. stelkozijnen, ankers, schilderwerk, kit)
B9. Lateien
B10. Geveldragers
B11. Vensterbanken
B12. Waterslagen
B13. Steigerwerk
3C. Gallerijen en Balkons
C1. Balkons
C3. Ballustrades

SERVICES

4A. E-Installaties
A1. Elektra kelder
A2. Elektra appartementen
A3. PV-panelen
4B. W-Installaties
B1. Loodgieterswerk (incl. sanitair)
B2. Ventilatie
B3. Verwarming
4C. Transport
C1. Liften
C2. Gevelonderhoudsinstallatie
4D. Bouwkundige voorzieningen
D.1 Bouwkundige voorzieningen

5SPACE PLAN

5A. Binnenwanden
A1. Kalkzandsteenwanden vellingblokken bergingen
A2. Kalkzandsteenwanden vellingblokken bergingen
A3. Metalstud vrijstaande wanden
A4. Kalkzandsteenwanden schachten
A5. Metalstudwanden
5B. Binnenkozijnen
B1. Plaatstalen montage kozijnen bergingen
B2. Houten binnenkozijnen woningtoegangsdeuren
B3. Profielstalen binnenkozijnen algemene ruimten
B4. Plaatstalen montagekozijnen enkeldeurs
B5. Plaatstalen montagekozijnen dubbeldeurs
5C. Binnendeuren
C1. Stompe binnendeuren bergingen
C2. Stompe binnendeuren woning toegangsdeuren
C3. Enkeldeurs
C4. Dubbeldeurs
C5. Binnendorpels
5D. Wandafwerking
D1. Spuitklaar maken wanden
D2. Spuitpleisterwerk op wanden
D3. Behangklaar maken
D4. Wandtegelwerk
D5. Tegelwerk algemeen
D6. Spuitwerk op wanden
5E. Vloerafwerking
E1. Anhydriet algemene ruimten
E2. Natuursteen vloerafwerking algemene ruimten
E3. Zachte vloerbedekking algemene ruimten
E4. Zwevende dekvloer anhydriet
E5. Vloertegelwerk
5F. Plafondafwerking
F1. Spuitwerk op plafonds algemene ruimten
F2. Spuitwerk op plafonds
5G. Balustrades en leuningen
G1. Spijlenhekwerk
G2. Leuningen
5H. Binneninrichting
H1. Keukens
H2. Meterkasten
H3. Huisnummerbordjes
H4. Postkasten

Bijlage V | Specificatie bouwkosten

Kostensoorten		VARIANT 1 Traditioneel		VARIANT 2 Gemiddeld circulair		VARIANT 3 Hoog circulair
Directe bouwkosten		€ 5.980.000		€ 6.450.000		€ 6.720.000
Opslagen:						
Algemene Uitvoeringskosten (AUK)	12,00%	€ 720.000	13,00%	€ 840.000	14,00%	€ 940.000
Algemene kosten	7,00%	€ 470.000	7,00%	€ 510.000	7,00%	€ 530.000
Winst & Risico	3,00%	€ 220.000	3,00%	€ 230.000	3,00%	€ 250.000
CAR verzekering	0,35%	€ 30.000	0,35%	€ 30.000	0,35%	€ 30.000
Prijsstijgingen tot start bouw	2,00%	€ 150.000	2,00%	€ 160.000	2,00%	€ 170.000
Prijsstijgingen tijdens de bouw	2,00%	€ 150.000	2,00%	€ 160.000	2,00%	€ 170.000
Bouwkosten		€ 7.720.000		€ 8.380.000		€ 8.810.000
Bijkomende kosten		€ 410.000		€ 440.000		€ 460.000
Directiekosten		€ 730.000		€ 1.050.000		€ 1.230.000
Rentekosten		€ 620.000		€ 710.000		€ 770.000
Onvoorzien		€ -		€ 260.000		€ 500.000
Startkosten		€ 60.000		€ 60.000		€ 60.000
Diverse kosten		€ 250.000		€ 270.000		€ 280.000
Ontwikkelingskosten		€ 890.000		€ 1.030.000		€ 1.110.000
Investeringskosten (excl. BTW)		€ 10.680.000		€ 12.200.000		€ 13.220.000
Investeringskosten per m2 bvo (excl. BTW)		*€ 1.281*		*€ 1.463*		*€ 1.585*
Investeringskosten (incl. BTW)		€ 12.930.000		€ 14.760.000		€ 15.990.000

De bouw- en investeringskosten van de varianten, uitgesplitst naar de verschillende kostenonderdelen.

Bijlage VI | Toelichting bijgevoegde rapportage

Bij dit rapport hoort nog een aanvullende rapportage. In deze aanvullende rapportage zijn alle berekeningen en specificaties opgenomen.

De blauwgekleurde regels in deze rapportage zijn elementen waarin circulaire varianten zijn opgenomen, ten opzichte van traditionele. Een aantal andere belangrijke zaken om te benoemen bij het opstellen van het rekenmodel:

- In alle drie varianten is een in beton gestorte kelderbak meegenomen, omdat er vooralsnog geen technisch alternatief voor handen is. Er is bij de draagstructuur wel gevarieerd op de mate van toevoeging meng-/puingranulaat, welke zich vertaalt in de herkomst van materialen.
- Geen van de varianten is getoetst op constructief ontwerp.
- De toegepaste appartementenvloer van VBI in de *hoog circulaire* variant is in de praktijk vooralsnog toepasbaar bij gestapelde bouw tot negen bouwlagen.
- Het toepassen van een modulaire systeem, zoals ClickBrick®, brengt volgens de leverancier vooralsnog geen versnelling in het verwerkingsproces teweeg.
- Bij de *hoog circulaire* variant zijn in sommige gevallen producten komen te vervallen door materiaalkeuze (bijvoorbeeld systeemwand hoeft geen spuitwerk en tegelwerk);
- De keuze voor werktuigbouwkundige installaties is benaderd vanuit de materialisatie en niet vanuit energetisch oogpunt.