

Circulair bouwen: De Stapel

LCA-vergelijking tussen een beton en hybride structuur

16 juni 2023



Contactpersoon

BRITT VAN DAMME
Junior Energy Engineer

M +32 (0)485 16 41 26
E britt.vandamme@arcadis.com

Arcadis Belgium nv
Markiesstraat 1
1000 Brussel
België

JORDI DE SMET
Consultant

M +32 (0)485 70 49 44
E jordi.desmet@arcadis.com

Arcadis Belgium nv
Gaston Crommenlaan 8
bus 101
9000 Gent
België

Inhoudsopgave

1	Scope en plan van aanpak	5
1.1	Quick scan	5
2	Materiaalanalyse	6
2.1	Betonstructuur	7
2.2	Hybridestructuur	8
2.3	Materiaalmapping – keuze EPD's	9
3	Resultaten	14
3.1	Baseline: Betonstructuur	14
3.2	Hybridestructuur	17
4	Vergelijking en conclusie	20
4.1	Globale vergelijking	20
4.2	Detailvergelijking op elementniveau:	21

Tabellen

Tabel 1:	EPD's beton- en hybridestructuur	13
Tabel 2:	Betonstructuur: Totalen	14
Tabel 3:	Betonstructuur: LCA-stages	14
Tabel 4:	Betonstructuur: Global warming per construction element – gekleurde cellen geven per kolom de 3 sterkst bijdragende categorieën weer	15
Tabel 5:	Betonstructuur: Global Warming per category	16
Tabel 6:	Hybridestructuur: Totalen	17
Tabel 7:	Hybridestructuur: LCA-stages	17
Tabel 8:	Hybridestructuur: Global warming per construction element – gekleurde cellen geven per kolom de 3 sterkst bijdragende categorieën weer	18
Tabel 9:	Hybridestructuur: Global warming per category	19

Figuren

Figuur 2: Betonstructuur Global warming per LCA-fase	14
Figuur 3: Betonstructuur: Most contributing materials [A1-A3]	14
Figuur 4: Hybridestructuur: Global warming per LCA-fase	17
Figuur 5: Hybridestructuur: Most contributing materials [A1-A3]	17

Colofon	24
----------------	-----------

1 Scope en plan van aanpak

De Stapel heeft als doel een verticaal, gemengd bedrijfsgebouw te ontwerpen waarin voornamelijk gestapelde productie- en werkateliers zullen worden gevestigd. Er wordt gestreefd om dit ontwerp zo circulair en zo duurzaam mogelijk te maken.

Binnen deze haalbaarheidsstudie en opmaak van een blauwdruk vraagt Leiedal aan Arcadis om een vergelijkende studie op te maken naar de CO₂-impact van de gemaakte constructiekeuzes voor De Stapel.

De hieronder gerapporteerde analyse beperkt zich tot gebouw C, ook wel “De Automaat” genoemd. Voor dit gebouw vergelijken we twee verschillende constructiemethoden:

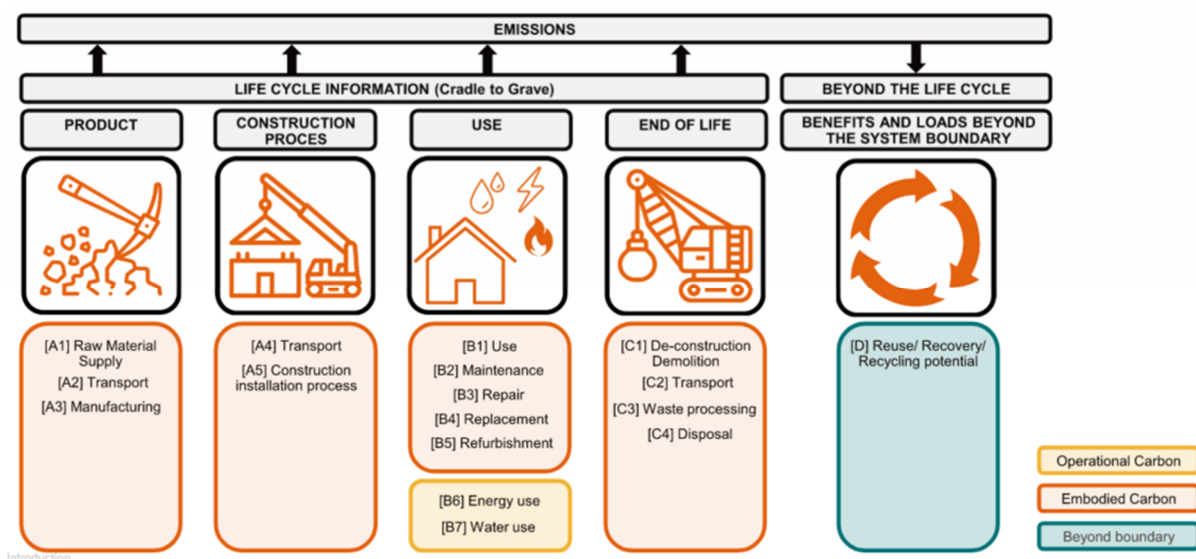
- Enerzijds berekenen we wat de CO₂-uitstoot van gebouw C zal zijn, gedurende de hele levensperiode, als het gebouw volledig in beton zou vervaardigd worden. In dit scenario gaan we ook uit van een standaard materialenkeuze (= baseline-scenario > betonconstructie)
- Anderzijds berekend we de impact op de CO₂-uitstoot indien we voor een combinatie van de constructiematerialen kiezen (hybride constructie beton/hout). In dit scenario nemen we ook de impact mee van materiaalkeuze die het aandeel biobased maximaliseert (= geoptimaliseerd scenario > hybridestructuur)

1.1 Quick scan

We hebben binnen Arcadis een **CO₂-quickscan tool** ontwikkeld die toelaat om een snelle maar hoogwaardige analyse te maken van het CO₂-budget van een project op basis van eenvoudige input (gebouwtype, vloeroppervlakte, aantal verdiepingen en bouwwijze). Onze tool maakt gebruik van een ingenieuze set vormfactoren waarmee we deze gebouwparameters omzetten naar schildelen (m² - bijvoorbeeld schrijnwerk, glas, gevels, dak, vloer...) en bouwelementen (m³ - bijvoorbeeld kolommen en balken). Aan deze elementen koppelen we materiaalsamenstellingen en CO₂-indicatoren, waardoor we al heel vroeg in het ontwerptraject een basis CO₂-budget kunnen berekenen (TonCO₂-totaal of kgCO₂/m²).

Deze tool maakt eenvoudig vergelijking mogelijk van bouwwijzen / materiaalkeuzes in hele vroege projectfasen, zonder dat hiervoor al gedetailleerde bouwplannen en aanbestedingsdossiers beschikbaar zijn. Deze aanpak laat ook toe tegen een beperkte studiekost al over een onderbouwde CO₂-balans te kunnen beschikken.

Ondanks de eenvoud van invoer neemt onze CO₂-quickscan alle fases uit de LCA-methodiek zoals gedefinieerd in de EN 15978 – LCA normering voor bouwprojecten in beschouwing, maar focust hierbij wel enkel op CO₂ als milieuparameter. De overige milieuparameters worden buiten beschouwing gelaten.



2 Materiaalanalyse

In dit rapport maken we een vergelijking tussen een gebouw met een betonstructuur en een identiek gebouw met een hybridestructuur bestaande uit een combinatie van hout en beton, en dit toegepast op het gebouw C uit de Blauwdruk van De Stapel (= 'Automaat').

Dit doen we door middel van een Life Cycle Assessment (LCA). Het doel van de LCA is om de uitstoot van beide bouwmethoden gedurende hun hele levenscyclus te beoordelen. Dit geeft inzicht in de totale impact van de constructies, inclusief de ontginning van grondstoffen, transport, productie, gebruiksfase en eventuele sloop of recycling. Daarnaast wordt er ook gekeken naar de biogenic carbon storage. Dit verwijst naar het vermogen van bepaalde materialen, zoals hout en andere biologische materialen, om koolstof uit de atmosfeer op te slaan gedurende hun levenscyclus. De levensduur van het gebouw wordt in deze analyse als **50 jaar** beschouwd. Met de keuze voor 50 jaar volgen we de aanbevelingen op conform LEVEL(S) (= Europees kader voor duurzaamheidsanalyses van gebouwen).

Voor een snelle, maar toch gedetailleerde beoordeling maken we gebruik van de Quick Scan Carbon Estimator. Deze tool, ontwikkeld door Arcadis BE, maakt het mogelijk om emissies te berekenen aan de hand van enkele handmatig ingevoerde parameters en vooraf gedefinieerde vormfactoren, gedurende de levensjaren van het project.

Bij het uitvoeren van de berekeningen gebruiken we EPD's (Environmental Product Declarations). Dit zijn product specifieke documenten waarin de uitstoot per LCA-fase wordt beschreven. Aangezien het resultaat sterk afhankelijk is van de ingevoerde EPD's, is het belangrijk om deze altijd te vermelden.

Tabel 1 maakt een vergelijking tussen de EPD's die gebruikt werden voor de betonstructuur en deze van de hybridestructuur. Zo wordt er een transparant resultaat verkregen.

De volgende gebouwelementen worden in de analyse meegenomen:

- Foundation
- Cleanliness layer
- Ground slabs
- Ground slab insulation
- Floor slabs
- Columns
- Beams
- Load bearing walls
- Staircases
- Underground walls
- External walls
- External wall insulation
- Outer leaf Cladding
- Windows
- External doors
- Roof slab
- Roof slab insulation
- Roof covering
- Internal walls
- Ceiling finishes
- Technology
- PV-system

2.1 Betonstructuur

Energieverbruik

- Elektrisch: 65 W/m² (groene stroom)
- Gas: 0 kWh/m²
- Water 0,3 m³/m²

Dak

- Ready mix concrete C30/37 (10% recycled binders)
- Reinforcement steel (rebar) (90% recycled content)
- Hollow core concrete slab C30/37 (0% recycled binders)
- Plastic vapour control layer
- Glass wool insulation (150mm; λ 0,031 W/mK)
- Bitumen sheets

Ramen

- Double glazed
- Aluminium frame

Kantoren

- Structural steel (60% recycled content)
- Glaswol isolatie (150mm; λ 0,031 W/mK)
- Plasterboard

Buitenschil

- Ready mix concrete C30/37 (10% recycled binders)
- Reinforcement steel (rebar) (90% recycled content)
- PIR insulation panels (100mm; λ 0,022 W/mK)
- Interior : plasterboard + paint

Vloer

- Self leveling mortar
- Ready mix concrete C30/37 (10% recycled binders)
- Reinforcement steel (rebar) (90% recycled content)
- Kanaalplaatvloer C30/37 (0% recycled binders)

Fundering: paalfundering

- Ready mix concrete C30/37 (10% recycled binders)
- Reinforcement steel (rebar) (90% recycled content)
- Sand cleanliness layer

Gelijkvloers

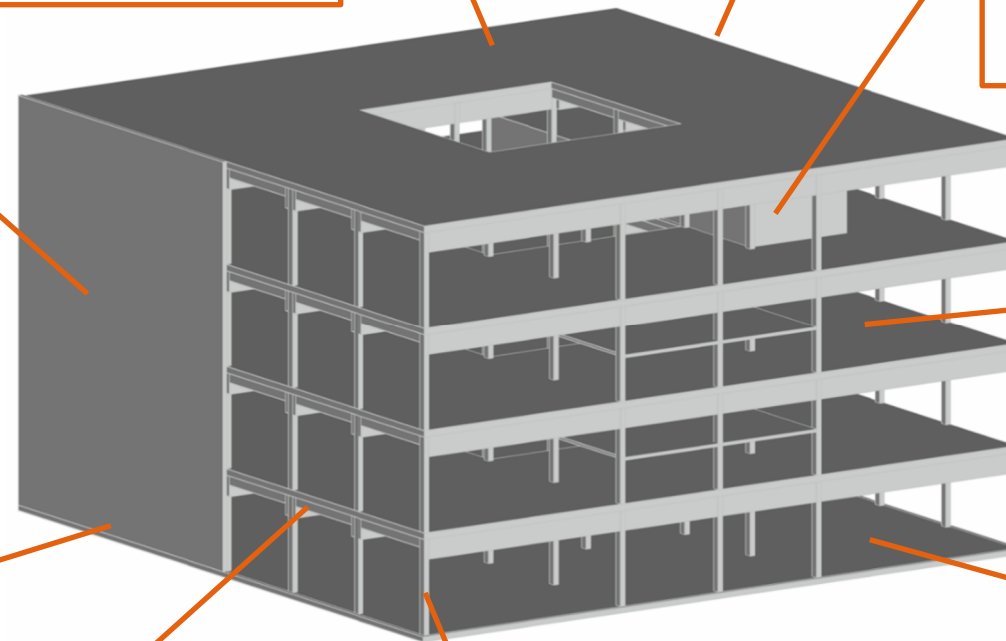
- Self leveling mortar
- Ready mix concrete C30/37 (10% recycled binders)
- Reinforcement steel (rebar) (90% recycled content)
- Plastic vapour control layer
- PIR insulation (120mm; λ 0,024 W/mK)

Balken

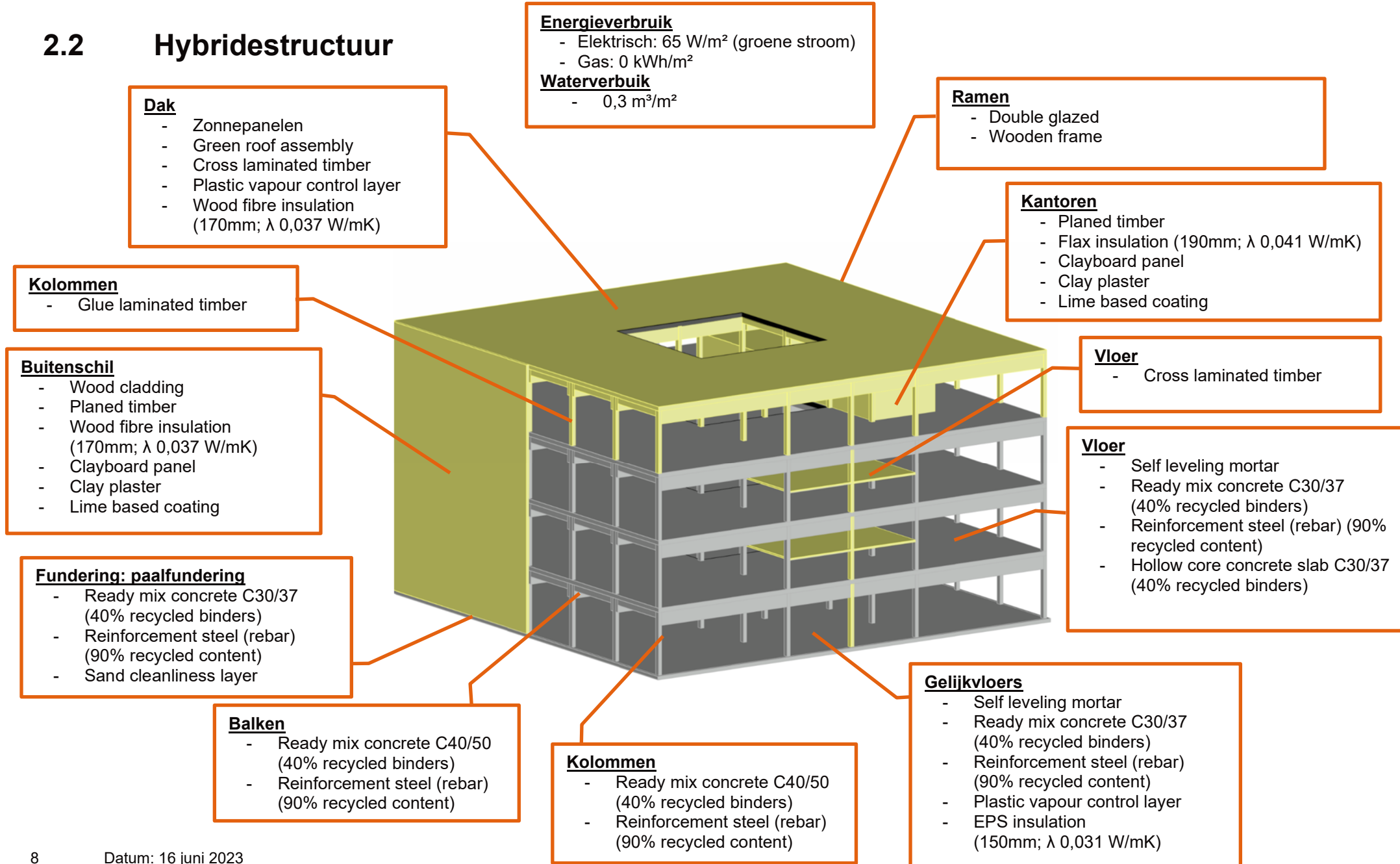
- Ready mix concrete C40/50 (10% recycled binders)
- Reinforcement steel (rebar) (90% recycled content)

Kolommen

- Ready mix concrete C40/50 (10% recycled binders)
- Reinforcement steel (rebar) (90% recycled content)



2.2 Hybridestructuur



2.3 Materiaalmapping – keuze EPD's

Category	EPD's betonstructuur (BeS)	EPD's hybridestructuur: hout - beton (HyS)
Foundation	Ready-mix concrete, normal-strength, generic, C30/37 (4400/5400 PSI), 10% (typical) recycled binders in cement (300 kg/m ³ / 18.72 lbs/ft ³)	Ready-mix concrete, normal-strength, generic, C30/37 (4400/5400 PSI), 40% recycled binders in cement (300 kg/m ³ / 18.72 lbs/ft ³)
	Reinforcement steel (rebar), generic, 90% recycled content, A615	Reinforcement steel (rebar), generic, 90% recycled content, A615
Cleanliness layer	Sand, compacted wet density, 2082 kg/m ³	Sand, compacted wet density, 2082 kg/m ³
Ground slabs	Ready-mix concrete, normal-strength, generic, C30/37 (4400/5400 PSI), 10% (typical) recycled binders in cement (300 kg/m ³ / 18.72 lbs/ft ³)	Ready-mix concrete, normal-strength, generic, C30/37 (4400/5400 PSI), 40% recycled binders in cement (300 kg/m ³ / 18.72 lbs/ft ³)
	Reinforcement steel (rebar), generic, 90% recycled content, A615	Reinforcement steel (rebar), generic, 90% recycled content, A615
	Plastic vapour control layer, 0.2 mm (Tommen Gram)	Plastic vapour control layer, 0.2 mm (Tommen Gram)
	Self levelling mortar, for floors, walls and overhead appl., 3-50 mm, 1400 kg/m ³ , Pericret (PCI Augsburg)	Self levelling mortar, for floors, walls and overhead appl., 3-50 mm, 1400 kg/m ³ , Pericret (PCI Augsburg)
Ground slab insulation	High-density PIR insulation, L = 0.024 W/mK, 250 kg/m ³	EPS Insulation , T: 10-2400 mm, 600 x 1200 mm, 0.031 W/m ² K, 16 kg/m ³ (EPS-gruppen)
Floor slabs	Hollow core concrete slabs, generic, C30/37 (4400/5400 PSI), 0% (typical) recycled binders in cement (300 kg/m ³ / 18.72 lbs/ft ³), incl. reinforcement	Hollow core concrete slabs, generic, C30/37 (4400/5400 PSI), 40% recycled binders in cement (300 kg/m ³ / 18.72 lbs/ft ³), incl. reinforcement
	Ready-mix concrete, normal-strength, generic, C30/37 (4400/5400 PSI), 10% (typical) recycled binders in cement (300 kg/m ³ / 18.72 lbs/ft ³)	Ready-mix concrete, normal-strength, generic, C30/37 (4400/5400 PSI), 40% recycled binders in cement (300 kg/m ³ / 18.72 lbs/ft ³)
	Reinforcement steel (rebar), generic, 90% recycled content, A615	Reinforcement steel (rebar), generic, 90% recycled content, A615
	Self levelling mortar, for floors, walls and overhead appl., 3-50 mm, 1400 kg/m ³ , Pericret (PCI Augsburg)	Self levelling mortar, for floors, walls and overhead appl., 3-50 mm, 1400 kg/m ³ , Pericret (PCI Augsburg)
		Cross laminated timber (CLT) , pine or spruce, C24, 470 kg/m ³ , moisture 12 ± 2% (Stora Enso)

Category	EPD's betonstructuur (BeS)	EPD's hybridestructuur: hout - beton (HyS)
Columns	Ready-mix concrete, normal-strength, generic, C40/50 (5800/7300 PSI), 10% (typical) recycled binders in cement (400 kg/m ³ / 24.97 lbs/ft ³)	Ready-mix concrete, normal-strength, generic, C40/50, C40/50 (5800/7300 PSI), 40% recycled binders in cement (400 kg/m ³ / 24.97 lbs/ft ³)
	Reinforcement steel (rebar), generic, 90% recycled content, A615	Reinforcement steel (rebar), generic, 90% recycled content, A615 Glue laminated timber , 500.33 kg/m ³ , 10.61% moisture content, Duobalken, Triobalken (Konstruktionsvollholz e.V.)
Beams	Ready-mix concrete, normal-strength, generic, C40/50 (5800/7300 PSI), 10% (typical) recycled binders in cement (400 kg/m ³ / 24.97 lbs/ft ³)	Ready-mix concrete, normal-strength, generic, C40/50, C40/50 (5800/7300 PSI), 40% recycled binders in cement (400 kg/m ³ / 24.97 lbs/ft ³)
	Reinforcement steel (rebar), generic, 90% recycled content, A615	Reinforcement steel (rebar), generic, 90% recycled content, A615
Load bearing walls	Ready-mix concrete, normal-strength, generic, C30/37 (4400/5400 PSI), 10% (typical) recycled binders in cement (300 kg/m ³ / 18.72 lbs/ft ³)	Ready-mix concrete, normal-strength, generic, C30/37 (4400/5400 PSI), 40% recycled binders in cement (300 kg/m ³ / 18.72 lbs/ft ³)
	Reinforcement steel (rebar), generic, 90% recycled content, A615	Reinforcement steel (rebar), generic, 90% recycled content, A615
Staircases	Ready-mix concrete, normal-strength, generic, C30/37 (4400/5400 PSI), 10% (typical) recycled binders in cement (300 kg/m ³ / 18.72 lbs/ft ³)	Ready-mix concrete, normal-strength, generic, C30/37 (4400/5400 PSI), 40% recycled binders in cement (300 kg/m ³ / 18.72 lbs/ft ³)
	Reinforcement steel (rebar), generic, 90% recycled content, A615	Reinforcement steel (rebar), generic, 90% recycled content, A615
Underground walls	Bitumen-polymer membrane roofing, 2 layer, fully torched (EWA)	Bitumen-polymer membrane roofing, 2 layer, fully torched (EWA)
	Ready-mix concrete, normal-strength, generic, C30/37 (4400/5400 PSI), 10% (typical) recycled binders in cement (300 kg/m ³ / 18.72 lbs/ft ³)	Ready-mix concrete, normal-strength, generic, C30/37 (4400/5400 PSI), 40% recycled binders in cement (300 kg/m ³ / 18.72 lbs/ft ³)
	EPS Insulation, T: 10-2400 mm, 600 x 1200 mm, 0.031 W/m ² K, 16 kg/m ³ (EPS-gruppen)	EPS Insulation, T: 10-2400 mm, 600 x 1200 mm, 0.031 W/m ² K, 16 kg/m ³ (EPS-gruppen)
	Reinforcement steel (rebar), generic, 90% recycled content, A615	Reinforcement steel (rebar), generic, 90% recycled content, A615

Category	EPD's betonstructuur (BeS)	EPD's hybridestructuur: hout - beton (HyS)
External walls	Ready-mix concrete, normal-strength, generic, C30/37 (4400/5400 PSI), 10% (typical) recycled binders in cement (300 kg/m ³ / 18.72 lbs/ft ³)	Planed timber , conifer (Treindustrien)
	Reinforcement steel (rebar), generic, 90% recycled content, A615	Clayboard panel , fibrous, 20 mm, 14 kg/m ² , 700 kg/m ³
	Gypsum plaster board, regular, generic, 6.5-25 mm (0.25-0.98 in), 10.725 kg/m ² (2.20 lbs/ft ²) (for 12.5 mm/0.49 in), 858 kg/m ³ (53.6 lbs/ft ³)	Clay plaster for interior use, with bio-based fiber, ready to use, biogenic CO ₂ not subtracted (for CML), 1 mm, 1.4 kg/m ² , 1400 kg/m ³ (ASTERRE)
	Water-borne interior paints, 1.36 kg/L, average coverage 8-10 m ² /L, Biora, Ekora, Kolibri Sand, Paneelikattomaali, Ranch, Superlateksi, Tapettipohjamaali, Teknospro, Tela, Timantti, Trend (Teknos)	Coating based on lime , 0.2 kg/m ² , Limewash (Armourcoat Ltd)
External wall insulation	PIR (polyisocyanurate foam) insulation panels, unfaced, generic, L = 0.022 W/mK, R = 4.55 m ² K/W (26.7 ft ² °Fh/BTU), 100 mm (3.94 in), 45 kg/m ³ (2.81 lbs/ft ³), Lambda=0.022 W/(m.K)	Wood fibre insulation boards , biogenic CO ₂ not subtracted (for CML), L=0.037 W/mK, R=2.68 m ² K/W, 100 mm, 5.2 kg/m ² , 52 kg/m ³ , Lambda=0.037 W/(m.K), STEICO flex F 036 STEICO flex F 038 (STEICO SE)
Outer leaf Cladding	Ready-mix concrete, normal-strength, generic, C30/37 (4400/5400 PSI), 10% (typical) recycled binders in cement (300 kg/m ³ / 18.72 lbs/ft ³)	Treated wooden cladding , generic, 15-40 mm (0.59-1.57 in), 9.75 kg/m ² (1.99 lbs/ft ²)(for 15 mm/0.59 in), 525 kg/m ³ (32.8 lbs/ft ³), min. G4-1
	Reinforcement steel (rebar), generic, 90% recycled content, A615	
Windows	Aluminium frame window, 24.27 kg/m ² , 2.3 m ² /unit (Organisation professionnelle représentative des concepteurs, fabricants et installateurs de menuiseries extérieures en profilés aluminium)	Wooden frame window , double glazed, biogenic CO ₂ not subtracted (for CML), 29.2 kg/m ² (RICHE MENUISERIE)
External doors	Multifunctional steel door, product group 1, 1000mm x 2125 mm, H 3 D, H 3 OD, H 3 VM, H 3 KT, RS 55, D 65 OD, D 65 (Hörmann)	Multifunctional steel door, product group 1, 1000mm x 2125 mm, H 3 D, H 3 OD, H 3 VM, H 3 KT, RS 55, D 65 OD, D 65 (Hörmann)
Roof slab	Hollow core concrete slabs, generic, C30/37 (4400/5400 PSI), 0% (typical) recycled binders in cement (300 kg/m ³ / 18.72 lbs/ft ³), incl. reinforcement	Solid Timber Panels (Cross-Laminated Timber, CLT) (Stora Enso)
	Plastic vapour control layer, 0.2 mm (Tommen Gram)	Plastic vapour control layer, 0.2 mm (Tommen Gram)
	Ready-mix concrete, normal-strength, generic, C30/37 (4400/5400 PSI), 10% (typical) recycled binders in cement (300 kg/m ³ / 18.72 lbs/ft ³)	
	Reinforcement steel (rebar), generic, 90% recycled content, A615	

Category	EPD's betonstructuur (BeS)	EPD's hybridestructuur: hout - beton (HyS)
Roof slab insulation	Glass wool insulation panels, unfaced, generic, L = 0.031 W/mK, R = 3.23 m ² K/W (18 ft ² Fh/BTU), 25 kg/m ³ (1.56 lbs/ft ³), (applicable for densities: 0-25 kg/m ³ (0-1.56 lbs/ft ³)), Lambda=0.031 W/(m.K)	Wood fibre insulation boards, biogenic CO ₂ not subtracted (for CML), L=0.037 W/mK, R=2.68 m ² K/W, 100 mm, 5.2 kg/m ² , 52 kg/m ³ , Lambda=0.037 W/(m.K), STEICO flex F 036 STEICO flex F 038 (STEICO SE)
Roof covering	Bitumen sheets for waterproofing of roofs, French average, ép. 2,5 mm par couche, DONNEE PAR DEFAUT (DED)	Polypropylene vapour membrane, French average, 0.18 kg/m ² (MDEGD)
		Bituminous waterproofing system - Single layer, 5.44 kg/m ² , AXTER, DERBIGUM, MEPLÉ, SIPLAST-ICOPAL, SOPREMA (Chambre Syndicale Française de l'Étanchéité)
		Drainage floor underlay from EPS, ép.25 mm, DONNEE PAR DEFAUT (DED)
		Geotextile from polypropylene, 300 g/m ² (MDEGD)
Internal walls	Structural steel profiles, generic, 60% recycled content, I, H, U, L, and T sections, S235, S275 and S355	Planed timber , conifer (Treindustrien)
	Glass wool insulation panels, unfaced, generic, L = 0.031 W/mK, R = 3.23 m ² K/W (18 ft ² Fh/BTU), 25 kg/m ³ (1.56 lbs/ft ³), (applicable for densities: 0-25 kg/m ³ (0-1.56 lbs/ft ³)), Lambda=0.031 W/(m.K)	Flax insulation slabs, for wall application, L = 0.041 W/mK, R=1.22 m ² K/W, 50 mm, 1.6 kg/m ² , 31 kg/m ³
	Gypsum plaster board, regular, generic, 6.5-25 mm (0.25-0.98 in), 10.725 kg/m ² (2.20 lbs/ft ²) (for 12.5 mm/0.49 in), 858 kg/m ³ (53.6 lbs/ft ³)	Clay plaster for interior use, with bio-based fiber, ready to use, biogenic CO ₂ not subtracted (for CML), 1 mm, 1.4 kg/m ² , 1400 kg/m ³ (ASTERRE)
Ceiling finishes	Water-borne interior paints, 1.36 kg/L, average coverage 8-10 m ² /L, Biora, Ekora, Kolibri Sand, Paneelikattomaali, Ranch, Superlateksi, Tapettipohjamaali, Teknospro, Tela, Timantti, Trend (Teknos)	Clayboard panel , fibrous, 20 mm, 14 kg/m ² , 700 kg/m ³
	Galvanized steel suspended ceiling panels for interior use, 64 mm, 10.80 kg/m ² , SAPP Ceiling (Interalu NV)	Galvanized steel suspended ceiling panels for interior use, 64 mm, 10.80 kg/m ² , SAPP Ceiling (Interalu NV)

Category	EPD's betonstructuur (BeS)	EPD's hybridestructuur: hout - beton (HyS)
Technology	Air/water heat pump for collective housing/tertiary buildings, heating only, 319 kg/unit, P=40-60 kW, DONNEE PAR DEF AUT (DED)	Air/water heat pump for collective housing/tertiary buildings, heating only, 319 kg/unit, P=40-60 kW, DONNEE PAR DEF AUT (DED)
	Ventilation system for office and care buildings, per m2 GFA	Ventilation system for office and care buildings, per m2 GFA
	LED office lighting, 5.95 kg/unit	LED office lighting, 5.95 kg/unit
	Heat distribution system (water heat distribution) for office and care buildings, per m2 GFA	Heat distribution system (water heat distribution) for office and care buildings, per m2 GFA
	Electricity distribution system, cabling and central, for all building types, per m2 GFA	Electricity distribution system, cabling and central, for all building types, per m2 GFA
PV system	Photovoltaic polycrystalline panel, per m2, 14.5 kg/m2, 210 Wp (One Click LCA)	Photovoltaic polycrystalline panel, per m2, 14.5 kg/m2, 210 Wp (One Click LCA)

Tabel 1: EPD's beton- en hybridestructuur

3 Resultaten

In dit hoofdstuk bespreken we de input die in vorige hoofdstukken werd gebruikt om een resultaat te bekomen. Deze resultaten analyseren we in de volgende paragrafen.

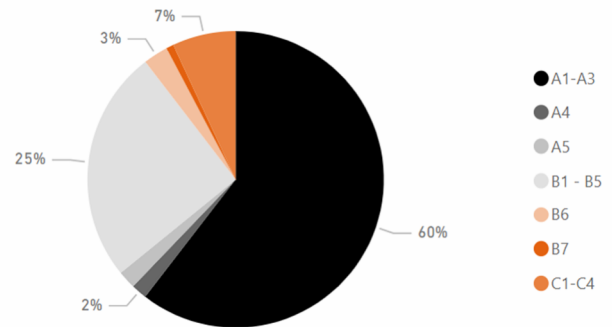
3.1 Baseline: Betonstructuur

Gebouw C, ook wel bekend als de "automaat", zal gedurende zijn hele levenscyclus verantwoordelijk zijn geweest voor een uitstoot van 6.526 ton CO_{2e}, wat overeenkomt met 11,2 kgCO_{2e}/m²/jaar. Bij de vervaardiging van dit gebouw wordt geen gebruik gemaakt van materialen die het vermogen hebben om koolstof op te nemen, wat resulteert in een afwezigheid van biogene koolstofopslag. De gebruikte materialen en opbouw van het gebouw geven we mee in hoofdstuk 2 en 1.

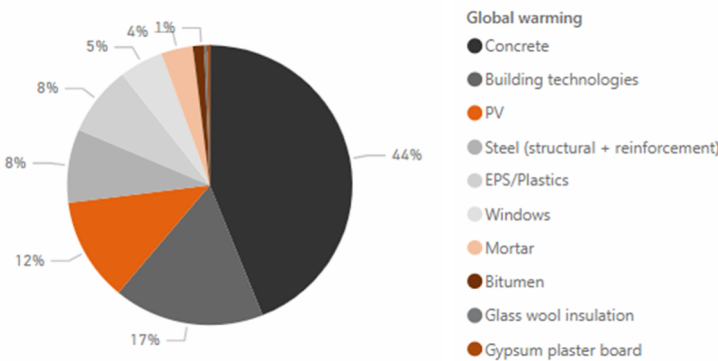
Global Warming		Biogenic carbon storage	
6.526 ton CO_{2e}	11,2 kgCO_{2e}/m²/jaar	0 ton CO_{2e}	0 kgCO_{2e}/m²/jaar

Tabel 2: Betonstructuur: Totalen

De resultaten kunnen verder opgedeeld worden per LCA-fase. Dit wordt afgebeeld in Figuur 1. Hieruit kan afgeleid worden dat de fase [A1-A3] "construction materials" het grootste aandeel op zich neemt. Daarnaast speelt ook de fase [B1-B5] "replacements and refurbishments" een bepalende rol. Dit komt doordat ook de MEP (Mechanical, Electrical, Plumbing) wordt meegenomen in de berekening, waarbij theoretische vervangingen worden voorzien.



Figuur 1: Betonstructuur Global warming per LCA-fase



Figuur 2: Betonstructuur: Most contributing materials [A1-A3]

De fase [A1-A3] wordt nader geanalyseerd in Figuur 2. Deze figuur biedt inzicht in de materialen die de grootste impact hebben. Hieruit blijkt dat beton verantwoordelijk is voor 44% van de uitstoot. Als ook het wapeningsstaal wordt meegeteld, dan is beton verantwoordelijk voor meer dan 50% van de totale uitstoot in de fase [A1-A3]. Deze bevinding benadrukt de significante rol van beton in de CO₂-uitstoot gedurende de constructiefase.

Sector		Global warming [Tons CO _{2e}]	Biogenic carbon storage [Tons CO _{2e}]
A1-A3	Construction materials	3.947	-
A4	Site transport	111	-
A5	Construction/ installation process	129	-
B1	Use phase	-	-
B4-B5	Maintenance and replacement	1.659	-
B6	Energy consumption	176	-
B7	Water consumption	52	-
C1-C4	Demolition	452	-
D	External influence (not settled in totals)	(-1.622)	-
Total (A-C)	Total	6.526	-

Tabel 3: Betonstructuur: LCA-stages

Category	Global warming tons CO ₂ e A1-A3	Global warming tons CO ₂ e A4	Global warming tons CO ₂ e A5	Global warming tons CO ₂ e B4-B5	Global warming tons CO ₂ e C1-C4	Totals - Without [B6-B7] & [D] tons CO ₂ e
Beams	179,7	8,2	8,4	0,0	10,8	207,1
Ceiling finishes	228,0	1,8	17,6	234,8	5,1	487,3
Cleanliness layer	0,7	0,9	0,0	0,0	0,0	1,6
Columns	47,7	2,2	2,2	0,0	2,9	54,9
External doors	5,2	0,0	0,0	5,2	0,0	10,4
External wall insulation	74,9	0,1	4,3	0,0	32,9	112,3
External walls	235	14,1	12,3	3,03	21	285
Floor slabs	628,3	16,9	20,0	0,0	48,3	713,5
Foundation	200,4	11,5	9,6	0,0	15,2	236,6
Ground slab insulation	207,3	1,4	0,0	0,0	234,8	443,6
Ground slabs	319,7	17,8	18,6	6,6	24,1	386,7
Internal walls	28,3	0,21	2,6	3,3	2,1	36,5
Load bearing walls	211,5	13,4	10,1	0,0	18,3	253,3
Outer leaf Cladding	75,6	5,34	3,56	0,0	7,55	92
PV system	464,3	1,0	0,0	931,6	0,5	1.397,4
Roof covering	47,2	0,1	4,7	0,0	0,1	52,1
Roof slab	199	5,7	3,6	6,6	16,1	231,2
Roof slab insulation	9,3	0,0	0,8	0,0	0,5	10,6
Staircases	72,5	4,5	3,5	0,0	6,1	86,6
Technology	452,6	2,2	3,7	468,2	1,5	928,3
Underground walls	68,2	2,8	3,3	0,0	4,0	78,3
Windows	191,3	0,8	0,0	0,0	0,1	192,2
Total	3.947	111	129	1.659	452	6.298

Tabel 4: Betonstructuur: Global warming per construction element – gekleurde cellen geven per kolom de 3 sterkst bijdragende categorieën weer

Category	Global warming ton CO ₂ e A1-A3	Global warming ton CO ₂ e A4	Global warming ton CO ₂ e A5	Global warming ton CO ₂ e B4-B5	Global warming ton CO ₂ e C1-C4	Totals - Without [B6-B7] & [D] tons CO ₂ e
Envelope	319	6,23	8,28	5,20	7,79	347
Finishing	256	1,99	20,2	238	7,20	524
Insulation	292	1,60	5,10	0	268	566
Structure	2.162	98,1	91,4	16,3	167	2.535
Technology	917	3,26	3,70	1.400	2,01	2.326
Total	3.947	111	129	1.659	452	6.298

Tabel 5: Betonstructuur: Global Warming per category

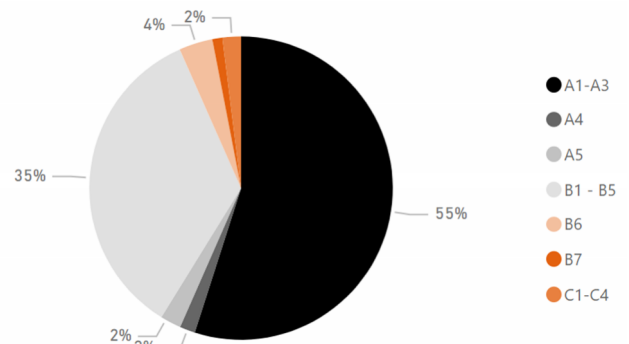
3.2 Hybridestructuur

Wanneer we voor gebouw C, ook wel bekend als de "automaat", kiezen voor een hybride structuur uit hout en beton, zal het gedurende zijn hele levenscyclus verantwoordelijk zijn geweest voor een uitstoot van 4.910 ton CO_{2e}, wat overeenkomt met 8,44 kgCO_{2e}/m²/jaar. Bij de vervaardiging van dit gebouw werd er gebruik gemaakt van materialen die het vermogen hebben om koolstof op te nemen, wat resulteert in een biogene koolstofopslag van 921 ton CO_{2e} of 1,58 kgCO_{2e}/m²/jaar. De gebruikte materialen en opbouw van het gebouw geven we mee in hoofdstuk 2 en 0.

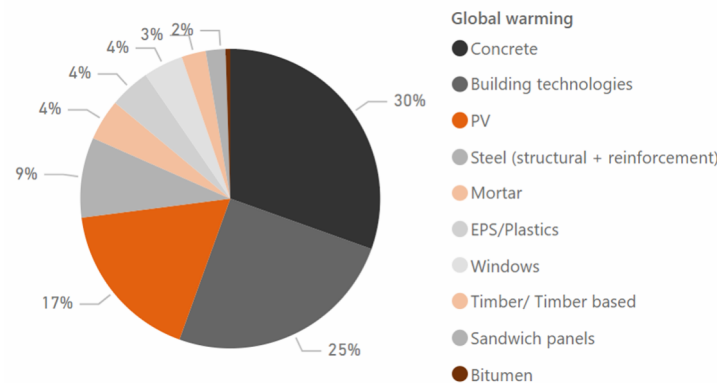
Global Warming		Biogenic carbon storage	
4.910 ton CO _{2e}	8,44 kgCO _{2e} /m ² /jaar	921 ton CO _{2e}	1,58 kgCO _{2e} /m ² /jaar

Tabel 6: Hybridestructuur: Totalen

De resultaten kunnen verder opgedeeld worden per LCA-fase. Dit wordt afgebeeld in Figuur 3. Hieruit kan afgeleid worden dat de fase [A1-A3] "construction materials" het grootste aandeel op zich neemt. Daarnaast speelt ook de fase [B1-B5] "replacements and refurbishments" een bepalende rol. Dit komt doordat ook de MEP (Mechanical, Electrical, Plumbing) wordt meegenomen in de berekening, waarbij theoretische vervangingen worden voorzien.



Figuur 3: Hybridestructuur: Global warming per LCA-fase



Figuur 4: Hybridestructuur: Most contributing materials [A1-A3]

De fase [A1-A3] wordt nader geanalyseerd in Figuur 4. Deze figuur biedt inzicht in de materialen die de grootste impact hebben. Hieruit blijkt dat beton verantwoordelijk is voor 30% van de uitstoot. Als ook het wapeningsstaal wordt meegeteld, dan is beton verantwoordelijk voor 39% van de totale uitstoot in de fase [A1-A3]. Deze bevinding benadrukt de significante rol van beton in de CO₂-uitstoot gedurende de constructiefase

ector		Global warming [Tons CO _{2e}]	Biogenic carbon storage [Tons CO _{2e}]
A1-A3	Construction materials	2.699	921
A4	Site transport	80,4	
A5	Construction/ installation process	110	
B1	Use phase		-
B4-B5	Maintenance and replacement	1.696	
B6	Energy consumption	176	
B7	Water consumption	52,3	
C1-C4	Demolition	96,9	
D	External influence (not settled in totals)	(-1.820)	
Total (A-C)	Total	4.910	921

Tabel 7: Hybridestructuur: LCA-stages

Category	Global warming tons CO ₂ e A1-A3	Global warming tons CO ₂ e A4	Global warming tons CO ₂ e A5	Global warming tons CO ₂ e B4-B5	Global warming tons CO ₂ e C1-C4	Totals - Without [B6-B7] & [D] tons CO ₂ e
Beams	107	5,26	5	0,0	2,34	119
Ceiling finishes	228	1,8	17,6	234,8	5,1	487
Cleanliness layer	0,7	0,9	0,0	0,0	0,0	1,6
Columns	17,4	0,5	1,83	0,0	0,59	20,3
External doors	5,2	0,04	0,0	5,2	0,0	10,4
External wall insulation	13,5	0,4	1,1	0,0	0,2	15,3
External walls	6,2	0,4	1,8	0,0	3,7	12,0
Floor slabs	389	14,6	21,6	0,0	33,3	458
Foundation	166,3	11,5	7,8	0,0	5,0	190,6
Ground slab insulation	60,9	0,1	2,4	0,0	0,1	63,5
Ground slabs	265	17,8	15,7	6,6	7,7	312,9
Internal walls	43,9	0,6	6,0	0,0	6,9	57,4
Load bearing walls	169	13,4	7,9	0,0	5,7	196,4
Outer leaf Cladding	3,1	0,2	0,7	0,0	0,5	4,4
PV system	464	1,0	0,0	931,6	0,5	1.397,4
Roof covering	36,9	0,1	2,9	43,2	3,6	86,8
Roof slab	29,8	0,97	7,09	6,62	14,4	58,8
Roof slab insulation	11,1	0,3	0,9	0,0	0,1	12,6
Staircases	58,5	4,5	2,7	0,0	1,9	67,7
Technology	452,6	2,2	3,7	468,2	1,5	928,3
Underground walls	59,5	2,8	2,8	0,0	1,4	66,6
Windows	110,6	0,9	0,0	0,0	2,5	114
Total	2.699	80,4	110	1.696	97	4.682

Tabel 8: Hybrideconstructuur: Global warming per construction element – gekleurde cellen geven per kolom de 3 sterkst bijdragende categorieën weer

Category	Global warming ton CO ₂ e A1-A3	Global warming ton CO ₂ e A4	Global warming ton CO ₂ e A5	Global warming ton CO ₂ e B4-B5	Global warming ton CO ₂ e C1-C4	Totals - Without [B6-B7] & [D] tons CO ₂ e
Envelope	156	1,29	3,55	48,5	6,58	216
Finishing	272	2,41	23,6	235	12	545
Insulation	85,5	0,88	4,5	0	0,41	91,4
Structure	1.269	73,6	74,2	13,2	76	1.505
Technology	917	3,26	3,70	1.400	2,01	2.326
Total	2.699	80,4	110	1.696	97	4.682

Tabel 9: Hybrideconstructuur: Global warming per category

4 Vergelijking en conclusie

4.1 Globale vergelijking

Het Business as Usual scenario (De betonstructuur) zal op het einde van zijn levenscyclus verantwoordelijk zijn geweest voor **6.526 ton CO_{2e}**. Door middel van een hybride structuur (deel van de betonnen vloeren en het dak vervangen door een houtstructuur) en door maximaal gebruik te maken van biobased materialen zakt de totale uitstoot tot **4.910 ton CO_{2e}**, dit is een afname met 25% t.o.v. het Business As Usual scenario. **Op materiaalniveau betekent dit een daling van 32% [levenscyclusfasen A1-A3]**. Daarenboven slaan we in het Hybridescenario in totaliteit nog een bijkomende **920 ton CO_{2e}** op onder de vorm van biogene koolstof. Dit komt neer op 34% van de CO₂-uitstoot gelinkt aan fasen A1-A3.

	Betonstructuur	Hybridestructuur	%	Opmerking
Global warming	6.526 ton CO _{2e} 11,2 kgCO _{2e} /m ² /jaar	4.910 ton CO _{2e} 8,44 kgCO _{2e} /m ² /jaar	-25%	Er is een verschil van 25% in de totale uitstoot (=WLCA = whole Life Carbon Analysis) tussen beide structuren.
Biogenic Carbon	-	920 ton CO _{2e} 1,58 kgCO _{2e} /m ² /jaar		In het scenario betonstructuur (baseline) wordt er geen gebruik gemaakt van materialen die koolstof kunnen opslaan. Dit is 19% van de totale uitstoot en 34% van de fasen [A1-A3]
A1-A3	3.946	2.699	-32%	
Envelope				
Totaal	346 ton CO _{2e}	216 kgCO _{2e}	-38%	
A1-A3	319 kgCO _{2e}	156 kgCO _{2e}	-51%	
Finishing				
Totaal	524 ton CO _{2e}	545 kgCO _{2e}	4%	
A1-A3	256 kgCO _{2e}	272 kgCO _{2e}	6%	
Insulation				
Totaal	566 ton CO _{2e}	91 kgCO _{2e}	-84%	
A1-A3	292 kgCO _{2e}	85,5 kgCO _{2e}	-71%	
Structure				
Totaal	2.535 ton CO _{2e}	1.505 kgCO _{2e}	-41%	
A1-A3	2.162 kgCO _{2e}	1.269 kgCO _{2e}	-41%	
Technology				
Totaal	2.326 ton CO _{2e}	2.326 kgCO _{2e}	0%	
A1-A3	917 kgCO _{2e}	917 kgCO _{2e}	0%	

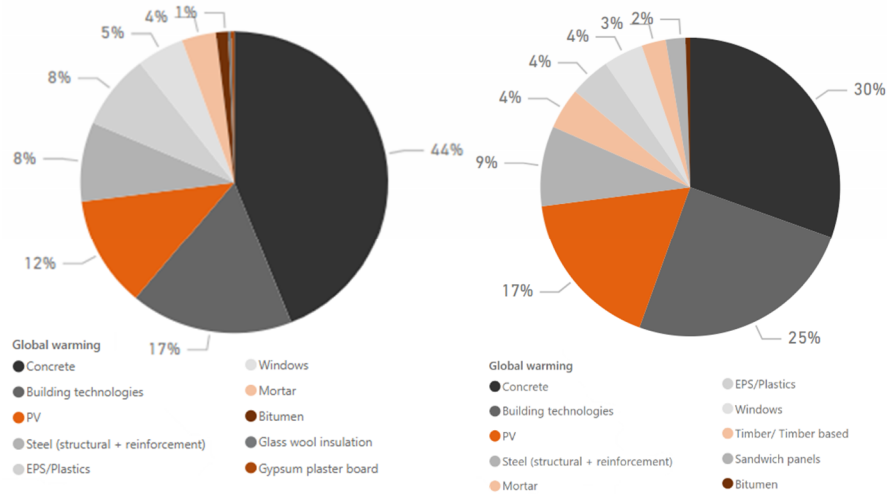
4.2 Detailvergelijking op elementniveau:

	Betonstructuur	Hybridestructuur		%	Opmerking
	Global warming	Global warming	Biogenic carbon		
Beams	207 ton CO _{2e}	119 ton CO _{2e}		-43%	Door gebruik te maken van beton met 40% recycled binders daalt de uitstoot
Ceiling finishes	487 ton CO _{2e}	487 ton CO _{2e}		0%	Er werd in beide scenario's gebruik gemaakt van hetzelfde verlaagd plafond.
Cleanliness layer	2 ton CO _{2e}	2 ton CO _{2e}		0%	
Columns	55 ton CO _{2e}	20 ton CO _{2e}	55,1 ton CO _{2e,bio} (6%)	-63%	Door gebruik te maken van beton met 40% recycled binders en een deel te vervangen door hout
External doors	10 ton CO _{2e}	10 ton CO _{2e}		0%	Er werd in beide scenario's gebruik gemaakt van dezelfde buitendeuren.
External wall insulation	112 ton CO _{2e}	15 ton CO _{2e}	51,4 ton CO _{2e,bio} (6%)	-86%	De PIR-isolatie wordt vervangen door een houtvezelplaat met dezelfde U-waarde
External walls	285 ton CO _{2e}	12 ton CO _{2e}	63 ton CO _{2e,bio} (7%)	-96%	Het beton wordt vervangen door een houtstructuur
Floor slabs	714 ton CO _{2e}	458 ton CO _{2e}	268 ton CO _{2e,bio} (29%)	-36%	Door CLT te gebruiken stijgt de uitstoot, maar biogenic carbon storage zit hier niet bij ingerekend.
Foundation	237 ton CO _{2e}	191 ton CO _{2e}		-19%	Door gebruik te maken van beton met 40% recycled binders daalt de uitstoot
Ground slab insulation	444 ton CO _{2e}	64 ton CO _{2e}		-86%	PIR heeft ten opzichte van EPS een veel hogere uitstoot.
Ground slabs	387 ton CO _{2e}	313 ton CO _{2e}		-19%	Door gebruik te maken van beton met 40% recycled binders daalt de uitstoot
Internal walls	37 ton CO _{2e}	57 ton CO _{2e}	148 ton CO _{2e,bio} (16%)	57%	Door de lagere U-waarde van vlas-isolatieplaten, is er een grotere hoeveelheid materiaal nodig om dezelfde U-waarde te bereiken. Hier wordt nog geen rekening gehouden met de biogenic carbon storage. De houtstructuur in plaats van een staalstructuur zorgt wel voor een kleine daling, alsook het vervangen van de gipsplaten en verf door biogene materialen.

	Betonstructuur	Hybridestructuur		%	Opmerking
	Global warming	Global warming	Biogenic carbon		
Load bearing walls	253 ton CO _{2e}	196 ton CO _{2e}		-22%	Door gebruik te maken van beton met 40% recycled binders daalt de uitstoot
Outer leaf Cladding	92 ton CO _{2e}	4 ton CO _{2e}	41,8 ton CO _{2e,bio} (4%)	-95%	Door betonafwerking te vervangen door een houtafwerking daalt de uitstoot, de biogenic carbon storage stijgt
PV system	1397 ton CO _{2e}	1397 ton CO _{2e}		0%	In beide scenario's wordt hetzelfde PV-systeem gebruikt
Roof covering	52 ton CO _{2e}	87 ton CO _{2e}		67%	Voor de installatie van een groen dak zijn er meer materialen nodig, waardoor de uitstoot stijgt
Roof slab	231 ton CO _{2e}	59 ton CO _{2e}	202 ton CO _{2e,bio} (22%)	-75%	Door de betonnen dakstructuur te vervangen door een houten dakstructuur daalt de uitstoot
Roof slab insulation	11 ton CO _{2e}	13 ton CO _{2e}	42,2 ton CO _{2e,bio} (5%)	19%	Door de lagere U-waarde van houtvezelisolatieplaten, is er een grotere hoeveelheid materiaal nodig om dezelfde U-waarde te bereiken. Hier wordt nog geen rekening gehouden met de biogenic carbon storage.
Staircases	87 ton CO _{2e}	68 ton CO _{2e}		-22%	Door gebruik te maken van beton met 40% recycled binders daalt de uitstoot
Technology	928 ton CO _{2e}	928 ton CO _{2e}		0%	De technieken zijn in beide scenario's hetzelfde
Underground walls	78 ton CO _{2e}	67 ton CO _{2e}		-15%	Door gebruik te maken van beton met 40% recycled binders daalt de uitstoot
Windows	192 ton CO _{2e}	114 ton CO _{2e}	48,8 ton CO _{2e,bio} (5%)	-41%	Door het vervangen van het Aluminium frame met een houten frame, daalt de uitstoot.

Betonstructuur
Hybridestructuur

Most contributing materials



In de materialen die het meeste doorwegen in de LCA zien we geen drastische veranderingen. Ondanks het hoge percentage aan recycled binders, en het gedeeltelijk vervangen door een houtstructuur, draagt Beton nog steeds het meeste bij. Beton wordt gevolgd door de technieken, het PV-systeem en het wapeningsstaal dat nodig is voor het beton. Deze materialen opgeteld zijn in beide scenario's verantwoordelijk voor 81% van de totale uitstoot van fase [A1-A3]. Wel zien we dat het beton in de HyS een lager aandeel heeft dan in de BeS. Dit komt doordat een deel van het beton vervangen wordt door hout en er beton wordt gebruikt met 40% recycled binders. Hierdoor wegen de technieken in de HyS zwaarder door dan in de BeS.

Colofon

CIRCULAIR BOUWEN: DE STAPEL
LCA-VERGELIJKING TUSSEN EEN BETON EN HYBRIDE STRUCTUUR

AUTEUR

Britt Van Damme

DATUM

16 juni 2023

GEREVISEERD DOOR

Jordi De Smet

DATUM

22 juni 2023

Over Arcadis

Arcadis is de leidende wereldwijd opererende ontwerp- en consultancyorganisatie op het gebied van de natuurlijke en gebouwde omgeving. Wij helpen onze klanten en de maatschappij met doeltreffende, duurzame en digitale oplossingen. Wij zijn met 36.000 mensen actief die in ruim zeventig landen meer dan €4,2 miljard aan omzet genereren. Wij helpen UN-Habitat met onze mensen, die kennis en expertise leveren om de moeilijke leefomstandigheden te verbeteren in gebieden die lijden onder de gevolgen van klimaatverandering.

www.arcadis.com

Arcadis Belgium nv

Markiesstraat 1
1000 Brussel
België

T 02 505 75 00

Arcadis. Improving quality of life

Volg ons op



[arcadis](https://www.linkedin.com/company/arcadis)



[ArcadisBelgie](https://twitter.com/ArcadisBelgie)



[arcadisbelgium](https://www.facebook.com/arcadisbelgium)



[arcadisbelgium](https://www.instagram.com/arcadisbelgium)