MILIEU-IMPACT GESTUURD ONTWERPEN

BOUWEN AAN EEN DUURZAME TOEKOMST

abt

COLOFON

Samengesteld door: Kennisgroep Duurzaamheid
Opmaak: MarkantDesign
Omslagfoto: © Daria Scagliola & Stijn Brakkee

Datum: oktober 2022
Copyright: ABT B.V.

Arnhemsestraatweg 358
6881 NK VELP
026 368 3170
info@abt.eu

www.abt.eu

© Ossip van Duivenbode

LEGENDA

MILIEU-IMPACT OP GEBOUWNIVEAU

MILIEU-IMPACT OP ELEMENTNIVEAU

MILIEU-IMPACT OP MATERIAALNIVEAU

INHOUDSOPGAVE

1 Transitie van energieneutraal naar milieuneutraal 9

2 Ontwerpen met de Milieu-Impact Monitor 10

3 Milieu-impact op gebouwniveau 14

4 Milieu-impact op elementniveau 20

5 Milieu-impact op materiaalniveau 28

6 Inzichten milieu-impact gestuurd ontwerpen 33

VOORWOORD

De noodzaak om te bouwen met een zo laag mogelijke milieu-impact wordt steeds groter. Klimaatverandering speelt hierbij een belangrijke rol; we kennen allemaal het doel uit het klimaatakkoord van Parijs voor een klimaatneutrale en circulaire omgeving in 2050. Maar wat betekent dit voor de gebouwen van de toekomst?

Een belangrijke milieu-eis die gesteld wordt, is de milieuprestatie van de toegepaste materialen voor de nieuwe woningen (MPG). Per 1 juli 2021 is de MPG-eis voor woningen en kantoren aangescherpt van 1,0 naar 0,8. Dit betekent dat we milieuvriendelijker en meer circulair moeten bouwen.

Het doel is om de eis stapsgewijs scherper te stellen en uiterlijk in 2030 te halveren. De eis wordt niet alleen aangescherpt, op dit moment wordt ook de mogelijkheid onderzocht om de MPG-eis uit te breiden naar andere gebruiksfuncties dan alleen woon- en kantoorgebouwen.

Om het verlagen van de milieu-impact van gebouwen makkelijker te maken, heeft ABT de Milieu-Impact Monitor (MIM-tool) ontwikkeld, een tool waarmee de milieuprestatie van gebouwen meetbaar wordt gemaakt. Hiermee kun je actief en integraal sturen in het ontwerp op de milieu-impact en de MPG-eis.

Door het inzichtelijk en meetbaar maken van de milieu-impact van gebouwen komt de bouwsector stap voor stap tot schonere gebouwen. Met dit boekje geeft ABT vanuit haar ervaring en expertise handvatten en inzichten om de milieu-impact van gebouwen te verlagen. Je leest hoe de MIM-tool hierbij kan helpen, met daarbij voorbeelden en analyses.

We laten zien hoe wij op gebouw-, element- en materiaalniveau doelbewust en gericht onze gebouwontwerpen op milieu-impact sturen. Op naar building zero impact!

We wensen je veel leesplezier, inspiratie en nieuwe inzichten toe!

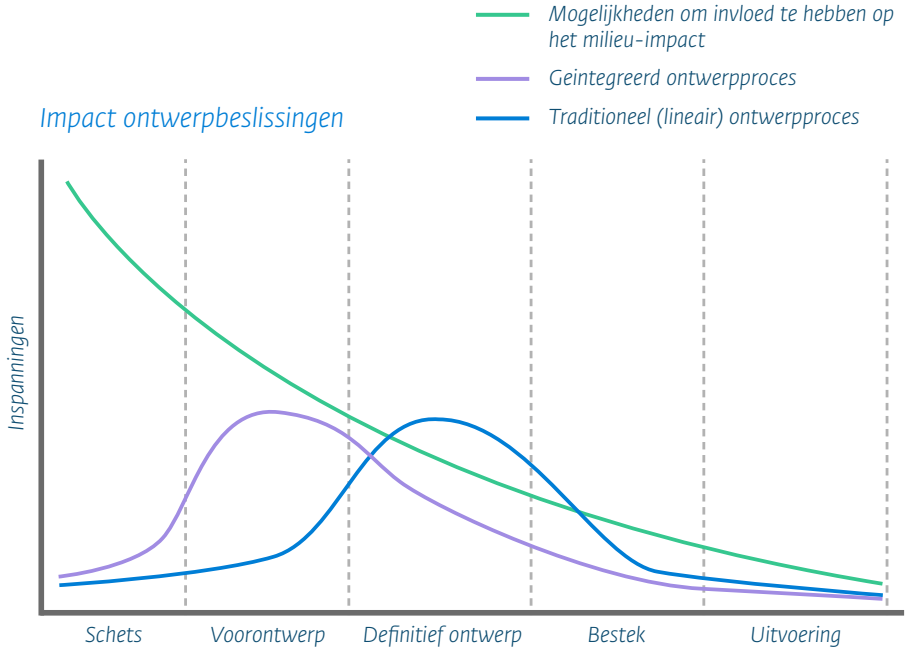
1 TRANSITIE VAN ENERGIENEUTRAAL NAAR MILIEUNEUTRAAL

Om de stap van energie-neutrale naar milieuneutrale gebouwen te maken, verschuift de focus naar het minimaliseren van de milieubelasting van het materiaal-gebruik.

Drie uitdagingen staan centraal:
- **Slimmer ontwerpen** van gebouwen, door minder grondstoffen en grondstoffen met een lage impact te gebruiken;
- **Flexibele en aanpasbare** gebouwen ontwerpen die **aanpasbaar** zijn aan mogelijke toekomstige wensen en behoeften voor een langere levensduur;
- Bestaande gebouwen of bouwdelen renoveren en bouwmaterialen **hergebruiken**.

Constructiemateriaal bedraagt circa 50 tot 60 % van de totale hoeveelheid bouwmateriaal.

Daarom is een belangrijke eerste stap naar duurzaam materiaalgebruik het monitoren van de milieu-impact van de toegepaste constructiematerialen in een ontwerp.
Het monitoren kan zowel op materiaal-, element- als gebouwniveau.



2 ONTWERPEN MET DE MILIEU-IMPACT MONITOR

Met de Milieu-Impact Monitor (MIM) bepaalt ABT de carbon footprint en de schaduwprijs van gebouwdraagconstructies. Tijdens het ontwerpen in het 3D BIM-model wordt continu het materiaalgebruik – en de daarmee samenhangende CO_2-uitstoot en schaduwprijs – van verschillende ontwerpopties gevolgd.

3D BIM-model

ABT MIM

Revit plugin

Nationale Milieu Database (NMD)

Workflow

3D BIM-model

milieu-impact berekenen

resultaat analyseren

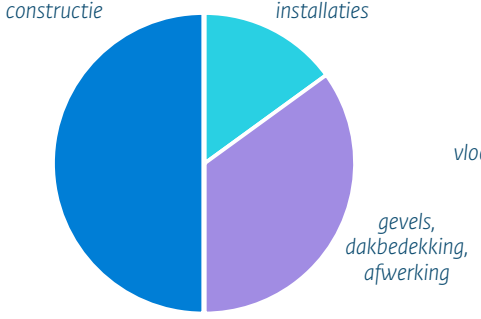
ontwerp optimaliseren

Video MIM in gebruik

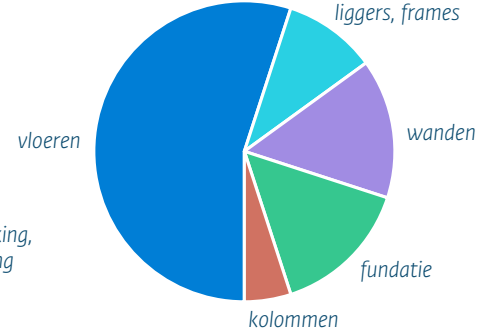
2 ONTWERPEN MET DE MILIEU-IMPACT MONITOR

Het monitoren van de milieu-impact van de verschillende ontwerpopties gebeurt real-time. Hierdoor is inzichtelijk welke onderdelen de grootste bijdrage hebben op de milieu-impact. Op deze manier kun je sturen op een minimale milieubelasting van het gebouw. De MIM heeft een koppeling naar 3D-constructiemodellen in Revit. 3D-modellen die met behulp van Revit zijn samengesteld, zijn hierbij zowel hulp- als stuurmiddel.

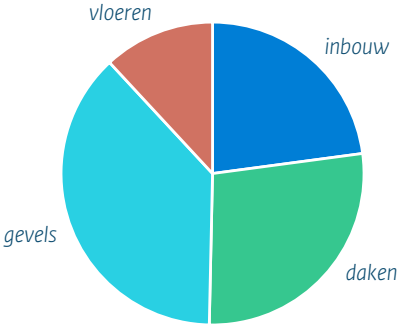
Aandeel milieu-impact in traditionele U-bouw



Aandeel constructie-elementen



Aandeel bouwkundige elementen



2 CASESTUDIES MIM

Bij al onze projecten monitoren we de milieu-impact met behulp van de MIM. Hierdoor krijgen we veel inzichten die we gebruiken bij onze adviseringen. In alle projecten is gebruik gemaakt van een onderbouw van beton. Bij de Triodos Bank is voor de bovenbouw gebruik gemaakt van een houten/stalen bovenbouw, Saxion Apeldoorn heeft een beton/stalen bovenbouw en Saxion Enschede heeft een overwegend betonnen bovenbouw.

Op de volgende pagina is het verschil in carbon footprint te vinden. Hieruit kunnen we concluderen, alleen kijkend naar materiaalgebruik, welk ontwerp de laagste impact heeft.

Triodos Bank Zeist

© Ossip van Duivenbode

Saxion Apeldoorn

© Tjeerd Derkink

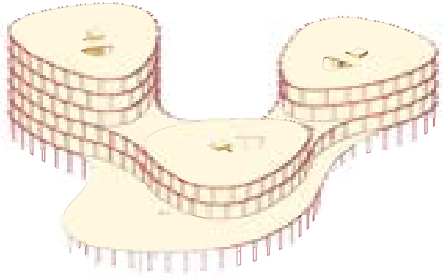
Saxion Enschede

© IAA Architecten

2 CASESTUDIES MIM

Triodos Bank Zeist

Triodos Bank is een kantoor-gebouw dat compleet demontabel is. Het gebouw is energieneutraal en door de houten constructies is de milieu-impact op materiaalniveau minimaal.

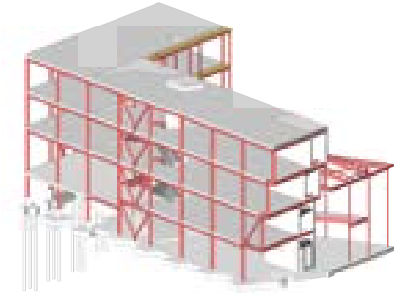


Carbon footprint constructie

80 kg CO_2 eq/ m^2 BVO)

Saxion Apeldoorn

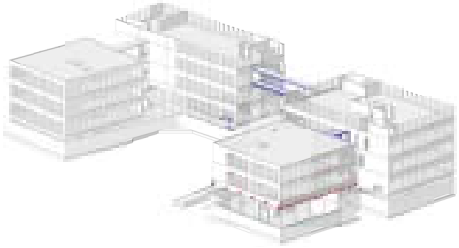
Saxion Apeldoorn is een flexibel, toekomstbestendig schoolgebouw. De draagconstructie bestaat uit een staalskelet met klimaatvloeren. De milieu-impact is verlaagd door gebruik te maken van een efficiënte gebouwvorm met een lichtgewicht draagconstructie.



165 kg CO_2 eq/ m^2 BVO)

Saxion Enschede

Ook het schoolgebouw van Saxion Enschede is flexibel en toekomst-bestendig. De draagconstructie bestaat uit een betonskelet met betonvloeren. De gevel is ook in beton uitgevoerd. De milieu-impact is verlaagd door gebruik te maken van betonmengsels met een lagere impact dan normaal.



280 kg CO_2 eq/ m^2 BVO)

3 MILIEU-IMPACT OP GEBOUWNIVEAU

ABT berekent de milieu-impact voor al haar projecten. Dit zorgt voor veel data. Deze data gebruiken we om inzichten te krijgen in welke manier van bouwen het meest optimaal is voor minimale milieu-impact.

In dit hoofdstuk laten we met enkele voorbeelden zien hoe ABT stuurt op een zo laag mogelijke milieu-impact op gebouwniveau.

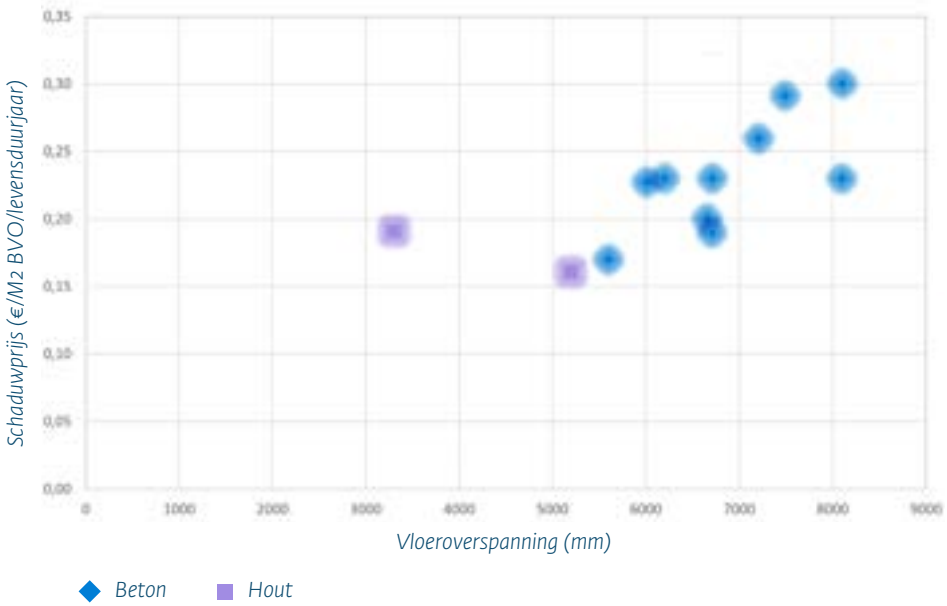
3 RANKING THE PROJECTS

De milieu-impact van alle projecten bij ABT wordt verzameld in een database. Hierdoor kunnen we trends ontdekken in de gebruikte ontwerpmethoden en vooraf sturen op het ontwerp met de minste milieu-impact.

In de tabel hiernaast is een analyse gemaakt van appartementengebouwen met een levensduur van 75 jaar en een grootte van 1.350-30.000 m2. Hier is de schaduwprijs tegenover de vloeroverspanning gezet.

De conclusie hiervan is dat de materiaalkeuze en vloer-overspanning grote invloed hebben op de milieu-impact van het gebouw.

Schaduwprijs tov vloeroverspanning - MBT materiaalkeuze



3 IMPACT BETONNEN ONDERBOUW

Gebouw Element Materiaal

Voor verschillende gebouwen hebben we het aandeel van de kelder en de fundering op de totale MPG van de gebouwconstructie bepaald. Hieruit volgt dat een aanzienlijk deel van de milieu-impact in de onderbouw zit.

Bij Jonas in Amsterdam zit een aanzienlijke hoeveelheid aan materiaal ook in de bovenbouw, zodat het percentage impact van de onderbouw op 38% uitkomt.

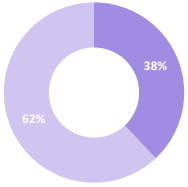
De constructie in de bovenbouw van het WRZV Sportcomplex in Zwolle is beperkt, waardoor de impact van de onderbouw op 52% uitkomt.

De totale bovenbouw van Eco-school De Verwondering in Almere is uitgevoerd in hout. De impact van de betonnen onderbouw is vele malen groter dan hout. Het aandeel hiervan komt uit op 90%.

Jonas

© Orange architecten

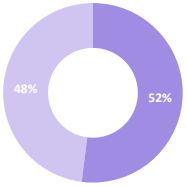
BVO 29750 m2
6 verdiepingen: betonskelet
1 laags kelder, betonfundering op palen
38% milieu-impact constructie onderbouw
62% milieu-impact constructies bovenbouw



WRZV Sportcomplex

© AGS architecten

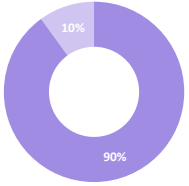
BVO 4415 m2
1-2 verdiepingen: hout-, beton- en staalskelet, betonfundering op palen
52% milieu-impact constructie onderbouw
48% milieu-impact constructie bovenbouw



Ecoschool

© Jacques Kok

BVO 1910 m2
2 verdiepingen: betonnen begane grondvloer, bovenbouw gelamineerd hout en CLT/HSB skelet, betonfundering op palen
90% milieu-impact constructie onderbouw
10% milieu-impact constructie bovenbouw



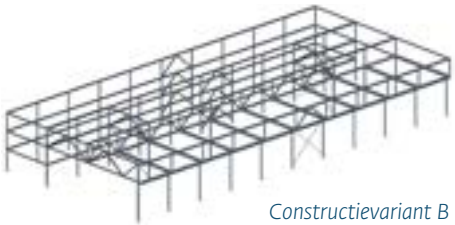
3 COMPACT BOUWEN

In een vroegtijdig stadium in het ontwerptraject van de nieuwbouw van het onderwijsgebouw van Saxion in Apeldoorn is de milieu-impact van een tweetal constructie-varianten met elkaar vergeleken.

A. Een 4-laagse L-vormige constructievariant

Constructievariant A

B. Een 3-laagse constructievariant met overkluizing over een bestaand gebouw



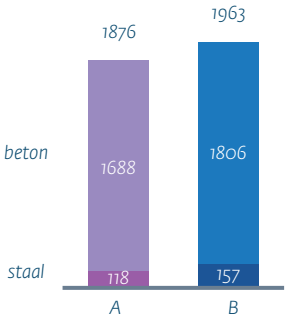
Constructievariant B

Voor beide varianten is een constructie ontworpen welke bestaat uit een staalskelet van stalen kolommen en liggers met kanaal-plaatvloeren.

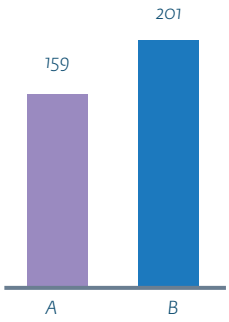
Met behulp van de MIM zijn de carbon footprint en de schaduwprijs bepaald. Op alle fronten scoort de 4-laagse opzet ca. 20% beter dan de 3-laagse variant. Dit kan verklaard kan worden door de meer compacte opzet van deze variant.

In de tabel hieronder is dit verschil te zien in de materiaalkilo's, carbon footprint en schaduwprijs.

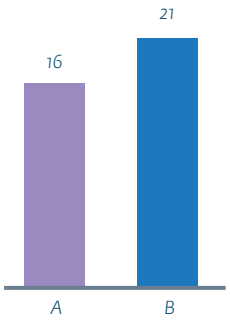
© Tjeerd Derkink



Materiaalkilo's (ton)



Carbon Footprint (kg CO_2 eq./ m^2)



Schaduwprijs (€/ m^2)

3 CARBON BASED DESIGN

Streefwaarden voor koolstofemissies van CO2-budgetten voor gebouwen worden steeds belangrijker voor het ontwikkelen van klimaatneutrale gebouwen. Om onder de temperatuurstijging van 1,5 graden te blijven is een wereldwijd CO2-budget bepaald. Hieruit kan een CO2-budget voor de Nederlandse bouw worden afgeleid.

Ontwerpbeslissingen worden genomen op basis van koolstof-emissies met daaraan gekoppeld streefwaarden om Paris-proof te zijn.

Essentieel hierbij is inzicht in welke onderdelen van een gebouw het meeste bijdragen aan emissies. De MIM helpt hierbij.

Grenswaarden voor nieuwbouw

Tabel 1. Grenswaarden voor Paris Proof bouwwerken. Grenswaarden is gegevens in "embodied Carbon" per m² bouwwerk

Paris Proof grenswaarden	embodied carbon kg CO_2-eq. per m^2			
	2021	2030	2040	2050
Woning (eengezinswoning)	200	126	75	45
Woning (meergezinswoning)	220	139	83	50
Kantoor	250	158	94	56
Retail vastgoed	260	164	98	59
Industrie[5]	240	151	91	54

Grenswaarden voor renovatie

Tabel 1. Grenswaarden voor Paris Proof bouwwerken. Grenswaarden is gegevens in "embodied Carbon" per m² bouwwerk

Paris Proof grenswaarden	embodied carbon kg CO_2-eq. per m^2			
	2021	2030	2040	2050
Woning (eengezinswoning)	100	63	38	23
Woning (meergezinswoning)	100	63	38	23
Kantoor	125	79	47	28
Retail vastgoed	125	79	47	28
Industrie[5]	100	63	38	23

Bron: DGBC Rekenprotocol Paris Proof Embodied Carbon

artikelen op de DGBC-website

4 MILIEU-IMPACT OP ELEMENTNIVEAU

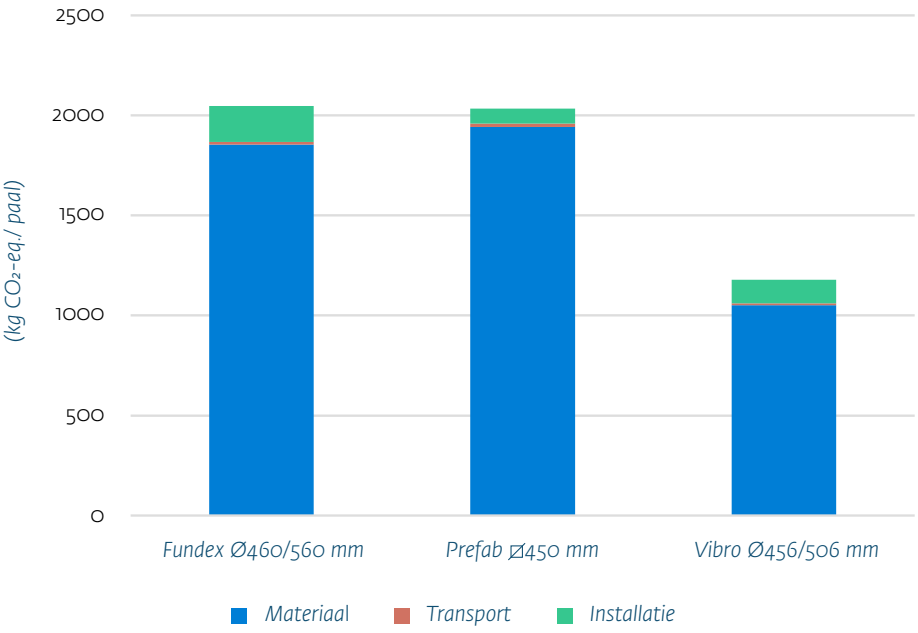
Op elementniveau onderzoeken we welke elementen in een gebouw een zo laag mogelijke milieu-impact hebben. De uitkomsten van deze onderzoeken gebruiken we actief in onze advisering in projecten.

In dit hoofdstuk zijn verschillende voorbeelden te vinden van onderzoeken die ABT gedaan heeft naar o.a. paalfunderingen, bouwkuipen, vloeren en gevels.

4 PAALFUNDERINGEN

De milieu-impact van drie enigszins vergelijkbare paal-systemen is bepaald: een Prefab paal, een Vibropaal en een Fundex-GI paal. Hierbij is gekeken naar de impact van het materiaal-gebruik voor het maken van de palen, de impact van het transport van de materialen/palen naar de bouwplaats en de impact van de installatie van de palen.

Het materiaalgebruik heeft het grootste aandeel in de milieu-impact en wordt voor ongeveer 80% door het beton/grout veroorzaakt. Vibropalen hebben de laagste impact doordat een beton-mengsel met minder Portland-cement kan worden gebruikt en een slankere/kortere paal kan worden toegepast met minder wapening.



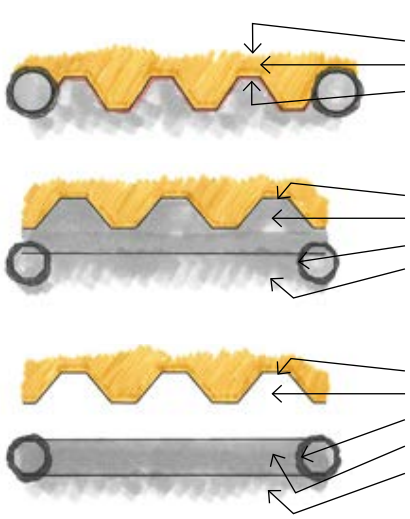
Milieu-impact funderingspalen

4 BOUWKUIPEN

Voor een bouwkuipstudie is de milieu-impact van drie kelderbouw-methodieken beschouwd. Uit de studie blijkt dat een bouwkuip met tijdelijke damwanden, waarin vervolgens de kelderconstructie wordt gebouwd, de laagste impact heeft.

De productie van staal heeft een hoge milieu-impact, maar doordat de staalcyclus een gesloten materiaalcyclus is, kan het in theorie oneindig worden gerecycled.

Bij toepassing van een tijdelijke damwand kan de volledige damwand worden hergebruikt en gaat er bijna geen staal verloren uit de cyclus, wat resulteert in een relatief milieuvriendelijk ontwerp.

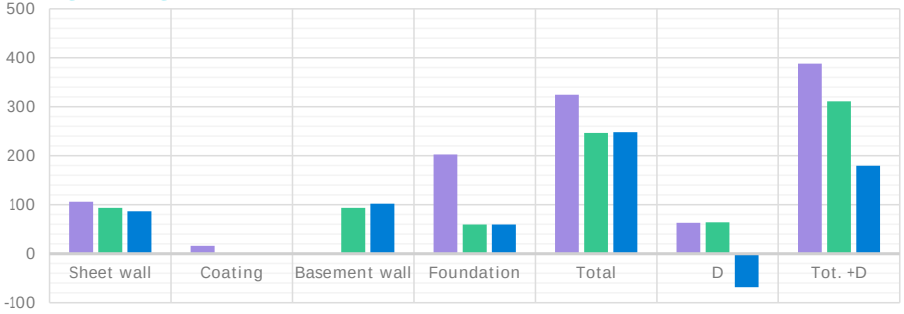


Tubex-combinatiewand
Combi-wand: Tubex-GI met PU22 planken
Coating
Keldervloer

Permanente damwand met betonnen voorzetwand
Damwand AZ 18-700
Kelderwand
Fundex-GI met prefab kern
Keldervloer

Tijdelijke damwand met een betonnen kelderwand
Tijdelijke damwand AZ 18-700
Werkruimte
Fundex-GI met prefab kern
Kelderwand
Keldervloer

LCA: A - C + D



Tubex-combiwand
Perm. damwand
Tijd. damwand

4 STUDIE DUURZAME KOLOMMEN

In een studie naar de milieu-impact van kolommen zijn bij gelijke uitgangspunten zoals lengte, belasting en brandbestendigheid voor verschillende materialen de benodigde kolomafmetingen bepaald. Voor elk materiaal zijn er mogelijkheden om de milieu-impact te verkleinen.

Voor beton kan een optimum ontworpen worden voor de hoeveelheid en het type cement en de wapeningshoeveelheid.

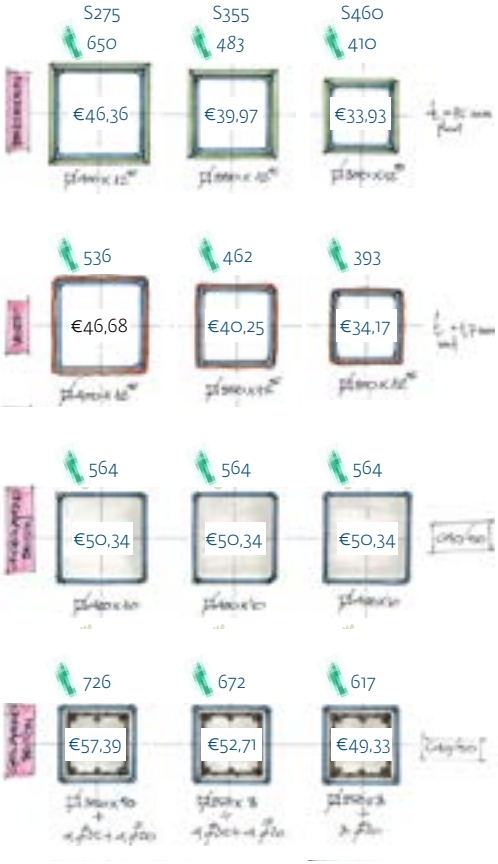
Voor staal geldt: hoe minder staal hoe beter. Daarom kan hier het beste een hogere sterkteklasse worden gekozen.

Bij hout scoren massieve kolommen beter dan gelamineerde kolommen, vanwege het aandeel van lijm op de schaduwprijs.

Beton

Hout

Staal



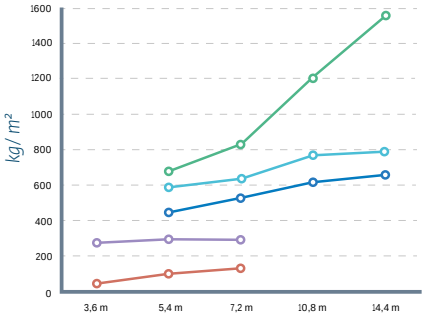
4 STUDIE DUURZAME VLOEREN

Vloeren hebben een groot aandeel op de milieu-impact van een constructie. Het is daarom effectief om te sturen op een efficiënt vloerontwerp. Om inzicht te krijgen in de milieu-impact van verschillende vloersystemen zijn voor vijf vloersystemen de benodigde dimensies bepaald bij verschillende overspanningen. Hoe groter de overspanning, hoe groter de milieu-impact. Houten vloeren scoren vanuit de carbon footprint het beste. Als gekeken wordt naar de schaduwprijs scoren vanaf 7,2 m staalplaatbetonvloeren in combinatie met een staalconstructie het beste.

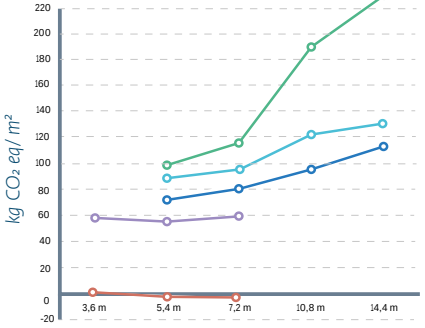
Kantoorvloeren

- kantoorgebouw
- n.b. 4,0 kN/m²
- 60 minuten

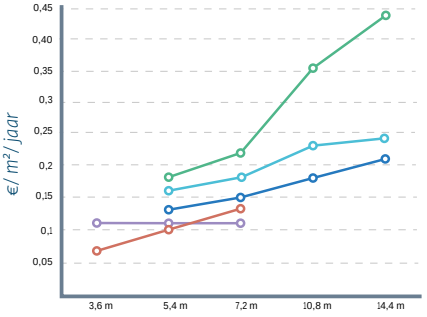
gebouwmassa



carbon footprint



schaduwprijs



In situ betonvloer met betonskelet	Kanaalplaatvloer met betonskelet	Kanaalplaatvloer met staalskelet	Staalplaatbetonvloer met staalskelet	Houten vloer met houtskelet
680 · 97 · 0,18	590 · 88 · 0,17	450 · 66 · 0,12	280 · 58 · 0,11	104 · -1 · 0,10

4 STUDIE DUURZAME SPANTEN

Bij het project WRZV Sportcomplex te Zwolle is door een slimme, duurzame dakconstructie ruim 40.000 kg CO_2 bespaard. Dit komt overeen met bijna 7 rondjes om de aarde met een auto. Samen met AGS Architects Amsterdam is in plaats van een traditionele constructie met stalen spanten een duurzame houten constructie ontworpen. Door in het ontwerp-proces te sturen op de milieu-impact, kon een optimaal ontwerp worden gemaakt van houten vakwerken met stalen diagonalen.

Uitgangspunten dimensies:
- overspanning 30 m
- hoh 5,3 m
- totaal 15 liggers in 2 zalen

Resultaten voor 2 zalen.

Volle houten wandligger

101.625 kg -20.880 kgCO_2eq 3210

CO_2 - uitstoot komt overeen met -139.200 km

Houten vakwerkligger

52.230 kg - 8.520 kgCO_2eq 1665

CO_2 - uitstoot komt overeen met -56.800 km

bijna 7 rondjes aarde besparing t.o.v. stalen vakwerk

Stalen vakwerkligger

76.425 kg 32.220 kgCO_2eq 2700

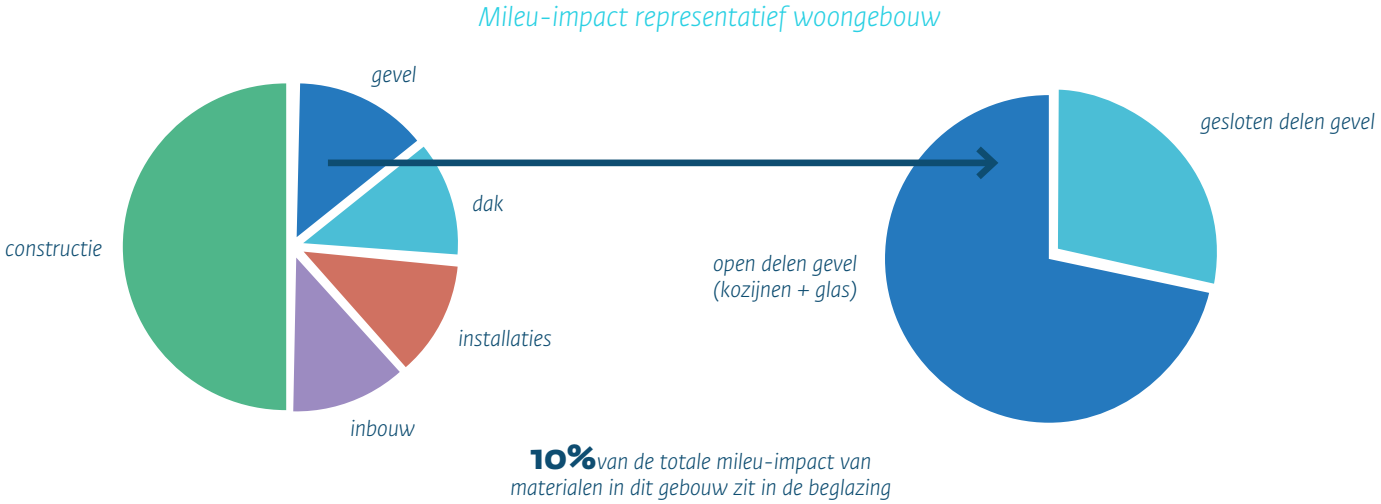
CO_2 - uitstoot komt overeen met 214.800 km

4 STUDIE DUURZAME GEVELS

Bij een representatief ABT-project, een woontoren zonder exorbitant grote glasoppervlakken, blijkt meer dan 70% van de milieuschade van de gevel te worden veroorzaakt door de beglazing inclusief kozijnen. Op basis hiervan is dieper gekeken naar het effect van glasgebruik op de milieuschade.

Vier wezenlijk verschillende gevelopbouwen zijn vergeleken: staalbouw, traditionele woningbouw, beton/ keramisch en massieve houtbouw.

Bij elk van de vier gevelopbouwen is gekeken naar het gewicht, de CO2-uitstoot en milieuschade bij 15%, 30% 60% en 100% glasoppervlak.



4 STUDIE DUURZAME GEVELS

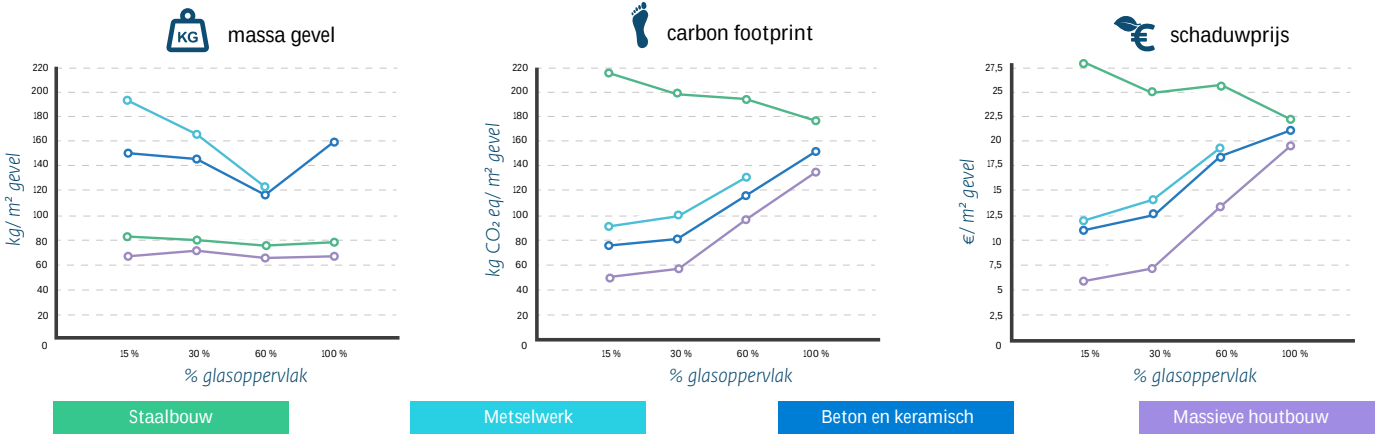
Vergelijking gevels

Uit de vergelijking van de vier gevels blijkt o.a. dat een traditionele gevel met 30% gevelopeningen ca. twee keer zoveel milieu-impact heeft als een massief houten gevel. Ook de carbon footprint en de massa zijn ca. twee keer zo hoog. Kijken we naar een staalbouw gevel, dan is de milieu-impact ca. drie keer groter dan een massief houten gevel.

Glasoppervlak

Ramen hebben, behalve bij de staalbouwvariant, een hogere milieu-impact per vierkante meter dan het gesloten gevelpakket. Naarmate een groter glasoppervlak wordt toegepast, wordt de milieu-impact groter en de isolatiewaarde van de beglazing lager. Op basis hiervan lijkt het met betrekking tot milieu-impact en energiegebruik erg verstandig het glasoppervlak te beperken.

Hier staat tegenover dat zicht en daglicht bij veel gebouwfuncties van groot belang zijn voor de leefbaarheid en bruikbaarheid van het gebouw. Per ontwerp moet de bouwkundig ontwerper kijken wat er mogelijk is met betrekking tot reductie van de milieuschade van materialen. Er is een grote beperking van milieuschade mogelijk door het bewust kiezen van bouwmaterialen en het technisch ontwerp van de gevel hierop aan te passen.



5 MILIEU-IMPACT OP MATERIAALNIVEAU

Op materiaalniveau kijken we welke materialen of combinaties de laagste impact hebben op het milieu.

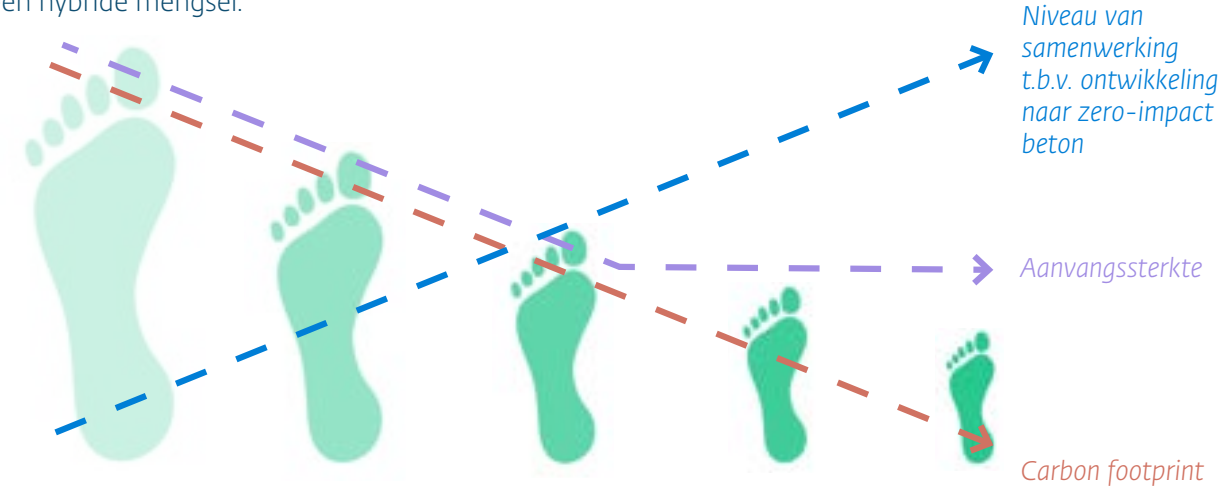
Hierbij gaat het niet alleen om nieuwe elementen, bijvoorbeeld een betonmengsel met een lagere milieu-impact, maar kijken we ook naar het hergebruik van bestaande en biobased materialen.

5 ONTWIKKELING NAAR ZERO-IMPACT BETON

Beton staat niet bekend als een duurzaam materiaal. Toch zijn ook voor beton mogelijkheden om de milieu-impact te verkleinen. Dit kan bijvoorbeeld door het toepassen van hoogovencement, geopolymeer-beton of een hybride mengsel.

Daarnaast kan voor het toeslag-materiaal bijvoorbeeld beton-puingranulaat worden gebruikt. In de ontwikkeling naar zero-impact beton adviseert ABT bij het kiezen van een geschikt mengsel.

Zo hielp ABT Voorbij Prefab met de ontwikkeling van CO_2-arm beton, waarbij een CO_2-reductie van 44% werd gehaald.

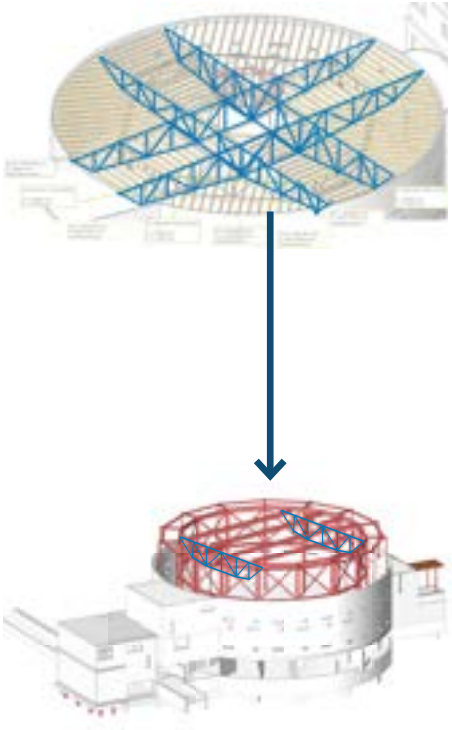


ABT adviseert bij ontwikkeling CO_2-arm beton

5 GEBRUIK VAN HERGEBRUIKT EN GERECYCLED STAAL (DONORSKELET)

De milieu-impact van staal wordt sterk beïnvloed door de keuze voor hergebruikt, gerecycled of nieuw staal. In projecten, zoals de nieuwe terminal voor Schiphol, wordt daarom een minimale hoeveelheid hergebruikt of gerecycled staal voorgeschreven.

Door bestaande stalen vakwerken met kleine aanpassingen toe te passen in een nieuwe dakconstructie wordt nog een stap verder gegaan.



A. 5% recycled staal
1,8 kg CO_2/ kg

B. 65% recycled staal
1,03 kg CO_2/ kg

C. 95% recycled staal
0,5 kg CO_2/ kg

100% hergebruikt staal
0,1 kg CO_2/ kg

Bron: Bouwen met staal. A en B: hoogovenstaal met 5-35% schroot. C: Vlamboogoven met 95% schroot.

5 TOEPASSEN VAN GEOOGSTE HOUTEN LIGGERS

Hout is van zichzelf een materiaal met een lage milieu-impact. Door gebruik te maken van hergebruikt hout, kan deze impact verder verlaagd worden. Hout laat zich door de lichte bewerkingen hiervoor goed lenen.

Dit is toegepast bij de herbestemming van Vliegkamp Valkenburg. Geoogste gelamineerde liggers zijn op maat gezaagd en aan elkaar verbonden tot nieuwe spanten. Omdat beoogd oogstmateriaal, met bijvoorbeeld een bepaalde dikte en vorm, niet altijd voorhanden is, is extra creativiteit in het ontwerpproces nodig.

5 KIEZEN VOOR BIOBASED ALTERNATIEVEN

Steeds meer biobased alternatieven komen beschikbaar voor de materialen die we traditioneel gebruiken in onze gebouwen. Deze biobased materialen kunnen gebruikt worden als gevelbekleding, wand- en vloerafwerking, wanden en nog veel meer.

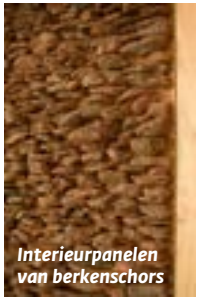
The Natural Pavilion voor de Floriade van 2022 wordt gebruikt als showcase met panelen met biobased materialen aan de binnen- en buitenzijde van het paviljoen. Hiermee wordt de materialen-transitie versneld.

© Daria Scagliola & Stijn Brakkee

Akoestische wanden met riet

Panelen van vezels van paprikastelen verlijmd met 100% aardappelzetmeel

Constructieve wandelementen van stro en hout



Interieurpanelen van berkenschors

Biolaminaat van reststromen voor interieurbouw

Geëxpandeerd kurk als isolatie en gevelmateriaal

© Luc Uppenkamp

6 INZICHTEN MILIEU-IMPACT GESTUURD ONTWERPEN

Do's:

- **Levensduur gebouwen verlengen:** toekomstbestendig ontwerpen door flexibiliteit en aanpasbaarheid;
- Maximaliseren waardebehoud: **hergebruik** op een zo hoog mogelijk niveau;
- **Minder materiaalgebruik:** beheersen vloeroverspanning en compact bouwen;
- **Materialen met een lage impact:** biobased bouwen waar het kan, staal en beton waar het moet;
- **Focus** eerst op **grote volumes:** vloeren en gevels hebben een groot aandeel in de milieu-impact;
- Kies op **materiaalniveau** de optie met de **minste impact:** vermijd veel portlandcement en ongerecycled staal.

Don'ts:

- **Te laat starten:** begin op tijd in het ontwerpproces met duurzaam ontwerpen om echt impact te kunnen maken;
- Het **ontbreken** van een **ontwerpstrategie** op de verschillende niveaus;
- **Materiaal slurpende onderbouw:** vermijd diepe kelders en bouwkuipen met veel (onderwater)beton;
- Inbouwen van **onnodige** toekomstige **flexibiliteit** en **adaptiviteit:** dit leidt tot veel extra materiaalgebruik;
- **Zware gebouwen** hebben een **hoge milieu-impact:** bouw lichtgewicht;
- **Nieuwe materialen inzetten** als er bestaande materialen kunnen worden hergebruikt.

© Daria Scagliola & Stijn Brakkee

CONTACTPERSONEN

Mark Evertzen

Bouwkundige
m.evertzen@abt.eu
+31 26 368 33 84

Eveline Gootzen

Constructeur
e.gootzen@abt.eu
+31 26 368 33 57

Lonneke van Haalen

Constructeur
l.v.haalen@abt.eu
+31 26 368 33 75

Jeroen van Kuijk

Modelleur
j.v.kuijk@abt.eu
+31 26 368 35 78

Niki Loonen

Senior adviseur
n.loonen@abt.eu
+31 26 368 35 15

Charley Meyer

Specialist bouwfysica
c.meyer@abt.eu
+31 26 368 32 30

Arie-Jan van Renswoude

Specialist geotechniek
a.v.renswoude@abt.eu
+31 15 767 67 23

Ronald Wenting

Adviseur
r.wenting@abt.eu
+31 26 368 35 73

abt
Arnhemsestraatweg 358
Postbus 82 6800 AB Arnhem
026 368 3170
www.abt.eu