

Paris Proof Embodied Carbon

Achtergrondrapport

experts in
sustainability
nibe

DG
BC

Dutch
Green Building
Council



Project	Paris Proof Embodied voor de Whole Life Carbon Aanpak
Opdrachtgever	DGBC
Opdrachtnemer	NIBE B.V. Nijverheidsweg 16G 3534 AM Utrecht T +31(0) 88 - 998 37 75 info@nibe.org www.nibe.org
Versie	1.0
Datum	23 november 2021
Auteur(s)	M. Spitsbaard M.L.J. van Leeuwen
Projectteam	Laetitia Nossek (DGBC) Ruben Zonnevrijlle (DGBC) Mantijn van Leeuwen (NIBE) Marvin Spitsbaard (NIBE)

Zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van NIBE is het niet toegestaan om:

- a) een door NIBE uitgebracht rapport geheel of gedeeltelijk te publiceren of op andere wijze openbaar te doen maken;
- b) een door NIBE uitgebracht rapport geheel of gedeeltelijk te doen gebruiken ten behoeve van het instellen van claims, voor het voeren van gerechtelijke procedures en ten behoeve van reclame of vergelijkende reclame;
de naam en/of het logo van NIBE, in welke verbinding dan ook, te gebruiken bij het openbaar maken van een deel of gedeelten van een door NIBE uitgebracht rapport en/of voor een of meer van de sub. b. genoemde doeleinden.
- c)

Het ter inzage geven van het rapport van NIBE aan direct belanghebbenden is toegestaan.

© 2021 NIBE

Alle rechten voorbehouden.

Niets uit deze uitgave mag worden vermenigvuldigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook zonder voorafgaande toestemming van NIBE.

Inhoudsopgave

1	Inleiding	5
1.1	Doelstelling voor Paris Proof embodied	5
1.2	Opbouw van het onderzoek en leeswijzer	6
1.3	Belang van een praktisch perspectief	6
2	Ons CO ₂ -eq. budget	7
3	“Upfront carbon” benadering	8
3.1	LCA brondata	8
3.2	Gebruiksfase B	8
3.3	Plantaardige broeikasgassen	8
3.4	Scope van de berekening	9
3.5	Warmte- en elektriciteit opwekking	9
4	Nederlandse bouwdata	10
4.1	Bestaande voorraad	10
4.2	Bouwvolume 2020-2050	10
4.3	Nieuwbouw CO ₂ footprint 2021	11
4.4	Renovatie CO ₂ footprint 2021	11
5	Scenario model	12
6	Scenario's	13
6.1	Business as usual	13
6.2	Ambitieuzer industrie scenario	14
6.3	Streefwaarden scenario	14
7	Paris Proof streefwaarden	16
8	Verwijzingen	17
BIJLAGE 1.	Toelichting Excel model	18
BIJLAGE 2.	Dataset van embodied CO ₂ -eq. per m ²	20

Verklarende woordenlijst en afkortingen

B&U	Burgerlijke en Utiliteitsbouw. Afkorting die wordt gebruikt om woningbouw en gebouwen voor het openbare en zakelijke leven aan te duiden.
Bepalingsmethode	In de bepalingmethode staat hoe we in Nederland de levenscyclusanalyse uitvoeren voor bouwmaterialen en -producten en welke milieueffecten we uitrekenen.
EPD	Environmental Product Declaration. Een presenteerbare en beknopte weergave van een LCA met resultaten zoals de milieueffecten en MKI.
GWP	Global Warming Potential. Zie 'Klimaatimpact'.
GWW	Grond-, Weg- en Waterbouw. Afkorting die wordt gebruikt om civiele werken als wegen, bruggen, dijken en kanalen aan te duiden.
kg CO ₂ -eq.	De eenheid waarin klimaatimpact wordt uitgedrukt: kilogram CO ₂ -equivalenten. Dankzij deze eenheid kan het effect van verschillende broeikasgassen in één getal worden uitgedrukt. Zo is het effect van 1 kg methaan gelijk aan 25 kg CO ₂ -eq.
Klimaatimpact	Het milieueffect van broeikasgassen, uitgedrukt in CO ₂ -eq.
LCA	Levenscyclusanalyse. In een LCA worden de milieueffecten van alle processen en grondstoffen die nodig zijn om een product toe te passen uitgerekend, gedurende de levensduur van het product. De levensduur wordt omschreven door levensfasen, aangeduid met de nummering A1 t/m D. A1-A3 betreft de productiefase, C1-4 de sloop- en afvalfase en D de terugwinningsfase.
Milieueffect	Een verandering in het milieu als gevolg van een activiteit. Er zijn meerdere milieueffecten, zoals: klimaatverandering, verzuring en toxiciteit. Elk beschrijft een ander effect met een eigen eenheid.

MKI	Milieukostenindicator. Met een levenscyclusanalyse worden de milieueffecten van een materiaal, product of bouwwerk uitgerekend. Deze milieueffecten (meerdere getallen met verschillende eenheden) zijn om te rekenen tot één integraal getal: de milieukosten, in euro's.
MPG	Milieuprestatie Gebouw. Een optelsom van de schaduwkosten van alle producten en materialen die zijn toegepast in het gebouw gedeeld door de beschouwde periode en het bruto vloeroppervlak.
NMD	Nationale Milieudatabase. Database die wordt gebruikt voor het berekenen van de milieuprestatie van gebouwen en/of bouwproducten. De database bevat een groot aantal profielen van materialen en producten die vaak in de bouw voorkomen met de bijbehorende milieueffecten en schaduwkosten.
Schaduwkosten	Zie 'MKI'.

1 Inleiding

De bouwsector staat voor een grote verduurzamingsopgave. Die opgave gaat verder dan alleen het reduceren van CO₂ in de gebruiksfase. Ook het bouwproces en het materiaalgebruik veroorzaken CO₂-impact. Hiervoor is een nieuw perspectief nodig op hoe de bouwsector verduurzaamt. We noemen dat de Whole Life Carbon aanpak. Deze aanpak is onderdeel van het Europese BuildingLife programma.

NIBE heeft in opdracht van Dutch Green Building Council (DGBC) onderzoek gedaan hoe CO₂-impact van het bouwproces en materiaalgebruik voor zowel nieuwbouw alsook renovatie meegenomen zou kunnen worden in de Whole Life Carbon aanpak. De CO₂-impact van het bouwproces en materiaalgebruik noemen we ook wel de Embodied impact. De kern van ons onderzoek is de vraag geweest hoe de impact van de Nederlandse bouwsector binnen het akkoord van Parijs kan worden uitgevoerd. We noemen ons onderzoek daarom Paris Proof Embodied.

Eerder is in opdracht van DGBC onderzoek gedaan naar emissies van operationeel energieverbruik van bestaand vastgoed. Dit onderzoek is uitgewerkt als Paris Proof gebouwde omgeving in het Deltaplan Duurzame renovatie. Het voorliggende onderzoek is beoogd als aanvulling hierop (voor het embodied deel van de emissies).

In dit achtergrondrapport wordt de gekozen benadering beschreven, evenals de resultaten tot nu toe, die uiteindelijk hebben geleid tot een voorstel voor streefwaarden voor een maximale impact op klimaatverandering voor nieuwbouw en renovatie voor verschillende functies per m² bouwwerk.

Naast dit achtergrondrapport is er ook een rekenprotocol opgesteld, waarin wordt beschreven hoe de berekening kan worden uitgevoerd voor een bouwwerk.

1.1 Doelstelling voor Paris Proof embodied

Op 9 augustus 2021 presenteerde het IPCC (onafhankelijk panel van klimaatwetenschappers van de Verenigde Naties) het eerste deel van een drieluik aan klimaatrapportages om overheden te informeren voor het vormgeven van klimaatbeleid (1). In het rapport worden verschillende scenario's gepresenteerd voor de voorspelde globale temperatuurstijging. Ieder van deze scenario's heeft een cumulatief globaal budget voor uitstoot van broeikasgassen, die nog maximaal plaats mogen vinden om binnen het scenario te blijven. In ons onderzoek stellen wij het globaal cumulatief budget voor het 1,5 graden scenario (met 67% waarschijnlijkheid) centraal en wij hebben met ons onderzoek willen aangeven hoe de verwachte Nederlandse bouwopgave van 2021-2050 mogelijk is binnen het eerlijk aandeel van de Nederlandse bouwsector in dit cumulatieve globale budget.

Doelstelling: hoe kan de Nederlandse bouwopgave worden uitgevoerd binnen het koolstof budget dat hoort bij het 1,5 graden scenario van het IPCC (1).

1.2 Opbouw van het onderzoek en leeswijzer

Budget

Centraal in het onderzoek staat het beschikbare CO₂ budget voor de Nederlandse bouwsector. Dit budget staat niet officieel vast. Om hier een invulling aan te geven is er vanuit het wereldwijde budget een Nederlands aandeel bepaald en vanuit dit Nederlandse budget is een "eerlijk aandeel" voor de Nederlandse bouwopgave bepaald. Deze analyse staat beschreven in hoofdstuk 2.

Bouwopgave

Om te kunnen bepalen of de Nederlandse bouwopgave binnen het budget uitgevoerd kan worden zal de Nederlandse bouwopgave moeten worden vastgesteld. Op basis van verschillende datasets (o.a. CBS, TNO, EIB, NIBE, DGBC) is een prognose gemaakt van de Nederlandse bouwopgave voor de periode 2021 t/m 2050. Dit is beschreven in hoofdstuk 4.

Huidige bouwpraktijk

Als basis voor de embodied CO₂ berekeningen is er een dataset opgebouwd van bouwwerken. Een bouwwerk kan in deze dataset worden opgenomen als er een Milieuprestatie gebouw (MPG) berekening beschikbaar is in één van de erkende rekeninstrumenten en met gebruik van de Nationale Milieudatabase (NMD) v3.0. Bij gebruik van een erkend rekeninstrument en de NMD v3.0 is er een uitsplitsing van de resultaten per LCA module mogelijk. Dit is noodzakelijk voor het gebruik in ons onderzoek. Dit is beschreven in hoofdstukken 3 (methode) en 4 (dataset).

Scenario's

Aan de hand van de huidige bouwpraktijk, de bouwopgave en verduurzamingsscenario's zijn er embodied CO₂ emissie scenario's gebouwd. Deze scenario's geven inzicht in wat er nodig is om de embodied emissie van de bouwopgave vanaf vandaag tot 2050, cumulatief, binnen het budget te houden. Dit is beschreven in hoofdstuk 6.

Streefwaarden

Tenslotte is er op basis van de scenario's een voorstel gedaan voor de maximale embodied CO₂ emissie per m² bouwwerk voor de verschillende gebouwtypen. Als we alles bouwen binnen deze maximale streefwaarden dan is het waarschijnlijk dat de bouwopgave in zijn totaal binnen het budget van het 1,5 graden scenario blijft. Dit is beschreven in hoofdstuk 7.

1.3 Belang van een praktisch perspectief

Het moge duidelijk zijn dat dit een enorme opgave is en het is niet onze verwachting dat we dit morgen direct met zijn allen geregeld hebben. Maar we vinden het belangrijk een praktisch perspectief te bieden, waar partijen zich op kunnen richten. Het blijkt dat de streefwaarden ambitieus zijn, maar niet onhaalbaar. Met voldoende inspanning zou het naar ons idee voor elke bouwopgave mogelijk moeten zijn aan deze streefwaarden te voldoen. Partijen, die dit realiseren, kunnen zich dan met trots Paris Proof noemen en laten zien dat zij hun deel van de opgave met succes hebben ingevuld.

2 Ons CO₂-eq. budget

In het laatste IPCC rapport (1) worden verschillende scenario's getoond voor opwarming van de aarde door broeikasgasemissies. Het IPCC beschrijft scenario's aan de hand van de maximale temperatuurstijging en de waarschijnlijkheid daarop. In ons onderzoek hanteren wij het 1,5 graden scenario van het IPCC.

In het klimaatakkoord van Parijs is door een groot aantal landen, waaronder Nederland, afgesproken dat we streven de opwarming van de aarde te beperken tot 1,5 graden. Bij dit scenario hoort een nog maximaal wereldwijd uit te stoten budget aan broeikasgassen van 400 Gt CO₂-eq. (tabel SPM:2 uit (1)) bij een waarschijnlijkheid van 67%.

Approximate global warming relative to 1850–1900 until temperature limit (°C)*(1)	Additional global warming relative to 2010–2019 until temperature limit (°C)	Estimated remaining carbon budgets from the beginning of 2020 (GtCO ₂)					Variations in reductions in non-CO ₂ emissions*(3)
		Likelihood of limiting global warming to temperature limit*(2)					
		17%	33%	50%	67%	83%	
1.5	0.43	900	650	500	400	300	Higher or lower reductions in accompanying non-CO ₂ emissions can increase or decrease the values on the left by 220 GtCO ₂ or more
1.7	0.63	1450	1050	850	700	550	
2.0	0.93	2300	1700	1350	1150	900	

Dit wereldwijde budget kan op verschillende manieren verdeeld worden naar individuele landen. In ons onderzoek hebben we ervoor gekozen dit te verdelen op basis van het inwonersaantal. De wereld kent op dit moment naar schatting 7,7 miljard mensen (bron Wikipedia). Nederland heeft op dit moment 17,5 miljoen inwoners (bron CBS bevolkingsteller (2)). Hiermee is de schatting voor het budget voor Nederland 909 miljoen ton CO₂-eq.

Binnen de Nederlandse economie is de bouw een belangrijke sector. Voor de verdeling van ons Nederlandse budget naar sectoren is nog geen objectieve maatstaf beschikbaar. Internationaal onderzoek van IEA laat zien dat de bouwmaterialen industrie een bijdrage heeft van 11% aan de wereldwijde emissies (bron IEA 2019). Bij gebrek aan Nederlandse referenties hanteren we deze aanname. Als we 11% nemen van 909 miljoen ton CO₂-eq. dan levert dat een budget voor de bouwsector op van 100 M ton CO₂-eq.

Dit budget van 100 M ton CO₂-eq. is dus het budget voor de totale bouwsector, waar dan zowel woning- en utiliteitsbouw (B&U) als de grond-, weg- en waterbouw (GWW) onderdeel van uitmaken. In onze studie hebben we geen onderzoek gedaan naar de GWW. We hebben in het budget ook niet gecorrigeerd voor de GWW, maar hebben gekeken naar scenario's voor de B&U en hebben die dan afgezet tegen dit totale budget. We hebben geen inschatting gemaakt voor het GWW deel in de emissie van de bouwmaterialen industrie. Een verhouding uit de feiten en cijfers van Bouwend Nederland geeft een indicatie dat de GWW ca. 25% van het totaal zou bedragen.



3 “Upfront carbon” benadering

In de Nederlandse milieuprestatie gebouw (MPG) systematiek is het gebruikelijk de milieuprestatie van een bouwwerk te berekenen over de gehele levensduur (van 50 jaar voor utiliteit en 75 jaar voor woningbouw). Hierbij wordt ook rekening gehouden met de potentie van recycling en hergebruik na de levensduur, waarvoor een milieubesparing kan worden toegerekend.

Om de vraag te beantwoorden of de Nederlandse bouwopgave qua broeikasgas emissies binnen het akkoord van Parijs zal blijven is de MPG systematiek minder geschikt. Enerzijds omdat toekomstige effecten, die buiten de tijdshorizon liggen, worden meegerekend en anderzijds omdat potentiële besparingen als negatieve emissie worden verrekend. Dit laatste werkt niet voor een budget benadering, door besparing worden er immers geen broeikasgassen uit de atmosfeer gehaald, er wordt enkel nieuwe emissie voorkomen.

Voor de Paris Proof analyse maken we daarom gebruik van een methode die in het Verenigd Koninkrijk ook wordt toegepast en die daar “Upfront carbon” is genoemd. Deze methode kijkt enkel naar de broeikasgas emissies van bron tot realisatie bouwwerk en geeft die per m² bouwwerk weer.

3.1 LCA brondata

In de Nederlandse Nationale Milieudatabase zijn brongegevens uit Levenscyclusanalyses (LCA) van bouwproducten vastgelegd. Deze gegevens zijn modulair opgesteld, dat betekent dat elke levensfase van een bouwproduct apart is benoemd. Het overzicht hiernaast laat zien welke fasen er in deze database zijn benoemd. Voor onze studie willen we ons beperken van bron tot realisatie bouw, dit betekent in termen van LCA modules dat we ons dan beperken tot modules A1 t/m A5.

module	levensfase
A1-A3	Productie
A4-A5	Bouw
B1-5	Gebruik
C1-4	Sloop & afvalverwerking
D	Recycling, hergebruik en energierecuperatie

Hiervoor kunnen we dus gebruik maken van de Nationale Milieudatabase en de daarop aangesloten rekeninstrumenten. Er is een rekenprotocol opgesteld voor de “embodied carbon berekening voor Paris Proof”. Dit protocol geeft aan hoe de berekening dient te worden opgezet en gerapporteerd.

3.2 Gebruiksfase B

Een deel van de milieu-impact in de gebruiksfase zou binnen onze tijdshorizon kunnen vallen (2021-2050). De MPG software maakt helaas geen melding van het jaar waarin onderhoud en vervanging plaats vindt. Het is dus vanuit een MPG berekening niet mogelijk om van die ingrepen tijdsafhankelijke ingrepen te maken, zonder naar de onderliggende levensduur van ieder van de producten te kijken.

Op dit moment blijkt dat vervangingen in MPG rekeninstrumenten, volgens de rekenregels, in module A1-A3 worden meegeteld. Dit betekent dat ze voor de volledige gebouwlevensduur in onze berekening terecht komen. Dit is niet wat we willen. Naar ons idee zouden de vervangingen in module B4 terecht moeten komen. Discussie hierover voeren zal wat langer duren. Voor dit moment is ons voorstel om dan met een gebouwlevensduur van 30 jaar te rekenen, zodat de vervangingen tot 2050 in de berekening worden meegenomen. Deze komen dan in A1-A3 en tellen dus mee in onze embodied CO₂-eq. berekening.

3.3 Plantaardige broeikasgassen

De LCA gegevens in de Nationale milieudatabase zijn opgesteld volgende de Bepalingsmethode milieuprestatie bouwwerken (3). Deze methode is gebaseerd op de Europese norm EN 15804+A2:2019. Deze Europese norm uit 2019 vervangt een oudere versie van de

norm uit 2013. In de 2019 versie van de norm wordt gebruik gemaakt van een nieuwe set milieueffecten. In deze nieuwe set milieueffecten wordt Global Warming Potential (GWP) in drie onderliggende bijdragen gerapporteerd, waar we dit voorheen niet deden.

Een van die drie bijdrage is GWP-Biogenic, oftewel de bijdrage aan klimaatverandering door broeikasgassen uit plantaardige bronnen.

Wanneer we in de MPG instrumenten met de nieuwe set milieueffecten gaan werken (naar verwachting in 2022) dan heeft GWP-Biogenic in module A1 voor biobased producten een negatieve waarde (gelijk aan de CO₂ opname door groei). Als we dat dan in onze Paris Proof berekening hanteren, zoals we het op dit moment hanteren, dan zou dit tot negatieve waarden leiden voor biobased producten in module A1. Op dit moment lijkt ons dat niet wenselijk, omdat de EN 15804:A2 nadrukkelijk stelt dat voor biobased producten niet enkel opname, maar ook vrijgave van Biogeen CO₂ bij einde leven beschouwd dient te worden en er sprake moet zijn van een balans over de gehele levensduur. Er wordt in Nederland op dit moment een onderzoek uitgevoerd naar dit principe. Het is ons advies om hangende het onderzoek aansluiting te houden bij de huidige praktijk en de EN 15804:A2 en ook bij gebruik van de nieuwe dataset (mocht dat begin 2022 in werking treden) opgeslagen Biogeen CO₂ niet als negatieve emissie te tellen in module A1.

Ter referentie verwijzen we naar de Engelse methode van "Upfront Carbon" (4) waarin dezelfde methode is gehanteerd en opgeslagen CO₂ niet wordt meegenomen (in het Engels sequestered Carbon).

3.4 Scope van de berekening

De Paris Proof embodied waarde wordt berekend over alle toegepaste materialen en producten. Dus zoals het gebouw wordt ontworpen of gerealiseerd, zo dient ook de MPG¹ berekening te worden opgebouwd voor de Paris Proof analyse. Dit geldt zowel voor nieuwbouw als ook voor renovatie. Bij renovatie hoeven de delen van

¹ Voor een MPG berekening voor het bouwbesluit wordt nu gevraagd enkel die onderdelen uit het bouwwerk op te nemen, die volgens bouwbesluit verplicht zijn. Dit is gedaan, omdat de MPG systematiek in het bouwbesluit wordt

de bestaande constructie, die niet worden aangepast, niet in de MPG berekening te worden opgenomen. Wederom, we kijken enkel naar de toegepaste materialen en producten.

Voor de scenario analyses in onze studie hebben we gebruik gemaakt van bestaande MPG berekeningen voor bouwwerken. Dit betekent dat in onze dataset waarschijnlijk door de opsteller de scope van het bouwbesluit is aangehouden. We hebben niet kunnen nagaan wat de scope van de MPG berekeningen is geweest voor alle data die we hebben gehanteerd (zie later). We moeten er daarom maar vanuit gaan dat het bouwbesluit is gehanteerd als scope bepaling van de MPG berekeningen.

Dit betekent dat onze streefwaarden, die we later presenteren in dit rapport, waarschijnlijk gebaseerd zijn op MPG berekeningen met de scope van het bouwbesluit als basis. Het is ons advies om de MPG dataset te onderhouden en uit te breiden, zodat de kwaliteit van de dataset zal toenemen.

3.5 Warmte- en elektriciteit opwekking

Paris Proof kent zowel een operationeel energieverbruik streefwaarde als straks ook een embodied Carbon streefwaarde. Alle maatregelen die nodig zijn om de operationeel energieverbruik streefwaarde te halen, dienen ook in de berekening van embodied Carbon te zijn meegenomen. Nu kan het voorkomen dat er energiematregelen worden genomen die verder gaan dan dat. Dit komt in de praktijk naar ons idee nog niet vaak voor, maar het is wel mogelijk. Voor nu is onze keus om ook die energiematregelen dan mee te nemen in de MPG berekening. Als dit in de praktijk vaker gaat gebeuren, dan is ons advies hier nader naar te kijken en een zorgvuldigere afweging te gaan maken.

aangewezen en het bouwbesluit mag enkel verplichtingen stellen die onderdeel zijn van het bouwbesluit en niet daar buiten.

4 Nederlandse bouwdata

Voor het berekenen van de scenario's maken we gebruik van een aantal datasets. Deze worden in dit hoofdstuk kort toegelicht.

4.1 Bestaande voorraad

Voor de bestaande voorraad aan woningen hebben we in ons model de CBS gegevens opgenomen. Deze gegevens geven de voorraad aan bestaande woningen per vloeroppervlak weer. Tabel 1 toont als voorbeeld de dataset voor eengezinswoningen. Een zelfde set is er voor meergezinswoningen.

Tabel 1. CSB data voor bestaande voorraad eengezinswoningen

Naam	Aantal
Woning (eengezinswoning) 2m ² - 15m ²	329
Woning (eengezinswoning) 15m ² - 50m ²	22913
Woning (eengezinswoning) 50m ² - 75m ²	165307
Woning (eengezinswoning) 75m ² - 100m ²	920904
Woning (eengezinswoning) 100m ² - 150m ²	2588842
Woning (eengezinswoning) 150m ² - 250m ²	1106543
Woning (eengezinswoning) 250m ² - 500m ²	215602
Woning (eengezinswoning) 500m ² - 10000m ²	39113

De informatie over de bestaande voorraad wordt in ons model gebruikt om het volume aan renovatie te berekenen (zie hoofdstuk 5).

Voor de bestaande voorraad aan utiliteitsgebouwen hebben we een aanname gebruikt dat de totale voorraad in Nederland op dit moment 600 miljoen m² bedraagt (referentie Martin Mooij DGBC). De verdeling over typen gebouwen in deze groep is heel divers. Er is een overzicht uit een studie van 2012. Dat hebben we nu nog niet gebruikt. Voor nu hebben we de eenvoudige aanname gedaan dat

² Voor industrie hanteren we nu in de dataset MPG berekeningen voor logistiek vastgoed.

van Utiliteitsbouw 50% een kantoor of kantoorachtige omgeving is (gebouw waarin mensen werken, vaak in combinatie met een deel andere functie). In ons model hanteren we nu naast kantoor enkel retail en industrie² als type en deze hebben we voor nu beide op 25% van het volume aangenomen. Deze verdeling is zeker niet correct, maar omdat in de dataset die we nu hanteren slechts beperkte data beschikbaar zijn en deze qua CO₂ impact voor de drie Utiliteitsbouw typen niet ver uit elkaar liggen, maakt het voor de uitkomst van de scenario's op dit moment niet veel uit hoe we de verdeling precies maken. Hier ligt wel een mooie kans voor verdere ontwikkeling om het model accurater te krijgen.

4.2 Bouwvolume 2020-2050

Naast de bestaande voorraad heeft ons model ook een voorspelling van het bouwvolume nodig. Dit hebben we gemaakt voor nieuwbouw en voor renovatie.

Voor nieuwbouw hanteren we de volgende inschattingen:

Woningbouw 70.000 woningen per jaar
 waarvan 2/3 eengezinswoningen en 1/3 meergezinswoningen
 gelijkelijk verdeeld over de verschillende m² klassen

Utiliteitsbouw 6,2 Miljoen m² per jaar
 50% kantoren, 25% industrie en 25% retail

Voor renovatie hebben we aangenomen dat alle bestaande woningen gerenoveerd moeten worden en dat 50% van de bestaande voorraad Utiliteitsgebouwen nog gerenoveerd zal worden. Voor het tijdstip van renovatie gebruiken we een S-curve verdeling over de tijd, zie verder hoofdstuk 5 voor toelichting.

4.3 Nieuwbouw CO₂ footprint 2021

Om een inschatting te hebben van de CO₂ footprint module A1-A5 voor de huidige wijze van bouwen (ons 0-punt) is een dataset opgebouwd van MPG berekeningen van bestaande bouwwerken en referentie gebouwen. Deze dataset is in samenwerking met W/E Adviseurs en DGBC opgebouwd en opgenomen in bijlage 1. Uit deze dataset hebben we de laagste, gemiddelde en hoogste waarde bepaald per type bouwwerk en deze tabel is opgenomen in ons model. Daarbij kan de gebruiker van het model kiezen of de laagste, gemiddelde of hoogste waarde gebruikt wordt als 0-punt in het scenario model.

Tabel 2. Overzicht van de laagste, gemiddelde en hoogste waarde van CO₂-eq. per m² voor nieuwbouw van de verschillende bouwtypen in het model.

Code		Laag	Gemiddeld	Hoog
WE	Woning (eengezinswoning)	190	286	373
WM	Woning (meergezinswoning)	190	286	373
KAN	Kantoor	205	275	333
RV	Retail vastgoed	292	294	296
IND	Industrie	228	253	271

4.4 Renovatie CO₂ footprint 2021

We hebben onvoldoende MPG berekeningen voor renovatie beschikbaar en renovatie opgaven zijn onderling sterk verschillend van karakter. Om toch een werkbare dataset voor renovatie te krijgen hebben we een inschatting gemaakt. Hiervoor hebben we alle MPG berekeningen in onze dataset (voor nieuwbouw) uit elkaar gehaald per bouwlaag en hebben we aangenomen dat renovatie van een dergelijk bouwwerk gelijk te stellen is aan de optelsom nieuwbouw van schil en installaties. Dit is een praktisch bruikbare aanname en deze kunnen we op elke MPG berekening toepassen. Op basis hiervan hebben wij voor renovatie ook een lage, gemiddelde en hoge analyse op de dataset gemaakt en dit is de basis voor ons scenario model voor de CO₂ impact van renovatie.

Tabel 3. Overzicht van de laagste, gemiddelde en hoogste waarde van CO₂-eq. per m² voor renovatie van de verschillende bouwtypen in het model.

Code		Laag	Gemiddeld	Hoog
WE	Woning (eengezinswoning)	88	167	321
WM	Woning (meergezinswoning)	88	167	321
KAN	Kantoor	58	131	229
RV	Retail vastgoed	170	171	172
IND	Industrie	74	115	149

5 Scenario model

Ons scenario model is in zijn basis opzet heel eenvoudig. Het bepaalt in elk jaar de totale embodied CO₂ impact van elk gebouwtype op basis van de hoeveelheid nieuwbouw en renovatie. Hiervoor is bouwvolume nodig en de CO₂ footprint van de bouw in dat betreffende jaar. De CO₂ footprint in het betreffende jaar wordt bepaald door de industrie prestatie in dat jaar (die elk jaar x% verbetert ten opzichte van het voorliggende jaar) en de referentie footprint (laagste, gemiddelde of hoogste relatieve prestatie) in het basis jaar 2021.

Het scenario model is te gebruiken door aan verschillende 'knoppen' te kunnen draaien. Wat gebeurt er bijvoorbeeld met het Carbon Budget als de trend van biobased materiaalgebruik doorzet en het aandeel biobased materiaalgebruik groter wordt? Of van Urban Mining? Maar, ook vragen als wat er gebeurt als de industrie sneller of langzamer verbetert in een bepaald jaar, of als we alleen met de best-in-class uitgangspunten gaan bouwen.

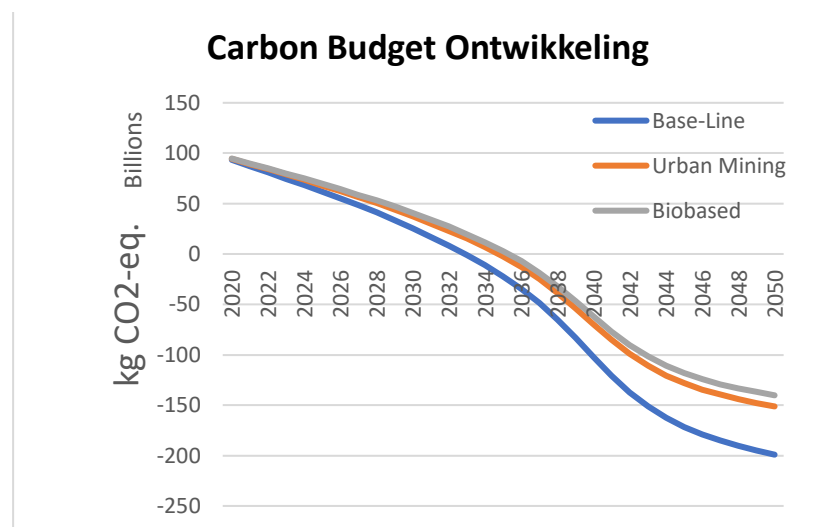
De verdere werking van het Excel model en gebruikte aannames zijn te vinden in bijlage 1.

6 Scenario's

In dit hoofdstuk zullen we een aantal scenario's beschrijven en laten zien. Doel is uiteindelijk te modelleren bij welke bouwprestatie we de totale bouwopgave binnen het budget zouden kunnen uitvoeren. Dit is het uiteindelijke scenario dat ons heeft geleid naar ons voorstel voor de streefwaarden.

6.1 Business as usual

Het eerste scenario om te beschouwen is een scenario waarin de industrie zich met 2% per jaar verbetert (naar onze beste inschatting is dit de maximale snelheid van verbetering geweest in de afgelopen 10 jaar) en er verder niet veel verandert.

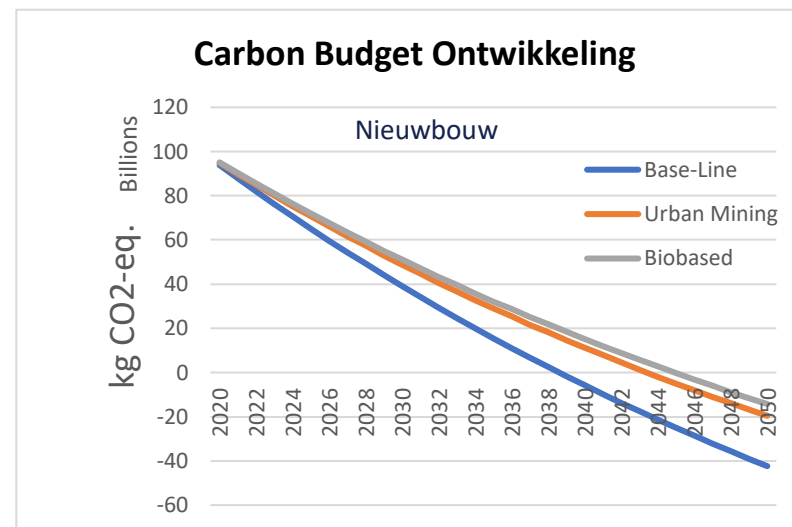


Figuur 1. Business as usual scenario uitwerking. Base-Line is gebaseerd op 2% jaarlijkse verbetering van de industrie. Renovatie is opgenomen volgens het Base-Line renovatie tempo, zie Bijlage 1.

De uitwerking laat zien dat bij een business as usual scenario het budget bij het Base-line scenario verbruikt is rond 2032. Succesvol introduceren van Urban Mining en/of biobased bouwen op grote

schaal kan dit punt uitstellen tot 2036. Uiteindelijk overschrijden we het budget met ca. 150-200% procent.

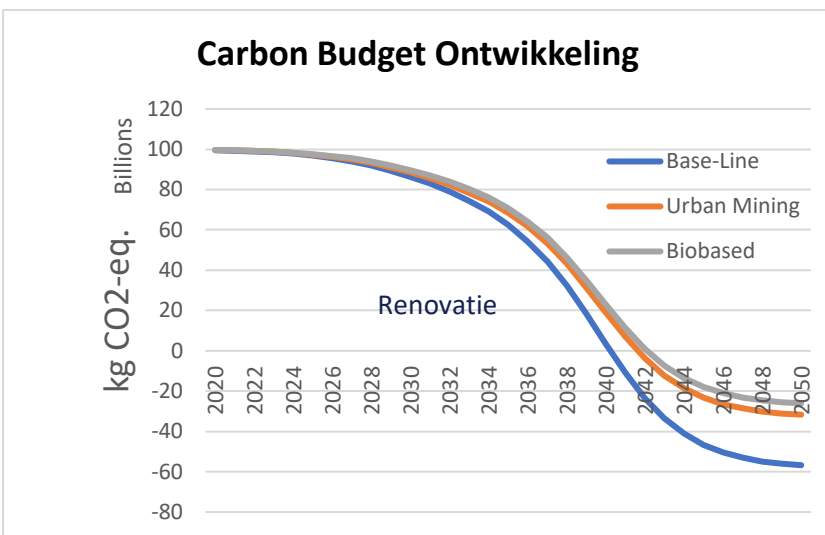
We kunnen uit dit scenario voor extra inzicht de nieuwbouw en de renovatie impact scheiden. Dit leert ons dat de renovatie opgave groter is dan de nieuwbouw opgave, maar wel later op gang komt.



Figuur 2. Het nieuwbouw aandeel uit het business as usual scenario.

Voor de renovatie opgave geldt dat we die met een S-curve over de tijd hebben verdeeld. Dit is een lastige inschatting, we weten tenslotte niet hoe snel we uiteindelijk deze opgave zullen uitvoeren met zijn allen. De verdeling die we als basis hebben aangenomen is in Bijlage 1 getoond en toegelicht. Deze is wel belangrijk, want met de jaarlijkse verbetering van industrie leidt uitstel van de uitvoering in onze embodied scenario's tot een lagere uiteindelijke uitstoot. Daar staat natuurlijk tegenover dat door het later renoveren van de bestaande voorraad de emissie van het operationele energieverbruik langer hoog blijft. Uiteindelijk moet een integrale analyse (zowel embodied als operationeel) worden uitgevoerd. Deze

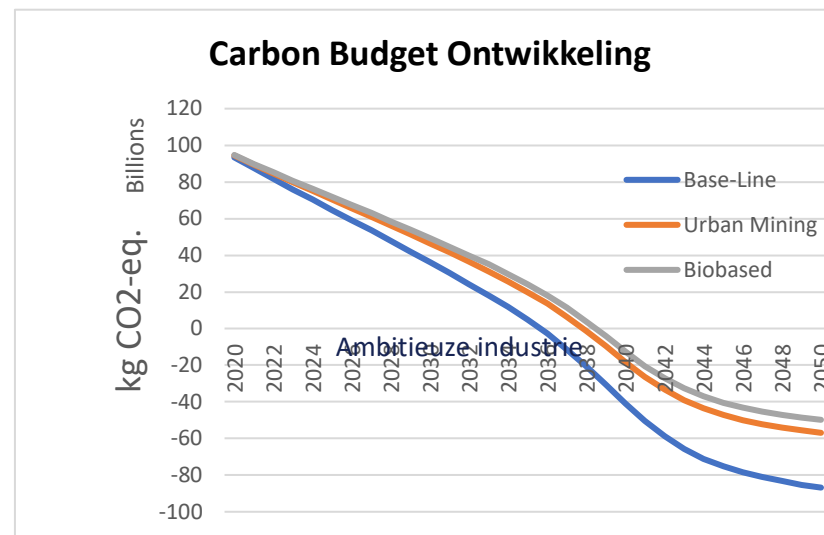
integrale analyse is nu geen onderdeel van ons onderzoek, maar het model is wel geschikt om het operationele deel ook op te nemen.



Figuur 1. Het aandeel renovatie in het Business as usual scenario.

6.2 Ambitieuze industrie scenario

Het volgende scenario dat van interesse is is een scenario waarbij de bouwmaterialen industrie zichzelf sneller transformeert. Deze transformatie is gericht op het uit faseren van fossiele brandstoffen en zal in de praktijk ook energiebesparing omvatten, als ook innovaties in materialen en productie. Dit wordt allemaal samengevat in een jaarlijks percentage waarmee de industrie haar embodied CO₂ impact verlaagt. Tot nu toe zijn er nog geen toezeggingen gedaan door de industrie die verder gaan dan 2-3% verbetering per jaar. Zoals het business as usual scenario al laat zien is dit onvoldoende om binnen het budget te blijven. We hebben dus scenario's gemaakt die ambitieuzer zijn, om te verkennen wat dit dan zou betekenen.



Figuur 2. Scenario met 5% jaarlijkse verbetering van de industrie. Dit is veel sneller dan we tot nu toe hebben gezien en ambitieuzer dan welk plan dan ook dat er nu ligt van de industrie.

Figuur 4 Laat zien dat bij 5% jaarlijkse verbetering van de industrie we al dicht bij ons budget kunnen komen, wanneer dit in combinatie met urban mining en biobased kan plaatsvinden.

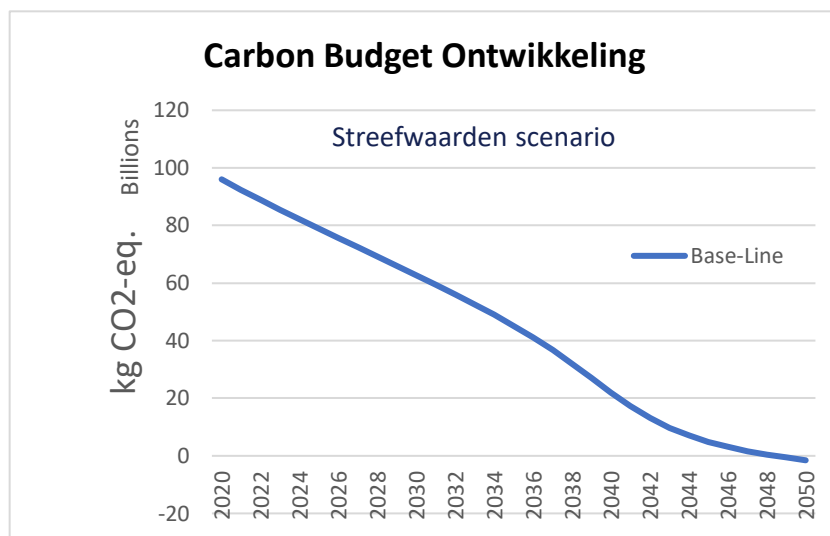
6.3 Streefwaarden scenario

Tenslotte hebben we een oefening gedaan met de industrie op ambitieus (5%) en uitvoering op de best in class performance groep en daarbij opgeteld nog een % reductie overall. Dit % reductie overall hebben we net zolang opgevoerd tot het base line scenario (zonder urban mining en biobased) binnen budget uitgevoerd kan worden. Dit blijkt bij 15% reductie dan het geval te zijn. De settings voor dit scenario zijn dus:

1. Industrie jaarlijks 5% verbetering
2. Best in class prestatie
3. 15% beter overall

Uit dit scenario kunnen we dan de CO₂ streefwaarden per m² aflezen voor elk gebouwtype. Dit betekent niet dat we niet verwachten dat

urban mining of biobased niet succesvol zullen zijn, juist wel. Deze twee handelingsperspectieven zullen naar ons idee een heel belangrijk onderdeel vormen van het halen van de streefwaarden.



Figuur 3. Optimaal scenario om streefwaarde vast te stellen. 15% betere prestatie dan de best in class groep uit onze dataset.

7 Paris Proof streefwaarden

Uit het streefwaarden scenario, zoals in hoofdstuk 6.3 gepresenteerd, doen wij een voorstel voor streefwaarden voor “embodied carbon” per m² per type bouwwerk. Met deze streefwaarden komen we dichtbij of blijven we net binnen ons CO₂ budget. De afbouw van de streefwaarden richting 2050 geven we indicatief. De streefwaarden voor 2021 zouden we nu willen vaststellen en die zouden dan voor een bepaald aantal jaren moeten gelden. Het zou ons voorstel zijn de streefwaarden periodiek aan te scherpen. Als referentie zouden we naar het Betonakkoord kunnen kijken. Daarin worden MKI-plafondwaarden gehanteerd voor inkoop van beton. Deze worden elke 3 jaar aangescherpt volgens het huidige voorstel. Zo’n periode zou voor Paris Proof embodied carbon streefwaarden mogelijk ook bruikbaar zijn.

Tabel 4. Voorstel voor streefwaarden voor Paris Proof bouwwerken. Streefwaarde is gegevens in “embodied Carbon” per m² bouwwerk. Embodied Carbon kan berekend worden volgens het Paris Proof embodied carbon rekenprotocol.

Paris Proof streefwaarden NIEUWBOUW	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	240	151	91	54

Dat de streefwaarden nog niet naar nul gaan in 2050 komt door de opbouw van ons model, waarin de industrie waarden elk jaar 5% verbeteren ten opzichte van het voorgaande jaar. Dat betekent dat ze asymptotisch naar nul bewegen. Dat aspect laten we voor nu nog even open, maar de streefwaarden moeten we richting 2050 natuurlijk wel naar nul laten gaan. De discussie of nul echt mogelijk is en of nul echt nodig is, wordt naar onze verwachting nog wel gevoerd, maar niet op dit moment.

Tabel 5. Voorstel voor streefwaarden voor Paris Proof bouwwerken. Streefwaarde is gegevens in “embodied Carbon” per m² bouwwerk. Embodied Carbon kan berekend worden volgens het Paris Proof embodied carbon rekenprotocol.

Paris Proof streefwaarden RENOVATIE	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	100	63	38	23

8 Verwijzingen

1. **IPCC.** : *Climate Change 2021: The Physical Science Basis*. sl : IPCC, 2021.
2. **CBS.** bevolkingsteller. [Online] <https://www.cbs.nl/nl-nl/visualisaties/dashboard-bevolking/bevolkingsteller>.
3. **Stichting Nationale Milieudatabase.** Bepalingsmethode milieuprestatie bouwwerken 1.0, inclusief wijzigingsbladen okt 2020 en feb 2021. [Online] www.milieudatabase.nl.
4. **industry.** *Whole life carbon; a proposed amendment to The Building Regulations 2010*. sl : UK Industry, 20 juli 2021. AD-Z+proposal.

BIJLAGE 1. Toelichting Excel model

Carbon Budget (Visueel)

Het belangrijkste tabblad met het invoertabblad, waar de selecties kunnen worden opgegeven voor het gewenste scenario, oftewel het 'draaien aan de knoppen' en de grafiek met het carbon budget tot 2050.

Grafiek "Carbon Budget Ontwikkeling"

Toelichting: Het resultaat van de gehele Excel. Het laat het embodied Carbon Budget tot en met 2050 visueel zien.

Tabel "Default waarde"

Toelichting: Dit zijn de standaard waarden van het model.

- Invoer van het Carbon Budget in 2020 voor de bouwsector in Nederland (in MT en kg). De standaard invoer staat op 100MT.
- Default waarde voor de jaarlijkse verbetering van de industrie. De aanname is dat deze jaarlijks met 5% verbetert.

Tabel "Voor Projectie"

Toelichting: Invoer voor resultaten grafiek "Carbon Budget Ontwikkeling". Hier kan op 3 verschillende categorieën het carbon budget worden berekend:

- Alleen de resultaten voor renovatie, nieuwbouw of de gehele opgave mee te nemen om het resterende budget te berekenen
- Voor bepaalde typen gebouwen of de gehele opgave
- Keuze voor de bandbreedte van de resultaten ten opzichte van de benchmark
 - Laag: best scorende uit de selectie
 - Gemiddeld: gemiddelde waarde van de selectie
 - Hoog: slechtste scorende uit de selectie

Tabel "Streefwaarde scenario"

Toelichting: Staat deze op 0% dan worden de resultaten weergegeven voor de daadwerkelijk resultaten zonder additionele verbetering. Blijven we dan nog niet binnen het carbon budget dan kunnen we

hier een percentage invullen hoeveel procent beter dan het gemiddelde we willen scoren. Deze waarde kan met trial en error net zo vaak worden gewijzigd totdat de grafiek aangeeft dat we wel binnen budget blijven.

Wat er op de achtergrond gebeurt

Embodied CO2 impact

Toelichting: Combineert data uit "CO₂ impact database" en "S-curve". De totale embodied CO₂ per jaar voor alle mogelijke opties wordt hier weergegeven.

Input voor: Carbon Budget (Data)

Carbon Budget (Data)

Toelichting: Tabellen met optelsom van verschillende gebouwtypen uit "Embodied CO₂ impact". De totale embodied CO₂ budget wordt hier per jaar samengevoegd en weergegeven.

Weergave in tabellen: Totale embodied CO₂ budget per jaar samengevoegd

CO2 impact databases

Toelichting: Hier staan voor alle gebouw categorieën de CO₂ uitstoot voor nieuwbouw en renovatie per m² in verschillende scenario's. Ieder scenario is weer gesplitst in drie categorieën milieu-impact.

Scenario's

- Baseline
- Urban mining: Variant op de baseline, op basis van het marktaandeel en de CO₂-reductie ten opzichte van de baseline
- Biobased: Variant op de baseline, op basis van het marktaandeel en de CO₂-reductie ten opzichte van de baseline

Milieu-categorieën

- Laag
- Gemiddeld
- Hoog

Tabel 6 Basis instellingen voor urban mining en biobased scenario's in ons model

	Marktaandeel		Reductiepercentages	
	Urban Mining	Biobased	Urban Mining	Biobased
Woning (eengezinswoning)	20,00%	50,00%	80,00%	40,00%
Woning (meergezinswoning)	20,00%	50,00%	80,00%	29,00%
Kantoor	20,00%	50,00%	80,00%	50,00%
Retail vastgoed	20,00%	50,00%	80,00%	42,00%
Industrie	20,00%	50,00%	80,00%	42,00%

S-Curve

Toelichting: Hier wordt de nieuwbouw- en renovatiesnelheid per gebouwcategorie bepaald t/m 2050.

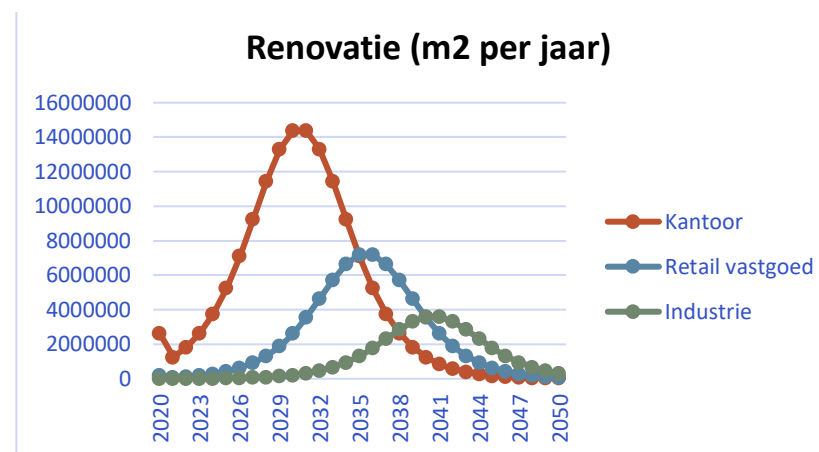
Nieuwbouw

Hierbij wordt de aanname gedaan dat tot 2050 ieder jaar 70.000 woningen worden gebouwd en 6.200.000m² per jaar voor de utiliteitsbouw. Deze worden vervolgens toegewezen aan gebouw categorieën:

- "woning (eengezinswoningen)": 2/3 van de 70.000 woningen
- "woning (meergezinswoning)": 1/3 van de 70.000 woningen
- "kantoor": 2/4 van de 6.200.000m² per jaar
- 'retail vastgoed': 1/4 van de 6.200.000m² per jaar
- "industrie": 1/4 van de 6.200.000m² per jaar

Renovatie

Voor al deze gebouw categorieën wordt de renovatiesnelheid bepaald. Deze volgt een S-Curve die gelijk is aan de opgegeven parameters in het tabblad "Carbon Budget (Visueel)". Hoeveel m² gebouw per gebouw categorie moet worden gerenoveerd is bepaald aan de hand van de huidige voorraad, gebaseerd op CBS statistieken.



Figuur 4 Voorbeeld hoe een S-curve verdeling van het renovatie volume over de jaren in het model gebeurt. De vorm van de verdeling kan worden gestuurd met parameters.

BIJLAGE 2. Dataset van embodied CO₂-eq. per m²

GROUP	ADMINISTRATION	Results - Building total [kgCO ₂ e/m ² a]								
Name	Project Name / Code	A1-3 Production	A4-5 Transport, Construction	B1-4 Use, Maintenance, Repair, Replacement	B5 Refurbishment	B6-7 Operational energy use, water use	C1-2 Deconstruction, Transport	C3-4 Waste processing, Disposal	(D) Reuse, recovery, recycling	total
	<i>admin_project_code</i>	<i>GHG_A123_m2a</i>	<i>GHG_A45_m2a</i>	<i>GHG_B1234_m2a</i>	<i>GHG_B5_m2a</i>	<i>GHG_B67_m2a</i>	<i>GHG_C12_m2a</i>	<i>GHG_C34_m2a</i>	<i>GHG_D_m2a</i>	
Unit remarks ↓	Please specify ↓	[kgCO ₂ e/m ²] ↓	[kgCO ₂ e/m ²] ↓	[kgCO ₂ e/m ²] ↓	[kgCO ₂ e/m ²] ↓	[kgCO ₂ e/m ²] ↓	[kgCO ₂ e/m ²] ↓	[kgCO ₂ e/m ²] ↓	[kgCO ₂ e/m ²] ↓	[kgCO ₂ e/m ²] ↓
13	Woning S Tussen	4,146	0,207	0,044	MND	MND	0,288	0,000	-0,367	4,32
14	Woongebouw M	5,569	0,242	0,081	MND	MND	0,360	0,000	-0,454	5,799
15	Woning M Tussen	6,705	0,281	0,145	MND	MND	0,551	0,000	-0,461	7,220
16	Woning M Hock	4,563	0,228	0,049	MND	MND	0,159	0,000	-0,390	4,610
17	Woning L vrij	4,753	0,209	0,082	MND	MND	0,240	0,000	-0,545	4,738
18	woonwonen	5,957	0,088	0,251	MND	MND	0,209	0,000	-0,883	5,622
19	Woongebouw XL	5,383	0,210	0,042	MND	MND	0,417	0,000	-0,538	5,514
20	Kantoor M	7,313	0,525	0,221	MND	MND	0,365	0,000	-0,646	7,778
21	Kantoor XL	6,818	0,426	0,184	MND	MND	0,273	0,000	-0,838	6,862
22	Onderwijsgebouw 1000m ²	5,439	0,609	0,135	MND	MND	0,631	0,000	-0,721	6,092
23	Onderwijsgebouw 6000m ²	4,331	0,500	0,081	MND	MND	0,471	0,000	-0,666	4,718
24	Bedrijfsgebouw 538 m ²	5,623	0,513	0,200	MND	MND	0,606	0,000	-1,247	5,896
25	Bedrijfsgebouw 3276 m ²	4,893	0,472	0,184	MND	MND	0,637	0,000	-0,956	5,231
26	Logiesgebouw collectief 1500 m ²	4,628	0,467	0,082	MND	MND	0,570	0,000	-0,456	5,290
27	Logiesgebouw individueel 1500 m ²	5,418	0,432	0,111	MND	MND	0,595	0,000	-0,498	6,057
28	Woongebouw groepszorg	5,056	0,228	0,060	MND	MND	0,416	0,000	-0,408	5,352
29	Woongebouw groepszorg	4,586	0,165	0,048	MND	MND	0,393	0,000	-0,432	4,759
30	Woongebouw zorgcluster	4,140	0,171	0,011	MND	MND	0,205	0,000	-0,283	4,244
31	Woongebouw zorgcluster	6,700	0,269	0,041	MND	MND	0,410	0,000	-0,651	6,768
32	Overdekt winkelcentrum	6,277	0,611	0,154	MND	MND	0,772	0,000	-1,084	6,730
33	Woongebouw groepszorg	4,100	0,210	0,014	MND	MND	0,173	0,000	-0,297	4,200
34	woongebouw zorgcluster	4,731	0,244	0,041	MND	MND	0,296	0,000	-0,246	5,067
35	Overdekt winkelcentrum	6,350	0,623	0,166	MND	MND	0,824	0,000	-1,101	6,862
36	zolaire winkelunit	6,265	0,613	0,198	MND	MND	0,876	0,000	-1,066	6,886
37	zalencomplex	5,126	0,614	0,168	MND	MND	0,720	0,000	-0,740	5,888
38	grote zaal	6,419	0,737	0,205	MND	MND	0,827	0,000	-1,008	7,181
39	theaterzaal	6,049	0,608	0,088	MND	MND	0,633	0,000	-1,026	6,353
40	sporthal	9,939	0,579	0,194	MND	MND	0,424	0,000	-2,682	8,454
41	zwsombd	18,118	0,900	0,169	MND	MND	0,988	0,000	-5,512	14,663
42	tussenwoning basis	3,490	0,256	-0,020	MND	MND	0,270	0,000	-0,328	3,669
43	tussenwoning meer glas	3,533	0,251	-0,020	MND	MND	0,269	0,000	-0,330	3,703
44	tussenwoning erker	3,586	0,271	-0,019	MND	MND	0,277	0,000	-0,343	3,771
45	tussenwoning uitbouw	3,694	0,286	-0,018	MND	MND	0,304	0,000	-0,355	3,912
46	tussenwoning daklappal	3,618	0,257	-0,020	MND	MND	0,261	0,000	-0,330	3,786
47	Tussenwoning, hout en baksteen	2,887	0,174	0,006	MND	MND	0,281	0,000	-0,362	2,966
48	tussenwoning, bijlage B, hout, baksteen	2,879	0,174	0,006	MND	MND	0,281	0,000	-0,382	2,958
49	tussenwoning, bijlage B, hout, houtbekleding	2,845	0,135	0,016	MND	MND	0,431	0,000	-0,404	3,022
50	tussenwoning isolatie	3,524	0,256	-0,020	MND	MND	0,277	0,000	-0,328	3,710