

Materiaalstromen en milieubelasting in de bouw en infra

Materiaalstromen, MKI en CO₂-emissies in 2023, 2030 en 2050

Februari 2026



Auteurs

Economisch Instituut voor de Bouw (EIB)

Jelger Arnoldussen
Jeffrey Kok
Noam van Dooremolen

Structural Collective

Ivan Thung
Job Papineau Salm
Stijn Louca
Harmen Heida

Grafisch ontwerp

Why This?

Marta Sierra García

Opdrachtgevers

Rijkswaterstaat (RWS) en de Rijksdienst voor
Ondernemend Nederland (RVO)

Uitgever

Economisch Instituut voor de Bouw,
Structural Collective

Februari 2026

Inhoudsopgave

Afkortingen- en definitielijst	4
Samenvatting	5
Discussie en aanbevelingen	16
Hoofdstuk 1: Scope van de opdracht	19
 Deel 1: Grond-, weg- en waterbouw (GWW)	20
Scope van de opdracht: GWW	21
Hoofdstuk 2: Productie GWW	25
Hoofdstuk 3: Materiaalstromen in de GWW	38
Hoofdstuk 4: Milieu-impact van de GWW 2023	53
Hoofdstuk 5: Doorkijk naar 2030 en 2050	60
 Deel 2: Burgerlijke en Utiliteitsbouw (B&U)	76
Scope van de opdracht: B&U	77
Hoofdstuk 6: Productie B&U	80
Hoofdstuk 7: Materiaalstromen in de B&U 2023	93
Hoofdstuk 8: Milieubelasting van de B&U in 2023	103
Hoofdstuk 9: Doorkijk naar 2030, 2040 en 2050 in verschillende scenario's	112
Hoofdstuk 10: Decarbonisatie van de B&U - gevoeligheidsanalyse	139
Hoofdstuk 11: De bouwsector	144
Annex A: Analyse verandering in betonstromen (2023-2050)	155
Annex B: Overzicht tabellen en grafieken	157
Eindnoten	162

Afkortingen- en definitielijst

Afkorting/definitie	Toelichting
B&U	Burgerlijke en Utiliteitsbouw (B&U)
BAG	Basisregistratie Adressen en Gebouwen
BGT	Basisregistratie Grootchalige Topografie
GWW	Grond-, Weg- en Waterbouw
H&V	Herstel en verbouw
Milieubelasting	MKI en CO ₂
MKI	Milieukostenindicator
RWS	Rijkswaterstaat
RVO	Rijksdienst voor Ondernemend Nederland

Samenvatting

Om inzicht te krijgen in circulariteit en milieu-impact in de bouw, hebben het EIB en Structural Collective in opdracht van RWS en RVO onderzoek gedaan naar materiaalstromen in de bouw en gww. Deze studie schetst een beeld van de productie, materiaalstromen, Milieukostenindicator (MKI) en CO₂-emissies in de bouw voor 2023. Daarnaast wordt een doorkijk naar 2030 en 2050 gegeven. In 2022 is eenzelfde studie uitgevoerd voor het steekjaar 2019.¹ Door scopeverbreding en methodologische aanpassingen zijn de uitgangspunten echter veranderd, waardoor de cijfers tussen 2019 en 2023 veelal niet goed vergelijkbaar zijn tussen de jaren.

Bij het lezen van deze samenvatting en de rapportage moet daarnaast in ogenschouw worden gehouden dat er problemen bestaan rondom de beschikbaarheid en kwaliteit van de data in de GWW, met name bij opdrachtgevers anders dan Rijkswaterstaat en Prorail. Hierdoor zijn aannames gedaan en zijn resultaten veelal modelmatig tot stand gekomen en niet op basis van feitelijke productie en bouwwerkzaamheden. Dit betekent dat de hieronder gepresenteerde resultaten met de nodige voorzichtigheid moeten worden geïnterpreteerd.



GWW

Theoretisch gat tussen vraag en aanbod bedraagt ongeveer 32,5%

Door het koppelen van bouwprofielen van wegen, kunstwerken en andere assets aan de opgestelde nieuwbouw-, vervangende nieuwbouw-, en renovatiecijfers, vormt zich een beeld van de bruto massabalans tussen in- en uitgaande stromen in de GWW (tabel 1). De volumes aan materialen die gevraagd en aangeboden worden, lopen gemiddeld 32,5% uit elkaar. Gesommeerd wordt bijna 23 Mton aan materiaal gevraagd door bouwactiviteiten in de GWW en komt ruim 15 Mton vrij door sloop, vervanging en groot onderhoud.²

Wanneer volledig hergebruik van materialen die vrijkomen mogelijk zou zijn in de GWW, zou in theorie 67,5% van de vraag worden afgedekt (exclusief grond, klei, ophoogzand en zandsuppletie en vaargeulonderhoud). Vanwege beperkte mogelijkheden om materialen één-op-één te hergebruiken, ligt het percentage van de vraag dat kan worden afgedekt met het aanbod in de praktijk lager. In de praktijk treedt materiaalverlies op bij verwerking en is de kwaliteit van het vrijkomende materiaal niet altijd voldoende om het in dezelfde vorm terug te brengen in de keten.

Tabel 1. Bruto massabalans materialen in de GWW, 2023 (in kton).³

	Ingaande stromen (kton)	Deel van totaal ingaand (%)	Uitgaande stromen (kton)	Deel van totaal uitgaand (%)	Match (%)
Asfalt	8.731	38,4%	6.671	43,5%	76,4%
Menggranulaat	7.829	34,5%	3.964	25,8%	50,6%
Beton	3.505	15,4%	2.483	16,2%	70,8%
Steen	1.270	5,6%	1.330	8,7%	104,7%
Vulstof	713	3,1%	372	2,4%	52,2%
Gebakken klinker	258	1,1%	156	1,0%	60,5%
Staal en ijzer	208	0,9%	235	1,6%	113,5%
Kunststoffen	106	0,5%	46	0,3%	43,4%
Hout	36	0,2%	42	0,3%	116,7%
Overige Metalen	18	0,1%	9	0,1%	50,0%
Glas	11	0,0%	9	0,1%	81,8%
Industriezand	7	0,0%	7	0,1%	100,0%
Aluminium	7	0,0%	5	0,1%	71,4%
Grind	4	0,0%	0	0,0%	0,0%

	Ingaande stromen (kton)	Deel van totaal ingaand (%)	Uitgaande stromen (kton)	Deel van totaal uitgaand (%)	Match (%)
Overige	5	0,0%	8	0,1%	160,0%
Subtotaal	22.708	100,0%	15.337	100,0%	67,5%
Ophoogzand	6.398	20,6%	758	-	-
Klei	1.065	3,4%	0	0,0%	-
Grond	901	2,9%	8.717	35,1%	-
Totaal	31.072	100,0%	24.812	100,0%	

Bron: EIB.

ZANDSUPPLETIE EN VAARGEULONDERHOUD

Zandsuppletie betreft het winnen van zand uit de Noordzee en het aanbrengen daarvan langs de Nederlandse kust. Het betreft hier dus het verplaatsen van materiaal. Voor vaargeulonderhoud geldt min of meer hetzelfde: materiaal wordt van de ene plek (een vaargeul) naar een andere plek gebracht, bijvoorbeeld om kabels af te dekken of ten behoeve van natuurontwikkeling. Deze activiteiten brengen

CO₂-emissies met zich mee, omdat ze grote hoeveelheden materiaal in beweging brengen. Deze activiteiten zijn echter moeilijk toe te wijzen aan specifieke assets zoals bruggen of tunnels, zoals voor de andere materiaalstromen in dit rapport wel geldt. Voor zandsuppletie en vooroeversuppletie en vaargeulonderhoud zijn de volgende volumes in 2023 vastgesteld:

Tabel 2. Volumes, droge stof en CO₂-emissies vaargeulonderhoud en zandsuppletie in de GWW, 2023 (in kton).

	Droge stof (kton)	Volume (mln. m ³)	CO ₂ (kton)
Vaargeulonderhoud	51.000	34	137
Strand en vooroeversuppletie	27.000	16	65
Totaal	78.000	50	202

Bron: TNO.

Deze massa is ruim 2,5 keer de materiaalvraag van alle gemodelleerde infrastructuur assets in 2023. De ingebedde CO₂-emissies van vaargeulonderhoud bedragen 137 kiloton en van zandsuppletie 51 kiloton.

Dit is respectievelijk ongeveer 4,5% en 2% van de totale hoeveelheid emissies van de GWW. Deze CO₂-emissie inschattingen zijn gemaakt op basis van een rapport van TNO.⁴

Grote verschillen in verhouding vraag en aanbod per materiaalstroom

Voor de grootste materiaalstroom, asfalt⁵, geldt dat de theoretische vraag en het theoretische aanbod relatief dicht bij elkaar liggen: ruim 75% van de vraag naar asfalt zou in theorie kunnen worden voorzien door vrijkomend materiaal. Dit hangt samen met de relatief grote vervangingsproductie van asfaltwegen ten opzichte van de uitbreidingsproductie. Dit percentage is licht gedaald ten opzichte van de vorige studie, met name door de relatief grote vraag naar asfalt door een grotere uitbreiding van gemeentewegen ten opzichte van 2019 en het feit dat er in deze update minder rijkswegen worden vervangen op basis van een studie uit 2022 van RWS⁶. Hierdoor komt er minder asfalt vrij. De hoeveelheid gevraagde menggranulaat is in absolute zin licht gestegen ten opzichte van 2019 door de toename van de vraag naar nieuwe wegen en de vervanging van oude, maar ook van dit materiaal komt minder vrij door de lagere gerapporteerde vervanging van rijkswegen.

Voor beton geldt dat ruim 70% van de materiaalvraag theoretisch secundair zou kunnen worden ingevuld. Bij overige metalen,⁷ waaronder koper, is het verschil tussen vraag en aanbod groot: maximaal 50% van het gevraagde volume kan theoretisch door secundaire materialen worden ingevuld in 2023. Verder valt op dat er meer hout en staal is vrijgekomen in 2023 dan er werd gevraagd door de sloop van zware damwanden en spoor⁸ en meer steen door het verwijderen van spoor. Grond is in deze studie opgevat als vrijkomend materiaal door het uitgraven ten behoeve van bouwwerkzaamheden.⁹

Vrijkomend materiaal voornamelijk gerecycled, ingaande stroom voor 40% primair

Uit de studie komt naar voren dat vrijwel al het vrijkomende materiaal¹⁰ uit de GWW opnieuw wordt ingezet. Hiervan wordt ongeveer 75% gerecycled en bijna een kwart hergebruikt in gelijke vorm. Een dergelijk hergebruik vindt met name plaats bij stenen (specifiek spoorballast) en beton (specifiek betontegels).¹¹ Recycling en hergebruik vinden niet noodzakelijk plaats binnen de GWW, maar worden ook toegepast in andere sectoren. De bestemming van gerecycled materiaal (GWW, B&U of buiten de bouw) is op basis van deze studie niet vast te stellen.

Exclusief ontgraven grond en exclusief zand gebruikt voor zandsuppletie is in deze studie ongeveer 40% van het materiaal afkomstig uit primaire bronnen en ruim 55% uit secundaire bron.¹² Binnen de primaire grondstoffen zijn asfalt, beton en steen de grootste stromen. Steen wordt compleet uit primaire bronnen gewonnen.¹³ Het materiaal uit secundaire bron, ruim 18 Mton, bestaat voor een groot deel uit menggranulaat en asfalt. Gerecyclede materialen zoals menggranulaat die worden toegepast in de GWW, komen ook uit andere sectoren, zoals de B&U. Wanneer één-op-één hergebruik of recycling in deze sectoren toeneemt, zal een andere bron voor dergelijk materiaal moeten worden gevonden voor de GWW.¹⁴

Wegen kennen veel massa, ondergrondse infra een hoge MKI

In tabel 3 worden de massa, de MKI en de ingebedde CO₂-emissies die samenhangen met assets in 2023 in de GWW-sector weergegeven. Uit de tabel komt naar voren dat asfaltwegen en niet-asfaltwegen (betonklinkers of gebakken klinkers) tezamen 59% van de CO₂-emissies en 50% van de MKI voor hun rekening nemen.

Tabel 3. Bruto massabalans CO₂ en MKI assets (uitbreiding, vervanging, renovatie) in de GWW, 2023 (in kton en mln. euro).¹⁵

	Massa (Kton)	Deel van totaal massa (%)	CO ₂ (Kton)	Deel van totaal CO ₂ (%)	MKI (mln. euro)	Deel van totaal MKI (%)
 Asfaltwegen	17.623	56,7%	892	36,9%	116	31,2%
 Niet-asfaltwegen	7.417	23,9%	531	22,0%	68	18,2%
 Dijkversterking	1.888	6,1%	25	1,0%	4	1,1%
 Spoor	1.571	5,1%	141	5,9%	24	6,6%
 Viaducten	724	2,3%	60	2,5%	10	2,7%
 Tunnels	627	2,0%	99	4,1%	15	4,1%
 Bruggen	522	1,7%	138	5,7%	20	5,3%
 Riolering	369	1,2%	12	0,5%	2	0,4%
 Sluizen	111	0,4%	16	0,7%	3	0,7%
 Damwanden	104	0,3%	79	3,3%	13	3,5%
 Ondergrondse infrastructuur (ex. riolering)	99	0,3%	411	17,0%	93	24,9%
 Gemalen	16	0,1%	6	0,3%	3	0,7%
 Oeverbeschoeiing	3	0,0%	5	0,2%	2	0,5%
Totaal	31.075	100,0%	2.416	100,0%	371	100,0%

Bron: EIB, Structural Collective.

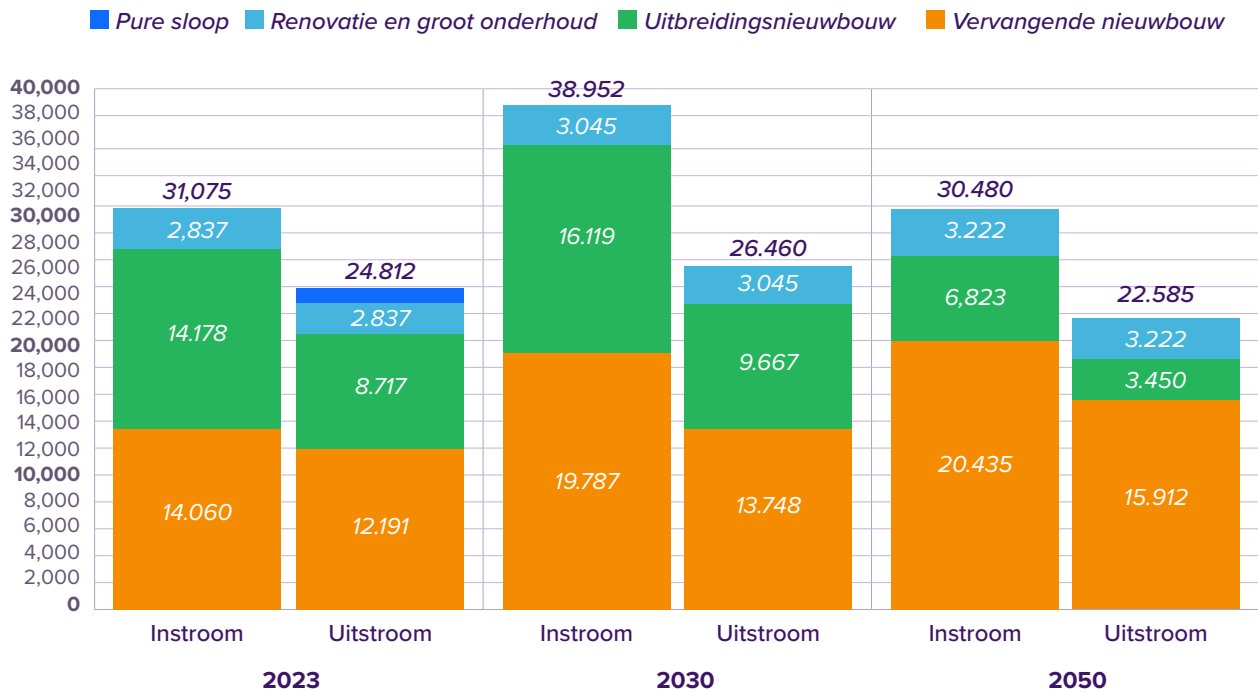
De milieubelasting van ondergrondse infrastructuur (waterleidingen, telecomkabels, verwarming en elektra, voor het eerst meegenomen in deze studie) is aanzienlijk te noemen met bijna 25% van de totale MKI van de sector.

Het merendeel van deze impact ligt bij de aanleg van hoogspannings elektrakabels.

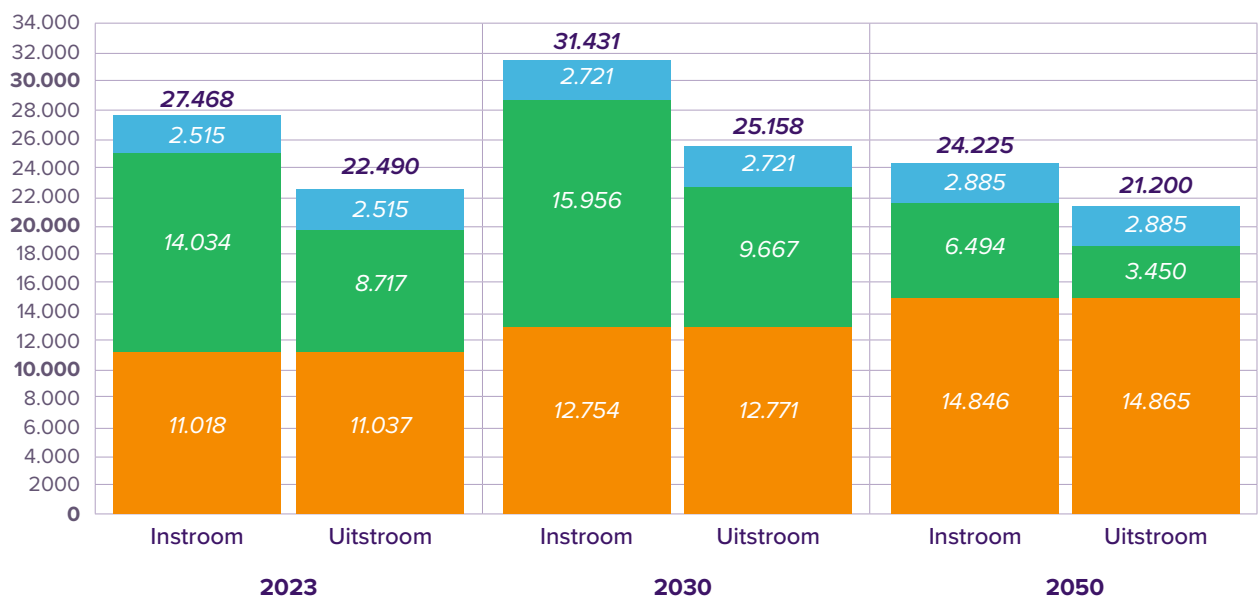
Toekomstbeeld: materiaalstromen dichter bij elkaar, MKI stijgt in 2030, daalt in 2050

Voor 2030 en 2050 geldt dat de materiaalvraag eerst toeneemt, om vervolgens af te nemen naar het niveau van 2023 (Figuur 1).

Figuur 1. Ingaande en uitgaande stromen per asset in de GWW, 2023, 2030 en 2050, in kton (boven: incl. Zandsuppletie en vaargeulonderhoud, onder: exc. Zandsuppletie, vaargeulonderhoud en dijkversterking).^{16,17}



Bron: EIB, Structural Collective.



Bron: EIB, Structural Collective.

De toename van de materiaalvraag tussen peiljaren 2023 en 2030 is voor een aanzienlijk deel toe te wijzen aan de nieuwbouwplannen. In 2030 worden naar verwachting meer woningen gebouwd dan op dit moment. Voor deze woningen zijn wegen, rioleringen, elektriciteitsaansluitingen en overige assets nodig voor functionaliteit en bereikbaarheid. Als gevolg neemt de materiaalvraag ten behoeve van uitbreiding tot 2030 naar verwachting nog toe. In de vorige studie nam het gat tussen vraag en aanbod in 2030 nog af, dat is nu niet meer het geval aangezien de uitbreidingsbehoefte door de woningbouwopgave hoger is dan in de vorige studie is geraamd. In 2050, als de huishoudensgroei volgens het CBS aanzienlijk is teruggevallen, is de vraag naar nieuwe wegen en assets kleiner en ligt de totale materiaalvraag

ongeveer op het huidige niveau. Vervangende nieuwbouw stijgt echter wel aanzienlijk, waardoor dit in 2050 ongeveer tweederde van de totale materiaalvraag vormt. Het gat tussen vraag en aanbod bedraagt dan nog ruim 25% inclusief dijkversterking en 12,5% exclusief dijkversterking, zandsuppletie en vaargeulonderhoud.¹⁸

De MKI van de GWW-sector daalt naar verwachting richting 2050 (tabel 4). In 2030 heeft de uitbreiding en vervanging van ondergrondse infra een aanzienlijke bijdrage in de MKI-stijging door de verzwaring van het elektriciteitsnet. In 2050 is de uitbreiding van het elektriciteitsnet minder nodig, waardoor de MKI weer daalt. Daarnaast bevindt de uitbreidingsproductie in 2050 zich op een lager niveau dan in 2023 en 2030.¹⁹

Tabel 4. Toename milieubelasting in 2023, 2030 en 2050 in de GWW zonder technologische vooruitgang en decarbonisatie (in kton CO₂ en mln euro). Incl. zandsuppletie en vaargeulonderhoud.

	Ingebedde CO ₂ (kton)	Toename tussen peiljaren (%)	MKI totaal (mln)	Toename tussen peiljaren (%)
2023	2.618		371	
2030	2.836	+8%	417	+12%
2050	2.404	-15%	324	-22%

Bron: EIB, Structural Collective.



Theoretisch gat tussen vraag en aanbod in B&U bedraagt meer dan 80%

Tabel 5 toont de bruto massabalans van de B&U, gemodelleerd op basis van productiecijfers, sloopdata en materiaalprofielen. De totale massa aan gevraagde bouwmaterialen vanuit nieuwbouw en herstel en verbouw (H&V) bedraagt in 2023 ruim 26 Mton, tegenover bijna 5 Mton aan vrijkomende materialen uit sloopwerkzaamheden en herstel en verbouw. De vraag is hiermee ruim vijf maal het theoretisch maximale aanbod aan bouwmaterialen uit de woning- en utiliteitsbouw. Net als bij de GWW, is dit gat in de praktijk groter.

Beton veruit de grootste stroom in de B&U

Van de totale vraag naar materialen van ruim 26 Mton in de B&U, bestond ruim 19,5 Mton uit beton (tabel 6). Voor beton geldt dat het gat tussen theoretische vraag en aanbod erg groot is (85%). De beperkte 'matching'²⁰ van beton wordt vooral verklaard door de grote vraag in combinatie met beperkte sloop in 2023. Hierbij moet worden aangetekend dat ontwikkelingen zoals stijgend gebruik van betongranulaat en hergebruik van betonnen elementen niet zijn meegenomen in deze studie voor zover zij niet in de gebouwprofielen aanwezig zijn.

Tabel 5. Totaal in- en uitgaande materiaalstromen per sector en bouwphase, B&U, 2019 en 2023 (in kton).²¹

	Nieuwbouw		H&V		Sloop		Totaal	
	2019	2023	2019	2023	2019	2023	2019	2023
Ingaande massa (kton)								
Woningbouw	14.400	13.060	1.600	1.632				
Utiliteitsbouw	6.400	8.350	400	3.249				
Totaal	20.800	21.410	2.000	4.880			22.800	26.290
Uitgaande massa (kton)								
Woningbouw			700	772	1.300	1.239		
Utiliteitsbouw			200	482	2.700	2.456		
Totaal			900	1.255	4.000	3.695	4.900	4.950

Bron: EIB, Structural Collective.

Materiaalstromen instroom en uitstroom

Voor elektronica geldt dat de 'match' zeer laag is met 3% in 2023. Dit hangt samen met het feit dat zonnepanelen met name worden aangelegd en (nog) niet worden vervangen. Dit geldt ook voor bijvoorbeeld warmtepompen. Van alle materialen is de verhouding tussen vraag naar en aanbod van glas en kalkzandsteen met 80% het hoogst. Dit hangt samen met het feit dat kalkzandsteen relatief veel vrijkomt bij sloop van oudere gebouwen ten opzichte van

de huidige vraag naar kalkzandsteen vanuit nieuwbouw. In de praktijk wordt kalkzandsteen veelal verwerkt in menggranulaat en toegepast in de GWW, waardoor primair kalkzandsteen nodig zal blijven. Bij glas is de matching hoog door de grote hoeveelheden glas die vrijkomt bij renovaties, en doordat is gemodelleerd dat bij renovaties dubbelglas vrijkomt. Hierdoor kan de uitstroom van glas enigszins zijn overschat.

Tabel 6. Materiaalinstroom, -uitstroom en matchingspercentages per materiaalsoort - in de B&U, incl. herstel en verbouw, 2023 (in kton).

	Instroom 2023	Uitstroom 2023	Match
Beton	19.503	2.859	15%
Staal & IJzer	1.439	303	21%
Baksteen	905	337	37%
Zand	829	135	16%
Gips	824	130	16%
Hout	473	238	50%
Isolatie	438	153	35%
Mortel	409	153	37%
Elektronica ²²	329	11	3%
Kalkzandsteen	326	262	80%
Keramiek	236	110	47%
Glas	181	144	80%
Steen	160	19	12%
Kunststoffen	74	35	47%
Aluminium	69	10	15%
Dakbitumen	34	19	55%
Lijm en verf	33	20	60%
Koper	16	6	36%
Overige metalen	7	4	59%
Papier	5	1	31%
Totaal	26.290	4.947	19%

Bron: EIB, Structural Collective.

Ruim 80% van de materialen in de B&U betreft primaire grondstoffen

Naar schatting bestaat 84% van de gebruikte materialen in de B&U uit primaire, niet-hernieuwbare grondstoffen. Beton, de grootste stroom met 19,5 Mton, is voor 92% primair. Staal en ijzer vormen een uitzondering met een secundair aandeel van circa 65% (bijna 1 Mton). Dit relatief grote aandeel komt vooral doordat wapeningsstaal

en ook constructiestaal voor een groot deel uit niet-primaire bronnen afkomstig zijn (tussen de 84% en 95%). De hoge inzet van schroot bij wapenings- en constructiestaal draagt hieraan bij. De grootste ingaande materiaalstromen uit hernieuwbare bron zijn hout en klei uit baksteen²³ met elk ongeveer 0,5 Mton.

Verduurzamingsactiviteiten vertegenwoordigen grootste deel van de MKI

De totale MKI van de B&U bedroeg in 2023 ruim € 1,9 miljard (tabel 7).

Tabel 7. MKI van verschillende gebouwen en activiteiten in de B&U, 2023 (in mln. euro).

Domein	Specificatie	MKI (mln. euro)	Percentage van totaal B&U (%)
 Woningbouw			
Herstel en verbouw	Verduurzaming	624	32%
	Klein en grootschalige renovatie	94	5%
Nieuwbouw	Eengezins	276	14%
	Meergezins	92	5%
Totaal Woningbouw		1.086	56%
 Utiliteitsbouw			
Herstel en verbouw	Verduurzaming	302	16%
	Klein en grootschalige renovatie	60	3%
	Uitbreiding bestaande panden	106	6%
Nieuwbouw	Bedrijfspannen	285	15%
	Kantoren	7	0%
	Onderwijsgebouwen	15	1%
	Overige gebouwen	49	3%
	Winkels	10	0%
	Zorggebouwen	9	0%
Totaal Utiliteitsbouw		842	44%
Totaal B&U		1.928	100%

Bron: EIB, Structural Collective.

Ruim 900 miljoen hiervan is toe te wijzen aan verduurzamingswerkzaamheden in de woningbouw en utiliteitsbouw. Binnen de verduurzamingsopgave vormen PV-installaties, omvormers en bekabeling de hoofdmoot met een impact van circa 840 miljoen euro (90%). Met circa 50% van de massa zijn vloeren goed voor een relatief klein aandeel van de MKI (bijna 15%). De beperkte

MKI-bijdrage ten opzichte van de massa, hangt samen met de beperkte MKI per ton van met name beton in de fundering bij vloeren op grondslag. Elektrotechnische installaties vertegenwoordigen juist een klein aandeel van de massa maar gezamenlijk wel bijna 45% van de MKI. Materialen toegepast in installaties kennen een relatief hoge MKI per ton.

MKI en CO₂-emissies in de B&U dalen, maar nemen richting 2050 weer toe

Hoewel de totale materiaalinstroom in het business-as-usual scenario (zonder technologische vooruitgang, zonder andere bouwwijzen en zonder decarbonisatie van materialen) richting 2050 aanzienlijk afneemt door een dalende groei van de nieuwbouw, volgt de MKI deze daling slechts gedeeltelijk. De uitstoot daalt van circa 1,9 miljard in 2023 naar ongeveer 1,45 miljard euro in 2030 en 1,3 miljard in 2040, maar stijgt daarna weer richting 1,5 miljard in 2050. De stijging richting 2050 hangt samen met intensivering van herstel- en verbouwactiviteiten en vooral door de vervangingsgolf van installaties en PV-systemen.²⁴ De verdeling van de milieukosten wordt daarbij op lange termijn anders tussen herstel en verbouw en nieuwbouw. In 2023 beslaat de herstel en verbouw ruim 60% van de MKI, in 2030 daalt dit naar 53% om in 2050 te stijgen naar 70%. In de woningbouw bedraagt de herstel en verbouw in 2050 circa 75% van de MKI en de nieuwbouw 25%. Hiermee biedt de herstel en verbouw in deze sector een belangrijk aangrijpingspunt om de milieubelasting van de bouw te verminderen.

In 2023 bedroegen de CO₂-emissies in de B&U ruim 12,5 Mton, waarbij de woningbouw bijna 7 Mton voor haar rekening nam en de utiliteitsbouw ongeveer 5,5 Mton. De CO₂-emissies laten eenzelfde trend zien als de MKI: een daling in 2030 en 2040 (resp. 9,8 Mton en 8,9 Mton) om richting 2050 weer te stijgen naar 9,7 Mton.

B&U 2030 en 2050: ingaande en uitgaande materiaalstromen komen theoretisch dichterbij elkaar

Waar het verschil tussen ingaande en uitgaande stromen in 2030 ten opzichte van 2023 licht afneemt, is dit sterker het geval in 2050. Naar verwachting worden in 2050 ruim twee keer zoveel materialen gevraagd als aangeboden uit sloop en herstel- en verbouw: wanneer alle materialen uit de B&U volledig en direct hergebruikt zouden kunnen worden ten behoeve van de productie, zou in theorie 45% van de benodigde bouwmaterialen uit de keten zelf kunnen worden gewonnen ten opzichte van bijna 20% in 2023. Deze daling hangt samen met de relatieve toename van de herstel en verbouw tussen 2030 en 2050, waarbij zowel materialen vrijkomen als worden gevraagd. Daarnaast zorgen een lagere woningnieuwbouw en toenemende sloop in de woningbouw ervoor dat vraag en aanbod dichterbij elkaar komen te liggen. Net zoals in de GWW, vindt hergebruik beperkt plaats, waardoor het gat tussen vraag en aanbod in de praktijk groter is.

B&U Scenarioanalyse: economische en demografische groei vergroten het gat tussen vraag en aanbod

In deze studie zijn voor de B&U een tweetal scenario's uitgewerkt, een behoedzaam en een dynamisch scenario. Het behoedzame scenario kenmerkt zich door een lagere demografische en economische groei dan het business-as-usual scenario en het dynamische scenario kent juist een hogere demografische en economische groei.²⁵

In het business-as-usual scenario worden in 2050 ruim tweemaal zoveel materialen gevraagd als aangeboden. In het behoedzame scenario is dit gat in 2050 kleiner met ruim anderhalf keer. In het dynamisch scenario is het gat juist groter door een aantrekkende nieuwbouwproductie. In dit scenario worden 2,5 keer zoveel materialen gevraagd als aangeboden. De MKI-ontwikkeling laat eenzelfde trend zien. Waar de MKI in 2050 € 1,5 miljard bedraagt in het business-as-usual scenario, is dit ruim € 1,2 miljard in het behoedzame scenario en ruim € 1,8 miljard in het dynamische scenario.

Beeld van de bouwsector als geheel

De totale instroom van materialen in de bouw in 2023 bedraagt bijna 49 Mton exclusief grond, ophoogzand en klei. In hetzelfde jaar is ruim 20 Mton aan materiaal vrijgekomen, waardoor bijna 2,5 keer zoveel materiaal gevraagd wordt als er vrijkomt. Gezien het feit dat niet alle materialen direct hergebruikt kunnen worden, is het gat tussen vraag en aanbod in de praktijk groter. De som van de MKI bedroeg naar schatting bijna € 2,3 miljard, waarvan ruim 15% voor rekening komt van de GWW en 85% toe te wijzen is aan de B&U. Hierbij moet in aanmerking worden genomen dat elektrotechnische installaties, die een aanzienlijke milieubelasting kennen, alleen in de B&U zijn meegenomen in deze studie en niet in de GWW.

Bouw in 2023: Beton, asfalt, menggranulaat en zand grootste ingaande stromen

Net als in 2019 zijn beton (ruim 23 Mton), asfalt (ruim 8,5 Mton), menggranulaat (bijna 8 Mton) en ophoogzand (bijna 6,5 Mton excl. zandsuppletie) de grootste ingaande stromen. Van beton komt bijna 85% voor rekening van B&U en kan ruim 23% van de vraag in theorie worden afgedekt door het aanbod. Menggranulaat en asfalt worden uitsluitend in de GWW toegepast, waarbij voor asfalt geldt dat ongeveer driekwart van de vraag in theorie uit vrijkomend asfalt kan worden afgedekt en voor menggranulaat ongeveer de helft. In de praktijk is het gat echter veel groter vanwege het nog beperkte hergebruik. Het meeste vrijkomende asfalt wordt momenteel verwerkt tot granulaat. De totale MKI in de bouw in 2023 bedraagt bijna € 2,3 miljard waarvan € 1,9 miljard voor rekening komt van de B&U.

Bouw doorkijk: Beton en asfalt dominant richting de toekomst, MKI en CO₂-emissies stijgen

Bij ongewijzigde bouwwijze stijgt de totale instroom van materialen exclusief ophoogzand, grond en klei in de bouw licht naar ruim 50 Mton in 2030 ten opzichte van 48 Mton in 2023. In 2050 daalt dit naar ruim 40,3 Mton in 2050. Afnemende nieuwbouw en een toename van herstel en verbouw en vervanging bij de GWW zorgen voor deze daling. Beton, zand, asfalt en menggranulaat blijven de grootste stromen richting de toekomst. De uitstroom neemt toe van ruim 20 Mton in 2023 tot ruim 27 Mton in 2050. Het theoretische 'gat' tussen vraag en aanbod daalt daarmee van 58% naar 32%.

Zonder mogelijke technologische vooruitgang op het gebied van productieprocessen en bouwmethodes en zonder decarbonisatie van materialen, daalt de totale MKI in de bouw van bijna € 2,3 miljard in 2023 naar 1,9 miljard in 2030 en 1,8 miljard in 2050. De CO₂-emissies laten een vergelijkbare trend zien. Het aandeel van de B&U in de totale MKI van de bouw blijft tussen 2023 en 2050 ongeveer gelijk (84% ten opzichte van 82%). De herstel en verbouw van de B&U vertoont de sterkste stijging in de milieubelasting van de bouw: van bijna 52% in 2023 naar bijna 58% in 2050. De milieubelasting in de gww daalt tussen 2023 en 2050, waarbij in ogenschouw moet worden gehouden dat toepassing en vervanging van techniek in de GWW geen deel uitmaken van deze studie.

Discussie en aanbevelingen

Methode biedt een modelmatige benadering van de werkelijkheid

Deze studie biedt een modelmatige weergave van de werkelijkheid. Door het combineren van databronnen zijn de bouwproductie, bouwprognoses, materiaalstromen, MKI en CO₂-emissies bepaald. De productie en prognoses zijn gekoppeld aan profielen van gebouwen, assets, wegen en overige (infrastructurele) werken. Deze gebouwprofielen kunnen worden gezien als archetypen, maar in de praktijk bestaat er een veelheid aan assets en gebouwen in de GWW en B&U. De berekende materiaalstromen, CO₂-emissies en MKI vormen dan ook een benadering van de feitelijke situatie. Ten opzichte van de vorige studie²⁶ met 2019 als ijkjaar, zijn diverse assets toegevoegd in de GWW (onder andere ondergrondse infrastructuur en damwanden), is de productiemethodiek aangepast, zijn profielen zowel in de B&U als in de GWW geüpdatet en is de impact van de verduurzamingsopgave in de B&U beter in beeld gebracht. Daarnaast zijn de meest recente prognoses van het CBS gebruikt voor de prognoses van productie en milieubelasting. Het resultaat is een nauwkeuriger beeld van de feitelijke materiaalstromen, de CO₂-emissies en de MKI in de bouw. Dit is echter wel ten koste gegaan van de vergelijkbaarheid met de resultaten van de studie uit 2022.

Asfaltstroom neemt toe, elektriciteitskabels hebben een aanzienlijke milieubelasting

Op het gebied van de uitbreidingsnieuwbouw van asfaltwegen, een aanzienlijke stroom in dit onderzoek, kan wel een vergelijking worden gemaakt tussen de steekjaren 2019 en 2023 aangezien de methodiek voor productie en prognoses in beginsel gelijk is gebleven. Hierbij valt op dat de uitbreiding van Rijkswegen, gerapporteerd door RWS, 50% lager lag in 2023 dan in 2019. Ook fietspaden van asfalt zijn minder aangelegd. Bij provinciale wegen en gemeentewegen, gerapporteerd door CBS is juist een andere trend zichtbaar: er is bijna vier keer zoveel provinciale weg nieuw aangelegd in 2023 als in 2019 en de aanleg van gemeentewegen lag ruim 10% hoger. Het grote volume van gemeentewegen heeft aanzienlijke gevolgen voor het materiaalgebruik. Bij Rijkswaterstaat is op basis van feitelijke productiecijfers een daling van uitbreidingsnieuwbouw bij alle assets zichtbaar, met uitzondering van viaducten. Voor uitbreidingsnieuwbouw van civiele constructies van andere opdrachtgevers is een andere methodiek gekozen dan bij de vorige studie, waardoor deze cijfers niet goed vergelijkbaar zijn.

Ten opzichte van de vorige studie is een aantal assets toegevoegd, waaronder damwanden, en ondergrondse infrastructuur zoals warmtenetten, gasleidingen, telecomkabels en elektriciteitskabels. De milieubelasting van ondergrondse infrastructuur (exclusief riolering) is aanzienlijk te noemen met bijna een kwart van de impact in de GWW-sector²⁷, onder meer door de aanwezigheid van koper in de bekabeling.

Vraag naar materialen neemt toe tussen 2023 en 2019 in de B&U

Voor de B&U zijn betere vergelijkingen te maken tussen de peiljaren omdat de methodiek en de profielen goeddeels gelijk zijn gebleven. Wel is de verduurzamingsopgave in meer detail in beeld gebracht. Ten opzichte van 2019 zijn meer nieuwbouwwoningen gerealiseerd, met name appartementen. Ook de uitbreiding van de utiliteitsbouw is in 2023 toegenomen ten opzichte van 2019, evenals de herstel- en verbouwproductie. Deze toename van de bouwproductie leidde per saldo tot een hogere materiaalvraag in 2023 ten opzichte van 2019. Ook de MKI en de CO₂ stijgen op basis van deze studie tussen 2019 en 2023. De stijging van de MKI van € 1,2 miljard²⁸ naar € 1,9 miljard is met name toe te wijzen aan het beter in beeld brengen van de verduurzamingsopgave; zonnepanelen (in minder detail meegenomen en qua productie onderschat in de vorige studie) en warmtepompen kennen een relatief hoge milieubelasting.²⁹

Lagere operationele uitstoot, hogere uitstoot door verduurzamingsopgave

Hoewel de totale massa van gevraagd materiaal in de bouw richting 2050 naar verwachting daalt door demografische ontwikkelingen en een daaraan gekoppelde afname van nieuwbouw, daalt de milieubelasting (MKI/CO₂) niet in gelijke tred. Dit wordt veroorzaakt door een verschuiving van 'massa' (beton/zand) naar 'techniek'. De verduurzamingsopgave (isolatie, aanleg en vervanging van warmtepompen, uitbreiding en vervanging van PV-panelen) verlaagt weliswaar de operationele emissies, maar zorgt voor een significante toename van ingebedde emissies en MKI door het gebruik van impactvolle materialen zoals metalen (koper, aluminium). De herstel en verbouwoopgave in de B&U is in de toekomst naar verwachting verantwoordelijk voor bijna 60% van de MKI in de totale bouw, met name door de verduurzamingsopgave. Hierbij daalt de MKI van de bouwsector als geheel nauwelijks tussen 2030 en 2050 ondanks een lagere materiaalvraag.

Datakwaliteit hindert betrouwbaarheid uitkomsten

In het GWW-deel van de studie is gebruikgemaakt van profielen, onder meer uit de objectenbibliotheek van Dubocalc 6.0 en de NMD. Deze profielen lijken echter achter te lopen bij de werkelijkheid omdat meer duurzame bouwwijzen en technologieën met vertraging lijken te worden verwerkt.³⁰ Hierdoor kan de (toekomstige) milieubelasting van de GWW lager uitvallen dan in deze studie weergegeven. Bij het interpreteren van de cijfers in dit rapport is het bijvoorbeeld van belang om te constateren dat vrijkomend asfalt en beton wel degelijk (steeds meer) wordt toegepast in nieuw asfalt en nieuw beton, maar in de profielen lijken deze percentages relatief laag.³¹ Verder zijn openbare profielen en productkaarten in de NMD op punten aangepast, waardoor bijvoorbeeld de MKI-waarden van gelijke producten met een factor vier zijn veranderd in de afgelopen jaren, waarbij de oorzaak niet altijd helder is.³²

De Basisregistratie Grootschalige Topografie (BGT) biedt in theorie de mogelijkheid om jaarlijkse productie in de GWW nauwkeurig vast te stellen, maar net als bij het uitvoeren van de vorige studie³³ concluderen het EIB en Structural Collective dat de data uitsluitend geschikt is voor het in kaart brengen van het areaal (de aanwezige wegen en assets) en niet voor de productie omdat de kwaliteit niet toereikend is. Gedurende het proces is bovendien gebleken dat enkele databronnen, zoals bijvoorbeeld data van het Meldpunt Bodemkwaliteit, niet meer werden bijgehouden.

Verder is het in sommige gevallen niet gelukt om vast te stellen of aanpassingen aan cijfers te maken hadden met feitelijke GWW-productie in 2023 of met een administratieve inhaalslag die op dat jaar is geboekt. Uit aangeleverde cijfers van RWS zijn er tot slot indicaties dat de vervanging van wegen minder vaak voorkomt dan op basis van levensduren verwacht mag worden. Als dit ook voor gemeenten en provincies geldt, is de vervangingsopgave bij wegen -een zeer grote opgave met veel materiaalstromen- aanzienlijk kleiner dan in dit rapport gepresenteerd.³⁴

Voor de B&U geldt dat de uitbreiding en sloop van gebouwen op basis van de Basisregistratie Adressen en Gebouwen (BAG) wel nauwkeurig in kaart is te brengen, al is ook de betrouwbaarheid van de BAG onzeker. In deze dataset zitten echter minder aantoonbare fouten dan in de BGT. De profielen kennen een hogere mate van zekerheid dan die van de GWW, aangezien in de B&U al langer met bouwprofielen wordt gewerkt voor verschillende onderzoeken.

Studie als aanzet voor vervolganalyses

De uitkomsten van deze studie bieden, ondanks bovenstaande tekortkomingen, relevante aanknopingspunten voor beleidsmakers. De studie laat zien welke bouwactiviteiten en welke gebouwen en assets in welke mate bijdragen aan de materiaalvraag het -aanbod en de milieubelasting, nu en in de toekomst. Op basis hiervan kunnen nadere analyses worden uitgevoerd, bijvoorbeeld op specifieke assets, gebouwen en materialen en kunnen effecten van beleidsmaatregelen om de milieubelasting terug te dringen, worden berekend. Uit het onderzoek komen daarnaast de volgende aanbevelingen voort.

Netto materiaalstromen in plaats van brutostromen

Deze studie kent een nauwkeurige berekening van ingaande en uitgaande stromen op basis van profielen en productie. Het is echter niet aannemelijk dat al het vrijkomend materiaal ook weer volledig terugkomt in de keten zonder materiaalverlies. Daarnaast is het niet altijd zo dat bijvoorbeeld beton vrijkomt in de vorm waarin het de keten is ingebracht, zoals in deze studie modelmatig is verondersteld. Als gevolg is het gat tussen vrijkomend en gevraagd materiaal ten behoeve van de bouw in de praktijk naar waarschijnlijkheid groter dan hier gepresenteerd. Meer gedetailleerd vervolgonderzoek over specifieke uitgaande stromen, de toepassing hiervan en het materiaalverlies dat optreedt bij hergebruik en recycling kan inzicht verschaffen in de omvang van de 'match' in de praktijk.

Verbeteren datakwaliteit biedt meer zekerheid over opgaven

De BGT vormt een goede mogelijkheid voor het nauwkeurig in beeld brengen van de GWW-productie. Het is de onderzoekers niet duidelijk geworden wat de oorzaak is van de gebrekkige administratie in het systeem. Nader onderzoek naar het gebruik en het bijhouden door met name gemeenten en provincies kan mogelijk helpen om de kwaliteit te verbeteren. Daarnaast blijkt uit data van RWS dat wegen mogelijk minder snel worden vervangen dan op basis van LCA's wordt aangenomen. Nader onderzoek naar levensduren in de praktijk in plaats van technische levensduren kan een studie als deze accurater maken.

Hoogwaardig hergebruik biedt voordelen, maar ook uitdagingen

Wanneer materialen hoogwaardiger worden toegepast, neemt het aanbod van granulaten mogelijk af. Hierdoor moeten oplossingen worden gevonden voor bijvoorbeeld alternatieve wegfundering. Daarnaast zijn processen bij olieraffinaderijen volgens de markt zodanig geoptimaliseerd dat het vrijkomende bitumen minder van kwaliteit wordt bij toepassing in asfalt.³⁵ Technologische vooruitgang kan derhalve ook uitdagingen voor de sector met zich meebrengen. Bij het streven naar hoogwaardiger hergebruik, strekt het tot aanbeveling om de gevolgen voor de huidige toepassingen van de materialen niet uit het oog te verliezen.

MKI van techniek verdient aandacht

Uitdagingen op het gebied van netcongestie en daarmee gepaard gaande uitbreiding van het elektriciteitsnet hebben een grote invloed op de emissies in de GWW in de komende jaren, zo blijkt uit deze studie. Daarbij moet ook opgemerkt worden dat elektrische installaties in de GWW, met naar verwachting een aanzienlijke impact, buiten de scope van dit onderzoek vielen. Om de milieubelasting goed in kaart te brengen en te kunnen beperken, ligt het in de rede om de opgave rond het elektriciteitsnet en de overige techniek van de GWW voldoende aandacht te geven in het formuleren van roadmaps en strategieën.

Aanpassingen aan methode strekken tot aanbeveling

Voor toekomstige monitoringsactiviteiten van publieke partijen en voor een goede top-downvergelijking (vergelijking met macrocijfers uit openbare rapporten) met de uitkomsten van dit rapport is dataverbetering nodig. Statistieken op het gebied van materiaalgebruik voor specifiek de GWW en de B&U zijn al schaars, laat staan op meer gedetailleerd niveau. Hetzelfde geldt voor

data omtrent oorsprong en verwerking van materialen. Het vergaren van data door geëigende instanties zoals brancheverenigingen en statistiekbureaus zou toegevoegde waarde bieden. Zolang de data niet voorhanden is, kan een verbeterslag worden bereikt door bijvoorbeeld enquêtes onder bouwbedrijven en materiaalproducenten een rol te laten spelen. Op grond hiervan kan materiaalgebruik voor verschillende sectoren worden vastgesteld en worden bepaald of bouwbedrijven feitelijk met andere materialen bouwen en of hergebruik toeneemt en in welke mate.

Naast de kwaliteit van databases, verdient de renovatie-opgave in de GWW aandacht. In deze studie is renovatie zeer beperkt meegenomen, voornamelijk omdat onbekend is welke ingrepen vaak voorkomen bij renovatie in de GWW. Ook is onbekend welke milieubelasting deze ingrepen met zich meebrengen. Aanvullend onderzoek naar de ingrepen, materiaalgebruik en bijbehorende milieubelasting is raadzaam gezien de opgave waar Nederland voor staat.

Tot slot hebben import en export geen rol gehad in deze studie. Uit de voorgaande materiaalstroomanalyse is naar voren gekomen dat bijvoorbeeld staal van Tata-steel veel naar het buitenland wordt geëxporteerd en in Nederland gebruikt staal veel wordt geïmporteerd, evenals steenslag. Dit heeft mogelijk gevolgen voor de toepassing van vrijkomend staal in Nederland, aangezien het hergebruikt of gerecycled staal dat in Nederland wordt geproduceerd mogelijk ook weer naar het buitenland wordt geëxporteerd. Dit voorbeeld laat zien dat het lastig is een verbinding te maken tussen vrijkomende en gevraagde materialen in Nederland als een deel in het buitenland wordt toegepast, bijvoorbeeld omdat daar een hogere prijs wordt betaald. Daarnaast brengt import en export milieubelasting met zich mee. Nader onderzoek naar de rol van import en export strekt dan ook tot aanbeveling.

Hoofdstuk 1:

Scope van de opdracht

In het streven naar een volledig circulaire economie in 2050, met de tussendoelstelling om het gebruik van primaire grondstoffen in 2030 te halveren³⁶, speelt de bouwsector een cruciale rol. De bouwsector is verantwoordelijk voor een significant deel van het nationale materiaalgebruik en de daarmee gepaard gaande milieubelasting.³⁷ Om de transitie naar een circulaire bouwconomie effectief te sturen, is kwantitatief inzicht in de materiaalstromen en hun milieubelasting onontbeerlijk.

Dit rapport presenteert een geactualiseerde en uitgebreide analyse van de materiaalstromen, de Milieukostenindicator (MKI) en de materiaalgebonden CO₂-uitstoot in de GWW en B&U. Het bouwt voort op de fundamentele studie “Materiaalstromen in de bouw en infra” uit 2022 en stelt met het ijkjaar 2023 een nieuwe nulmeting vast. Daarnaast biedt de studie een doorkijk naar de steekjaren 2030 en 2050³⁸. Door de resultaten van de GWW en de B&U te combineren, ontstaat een beeld van de totale bouw.

In opdracht van Rijkswaterstaat (RWS) en de Rijksdienst voor Ondernemend Nederland (RVO) is de analyse geactualiseerd, methodologisch verbeterd en qua scope verbreed. Deze aanpassingen betekenen dat de resultaten betrouwbaarder zijn geworden ten opzichte van de vorige studie. Het betekent echter ook dat een vergelijking met 2019 niet in alle gevallen goed valt te maken, omdat uitgangspunten zijn gewijzigd. In het rapport wordt dit, waar relevant, genoemd.

Het GWW-deel van het onderzoek is begeleid door een commissie bestaande uit afgevaardigden van het Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat (I & W), Rijkswaterstaat, RVO, Bouwend Nederland, CBS, PBL, BRBS, provincie

Noord Holland, gemeente Rotterdam, Dura Vermeer en de Unie van Waterschappen. Het B&U-deel is begeleid door een commissie bestaande uit afgevaardigden van het Ministerie van Binnenlandse Zaken, RVO, Bouwend Nederland, NVPU, RWS, Building Balance, TechniekNL, Bouwen met staal en PBL. Wij danken alle leden voor hun bijdrage aan de totstandkoming van dit rapport.

De methode en de scope van de studie voor de GWW en de B&U worden toegelicht aan het begin van respectievelijk Deel 1 en Deel 2. De methodologie wordt in detail behandeld in een afzonderlijke methodologische bijlage (Bijlage A).

Leeswijzer

Dit rapport is opgebouwd uit drie delen: de GWW (hoofdstuk 2 tot en met 5), de B&U (hoofdstuk 6 tot en met 10) en de bouwsector (hoofdstuk 11). Per deel wordt eerst de scope en methodologie beschreven, gevolgd door de productie, materiaalstromen, milieubelasting en de doorkijk naar 2050. Voor de bouwsector als geheel worden uitsluitend de materiaalstromen en milieubelasting beschreven aangezien de productie in deel 1 en deel 2 aan de orde komen.

Methode

De onderbouwing van de methode is te vinden in de methodologische bijlage, ook beschikbaar op de website van EIB, Structural Collective en RVO. Hier gaan we onder andere in op hoe er gehandeld wordt met LCA data en NMD data (e.g. categorie 3 data).

Deel 1

Grond-, weg- en waterbouw (GWW)





SCOPE VAN DE OPDRACHT: GWW

In de studie zijn onderstaande assets meegenomen voor de GWW. Ten opzichte van de vorige studie zijn enkele wijzigingen en toevoegingen doorgevoerd in de scope. Zandsuppletie en vaargeulonderhoud zijn op een andere wijze in beeld gebracht, omdat voorheen vergaarde data niet meer beschikbaar was voor het peiljaar 2023.

Daarnaast zijn oeverbescherming en leidingen voor elektra, verwarming en telecom toegevoegd. Tot slot is riolering in meer detail in beeld gebracht. Een nadere toelichting op hoe de cijfers die in dit rapport worden gepresenteerd tot stand zijn gekomen, is opgenomen in de methodologische bijlage.

Tabel 1.1. Assets binnen de scope van het onderzoek.

Assets ¹	Toelichting
 Wegen	Dit omvat wegen van RWS, gemeenten en provincies. De wegen van ProRail zijn buiten beschouwing gelaten vanwege beperkte omvang en informatie hierover. Wegen die in beheer zijn van andere Ministeries en niet in beheer zijn van RWS zijn niet meegenomen.
Rijkswegen, provinciale wegen en gemeentelijke wegen	Rijkswegen en provinciale wegen bestaan in de studie volledig uit asfalt. Gemeentewegen zijn uitgesplitst naar asfalt (55%, vallen onder asfaltwegen) en gebakken klinkers en betonklinkers (resp. 17% en 28%, vallen onder niet-asfaltwegen). ²
Fietspaden en voetpaden	Fietspaden bestaan uit asfalt (80%, vallen onder asfaltwegen), en gebakken klinkers en betonklinkers (resp. 17% en 3%, vallen onder niet-asfaltwegen). Voetpaden bestaan uit betonklinkers.
 Civiele constructies	Dit omvat civiele constructies van RWS, ProRail, gemeenten en provincies. Civiele constructies van landelijke overheden anders dan RWS en ProRail zijn buiten beschouwing gelaten vanwege beperkte omvang en informatie hierover.
Bruggen en viaducten	Hierbij onderscheiden we betonnen bruggen, houten bruggen, stalen bruggen, viaducten (hier vallen ook aquaducten en ecoducten onder) en beweegbare bruggen. Specifieke typen overbruggingsdelen zoals overkluizingen zijn niet meegenomen.
Tunnels en onderdoorgangen	Tunnels en onderdoorgangen van alle opdrachtgevers zoals geadmistreerd in de BGT. Hiervoor zijn profielen gebruikt van oa Provincie Noord Holland, RWS en de objectenbibliotheek. Zie bijlage B voor een beschrijving.
Sluizen	Schut- en spuisluizen.
Gemalen	Oppervlakte- en rioolgemalen van gemeenten en waterschappen, exclusief mini-gemalen en losse pompen.
 Zandsuppletie en vaargeulonderhoud	Zandsuppletie, zoet vaargeulonderhoud en zout vaargeulonderhoud.
 Waterkering	Dijken, damwanden en oeverbeschoeiingen.
 Riolering	Hierbij onderscheiden we vrijvervalriolering, mechanische riolering, transportleidingen en persleidingen.
 Sporen	Treinsporen in beheer van ProRail; Tram en metrosporen van de vervoersbedrijven van de vier grote steden (GVB, HTM, RET, U-OV).
 Elektra, verwarming, telecom en water	Ondergrondse elektriciteitskabels, gasleidingen, telecomkabels, waterleidingen en warmtenetten.

¹ De gehanteerde profielen voor alle assets zijn terug te vinden in de methodologische bijlage. Rioolwaterzuiveringsinstallaties kenden geen activiteiten in 2023 op basis van feitelijke cijfers. Vanwege ontbrekende grondslagen voor ramingen zijn ze buiten beschouwing gelaten in de studie.

² In 2050 verschuift de verhouding op basis van expertinterviews naar 50% asfalt, 33% gebakken klinkers en 17% betonklinkers.



Voor de gww zijn voor de volgende materialen de stromen in beeld gebracht.³⁹

Tabel 1.2. Materialen binnen de scope van het GWW-onderzoek.

Materiaal		
Asfalt	Staal en ijzer	Aluminium
Menggranulaat	Kunststoffen	Grind
Beton	Hout	Ophoogzand
Steen	Overige Metalen	Klei
Vulstof	Glas	Grond
Gebakken klinker	Industriezand	Overige

In de categorie overige materialen zijn kleinere stromen opgenomen zoals synthetische hars, maar ook koper.

METHODE

Ten behoeve van het GWW-onderzoek hebben 9 gesprekken en één rondetafel plaatsgevonden in aanvulling op vijf rondetafels en 20 gesprekken die in het kader van de studie uit 2022 hebben plaatsgevonden. Een overzicht van de gesprekken en de bijbehorende

onderwerpen waarin de GWW werd besproken zijn weergegeven in tabel 1.3. De gesprekken hebben tot doel gehad om meer zicht te krijgen op randtotalen, herkomst en hergebruik van materialen, reguliere bouwwijze en relevante ontwikkelingen aangaande bouwwijze.

Tabel 1.3. Overzicht gevoerde gesprekken in 2025.

Domein	Organisatie
Keramik	Koninklijke Nederlandse Bouwkeramiek
Beton	Dura Vermeer
	Betonhuis
	Cement & Beton Centrum
	Hazenberg
	Heijmans
	TBI
Warmtenetten	Voskuilen Infratechniek
Riolering	Stichting Rioned
Menggranulaat	BRBS
Kustlijnzorg en vaargeulonderhoud	Rijkswaterstaat
Damwanden en oeverbeschoeiing	Unie van Waterschappen
Telecom	Fraanje
	KPN
	Siers telecombekabeling



In de methodologische bijlage wordt de methodiek in detail uiteengezet. In deze paragraaf worden de belangrijkste zaken toegelicht die relevant zijn bij het interpreteren van de resultaten die in dit rapport worden gepresenteerd.

Van de assets in tabel 1.1 is de productie voor 2023, 2030 en 2050 in beeld gebracht. De uitbreidingsproductie voor 2023 is deels gebaseerd op feitelijke cijfers (alle wegen en assets van RWS en ProRail en een aantal andere assets) en deels gemodelleerd waar cijfers ontbraken. Voor vervangende nieuwbouw is veelal gebruikgemaakt van een modelmatige benadering op basis van levensduren, met uitzondering van assets van RWS, waarvoor feitelijke cijfers beschikbaar waren. Voor renovatie en groot onderhoud is ook een modelmatige benadering gekozen. De prognoses voor 2030 en 2050 zijn opgesteld op basis van diverse bronnen. Waar geen bronnen beschikbaar waren, is de uitbreidingsnieuwbouw gerelateerd aan wegutbreiding en/of woningbouwuitbreiding op basis van prognosemodellen van het EIB. De vervangende nieuwbouw en renovatie en groot onderhoud zijn voor de jaren 2030 en 2050 gebaseerd op levensduren van assets.

Deze productie wordt vervolgens gekoppeld aan profielen van de hierboven beschreven assets. De profielen kunnen worden beschouwd als een prototype van bijvoorbeeld een provinciale tunnel of een RWS-viaduct. Deze profielen zijn uit diverse bronnen afkomstig en bevatten een uitgebreide beschrijving van de materialisatie en de bijbehorende MKI en de CO₂-uitstoot. Door de koppeling zijn de materiaalvraag- en aanbod en MKI en CO₂-uitstoot van de Nederlandse GWW-sector in beeld gebracht.⁴⁰

Productie

Het verzamelen van productiecijfers in de GWW is gedurende het uitvoeren van het onderzoek complex gebleken, net als tijdens het uitvoeren van de studie in 2022. De belangrijkste nationale bron van informatie is de BGT (Basisregistratie Grootchalige Topografie). De BGT is alleen gebruikt voor de areaaldata: het bestand bleek zeer regelmatig incorrect aangaande de opleveringsdatum van assets, waardoor de BGT nagenoeg onbruikbaar was om de productie van de GWW voor 2023 te kunnen vaststellen. Daarnaast hadden de onderzoekers geen toegang tot gemeentelijke informatiesystemen als iAsset en GBI. Voor CBS, RWS, Unie van Waterschappen, een enkele regionale vervoerder, een gemeente en ProRail zijn redelijk gedetailleerde productiedata voor 2023 bekend, maar bij gemeenten en provincies in algemene zin is minder gedetailleerd bekend welke assets nieuw zijn gebouwd, welke zijn vervangen en welke zijn gesloopt. Als gevolg van bovenstaande kennen met name cijfers voor

provinciale en gemeentelijke assets een grote mate van onzekerheid. De cijfers die in dit rapport worden getoond, zijn gebaseerd op aannames; er is bijvoorbeeld uitgegaan van een gemiddeld aantal aan te leggen bruggen per kilometer weg op basis van areaalgegevens in plaats van feitelijke aantallen.⁴¹ Daarnaast zijn cijfers regelmatig afgeleid van data die wel beschikbaar was, zoals data van RWS.

Vanwege het ontbreken van cijfers aangaande reconstructie en vervanging, is er voor het bepalen van aantallen vervangen en gereconstrueerde assets uitgegaan van bouwjaarklassen en levensduren. Ook hier geldt dat vervangingsaantallen en ingrepen aangaande reconstructie modelmatig zijn benaderd. Als gevolg zijn deze cijfers veelal een schatting en geen feitelijke weergave van vervanging en reconstructie in 2023. In de methodologische bijlage worden alle berekeningsmethoden en uitgangspunten aangaande uitbreiding, vervanging en groot onderhoud uitgebreid beschreven.

Profielen

De gehanteerde profielen zijn afkomstig uit de objectenbibliotheek van DuboCalc 6.0, aangeleverde DuboCalc-varianten van publieke opdrachtgevers (o.a. provincies), of zijn opgebouwd met behulp van materiaalstaten van specifieke assets (o.a. assets van waterschappen). De profielen zijn ingevoerd in DuboCalc v6.0 en aanpassingen aan de profielen zijn doorgevoerd waar nodig geacht na validatie door assetmanagers. De gebruikte profielen zijn opgenomen in bijlage B.

Materiaalstromen, MKI en CO₂

De profielen in DuboCalc vormden de basis voor het berekenen van de materiaalstromen, MKI en CO₂-emissies in de bottom-up aanpak. Door de profielen te vermenigvuldigen met de productiecijfers, zijn de gebruikte en aangeboden materialen die aangebracht of verwijderd zijn in beeld gebracht. In DuboCalc worden de bijkomende MKI en CO₂-emissies hier direct aan gekoppeld, waarmee de resultaten hiervoor verkregen zijn.

Voor de materiaalstromen is als tussenstap voor alle items (producten in DuboCalc) bepaald wat de benodigde materialen zijn en in welke hoeveelheid deze in het item worden toegepast. Hiervoor is gebruikgemaakt van de categorie 3 LCA-rapporten van de Nationale Milieudatabase, waarvoor de materiaalintensiteit bekend is.



DOORKIJK NAAR 2030 EN 2050

In dit rapport is ook een doorkijk gegeven voor 2030 en 2050. Deze resultaten zijn voornamelijk indicatief, omdat de ontwikkelingen met grote onzekerheden omgeven zijn. Om tot de doorkijk te komen zijn verschillende veronderstellingen gemaakt die de resultaten beïnvloeden. Vooral de doorkijk naar 2050 is omgeven met onzekerheden door de lange horizon. Voor de doorkijk is in de basis een business-as-usual scenario gehanteerd, wat wil zeggen dat er geen rekening is gehouden met technologische vooruitgang (met mogelijk lagere milieubelasting tot gevolg) en/of een andere materialisatie van assets in de tijd. Hieronder wordt de methodiek voor de doorkijk beknopt toegelicht. Een uitgebreidere beschrijving van de methodiek is te vinden in de methodologische bijlage.

De prognose tot 2030 is voornamelijk gebaseerd op de ramingen die zijn gemaakt voor de 'Verwachtingen Bouwproductie en Werkgelegenheid 2025', een jaarlijks terugkerende publicatie van het EIB gebaseerd op onder andere verleende vergunningen, budgetten, orderportefeuilles en staand beleid.⁴²

De GWW-sector omvat veel verschillende type kunstwerken. De ontwikkeling van de productie van de GWW is daarom afhankelijk van verschillende factoren. Vanwege het gebrek aan beschikbare informatie is de uitbreidingsnieuwbouw van de meeste GWW-assets in 2050 primair gebaseerd op de procentuele toename van de uitbreidingsnieuwbouw van woningen (hieronder

beschreven) of de huishoudensontwikkeling vanaf het basisjaar; aangenomen is dat de uitbreidingsbehoefte van infrastructuur afhankelijk is van de demografische ontwikkeling en de hiermee samenhangende uitbreidingswoningbouw. Het idee achter deze aanname is dat een toenemende bevolking zorgt voor een toename van de vraag naar mobiliteit en daarmee de vraag naar nieuwe infrastructuur. Voor de periode tot 2030 (en bij enkele assets tot 2050) is in sommige gevallen gebruikgemaakt van andere rapporten of andere aannames, indien beschikbaar. In de methodologische bijlage wordt per onderdeel een uitgebreide toelichting gegeven.

Voor de vervangende nieuwbouw in 2030 en 2050 zijn de leeftijdsverdeling van de voorraad en de sloopfracties voor de meeste assets de basis. Hiermee lijkt de prognosemethodiek sterk op de methodiek die is gebruikt voor het basisjaar 2023. Voor de vervangende nieuwbouw is rekening gehouden met de verwachte toename van de voorraad in de periode tussen 2023, 2030 en 2050.

Net zoals voor de vervangende nieuwbouw, lijkt de ramingsmethodiek van het groot onderhoud op de methodiek die is gebruikt voor het basisjaar 2023. Op basis van levensduren van afzonderlijke onderdelen van assets en de verwachte voorraadontwikkeling is een beeld gegeven van de groot onderhoudsopgave in de jaren 2030 en 2050.

Resumerend zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd in 2050: een BBP-groei van 1,1%, een bevolkingsomvang van 19,7 miljoen en een huishoudensgroei van 18.000 (CBS, juli 2025).

Hoofdstuk 2: Productie GWW

In dit hoofdstuk wordt de productie van de GWW-sector uiteengezet. Het hoofdstuk begint met de voorraad van assets, wegen en andere infrastructurele werken in het areaal van de GWW in 2023, waarna de productie in beeld wordt gebracht en wordt vergeleken met de productie uit 2019. De wijze waarop de cijfers tot stand zijn gekomen, wordt toegelicht in de methodologische bijlage.

de analyse is ook bekeken hoe de verhardingstypen zijn verdeeld. Op rijkswegen en provinciale wegen domineert asfalt. Bij gemeentewegen is vijftientachtig procent verhard. Binnen die verharding bestaat circa zestig procent uit asfalt en circa veertig procent uit elementverharding. Gemeenten beschikken daarnaast over 'overige' wegen, ongeveer vijftien procent van alle gemeentewegen.

2.1 AREAAL IN 2023

2.1.1 Assets in aantallen in 2023

Gemeenten beheren het overgrote deel van het wegennet

In tabel 2.1 staan de areaalcijfers van de assets binnen de scope van dit onderzoek. Meer dan tachtig procent van de wegoppervlakte valt onder gemeentelijk beheer. Voor

Betonnen en houten bruggen domineren areaal kunstwerken

Wanneer naar aantallen kunstwerken wordt gekeken in tabel 2.1, valt op dat deze voornamelijk bestaan uit betonnen en houten bruggen. Onder de ruim 90.000 kunstwerken vallen bijna 36.000 betonnen bruggen en bijna 36.000 houten bruggen. Daarnaast geldt, net als voor het wegennet, dat het grootste deel van de kunstwerken beheerd wordt door gemeenten.

Tabel 2.1. Areaal in de GWW, 2023 (in mln.m²/aantallen/km).

Assettype	Voorraad 2023
 Wegen (mln. m²)	
Rijkswegen	96
Provinciale wegen	69
Gemeentelijke wegen	779
Fietspaden	101
Voetpaden	310
 Kunstwerken (aantallen)	
Vaste bruggen	74.000
- Waarvan beton	35.900
- Waarvan staal	2.500
- Waarvan hout	35.600
Viaducten	5.800
Beweegbare bruggen	5.400
Tunnels en onderdoorgangen	3.600

Assettype	Voorraad 2023
Sluizen	2.200
Rioolgemalen	25.300
Poldergemalen	6.000
 Riolering (km)	
Vrijverval riolering	109.000
Mechanisch riolering	32.000
Persleiding	7.900
Transportleidingen	8.400
 Waterkeringen (km)	
Dijken (km)	18.800
Oeverbeschoeiing waterschappen ¹	2.500
Damwanden ¹	3.400
 Spoor (km)	
Trein/Prorail	7.000
Tram- en metrospoor	1.200
 Ondergrondse infra (km)	
Elektriciteitskabels	311.800
Gasleidingen	136.600
Telecomkabels ²	1.600.000
Waterleidingen	122.300
Warmteleidingen	9.300

Bron: diverse bronnen, zie methodologische bijlage, bewerking EIB & Structural Collective.

¹ Niet alle waterschappen rapporteren hun damwanden en oeverbeschoeiing. Dit betreft een onderschatting. Zie methodologische bijlage voor een toelichting.

² Het ruime areaal aan telecomkabels is gerapporteerd door Kwink groep in 2017⁹⁵. Dit beslaat onder meer huisaansluitingen van verschillende materialen die in de afgelopen decennia zijn aangelegd.

2.2 GWW-PRODUCTIE IN 2023

In deze paragraaf wordt de productie van de GWW in 2023 toegelicht. De eerste paragraaf behandelt de uitbreidings- en vervangende nieuwbouw (in dit rapport ook als vervanging aangeduid), de tweede paragraaf gaat in op groot onderhoud. Omwille van leesbaarheid is ervoor gekozen uitsluitend opvallende uitkomsten nader te duiden.

Productie grotendeels modelmatig

De productie en vervanging van assets in 2023 is in deze studie grotendeels modelmatig benaderd vanwege het ontbreken van data. De uitbreiding van het weggennet, met uitzondering van voetpaden, is wel goed geadministreerd. Verder zijn voor nieuwbouwproductie van kunstwerken van Rijkswaterstaat, dijken (hierbij gaat het om versterken), zandsuppletie en vaargeulonderhoud van RWS,

vrijverval riolering, damwanden van RWS, treinspoor, elektriciteitskabels en waterleidingen feitelijke cijfers bekend. Op basis van de verhouding tussen kunstwerken en het weggennet van verschillende opdrachtgevers in het areaal is de verhouding tussen de toename van nieuwe kunstwerken ten opzichte van de toename van het weggennet benaderd waar geen data beschikbaar was. Voor andere assets zijn bijvoorbeeld langjarige gemiddelden gehanteerd of zijn cijfers over meerdere jaren (bijvoorbeeld 2020 tot 2024) teruggebracht naar de productie in 2023.⁴³

2.2.1. Nieuwbouw en vervangende nieuwbouw

In tabel 2.2 zijn de uitbreidingsnieuwbouw en de vervangende nieuwbouw in het jaar 2023 weergegeven voor alle tot de scope behorende GWW-werken.

Tabel 2.2. Productie uitbreidings- en vervangende nieuwbouw in de GWW, 2023 (in m²/aantallen/km).

Assettype	Uitbreiding	Vervanging
 Wegen (m²)		
Rijkswegen	52.000 ¹	294.460 ²
Provinciale wegen	150.000 ¹	1.280.000 ²
Gemeentewegen	6.318.000 ¹	14.150.000 ²
Fietswegen/paden	856.000 ¹	1.400.000 ²
Voetpad	2.510.000 ²	6.590.000 ²
 Kunstwerken (aantallen)		
Vaste bruggen	480 ²	725 ²
- Waarvan beton	240 ²	165 ²
- Waarvan staal	10 ²	10 ²
- Waarvan hout	230 ²	550 ²
Viaducten	20 ²	20 ²
Beweegbare bruggen	0 ²	20 ²
Tunnels en onderdoorgangen	20 ²	30 ²
Sluizen	5 ²	9 ²
- Waarvan schutsluizen	1 ²	4 ²
- Waarvan spuisluizen	4 ²	5 ²

Assettype	Uitbreiding	Vervanging
Rioolgemalen	415 ²	85 ²
Poldergemalen	15 ²	15 ²
 Riolering (km)		
Vrijverval riolering	1.200 ¹	800 ¹
Mechanisch riolering	430 ¹	65 ²
Persleiding	90 ²	60 ²
Transportleidingen	80 ²	60 ²
 Waterkeringen (km)		
Dijkophoging	0 ¹	120 ¹
Oeverbeschoeiing waterschappen ³	n.v.t. ²	60 ²
Damwanden ³	n.v.t. ²	60 ²
 Spoor (km)		
Trein/Prorail ⁴	0 ¹	230 ¹
Tram- en metrospoor	9 ²	30 ²
 Ondergrondse infra (km)		
Elektriciteitskabels	5.100 ¹	7.790 ²
Gasleidingen	50 ¹	3.420 ²
Telecomkabels	90.000	0 ²
Waterleidingen	1.060 ¹	2.310 ²
Warmteleidingen	200 ²	0 ²

Bron: diverse bronnen, zie methodologische bijlage, bewerking EIB & Structural Collective.

¹ Dit betreft feitelijke productie of vervangende nieuwbouwcijfers

² Dit betreft modelmatige benaderingen, met uitzondering van kunstwerken van RWS en ProRail (niet apart in tabel weergegeven)

³ Er zijn geen cijfers bekend over aanleg van damwanden en oeverbeschoeiingen buiten RWS. RWS heeft meer damwanden gesloopt dan aangelegd, mvu natuurvriendelijke oevers.

⁴ Volgens gegevens van ProRail heeft in 2023 meer sloop dan aanleg van nationale spoorwegen plaatsgevonden.

Uitbreidingsnieuwbouw omvat toevoegingen aan de bestaande voorraad werken. In dit geval wordt er bijvoorbeeld een brug gebouwd op een plek waar voorheen nog geen brug was. Bij uitbreidingsnieuwbouw is derhalve alleen sprake van een vraag naar materialen, met uitzondering van grond dat wordt uitgegraven ten behoeve van de bouw; deze grond komt vrij als materiaal. Bij vervangende nieuwbouw gaat het nadrukkelijk om het slopen en vervangen van een weg of asset. Vervangende nieuwbouw vindt vaak plaats vanwege veroudering of wanneer een kunstwerk onvoldoende voldoet aan de huidige technische of functionele eisen. Vervanging leidt tot aanbod van materialen door het gesloopte werk en vraag naar materialen door het bouwwerk dat daarvoor in de plaats komt.

Sloop zonder nieuwbouw komt zelden voor in de GWW

Het slopen van GWW-werken en het vervolgens niet vervangen hiervan komt zeer zelden voor. Dit heeft vooral te maken met de belangrijke functionele rollen die GWW-werken spelen. Om deze reden en omdat sloop zonder vervanging in de regel niet wordt geadmistreerd, is aangenomen dat sloop zonder vervanging niet plaatsvindt. Deze opmerking kent twee uitzonderingen: het spoor is met 21 km afgenomen in 2023 en RWS-damwanden zijn afgenomen met 42 km in 2023.⁴⁴

Vervanging grotendeels benaderd op basis van levensduren

Op basis van levensduren is het vervangen van wegen en kunstwerken benaderd. Door een combinatie van bouwjaarklassen van kunstwerken en de gemiddelde levensduren is een schatting gemaakt van het aantal kunstwerken dat is vervangen in 2023. Hierbij is rekening gehouden met zowel de technische als de functionele levensduur van kunstwerken. De vervangende nieuwbouwproductie die in dit rapport wordt gepresenteerd is derhalve in grote mate een modelmatige benadering en geeft niet de feitelijke werkzaamheden in 2023 weer.

In de praktijk zal niet in alle gevallen het complete kunstwerk worden vervangen. In sommige gevallen kan bijvoorbeeld gebruik worden gemaakt van bestaande funderingen of constructies. In de benadering is voor complete sloop en nieuwbouw gekozen aangezien op landelijk niveau niet wordt bijgehouden in welke mate hergebruik ter plaatse plaatsvindt.

Onder vervanging van wegen moet het volledig vervangen van wegen worden verstaan, ofwel het vervangen van de onderlaag, tussenlaag en top laag. Van RWS zijn cijfers ontvangen over deze vervanging, waarbij alle lagen worden vervangen. Voor wegen van overige opdrachtgevers is uitgegaan van een modelmatige benadering, waarbij de

levensduur van een weg het uitgangspunt vormt. Voor deze opdrachtgevers is aangenomen dat bij vervangende nieuwbouw van wegen in 45% van de gevallen de granulaten in de funderingslaag worden vervangen.⁴⁵

Uitbreiding rijkswegen relatief laag

Gelet op de uitbreiding van rijkswegen in vorige jaren lijkt het productieniveau in 2023 relatief laag. Belangrijkste verklaring hiervoor lijken schommelingen in productie die zich kunnen voordoen bij de oplevering van grote rijkswegenprojecten en de stikstofproblematiek. De uitbreiding van gemeentelijke wegen ligt in 2023 op een relatief hoog niveau ten opzichte van voorgaande jaren.

120 kilometer aan dijken opgehoogd in 2023

Tabel 2.2 laat zien dat er 120 kilometer aan dijk is vervangen in 2023. Deze vervanging moet worden geïnterpreteerd als versterking. Belangrijk verschil met vervanging van andere kunstwerken is dat er bij versterking uitsluitend materialen worden toegevoegd en niet vrijkomen.⁴⁶ In deze studie is dit gemodelleerd met een ophoging.

50 kilometer aan gasleidingen aangelegd in 2023, glasvezel zorgt voor aanzienlijke productie

In 2023 is er nog 50 kilometer aan gasleidingen aangelegd. Dit komt doordat bestaande grootverbruikers van Groningengas (G-gas) moeten omschakelen naar hoogcalorisch gas (H-gas), wat de aanleg van nieuwe infrastructuur noodzakelijk maakt. De aanzienlijke productie van telecomkabels is toe te wijzen aan de brede uitrol van het glasvezelnetwerk in 2023.

2.2.2 Renovatie en groot onderhoud

Naast de uitbreiding en de vervanging van gehele GWW-werken is ook de vervanging van onderdelen van werken belangrijk voor de materiaalstromen in de GWW. Het gaat hier nadrukkelijk om de vervanging van complete onderdelen, wat in dit onderzoek in zijn totaliteit is aangeduid als 'renovatie en groot onderhoud'. Renovatie en groot onderhoud treedt in deze studie uitsluitend op wanneer elementen met een kortere levensduur dan de asset waar zij toe behoren, vervangen moeten worden. Klein onderhoud zoals schilderwerk of slijpwerkzaamheden vallen buiten de scope van dit onderzoek.

Net als de vervanging is renovatie en groot onderhoud in deze studie modelmatig benaderd: op basis van bouwjaarklassen van kunstwerken en levensduren van elementen binnen de kunstwerken is een schatting gemaakt van het aantal elementen dat is vervangen in 2023. De renovatie en het groot onderhoud die in dit

rapport worden gepresenteerd, vormen derhalve een modelmatige benadering en naar grote waarschijnlijkheid een onderschatting van de feitelijke werkzaamheden.⁴⁷

Toplaag vervangen meest voorkomend groot onderhoud aan wegen

Tabel 2.3 geeft de productie van groot onderhoud aan wegen in 2023 weer. Groot onderhoud aan wegen bestaat in deze studie uit twee activiteiten: vervangen van de toplaag van het asfalt, waarbij ook wegmarkeringen worden vernieuwd, en het vervangen van de verlichting.

In de tabel is aangegeven voor hoeveel vierkante meter weg dit heeft plaatsgevonden. Het vervangen van de toplaag is de grootste onderhoudspost, vanwege de relatieve korte levensduur van de toplaag. Het grootste deel van het onderhoud wordt uitgevoerd aan de gemeentelijke wegen vanwege het grote aandeel van deze wegen ten opzichte van de totale wegenvoorraad. Gemeentelijke wegen hebben daarnaast niet altijd een toplaag (bijvoorbeeld bij elementverharding), maar zijn in de regel wel verlicht, waardoor verlichting hoger uitkomt dan toplaagvervanging.

Tabel 2.3. Productie groot onderhoud wegen, 2023 (in aantallen/m²).

Assettype	Element	m ² wegen/aantallen
Rijkswegen	Toplaag en wegmarkering	4.675.000
	Verlichting (aantal)	2.500
Provinciale wegen	Toplaag en wegmarkering	2.975.000
	Verlichting (aantal)	500
Gemeentelijke wegen	Toplaag en wegmarkering	16.125.000
	Verlichting (aantal)	28.700
Fietspaden	Toplaag en wegmarkering	2.675.000
	Verlichting (aantal)	6.400

Bron: EIB, Structural Collective.

Naast groot onderhoud aan wegen worden er ook elementen van andere kunstwerken vervangen. Renovaties en groot onderhoud aan kunstwerken die

behoren tot de scope van dit onderzoek zijn weergegeven in tabel 2.4. Het vervangen van wegdelen bij bruggen en viaducten is opgenomen bij de wegen.

Tabel 2.4. Productie groot onderhoud kunstwerken, 2023 (in aantallen/m³).

Assettype	Element	Aantallen
Bruggen + viaducten	Taludbekleding onder landhoofden	1.950
Sluizen	Bestrating	80
	Lichtmasten	55
	Sluisdeuren	35
Treinspoor ¹	Ballast (m ³)	31.500
	Porfier (m ³)	157.500
Metrospoor ¹	Ballast (m ³)	1.800
	Porfier (m ³)	8.800
Rioolgemaal	Pomp en plaatafsluiter	370
Oppervlaktegemaal	Hekwerk en pomp	120

Bron: EIB, Structural Collective.

¹Bij ballast en porfier is uitgegaan van vervanging. Dit heeft mogelijk een overschatting tot gevolg.

Zandsuppletie en vaargeulonderhoud kennen een aparte benadering

Zandsuppletie betreft het winnen van zand uit de Noordzee en het aanbrengen daarvan langs de Nederlandse kust. Wanneer het zand direct op het strand wordt opgespoten, wordt gesproken van zandsuppletie; wanneer het zand op de zeebodem voor het strand wordt aangebracht, betreft het een vooroeversuppletie. Het betreft hier dus het verplaatsen van (hernieuwbaar) materiaal. Voor vaargeulonderhoud geldt min of meer hetzelfde: materiaal wordt van de ene plek (een vaargeul) naar een andere plek gebracht, bijvoorbeeld om kabels af te dekken of ten behoeve van natuurontwikkeling. Deze activiteiten brengen CO₂-emissies met zich mee, omdat ze grote hoeveelheden materiaal in beweging brengen, maar zijn niet te herleiden naar specifieke assets.

Naar schatting was met vaargeulonderhoud in 2023 bijna 34 miljoen m³ materiaal gemoeid op basis van bronnen bij RWS en een onderzoek uitgevoerd door het EIB.⁴⁸ Omgerekend met een factor 1,5 behelst dit ongeveer 51.000 kiloton droge stof. Ongeveer 16.500 kiloton hiervan is zout vaargeulonderhoud van RWS en ongeveer 1.300 kiloton behelst zoet vaargeulonderhoud bij RWS. Waterschappen hebben ongeveer 6.500 kiloton aan vaargeulonderhoud gerapporteerd. Ruim 26.000 kiloton vaargeulonderhoud komt voor rekening van andere opdrachtgevers. Met betrekking tot zandsuppletie is in 2023 bijna 16 miljoen m³ zand gebruikt, overeenkomend met 27.000 kiloton droge stof, op basis van bronnen van RWS⁴⁹

Tabel 2.5. Materiaalvraag strand en vooroeversuppletie vaargeulonderhoud, 2023 (in kton en mln. m³).

Assettype	Droge stof (kton)	Volume (mln. m ³)
Strand en vooroeversuppletie	27.000	16
Vaargeulonderhoud	51.000	34
Totaal	78.000	50

2.3 VERSCHILLEN IN GWW-PRODUCTIE TUSSEN 2019 EN 2023

De cijfers voor 2023 zijn onderdeel van een update van het eerder uitgevoerde onderzoek met als basisjaar 2019. In de basis zijn de productiecijfers voor beide jaren volgens dezelfde methodiek vastgesteld. Voor kunstwerken geldt echter dat een andere benadering is gekozen voor nieuwbouwproductie dan in voorgaande studie waardoor de cijfers niet vergelijkbaar zijn.

Nieuw in deze studie is bovendien de toevoeging van ondergrondse infrastructuur (zoals kabels en leidingen), oeverbescherming (damwanden en oeverbeschoeiing), en de vervanging van grond- en baggerspecie door zoet en zout vaargeulonderhoud. In onderstaande paragrafen gaan we in op de belangrijkste verschillen tussen 2019 en 2023.

2.3.1 Nieuwbouw

In tabel 2.6 wordt de uitbreidingsnieuwbouw van 2019 vergeleken met die van 2023.

Tabel 2.6. Productie uitbreidingsnieuwbouw in de GWW, 2019 en 2023 (in km/m²/aantallen).

Assettype	2019	2023
 Wegen (m²)		
Rijkswegen	102.000	52.000
Provinciale wegen	40.000	150.000
Gemeentelijke wegen	5.642.000	6.318.000
Fietspaden	1.811.000	856.000
Voetpaden	2.357.000	2.510.000
 Kunstwerken (aantallen)¹		
Vaste bruggen	590	480
- Waarvan beton	530	240
- Waarvan staal	15	10
- Waarvan hout	50	230
Viaducten	15	20
Beweegbare bruggen	0	0
Tunnels en onderdoorgangen	35	20
Sluizen	5	5
Rioolgemalen	210	415
Poldergemalen	10	15

Assettype	2019	2023
 Riolering (km)		
Vrijverval riolering	1.300	1.200
Mechanische riolering	325	430
Persleiding	n.v.t.	90
Transportleidingen	n.v.t.	90
 Waterkeringen (km)		
Dijken	1	0
 Spoor (km)		
Treinspoor	0	0
Tram- en metrospoor	20	10
 Ondergrondse infra (km)		
Elektriciteitskabels	n.v.t.	5.100
Gasleidingen	n.v.t.	50
Telecomkabels	n.v.t.	90.000
Waterleidingen	n.v.t.	1.060
Warmteleidingen	n.v.t.	200

Bron: Diverse bronnen, zie methodologische bijlage, bewerking EIB & Structural Collective.

¹ De methodiek voor de uitbreiding van kunstwerken is veranderd ten opzichte van de vorige studie. Deze cijfers hebben daarom een andere kleur in de tabel.

Uiteenlopende ontwikkeling uitbreiding wegen

De uitbreiding van rijkswegen ligt in 2023 bijna 50% lager dan in 2019. In vergelijking met voorgaande jaren is het productieniveau daarmee relatief laag; het gemiddelde over de voorbije jaren bedraagt bijna 95.000 m² ⁵⁰. De uitbreiding van gemeentewegen is juist toegenomen. De uitbreiding van provinciale wegen was in 2023 bijna vier keer zo hoog als in 2019, dat een laag jaar is gebleken⁵¹. Het aantal kilometers aangelegd fietspad is ook aanzienlijk afgenomen.

Aangepaste methodiek voor nieuwbouw kunstwerken en herziening van brugclassificaties

De cijfers voor kunstwerken zijn op een andere manier tot stand gekomen dan bij de voorgaande studie, waardoor een vergelijking met 2019 niet is te maken en niet direct geconcludeerd kan worden dat de nieuwbouwproductie is afgenomen⁵². Daarnaast is in de vorige studie de lengte van bruggen stelselmatig overschat, waardoor de toewijzing van classificaties (houten brug, betonnen brug) scheefgetrokken werd naar betonnen bruggen. In deze versie is daarvoor gecorrigeerd.

Uitbreiding rioolgemalen aanzienlijk

Uit cijfers van Rioned komt naar voren dat er een aanzienlijke hoeveelheid rioolgemalen is aangelegd. De oorsprong van deze uitbreiding is enigszins onduidelijk, in een gesprek is aangegeven dat dit mogelijk een administratieve verbetering betreft. Echter, wanneer naar de verhouding tussen het aantal huishoudens en het aantal rioolgemalen in het areaal wordt gekeken en deze verhouding wordt aangehouden bij de huishoudensgroei en de productie van rioolgemalen in 2023, lijken deze cijfers overeen te komen.

2.3.2 Vervangende nieuwbouw

Vervanging van assets modelmatig benaderd, per saldo een toename zichtbaar

De vervanging van assets is grotendeels modelmatig beschouwd op basis van levensduren. De schommelingen zijn daardoor niet heel groot, met een aantal uitzonderingen (tabel 2.7).

Tabel 2.7. Productie vervangende nieuwbouw in de GWW, 2019 en 2023 (in km/m²/aantallen).

Assettype	2019	2023
 Wegen (m²)		
Rijkswegen ¹	1.750.000	294.460
Provinciale wegen	1.200.000	1.280.000
Gemeentelijke wegen	12.550.000	14.150.000
Fietspaden	1.200.000	1.400.000
Voetpaden	6.750.000	6.590.000
 Kunstwerken (aantallen)²		
Vaste bruggen	415	725
- Waarvan beton ³	315	165
- Waarvan staal	25	10
- Waarvan hout ³	80	550
Viaducten	35	20
Beweegbare bruggen	15	20
Tunnels en onderdoorgangen	20	30
Sluizen	15	10
Rioolgemaal	65	85
Poldergemaal	10	15
 Riolering (km)		
Vrijverval riolering	1.300	800
Mechanische riolering	40	65
Persleiding	n.v.t.	60
Transportleiding	n.v.t.	60

Assettype	2019	2023
 Waterkeringen (km)		
Dijkophoging	195	120
Oeverbeschoeiing	n.v.t.	60
Damwanden	n.v.t.	60
 Spoor (km)		
Treinspoor	140	230
Tram- en metrospoor	35	30
 Ondergrondse infra (km)		
Elektriciteitskabels	n.v.t.	7.790
Gasleidingen	n.v.t.	3.420
Telecomkabels	n.v.t.	0
Waterleidingen	n.v.t.	2.310
Warmteleidingen	n.v.t.	0

Bron: diverse bronnen, zie methodologische bijlage, bewerking EIB & Structural Collective.

¹ Op basis van 'Prognoserapport 2022 Vervanging en Renovatie' van RWS is de oppervlakte te vervangen wegen op een andere manier vastgesteld.

² De methodiek voor de vervanging van kunstwerken is gelijk gebleven, maar sloooperpercentages zijn gewijzigd door dataverbetering. Deze cijfers hebben daarom een andere kleur in de tabel.

³ Door de herclassificatie van beton naar hout worden minder betonnen en meer houten bruggen vervangen. Daarnaast is de levensduur van een houten brug korter, waardoor het totale aantal stijgt.

Aangepaste methodiek voor vervanging rijkswegen

De vervanging van rijkswegen ligt in 2023 aanzienlijk lager dan in 2019, wat komt door een wijziging in de methodiek. Waar eerder werd uitgegaan van een jaarlijks vervangingspercentage van 1,95% van de voorraad⁵³ is nu het 'Prognoserapport 2022' van RWS⁵⁴ als basis genomen. Dit rapport stelt dat 20% van de 5.700 km aan doorgaande hoofdrijbaan risicovol is, waarbij geschat wordt dat jaarlijks 19,7 km hoofdrijbaan moet worden vervangen. Dit is omgerekend naar het totale baanoppervlak, inclusief op- en afritten.

Vervangende nieuwbouw bruggen hoger door methodologische correctie

Aangezien het areaal houten bruggen ten opzichte van betonnen bruggen is toegenomen door de herclassificatie van beton naar hout, is het vervangingsaandeel van houten bruggen ook aanzienlijk toegenomen. Daarbij komt dat

houten bruggen korter meegaan dan betonnen bruggen, waardoor het totaal aantal vervangen bruggen in 2023 hoger is dan in 2019. Het aantal vervangen viaducten en sluizen is lager uitgevallen, met name door veranderde sloooperpercentages op basis van data over meerdere jaren dan voorheen.

Vervanging vrijverval riolering blijft achter, minder dijken versterkt, meer spoor vervangen

De vervanging van vrijverval riolering ligt in 2023 bijna 40% lager dan in 2019. Dit komt vooral door personele onderbezetting bij gemeenten en marktpartijen, evenals de hoge kosten en drukke ondergrond in groeiende steden⁵⁵. In de komende jaren zal de rioleringsopgave verschuiven van uitbreiding naar vervanging op basis van de leeftijdsopbouw van de rioleringsvoorraad. Dijkversterking heeft minder plaatsgevonden dan in 2019 volgens het Nationaal Deltaprogramma 2025 en de waterschappen. Cijfers van ProRail laten zien dat er in 2023 aanzienlijk meer spoor is vervangen dan in 2019.

Nieuwe categorieën toegevoegd

Damwanden en oeverbeschoeiingen zijn in deze studie voor het eerst meegenomen. Op basis van cijfers van RWS kan worden geconcludeerd dat nieuwe damwanden van staal, beton en hout niet worden aangelegd, dit metrage neemt af. Wel nemen natuurlijk-vriendelijke oevers toe. Om deze redenen is in de studie alleen uitgegaan van vervanging van bestaande damwanden. De productie en vervanging van ondergrondse infra is ook voor het eerst opgenomen in deze materiaalstromenstudie.

Toename vervanging van toplagen

Naast vervanging van bestaande werken is ook de renovatie en groot onderhoud vergeleken tussen 2019 en 2023 (tabel 2.8). Het vervangen van de topklaag is in

2023 over het algemeen toegenomen ten opzichte van 2019. De toename van de vervanging van toplagen en verlichting bij gemeentelijke wegen, provinciale wegen en fietspaden hangt samen met een sterkere groei van het areaal tussen 2019 en 2023 dan bij rijkswegen.

2.3.3 Renovatie en groot onderhoud

Onderhoud aan landhoofden bruggen en viaducten lager door methodologische correctie

Aangezien het areaal houten bruggen ten opzichte van betonnen bruggen is toegenomen door de herclassificatie van beton naar hout, en aan houten bruggen minder onderhoud aan landhoofden plaatsvindt, is het onderhoud aan landhoofden van bruggen en viaducten in 2023 lager dan in 2019 (tabel 2.9).

Tabel 2.8. Productie groot onderhoud wegen in de GWW, 2019 en 2023 (in km/m²/aantallen).

Assettype	Element	2019 ¹	2023
Rijkswegen	Topklaag en wegmarkering	4.875.000	4.675.000
	Verlichting (aantal)	3.175.000 (m ²)	2.500
Provinciale wegen	Topklaag en wegmarkering	2.850.000	2.975.000
	Verlichting (aantal)	725.000 (m ²)	500
Gemeentelijke wegen	Topklaag en wegmarkering	13.925.000	16.125.000
	Verlichting (aantal)	16.225.000 (m ²) ²	28.700
Fietspaden	Topklaag en wegmarkering	2.650.000	2.675.000
	Verlichting (aantal)	2.050.000 (m ²)	6.400

Bron: EIB.

¹ In 2019 werd de verlichting op basis van vierkante meter weg berekend.

² In 2019 was voor meer vierkante meter verlichting vervangen dan toplagen en wegmarkering. Dit hangt samen met het feit dat niet alle gemeentewegen asfaltwegen zijn, maar wel verlicht.

Tabel 2.9. Productie groot onderhoud kunstwerken, 2019 en 2023 (in m³/aantallen).

Assettype	Element	2019 ¹	2023
Bruggen en viaducten	Taludbekleding onder landhoofden	2.080 ¹	1.950
Sluizen	Bestrating	80	80
	Lichtmasten	55	55
	Sluisdeuren	35	35
Treinspoor	Ballast (m ³)	31.900	31.500
	Porfier (m ³)	159.700	157.500
Metrospoor	Ballast (m ³)	1.800	1.800
	Porfier (m ³)	8.800	8.800
Rioolgemalen	Pomp en plaatafsluiter	290	370
Oppervlaktegemaal	Hekwerk en pomp	120	120

Bron: EIB, Structural Collective.

¹ Door de herclassificatie van betonnen bruggen naar houten bruggen, is het groot onderhoud hiervan niet goed vergelijkbaar tussen 2019 en 2023.

Hoeveelheid zandsuppletie en vaargeulonderhoud wisselt jaarlijks sterk

Bij de vorige studie was de hoeveelheid grond- en baggerspecie gerapporteerd. Dit jaar zijn daar geen cijfers over aangeleverd. Wel is vanuit verschillende bronnen inzicht verkregen in zandsuppletie en zoet en zout

vaargeulonderhoud voor 2023. Deze hoeveelheid wisselt jaarlijks echter sterk, waardoor jaar-op-jaar cijfers beperkt inzicht bieden vanuit monitoringsperspectief.

Hoofdstuk 3:

Materiaalstromen in de GWW

3.1 INSTROOM VAN MATERIALEN IN DE GWW IN 2023

In dit hoofdstuk worden de materiaalstromen weergegeven zoals gemodelleerd op basis van de geraamde productie en de profielen per asset. Voor elke asset zijn representatieve profielen gebruikt, met waar nodig een verdere uitsplitsing — zoals bij niet-asfaltverhardingen (bijvoorbeeld betontegels en gebakken klinkers) en bij verschillende typen rioleringen (mechanisch, vrijval, pers- en transportleidingen). Deze profielen zijn gematerialiseerd op basis van Life Cycle Assessments (LCA's). Door de productie uit hoofdstuk 2 te vermenigvuldigen met deze profielen en hun materialisaties zijn de uiteindelijke materiaalstromen bepaald.

In de meeste grafieken over materiaalintensiteiten worden zandsuppletie en vaargeulonderhoud afzonderlijk

weergegeven, omdat deze grote stromen doorgaans niet direct aan specifieke assets zijn gekoppeld. Ook ophoogzand, grond en klei (voornamelijk gebruikt voor dijkophoging) worden in sommige tabellen apart vermeld wanneer het doel is om het matchingspotentieel inzichtelijk te maken. De gemodelleerde stromen stellen ons in staat om in brede zin conclusies te trekken over de verdeling van stromen over eigenaren en assets, en over de materiaaltypen die daarbij een rol spelen.

Asfalt, menggranulaat en beton domineren ingaande stromen

De top twee materiaalstromen, asfalt en menggranulaat, hangen in grote mate samen met de aanleg, vervanging en renovatie van wegen. In totaal zijn deze stromen samen met beton gezamenlijk verantwoordelijk voor circa 80% van de totale materiaalvraag.^{56 57}

Tabel 3.1. Ingaande stromen per materiaal in de assets van de GWW voor uitbreidingsnieuwbouw, vervangende nieuwbouw en renovaties, 2023 (in kton).

Materiaalcategorie	Ingaande stromen (kton)	Deel van totaal ingaand (%)
Asfalt	8.731	38,4%
Menggranulaat	7.829	34,5%
Beton	3.505	15,4%
Steen	1.270	5,6%
Vulstof	713	3,1%
Gebakken klinker	258	1,1%
Staal en ijzer	208	0,9%
Kunststoffen	106	0,5%
Hout	36	0,2%
Overige Metalen	18	0,1%
Glas	11	0,0%
Industriezand	7	0,0%
Aluminium	7	0,0%
Grind	4	0,0%
Overige	5	0,0%

Materiaalcategorie	Ingaande stromen (kton)	Deel van totaal ingaand (%)
Subtotaal	22.710	100,0%
Ophoogzand	6.398	20,6%
Klei	1.065	3,4%
Grond	901	2,9%
Totaal	31.075	100,0%

Bron: EIB, Structural Collective.

Asfalt vertegenwoordigt ongeveer 38% van de materiaalvraag in 2023

Met name het omvangrijke gemeentelijke wegennet en de bijbehorende vervangings- en renovatieopgave zorgen voor een grote vraag naar asfalt. Menggranulaat, dat wordt toegepast als funderingsmateriaal onder vrijwel alle typen wegen, is met circa 34% de tweede grootste stroom. Wanneer we uitsluitend uitbreidingsnieuwbouw beschouwen, is menggranulaat zelfs de grootste stroom. Dat asfalt hoger uitvalt dan ophoogzand en menggranulaat (die vaak lagen van 250–500 mm beslaan), komt hoofdzakelijk doordat in onze modellering de volledige top-, tussen- en onderlaag wordt vervangen bij wegvervanging, terwijl het ophoogzand — en ongeveer 45% van het menggranulaat — blijft liggen.

Ook bij beton, de derde grootste stroom met 15%, zijn wegen veruit dominant in de vraag.

Het grootste deel van het betongebruik (circa 60%)⁵⁸ wordt ingezet voor bestrating. Daarna volgen de kunstwerken — tunnels, bruggen, damwanden en sluizen — die gezamenlijk ongeveer 30% van de betonvraag voor hun rekening nemen. Circa 8% van het beton komt terecht in rioleringen, waarbij vrijvervalleidingen dominant zijn: zij vertegenwoordigen ongeveer 80% van de betonvraag binnen deze categorie.

Steen vertegenwoordigt met circa 5% de vierde grootste stroom en gaat voor meer dan 90% naar spoorballast.⁵⁹

Spoorballast wordt voor 90% gebruikt voor treinsporen en minder dan 10% wordt toegepast als ballast voor tram- en metrolijnen. Wanneer we steen beschouwen als *inputgrondstof* (zie de aanduiding “materiaal” in Figuur 3.4 op de volgende pagina), stijgt het aandeel naar circa 20% van het totale materiaalgebruik en vormt het de derde grootste stroom. Het merendeel hiervan (circa 80%) wordt in de vorm van steenslag toegepast in asfaltwegen.

Staal en ijzer beslaat minder dan 1% van de instromende grondstoffen

In dit rapport wordt Staal en ijzer breed gedefinieerd: het omvat de meeste staaltoepassingen (zoals stalen liggers, kolommen, funderingspalen, damwanden, spoorstaven en gasleidingen). Binnen deze stroom nemen stalen damwanden — een nieuwe categorie in vergelijking met 2019 — met circa 17% het grootste aandeel in, gevolgd door spoorstaven (13%) en gasleidingen (11%).

Kunststoffen, goed voor slechts 0,5% van de totale massa van de materiaalstromen, worden vooral toegepast in de ondergrondse infrastructuur.

Ongeveer gelijke hoeveelheden van alle kunststoffen (13–14%) gaan naar vrijvervalrioleringen en HDPE-gasleidingen, gevolgd door waterleidingen (circa 5%) en persleidingen (circa 3%).

Zand is de grootste benodigde materiaalstroom binnen zand, grond en klei

In tabel 3.2 wordt de benodigde hoeveelheid grond, klei en ophoogzand per asset weergegeven, exclusief vaargeulonderhoud en zandsuppletie (respectievelijk 50.800 kiloton en 27.000 kiloton). Binnen deze drie materiaalstromen is ophoogzand veruit de grootste stroom, goed voor ongeveer driekwart (75%) van de totale massa.⁶⁰ Het overgrote deel van deze vraag (circa 90%) komt vanuit asfalt- en niet-asfaltwegen, die respectievelijk 57% en 33% van het totale gebruik van ophoogzand voor hun rekening nemen. Dit is verklaarbaar doordat bij de aanleg van wegen doorgaans een halve meter ophoogzand onder het wegdek wordt aangebracht..

Tabel 3.2. Ingaande stromen van ophoogzand, klei en grond bij uitbreidingen, vervangingen en renovaties (excl. zandsuppletie en vaargeulonderhoud), 2023 (in kton).

	Grond (kton)	Klei (kton)	Zand (kton)	Totaal (kton)	Deel van totaal (%)
 Asfaltwegen			3.605	3.605	43,1%
 Niet-asfaltwegen			2.130	2.130	25,5%
 Dijkophoging	361	1.065	457	1.883	22,5%
 Tunnels	33		105	138	1,7%
 Spoor			99	99	1,2%
 Sluizen			1	1	0,0%
 Viaducten	507		0	507	6,1%
Totaal	901	1.065	6.398	8.364	100,0%

Bron: EIB, Structural Collective.

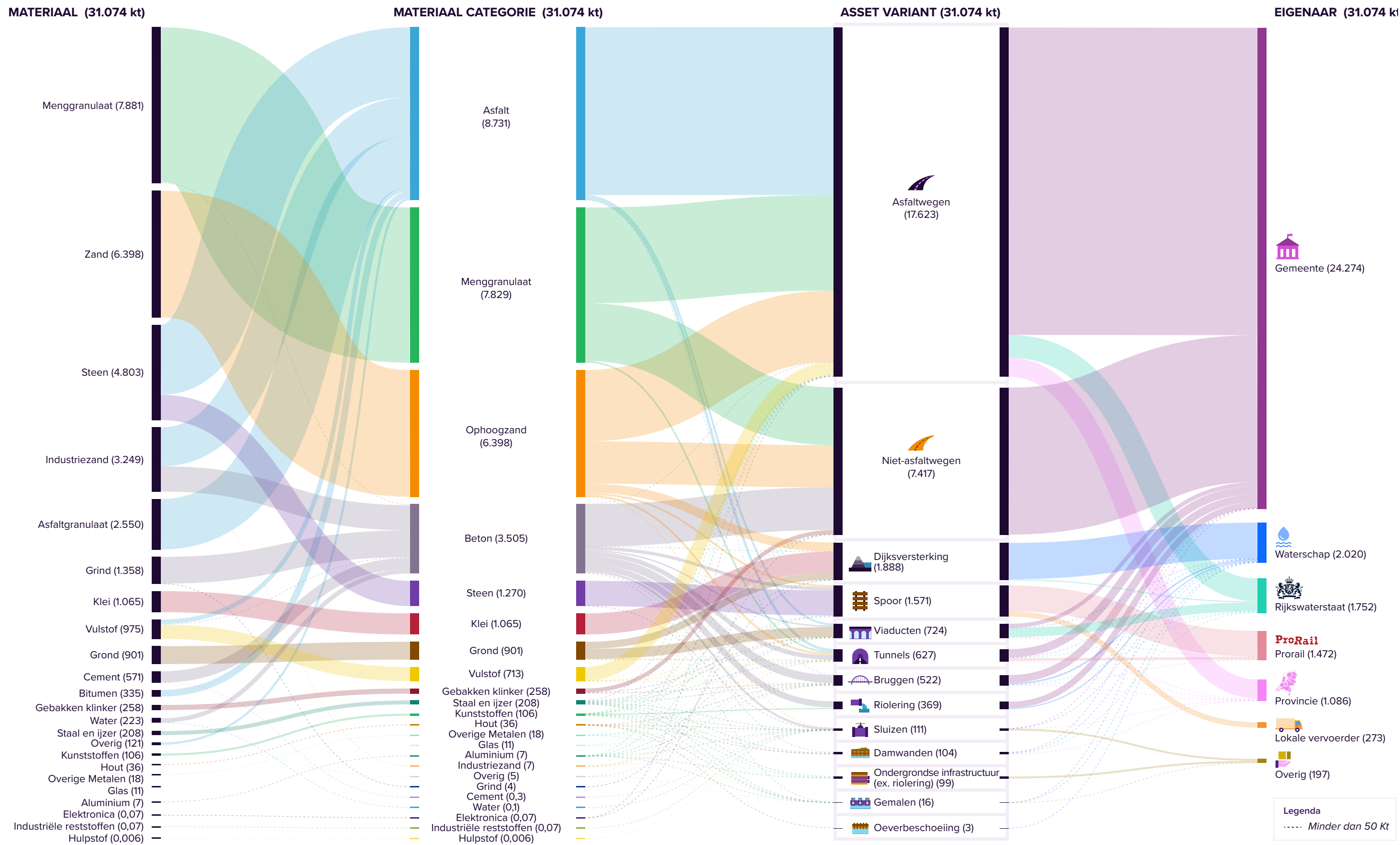
Klei is een relatief kleine stroom

Grond en klei zijn met respectievelijk circa 10% en 12% de kleinste van de drie materiaalstromen in tabel 3.2. Klei wordt uitsluitend toegepast bij dijkophoging, terwijl grond vooral

wordt gebruikt bij tunnels, dijkophoging en viaducten. Binnen het ophogen van dijken vertegenwoordigt klei echter wel circa 55% van de aangebrachte massa.

Ingaande stromen naar materiaal, asset en eigenaar

Figuur 3.1. Ingaande stromen naar materiaal, asset en eigenaar.



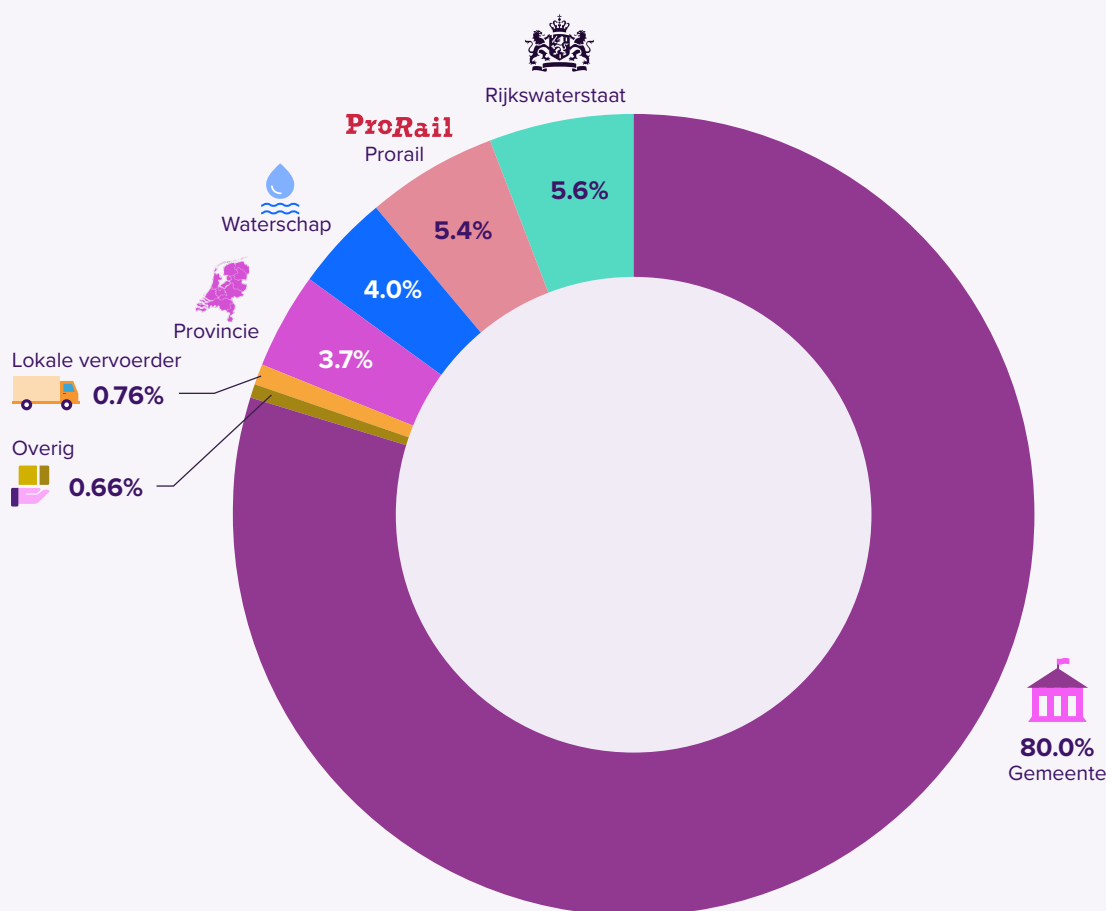
Bron: EIB, Structural Collective.

Gemeenten zijn de grootste afnemers van materialen in de GWW

In Figuur 3.1 en 3.2 is te zien dat de gemeenten circa 80% van de materiaalvraag voor hun rekening nemen. Gemeentelijke assets zijn in de regel kleiner, maar de productie is zeer groot in verhouding tot de productie van andere eigenaren.

Uit Figuur 3.3 op de volgende pagina is af te lezen dat gemeenten met name verantwoordelijk zijn voor de materiaalvraag als gevolg van uitbreiding, vervanging en renovatie van wegen. Ook bij civiele constructies en ondergrondse infra hebben gemeenten een groot aandeel.

Figuur 3.2. Percentage van de massa van gevraagd materiaal (kton) per eigenaar in 2023.



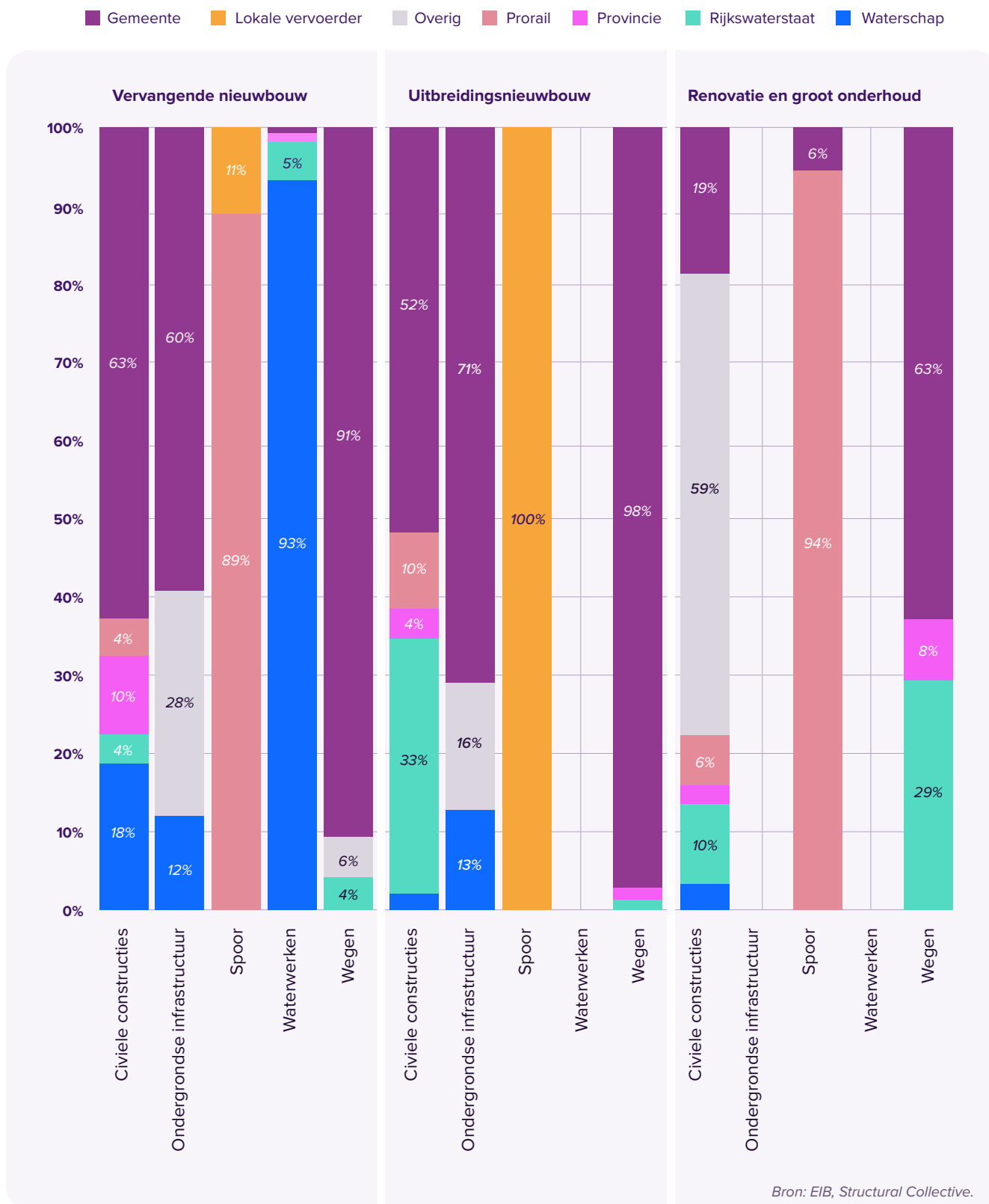
Bron: EIB, Structural Collective.

Naast gemeenten zijn Rijkswaterstaat en provincies verantwoordelijk voor een groot deel van de vraag naar materiaal voor wegen.

Het relatief lage aandeel van Rijkswaterstaat bij de vraag naar materialen voor wegen hangt samen met de door RWS gerapporteerde vervangingscijfers.⁶¹ Van andere eigenaren zijn geen landelijk geaggregeerde

vervangingscijfers bekend; door deze te modelleren aan de hand van levensduren is de gevraagde vervangende nieuwbouw hoeveelheid voor wegen aanzienlijk hoger dan bij RWS. ProRail neemt het overgrote deel van de materiaalvraag voor haar rekening voor vervangingen (89%) en renovatie (94%) bij sporen terwijl lokale vervoerders juist bij de uitbreidingsnieuwbouw zo goed als alle materialen vragen.⁶²

Figuur 3.3. Percentages van massa's per eigenaar, activiteit en hoofdcategorie in 2023.



VERGELIJKING MET MATERIAALSTROMEN IN 2019

Het aandeel asfalt ten opzichte van menggranulaat is gegroeid tussen 2019 en 2023

Door aanpassing van de modellering naar de lagere hoeveelheid vervangende nieuwbouw bij wegen (ca. 1,4 miljoen m² minder, met name door rapportage van RWS), daalt het aandeel menggranulaat in de vraag. Tegelijkertijd heeft er meer groot onderhoud en renovatie plaatsgevonden, waar enkel asfalt en geen granulaat wordt gebruikt.

De hoeveelheid steen is iets gestegen

De stijgende hoeveelheid gevraagd steen ten opzichte van 2019 valt grotendeels toe te kennen aan de instroom afkomstig van het gebruik van ballast bij sporen, waar een toename (ca. 64%) in de vervangende nieuwbouw heeft plaatsgevonden.⁶³

De hoeveelheid constructiestaal is flink gestegen door toevoegingen van assets aan de scope

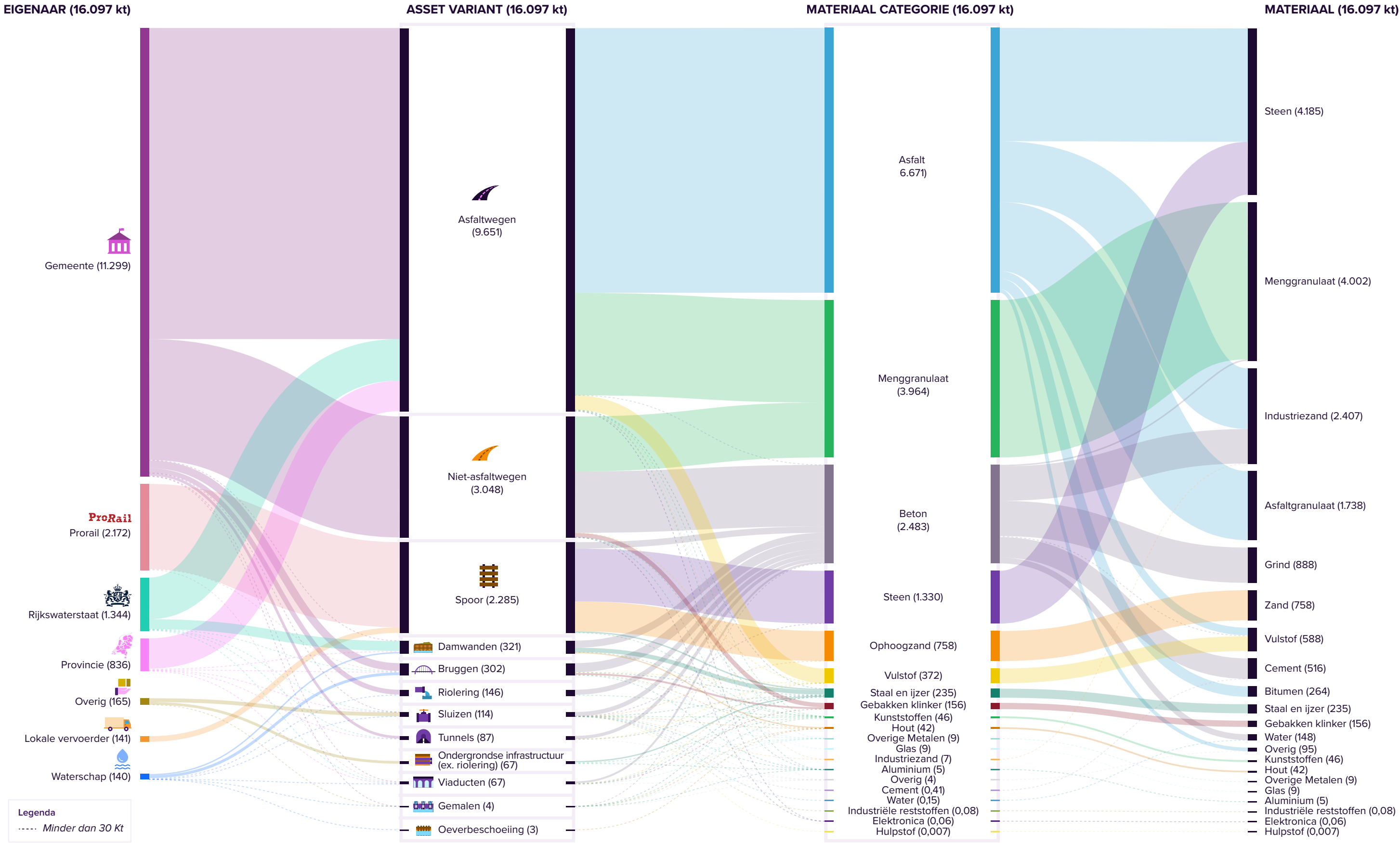
De stijgende vraag naar constructiestaal is onder andere te verklaren door het toevoegen van stalen damwanden en gasleidingen aan de scope, waarvoor in totaal 54 kton constructiestaal geraamd is. Tunnels en viaducten hebben ook een grote instroom van constructiestaal (ca. 60 kton) en wapeningsstaal. De gemiddelde lengte van de tunnels van RWS is aangepast⁶⁴, waardoor deze ca. vier keer groter is geworden vergeleken met het profiel uit 2019.

3.2 UITSTROMEN VAN MATERIALEN IN DE GW IN 2023

Figuur 3.5 geeft de uitstromen weer uit sloop, vervangende nieuwbouw en renovaties van assets naar materiaal en eigenaar. Om te begrijpen hoe de materiaalstromen feitelijk vrijkomen, geeft de derde kolom ('Materiaalcategorie') het meeste inzicht. De stroom onder bijvoorbeeld asfalt in de derde kolom zal voor een deel vrijkomen als freesasfalt. De

rechter kant van het stroomdiagram ("Materiaal") betreft een classificatie van de uitstromen van de derde kolom "Materiaalcategorie" op basis van inputcomponenten en is die zin een theoretische uitstroom. Bijvoorbeeld: asfalt zal in de praktijk niet meer worden uitgesplitst naar de ingaande componenten (steenslag, bitumen, industriezand, vulstof). Grond (een uitstroom van 8,7 Mton) is uit de Figuur verwijderd om de Figuur leesbaar te houden.

Figuur 3.4. Uitgaande stromen in massa naar eigenaar in de GWW - excl. uitstroom van grond, 2023 (in kton).



Bron: EIB, Structural Collective.

Wegen grootste bron van vrijkomende materialen uit de GW

Door de sloop, vervangende nieuwbouw en renovatie en groot onderhoud te koppelen aan de profielen, komt een beeld naar voren van de uitgaande stromen. Wegen (asfalt- en niet asfaltwegen) zijn de grootste bron van vrijkomende materialen. Wanneer we grond buiten beschouwing laten, bestaat de uitgaande stroom door wegen voor 67% uit asfalt en voor 25% menggranulaat.⁶⁵ Hierbij is gemodelleerd dat 45% van het menggranulaat in de fundering van asfalt- en klinkerwegen vrij komt bij de vervanging van deze wegen. Deze wegen zijn voor het grootste deel in bezit van de gemeenten. Na wegen hebben sporen met 2,3 Mton de grootste uitstroom, wat te verklaren is door de vrijkomende spoorballast.⁶⁶

Figuur 3.4 toont tevens dat de derde grootste vrijkomende massastroom sporen betreft met ca 2 Mton. Daarna volgen damwanden, waar in 2023 veel sloop is geregistreerd bij damwanden in het bezit van RWS.

3.3 OVERLAP VAN MATERIAALSTROMEN IN DE GW IN 2023

In- en uitgaande stromen: overlap van ca 67,5%

In tabel 3.3 staan de ingaande en uitgaande stromen per materiaal weergegeven. De vraag naar materialen is ruim 22.7 Mton, terwijl de hoeveelheid vrijkomend materiaal ruim 15 Mton beslaat (grond, klei en ophoogzand niet inbegrepen). Dit betekent dat als alle uitgaande materialen 100% hergebruikt hadden kunnen worden, gemiddeld 67,5% van de benodigde materialen theoretisch gezien met secundair materiaal had kunnen worden voorzien wanneer deze weer naar de ingaande componenten zouden worden verwerkt. Dit is de theoretische potentie binnen de GW-sector; uitwisseling met andere sectoren, zoals de B&U, blijft hierbij buiten beschouwing. Hierbij moet worden aangetekend dat dit gat in de praktijk groter is door materiaalverlies bij verwerking en dat de kwaliteit van vrijkomend materiaal niet altijd zal volstaan.

Tabel 3.3. Ingaande versus uitgaande stromen per materiaal voor uitbreiding, vervanging en renovatie in de GW - excl. zandsuppletie en vaargeulonderhoud, 2023 (in kton).

	Ingaande stromen (kton)	Deel van totaal ingaand (%)	Uitgaande stromen (kton)	Deel van totaal uitgaand (%)	Match (%)
Asfalt	8.731	38,4%	6.671	43,5%	76,4%
Menggranulaat	7.829	34,5%	3.964	25,8%	50,6%
Beton	3.505	15,4%	2.483	16,2%	70,8%
Steen	1.270	5,6%	1.330	8,7%	104,7%
Vulstof	713	3,1%	372	2,4%	52,2%
Gebakken klinker	258	1,1%	156	1,0%	60,6%
Staal en ijzer	201	0,9%	235	1,5%	113,8%
Kunststoffen	106	0,5%	46	0,3%	42,9%
Hout	36	0,2%	42	0,3%	116,7%
Overige Metalen	18	0,1%	9	0,1%	52,7%

	Ingaande stromen (kton)	Deel van totaal ingaand (%)	Uitgaande stromen (kton)	Deel van totaal uitgaand (%)	Match (%)
Glas	11	0,0%	9	0,1%	78,7%
Industriezand	7	0,0%	7	0,1%	92,0%
Aluminium	7	0,0%	5	0,1%	60,2%
Grind	4	0,0%	0	0,0%	0,0%
Overige	5	0,0%	9	0,1%	163,1%
Subtotaal	22.710	100,0%	15.338	100,0%	67,5%
Ophoogzand	6.398	20,6%	758	-	-
Klei	1.065	3,4%	0	0,0%	-
Grond ⁶⁷	901	2,9%	8.717	35,1%	-
Totaal	31.075	100,0%¹	24.812	100,0%	

Bron: EIB, Structural Collective.

¹ De percentages bij ophoogzand, grond en klei geven het deel van de ingaande en uitgaande stroom aan wanneer zij deel uit zouden maken van het totaal.

Met 35% van de massa is grond de grootste van de vrijkomende materialen.

Zand voor zandsuppletie staat niet aangegeven in bovenstaande tabel, maar maakt ca 43,6% van de totale massa uit. Wanneer grond, ophoogzand, zandsuppletie en klei buiten beschouwing worden gelaten, zijn asfalt (44%) en menggranulaat (26%) de grootste vrijkomende

stromen. In de praktijk zal een deel van de steenachtige materialen (zoals beton) ook vrijkomen in de vorm van granulaten (betongranulaat), maar voor de duidelijkheid is de splitsing behouden om te laten zien wat de vorm was in de oorspronkelijke asset van waaruit het materiaal vrijkomt. Beton vormt 16%⁶⁸ van de vrijkomende massa, die afkomstig is uit de verschillende civiele werken en elementverhardingen (in de vorm van betonnen tegels en klinkers).

Tabel 3.4. Ingaande en uitgaande stromen naar asset - excl. zandsuppletie en vaargeulonderhoud, 2023 (in kton).

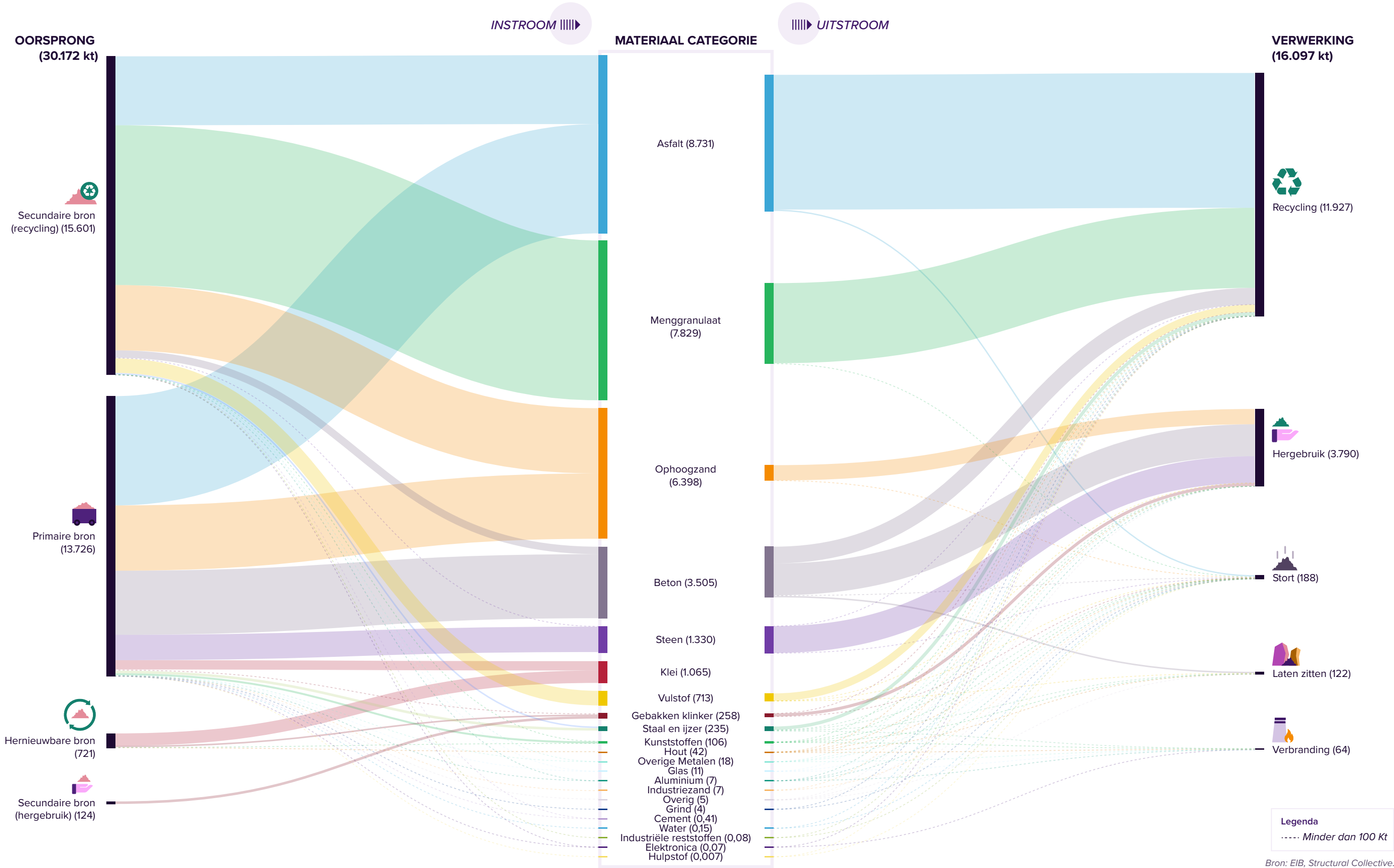
	Ingaande stromen (kton)	Deel van ingaand (%)	Uitgaande stromen (kton)	Deel van uitgaand (%)
 Asfaltwegen	17.623	56,7%	16.713	67,4%
 Niet-asfaltwegen	7.417	23,9%	3.048	12,3%
 Dijkversterking	1.888	6,1%	0	0,0%
 Spoor	1.571	5,1%	2.285	9,2%
 Viaducten	724	2,3%	67	0,3%
 Tunnels	627	2,0%	1.742 ⁶⁹	7,0%
 Bruggen	522	1,7%	302	1,2%
 Riolering	369	1,2%	146	0,6%
 Sluizen	111	0,4%	114	0,5%
 Damwanden	104	0,3%	321	1,3%
 Ondergrondse infrastructuur (ex. riolering)	99	0,3%	67	0,3%
 Gemalen	16	0,1%	4	0,0%
 Oeverbeschoeiing	3	0,0%	3	0,0%
Subtotaal	31.075	100,0%	24.812	100,0%

Bron: EIB, Structural Collective.

In de tabel valt op dat er meer hout en staal is vrijgekomen in 2023 dan er werd gevraagd, met name door de sloop van zware damwanden.⁷⁰ Tevens is er meer uitstroom dan instroom in de categorie steen door de geraamde sloop van sporen in 2023. Hierbij is ophoogzand (ca. 756 Kton) ook gemodelleerd als vrijkomend materiaal.

Ook tunnels hebben een grote uitstroom met ca 1,7 Mton, waar bijna 80% van de uitstroom aan onderdoorgangen toe te kennen is. Het lijkt contra-intuïtief dat de uitstroom groter is dan in instroom bij tunnels. dit is voornamelijk toe te wijzen aan de uitstroom van grond bij uitbreidingen (ca. 1.6 Mt). Wanneer dit buiten beschouwing wordt gelaten, is de uitstroom slechts 87 Kton.

Figuur 3.5. Oorsprong van de ingaande grondstoffen GWW, 2023 (in kton).. Links: instroom op basis van nieuwbouw, uitbreiding en renovatie. Getallen weergegeven in het midden: instroom. Rechts: uitstromende materialen als gevolg van dezelfde activiteiten, incl. sloop.



Voor de ingaande grondstoffen zijn de oorsprong (primaair, secundair of hernieuwbaar) en uitgaande grondstoffen de verwerking (hergebruik, recycling, verbranding en stort) in beeld gebracht. De resultaten hiervan zijn in Figuur 3.5 weergegeven. De verdeling van primaire, secundaire en hernieuwbare materiaalstromen binnen de Nederlandse GWW-sector is gebaseerd op uitgebreid onderzoek uit 2019, zoals vastgelegd in de bijbehorende methodologische bijlage. Voor de huidige studie is deze data opnieuw tegen het licht gehouden middels deskresearch en is de tabel ter validatie voorgelegd aan de klankbordgroep en aan de orde gekomen in expertgesprekken. Hoewel er aanvullend literatuuronderzoek is verricht om de cijfers te actualiseren, bleken er onvoldoende robuuste bronnen beschikbaar om de totalen breed te herzien. Hierdoor zijn de aandelen enkel specifiek geüpdatet voor beton en staal. Gezien de ontwikkelingen in de sector is het echter waarschijnlijk dat de huidige cijfers resulteren in een onderschatting van het werkelijke gebruik van secundaire en hernieuwbare materialen.

Meer dan de helft van de grondstoffen komt uit secundaire bronnen

Exclusief zand gebruikt voor zandsuppletie en exclusief ontgraven grond is ongeveer 40% van het materiaal afkomstig uit primaire bronnen en 55% uit secundaire bron⁷¹. Het secundair materiaalgebruik, ruim 18 Mton, bestaat voor een groot deel uit menggranulaat en asfalt. Binnen de primaire grondstoffen zijn asfalt (27%), beton (8%) en steen (4%) de grootste stromen.

Vrijkomend materiaal voornamelijk gerecycled

Vrijwel al het vrijkomende materiaal uit de GWW wordt opnieuw ingezet. Hiervan wordt ongeveer 75% gerecycled en bijna een kwart een-op-een hergebruikt.⁷² Het merendeel van het hergebruik is toe te schrijven aan het hergebruik van spoorballast⁷³ (35%) en betonnen elementen.⁷⁴ Recycling en hergebruik vinden niet noodzakelijk plaats binnen de GWW, maar worden ook toegepast in andere sectoren.

Bij het interpreteren van deze cijfers is het van belang om te constateren dat vrijkomend asfalt en beton wel degelijk veel wordt hergebruikt, maar niet in de vorm waarin het is vrijgekomen, waardoor dit niet in bovenstaande cijfers tot uiting komt.⁷⁵ Uit een recente, nog niet gepubliceerde studie van het EIB en Witteveen+Bos komt naar voren dat het aandeel oud asfalt in nieuw asfalt en oud beton in nieuw beton wel degelijk (aanzienlijk) is toegenomen in de afgelopen jaren.⁷⁶

Binnen het secundair materiaalgebruik is menggranulaat met circa 30% de grootste secundaire materiaalstroom.

3.4 MATERIAALSTROMEN TOP-DOWN

Beton onderschat in de studie

Volgens Betonhuis is de productie van beton in Nederland 2023 14,19 miljoen m³ voor de totale bouw. Volgens experts bij de rondetafel uit het vorige rapport van Metabolic en EIB wordt er in Nederland ongeveer net zoveel beton geïmporteerd als er wordt geëxporteerd, waardoor de productie in Nederland gelijk is aan het gebruik in Nederland. Het totaal van 14,19 miljoen m³ komt uit op 33,7 miljoen ton, ofwel 33,7 Mton.⁷⁷ Ongeveer 26% hiervan komt voor rekening van de GWW afgaande op cijfers van Betonhuis,⁷⁸ ofwel 8,6 Mton. Daarmee lijkt het in deze studie geraamde betongebruik (3,5 Mton) een aanzienlijke onderschatting, net als bij de vorige studie. Dit is deels te verklaren doordat de scope van het onderzoek kleiner is dan de assets die in realiteit worden geproduceerd. Over het algemeen zijn er veel betonnen werken die ook in de private sector plaatsvinden en zijn enkele publieke stromen niet geraamd omdat deze niet binnen de scope van dit onderzoek vallen, zie onderstaande box:

Betontoepassingen buiten scope onderzoek

- Legerterreinen en verhardingen van landingsbanen.
- Kustverdedigingen, zoals betonblokken gebruikt om erosie tegen te gaan, elementen ten behoeve van golfslagbreking, en keerwanden.
- Funderingen van windmolens (on/offshore).
- Inspectieputten (voor rioleringen) en doorpersbuizen (boortunnels voor leidingen onder snelwegen, spoorwegen of kanalen).
- Industriële koelwaterleidingen (gebruikt om bij grotere industriële complexen, energiecentrales of havens, soms met diameters van 2-3 meter).
- Betonnen geluidsschermen en funderingen van geluidsschermen.
- Rotondes en andere verkeersinrichtingen.
- Overige betonelementen (e.g., busbaanplaten, peronbanden, jumboblokken, geleidebanden.)

Verder zijn publieke verhardingen (e.g. pleinen, parkeervakken, busbanen) niet meegenomen in deze studie. Als gevolg zullen de hoeveelheid gebakken klinkers en betontegels- en klinkers onderschat zijn in deze studie. Het bovenstaande heeft ook zijn weerslag op de onderschatting van cement in de studie.

Verder kunnen er nog onderschattingen zijn bij kunstwerken omdat kunstwerken zijn geraamd op aantallen (in tegenstelling tot vierkante meters), gekoppeld aan een profiel dat is gedimensioneerd op basis van een gemiddeld profiel.⁷⁹ Dit houdt geen rekening met zogenaamde *fat tail* problemen. Dit houdt in dat wanneer er enkele zeer grote kunstwerken zijn gerealiseerd, deze een disproportioneel grote bijdrage aan de totale materiaalstromen kunnen leveren, terwijl dit in de huidige raming niet volledig wordt meegenomen. Dit is vooral relevant voor kunstwerken met in absolute zin lage productieaantallen, zoals tunnels.

Cijfers voor asfalt lijken overeen te komen tussen top-down en bottom-up

Voor asfalt is informatie van de European Asphalt Pavement Association (EAPA)⁸⁰ gebruikt. In het laatste rapportage waren cijfers voor 2023 voor Nederland niet beschikbaar. Om deze reden zijn de cijfers van het rapport uit 2022 vergeleken met de cijfers van 2023 uit deze studie. De cijfers voor asfalt lijken redelijk overeen te komen bij beide benaderingen. In 2022, waar de cijfers van EAPA op gebaseerd zijn, was de hoeveelheid gevraagd asfalt 6,2 Mton. In 2023 was de uitbreiding van gemeentewegen echter aanzienlijk, wat heeft bijgedragen aan het hoge gevraagde asfaltvolume in 2023 van 8,7 Mton. Daarnaast is het mogelijk dat er in de praktijk minder asfaltwegen worden vervangen omdat de levensduur in de praktijk langer zou kunnen zijn dan de theoretische levensduur van 45 jaar.

Asfaltgranulaat wordt in de praktijk waarschijnlijk meer toegepast

Het EIB heeft de markt voor freesasfalt in 2030 in kaart gebracht. In dit onderzoek heeft het EIB ook een inschatting gemaakt van het vrijkomende en gebruikte asfaltgranulaat in 2023 op basis van vraag en aanbod in 2020 en een tweetal scenario's.⁸¹

Volgens deze studie werd in 2020 4,7 Mton asfaltgranulaat gebruikt in de GWW, waarvan 3,3 Mton voor asfalt in wegen op basis van expertinterviews. Deze aantallen nemen slechts licht toe richting 2023. Volgens de bottom-upmethode wordt 2.550 kton gebruikt als onderdeel van de 8,7 Mton asfalt. Het verschil tussen 3,3 en 2,5 Mton asfaltgranulaat is mogelijk te verklaren door hogere percentages PR in nieuw asfalt dan in de profielen worden gehanteerd.

Groot verschil bij industriezand

De top-downanalyse laat een inkomende stroom van industriezand zien voor de totale bouw van 13,7 Mton terwijl uit de studie 3,2 Mton komt.⁸² Wij hebben geen onderscheid kunnen maken tussen GWW en B&U voor industriezand. Industriezand wordt, naast gebruik in beton, ook veel gebruikt voor de productie van glas.

Gebruik van grind redelijk in lijn bij beide methoden

Grind wordt zowel in Nederland gewonnen als geïmporteerd. Winning van grind is volgens het CBS relatief beperkt met 3,6 kton terwijl de import naar Nederland volgens World Integrated Trade Solution 9,1 Mton is.⁸³ Voor de verhouding tussen B&U en GWW wordt dezelfde verdeling gehanteerd als bij de vorige studie van Metabolic en EIB, waarbij 25% van het grind aan de GWW wordt toebedeeld. Daarmee komt het gebruikte grind op 2,2 Mton. De bottom-up methode komt uit op 2,6 Mton.

Menggranulaat en cement in de studie onderschat

De instroom van menggranulaat is 7,8 Mton op basis van de bottom-up benadering. Navraag bij BRBS heeft geleerd dat er geen recente cijfers beschikbaar zijn, maar dat naar schatting 25 miljoen ton recyclinggranulaten, waarvan meer dan 85% als meng- of betongranulaat in wegfunderingen wordt toegepast. Beton komt op basis van de modelberekeningen in deze studie niet vrij als granulaat, waardoor de vergelijking niet geheel mogelijk is, maar zelfs wanneer al het vrijkomend beton (bijna 2,5 Mton) opgeteld zou worden bij het menggranulaat, is het totaal (ongeveer 10,3 Mton) de helft van 85% van 25 Mton (21 Mton) zoals gemeld door BRBS. De meest voor de hand liggende verklaring is dat er regelmatig ook wegfundering wordt toegepast bij het vervangen van toplagen en dat meer fundering wordt toegepast bij de aanleg van nieuwe wegen dan in de profielen is opgenomen. Tevens is er ook sprake van laagwaardige toepassing van menggranulaat op particuliere terreinen.

Voor het vaststellen van de hoeveelheid cement is gebruikgemaakt van gegevens van het Cement & Beton Centrum. De gegevens van 5 miljoen ton cement zijn uit 2021, maar de trendlijn laat zien dat de hoeveelheid al sinds eind jaren '80 tussen de 4 en 6 miljoen ton schommelt. We houden dezelfde gegevens als in 2021 aan. Het aandeel voor de GWW is hierbij 25%, wat leidt tot een totaal van 1,2 Mton. De bottom-upmethode gaat uit van 0,5 Mton cement als onderdeel van 3,5 Mton beton.

Tabel 3.5. Materiaalvraag in de GWW met een top-down aanpak, 2023 (in kton).

	Top down massa (Mton)	Bottom-up massa (kton)
Beton	8,5	3,5
- Waarvan straatstenen	4,7	2,1
- Waarvan riool en leidingen	1,1	0,3
- Waarvan overig	2,9	1,0
Asfalt	6,2	8,7
- Asfaltgranulaat als onderdeel van asfalt	3,2	2,5
Grind	2,2	2,5
- Waarvan grind		1,3
- Waarvan spoorballast		1,2
Cement¹	1,2	0,5

Bovenstaande cijfers laten zien dat er aanzienlijke verschillen kunnen zitten tussen openbare data en cijfers die uit

Bron: EIB, Structural Collective.

¹ Hier is gebruikgemaakt van gegevens van het Cement & Beton Centrum. De gegevens van 5 miljoen ton cement zijn uit 2021, maar de trendlijn laat zien dat de hoeveelheid al sinds eind jaren '80 tussen de 4 en 6 miljoen ton schommelt. We houden dezelfde gegevens als in 2021 aan. Het aandeel voor de GWW is hierbij 25%, wat leidt tot een totaal van 1.250 kton. De bottom-up methode gaat uit van 571 kiloton cement als onderdeel van 3.505 kiloton beton.

deze studie naar voren komen. Het lijkt dan ook wenselijk in samenwerking met verschillende partijen zoals bijvoorbeeld betoncentrales, asfaltcentrales en brancheverenigingen meer inzicht te krijgen in feitelijk gebruik in de GWW (en de bouw in het algemeen) en daarmee in de discrepanties.

De resultaten van bovenstaande worden geresumeerd in tabel 3.5. Bij de bottom-upmethode zijn de materialen

inbegrepen van nieuwbouw, vervangingen en renovaties. De verschillen tussen bottom-up en top-down zijn vergelijkbaar met die uit 2019, met uitzondering van constructiestaal, waarbij hier een hogere bottom-up waarde is vastgesteld dankzij het toevoegen van stalen damwanden aan de scope.

Hoofdstuk 4: Milieu-impact van de GWW 2023

Dit hoofdstuk beschrijft de gemodelleerde milieubelasting op basis van CO₂-equivalenten, en de milieukostenindicator (MKI) voor de assets in de GWW. Deze MKI en CO₂ waarden zijn berekend op basis van de bottom-up aanpak (asset profielen maal de geraamde productie) in combinatie met de milieu-impacts van de items en processen uit DuboCalc of, als producten niet meer beschikbaar waren in DuboCalc (October 2025), NMD categorie 3 data (rapportages van verschillende jaren). Voor de milieu-impacts zijn de productiefase (A1-3 in de LCA-benaming), de bouwphase (A4-5), de gebruiksfase (B, exc. vervangingen en energiegebruik) en de sloop- en verwerkingsfase (C en D) en al het transport binnen en tussen deze fasen meegenomen. In de methodologische bijlage is de behandeling van de milieu-impact verder toegelicht. Tabel 4.1 op de volgende pagina geeft een overzicht van de massa's en milieubelasting voor de verschillende assets. Paragraaf 4.1 en 4.2 geven verdere verdieping in respectievelijk MKI en de CO₂-impacts van de assets.⁸⁴

Asfaltwegen- en niet-asfaltwegen en ondergrondse infrastructuur samen verantwoordelijk voor groot deel van de MKI en de CO₂

De asfaltwegen en niet-asfaltwegen zijn samen verantwoordelijk voor circa 49% van de MKI gerelateerd aan de Nederlandse GWW-sector en 59% van de CO₂ impact (exc. zansuppletie en vaargeulonderhoud). Hierbij is voor asfaltwegen een MKI van € 116 miljoen (31,2% van de totale MKI) en niet-asfaltwegen⁸⁵ een MKI van € 68 miljoen (18,2% van de totale MKI) berekend. Ook de ondergrondse infrastructuur heeft een aanzienlijk aandeel in de MKI-impact met bijna 25%. In navolgende gaan wij hier dieper op in.

Tabel 4.1. Aandeel van verschillende assets in Massa, CO₂ en MKI, 2023 (in kton, kton CO₂ en mln. euro).

	Massa (Kton)	Deel van totaal massa (%)	CO ₂ (Kton)	Deel van totaal CO ₂ (%)	MKI (mln. euro)	Deel van totaal MKI (%)
 Asfaltwegen	17.623	56,7%	892	36,9%	116	31,2%
 Niet-asfaltwegen	7.417	23,9%	531	22,0%	68	18,2%
 Dijkversterking	1.888	6,1%	25	1,0%	4	1,1%
 Spoor	1.571	5,1%	141	5,9%	24	6,6%
 Viaducten	724	2,3%	60	2,5%	10	2,7%
 Tunnels	627	2,0%	99	4,1%	15	4,1%
 Bruggen	522	1,7%	138	5,7%	20	5,3%
 Riolering	369	1,2%	12	0,5%	2	0,4%
 Sluizen	111	0,4%	16	0,7%	3	0,7%
 Damwanden	104	0,3%	79	3,3%	13	3,5%
 Ondergrondse infrastructuur (ex. riolering)	99	0,3%	411	17,0%	93	24,9%
 Gemalen	16	0,1%	6	0,3%	3	0,7%
 Oeverbeschoeiing	3	0,0%	5	0,2%	2	0,5%
Totaal	31.075	100,0%	2.416	100,0%	371	100,0%

Bron: EIB, Structural Collective.

4.1 MKI IN DE GW

Uitbreidingsnieuwbouw bepaalt bijna de helft van de totale MKI, gevolgd door vervangende nieuwbouw en renovatie (**Figuur 4.1**). Onderliggende verschillen tussen assetgroepen, eigenaren en materiaalintensiteit zorgen daarbij voor grote variatie in impact. In de onderstaande paragrafen worden de belangrijkste inzichten toegelicht, ondersteund door figuren en tabellen die de verdeling van MKI over activiteiten, assets en eigenaren zichtbaar maken.

Bijna dan de helft van de MKI door uitbreidingsnieuwbouw

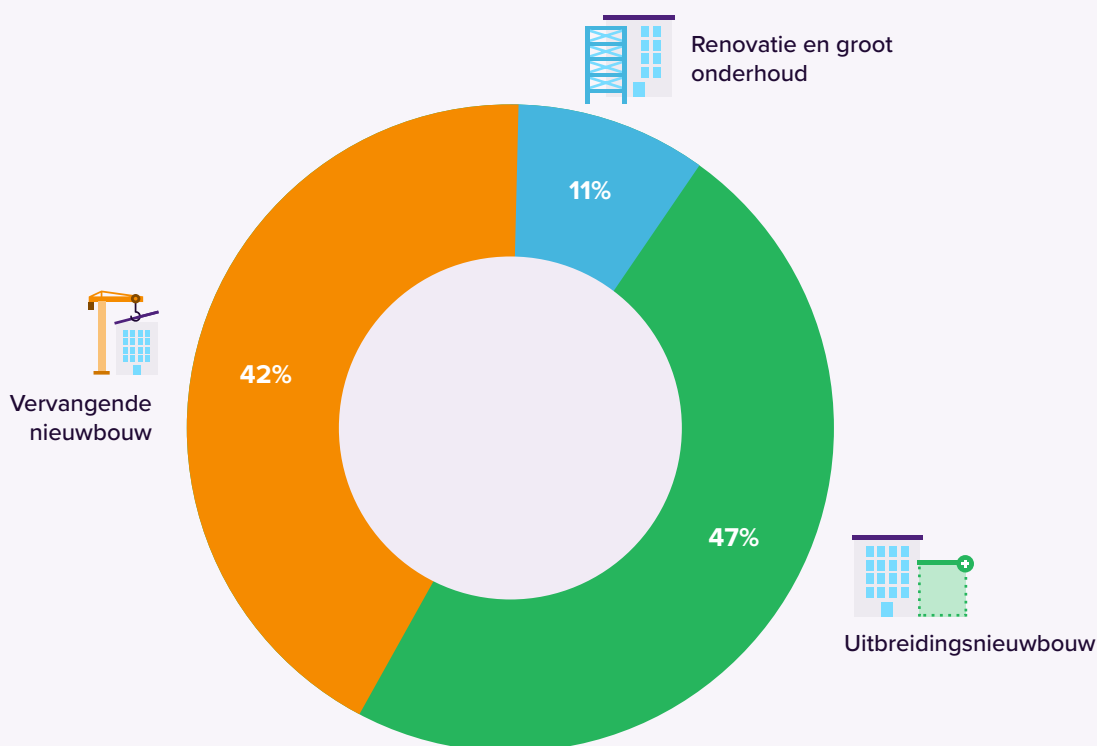
Uitbreidingsnieuwbouw heeft van de verschillende activiteiten de grootste impact op de MKI (circa 47% van de totale MKI). De andere twee ingrepen, vervangende nieuwbouw en renovatie en groot onderhoud, volgen met respectievelijk 42% en 11%.

Ondergrondse infrastructuur is de tweede grootste factor in de MKI

Na wegen is ondergrondse infrastructuur (ex. rioleringen) het grootste MKI-impactgebied (tabel 4.2). In 2023 bedraagt de totale MKI van de vijf ondergrondse categorieën € 93 mln. Binnen deze ondergrondse infrastructuur spelen de elektriciteitskabels een grote rol, verantwoordelijk voor circa 44% van de impact. Telecomkabels nemen ongeveer 30% voor hun rekening.

Bij vervangende nieuwbouw (verantwoordelijk voor 46% van de totale impact) en renovatie (verantwoordelijk voor 11% van de MKI) zijn wegen dominante assets. Binnen uitbreidingsnieuwbouw, verantwoordelijk voor 43% van de totale MKI, is de ondergrondse infrastructuur de meest impactvolle categorie (35%), gevolgd door de asfaltwegen (24% van de MKI) en de niet-asfaltwegen (20% van de MKI).

Figuur 4.1. Verdeling MKI impact over nieuwbouw, uitbreiding en renovatie voor alle eigenaren in de GW, 2023 (in %).



Bron: EIB, Structural Collective.

Tabel 4.2. Productie en bouw MKI uit nieuwbouw, vervanging en groot onderhoud in de GWV, 2023 (in mln. euro).

	MKI Uitbreidings- nieuwbouw (mln. euro)	Deel van totaal (%)	MKI Vervangende nieuwbouw (mln. euro)	Deel van totaal (%)	MKI Groot onder- houd en renovatie (mln. euro)	Deel van totaal (%)	MKI Totaal per asset (mln. euro)	Deel van totaal (%)
 Asfaltwegen	40	24,6%	43	25,3%	33	84,3%	116	31,2%
 Ondergrondse infrastructuur (ex. riolering)	57	35,3%	36	20,9%		0,0%	93	24,9%
 Niet-asfaltwegen	32	20,0%	36	20,8%		0,0%	68	18,2%
 Spoor	1	0,9%	21	12,3%	2	5,0%	24	6,6%
 Damwanden	0	0,0%	13	7,6%		0,0%	13	3,5%
 Bruggen	10	6,4%	9	5,0%	1	2,0%	20	5,3%
 Dijkversterking	0	0,0%	4	2,4%		0,0%	4	1,1%
 Viaducten	5	3,4%	4	2,3%	0	1,2%	10	2,7%
 Tunnels	12	7,8%	3	1,6%		0,0%	15	4,1%
 Oeverbeschoeiing	0	0,0%	2	1,1%		0,0%	2	0,5%
 Riolering	1	0,6%	1	0,3%		0,0%	2	0,4%
 Gemalen	2	1,0%	0	0,3%	1	1,6%	3	0,7%
 Sluizen	0	0,1%	0	0,2%	2	5,9%	3	0,7%
Totaal	161	100,0%	172	100,0%	39	100,0%	371	100,0%

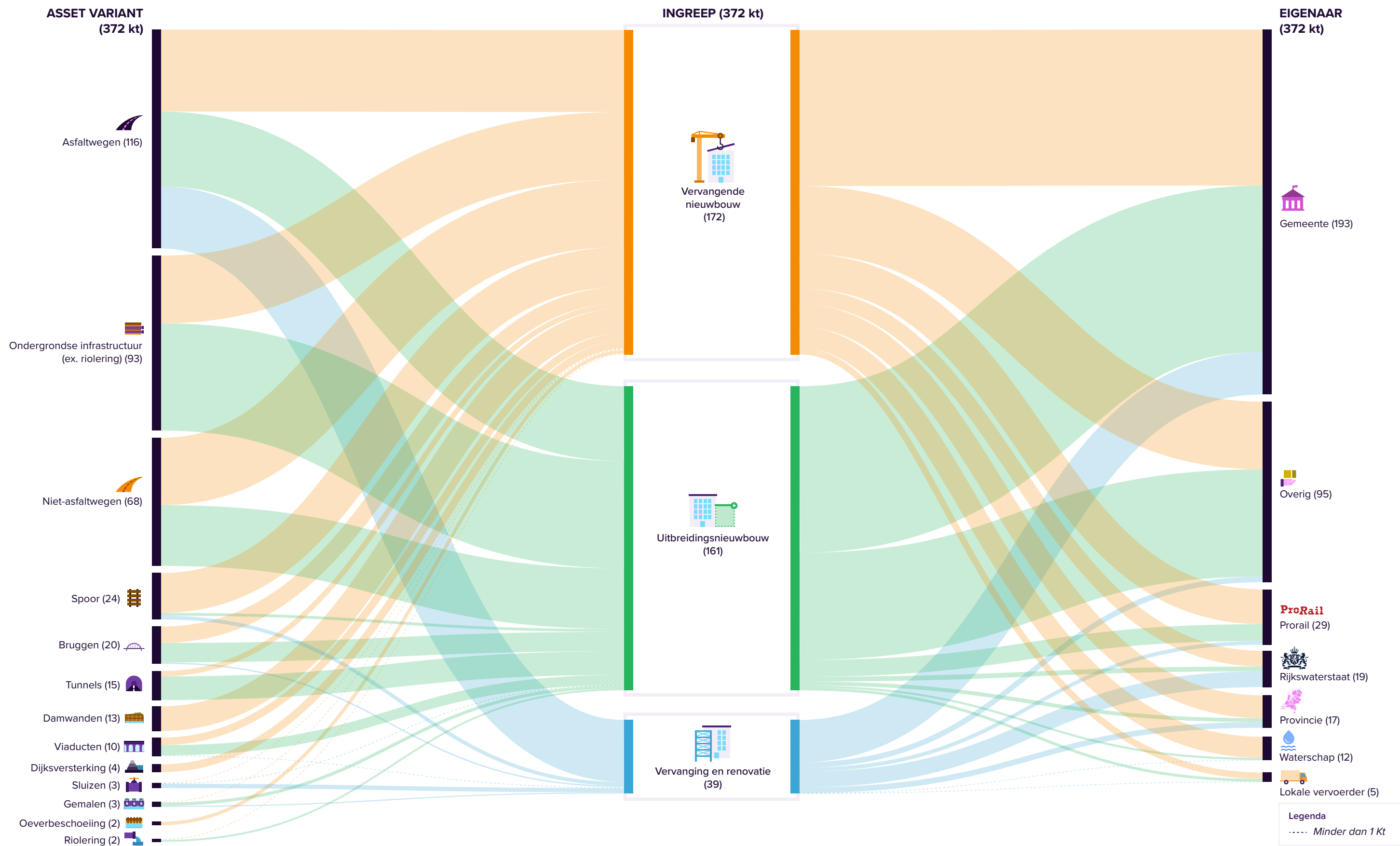
Bron: EIB, Structural Collective.

Gemeenten dragen grootste deel MKI-impact

In het stroomschema van Figuur 4.2 is de allocatie van de MKI naar verschillende assettypen, type ingreep en eigenaren te zien. Gemeentelijke uitbreiding, vervanging en groot onderhoud zijn samen goed voor circa 55% van

de totale MKI. Dit is een kleiner aandeel dan de inkomende massa in materialen. Dit komt doordat veel van de assets met een relatief grotere MKI zoals telekommuniekabels en elektrakabels in verhouding minder onder het beheer zijn van de gemeenten.

Figuur 4.2. MKI in miljoen euro per ingreep en eigenaar in de GW, 2023 (in mln. euro).



Bron: EIB, Structural Collective.

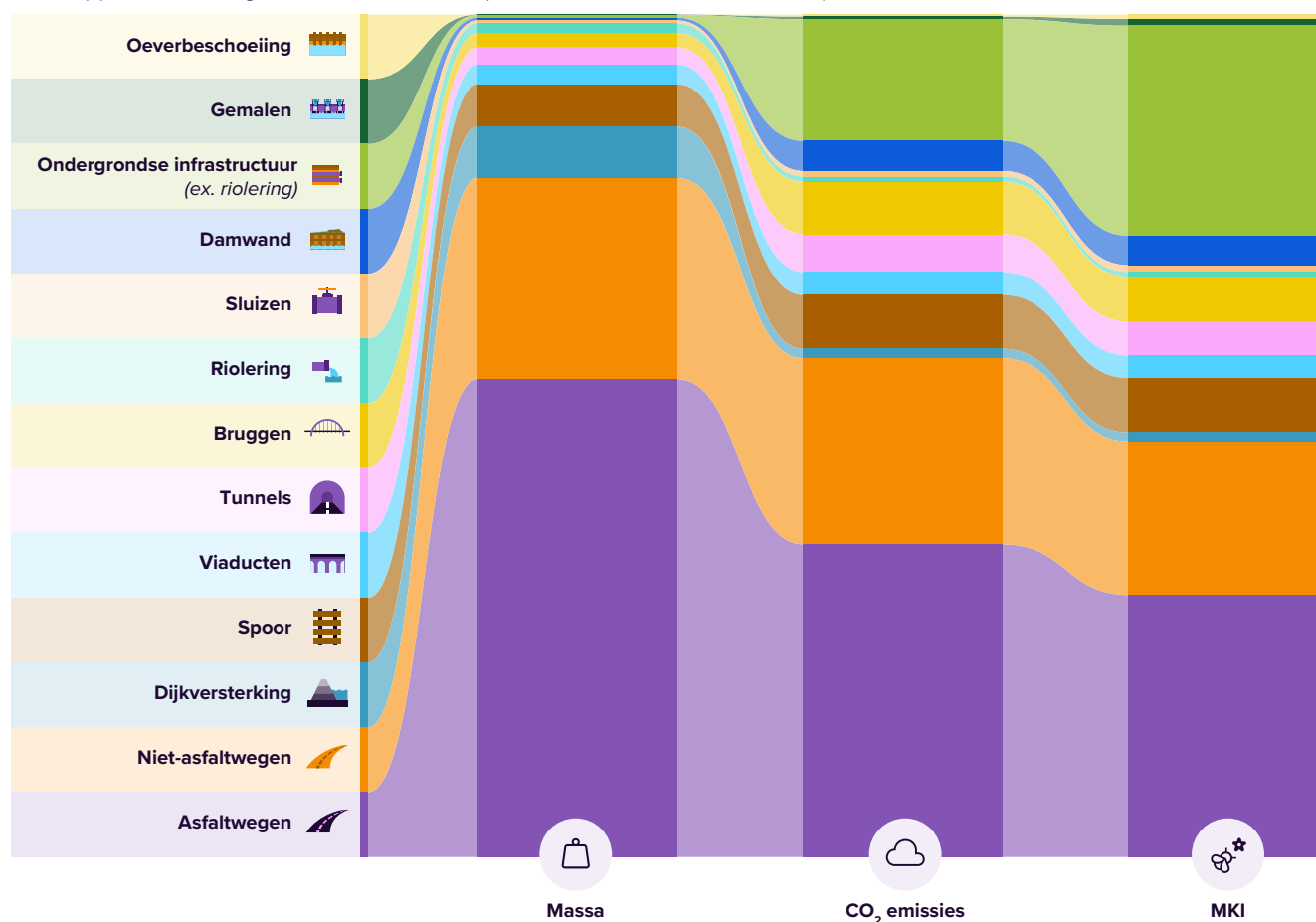
Verschil tussen MKI, CO₂ en massa duidelijk zichtbaar bij asfaltwegen, spoor en bruggen

Uit Figuur 4.3 komt naar voren dat de materialen gebruikt voor wegen in verhouding een aanzienlijke massa kennen, maar een beperkte CO₂-uitstoot en MKI. Bij andere assets is het omgekeerde zichtbaar, zoals bij ondergrondse infra (0,1% van de massa en bijna 25% van de MKI) en bruggen (1,4% van de massa en 5,86% van de MKI). Dit is te verklaren door de toepassing van materialen met een relatief hogere MKI per kiloton (bijvoorbeeld staal, koper en aluminium) in de profielen van de laatstgenoemde assets.

4.2 CO₂-EMISSIONS IN DE GWW

De materiaalstromen die in de GWW plaatsvinden, resulteren in CO₂-emissies. Deze emissies betreffen de materiaal-gerelateerde emissies die vrijkomen gedurende de productie, transport, het onderhoud en de verwerking van de materialen die toegepast worden in de GWW-assets (ook wel de ingebedde CO₂-emissies genoemd). De CO₂-emissies gerelateerd aan het energieverbruik van de GWW-assets zijn hierin niet meegenomen, evenals de CO₂-emissies die gepaard gaan met de sloop van bestaande assets bij vervangende nieuwbouw. In tabel 4.3 is per asset de bijdrage aan de ingebedde CO₂-emissies weergegeven. Deze ingebedde CO₂-emissies zijn middels de bottom-up aanpak berekend, waarin emissiefactoren per product zijn gekoppeld aan de hoeveelheid vervangen of aangebrachte producten. Uit de tabel komt naar voren dat ook hier wegen een grote impact hebben. Net als bij de MKI hebben uitbreidingsnieuwbouw en vervangende nieuwbouw ongeveer gelijke aandelen in de impact.

Figuur 4.3. Aandeel van verschillende assets uitbreidingsnieuwbouw, vervangende nieuwbouw en renovaties - exclusief zandsuppletie en vaargeulonderhoud, 2023, (in kton, kton CO₂, mln. euro MKI).



Bron: EIB, Structural Collective.

Tabel 4.3. Productie en bouw CO₂-emissies uit nieuwbouw, vervanging en groot onderhoud in de GWV, 2023 (in kton).

	CO ₂ Uitbreidings nieuwbouw (kton)	Deel van totaal (%)	CO ₂ Vervangende nieuwbouw (kton)	Deel van totaal (%)	CO ₂ Groot onder- houd en renovatie (kton)	Deel van totaal (%)	CO ₂ Totaal per asset (kton)	Deel van totaal (%)
 Asfaltwegen	296	29,4%	347	30,8%	248	51,1%	892	34,6%
 Niet-asfaltwegen	242	21,0%	288	25,5%		0,0%	531	20,6%
 Ondergrondse infrastructuur (ex. riolering)	261	19,2%	151	13,4%		0,0%	411,0	13,5%
 Vaargeulonder- houd		0,0%		0,0%	137	28,2%	137	4,5%
 Tunnels	80	7,5%	20	1,7%	0	0,0%	99	4,2%
 Bruggen	72	6,7%	60	5,3%	7	1,4%	138	5,8%
 Zandsuppletie	0	0,0%	0	0,0%	65	13,4%	65	2,1%
 Viaducten	33	3,1%	23	2,1%	4	0,8%	60	2,5%
 Spoor	9	0,8%	122	10,8%	10	2,1%	141	6,0%
 Riolering	8	0,7%	4	0,3%	0	0,0%	12	0,5%
 Gemalen	4	0,3%	2	0,1%	1	0,2%	6	0,3%
 Sluizen	1	0,1%	2	0,2%	14	2,9%	17	0,7%
 Damwanden		0,0%	79	7,0%	0	0,0%	79	3,3%
 Dijkversterking		0,0%	25	2,2%	0	0,0%	25	1,1%
 Oeverbeschoeiing		0,0%	5	0,5%	0	0,0%	5	0,2%
Totaal	1.005	100%	1.129	100%	486	100%	2.618	100%

Bron: EIB, Structural Collective.

VERSCHILLEN IN MILIEUBELASTING TUSSEN PEILJAREN NADER GEDUID

In dit hoofdstuk is geen vergelijking gemaakt tussen de milieubelasting zoals weergegeven in de studie uit 2022 (peiljaar 2019)⁸⁶ en deze studie (peiljaar 2023) omdat resultaten niet goed vergelijkbaar zijn. Verschillen in de impact tussen de peiljaren hebben verschillende oorzaken, waaronder aanpassing van representatieve profielen, een verschil in productie en aanpassingen in de NMD database tussen 2022 en 2025. Dit maakt een vergelijking van resultaten niet goed mogelijk.



Bruggen: De impact van bruggen is gedaald. Hier speelt de methodologische wijziging van het type bruggen mee, waardoor het aandeel van betonnen bruggen is afgenomen en houten bruggen is toegenomen.



Tunnels: Hier is de impact ook enigszins gedaald, waarschijnlijk door een lagere uitbreidingsnieuwbouw.



Wegen: In vergelijking met de studie uit 2019 is een betere uitsplitsing gemaakt tussen asfalt- en niet-asfaltwegen, waardoor de massa is toegenomen. Er is een algemene reductie op te merken in de impact ten opzichte van vorige studie, die hoofdzakelijk te duiden valt door een aanpassing in de MKI van asfalt die in de vorige studie naar waarschijnlijkheid te hoog was ingeschat.



Viaducten: Op basis van profielen die zijn opgesteld door Nebest in het kader van een nadere analyse van de studie uit 2019, is dit profiel ca 40% kleiner gemaakt ten opzichte van de vorige studie. Dit leidt tot een evenredige daling van impact.



Sluizen: In de vorige studie is geen onderscheid gemaakt tussen schut- en spuisluizen. Voor deze studie is wel onderscheid gemaakt. Spuisluizen laten alleen water door en zijn daardoor kleiner dan schutsluizen. Het profiel voor spuisluizen is nu gebaseerd op poldergemalen, omdat er voor spuisluizen geen profiel beschikbaar was. Door deze profielwijziging is de CO₂-impact gemiddeld aanzienlijk lager geworden, al is de MKI wel licht gestegen.



Rioleringen: In de vorige studie werd er een onderscheid gemaakt tussen vrijval en mechanische rioleringen, met soortgelijke dimensies. In deze studie maken we een onderscheid tussen vrijval rioleringen, persleidingen, mechanische rioleringen (kleiner gedimensioneerd) en transportleidingen (groter gedimensioneerd).

Hoofdstuk 5:

Doorkijk naar 2030 en 2050

Om de toekomstige milieubelasting van de GWW in kaart te kunnen brengen, is zicht nodig op de vraag hoe de productie en de vraag naar en het aanbod van materialen zich in de toekomst zullen ontwikkelen. In deze paragraaf wordt op basis van de productieprognose een beeld geschetst van de situatie in de steekjaren 2030 en 2050. Op basis van de koppeling tussen bouwproductie- en sloopbeelden en profielen van de assets worden materiaalstromen in kaart gebracht en wordt tot de milieubelasting gekomen. Hierbij moet in ogenschouw worden gehouden dat wordt uitgegaan van een business-as-usual-scenario, waarbij beleid en bouwwijze gelijk blijven en technologische ontwikkelingen buiten beschouwing worden gelaten. Dit houdt in dat alle wijzigingen in milieubelasting samenhangen met de productie. De methode voor de productieprognoses worden toegelicht in de apart opgeleverde methodologische bijlage.

Eerst zal het productie- en sloopbeeld worden geschetst. Vervolgens worden de hiermee samenhangende materiaalstromen en milieu-impact in kaart gebracht.

5.1 PRODUCTIE IN 2030 EN 2050

In tabel 5.1 worden de ramingen voor uitbreiding en vervanging in de GWW weergegeven voor 2030 en 2050. De ramingen zijn opgesteld door het combineren van verschillende bronnen. De uitbreidingsvraag naar wegen wordt in deze studie primair bepaald door de woningnieuwbouw en de daarbij behorende ontsluitingen. Hiervoor geldt de huishoudensprognose van het CBS als basis. Aan de uitbreiding van wegen is ook de uitbreiding van kunstwerken gerelateerd op basis van BGT-data. Door te berekenen hoeveel kunstwerken per kilometer weg in het areaal aanwezig zijn, is de uitbreiding van kunstwerken berekend. Dezelfde methode is gehanteerd voor zaken als rioleringen, waterleidingen, elektriciteitskabels en andere assets die samenhangen met de woningbouwproductie. De vervanging is grotendeels gebaseerd op levensduren van assets. Uit de tabel valt af te lezen dat de opgave in de GWW zich in grote mate verplaatst van uitbreiding naar vervanging. Aangezien het steekjaren betreft en de huishoudensprognose geen lineaire ontwikkeling kent, moeten de steekjaren ook daadwerkelijk als zodanig worden beschouwd en niet als gemiddelden over een langere periode. Op de specifieke assetcategorieën wordt in navolgende ingegaan.

Tabel 5.1. Productie uitbreidings- en vervangende nieuwbouw in de GWW in 2023, 2030 en 2050 (in km/m²/aantallen).

Assettype	Uitbreiding			Vervanging		
	2023	2030	2050	2023	2030	2050
 Wegen (m²)						
Rijkswegen	52	52	46	295	295	295
Provinciale wegen	150	174	68	1.280	1.404	1.527
Gemeente wegen	6.318	6.714	2.522	14.153	16.300	19.102
Fietswegen/paden	856	2.152	1.411	1.404	1.950	2.583
Voetpad	2.509	2.667	1.002	6.587	7.581	8.891
 Kunstwerken (aantallen)						
Vaste bruggen	480	510	195	725	800	950
- Waarvan beton	240	260	100	165	200	310
- Waarvan staal	10	10	5	10	10	20
- Waarvan hout	230	240	90	550	590	630

Assettype	Uitbreiding			Vervanging		
	2023	2030	2050	2023	2030	2050
Viaducten	20	20	10	20	40	65
Beweegbare bruggen	0	0	0	20	25	45
Tunnels en onder-doorgangen	20	20	10	30	35	40
Sluizen	5	5	6	9	10	14
- Waarvan schutsluizen	1	1	2	4	4	6
- Waarvan spuisluizen	4	4	4	5	6	8
Rioolgemalen	415	440	170	85	110	190
Poldergemalen	15	15	15	15	20	30
 Riolering (km)						
Vrijverval riolering	1.200	1.300	500	800	1.150	1.750
Mechanische riolering	430	460	170	65	450	975
Persleiding	80	25	25	60	80	125
Transportleidingen	90	25	25	60	90	130
 Waterkeringen (km)						
Dijkophoging	0	0	0	120	390	300
Oever-beschoeiing waterschappen	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	60	60	60
Damwanden	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	60	60	60
 Spoor (km)						
Treinspoor	0	4	7	230	190	210
Tram- en metrospoor	10	0	3	30	35	35
 Ondergrondse infra (km)						
Elektriciteits-kabels	5.100	7.500	800	7.800	8.800	10.200
Gasleidingen	50	0	0	3.400	2.050	0
Telecomkabels	90.000	15.000	11.000	0	0	0
Waterleidingen	1.100	1.300	600	2.310	2.420	2.660
Warmteleidingen	200	425	225	0	0	0

Bron: EIB, Structural Collective.

Uitbreiding bij gemeentewegen, stagnatie bij Rijkswegen

De uitbreiding van rijkswegen wordt in 2030 op het lage niveau van 2023 constant gehouden in de ramingen. Dit hangt samen met de stikstofproblematiek en het feit dat er geen grote rijksprojecten in de planning zitten. Tegen 2050 neemt de bevolkingsgroei af en zakt de jaarlijkse toename tot onder het niveau van 2023. Gemeentelijke wegen, provinciale wegen en voetpaden volgen naar verwachting vooral de woningniewbouw. Tot 2030 is de opgave groot en ligt de uitbreiding hoger. Tussen 2030 en 2050 neemt de uitbreidingsniewbouw van woningen aanzienlijk af van ongeveer 70.000 woningen in 2030 naar 25.000 in 2050⁸⁷, met als gevolg een sterk dalende vraag naar wegen (en andere infrastructurele werken).

De vervangingsopgave bij wegen, gebaseerd op de levensduren, is aanzienlijk en groeit door de toename van het areaal in de tijd. De cijfers voor rijkswegen zijn door RWS aangeleverd⁸⁸. Deze cijfers zijn aanzienlijk lager dan op basis van levensduren verwacht mag worden en hierdoor verandert de verhouding tussen vervangen van rijkswegen en andere wegen in grote mate. Achter de cijfers van RWS zit een analyse van de kwaliteit van de funderingen; van gemeenten en provincies zijn dergelijke cijfers nog niet bekend, waardoor deze op basis van levensduur zijn geprojecteerd.⁸⁹

Kunstwerken groeien mee met het wegennet

Bruggen, viaducten, tunnels en onderdoorgangen ontwikkelen zich in de pas met nieuwe weginfrastructuur, die is gebaseerd op de uitbreidingsniewbouw van woningen. Het productietraject lijkt op dat van uitbreidingswegen, een lichte stijging richting 2030 en daarna een duidelijke daling van de productie tot 2050. De vervangingsopgave blijft toenemen door de groei van de voorraad en door veroudering en functieverandering, vooral bij kunstwerken die in de naoorlogse periode zijn aangelegd.

Riolering volgt woningbouw, waterkeringen vooral vervanging

De aanleg van riolering en bijbehorende gemalen hangt vrijwel volledig samen met woningniewbouw. In 2030 ligt de uitbreiding boven 2023, passend bij een hogere bouwproductie. In 2050 is de productie beduidend lager

door minder uitbreidingsniewbouw. Transportleidingen en persleidingen van waterschappen zijn naar verwachting minder afhankelijk van woningniewbouw; hier is gebruikgemaakt van een langjarig gemiddelde.

Bij waterkeringen en aanverwante assets, zoals dijken, ligt de nadruk in de steekjaren op vervanging en ophoging, waarbij met name voor dijken een aanzienlijke versterking zichtbaar is als gevolg van het Hoogwaterbeschermingsprogramma. Voor damwanden is de aanleg onbekend en is uitsluitend uitgegaan van vervanging. Mogelijk dat nieuwe, niet natuurlijke oeverbescherming nieuw wordt aangelegd, maar hierover is geen informatie bekend.

Spoor: beperkte uitbreiding ondanks meer mobiliteit

De toenemende mobiliteit vraagt ook om uitbreiding van spoor, metro en tram (tabel 5.2). De afgelopen jaren is het spoor van ProRail netto afgenomen, maar naar verwachting ontstaat enige inhaalvraag. Voor 2030 is een lichte uitbreiding van vier kilometer voorzien en in 2050 ongeveer zeven kilometer vanwege vertraagde doorwerking van de woningniewbouw op het OV. Dit heeft te maken met de lange doorlooptijd van spoorontwikkelingen, waardoor capaciteitsuitbreiding van het spoor over het algemeen achterloopt bij de huishoudensontwikkeling en in 2050 nog een lichte toename te zien is. De mogelijke aanleg van de Nedersaksen Lijn is niet meegenomen in de prognose omdat dit project zich nog in de onderzoeksfase bevindt.

Elektriciteitsnet snel verzwakt, gas zakt naar nul

Elektrificatie van de economie en aanhoudende krapte op het net stuwten de investeringen van netbeheerders. De jaarlijkse uitbreiding van elektriciteitskabels groeit naar verwachting tot 2030 met ongeveer vijftig procent. In 2050 is de verzwaring grotendeels afgerond en valt de uitbreiding terug. De aanleg van gasleidingen loopt af en gaat naar nul. Waterleidingen kennen een piek rond 2030 en de uitbreiding van telecomkabels is hoog in 2023 door de landelijke glasvezel uitrol, die rond 2025 voor ongeveer vijftien procent van de huishoudens is voltooid en tegen 2030 nog een beperkte rol speelt in de cijfers. De aanleg van warmtenetten vindt naar verwachting met name plaats in de tussenjaren tussen 2030 en 2050, waarbij de groei tegen 2050 afvlakt in lijn met de nieuwbouwonwikkeling.

Sloop zonder vervanging niet voorzien

In 2030 en 2050 wordt geen sloop van GWW kunstwerken zonder vervanging verondersteld. De functionele behoefte aan infrastructuur blijft bestaan, waardoor sloop vrijwel altijd samenvalt met vervanging. Deze aanname sluit aan bij de uitbreidingsopgaven en de rol die GWW kunstwerken in de samenleving vervullen.

Renovatie en groot onderhoud aan wegen en kunstwerken blijft geleidelijk toenemen

Tabel 5.2 en tabel 5.3 tonen de verwachte productie voor groot onderhoud aan wegen en kunstwerken in 2030 en 2050. Vanwege de groeiende voorraad asfaltwegen en veroudering van de bestaande voorraad zal het onderhoud geleidelijk blijven groeien richting 2050. Hetzelfde geldt voor het groot onderhoud aan kunstwerken. Hiermee krijgt de al omvangrijke vervangings- en onderhoudsopgave een steeds groter aandeel in de totale GWW-productie en neemt uitbreiding in belang af.

Tabel 5.2. Productie groot onderhoud wegen, 2023, 2030 en 2050 (in m²/aantallen).

Assettype	Element	2023	2030	2050
Rijkswegen	Toplaag en wegmarkering (m ²)	4.680.000	5.045.000	5.379.000
	Verlichting (aantal)	2.500	2.500	2.500
Provinciale wegen	Toplaag en wegmarkering (m ²)	2.969.000	3.273.000	3.559.000
	Verlichting (aantal)	500	550	600
Gemeentelijke wegen	Toplaag en wegmarkering (m ²)	16.133.000	17.441.000	18.228.000
	Verlichting (aantal)	28.700	29.500	31.000
Fietspaden	Toplaag en wegmarkering (m ²)	2.683.000	3.460.000	4.131.000
	Verlichting (aantal)	6.400	8.000	9.800

Bron: EIB, Structural Collective.

Tabel 5.3. Productie groot onderhoud kunstwerken, 2023, 2030 en 2050 (in m³/aantallen).

Assettype	Element	2023	2030	2050
Bruggen + viaducten	Taludbekleding onder landhoofden (aantal)	1.950	2.550	1.800
Sluizen	Bestrating (aantal)	230	180	190
	Lichtmasten (aantal)	55	35	25
	Sluisdeuren (aantal)	35	45	45
Treinspoor	Ballast (m ³)	31.000	31.000	32.000
	Porfier (m ³)	158.000	158.000	162.000
Metrospoor	Ballast (m ³)	1.750	2.100	2.500
	Porfier (m ³)	8.800	10.400	12.700
Rioolgemaal	Pomp en plaatafsluiter (aantal)	750	800	1.200
Oppervlaktegemaal	Hekwerk en pomp (aantal)	240	250	250

Bron: EIB, Structural Collective.

Beperkte beschikbaarheid van data belemmert zicht op vaargeulonderhoud en zandsuppletie

Er is weinig bekend over de factoren die zandsuppletie en vaargeulonderhoud bepalen. Om deze reden is de prognose gelijk gehouden voor zout en zoet vaargeulonderhoud op basis van het gemiddelde van de afgelopen jaren (53.500 kiloton in 2030 en 2050). Hiervan is 46.500 kiloton zout vaargeulonderhoud en 7.000 kiloton zoet vaargeulonderhoud van RWS en waterschappen.

Voor zandsuppletie tot 2030 is aangesloten bij de geadviseerde voorkeursstrategie, strategie B, uit het rapport 'Kustgenese 2.0: kennis voor een veilige kust' van Rijkswaterstaat. In deze strategie wordt tot 2032 een jaarlijkse zandsuppletie van 11 miljoen m³ verondersteld. Voor de periode na 2032 is het onzekerder hoeveel zandsuppletie er per jaar nodig zal zijn. Hier is aangesloten bij strategie B, en op basis daarvan is in dit onderzoek een inschatting gemaakt van de hoeveelheid zandsuppletie.⁹⁰ Dit resulteert in 21,2 Mton in 2030 en 25,5 Mton in 2050.

5.2 MATERIAALSTROMEN IN 2023, 2030 EN 2050

Om tot beelden van de situatie in 2030 en 2050 te komen aangaande de materiaalstromen, MKI en CO₂-emissies, worden de hiervoor behandelde bouwproductie- en sloopbeelden voor 2030 en 2050 gekoppeld aan

de profielen. Het is aannemelijk dat er tot 2050 ontwikkelingen plaatsvinden aangaande bouwwijzen en ander materiaalgebruik. Zo zijn er aanwijzingen dat er grotere percentages recycalaat (PR of partiële recycling) worden gehanteerd in tussenlagen (soms tot 60%).⁹¹ In deze studie is echter uitgegaan van een business-as-usual-scenario, waardoor de profielen die voor 2023 zijn gehanteerd, zijn gehandhaafd voor de doorkijk. Dit biedt wel een goede basis om voor de toekomst scenario's (bv. veranderende bouwwijzen) te modelleren.

Ingaande en uitgaande materialen

Tabel 5.4 en 5.5 geven de ingaande en uitgaande stromen weer. Wat opvalt is dat tussen 2030 en 2050 de instroom daalt, maar de uitstroom wel blijft groeien. Dit is toe te wijzen aan een daling van de uitbreidingsnieuwbouw, terwijl de vervangende nieuwbouw wel blijft groeien. Zowel voor 2023, 2030 en 2050 blijft asfalt de grootste inkomende stroom, met rond de 38-40% van de instroom (exclusief grond en ophoogzand). Sommige stromen groeien aanzienlijk sneller dan gemiddeld. Zo neemt de stroom gebakken klinkers tussen 2023 en 2030 met circa 28% toe – meer dan het dubbele van de gemiddelde groei van 13% – met name door de uitbreiding van de woningbouw en de daaraan gekoppelde wegen en het feit dat klinkers naar verwachting meer toegepast zullen worden bij gemeentelijke wegen.

Tabel 5.4. Ingaande stromen materialen in de GWV, 2023, 2030 en 2050 (in kton).

	Ingaande stromen 2023 (kton)	Ingaande stromen 2030 (kton)	Ingaande stromen 2050 (kton)
Asfalt	8.731	9.772	9.042
Menggranulaat	7.829	9.150	7.344
Beton	3.505	4.101	3.911
Steen	1.270	1.128	1.234
Vulstof	713	852	668
Gebakken klinker	258	331	355
Staal en ijzer	208	240	207
Kunststoffen	106	111	104

	Ingaande stromen 2023 (kton)	Ingaande stromen 2030 (kton)	Ingaande stromen 2050 (kton)
Hout	36	37	36
Overige Metalen	18	20	10
Glas	11	11	11
Aluminium	7	9	6
Industriezand	7	8	9
Grind	4	14	11
Overige	5	6	7
Subtotaal	22.710	25.791	22.954
Ophoogzand	6.398	7.935	3.840
Klei	1.065	3.437	2.578
Grond	901	1.790	1.109
Totaal	31.075	38.952	30.480

Bron: EIB, Structural Collective.

Over het algemeen groeit de instroom van alle materialen met ca 13% tussen 2023 en 2030, en daalt deze in 2050 weer naar ongeveer het niveau van 2023. Dit heeft te maken met twee tegengestelde effecten. Aan de ene kant blijft de vervangende nieuwbouw stijgen tussen 2023 en 2050, maar piekt de uitbreidingsnieuwbouw in 2030 om daarna flink te dalen in 2050.

De toename van de materiaalvraag tussen peiljaren 2023 en 2030 is voor een aanzienlijk deel toe te wijzen aan de nieuwbouwplannen. In 2030 worden naar verwachting meer woningen gebouwd dan op dit moment. Voor deze woningen zijn wegen, rioleringen, elektriciteitsaansluitingen en overige assets nodig voor functionaliteit en bereikbaarheid. Als gevolg neemt de materiaalvraag ten behoeve van uitbreiding tot 2030 naar verwachting nog toe. In de vorige studie nam

het gat tussen vraag en aanbod in 2030 nog af, dat is nu niet meer het geval aangezien de uitbreidingsbehoefte door de woningbouwopgave hoger is dan in de vorige studie is geraamd. In 2050, als de huishoudensgroei volgens het CBS aanzienlijk is teruggevallen, is de vraag naar nieuwe wegen en assets kleiner en ligt de totale materiaalvraag ongeveer op het huidige niveau.

De vervangende nieuwbouw stijgt echter aanzienlijk door, waardoor dit ongeveer tweederde van de totale materiaalvraag vormt in 2050 (**Figuur 5.3**). Het gat tussen vraag en aanbod bedraagt dan nog ruim 25% inclusief dijkversterking en 12,5% exclusief dijkversterking. Bij dijkversterkingen is geen uitstroom gemodelleerd, het gaat hier enkel om ophogingen.

Tabel 5.5. Uitgaande stromen materialen in de GW, 2023, 2030 en 2050 (in kton).

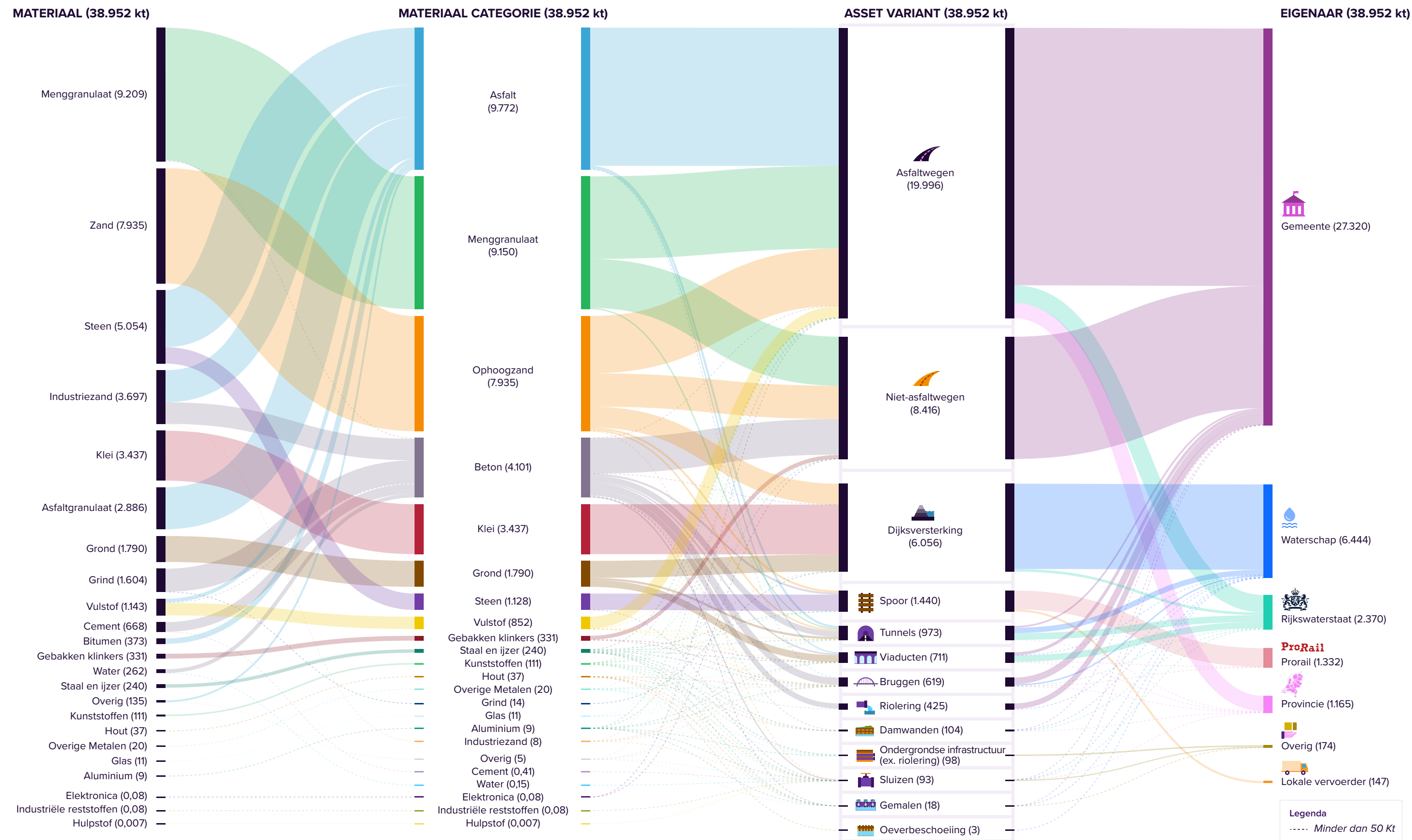
	Uitgaande stromen 2023 (kton)	Uitgaande stromen 2030 (kton)	Uitgaande stromen 2050 (kton)
Asfalt	6.671	7.409	8.070
Menggranulaat	3.964	4.607	5.366
Beton	2.483	2.740	3.397
Steen	1.330	1.113	1.201
Vulstof	372	418	473
Gebakken klinker	156	215	288
Staal en ijzer	235	161	185
Kunststoffen	46	56	73
Hout	42	37	37
Overige Metalen	9	8	9
Glas	9	10	11
Aluminium	5	5	5
Industriezand	7	8	8
Grind	0	0	0
Overige	4	4	4
Subtotaal	15.341	16.792	19.132
Ophoogzand	758	1	2
Klei	0	0	0
Grond	8.717	9.667	3.450
Totaal	24.815	26.460	22.585

Bron: EIB, Structural Collective.

De uitgaande stromen nemen tussen 2023 en 2050 toe met bijna 25%, waardoor het gat tussen ingaande en uitgaande stromen dicht bij elkaar komt te liggen (tabel 5.5). Exclusief grond, ophoogzand en klei kan bijna 85% van de vraag naar materialen in theorie worden afgedekt door het aanbod. Het feit dat aanleg en nieuwbouw slechts beperkt toeneemt terwijl vervanging, renovatie en groot

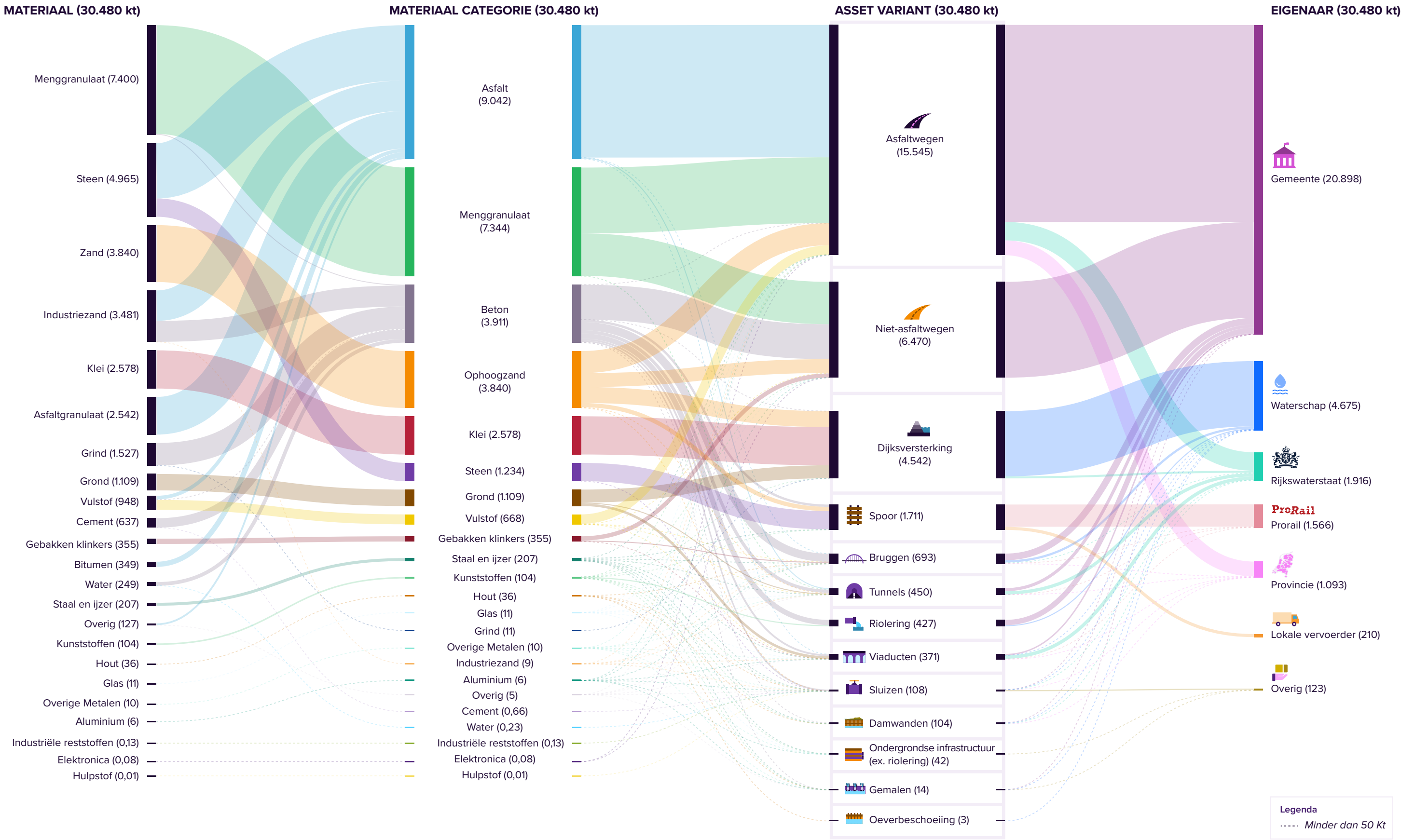
onderhoud toenemen, zorgen ervoor dat vraag en aanbod dichter bij elkaar komen te liggen. Figuren 5.1 en 5.2 tonen de stroomdiagrammen van de vraag naar materialen naar asset en eigenaar in respectievelijk 2030 en 2050. Uit de figuren is af te lezen dat het aandeel van de vraag naar materialen door gemeenten in 2050 68% bedraagt ten opzichte van 80% in 2023.

Figuur 5.1. Ingaande stromen naar materiaal, asset en eigenaar, 2030 (in kton).



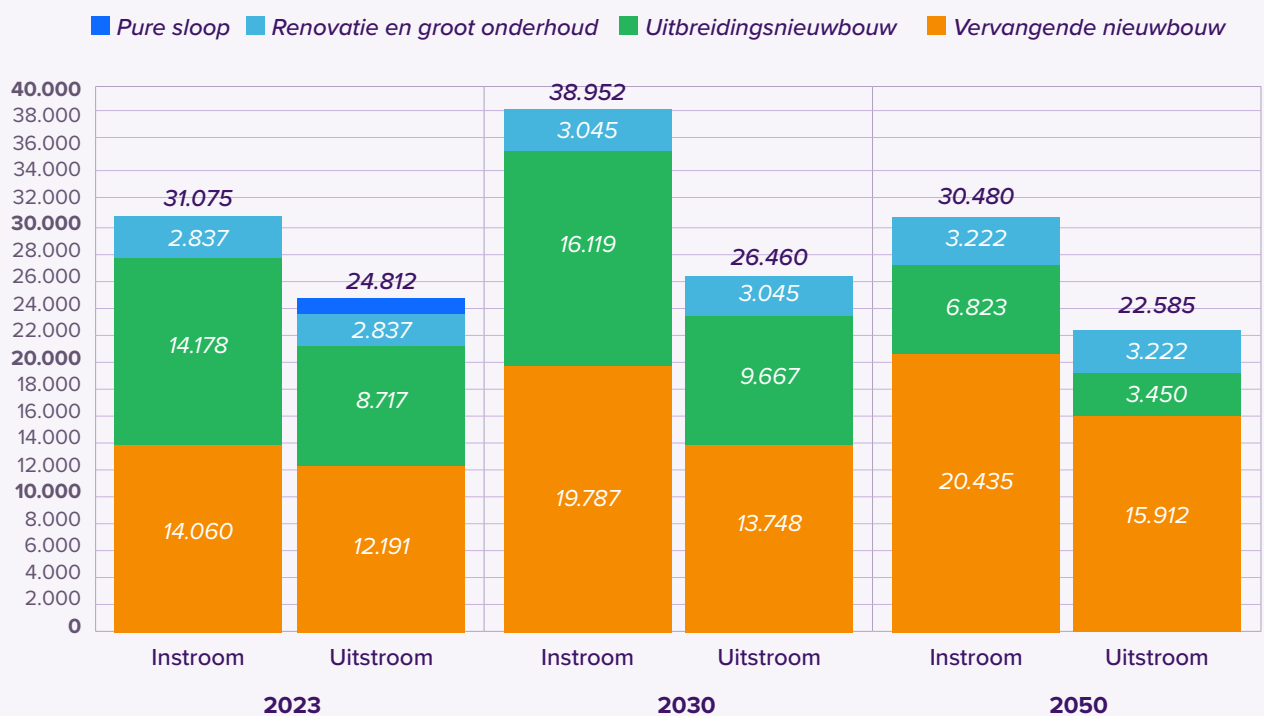
Bron: EIB, Structural Collective.

Figuur 5.2. Ingaande stromen naar materiaal, asset en eigenaar, 2050 (in kton).

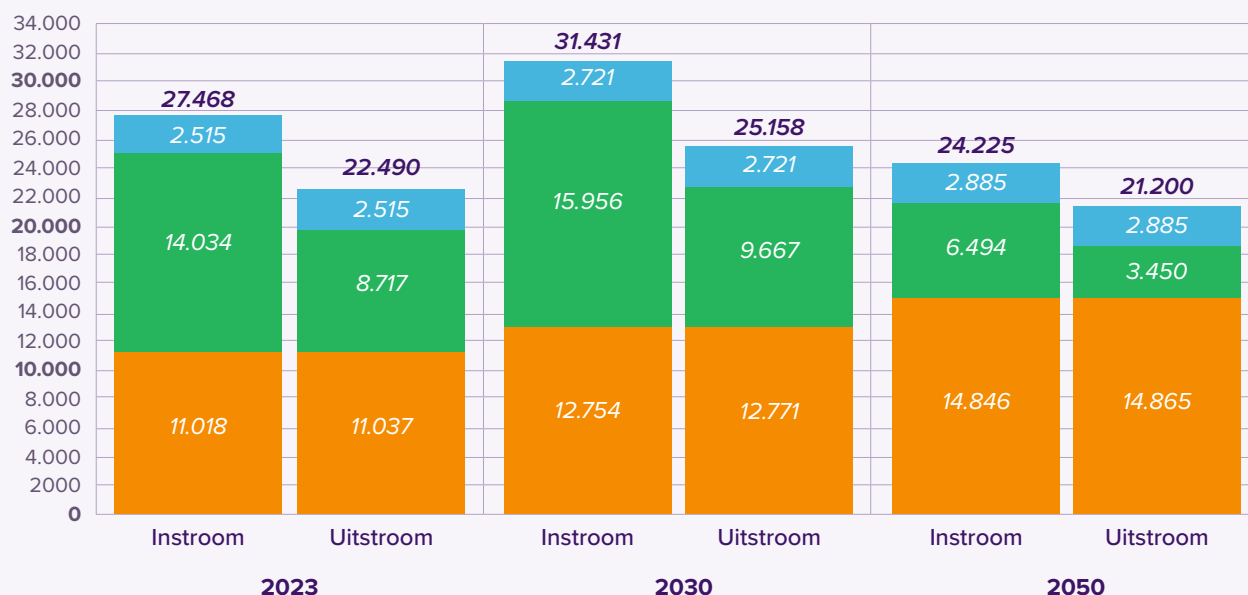


Bron: EIB, Structural Collective.

Figuur 5.3. Boven: ingaande en uitgaande stromen⁹² in de GWW in kiloton per asset, alle peiljaren (in kton) - ex. Zandsuppletie en vaargeulonderhoud). Onder: idem, ex. dijkversterkingen.



Bron: EIB, Structural Collective.



Bron: EIB, Structural Collective.

Dijkophoging zorgt voor verschil tussen in- en uitstroom bij vervangende nieuwbouw

Verwacht mag worden dat de instroom en uitstroom bij vervangende nieuwbouw gelijk is op basis van de methodiek: wanneer een asset gesloopt wordt, komt er eenzelfde asset voor in de plaats. Het feit dat dijkophoging als vervangende nieuwbouw is geclassificeerd zorgt echter voor een verschil in de twee (Figuur 5.1 onder). Het ophogen van de dijken zorgt voor een fluctuatie van 20-40% tussen in- en uitstroom van vervangende nieuwbouw. Wanneer deze buiten beschouwing wordt gelaten, is de verhouding tussen in- en uitstroom van vervangende nieuwbouw altijd een op een en stijgen zowel de in als uitstroom met 25% (peiljaren 2023 vs 2030) en 20% (peiljaren 2030 vs 2050).

5.3 MKI IN 2023, 2030 EN 2050

Deze paragraaf brengt op basis van de verwachte productievolumes en materiaalstromen uit de voorgaande hoofdstukken de ontwikkeling van de MKI in kaart voor de peiljaren 2023, 2030 en 2050. Om de ontwikkeling van de totale MKI waarde te analyseren, wordt er specifiek gekeken naar de verschuivingen in de impactverdeling tussen uitbreidingsnieuwbouw, vervangende nieuwbouw en renovatie. Tevens wordt de bijdrage van de verschillende assetcategorieën aan het totaal beschreven (tabel 5.6).

De analyse laat zien dat de totale MKI tussen 2023 en 2030 toeneemt met 12% door groeiende productie van infrastructuur, met name in ondergrondse netwerken zoals elektriciteitskabels en warmteleidingen. Na 2030 treedt echter een duidelijke kentering op: de MKI daalt substantieel richting 2050, voornamelijk doordat grootschalige uitbreidingsprojecten zoals netwerkverzwaring grotendeels zijn afgerond. Deze ontwikkeling weerspiegelt de overgang van een groeiende infrastructuur naar een opgave waarbij onderhoud en vervanging centraal komen te staan.

Tabel 5.6. MKI in de GWV uitbreidingen, vervangende nieuwbouw en renovaties, 2023, 2030 en 2050 (in mln. euro).

Asset	MKI (mln) 2023	Deel van totaal (%)	MKI (mln) 2030	Deel van totaal (%)	MKI (mln) 2050	Deel van totaal (%)
 Asfaltwegen	116	31,2%	130	31,2%	111	34,1%
 Ondergrondse infrastructuur (ex. riolering)	93	24,9%	88	21,0%	41	12,7%
 Niet-asfaltwegen	68	18,2%	78	18,7%	67	20,7%
 Spoor	24	6,6%	21	5,1%	24	7,5%
 Bruggen	20	5,3%	23	5,5%	24	7,4%
 Tunnels	15	4,1%	31	7,4%	14	4,2%
 Damwand	13	3,5%	13	3,1%	13	4,0%
 Viaducten	10	2,7%	11	2,6%	10	3,2%
 Dijkversterking	4	1,1%	13	3,2%	10	3,0%
 Sluizen	3	0,7%	3	0,6%	3	0,9%
 Gemalen	3	0,7%	3	0,7%	3	0,8%
 Oeverbeschoeiing	2	0,5%	2	0,4%	2	0,6%
 Riolering	2	0,4%	2	0,4%	2	0,7%
Totaal	371	100,0%	417	100,0%	324	100,0%

Bron: EIB, Structural Collective.

MKI: verschuiving van uitbreiding naar vervanging

De totale MKI van de GWW-sector groeit naar verwachting tussen 2023 en 2030 van € 371 miljoen naar € 417 miljoen, een toename van ruim 12% wanneer technische vooruitgang buiten beschouwing wordt gelaten. Vervolgens daalt de MKI-impact in 2050 naar € 324 miljoen, 22% lager dan in 2030, met name door een lager productievolume. Achter deze ontwikkeling gaat een belangrijke verschuiving schuil in de verdeling van de MKI-impact over verschillende werkzaamheden (Figuur 5.2).

Aandeel van vervangende nieuwbouw neemt toe, uitbreidingsnieuwbouw af

Het aandeel van vervangende nieuwbouw in de totale MKI groeit van 46% in 2023 naar ruim 66% in 2050. In absolute zin stijgt de MKI van vervangende nieuwbouw van € 172 miljoen (2023) naar € 188 miljoen en verder naar € 213 miljoen tussen 2030 en 2050, wat laat zien dat vervangende nieuwbouw de komende decennia een steeds grotere rol gaat spelen op het gebied van milieu-impact. Het aandeel

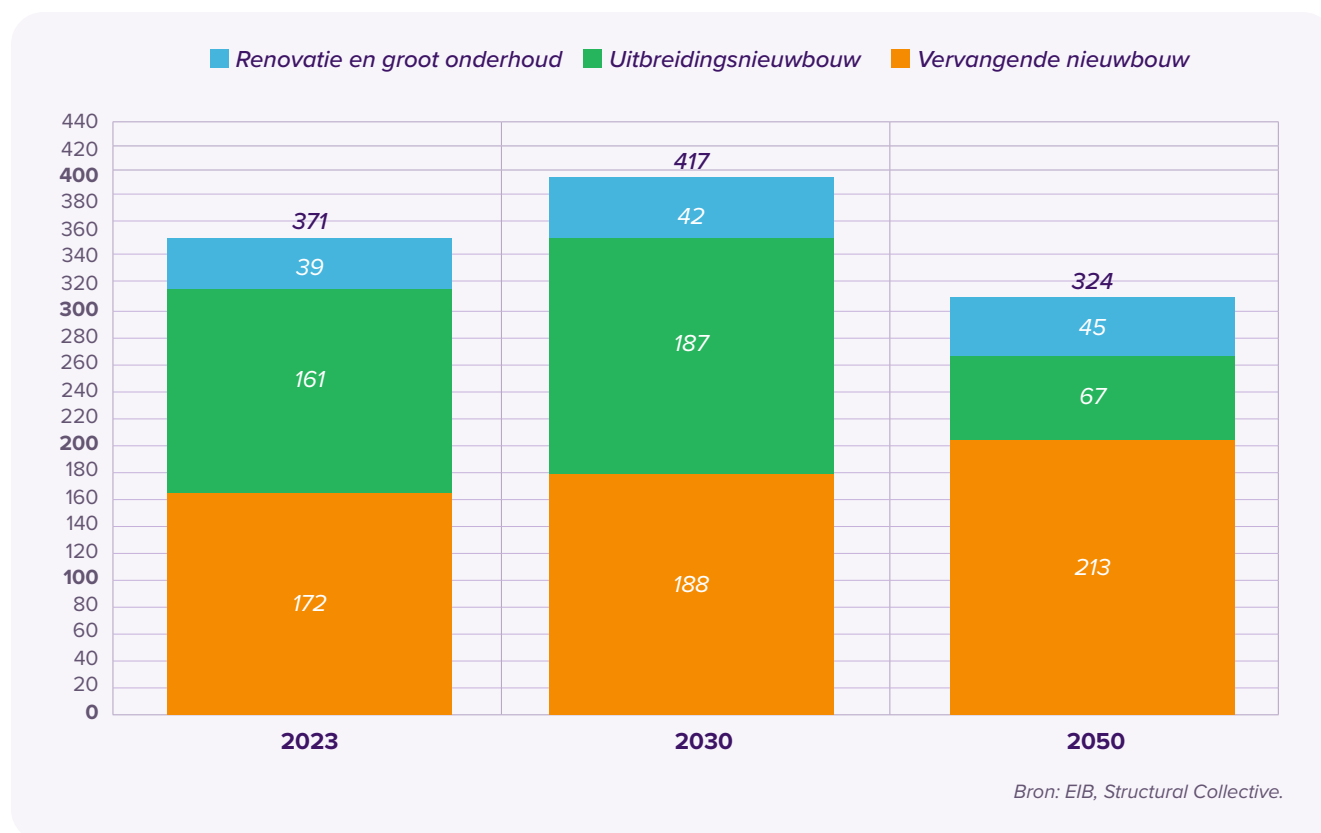
van uitbreidingsnieuwbouw daarentegen daalt van 43% in 2023 naar 21% in 2050. In 2030 neemt de MKI-waarde van uitbreidingsnieuwbouw nog toe van € 161 miljoen naar € 187 miljoen, maar in 2050 zakt deze sterk terug naar € 67 miljoen, minder dan de helft van in 2030.

Renovatiewerkzaamheden blijven relatief stabiel met een aandeel tussen 11% en 10%. In absolute zin groeien ze licht van € 39 miljoen (2023) naar € 42 miljoen (2030, +8%) en € 45 miljoen (2050, +7%).

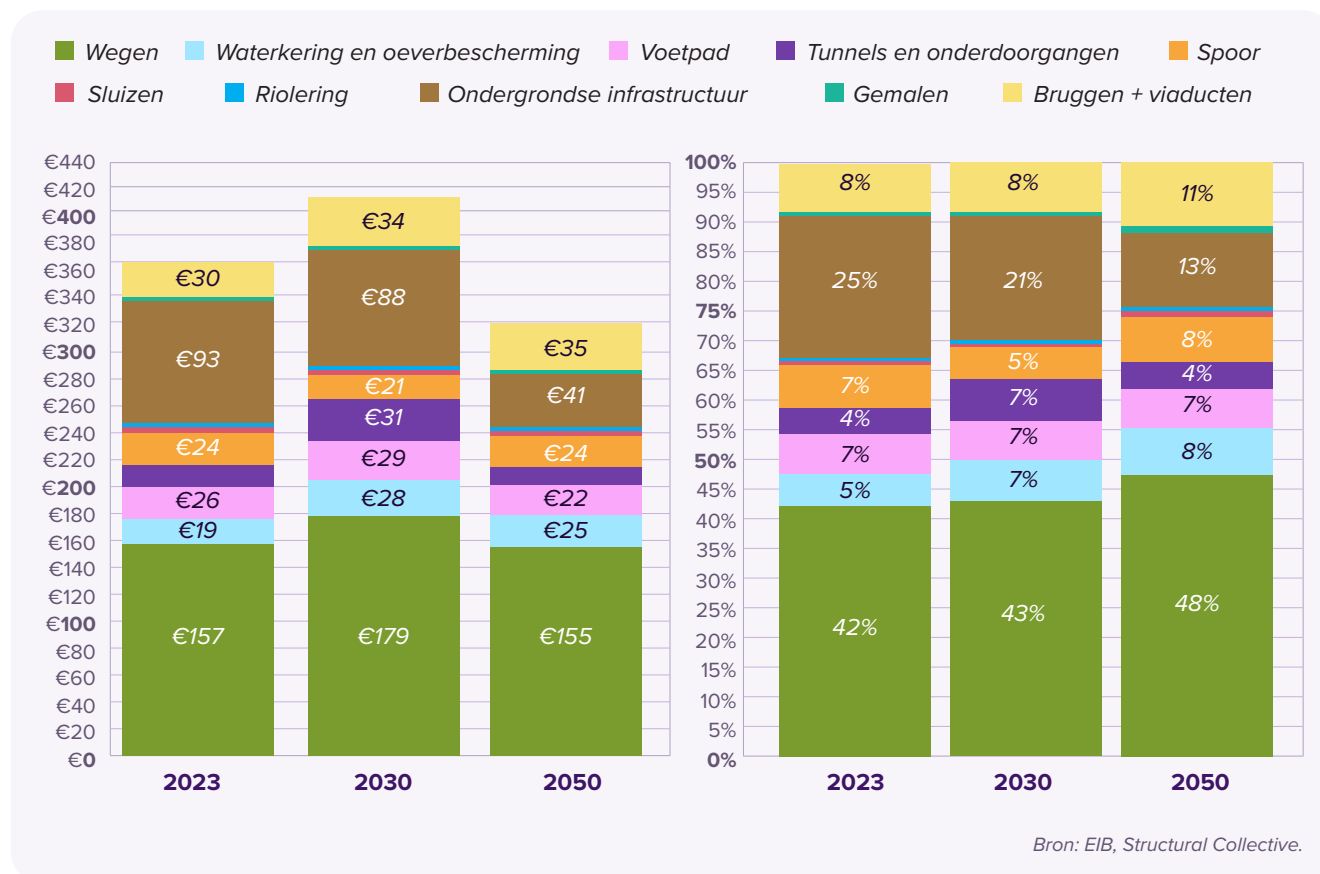
Wegen blijven dominant, ondergrondse infrastructuur daalt sterk

Figuur 5.3 toont de verdeling van de MKI-impact voor de GWW-sector voor de jaren 2023, 2030 en 2050. De meest impactvolle assetcategorie is en blijven de wegen (asfalt- en niet-asfaltwegen) van 2023 tot 2050. Het aandeel van deze categorie in de totale MKI is 49% in 2023 en stijgt naar 54% in 2050. Net als in 2023 hebben asfaltwegen op zichzelf de grootste milieu-impact met meer dan 34% van de totale MKI in 2050. Binnen de asfaltwegen is renovatie /groot onderhoud verantwoordelijk voor het merendeel van de impact.

Figuur 5.4. MKI ontwikkeling per activiteit in de GWW, 2023, 2030 en 2050 (in mln. euro).⁹³



Figuur 5.5. MKI ontwikkeling uitbreiding, vervanging en renovatie in de GW, 2019, 2030 en 2050. Links: in miljoen euro. Rechts: in percentages.



Opvallend is de daling van ondergrondse infrastructuur: van bijna 25% van de totale MKI in 2023 naar 12,7% in 2050. Deze afname hangt samen met het voltooiën van de glasvezeluitrol en het feit dat de netwerkverzwaring tegen 2050 naar verwachting is afgerond (Figuur 5.4). Bruggen en viaducten nemen juist in belang toe van 8% naar 11% van het totaal, mede door de groeiende vervangingsopgave van verouderde kunstwerken uit de naoorlogse periode.

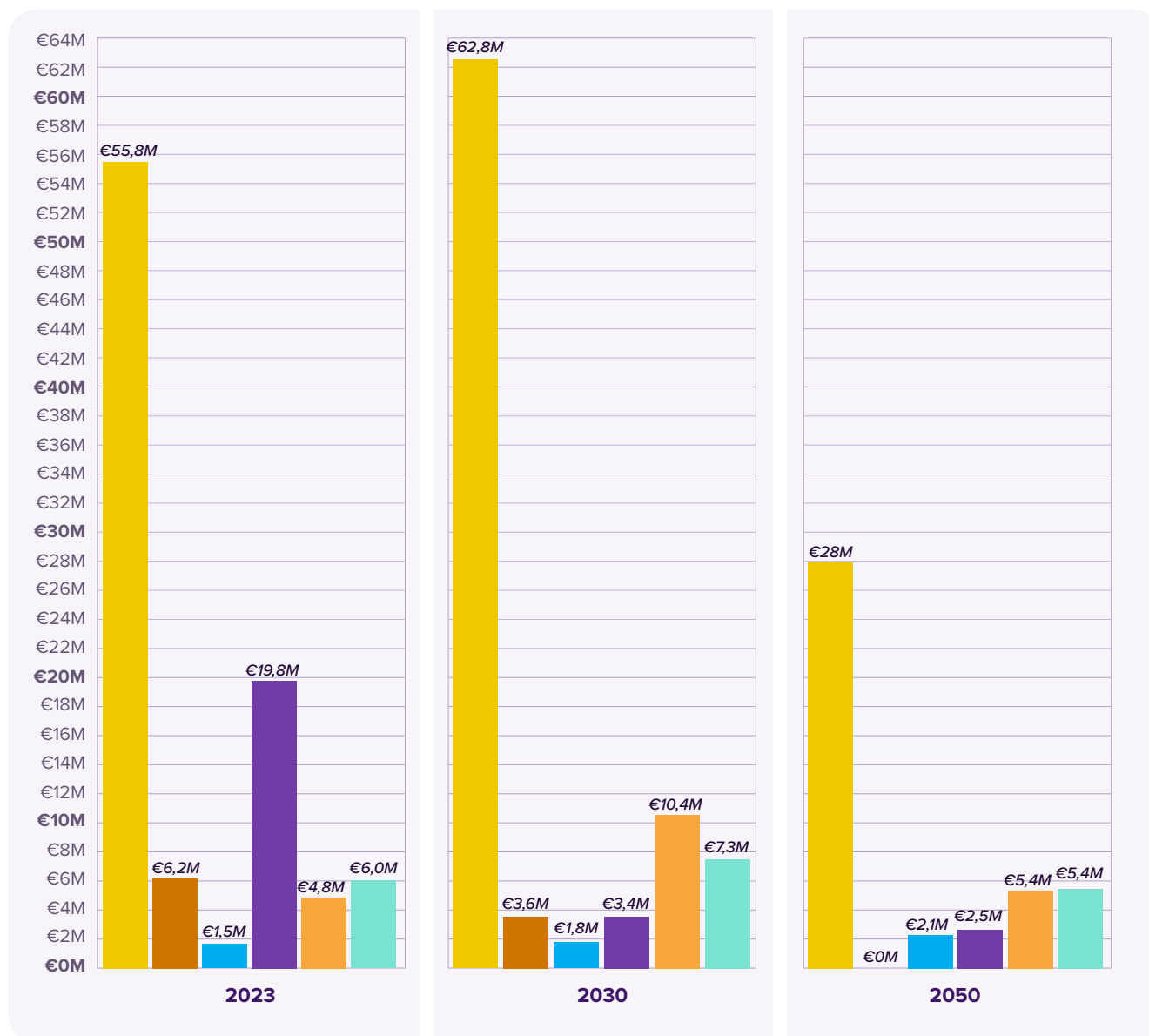
In 2030, pieken elektriciteitskabels naar € 62,8 mln. (70% van het totaal), een groei van ruim 12,5% procent die samenhangt met de krapte op het elektriciteitsnet, die de investeringen van netbeheerders opstuw. Warmteleidingen groeien het sterkst met een verdubbeling naar € 10,4 mln. (12%) door de aanleg van warmtenetten. Waterleidingen bereiken een hoogtepunt met € 7,4 mln. (8%). Gasleidingen dalen substantieel naar € 3,6 mln. (4%)

nu de vervanging afloopt, en telecomkabels zakken fors naar € 3,4 mln. (4%) omdat de landelijke glasvezeluitrol tegen 2025 voor een groot deel van de huishoudens is voltooid.

In 2050 is de totale MKI van ondergrondse infrastructuur substantieel lager en komt uit op € 43,5 mln. (–51% ten opzichte van 2030; –54% ten opzichte van 2023). De verzwaring van het elektriciteitsnet is dan grotendeels afgerond en de MKI van elektriciteitskabels valt terug naar € 28 mln. (64%). Waterleidingen krijgen dan het hoogste aandeel met € 5,45 mln. (12,5% van het totaal), terwijl warmteleidingen uitkomen op € 5,4 mln. (12,4%) nu de groei afvlakt in lijn met de nieuwbouwwontwikkeling. Telecomkabels stabiliseren op € 2,5 mln. (6%) en gasleidingen verdwijnen volledig met € 0 (0%) nu de aanleg naar nul gaat.

Figuur 5.6. Boven: MKI ontwikkeling in de ondergrondse infra (incl.riolering), 2023 2030 en 2050 (in mln. euro) Onder: in tabelvorm.

■ Electriciteitskabels ■ Gasleidingen ■ Riool ■ Telecommunicatiekabels ■ Warmteleidingen ■ Waterleidingen



Asset	MKI 2023 (mln. euro)	% van totaal	MKI 2030 (mln. euro)	% van totaal	MKI 2050 (mln. euro)	% van totaal
Elektriciteitskabels	56	59,3%	63	70,3%	28	64,3%
Gasleidingen	6	6,6%	4	4,1%	0	0,0%
Riool	2	1,6%	2	2,0%	2	4,9%
Telecomkabels	20	21,0%	3	3,8%	3	5,8%
Warmteleidingen	5	5,1%	10	11,6%	5	12,4%
Waterleidingen	6	6,4%	7	8,2%	5	12,5%
Totaal	94	100,0%	89	100,0%	43	100,0%

Bron: EIB, Structural Collective.

In 2030, piekt de MKI van elektriciteitskabels naar € 62,8 mln. (70% van het totaal), een groei van ruim 12,5% procent die samenhangt met de krapte op het elektriciteitsnet, die de investeringen van netbeheerders opstuwt. De MKI van warmteleidingen groeit het sterkst met een verdubbeling naar € 10,4 mln. (12%) door de aanleg van warmtenetten. Waterleidingen bereiken een hoogtepunt met een MKI van € 7,4 mln. (8%). De MKI van gasleidingen daalt substantieel naar € 3,6 mln. (4%) nu de vervanging afloopt en de MKI van glasvezelkabels zakt fors naar € 3,4 mln. (4%) omdat de landelijke glasvezeluitrol tegen 2025 voor een groot deel van de huishoudens is voltooid.

In 2050 is de totale MKI van ondergrondse infrastructuur substantieel lager en komt uit op € 43,5 mln. (–51% ten opzichte van 2030; –54% ten opzichte van 2023). De verzwarende van het elektriciteitsnet is dan grotendeels afgerond en de MKI van elektriciteitskabels valt terug naar € 28 mln. (64%). De MKI van waterleidingen krijgt dan het hoogste aandeel met € 5,45 mln. (12,5% van het totaal), terwijl de MKI van warmteleidingen uitkomt op € 5,4 mln. (12,4%) nu de groei afvlakt in lijn met de nieuwbouwontwikkeling. De MKI van glasvezelkabels stabiliseert op € 2,5 mln. (6%) en die van gasleidingen verdwijnt volledig met € 0 (0%) nu de aanleg naar nul gaat.

5.4 CO₂-EMISSIONS IN 2023, 2030 EN 2050

Deze paragraaf beschrijft de verwachte ontwikkeling van de totale CO₂-uitstoot (in kiloton) van de GWW-sector in 2030 en 2050. De trend van de CO₂-emissies wordt vergeleken met de MKI-ontwikkeling en de impact van de verschillende assetcategorieën.

CO₂-emissies in 2050 onder niveau 2023

In tabel 5.8 is een toename te zien van ruim 8% van de CO₂-emissies tussen 2023 en 2030. Deze groei in CO₂-emissies zet zich niet door in 2050: ten opzichte van 2030 is er juist een afname van 15% te zien, wat resulteert in een niveau dat lager is met referentiejaar 2023.

De ontwikkeling van de CO₂-emissies volgt grotendeels dezelfde trend als die van de MKI (een toename van 12% in 2030 ten opzichte van 2023 en een afname van 22% in 2050 ten opzichte van 2030).

Tabel 5.7. Ingebedde CO₂-emissies voor nieuwbouw, uitbreiding en renovaties, GWW 2023, 2030 en 2050 (in kton).

Asset	CO ₂ (kton) 2023	% van totaal	CO ₂ (kton) 2030	% van totaal	CO ₂ (kton) 2050	% van totaal
 Asfaltwegen	892	34,0%	1003	35,4%	859	39,4%
 Niet-asfaltwegen	531	20,3%	613	21,6%	537	24,6%
 Ondergrondse infrastructuur (ex. riolering)	411	15,7%	280	9,9%	157	7,2%
 Bruggen	138	5,3%	161	5,7%	167	7,7%
 Spoor	141	5,4%	123	4,3%	141	6,5%
 Tunnels	99	3,8%	197	6,9%	89	4,1%
 Vaargeulonderhoud	137	5,2%	142	5,0%	142	6,5%
 Damwanden	79	3,0%	79	2,8%	79	3,6%
 Viaducten	60	2,3%	67	2,4%	65	3,0%
 Dijkversterking	25	1,0%	80	2,8%	60	2,8%

Asset	CO ₂ (kton) 2023	% van totaal	CO ₂ (kton) 2030	% van totaal	CO ₂ (kton) 2050	% van totaal
 Zandsuppletie	65	2,5%	51	1,8%	62	2,8%
 Sluizen	17	0,6%	15	0,5%	17	0,8%
 Riolering	12	0,4%	13	0,5%	16	0,8%
 Gemalen	6	0,2%	7	0,2%	6	0,3%
 Oeverbeschoeiing	5	0,2%	5	0,2%	5	0,3%
Totaal	2.618	100,0%	2.836	100,0%	2.404	100,0%

Bron: EIB, Structural Collective.

CO₂-emissies van asfaltwegen en niet-asfaltwegen vrijwel gelijk in 2023 en 2050

Ook bij de emissie van ingebedde CO₂ zijn asfaltwegen en niet-asfaltwegen de meest impactvolle asset. In 2030 groeien de emissies van wegen nog met ca 13,6% ten opzichte van 2023. In 2050 dalen de emissies van asfaltwegen en niet-asfaltwegen vergeleken met 2030 met 13,5%.

Concluderend MKI en CO₂

De analyse laat zien dat de totale milieu-impact tussen 2023 en 2030 toeneemt (12% voor de MKI, 8% voor de CO₂) door groeiende productie van infrastructuur, met name in ondergrondse netwerken zoals elektriciteitskabels en warmteleidingen. Na 2030 treedt echter een duidelijke kentering op: zowel de MKI als de CO₂-emissies dalen substantieel richting 2050, voornamelijk doordat grootschalige uitbreidingsprojecten zoals netwerkverzwaring grotendeels zijn afgerond (tabel 5.8)⁹⁴

Tabel 5.8. Toename milieubelasting voor nieuwbouw, uitbreiding en renovaties in de GW, 2023, 2030 en 2050 (in kton en mln. euro).

	Ingebedde CO ₂ (kton)	Toename tussen peiljaren (%)	MKI totaal (mln. euro)	Toename tussen peiljaren (%)
2023	2.618		371	
2030	2.836	+8%	417	+12%
2050	2.404	-15%	324	-22%

Bron: EIB, Structural Collective.

Deel 2

Burgerlijke en Utiliteitsbouw (B&U)





SCOPE VAN DE OPDRACHT: B&U

Hier wordt de scope van de opdracht met betrekking tot de B&U besproken, als wel een korte beschrijving van de methode.

In deze studie zijn de onderstaande gebouwen meegenomen voor de B&U. Een nadere toelichting op de totstandkoming van de cijfers uit dit rapport is opgenomen in de methodologische bijlage.

Tabel 8. Gebouwen binnen de scope van het B&U-onderzoek.

Woningbouw	Utiliteitsbouw
Eengezinswoningen - Vrijstaand 2-onder-1-kap - Serieel (rijtjeswoningen) Meergezinswoningen/appartementen	Bedrijfsruimten Kantoren Onderwijsgebouwen Zorggebouwen Winkels Overig

Voor de B&U zijn de volgende materialen meegenomen.³¹

Tabel 9. Materialen binnen de scope van het B&U-onderzoek.

Materiaal		
Beton	Mortel	Aluminium
Staal & IJzer	Elektronica	Dakbitumen
Baksteen	Kalkzandsteen	Lijm en verf
Zand	Keramiek	Koper
Gips	Glas	Overige metalen
Hout	Steen	Papier
Isolatie	Kunststoffen	

METHODE

Ten behoeve van het B&U onderzoek hebben 8 gesprekken plaatsgevonden en één ronde tafel in aanvulling op vijf rondetafels en 20 gesprekken die in het kader van de studie uit 2022 hebben plaatsgevonden. Een overzicht van de gesprekken en de bijbehorende onderwerpen waarin de B&U aan bod kwam zijn weergegeven in tabel 3. De gesprekken hebben tot doel gehad om meer zicht te krijgen op randtotalen, herkomst en hergebruik van materialen, reguliere bouwwijze en relevante ontwikkelingen aangaande bouwwijze.

In de methodologische bijlage wordt de methodiek in detail uiteengezet. In deze paragraaf worden de belangrijkste zaken toegelicht die relevant zijn bij het interpreteren van de resultaten die in dit rapport worden gepresenteerd.

Van de gebouwen in tabel 1 is de productie voor 2023, 2030 en 2050 in beeld gebracht. De uitbreiding voor 2023 is deels gebaseerd op feitelijke cijfers en deels gemodelleerd waar cijfers ontbraken. De prognoses van 2030 en 2050 zijn opgesteld op basis van diverse bronnen die voornamelijk te maken hebben met structurele factoren zoals huishoudensgroei, en bbp-groei.

Door de productie in 2023 (nieuwbouw, herstel- en verbouw en sloop) te vermenigvuldigen met profielen van betreffende gebouwtype, worden materiaalstromen, MKI en CO₂ in beeld gebracht. In de methodologische bijlage wordt de methodiek in detail uiteengezet. In deze paragraaf worden de belangrijkste zaken toegelicht die relevant zijn bij het interpreteren van de resultaten die in dit rapport worden gepresenteerd.

Tabel 10. Overzicht gevoerde gesprekken in 2025.

Domein	Organisatie
Houtbouw	Heijmans
	Building Balance
	Gemeente Amsterdam
Installaties (PV panelen)	Holland Solar
	Wecycle
Keramik	Koninklijke Nederlandse Bouwkeramik
Beton	Dura Vermeer
	Betonhuis
	Cement & Beton Centrum
	Hazenberg
	Heijmans
	TBI
Glas	Vlakglas Recycling Nederland
Renovatie- en onderhoudsactiviteiten, verduurzamingen en bouwwijzen utiliteitsbouw	SPIE

Productie

Het B&U-deel van de studie wordt voor de derde keer uitgevoerd. Bij de vorige edities waren 2014 en 2019 de startjaren, in deze studie is 2023 het ijkjaar. De methodiek is in de basis gelijk gebleven: door nieuwbouw, herstellen verbouw en sloopcijfers voor 2023 te combineren met gebouwprofielen zijn materiaalstromen vastgesteld en zijn de MKI en CO₂-emissies berekend. Met behulp van de Basisregistratie Adressen en Gebouwen (BAG), volumes in euro van herstel en verbouw, meerjarenonderhoudsplannen en rapporten kan de productie met een redelijke mate van zekerheid worden geschat.

De basis gebouwprofielen uit 2014 en 2019 zijn aangeleverd door SGS Search. Voor woningen en kantoren is gebruikgemaakt van de referentiegebouwen, zoals gematerialiseerd door DGMR / W/E Adviseurs en LBP Sight in 2019. Deze profielen zijn geüpdatet voor 2023 op basis van informatie van dezelfde partijen en daarnaast zijn de profielen aangepast door Structural Collective, bijvoorbeeld inzake aardgasvrij bouwen. Door aan te sluiten op openbare en gehanteerde profielen uit 2019 wordt het makkelijker om de studie te herhalen en vergelijken. De productie die samenhangt met verduurzaming is in deze studie op basis van diverse

bronnen accurater in beeld gebracht voor bijvoorbeeld de installatie van zonnepanelen, warmtepompen, airco's en isolatiemateriaal en -glas. Deze aanpassingen houden in dat de cijfers van met name MKI en CO₂ beperkt vergelijkbaar zijn met de vorige studie.⁹⁶ Een uitgebreide beschrijving van de B&U-methodiek is opgenomen in de methodologische bijlage.

Materiaalstromen, MKI en CO₂

De profielen vormden de basis voor het berekenen van de materiaalstromen, MKI en CO₂-emissies in de bottom-up aanpak. Door de profielen te vermenigvuldigen met de productiecijfers, zijn de hoeveelheid (producten in) gebouwen in beeld gebracht die aangebracht of verwijderd zijn. Middels de bekende MPG berekeningen van de gebouwprofielen en de onderliggende producten, konden resultaten voor de MKI en CO₂-emissies verkregen worden. Voor de berekening van de MKI hanteert de Nationale Milieudatabase (NMD) verschillende wegingsfactoren per milieubelastingcategorie. In dit model is uitgegaan van de 'set 1'-weging⁹⁷.

Voor de materiaalstromen en -voorraden is als tussenstap voor alle producten bepaald wat de benodigde materialen zijn en in welke hoeveelheid deze in het item worden toegepast. Hiervoor is gebruikgemaakt van de categorie 3 productkaarten van de Nationale Milieudatabase.

DOORKIJK NAAR 2030 EN 2050

In dit rapport is ook een doorkijk gegeven voor 2030, 2040 en 2050 voor de B&U. Deze resultaten zijn voornamelijk indicatief, omdat de ontwikkelingen met grote onzekerheden omgeven zijn. Om tot de doorkijk te komen zijn verschillende veronderstellingen gemaakt die de resultaten beïnvloeden. Vooral de doorkijk naar 2050 is omgeven met onzekerheden door de lange horizon. Voor de doorkijk is in de basis een business-as-usual scenario gehanteerd, wat wil zeggen dat er geen rekening is gehouden met technologische vooruitgang (met mogelijk lagere milieubelasting tot gevolg) en/of een andere materialisatie van assets en gebouwen in de tijd. Hieronder wordt de methodiek voor de doorkijk beknopt toegelicht. Een uitgebreidere beschrijving van de methodiek is te vinden in de methodologische bijlage.

Voor de B&U zijn drie scenario's uitgewerkt. Het business-as-usual scenario zoals hierboven beschreven met daarnaast ook een behoedzaam en dynamisch scenario. De prognose van het business-as-usual-scenario tot 2030 is voornamelijk gebaseerd op de ramingen die zijn gemaakt voor de 'Verwachtingen Bouwproductie en Werkgelegenheid 2025', een jaarlijks terugkerende publicatie van het EIB gebaseerd op onder andere verleende vergunningen, orderportefeuilles en staand beleid. In de meest recente versie is een raming gemaakt voor de productie tot 2030. Om tot beelden te komen voor 2040 en 2050 is voor een deel gebruikgemaakt van de methodiek die is ontwikkeld voor de scenariostudie 'Investeren in Nederland'⁹⁸. De methodiek is bijgewerkt met de meest recent beschikbare informatie van determinanten. Waar nodig zijn aanpassingen gemaakt aan de methodiek om beter recht te doen aan recente ontwikkelingen, zoals de verduurzamingsopgave.

De belangrijkste determinant voor de nieuwbouw van woningen is de huishoudensgroei. Hierbij is gebruikgemaakt van de meest recente huishoudensprognose van het CBS. De sloop van woningen wordt bepaald door de leeftijd van de voorraad. Voor de ontwikkeling van de sloop zijn de leeftijd en de kwaliteit van de voorraad en de ontwikkeling van kwaliteitseisen in de tijd belangrijke

gehanteerde determinanten. Voor herstel en verbouw is tot het beeld in 2040 en 2050 gekomen op basis van de verwachte economische groei, reeds in gang gezet beleid rond verduurzaming, veranderende kwaliteitseisen en de ontwikkeling van de voorraad in de tijd.

De prognoses voor de utiliteitsbouw zijn mede gebaseerd op economische en demografische ontwikkelingen. Daarnaast is de utiliteitsbouw divers en de verschillende segmenten kennen verschillende determinanten. Voor de nieuwbouw van bedrijfsruimten is de verwachte economische groei de belangrijkste determinant, terwijl voor de nieuwbouw van kantoren de groei in de dienstensector (kantoorhoudende banen) van belang is. Voor winkels zijn ontwikkelingen in bestedingen en online winkelen belangrijke determinanten geweest bij de nieuwbouw van zorggebouwen en scholen speelt onder andere de leeftijdsopbouw van de bevolking een belangrijke rol. Voor sloop en herstel en verbouw van utiliteitsgebouwen zijn net als bij de woningbouw de leeftijdsopbouw van de voorraad, verwachte economische groei en reeds in gang gezet beleid rond verduurzaming, veranderende kwaliteitseisen en de ontwikkeling van de voorraad belangrijke determinanten.

De behoedzame en dynamische scenario's kennen dezelfde determinanten, maar een andere invulling. Tot 2030 zijn de eerder genoemde 'Verwachtingen Bouwproductie en Werkgelegenheid 2025' gehanteerd, waardoor de productiescenario's tot 2030 alledrie gelijk zijn. Voor de ramingen na 2030 vormt de PBL-publicatie Toekomstverkenning WLO: Vier scenario's voor Nederland in 2040, 2050 en 2060 een belangrijk uitgangspunt. In de scenario's wordt uitgegaan van verschillende demografische en economische ontwikkelingen. Het behoedzame scenario sluit zoveel mogelijk aan bij het Laag-scenario en het dynamische scenario bij het Hoog-scenario.⁹⁹ Voor de ramingen rond verduurzaming is aanvullend gebruikgemaakt van het EIB-onderzoek Klimaatambities in de gebouwde omgeving. In dit scenario wordt uitgegaan van een aardgasvrije gebouwde omgeving in 2065 in het behoedzame scenario en 2055 in het dynamische scenario, tegenover 2060 in het BAU-scenario.

Resumerend zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd in de scenario's.

Tabel 11. Uitgangspunten in de scenario's.

Onderwerp	Behoedzaam		Business as usual		Dynamisch	
	2040	2050	2040	2050	2040	2050
BBP groei	0,5%	0,5%	1,1%	1,1%	2,1%	2,1%
Bevolkingsomvang	18,6 mln	18,7 mln	19,2 mln	19,7 mln	19,7 mln	20,6 mln
Huishoudensgroei	9.600	340	31.000	18.000	45.900	28.500

Hoofdstuk 6: Productie B&U

Het materiaalgebruik in de Nederlandse bouwsector heeft de afgelopen jaren een stijgende lijn laten zien, mede gedreven door de groeiende vraag naar woningen en utiliteitsgebouwen. Het behalen van de doelstellingen om primaire grondstoffen te halveren tegen 2030 en netto nul uitstoot te realiseren in 2050 wordt bemoeilijkt door een structurele afhankelijkheid van primaire materialen.¹⁰⁰ Om gericht stappen te kunnen zetten, is inzicht in de focuspunten cruciaal. Deze studie bouwt voort op de eerdere onderzoeken voor de peiljaren 2014 en 2019, en heeft als doel een geactualiseerd beeld te geven voor 2023 en de steekjaren 2030, 2040 en 2050. Het hoofdstuk begint met een vergelijking van productiecijfers van 2014, 2019 en 2023, waarna de totstandkoming van de cijfers voor 2023 nader wordt geduid en een doorkijk wordt gegeven van de productie voor de jaren 2030, 2040 en 2050.

6.1 PRODUCTIE IN 2014, 2019 EN 2023

6.1.1 Woningbouwproductie in 2014, 2019 en 2023

De resultaten van 2023 zijn in de basis tot stand gekomen op dezelfde wijze als het eerder uitgevoerde onderzoek met als basisjaar 2019. Er zitten echter subtiele verschillen in de methodiek. Bij nieuwbouw en sloop is bijvoorbeeld gebruikgemaakt van nieuwe Basisregistratie Adressen en Gebouwen (BAG)-bestanden met meer gedetailleerde informatie in de tijd. Dit leidde tot betere schattingen van de productie van vooral eengezinswoningen. Ook is de verdeling voor herstel en verbouw op meerdere plekken aangepast. Tot slot is verduurzaming op een hoger detailniveau in beeld gebracht.¹⁰¹ Hieronder worden de verschillen per onderdeel toegelicht en geduid.

Samenstelling verschuift, totaal aantal opgeleverde woningen stijgt

Het aantal nieuw gebouwde woningen komt in 2023 uit op 74.000, 3 procent meer dan de 72.000 in 2019 (tabel 6.1). Deze groei wordt gedragen door de nieuwbouw van meergezinswoningen, met ruim 35 procent meer opleveringen dan in 2019. De oplevering van eengezinswoningen daalt in dezelfde periode met bijna 20 procent. Ten opzichte van 2014, het productiedieptepunt na de financiële crisis, ligt het totaal van nieuwbouwwoningen in 2023 ruim 60 procent hoger.¹⁰²

Sloop neemt af, daling vooral bij meergezinswoningen

In 2023 is per saldo vijftien procent minder gesloopt dan in 2014 en 2019. De daling concentreert zich bij meergezinswoningen met dertig procent minder sloop en bij panden die voor 1970 zijn gebouwd. Het aantal gesloopte eengezinswoningen blijft ongeveer constant. In de tabel valt verder op dat er minder seriële woningen en meer vrijstaande woningen worden gesloopt. Dit is een methodologische aanpassing; op basis van de BAG is betere data verkregen over het type gesloopte eengezinswoning. Bij de voorgaande studie werd het aandeel vrijstaande gesloopte woningen onderschat en serieel werd overschat. Hiervoor is in 2023 gecorrigeerd.

Herstel- en verbouwproductie stijgt qua omvang naar ruim 15 miljard euro

De herstel- en verbouwproductie inclusief verduurzaming bedroeg in 2023 voor de woningbouw ruim 15 miljard euro.¹⁰³ Vergeleken met 2019 was dat een toename met 20 procent, toen bedroeg de productie 12,5 miljard euro. Deze toename is voor een aanzienlijk deel toe te schrijven aan verduurzaming. Ook hier ligt 2023 fors boven 2014, een jaar waarin het zwakke economische klimaat de activiteit remde.

Tabel 6.1. Productie woningbouw in 2014, 2019 en 2023 (in aantallen/mln. euro).

Categorie	2014	2019	2023	Vershil 2014 (%)	Vershil 2019 (%)
Nieuwbouw (aantallen)	45.200	71.500	73.600	63	3
Eengezins	22.100	43.600	35.500	61	-19
• Vrijstaand	4.400	10.200	9.500	116	-7
• 2-onder-1-kap	3.700	7.600	5.300	43	-30
• Serieel	14.100	25.800	20.700	47	-20
Meergezins/appartement	23.000	27.900	38.100	66	37
Herstel en verbouw (mln. euro)	6.600	12.500	15.000	128	20
Sloop (aantallen)	11.000	10.800	9.300	-15	-14
Eengezins	5.100	5.100	5.200	2	2
• Vrijstaand	700	700	1.700	143	143
• 2-onder-1-kap	700	600	800	14	33
• Serieel	3.800	3.800	2.700	-29	-29
Meergezins/appartement	5.900	5.700	4.100	-31	-28

Bron: BAG, EIB, Structural Collective.

6.1.2 Utiliteitsbouwproductie in 2014, 2019 en 2023

Net als bij de woningbouw, zijn de resultaten van 2023 op dezelfde manier vergaard als bij de vorige studie. Methodologische aanpassingen zijn minimaal, waardoor cijfers over de jaren goed vergelijkbaar zijn.

Alleen bedrijfspanden komen qua productie boven 2014, totaal bijna 30% boven 2019

In 2023 is bijna dertig procent meer vloeroppervlak aan utiliteitsgebouwen opgeleverd dan in 2019 (tabel 3.2). De groei komt vooral bij bedrijfspanden, kantoren, onderwijsgebouwen en overige gebouwen vandaan.¹⁰⁴ Bedrijfspanden laten veruit de grootste toename zien, vooral door opdrachten van industriële bedrijven. Dit is ook de enige categorie die boven het productieniveau van 2014 ligt. In het onderwijs droegen extra investeringen van universiteiten bij aan de stijging sinds 2019, maar het niveau in 2023 ligt nog bijna op de helft van 2014. Zorggebouwen vormen de uitzondering met een lagere productie dan in 2019, mede door beperkte middelen en beperkend beleid.

Productie herstel en verbouw bijna 15% hoger in 2023 dan in 2019

In 2023 bedroeg de herstel- en verbouwproductie in de utiliteitsbouw € 9 miljard (inclusief verduurzaming). Dit is een stijging van bijna 15% ten opzichte van 2019; in dat jaar bedroeg de productie € 8 miljard. Hierbij spelen toegenomen duurzaamheidseisen een rol. Daarnaast is dit een stijging van ruim 50% ten opzichte van 2014, waarbij ook het gunstigere economische klimaat een rol speelt.

Sloop utiliteitsbouw in 2023 10% lager dan in 2019

Met in totaal 2,4 miljoen m² aan gesloopte utiliteitsgebouwen ligt de sloop in 2023 circa 10% lager dan in 2014 en 2019. Wanneer wordt gekeken naar de verschillende bouwtypen, blijkt dat tussen 2019 en 2023 voornamelijk de sloop van bedrijfspanden en overige gebouwen sterk is afgenomen. Alleen de sloop van kantoren en onderwijsgebouwen is tussen 2019 en 2023 toegenomen. De sloop van winkels is stabiel gebleven. Sloop wordt, net als bij woningen, voornamelijk bepaald door de kwaliteit van en de eisen die worden gesteld aan de voorraad.

Tabel 6.2. Utiliteitsbouwproductie naar type utiliteitsbouw, 2014, 2019 en 2023 (in m²/mln. euro).

Categorie	2014	2019	2023	Vershil 2014 (%)	Vershil 2019 (%)
Nieuwbouw (1.000 m²)	6.220	6.710	8.620	39	28
Bedrijfspanen	2.670	4.720	6.160	131	31
Kantoren	550	200	280	-49	40
Onderwijsgebouwen	600	220	330	-45	50
Zorggebouwen	250	240	200	-20	-17
Winkels	590	230	230	-61	0
Overig	1.450	1.110	1.420	-2	29
Herstel en verbouw (mln. euro)	5.880	8.000	9.000	53	13
Sloop (1.000 m²)	2.800	2.740	2.440	-13	-11
Bedrijfspanen	1.030	1.250	1.070	4	-14
Kantoren	290	300	350	21	17
Onderwijsgebouwen	210	260	280	33	8
Zorggebouwen	430	190	170	-60	-11
Winkels	170	180	180	6	0
Overig	680	560	390	-43	-30

Bron: BAG, EIB, Structural Collective.

6.2 PRODUCTIE OP BASIS VAN EEN BUSINESS-AS-USUAL SCENARIO

De prognoses zijn in beginsel opgesteld volgens een business-as-usual scenario (BAU) dat overeenkomt met de GWW en dezelfde methodiek kent als de vorige studie. Wel is verduurzaming in meer detail in beeld gebracht. In de volgende paragrafen wordt de werking van het scenario toegelicht, samen met de hieruit volgende productiecijfers voor de woningbouw en de utiliteitsbouw. In hoofdstuk 9 komen de overige scenario's aan de orde.

6.2.1 Het business-as-usual-scenario (BAU)

Het BAU-scenario verklaart de productie in woningbouw en utiliteitsbouw in de basis vanuit vier drijvers: bevolkingsomvang en leeftijdsopbouw, huishoudensgroei, ontwikkeling van de beroepsbevolking en economische groei. Voor de periode tot 2030 is met name gebruik gemaakt van de publicatie 'Verwachtingen bouwproductie en werkgelegenheid 2025' van het EIB, waarin op gedetailleerde wijze de productie in de woning- en utiliteitsbouw is beschreven tot 2030.

Huishoudensgroei is richtinggevend voor de uitbreidingsnieuwbouw in de woningbouw. Hiervoor zijn de meest recente prognoses van het CBS gebruikt. In dit

scenario loopt de huishoudensgroei geleidelijk terug. De gemiddelde jaarlijkse toename bedraagt circa 80.000 in 2023 tot en met 2030, 42.000 in 2030 tot en met 2040 en 22.000 voor 2040 tot en met 2050.

De verhouding tussen eengezinswoningen en meergezinswoningen sluit aan bij de huidige verdeling per COROP regio. Stedelijke gebieden kennen relatief meer meergezinswoningen. Doordat de huishoudensgroei tussen regio's verschuift, neemt het landelijke aandeel meergezinswoningen geleidelijk toe, in lijn met de historische trend. Vervangingsnieuwbouw volgt sloop en demografie. In krimpregio's wordt sloop niet volledig teruggebouwd, in de randstad wel. De sloopontwikkeling hangt vooral samen met de leeftijd en kwaliteit van de voorraad en met steeds strengere kwaliteitseisen.

Tussen 2030 en 2050 groeit de bevolking met ongeveer 1,2 miljoen mensen en verschuift de leeftijdsopbouw. Het aantal tachtigplussers neemt tot 2050 sterk toe. Dit vergroot de vraag naar zorggebouwen. Hierbij is de bbp-groei ook een factor: hoe hoger de bbp-groei, hoe meer geld er is om te besteden aan nieuwe zorggebouwen.¹⁰⁵ De vraag naar schoolgebouwen daalt in de eerstvolgende tien jaar, omdat er elk jaar minder leerlingen zijn dan het jaar ervoor. Na het dieptepunt groeit de leerlingpopulatie weer en ligt deze in 2050 boven het niveau van 2023.

De economie groeit in het BAU-scenario gemiddeld met 1,1 procent per jaar in 2030 tot en met 2050. Dit creëert bedrijvigheid en maakt investeringen in vernieuwing, verduurzaming en kwaliteit mogelijk. De behoefte aan nieuwe kantoren wordt in deze studie gedreven door de groei van de beroepsbevolking. Die neemt in dit scenario gestaag toe, door zowel bevolkingsgroei als een hogere participatie van vijftien tot vijfenzeventig jarigen.

In het BAU-scenario is aangaande verduurzaming het scenario 'CO₂-neutraal in 2060' gehanteerd uit de studie 'klimaatambities in de gebouwde omgeving'¹⁰⁶. In de studie komt aan de orde dat, los van de financiële uitdagingen, de arbeidscapaciteit om energieneutraal te zijn in 2050 simpelweg zal ontbreken, waardoor 2060 een realistischer uitgangspunt vormt.

Samenvattend zijn de basisuitgangspunten van het scenario als volgt in de steekjaren.

Tabel 6.3. Uitgangspunten business-as-usual scenario.

Grondslag	Business as usual	
	2040	2050
BBP groei	1,1%	1,1%
Bevolkingsomvang	19,2 mln	19,7 mln
Huishoudensgroei	31.000	18.000

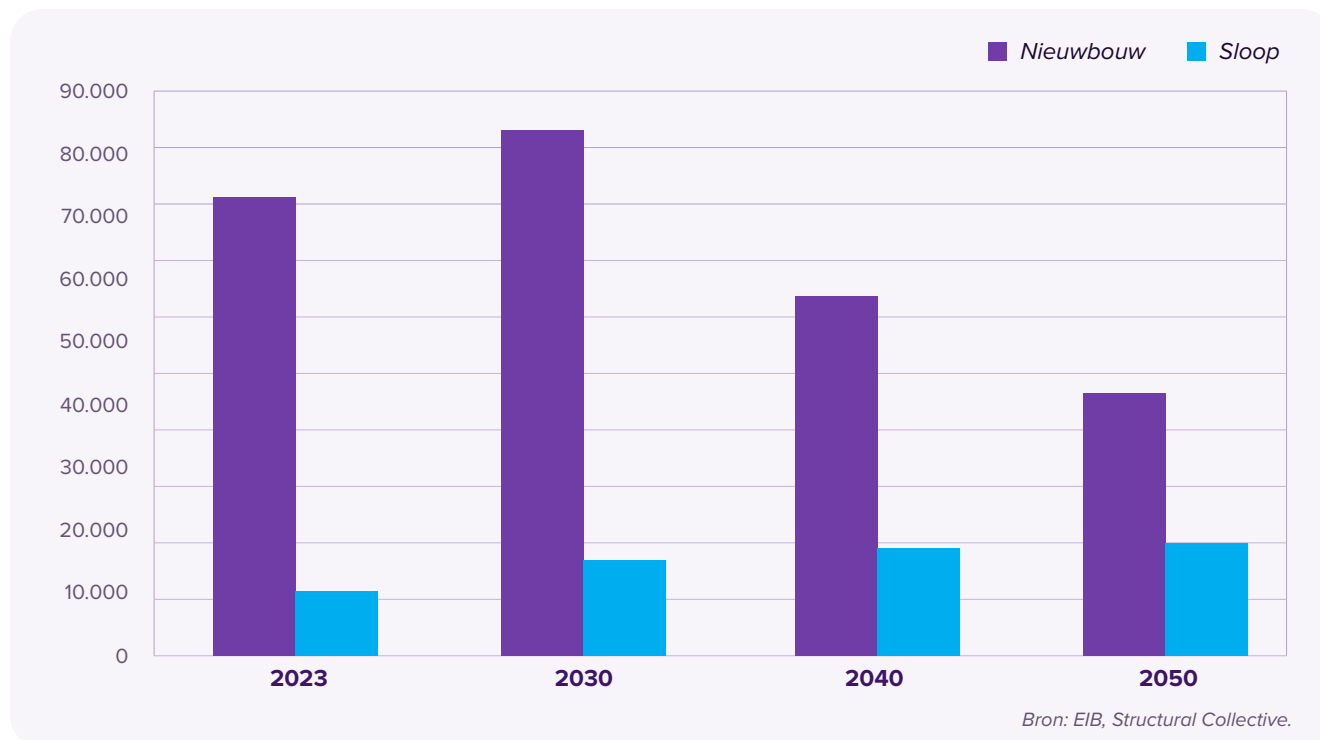
6.2.2 Woningbouw

Woningnieuwbouw stijgt tot meer dan 80.000 in 2030, daalt daarna tot ruim 40.000 in 2050

Figuur 6.1 toont de verwachte nieuwbouw en sloop in de woningbouw voor de steekjaren. De verwachting is dat de woningbouw de komende jaren stijgt van circa 73.000 in 2023 tot ruim 83.000 woningen in 2027. Dit hoge niveau

zal na 2030 slechts langzaam dalen, mede door de focus op woningnieuwbouw vanuit de politiek. Het aantal verwachte nieuwbouwwoningen daalt naar ruim 58.000 in 2040, en naar ruim 41.000 in 2050. De afname wordt vooral gedreven door een lagere huishoudensgroei. Minder nieuwe huishoudens betekent minder uitbreidingsvraag. De vervangingsvraag loopt wel op, maar minder sterk dan de terugval in uitbreidingsvraag. Per saldo neemt de woningnieuwbouw in de tijd hierdoor af.

Figuur 6.1. Sloop en nieuwbouw in de woningbouw, business-as-usual, alle peiljaren (in aantallen woningen).



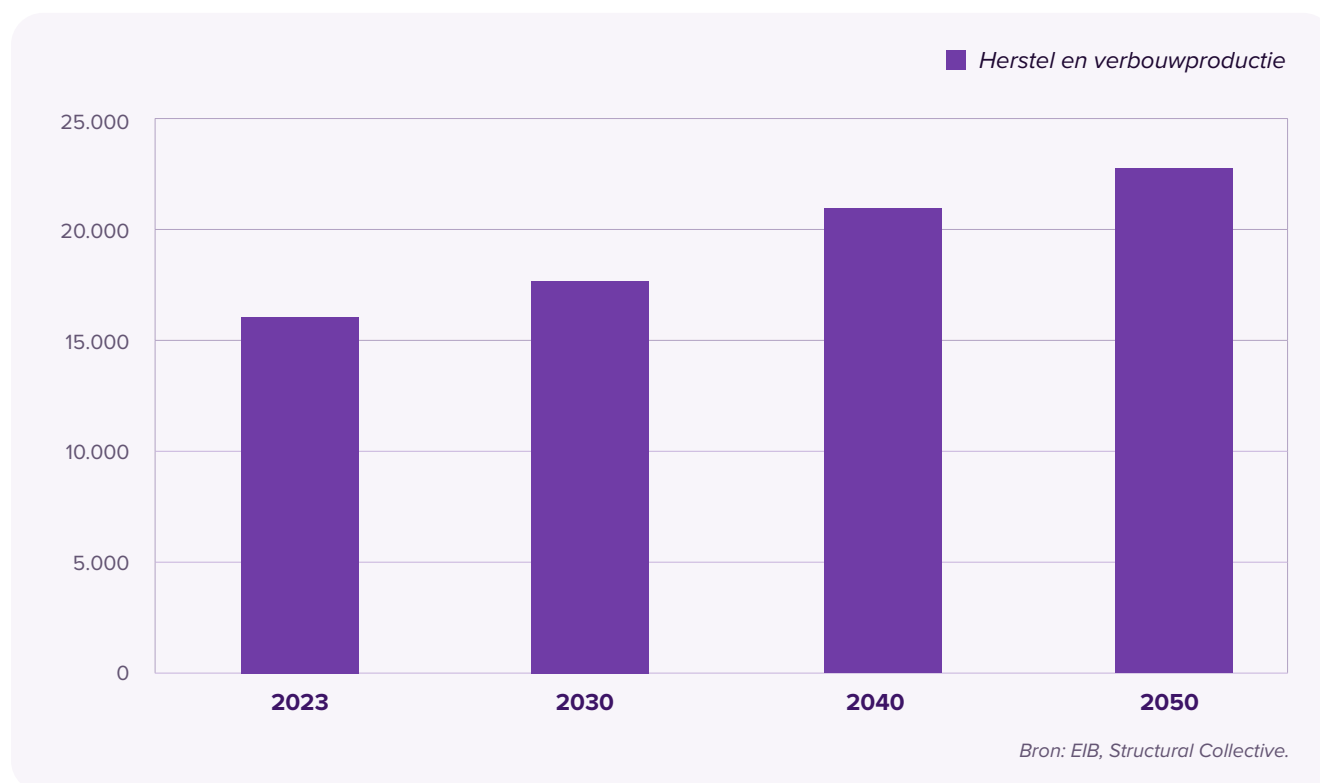
Sloop van woningen neemt toe, verhouding tussen nieuwbouw en sloop verschuift

Desloop van woningen neemt toe tot circa 15.000 woningen in 2030 en 18.000 in 2050. Dat is ruim een verdubbeling ten opzichte van 2023. Oorzaken zijn veroudering van de voorraad, met geleidelijk hogere sloopfracties, en strengere kwaliteitseisen rond duurzaamheid en comfort. De verhouding tussen nieuwbouw en sloop verschuift van bijna 8 op 1 in 2023 naar circa 2,5 op 1 in 2050.

Herstel en verbouw (exclusief verduurzaming) neemt met 45% toe tot 2050

De productie voor herstel en verbouw (exclusief de verduurzamingsopgave) in de woningbouw groeit met circa 45% van 2023 tot 2050 (12% in 2030, 30% in 2040 en 45% in 2050 ten opzichte van 2023). Hogere kwaliteitseisen en economische groei zorgen voor een impuls, waardoor bijvoorbeeld meer badkamers en keukens worden verbouwd en overige verbouwingen worden uitgevoerd.

Figuur 6.2. Herstel- en verbouwproductie in de woningbouw, business-as-usual, alle peiljaren (in mln. euro).

**Verduurzaming herstel en verbouw**

De productie in relatie tot verduurzaming worden hier apart besproken van de rest van de herstel- en verbouwproductie. Deze aanpak wijkt af van de voorgaande studie, aangezien er destijds minder zicht was op de verduurzamingsinspanningen. De analyse is voornamelijk tot stand gekomen op basis van openbare data en

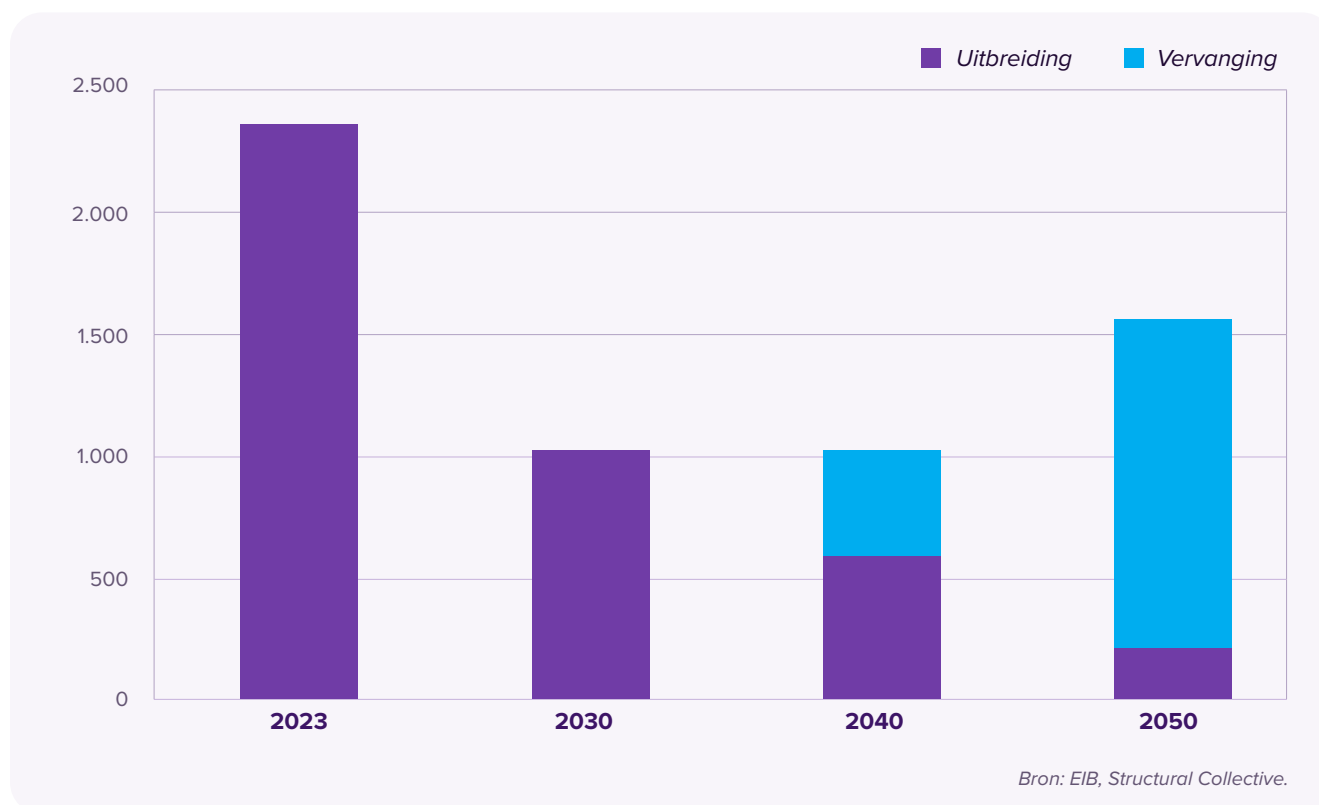
rapporten, waarmee het een top-down benadering betreft voor 2023. Onderstaande biedt een relevante basis voor de milieubelasting die samenhangt met verduurzaming. We behandelen zonnepanelen, warmtepompen (elektrisch en hybride), cv ketels, afleversets voor stadsverwarming, isolatiematerialen en isolatieglas.

Uitbreiding zonnepanelen neemt sterk af naarmate verzadiging optreedt

De uitbreiding van zonnepanelen in de bestaande woningbouw zal sterk afnemen van circa 2.400 Mw per jaar in 2023 naar ruim 1.000 Mw per jaar in 2030 en verder naar 210 Mw per jaar tegen 2050. De sterke daling in de mate van uitbreiding heeft onder andere te maken met een te verwachten natuurlijke verzadiging van het beschikbare dakoppervlakte waar nog geen, zonnepanelen op zijn geplaatst en met netcongestie. Eind 2023 had reeds 32% van de huishoudens in Nederland zonnepanelen op het dak.¹⁰⁷

Met een gemiddelde levensduur van 25 tot 30 jaar voor zonnepanelen en meegenomen dat de meeste panelen in Nederland minder dan 5 jaar oud zijn, is pas tegen het peiljaar 2040 te zien dat veel zonnepanelen aan vervanging toe zijn. De vervangingsopgave neemt sterk toe in 2050, waardoor het totale jaarlijks geïnstalleerde vermogen aan panelen (uitbreiding plus vervanging) tegen die tijd weer zal toenemen.

Figuur 6.3. Uitbreiding en vervanging van zonnepanelen woningen, business-as-usual (in Mw vermogen).

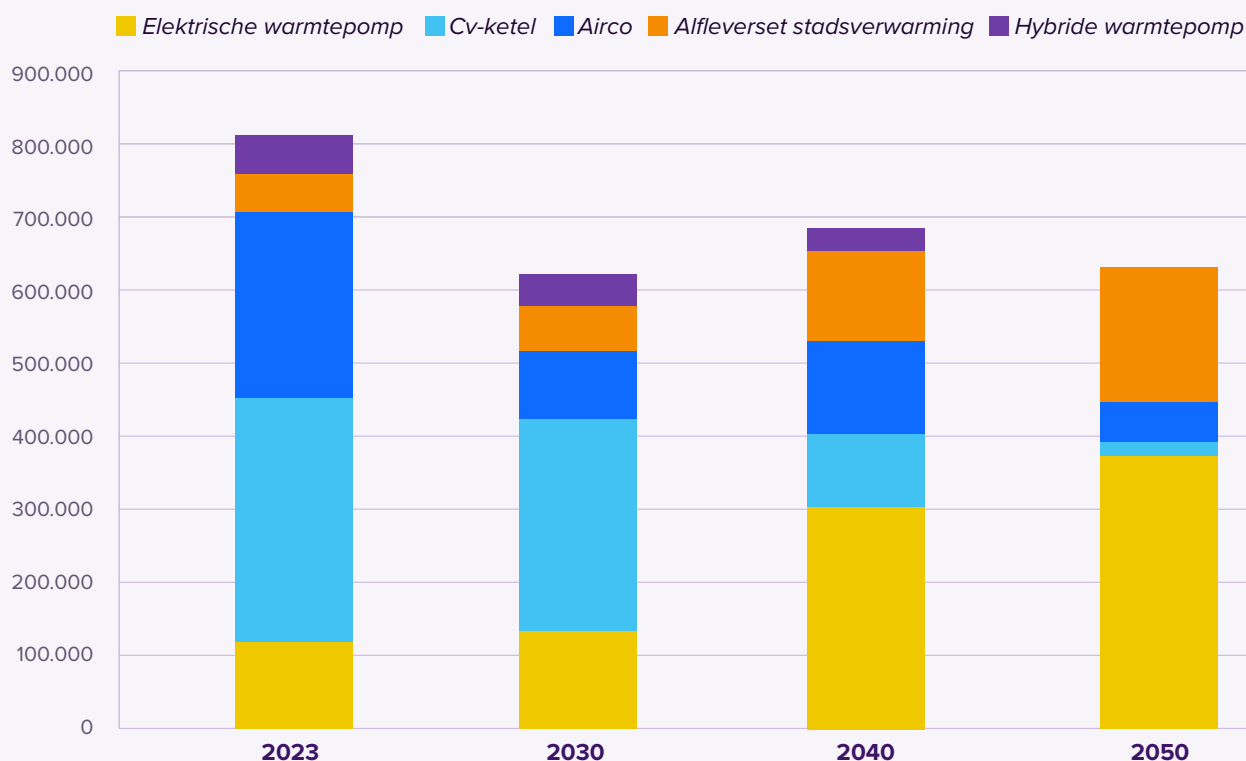


Sterke verandering in het type geïnstalleerde warmte installaties van 2023 tot 2050

Om energieneutraal te kunnen zijn in 2060, wordt er vanuit gegaan dat er vanaf 2045 geen nieuwe cv-ketels worden geïnstalleerd die werken met aardgas. Het aantal cv-ketels dat jaarlijks wordt geïnstalleerd daalt van 340.000 per jaar in 2023 naar 15.000 in 2050. Dit beperkte aantal

nieuw geïnstalleerde cv-ketels werkt tegen die tijd op biogas. Het verminderde aantal geïnstalleerde CV ketels wordt tegen 2050 opgevangen door meer elektrische warmtepompen en warmtenetten. Ook bij airco's is een daling te zien in het volume van installaties. Dit is voor een deels toe te wijden aan het feit dat warmtepompen ook in staat zijn om voor verkoeling te zorgen, en airco's dus deels zullen vervangen.¹⁰⁸ Dit is te zien in Figuur 6.4.

Figuur 6.4. Geïnstalleerde verwarmingsinstallaties woningen, business-as-usual, alle peiljaren (in aantallen).¹⁰⁹



Bron: EIB, Structural Collective.

Installatie warmtepompen stagneert op 176.000 in 2030, verdubbelt naar 338.000 in 2040

Het aantal warmtepompen dat per jaar wordt geïnstalleerd in bestaande gebouwen groeit slechts licht in 2030 ten opzichte van 2023 en stagneert hiermee op ongeveer 175.000. Dit hangt mede samen met het schrappen van de verplichting om een (hybride) warmtepomp te installeren per 2026. In 2040 wordt een verdubbeling verwacht ten opzichte van 2030: in 2040 worden er circa 340.000 warmtepompen per jaar geïnstalleerd. Deze sterke stijging heeft te maken met een na 2030 geleidelijk toenemend aantal woningen wat van het aardgas af gaat. Zoals te zien in de Figuur neemt het aantal elektrische warmtepompen sterk toe over de tijd, deels ten koste van hybride warmtepompen die niet meer worden geïnstalleerd in 2050.

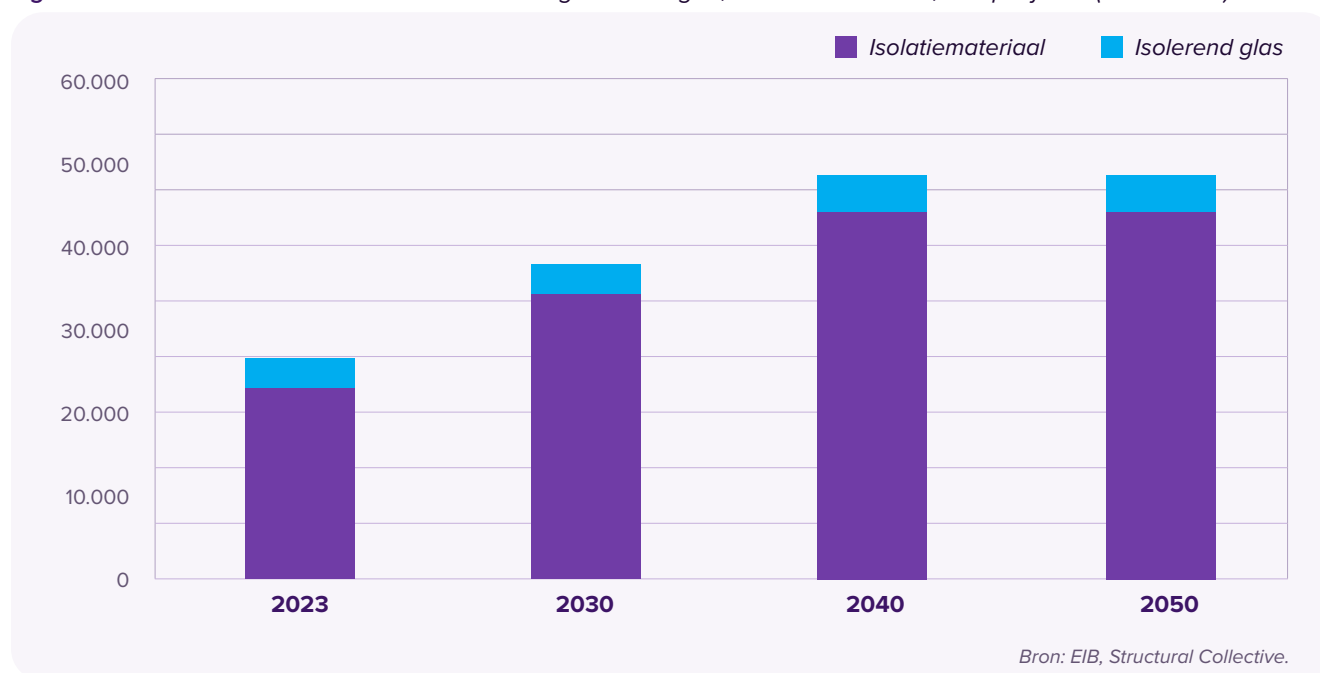
Nauwelijks verandering in de installaties van zonneboilers

De productie van zonneboilers is al jaren vrij constant en er is dan ook aangenomen dat er weinig verandert in de productie in de tijd. In deze jaren fluctueert het jaarlijks geïnstalleerde areaal aan collectoroppervlakte tussen de 21.000 en 22.000 m² (niet in Figuur opgenomen).

Hoeveelheid isolatiemateriaal verdubbelt bijna van 2023 to 2040

In Figuur 6.5 is te zien dat de benodigde hoeveelheid isolatiemateriaal (weergegeven in 1.000 m²) bijna verdubbelt van 2023 tot 2050 in de bestaande bouw. Dit hangt samen met het toepassen van verwarmingsinstallaties die extra isolatie behoeven om met een optimaal energieverbruik warmte te kunnen leveren. In dezelfde Figuur is nauwelijks een toename te zien bij isolerend glas omdat bijna alle woningen in Nederland reeds isolerend zijn beglaasd.

Figuur 6.5. Installatie isolatiemateriaal en isolatieglas woningen, business-as-usual, alle peiljaren (in 1.000 m²)



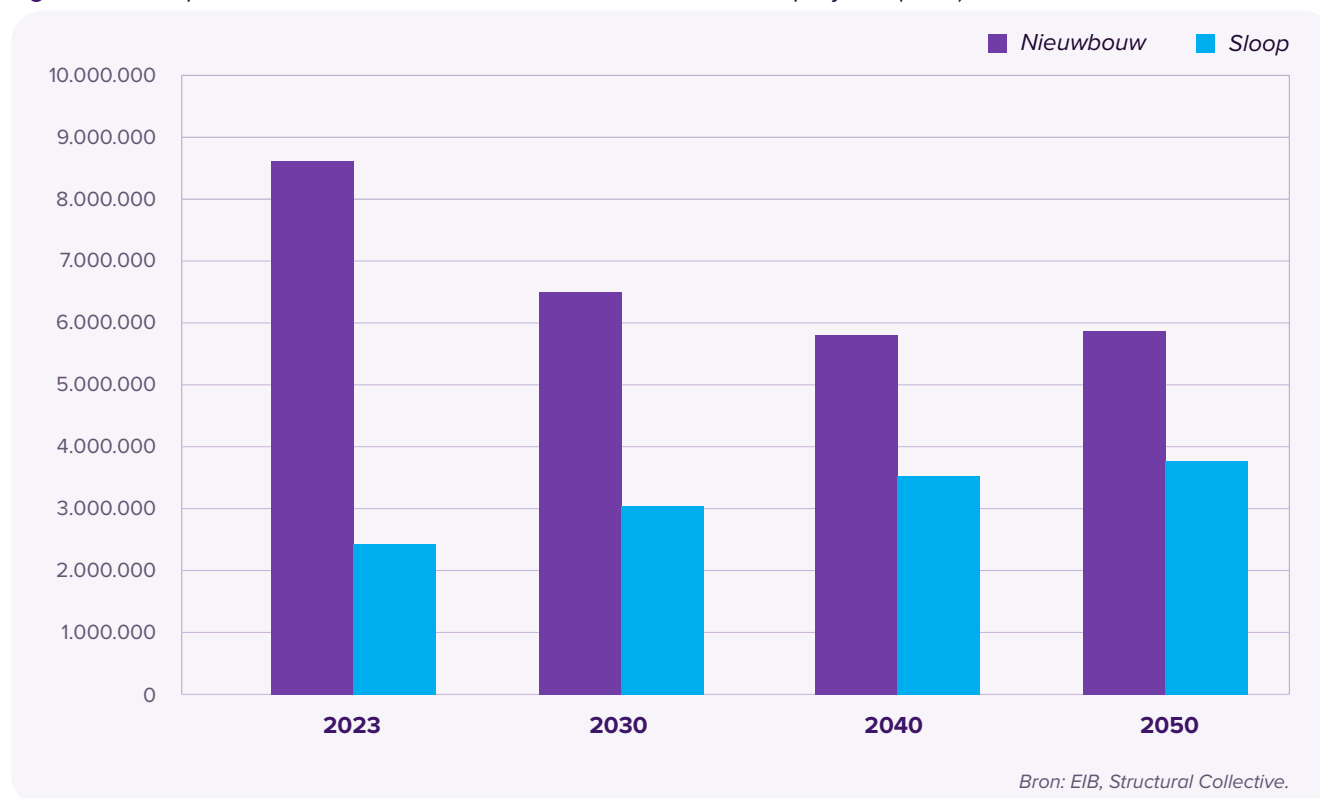
6.2.3 Utiliteitsbouw

Nieuwbouw

De utiliteitsnieuwbouw ligt in 2030 onder het niveau van 2023. Vanuit het historisch hoge peil in 2023 loopt de productie geleidelijk terug. Vanaf 2040 wordt

een evenwichtsniveau van jaarlijks bijna 6 miljoen m² nieuwbouw bereikt (Figuur 6.6). De daling hangt in grote lijnen samen met de afname van de bevolkingsgroei.

Figuur 6.6. Sloop en nieuwbouw utiliteitsbouw, business-as-usual, alle peiljaren (in m²).

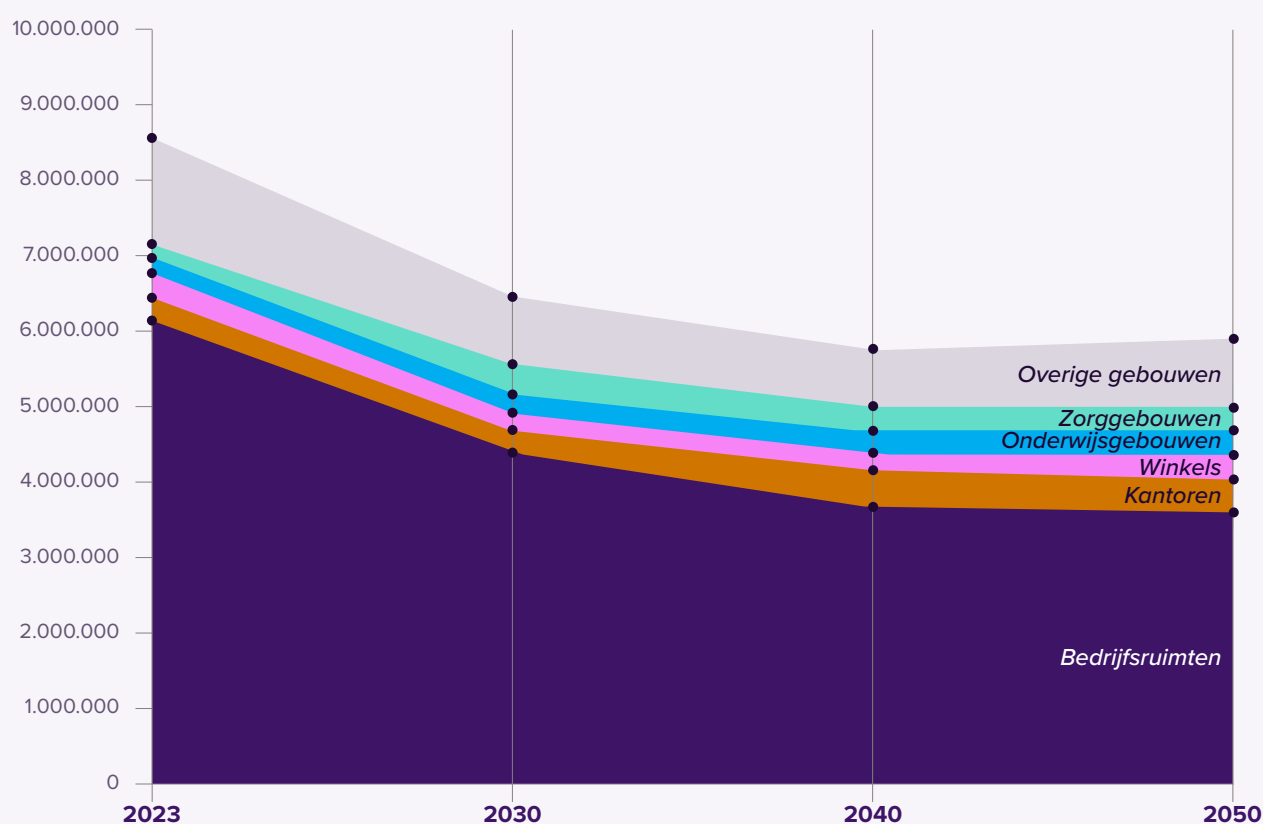


Grote verschillen in nieuwbouw trends tussen deelsectoren

Niet alle deelsectoren volgen dezelfde ontwikkeling. Dit komt door verschillen in economische en demografische drijvers. Bedrijfsgebouwen laten tussen 2030 en 2050 bijna een halvering zien, terwijl de nieuwbouw van onderwijs en zorg toeneemt. Bij bedrijfsgebouwen speelt met name het uitzonderlijk hoge niveau van 2023 een rol; de productie in 2050 ligt beperkt lager dan die van 2019. In het onderwijs daalt de nieuwbouw rond 2040, waarna

weer herstel optreedt door groeiende leerlingenaantallen. Zorgvastgoed groeit door een hogere vraag naar kwaliteit en een steeds ouder wordende bevolking. Productie van kantoren en winkels nemen over de lange termijn toe, mede door het relatief lage niveau in 2023 en een beperkte maar aanhoudende werkgelegenheidsgroei in de dienstensector, stabiele economische groei en hogere arbeidsparticipatie. De nieuwbouw van overige gebouwen valt in 2030 sterk terug ten opzichte van 2023, vooral door de afvlakkende bevolkingsgroei. Figuur 6.7 toont de ontwikkeling per deelsector.

Figuur 6.7. Utiliteitsbouw, nieuwbouwproductie per type, business-as-usual, alle peiljaren (in m²).



Bron: EIB, Structural Collective.

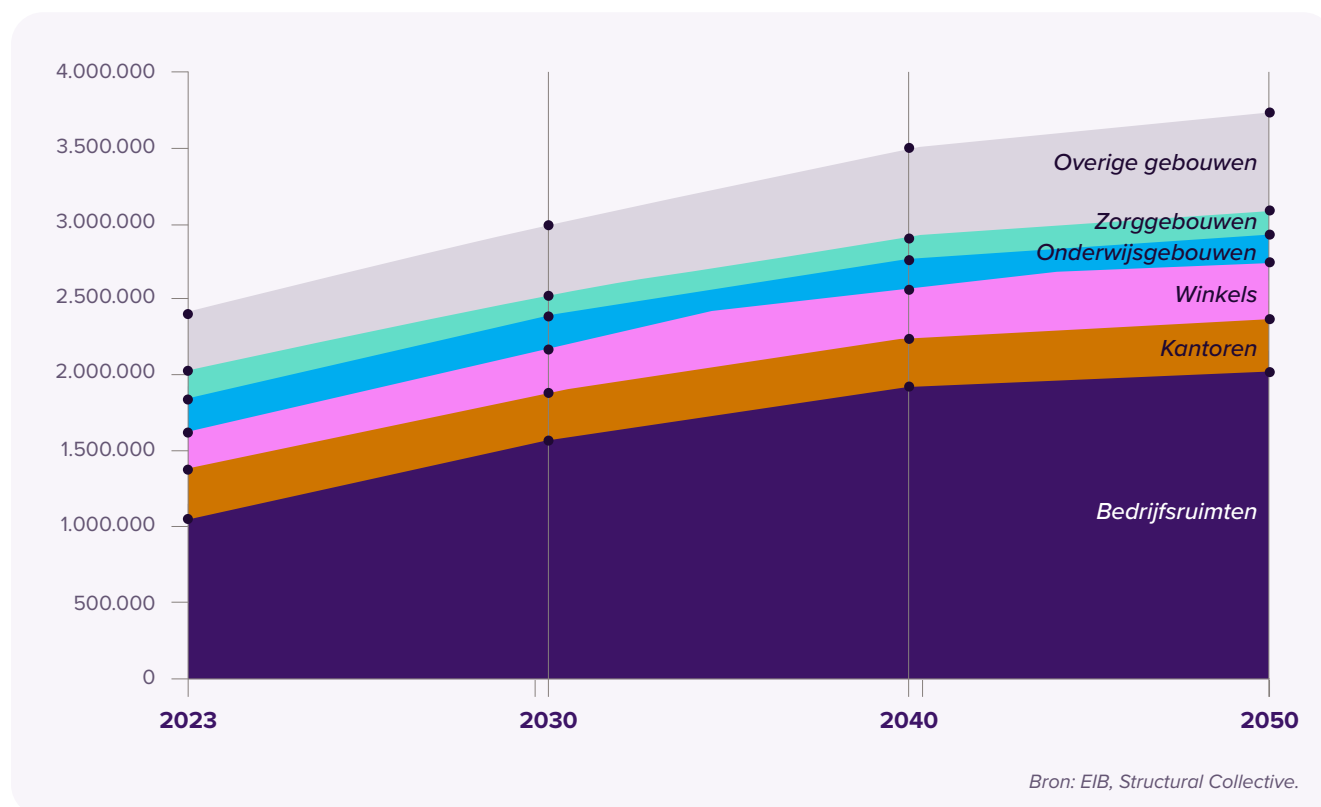
Sloop utiliteitsgebouwen neemt geleidelijk toe

De sloop van utiliteitsgebouwen neemt geleidelijk toe. Op totaalniveau en over meerdere deelsectoren groeit het gesloopte oppervlak naar ruim 3 miljoen m² in 2030 en naar circa 3,8 miljoen m² in 2050, zie Figuur 6.8 Oorzaken zijn veroudering van een steeds grotere voorraad en oplopende sloopfracties door strengere kwaliteitseisen die aan gebouwen worden gesteld.

Herstel en verbouw (exclusief verduurzaming) neemt met 40% toe tot 2050

De herstel- en verbouwproductie in de utiliteitsbouw (exclusief de verduurzamingsopgave) groeit tussen 2023 en 2050 met 40 procent. In 2030 is de groei 10% ten opzichte van 2023 en in 2040 is dit 28%. Deze toename volgt uit historische en verwachte trends in economische groei, strengere kwaliteitseisen en hogere eisen aan comfort.

Figuur 6.8. Utiliteitsbouw, sloop per type, business-as-usual, alle peiljaren (in m²).



UITBREIDING VAN AANTALLEN VIERKANTE METERS UTILITEITSGEBOUWEN

In deze studie is ten opzichte van de vorige studie een nauwkeuriger raming gemaakt van de uitbreiding van het aantal vierkante meters utiliteitsgebouwen. Dit valt in theorie onder herstel- en verbouw, maar kent wel andere materiaalstromen dan een 'normale' verbouwing. Door in de BAG te analyseren in welke mate het aantal vierkante meters is veranderd per bestaand adres en gebouwtype is een inschatting gemaakt van het aantal vierkante meters uitbreiding. Voor de ramingen is de procentuele toename van de nieuwbouw in de steekjaren toegepast op het aantal vierkante meters uitbreiding van 2023.

Toename in m² door uitbreiding bij verschillende profielen in 2023:

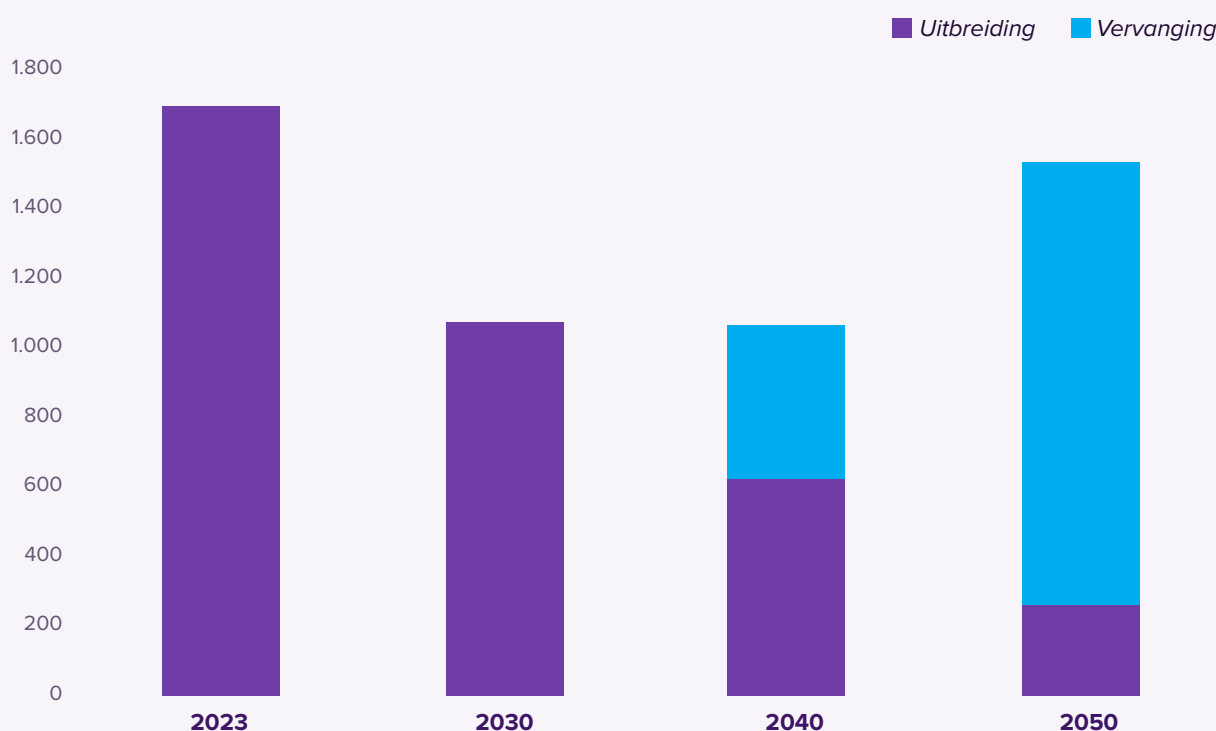
- Bedrijfspanden: 1.489.500
- Zorggebouwen: 126.200
- Logiesgebouwen: 123.500
- Onderwijsgebouwen: 158.900
- Bijeenkomstgebouwen: 174.300
- Sportgebouwen: 50.700
- Winkels: 146.200
- Kantoren: 244.800
- Overige gebouwen: 91.900

Zonnepanelen

De uitbreiding van zonnepanelen op daken van bestaande utiliteitsgebouwen neemt sterk af. Het jaarlijks bijkomende vermogen daalt van circa 1.700 megawatt in 2023 naar ruim 250 megawatt in 2050. Dit komt door een toenemende verzadiging van geschikte dakoppervlakken, veel daken zijn al benut of vanuit optimalisatie slechts

beperkt geschikt voor extra panelen. Ook spelen wijzigingen in de wet en regelgeving een rol zoals het verdwijnen van subsidies. In 2040 bereikt een significant deel van de bestaande installaties het einde van de levensduur. De vervangingsvraag loopt daarna net als bij de woningbouw snel op, waardoor het totaal jaarlijks geïnstalleerde vermogen, uitbreiding plus vervanging, in 2050 het niveau van 2023 benadert.

Figuur 6.9. Utiliteitsbouw, uitbreiding en vervanging van zonnepanelen, business-as-usual, alle peiljaren (in Mw vermogen).



Bron: EIB, Structural Collective.

Warmtepompen naar Mw vermogen

Het jaarlijks geïnstalleerd vermogen aan warmtepompen in de bestaande utiliteitsbouw is in 2050 met een vermogen van 1.300 megawatt ongeveer vier keer zo groot als in 2023, zie Figuur 6.10 De sterkste groei valt tussen 2030 en 2040, met een verdubbeling in dat decennium. De groei in geïnstalleerd vermogen is nodig om de klimaatdoelen voor de gebouwde omgeving in 2060 te halen. Het aantal elektrische warmtepompen groeit het snelst, hybride systemen worden tegen 2050 niet meer geïnstalleerd.

Verminderd aantal jaarlijks geïnstalleerde cv-ketels en airco's, flink meer zonneboilers

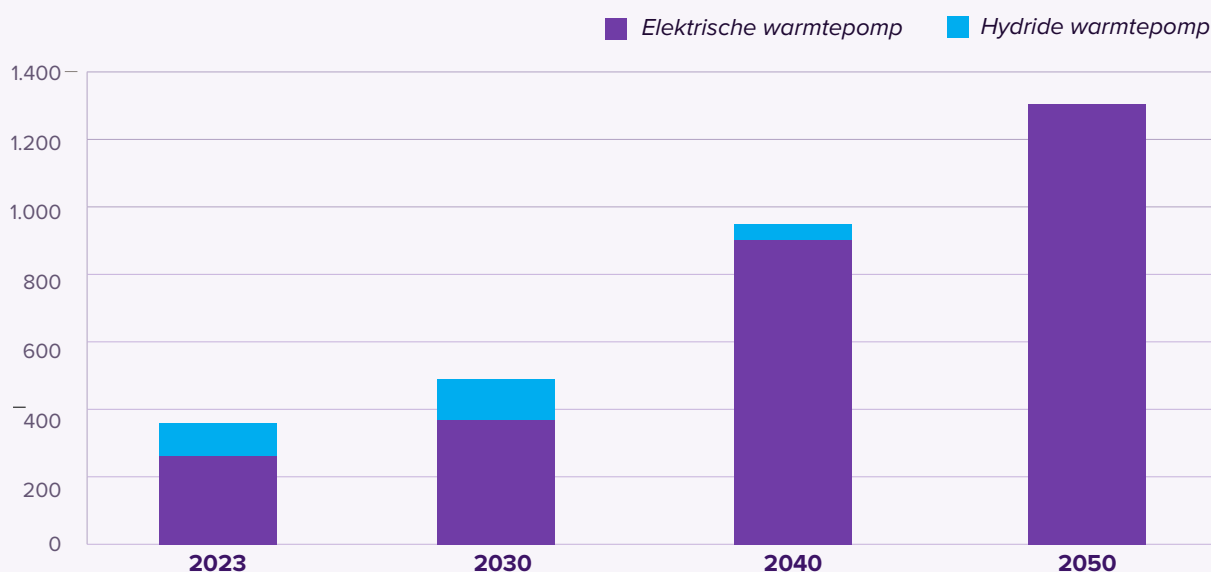
Figuur 6.11 toont het jaarlijkse aantal installaties van cv-ketels en airco's in bestaande utiliteitsgebouwen. Het aantal cv-ketels daalt scherp, van circa 41.000 in 2023 naar ongeveer 1.800 in 2050. Airco's nemen eerst toe, van circa

18.000 in 2023 naar circa 24.000 in 2030, waarna een krimp volgt omdat warmtepompen de koelvraag steeds vaker opvangen. Het areaal van jaarlijks geïnstalleerde zonneboilers neemt toe van 10.000 m² in 2023 tot 16.000 m² in 2050, een stijging van ruim 60%.

Isolatie naar 1.000 m²

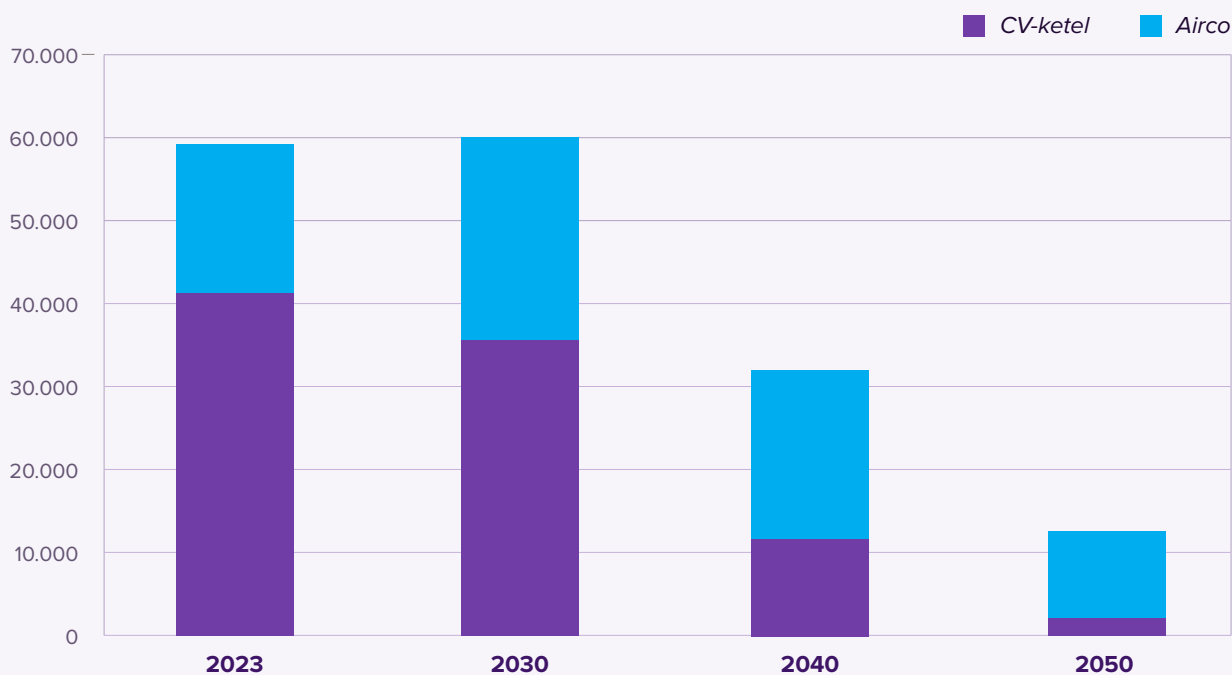
Figuur 6.12 laat zien dat het jaarlijks toegepaste oppervlak isolatiemateriaal in de bestaande utiliteitsbouw, uitgedrukt in duizend vierkante meter, tussen 2023 en 2050 met 75 procent toeneemt (van circa 6 miljoen m² in 2023 naar ruim 10 miljoen m² in 2050). Net als in de woningbouw komt dit door de stapsgewijze afbouw van cv-ketels. De systemen die daarvoor in de plaats komen vragen doorgaans om extra isolatie, zodat met een optimaal energieverbruik warmte kan worden geleverd. In dezelfde Figuur is nauwelijks groei te zien bij isolerend glas, omdat in Nederland nog maar weinig utiliteitsgebouwen zonder isolerend glas resteren.

Figuur 6.10. Utiliteitsbouw, installatie van warmtepompen, business-as-usual, alle peiljaren (in Mw vermogen).



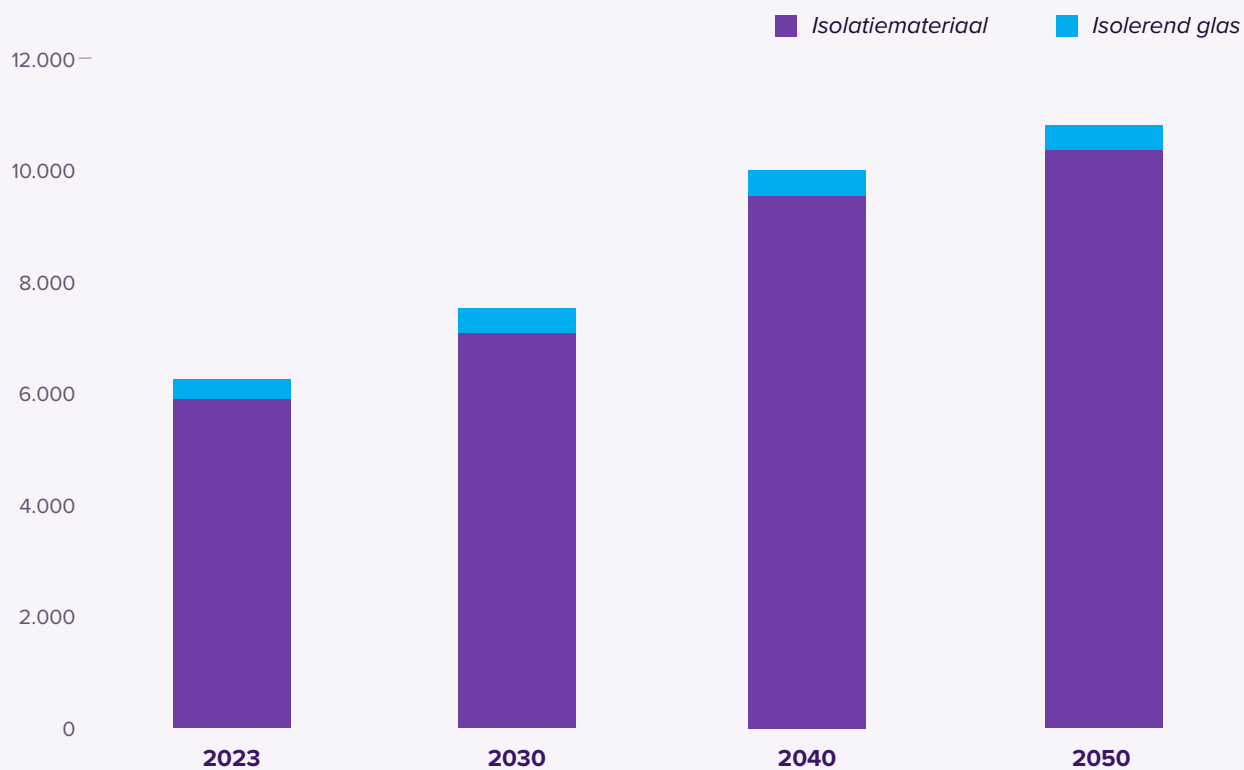
Bron: EIB, Structural Collective.

Figuur 6.11. Utiliteitsbouw, geïnstalleerde CV-ketels en airco's, business-as-usual, alle peiljaren (in aantallen).



Bron: EIB, Structural Collective.

Figuur 6.12. Utiliteitsbouw, installatie van isolatiemateriaal en -glas, business-as-usual, alle peiljaren (in 1.000 m²).



Bron: EIB, Structural Collective.

Hoofdstuk 7:

Materiaalstromen in de B&U 2023

7.1 METHODE EN PROFIELEN

De in deze studie gehanteerde bottom-up benadering steunt op het gebruik van gestandaardiseerde gebouwprofielen. Deze profielen functioneren als een modelmatige representatie van de werkelijkheid; ze specificeren de hoeveelheid en het type materiaal per functionele eenheid, zoals een vierkante meter bruto vloeroppervlak (BVO) of een enkele woning. Door deze profielen te vermenigvuldigen met de gepresenteerde macro-economische productiecijfers (aantal gebouwde woningen, vierkante meters kantoorruimte, etc.), wordt het mogelijk om de totale materiaalvraag (instroom) en het aanbod uit sloop (uitstroom) te berekenen, evenals de daaraan gekoppelde milieubelasting. Het type en de hoeveelheid materialen dat nodig is voor de nieuwbouw of bij sloop vrijkomt, verschilt hierbij per bouwtype.

Actualisatie van materiaalprofielen voor nieuwbouw en historische cohorten

De studie uit 2019 maakte gebruik van een set profielen die de toenmalige bouwpraktijk representeren. Deze profielen waren gebaseerd op de RVO-referentiegebouwen, gematerialiseerd door W/E Adviseurs en LBPSight, en aangevuld met data van SGS Search voor utiliteitsgebouwen waarvoor geen RVO-profiel beschikbaar was.

Een centrale bevinding uit de analyse van 2019 was de overweldigende dominantie van beton, dat voor de meeste bouwtypen gemiddeld circa 75% van de totale massa bepaalde. De materialiteit, uitgedrukt in kilogram per vierkante meter, varieert per bouwtypologie aanzienlijk.

Zo bleken scholen, woonzorgcentra en 2-onder-1-kap woningen een bovengemiddeld hoge materiaalintensiteit te hebben, terwijl distributiecentra en bedrijfsgebouwen relatief lichter waren. Dit verschil werd grotendeels verklaard door constructieve keuzes, zoals de toepassing van lichtere staalplaatdaken bij bedrijfsgebouwen versus zwaardere betonnen daken bij andere utiliteitsgebouwen, minder muren per m² en het gebruik van holle kanaalplaatvloeren in kantoren.

Voor deze analyse zijn de onderliggende materiaalprofielen voor zowel nieuwbouw als de historische gebouwenvoorraad (relevant voor sloopdata) op meerdere punten geactualiseerd, waaronder aanpassingen aan aardgasvrije gebouwen, correcties in prefab betontoepassingen in de historische profielen en een update van de materialisatie van installaties zoals warmtepompen en zonnepanelen. Deze aanpassingen zijn nader beschreven in de methodologische bijlage.

Airco's en lucht-lucht warmtepompen ontbreken in de onderstaande analyses van materiaalstromen en milieubelasting

Airco's en lucht-lucht warmtepompen zijn niet opgenomen in de onderstaande analyses. Dit komt door het expliciete ontbreken van voldoende NMD-productkaarten en de beperkingen bevestigd door Stichting NMD en de Vereniging Warmtepompen.¹⁰

Toevoeging houtbouwprofielen in de analyse

Aan de analyse zijn twee houtbouwprofielen toegevoegd: dominant biobased en hybride. Deze beide profielen worden in het onderzoek gebruikt om de omvang van houtbouw te kunnen kwantificeren.

- **Biobased:** Gebouwen waarbij de hoofddraagconstructie (vloeren, kolommen, liggers, kernen) grotendeels uit hout of andere biobased materialen bestaat. Dit profiel is voornamelijk relevant voor grondgebonden woningen en specifieke typologieën in utiliteitsbouw zoals scholen en kantoren.
- **Hybride:** Een combinatie van een conventioneel betonnen casco (kern en/of kolommen) met houten vloersystemen (bv. CLT). Dit profiel is specifiek van toepassing op gestapelde bouw (appartementen ≥3 lagen) en kantoren en wordt gezien als de meest schaalbare aanpak op de korte tot middellange termijn voor deze profielen.¹¹

Niet voor elk bouwtype is een biobased variant doorgerekend. Dit komt door de beperkte opschaling van biobased varianten in de huidige bouwpraktijk voor specifieke typologieën (zoals bedrijfspanden) en een gebrek aan gevalideerde gebouwprofielen voor categorieën die onder overige gebouwen vallen. Gebouwtypen die niet expliciet over een biobased variant beschikken in de tabellen 7.2 en 7.3 zijn in de analyse als 100% conventioneel beschouwd.

Tabel 7.1. Aangenomen marktaandelen nieuwbouw met houtbouwprofiel per domein (%).

Typologie	Aandeel biobased nieuwbouwwoningen
 Woningbouw	
2-onder-1-kap woning	4.1%
Appartementen	4.0%
Serieel/Rijteswoningen	2.4%
Vrijstaand	10.2%
 Utiliteitsbouw	
Bedrijfspanden ¹	0.0%
Overige utiliteitsgebouwen	0.6%

Bron: NABB-Monitor 2024.

¹ Voorlopig gecategoriseerd in de NABB als bedrijfshallen.

Gehanteerde marktaandeelen met een biobasedprofiel tussen 0% en 10% (2023)

Conform de monitoringsmethode van de Nationale Aanpak Biobased Bouwen (NABB) wordt een gebouw als 'biobased' geclassificeerd bij een massapercentage van meer dan 30%, waarbij de fundering buiten beschouwing wordt gelaten. Onderstaande tabel toont de gehanteerde marktaandeelen voor 2023. Bij gebrek aan definitieve cijfers over 2023 is verondersteld dat de marktaandeelen vergelijkbaar zijn met de NABB-monitor 2024. Zo is het marktaandeel van biobased isolatie in de bestaande bouw ingeschat op bijv. 5,5% voor kleinschalige woningen

Materiaalintensiteit van de gehanteerde profielen

De onderstaande tabel geeft inzicht in de massa van de verschillende gebouwtypen per vierkante meter bruto vloeroppervlak, waarbij onderscheid wordt gemaakt tussen conventionele, biobased en hybride bouwwijzen.

In een conventionele bouwwijze variëren de materiaalintensiteiten binnen woningbouw nauwelijks.¹¹² In de utiliteitsbouw echter liggen de waarden duidelijk uiteen. Zorggebouwen (1.410 kg/m²) en onderwijsgebouwen (1.360 kg/m²) vormen de top, gevolgd door winkels (1.280 kg/m²). Kantoren (945 kg/m²) hebben aanzienlijk lagere intensiteiten, net als overige gebouwen (935 kg/m²) en bedrijfspanden (930 kg/m²).

Tabel 7.2 laat zien dat biobased bouwen substantieel minder materiaal per vierkante meter vereist dan conventionele constructies. In zowel woningbouw als utiliteitsbouw liggen de biobased waarden lager: kantoren (-61%) en onderwijsgebouwen (-70%) vallen op door uitzonderlijk lage materiaalintensiteiten in biobased varianten.

De waargenomen daling in materiaalintensiteit wordt primair veroorzaakt door het soortelijk gewicht van de toegepaste materialen. Doordat biobased materialen aanzienlijk lichter zijn dan abiotische materialen (zoals beton), wordt er gemiddeld substantieel minder materiaal gebruikt op basis van totaal gewicht.

Tabel 7.2. Materiaalintensiteiten van gebouwprofielen in kg/m² zoals gehanteerd in de studie.

Typologie	Conventioneel (kg/m ²)	Biobased (kg/m ²)	Hybride (kg/m ²)
 Woningbouw			
Serieel/Rijteswoningen	1.205	490	
2-onder-1-kap woning	1.320	515	
Vrijstaand	1.205	490	
Appartementen	1.280	485	695
 Utiliteitsbouw			
Kantoren	945	355	565
Winkels	1280	915	
Onderwijsgebouwen	1360	405	
Overige gebouwen	935		
Zorggebouwen	1410	660	
Bedrijfspanden	930		

Bron: EIB, Structural Collective.

Het meerekenen van funderingen heeft een grote impact op percentage biobased

Het meerekenen van funderingen heeft een significante impact op het gerapporteerde biobased aandeel op gebouwniveau. Omdat funderingen vrijwel volledig uit abiotische materialen zoals beton en staal bestaan, verlagen zij het totale biobased massapercentage aanzienlijk. In Tabel 7.3 wordt dit effect voor de verschillende gehanteerde biobased profielen inzichtelijk gemaakt.

Uit de tabel valt af te lezen dat bij appartementen het effect van de fundering minder sterk is dan bij grondgebonden woningen, omdat de funderingsmassa hier wordt verdeeld over meerdere wooneenheden. In conventionele bouwtypologieën overigens verwaarloosbaar klein, met een gemiddelde van minder dan 1,5% van de totale massa

Bij kleine kantoorgebouwen en scholen bereiken biobased aandelen tot circa 45 tot bijna 60 procent wanneer funderingen niet worden meegerekend. Winkels voorziet in veel lagere biobased percentages (14 procent exclusief funderingen). De bovenstaande cijfers zijn gehanteerd voor de modelmatige toepassing van biobased profielen binnen deze studie.

Tabel 7.3. Aandeel biobased massa binnen de gehanteerde houtbouwprofielen in de woning en utiliteitsbouw.¹¹³

Typologie	Percentage biobased materiaal (incl funderingen)	Percentage biobased materiaal (excl funderingen)
 Woningbouw		
Serieel/Rijteswoningen	21,7%	41,6%
2-onder-1-kap	20,8%	39,4%
Vrijstaan	19,4%	39,1%
Appartementen	30,4%	39,9%
 Utiliteitsbouw		
Kantoren	27,5%	45,8%
Onderwijsgebouwen	36,2%	58,8%
Winkels	7,4%	13,7%
Zorggebouwen	26,8%	42,2%

Bron: EIB, Structural Collective.

7.2 MATERIAALSTROMEN

7.2.1 Materiaalstromen in 2019 en 2023

Materiaalvraag nieuwbouw gestegen door de groei in utiliteitsbouw

Tabel 7.5 laat zien dat de materiaalinstroom in de woning- en utiliteitsbouw als gevolg van nieuwbouw in 2023 is gestegen naar 21,4 Mton, een lichte toename ten opzichte van 20,8 Mton in 2019. Deze groei wordt volledig veroorzaakt door de utiliteitsbouw: de materiaalvraag voor nieuwbouw in dit segment nam toe van 6,4 naar ruim 8,3 Mton. Daarmee is utiliteitsbouw de enige categorie waarin de instroom als gevolg van nieuwbouw groeit. Tegelijkertijd blijft de woningbouw, ondanks een daling van 14,4 naar 13,0 Mton, veruit de grootste gebruiker van materialen.¹⁴ De terugloop in woningnieuwbouw hangt samen met een kleiner gemiddeld bruto vloeroppervlak per woning en een bredere toepassing van lichtere, biobased bouwwijzen, wat de materiaalintensiteit per eenheid verlaagt.

Scherper beeld verduurzaming stuwt cijfers instroom en uitstroom herstel en verbouw

De instroom en uitstroom groeit bij herstel en verbouw tussen 2019 en 2023. De groei van de instroom wordt gedreven door de uitrol van zonnepanelen en andere verduurzamingsmaatregelen, die in 2023 beter zijn meegenomen. Daarnaast zorgen uitbreidingen bij bestaande utiliteitsgebouwen voor een aanzienlijke instroom; deze uitbreidingen waren in 2019 niet meegenomen. Daarmee verschuift de samenstelling van de materiaalstromen: nieuwbouw blijft dominant, maar herstel en verbouw voorziet in een groeiend gewicht in de totale materiaalvraag.

Lichte afname van aanbod uit sloop

Aan de uitgaande kant daalt de omvang van sloop van 4,0 Mton in 2019 naar 3,7 megaton in 2023, als gevolg van lagere sloopactiviteit in zowel woning- als utiliteitsbouw. Daartegenover staat een stijging van herstel en verbouw, waarvan de uitstroom toeneemt van 0,9 naar 1,3 Mton.

Tabel 7.4. Totaal in- en uitgaande materiaalstromen per sector en bouwfase (nieuwbouw, herstel en verbouw, sloop), 2019 en 2023 (in kton).¹⁵

	Nieuwbouw 2019	Nieuwbouw 2023	H&V 2019	H&V 2023	Sloop 2019	Sloop 2023	Totaal 2019	Totaal 2023
Ingaande massa (kton)								
 Woning- bouw	14.400	13.060	1.600	1.632				
 Utiliteits- bouw	6.400	8.340	400	3.249				
Totaal	20.800	21.410	2.000	4.880			22.800	26.290
Uitgaande massa (kton)								
 Woning- bouw			700	772	1.300	1.239		
 Utiliteits- bouw			200	482	2.700	2.456		
Totaal			900	1.255	4.000	3.695	4.900	4.950

Bron: EIB, Structural Collective.

7.2.2 Materiaalstromen en matchingspercentages in 2023

In Figuur 7.2 en tabel 7.6 worden de in- en uitstroom van materialen per gebouwtype en materiaal inzichtelijk gemaakt, waarbij Figuur 7.2 exclusief herstel en verbouw is weergegeven en tabel 7.6 inclusief herstel en verbouw. Eerst wordt ingezoomd op de omvang van de instroom per materiaalsoort, gevolgd door een analyse van de uitstroom die vrijkomt bij sloop, renovatie en vervanging. Vervolgens wordt bekeken in hoeverre deze in- en uitgaande stromen op elkaar aansluiten, uitgedrukt in matchingspercentages.

Grote variatie in materiaalvolumes binnen de bouwsector

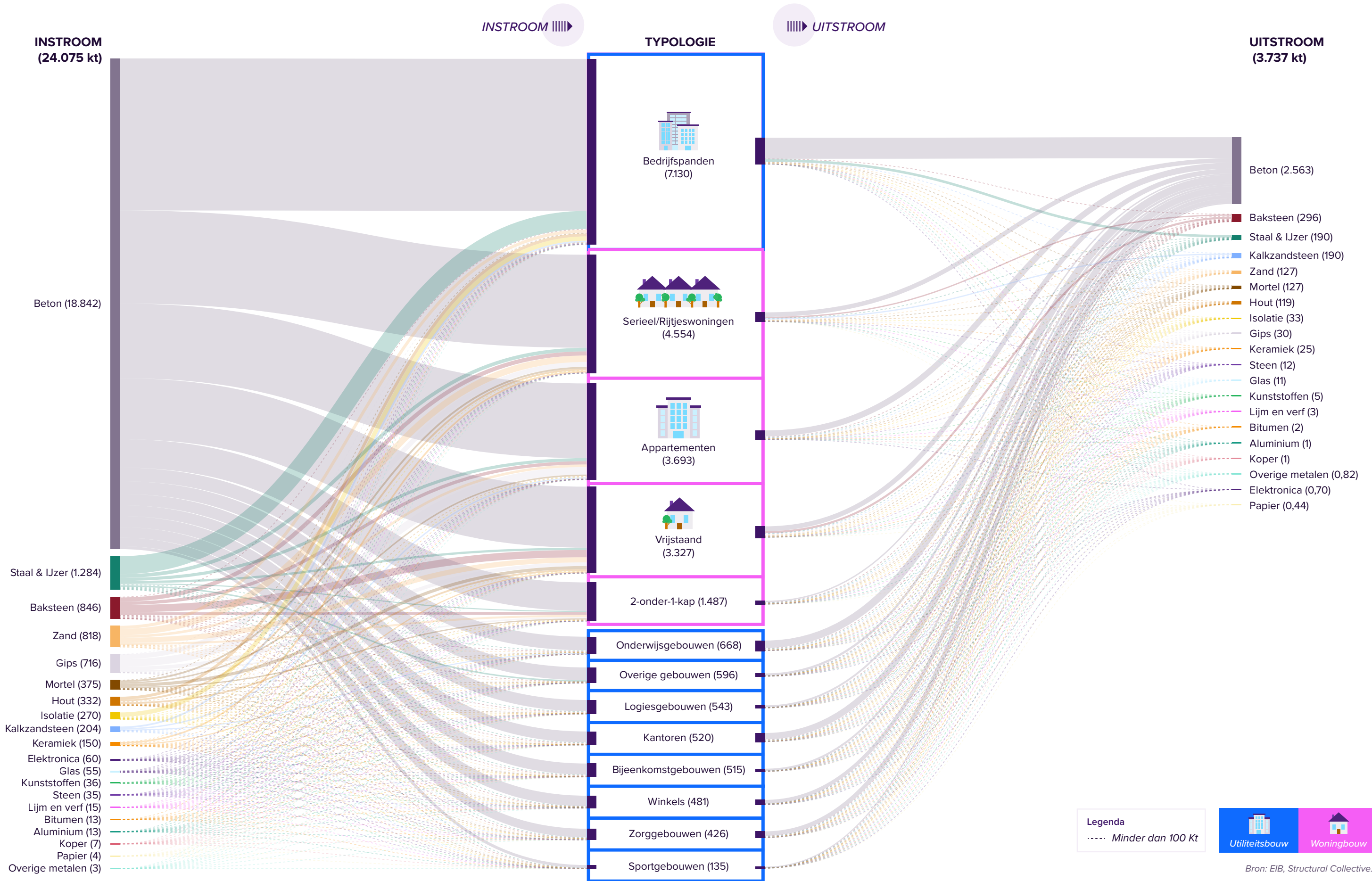
De materiaalstromen in 2023 laten zien dat er grote verschillen bestaan in de omvang van de instroom per materiaalsoort. Beton is met afstand de grootste materiaalstroom, met een instroom van circa 19,5 Mton, ruim dertien keer zo groot als de tweede stroom, staal en ijzer (1,4 Mton). Andere significante bulkstromen zijn baksteen (0,9 Mton), zand (0,8 Mton) en gips (0,8 Mton). De uitstroom volgt een vergelijkbaar patroon, waarbij beton en staal de grootste volumes kennen, gevolgd door baksteen, hout en isolatiematerialen.

Lage matchingspercentages voor grote bulkstromen

Beton en staal & ijzer zijn de grootste materiaalstromen, maar kennen relatief lage matchingspercentages van respectievelijk 15% en 21%. De beperkte matching van beton wordt vooral verklaard door de grote vraag in combinatie met lagere sloopfracties in 2023. Ook staal kent een relatief lage matchingsgraad, wat samenhangt met de grote netto toevoeging van staal aan de gebouwde omgeving en het beperkte aanbod uit sloop. Zand en gips vertonen eveneens lage matchingspercentages (beide 16%).

Materialen zoals isolatie (35%), mortel (37%) en kunststoffen (47%) bevinden zich in een middensegment qua match. Deze materialen komen in relatief grote volumes vrij bij sloop en renovatie. Het matchingspercentage van hout ligt op 50%. Een aantal materiaalstromen springt eruit door een hoge matchingsgraad. Kalkzandsteen en glas bereiken 80%.

Figuur 7.2. Massa in en uitstroom van materialen naar typologie in de B&U inclusief uitbreiding en exclusief herstel en verbouw, 2023 (in kton)



Tabel 7.5. Materiaalinstroom, -uitstroom en matchingspercentages per materiaalsoort (incl. herstel en verbouw) in de B&U, 2023 (in kton).

	Instroom 2023	Uitstroom 2023	Match
Beton	19.503	2.859	15%
Staal & IJzer	1.439	303	21%
Baksteen	905	337	37%
Zand	829	135	16%
Gips	824	130	16%
Hout	473	238	50%
Isolatie	438	153	35%
Mortel	409	153	37%
Elektronica ¹¹⁶	329	11	3%
Kalkzandsteen	326	262	80%
Keramik	236	110	47%
Glas	181	144	80%
Steen	160	19	12%
Kunststoffen	74	35	47%
Aluminium	69	10	15%
Dakbitumen	34	19	55%
Lijm en verf	33	20	60%
Koper	16	6	36%
Overige metalen	7	4	59%
Papier	5	1	31%
Totaal	26.290	4.947	19%

Bron: EIB, Structural Collective.

Lage match bij installatietechnische materialen

Elektronica, aluminium en koper laten een afwijkend beeld zien. Vooral elektronica kent een zeer laag matchingspercentage (3%). Aluminium (15%) en koper (36%) tonen eveneens een beperkte matchingsgraad. Voor al deze materialen, met name voorkomend in bijvoorbeeld warmtepompen en zonnepanelen, geldt dat een grote vervangingsgolf pas na 2035 wordt verwacht, waardoor toekomstige matchingspercentages waarschijnlijk zullen stijgen.

Grootste deel van benodigde materialen nog primair

De herkomst van grondstoffen is een sleutelindicator voor de voortgang richting een circulaire bouwsector. Eén van de belangrijkste routes in de transitie is het verschuiven van het gebruik van primaire grondstoffen naar secundaire en hernieuwbare bronnen. Primaire input betreft grondstoffen

die nieuw aan de aarde worden onttrokken. Secundaire input bestaat uit materialen die al in de kringloop aanwezig zijn en opnieuw worden toegepast via hergebruik of recycling. Hernieuwbare input betreft grondstoffen die weliswaar worden onttrokken, maar op natuurlijke wijze aangevuld kunnen worden binnen een periode die vergelijkbaar is met de menselijke tijdschaal (75-100 jaar) zodat ze kunnen worden gebruikt zonder dat het ecosysteem wordt uitgeput.¹¹⁷

De totale materiaalinput in de B&U-sector bedraagt 26,3 megaton, waarvan circa 84% een primaire oorsprong kent. 12% bestaat uit secundaire materialen, terwijl 4% afkomstig is uit hernieuwbare bronnen (tabel 7.7). Daarmee blijft primaire materiaalwinning veruit dominant. Het primaire aandeel is met 84% licht gedaald ten opzichte van de studie in 2019 (87%), hoofdzakelijk door een hogere inzet van secundaire materialen in de betonketen¹¹⁸. Voor overige materialen zijn bronnen omtrent herkomst en verwerking zeer schaars.¹²³

PRIMAIRE EN SECUNDAIRE MATERIAALSTROMEN

De verdeling van primaire, secundaire en hernieuwbare materiaalstromen binnen de Nederlandse B&U-sector is gebaseerd op uitgebreid onderzoek uit 2019, zoals vastgelegd in de bijbehorende methodologische bijlage. Voor de huidige studie is deze data opnieuw tegen het licht gehouden middels deskresearch en is de tabel ter validatie voorgelegd aan de klankbordgroep en aan de orde gekomen in expertgesprekken. Hoewel er aanvullend literatuuronderzoek is verricht om de cijfers te actualiseren, bleken er onvoldoende robuuste bronnen beschikbaar om de totalen breed te herzien. Hierdoor zijn de aandelen enkel specifiek geüpdatet voor beton en staal. Gezien de ontwikkelingen in de sector is het echter waarschijnlijk dat de huidige cijfers resulteren in een onderschatting van het werkelijke gebruik van secundaire en hernieuwbare materialen.

Tabel 7.6. Herkomst van belangrijkste materiaalstromen in de B&U, 2023 (in kton).¹¹⁹

	Primaire bron	Secundaire bron	Hernieuwbare bron	Totaal
Aluminium	58	12	0	69
Baksteen	389	0	516	905
Beton	17.982	1521	0	19.503
Dakbitumen	34	0	0	34
Elektronica	328	0	0	328
Gips	783	41	0	824
Glas	159	22	0	181
Hout	0	0	473	473
Isolatie	334	88	15	438
Kalkzandsteen	261	65	0	326
Keramiek	101	0	134	236
Koper	11	5	0	16
Kunststoffen	62	4	8	74
Lijm en verf	33	1	0	33
Mortel	390	19	0	409
Overige metalen	6	2	0	7
Papier	0	0	5	5
Staal & IJzer	523	916		1.439
Steen	160	0	0	160
Zand	415	415	0	829
Totaal	22.029	3.111	1.151	26.290
Aandeel van totaal	84%	12%	4%	100%

Bron: EIB, Structural Collective.

Binnen de secundaire stromen nemen beton en staal gezamenlijk circa 78% van de massa voor hun rekening. Voor staal is recycling een belangrijke bron: ongeveer 64% van het staalaanbod wordt voorzien vanuit secundaire input. Voor beton blijft dat aandeel laag, met circa 7,8% secundaire input. Dat beton desondanks sterk doorweegt in de totale secundaire input komt vooral door het enorme volume beton in de sector: beton vertegenwoordigt circa 74% van de totale materiaalvraag. Hernieuwbare stromen worden vrijwel volledig gedragen door hout, baksteen en keramiek, die samen ongeveer 98% van de hernieuwbare

input vormen. Daarmee komt hernieuwbare input uit op 4% van de totale materiaalvraag.

De tabel laat zien dat een hoge match niet overeen hoeft te komen met veel secundair materiaalgebruik: de match van glas op basis van tabel 7.6 is bijvoorbeeld 80%, maar uit tabel 7.7 blijkt dat glas voornamelijk met primair materiaal wordt geproduceerd. Het dichterbij elkaar brengen van de match met de oorsprong en verwerking van materialen kan bijdragen aan een meer gesloten materiaalketen.

Hoofdstuk 8:

Milieubelasting van de B&U in 2023

Nu de materiaalstromen van bouw en sloop in kaart zijn gebracht, is het mogelijk om de milieubelasting van deze materialen uit te rekenen. In deze paragraaf wordt de impact weergegeven voor zowel de MKI (Milieukostenindicator) als de materiaalgebonden CO₂-uitstoot. CO₂ laat specifiek

zien hoe groot de bijdrage aan klimaatverandering is, terwijl de MKI een bredere set milieueffecten meeneemt en daarmee een totaalbeeld geeft van de schadelijke impact op milieu en grondstoffen. In de berekeningen is uitgegaan van de A1 bepalingmethode ('Weegset A1') is de "categorie-3"-opslag meegenomen.¹²⁰

8.1 MKI IN DE B&U

Figuur 8.1 laat de totale MKI zien, uitgesplitst in vier opeenvolgende perspectieven: van materiaalcomponenten (elementen) naar functionele gebouwonderdelen, vervolgens naar type activiteit, en tot slot naar bouwtypologie. Het is een keten visualisatie die toont waar in de bouw de grootste klimaatimpact ontstaat.

De volgende conclusies betreffen de nieuwbouw:

Grootste MKI-impact in constructieve en installatietechnische elementen in de nieuwbouw

Aan de linkerkant is te zien dat centrale elektrotechnische voorzieningen, vloeren, vloeren op grondslag, hoofdconstructies en funderingsonderdelen de hoogste MKI-waarden veroorzaken.

Ruwbouw en funderingen domineren de totale milieubelasting van de nieuwbouw

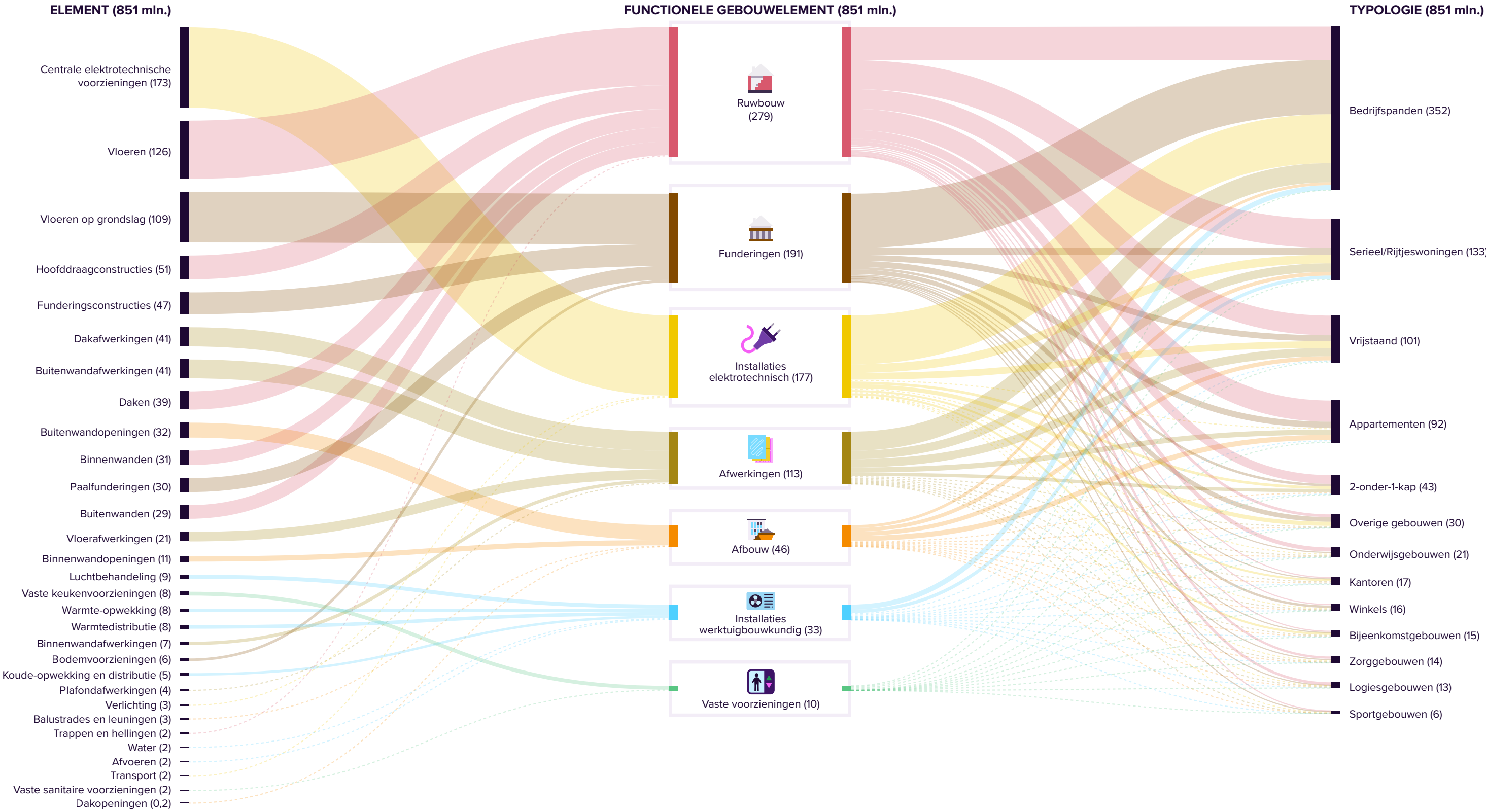
Wanneer de elementen worden vertaald naar functionele gebouwonderdelen, blijkt dat ruwbouw en funderingen samen het grootste aandeel in de MKI vormen. Afwerkingen en installaties dragen eveneens significant bij.

Bedrijfspannen hebben de hoogste MKI van de nieuwbouw typologieën

Aan de rechterzijde is te zien dat bedrijfspannen de grootste milieubelasting veroorzaken (circa 40%), gevolgd door seriematige rijwoningen, vrijstaande woningen en appartementen. Grote utilitaire gebouwen met zware constructies drukken daarmee het sterkst op de totale MKI.

Figuur 8.2 geeft inzicht in hoe de milieubelasting binnen de bouwsector is opgebouwd binnen de herstel & verbouwsector en hoe deze zich verdeelt over domeinen, activiteiten en gebouwonderdelen tot aan de verschillende elementen. Ook hier wordt de dominante milieubelasting van verduurzaming zichtbaar, dankzij de centrale elektrotechnische voorzieningen.

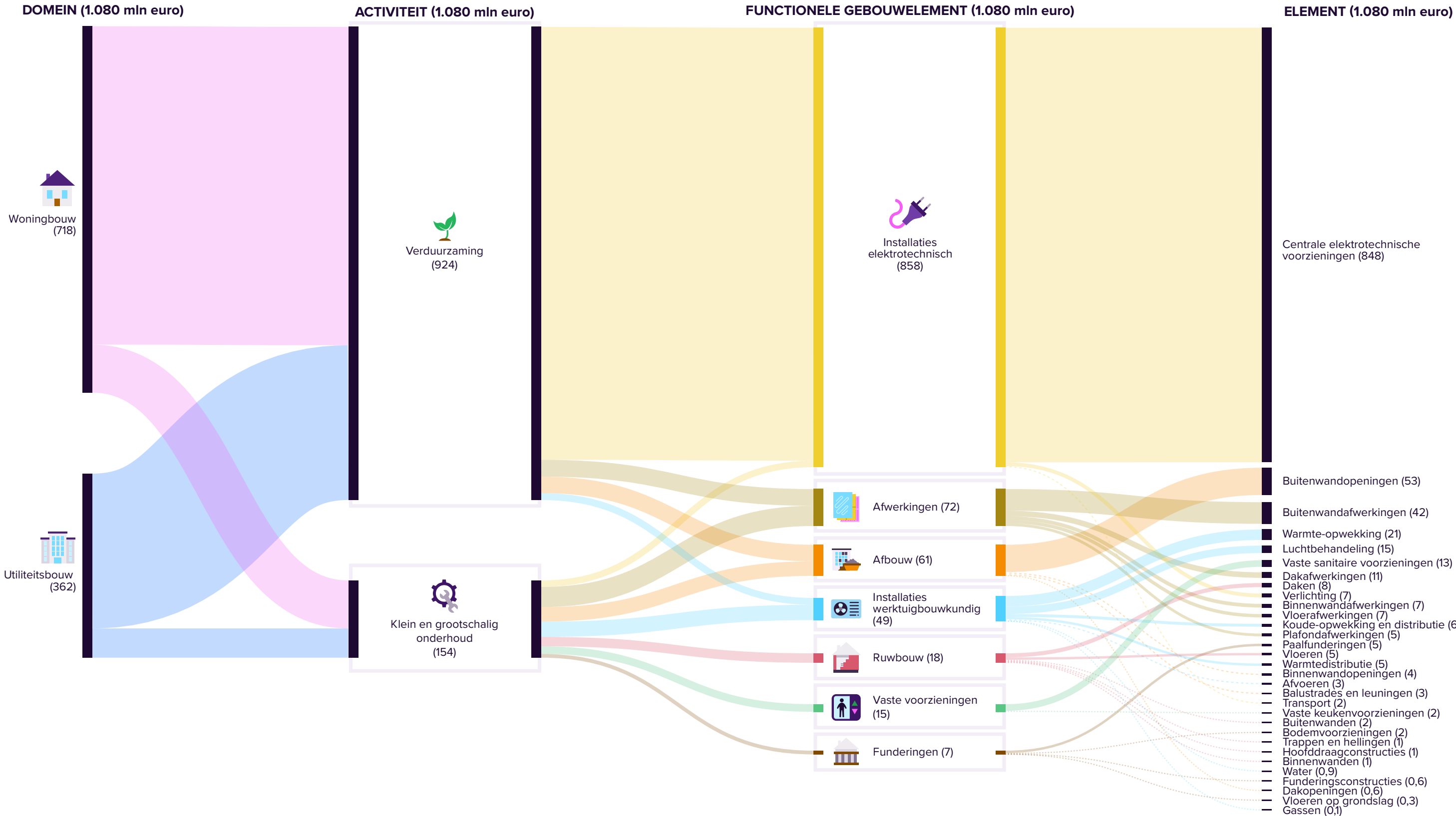
Figuur 8.1. MKI per functioneel gebouwelement en activiteit - incl. transformatie en uitbreiding, excl. herstel- en verbouw, 2023 (in mln. euro).



Legenda
..... Minder dan 5 Kt

Bron: EIB, Structural Collective.

Figuur 8.2. MKI Herstel en Verbouw in business-as-usual, 2023 (in mln. euro).¹²¹



Bron: EIB, Structural Collective.

Woningbouw domineert de totale milieubelasting binnen de herstel en verbouw

Aan de linkerkant is zichtbaar dat het grootste deel van de MKI binnen herstel en verbouw uit de woningbouw komt (718 miljoen euro; 67%). De utiliteitsbouw vertegenwoordigt een veel kleiner aandeel (359 miljoen euro; 33%). Daarmee ligt de milieubelasting van renovatie en verduurzaming duidelijk bij de bestaande woningvoorraad. In de activiteitenkolom stroomt veruit het grootste gedeelte (927 miljoen euro; 86%) naar verduurzaming van woningen: maatregelen zoals isolatie, installaties en zonnepanelen. Overige activiteiten, zoals klein en groot onderhoud, renovatie of aanpassingen in utiliteitsgebouwen zijn relatief klein en verspreid.

Installaties zorgen voor de grootste milieubelasting in de herstel en verbouw

In de kolom met functionele gebouwonderdelen is te zien dat installaties (elektrotechnisch) met circa 855 miljoen euro verreweg de grootste bijdrage leveren aan de milieukosten. Deze installaties betreffen voorzieningen zoals PV panelen, verlichtingen, liftinstallaties en elektriciteitsleidingen. Echter >85% van de impact hier ligt binnen PV panelen. Afbouw, afwerkingen en funderingen spelen slechts een beperkte rol. De milieubelasting in deze categorie komt dus vooral uit materialen en componenten zoals PV-systemen, omvormers, verlichting en elektrotechniek.

Centrale elektrotechnische voorzieningen bepalen de impact op elementniveau

Aan de rechterkant blijkt dat centrale elektrotechnische voorzieningen (848 miljoen euro) vrijwel de volledige MKI-impact op elementeniveau dragen. Specifiek zijn de PV-panelen, omvormers en bekabeling verantwoordelijk voor 98% van de totale impact binnen de elektrotechnische installaties. Alle andere elementen zoals binnenwanden, kozijnen of buitenwandopeningen zijn een stuk kleiner in vergelijking. Dit laat zien dat juist hoogtechnologische, materiaal- en metaalintensieve componenten veruit de grootste milieuoetafdruk veroorzaken.

Totale MKI is flink gestegen ten opzichte van 2019

De totale MKI van de nieuwbouw- en herstel en verbouwproductie in de woning- en utiliteitsbouw in bedroeg in 2019 € 1,2 miljard. In 2023 is dit gestegen naar € 1.95 miljard, een toename van 62,5%. Hierbij moet aangetekend worden dat de verduurzamingsproductie in deze studie nauwkeuriger in beeld is dan in 2019 het geval was; een deel van het verschil is derhalve methodologisch van aard.

Tabel 8.1. MKI van verschillende gebouwen en activiteiten in de B&U, business-as-usual, 2023 (in mln. euro).¹²²

Domein	Specificatie	MKI (mln. euro)	Percentage van totaal B&U (%)
 Woningbouw			
Herstel en verbouw	Verduurzaming	624	32%
	Klein- en grootschalige renovatie	94	5%
Nieuwbouw	Eengezins	276	14%
	Meergezins	92	5%
Totaal Woningbouw		1.086	56%
 Utiliteitsbouw			
Herstel en verbouw	Verduurzaming	302	16%
	Klein- en grootschalige renovatie	60	3%
	Uitbreiding ¹	106	6%

Domein	Specificatie	MKI (mln. euro)	Percentage van totaal B&U (%)
Nieuwbouw	Bedrijfspannen	285	15%
	Kantoren	7	0%
	Onderwijsgebouwen	15	1%
	Overige gebouwen	49	3%
	Winkels	10	0%
	Zorggebouwen	9	0%
Totaal Utiliteitsbouw		842	44%
Totaal B&U		1.928	100%

Bron: EIB, Structural Collective.

¹ Zie kader in paragraaf 6.2.3 voor een toelichting.

Grote toename bij utiliteitsbouw zichtbaar

Het aandeel van utiliteitsbouw in de MKI bedraagt 43%. Hier is verduurzaming (302 miljoen euro; 16%) de grootste activiteit, gevolgd door nieuwbouw, waarin bedrijfspannen (285 miljoen euro; 15%) de dominante rol spelen. Andere utiliteitsfuncties – zoals kantoren (7 miljoen euro), onderwijsgebouwen (15 miljoen euro), winkels (10 miljoen euro) en zorggebouwen (9 miljoen euro) hebben een veel kleinere bijdrage.

Woningbouw blijft de grootste bron van milieubelasting

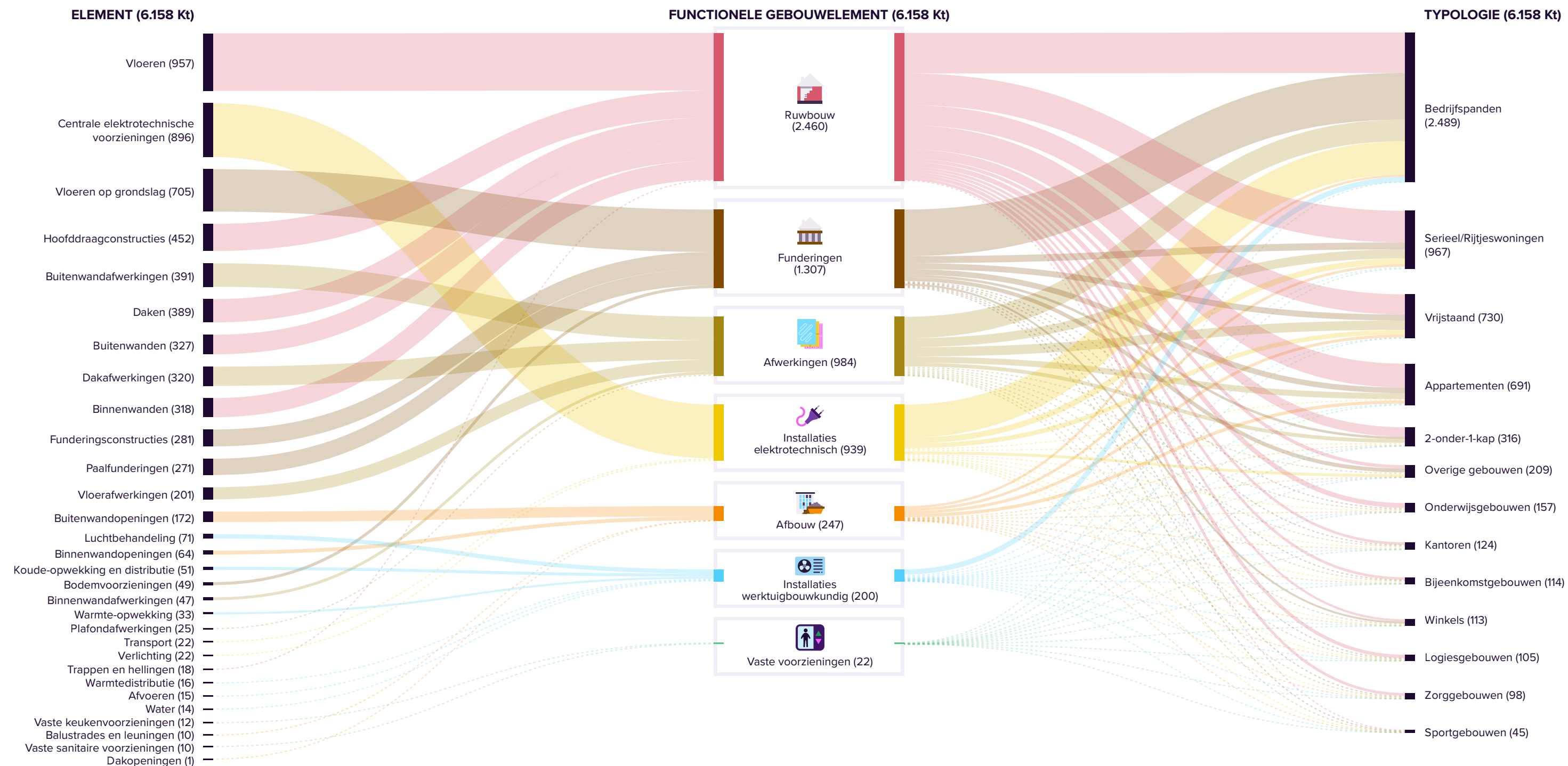
De woningbouw is verantwoordelijk voor 1.103 miljoen euro, oftewel 57% van de totale MKI-impact. Binnen dit domein komt het grootste deel voort uit verduurzaming van woningen (624 miljoen euro; 32%), gevolgd door nieuwbouw van eengezinswoningen (287 miljoen euro; 15%) en meergezinswoningen (98 miljoen euro; 5%). Klein-

en grootschalige renovatie levert aanvullend 94 miljoen euro (5%). Binnen de verduurzamingsopgave vormen PV-installaties, omvormers en bekabeling de hoofdmoot met een impact van circa 553 miljoen euro (88%). Daarmee ligt de milieubelasting in de woningbouw vooral bij verduurzamingsmaatregelen en met name de installatie van centrale elektronische voorzieningen. Binnen nieuwbouw valt op dat eengezinswoningen (287 miljoen euro) en bedrijfspannen (285 miljoen euro) vrijwel even zwaar wegen in de totale MKI.

8.2 CO₂-EMISSIONS IN DE B&U

Figuur 8.3 laat de totale materiaalgebonden emissies zien van enkel de nieuwbouw, uitgesplitst in vier opeenvolgende perspectieven: van materiaalcomponenten (elementen) naar functionele gebouwonderdelen, vervolgens naar type activiteit, en tot slot naar gebouwtypologie. Het is een keten visualisatie die toont waar in de bouw de grootste klimaatimpact ontstaat.

Figuur 8.3. CO₂ nieuwbouw, per element, functionele gebouwelement, activiteit, typologie - incl. uitbreiding en transformatie - excl. herstel en verbouw, 2023 (in kton CO₂).



Bron: EIB, Structural Collective.

Grootste emissiebronnen zitten in constructieve elementen in de de nieuwbouw

Aan de linkerkzijde is zichtbaar dat op elementniveau vloeren, centrale installaties, vloeren op grondslag, hoofdconstructies (ruwbouw) en buitenwanden de grootste bijdrage leveren aan de materiaalgebonden CO₂-impact. Dit bevestigt dat zowel zware constructieve massa als installatietechniek dominante emissiedrivers zijn.

Ruwbouw en funderingen bepalen de bulk van de impact in de nieuwbouw

Een logisch gevolg van de impact op elementniveau is dat bij de functionele gebouwonderdelen blijkt dat ruwbouw (ca. 2,5 Mton) en funderingen (ca. 1,3 Mton) gezamenlijk het grootste deel van de emissies vertegenwoordigen. Afwerkingen en installaties volgen op afstand, maar blijven substantieel.

Bedrijfspannen veroorzaken de hoogste emissies in de nieuwbouw

Aan de rechterzijde valt op dat bedrijfspannen (ca. 2,5 Mton) veruit de grootste emissiecategorie vormen, gevolgd door seriematige woningen (967 kton), vrijstaande woningen (730 kton) en appartementen (691 kton). Utiliteitsfuncties met grote volumes en zware constructies drukken daarmee het hardst op de totale materiaalgebonden CO₂-impact

Overzicht CO₂-emissies nieuwbouw en herstel en verbouw samen genomen

Tabel 8.2 biedt een overzicht van de materiaalgebonden CO₂-emissies per type ingrepen en gebouwcategorieën. Opvallend is dat herstel en verbouw, met name verduurzaming, de grootste bijdrage leveren aan de totale CO₂-emissies. Binnen nieuwbouw zijn eengezinswoningen en bedrijfspannen dominant.

Tabel 8.2. Ingebedde CO₂ emissies van nieuwbouw en herstel en verbouw van woningen en utiliteitsbouw, 2023 (in kton).¹²³

Domein	Specificatie	CO ₂ (kton)	Percentage van totaal B&U (%)
 Woningbouw			
Herstel en verbouw	Verduurzaming	3.597	29%
	Klein- en grootschalige renovatie	524	4%
Nieuwbouw	Eengezins	2.013	16%
	Meergezins	691	8%
Totaal Woningbouw		6.825	55%
 Utiliteitsbouw			
Herstel en verbouw	Verduurzaming	1.745	14%
	Klein- en grootschalige renovatie	515	4%
	Uitbreiding	768	6%
Nieuwbouw	Bedrijfspannen	2.009	16%
	Kantoren	55	0%
	Onderwijsgebouwen	109	1%
	Overige gebouwen	366	3%
	Winkels	69	1%
	Zorggebouwen	60	0%
Totaal Utiliteitsbouw		5.696	45%
Totaal B&U		12.521	100%

Bron: EIB, Structural Collective.

Verduurzaming als grootste bron van materiaalgebonden CO₂-uitstoot De totale CO₂-impact van de B&U bedroeg 12,2 Mton 2023. Tabel 8.2 laat zien dat verduurzaming verantwoordelijk is voor ruim 5 Mton CO₂, ofwel 43% van de totale materiaalgebonden uitstoot. Binnen de woningbouw komt 3,5 Mton CO₂ (29%) voort uit verduurzamingsmaatregelen; in de utiliteitsbouw bedraagt dit 1,7 Mton (14%). Dit kan worden verklaard door de uitzonderlijk sterke groei van verduurzaming in 2023, waarbij vooral de massale installatie van PV-panelen een centrale rol heeft gespeeld.

Hoge ingebedde impact van de energietransitie

Verduurzamingsmaatregelen verlagen de operationele emissies van gebouwen, maar brengen tegelijkertijd een aanzienlijke toename van ingebedde CO₂-uitstoot met zich mee. PV-panelen, omvormers, kabelsystemen, isolatiematerialen en warmtepompen zijn hoogtechnologische producten waarvan de productie veel energie en primaire grondstoffen vereist. Dit resulteert in een relatief grote CO₂-impact per geïnstalleerde eenheid. Binnen de categorie verduurzaming bestaat circa 90% van de CO₂-uitstoot uit de productie en toepassing van PV-systemen in de bestaande bouw.

Nieuwbouw van bedrijfspanden zijn verantwoordelijk voor een hoge CO₂-impact

Naast verduurzaming spelen ook nieuwbouwactiviteiten een belangrijke rol in de totale klimaatimpact. Vooral bedrijfspanden vallen op met 2 Mton CO₂ (16%), waarmee zij de grootste bijdrage leveren binnen de nieuwbouw van utiliteitsgebouwen. Met name kleinschalige bedrijfshallen <10.000 m² veroorzaken een relatief hoge CO₂-impact.

Vergelijking CO₂ en massa in de totale bouw (nieuwbouw + herstel en verbouw)

In tabel 8.3 zijn de verschillende gebouwelementen uitgesplitst naar zowel massa als CO₂-emissies, inclusief hun relatieve aandeel in de totale materiaalvraag en klimaatimpact. Hieruit blijkt dat vloeren (op de begane grond en op verdiepingen) veruit het grootste materiaalvolume kennen, gevolgd door buitenwanden en funderingen, die samen de kern van de ruwbouw vormen. Aan de CO₂-kant is echter een ander patroon zichtbaar: centrale elektrotechnische voorzieningen nemen daar een zeer dominante positie in, ondanks hun relatief beperkte massa.

Tabel 8.3. Aandeel van elementen in massa en milieubelasting in Massa (kton) en CO₂ voor de totale woningen en utiliteitsbouw (nieuwbouw + herstel en verbouw), 2023 (in kton).

	Massa	CO ₂	Massa % van totaal	CO ₂ % van totaal
Vloeren op grondslag	6.374	709	24%	6%
Vloeren	6.366	990	24%	8%
Buitenwanden	2.122	344	8%	3%
Paalfunderingen	2.006	302	8%	2%
Binnenwanden	1.702	330	6%	3%
Buitenwandafwerkingen	1.605	750	6%	6%
Daken	1.302	438	5%	3%
Funderingsconstructies	1.171	285	4%	2%
Vloerafwerkingen	1.040	298	4%	2%
Dakafwerkingen	582	398	2%	3%
Hoofddraagconstructies	494	465	2%	4%
Centrale elektrotechnische voorzieningen	418	5.727	2%	46%
Buitenwandopeningen	299	450	1%	4%

	Massa	CO ₂	Massa % van totaal	CO ₂ % van totaal
Bodemvoorzieningen	189	63	1%	1%
Binnenwandafwerkingen	105	94	0%	1%
Plafondafwerkingen	92	61	0%	0%
Luchtbehandeling	73	188	0%	2%
Trappen en hellingen	70	27	0%	0%
Binnenwandopeningen	60	91	0%	1%
Vaste sanitaire voorzieningen	59	35	0%	0%
Warmte-opwekking	47	113	0%	1%
Koude-opwekking en distributie	37	102	0%	1%
Transport	16	45	0%	0%
Vaste keukenvoorzieningen	14	27	0%	0%
Balustrades en leuningen	13	25	0%	0%
Verlichting	12	79	0%	1%
Warmtedistributie	7	28	0%	0%
Afvoeren	6	34	0%	0%
Dakopeningen	5	6	0%	0%
Water	2	16	0%	0%
Gassen	0	0	0%	0%
Totaal	26.290	12.521	100%	100%

Bron: EIB, Structural Collective.

In de totale bouw domineren zware constructieve elementen domineren de massa

De grootste materiaalvolumes zitten in vloeren op grondslag (6,5 Mton; 24%), vloeren (bijna 6,5 Mton; 24%), buitenwanden (ruim 2 Mton; 8%) en paalfunderingen (2 Mton; 8%). Samen vertegenwoordigen deze onderdelen meer dan de helft van de totale massa.

CO₂-impact concentreert zich sterk bij elektrotechnische voorzieningen

Ondanks een relatief lage massa (418 kton; 2%), veroorzaken centrale elektrotechnische voorzieningen de hoogste CO₂-uitstoot: ruim 5,5 Mton (45%). Dit komt door

materiaal- en energie-intensieve productieprocessen en het gebruik van metalen en hoogtechnologische componenten. De CO₂-bijdrage is hier dus extreem hoog ten opzichte van het gewicht.

Constructieve onderdelen scoren relatief hoog in CO₂ door beton en staal

Elementen zoals vloeren op grondslag (710 kton CO₂; 6%), vloeren (1.392 kton; 11%), buitenwanden (947 kton; 8%) en dakafwerkingen (436 kton; 4%) dragen substantieel bij aan de totale uitstoot. Hoewel hun massa groot is, ligt de CO₂-impact lager dan bij installaties, maar blijft structureel dominant door het intensieve gebruik van beton en staal.

Hoofdstuk 9:

Doorkijk naar 2030, 2040 en 2050 in verschillende scenario's voor de B&U

In dit hoofdstuk worden de ramingen voor de bouwproductie en materiaalstromen in zowel een behoedzaam als een dynamisch scenario besproken. Voor 2023 en 2030 sluiten beide scenario's aan

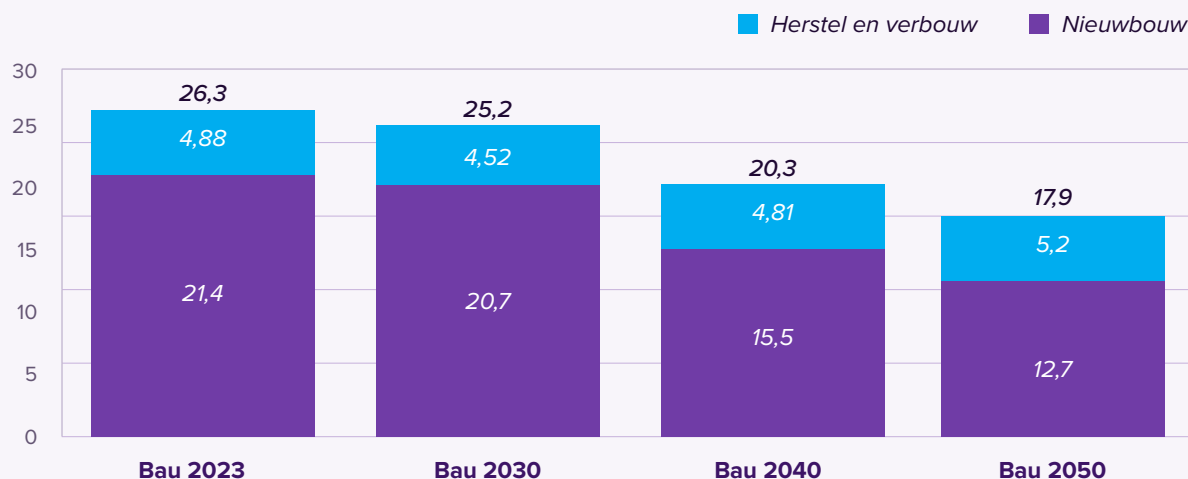
bij het business-as-usualscenario. Vanaf 2030 lopen de scenario's uiteen en ontstaan zichtbaar verschillende ontwikkelpaden in zowel bouwvolumes als materiaalvraag.

9.1 MATERIAALSTROMEN IN 2030, 2040 EN 2050, BUSINESS-AS-USUAL

De productie voor het business-as-usualscenario is weergegeven in paragraaf 6.2. In deze paragraaf gaan we in op de materiaalstromen die dit scenario tot gevolg heeft.

In het 'business as usual' (BAU) scenario daalt de totale materiaalvraag richting 2050. De grafiek laat zien dat de totale materiaalinstroom in het BAU-scenario afneemt van ruim 26 Mton in 2023 naar ongeveer 18 Mton in 2050. De daling treedt vooral op tussen 2030 en 2040, wanneer de bouwproductie afneemt en minder nieuwbouw wordt gerealiseerd.

Figuur 9.1. Materiaalvraag in alle peiljaren in de B&U, business-as-usual (in Mton).



Bron: EIB, Structural Collective.

Nieuwbouw blijft dominant, maar krimpt het sterkst

Nieuwbouw vormt in alle jaren de grootste materiaalstroom. Het aandeel blijft dominant, maar de absolute massa daalt richting 2050 aanzienlijk. Dit weerspiegelt de afbouw van de bouwopgave na 2030 en de verlaging van het aantal nieuwe projecten in de latere jaren.

Herstel en verbouw blijft in absolute zin relatief constant over de tijd, maar krijgt in de totale verdeling een steeds grotere rol naarmate de nieuwbouw afneemt. De grafiek laat wel zien dat deze categorie in 2050 een zichtbaar groter aandeel vormt dan in 2023.

Beton blijft dominant, maar neemt sterk af richting 2050

Beton is in alle jaren het materiaal met veruit de grootste instroom, met 19,5 Mton in 2023 dalend naar 12,7 Mton in 2050. De uitstroom van beton neemt wel toe van 2,9 Mton naar 4,7 Mton tussen 2023 en 2050. Stroomen zoals staal & ijzer, baksteen, zand, gips, kalkzandsteen en keramiek laten hetzelfde patroon zien: een relatief stabiele instroom in 2030, gevolgd door een scherpe daling richting 2040 en 2050. Deze materialen zijn direct gekoppeld aan nieuwbouw, waardoor hun volumes meebewegen met de afname van die bouwopgave.

Tabel 9.1. Massa instroom alle activiteiten in de B&U, business-as-usual scenario, alle peiljaren (in kton).

	Instroom				Uitstroom			
	2023	2030	2040	2050	2023	2030	2040	2050
Beton	19.503	18.567	14.640	12.691	2.859	3.682	4.326	4.704
Staal & IJzer	1.439	1.257	1.065	1.008	303	379	457	512
Baksteen	905	949	714	579	337	403	444	473
Zand	829	833	612	481	135	169	192	208
Gips	824	912	695	564	130	156	187	211
Hout	473	470	412	390	238	284	323	349
Isolatie	438	431	443	444	153	190	231	245
Mortel	409	427	326	268	153	182	202	215
Elektronica	329	189	183	246	11	12	87	229
Kalkzandsteen	326	348	340	355	262	305	334	353
Keramiek	236	254	219	201	110	125	143	157
Glas	181	192	196	203	144	158	178	194
Steen	160	168	197	216	19	24	26	28
Kunststoffen	74	72	70	72	35	39	48	56
Aluminium	69	48	47	57	10	12	26	49
Dakbitumen	34	34	37	40	19	22	25	28
Lijm en verf	33	36	36	37	20	23	26	29
Koper	16	15	14	15	6	7	9	10
Overige metalen	7	8	8	8	4	5	6	6
Papier	5	5	4	3	1	2	2	2
Totaal	26.290	25.214	20.257	17.876	4.947	6.176	7.272	8.058

Bron: EIB, Structural Collective.

Metaal- en technologie-intensieve materialen vertonen een ander verloop

Materialen zoals elektronica, aluminium en koper laten een afwijkend patroon zien. Ze dalen eerst fors tot 2040, maar nemen daarna weer toe richting 2050. Dit sluit aan bij de groei van installatietechniek en energietransitie-gerelateerde componenten (zoals PV, bekabeling en omvormers) in de gebouwde omgeving. Met name de vervanging van deze elementen komt na 2035 op gang.

Matchingspercentages per materiaalsoort

De matchingspercentages laten zien dat het theoretische potentieel voor inzet van secundaire materialen richting 2050 in vrijwel alle materiaalgroepen stijgt, maar de groei verschilt sterk per materiaal. Voor bulkstromen zoals beton, zand en gips neemt de match wel toe, maar blijft het duidelijk achter bij andere materiaalgroepen.

Tabel 9.2. Matchingspercentages per materiaalsoort in de B&U - inclusief Herstel en Verbouw, business-as-usual, alle peiljaren (in kton).

	Match 2023	Match 2030	Match 2040	Match 2050
Beton	15%	20%	30%	37%
Staal & IJzer	21%	30%	43%	51%
Baksteen	37%	42%	62%	82%
Zand	16%	20%	31%	43%
Gips	16%	17%	27%	37%
Hout	50%	60%	78%	90%
Isolatie	35%	44%	52%	55%
Mortel	37%	43%	62%	80%
Elektronica	3%	6%	48%	93%
Kalkzandsteen	80%	88%	98%	99%
Keramiek	47%	49%	65%	78%
Glas	80%	82%	91%	96%
Steen	12%	14%	13%	13%
Kunststoffen	47%	54%	68%	78%
Aluminium	15%	24%	54%	86%
Dakbitumen	55%	63%	68%	70%
Lijm en verf	60%	63%	73%	78%
Koper	33%	39%	54%	66%
Overige metalen	56%	61%	70%	74%
Papier	30%	32%	47%	60%
Gewogen gemiddelde	19%	24%	36%	45%

Bron: EIB, Structural Collective.

Daartegenover staan materiaalcategorieën die juist een sterke stijging in de match laten zien. Vooral kalkzandsteen, glas, keramiek, hout en mortel bewegen richting 2050 naar hoge theoretische dekkingsgraden, waarbij kalkzandsteen bijna evenveel uitstroom kent als instroom.

Installatietechnische materialen, zoals elektronica, aluminium en koper, tonen de snelste groei in de balans tussen vraag en aanbod. Dat wordt vooral veroorzaakt door de vervangingsgolf van PV-panelen en installatiesystemen die na circa 2035 op gang komt. Hierdoor ontstaat een grote secundaire materiaalstroom, waardoor het theoretische aanbod richting 2050 aanzienlijk stijgt.

Zoals eerder benadrukt, zijn deze resultaten gebaseerd op modelberekeningen van materiaalstromen aan de hand van referentieprofielen. De absolute matchingspercentages kunnen in de praktijk afwijken, en de mate waarin matching realiseerbaar is, verschilt per materiaal. Desondanks geven de uitkomsten een robuust beeld van de ontwikkeling van secundaire materiaalstromen: lagere nieuwbouwvolumes, hogere sloopvolumes en meer herstel- en verbouw vergroten het theoretisch beschikbare aanbod.

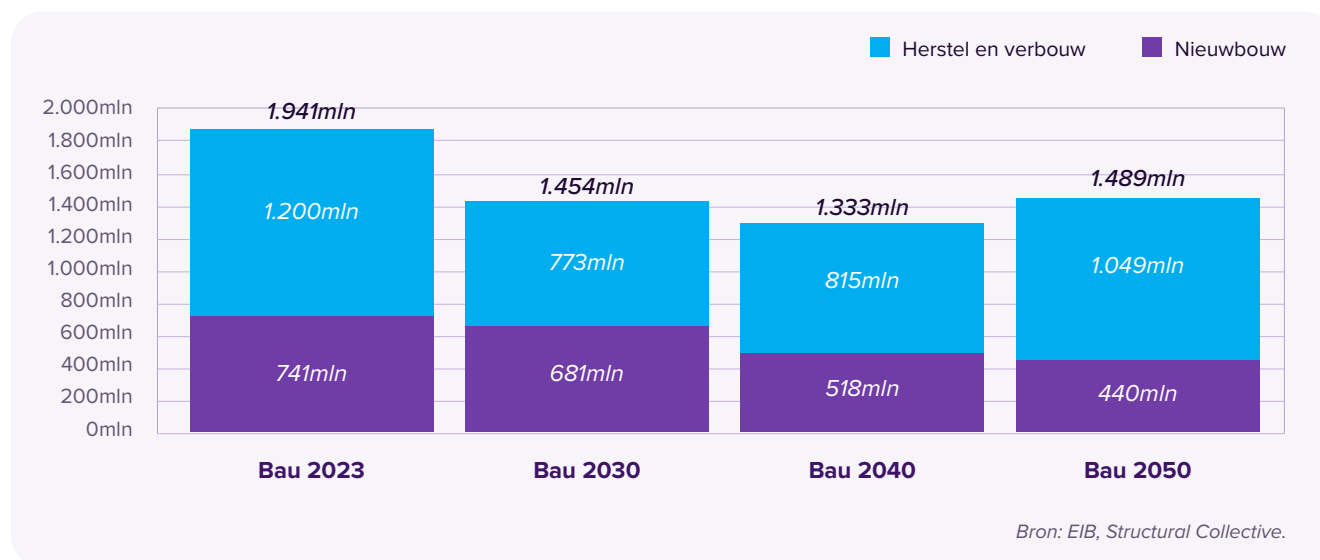
9.2 MILIEUBELASTING IN 2030, 2040 EN 2050, BUSINESS-AS-USUAL

Ontwikkeling van de MKI in het BAU-scenario

Figuur 9.2 laat zien hoe de totale MKI zich ontwikkelt tussen 2023 en 2050 binnen een business-as-usualscenario, waarbij herstel en verbouw het grootste aandeel heeft in alle ijkjaren. Net als bij de materiaalvraag is een daling in de MKI tussen 2023 en 2030 zichtbaar. Ondanks een grotere nieuwbouwproductie van woningen, is er alsnog een MKI-verlaging zichtbaar, gedreven door verminderde realisatie van utiliteitsgebouwen in de nieuwbouw. In 2023 bedraagt de MKI circa 1,9 miljard euro, waarvan 741 miljoen euro voortkomt uit nieuwbouw en 1,2 miljard euro uit herstel en verbouw. Richting 2030 daalt de totale MKI naar ongeveer 1,45 miljard euro, voornamelijk door afnemende installatie van zonnepanelen.

In 2040 zakt de MKI verder naar circa 1,33 miljard euro, waarbij de verschuiving naar renovatie- en vervangingsactiviteiten duidelijker zichtbaar wordt. De MKI van herstel en verbouw stijgt naar 815 miljoen euro, terwijl nieuwbouw daalt naar 518 miljoen euro. Richting 2050 neemt de totale MKI weer licht toe tot circa 1,5 miljard euro, gedreven door een verdere groei van herstel en verbouw tot 1,05 miljard euro, met name door de vervanging van zonnepanelen die aan het einde van de levensduur zijn. De MKI van nieuwbouw daalt in 2050 verder naar 440 miljoen euro, waarmee het gewicht van de verduurzamingsopgave in de totale MKI steeds sterker wordt. In 2050 is circa 57% (600 miljoen euro) van de milieubelasting toe te schrijven aan PV panelen.

Figuur 9.2. Ontwikkeling MKI in alle peiljaren, business-as-usual (in mln. euro).



Ontwikkeling van de CO₂-uitstoot in het BAU-scenario

De materiaalgebonden CO₂-emissies volgen een vergelijkbaar patroon. In 2023 bedraagt de totale uitstoot circa 12,5 Mton, waarvan 5,4 Mton voortkomt uit nieuwbouw en 7,2 Mton uit herstel en verbouw. Richting 2030 daalt de totale uitstoot naar ongeveer 9,8 Mton, vooral door lagere herstel en verbouwwolumes, samenhangend met beperking van het aantal geïnstalleerde zonnepanelen. In 2040 daalt de CO₂-uitstoot verder tot circa 8,9 Mton. Tussen 2040 en 2050 stijgt de uitstoot weer naar circa 9,7 Mton, voornamelijk gedreven door herstel en verbouw (6,5 Mton). Nieuwbouw daalt in dezelfde periode verder naar 3,2 Mton. De lichte stijging richting 2050 hangt samen met intensivering van renovatie-activiteiten en met name met de vervangingsgolf van installaties en PV-systemen. In 2030 is 53% van de MKI van herstel en verbouw toe te wijzen aan PV panelen, in 2040 48% en in 2050 55%.

Installatie- en verduurzamingsopgave drukt zwaarder door in MKI dan in CO₂

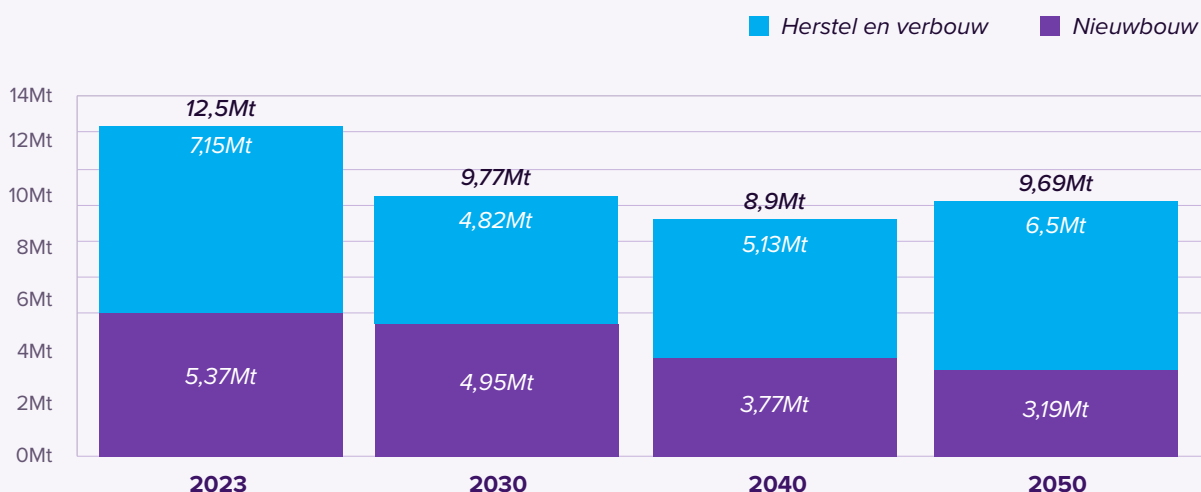
In de B&U geldt dat herstel en verbouw in 2050 circa 75% van de totale MKI vertegenwoordigt, terwijl nieuwbouw nog ongeveer 25% uitmaakt. Herstel en verbouw vormt

daarmee in deze sector een cruciaal aangrijpingspunt om de milieubelasting van de bouw te verminderen. Toch is het gezamenlijke beeld consistent: richting 2050 verschuift de milieudruk van de bouwsector structureel van nieuwbouw naar de verduurzaming en vervanging van de bestaande bouwvoorraad.

Veranderende verhoudingen tussen woningbouw en utiliteitsbouw in de milieubelasting

Tabel 9.3 laat zien dat woningbouw in alle jaren de grootste bijdrage levert aan zowel CO₂-emissies als MKI, waarbij de omvang steeds duidelijk boven die van de utiliteitsbouw ligt. In 2023 zijn de verschillen het grootst: de woningbouw veroorzaakt ruim 1,1 Mton meer CO₂ en circa € 244 miljoen meer MKI dan de utiliteitsbouw. Richting 2030 en 2040 nemen de absolute verschillen tussen beide sectoren af doordat de CO₂- en MKI-afname in de woningbouw sterker is dan in de utiliteitsbouw. In 2050 lopen de verschillen juist weer op: zowel CO₂-emissies als MKI stijgen in de woningbouw sneller dan in de utiliteitsbouw, waardoor de woningbouw opnieuw een duidelijk zwaarder aandeel krijgt in de totale milieulast. Daarmee blijft de verhouding tussen beide sectoren in alle jaren consistent, maar schuift het zwaartepunt van het verschil mee met de omvang van herstel en verbouw binnen de woningbouw.

Figuur 9.3. Ontwikkeling CO₂ in alle peiljaren, business-as-usual (in Mton).



Bron: EIB, Structural Collective.

Tabel 9.3. CO₂ en MKI, business-as-usual, alle jaren (in kton en mln. euro).

Utiliteitsbouw			Woningbouw			
Jaar	CO ₂ (kton)	MKI (mln. euro)	CO ₂ (kton)	MKI (mln. euro)	Totaal CO ₂ (kton)	totaal MKI (mln. euro)
2023	5.696	842	6.825	1.086	12.521	1.928
2030	4.329	627	5.446	828	9.775	1.455
2040	4.188	604	4.714	729	8.902	1.334
2050	4.753	697	4.940	792	9.694	1.489

Bron: EIB, Structural Collective.

9.3 BEHOEDZAAM SCENARIO

In het behoedzame scenario wordt de productie in de woning- en utiliteitsbouw, net als in het BAU-scenario, bepaald door vier onderliggende drijvers: bevolkingsomvang en leeftijdsopbouw, huishoudensgroei, ontwikkeling van de beroepsbevolking en economische groei. Tot 2030 zijn de productiecijfers identiek aan die in het BAU-scenario, gebaseerd op de EIB-publicatie *Verwachtingen bouwproductie en werkgelegenheid 2025*. Gezien de korte tijdshorizon tot 2030 wordt niet verwacht dat de bouwproductie tussen scenario's significant uiteenloopt. De scenario's gaan daarom pas vanaf 2030 verschillend verlopen.

Voor de verdere ontwikkeling vormt de PBL-publicatie *Toekomstverkenning WLO: Vier scenario's voor Nederland in 2040, 2050 en 2060* een belangrijke basis. Het behoedzame scenario sluit zoveel mogelijk aan bij het Laag-scenario, met een veronderstelde BBP-groei van 0,5 procent per jaar en de bijbehorende demografische ontwikkeling. Voor de ramingen rond verduurzaming is aanvullend gebruikgemaakt van het EIB-onderzoek *Klimaatambities in de gebouwde omgeving*. In dit scenario wordt uitgegaan van een aardgasvrije gebouwde omgeving in 2065, tegenover 2060 in het BAU-scenario.

Huishoudensgroei is richtinggevend voor de uitbreidingsnieuwbouw in de woningbouw. Hiervoor is de ondergrens van het 67%-interval van de meest recente prognoses van het CBS gebruikt¹²⁴. In het behoedzame scenario loopt de huishoudensgroei geleidelijk terug. De gemiddelde jaarlijkse toename bedraagt 21.000 van 2030 tot 2040 (18.000 in 2040) en 4.000 van 2040 tot 2050

(340 in 2050). In drie van de laatste vijf jaar voor 2050 vindt er in het behoedzame scenario een krimp plaats van het aantal huishoudens. De ontwikkeling van de huishoudenspopulatie loopt gelijk op met de bevolking, die ook begint te krimpen in de laatste jaren van de prognose. De bevolking groeit nog wel van 2030 tot 2050, maar op een historisch gezien relatief laag niveau, met gemiddeld 22.000 mensen per jaar.

Tussen 2030 en 2050 groeit de bevolking met ongeveer 440.000 mensen en verschuift de leeftijdsopbouw tegelijkertijd in grote mate. Het aantal tachtigplussers als onderdeel van de bevolking neemt tot en met 2050 in het behoedzame scenario toe met meer dan een miljoen mensen. Dit vergroot de vraag naar zorggebouwen. Omdat de bbp-groei echter relatief laag is, zorgt dit voor minder extra zorggebouwen dan in bijvoorbeeld het BAU scenario en het dynamische scenario. Ook in het behoedzame scenario daalt het aantal leerlingen en de daarmee samenhangende vraag naar onderwijsgebouwen. De daling duurt tot 2040, gevolgd door een gestage uitbreiding.

De beperkte economische groei maakt minder investeringen in bijvoorbeeld kwaliteit, uitbreiding en duurzaamheid mogelijk vanuit zowel de overheid als het bedrijfsleven vergeleken met het BAU-scenario en het dynamische scenario. De behoefte aan nieuwe kantoren wordt gedreven door de groei van de beroepsbevolking. Die neemt in dit scenario gestaag toe, maar de beroepsbevolking groeit in het behoedzame scenario langzamer dan in het BAU scenario en het dynamische scenario.

Tabel 9.4. Uitgangspunten in het behoedzame scenario.

Onderwerp	Behoedzaam	
	2040	2050
BBP groei	0,5%	0,5%
Bevolkingsomvang	18,6 mln	18,7 mln
Huishoudensgroei	9.600	340

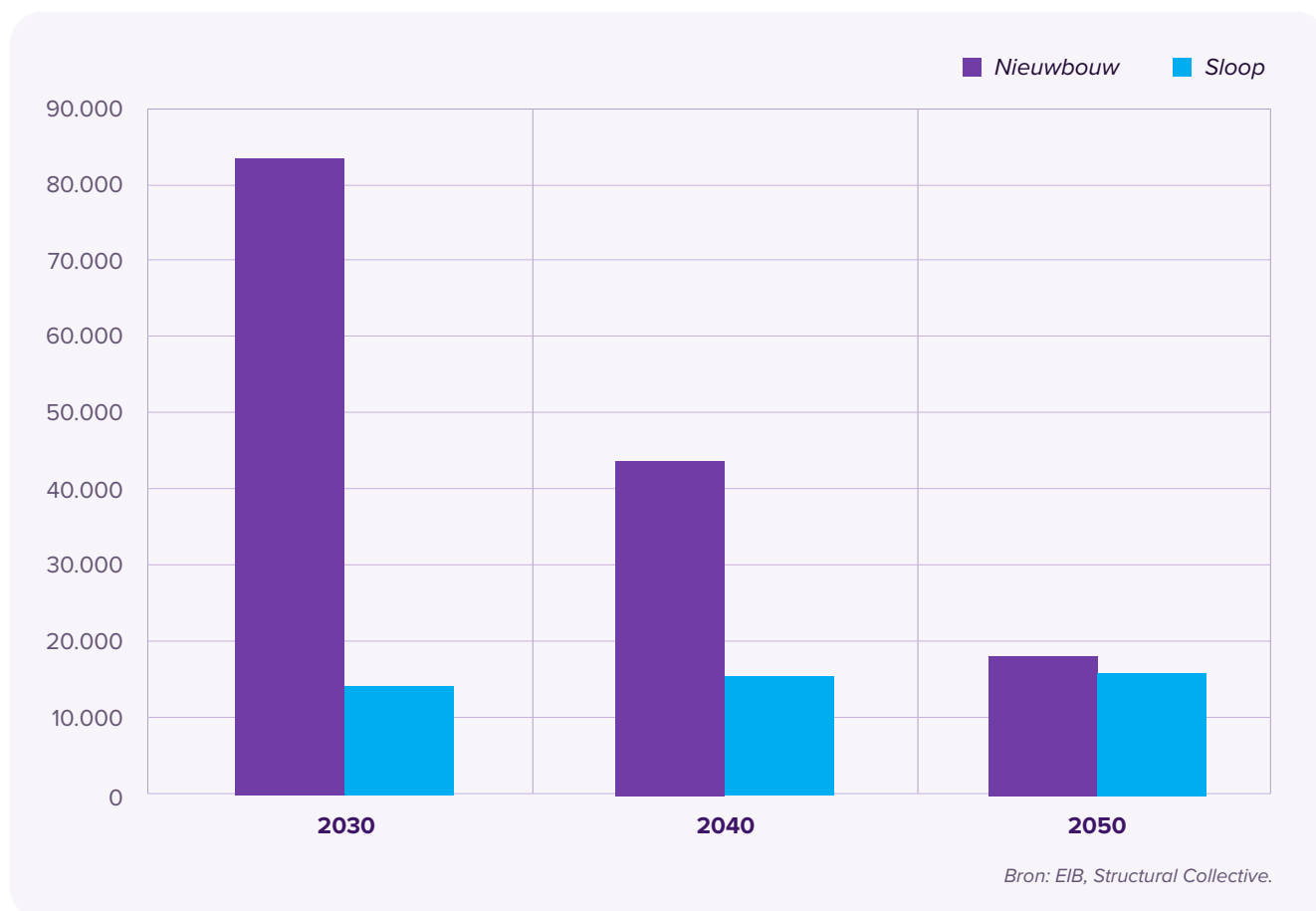
9.3.1 Productie in het behoedzame scenario

Woningbouw nieuwbouw en sloop

In de onderstaande Figuur is voor het behoedzame scenario de woningnieuwbouw en sloop in aantallen weergegeven van 2030 tot 2050. Zoals te zien is in de Figuur neemt het aantal nieuwbouwwoningen flink af van 2030 tot 2050. Zo worden er in 2030 nog meer dan 83.000 nieuwbouwwoningen gebouwd en is dit nog

maar 18.100 in 2050. Ook lopen de sloopcijfers langzaam op. Tegen 2050 is er nog maar weinig behoefte aan nieuwe woningen door een beperkt groeiende populatie en is de nieuwbouwvraag vooral een vervangingsvraag. De herstel en verbouw (exclusief verduurzaming) groeit in het behoedzame scenario minder snel dan in het BAU scenario en het dynamische scenario. Ten opzichte van 2030 is de herstel en verbouw (exclusief de verduurzaming) met 11% toegenomen in 2040 en met 16% in 2050.

Figuur 9.4. Sloop en nieuwbouw in de woningbouw, behoedzaam, 2030, 2040 en 2050 (in aantallen woningen).



Gestage vervanging van warmtepompen en weinig uitbreiding zonnepanelen

In de onderstaande tabel 9.5 is de ontwikkeling van de duurzaamheidsproductie voor de bestaande woningbouw weergegeven. Zoals te zien is in de tabel, daalt het vermogen jaarlijks geïnstalleerde zonnepanelen met ongeveer een derde van 2030 tot 2040, waarna van 2040 tot 2050 een verdubbeling plaatsvindt. Dit effect is aanzienlijk groter dan in bijvoorbeeld het BAU-scenario omdat er veel minder uitbreiding plaatsvindt in 2040. De vervangingsvraag in 2040 en 2050 is echter vrijwel identiek omdat de zonnepanelen die hier worden vervangen praktisch allemaal voor 2030 zijn geplaatst.

Het aantal jaarlijks geïnstalleerde warmtepompen groeit ook in dit scenario aanzienlijk, net als het aantal afleversets voor stadverwarming. De installatie van cv-ketels is in dit scenario relatief hoog in 2040 omdat er wordt aangenomen dat door de relatief lagere welvaartsgroei er minder vaart wordt gemaakt met de klimaatambities voor de gebouwde omgeving. Dit is evengoed waar voor het areaal aan isolatiemateriaal. Voor het isolerend glas en zonneboilers zijn de cijfers in de drie scenario's identiek of vrijwel identiek, aangezien installatie van deze producten minder afhankelijk lijkt te zijn van economische ontwikkelingen op basis van historische gegevens.

Tabel 9.5. Duurzaamheidsproductie voor de bestaande woningbouw, behoedzame scenario (meerdere eenheden).

Categorie	2030	2040	2050
Zonnepanelen (vermogen in Mw)	1.020	780	1.440
Warmtepomp (aantal)	176.200	337.300	425.200
Afleverstet stadsverwarming (aantal)	64.200	77.100	113.000
Cv-ketel (aantal)	297.000	127.600	15.000
Airco (aantal)	89.100	143.000	34.400
Zonneboiler (m ² collectoroppervlak)	20.900	21.900	21.400
Isolatiemateriaal (1.000 m ²)	33.700	39.400	44.700
Isolerend glas (1.000 m ²)	3.800	4.300	4.700

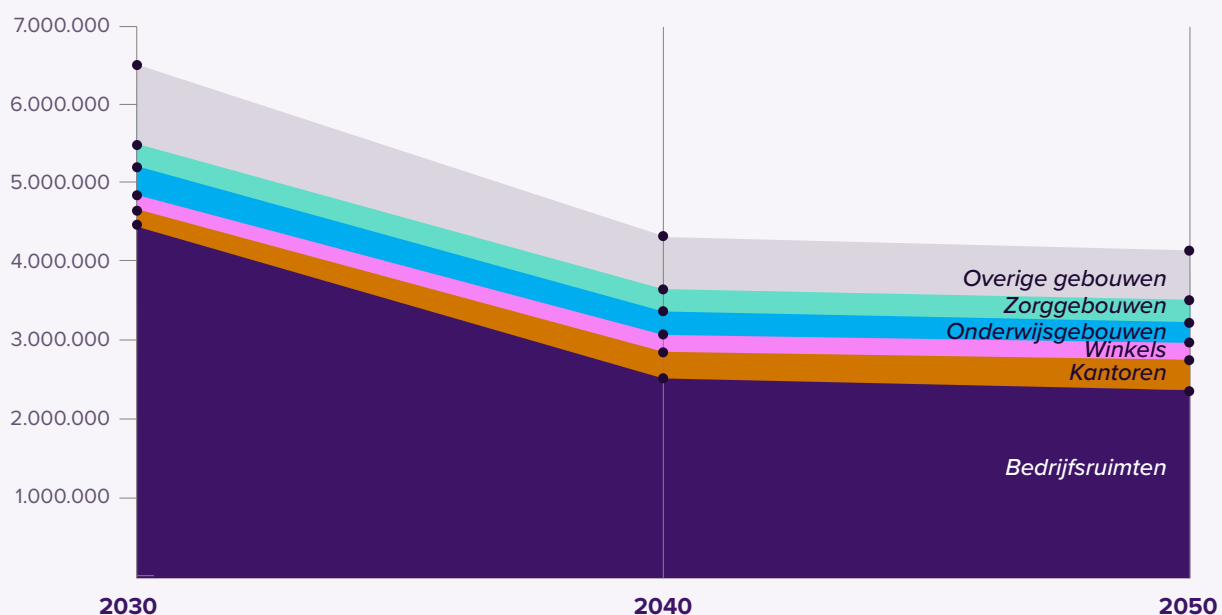
Bron: EIB, Structural Collective.

Vooral de productie van bedrijfsruimten en overige gebouwen neemt af

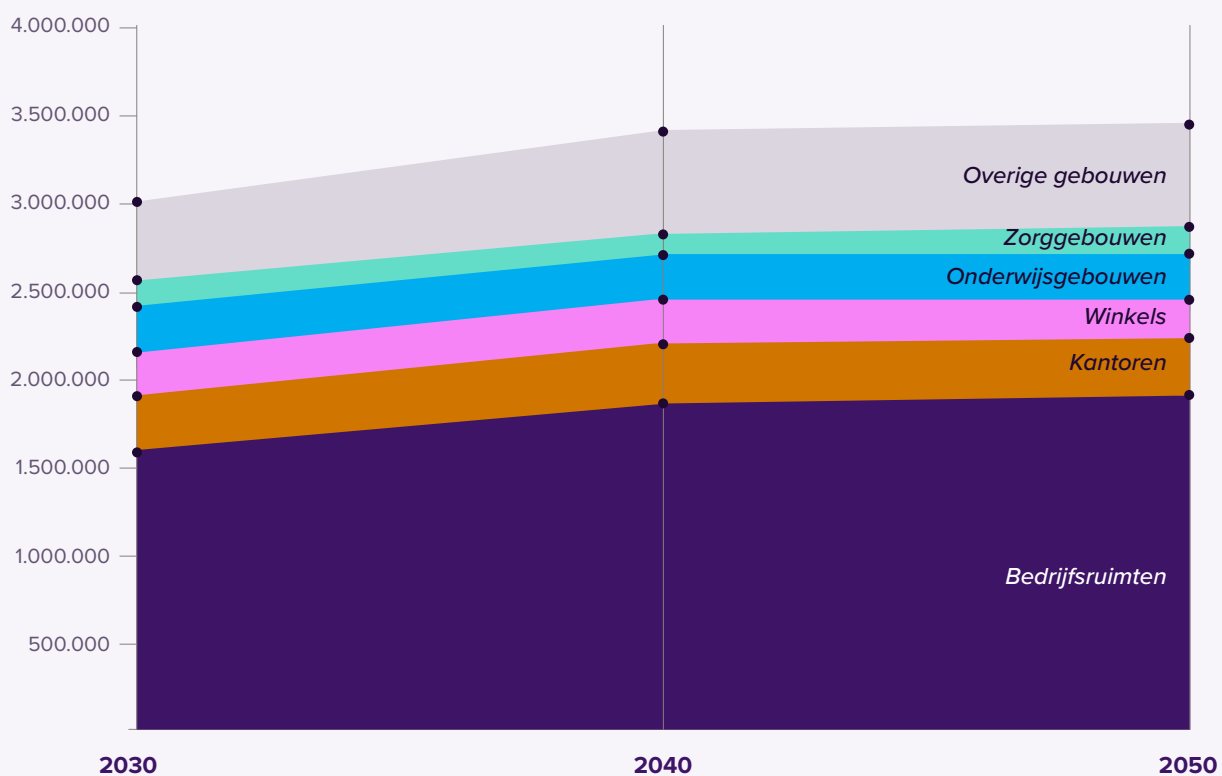
In de onderstaande Figuur is het verloop van 2030 tot 2050 weergegeven voor de utiliteitsnieuwbouw, onderverdeeld naar de verschillende subsectoren. Er is duidelijk te zien dat de productie van bedrijfsruimten van een hoog niveau komt in 2030 en tot 2040 krimpt met bijna twee derde, waarna het niveau stabiliseert. Ook bij overige gebouwen vindt er een krimp plaats tussen 2030 en 2050, met een ongeveer een derde lagere jaarlijkse productie. Kantoren en winkels zijn de enige subsectoren die over tijd groeien, beiden met minder dan 20%. Onderwijsgebouwen en zorggebouwen krimpen licht qua productie over diezelfde periode, waarbij de beperkte economische groei een factor van belang is voor de zorggebouwen.

Sloop van utiliteitsgebouwen neemt toe met 15%

De sloop van utiliteitsgebouwen is hieronder weergegeven. Te zien is dat de sloop met 15% toeneemt van 2030 tot 2050. Deze groei is in absolute zin bijna volledig toe te wijzen aan de groeiende sloop van bedrijfsruimten en overige gebouwen. Alleen de sloop van onderwijsgebouwen neemt zowel in 2040 als in 2050 vergeleken met het dan vorige peiljaar af.

Figuur 9.5. Utiliteitsbouw, nieuwbouwproductie per type in 2030, 2040 en 2050, behoeftzaam (in m²).

Bron: EIB, Structural Collective.

Figuur 9.6. Utiliteitsbouw, sloop per type in 2030, 2040 en 2050, behoeftzaam (in m²).

Bron: EIB, Structural Collective.

Ook bij de utiliteitsbouw weinig uitbreiding zonnepanelen

Net zoals bij de woningbouw is er in het behoedzame scenario sprake van een minder snelle verduurzaming in de bestaande utiliteitsbouw dan in het BAU-scenario of het dynamische scenario. De lagere welvaartsgroei zorgt ervoor dat vergeleken met de andere scenario's minder uitbreiding van zonnepanelen op bestaande bouw plaatsvindt, de installatie van cv-ketels minder snel daalt en er minder isolatiemateriaal wordt geïnstalleerd.

Er is bij zonneboilers een stijging te zien in het jaarlijkse geïnstalleerde areaal. Bij airco's daalt het geïnstalleerde aantal juist sterk. Tussen 2030 en 2050 halveert dit aantal. Zoals te zien in de onderstaande tabel is de mate waarin isolerend glas jaarlijks wordt geplaatst over de jaren heen niet onderhevig aan significante veranderingen.

De veranderingen tussen 2030 en 2040 voor jaarlijkse installatie of plaatsing van airco's, isolerend glas en zonneboilers zijn in de drie scenario's praktisch gelijk.

Houtbouw prognoses

De aangenomen groei van de marktaandelen van de houtbouwprofielen in de woning- en utiliteitsbouw volgens het behoedzame scenario zijn weergegeven in de onderstaande tabel¹²⁵. Het is belangrijk te benadrukken dat deze cijfers geen sectorprognoses vertegenwoordigen, maar dienen te worden geïnterpreteerd als verkennende inschattingen van mogelijke marktbevingen.

Dit scenario schetst een toekomst waarin huidige trends zich doorzetten zonder noemenswaardige beleidsmatige versnellingen. De groei is gestaag en volgt een behoedzame adoptiecurve van de markt.

Tabel 9.6. Duurzaamheidsproductie voor de bestaande utiliteitsbouw, behoedzame scenario (meerdere eenheden).

Categorie	2030	2040	2050
Zonnepanelen (vermogen in Mw)	1.050	710	1.380
Warmtepomp (aantal)	490	810	910
Cv-ketel (aantal)	35.300	15.200	1.800
Airco (aantal)	24.300	20.500	11.000
Zonneboiler (m ² collectoroppervlak)	11.300	14.800	16.500
Isolatiemateriaal (1.000 m ²)	7.100	8.000	8.900
Isolerend glas (1.000 m ²)	410	430	450

Tabel 9.7. Marktaandeel (%) van nieuwbouwwoningen met een 'houtbouw profiel', voor het behoedzame scenario.

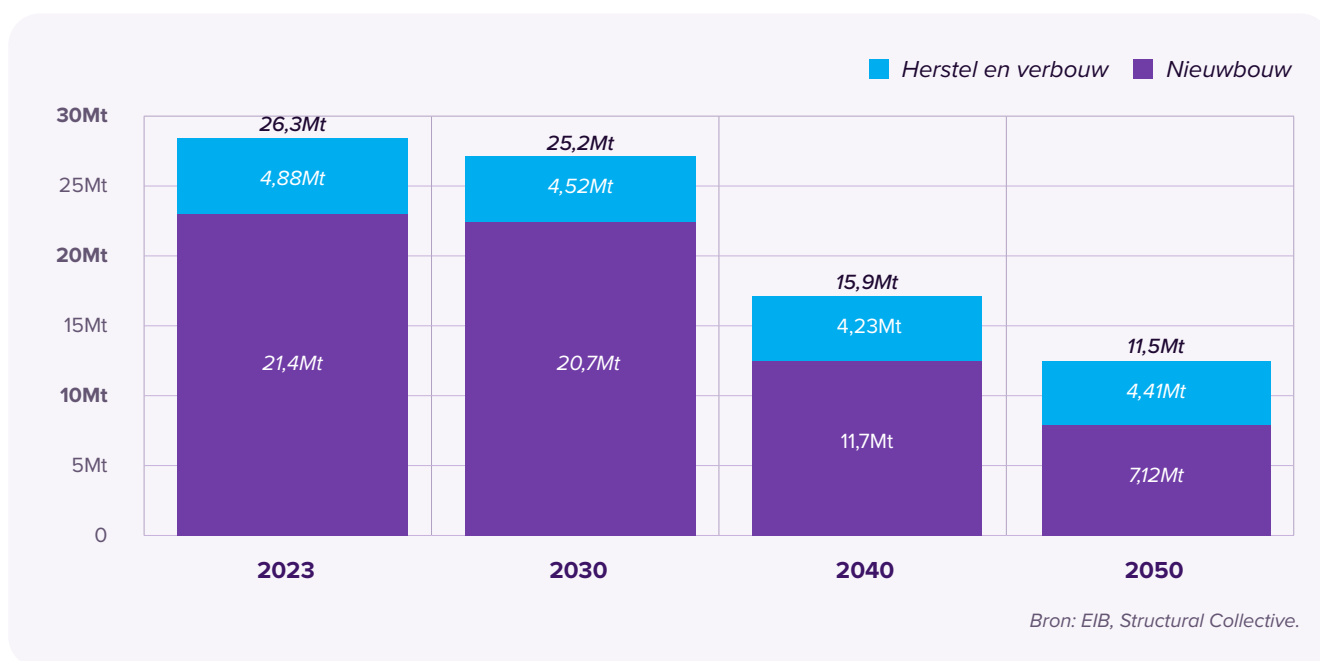
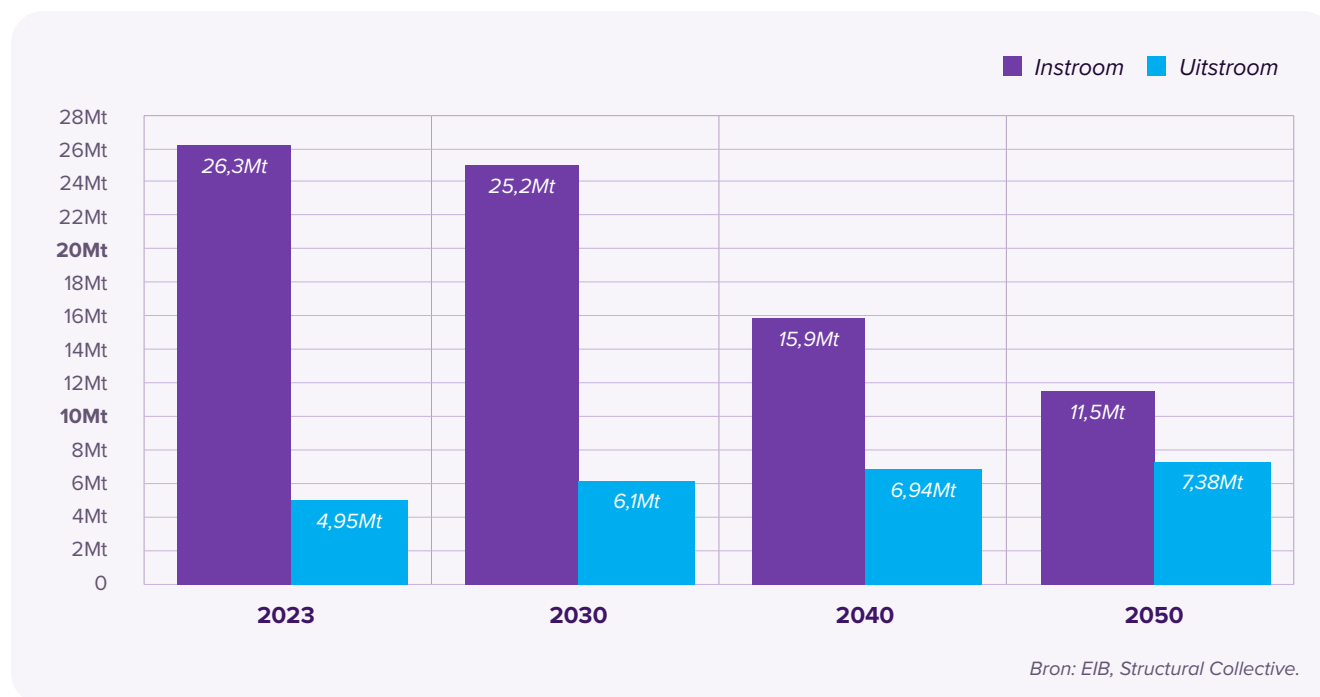
Typologie	Profiel	2023	2030	2040	2050
 Woningbouw					
Rijtjeswoningen	Dominant biobased	2%	6%	10%	15%
Hoekwoning	Dominant biobased	4%	6%	10%	15%
Vrijstaand	Dominant biobased	10%	10%	15%	20%
Appartementen	Dominant biobased	4%	5%	7%	9%
Appartementen	Hybride	4%	8%	15%	25%
 Utiliteitsbouw					
Bedrijfshallen en distributiecentra	Dominant biobased	0%	0%	0%	0%
Overige utiliteitsbouw	Dominant biobased	1%	2%	5%	10%
Kantoren	Hybride	2%	3%	5%	7%

9.3.2 Materiaalstromen - scenario behoeftzaam

Voor het berekenen van de materiaalstromen in het behoeftzame scenario, wordt de productie als uitgangspunt genomen in combinatie met dezelfde

gebouwprofielen die zijn gehanteerd in het business-as-usual scenario. Tevens nemen we aan dat het aandeel biobased en hybride productie toeneemt, van gemiddeld 5% in 2030 naar zo'n 15% in 2050 van de totale productie. Figuren 9.7 en 9.8 tonen de in- en uitstroom van materialen in de steekjaren en de instroom naar B&U-activiteit in het behoeftzame scenario.

Figuur 9.7. Massa in en uitstroom van materialen in de B&U, behoeftzaam, alle peiljaren (in Mton) - boven. Instroom per activiteit van materialen in de B&U, behoeftzaam, alle peiljaren (in Mton) - onder.



Tabel 9.8. Massa instroom van materialen, behoedzaam scenario per activiteit alle jaren (in Mton).

	Instroom				Uitstroom			
	2023	2030	2040	2050	2023	2030	2040	2050
Beton	19.503	18.567	11.175	7.746	2.859	3.682	4.114	4.264
Staal & IJzer	1.439	1.257	818	691	303	379	438	470
Baksteen	905	949	578	348	337	403	425	436
Zand	829	833	490	281	135	169	184	191
Gips	824	912	571	341	130	156	176	187
Hout	473	470	421	353	238	284	311	321
Isolatie	438	431	379	379	153	190	215	230
Mortel	409	427	265	165	153	182	193	198
Elektronica	329	189	136	215	11	12	87	226
Kalkzandsteen	326	348	299	280	262	305	320	325
Keramiek	236	254	197	155	110	125	136	143
Glas	181	192	200	193	144	158	176	191
Steen	160	168	182	189	19	24	25	26
Kunststoffen	74	72	62	59	35	39	46	51
Aluminium	69	48	40	50	10	12	25	47
Dakbitumen	34	34	33	34	19	22	24	25
Lijm en verf	33	36	35	32	20	23	25	26
Koper	16	15	13	12	6	7	8	9
Overige metalen	7	8	7	7	4	5	5	6
Papier	5	5	3	3	1	2	2	2
Totaal	26.290	25.214	15.903	11.533	4.947	6.176	6.935	7.374

Bron: EIB, Structural Collective.

Tabel 9.9. Theoretische matchingspercentage van specifieke materiaalstromen scenario behoedzaam in massa (kg).

	Match 2023	Match 2030	Match 2040	Match 2050
Beton	15%	20%	37%	55%
Staal & IJzer	21%	30%	54%	68%
Baksteen	37%	42%	74%	125%
Zand	16%	20%	38%	68%
Gips	16%	17%	31%	55%
Hout	50%	60%	74%	91%
Isolatie	35%	44%	57%	61%
Mortel	37%	43%	73%	120%
Elektronica	3%	6%	64%	105%
Kalkzandsteen	80%	88%	107%	116%
Keramiek	47%	49%	69%	92%
Glas	80%	82%	88%	99%
Steen	12%	14%	14%	14%
Kunststoffen	47%	54%	74%	87%
Aluminium	15%	24%	63%	94%
Dakbitumen	55%	63%	73%	74%
Lijm en verf	60%	63%	72%	82%
Koper	36%	45%	64%	78%
Overige metalen	59%	65%	78%	83%
Papier	31%	34%	52%	75%
Gewogen gemiddelde	19%	24%	44%	64%

Bron: EIB, Structural Collective.

De ontwikkeling van de bruto materiaalstromen wordt voornamelijk gedreven door de afname in nieuwbouw

Met name door de dalende productie bewegen de in- en uitstromende materiaalhoeveelheden richting 2050 steeds dichter naar elkaar toe in het behoedzame scenario. Na 2030 zet een sterke daling van de totale materiaalvraag in en halveert de instroom richting 2050 zelfs ten opzichte van 2023. Hoewel nieuwbouw binnen deze stromen de dominante factor blijft, laat deze categorie ook de sterkste krimp zien. Het relatieve belang van herstel en verbouw binnen de totale materiaalstroom neemt ruim toe, van ca 18% in 2030 naar bijna 40% in 2050. Dit hangt met name samen met beperkte demografische ontwikkelingen, waardoor de vraag naar nieuwe gebouwen afneemt en herstel en verbouwactiviteiten een groter aandeel krijgen.

Vraag en aanbod groeien over de gehele linie naar elkaar toe

Tabel 9.8 en 9.9 laten de instroom en uitstroom op materiaalniveau in het behoedzame scenario zien, evenals de matchingspercentages. De theoretische match verschuift van 19% naar 64% (gewogen gemiddelde over alle materialen). Vooral de gemodelleerde verschuiving bij steenachtige constructiematerialen, zoals baksteen en kalkzandsteen, is opvallend; deze stromen benaderen of overschrijden zelfs de 100%. Dit wordt mede veroorzaakt door de toename van biobased en hybride gebouwen (waarin minder steenachtige materialen worden toegepast), terwijl deze materialen wel vrij blijven komen uit de sloop van oudere gebouwen.

Uitschieter: elektronica en aluminium door vervanging van zonnepanelen

De grootste uitschieters zijn elektronica en aluminium, die stijgen van respectievelijk 3% naar 105% en van 15% naar 94%. Deze toename wordt vrijwel volledig veroorzaakt door de vervangingsopgave van zonnepanelen. PV-systemen zijn verantwoordelijk voor ongeveer 93% van de uitstroom binnen elektronica en circa 60% binnen aluminium, waardoor in 2050 een aanzienlijk secundair aanbod ontstaat dat de vraag zelfs overstijgt.

9.3.3 MKI en CO₂: Scenario behoedzaam

Milieubelasting: een afwijkend beeld ten opzichte van massa.

In vergelijking met de massastromen laat de milieubelasting een wezenlijk ander beeld zien. In dit scenario daalt de totale milieubelasting aanzienlijk tussen 2023 en 2030, waarna de daling tot 2040 afvlakt. Richting 2050 is echter weer een sterke stijging zichtbaar, gedreven door herstel en verbouwactiviteiten.

Ontwikkeling van de MKI in het behoedzame scenario

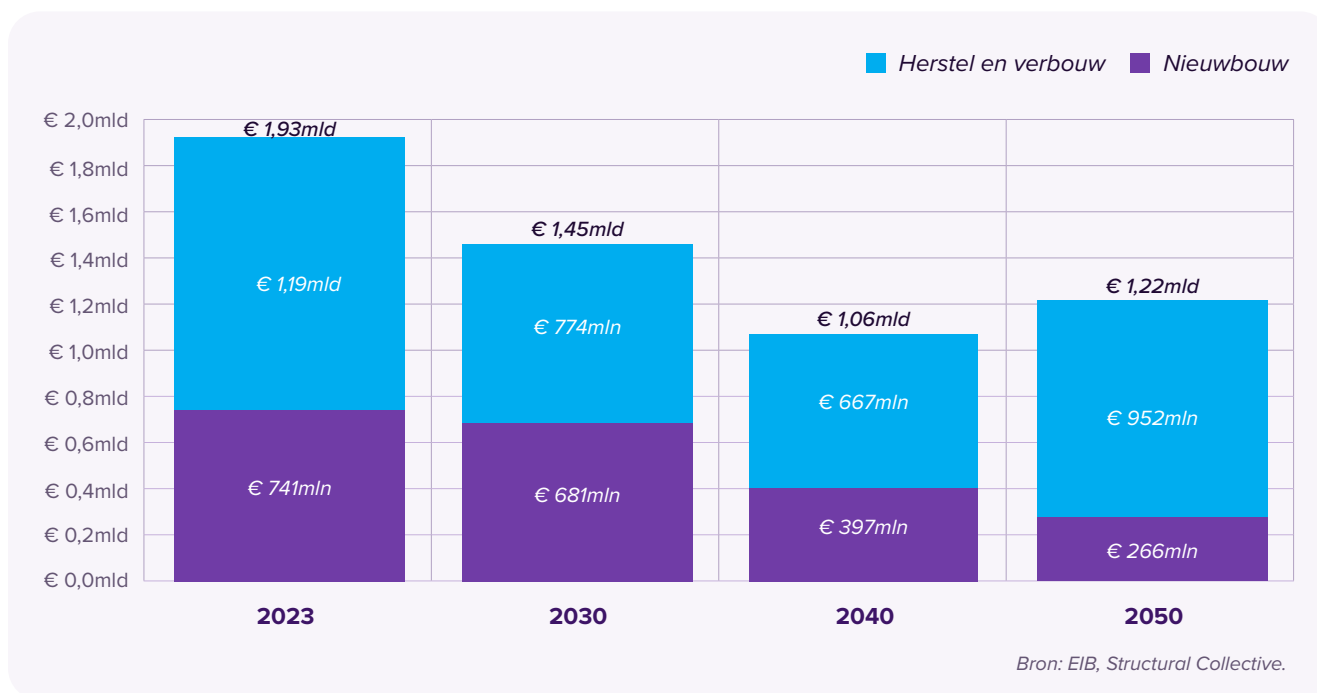
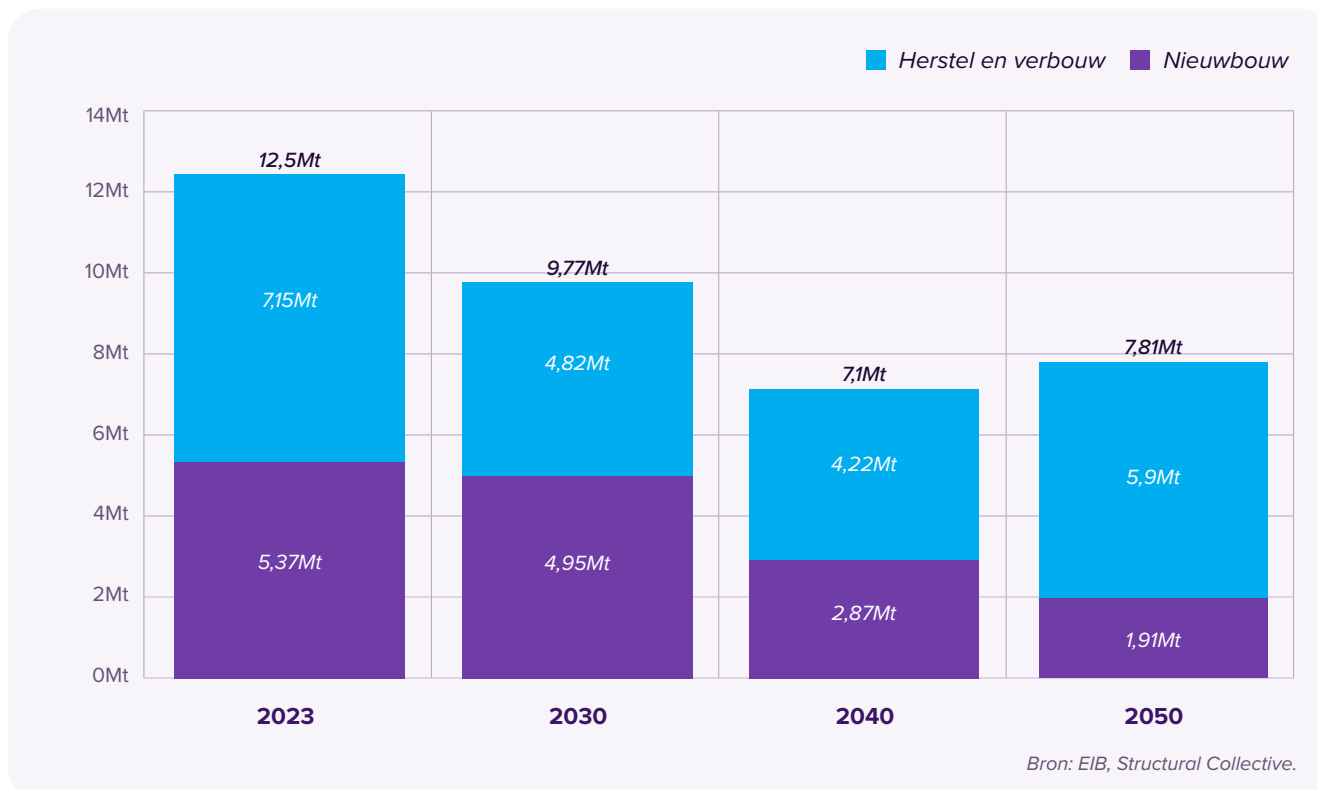
In het behoedzame scenario daalt de totale MKI sterker dan in het business-as-usualscenario. In 2023 ligt de MKI nog op circa €1,93 miljard, maar richting 2030 daalt deze naar €1,45 miljard, vooral door het teruglopen van de nieuwbouwvolumes. In 2040 zakt de MKI verder naar circa €1,1 miljard. Tegen 2050 stabiliseert de MKI op circa €1,2 miljard, waarbij herstel en verbouw duidelijk de dominante bron van milieudruk wordt. Nieuwbouw neemt in dit scenario aanzienlijk sneller af dan onder BAU: de MKI van nieuwbouw is in 2050 ongeveer een derde van de MKI in 2023.

Vervangingsgolf zonnepanelen drijft impact weer omhoog in 2050

De trend in het behoedzame scenario wordt vooral bepaald door de categorie herstel en verbouw en daarin specifiek door de installatiesector. De duidelijke stijging in 2050 komt vrijwel volledig door de grootschalige vervanging van zonnepanelen als onderdeel van de elektrotechnische installaties. Daarna volgen het groot onderhoud van bedrijfshallen en kantoren, de verbeteringen van huurwoningen en vervolgens de verduurzaming van koopwoningen.

Ontwikkeling van de CO₂-uitstoot in het behoedzame scenario

De CO₂-uitstoot volgt een vergelijkbaar patroon (*Figuur 9.10*). De totale materiaalgebonden uitstoot neemt af van circa 12,5 Mton in 2023 naar ongeveer 9,8 Mton in 2030 en 7,1 Mton in 2040. Ten opzichte van het BAU-scenario blijft de uitstoot in 2050 relatief laag (circa 7,8 Mton), doordat de omvang van de nieuwbouw structureel lager blijft. Ook hier verschuift het zwaartepunt van de uitstoot richting herstel en verbouw: in 2050 is circa 75% van de uitstoot afkomstig uit renovatie- en vervangingsactiviteiten. Nieuwbouw zakt in dit scenario naar minder dan 2 Mton CO₂ in 2050.

Figuur 9.9. Totale MKI per activiteit in de B&U, behoedzaam, alle peiljaren (in mld euro).**Figuur 9.10.** Totale CO₂ per activiteit in de B&U, behoedzaam, alle peiljaren (in Mton).

9.4 DYNAMISCH SCENARIO

Het dynamische scenario verklaart de productie in woningbouw en utiliteitsbouw, net als de andere scenario's, vanuit de bevolkingsomvang en leeftijdsopbouw, huishoudensgroei, ontwikkeling van de beroepsbevolking en economische groei. Net als voor de andere scenario's geldt, zijn de productiecijfers tot 2030 gelijk. Verder is 'Toekomstverkenning WLO. Vier scenario's voor Nederland in 2040, 2050 en 2060' (WLO) wederom gebruikt voor het scenario, waarbij zo veel mogelijk is aangesloten bij het 'Hoog-scenario' uit deze publicatie. De BBP-groei bedraagt net als in het Hoog-scenario van WLO 2,1%, waarmee deze groei relatief groot is ten opzichte van het behoedzame en business-as-usual scenario (resp. 0,5% en 1,1%). De ontwikkeling van de bevolkingsopbouw naar leeftijd is daarbij gevolgd. Voor de verduurzamingsramingen is gebruikgemaakt van de publicatie 'Klimaatambities in de gebouwde omgeving' van het EIB. In het dynamische scenario wordt uitgegaan van een aardgasvrije omgeving in 2055. In het BAU-scenario was dit 2060.

De huishoudensgroei is richtinggevend voor de uitbreidingsnieuwbouw in de woningbouw. Hiervoor is de bovengrens van het 67%-interval van de meest recente prognoses van het CBS gebruikt.¹²⁶ In dit scenario loopt de huishoudensgroei eveneens geleidelijk terug, maar het tempo ligt merkbaar lager dan in de andere

scenario's. De gemiddelde jaarlijkse toename bedraagt zestigduizend huishoudens in de periode van 2030 tot 2040 (45.900 in 2040) en ruim veertigduizend van 2040 tot 2050 (28.500 in 2050).

De bevolking groeit in het dynamische scenario stevig door met circa honderdduizend personen per jaar tussen 2030 en 2050. Dat is in totaal ongeveer twee miljoen mensen. Ondanks deze hoogste groei van de drie scenario's blijft de gemiddelde jaarlijkse bevolkingsgroei over 2030 tot 2050 duidelijk onder het tempo van de periode 2023 tot 2030.

Het aantal en het aandeel tachtigplussers nemen tot en met 2050 sterk toe. In combinatie met een relatief hoge toename van de welvaart, met een bbp dat gemiddeld met 2,1 procent per jaar groeit, zorgt dit voor een relatief grote groei van de productie van zorggebouwen. Ook de vraag naar onderwijsgebouwen neemt toe. De leerlingenpopulatie groeit in de periode 2030 tot 2050 met ruim zeshonderdduizend personen.

Deeconomischeontwikkelingvergrootdeinvesteringsruimte voor kwaliteit, uitbreiding en verduurzaming, zowel bij de overheid als in het bedrijfsleven. De behoefte aan nieuwe kantoren wordt vooral bepaald door de groei van de beroepsbevolking. Die neemt in dit scenario het meest toe van de drie scenario's, met name door het relatief hoge aantal werkenden in het WLO-scenario.

Tabel 9.10. Uitgangspunten in het dynamisch scenario.

Onderwerp	Dynamisch	
	2040	2050
BBP groei	2,1%	2,1%
Bevolkingsomvang	19,7 mln	20,6 mln
Huishoudensgroei	45.900	28.500

9.4.1 Productie in het dynamisch scenario

Woningbouw blijft lang op hoog niveau door hoge bevolkingsgroei en welvaartstoename

In Figuur 9.11 staat voor het dynamische scenario de woningniewbouw en sloop in aantallen over 2030 tot en met 2050. Tussen 2030 en 2040 neemt de jaarlijkse nieuwbouw licht af, met minder dan 1.000 woningen per jaar. Vanaf 2040 drukt de lagere huishoudensgroei de productie verder omlaag. In 2030 worden ruim 83.000 nieuwbouwwoningen opgeleverd, in 2050 nog circa 65.000 per jaar.

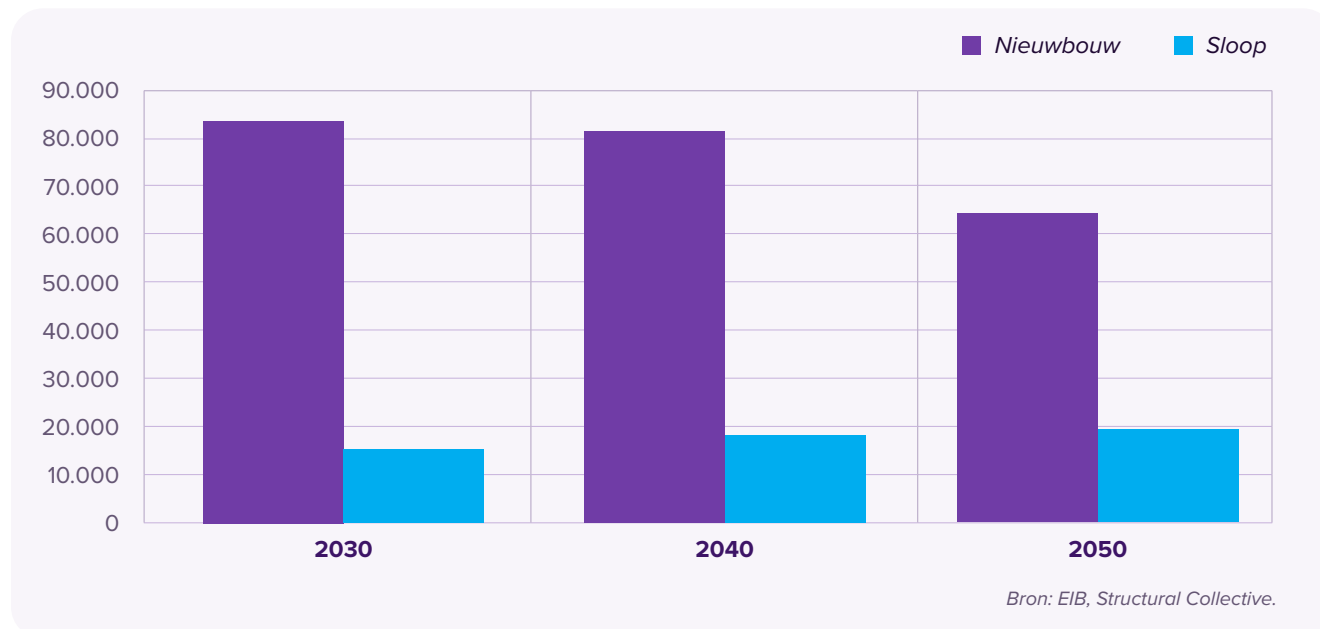
Ook de sloop neemt in dit scenario geleidelijk toe. De stijging is sneller en groter dan in de andere scenario's, omdat bij een hoger welvaartsniveau woningen die aan renovatie of vervanging toe zijn traditioneel eerder worden gesloopt.

Herstel en verbouwing, exclusief verduurzaming, groeit in het dynamische scenario het snelst. Ten opzichte van 2030 ligt herstel en verbouw (exclusief verduurzaming) in 2040 22 procent hoger en in 2050 41 procent hoger.

Snellere verduurzaming van gebouwde omgeving door hoger welvaartsniveau

Door de relatief hoge welvaartsgroei en klimaatambities in het dynamische scenario versnelt de verduurzaming in de bestaande woningbouw. Ambities worden sneller omgezet in investeringen, waardoor de vraag naar warmtepompen, stadsverwarming en isolatie sterker oploopt dan in de andere scenario's. In de onderstaande tabel is deze versnelling zichtbaar voor de periode tot 2050.

Figuur 9.11. Sloop en nieuwbouw in de woningbouw voor 2030, 2040 en 2050, dynamisch (in aantallen woningen).



Tabel 9.11. Duurzaamheidsproductie voor de bestaande woningbouw, dynamisch (meerdere eenheden).

	2030	2040	2050
Zonnepanelen (vermogen in Mw)	1.020	1.300	1.920
Warmtepomp (aantal)	176.200	359.700	353.700
Afleverst stadsverwarming (aantal)	64.200	221.000	220.000
CV-ketel (aantal)	297.000	15.800	15.000
Airco (aantal)	89.100	87.400	92.200
Zonneboiler (m² collectoroppervlak)	20.900	21.900	21.400
Isolatiemateriaal (1.000 m²)	33.700	49.100	40.500
Isolerend glas (1.000 m²)	3.800	4.300	4.700

Bron: EIB, Structural Collective.

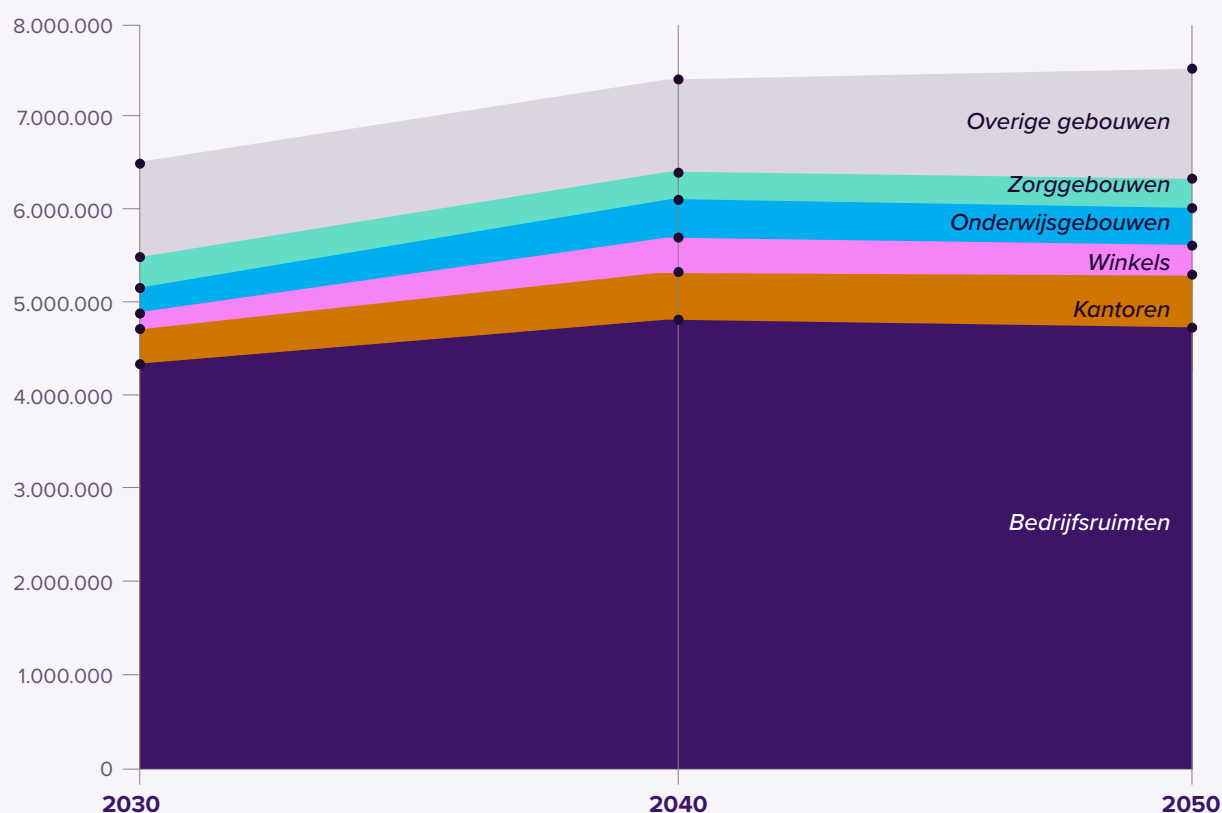
Het jaarlijks geïnstalleerde vermogen aan zonnepanelen stijgt in 2040 en 2050. Door extra nieuwe aanleg in dit scenario ligt het vermogen in 2040 al boven het niveau van 2030. In 2050 stuwt de vervangingsvraag de productie verder omhoog.¹²⁷

Het aantal geplaatste warmtepompen groeit het snelst en bereikt het plafond al in 2040, net als het aantal afleversets voor stadsverwarming, aangezien Nederland in dit scenario in 2055 aardgasvrij is. De installatie van cv-ketels is het laagst, juist omdat de hogere welvaarts-groei meer vaart geeft aan de klimaatdoelen voor de gebouwde omgeving. De hoeveelheid isolatiemateriaal neemt eveneens toe. Voor isolerend glas en zonneboilers zijn de cijfers in de drie scenario's gelijk of vrijwel gelijk.

Hogere welvaart en bevolkingsgroei stuwt vraag naar nieuwe utiliteitsgebouwen

Het dynamische scenario is het enige scenario waarin de utiliteitsbouw niet afneemt in productie en zelfs in niveau stijgt richting 2040 en 2050. De toename komt voort uit de sterke toename van de welvaart, de hoge bevolkingsgroei en het relatief grotere aandeel van de beroepsbevolking vergeleken met de gehele bevolking. Tezamen zorgen deze factoren vooral van 2030 tot 2040 voor een grote absolute toename van de gebouwde bedrijfsruimtes en kantoren. De grootste relatieve toename is zichtbaar bij winkels en kantoren. Vanaf 2040 stabiliseert de groei grotendeels.

Figuur 9.12. Utiliteitsbouw, nieuwbouwproductie per type voor 2030, 2040 en 2050, dynamisch (in m²).



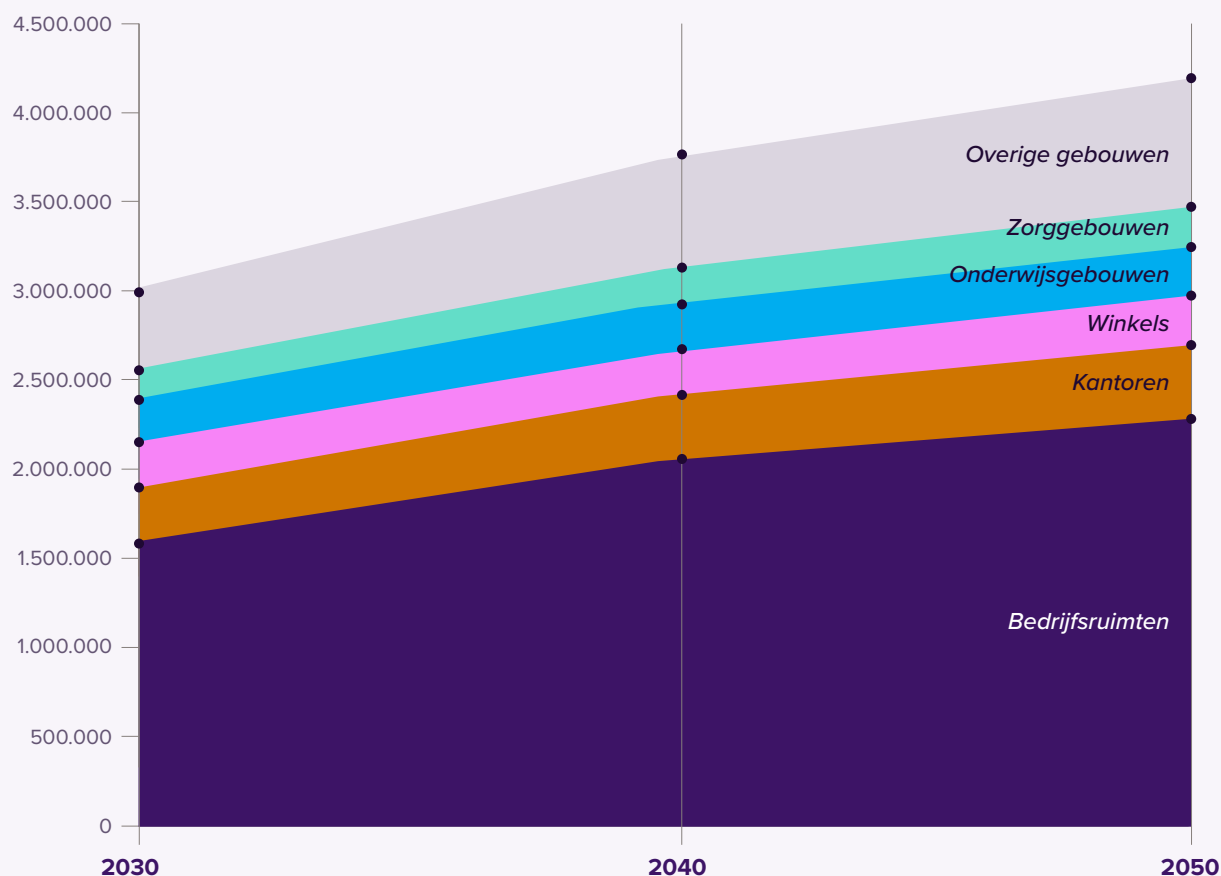
Bron: EIB, Structural Collective.

Hogere welvaart leidt tot meer sloop

Zoals beschreven bij de woningbouwcijfers van dit scenario leidt hogere welvaart over het algemeen eerder tot de sloop van een gebouw als deze aan vervanging of renovatie toe is. Deze economische regel is tevens van toepassing

op de utiliteitsbouw, waar bedrijven en overheden in het dynamische scenario sneller kiezen voor het slopen van een gebouw vergeleken met de andere scenario's, zie de Figuur hieronder. De toename in de sloop van utiliteitsgebouwen vindt zowel in absolute als relatieve zin voornamelijk plaats bij bedrijfsruimtes en overige gebouwen.

Figuur 9.13. Utiliteitsbouw, sloop per type voor 2030, 2040 en 2050, dynamisch (in m²).



Bron: EIB, Structural Collective.

Hogere bbp-groei leidt ook voor utiliteitsbouw tot snellere verduurzaming

Door de hogere bbp-groei in het dynamische scenario neemt het welvaartsniveau bij bedrijven en overheden toe. Daardoor is er meer ruimte om te investeren in een snellere verduurzaming van de gebouwde omgeving. In 2050 ligt het jaarlijks geïnstalleerde vermogen aan zonnepanelen op bestaande utiliteitsgebouwen

zelfs boven het niveau van 2023. Het vermogen aan geplaatste warmtepompen groeit in dit scenario eveneens sneller en ligt in 2050 hoger dan in de andere scenario's. Daarmee daalt het aantal geplaatste cv-ketels van meer dan 35.000 in 2030 naar 1.900 in 2040. Ook wordt er meer en sneller isolatiemateriaal toegepast. De veranderingen tussen 2030 en 2050 in de jaarlijkse installatie van airco's, isolerend glas en zonneboilers zijn in de drie scenario's vrijwel gelijk.

Tabel 9.12. Duurzaamheidsproductie voor de bestaande utiliteitsbouw, dynamisch scenario (meerdere eenheden).

	2030	2040	2050
Zonnepanelen (vermogen in Mw)	1.050	1.320	1.860
Warmtepomp (aantal)	490	1.270	1.780
Afleverstadsverwarming (aantal)	35.300	1.900	1.800
CV-ketel (aantal)	24.300	20.500	11.000
Airco (aantal)	11.300	14.800	16.500
Zonneboiler (m² collectoroppervlak)	7.100	11.000	11.900
Isolatiemateriaal (1.000 m²)	410	440	460
Isolerend glas (1.000 m²)	3.800	4.300	4.700

Bron: EIB, Structural Collective.

Houtbouw prognoses

In tabel 9.13 zijn de aangenomen marktaandelen voor het dynamische scenario uiteengezet, waarbij rekening is gehouden met een versnelde marktadoptie. Dit scenario gaat uit van een versnelde transitie. Hierbij wordt verondersteld dat stringenter beleid, sterkere marktprikkels (zoals een hogere CO₂-beprijzing) en een gunstig investeringsklimaat de opschaling van geïndustrialiseerde houtbouw aanjagen. Het is belangrijk te benadrukken dat

deze cijfers geen sectorprognoses vertegenwoordigen, maar dienen te worden geïnterpreteerd als verkennende inschattingen van mogelijke marktbevingen.

In dit scenario hanteren we een snellere marktpenetratie, met name bij grondgebonden woningen en hybride toepassingen in de gestapelde bouw. Voor volledig houten appartementen (dominant biobased) blijft de groei ook in dit scenario getemperd door technische en regulatoire randvoorwaarden.

Tabel 9.13. Marktaandeel (%) van nieuwbouwwoningen met een 'houtbouw profiel', voor het Dynamische scenario.

Typologie	Profiel	2023	2030	2040	2050
 Woningbouw					
Rijtjeswoningen	Dominant biobased	2%	10%	20%	35%
Hoekwoning	Dominant biobased	4%	10%	20%	35%
Vrijstaand	Dominant biobased	10%	10%	25%	40%
Appartementen	Dominant biobased	4%	5%	10%	15%
Appartementen	Hybride	2%	10%	20%	35%

Typologie	Profiel	2023	2030	2040	2050
 Utiliteitsbouw					
Overige utiliteitsbouws	Dominant biobased	1%	2%	5%	10%
Kantoren	Hybride	2%	8%	12%	15%

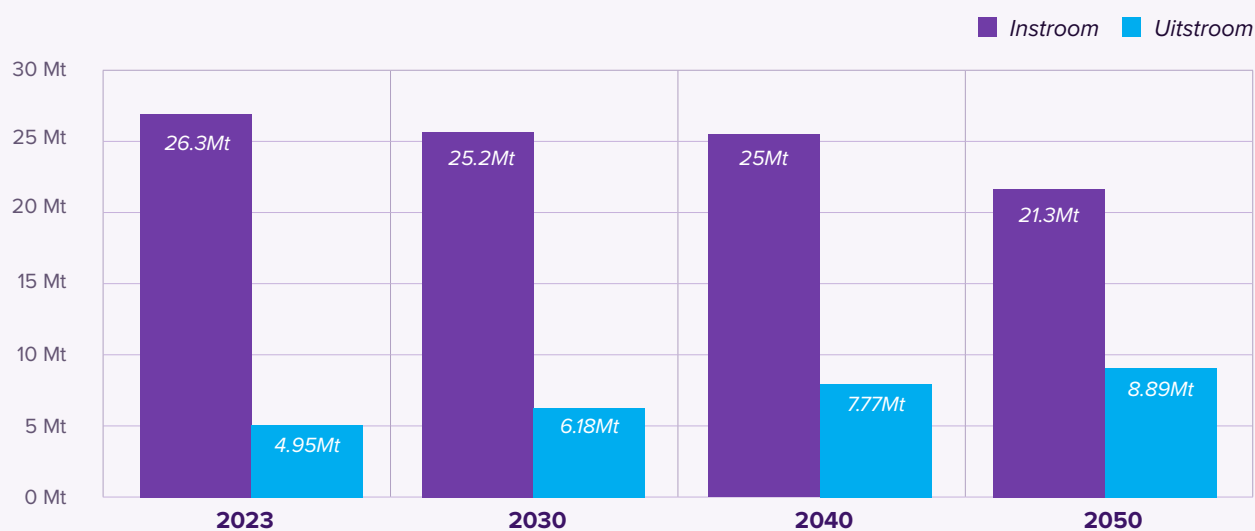
Bron: EIB, Structural Collective.

9.4.2 Materiaalstromen - scenario dynamisch

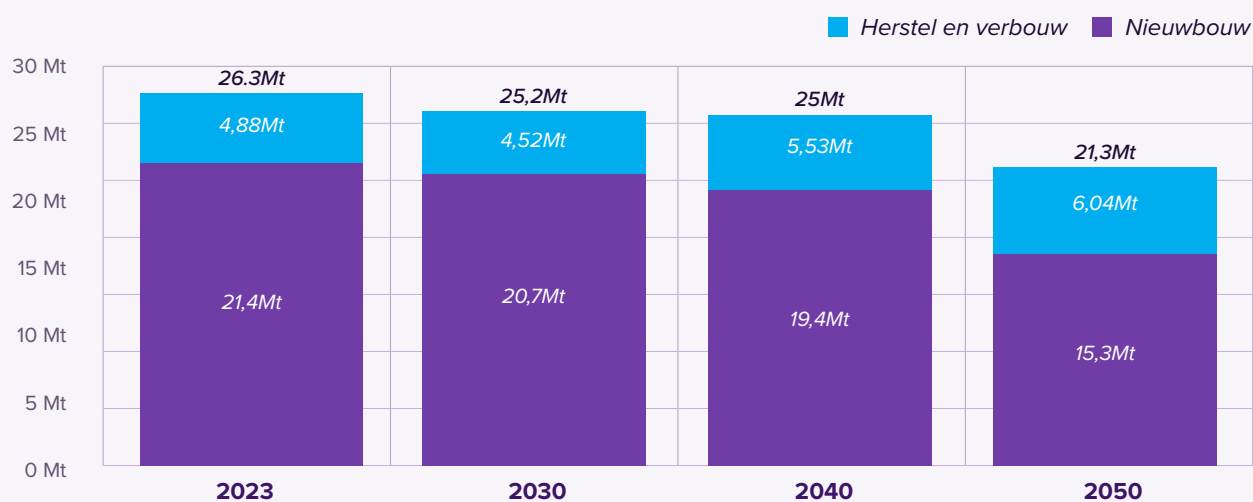
Voor het berekenen van de materiaalstromen van de verscheidene scenario's, wordt de productie wederom vermenigvuldigd met dezelfde gebouwprofielen die zijn gehanteerd in het business-as-usual scenario. Tevens

neemt het aandeel biobased en hybride productie toe volgens de bovenstaande tabel. Daarnaast wordt aangenomen dat er vanaf 2030 uitsluitend BENG woningen worden gerealiseerd in de nieuwbouw, waardoor er hogere isolatiewaarden worden behaald. De massa aan instromende en uitstromende materialen in het dynamische scenario is weergegeven in Figuur 9.14.

Figuur 9.14. Instroom en uitstroom van materialen, alle peiljaren, dynamisch (in Mton) - boven. Instroom per activiteit van materialen, alle jaren, dynamisch (in Mton) - onder.



Bron: EIB, Structural Collective.



Bron: EIB, Structural Collective.

De ontwikkeling van de bruto materiaalstromen blijft nagenoeg gelijk tussen 2030 en 2040, en dalen licht in 2050

In vergelijking met de andere scenario's, blijft de bouwproductie, en daarmee de instroom van materialen, hoog. Ook hier wordt het algemene beeld voornamelijk gedreven door de nieuwbouw, die met 21 Mton 2023 ca 80% van de materiaalstromen voor de rekening neemt, en licht vermindert naar 15 Mton in 2050 (70% van de totale instroom in 2050).

In tegenstelling tot in het behoedzame scenario, blijft het gat tussen in- en uitstroom groot met ca. 12,4 Mton aan materiaal

Ondanks dat de massa die vrijkomt uit sloop en herstel en verbouw in 2050 in het dynamisch scenario aanzienlijk hoger is dan in het behoedzame scenario (8,9 Mton in

het dynamische scenario, 7.3 Mton in het behoedzame scenario), is het gat tussen vraag en aanbod in het dynamisch scenario aanzienlijk groter. De instroom is in het dynamische scenario in 2050 bijna twee keer zo groot als in het behoedzame scenario (tabel 9.14). De match tussen vraag en aanbod ligt ook aanzienlijk lager in dit scenario (tabel 9.15).

Net als in 'behoedzaam' sterke toename in matching bij elektronica en aluminium

Net als in het behoedzame scenario zorgt de vervangingsopgave van zonnepanelen voor een hoge match bij elektronica en aluminium. Deze groei in de matching is echter minder sterk dan in het behoedzame scenario, omdat in het dynamische scenario de productie van zonnepanelen aanzienlijk hoger ligt. Ook de productie van warmtepompen ligt hoger in dit scenario, wat de matching lager houdt.

Tabel 9.14. Massa materiaalstromen, dynamisch, alle peiljaren (in kton).

	Instroom				Uitstroom			
	2023	2030	2040	2050	2023	2030	2040	2050
Beton	19.503	18.567	17.826	14.687	2.859	3.682	4.639	5.233
Staal & IJzer	1.439	1.257	1.294	1.193	303	379	483	565
Baksteen	905	949	853	637	337	403	478	525
Zand	829	833	807	640	135	169	209	234
Gips	824	912	939	803	130	156	201	235
Hout	473	470	738	852	238	284	343	385
Isolatie	438	431	524	502	153	190	249	259
Mortel	409	427	390	299	153	182	217	239
Elektronica	329	189	230	302	11	12	88	231
Kalkzandsteen	326	348	391	401	262	305	356	389
Keramiek	236	254	265	246	110	125	152	174
Glas	181	192	232	230	144	158	180	198
Steen	160	168	213	243	19	24	28	31
Kunststoffen	74	72	80	83	35	39	50	60
Aluminium	69	48	55	67	10	12	26	50
Dakbitumen	34	34	41	45	19	22	26	30
Lijm en verf	33	36	47	51	20	23	27	31
Koper	16	15	16	17	6	7	9	11
Overige metalen	7	8	9	9	4	5	6	7
Papier	5	5	5	4	1	2	2	2
Totaal	26.290	25.214	24.956	21.313	4.947	6.176	7.769	8.889

Bron: EIB, Structural Collective.

Tabel 9.15. Theoretische matching van specifieke materiaalstromen, scenario dynamisch (in massa kg).

	Match 2023	Match 2030	Match 2040	Match 2050
Beton	15%	20%	26%	36%
Staal & IJzer	21%	30%	37%	47%
Baksteen	37%	42%	56%	82%
Zand	16%	20%	26%	37%
Gips	16%	17%	21%	29%
Hout	50%	60%	46%	45%
Isolatie	35%	44%	48%	52%
Mortel	37%	43%	56%	80%
Elektronica	3%	6%	38%	77%
Kalkzandsteen	80%	88%	91%	97%
Keramiek	47%	49%	57%	71%
Glas	80%	82%	78%	86%
Steen	12%	14%	13%	13%
Kunststoffen	47%	54%	62%	72%
Aluminium	15%	24%	47%	76%
Dakbitumen	55%	63%	65%	67%
Lijm en verf	60%	63%	59%	61%
Koper	36%	45%	53%	65%
Overige metalen	59%	65%	69%	75%
Papier	31%	34%	41%	53%
Gewogen gemiddelde	19%	24%	31%	42%

Bron: EIB, Structural Collective.

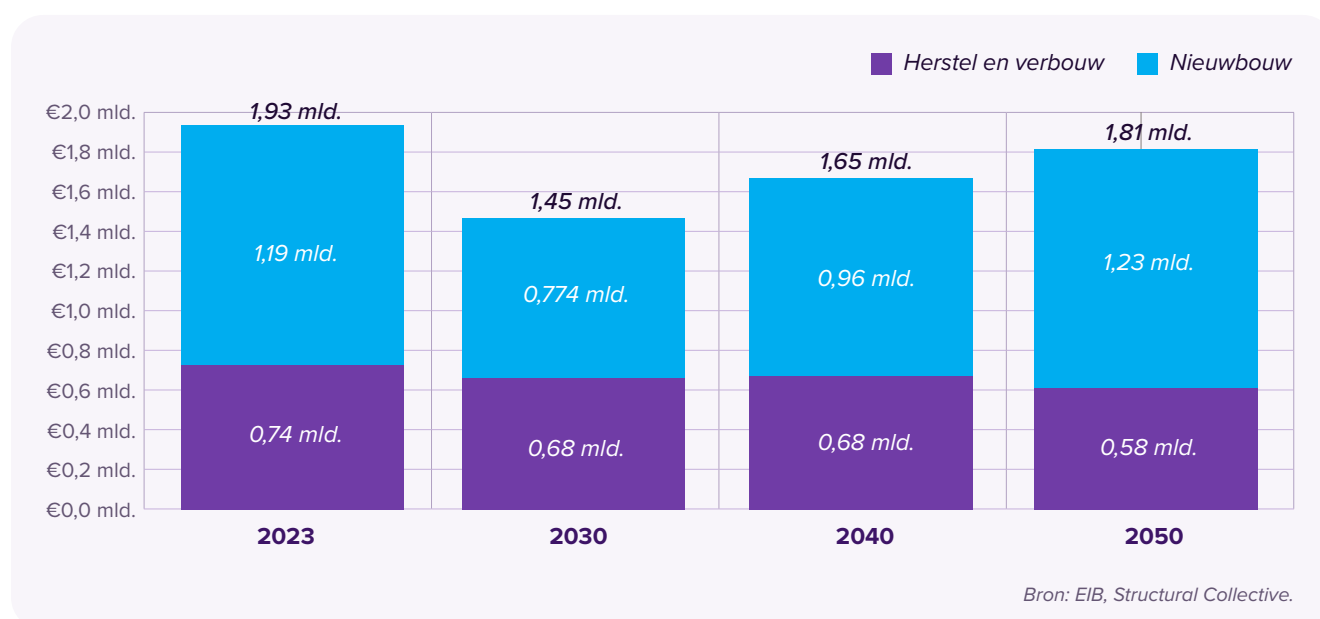
9.4.3 MKI en CO₂ - scenario dynamisch

In het dynamische scenario blijft de totale MKI na 2030 aanzienlijk hoger dan in het behoedzame scenario. In de periode na 2030 stijgt de MKI door naar circa €1,7 miljard in 2040 en €1,8 miljard in 2050. Dit betekent dat de MKI tegen 2050 weer bijna terug is op het niveau van 2023. Ter vergelijking: in het behoedzame scenario daalt de MKI in 2040 door tot circa €1,1 miljard en komt deze in 2050 slechts licht terug tot €1,2 miljard. Daarmee blijft de MKI in dat scenario structureel lager dan in 2023.

Hogere milieudruk door toenemende verduurzamingsactiviteiten in herstel en verbouw

De oorzaak van deze hogere MKI in het dynamische scenario ligt vooral in de grotere bouwproductie en de intensievere renovatie- en vervangingsopgave. De MKI van nieuwbouw blijft na 2030 hoger dan in het behoedzame scenario, omdat de volumes minder sterk dalen. Tegelijkertijd groeit de MKI van herstel en verbouw in het dynamische scenario sneller door versnelling in de energietransitie.

Figuur 9.15. Totale MKI per activiteit in de B&U, dynamisch, alle peiljaren (in mld euro).



Materiaalgebonden CO₂-uitstoot vertonen een duidelijk ander verloop

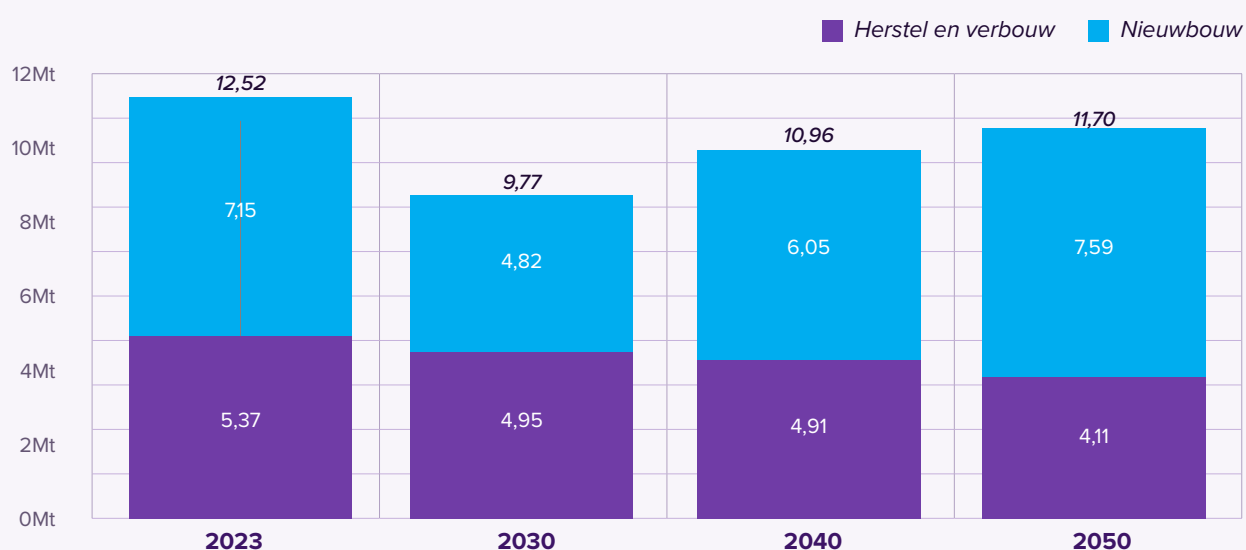
Waar in het behoedzame scenario de CO₂-uitstoot (en ook de MKI) zakt naar een minimum rond 2040, bereikt het dynamische scenario zijn laagste punt al in 2030. Vanaf dat moment vlakt de daling af en neemt de uitstoot weer toe, oplopend naar 11,0 Mton in 2040 en 11,7 Mton in 2050.

De samenstelling van de uitstoot ontwikkelt zich eveneens anders. Tussen 2040 en 2050 daalt de CO₂-

impact van nieuwbouw met 0,8 Mton, terwijl die van herstel en verbouw juist met 1,6 Mton stijgt. Dit is vooral het gevolg van een grotere en vroegere vervangingsgolf van installaties en PV-systemen, die in het dynamische scenario harder doorwerkt dan in het behoedzame.

In vergelijking met het behoedzame scenario is de dominantie van herstel en verbouw in 2050 wel kleiner, maar in absolute termen blijft de renovatieopgave in het dynamische pad de belangrijkste drijvende kracht van de toenemende CO₂-uitstoot richting 2050.

Figuur 9.16. Totale CO₂-uitstoot per activiteit in de B&U, dynamisch, alle peiljaren (in Mton).



Bron: EIB, Structural Collective.

IMPACT AIRCO'S EN LUCHT-LUCHT WARMTEPOMPEN

Airco's en lucht-lucht warmtepompen ontbreken in de bovenstaande analyses van materiaalstromen en milieubelasting. Om de impact te bepalen, biedt dit kader een verdiepende, indicatieve proportionaliteit analyse.

- **Basis LCA-Profielen:** De modelmatige impactberekening is gebaseerd op externe, Environmental Product Declarations (EPD's), de Daikin SkyAir Alpha Series EPD en de VRV 5 Heat Recovery Outdoor Unit EPD.
- **Kwantitatieve Kanttekening:** De berekende impactwaarden zijn niet exact NMD-conform, maar bieden een indicatie van de milieulast. De analyse focust primair op de fasen A1 tot A5.

CO₂ emissies

Tabel A.1 toont een relatief hoge, tijdelijke CO₂ -piek in 2023 met een geschat aandeel van 5% in de totale CO₂ emissies van de B&U-sector. Deze piek wordt verklaard door de hoge installatiegraad in de woningbouw in dat jaar. Dit aandeel rechtvaardigt de opname van lucht-lucht warmtepompen en airco's in toekomstige, volledig NMD-conforme analyses, ondanks de lagere emissies in de latere scenariojaren. Het is van belang voor beleidsmakers om deze categorie op te nemen voor een adequaat, gekwantificeerd beeld van de totale ingebedde CO₂ -emissies van de B&U-sector.

Tabel 9.16. Ingebedde CO₂ emissies A1-A5 voor airco's overzicht woning- en utiliteitsbouw (in kton).

Scenario	BAU	BAU	BAU	BAU	Behoedzaam	Behoedzaam	Dynamisch	Dynamisch
Jaar	2023	2030	2040	2050	2040	2050	2040	2050
Woningbouw	584	201	286	132	322	286	197	208
Utiliteit	43	59	49	26	49	49	49	26
Totaal	627	259	336	159	372	336	246	234
Aandeel airco's in het totaal van B&U	5%	2.5%	5%	1.5%	3.5%	3%	3.5%	3.0%

Bron: EIB, Structural Collective.

Hoofdstuk 10:

Decarbonisatie van de B&U - gevoeligheidsanalyse

Deze studie gaat uit van gelijkblijvende bouwwijzen en emissies van materialen in de tijd. Het is echter aannemelijk dat voor verscheidene materiaalstromen decarbonisatie van de productie en toeleveringsketens plaatsvindt. Hiertoe zijn ook verscheidene klimaatakkoorden geketend en transitieagenda's opgezet met sectorpartijen, zoals bijvoorbeeld het Bouwmaterialenakkoord. Aangezien de effecten van dergelijke akkoorden zich moeilijk laten

voorspellen, zijn dergelijke ambities buiten beschouwing gelaten in de initiële presentatie van de resultaten in de scenario's. In dit hoofdstuk komen de effecten van decarbonisatie als gevoeligheidsanalyses aan de orde. Dit biedt de mogelijkheid om de potentiële invloed van sectorale verduurzaming op de totale milieubelasting inzichtelijk te maken.

METHODIEK VOOR REDUCTIEBEPALING DOOR SECTORALE DECARBONISATIE

Voor het bepalen van de reducties door decarbonisatie worden de volgende stappen doorlopen:

1

Gebruik van categorie-3 data uit de NMD

De milieubelasting van elk bouwproduct is ontleend aan categorie-3 data uit de Nationale Milieudatabase (NMD). Ieder bouwproduct heeft daarbij een gedetailleerde materialisatie, zoals gerapporteerd in de categorie-3 documentatie. Een bouwproduct bestaat doorgaans uit meerdere materialen. Zo kan een houten trap bestaan uit: treden (hout), bevestigingsmiddelen (staal) en reling (hout of staal). Deze materialisaties zijn rechtstreeks overgenomen uit de NMD-rapportages.

2

Allocatie van Fase A-impact naar materialen

De totale Fase A-impact van het bouwproduct (A1–A3) is verdeeld over de afzonderlijke materialen op basis van proxies uit de NMD-database, Ecoinvent en de relatieve massa van elk materiaal in het product. Hierbij wordt de impact per kg uit de proxy gebruikt om de verdeling proportioneel te maken. Zo wordt de impact van bijvoorbeeld houtproductie en staalproductie naar rato toegewezen.

3

Toepassing van jaarlijkse reductiepercentages

Op basis van de toegewezen materiaaleffecten zijn jaarlijkse reductiepercentages toegepast. Hierdoor kan per materiaal binnen een product worden bepaald hoe de impact afneemt in lijn met de veronderstelde sectorale decarbonisatie.

Via deze werkwijze ontstaat een sectorbrede inschatting van de potentiële impactreductie door decarbonisatie. Een belangrijke beperking van deze methode is echter dat intrasectorale variatie niet wordt meegenomen. Zo kan het staal in een installatiebehuizing een ander productieproces doorlopen dan het staal dat wordt toegepast voor dragende liggers, terwijl beide binnen dezelfde materiaalcategorie vallen.

Voor meer uitleg van de specifieke decarbonisatiepaden verwijzen wij naar de methodologische bijlage.

Onderstaande gevoeligheidsanalyse laat het effect zien van de decarbonisatiepaden voor vijf bouwmaterialen in Nederland: beton, baksteen, glas, staal en minerale wol en het effect wanneer decarbonisatie voor alle materialen wordt meegerekend. De analyse is toegepast op de scenario's 'dynamisch' en 'behoedzaam', vanaf 2040 en 2050. Deze decarbonisatie is berekend bovenop de houtbouw ingroeipaden die in de bovenstaande hoofdstukken beschreven staan. Andere strategieën, zoals slimmer ontwerp met minder materialen, zijn niet meegenomen in deze decarbonisatie berekeningen.

De uitkomsten kunnen gezien worden als een combinatie van verschillende demografische en macro-economische variabelen en een meer of mindere mate van realisatie van duurzaamheidsambities.

Een 'dynamische' decarbonisatie, toegepast op het dynamische scenario, wordt gekenmerkt door een effectieve, hoge CO₂-prijs en proactieve overheidsinvesteringen in decarbonisatie. Een ambitieus en effectief klimaatbeleid, gericht op het bereiken van klimaatneutraliteit voor de EU en Nederland in 2050 ondersteunt het decarbonisatiepad. In deze analyse wordt gerekend met een vergaande decarbonisatie, met reducties van 90% in 2050.

Een 'behoedzame' decarbonisatie, toegepast op het behoedzame scenario, wordt gekenmerkt door kapitaalschaarste en inertia in de implementatie van beleidsdoelstellingen. In deze analyse is er sprake van een 'carbon lock-in'. De internationale klimaattransitie verloopt relatief traag, waardoor het doel van klimaatneutraliteit voor de EU en Nederland wordt uitgesteld tot 2075. De CO₂-prijs is significant lager en minder sturend binnen de analyse, waardoor de businesscase voor grootschalige, kapitaalintensieve investeringen in decarbonisatietechnologieën achterblijft. In deze analyse wordt gerekend met een lagere decarbonisatie van 30-40%, welke primair gedreven worden door incrementele, kosteneffectieve efficiëntieverbeteringen in plaats van systemische transformatie.

Globaal gezien wordt elke sector geconfronteerd met een dominante strategische uitdaging die een gedifferentieerde beleidsaanpak vereist. Hieronder beschrijven wij deze uitdagingen.¹²⁸

- **Staal:** De decarbonisatie leunt sterk op een technologische sprong van de hoogovenroute (BF-BOF) naar de waterstofgebaseerde DRI-EAF-route¹²⁹¹³⁰. Het succes van deze transitie is direct afhankelijk van enkele belangrijke overeenkomsten met de overheid en de Europese staalmarkt¹³¹.
- **Beton:** De strategie na 2030 wordt voorlopig sterk beïnvloed door een afhankelijkheid van Carbon Capture, Utilization & Storage (CCUS) om de procesemissies van cement aan te pakken¹³²¹³³. Het Betonakkoord hanteert een reductiedoel van circa 30% ingebedde CO₂ per m³ beton in 2030 t.o.v. 1990, met een ambitie van circa 49%. In het dynamische decarbonisatiepad wordt deze reductie tot 2030 bereikt zonder inzet van CCUS, vooral via aanpassing van mengselontwerpen en lagere emissiefactoren van bindmiddelen. De structurele kwetsbaarheid van dit pad ligt na 2030: verdere verlaging van MKI en CO₂ vraagt (voorlopig) om grootschalige innovatie in de cementketen en een hoge mate van afhankelijkheid van CCUS.
- **Baksteen:** De sector beschikt over een technologisch decarbonisatiepad (elektrificatie), maar heeft systematisch uitdagingen met de verspreide productielocaties, waardoor de transitie naar bijvoorbeeld waterstof bemoeilijkt wordt¹³⁴¹³⁵.
- **Glas:** Deze sector bezit een zekere mate van flexibiliteit doordat het over twee onafhankelijke decarbonisatiepaden beschikt: *procestransformatie* via de transitie naar elektrische smeltovens of smeltovens op basis van waterstof en productinnovatie met bijvoorbeeld vacuüm-geïsoleerd glas (VIG).
- **Minerale wol:** Voor minerale wol is de een effectieve strategie een combinatie van de transformatie van het energiesysteem door de overstap naar elektrische smeltovens, en procesinnovatie via de adoptie van bio-gebaseerde bindmiddelen¹³⁶¹³⁷.
- **Gemiddeld:** voor de materialen die hierboven niet genoemd zijn, wordt een gemiddelde decarbonisatie aangenomen die begint op 30% in 2030 en groeit naar 90% in 2050 in het dynamische scenario.

De waarden uit tabel 10.1 zijn ingeschat op basis van de bovenstaande uitdagingen, maar zijn aan grote onzekerheid onderhevig. Alle reductiepercentages zijn vanaf 2023 gerekend.

Tabel 10.1. Sectorale decarbonisatiepaden voor geselecteerde bouwmaterialen in Nederland in een 'behoedzaam' en 'dynamisch' scenario (%-reductie t.o.v. 2023).

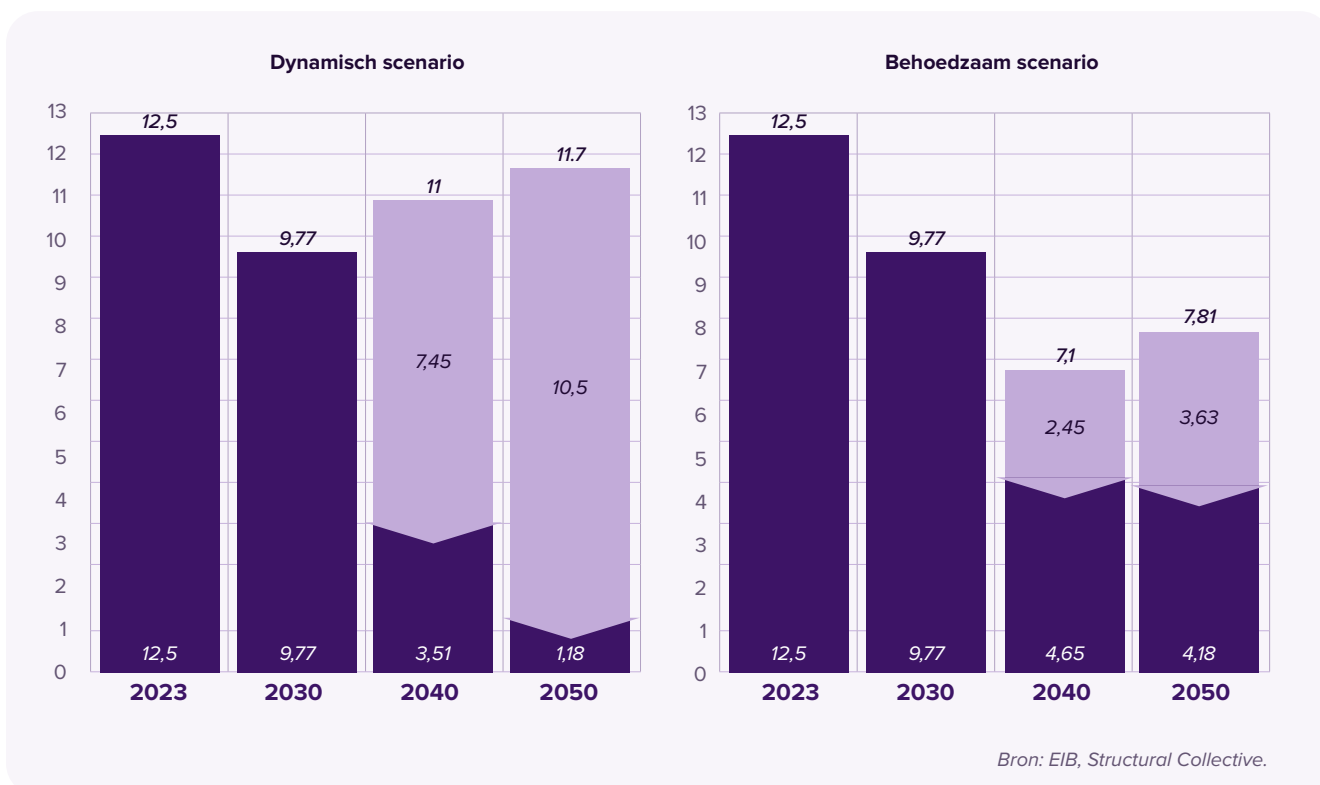
Materiaal	Scenario	2040	2050
Staal & IJzer	Behoedzaam	-40%	-50%
	Dynamisch	-70%	-90%
Beton	Behoedzaam	-30%	-50%
	Dynamisch	-65%	-85%
Baksteen	Behoedzaam	-25%	-40%
	Dynamisch	-70%	-90%
Glas	Behoedzaam	-25%	-35%
	Dynamisch	-55%	-90%
Isolatie	Behoedzaam	-35%	-50%
	Dynamisch	-75%	-95%
Gemiddeld	Behoedzaam	-35%	-45%
	Dynamisch	-65%	-90%

Bron: EIB, Structural Collective.

In lijn met de bovenstaande scenariostudies lopen de scenario's pas uiteen vanaf 2040. De uitkomsten van decarbonisatie zijn daarom pas vanaf 2040 meegenomen.

Op basis van de bovenstaande decarbonisatieaannames ontstaat het beeld van figuren 10.1 en 10.2.

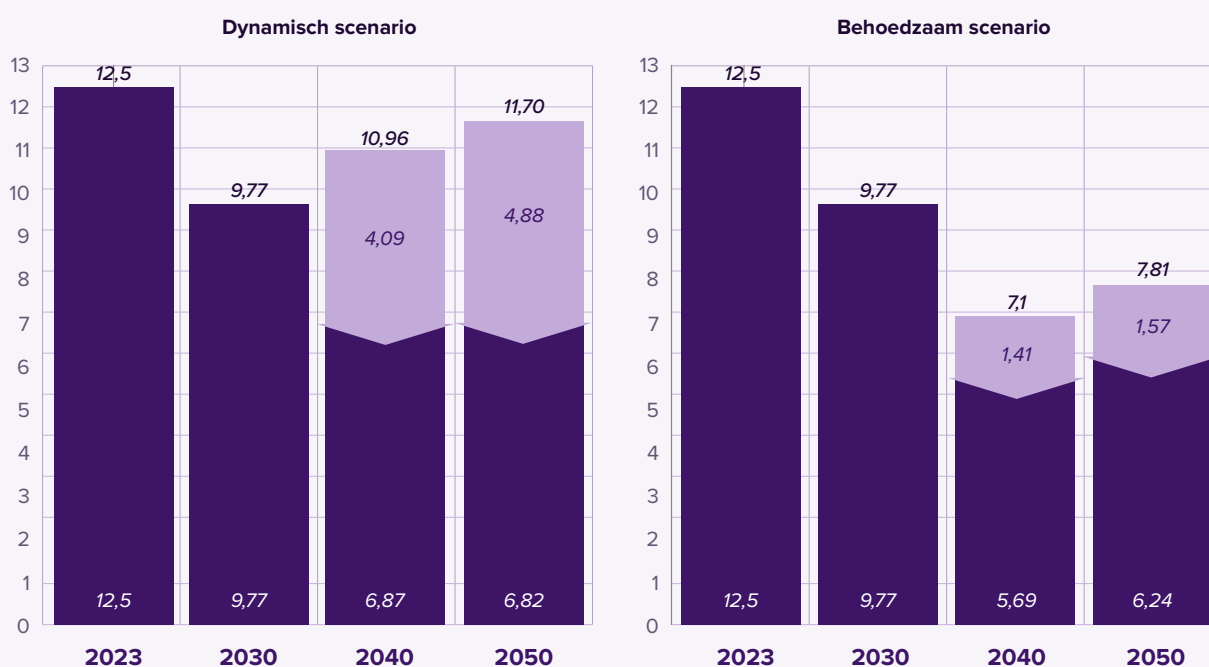
Figuren 10.1 en 10.2. Decarbonisatie contributie van alle materialen in scenario dynamisch en behoedzaam (donkerpaars: Mton CO₂, lichtpaars: reductie in CO₂). Links: scenario dynamisch inclusief dynamische decarbonisatie van alle materialen. Rechts: scenario behoedzaam, inclusief behoedzame decarbonisatie van alle materialen.



Voor beide scenario's hebben de decarbonisatiepaden een groot effect, dat min of meer in lijn is met de aangenomen reductie. In het behoedzame scenario vermindert de uitstoot van 7,8 Mton naar 4,2 Mton en in het dynamische scenario vermindert de impact van 11,7 Mton naar 1,2 Mton in 2050. Dit is echter voor een groot deel toe te schrijven aan de categorie "gemiddelde"

decarbonisatie, waar reducties van 45% (behoedzaam) en 90% (dynamisch) worden aangenomen. Wanneer wij enkel inzoomen op de geselecteerde materialen staal & ijzer, beton, baksteen, glas en isolatie, ontstaat het beeld uit figuren 10.3 en 10.4.

Figuren 10.3 en 10.4. Dearbonisatie contributie van Staal & IJzer, Beton, Baksteen, Glas, Isolatie. (Donkerpaars: Mton CO₂ lichtpaars: reductie in CO₂). Links: scenario dynamisch.



Bron: EIB, Structural Collective.

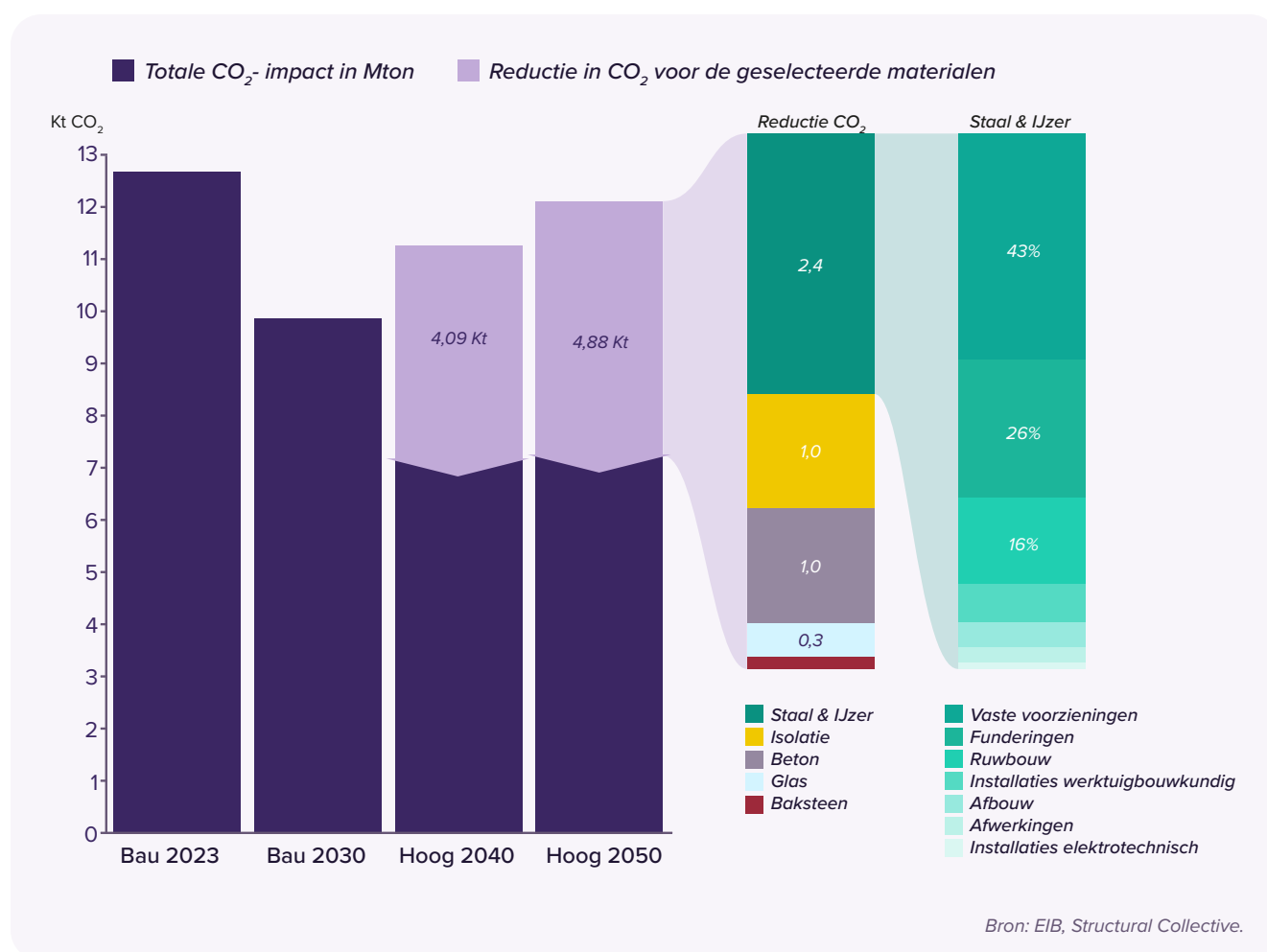
Wanneer uitsluitend de decarbonisatie van de geselecteerde materialen meenemen, valt de potentiële CO₂-reductie kleiner uit. In het behoedzame scenario daalt de materiaalgebonden CO₂-impact van 7,8 Mton naar 6,2 Mton in 2050, een reductie van circa 19%. In het dynamische scenario neemt de uitstoot af van 11,7 Mton naar 6,8 Mton, een reductie van ongeveer 42%. In dit laatste scenario wordt de stijgende materiaalimpact vrijwel volledig gecompenseerd door sterkere decarbonisatie, waardoor de totale impact in 2050 nagenoeg gelijk blijft aan het niveau van 2040.

Binnen het dynamische scenario is zichtbaar dat staal en ijzer in 2050 verreweg de grootste potentiële reductie

realiseren: circa 2,4 Mton, goed voor ongeveer 57% van het totaal (Figuur 10.5). Het grootste deel hiervan komt uit de ruwbouw (circa 43%) en funderingen (26%).

Beton en isolatie volgen met reducties van elk ongeveer 1 Mton wanneer de hoogste decarbonisatieniveaus worden bereikt. De relatief grote bijdrage van isolatie hangt samen met de hoge eindreductie (circa 95% in 2050, tegenover circa 85% voor beton). Vooral de toepassing van EPS binnen de verduurzamingsopgave van woningen vormt een substantieel impactgebied: in 2050 wordt alleen al bij herstel en verbouw circa 0,3 Mton CO₂ aan isolatiematerialen toegeschreven.

Figuur 10.5. Decarbonisatie contributie van **Staal & IJzer, Beton, Baksteen, Glas, Isolatie**. (Donkerpaars: Mton CO₂, lichtpaars: reductie in CO₂). Links: scenario dynamisch. Midden: verdeling van impact over materialen. Rechts: verdeling van impact van Staal en IJzer over functionele gebouwelementen.



Hoofdstuk 11: De bouwsector

In dit hoofdstuk worden de resultaten van de GWW en B&U bij elkaar gebracht. De productie is in voorgaande hoofdstukken beschreven; dit hoofdstuk richt zich op de materiaalstromen, de MKI en de CO₂-emissies. De onderstaande paragraaf gaat in op de methodiek.

Methodiek

Voor de bouwsector als geheel zijn de totalen uit het GWW-deel en het B&U-deel opgeteld om tot materiaalstromen, MKI en CO₂-emissies van de gehele bouw te komen.

Hierbij moet in ogenschouw worden gehouden dat de scope van de GWW niet de hele infrastructuur betreft en de benadering voor zowel de B&U en de GWW modelmatig is opgebouwd met behulp van productie en profielen. Profielen vormen een modelmatige weergave van de werkelijkheid; in de praktijk zal de bouwwijze vaak anders zijn dan het profiel. Uit de top-down analyse op basis van rapporten en openbare data blijkt dat ingaande materiaalstromen door de gehanteerde methodiek in de regel worden onderschat. Als gevolg zijn MKI en CO₂-emissies naar alle waarschijnlijkheid hoger dan hier gerapporteerd.

11.1 MATERIAALSTROMEN IN DE BOUWSECTOR

Verdeling van materiaalstromen tussen B&U en GWW

Tabel 11.1 toont de gezamenlijke materiaalstromen van de B&U en GWW. In 2023 bedroeg de totale materiaalinstroom in de bouw 57,4 Mton, waarvan 31,1 Mton (54%) afkomstig was uit de GWW en 26,3 Mton (46%) uit de B&U. Binnen de B&U bestaat de materiaalvraag voornamelijk uit beton (19,5 Mton), goed voor 74% van de B&U-instroom en 34% van de totale bouwmaterialenvraag. In de GWW-sector wordt de materiaalvraag gedomineerd door asfalt (8,7 Mton; 28% van de GWW), gevolgd door menggranulaat (7,8 Mton; 25%) en ophoogzand (6,4 Mton; 21%).

Verskil tussen in- en uitgaande materiaalstromen in 2023 bedraagt 68%

Wanneer ophoogzand, grond en klei buiten de analyse worden gelaten, bedroeg de totale materiaalinstroom in 2023 circa 48,2 Mton, tegenover een uitstroom van 20,1 Mton. Het gat tussen vraag en aanbod komt daarmee uit op circa 58%. Deze discrepantie benadrukt dat er aanmerkelijk meer bouwmaterialen gevraagd worden dan vrijkomen uit sloop, herstel en verbouw en renovatie.

De mate van matching verschilt sterk tussen materiaalstromen. Voor beton – met een vraag van 23,0 Mton en een aanbod van 5,3 Mton – bedraagt het theoretische matchingspercentage circa 23%. Asfalt laat daarentegen een veel hogere match zien: bij een vraag van 8,7 Mton en een aanbod van 6,7 Mton is het matchingspercentage circa 77%.

Tabel 11.1. Totale bouw materiaalstromen in 2023, massa in kton.¹³⁸

Materiaal	Instroom			Uitstroom		
	B&U	GWW	Totale bouw	B&U	GWW	Totale bouw
Beton	19.503	3.505	23.008	2.859	2.483	5.342
Staal & IJzer	1.439	207	1.646	303	235	538
Baksteen / gebakken klinkers	905	258	1.163	337	156	493
Gips	824		824	130		130
Hout	473	36	509	238	42	280

Materiaal	Instroom			Uitstroom		
	B&U	GWW	Totale bouw	B&U	GWW	Totale bouw
Isolatie	438		438	153		153
Mortel	409		409	153		153
Elektronica	329		329	11		11
Kalkzandsteen	326		326	262		262
Keramik	236		236	110		110
Glas	181	11	192	144	9	153
Steen	160	1.270	1.430	19	1.330	1.348
Kunststoffen	74	106	180	35	46	80
Aluminium	69	7	77	10	5	15
Dakbitumen	34		34	19		19
Lijm en verf	33		33	20		20
Koper	16		16	6		6
Overige metalen	7	18	25	4	9	14
Papier	5		5	1		1
Industriezand		7	7		7	7
Asfalt		8.731	8.731		6.671	6.671
Menggranulaat		7.829	7.829		3.964	3.964
Vulstof		713	713		372	372
Grind		4	4		0	0
Overige		5	5		9	9
Subtotaal	25.461	22.710	48.171	4.813	15.338	20.151
Ophoogzand	829	6.398	7.227	135	758	893
Klei		1.065	1.065		0	0
Grond		901	901		8.717	8.717
Totaal	26.290	31.075	57.365	4.947	24.812	29.760

Bron: EIB, Structural Collective.

Grootste aandeel materialen in de bouw van primaire oorsprong

Tabel 11.2 geeft inzicht in de herkomst van materialen in de bouw, uitgesplitst naar primaire, secundaire en hernieuwbare bronnen. De verdeling van primaire, secundaire en hernieuwbare materiaalstromen binnen de Nederlandse GWW- en B&U-sector is gebaseerd op uitgebreid onderzoek uit 2019, zoals vastgelegd in de bijbehorende methodologische bijlage. Voor de huidige studie is deze data opnieuw tegen het licht gehouden middels deskresearch en is de tabel ter validatie voorgelegd aan de klankbordgroep en aan de orde gekomen in expertgesprekken. Hoewel er aanvullend

literatuuronderzoek is verricht om de cijfers te actualiseren, bleken er onvoldoende robuuste bronnen beschikbaar om de totalen breed te herzien. Hierdoor zijn de aandelen enkel specifiek geüpdatet voor beton en staal. Gezien de ontwikkelingen in de sector is het echter waarschijnlijk dat de huidige cijfers resulteren in een onderschatting van het werkelijke gebruik van secundaire en hernieuwbare materialen.

Het grootste deel van de materiaalinput bestaat uit primair gewonnen materialen (ruim 32,5 Mton), terwijl secundaire stromen met circa 14,4 Mton een veel kleinere rol spelen. Hernieuwbare materiaalbronnen vormen met circa 1,3 Mton een beperkte categorie.

Tabel 11.2. Massa van de oorsprong van materialen van de gehele bouw - ex ophoogzand, klei, zandsuppletie, 2023, (kton).

	Primaire bron	Secundaire bron	Hernieuwbare bron
Aluminium	65	12	0
Asfalt	5.355	3.376	0
Baksteen / gebakken klinkers	446	124	593
Beton	21.985	1.024	0
Dakbitumen	34	0	0
Elektronica	328	0	0
Gips	783	41	0
Glas	168	24	0
Grind	4	0	0
Hout	0	0	509
Industriezand	7	0	0
Isolatie	334	88	15
Kalkzandsteen	261	65	0
Keramik	101	0	134
Koper	11	5	0
Kunststoffen	159	14	8
Lijm en verf	33	1	0
Menggranulaat	0	7.829	0
Mortel	390	19	0
Overig	5	0	0

	Primaire bron	Secundaire bron	Hernieuwbare bron
Overige metalen	19	6	0
Papier	0	0	5
Staal & IJzer	648	992	0
Steen	1.404	26	0
Vulstof	0	713	0
Totaal	32.596	14.483	1.342

Bron: EIB, Structural Collective.

In 2023 werd het grootste deel van de materiaalvraag in de bouwsector gedekt door primaire materialen (67%). Daarnaast bestond circa 30% van de totale materiaalinput uit secundaire materialen, oftewel gerecyclede of hergebruikte stromen. Een zeer groot deel hiervan bestaat uit menggranulaat (7,83 Mton) en gerecycled asfalt (3,38 Mton); samen zijn deze stromen goed voor circa 78% van alle secundaire materialen.

Ook beton kent in omvang een substantiële secundaire stroom (1,02 Mton), maar dit vormt slechts circa 4% van de totale betonvraag (22,99 Mton). Dat aandeel blijft beperkt doordat de bouwsector zeer veel beton toepast, terwijl het aandeel gerecycled betongranulaat dat in nieuw beton wordt gebruikt nog relatief laag ligt in de gehanteerde profielen.

Tot slot bestaat circa 1,26 Mton (3%) van de totale materiaalinput uit hernieuwbare materialen. Dit betreft voornamelijk hout (509 kton) en het hernieuwbare deel van klei¹³⁹ voor de productie van bakstenen en keramische dakpannen (totaal ca. 593 kton voor baksten / gebakken klinkers en keramiek). De inzet van rivierklei wordt deels als hernieuwbaar aangeduid, omdat de natuurlijke sedimentatie van rivieren een deel van deze stroom aanvult.

11.2 MKI EN CO₂ VAN DE BOUWSECTOR

B&U grootste bijdrage aan de MKI; herstel en verbouw verantwoordelijk voor grootste aandeel

In 2023 bedroeg de totale MKI van de bouwsector € 2,3 miljard. Het grootste deel hiervan komt voor rekening van de B&U-sector, die met € 1,93 miljard goed is voor circa 84% van de totale milieubelasting. De GWW draagt € 371 miljoen (16%) bij. Dit staat haaks op de materiaalvolumes, waar de GWW (inclusief ophoogzand, grond en klei) juist het grootste aandeel heeft; het verschil wordt verklaard doordat B&U-materialen gemiddeld een veel hogere MKI per ton kennen dan materialen in de grond-, weg- en waterbouw.¹⁴⁰

Binnen de totale bouwsector wordt 53% van de MKI veroorzaakt door herstel en verbouw (€ 1,2 miljard) en 47% door nieuwbouw, inclusief vervangende nieuwbouw (€ 1,1 miljard). In de B&U-sector ligt het zwaartepunt nog sterker bij herstel en verbouw, dat 62% van de MKI vertegenwoordigt, tegenover 38% voor nieuwbouw. In de GWW-sector is dit omgekeerd: 89% van de MKI komt voort uit nieuwbouw (inclusief vervangende nieuwbouw) en slechts 11% uit herstel- en onderhoudswerkzaamheden. Hierdoor blijft de B&U-sector, ondanks een lager materiaalvolume dan de GWW, de dominante bron van milieubelasting in de totale bouwketen.¹¹⁷

Tabel 11.3. MKI en CO₂-emissies van de bouwsector naar deelsector en activiteit, 2023 (in mln. euro en kton CO₂).

		B&U	GWW	Totaal
MKI	Nieuwbouw ¹⁴¹	741	332	1.074
in mln. euro	Herstel en verbouw / renovatie	1.187	39	1.226
	Totaal	1.928	371	2.299
CO₂	Nieuwbouw	5.373	2.132	7.505
in kton CO₂	Herstel en verbouw / renovatie	7.149	486	7.635
	Totaal	12.521	2.618	15.139

Bron: EIB, Structural Collective.

Verhouding milieubelasting tussen B&U en GWW ook zichtbaar in de CO₂-emissies

Waar de milieubelasting in termen van MKI al overwegend bij de B&U lag ten opzichte van de GWW, wordt dit beeld bevestigd door de CO₂-cijfers. Van in totaal 15,1 Mton ingebedde CO₂-emissies, komt 12,5 Mton uit de B&U (82%) en 2,6 Mton uit de GWW (17%). Dit verschil wordt verklaard door het materiaalgebruik per sector: met name metalen, installaties en isolatiematerialen drukken zwaar op de CO₂-uitstoot van de B&U. Aangezien elektrotechnische installaties in de GWW niet zijn meegenomen, is dit beeld echter vertekend.

Bijna de helft van de CO₂-emissies komt uit herstel, verbouw en renovatie

Nieuwbouw is goed voor 7,5 Mton CO₂-emissies, wat neerkomt op 50% van de totale uitstoot. Deze verhouding verschilt sterk tussen sectoren: in de GWW komt 81% van de CO₂-uitstoot uit nieuwbouw (2,1 van de 2,6 Mton), terwijl dit in de B&U slechts 43% is (5,4 van 12,5 Mton). Herstel, verbouw en renovatie in de B&U is daarmee goed voor 57% van de totale CO₂-uitstoot van de B&U (7,1 Mton), tegenover 18% renovatie- en onderhoudsgerelateerde uitstoot in de GWW.

11.3 DE BOUWSECTOR: DOORKIJK NAAR 2030 EN 2050

Om tot inzichten over de toekomst te komen, wordt in deze paragraaf een beeld van de situatie van de

gehele bouw in de steekjaren 2030 en 2050 geschetst. Hierbij worden de resultaten van de koppeling tussen bouwproductie- en sloopbeelden voor 2030 en 2050 en de profielen uit de voorgaande hoofdstukken gecombineerd. De gecombineerde resultaten aangaande de materiaalstromen, milieubelasting en CO₂-emissies worden hieronder gepresenteerd.

Lichte groei van materiaalvraag richting 2030

Uit tabel 11.4 blijkt dat de totale materiaalvraag in de bouw stijgt van ruim 48 Mton in 2023 naar ruim 50 Mton in 2030 (exclusief ophoogzand, klei en grond). De stijging komt vooral vanuit de GWW-sector, waar de materiaalvraag met circa 14% toeneemt, met name door een stijging van asfalt en menggranulaat, terwijl de vraag vanuit de B&U juist iets daalt. Hoewel de totale massa beperkt toeneemt, verandert de samenstelling van het materiaalgebruik wel: het aandeel isolatie, glas en kalkzandsteen groeit. Tegelijkertijd neemt het relatieve aandeel van zware bulkstromen zoals beton, baksteen en mortel enigszins af.

Toename van aanbod uit sloop en vervanging

Het aanbod van vrijkomende materialen stijgt, van 20,2 Mton in 2023 naar 22,8 Mton in 2030 (exclusief ophoogzand, grond en klei). Deze groei is zichtbaar in zowel B&U als GWW en wordt gedreven door intensivering van sloop, vervangende nieuwbouw, herstel en verbouw en renovaties. Deze ontwikkelingen tot een substantieel groter potentieel aan secundaire materiaalstromen richting 2030.

Tabel 11.4. Massabalans totale ingaande en uitgaande stromen in de bouw, 2030 (in kton).

Materiaal	B&U	GWW	Totale bouw	B&U	GWW	Totale bouw
Beton	18.567	4.101	22.668	3.682	2.740	6.422
Staal & IJzer	1.257	241	1.498	379	159	538
Baksteen / gebakken klinkers	949	331	1.279	403	215	618
Gips	912		912	156		156
Hout	470	37	507	284	37	321
Isolatie	431		431	190		190
Mortel	427		427	182		182
Elektronica	189		189	12		12
Kalkzandsteen	348		348	305		305
Keramiek	254		254	125		125
Glas	192	11	203	158	10	167
Steen	168	1.128	1.296	24	1.113	1.137
Kunststoffen	72	111	183	39	56	95
Aluminium	48	7	56	12	5	16
Dakbitumen	34		34	22		22
Lijm en verf	36		36	23		23
Koper	15		15	7		7
Overige metalen	8	20	27	5	8	13
Papier	5		5	2		2
Industriezand		9	9		8	8
Asfalt		9.772	9.772		7.409	7.409
Menggranulaat		9.150	9.150		4.607	4.607
Vulstof		852	852		418	418
Grind		14	14		0	0
Overige		6	6		4	4
Subtotaal	24.381	25.791	50.172	6.007	16.787	22.794
Ophoogzand	833	7.935	8.767	169	1	171
Klei		3.437	3.437		0	0
Grond		1.790	1.790		9.667	9.667
Totaal	25.214	38.952	64.165	6.176	26.455	32.632

Bron: EIB, Structural Collective.

Vraag naar materialen bereikt piek rond 2030 en daalt daarna richting 2050

Richting 2050 daalt de materiaalvraag in de bouw weer tot ver onder het niveau van 2023 (48,2 Mton in 2023, 34,2 Mton in 2050, exclusief ophoogzand, grond en klei), gedreven door afnemende demografische groei en een daarmee samenhangende lagere vraag naar gebouwen

en infrastructuur. De verhouding in de materiaalvraag verandert ook aanzienlijk. Waar de B&U 53% van de materiaalvraag voor haar rekening neemt, is dit in 2050 nog 33%. Terwijl de vraag tussen 2023 en 2050 daalt, stijgt het totale aanbod van vrijkomende materialen in de bouw juist van ruim 20 Mton in 2023 naar ongeveer 26,0 Mton in 2050 (exclusief ophoogzand, klei en grond).

Tabel 11.5. Massabalans totale ingaande en uitgaande stromen in de bouw, 2050 (in kton).

Materiaal	Instroom			Uitstroom		
	B&U	GWW	Totale bouw	B&U	GWW	Totale bouw
Beton	12.691	3.911	16.602	4.704	3.397	8.101
Staal & IJzer	1.008	208	1.216	512	184	696
Baksteen / gebakken klinkers	579	355	934	473	288	760
Gips	564		564	211		211
Hout	390	36	425	349	37	386
Isolatie	444		444	245		245
Mortel	268		268	215		215
Elektronica	246		246	229		229
Kalkzandsteen	355		355	353		353
Keramik	201		201	157		157
Glas	203	11	214	194	11	205
Steen	216	1.234	1.450	28	1.201	1.230
Kunststoffen	72	104	175	56	73	129
Aluminium	57	7	63	49	5	54
Dakbitumen	40		40	28		28
Lijm en verf	37		37	29		29
Koper	15		15	10		10
Overige metalen	8	10	18	6	9	15
Papier	3		3	2		2
Industriezand		6	6		8	8
Asfalt		9.042	9.042		8.070	8.070

Instroom				Uitstroom		
Materiaal	B&U	GWW	Totale bouw	B&U	GWW	Totale bouw
Menggranulaat		7.344	7.344		5.366	5.366
Vulstof		668	668		473	473
Grind		11	11		0	0
Overige		7	7		4	4
Subtotaal	17.395	22.954	40.349	7.850	19.127	26.977
Ophoogzand	481	3.840	4.320	208	2	210
Klei		2.578	2.578		0	0
Grond		1.109	1.109		3.450	3.450
Totaal	17.876	30.480	48.356	8.058	22.579	30.637

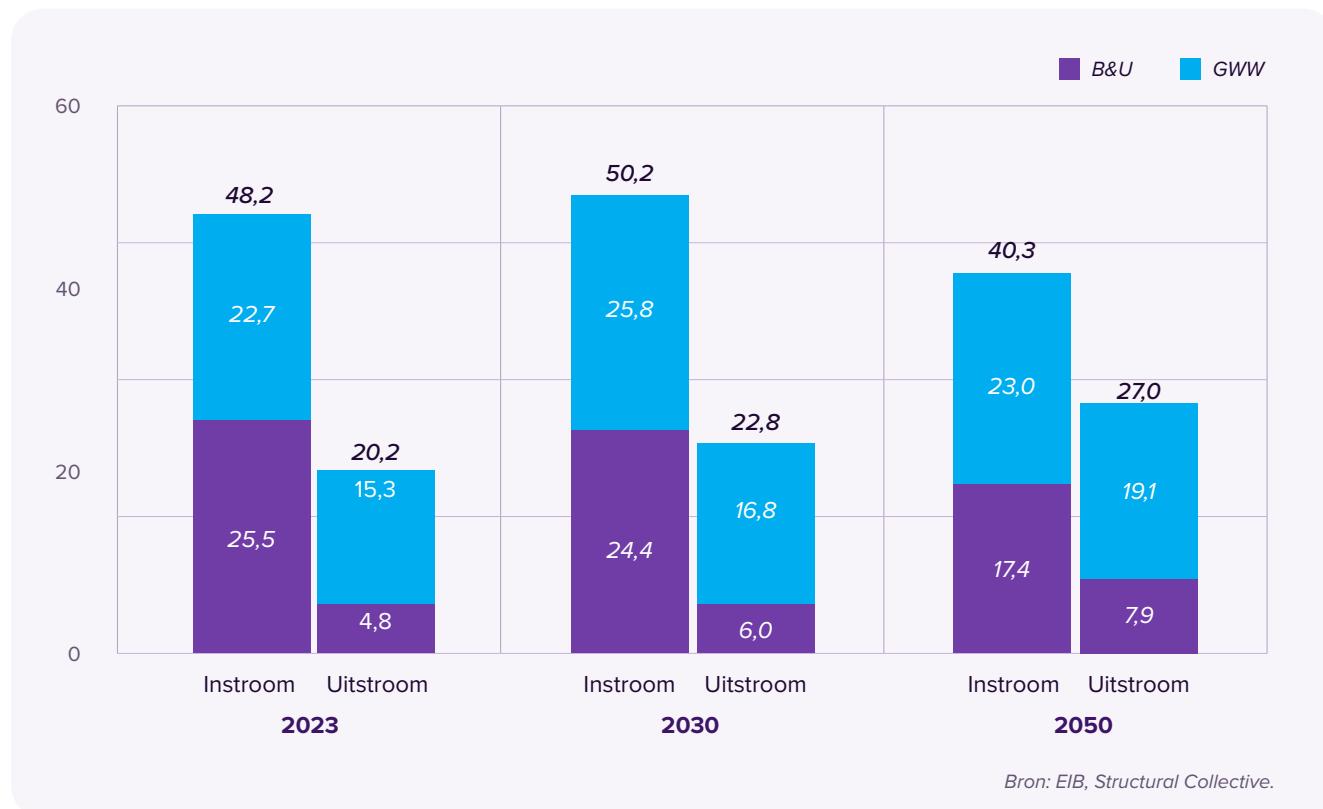
Bron: EIB, Structural Collective.

Gat tussen vraag en aanbod wordt kleiner

Figuur 11.1 toont de in- en uitgaande materiaalstromen van de bouwsector in 2023, 2030 en 2050 (exclusief grond, ophoogzand en klei). In 2023 gebruikte de totale

bouwsector circa 48,2 Mton materiaal, terwijl ongeveer 20,2 Mton vrijkwam uit sloop en vervanging. Het beschikbare aanbod aan secundaire materialen bedroeg daarmee 42% van de vraag.

Figuur 11.1. Massa in-en uitstroom in de gehele bouwsector - ex ophoogzand, grond en klei, alle peiljaren (in Mton).



In 2030 stijgt de materiaalvraag licht naar 50,2 Mton, terwijl het aanbod toeneemt tot 22,8 Mton. De sector kan dan voor 45% van de vraag theoretisch worden voorzien uit vrijkomende materialen. Richting 2050 komen vraag en aanbod naar elkaar toe: de vraag daalt naar 40,3 Mton, terwijl het aanbod stijgt naar 27 Mton. Het relatieve aanbod groeit dan naar 67% van de vraag.

Deze ontwikkeling laat zien dat de materiaalvraag in de bouw tussen 2030 en 2050 zijn hoogste niveau bereikt en daarna afneemt, terwijl het aanbod uit sloop en vervanging stijgt. Hierdoor verkleint het gat tussen vraag en aanbod aanzienlijk, wat de theoretische potentie voor hoogwaardige inzet van secundaire materialen richting 2050 verder vergroot.

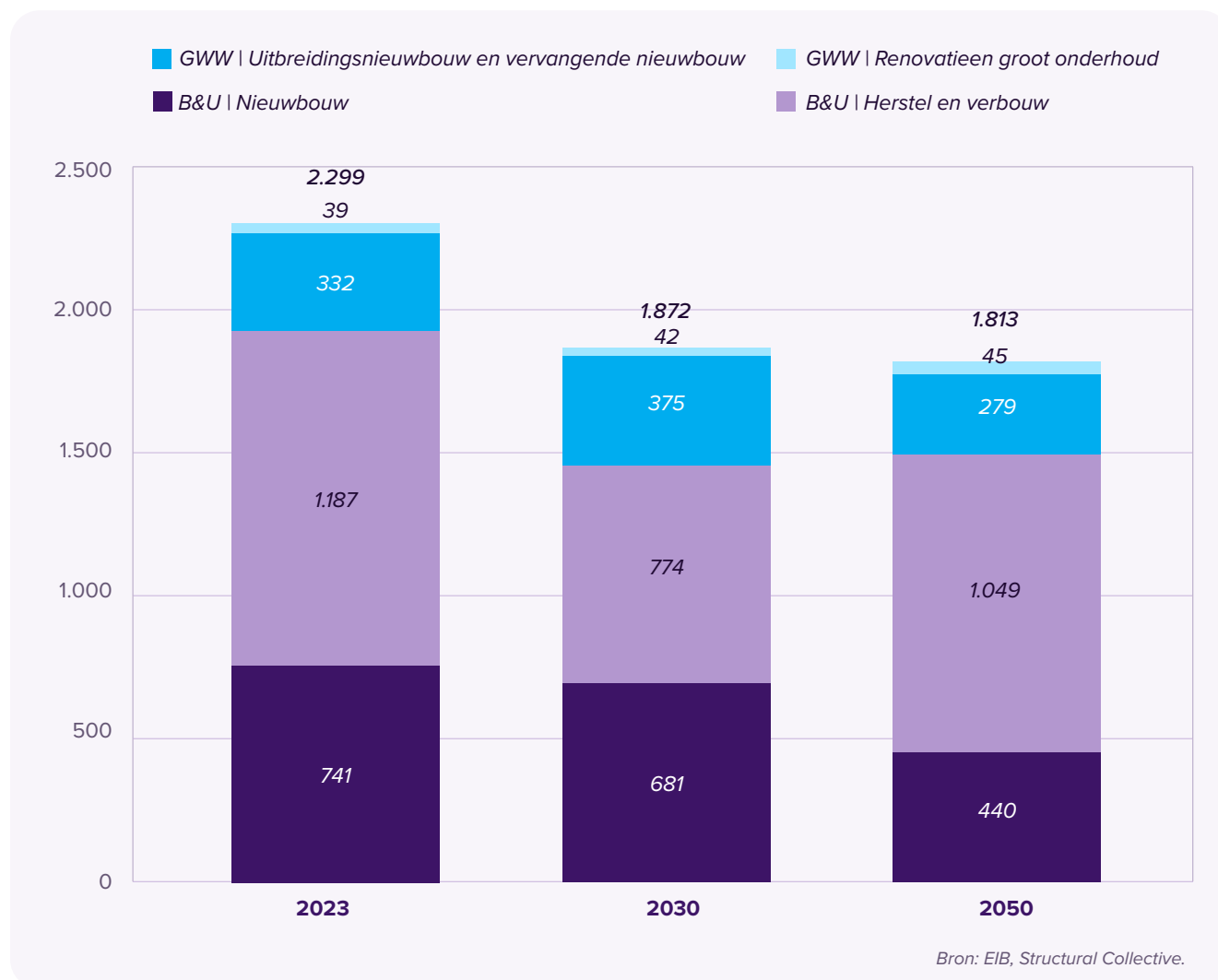
MKI neemt licht af tot 2030 en stabiliseert richting 2050

De totale MKI van de bouwsector daalt van € 2,2 miljard in 2023 naar € 1,9 miljard in 2030 en stabiliseert vervolgens rond € 1,8 miljard in 2050 (Figuur 11.2). Ondanks deze

lichte daling op sectorniveau verschuift de samenstelling van de milieubelasting duidelijk. De MKI van nieuwbouw (B&U en GWW samen) neemt af van € 1,07 miljard in 2023 naar € 0,72 miljard in 2050, terwijl juist de MKI van herstel, verbouw en renovatie structureel hoog en stabiel blijft.

Deze verschuiving laat de toenemende impact van verduurzamingsingrepen in de bestaande voorraad zien, waaronder installatietechniek, isolatie en PV-systemen. Waar herstel en verbouw in 2023 al meer dan de helft van de totale MKI vertegenwoordigen, groeit dit aandeel verder richting 2050, terwijl de bijdrage van nieuwbouw afneemt door lagere bouwvolumes. Hoewel de totale materiaalvraag in de bouwsector afneemt richting 2050, blijft de MKI slechts beperkt dalen. Dit bevestigt dat de sector verschuift naar activiteiten en materialen met hogere milieukosten per eenheid massa, met name in de bestaande bouw. Hierbij moet ook in ogenschouw worden gehouden dat de aanleg en renovatie van technische installaties in de GWW geen deel uitmaakte van de scope van dit onderzoek, waardoor de MKI in 2030 en 2050 waarschijnlijk hoger uitvalt dan hier is weergegeven.

Figuur 11.2. MKI in de gehele bouwsector, 2023, 2030, 2050, business-as-usual (in mln. euro).



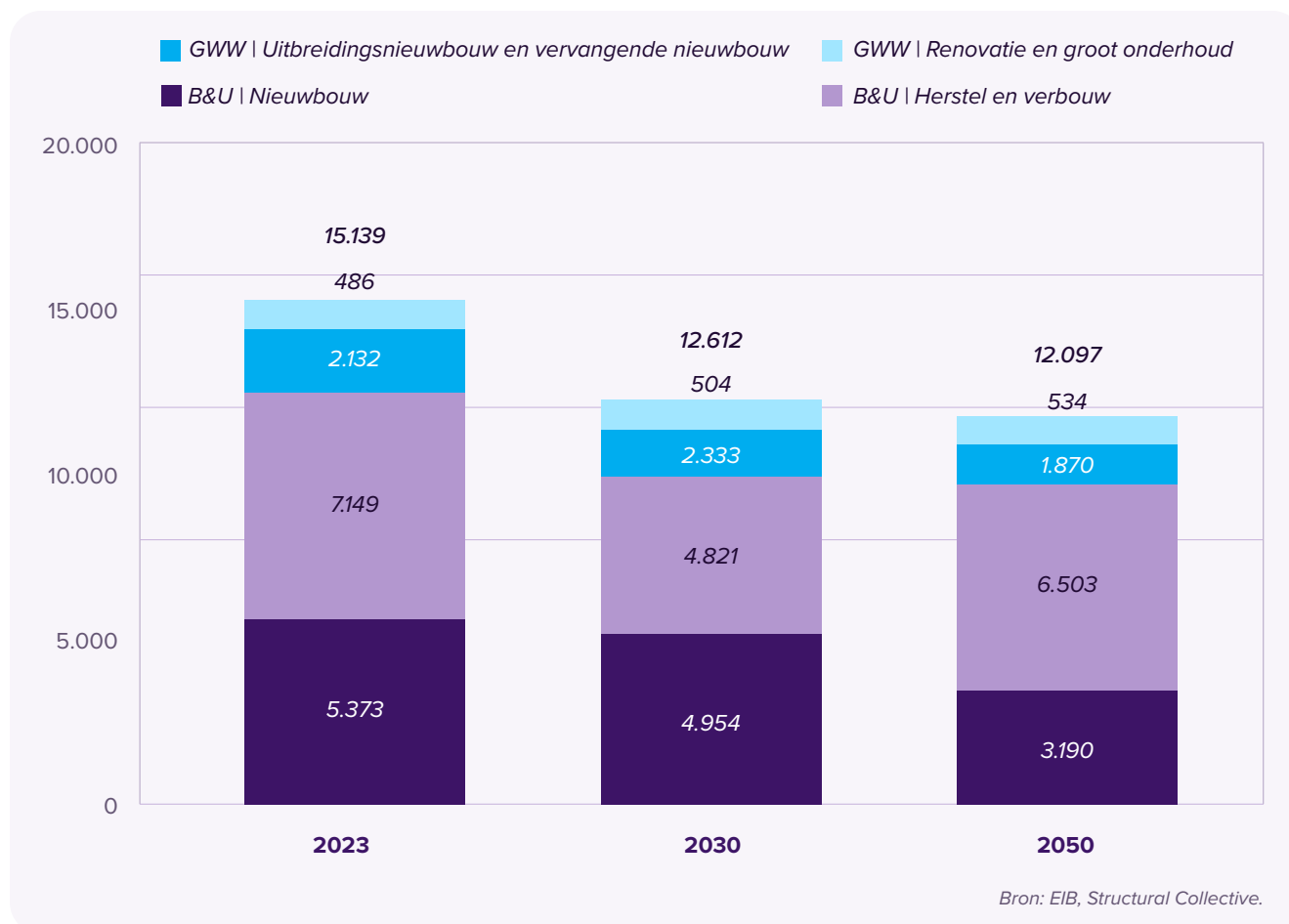
Ingebedde CO₂-emissies dalen licht, maar de samenstelling verschuift

De totale ingebedde CO₂-emissies dalen van 15,1 Mton in 2023 naar 12,6 Mton in 2030, gevolgd door een lichte stijging naar 11,8 Mton in 2050 (*Figuur 11.3*). Hoewel het totaal dus niet toeneemt, verandert de verdeling van emissies wel substantieel. De CO₂-uitstoot van nieuwbouw (B&U + GWW) neemt net als de MKI sterk af: van 7,5 Mton in 2023 naar 7,2 Mton in 2030 en verder naar 4,9 Mton in 2050.

De emissies uit renovatie en verduurzaming binnen de B&U blijven met 7,15 Mton in 2023, 4,82 Mton in 2030 en een duidelijke stijging naar 6,50 Mton in 2050 een dominante factor. Daarmee verschuift het zwaartepunt van CO₂-emissies richting de bestaande bouwvoorraad, waar vooral energiemaatregelen zoals PV-installaties, warmtepompen en isolatie verantwoordelijk zijn voor relatief hoge materiaalgebonden emissies per kilogram.

Net als bij de MKI ontstaat een structurele verschuiving: ondanks een dalende materiaalvraag blijven de totale CO₂-emissies relatief hoog doordat de sector verschuift naar activiteiten die sterk leunen op materialen met een hoge emissie-intensiteit.

Figuur 11.3. Ingebedde CO₂ emissies, totale bouw, 2023, 2030, 2050, business-as-usual (in kton). Inclusief zandsuppletie en vaargeulonderhoud.



11.4 TOP-DOWN VERGELIJKING BETON, STAAL EN IJZER EN BAKSTEEN IN DE GEHELE BOUW

De top-down validatie op enkele materialen toont dat de bottom-up modellering in de regel een robuust inzicht biedt in de B&U-sector, met kleine afwijkingen in de belangrijkste stromen. In de GWW-sector is in deze studie sprake van een onderschatting van bulkmaterialen (beton, menggranulaat). De discrepanties, met name in de GWW, hebben ten eerste te maken met datakwaliteit. Door het beperkte inzicht in uitbreidings- en vervangingsproductie van met name gemeenten en provincies, hebben wij aannames moeten formuleren om uitbreidingsproductie te ramen op basis van assets per kilometer weg. Deze productie is mogelijk te laag ingeschat. Voor vervangingsproductie is gewerkt met levensduren, die in de praktijk mogelijk korter of langer zouden kunnen zijn. Verder hebben de verschillen hoogstwaarschijnlijk te maken met een afbakening van de scope (uitsluiten van diverse publieke en private betontoepassingen, beperkt modelleren van bijvoorbeeld damwanden, beperkt inzicht in materiaalstromen die gepaard gaan met renovaties) en mogelijk conservatieve aannames in de gebruikte profielen.

De gerapporteerde massa's en milieubelastings voor de GWW vormen daarom een ondergrens. Het ware materiaalgebruik, en daarmee de totale MKI en ingebedde CO₂-emissies van de sector, is naar alle waarschijnlijkheid hoger. Voor toekomstige monitoring en beleid is het daarom wenselijk om in samenwerking met brancheverenigingen meer inzicht te krijgen in het feitelijk gebruik van bulkmaterialen in de GWW-sector.

Beton

Voor de B&U-sector komen de in dit rapport gepresenteerde cijfers redelijk overeen met de gerapporteerde top-down cijfers:¹⁴² de bottom-up modellering (19,5 kton) wijkt ca 10% af van de top-down raming (21,9 Mton, 65% van het totaal). Voor de subonderdelen betonmortel (12,7 Mton top-down / 11,9 Mton bottom-up) en prefab (8,7 Mton top-down / 7,9 Mton bottom-up) elementen, zit de bottom-up modellering ook in de buurt van de top-down ramingen.

Op basis van de modelmatige benadering in deze studie, bedraagt het betongebruik in de Grond-, Weg- en Waterbouw (GWW) 3,4 Mton, wat een aanzienlijke onderschatting is ten opzichte van de top-down raming van 8,9 Mton (35% van het totaal).

Staal & IJzer

Voor de top-down analyse is gebruikgemaakt van afzetcijfers van Bouwen met Staal. De meest recente dataset voor Nederland betreft het jaar 2021, welke een totale marktvolume van 1.660 kton in de bouw aangeeft.¹⁴³ Eurofer schat in dat er een daling in staalgebruik heeft plaatsgevonden van 7% in 2022 en 5% in 2023 binnen Europa. Daarom hanteren wij 1460 kton¹⁴⁴ als basis en -316 kton als verrekening van de offshore (maritiem) / onshore wind.¹⁴⁵ Deze top-down cijfers van Eurofer bevatten geen wapeningsstaal, en deze zijn daarom van de totale productie afgetrokken bij zowel de GWW als B&U.

Bakstenen

De top-down materiaalstroom is modelmatig afgeleid uit het KNB-jaarverslag 2023. Het netto binnenlands volume bedraagt 398 miljoen Waalformaat (WF) eenheden (600 miljoen afzet, gecorrigeerd voor 254 miljoen uitvoer en 48 miljoen invoer). Op basis van een forfaitair gewicht van 1,9 kg/WF resulteert dit in een totale massa van 756 kton.¹⁴⁶ Voor straatbakstenen zijn geen betrouwbare cijfers beschikbaar voor 2023. Het laatste gerapporteerde cijfer is voor 2019. De afzet van straatbakstenen bedroeg tussen 2012-2019 gemiddeld 44% van de afzet van metselbakstenen. Verder is de export van straatbakstenen stabiel tussen 2012-2019 met gemiddeld 30 miljoen. Dit komt neer op een eindwaarde van 235 miljoen stenen. Met eenzelfde waarde van 1,9 kg/WF komt dit neer op 400 kton. Er zijn veel straatbakstenen in omloop met een hoger gewicht per kilogram,¹⁴⁷ dus dit zal waarschijnlijk een onderschatting zijn van het materiaalgebruik. De top-down totalen baksteen en gebakken klinkers liggen nu zeer dicht bij elkaar (2% verschil), en zullen in de praktijk waarschijnlijk meer uiteenlopen. Ook is het totaal metselbaksteen overschat ten opzichte van de top down data (905 kton top down vs 756 kton).

Tabel 11.6. Vergelijking belangrijkste materiaalstromen top-down in Mton in 2023 (afgerond).

Materiaal	B&U bottom-up	GWW bottom-up	Totaal bottom-up	Top-down
Beton	19,5	3,5	23,0	30,6 ¹⁴⁸
Staal en IJzer	1,0	0,2 ¹⁴⁹	1,1	1,1
Baksteen / gebakken klinkers	0,9	0,3 ¹⁵⁰	1,2	1,2

Annex A:

Analyse verandering in betonstromen (2023-2050)

De betonstromen in de Burgerlijke en Utiliteitsbouw (B&U) vertegenwoordigen de grootste materiaalmassa in de gehele bouwsector. Bij het gebruik van beton zijn een aantal trends zichtbaar die niet zijn meegenomen in deze studie. Het is bijvoorbeeld goed denkbaar dat er een verschuiving optreedt naar industrialisatie met meer prefabricage en een hogere inzet van betongranulaat.

De hier gepresenteerde bevindingen bieden een inzicht in deze mogelijke verschuivingen in de vraag naar primair en secundair betonmateriaal, evenals de mogelijke rol van prefabricage op de resultaten. Leidend is een aangenomen verhoogd gebruik van betongranulaat in verschillende scenario's. Hieruit is het totale aandeel secundair en primair materiaal berekend.

Tabel A.1. Massa en effect scenario's op primaire en secundaire input op basis van de modellering (in kton).

	BAU 2023	2030	2040	2050	Behoeft- zaam 2040	2050	Dyna- misch 2040	2050
Betonmortel	10.636	9.553	7.652	6.850	5.630	4.222	9.433	8.147
Betonproduct	162	175	168	167	150	132	196	195
Mortel	409	427	326	268	265	165	390	299
Prefab	7.775	7.852	6.056	5.042	4.779	3.007	7.262	5/614
Zandcement	930	987	765	632	617	385	935	732
Totaal	19.912	18.993	14.966	12.960	11.440	7.912	18.216	14.986
Betongranulaat								
Percentage betongranulaat	5%	5%	5%	5%	6%	8%	10%	13%
Percentage ecogranulaat	3%	3%	3%	3%	3%	3%	3%	3%
Primair en secundair materiaal								
Totaal secundair materiaal	1.553	1.481	1.167	1.011	1.041	839	2.386	2.338
Totaal secundair materiaal (percentage van totaal)	8%	8%	8%	8%	9%	11%	13%	16%
Totaal primair materiaal	18.359	17.512	13.799	11.949	10.399	7.073	15.830	12.649
Totaal primair materiaal (percentage van totaal)	92%	92%	92%	92%	91%	89%	87%	84%

Bron: EIB, Structural Collective.

Alle scenario's (bau, behoedzaam, dynamisch) laten een daling zien in de absolute vraag naar primaire grondstoffen.

In het behoedzame scenario daalt de behoefte aan primair materiaal voor beton van 18,3 Mton (2023) naar 7,0 Mton (2050). Het basisjaar 2023 is gekalibreerd op basis van sectorale randtotalen, in het bijzonder de cijfers van Betonhuis en de Betonmonitor.¹⁵¹ Dit wordt ten eerste gedreven door de afname in bouwvolumes, en ten tweede door de verhoogde inzet van secundair materiaal (tot 15,6% van de totale stroom in het dynamische scenario).

Industrialisatie dempt de materiaalvraag¹⁵²

Hoewel de totale vraag naar beton in alle scenario's daalt (van ca. 19,9 Mton in 2023 naar 13,0 Mton in 2050 in het

BAU-scenario), verandert de samenstelling waarschijnlijk. We verwachten dat het aandeel prefabricage stijgt van 40-44% naar 50-55% in 2050. Er is echter sprake van een spanningsveld tussen massa en emissie-intensiteit. Prefabricage verlaagt de benodigde massa, maar vereist voor een snelle productiecyclus vaak Portlandcement (CEM I), dat een hogere CO₂-footprint heeft dan het voor in-situ gangbare Hoogovencement (CEM III).

Geen automatische CO₂-winst bij hogere toepassingen van betongranulaat

De inzet van betongranulaat als vervanger voor primair grind leidt niet per definitie tot een lagere MKI of CO₂-score op productniveau in de NMD. In sommige gevallen leidt de inzet van granulaat zelfs tot een verhoging van de milieubelasting omdat proces om oud beton om te zetten in hoogwaardig granulaat ook energie kost.¹⁵³

Annex B:

Overzicht tabellen en grafieken

B.1 Tabellen

Tabel 1. Bruto massabalans materialen in de GWW, 2023 (in kton)	5
Tabel 2. Volumes, droge stof en CO ₂ -emissies vaargeulonderhoud en zandsuppletie, GWW, 2023 (in kton)	6
Tabel 3. Bruto massabalans CO ₂ en MKI assets (uitbreiding, vervanging, renovatie) in de GWW, 2023 (in kton en mln. euro)	8
Tabel 4. Toename milieubelasting in 2023, 2030 en 2050 in de GWW zonder technologische vooruitgang en decarbonisatie (in kton CO ₂ en mln euro)	10
Tabel 5. Totaal in- en uitgaande materiaalstromen per sector en bouwfase, B&U, 2019 en 2023 (in kton)	11
Tabel 6. Materiaalinstroom, -uitstroom en matchingspercentages per materiaalsoort - in de B&U, incl. herstel en verbouw, 2023 (in kton)	12
Tabel 7. MKI van verschillende gebouwen en activiteiten in de B&U, 2023 (in mln. euro)	13
Tabel 1.1. Assets binnen de scope van het onderzoek	21
Tabel 1.2. Materialen binnen de scope van het GWW-onderzoek.	22
Tabel 1.3. Overzicht gevoerde gesprekken in 2025	22
Tabel 2.1. Areaal in GWW 2023, 2023 (in km/stuks/m ²)	25
Tabel 2.2. Productie uitbreidings- en vervangende nieuwbouw in de GWW 2023, 2023 (in km/m ² /aantallen)	27
Tabel 2.3. Productie groot onderhoud wegen, 2023 (in aantallen/m ²)	30
Tabel 2.4. Productie groot onderhoud kunstwerken, 2023 (in aantallen)	31
Tabel 2.5. Materiaalvraag strand en vooroever-suppletie vaargeulonderhoud, 2023 (in kton en mln. m ³)	31
Tabel 2.6. Productie uitbreidingsnieuwbouw in de GWW, 2019 en 2023 (in km/m ² /aantallen)	32
Tabel 2.7. Productie vervangende nieuwbouw in de GWW, 2019 en 2023 (in km/m ² /aantallen)	34
Tabel 2.8. Productie groot onderhoud wegen in de GWW, 2019 en 2023 (in km/m ² /aantallen)	36
Tabel 2.9. Productie groot onderhoud kunstwerken, 2019 en 2023 (in m ³ /aantallen)	37
Tabel 3.1. Ingaande stromen in 2023 in de assets van de GWW voor uitbreidingsnieuwbouw, vervangende nieuwbouw en renovaties, 2023 (in kton)	38
Tabel 3.2. Ingaande stromen van ophoogzand, klei en grond bij uitbreidingen, vervangingen en renovaties, 2023 (excl. zandsuppletie en vaargeulonderhoud) (in kton)	40
Tabel 3.3. Ingaande versus uitgaande stromen per materiaal voor uitbreiding, vervanging en renovatie in de GWW, 2023 (excl. zandsuppletie en vaargeulonderhoud) (in kton)	46
Tabel 3.4. Ingaande en uitgaande stromen naar asset, 2023 (excl. zandsuppletie en vaargeulonderhoud) (in kton) ..	48
Tabel 3.5. Materiaalvraag in de GWW met een top-down aanpak, 2023 (in kton)	52
Tabel 4.1. Aandeel van verschillende assets in Massa, CO ₂ en MKI, 2023 (in kton, kton CO ₂ en mln. euro)	53
Tabel 4.2. Productie en bouw MKI uit nieuwbouw, vervanging en groot onderhoud in de GWW, 2023 (in mln. euro) ..	55
Tabel 4.3. Productie en bouw CO ₂ -emissies uit nieuwbouw, vervanging en groot onderhoud in de GWW, 2023 (in kton)	58

Tabel 5.1. Productie uitbreidings- en vervangende nieuwbouw in de GWW in 2023, 2030 en 2050 (in km/m ² /aantallen) (eerste tabel)	60
Tabel 5.2. Productie groot onderhoud wegen, 2023, 2030 en 2050 (in m ² /aantallen)	63
Tabel 5.3. Productie groot onderhoud kunstwerken, 2023, 2030 en 2050 (in m ³ /aantallen)	63
Tabel 5.4. Ingaande stromen materialen in de GWW, 2023, 2030 en 2050 (in kton)	64
Tabel 5.5. Uitgaande stromen materialen in de GWW, 2023, 2030 en 2050 (in kton)	66
Tabel 5.6. MKI in de GWW uitbreidingen, vervangende nieuwbouw en renovaties, 2023, 2030 en 2050 (in mln. euro)	70
Tabel 5.7. Ingebedde CO ₂ -emissies voor nieuwbouw, uitbreiding en renovaties, GWW 2023, 2030 en 2050 (in kton).	74
Tabel 5.8. Toename milieubelasting voor nieuwbouw, uitbreiding en renovaties in de GWW, 2023, 2030 en 2050 (in kton en mln. euro)	75
Tabel 8. Gebouwen binnen de scope van het B&U-onderzoek	77
Tabel 9. Materialen binnen de scope van het B&U-onderzoek.	77
Tabel 10. Overzicht gevoerde gesprekken in 2025.	78
Tabel 11. Uitgangspunten in de scenario's.	79
Tabel 6.1. Productie woningbouw in 2014, 2019 en 2023 (in aantallen/mlin. euro).	81
Tabel 6.2. Utiliteitsbouwproductie naar type utiliteitsbouw, 2014, 2019 en 2023 (in m ² /mlin. euro)	82
Tabel 6.3. Uitgangspunten business-as-usual scenario.	83
Tabel 7.1. Aangenomen marktaandelen nieuwbouw met houtbouwprofiel per domein (%).	94
Tabel 7.2. Materiaalintensiteiten van gebouwprofielen in kg/m ² zoals gehanteerd in de studie.	95
Tabel 7.3. Aandeel biobased massa binnen de gehanteerde houtbouwprofielen in de woning en utiliteitsbouw	96
Tabel 7.4. Totaal in- en uitgaande materiaalstromen per sector en bouwfase (nieuwbouw, herstel en verbouw, sloop), 2019 en 2023 (in kton)	97
Tabel 7.5. Materiaalinstroom, -uitstroom en matchingspercentages per materiaalsoort (incl. herstel en verbouw) in de B&U, 2023 (in kton)	100
Tabel 7.6. Herkomst van belangrijkste materiaalstromen in de B&U, 2023 (in kton)	102
Tabel 8.1. MKI van verschillende gebouwen en activiteiten in de B&U, business-as-usual, 2023 (in mln. euro).	106
Tabel 8.2. Ingebedde CO ₂ emissies nieuwbouw en herstel en verbouw van woningen en utiliteitsbouw, 2023 (in kton)	109
Tabel 8.3. Aandeel van elementen in massa en milieubelasting in Massa (kton) en CO ₂ voor de totale woningen en utiliteitsbouw (nieuwbouw + herstel en verbouw), 2023 (in kton).	110
Tabel 9.1. Massa instroom alle activiteiten in de B&U, business-as-usual scenario, alle peiljaren (in kton)	113
Tabel 9.2. Matchingspercentages per materiaalsoort in de B&U - inclusief Herstel en Verbouw, business-as-usual, alle peiljaren (in kton).	114
Tabel 9.3. CO ₂ en MKI, business-as-usual, alle jaren (in kton en mln. euro)	117
Tabel 9.4. Uitgangspunten in het behoedzame scenario.	118
Tabel 9.5. Duurzaamheidsproductie voor de bestaande woningbouw, behoedzame scenario (meerdere eenheden)	119
Tabel 9.6. Duurzaamheidsproductie voor de bestaande utiliteitsbouw, behoedzame scenario (meerdere eenheden).	121
Tabel 9.7. Marktaandeel (%) van nieuwbouwwoningen met een 'houtbouw profiel', voor het behoedzame scenario	121
Tabel 9.8. Massa instroom van materialen, behoedzaam scenario per activiteit alle jaren (in Mton).	123

Tabel 9.9. Theoretische matchingspercentage van specifieke materiaalstromen scenario behoedzaam in massa (kg)	124
Tabel 9.10. Uitgangspunten in het dynamisch scenario	127
Tabel 9.11. Duurzaamheidsproductie voor de bestaande woningbouw, dynamisch scenario (meerdere eenheden)	128
Tabel 9.12. Duurzaamheidsproductie voor de bestaande utiliteitsbouw, dynamisch scenario (meerdere eenheden)	131
Tabel 9.13. Marktaandeel (%) van nieuwbouwwoningen met een 'houtbouw profiel', voor het Dynamische scenario	131
Tabel 9.14. Massa materiaalstromen scenario dynamisch in kton (boven).	134
Tabel 9.15. Theoretische matching van specifieke materiaalstromen scenario behoedzaam in massa (kg)	135
Tabel 9.16. Ingebedde CO ₂ emissies A1-A5 voor airco's overzicht woning- en utiliteitsbouw (in kton).	138
Tabel 10.1. Sectorale decarbonisatiepaden voor geselecteerde bouwmaterialen in Nederland in een 'behoedzaam' en 'dynamisch' scenario (in %-reductie t.o.v. 2023)	141
Tabel 11.1. Totale bouw materiaalstromen in de gehele bouw, 2023 (in kton).	144
Tabel 11.2. Massa van de oorsprong van materialen van de gehele bouw - ex ophoogzand, klei, zandsuppletie, 2023, (kton).	146
Tabel 11.3. MKI en CO ₂ -emissies van de bouwsector naar deelsector en activiteit, 2023 (in mln. € en kton CO ₂).	148
Tabel 11.4. Massabalans totale ingaande en uitgaande stromen in de bouw, 2030 (in kton).	149
Tabel 11.5. Massabalans totale ingaande en uitgaande stromen in de bouw, 2050 (in kton)	150
Tabel 11.6. Vergelijking belangrijkste materiaalstromen top-down in Mton in 2023 (afgerond).	154
Tabel A.1. Massa en effect scenario's op primaire en secundaire input van beton op basis van de modellering (in kton)	156

B.2 Grafieken

Figuur 1. Ingaande en uitgaande stromen per asset in de GWW, 2023, 2030 en 2050, in kton (boven: exc. Zandsuppletie en vaargeulonderhoud, onder: exc. Zandsuppletie, vaargeulonderhoud en dijkversterking).	9
Figuur 3.1. Ingaande stromen naar materiaal, asset en eigenaar...	41
Figuur 3.2. Percentage van de massa van gevraagd materiaal (kton) per eigenaar in 2023.	42
Figuur 3.3. Percentages van massa's per eigenaar, activiteit en hoofdcategorie in 2023	43
Figuur 3.4. Uitgaande stromen in massa naar eigenaar in de GWW (excl. uitstroom van grond), 2023 (in kton)	45
Figuur 3.5. Oorsprong van de ingaande grondstoffen GWW, 2023 (in kton). Links: instroom op basis van nieuwbouw, uitbreiding en renovatie. Getallen weergegeven in midden: instroom. Rechts: uitstromende materialen als gevolg van dezelfde activiteiten, incl. sloop	49
Figuur 4.1. Verdeling MKI impact over nieuwbouw, uitbreiding en renovatie voor alle eigenaren in de GWW, 2023 (in %).	54
Figuur 4.2. MKI per ingreep en eigenaar in de GWW, 2023 (in mln. euro).	56
Figuur 4.3. Aandeel van verschillende assets uitbreidingsnieuwbouw, vervangende nieuwbouw en renovaties exclusief zandsuppletie en vaargeulonderhoud, 2023, (in kton, kton CO ₂ , mln. euro MKI)	57
Figuur 5.1. Ingaande stromen naar materiaal, asset en eigenaar, 2030 (in kton).	67
Figuur 5.2. Ingaande stromen naar materiaal, asset en eigenaar, 2050 (in kton).	68
Figuur 5.3. Boven - ingaande en uitgaande stromen in de GWW per asset excl. zandsuppletie en vaargeulonderhoud, alle jaren (in kton). Onder: idem, ex. dijkversterkingen.	69
Figuur 5.4. MKI ontwikkeling per activiteit in de GWW, 2023, 2030 en 2050 (mln. euro).	71
Figuur 5.5. MKI ontwikkeling uitbreiding, vervanging en renovatie in de GWW, 2019, 2030 en 2050. Links. in mln. euro. Rechts. in percentages	72

Figuur 5.6. Boven. MKI ontwikkeling in de ondergrondse infra (incl.riolering), 2019, 2030 en 2050 (in mln. euro). Onder. idem, in tabelvorm.	73
Figuur 6.1. Sloop en nieuwbouw in de woningbouw, business-as-usual, alle peiljaren (in aantallen woningen)	83
Figuur 6.2. Herstel- en verbouwproductie in de woningbouw, business-as-usual., alle peiljaren (in mln. euro).	84
Figuur 6.3. Uitbreiding en vervanging van zonnepanelen woningen, business-as-usual (in Mw vermogen)	85
Figuur 6.4. Geïnstalleerde verwarmingsinstallaties woningen, business as usual, alle peiljaren (in aantallen).	86
Figuur 6.5. Installatie isolatiemateriaal en isolatieglas woningen, business-as-usual, alle peiljaren (in 1.000 m ²)	87
Figuur 6.6. Sloop en nieuwbouw utiliteitsbouw, business as usual, alle peiljaren (in m ²)	87
Figuur 6.7. Utiliteitsbouw, nieuwbouwproductie per type, business-as-usual, alle peiljaren (in m ²)	88
Figuur 6.8. Utiliteitsbouw, sloop per type, business-as-usual, alle peiljaren (in m ²)	88
Figuur 6.9. Utiliteitsbouw, uitbreiding en vervanging van zonnepanelen, business-as-usual, alle peiljaren (in Mw vermogen)	90
Figuur 6.10. Utiliteitsbouw, installatie van warmtepompen, business-as-usual, alle peiljaren (in Mw vermogen)	91
Figuur 6.11. Utiliteitsbouw, Geïnstalleerde CV-ketels en airco's, business-as-usual, alle peiljaren (in aantallen)	92
Figuur 6.12. Utiliteitsbouw, Installatie van isolatiemateriaal en -glas, business-as-usual, alle peiljaren (in 1.000 m ²)	92
Figuur 7.1. Bouwmaterialen benodigd bij nieuwbouw per gebouwtype, 2023 (in kg/m ²)	94
Figuur 7.2. Massa in en uitstroom van materialen naar typologie in de B&U inclusief uitbreiding en exclusief herstel en verbouw, 2023 (in kton).	99
Figuur 8.1. MKI per functioneel gebouwelement en activiteit excl. herstel- en verbouw, 2023 (in mln. euro)	104
Figuur 8.2. MKI Herstel en Verbouw in business-as-usual, 2023 (in mln. euro).	105
Figuur 8.3. CO ₂ nieuwbouw, per element, functionele gebouwelement, activiteit, typologie - excl herstel en verbouw, 2023 (in kton CO ₂)	108
Figuur 9.1. Materiaalvraag in alle peiljaren in de B&U, business-as-usual (in Mton)	112
Figuur 9.2. Ontwikkeling MKI in alle peiljaren, business-as-usual (in mld/mlin. euro)	115
Figuur 9.3. Ontwikkeling CO ₂ in alle peiljaren, business-as-usual (in Mton).	116
Figuur 9.4. Sloop en nieuwbouw in de woningbouw, behoedzaam, 2030, 2040 en 2050 (in aantallen woningen). ..	118
Figuur 9.5. Utiliteitsbouw, nieuwbouwproductie per type in 2030, 2040 en 2050, behoedzaam (in m ²)	120
Figuur 9.6. Utiliteitsbouw, sloop per type in 2030, 2040 en 2050, behoedzaam (in m ²)	120
Figuur 9.7. Massa in en uitstroom van materialen in de B&U, behoedzaam, alle peiljaren (in Mton) - boven. Instroom per activiteit van materialen in de B&U, behoedzaam, alle peiljaren (in Mton) - onder.	122
Figuur 9.9. Totale MKI per activiteit in de B&U, behoedzaam, alle peiljaren (in mld euro).	126
Figuur 9.10. Totale CO ₂ per activiteit in de B&U, behoedzaam, alle peiljaren (in Mton).	126
Figuur 9.11. Sloop en nieuwbouw in de woningbouw voor 2030, 2040 en 2050, dynamisch (in aantallen woningen) ..	128
Figuur 9.12. Utiliteitsbouw, nieuwbouwproductie per type voor 2030, 2040 en 2050, dynamisch (in m ²)	129
Figuur 9.13. Utiliteitsbouw, sloop per type voor 2030, 2040 en 2050, dynamisch (in m ²)	130
Figuur 9.14. Instroom en uitstroom van materialen, scenario dynamisch, alle peiljaren (in Mton) - boven. Instroom per activiteit van materialen, alle peiljaren, scenario dynamisch (in Mton) - onder.	132
Figuur 9.15. Totale MKI per activiteit in de B&U, dynamisch, alle peiljaren (in mld euro).	136
Figuur 9.16. Totale CO ₂ -uitstoot per activiteit in de B&U, dynamisch, alle peiljaren (in Mton)	137

Figuren 10.1 en 10.2. Dearbonisatie contributie van Staal & IJzer, Beton, Baksteen, Glas, Isolatie. (Donkerpaars Mton CO ₂ lichtpaars: reductie in CO ₂). Links. scenario dynamisch. Rechts. scenario behoedzaam.	141
Figuren 10.3 en 10.4. Decarbonisatie contributie van alle materialen in scenario dynamisch en behoedzaam (donkerpaars: Mton CO ₂ lichtpaars: reductie in CO ₂). Links: scenario dynamisch inclusief dynamische decarbonisatie van alle materialen. Rechts: scenario behoedzaam, inclusief behoedzame decarbonisatie van alle materialen.	142
Figuur 10.5. Decarbonisatie contributie van Staal & IJzer, Beton, Baksteen, Glas, Isolatie. (Donkerpaars: Mton CO ₂ lichtpaars: reductie in CO ₂). Links: scenario dynamisch. Midden: verdeling van impact over materialen. Rechts: verdeling van impact van Staal en IJzer over functionele gebouwelementen.. . . .	143
Figuur 11.1. Massa in-en uitstroom gehele bouwsector in 2023, 2030 en 2050 - ex ophoogzand, grond en klei, business-as-usual (in Mton)	151
Figuur 11.2. MKI in de gehele bouwsector, 2023, 2030, 2050, business-as-usual (in mln. euro)	152
Figuur 11.3. Ingebedde CO ₂ emissies, totale bouw, 2023, 2030, 2050, business-as-usual (in kton)	153

Eindnoten

- 1 EIB, Metabolic (2022). Materiaalstromen in de bouw en infra.
- 2 Bij deze vergelijking zijn de stromen van klei, ophoogzand, grond, zandsuppletie en vaargeulonderhoud buiten beschouwing gelaten.
- 3 De materialen die binnen het sub totaal worden weergegeven zijn materialen waar een significante in- en uitstroom voor wordt gemodelleerd. Voor klei, grond en ophoogzand wordt voornamelijk een in- of uitstroom gemodelleerd en deze zijn hierom buiten de matchingpercentages gehouden. Klei gaat in dijken en heeft geen uitstroom, ophoogzand is gemodelleerd als vrijkomend materiaal bij de sloop van spoor en grond wordt vooral uitgegraven en is om deze reden voornamelijk geclassificeerd als uitgaande stroom. Verder betreft de vergelijking de volumes die in of uit de assets stromen. Voor deze studie beschouwen wij vaargeulen en de kustlijn niet als assets. Om deze reden zijn in deze vergelijking de stromen van zandsuppletie en vaargeulonderhoud buiten beschouwing gelaten. Zie kader voor verdere toelichting.
- 4 Inventarisatie en categorisatie van het huidige en toekomstige aanbod van duurzame mobiele werktuigen, bouwlogistieke voertuigen, spoorwerktuigen en vaartuigen die worden ingezet voor de waterbouw. <https://publications.tno.nl/publication/34639700/xFdUM/TNO-2022-R11048.pdf>. Dit rapport bevat zowel een worst case als een best case scenario. Voor deze inschatting is het midden van deze scenario's gehanteerd. Zie de methodologische bijlage voor verdere toelichting.
- 5 Exclusief vaargeulonderhoud en zandsuppletie.
- 6 RWS (2022), Prognoserapport 2022 Vervanging en Renovatie.
- 7 Onder overige metalen vallen onder andere bevestigingsmiddelen en koper. De methodologische bijlage bevat alle koppelingen van namen.
- 8 Vanwege ontbrekende cijfers, zijn hier cijfers over 2022 gebruikt (OBR van RWS).
- 9 Dit betreft activiteiten zoals het ontgraven van het cunet bij de aanleg van wegen. Al wordt deze grond vaak wel binnen hetzelfde gebied hergebruikt (bijvoorbeeld bij de ophoging van tuinen), zien wij dit als hergebruik buiten de scope van het functionele project (de weg) en daarom als uitstroom.
- 10 Vrijkomend materiaal is gemodelleerd aan de hand van aanduidingen binnen de verwerking einde levensduur op productniveau, zoals gerapporteerd in de NMD categorie 3 productkaarten.
- 11 Dit hergebruik is bepaald door de verwerking van uitgaande stromen te bepalen aan de hand van waarden uit de NMD. Dit hergebruik is niet verdisconteerd met hoe de instroom is berekend, conform de materiaalstromen studie uit 2022 (<https://www.eib.nl/pdf/EIB%20Metabolic%20materiaalstromen%20bouw.pdf>). Hierdoor is het mogelijk dat voor een materiaal (zoals steen) wordt aangegeven dat het voornamelijk uit primaire bronnen wordt gewonnen én dat bij de uitstroom het grootste gedeelte zal worden hergebruikt.
- 12 Overige 5% bestaat uit hernieuwbaar of direct hergebruik. Deze cijfers zijn vergelijkbaar met de vorige studie, waar ophoogzand niet als instroom werd geteld. De modelmatige benadering van deze studie houdt in dat als profielen in Dubocalc of NMD niet worden aangepast, toegenomen hergebruik niet of zeer beperkt tot uiting komt.
- 13 Zie bovenstaande voetnoot betreffende hergebruik van steen.
- 14 Zie Figuur 3.5 voor een volledige weergave van herkomst en verwerking.
- 15 CO₂-emissies betreffen de materiaal gerelateerde emissies die vrijkomen gedurende de productie, bouw, transport, het onderhoud, sloop en de verwerking van de materialen die toegepast worden.
- 16 Het verschil tussen instroom en uitstroom bij vervangende nieuwbouw in de bovenste afbeelding wordt verklaard door dijkversterking. Deze activiteit kent een ingaande stroom maar geen uitgaande.
- 17 Uitbreidingsnieuwbouw heeft in deze grafiek ook een uitstroom. Dit is volledig toe te schrijven aan de modellering van grondverzet (e.g., uitgraven van het cunet bij wegen). Er is gekozen om deze uitstroom weer te geven om het belang van een gesloten grondbalans te laten zien.
- 18 Bij dijkversterkingen is geen uitstroom gemodelleerd, het gaat hier enkel om ophogingen.
- 19 In deze studie is er niet vanuit gegaan dat de MKI daalt als gevolg van product- of materiaalverbetering.
- 20 De mate waarin de ingaande stroom gelijk is aan de uitgaande stroom van een materiaal
- 21 De activiteit Herstel en Verbouw (H&V), zoals weergegeven voor zowel 2019 als 2023, omvat ook de massa-input en -output van transformatieprojecten van kantoren naar woningen. Daarnaast bevat H&V in 2023 een nieuwe categorie 'uitbreiding', die zorgt voor een aanzienlijke extra massastroom van circa 2,5 Mton.
- 22 Hieronder vallen elektronische componenten van bouwproducten, zoals: inverters (PV panelen), actieve elektronische componenten (warmte installaties), of LED's (verlichtingen).
- 23 Bakstenen worden voor een groot deel gemaakt van rivierklei. Doordat rivierklei wordt gevormd door het neerslaan van sediment op de uiterwaarden van rivieren wordt het aangemerkt als hernieuwbare grondstof.
- 24 In het basisscenario is geen rekening gehouden met energiebesparing door technologische vooruitgang.
- 25 Specifieke beleidsontwikkelingen maken geen deel uit van de scenario's. Wel wordt in het behoedzame scenario uitgegaan van een lagere toepassing van houtbouw dan in het dynamisch scenario en is in het dynamisch scenario rekening gehouden met meer verduurzaming dan in het behoedzame scenario. Zie hoofdstuk 9 voor een toelichting.
- 26 EIB, Metabolic (2022). Materiaalstromen in de bouw en infra.
- 27 Exclusief zandsuppletie en vaargeulonderhoud.
- 28 EIB, Metabolic (2022). Materiaalstromen in de bouw en infra.
- 29 In 2023 kende de installatie van zonnepanelen een piek, waarna de productie is afgenomen. Dit houdt in dat de MKI in 2023 relatief hoog is vanwege het gekozen steekjaar. In de toekomst zullen deze panelen naar verwachting worden vervangen, wat tot uiting komt in een stijging van de MKI in 2050.
- 30 Uit het onderzoek 'Meerkosten en projectgrens sturende MKI' (EIB, W+B, 2025) blijkt dat de hergebruikpercentages in de praktijk vaak hoger liggen dan in de profielen en producten is weergegeven.
- 31 EIB, Witteveen+Bos (2025), Meerkosten Sturen op MKI (nog niet gepubliceerd).
- 32 Dit kan bijvoorbeeld zijn omdat een product duurzamer is geworden, maar mogelijk ook dat het juist meer milieubelasting kent door voortschrijdend inzicht.

- 33 EIB, Metabolic (2022). Materiaalstromen in de bouw en infra.
- 34 In het prognoserapport 2022 schat RWS dat 19,7 km van 5.700 km per jaar vervangen moet worden. Dit impliceert een jaarlijks vervangingspercentage van 0,3%. Op basis van levensduren is het vervangingspercentage 1,95% per jaar.
- 35 EIB (2025). Kosten verduurzamingsmaatregelen wegverhardingen (in opdracht van NPDW, nog niet gepubliceerd). Biobased bindmiddelen vormen wellicht een oplossing maar worden nog niet breed toegepast.
- 36 Recentelijk is de actualisatie van het Nationaal Programma Circulaire Economie gepubliceerd. Voor de transitie naar circulaire economie zijn drie nieuwe doelen voor 2035 geformuleerd. Zij concretiseren de huidige doelstelling voor halvering van het grondstoffengebruik in 2030 (Kamerbrief over actualisatie 2025 NPCE).
- 37 De uitstoot van de nederlandse bouwsector als deel van het totaal is onduidelijk. Zie bijvoorbeeld dit onderzoek van de Raad voor de Leefomgeving ("Bouwen met toekomst: werken aan woningen van duurzame materialen", Juni 2025, p.72) en het CBS (<https://www.cbs.nl/nl-nl/longread/rapportages/2024/groeiend-naar-een-groene-economie/-2-hoe-hangen-materiaalstromen-samen-binnen-de-nederlandse-economie->).
- 38 Voor de B&U wordt ook 2040 als steekjaar gepresenteerd.
- 39 Zie bijlage B voor de classificatie van de materialen.
- 40 Zie de methodologische bijlage voor een uitgebreide beschrijving van de productie, de prognoses, en hoe de koppeling tot stand is gebracht. Bijlage B bevat de set van gehanteerde profielen.
- 41 Deze methode wijkt af van die van de vorige studie, waarbij RWS-uitbreidingen als basis waren genomen.
- 42 EIB (2025). Verwachtingen bouwproductie en werkgelegenheid.
- 43 Zie methodologische bijlage voor een toelichting.
- 44 Dit betreft 22 km stalen damwanden, 10 km betonnen damwanden en 10 km houten damwanden.
- 45 Op basis van gesprekken met experts tijdens de studie uitgevoerd in 2022.
- 46 Deze keuze is gemaakt omdat het geen nieuwe dijk betreft (geen nieuwbouw), maar ook geen renovatie waarbij materialen worden vervangen en er zowel vraag als aanbod ontstaat.
- 47 Er is geen data beschikbaar over welke ingrepen feitelijk plaatsvinden en welke materiaalstromen hiermee gepaard gaan.
- 48 Van RWS is data afkomstig uit MARS. Deze gegevens zijn aangevuld met data vergaard in de analyse 'Markteffectanalyse H2-hopper' (EIB, 2024).
- 49 Ook voor zandsuppletie is data afkomstig uit MARS.
- 50 NIS (RWS).
- 51 Cijfers afkomstig van CBS. Voor provinciale wegen is na navraag bij enkele provincies een neerwaartse correctie toegepast omdat de provincies Zeeland en Flevoland aan hebben gegeven minder wegen aangelegd te hebben dan CBS rapporteerde.
- 52 In de vorige studie is de uitbreidingsnieuwbouw van civiele kunstwerken bij overige opdrachtgevers gebaseerd op het uitbreidingspercentage bij RWS. In deze studie is dit berekend op basis van het aantal civiele kunstwerken per bestaande kilometer weg van bijvoorbeeld gemeenten.
- 53 Zie methodologische bijlage voor een toelichting.
- 54 RWS. (2022). Prognoserapport 2022 Vervanging en Renovatie.
- 55 RioNed. (2024). Monitor gemeentelijke watertaken 2024.
- 56 Zandsuppletie en vaargeulonderhoud buiten beschouwing gelaten.
- 57 In de materiaalclassificatie in bijlage B omvat menggranulaat ook 0,7% betongranulaat. Omwille van leesbaarheid spreken we in dit rapport van menggranulaat. Zie methodologie voor verdere toelichting.
- 58 Dit beeld wordt bevestigd door de top-downanalyse in dit hoofdstuk, waarin wordt geschat dat circa 50% van de materiaalvraag in de GWW naar bestrating gaat.
- 59 Dit is waarschijnlijk een overschatting van het daadwerkelijk gebruikte steen, omdat hier is aangenomen dat bij vervangende nieuwbouw al het spoorballast wordt vervangen. In de praktijk wordt vaak een groot deel ter plekke hergebruikt.
- 60 Materiaalverplaatsingen door vaargeulonderhoud en zandsuppletie zijn hier buiten beschouwing gelaten.
- 61 RWS (2022), Prognoserapport 2022 Vervanging en Renovatie.
- 62 Vervanging van een metro- of tramspoor leidt tot minder materiaalvraag dan vervanging van een treinspoor. Daarbij komt dat meer treinspoor wordt vervangen en gerenoveerd door de omvang van het areaal.
- 63 Er is in het rapport van 2019 al wel aangegeven dat spoorballast vaak ter plekke wordt hergebruikt – maar voor de vergelijkbaarheid met dat rapport en omdat er geen aanvullende inzichten zijn verkregen met betrekking tot spoorballast, hebben wij de aanname gelijk gehouden dat spoorballast wordt vervangen.
- 64 Deze profielaanpassing is gedaan op basis van de "Uitsnede nulmeting materiaalstromen RWS, 2023. Nebest en EIB." Hier, is op basis van een analyse van gemiddelde objecten in het Data Informatie Systeem Kunstwerken (DISK) van Rijkswaterstaat de oppervlakte van het representatieve profiel ca 4x vergroot, i.e. in de vorige studie is een gemiddelde lengte van 426m gehanteerd, terwijl voor deze studie een tunnel van 2.3km is gehanteerd.
- 65 Wanneer grond wordt meegerekend, is dit ca. 40% grond, ca. 15% menggranulaat en ca. 40% asfalt.
- 66 Bij vervangende nieuwbouw is spoorballast niet gemodelleerd als hergebruik, waardoor deze uitgaande stroom waarschijnlijk wordt overschat. In de praktijk wordt er wel een deel hergebruikt, en zijn er projecten waar dankzij inzet van een mobiele zeef zelfs tot 80% hergebruikt kan worden. <https://struktonrail.nl/our-stories/news/2024/04/we-kunnen-tot-80-procent-van-de-spoorballast-direct-hergebruiken/>
- 67 In de 2019 studie is het ontgraven van het cunet geclassificeerd als instroom. Dit grondverzet is echter beter te begrijpen als uitstroom, die hergebruikt kan worden binnen hetzelfde gebied, bijvoorbeeld als deel van een gesloten grondstoffen balans.
- 68 Wederom met grond, klei en ophoozand niet meegerekend.
- 69 De uitgaande stromen zijn hier hoofdzakelijk grond.

70 Vanwege ontbrekende cijfers, zijn hier cijfers over 2022 gebruikt (OBR van RWS).

71 Deze cijfers zijn vergelijkbaar met de vorige studie, waar ophoogzand niet als instroom werd geteld. De modelmatige benadering van deze studie houdt in dat als profielen in Dubocalc of NMD niet worden aangepast, toegenomen hergebruik niet of zeer beperkt tot uiting komt.

72 Dit is ingeschat door de uitstromende producten te vermenigvuldigen met de end-of-life scenario's voor 185 unieke producten, op basis van NMD Categorie 3 rapporten.

73 Met name ballast in gebruik bij sporen.

74 Met name elementverhardingen, zoals betontegels- en straatstenen.

75 Asfalt wordt als recycling geclassificeerd omdat het niet in dezelfde vorm wordt gebruikt als het vrijkomt.

76 EIB, Witteveen+Bos (2025), Meerkosten Sturen op MKI (nog niet gepubliceerd).

77 Betonhuis 2023, [026-38 iO beton flyer Extern V8.pdf](#)

78 <https://betonhuis.nl/betonhuis/cement-en-betonmarkt-nederland>.

79 Bij tunnels, viaducten, en onderdoorgangen is het gemiddelde oppervlakte gebaseerd op analyse van data uit DISK. Voor andere profielen zijn representatieve referentieprofielen gehanteerd.

80 <https://eapa.org/asphalt-in-figures-2023/>

81 EIB (2022), De markt voor freesasfalt tot 2030.

82 structuuronderzoek #32 uit 2023 van de Nederlandse Vereniging van Leveranciers van Bouwstoffen (NVLB).

83 Volgens deze bron valt onder deze import "Pebbles, gravel, shingle and flint". Onder deze definitie valt ook spoorballast, welke wij in onze andere overzichten als 'steen' hebben geclassificeerd. Daarom geven wij voor deze vergelijking zowel spoorballast en grind weer. <https://wits.worldbank.org/trade/comtrade/en/country/ALL/year/2023/tradeflow/Imports/partner/WLD/product>. In de praktijk zal er minder spoorballast worden geïmporteerd dan weergegeven, o.a. door het hergebruik van dit materiaal).

84 Voor vaargeulonderhoud en zandsuppletie is geen MKI berekend. De milieu-impact inschattingen voor deze activiteit zijn gebaseerd op inschattingen van TNO welke gebaseerd zijn op de huidige Nederlandse mix in vaartuigen. Het lag niet in de scope van dit onderzoek om het brandstofverbruik in te schatten om de MKI te bepalen. Zie ook: Inventarisatie en categorisatie huidige en toekomstige aanbod duurzame mobiele werktuigen, bouwlogistieke voertuigen, spoorwerktuigen en vaartuigen die worden ingezet voor de waterbouw, TNO (2022) <https://publications.tno.nl/publication/34639700/fxFdUM/TNO-2022-R11048.pdf>

85 Gebakken klinker en betonklinkerwegen, inclusief fietspaden en voetpaden.

86 EIB, Metabolic (2022). Materiaalstromen in de bouw en infra.

87 Zie B&U-rapportage.

88 RWS, Prognoserapport 2022.

89 Bij gemeentelijke wegen ligt ondergrondse infrastructuur onder de weg, waardoor deze wegen vaker worden opgehaald en de inrichting wordt veranderd op basis van inzichten in de tijd. Hierdoor kan de analyse van RWS niet op deze wegen worden toegepast.

90 Zie methodologische bijlage voor een toelichting.

91 <https://www.crow.nl/actueel/asfaltmengsels-met-tot-60-procent-hergebruik-gevalideerd/>

92 Bij uitbreidingsnieuwbouw is de gemodelleerde uitstroom grond uit grondverzet.

93 Voor zandsuppletie en vaargeulonderhoud is geen MKI berekend kunnen worden, en deze activiteiten zijn zodoende bij alle MKI berekeningen uitgesloten. Zie voetnoot bij de introductie van hoofdstuk 4.

94 In deze studie is er niet vanuit gegaan dat de MKI daalt als gevolg van product- of materiaalverbetering.

95 Kwinkgroep, 1,6 miljoen kilometer telecomkabel onder de grond. <https://www.kwinkgroep.nl/2017/02/16-miljoen-kilometer-telecomkabel-onder-de-grond/>

96 Metabolic, EIB. Materiaalstromen in de bouw en infra (2022).

97 zie voor een technisch overzicht van de verschillen tussen weegset 1 en 2 de toelichting van de NMD: <https://milieudatabase.nl/nl/milieudata-lca/milieu-impact-categorieen/rekenen-met-a1-en-set-a2/>.

98 EIB (2015), Investeren in Nederland, Amsterdam.

99 De demografische ontwikkeling is afkomstig uit de WLO-scenario's hoog en laag. Deze ontwikkeling is vervolgens toegepast op de bevolkingsprognose van het CBS. Hierbij is de onderkant van het 67%-interval gehanteerd voor het behoedzame scenario en de bovenkant voor het dynamische scenario.

100 <https://www.nederlandcirculairin2050.nl/nationaal-programma-circulaire-economie/doelen-2035>

101 Dit wordt toegelicht in paragraaf 6.2.

102 Dit is het aantal woningen volgens de definitie van de BAG vergunningen statistiek.

103 Met 'productie' wordt de omvang van de feitelijke bouwproductie in € bedoeld. In dit geval dus voor de subsector herstel- en verbouw in de B&U.

104 Bedrijfshallen vallen onder bedrijfspanden, datacenters onder overige gebouwen.

105 Mogelijk neemt de zorgvraag niet toe bijvoorbeeld door technologische vooruitgang (buiten beschouwing van deze studie) door de stijgende levensverwachting gaan we er vanuit dat het aantal benodigde zorggebouwen zal stijgen gerelateerd aan het aantal tachtigplussers.

106 EIB (2024). Klimaatambities in de gebouwde omgeving.

107 Netbeheer Nederland. (2024, 25 januari). Netbeheerders zien aantal huishoudens met zonnepanelen verder groeien in 2023. Netbeheer Nederland.

108 Het aantal jaarlijkse geïnstalleerde airco's is slechts gedeeltelijk verklaarbaar door de koel functies van warmtepompen. De verzadiging van de markt voor airco's verklaart de rest.

109 Airco's en lucht-lucht warmtepompen zijn niet meegenomen in de materiaalstroom en milieubelasting analyse. Zie kader "Impact airco's en lucht-lucht warmtepompen" aan het eind van hoofdstuk 9 voor de toelichting en implicaties op de impact.

- 110 Stand van zaken milieuverklaringen warmtepompen in de NMD, November 14, 2025, <https://milieudatabase.nl/nl/actueel/nieuws/stand-van-zaken-milieuverklaringen-warmtepompen-in-de-nmd/>
- 111 Zie methodologie voor meer informatie.
- 112 Gemeten in kg per vierkante meter. Appartementen kennen minder vierkante meters dan grondgebonden woningen, waardoor de materiaalvraag bij dit type woningen per saldo lager is.
- 113 De gehanteerde biobased gebouwprofielen zijn opgesteld voor het rapport Woningbouw binnen Planetaire Grenzen (2023) en de Circulair Buildings Coalition <https://www.copper8.com/wp-content/uploads/2023/04/Woningbouw-binnen-planetaire-grenzen.pdf> Metabolic, Copper8, Nibe, Alba Concepts. De gehanteerde conventionele profielen komen uit de studie Materiaalstromen in de Bouw en Infra (2019) door Metabolic en EIB, geactualiseerd naar 2023.
- 114 Het aantal opgeleverde woningen is tussen 2019 en 2023, weliswaar gestegen, maar door de verschuiving van een gezin naar meer gezinswoningen is de ingaande massa per saldo gedaald.
- 115 De activiteit herstel en verbouw (H&V), zoals weergegeven voor zowel 2019 als 2023, omvat ook de massa-input en -output van transformatieprojecten van kantoren naar woningen. Daarnaast bevat H&V in 2023 een aparte categorie 'uitbreiding', die zorgt voor een aanzienlijke extra massastroom van circa 2.625 kton.
- 116 Hieronder vallen elektronische componenten van bouwproducten, zoals: inverters (PV Panelen), actieve elektronische componenten (warmte installaties), of LED's (verlichtingen).
- 117 <https://milieudatabase.nl/nl/milieuprestatie/circulair-bouwen/wat-is-hernieuwbaarheid/>
- 118 Betonakkoord. Rapportage overzicht. Geraadpleegd op 1 november 2025, van <https://monitoring.betonakkoord.nl/rapportage/overzicht>; Betonhuis. (2023). Beton als basis van een duurzaam en veilig Nederland.
- 119 De inschatting van de mate waarin verschillende ingaande materiaalstromen in de Nederlandse B&U-sector in 2019 een primaire, secundaire of hernieuwbare oorsprong kenden, is gedocumenteerd in de Methodologische bijlage. Deze aandelen zijn voor deze studie in de B&U enkel geüpdatet voor beton en staal ten opzichte van de cijfers uit de vorige materiaalstromenstudie.
- 120 Dit is uitgebreider beschreven in het begeleidende methodologische rapport. Zie voor een technisch overzicht van de verschillen tussen weegset 1 en 2 de toelichting van de NMD. <https://milieudatabase.nl/nl/milieudata-lca/milieu-impact-categorieen/rekenen-met-set-a1-en-set-a2/>.
- 121 Airco's en lucht-lucht warmtepompen ontbreken in de onderstaande analyses van materiaalstromen en milieubelasting. Zie het kader aan het einde van hoofdstuk 9 voor een inschatting van de milieuprestatie.
- 122 Airco's en lucht-lucht warmtepompen ontbreken in de onderstaande analyses van materiaalstromen en milieubelasting. Zie het kader aan het einde van hoofdstuk 9 voor een inschatting van de milieuprestatie.
- 123 Airco's en lucht-lucht warmtepompen ontbreken in de onderstaande analyses van materiaalstromen en milieubelasting. Zie het kader aan het einde van hoofdstuk 9 voor een inschatting van de milieuprestatie.
- 124 In de bevolkings- en huishoudensprognose is afgeweken van WLO aangezien de bandbreedte daar zeer groot is. Door voor het 67% interval van CBS-prognoses te kiezen komen de scenario's dichtbij elkaar te liggen. De ontwikkeling van de bevolking naar leeftijd is wel overgenomen uit WLO.
- 125 De waarden betreffen inschattingen van de onderzoekers, tot stand gekomen op basis van expertinterviews (o.a. Building Balance, marktpartijen en gemeenten), literatuurstudie, LCA-data en sectorrapporten.
- 126 In de bevolkings- en huishoudensprognose is afgeweken van WLO aangezien de bandbreedte daar zeer groot is. Door voor het 67% interval van CBS-prognoses te kiezen komen de scenario's dichtbij elkaar te liggen. De ontwikkeling van de bevolking naar leeftijd is wel overgenomen uit WLO.
- 127 Mogelijk worden zonnepanelen in de toekomst gerecycled, maar dit staat los van de productiecijfers. In hoofdstuk 10 is een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd waarbij decarbonisatie van de sector als geheel is gemodelleerd.
- 128 Voor uitgebreidere toelichting verwijzen wij naar het methodologierapport.
- 129 Bouwen met Staal, & Hoekstra Bonnema, B. (2023, mei). Roadmap met handelingsperspectieven richting 2030 (Versie 7). Bouwakkoord Staal.
- 130 Tata steel laat duurzame staalfabriek ontwerpen, accessed September 30, 2025, <https://www.verduurzamingindustrie.nl/industrieroutes/waterstof/nieuws-waterstof/2294724.aspx>
- 131 Afspraken met Tata Steel over CO₂-reductie en verbeteren leefomgeving - Rijksoverheid, accessed September 30, 2025, <https://www.rijksoverheid.nl/actueel/nieuws/2022/07/15/afspraken-met-tata-steel-over-co2-reductie-en-verbeteren-leefomgeving>
- 132 Betonakkoord. (2020). Roadmap CO₂ reductie (18-05-2020). Geraadpleegd op https://www.betonakkoord.nl/wp-content/uploads/sites/43/166796/20200518_roadmap_co2_reductie.pdf.
- 133 Centrum Cement&Beton (C&BC). (2024, november). Roadmap CO₂-reductie voor cement en beton in Nederland. Cement&Beton Centrum.
- 134 CERAMIC ROADMAP TO 2050.
- 135 Dombey, A., Gregg, D., & Le Gresley, S. (2023). Deep decarbonisation of brick manufacturing: Industrial fuel switching feasibility study (Public report). Net Zero Associate.
- 136 Can Hydrogen be Used to Fuel Insulation Production? - Hydrogen ..., geraadpleegd 30 september 2025, <https://hydrogenindustryleaders.com/can-hydrogen-be-used-to-fuel-insulation-production/>
- 137 Environmental product declaration - Rockwool, geraadpleegd 30 september 2025, https://www.rockwool.com/siteassets/rw-it/documentazione-tecnica/epd/epd_spagna.pdf
- 138 Lege cellen in de tabel geven aan dat het materiaal of niet van toepassing is of buiten de scope van dit onderzoek valt.
- 139 Klei voor dijkophogingen zijn hier niet meegenomen,
- 140 Hierbij moet opgemerkt worden elektrotechnische installaties in de GWW buiten de scope van het onderzoek vallen en renovatie-activiteiten in de GWW beperkt zijn meegenomen.
- 141 Hiervoor zijn bij de GWW vervangende nieuwbouw en uitbreidingsnieuwbouw bij elkaar genomen.
- 142 Betonhuis 2023, [026-38 iO beton flyer Extern V8.pdf](#)

143 https://bouwakkoordstaal.nl/app/uploads/2023/05/BAS_Roadmap_concept7_mei2023_comp.pdf

144 Verrekend met 7% daling in 2022 tov 2021 en een 5% daling van 2023 tov 2022.

145 Zie https://bouwakkoordstaal.nl/app/uploads/2023/05/BAS_Roadmap_concept7_mei2023_comp.pdf voor toelichting.

146 Jaarverslag KNB (2023) https://www.knb-keramiek.nl/media/269867/digitaal-knb-jaarverslag_2023.pdf

147 Enkele voorbeeld van de verschillende gewichtgen van straatbakstenen van 1,7 naar 2,5 kg per stuk: <https://www.vandersanden.com/nl-nl/vormbak-formaten>

148 Dit getal is exclusief het beton gebruikt in de agrarische sector, wat ca 2,8 Mton gebruikt. Betonhuis 2023, [026-38 iO beton flyer Extern V8.pdf](#)

149 Voor staal en ijzer voor GWW is hier constructiestaal genomen. Dit komt uit op 201 minus 7 kton = 194 kton en is afgerond naar 0.2 Mton.

150 Dit betreft gebakken klinkers in de GWW van 258 kton en is afgerond naar 0,3 Mton.

151 Betonakkoord. (z.d.). Rapportage overzicht. Geraadpleegd op 1 november 2025, van <https://monitoring.betonakkoord.nl/rapportage/overzicht>; Betonhuis. (2023). Beton als basis van een duurzaam en veilig Nederland.

152 Omdat de huidige profielen de materiaalbesparing van moderne prefab-systemen complex toe te voegen zijn. Is in de hoofdberekening gekozen voor een conservatieve benadering. De gepresenteerde milieubelasting is hierdoor waarschijnlijk een overschatting voor specifieke betonnen producten; de werkelijke milieuwinst van prefabricage (door lager volume) pakt in de praktijk waarschijnlijk gunstiger uit dan modelmatig getoond.

153 Zie methode voor enkele productvergelijkingen.

.

