

Materiaalstromen, milieu-impact en energieverbruik in de woning- en utiliteitsbouw

Uitgangssituatie en doorkijk naar 2030



Het auteursrecht voor de inhoud berust geheel bij de Stichting Economisch Instituut voor de Bouw en Metabolic. Overnemen van de inhoud (of delen daarvan) is uitsluitend toegestaan met schriftelijke toestemming van het EIB en Metabolic. Het is geoorloofd gegevens uit dit rapport te gebruiken in artikelen en dergelijke, mits daarbij de bron duidelijk en nauwkeurig wordt vermeld.

Januari 2020

Materiaalstromen, milieu-impact en energieverbruik in de woning- en utiliteitsbouw

Uitgangssituatie en doorkijk naar 2030

Jelger Arnoldussen (EIB)

Samira Errami (EIB)

Radislav Semenov (EIB)

Gerard Roemers (Metabolic)

Merlijn Blok (Metabolic)

Martijn Kamps (Metabolic)

Kees Faes (SGS Search)



Inhoudsopgave

Conclusies op hoofdlijnen		5
1	Inleiding	11
1.1	Aanleiding	11
1.2	Foto uitgangssituatie en doorkijk naar de toekomst	11
1.3	Leeswijzer	11
2	Uitgangssituatie in beeld	13
2.1	Bouwproductie- en sloopbeeld	14
2.2	Materiaalstromen	24
2.3	Milieu-impact	41
2.4	Energieverbruik en CO ₂ emissies in de keten	54
3	Doorkijk naar de toekomst	59
3.1	Bouwproductie- en sloopbeeld 2030	59
3.2	Materiaalstromen en milieu-impact 2030	64
3.3	Overkoepelend beeld en aangrijpingspunten voor vervolgonderzoek en beleid	69
Bijlage A	Methodiek productie- en sloopbeeld 2014	73
Bijlage B	Vormfactoren GO/BVO	79
Bijlage C	Methodiek productie- en sloopbeeld 2030	80
Bijlage D	Toelichting Urban Mining Model	82
Bijlage E	Materialisatie per bouwjaarklasse	86
Bijlage F	Verhouding resultaten materiaalmassa tot andere rapportages	87
Bijlage G	Overzicht verhouding benodigde en vrijkomende bouwproducten 2014	88
Bijlage H	Bronvermelding	94

Conclusies op hoofdlijnen

Ten behoeve van de monitoring van circulariteit in de bouw en inzicht in aangrijpingspunten voor vervolg en beleid, schetst deze studie een eerste beeld van de uitgangssituatie voor de woning- en utiliteitsbouw. Hiertoe zijn de materiaalstromen, de milieu-impact en het energieverbruik voor deze sectoren in het basisjaar 2014 in kaart gebracht. Daarnaast is een doorkijk naar 2030 gegeven. Voorts volgen de belangrijkste conclusies.

Productie- en sloopbeeld

Basisjaar 2014: uitzonderlijk jaar met grote discrepantie tussen nieuwbouw en sloop

2014 vormde een uitzonderlijk jaar met zeer lage woning- en utiliteitsbouwrealisaties ten opzichte van de jaren voor de crisis en recentere jaren. Hierdoor lagen de nieuwbouw- en sloopvolumen in 2014 aanzienlijk uit elkaar. In de woningbouwsector was het aantal nieuw gebouwde woningen ongeveer een factor vier groter dan het aantal gesloopte woningen. In de utiliteitsbouwsector lagen de nieuwbouw en de sloop ongeveer een factor twee uit elkaar. Tabel 1 illustreert dit beeld. Voor de woningbouw valt op dat er vooral serieel gebouwde eengezinswoningen/rijtjeswoningen en appartementen werden gebouwd en gesloopt. De sloop van deze typen woningen vond hierbij met name plaats in de vroeg naoorlogse voorraad. Reden hiervoor is de mindere kwaliteit van deze woningen en het grote aandeel corporatiebezit (corporaties slopen relatief meer dan particuliere verhuurders en eigenaar/bewoners). In de utiliteitsbouwsector werden in 2014 relatief veel bedrijfsruimten en overige gebouwen gebouwd en gesloopt. Daarnaast werden er veel onderwijsgebouwen gesloopt. Met name de omvang en leeftijd van de voorraad en toenemende kwaliteitseisen rond gezondheid, duurzaamheid en comfort maakt sloop een gunstig alternatief voor renovatie en transformatie in de utiliteitsbouw.

Tabel 1 Totaaloverzicht woning- en utiliteitsbouw, nieuwbouw en sloop, 2014

	Nieuwbouw	Sloop
Woningbouw (aantal)	45.170	10.990
Eengezins	22.140	5.070
-vrijstaand	4.440	650
-2-onder-1-kap	3.650	660
-serieel	14.050	3.760
Meergezins/appartementen	23.030	5.920
Utiliteitsbouw (m² BVO x 1.000)	6.220	2.800
Bedrijfsruimten	2.670	1030
Kantoren	550	290
Zorggebouwen	350	210
Onderwijsgebouwen	600	430
Winkels	600	170
Overige gebouwen	1.450	670

Bron: SYSWOV, BAG, CBS Statline en WoON 2015, bewerking EIB

Ruim € 11 miljard herstel en verbouw in 2014

De herstel en verbouwproductie voor de woning- en utiliteitsbouw bedroeg in 2014 zo'n € 11 miljard en was ongeveer gelijk verdeeld over de twee sectoren. In de woningbouw hadden vooral corporaties (37%) en particuliere woningeigenaren (47%) een groot aandeel in het productievolume. Een aanzienlijk deel van de productie van corporaties kwam voort uit groot planmatig onderhoud en renovatiewerkzaamheden (41% en 47%). Met name werkzaamheden aan daken, wanden, gevels en installaties hadden hierin een groot aandeel. Particuliere woningeigenaren voerden vooral verbouwingen van keukens en badkamers uit en lieten schilderwerk, werkzaamheden aan de gevel en het dak uitvoeren. In de utiliteitsbouw ging een bijna de helft van het herstel en verbouwwolume naar installaties. Dit betrof zowel werktuigbouwkundige als elektrotechnische installaties.

Toekomst 2030: discrepanties tussen nieuwbouw en sloop blijven aanwezig, maar nemen af in de tijd

Kijkend naar het verloop van de nieuwbouw en sloop in de tijd valt op dat deze in beide sectoren op de lange termijn dicht bij elkaar komen. In de woningbouw is deze ontwikkeling het duidelijkst zichtbaar. De oorzaak hiervan is een tegengestelde ontwikkeling in de nieuwbouw en de sloop van de sector. De komende jaren is de verwachting dat de woningnieuwbouw zal aantrekken tot zo'n 75.000 woningen per jaar. Echter in de periode na 2024 zal het productieniveau naar verwachting dalen tot ruim 50.000 woningen in 2030. Hieraan ten grondslag ligt een afnemende huishoudensgroei en een minder sterk stijgende vervangingsvraag. Tegelijkertijd zal de sloop van woningen geleidelijk toenemen tot ruim 20.000 woningen in 2030 waardoor nieuwbouw en sloop ten opzichte van 2014 in plaats van een factor vier ongeveer een factor twee en een half uit elkaar liggen. In de utiliteitsbouw komen nieuwbouw en sloop ook dicht bij elkaar in de tijd, maar lijkt dit niet het geval wanneer 2014 en 2030 worden vergeleken. Door het zeer lage productieniveau in 2014 en de verwachte aantrekkende groei, wordt de komende jaren een hoger nieuwbouwproductieniveau verwacht. Vanaf 2024 zal de nieuwbouw vanaf dit hoge niveau door onder andere een afzwakkende economische groei geleidelijk afnemen tot 9,5 miljard m². Hier tegenover staat dat verwacht wordt dat de sloop van utiliteitsgebouwen vanaf 2014 een geleidelijke toename laat zien.

Tabel 2 Totaaloverzicht woning- en utiliteitsbouw, nieuwbouw en sloop, 2030

	Nieuwbouw	Sloop
Woningbouw (aantal)	51.000	21.000
Eengezins	26.000	10.600
Meergezins/appartementen	25.000	10.400
Utiliteitsbouw (m² BVO x 1.000)	9.550	3.300
Bedrijfsruimten	5.050	1.400
Kantoren	800	350
Zorggebouwen	450	200
Onderwijsgebouwen	650	450
Winkels	850	200
Overige gebouwen	1.750	700

Bron: EIB

Herstel en verbouwproductie neemt sterk toe in 2030

De verwachting is dat de herstel en verbouwproductie voor zowel de woningbouw als de utiliteitsbouw sterk zal toenemen in de tijd. De woningbouw zal door een toenemende voorraad, toenemende kwaliteitseisen en beleid rond verduurzaming een verdubbeling van de herstel en verbouwproductie in 2030 zien in vergelijking met 2014 (van € 5,3 naar € 11,5 miljard). Ook in de utiliteitsbouw zal de herstel en verbouwproductie onder meer om deze redenen in 2030 bijna anderhalf keer groter zijn dan in 2014 (van € 5,4 naar € 7,8 miljard).

Materiaalstromen, milieu-impact en energieverbruik

Het aanbod van secundair materiaal uit sloop en herstel en verbouw sluit slechts beperkt aan bij de vraag vanuit de nieuwbouw- en herstel en verbouwpogaven in 2014

Wanneer de materiaalstromen uit het model worden gekoppeld aan de productie- en sloopcijfers vormt zich een beeld van de massabalans in de keten. De discrepantie tussen nieuwbouw enerzijds en sloop anderzijds is terug te zien in het verschil tussen de vraag naar en het aanbod van materiaal in het peiljaar 2014. De totale massa aan gevraagde bouwmaterialen vanuit nieuwbouw en herstel en verbouw bedraagt 17,6 miljoen ton tegenover 7,3 miljoen ton aan vrijkomende materialen uit sloopwerkzaamheden en herstel en verbouw. De vraag is hiermee een factor 2,4 groter dan het theoretische maximale aanbod aan bouwmaterialen uit de woning- en utiliteitsbouw. Zelfs bij directe hoogwaardige toepassing van alle uit sloop en herstel en verbouw vrijkomende materialen zou niet meer dan 41% van de totale vraag aan bouwmaterialen binnen de keten kunnen worden gerealiseerd. Binnen de woningbouw liggen vraag en aanbod verder uit elkaar (een factor drie) dan binnen de utiliteitsbouw. Dit wordt veroorzaakt door de relatief grote nieuwbouwproductie ten opzichte van de sloop van woningen in 2014.

Tabel 3 Totaal in- en uitgaande materiaalstromen per sector en bouwfase, kton, 2014

	Ingaande massa			Uitgaande massa		
	Woning- bouw	Utiliteits- bouw	Totaal	Woning- bouw	Utiliteits- bouw	Totaal
Nieuwbouw	9.120	7.120	16.240			
Herstel en verbouw	1.180	190	1.360	980	190	1.170
Sloop				2.390	3.710	6.100
Totaal	10.300	7.310	17.600	3.370	3.890	7.270

totalen tellen niet op door afrondingsverschillen

Bron: Metabolic en SGS Search

Mate waarin vraag en aanbod op elkaar aansluiten verschilt per materiaalstroom

Kijkend naar de verhouding tussen de vraag (ingående materiaalstromen) en het aanbod (uitgaande materiaalstromen) voor verschillende typen materiaalstromen valt op dat voor onder andere glas en isolatiemateriaal het aanbod uitgaande materiaalstromen kleiner is dan gemiddeld. Deze zijn niet een factor tweeëneenhalf maar een factor drie tot drieëneenhalf kleiner dan de vraag door de strengere EPC eisen die dikkere glas- en isolatielagen voor nieuwbouw vereisen ten opzichte van het glas en isolatie dat vrijkomt bij sloop en herstel en verbouw. Voor de materiaalstromen keramiek en hout is het gat tussen vraag en aanbod met een factor 1,2 tot 1,7 verschil relatief klein. Voor overig steen is het aanbod zelfs een factor 2,6

groter dan de vraag, doordat kalkzandsteen als het voornaamste materiaal relatief veel bij sloop van oudere gebouwen vrijkomt ten opzichte van de huidige vraag naar kalkzandsteen vanuit nieuwbouw.

Gerecyclede materialen vinden hun weg beperkt terug naar de woning- en utiliteitsbouw

De verwerkingscijfers voor 2014 geven aan dat circa 6,4 miljoen ton secundaire materialen uit sloop- en herstel en verbouwingrepen gerecycled of hergebruikt zijn. Dit terwijl 1,2 miljoen ton secundaire materialen is toegepast in de woning- en utiliteitsbouw. Kringlopen zijn binnen deze sectoren beperkt gesloten. Daarentegen is bekend dat veel vrijkomende materialen uit de woning- en utiliteitsbouw momenteel een nuttige toepassing in de grond-, water- en wegebouw (gww) hebben. Om iets te kunnen zeggen over de potenties rond recycling en hergebruik in de bouw in relatie tot milieu-impact in MKI en CO₂ emissies is het daarom van belang om de totale bouw in ogenschouw te nemen. Dit betekent dat hierin ook de gww wordt meegenomen.

Massa materiaalstromen biedt beperkt inzicht in de milieu-impact van materialen: funderingen en ruwbouw vertegenwoordigen veel massa, installaties relatief veel milieu-impact

De massa en de milieu-impact van de benodigde bouwmaterialen voor de nieuwbouw- en de herstel en verbouwproductie lopen uiteen. Zo hebben materialen die een grote massa vertegenwoordigen niet altijd de hoogste milieu-impact in MKI. Voorbeelden hiervan zijn de massieve materialen in funderingen en ruwbouw die ruim 80% van de massa voor nieuwbouw en herstel en verbouw vertegenwoordigen. Deze materialen zijn voor circa 45% verantwoordelijk voor de milieu-impact in MKI. Daar tegenover staan producten die relatief weinig massa kennen, maar een relatief grote milieu-impact hebben. Voorbeeld hiervan is de gebouwinstallaties. Met minder dan 1% van de massa zijn werktuigbouwkundige en elektrotechnische installaties goed voor 9% van de milieu-impact in MKI. Wat deze analyse laat zien is dat het sturen op materiaalmassa alleen mogelijk niet voldoende is om tot doelmatige verduurzaming van de bouwsector te komen.

Herstel en verbouw verantwoordelijk voor circa een derde van de milieu-impact

Herstel en verbouw was in 2014 verantwoordelijk voor 8% van de totale materiaalvraag. Daarentegen waren deze materialen verantwoordelijk voor circa 29% van de milieu-impact in MKI (€ 146 miljoen) van de totale vraag naar bouwmaterialen. De verwachting is dat de herstel en verbouwproductie richting 2030 zal toenemen vanwege onder andere de toename van de voorraad, toenemende kwaliteitseisen en beleid rond duurzaamheid. Hierdoor wordt ook verwacht dat de materiaalstromen en de hiermee samenhangende milieu-impact toeneemt (tot € 283 miljoen in 2030), bijna een verdubbeling. Het aandeel van de herstel en verbouw in de totale MKI stijgt van 29% naar 36%. Hiermee biedt ook de herstel en verbouw een aangrijpingspunt om de milieu-impact van de bouw te verminderen.

Gebouwegebonden energieverbruik belangrijkste bron CO₂ emissies, ingebedde CO₂ emissies beslaan 1/5e van het totaal

Het gebouwgebonden energieverbruik in de woning- en utiliteitsbouw is verantwoordelijk voor zo'n 80% van de CO₂ emissies. De productie van benodigde materialen voor nieuwbouw en herstel en verbouw vertegenwoordigt de overige 20% van de CO₂ emissies¹. De verwachting is dat het gebouwgebonden energieverbruik door toenemend beleid rond duurzaamheid in de tijd zal afnemen. Wanneer het beleid leidt tot bijvoorbeeld meer zon PV, meer isolatie en meer warmtepompen, neemt de bijdrage van ingebedde CO₂ emissies in de keten toe als gevolg van verduurzaming. Hoewel het gebouwgebonden energieverbruik vier keer zoveel emissies veroorzaakt als de benodigde materialen, kan reductie van materiaalgebruik en het maken van duurzamere keuzes voor minder belastende materialen dus wel effect hebben op de uitstoot van CO₂ emissies in de keten.

¹ Kanttekening hierbij is dat het energieverbruik gerelateerd aan de bouwactiviteiten zelf in de analyse van het energieverbruik en de hiermee samenhangende CO₂ emissies (nog) niet is meegenomen.

2030: ingaande en uitgaande materiaalstromen komen dichterbij elkaar met een factor 1,7 verschil

Vooraf dankzij de relatieve krimp van de nieuwbouwproductie in de woningbouw ten opzichte van de sloop, wordt het verschil tussen inkomende en uitgaande materiaalstromen in de woningbouw kleiner in 2030. In 2030 zijn de totale ingaande stromen in de woning- en utiliteitsbouw nog een factor 1,7 keer zo groot als de massa van de totale uitgaande materiaalstromen, ten opzichte van een factor 2,4 in 2014. Wanneer alle uitgaande materialen in 2030 volledig en direct hergebruikt zouden kunnen worden ten behoeve van de nieuwbouw, zou in theorie 59% van de benodigde bouwmaterialen uit de keten zelf kunnen worden gewonnen. Welk deel van het theoretisch maximum kan worden benut zal nader onderzocht moeten worden. Tevens strekt het tot de aanbeveling om kansen voor hergebruik in en vanuit andere sectoren dan de bouw bij de analyse te betrekken.

Kansen en vervolgacties

Kansen voor circulariteit in de bouw langs vier lijnen

Vrijkomend secundair materiaal uit de woning- en utiliteitsbouw kan in beperkte mate voorzien in de vraag naar materiaal vanuit nieuwbouw en herstel en verbouw uit deze sectoren (theoretisch ongeveer 41% in 2014 en 59% in 2030). In de praktijk zullen deze percentages aanzienlijk lager uitvallen door de beperkingen in en kosten van hergebruik. De bouwopgave circulair invullen door enkel het toepassen van secundair materiaal is op dit moment dan ook niet mogelijk. Ditzelfde beeld geldt voor de toekomst. Daarentegen liggen er wel kansen voor circulariteit in de bouw. Deze kansen kunnen langs vier lijnen worden gevonden:

- Bevordering van gebruik van secundair materiaal door toepassingsmogelijkheden te vergroten.
- Minder gebruik van primair materiaal door anders te ontwerpen (demontabel/meer gestandaardiseerd) en slimmer te bouwen.
- Levensduur verlengende maatregelen en technieken toepassen.
- Minder vervuilende/hernieuwbare primaire alternatieven toepassen (bestaande en nieuwe).

Vervolgacties langs twee sporen

Om de mogelijkheden voor circulariteit in de bouw te benutten zien wij twee belangrijke routes voor vervolgacties: monitoring met het opvullen van lacunes en gerichte beleidsacties.

1. **Monitoring met het opvullen van lacunes.** Monitoring is van belang zodat inzichtelijk wordt of doelen worden behaald. Bovendien biedt monitoring aangrijpingspunten om middels beleid of anderszins tijdig bij te sturen indien ontwikkelingen dit vereisen. Om te kunnen monitoren is er in de tussentijd aandacht voor een aantal lacunes nodig. Zo kan integrale en gestructureerde monitoring van de sector als geheel alleen plaatsvinden wanneer ook de uitgangssituatie van de gww in kaart is gebracht. Deze studie biedt hiertoe een eerste beeld van de uitgangssituatie in de woning- en utiliteitsbouw. Mogelijke aanscherpingen hiervan liggen rond de aanvulling van de referentieprofielen, het in kaart brengen van de werkzaamheden en materiaalstromen achter de herstel en verbouwproductie voor met name de utiliteitsbouw, analyse van de potentiële milieu-impactbesparing van de sloop en analyse van het energieverbruik gerelateerd aan bouw- en sloopactiviteiten.
2. **Gerichte beleidsacties.** Naast monitoring liggen er ook kansen voor beleidsacties om de mogelijkheden voor circulariteit en verduurzaming van de sector verder te helpen. Een concreet beleidstraject waar naar gekeken kan worden is het Bouwbesluit en de grenswaarde die hierin aan de milieuprestatie van gebouwen (MPG) wordt gesteld. Bijzonder aandachtspunt vormt hierbij de relatie tussen de Energieprestatie gebouwen (EPG) en de MPG. Concrete andere beleidstrajecten kunnen worden gevonden in het verkennen van de effecten, reikwijdte en mogelijkheden van fiscale differentiatie, het wegnemen van belemmerende regelgeving en aanbestedingsbeleid. Tenslotte kan worden

gedacht aan het gestructureerd bundelen van kennis over projecten op nationaal niveau en gerichte kennisontwikkeling middels pilots.

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

Met het opstellen van het rijksbrede programma 'Nederland circulair in 2050', het tekenen van het Grondstoffenakkoord en de uitwerking hiervan in de 'Transitieagenda Circulaire Bouweconomie' zijn de eerste stappen richting een circulaire bouw en gebouwde omgeving gezet. Het doel is om tot 50% circulariteit van de sector in 2030 te komen met als einddoel 100% circulariteit in 2050. De focus ligt hiertoe op drie pijlers: optimaal materiaalgebruik in alle fasen van de bouwcyclus, zoveel mogelijk gebruik van onuitputtelijke bronnen met meer hoogwaardig hergebruik en het zo efficiënt mogelijk gebruiken van eindige bronnen².

Het Planbureau voor de Leefomgeving (PBL), het Centraal Bureau voor de Statistiek (CBS) en het Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM) zullen de Transitieagenda's waaronder die van de circulaire bouweconomie monitoren. Hierin wordt een onderscheid gemaakt tussen het monitoren van de activiteiten, de transitiedynamiek en de effecten. Bij de effecten wordt gekeken naar het grondstoffengebruik, de milieudruk en de socio-economische ontwikkelingen. Om het effect van de 'Transitieagenda Circulaire Bouweconomie' langs deze lijnen inzichtelijk te maken, vormt inzicht in de circulaire uitgangssituatie een belangrijk startpunt. Alleen wanneer inzichtelijk is hoe zaken er in het startjaar uitzagen, kan in de toekomst de voortgang in kaart worden gebracht.

Tegen deze achtergrond heeft de Rijksdienst Voor Ondernemend Nederland (RVO) het Economisch Instituut voor de Bouw (EIB), Metabolic en SGS Search gevraagd de uitgangssituatie voor de woning- en utiliteitsbouw in beeld te brengen. In aansluiting op de monitoring van de voortgang van de circulaire bouweconomie van PBL en in overleg met de opdrachtgever en de stuurgroep is 2014 in dit onderzoek als startjaar gehanteerd.

1.2 Foto uitgangssituatie en doorkijk naar de toekomst

Om tot inzichten over de uitgangssituatie van de circulaire bouweconomie te komen, maakt het onderzoek als het ware een foto van de situatie in het startjaar. Hiertoe worden de materiaalstromen per bouwfase (nieuwbouw-, gebruiks- en sloopfase) zo goed als mogelijk in kaart gebracht en wordt inzicht gegeven in het hergebruik van materiaal dat na de sloopfase weer terugvloeit naar de bouw. Ook de milieu-impact en het energieverbruik worden hierbij in beeld gebracht. Naast een foto van de uitgangssituatie zal in dit onderzoek een eerste doorkijk naar de materiaalstromen en de milieu-impact in 2030 worden gegeven.

Voor de foto van de uitgangssituatie en de situatie in 2030 vormen bouw- en sloopvolumen de basis. Aan de hand van de bouw- en sloopvolumen naar type woning- en utiliteitsbouw zijn de materiaalstromen in kaart gebracht en is de milieu-impact uitgedrukt in de Milieukosten Indicator (MKI) van deze stromen geanalyseerd. Er is voor deze methodiek gekozen omdat er (nog) geen databron beschikbaar is die voor de verschillende fasen en deelsectoren in de bouw de materiaalstromen weergeeft.

1.3 Leeswijzer

Het onderzoek bestaat uit twee onderdelen: hoofdstuk 2 dat de uitgangssituatie in beeld brengt en hoofdstuk 3 dat een doorkijk naar de toekomst in 2030 geeft. Voor het in beeld brengen van de uitgangssituatie worden in paragraaf 2.1 allereerst de bouwproductie- en sloopbeelden voor de woning- en utiliteitsbouw geschetst. Aan de hand van deze beelden worden in paragraaf 2.2 de materiaalstromen per sector en bouwfase in kaart gebracht. Op basis van de stromen is in paragraaf 2.3 vervolgens de milieu-impact in MKI geanalyseerd en licht paragraaf 2.4 het energieverbruik en de hiermee samenhangende CO₂ emissies toe. In hoofdstuk 3 wordt in

² Transitieagenda circulaire bouweconomie, p.30.

paragraaf 3.1 het bouwproductie- en sloopbeeld voor 2030 in kaart gebracht en toegelicht. In paragraaf 3.2 worden vervolgens de hiermee samenhangende materiaalstromen en milieu-impact geschetst. Tenslotte komen de verschillende onderdelen in paragraaf 3.3 samen in een overkoepelend beeld en worden hierbij kansen en aangrijpingspunten voor beleid in beeld gebracht.

2 Uitgangssituatie in beeld

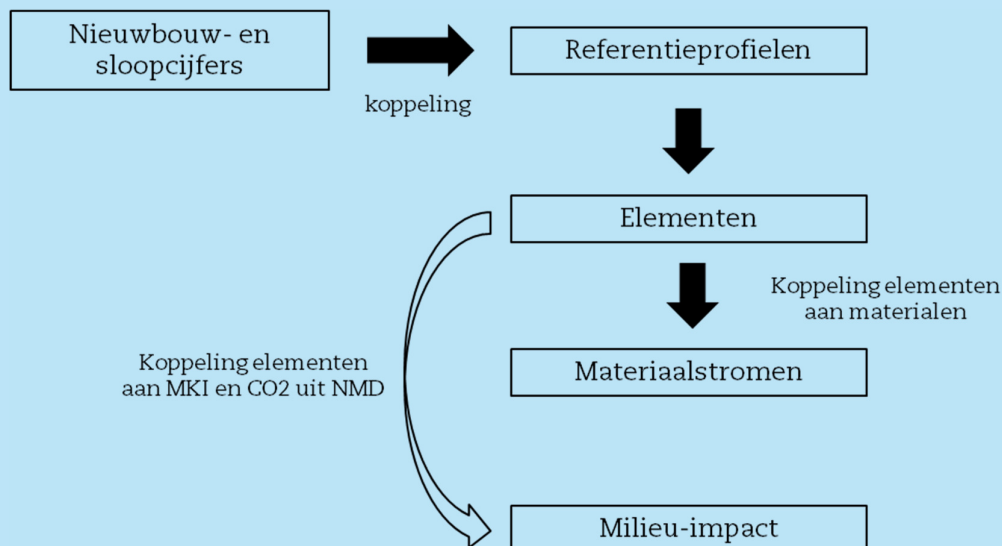
Het zo goed mogelijk in kaart brengen van de uitgangssituatie in de woning- en utiliteitsbouw is van belang voor het monitoren van de voortgang van circulariteit en verduurzaming in de bouw. Daarnaast kunnen de inzichten in de uitgangssituatie aangrijpingspunten voor beleid ter stimulering van verduurzaming van de sector bieden. Hiertoe brengt dit hoofdstuk per deelsector en bouwfase de materiaalstromen, de milieu-impact in MKI, het energieverbruik en de hiermee samenhangende CO₂ emissies in kaart.

Om de materiaalstromen en de milieu-impact per deelsector en bouwfase in kaart te brengen, vormt het bouwproductie- en het sloopbeeld in de woning- en utiliteitsbouw de basis. Het in kaart brengen van de uitgangssituatie begint daarom met het bouwproductie- en het sloopbeeld voor de woning- en utiliteitsbouw in 2014. In het tekstkader hieronder wordt de methodiek die in dit onderzoek is gehanteerd kort toegelicht.

Methodiek: bouwproductie- en sloopbeeld vormen basis voor materiaalstromen en milieu-impact

Aan de hand van de productie- en sloopcijfers zijn de bouwactiviteiten in de drie bouwfasen (de nieuwbouw-, de gebruiks- en de sloopfase) voor het startjaar in kaart gebracht. Door de nieuwbouw- en sloopcijfers op te delen naar type woning- en utiliteitsbouw en deze data te koppelen aan overeenkomstige bouwprofielen zijn vervolgens de materiaalstromen die hieruit voortkomen en de hiermee samenhangende milieu-impact in beeld gebracht. Onderstaande figuur geeft een schematische weergave van deze aanpak. Alle resultaten rond de materiaalstromen en de milieu-impact zijn verkregen middels deze bottom-up methode.

Schematische weergave aanpak van bouwproductie naar materiaal- en grondstofstromen en milieu-impact



Bron: EIB, Metabolic, SGS Search

Vanwege de beperkte beschikbaarheid en beperkte mate van detaillering van de nieuwbouw- en sloopdata zijn data- en informatiebronnen gekoppeld en zijn waar nodig aannamen gedaan. Dit geldt ook voor het in kaart brengen van de materiaal- en grondstofstromen die met de herstel en verbouw gepaard gaan. Zo is voor de herstel en

verbouw in de woningbouw gekeken naar meerjarige onderhoudsplannen van corporaties, renovatiewerkzaamheden van bouwkosten.nl en is een enquête van Vereniging Eigen Huis (VEH) onder woningeigenaren gebruikt. Op deze manier is in kaart gebracht welke werkzaamheden plaatsvinden in de huursector (zowel sociaal als particulier) en in de koopsector wanneer herstel en verbouw plaatsvindt. Vervolgens zijn aan de onderscheiden werkzaamheden materialen gekoppeld en zijn de materiaalstromen in beeld gebracht.

Voor het in kaart brengen van de materiaalstromen uit de herstel en verbouw in de utiliteitsbouw is op een gelijksoortige manier tewerk gegaan. Hier zijn meerjarige onderhoudsplannen van vastgoedbeheerders en herstel en verbouwprojecten van bouwkosten.nl gebruikt om de werkzaamheden en vervolgens de materiaalstromen in kaart te brengen. Een meer gedetailleerde beschrijving van de methodiek achter de productie- en sloopcijfers, het model met de gebouw-/referentieprofielen en de koppeling hiertussen is beschikbaar in de bijlagen A, C, D en E.

Waarom is gebruikgemaakt van de bouwproductie- en sloop?

Er is op dit moment (nog) geen data die de materiaalstromen per type bebouwing en bouwfase weergeeft. Het opdelen van de informatie op deze wijze is daarentegen wel relevant om de materiaalstromen zo goed mogelijk in kaart te brengen. Allereerst omdat op deze manier inzicht wordt geboden in wat er aan materiaal vrijkomt en wordt gevraagd vanuit de verschillende bouwsectoren en -fasen. Daarnaast kan op basis van deze informatie inzichtelijk worden gemaakt in welke fase, bij welke type bebouwing en bij welke materialen de grootste milieu-impact zit. Dit kan vervolgens aanknopingspunten geven voor het te voeren beleid.

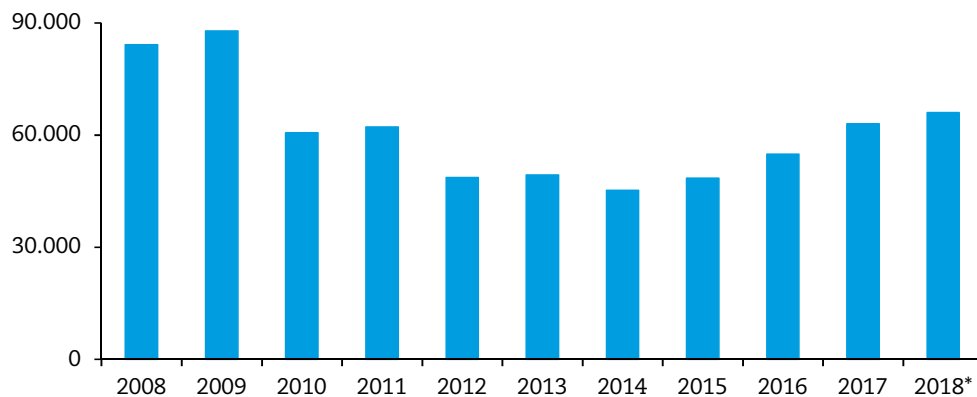
2.1 Bouwproductie- en sloopbeeld

2.1.1 Woningbouw

45.000 nieuwe woningen in 2014

In 2014 zijn ongeveer 45.000 nieuwe woningen gebouwd. In vergelijking met voorgaande en hierop volgende jaren is dit het dieptepunt van de woningniewbouw sinds de start van de crisis gebleken. Figuur 2.1 laat de ontwikkeling van de woningniewbouw vanaf 2003 tot en met 2018 zien.

Figuur 2.1 Ontwikkeling woningniewbouw, aantal woningen 2003-2018



* projectie

Bron: CBS Statline, bewerking EIB

Tabel 2.1 geeft de woningnieuwbouwproductie in aantal en in oppervlakte naar type woning weer. Van de 45.000 nieuwe woningen betrof 49% eengezinswoningen en 51% meergezinswoningen/appartementen³. Het merendeel van het aantal nieuwe eengezinswoningen (55%) bestond uit serieel gebouwde woningen, zogenaamde rijtjeswoningen. Wat verder opvalt is dat het aandeel eengezinswoningen in de totale oppervlakte nieuw gebouwde woningen groter is (+21 procentpunt) dan in het totale aantal woningen. Dit verschil wordt verklaard door de grotere gemiddelde oppervlakte van eengezinswoningen vergeleken met die van appartementen.

Tabel 2.1 Nieuwbouwproductie naar type woning, 2014

	Aantal woningen	%	Totale oppervlakte 1.000 m ² BVO ⁴	%	Gemiddelde oppervlakte per woning BVO (GO)
Eengezins	22.140	49	4.630	70	209 (145)
-Vrijstaand	4.440	10	1.427	22	321 (215)
-2-onder-1-kap	3.650	8	650	10	178 (134)
-Serieel	14.050	31	2.553	39	182 (125)
Meergezins/ appartement	23.030	51	1.982	30	86 (79)
Totaal	45.170	100	6.612	100	146 (111)

Bron: SYSWOV, BAG, WoON 2015, bewerking EIB

Sloop woningbouw vooral onder vroeg naoorlogse rijtjeswoningen en appartementen

De sloop van woningen (en utiliteitsgebouwen) is niet alleen naar type in kaart gebracht, ook is hier een onderscheid naar bouwjaarklasse gemaakt. De materialisatie kan immers per bouwjaarklasse verschillen. Belangrijk deel van de sloop vond in 2014 plaats bij serieel gebouwde eengezinswoningen en appartementen uit de bouwjaarklasse 1945-1970 (zie tabel 2.2). De belangrijkste verklaring hiervoor ligt bij de mindere kwaliteit van deze vroeg naoorlogse woningen en de toenemende kwaliteitseisen die vandaag de dag aan woningen worden gesteld. Dat de sloop met name appartementen en serieel gebouwde eengezinswoningen betreft, komt doordat de voorraden van woningcorporaties vooral uit deze woningen bestaan en zij ten opzichte van particuliere verhuurders en woningeigenaren relatief meer slopen.

³ Meergezinswoningen zijn wooncomplexen waarin meerdere gezinnen wonen, dit betreffen appartementencomplexen.

⁴ Alle oppervlakten woningen en utiliteitsgebouwen in m² zijn weergegeven in bruto vloeroppervlak (BVO). In de BAG worden de oppervlakten in gebruiksoppervlak (GO) weergegeven. Middels vormfactoren verkregen uit de gebouwprofielen aangevuld en getoetst met vormfactoren van Bouwkostenkompas.nl en Bouwkosten.nl is van GO naar BVO gekomen. Zie bijlage B voor de gehanteerde vormfactoren.

Tabel 2.2 Woningbouw sloop naar type woning en naar bouwjaarklasse, aantal 2014

	<1945	1945-1970	1971-2000	> 2000	Totaal
Eengezins	1.740	2.600	570	160	5.070
-Vrijstaand	300	220	110	20	650
-2-onder-1-kap	260	280	100	20	660
-Serieel	1.180	2.100	360	120	3.760
Meergezins/ appartement	820	3.880	790	430	5.920
Totaal	2.560	6.480	1.360	590	10.990

Bron: SYSWOV, BAG en WoON 2015, bewerking EIB

Net als bij de nieuwbouw geldt dat het sloopbeeld naar type woning in m², door de verschillen in gemiddelde grootte per type woning, afwijkt van het beeld in aantal woningen. Zo is het aantal gesloopte vrijstaande en twee-onder-een-kapwoningen gelijk verdeeld, maar worden er in m² meer vrijstaande dan twee-onder-een-kapwoningen gesloopt.

Tabel 2.3 Woningbouw sloop naar type woning en naar bouwjaarklasse, 1.000 m² BVO, 2014

	<1945	1945-1970	1971-2000	> 2000	Totaal
Eengezins	366	446	139	40	991
-Vrijstaand	139	121	69	15	344
-2-onder-1-kap	70	62	30	6	168
-Serieel	156	263	40	19	478
Meergezins/ appartement	73	297	59	32	461
Totaal	439	743	198	72	1.452

Bron: SYSWOV, BAG en WoON 2015, bewerking EIB

Herstel en verbouwproductie bedraagt ruim € 5 miljard in 2014

De herstel en verbouwproductie in de woningbouw bedroeg in 2014 ruim € 5 miljard. De aandelen van de huur- en koopsector waren hierin vrijwel gelijk verdeeld (45% huur versus 47% koop). Binnen de huursector vond het overgrote merendeel van de herstel en verbouwproductie in de corporatiesector plaats. Dat corporaties meer aan herstel en verbouwwerkzaamheden uitgeven is deels te verklaren vanuit het grotere aantal woningen dat zij bezitten ten opzichte van particuliere verhuurders. Zo'n 70% van de huurwoningen in Nederland was in 2014 in bezit

van corporaties⁵. Daarnaast plegen corporaties vanuit hun maatschappelijke achtergrond meer herstel en verbouw.

Tabel 2.4 Woningbouw totale herstel en verbouwproductie naar eigendomssituatie, 2014

	Herstel en verbouw (mln €)	Aandeel (%)
Corporaties	1.990	37
Particuliere verhuurders	395	7
Particuliere woningeigenaren	2.480	47
Transformaties ⁶	460	9
Totaal	5.325	100
<i>Huursector mutatie-onderhoud⁷</i>	440	

Bron: EIB, Corporatie Benchmark Centrum, bewerking EIB

Herstel en verbouw in de huursector: groot onderhoud en renovaties zijn grootste posten

Om van de herstel en verbouwproductiecijfers uiteindelijk naar materiaalstromen te kunnen komen, is het van belang te weten wat verschillende partijen doen wanneer zij herstel en verbouw plegen. Uit gesprekken met corporaties en particuliere verhuurders is naar voren gekomen dat hier vier typen werkzaamheden worden onderscheiden waarbij grotere hoeveelheden materiaal vrijkomen: groot planmatig onderhoud⁸, grote renovaties, kleine renovaties (woningverbeteringen)⁹ en mutatie-onderhoud¹⁰. Figuur 2.2 geeft de verdeling van de vier typen herstel en verbouw in de huursector weer. Met name groot planmatig onderhoud (39%) en renovatiewerkzaamheden (46%) hebben in 2014 een groot aandeel in de herstel en verbouwwitgaven.

⁵ CBS Statline: <https://opendata.cbs.nl/statline/#/CBS/nl/dataset/82900NED/table?ts=1554049953994>

⁶ Transformaties vormen een onderdeel van de herstel en verbouwproductie. Deze worden in het overzicht apart benoemd omdat we wel weten hoeveel transformaties er hebben plaatsgevonden, maar niet door wie deze zijn uitgevoerd.

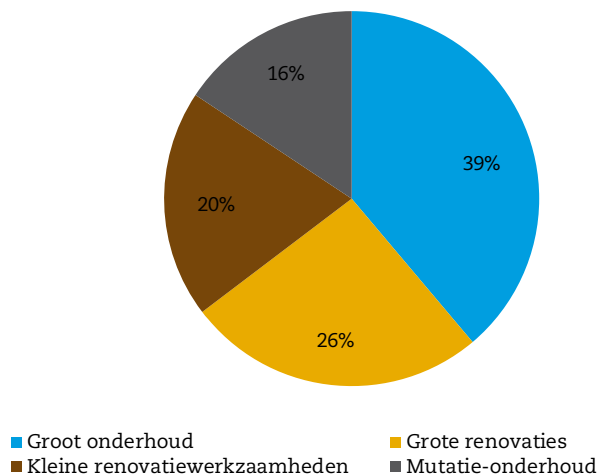
⁷ Mutatie-onderhoud vormt officieel geen onderdeel van de herstel en verbouwproductie volgens de definitie van de Nationale rekeningen van het CBS. Echter, tijdens gesprekken met corporaties is gebleken dat bij dit type onderhoud wel grotere materiaalstromen vrijkomen. Om deze reden is mutatie-onderhoud meegenomen in de analyse, maar staat het in het overzicht in tabel 2.4 niet als onderdeel van de totale herstel en verbouw genoemd.

⁸ Onder groot planmatig onderhoud vallen de grotere onderhoudswerkzaamheden (vervangingen met een cyclus >15 jaar) die in meerjarige onderhoudsplannen worden meegenomen. Dit betreft werkzaamheden die de kwaliteit van de woningen op gelijk niveau houdt.

⁹ Renovatiewerkzaamheden hebben tot doel de kwaliteit van de woning te verbeteren. Bij grotere renovaties wordt de woning volledig gestript en opnieuw opgebouwd. Kleinere renovatiewerkzaamheden (of kleinere woningverbeteringen) zijn werkzaamheden die ook los van algehele renovaties plaatsvinden en een kwaliteitsverbetering tot gevolg hebben.

¹⁰ Mutatie-onderhoud is het onderhoud dat plaatsvindt wanneer een huurder de woning verlaat. Hierbij kan worden gedacht aan het vervangen van een keuken en/of badkamer.

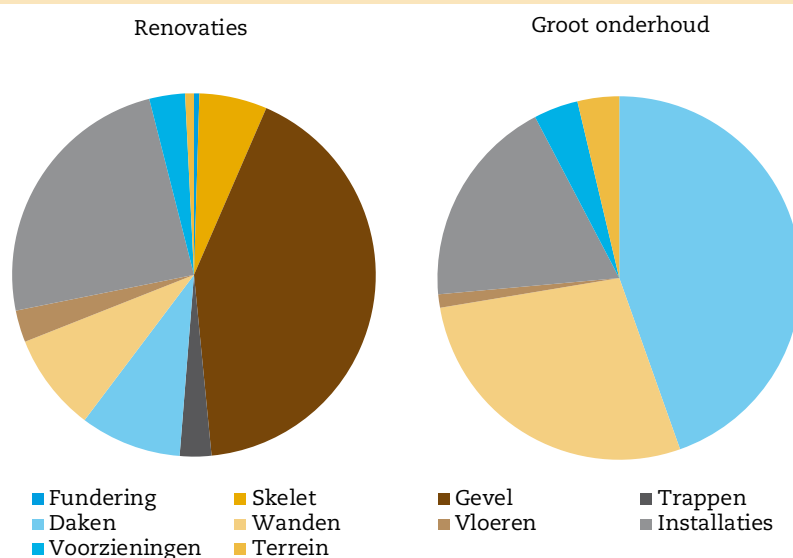
Figuur 2.2 Typen herstel en verbouw in de huursector (inclusief mutatie-onderhoud), aandelen, 2014



Bron: EIB

Groot planmatig onderhoud en renovaties zijn op hun beurt onder te verdelen in werkzaamheden aan onderdelen van woningen zoals aan daken, gevels en vloeren. Figuur 2.3 geeft voor grote renovaties en groot planmatig onderhoud de verdeling van de productie over de onderdelen weer. Deze onderverdeling voor de huursector is gemaakt op basis van meerjarige onderhoudsplannen en renovatieprojecten uitgevoerd door corporaties zoals beschikbaar op bouwkosten.nl. Zie de bijlage A voor een uitgebreidere toelichting op de methodiek.

Figuur 2.3 Verdeling werkzaamheden over de productie van grote renovaties en groot planmatig onderhoud in de huursector

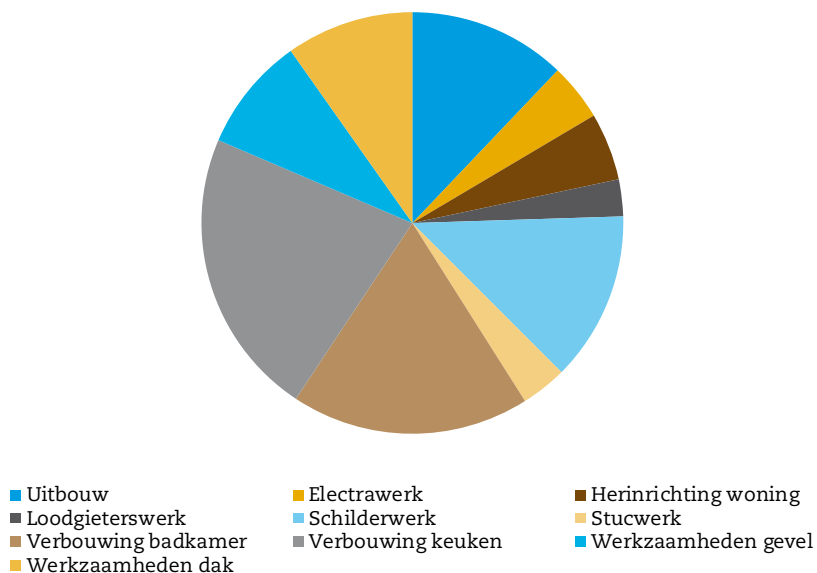


Bron: EIB

Grote spreiding van herstel en verbouwwerkzaamheden in de koopsector

Ook voor de koopsector is een globaal beeld geschetst van de werkzaamheden achter de herstel en verbouwproductie. Dit is met behulp van de resultaten uit een eerdere enquête van Vereniging Eigen Huis en het EIB onder woonconsumenten gedaan. Figuur 2.4 laat zien dat er een grote spreiding zit in het type herstel en verbouwwerkzaamheden dat particuliere eigenaren (laten) uitvoeren. Grootste aandelen hebben verbouwingen van het sanitair en keukens. De werkzaamheden beslaan beide ongeveer 20% van het productiebeeld.

Figuur 2.4 Verdeling herstel en verbouwwerkzaamheden over de productie in de koopsector



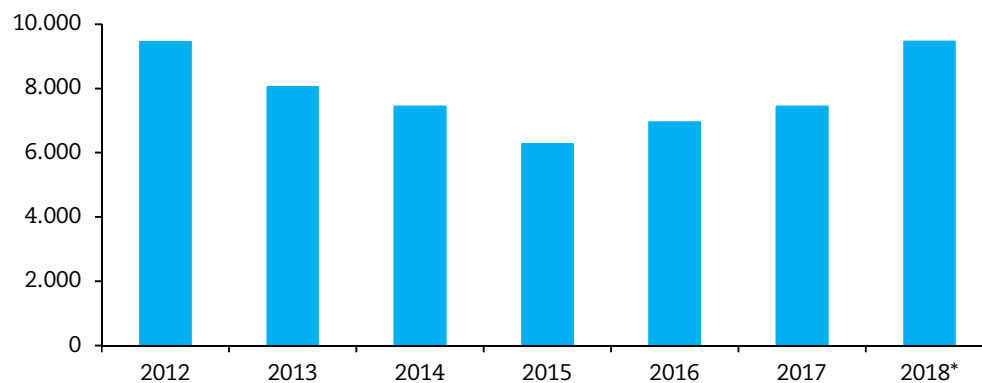
Bron: EIB

2.1.2 Utiliteitsbouw

5,8 miljoen m² nieuwe utiliteitsgebouwen in 2014

In 2014 kwam er in Nederland ongeveer 5,8 miljoen m² nieuwe utiliteitsgebouwen bij. Voor de utiliteitsnieuwbouw was 2014 nog niet het dieptepunt van het productieniveau. Met een productieomvang van bijna 7.500 gebouwen lag de nieuwbouwproductie in 2014 wel lager dan in voorgaande jaren en dan in de afgelopen twee jaar. Figuur 2.5 illustreert de ontwikkeling van het aantal nieuwe utiliteitsgebouwen in de periode 2012-2018.

Figuur 2.5 Ontwikkeling utiliteitsnieuwbouw, aantal gebouwen, 2012-2018



* projectie

Bron: CBS Statline, bewerking EIB

Wat opvalt in de utiliteitsnieuwbouwproductie naar type gebouw is dat een kwart van het aantal gebouwen bedrijfsruimten betrof en dat dit aandeel in oppervlakte bijna 20 procentpunt hoger ligt (zie tabel 2.5). Net als in de woningnieuwbouw laat dit verschil in aandelen (aantal versus oppervlakte) zien dat bedrijfsruimten gemiddeld grotere oppervlaktes kennen dan bijvoorbeeld zorggebouwen, winkels en overige gebouwen¹¹.

Tabel 2.5 Utiliteitsnieuwbouwproductie naar type utiliteitsbouw, 2014

	Aantal gebouwen	%	Totale oppervlakte 1.000 m ² BVO	%
Bedrijfsruimten	1.900	26	2.673	43
Kantoren	570	8	554	9
Zorggebouwen	630	8	352	6
Onderwijsgebouwen	250	3	601	10
Winkels	900	12	594	10
Overig	3.180	43	1.448	23
Totaal	7.430	100	6.222	100

Bron: BAG en CBS Statline, bewerking EIB

Sloop utiliteitsbouw vooral bij vroeg naoorlogse en jaren 70/80-bouw

Het sloopbeeld voor de utiliteitsbouw, weergegeven in tabel 2.6 en tabel 2.7, laat zien dat in 2014 vooral vroeg naoorlogse utiliteitsgebouwen en utiliteitsgebouwen uit de jaren 70/80 werden gesloopt. Dit beeld wordt grotendeels verklaard door de leeftijd en kwaliteit van deze voorraad

¹¹ De categorie overige gebouwen bestaat uit gebouwen met een bijeenkomstfunctie. Hieronder vallen onder meer bioscopen, publieke gebouwen, gebouwen met een sportfunctie zoals sporthallen en sportkantines en gebouwen met een overige functie.

gebouwen. Veroudering in combinatie met toenemende kwaliteitseisen rond gezondheid, duurzaamheid en comfort, maken dat deze voorraad incourant raakt waardoor sloop een gunstig alternatief voor renovatie en transformatie vormt.

Tabel 2.6 Utiliteitsbouw sloop naar type utiliteitsbouw en naar bouwjaarklasse, aantal, 2014

	<1945	1945-1970	1971-2000	> 2000	Totaal
Bedrijfsruimten	120	305	390	105	920
Kantoren	25	75	115	55	270
Zorggebouwen	5	20	40	15	80
Onderwijsgebouwen	10	80	95	50	235
Winkels	70	100	165	35	370
Overig	140	770	860	270	2040
Totaal	370	1.350	1.665	530	3.915

Bron: BAG en CBS Statline, bewerking EIB

Wat opvalt in het sloopbeeld in m² naar type gebouw is dat in 2014 naast bedrijfsruimten en overige gebouwen een groot aantal m² onderwijsgebouwen is gesloopt. Voor bedrijfsruimten en overige gebouwen draagt het grote aandeel in de voorraad hieraan bij (respectievelijk 50% en 20% volgens BAG 2015). Onderwijsgebouwen vormen echter zo'n 5% van de voorraad, niettemin werden in 2014 bijna 240 onderwijsgebouwen met een totale oppervlakte van ruim 400.000 m² gesloopt. Reden hiervoor kan worden gevonden in de kwalitatief slechtere naoorlogse en jaren 70/80-bouw. Veroudering van deze voorraad en toenemende kwaliteitseisen op het gebied van gezondheid en duurzaamheid, maar ook veranderende regelgeving rond specificaties van onderwijsgebouwen maken dat in deze sector meer sloop plaatsvindt.

Tabel 2.7 Utiliteitsbouw sloop naar type utiliteitsbouw en naar bouwjaarklasse, 1.000 m² BVO, 2014

	<1945	1945-1970	1971-2000	> 2000	Totaal
Bedrijfsruimten	54	326	574	77	1.031
Kantoren	51	73	133	31	288
Zorggebouwen	27	61	114	4	206
Onderwijsgebouwen	25	152	190	67	434
Winkels	24	57	70	16	167
Overig	101	164	329	82	676
Totaal	282	833	1.410	277	2.802

Bron: BAG en CBS Statline, bewerking EIB

€ 5,4 miljard herstel en verbouw in de utiliteitsbouw in 2014

De herstel en verbouwproductie bedroeg in 2014 zo'n € 5,4 miljard. Tabel 2.8 geeft de verdeling van de herstel en verbouwproductie over de verschillende deelsectoren in de utiliteitsbouw weer. Hier is een onderscheid gemaakt in herstel en verbouw aan bedrijfsruimten en aan andere utiliteitsgebouwen. Deze tweedeling is gemaakt omdat aan bedrijfsruimten vanuit duurzaamheids- en andere kwaliteitseisen minder herstel en verbouw plaats hoeft te vinden en ook periodieke herstel en verbouwwerkzaamheden minder frequent voorkomen dan bijvoorbeeld bij kantoren, onderwijs- en zorggebouwen. Dit blijkt ook uit het aandeel dat bedrijfsruimten in de totale herstel en verbouw hebben ten opzichte van het aandeel dat deze deelsector in de voorraad heeft (24% versus 50%).

Tabel 2.8 Utiliteitsbouw herstel en verbouwproductie naar type utiliteitsbouw, 2014

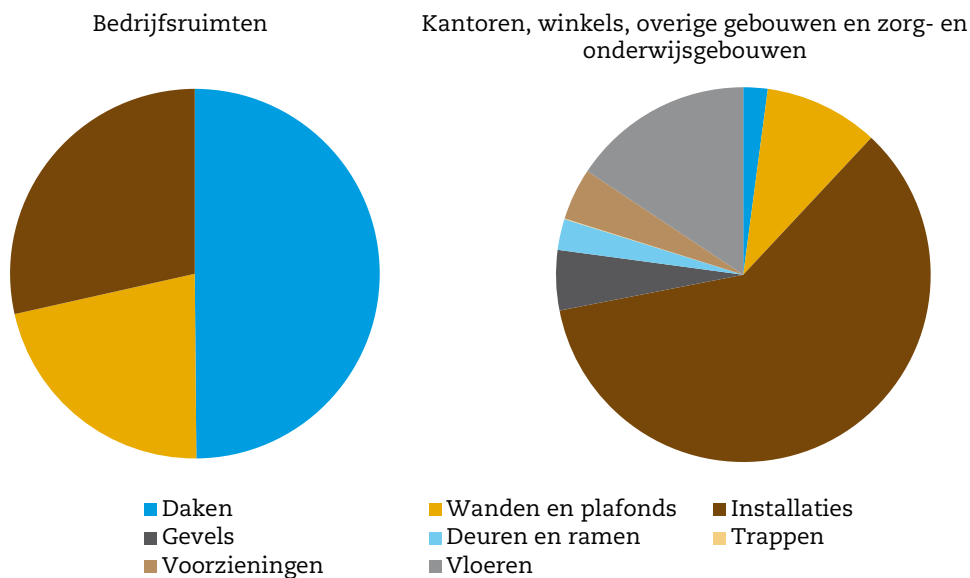
	Herstel en verbouw (mln. €)	Aandeel (%)
Bedrijfsruimten	1.310	24
Kantoren, winkels, zorggebouwen, onderwijsgebouwen en overige gebouwen	4.115	76
Totaal	5.425	100

Bron: EIB, SGS Search, bewerking EIB

Groot aandeel installaties in de herstel en verbouwproductie van de utiliteitsbouw

Ook voor de utiliteitsbouw zijn, ten behoeve van het in kaart brengen van de materiaalstromen, de werkzaamheden achter de herstel en verbouwproductie in kaart gebracht. Dit is gebeurd op basis van renovatieprojecten van bouwkosten.nl en meerjarige onderhoudsplannen van kantoren van SGS Search. Zie bijlage A voor een meer gedetailleerde beschrijving van de methodiek. Figuur 2.6 geeft de verdeling van de werkzaamheden over de herstel en verbouwwitgaven weer. Hieruit komt naar voren dat installaties een belangrijke post in de herstel en verbouw van utiliteitsgebouwen vormt. Dit betreft zowel werktuigbouwkundige als elektrotechnische installaties. Voor bedrijfsgebouwen geldt dat met name het vervangen van bitumen daken een groot aandeel van de herstel- en verbouwproductie bepaalt.

Figuur 2.6 Verdeling werkzaamheden over de herstel en verbouwproductie van bedrijfsruimten en kantoren, winkels, overige gebouwen en zorg- en onderwijsgebouwen



Bron: Bouwkosten.nl, SGS Search, bewerking EIB

2.1.3 Totaalbeeld: Bouwproductie en sloop

Nieuwbouwproductie in 2014 groter dan sloop

Alles overziende komt uit de nieuwbouwproductie en sloop naar voren dat in het startjaar meer werd gebouwd dan dat er werd gesloopt. In de woningbouw lagen nieuwbouw en sloop ongeveer een factor vier uit elkaar en in de utiliteitsbouw was dit een factor twee. De herstel en verbouwproductie in de woningbouw bedroeg in 2014 zo'n € 5.325 miljoen. In de utiliteitsbouw werd een vergelijkbaar bedrag aan herstel en verbouwwerkzaamheden besteed (€ 5.425 miljoen). Dit productiebeeld zal in grote mate bepalend zijn voor het beeld van de materiaal- en grondstofstromen in de volgende sectie.

Tabel 2.9 Totaaloverzicht woning- en utiliteitsbouw: nieuwbouw, sloop en herstel en verbouw, 2014

	Nieuwbouw (aantal)	Nieuwbouw (1.000 m ² BVO)	Sloop (aantal)	Sloop (1.000 m ² BVO)
Woningen	45.170	6.612	10.990	1.452
-Eengezins	22.140	4.630	5.070	991
-Meergezins	23.030	1.982	5.920	461
Utiliteitsgebouwen	7.430	6.222	3.915	2.802
-Bedrijfsruimten	1.900	2.673	920	1.031
-Kantoren	570	554	270	288
-Zorggebouwen	630	352	80	206
-Onderwijsgebouwen	250	601	235	434
-Winkels	900	594	370	167
-Overige gebouwen	3.180	1.448	2.040	676

Bron: EIB

2.2 Materiaalstromen

Op basis van de hiervoor in kaart gebrachte nieuwbouw-, herstel en verbouw- en sloopbeelden kunnen met behulp van het Urban Mining Model, de materiaalstromen en gebouwelementen aan deze activiteiten verbonden in kaart worden gebracht. De methodiek voor het inschatten van de belangrijkste materiaalstromen in de bouw wordt in bijlage D verder toegelicht. Om de massa van in- en uitgaande materiaalstromen te kunnen interpreteren, is het van belang de verschillen tussen de bouwtypen in het model kort toe te lichten voordat wordt overgegaan tot de analyse van het beeld per sector, bouwfase en het totaalbeeld. Hiertoe begint dit hoofdstuk met een analyse van de materialisatie per bouwtype.

2.2.1 Materialisatie per bouwtype

Materialisatie in kg/m² verschilt per bouwtype

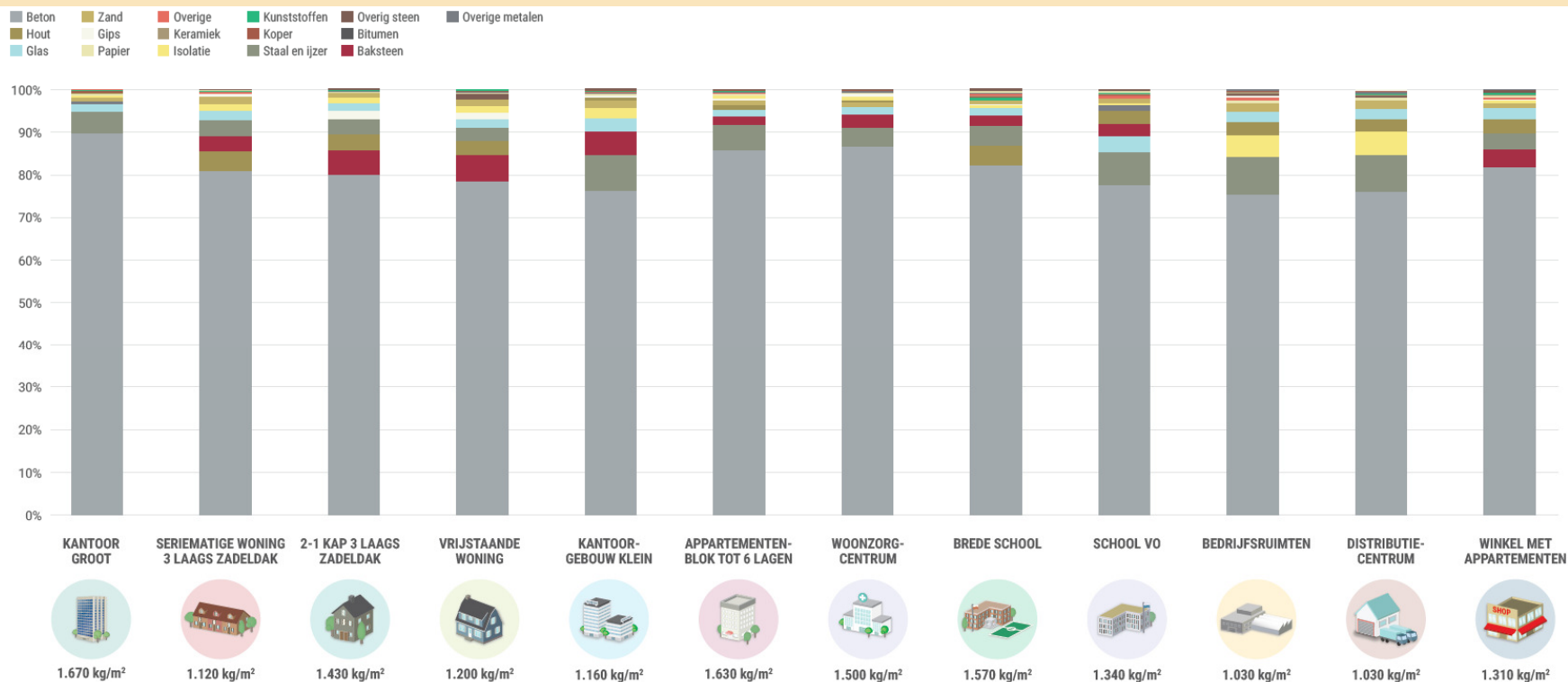
Het type en de hoeveelheid materialen dat benodigd is voor de nieuwbouw of vrijkomt bij sloop verschilt per bouwtype. Figuur 2.7 geeft de verschillen in materialisatie voor de onderscheiden bouwtypen weer. Hierbij is gekeken naar de hoeveelheid materialen die benodigd is voor de nieuwbouwproductie van de verschillende bouwtypen en vrijkomt bij de sloop van deze nieuwe bouwtypen.

Uit deze analyse blijkt dat vooral voor grote kantoren en appartementencomplexen de hoeveelheid bouwmaterialen per m² bovengemiddeld hoog is. Waar het gemiddelde voor zowel woningen als utiliteitsgebouwen op zo'n 1.340 kg/m² ligt, ligt de hoeveelheid gebruikte materialen voor deze gebouwen rond 1.670 kg/m² en 1.630 kg/m². Verder valt op dat gebouwen met een beperkt aantal verdiepingen relatief lichter per m² zijn. Zo wegen bedrijfsruimten en distributiecentra circa 1.130 kg/m² en wegen eengezinswoningen zo'n 1.120 kg/m² tot 1.430 kg/m². Dat gebouwen met meerdere verdiepingen zwaarder zijn, kan worden verklaard doordat in de hoogbouw de hoofddraagstructuur met vloeren en wanden eerder wordt voorzien van massievere en zwaardere betonnen structuren dan in de laagbouw waar lichtere structuren afdoende zijn. Over het algemeen domineert beton de materialisatie van alle gebouwen met circa driekwart van de materialen in een gebouw.

In figuur 2.7 is uitgegaan van de originele referentiegebouwen die zijn opgebouwd uit moderne referentieprojecten en empirische gebouwdata vanaf 2000. De materialisatie van gebouwen is door de jaren heen gewijzigd. Zo zal een gebouw uit de jaren 30 een andere materiaalopbouw

kennen dan een gebouw uit de jaren 90. In de analyses die volgen zijn derhalve, net als in de voorgaande secties, gebouwen uit verschillende bouwjaarklassen opgenomen voor zover het sloopwerkzaamheden betreft. In bijlage E zijn de aannamen voor de gewijzigde materialisatie per bouwjaarklasse en type gebouw nader toegelicht.

Figuur 2.7 Bouwmaterialen benodigd bij nieuwbouw per bouwtype, kg/m²



Bron: Urban Mining Model Metabolic, SGS Search

2.2.2 Totaalbeeld: massabalans materiaalstromen en elementen woning- en utiliteitsbouw 2014

Totale ingaande materiaalstromen zijn ruim twee keer groter dan uitgaande stromen

Wanneer de gebouwprofielen met bijbehorende materiaalintensiteiten uit het model worden gekoppeld aan de productie-, sloop- en herstel en verbouwcijfers vormt zich een beeld van de massabalans in de keten. De inkomende en uitgaande stromen in de keten zijn gevisualiseerd in figuur 2.8. In de figuur is aan de linkerkzijde te zien dat in het peiljaar 2014 ten behoeve van nieuwbouw zo'n 17,6 miljoen ton aan bouw materiaal de keten inging. Dit stond tegenover een totale uitgaande stroom van 7,3 miljoen ton vanuit sloopactiviteiten (zie rechterzijde). Hoewel herstel en verbouwactiviteiten deel uitmaken van zowel de ingaande als uitgaande stromen (respectievelijk 1,4 miljoen ton ingaand, tegenover 1,2 miljoen ton uitgaand), domineren nieuwbouw en sloop het beeld in de totale massabalans. Bijlage F licht toe hoe deze uitkomsten voor de materiaalstromen zich verhouden tot de hoeveelheden materiaal genoemd in andere rapportages.

In lijn met het productie- en sloopbeeld is de ingaande stroom materialen groter dan de uitgaande. Zelfs bij directe hoogwaardige toepassing van alle uit sloop en herstel en verbouw vrijkomende materialen zou minder dan de helft (zo'n 41%) van de totale vraag aan bouwmaterialen binnen de keten kunnen worden gerealiseerd. Wanneer we kijken naar de verhoudingen binnen de woning- en utiliteitsbouw herkennen we daarin bij de materiaalstromen de verhoudingen uit de productie- en sloopcijfers terug. Voor de woningbouw geldt dat nieuwbouw en herstel en verbouw een ingaande materiaalstroom met zich meebrengen die een factor drie groter is dan de vrijkomende materialen. Binnen de utiliteitsbouw is deze stroom een factor twee groter. Voor alle individueel weergegeven materiaalstromen in figuur 2.8 geldt dat in 2014 per saldo meer grondstoffen de keten ingingen dan dat er vrijkwamen.

Bij het sluiten van materiaalkringlopen binnen een keten komt uiteraard meer kijken dan het vergelijken van de massa van vrijkomende en benodigde materialen. De potentie tot hergebruik is zeer product- en context specifiek en heeft ook te maken met zaken als kwaliteitsverschillen, technische voorschriften, logistiek en financieel economische aspecten. De massabalans geeft derhalve enkel de theoretische potentie weer waarin het aanbod van secundair materiaal in de vraag zou kunnen voorzien.

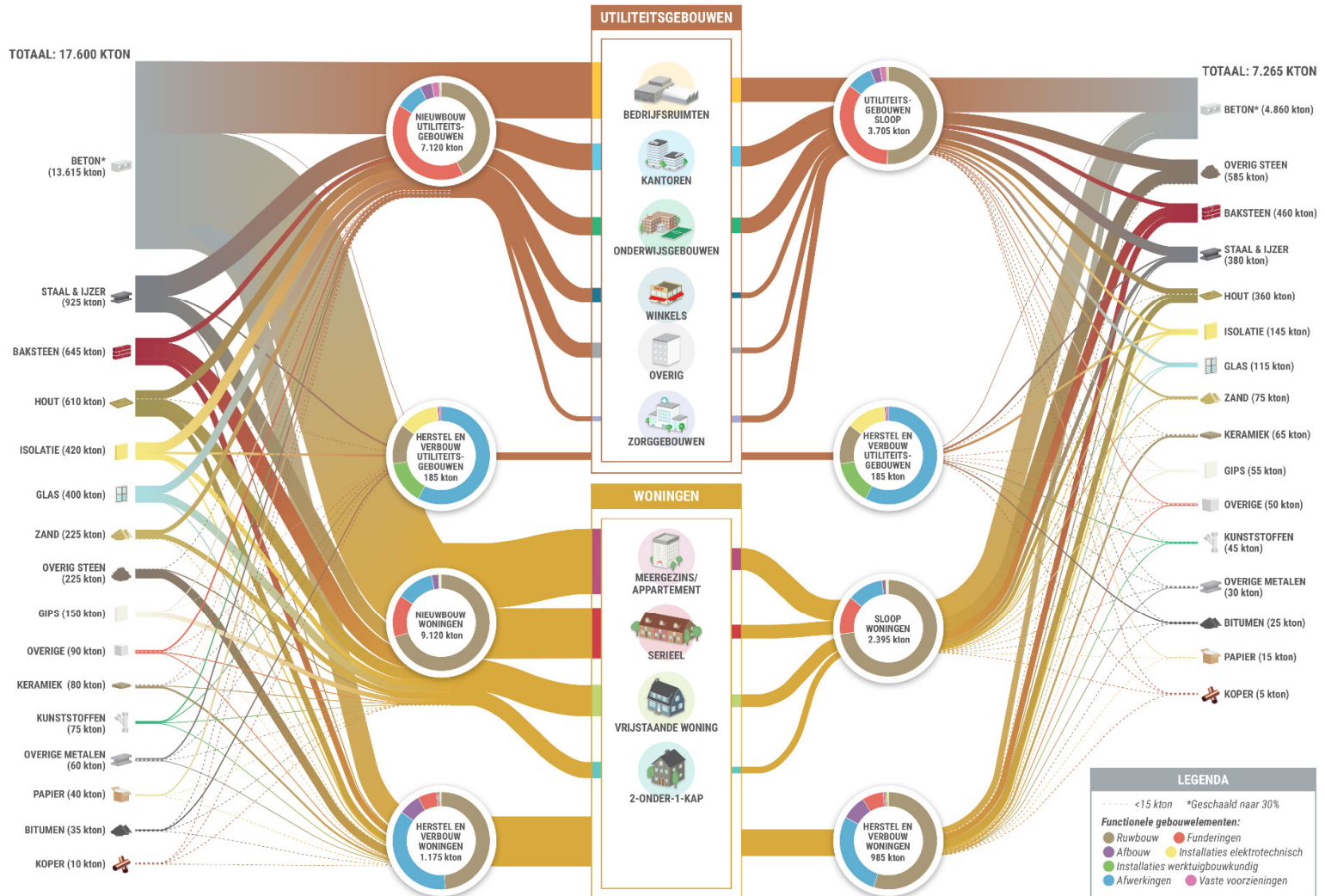
Nadere opdeling materialen in massabalans

In de massabalans (figuur 2.8) is ten behoeve van de leesbaarheid een onderverdeling in zestien materialen gemaakt. Dit betreffen in het model echter clusters van materialen die in de figuur niet verder inzichtelijk zijn gemaakt. Hieronder zijn de belangrijkste clusters uiteengezet in de onderliggende materialen en is het percentage dat deze materialen van de input uitmaken weergegeven.

- **Overig steen:** kalkzandsteen 93%; grind 6%; natuursteen 1%
- **Isolatiemateriaal:** steenwol 73%; EPS 14%; glaswol 5%; PUR 8%
- **Kunststoffen:** EPDM 36%; PVC 34%; polycarbonaat 16%; polyetheen 6%; polybuteen 5%; polypropreen 2%; synthetisch rubber 1%
- **Andere metalen:** aluminium 70%; zink 21%; lood 7%; messing 2%
- **Overige materialen:** katten en lijmen 77%; elektronica (passieve componenten en PV) 19%; verf 4%

Voor betonmortel is er vanuit gegaan dat 25% van het cement uit portlandcement bestaat en 75% uit een hoogoven-portlandcementmengsel.

Figuur 2.8 Massabalans belangrijkste materiaalstromen voor de Nederlandse woningbouw- en utiliteitsbouwketen, kton 2014



Bron: Urban Mining Model Metabolic, SGS Search

Mate waarin vraag en theoretisch aanbod op elkaar aansluiten verschilt per materiaalstroom
Kijkend naar de verhouding tussen de vraag (ingående materiaalstromen) en het theoretische aanbod (uitgaande materiaalstromen) voor verschillende typen materiaalstromen valt op dat voor glas het aanbod uitgaande materiaalstromen kleiner is dan gemiddeld. Deze zijn niet een factor twee en een half maar een factor drie tot drie en een half kleiner dan de vraag. Dit kan voornamelijk worden verklaard door de strengere EPC-eisen die dikkere glas- en isolatielagen voor nieuwbouw voorschrijven ten opzichte van het glas en isolatie dat vrijkomt bij sloop en herstel en verbouw. Voor de materiaalstromen keramiek en hout is het aanbod van uitgaande stromen relatief groot ten opzichte van de vraag en geldt een factor 1,2 tot 1,7 verschil. Voor overig steen is het aanbod een factor 2,6 groter dan de vraag. Dit komt omdat kalkzandsteen, als het voornaamste materiaal in deze categorie, meer bij de sloop van oudere gebouwen vrijkomt ten opzichte van de huidige vraag naar dit materiaal vanuit de nieuwbouw.

Funderingen en ruwbouw domineren de massa van zowel de nieuwbouw als de sloop

In de massabalans is ook opgenomen hoe de materiaalstromen verdeeld zijn over de functionele gebouwelementen. Dit is weergegeven in de cirkeldiagrammen per stroom die resulteren uit een specifieke activiteit (nieuwbouw, herstel en verbouw en sloop, zie figuur 2.8). Hieruit is op te maken dat het grootste deel van de massa zich in de funderingen en ruwbouw bevindt. Gezamenlijk zijn deze functionele gebouwelementen goed voor circa 84% massa van de vraag en van het aanbod. Hierin zitten grote hoeveelheden beton en wapeningsstaal vastgelegd. De afwerkingen en de afbouw spelen een kleinere rol in de materiaalmassa met circa 10% en 3% van zowel de vraag als het aanbod van materialen. Het aandeel installaties en vaste voorzieningen is zeer klein in het massatotaalbeeld.

Mate waarin de vraag naar en het theoretische aanbod van producten op elkaar aansluit verschilt per product

Een verdere uitsplitsing op het niveau van producten is vooral interessant om het potentieel van hergebruik ten opzichte van recycling te illustreren. Wanneer bouwproducten direct of na een kleine aanpassing kunnen worden hergebruikt, kan milieu-impact worden bespaard ten opzichte van recycling op het niveau van materialen en grondstoffen. In totaal is een lijst opgesteld van circa 150 verschillende bouwproducten inclusief het aantal kilogrammen dat hiervan benodigd is of vrijkomt. Wanneer de vraag (ingående nieuwe gebouwelementen) en het theoretische aanbod (uitgaande/vrijkomende gebouwelementen) met elkaar wordt vergeleken, zien we dat de vraag naar producten nog steeds een factor tweeëneenhalf groter is dan het aanbod. Als we kijken naar specifieke producten zien we bijvoorbeeld dat de vraag naar houten dakramen gelijk is aan het theoretische aanbod. Ook bij armaturen, lichtstraten en CV leidingen liggen vraag en theoretisch aanbod dicht bij elkaar. In bijlage G is verder inzichtelijk gemaakt hoe de vraag en het aanbod van bouwproducten (150 producten) zich tot elkaar verhouden. Hiermee is niet gezegd dat alle producten in bijlage G in de praktijk 1-op-1 hergebruikt kunnen worden. Wel wordt hiermee de theoretische potentie van reparatie, opknappen of herfabricage van producten getoond.

2.2.3 Verdieping per deelmarkt en bouwfase

Wanneer in meer detail naar de bouwfasen wordt gekeken, kan de samenstelling van de materiaalstromen in de massabalans nader worden gespecificeerd en verklaard. Zo kan voor iedere fase in de bouwketen (nieuwbouw, herstel en verbouw en sloop) in beeld worden gebracht welke bouwtypen verantwoordelijk zijn voor de grootste materiaalstromen en wat de samenstelling van de vrijkomende of ingaande materiaalstroom is. De resultaten van deze verdiepende analyse worden achtereenvolgens voor de woning- en de utiliteitsbouw gepresenteerd.

Woningbouw

Appartementencomplexen grootste aandeel in de materiaalvraag vanuit de woningnieuwbouw
Appartementencomplexen waren in 2014 verantwoordelijk voor het grootste deel van de totale vraag naar bouwmaterialen binnen de woningnieuwbouw. Zo'n 40% van de totale vraag naar materialen kwam voort uit de bouw van appartementen. Verder werd 31% van de bouwmaterialen ingezet voor de bouw van seriële woningen en werd bijna 20% ingezet bij de bouw van vrijstaande woningen. De bouw van twee-onder-een-kap woningen had het kleinste aandeel in de totale massa gebruikte materialen. Tabel 2.10 geeft de vraag naar bouwmaterialen

vanuit de verschillende woningtypen weer. Het beeld van de verdeling van de materiaalvraag komt vrijwel overeen met die van de nieuwbouwproductie (tabel 2.1). Verschil is dat de materiaalvraag vanuit meergezinswoningen/appartementen groter is dan het aandeel in de nieuwbouwproductie en het omgekeerde geldt voor eengezinswoningen. De verklaring hiervoor kan worden gevonden in de hogere materiaalintensiteit per m² van appartementen ten opzichte van eengezinswoningen (zie figuur 2.7).

Tabel 2.10 Massa bouw materiaal gevraagd vanuit de woningniewbouw per type woning, kton, 2014

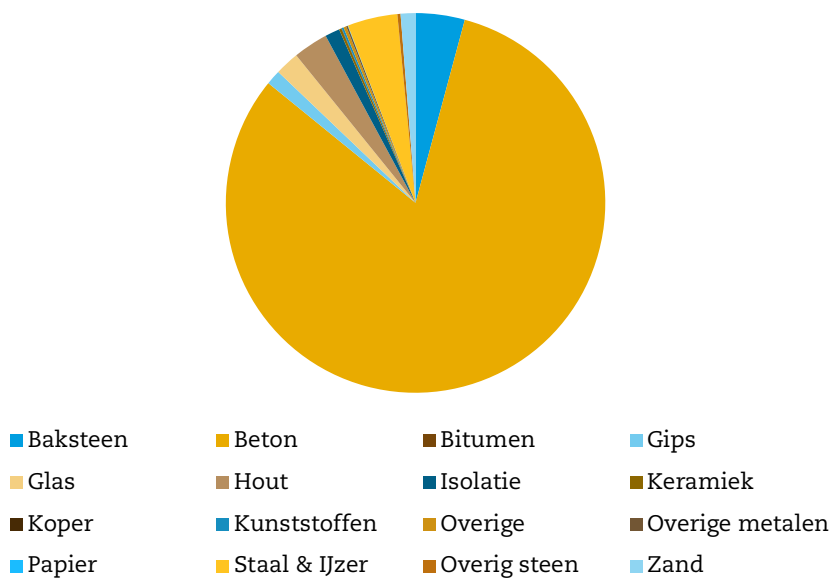
	Hoeveelheid materiaal	Aandeel (%)
Eengezins	5.470	60
-Vrijstaand	1.730	19
-2-onder-1-kap	910	10
-Serieel	2.830	31
Meergezins/ appartementen	3.650	40
Totaal	9.120	100

Bron: Urban Mining Model Metabolic, SGS Search

Beton grootste materiaalstroom in het woningniewbouwbeeld van 2014

Kijkend naar de materialisatie binnen de woningniewbouw valt de dominantie van beton als bouw materiaal op. Meer dan 80% van de totale massa aan bouwmaterialen bestaat uit dit type materiaal (zie figuur 2.9). Dit beeld komt voort uit de materialisatie van de verschillende woningtypen. Beton bedraagt voor eengezinswoningen tussen 75% en 80% van de massa en voor appartementen zelfs 85% van de massa aan materialen. Dit beton is vooral terug te vinden in de ruwbouw en funderingen van nieuwe woningen. Hierin vertegenwoordigen vloeren alleen al circa de helft van de materiaalmassa. Naast beton worden materialen als baksteen, hout en ijzer (respectievelijk zo'n 4%, 3% en 4%) veelvuldig ingezet. Baksteen wordt voornamelijk in het buitenblad van de spouwmuren toegepast, terwijl hout terug te vinden is in de hellende daken van eengezinswoningen en in mindere mate in de kozijnen. Staal zit in de vorm van wapening voornamelijk in het beton verwerkt.

Figuur 2.9 Materialisatie woningnieuwbouw, gemiddelde van alle bouwtypen, 2014



Bron: Urban Mining Model Metabolic, SGS Search

Appartementen en vrijstaande woningen domineren materiaalstromen uit sloop

In 2014 werden met name vroeg naoorlogse serieel gebouwde eengezinswoningen en appartementen gesloopt (zie tabel 2.2). Dit is terug te zien in herkomst van de materiaalstromen die vrijkomen bij sloopwerkzaamheden. Zo bestaat zo'n twee derde van de massa materiaal uit sloop uit materialen afkomstig uit appartementen (40%) en serieel gebouwde woningen (25%) (zie tabel 2.11). Vrijstaande woningen vormen een kleiner aandeel in de totale sloop in termen van m^2 ten opzichte van seriële woningen en appartementen. Echter doordat per m^2 veel bouwmaterialen worden ingezet bij de constructie van dit woningtype, leveren serieel gebouwde woningen toch een belangrijke bijdrage aan de totale massa vrijkomende materialen (23%).

Tabel 2.11 Massa bouw materiaal vrijkomend bij de sloop van woningen per type woning, kton 2014

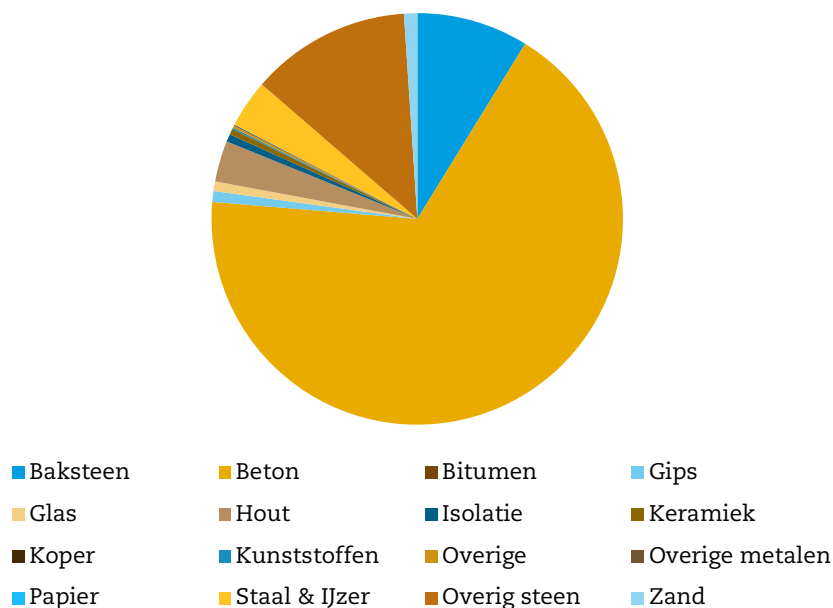
Type woning	Hoeveelheid materiaal	Aandeel (%)
Eengezins	1.435	60
-Vrijstaand	550	23
-2-onder-1-kap	280	12
-Serieel	605	25
Meergezins/ appartementen	960	40
Totaal	2.395	100

Bron: Urban Mining Model Metabolic, SGS Search

Materiaalstromen sloopbeeld gedomineerd door sloop woningen uit de jaren 1945-1970

Wanneer wordt gekeken naar het type materiaal dat vrijkomt bij sloop is zichtbaar dat seriële eengezinswoningen en appartementen uit de bouwjaarklasse 1945-1970 hierin een groot aandeel hebben. Op totaalniveau bestaat het grootste deel van de vrijkomende materiaalstromen bij sloop uit beton, baksteen, hout en glas (zie figuur 2.10). Ten opzichte van modernere woningnieuwbouw is het aandeel beton in het sloopbeeld echter kleiner (68% versus 81%) door de sloop van relatief veel m² jaren 1945-1970 woningen in 2014. De aandelen baksteen en kalkzandsteen zijn daarentegen groter omdat in de jaren 1945-1970 ten opzichte van modernere woningen meer bakstenen in binnenwanden werden toegepast en kalkzandsteen in casco's werd verwerkt.

Figuur 2.10 Materialisatie sloop van woningen, gemiddelde van alle bouwtypen, 2014



Bron: Urban Mining Model Metabolic, SGS Search

Renovatiewerkzaamheden domineren herstel en verbouwbeeld

Voor het in kaart brengen van de in- en uitgaande materiaalstromen die gepaard gaan met herstel en verbouwwerkzaamheden in de woningbouw, is gekeken naar de gebouwelementen die vervangen worden bij verschillende ingrepen. Deze zijn vervolgens vertaald naar in- en uitgaande materiaalstromen. Daarbij is voor de herstel en verbouw in de woningbouw gekeken naar zes typen werkzaamheden: renovaties van huurwoningen, kleinschalige verbeteringen (renovaties) van huurwoningen, mutatieonderhoud aan huurwoningen, groot onderhoud aan huurwoningen, transformaties (huur- en koopwoningen) en herstel en verbouwwerkzaamheden aan koopwoningen. Het resultaat is weergegeven in tabel 2.12.

Om tot deze materiaalstromen te komen, is uitgegaan van de huidige gebouwprofielen en is (nog) geen onderscheid gemaakt tussen bouwjaarklassen. Hierdoor bevatten de in- en uitgaande materiaalstromen dezelfde materiaalsoorten, hetgeen in de praktijk niet altijd het geval zal zijn. Ook is de omvang van de in- en uitgaande materiaalstromen veelal gelijk doordat bij herstel en verbouwwerkzaamheden, voor zover nu in kaart gebracht, vaak 1-op-1 vervanging van onderdelen plaatsvindt. Tegen deze achtergrond zou verfijning van de analyse van de materialisatie van herstel en verbouw een interessante vervolgroute kunnen zijn.

Tabel 2.12 In- en uitgaande materiaalstromen uit de herstel en verbouw van woningen, kton, 2014

Materiaaltype	In- en uitgaande stroom
Baksteen	144,3
Beton	498
Bitumen	1,9
Gips	9
Glas	26,5
Hout	142,7
Isolatie	31,2
Keramiek	45,2
Koper	1,9
Kunststoffen	15
Overige	18,6
Overige metalen	13,5
Papier	2,2
Staal & IJzer	23,5 (23,4)*
Overig steen	195 (3,3)*
Zand	7,2
Totaal	1.175,7 (983,9)*

* Voor deze materiaalstromen geldt in de huidige analyse dat de hoeveelheid uitgaande materiaalstromen kleiner is dan de ingaande materiaalstromen. De hoeveelheid weergegeven tussen de haken betreft de hoeveelheid uitgaande materialen. De totale uitgaande stroom ligt hierdoor ook lager.

Bron: Urban Mining Model Metabolic, SGS Search

De herstel en verbouw van woningen was in 2014 verantwoordelijk voor 11% van de vraag naar materialen en 29% van het theoretische aanbod van vrijkomende materialen (zie figuur 2.8). Binnen de herstel en verbouw vormden verbouwingen/renovaties van koopwoningen en renovaties aan huurwoningen de grootste bijdrage aan de vrijkomende materiaalstromen. Zo'n 34% en 30% van de materiaalmassa kwam hierbij vrij. Groot onderhoud vertegenwoordigde vervolgens 18% van de vraag naar materialen. Kleinschalige verbeteringen (renovaties) aan huurwoningen en transformaties van kantoren naar woningen vormden zo'n 8% en 6% van de benodigde massa. Mutatieonderhoud was tenslotte verantwoordelijk voor 3% van de benodigde materialen. Tabel 2.13 geeft een overzicht van de bijdrage van de verschillende herstel en verbouwingrepen aan de materiaalstromen.

Tabel 2.13 In- en uitgaande materiaalstromen uit de herstel en verbouw van woningen per ingreep, procenten, 2014

	Ingaande stroom	Uitgaande stroom
Kleinschalige verbeteringen huurwoningen	8	10
Mutatieonderhoud huurwoningen	3	3
Groot onderhoud huurwoningen	18	3
Uitbreiding, verbouw of renovatie koopwoningen	34	40
Grote verbeteringen huurwoningen	30	36
Transformatie kantoor naar appartementen	6	7
Totaal	100	100

Totalen tellen niet op door afrondingsverschillen

Bron: Urban Mining Model Metabolic, SGS Search

Vooraf groot onderhoud zorgt voor verschil in massa in- en uitgaande materiaalstromen in de herstel en verbouw

Voor de woningbouw als geheel geldt dat de ingaande stromen voor nieuwbouw in 2014 bijna vier keer groter waren dan de uitgaande stromen afkomstig uit de sloop. De herstel en verbouw laat een gematigder beeld zien; de ingaande stromen zijn hier zo'n 12% hoger dan de uitgaande stromen. Dit verschil tussen in- en uitstromende materialen wordt voornamelijk veroorzaakt door groot onderhoud aan huurwoningen. Hier worden meer producten aangebracht dan vervangen. Binnen deze ingaande materiaalstromen zijn steenachtige materialen dominant (83% van de totale massa). Dit komt doordat bij veel daken van appartementencomplexen zowel de dakbitumen als het grind nieuw wordt aangebracht.

Ook in de herstel en verbouw domineren steenachtige materialen en beton het materiaalbeeld
Kijkend naar de materiaalstromen valt verder op dat steenachtige materialen en beton ook in de herstel en verbouw een groot aandeel van de benodigde materialen vertegenwoordigen (circa 70% van de materiaalvraag, zie tabel 2.12). Dit is vooral te verklaren vanuit renovatieprojecten van corporaties. Hieruit blijkt dat bij renovatiewerkzaamheden aan huurwoningen toch nog veel ingrepen in het casco en de binnenwanden worden uitgevoerd. Verder zorgt ook het grote aandeel uitbouwen in de koopsector voor een groot aandeel beton en stenen in de herstel en verbouw van woningen.

Utiliteitsbouw

Merendeel materiaalvraag komt voort uit de nieuwbouwproductie van bedrijfsruimten

Binnen de utiliteitsnieuwbouw zijn bedrijfsruimten verantwoordelijk voor een groot deel van de vraag naar bouwmaterialen (42%). Dit beeld volgt uit de dominantie van dit gebouwtype in de nieuwbouwproductie (43%). Tabel 2.14 laat zien dat kantoren een groter deel van de materiaalvraag vertegenwoordigen (20%) dan vanuit het aandeel in de nieuwbouwproductie in m² BVO zou worden verwacht (9%, zie tabel 2.5). Dit verschil wordt verklaard door een hogere materiaalintensiteit per m². Onderwijsgebouwen zijn verantwoordelijk voor zo'n 13% van de totale vraag naar materialen, gevolgd door verschillende typen overige utiliteitsgebouwen, winkels (beide 11%) en ten slotte zorggebouwen (4%). Het aandeel ingaande materialen voor winkels, zorggebouwen en onderwijsgebouwen ligt dicht bij de aandelen van deze gebouwtypen in de totale nieuwbouwproductie (respectievelijk 10%, 6% en 10% van de productie uitgedrukt in m² BVO, zie tabel 2.5).

Tabel 2.14 Massa bouw materiaal gevraagd vanuit de utiliteitsnieuwbouw per type gebouw, 2014

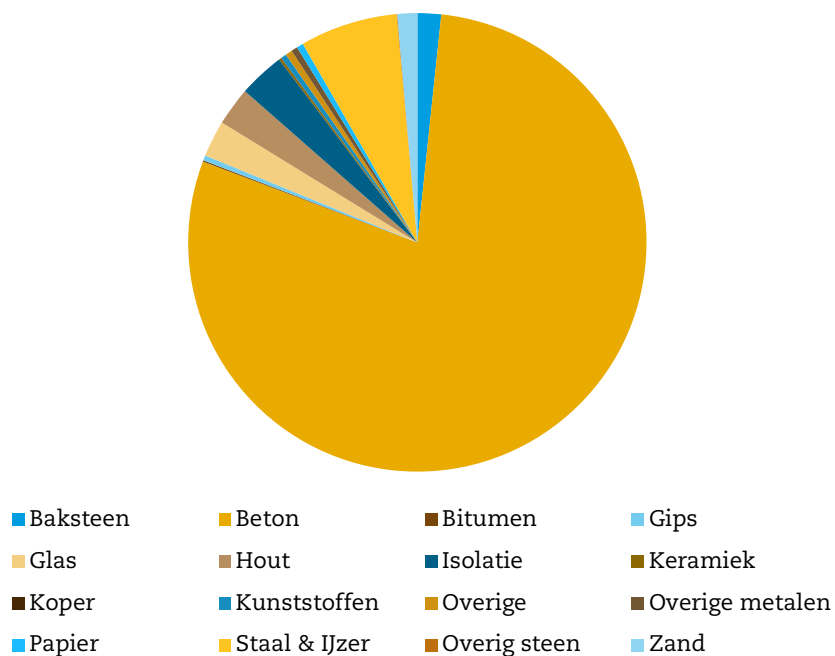
	Hoeveelheid materiaal (kton)	Aandeel (%)
Bedrijfsruimten	2.960	42
Kantoren	1.405	20
Zorggebouwen	260	4
Onderwijsgebouwen	915	13
Winkels	780	11
Overig	800	11
Totaal	7.120	100

Bron: Urban Mining Model Metabolic, SGS Search

Beton grootste materiaalstroom in de utiliteitsnieuwbouw

Ook in de utiliteitsbouw is beton een dominante materiaalstroom. Zo'n 79% van de totale massa nieuwe bouwmaterialen bestond in 2014 uit beton. Staal vertegenwoordigde 7% van de vraag en hout en glas vormden samen nog eens 7% van de totale massa (zie figuur 2.11). Het grote aandeel van beton binnen de totale materiaalstromen komt voort uit de opbouw van de meeste utiliteitsgebouwen. Zo bestaan deze veelal voor 80% tot 90% uit beton. Het grote aandeel van bedrijfsruimten in de utiliteitsnieuwbouw (43%) en het relatief kleinere aandeel dat beton uitmaakt van de bouw van bedrijfsruimten (75%) trekt het aandeel beton in de totale materiaalstroom voortkomend uit de utiliteitsnieuwbouw wat omlaag.

Figuur 2.11 Materialisatie nieuwbouw utiliteitsgebouwen, gemiddelde van alle Gebouwtypen, 2014



Bron: Urban Mining Model Metabolic, SGS Search

Bedrijfsruimten grootste aandeel in vrijkomende materialenstroom uit sloop

Uit de eerdere slooanalyse (zie tabel 2.7) is naar voren gekomen dat in 2014 vooral vroeg naoorlogse gebouwen en gebouwen uit de jaren 70/80 werden gesloopt en dat naast bedrijfsruimten en overige gebouwen een groot aantal m² onderwijsgebouwen werd gesloopt. Dit beeld is ook terug te zien in de materiaalstromen vanuit sloopwerkzaamheden. De sloop van bedrijfsruimten is verantwoordelijk voor 42% van de massa aan vrijkomende materialen binnen de utiliteitsbouw (zie tabel 2.15). Daarnaast vormen kantoren (20%), onderwijsgebouwen (13%) en winkels en overige utiliteitsgebouwen (beide ongeveer 11%) belangrijke bronnen van vrijkomende bouwmaterialen.

Tabel 2.15 Massa bouw materiaal vrijkomend bij de sloop van utiliteitsgebouwen per type gebouw, 2014

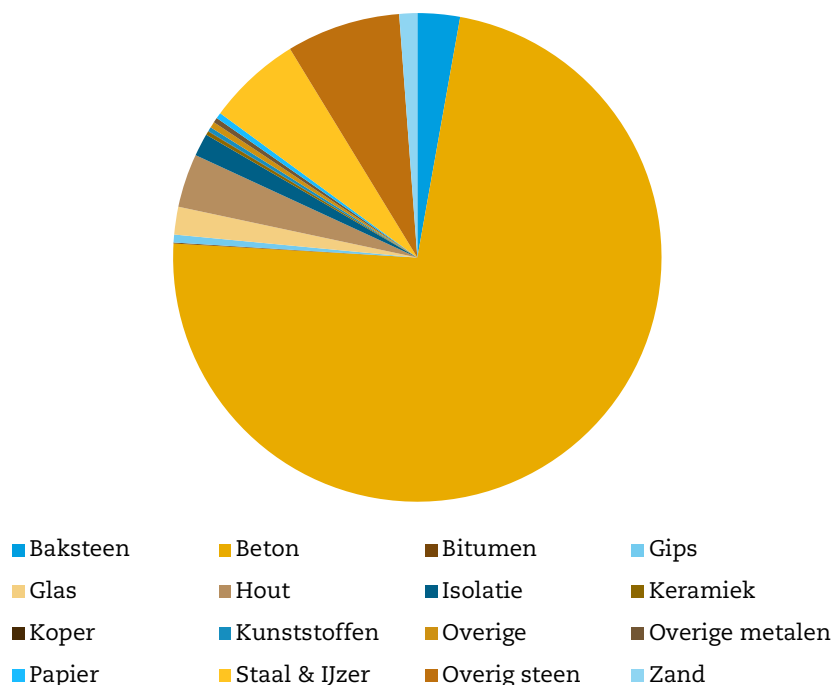
	Hoeveelheid materiaal (kton)	Aandeel (%)
Bedrijfsruimten	1.150	31
Kantoren	965	26
Zorggebouwen	335	9
Onderwijsgebouwen	740	20
Winkels	260	7
Overig	260	7
Totaal	3.710	100

Bron: Urban Mining Model Metabolic, SGS Search

Beton ook dominante stroom bij de sloop van utiliteitsgebouwen

Kijkend naar de samenstelling van de uit sloop vrijkomende materialen valt wederom op dat beton de grootste stroom vormt (figuur 2.12). Daarnaast zijn hout, kalkzandsteen, baksteen en staal de belangrijke materiaalstromen. Dat hout, baksteen en glas een groter aandeel in de sloop van utiliteitsgebouwen hebben dan in de nieuwbouw en beton een kleiner aandeel in de sloop dan in de nieuwbouw heeft, kan deels worden verklaard uit de sloop van een groot aantal onderwijsgebouwen uit de jaren 70/80. In deze onderwijsgebouwen is het aandeel hout en glas binnen de totale materialisatie namelijk relatief hoog (zie figuur 2.7).

Figuur 2.12 Materialisatie sloop utiliteitsgebouwen, gemiddelde van alle gebouwtypen, 2014



Bron: Urban Mining Model Metabolic, SGS Search

Bedrijfsruimten grootste aandeel in materiaalstromen voortkomend uit herstel en verbouw

De grootste vraag naar en aanbod van materialen kwam in 2014 voort uit herstel en verbouwwerkzaamheden aan bedrijfsruimten (59%). Renovatie en groot onderhoud aan andere utiliteitsgebouwen vertegenwoordigde de overige 41% van de gevraagde en benodigde materialen. Wat opvalt is dat steenachtige materialen in de herstel en verbouwwerkzaamheden aan utiliteitsgebouwen minder of niet voorkomen. Dit komt doordat in de gehanteerde projecten ingrepen aan de funderingen en de ruwbouw niet voorkwamen bij renovaties en groot onderhoud aan utiliteitsgebouwen. Verder vormden isolatiematerialen de grootste bijdrage aan de vraag naar materialen met 24% van de massa, gevolgd door beton met 20%, staal en ijzer met 17% en bitumen met 12% (zie tabel 2.16). Het relatief grote aandeel isolatiemateriaal kan worden verklaard door de verwerking van isolatiemateriaal in verlaagde plafonds en tussenmuren in utiliteitsgebouwen. Daarbij komt dat deze onderdelen een relatief korte functionele levensduur kennen, waardoor deze onderdelen vaker worden vervangen. Daarnaast worden veel werktuigbouwkundige installaties in utiliteitsgebouwen vervangen die grote hoeveelheden staal bevatten, wat het grotere aandeel staal verklaart. De grote hoeveelheid bitumen kan tenslotte verklaard worden het relatief grote dakoppervlak van bedrijfsgebouwen, welke vervangen worden bij herstel en verbouw.

De herstel en verbouw van utiliteitsgebouwen is in deze rapportage in kaart gebracht door in- en uitgaande stromen van renovaties en grote onderhoudswerkzaamheden in kaart te brengen. Omdat hierbij is aangenomen dat elementen en onderdelen in zijn geheel worden vervangen, zijn de in- en uitgaande materiaalstromen in evenwicht. Net als in de analyse van de herstel en verbouw in de woningbouw geldt dat voor het in kaart brengen van de materiaalstromen geen onderscheid is gemaakt naar bouwjaarklassen. Zie bijlage A voor toelichting op de methodiek.

Tabel 2.16 In- en uitgaande materiaalstromen bij herstel en verbouwwerkzaamheden in de utiliteitsbouw, kton, 2014

	In- en uitgaande stroom
Baksteen	0
Beton	37
Bitumen	22
Gips	6
Glas	0
Hout	7
Isolatie	45
Keramiek	3
Koper	1
Kunststoffen	15
Overige	14
Overige metalen	2
Papier	0
Staal & IJzer	32
Overig steen	0
Zand	0
Totaal	185

Bron: Urban Mining Model Metabolic, SGS Search

2.2.4 Materiaalstromen in de keten: herkomst en verwerking

Een blik op de herkomst van grondstoffen en hun verwerking aan het einde van de levenscyclus is van belang voor de monitoring van de transitie naar een circulaire economie. Eén van de routes naar een circulaire bouwsector is immers een toename van het gebruik van hernieuwbare grondstoffen en eindige grondstoffen uit secundaire bronnen, in plaats van het gebruik van eindige grondstoffen uit primaire bronnen.

Huidig beeld: grootste deel van benodigde materialen voor de bouw nog afkomstig uit primaire bronnen

Aan de hand van verschillende publicaties en kentallen is een inschatting gemaakt van de mate waarin verschillende materiaalstromen in de Nederlandse bouw in 2014 een primaire, secundaire of hernieuwbare oorsprong kenden. Op basis van deze analyse is in tabel 2.17 de massabalans met de verdeling over deze drie oorsprongen zichtbaar gemaakt. Wat hieruit opvalt is dat circa 87% van de materialen nog een primaire oorsprong kent en circa 7% van de materialen een secundaire oorsprong heeft. Van deze secundaire materialen bestond bijna driekwart van de massa uit staal en beton. Voor staal is recycling al een gangbare bron, waarmee in ongeveer de helft van het benodigde staal werd voorzien. Bij beton was het aandeel secundaire grondstoffen daarentegen laag (3%). Dat beton toch een groot aandeel heeft in de input van secundaire materialen komt voornamelijk voort uit het grote volume beton dat in de bouw wordt gebruikt ten opzichte van andere materialen (circa 80% van de benodigde materialen bestond uit beton). Met name hout en baksteen kennen een groot aandeel hernieuwbare input en zorgde er samen met papier voor dat 6% van de totale benodigde materialen uit hernieuwbare input bestond.

Betekenis primaire, secundaire en hernieuwbare materialen

Een primaire oorsprong geeft aan dat de eindig beschikbare grondstoffen nieuw aan de aarde zijn onttrokken. Bij een secundaire oorsprong gaat het om producten, materialen en grondstoffen die al in de kringloop zijn die opnieuw worden toegepast (middels hergebruik of recycling bijvoorbeeld) en derhalve niet aan de aarde zijn onttrokken. Een hernieuwbare oorsprong geeft ten slotte aan dat de grondstoffen wel aan de aarde onttrokken zijn, maar dat deze grondstoffen zich in ieder geval binnen het vastleggingstermijn van het product kunnen regenereren (bijvoorbeeld biobased materialen die opnieuw kunnen groeien).

Tabel 2.17 Herkomst belangrijkste materiaalstromen in de Nederlandse woning- en utiliteitsbouw, ton, 2014

	Hernieuwbare input	Primaire input	Secundaire input
Baksteen	465.408	180.992	-
Beton	-	13.204.900	408.400
Bitumen	-	33.100	-
Gips	-	143.800	7.600
Glas	-	367.100	31.900
Hout	520.800	-	91.900
Isolatie	-	379.000	41.200
Keramik***	-	63.000	15.800
Koper	-	4.300*	4.300*
Kunststoffen	-	60.900	12.200
Overige**	N/A	N/A	N/A
Overige metalen	-	39.000	21.000
Papier	6.000	-	31.500
Staal & IJzer	-	467.400*	467.400*
Steen	-	178.100	44.500
Zand & Gravel	-	178.200	44.500
Totaal	992.208	15.299.792	1.222.200
<i>Aandeel in totaal</i>	6%	87%	7%

* De even grote massa primaire en secundaire input bij deze materiaalstromen komt voort uit de 50%/50% verdeling verkregen uit geraadpleegde studies

** Van de categorie 'overige' is de herkomst onbekend. Het niet alloceren van deze categorie zorgt voor een klein verschil in deze tabel met de totalen uit figuur 2.8.

*** Na het afronden van de studie is informatie gedeeld waaruit blijkt dat de hoeveelheid keramiek waarschijnlijk te laag is ingeschat door het te laag inschatten van het gebruik van keramische dakpannen. Deze dakpannen hebben een hernieuwbare input van ongeveer 140.000 ton en een primaire input van ongeveer 28.000 ton.

Bron: Verschillende publicaties¹², bewerking Metabolic

Groot aandeel bouw- en sloopafval wordt en werd in 2014 middels recycling verwerkt

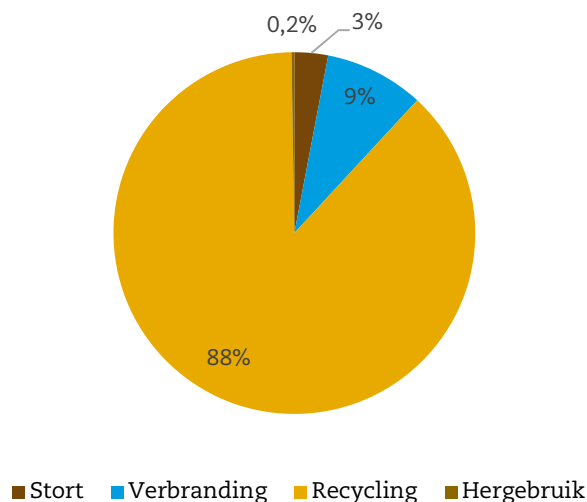
Uit data van Stichting Bouwkwiteit (SBK) blijkt dat het grootste deel van de vrijkomende bouwmaterialen binnen de woning- en utiliteitsbouw wordt gerecycled (88%)¹³. Met name voor de fracties beton en staal zijn de recyclingpercentages hoog. Volgens cijfers van SBK liggen deze op bijna 100%. Naast recycling wordt een kleinere fractie van de vrijkomende materialen

¹² EuroGypsum 2010, Deloitte 2016, Probos 2014, Utrecht Sustainability Institute 2015, Stybenex 2013, ECORYS 2011, European Copper Institute 2014, Papier Recycling Nederland 2018, The European Steel Association 2014, Jimenez Rivero, Ana 2015, Veras 2018, M. Corsten 2010.

¹³ De productinformatie in de NMD bevat afvalscenario's, welke van tijd tot tijd op actualiteit worden getoetst en daarna zo nodig worden aangepast.

verbrand (iets meer dan 8%). Hierbij gaat het vooral om de fracties van verschillende kunststoffen, rubbers, bitumen en hout. Circa 9% van de materialen werd in 2014 nog gestort en een zeer beperkte fractie van de totale stroom aan bouw- en sloopafval (0,24%) werd hergebruikt (zie figuur 2.13 voor de verdeling).

Figuur 2.13 End of life scenario's voor bouw- en sloopafval in Nederland, aandelen, 2014



Bron: Stichting Bouwkwiteit Nederland, bewerking Metabolic

Recycling en hergebruik binnen de sector laat potentie zien voor afname van de hoeveelheid primaire materialen

Op basis van de bovengenoemde percentages en de in 2014 beschikbaar gekomen secundaire materialen uit sloop en verbouw (zoals in kaart gebracht door het Urban Mining Model) is in 2014 6.408 kton bouwmetaal gerecycled of als product hergebruikt. Tabel 2.17 laat echter zien dat slechts 1.222 kton secundair materiaal is toegepast in de woning- en utiliteitsbouw. Dit betekent dat een deel van het secundaire materiaal vrijkomend uit de woning- en utiliteitsbouw (circa 5.186 kton) elders is toegepast. Deze hoeveelheid secundair materiaal zou het primaire materiaalgebruik in de woning- en utiliteitsbouw theoretisch met 30 procentpunt terug kunnen brengen tot 60%. Bekend is dat veel vrijkomende materialen uit de woning- en utiliteitsbouw momenteel een nuttige toepassing in de grond-, water- en wegebouw (gww) heeft. Om iets te kunnen zeggen over de potenties rond recycling en hergebruik in de bouw in relatie tot milieu-impact in MKI en CO₂ emissies is het van belang om de totale bouw in ogenschouw te nemen. Dit betekent dat hierin ook de gww wordt meegenomen.

2.3 Milieu-impact

Nu de materiaalstromen van bouw en sloop in kaart zijn gebracht, is het mogelijk om de milieu-impact van deze materialen uit te rekenen. In deze sectie brengen we de milieu-impact in beeld uitgedrukt in Milieu Kosten Indicator (MKI) op totaalniveau en per sector en bouwfase. Deze analyse beslaat alleen de milieu-impact in MKI. De milieu-impact in termen van CO₂ emissies zijn beschreven in het volgende hoofdstuk. Om te begrijpen waar de milieu-impact in MKI van de verschillende sectoren vandaan komt, wordt eerst de milieu-impact van de materialen per gebouwtype toegelicht.

2.3.1 Milieu-impact per gebouwtype

Milieu-impact van woningen gemiddeld hoger dan utiliteitsgebouwen

Figuur 2.14 laat zien dat de MilieuPrestatie Gebouwen (MPG) van nieuwbouw voor zowel woningen als voor utiliteitsgebouwen gemiddeld € 0,61/m²/jaar is. Wanneer we naar de specifieke gebouwen kijken worden onderlinge verschillen zichtbaar. Zo hebben bedrijfsruimten en distributiecentra de laagste MPG met € 0,46/m²/jaar en € 0,41/m²/jaar respectievelijk. Dit is te verklaren doordat deze gebouwen vaak grote open ruimten bevatten met relatief weinig wanden, installaties en voorzieningen per m² BVO. Grote kantoren hebben aan de andere kant de hoogste MPG van € 0,72/m²/jaar. Evenals bij andere gebouwen met meerdere verdiepingen, zoals appartementencomplexen, veroorzaken de vloeren en binnenwanden een relatief groot deel van deze MPG. Hoewel deze elementen per gewicht een relatief lage MPG hebben, telt de grote hoeveelheid wel op. Samen met vloer- en plafondafwerkingen resulteert dit in een relatief hoge MPG voor gebouwen met meerdere verdiepingen. Uit berekeningen van de MPG voor de gehanteerde referentieprofielen komt naar voren dat de MPG-grenswaarde van € 1/m²/jaar uit het bouwbesluit niet overschreden wordt.

Samenhang MKI en MPG

Er zijn twee indicatoren die de milieuschaduwkosten van het materiaalgebruik in de bouw kunnen weergeven: de Milieu Kosten Indicator (MKI) en de MilieuPrestatie Gebouwen (MPG). Beide indicatoren omvatten de totale milieu-impact van de volgende productiestappen: ontginning, de productie, het transport, de assemblage en de verwerking van de toegepaste producten. Elf verschillende milieueffecten worden meegenomen:

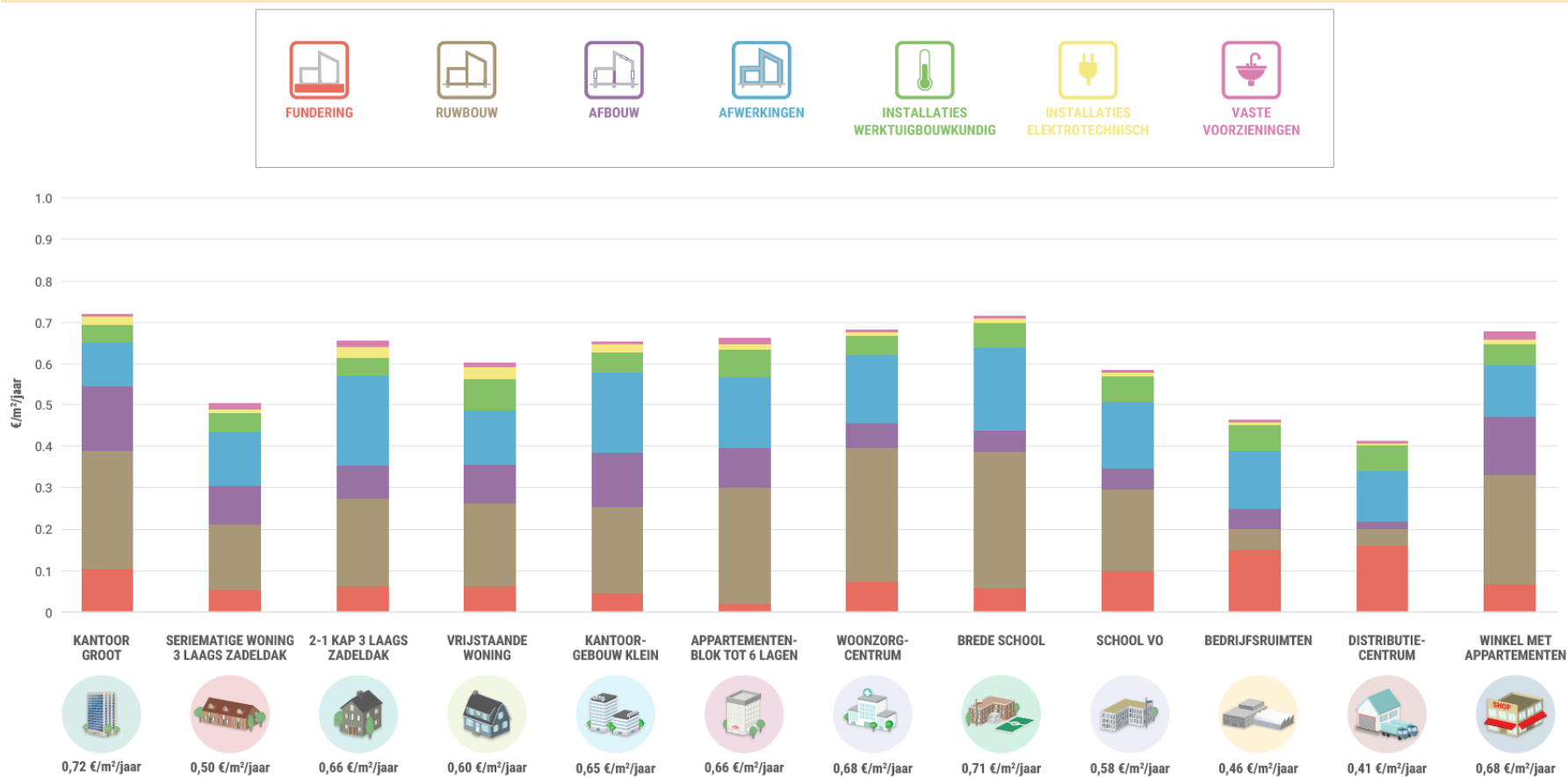
1. Klimaatverandering
2. Ozonlaagaantasting
3. Fotochemische oxidantvorming
4. Verzuring
5. Vermesting
6. Humane toxiciteit
7. Eco toxiciteit (zoetwater)
8. Eco toxiciteit (zoutwater)
9. Eco toxiciteit (terrestrisch)
10. Uitputting van abiotische grondstoffen, ex fossiele energiedrager
11. Uitputting van fossiele energiedragers

De berekening van de MPG en MKI resulteert in een geaggregeerde waarde in de vorm van een fictieve schaduwprijs in euro's. Deze schaduwprijs duidt de milieueffecten van de belastende activiteiten.

Er zijn echter ook een aantal belangrijke verschillen tussen de MPG en de MKI. Zo geeft de MKI de totale schaduwkosten van een product of groep producten weer. De MPG deelt deze schaduwkosten vervolgens door de m² BVO voor het betreffende gebouw. Bovendien rekent de MPG deze schaduwkosten terug naar een enkel jaar door de vervangingsfrequentie van de betreffende producten mee te nemen. Bijvoorbeeld: bij een levensduur van een woning van 75 jaar en van een kozijn in deze woning van 15 jaar, wordt aangenomen dat dit kozijn vijf keer wordt vervangen gedurende de 75 jaar dat het gebouw staat. Door de MPG te vermenigvuldigen met de gebouwoppervlakte en te delen door het aantal vervangingen van het product binnen het gebouw kan uit de MKI van de benodigde producten de MPG worden verkregen.

In dit hoofdstuk wordt verder gerekend met de MKI, omdat hiermee producten voor herstel en verbouw losgekoppeld kunnen worden van de vervangingscycli die resulteren uit nieuwbouw. De MKI van nieuwbouw zal daarom relatief lager uitpakken dan de MPG voor producten met meerdere vervangingscycli gedurende de levensduur van een gebouw. Denk hierbij bijvoorbeeld aan producten in de installaties en vaste inrichting.

Figuur 2.14 Milieuprestatie gebouwen (MPG) voor nieuwbouw per gebouwtype, €/m²/jaar



Bron: Urban Mining Model Metabolic, SGS Search

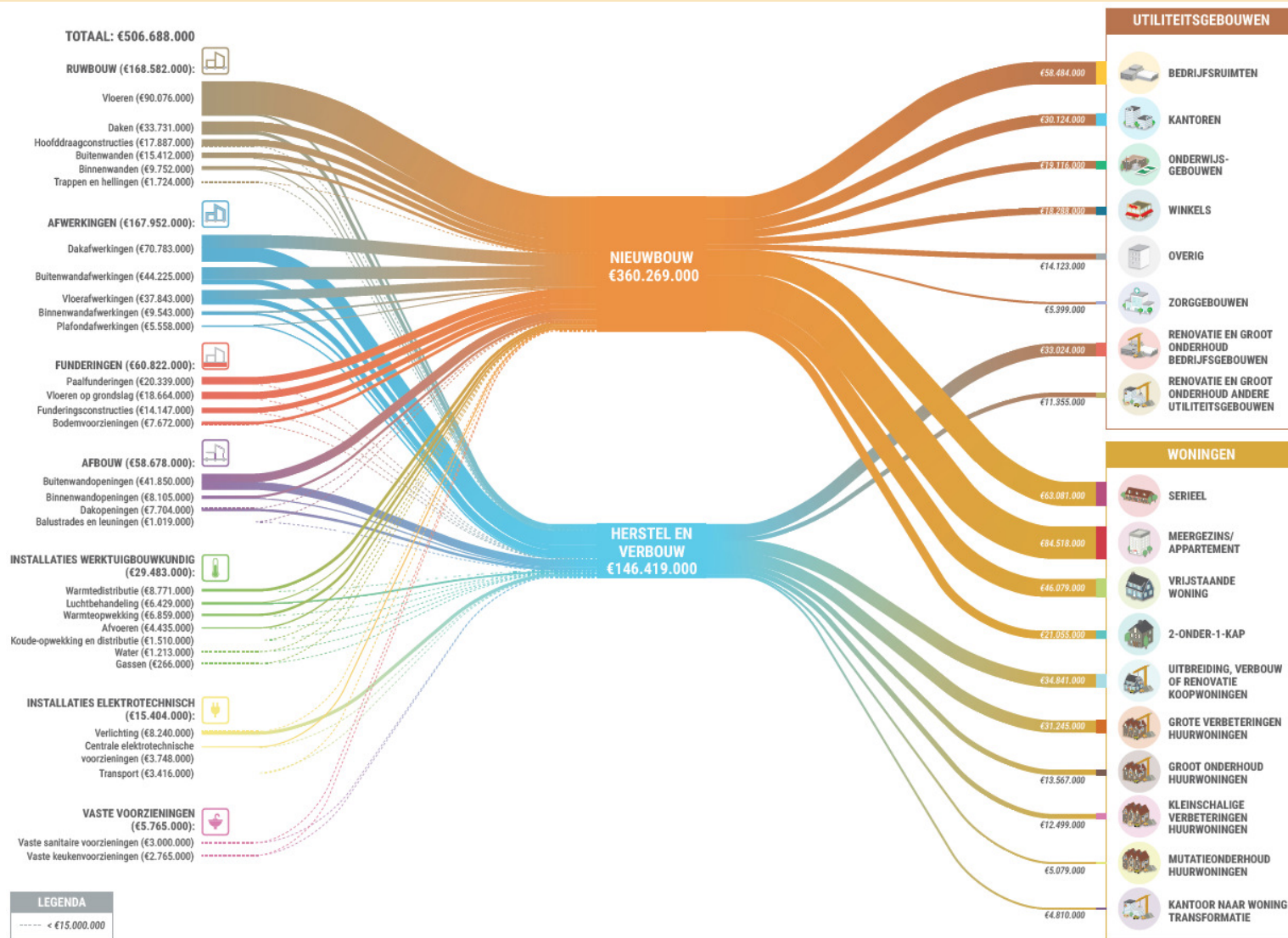
2.3.2 Totaalbeeld: Milieu-impact in MKI voor elementen in de woning- en utiliteitsbouw 2014

Beeld milieueffect focust op ingaande stromen, totale MKI bedraagt ruim € 506 miljoen

De MKI is berekend aan de hand van de milieu-impact van de producten die benodigd waren voor de nieuwbouw- en herstel en verbouwproductie in 2014. Door de bouwproducten uit te drukken in termen van impact in plaats van massa, is te zien waar de grootste potentie ligt voor reductie van de milieu-impact en daarmee de potentie van verduurzaming. Figuur 2.15 geeft een massabalans van de milieu-impact in MKI weer. Hierin is zichtbaar dat de totale MKI van de nieuwbouw- en herstel en verbouwproductie in de woning- en utiliteitsbouw in 2014 ruim € 506 miljoen bedroeg.

In plaats van de verhouding tussen benodigde en vrijkomende materialen, zoals in de massabalans van de materiaalstromen is weergegeven, ligt de focus op de benodigde materialen voor de nieuwbouw en herstel en verbouwproductie. Bij vrijkomende materialen uit sloop kan immers niet worden gesproken van een MPG of een MKI, omdat voor het moment van oorspronkelijke constructie niet bekend is wat de schaduwkosten van het product waren en omdat deze schaduwkosten al (deels) zijn 'afgeschreven' over de levensduur van het gebouw waaruit deze producten vrijkomen. Vrijkomende secundaire producten kunnen daarentegen wel een belangrijke rol spelen in het reduceren van de milieu-impact van de vraag naar nieuwe materialen, middels recycling en hergebruik. Hier kan derhalve wel gesproken worden van de potentie tot het verminderen van de milieu-impact van de vraag naar bouwproducten. De daadwerkelijke reductie van de impact die haalbaar is vanuit deze potentie is echter niet eenvoudig te kwantificeren. Dit omdat de milieu-impact van het produceren en transporteren van nieuwe producten bij hergebruik verschuift naar het recyclen, het opknappen of het herfabriceren en naar de bijkomende logistiek. De milieu-impact van de laatstgenoemde processen per product verschillen en moet derhalve eerst inzichtelijk gemaakt worden voordat de potentie tot het verminderen van de milieu-impact van de vraag naar bouwproducten ingeschat kan worden.

Figuur 2.15 MKI voor ingaande materiaalstromen in de Nederlandse bouweconomie, 2014



Bron: Metabolic

Grootste aandeel milieu-impact in MKI veroorzaakt door nieuwbouw

Nieuwbouw heeft met 71% van de totale MKI het grootste aandeel in de totale milieu-impact van de woning- en utiliteitsbouw. Voor de nieuwbouw geldt echter dat het aandeel in milieu-impact kleiner is ten opzichte van het aandeel in de massa. Nieuwbouw is namelijk verantwoordelijk voor 92% van de massa benodigde materialen (zie figuur 2.8). De funderingen en ruwbouw veroorzaken gezamenlijk met 58% het grootste deel van de MKI van de nieuwbouw. Vloeren leveren hierbinnen het grootste aandeel met bijna een kwart van de MKI van nieuwbouw. Afwerkingen vertegenwoordigen met ruim een kwart ook een significant deel van de MKI van nieuwbouw. Gevel- en vloerafwerkingen in de woningbouw en dakafwerkingen in de utiliteitsbouw dragen hier het meest aan bij. Een relatief klein deel van de MKI wordt veroorzaakt door elementen met korte levensduur zoals installaties en vaste voorzieningen.

Binnen de gebouwtypen wordt de grootste milieu-impact in MKI veroorzaakt door nieuwbouw van woningen

Met 63% van de totale MKI had de nieuwbouw- en herstel en verbouwproductie van woningen de grootste milieu-impact in MKI. Van deze impact is twee derde veroorzaakt door nieuwbouw en een derde door herstel en verbouw. Binnen de nieuwbouw veroorzaken appartementen met 17% de grootste bijdrage aan de totale MKI, gevolgd door seriematige woningen met 12%, vrijstaande woningen met 9% en 2-onder-1-kap woningen met minder met 4%. Herstel en verbouw aan huurwoningen veroorzaakt verder 12% van de MKI en werkzaamheden aan koopwoningen 7%. Binnen de 37% van de MKI door utiliteitsgebouwen worden de grootste bijdragen gevormd door nieuwbouw van bedrijfsruimten met 12%, renovatie en groot onderhoud aan bedrijfsruimten met 7% en nieuwbouw van kantoren met 6%.

Herstel en verbouw heeft een relatief groot aandeel in de milieu-impact ten opzichte van het aandeel in massa, oorzaak ligt vooral bij de afwerkingen

Wat opvalt is dat de herstel en verbouw met circa 29% een relatief grote bijdrage levert aan de totale milieu-impact in MKI. Deze uitkomst is vooral interessant omdat de herstel en verbouw in termen van massa slechts 8% vertegenwoordigt. Bijna de helft (49%) van deze MKI wordt veroorzaakt door afwerkingen, waarbinnen dakafwerkingen het grootste deel vertegenwoordigt. Ook is de relatieve bijdrage aan de MKI van installaties met 14% het dubbele ten opzichte van de bijdrage bij nieuwbouw. Zwaardere producten zoals de funderingen en ruwbouw vormen slechts 15% van de MKI. Producten die over de levensduur van een gebouw vaker vervangen worden veroorzaken dus het grootste aandeel van de MKI bij herstel en verbouw.

Massa van elementen biedt beperkte indicatie van milieu-impact in MKI: verschil vooral zichtbaar bij vloeren en installaties

In tabel 2.18 zijn de aandelen van de massa van de elementen benodigd voor de nieuwbouw- en herstel en verbouwproductie in 2014 afgezet tegen de aandelen van deze elementen in de milieu-impact in MKI. Wat opvalt is dat de massa van een product niet direct iets zegt over de MKI. Dit komt doordat sommige materialen per ton een hogere milieu-impact hebben dan andere. Zo kennen metalen doorgaans een significant hogere MKI per ton dan bijvoorbeeld hout. Een groot verschil is dat funderingen en ruwbouw samen circa 85% van de massa vertegenwoordigen, maar qua milieu-impact 45% van de MKI beslaan. Een ander voorbeeld zijn buitenwanden, welke met 13% van de massa toch slechts maar 3% van de MKI vertegenwoordigen. Afgezet tegenover de massa komt de MKI voor binnenwanden uit op € 6 per ton materiaal. Aan de andere kant van het spectrum beslaan werktuigbouwkundige en elektrotechnische installaties nog geen 1% van de massa van de totale hoeveelheid benodigde materialen, maar zijn deze systemen wel goed voor circa 9% van de totale MKI. Gemiddeld hebben deze installaties een MKI van € 359 per ton materiaal, waarbinnen installaties voor warmteopwekking een hoge MKI van € 3.568 per ton kennen. Een belangrijk deel van dit verschil wordt veroorzaakt doordat het productieproces van metalen voor warmteopwekkingsinstallaties zoals staal, koper en messing per gewicht in significant meer CO₂ emissies resulteren dan materialen voor binnenwanden zoals beton en kalkzandsteen.

Tabel 2.18 Aandeel van elementen in massa en milieu-impact in MKI voor de woning- en utiliteitsbouw, 2014

	Massa (%)	MKI (%)	MKI/Massa (€/ton)
Warmteopwekking	0,01	1,35	3.568
Verlichting	0,03	1,63	1.199
Gassen	0,00	0,05	978
Water	0,01	0,24	733
Centrale elektrotechnische voorzieningen	0,04	0,74	442
Warmtedistributie	0,10	1,73	438
Balustrades en leuningen	0,01	0,20	341
Buitenwandopeningen	0,74	8,26	278
Transport	0,07	0,67	242
Vaste keukenvoorzieningen	0,06	0,59	237
Vaste sanitaire voorzieningen	0,06	0,55	215
Afvoeren	0,11	0,88	200
Binnenwandopeningen	0,21	1,60	190
Luchtbehandeling	0,19	1,27	165
Dakopeningen	0,26	1,52	146
Koude-opwekking en distributie	0,05	0,30	144
Plafondafwerkingen	0,21	1,10	133
Dakafwerkingen	3,20	13,97	109
Binnenwandafwerkingen	0,61	1,88	78
Vloerafwerkingen	4,07	7,47	46
Buitenwandafwerkingen	4,96	8,73	44
Trappen en hellingen	0,22	0,34	39
Bodemvoorzieningen	1,20	1,51	32
Hoofddraagconstructies	2,87	3,53	31
Daken	6,62	6,66	25
Paalfunderingen	6,12	4,01	16
Funderingsconstructies	4,79	2,79	15
Vloeren	33,67	17,78	13
Binnenwanden	5,07	1,92	9
Vloeren op grondslag	11,19	3,68	8
Buitenwanden	13,24	3,04	6
Totaal	100	100	

Bron: Metabolic, SGS Search

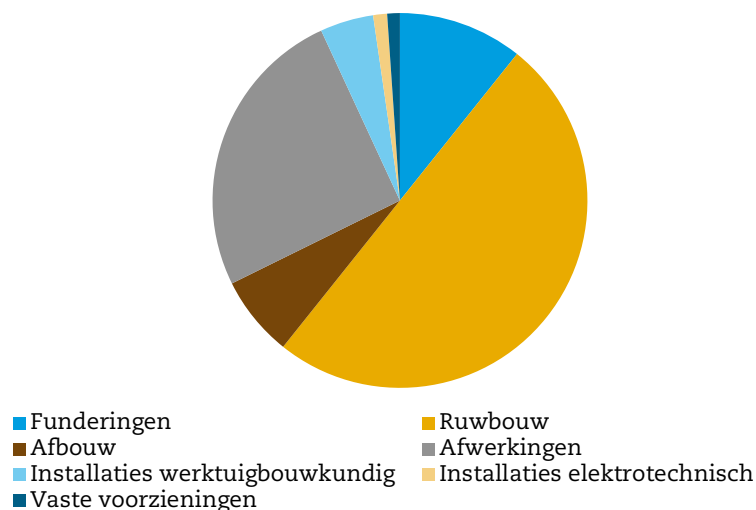
2.3.3 Verdieping per deelmarkt en bouwfase

Woningbouw

Grootste deel van de milieu-impact woningbouw gerelateerd aan de ruwbouw

In figuur 2.16 is de verdeling van de MKI van de nieuwbouwproductie over de verschillende bouwkundige elementen weergegeven. Binnen nieuwbouw vertegenwoordigt de ruwbouw het grootste deel met circa de helft van de MKI. Vloeren zijn hierin verantwoordelijk voor 31% van de MKI. Met name de verdiepingsvloeren in de appartementencomplexen dragen sterk bij aan de milieu-impact. Hoewel het aandeel in de MKI van de ruwbouw en funderingen met 61% niet in de buurt komt van de 84% die deze functionele gebouwelementen aan de massa bijdragen, is deze bijdrage aan de MKI niettemin van grote omvang. Afwerkingen resulteren in een kwart van de MKI van de nieuwbouw van woningen, waarin vloer- en gevelafwerkingen de grootste milieu-impact veroorzaken. Met name bakstenen en isolatielagen in de gevels vertegenwoordigen een hoge MKI. Installaties en vaste voorzieningen vertegenwoordigen ten slotte een relatief klein deel van de MKI (7%), voornamelijk ten opzichte van de MPG waarin installaties en vaste voorzieningen nog 15% vertegenwoordigden. Dit is te wijten aan de meerdere vervangingen van deze producten gedurende de levensduur van een gebouw die in de MKI niet is meegenomen.

Figuur 2.16 MKI-verdeling woningniewbouw over functionele gebouwelementen, aandelen, 2014



Bron: Metabolic

Ruim een derde van de milieu-impact in de woningniewbouw komt voort uit de bouw van appartementen

In tabel 2.19 is te zien dat appartementen 39% van de MKI van de nieuwbouw van woningen veroorzaken, alhoewel ze een kleiner aandeel hebben in de nieuwbouwproductie in m² BVO (30%, zie tabel 2.1). Dit verschil komt doordat appartementen per m² BVO de hoogste milieu-impact hebben van alle woningtypen. Dit is grotendeels te wijten aan de noodzaak voor een relatief grote hoeveelheid hoofddragstructuur, binnenwanden, trappen en liften, die de MKI opdrijven ten opzichte van eengezinswoningen. Eengezinswoningen veroorzaken de overige 61% van de MKI. In tegenstelling tot appartementen vertegenwoordigen seriële woningen door hun relatief lage MPG per woning ook een relatief lage milieu-impact in MKI. In totaal is het aandeel in MKI 29% ten opzichte van 39% in de nieuwbouwproductie.

Tabel 2.19 MKI-verdeling woningnieuwbouw per type woning, 2014

	Nieuwbouw (MKI in € 1.000)	%
Eengezins	130.215	61
-Vrijstaand	46.079	21
-2-onder-1-kap	21.055	10
-Serieel	63.081	29
Meergezins/appartement	84.518	39
Totaal	214.733	100

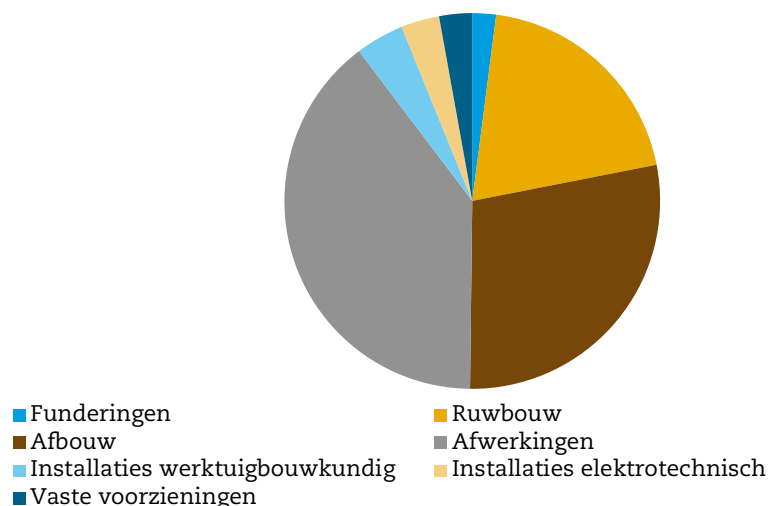
Totalen in percentages tellen niet op door afrondingsverschillen

Bron: Metabolic

In herstel en verbouw van woningen domineren afwerkingen de milieu-impact

Uit de analyse van de verschillende herstel- en verbouwwerkzaamheden in de woningbouw blijkt dat afwerkingen verantwoordelijk zijn voor 41% van de MKI (figuur 2.17). Het vervangen en aanbrengen van bakstenen gevels, isolatielagen en dekvloeren van zandcement binnen de gevel- en vloerafwerking veroorzaakt het grootste aandeel van deze milieu-impact. Ook de afbouw vertegenwoordigt met 28% een significant deel. In absolute termen is de milieu-impact van de afbouw in herstel en verbouw van woningen zelfs groter dan bij de woningbouw. Het vervangen van kozijnen en beglazing in de gevels bij voornamelijk huurwoningen vormt hierin de grootste bijdrage. Funderingen en ruwbouw vormen in de lijn van verwachting met 22% een significant lagere bijdrage aan de MKI dan bij de woningbouw (61%).

Figuur 2.17 MKI-verdeling herstel en verbouw van woningen over functionele gebouwelementen, aandelen, 2014



Bron: Metabolic

Ingrepen aan huurwoningen verantwoordelijk voor ruim 60% van de MKI van herstel en verbouw van woningen

Renovaties, groot- en mutatieonderhoud en kleine verbeteringen aan huurwoningen zijn samen verantwoordelijk voor 61% van de MKI van herstel en verbouwwerkzaamheden aan woningen (tabel 2.20). Ook uitbreidingen, verbouwingen en renovaties van koopwoningen leveren met een derde van de MKI een belangrijk aandeel in de milieu-impact van de herstel en verbouwproductie van woningen. Dit is opmerkelijk omdat particuliere woningeigenaren bijna de helft van de kosten in de totale herstel en verbouwproductie vertegenwoordigen, terwijl corporaties en particuliere verhuurders samen verantwoordelijk zijn voor 44% van de productie. Het verschil in aandeel productie versus milieu-impact kan mogelijk worden verklaard doordat particulieren in de koopsector duurdere en minder frequent grotere herstel en verbouwwerkzaamheden uitvoeren terwijl corporaties goedkoper en meer frequent herstel en verbouwwerkzaamheden uitvoeren. Transformaties van kantoren naar appartementen hebben met 5% de kleinste bijdrage in de MKI, hetgeen vrijwel overeenkomt met de bijdrage in de totale herstel en verbouwproductie (9%).

Tabel 2.20 MKI-verdeling herstel en verbouw van woningen per type ingreep, 2014

	Herstel en verbouw (MKI in € 1.000)	%
Groot onderhoud huurwoningen	13.567	13
Renovaties huurwoningen	31.245	31
Kantoor naar woning transformatie	4.810	5
Kleinschalige verbeteringen huurwoningen	12.499	12
Mutatieonderhoud huurwoningen	5.079	5
Uitbreiding, verbouw of renovatie koopwoningen	34.841	34
Totaal	102.041	100

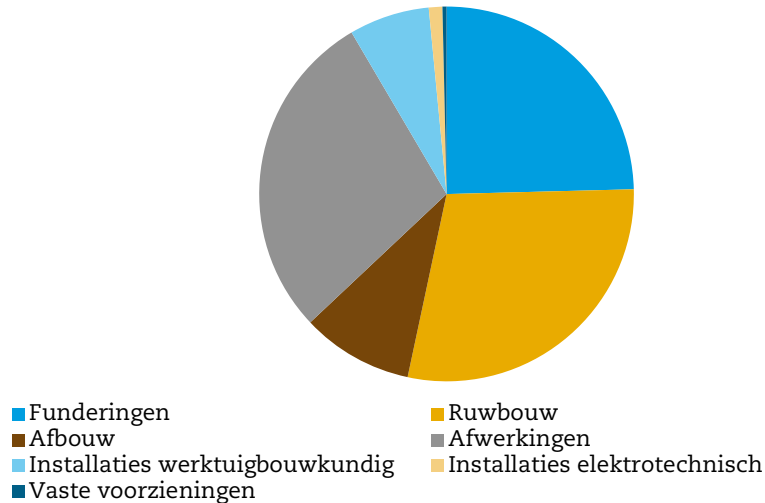
Bron: Metabolic

Utiliteitsbouw

Ruim de helft van de MKI in de nieuwbouw van utiliteitsgebouwen is gerelateerd aan funderingen en ruwbouw

Funderingen en ruwbouw vormen met 53% een kleinere bijdrage aan de MKI in de utiliteitsnieuwbouw dan in de woningnieuwbouw (figuur 2.18). Opvallend is dat funderingen 25% van de MKI bij utiliteitsgebouwen vertegenwoordigen, terwijl dit maar 11% is binnen de woningbouw is. Dit wordt voornamelijk veroorzaakt doordat bedrijfsruimten en distributiecentra, samen een groot deel van de nieuwbouwproductie, een relatief groot aandeel van vloeren op grondslag hebben ten opzichte van het BVO van deze gebouwen wat bijdraagt aan de MKI van de funderingen. Afwerkingen vormen met 29% (vrijwel hetzelfde als ruwbouw) de op één na hoogste MKI bij utiliteitsbouw. Meer dan de helft hiervan komt van dakafwerkingen, zoals dakbedekkingen en isolatielagen. De grote bijdrage aan de MKI door vloeren op grondslag en dakafwerkingen kan verklaard worden door de grote vraag naar deze producten. Deze betreft bij bedrijfsruimten (43% van het BVO van utiliteitsbouw) bijna 1 m² per BVO door de vorm van deze gebouwen.

Figuur 2.18 MKI-verdeling utiliteitsnieuwbouwproductie over functionele gebouwelementen, aandelen, 2014



Bron: Metabolic

Bedrijfsruimten domineren de milieu-impact in de utiliteitsnieuwbouw

In tabel 2.21 is te zien dat bedrijfsruimten 40% van de MKI binnen de nieuwbouw van utiliteitsgebouwen vertegenwoordigen. Dit aandeel in MKI ligt dichtbij het aandeel in de utiliteitsnieuwbouwproductie (43%, zie tabel 2.5). De aandelen MKI van de andere utiliteitsgebouwen liggen grotendeels in lijn met die van de nieuwbouwproductie van deze gebouwtypen. Zo kennen onderwijsgebouwen en winkels een vergelijkbaar aandeel in de nieuwbouwproductie in m² BVO ten opzichte van het aandeel in MKI. De MKI van kantoren lag met 21% van de MKI wel hoger dan het aandeel in de nieuwbouwproductie in 2014. Dit verschil in productie- en MKI-aandeel kan worden verklaard door de relatief hogere MPG van kantoren ten opzichte van het gemiddelde voor utiliteitsgebouwen (zie figuur 2.14).

Tabel 2.21 MKI-verdeling utiliteitsnieuwbouw per type utiliteitsgebouw, 2014

	Nieuwbouw (MKI in € 1.000)	%
Bedrijfsruimten	58.484	40
Kantoren	30.124	21
Zorggebouwen	5.399	4
Onderwijsgebouwen	19.116	13
Winkels	18.288	13
Overig	14.123	10
Totaal	145.534	100

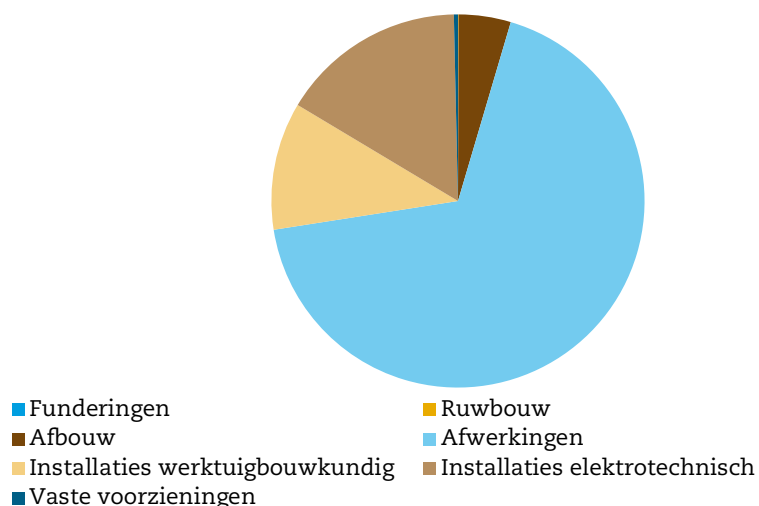
Totalen in percentages tellen niet op door afrondingsverschillen

Bron: Metabolic

Afwerkingen veroorzaken ruim tweederde van de milieu-impact van de herstel en verbouw in de utiliteitsbouw

Afwerkingen hebben verreweg de grootste bijdrage aan de MKI van de herstel en verbouw in de utiliteitsbouw geleverd (zie figuur 2.19). Het vervangen van dakbedekkingen veroorzaakte het grootste deel van de MKI. Dit is grotendeels te verklaren door de grote oppervlakte aan bedrijfsruimten waar bitumen dakbedekkingen en dakisolatie wordt vervangen. Installaties vertegenwoordigden hier met 27% ook een significant deel van de MKI, waarbij verlichting bij bedrijfsruimten en luchtbehandelingsinstallaties de grootste bijdrage aan de MKI leverden. Doordat renovaties van en groot onderhoud aan utiliteitsgebouwen minder ingaan op constructieve delen en zich voornamelijk richten op werkzaamheden aan daken en niet dragende binnenwanden, leveren funderingen en ruwbouw een te verwaarlozen bijdrage aan de MKI. Ten slotte valt op dat vaste voorzieningen een kleine bijdrage leveren aan de MKI. Dit in tegenstelling tot herstel- en verbouwingrepen aan woningen. In utiliteitsgebouwen worden bij onderhoud en renovaties minder keukens en badkamers per m² BVO vervangen dan bij woningen.

Figuur 2.19 MKI-verdeling herstel en verbouw van utiliteitsgebouwen over functionele gebouwelementen, aandelen, 2014



Bron: Metabolic

Renovatie en groot onderhoud aan bedrijfsruimten domineren de MKI van herstel en verbouw bij utiliteitsgebouwen

Het merendeel van de milieu-impact van de herstel en verbouw in de utiliteitsbouw is te wijten aan bedrijfsruimten (74%, zie tabel 2.22). Zoals eerder aangegeven, spelen de dakbedekkingen die in bedrijfsruimten worden vervangen en het grote oppervlakte van 10,3 miljoen m² BVO waarvoor deze werkzaamheden plaatsvinden hierin een grote rol. De relatief lage bijdrage van overige utiliteitsgebouwen in relatie tot de relatief hoge bijdrage van deze gebouwen in de totale herstel en verbouwproductie is opmerkelijk. Dit verschil in productiemassa versus milieu-impact is deels te verklaren door een kleiner totaal oppervlak en het vervangen van een beperkt aantal producten. Hierbij dient te worden vermeld dat er voor het in kaart brengen van de herstel en verbouwwerkzaamheden achter de productiecijfers voor de utiliteitsbouw nog belangrijke slagen moeten worden gemaakt. Analyse van meerjarige onderhoudsplannen van verschillende utiliteitsgebouwen zou hierin meer inzicht kunnen brengen. Zie bijlage A voor toelichting op de methodiek die voor het in kaart brengen van de werkzaamheden achter de herstel en verbouw van utiliteitsgebouwen is gehanteerd.

Tabel 2.22 MKI-verdeling herstel en verbouwproductie van utiliteitsgebouwen per ingreep, 2014

	Herstel en verbouw (MKI in € 1.000)	%
Renovaties en groot onderhoud andere utiliteitsgebouwen	11.355	26
Renovaties en groot onderhoud bedrijfsgebouwen	33.024	74
Totaal	44.379	100

Bron: Metabolic

2.4 Energieverbruik en CO₂ emissies in de keten

Het energieverbruik en de daarmee samenhangende CO₂ emissies¹⁴ van de bouw kent drie belangrijke onderdelen: het gebouwgebonden energieverbruik, het ingebedde energieverbruik van materialen en het energieverbruik tijdens bouw- en sloopwerkzaamheden. Dit onderdeel van de analyse geeft inzicht in en vergelijkt de CO₂ emissies resulterend uit de eerste twee onderdelen: het gebouwgebonden energieverbruik en het ingebedde energieverbruik van de materialen gebruikt voor de nieuwbouw en herstel- en verbouwproductie. Het energieverbruik tijdens bouw- en sloopactiviteiten is vanwege de beperkte beschikbaarheid van informatie en uiteenlopende resultaten van bronnen hierover buiten beschouwing gelaten.

2.4.1 CO₂ emissies uit de gebouwgebonden energievraag

Gebouwgebonden energieverbruik biedt inzicht in CO₂ emissies in gebruiksfase van woningen en utiliteitsgebouwen

Het gebouwgebonden energieverbruik zegt iets over het energieverbruik in de gebruiksfase van in dit geval woningen en utiliteitsgebouwen. Zo wordt tijdens het gebruik van een gebouw energie verbruikt in de vorm van gas en elektriciteit. Bij het opwekken van deze energie komen CO₂ emissies vrij. Om het gebouwgebonden energieverbruik en de hiermee samenhangende CO₂ emissies in kaart te kunnen brengen, is gebruik gemaakt van een fusie tussen top-down en bottom-up data. Gebaseerd op de Klimaatmonitor en de Nationale Energie Verkenning (NEV) is allereerst het totale energieverbruik in Nederland in 2014 bekend. Dit bedraagt 1,9 miljoen Terajoule (TJ). Op basis van de Klimaatmonitor is dit energieverbruik uiteengezet in het elektriciteits- en gasverbruik per provincie (top-down). Vervolgens is gebaseerd op W/E Adviseurs (2015)¹⁵, de BAG (2014) en BZK (2016)¹⁶ het primair gas- en elektriciteitsverbruik in de gebruiksfase (in kWh) berekend voor elke bouwtype (bottom-up). Daarna is het verbruik per bouwtype relatief geschaald zodat deze overeenkomt met de top-down Klimaatmonitor-data. Voor deze aanpak is gekozen zodat de uitkomsten corresponderen met de waarden die veelal worden gebruikt voor Nederlands beleid. Op basis van primair gas- en elektriciteitsverbruik is tenslotte de hoeveelheid corresponderende CO₂ equivalenten berekend. Hiervoor is gebruik gemaakt van de RVO-database (gebaseerd op ISSO)¹⁷. Het resultaat voor energieverbruik naar type bouw en de CO₂ equivalenten is weergegeven in tabel 2.23.

¹⁴ Met CO₂ emissies wordt gerefereerd aan CO₂-equivalenten, waarmee de 'Global Warming Potential' van andere gassen dan CO₂ ook mee worden gerekend.

¹⁵ W/E adviseurs & Arcadis (2015). Rapport 8504 - Aanscherpingsstudie EPC woningbouw en utiliteitsbouw 2015.

¹⁶ Ministerie Binnenlandse Zaken (2016) Cijfers over Wonen en Bouwen.

¹⁷ ISSO (2011). Formulestructuur EI en maatwerkadvies woningbouw.

Tabel 2.23 Gebouwwgebonden energieverbruik in de woning- en utiliteitsbouw, 2014

	Gebouwtype	Primair gasgebruik (GWh)	Primair elektriciteitsgebruik (GWh)	CO ₂ eq (kton)
Woningen	Vrijstaand	22.900	3.000	4.800
	2-onder-1-kap	9.900	2.100	2.300
	Serieel	25.300	7.800	6.300
	Meergezins/ appartement	24.200	9.000	6.400
Totaal		82.300	21.900	19.800
Utiliteitsgebouwen	Bedrijfsruimten	8.200	3.900	2.400
	Kantoren	6.200	4.300	2.100
	Zorggebouwen	1.100	2.800	800
	Onderwijsgebouwen	3.000	2.700	1.200
	Winkels	3.600	9.600	2.800
	Overig	300	5.800	1.300
Totaal		22.400	29.100	10.600

Bron: Metabolic

Woningbouw domineert CO₂ emissies resulterend uit gebouwwgebonden energieverbruik

Uit de analyse blijkt dat het merendeel van de CO₂ emissies resulterend uit het gebouwwgebonden energieverbruik voortkomt uit woningen. Met name het hoge gasverbruik van woningen veroorzaakt dit beeld. Zo komt bijna 80% van het totale gasverbruik in de gebruiksfase van de woning- en utiliteitsbouw voort uit woningen. Met name serieel gebouwde woningen en appartementen dragen hieraan bij. Hoewel appartementen het minste gas per m² verbruiken, wordt dit gecompenseerd door het volume m² BVO in de voorraad. Daarentegen komt het elektriciteitsverbruik in de gebruiksfase in beide sectoren vrijwel overeen.

2.4.2 Ingebedde CO₂ emissies bouwmaterialen

Materialisatie van gebouwen geeft inzicht in ingebedde CO₂ emissies

Naast het gebouwwgebonden energieverbruik is bij de productie van de materialen bestemd voor de woning- en utiliteitsnieuwbouw en herstel en verbouw ook energie verbruikt en zijn CO₂ emissies vrijgekomen. Deze zogenaamde ingebedde CO₂ emissies per kilogram materiaal zijn met behulp van emissiefactoren van SBK in kaart gebracht en gebaseerd op Levenscyclusanalyseberekeningen (LCA). Hierbij gaat het om het productieprofiel en de CO₂ emissies die resulteren uit het ontginnen van de grondstoffen en de productie van de productonderdelen. Het transport en de uiteindelijke verwerking van deze materialen is hierin niet meegenomen. Voor woningen en utiliteitsgebouwen is middels deze methode berekend wat de ingebedde CO₂ emissies zijn van de productie van alle materialen benodigd voor de nieuwbouw en herstel en verbouw. Tabel 2.24 en tabel 2.25 geven de resultaten hiervan weer voor de nieuwbouw en herstel en verbouw van woningen en utiliteitsgebouwen.

Woningbouw

Woningnieuwbouw goed voor bijna 80% van de CO₂ emissies in de woningbouw

Nieuwbouw veroorzaakt met bijna 80% het grootste deel van de CO₂ emissies binnen de woningbouw. Meer dan een kwart hiervan wordt veroorzaakt door beton, wat veelvuldig in de funderingen en ruwbouw wordt toegepast. Het wapeningsstaal in het beton is samen met andere stalen producten in de woningbouw verantwoordelijk voor 40% van de ingebedde emissies en levert hiermee de grootste bijdrage in het totale emissiebeeld van de woningnieuwbouw. Baksteen en kalkzandsteen in de gevels zijn gezamenlijk nog eens goed voor circa 8% van de ingebedde emissies van nieuw gebouwde woningen in 2014.

0,8 miljoen ton CO₂ door herstel en verbouw aan woningen

Herstel en verbouw aan woningen veroorzaakt bijna 0,8 miljoen ton CO₂ emissies. Hierbinnen wordt ruim een derde van de CO₂ emissies veroorzaakt door beton en staal dat gebruikt wordt bij ingrepen aan niet dragende betonnen wanden in de huursector en het plaatsen van uitbouwen in de koopsector. Ook elektrische installaties worden bij woningen nog veelvuldig vervangen en vertegenwoordigen zo'n 15% van de totale CO₂ emissies van de herstel en verbouw aan woningen. Zie tabel 2.24 voor een overzicht van de materialen en de hiermee samenhangende CO₂ emissies voor de nieuwbouw en herstel en verbouw van woningen.

Tabel 2.24 Ingebedde CO₂ emissies nieuwbouw en herstel en verbouw van woningen, kton, 2014

	Ingebedde CO ₂ emissies woningnieuwbouw	Ingebedde CO ₂ emissies herstel en verbouw woningen	Ingebedde CO ₂ emissies woningen totaal
Baksteen	93,5	35,2	128,7
Beton	783,8	104,8	888,6
Bitumen	1,7	4,6	6,3
Gips	6,8	4,5	11,3
Glas	213,6	52,5	266,1
Hout	146,5	64,3	210,8
Isolatie	226,4	58,9	285,3
Keramiek	9,4	23,9	33,3
Koper	5,7	3,5	9,2
Kunststoffen	44,6	65,7	110,3
Overige	19,1	121,6	140,7
Overige metalen	60,8	67,5	128,3
Papier	1,5	2,3	3,8
Staal & IJzer	1.205	164,7	1.369,7
Overig steen	147,2	13,8	161
Zand	0,5	0,03	0,5
Totaal	2.966,1	787,83	3.753,9
Aandeel in totaal	79%	21%	100%

Bron: Stichting Bouwkwiteit Nederland, Metabolic, bewerking Metabolic

Utiliteitsbouw

Nieuwbouw utiliteitsgebouwen verantwoordelijk voor bijna 90% van de ingebedde CO₂ emissies in de utiliteitsbouw

Binnen de utiliteitssector werd bijna 90% van de ingebedde CO₂ emissies veroorzaakt door de nieuwbouw (zie tabel 2.25). De materialen die in deze context voor hogere CO₂ emissies zorgen zijn isolatiemateriaal, bitumen, metalen en overige materialen. Bitumen worden in de utiliteitsbouw relatief meer toegepast wegens de doorgaans platte daken en een relatief groot dakoppervlak ten opzichte van het BVO. Hetzelfde geldt voor de productie van isolatiemateriaal, dat wegens de grote dakoppervlakten en verlaagde plafonds ook meer toegepast zal worden. Daarnaast vertegenwoordigt de categorie 'overige materialen' een grote bijdrage aan de CO₂ emissies van utiliteitsgebouwen. Vooral de elektronische onderdelen die zich hierin bevinden kennen hoge CO₂ emissies.

Tabel 2.25 Ingebedde CO₂ emissies nieuwbouw en herstel en verbouw van utiliteitsgebouwen, kton, 2014

Materiaal	Ingebedde CO ₂ emissies utiliteitsnieuwbouw	Ingebedde CO ₂ emissies herstel en verbouw utiliteitsgebouwen	Ingebedde CO ₂ emissies utiliteitsgebouwen totaal
Baksteen	29,1	-	29,1
Beton	521,1	-	521,1
Bitumen	5,3	9,1	14,4
Gips	3,3	1,2	4,5
Glas	207,2	-	207,2
Hout	79,7	0,2	79,9
Isolatie	351,7	93,9	445,6
Keramiek	5,6	0,1	5,7
Koper	3,4	2,8	6,2
Kunststoffen	130,6	19,8	150,4
Overige	419,1	297,8	716,9
Overige metalen	143,8	44,2	188
Papier	35,1	0,1	35,2
Staal & IJzer	1.880,3	85,8	1.966,1
Overig Steen	40,6	-	40,6
Zand	0,4	-	0,4
Totaal	3.856,3	555	4.411,3
<i>Aandeel in totaal</i>	<i>87%</i>	<i>13%</i>	<i>100%</i>

Bron: Stichting Bouwkwiteit Nederland, Metabolic, bewerking Metabolic

Elektrotechnische installaties veroorzaken groot deel van de ingebedde CO₂ emissies bij renovatie en groot onderhoud van utiliteitsgebouwen

Herstel en verbouw speelt een relatief kleine rol in de totale ingebedde CO₂ emissies van utiliteitsgebouwen. Net als bij de nieuwbouw wordt een belangrijk deel van de emissies veroorzaakt door isolatie, staal en elektronische onderdelen. Hierbinnen valt op dat staal een

relatief kleinere bijdrage levert en elektrotechnische installaties een grotere. Dit wordt verklaard doordat renovaties en groot onderhoud meer ingrijpen op de installaties dan op de afbouw en ruwbouw. Ook wordt onder 'overige metalen' meer aluminium toegepast doordat kozijnen en binnenwanden worden vervangen bij renovaties en groot onderhoud.

2.4.3 Totaalbeeld: CO₂ emissies

Gebouwegebonden energieverbruik is verantwoordelijk voor circa 80% van de CO₂ emissies

Tabel 2.26 laat zien hoe de CO₂ emissies zijn verdeeld over de nieuwbouw, de herstel en verbouw en het gebouwgebonden energieverbruik. Hieruit komt naar voren dat in 2014 zo'n 80% van de CO₂ emissies van de bouwketen voortkwam uit het elektriciteits- en gasverbruik van woningen en utiliteitsgebouwen. Het gebouwgebonden energieverbruik van woningen veroorzaakt hierbinnen ruim de helft van de totale emissies en dat van utiliteitsgebouwen is verantwoordelijk voor iets meer dan een kwart van de totale emissies.

Ingebedde energieverbruik goed voor 1/5^e van de totale CO₂ emissies

Naast het gebouwgebonden energieverbruik is de productie van de materialen, benodigd voor de nieuwbouw- en herstel en verbouw, toch ook verantwoordelijk voor circa 20% van de totale CO₂ emissies. Hierbinnen komt de grootste bijdrage voort uit de nieuwbouw (18%). De CO₂ emissies die resulteren uit de productie van de materialen die benodigd zijn voor de herstel en verbouw blijven met een bijdrage van 3% relatief beperkt. Opvallend is verder dat utiliteitsgebouwen in vergelijking met woningen relatief meer ingebedde emissies in de nieuwbouw kennen ten opzichte van de CO₂ emissies uit het gebouwgebonden energieverbruik.

Tabel 2.26 Ingebedde CO₂ emissies in de Nederlandse bouwketen, kton, 2014

	Ingebedde CO ₂ emissies nieuwbouw	Ingebedde CO ₂ emissies herstel en verbouw	CO ₂ emissies gebouwgebonden energieverbruik	Totaal
Woningen	2.966	788	19.800	23.554
Utiliteitsgebouwen	3.856	555	10.600	15.011
Totaal	6.822	1.343	30.400	38.565

Bron: Metabolic

3 Doorkijk naar de toekomst

Nu de uitgangssituatie in beeld is gebracht, is de vraag hoe materiaalstromen zich in de toekomst zullen gaan ontwikkelen. Zullen er (veel) meer of minder materiaalstromen op gang komen door toe- of afnemende bouw- en sloopvolumen? Wat zal dit voor de milieu-impact van de woning- en utiliteitsbouw in de toekomst betekenen? En hoe kan beleid mogelijk een bijdrage leveren aan het behalen van de doelstellingen?

Om tot eerste inzichten over de toekomst te komen, zal dit hoofdstuk in aansluiting op het tijdspad van het Grondstoffenakkoord, het Betonakkoord en de Transitieagenda een beeld van de situatie in 2030 schetsen. De methodiek zal hierbij gelijk zijn aan die in het vorige hoofdstuk toegepast: op basis van de koppeling tussen bouwproductie- en sloopbeelden en profielen van referentiegebouwen worden materiaalstromen in kaart gebracht en wordt tot de milieu-impact gekomen. Voorts worden hiertoe eerst het bouwproductie- en sloopbeeld en de onderliggende ontwikkelingen geschetst. Vervolgens worden de hiermee samenhangende materiaalstromen en milieu-impact in kaart gebracht. Tot slot wordt tot een overkoepelend beeld en aangrijpingspunten voor beleid gekomen.

3.1 Bouwproductie- en sloopbeeld 2030

2014 bijzonder startjaar

2014 is een bijzonder startjaar gebleken. Voor veel bouwactiviteiten betrof dit het dieptepunt van de productie (zie voor productieverloop in achterliggende jaren figuur 2.1 en 2.5 in hoofdstuk 2). De afgelopen jaren hebben we daarentegen een aanzienlijke groei in de bouwproductie gezien waardoor de nieuwbouwwolumen op dit moment hoger liggen dan in 2014 het geval was. De analyse van de ontwikkeling in de tijd gaat uit van de meest recente data. Op basis van reeds in gang gezet/staand beleid en economische en demografische ontwikkelingen is vervolgens tot het beeld in 2030 gekomen. Zie bijlage C voor meer toelichting op de methodiek.

3.1.1 Woningbouw

Woningnieuwbouw daalt in de tijd tot ruim 50.000 woningen in 2030

Figuur 3.1 illustreert het verloop van de woningnieuwbouw tot en met 2030. Verwacht wordt dat de woningnieuwbouw de komende jaren nog zal aantrekken tot zo'n 75.000 woningen per jaar en in de periode na 2024 geleidelijk zal afnemen tot ruim 50.000 woningen in 2030. Achterliggende reden voor de afname in de tijd is de verwachte daling van de huishoudensgroei¹⁸. Op de lange termijn is de huishoudensgroei een belangrijke determinant voor de ontwikkeling van de woningnieuwbouw. Doordat er in de tijd steeds minder huishoudens bijkomen, zal er ook steeds minder uitbreidingsvraag (vraag naar extra woningen) zijn. De vervangingsvraag¹⁹ zal in de tijd nog wel toenemen. De verwachting is echter dat de stijging van de vervangingsvraag minder sterk zal zijn dan de daling van de uitbreidingsvraag waardoor de nieuwbouw per saldo afneemt²⁰.

Sloop neemt geleidelijk toe tot 20.000 woningen in 2030

Verwacht wordt dat de sloop van woningen in de tijd zal toenemen tot ongeveer 20.000 woningen in 2030. Dit is bijna een verdubbeling ten opzichte van 2014. Figuur 3.1 geeft het verloop van sloop in de tijd weer. De toename van de sloop wordt enerzijds verklaard door veroudering van de voorraad en de hiermee samenhangende geleidelijk toenemende

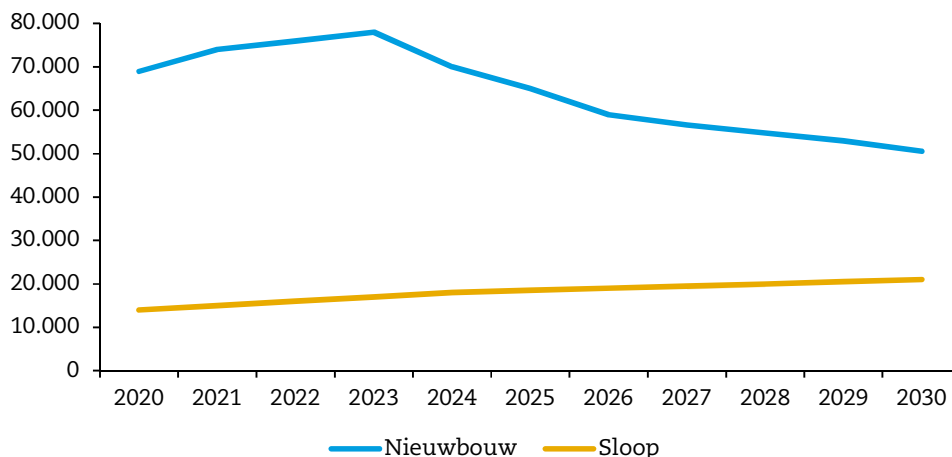
¹⁸ CBS Statline: <https://opendata.cbs.nl/statline/#/CBS/nl/dataset/84348NED/table?ts=1554751227945>

¹⁹ De vervangingsvraag kent een nauw verband met de sloop van woningen. Over het algemeen komen de twee vrijwel overeen. Alleen in krimpregio's komt het voor dat er meer gesloopt wordt dan dat er wordt vervangen (teruggebouwd) omdat er simpelweg geen vraag naar de woningen is.

²⁰ Woningnieuwbouw wordt berekend door de uitbreidingsvraag plus de vervangingsvraag minus de toevoegingen anderszins. Toevoegingen anderszins zijn gesplitste woningen en functieveranderingen naar woningen. Dit betreft een klein aantal woningen en hierbij worden geen nieuwe woningen neergezet. Om deze reden wordt dit van de som van de uitbreidings- en vervangingsvraag afgehaald.

sloopfracties. Anderzijds nemen kwaliteitseisen zoals rond duurzaamheid en comfort ook toe waardoor in de tijd meer zal worden gesloopt.

Figuur 3.1 Ontwikkeling woningnieuwbouw en sloop, aantal woningen, 2020-2030

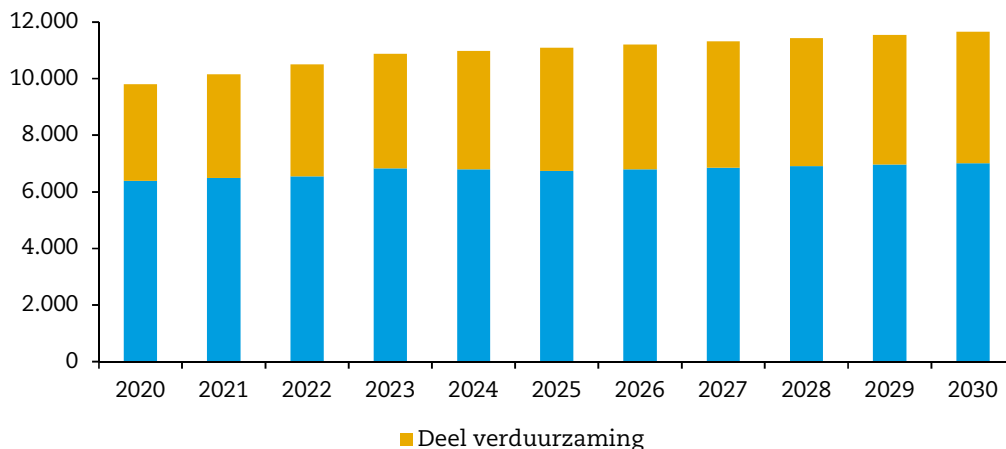


Bron: EIB

Herstel en verbouwproductie neemt toe tot ruim € 11 miljard per jaar in 2030

De herstel en verbouwproductie neemt toe tot zo'n € 11,5 miljard in 2030. Een toenemende woningvoorraad en toenemende kwaliteitseisen liggen hieraan ten grondslag. Ook reeds in gang gezet beleid rond verduurzaming van de woningvoorraad zal hier richting 2030 en 2050 een steeds grotere rol gaan spelen. Figuur 3.2 geeft de verwachte ontwikkeling van de herstel en verbouwproductie, inclusief verduurzaming, tot en met 2030 weer.

Figuur 3.2 Ontwikkeling herstel en verbouwproductie woningbouw, miljoen euro, 2020-2030



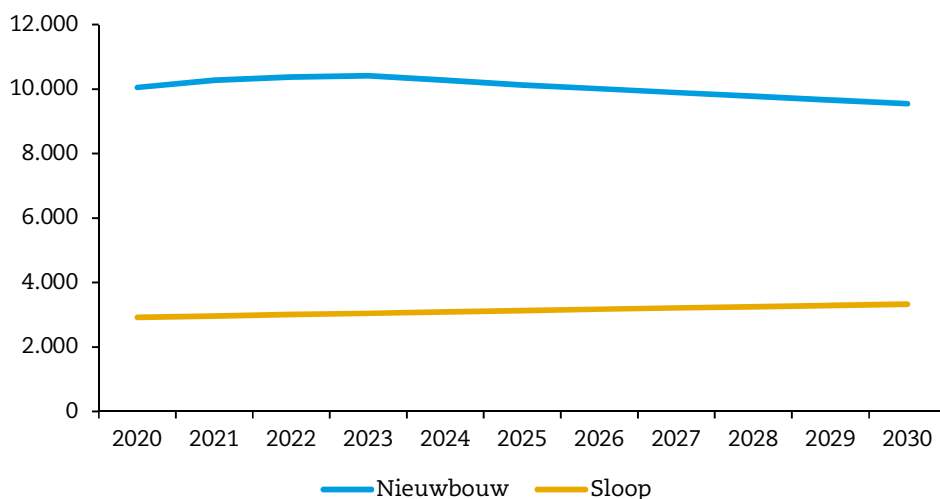
Bron: EIB

3.1.2 Utiliteitsbouw

Totale utiliteitsnieuwbouw neemt in de tijd af tot 9,5 miljoen m² in 2030, beeld per sector verschilt

De utiliteitsnieuwbouw kent net als de woningnieuwbouw een afname op totaalniveau op de langere termijn. Tot 2024 is de verwachting dat de nieuwbouwproductie, in lijn met de economische ontwikkelingen en het dal waar het productieniveau in 2015 vandaan komt, toe zal nemen. Dit beeld geldt voor alle deelsectoren. Na 2024 daalt de nieuwbouwproductie op totaalniveau geleidelijk van zo'n 10 miljoen m² tot 9,5 miljoen m² in 2030 (zie figuur 3.3).

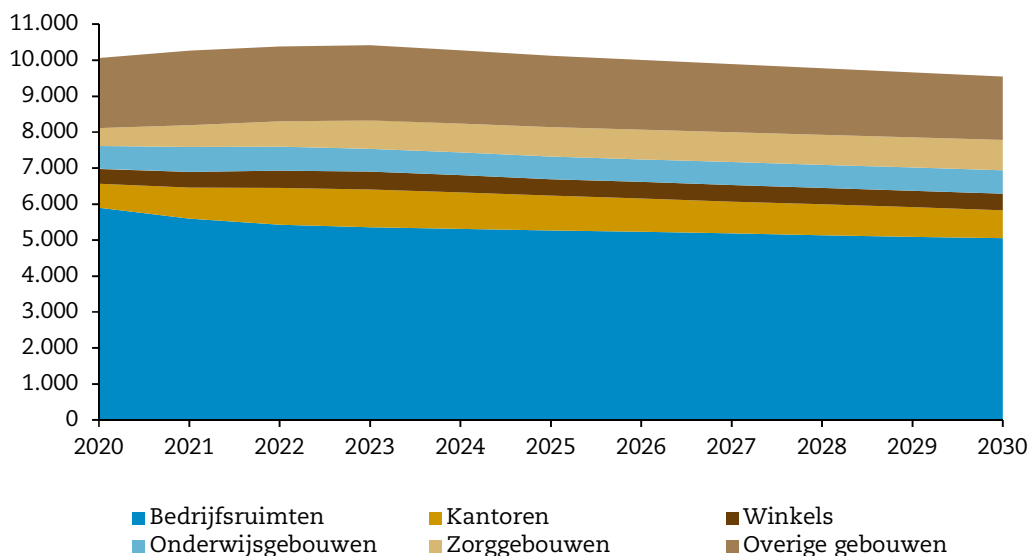
Figuur 3.3 Ontwikkeling utiliteitsnieuwbouw- en sloop, 1.000 m² BVO, 2020-2030



Bron: EIB

Niet in alle deelsectoren wordt deze dalende ontwikkeling verwacht. Reden hiervoor is dat verschillende deelsectoren in de utiliteitsbouw, verschillende economische en demografische determinanten kennen. Zo zien bedrijfsgebouwen, kantoren, winkels en overige gebouwen een daling tot en met 2030, maar neemt de nieuwbouw van onderwijs- en zorggebouwen toe. Hieraan ten grondslag ligt voor de bedrijfsgebouwen de verwachte afzwakende economische groei in de tijd, waardoor ook minder nieuwe bedrijfsgebouwen nodig zijn. Voor de kantorensector geldt onder andere dat de werkgelegenheid in de dienstensector niet verder zal toenemen waardoor de behoefte aan nieuwe kantoren afneemt. Voor de afnemende ontwikkeling in m² winkels spelen factoren als het online shoppen een rol. De groei in de onderwijssector wordt verklaard door de kwalitatief mindere huidige voorraad gebouwen die de komende jaren vervangen zal moeten worden. De groei in het zorgvastgoed heeft te maken met de toenemende vraag naar kwalitatief hogere zorg en een steeds ouder wordende bevolking. Figuur 3.4 geeft de ontwikkeling van de verschillende deelsectoren weer.

Figuur 3.4 Ontwikkeling utiliteitsnieuwbouw naar deelsector, 1.000 m² BVO, 2020-2030

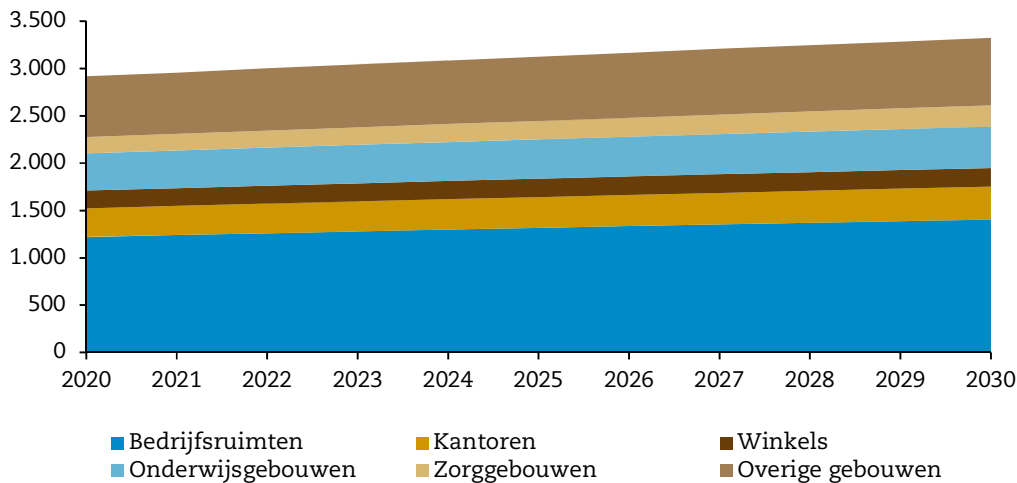


Bron: EIB

Sloop van utiliteitsgebouwen neemt in de tijd geleidelijk toe tot ruim 3 miljoen m² in 2030

Waar de nieuwbouw van utiliteitsgebouwen op totaalniveau afneemt en een verschillend beeld per deelsector laat zien, neemt de sloop van utiliteitsgebouwen over alle sectoren gezien en op totaalniveau toe in de tijd (zie figuur 3.5). Achterliggende factoren zijn de veroudering van een steeds groter wordende voorraad, deels toenemende sloopfracties en de toenemende kwaliteitseisen die in de tijd aan gebouwen zullen worden gesteld.

Figuur 3.5 Ontwikkeling utiliteitsbouw sloop naar deelsector, 1.000 m² BVO, 2020-2030



Bron: EIB

De mate waarin wordt gesloopt verschilt historisch gezien per deelsector. Zo worden ten opzichte van de voorraad relatief veel onderwijs- en zorggebouwen gesloopt, terwijl dit voor winkels en kantoren veel minder het geval is. Dit beeld is bepalend geweest voor de ontwikkeling naar de toekomst en het uiteindelijke beeld in 2030. Tabel 3.1 geeft de gemiddelde sloopercentages per deelsector weer.

Tabel 3.1 Gemiddeld sloopercentages ten opzichte van de voorraad per deelsector, 2014-2018

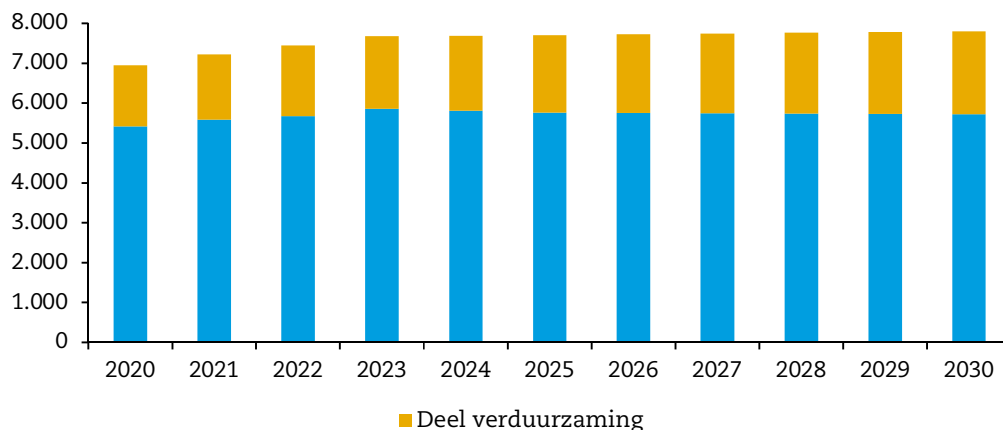
	Gemiddelde sloop %
Bedrijfsruimten	0,46
Kantoren	0,40
Winkels	0,35
Onderwijsgebouwen	1,06
Zorggebouwen	0,81
Overige gebouwen	0,56

Bron: BAG, bewerking EIB

Herstel en verbouwproductie neemt toe tot bijna € 8 miljard in 2030

Net als de herstel en verbouwproductie in de woningbouw is de verwachting dat de herstel en verbouwproductie in de utiliteitsbouw in de tijd toe zal nemen. Hieraan ten grondslag liggen historische en verwachte ontwikkelingen in factoren als vergunningen, transformaties, voorraad, economische groei, toenemende kwaliteitseisen en investeringen in verduurzaming ten gevolge van beleid (zoals verplicht label C voor kantoren en het verbod op asbestdaken voor agrarische gebouwen). Dat het herstel en verbouwwolume in de utiliteitsbouw in 2030 lager ligt dan in de woningbouw komt doordat het huidige herstel en verbouwniveau in de utiliteitsbouw ook lager ligt dan in de woningbouw. De groei in de utiliteitsbouw zal hierdoor, ten opzichte van het huidige niveau in de woningbouw, vanaf een lager niveau toenemen (figuur 3.6).

Figuur 3.6 Ontwikkeling herstel en verbouwproductie utiliteitsbouw, miljoen euro, 2020-2030



Bron: EIB

3.1.3 Totaalbeeld

Woningnieuwbouw in 2030 ruim twee keer groter dan sloop, utiliteitsnieuwbouw bijna drie keer groter

De hiervoor toegelichte ontwikkelingen en niveaus leiden tot het totaalbeeld voor 2030 zoals weergegeven in tabel 3.2. Wat opvalt is dat, vergeleken met het beeld in 2014, de nieuwbouw en sloop van woningen dichterbij elkaar zullen komen. Daarnaast is de verwachting dat de herstel en verbouwproductie zich, door een toenemende voorraad, toenemende kwaliteitseisen en beleid rond verduurzaming, zal verdubbelen van € 5,3 miljard in 2014 naar € 11,5 miljard in 2030.

De utiliteitsnieuwbouw is in 2030 bijna drie keer groter dan de sloop. Voor de utiliteitsbouw geldt dat de nieuwbouw en sloop niet nader tot elkaar komen ten opzichte van de uitgangssituatie. Vergeleken met de niveaus in 2023 is dit wel het geval. Dat het nieuwbouw- en sloopbeeld ten opzichte van de uitgangssituatie verder uit elkaar loopt, komt doordat het niveau van de utiliteitsnieuwbouw in de uitgangssituatie zeer laag was en in de komende jaren een aanzienlijke groei wordt verwacht. Deze groei neemt naar verwachting vanaf 2024 vanaf een hoog niveau geleidelijk af, terwijl de sloop van utiliteitsgebouwen een geleidelijke toename vanaf het niveau in 2014 laat zien. De herstel en verbouwproductie kent net als bij de woningbouw een toename in de tijd (van € 5,4 miljard in 2014 naar € 7,8 miljard in 2030). Ook dit wordt grotendeels verklaard door een toenemende voorraad, toenemende kwaliteitseisen en beleid rond verduurzaming.

Tabel 3.2 Totaaloverzicht woningbouw en utiliteitsbouw, nieuwbouw en sloop, 2030

	Nieuwbouw	Sloop
Woningbouw (aantal)	51.000	21.000
Eengezinswoningen	26.000	10.600
Meergezinswoningen	25.000	10.400
Utiliteitsbouw (1.000 m² BVO)	9.550	3.300
Bedrijfsruimten	5.050	1.400
Kantoren	800	350
Zorggebouwen	450	200
Onderwijsgebouwen	650	450
Winkels	850	200
Overige gebouwen	1.750	700

Bron: EIB

3.2 Materiaalstromen en milieu-impact 2030

Wanneer bovenstaande prognoses worden gekoppeld aan het Urban Mining Model kunnen we een inschatting maken van de gevolgen met betrekking tot de materiaalstromen in de bouwketen in 2030. In dit deel van de analyse wordt een zogenaamd 'business as usual'-scenario (BAU) gehanteerd. Dit houdt in dat we geen aannamen hebben gedaan over eventuele ontwikkelingen rond innovaties, veranderingen van bouwmethodes en type elementen en materialen die worden gebruikt in de bouwketen. Voor de analyses zijn de gebouwprofielen uit 2014 gehanteerd.

3.2.1 Materiaalstromen

Totaalbeeld: verschil tussen in- en uitgaande materiaalstromen neemt af in de tijd

Vooraf dankzij de relatieve groei van de sloop in de woningbouw ten opzichte van de nieuwbouw, wordt het verschil tussen inkomende en uitgaande materiaalstromen kleiner in 2030 ten opzichte van 2014. In 2030 zijn de totale ingaande stromen in de woning- en utiliteitsbouw nog een factor 1,7 keer zo groot als de massa van de totale uitgaande materiaalstromen, ten opzichte van een factor 2,4 in 2014. Wanneer alle uitgaande materialen in 2030 volledig en direct hergebruikt zouden kunnen worden ten behoeve van de benodigde materialen voor nieuwbouw en herstel en verbouw zou in theorie 59% van de benodigde bouwmaterialen uit de keten zelf kunnen worden gewonnen (zie figuur 3.7). In 2014 betrof dit nog zo'n 41%.

In- en uitgaande materiaalstromen in de woningbouw komen nader tot elkaar

In de woningbouw komen de in- en uitgaande stromen het sterkst bij elkaar. In 2030 zou volgens het huidige scenario de totale ingaande materiaalstroom nog een factor 1,6 keer zo groot zijn als de massa van de stroom vrijkomende materialen. Wanneer alle in de woningbouw vrijkomende materialen direct binnen diezelfde woningbouw voor nieuwbouw zouden kunnen worden aangewend, zou 64% van de benodigde materialen uit de keten zelf kunnen worden gewonnen. In de uitgangssituatie was dit theoretisch maximum nog 26%. De toename van de theoretische potentie voor hergebruik komt voort uit de relatief sterkere stijging van de sloop van woningen ten opzichte van de toename van de nieuwbouw.

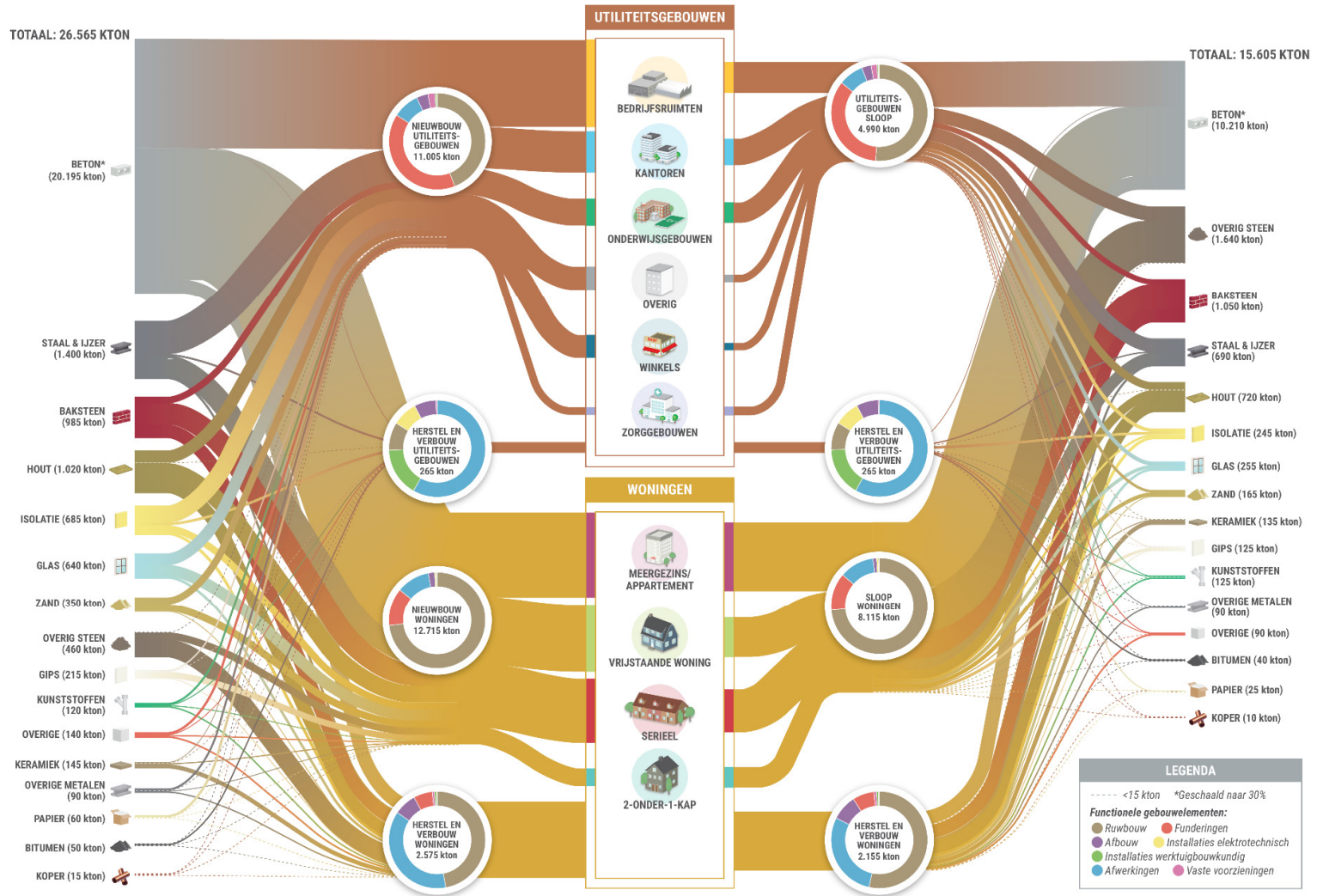
Verhouding ingaande en uitgaande materiaalstromen utiliteitsbouw bewegen zich uiteen vergeleken met 2014

Binnen de utiliteitsbouw neemt de onbalans binnen de keten voor wat betreft in- en uitgaande materiaalstromen toe. In 2030 zou gegeven het productiebeeld de totale ingaande materiaalstroom een factor 2,1 keer zo groot zijn als de massa van de stroom vrijkomende materialen. Ten opzichte van 2014 betekent dit dat er een lichte stijging van het verschil tussen de in- en uitgaande materiaalstromen zal optreden (van 1,9 naar 2,1). Dat de in- en uitgaande stromen in 2030 ten opzichte van 2014 verder uit elkaar komen te liggen komt door het verloop van het productiebeeld. Voor de utiliteitsbouwproductie betroffen 2014 en 2015 het dieptepunt sinds het uitbreken van de crisis. Op dit moment ligt het productieniveau op een sterk hoger niveau en de verwachting is dat dit beeld nog een aantal jaren aanhoudt waarna het productiebeeld gelijkmatig en licht zal dalen (zie figuur 3.2 voor het productieverloop). Wanneer het materiaalstroombeeld van 2030 met 2020 of 2023 zou worden vergeleken is dan ook wel een daling van het verschil tussen in- en uitgaande stromen waarneembaar. In 2030 zou in theorie 47% van de benodigde materialen uit de keten zelf kunnen worden gewonnen, wanneer de vrijkomende materialen direct binnen de nieuwbouw zouden kunnen worden aangewend.

Materiaalstromen uit herstel en verbouw nemen toe: woningbouw blijft stromen domineren

Op totaalniveau nemen zowel de benodigde als de vrijkomende materiaalstromen in 2030 vanuit de herstel en verbouw toe. De benodigde materiaalstromen stijgen van 1,4 naar 2,8 miljoen ton ten opzichte van 2014. De vrijkomende materiaalstromen nemen toe van 1,2 tot 2,4 miljoen ton ten opzichte van 2014. Herstel en verbouwingrepen in woningen zijn in 2030 goed voor 91% van deze benodigde materiaalstromen, ten opzichte van 86% in 2014. Het groeiende aandeel van de woningbouw in de herstel- en verbouwproductie wordt veroorzaakt door de relatief sterkere toename van de herstel en verbouwproductie in de woningbouw ten opzichte van de utiliteitsbouw (factor 2,2 voor de woningbouw versus 1,4 voor de utiliteitsbouw).

Figuur 3.7 Massabalans totaal ingaande en uitgaande materiaalstromen woning- en utiliteitsbouw, kton, 2030



Bron: Metabolic

3.2.2 Milieu-impact

Milieu-impact van ingaande materiaalstromen neemt met ruim de helft toe in de tijd

Bij een BAU-scenario neemt de totale MKI van alle benodigde materialen voor nieuwbouw en herstel en verbouw in 2030 met 57% toe tot € 797 miljoen ten opzichte van 2014 (€ 506 miljoen). Hiermee komt het beeld van de toename van de milieu-impact vrijwel overeen met de toename van de massa van de benodigde materialen in dezelfde periode (+ 51%). De stijging van de MKI van de inkomende materiaalstromen wordt veroorzaakt door een toename van zowel de nieuwbouw- als de herstel en verbouwproductie. In de verdeling van de nieuwbouw en herstel en verbouw in de milieu-impact in MKI valt op dat het aandeel van de herstel en verbouw hierin toeneemt van 29% in 2014 tot 35% in 2030 (zie figuur 3.8).

De MKI van woningbouw neemt toe: met name nieuwbouw van seriematige woningen draagt hieraan bij

De milieu-impact in MKI van de nieuwbouw van woningen neemt in 2030 met 37% toe ten opzichte van 2014. In 2030 is de nieuwbouw van seriematige woningen verantwoordelijk voor 42% van de MKI ten opzichte van 29% in 2014. Daarnaast valt op dat het relatieve aandeel van twee-onder-een kapwoningen halveert en van vrijstaande woningen met 20% afneemt. Dit kan verklaard worden door het productiebeeld, waarin relatief minder bouw van vrijstaande en twee-onder-een-kapwoningen wordt verwacht.

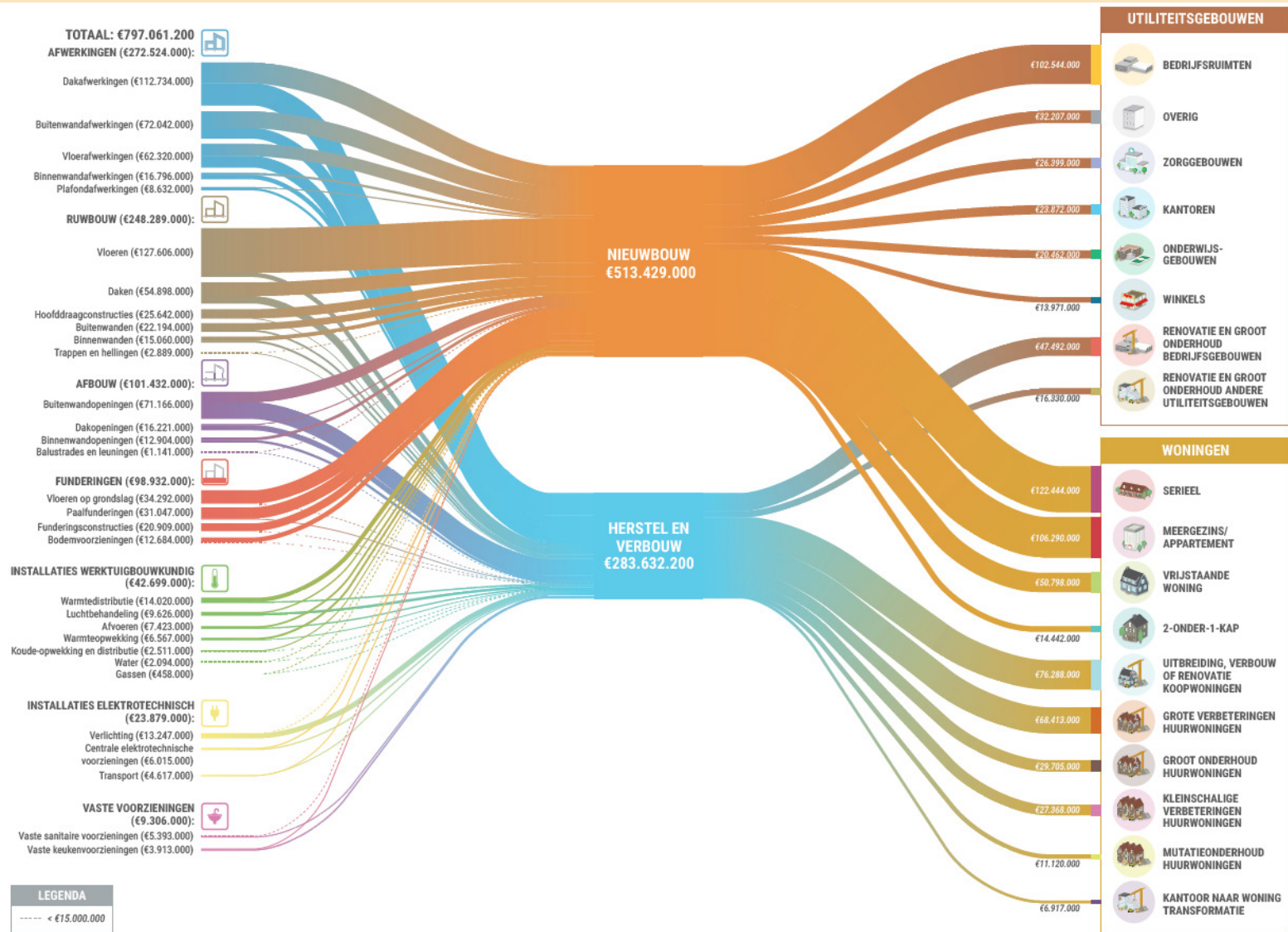
Bedrijfsruimten blijven MKI binnen de utiliteitsbouw domineren

De milieu-impact in MKI van de nieuwbouw van utiliteitsgebouwen neemt in totaal toe met 51%. Hierin wordt bijna de helft van de milieu-impact in MKI (47%) veroorzaakt door bedrijfsruimten, terwijl deze in 2014 nog 40% bedroeg. Opmerkelijk is dat de relatieve bijdrage van kantoren zal zijn afgenomen in 2030. Waren kantoren in 2014 nog goed voor 22% van de MKI van de utiliteitsbouw, in 2030 daalt de bijdrage naar 11%. Dit resultaat volgt het nieuwbouw-productiebeeld van utiliteitsgebouwen voor 2030. Daarnaast neemt het aandeel van overige utiliteitsgebouwen juist toe van 12% naar 19%. Dit kan mogelijk worden verklaard door de groeiende vraag naar data- en distributiecentra.

Aandeel herstel en verbouw in totale MKI neemt in lijn met het productiebeeld toe

De milieu-impact in MKI resulterend uit herstel en verbouwwerkzaamheden neemt het meest toe in 2030 ten opzichte van 2014. Zo groeit de milieu-impact in deze periode met 93%. Ook in 2030 leveren ingrepen aan huurwoningen de grootste bijdrage aan de MKI (48%), welke hiermee meer dan verdubbeld is ten opzichte van 2014.

Figuur 3.8 MKI totaal ingaande materiaalstromen woning- en utiliteitsbouw, 2030, euro



Bron: Metabolic

3.3 Overkoepelend beeld en aangrijpingspunten voor vervolgonderzoek en beleid

Wat is uit voorgaande analyses naar voren gekomen?

Met deze rapportage is een beeld geschetst van de bouwproductie en sloop in de woning- en utiliteitsbouw en de hiermee samenhangende materiaalstromen, milieu-impact en energieverbruik. Hieruit vloeien de volgende bevindingen voort.

Volledig invullen van de bouwopgaven met secundair materiaal (nog) niet mogelijk

De materiaalstroomanalyses hebben laten zien dat het volledig invullen van de bouwopgaven middels hergebruik van secundair materiaal voor de woning- en utiliteitsbouw niet mogelijk is. Belangrijkste oorzaak is dat alleen al het theoretisch maximum aan vrijkomende secundaire materialen uit deze sectoren in beperkte mate in de vraag naar bouwmaterialen vanuit deze sectoren kan voorzien (41% in 2014 en 59% in 2030). Door de verliezen bij de verwerking en het transport van materialen en de economische en technische haalbaarheid van hergebruik (bijvoorbeeld vanuit veiligheidsoverwegingen), zullen grote delen van vrijkomende elementen en materialen immers niet hergebruikt (kunnen) worden. Met als resultaat dat de recycling- en hergebruikpercentages in de praktijk lager zullen liggen.

Beeld massa en milieu-impact van materialen lopen deels uiteen

De totale MKI van de nieuwbouw- en herstel en verbouwproductie in de woning- en utiliteitsbouw bedroeg in 2014 ruim € 506 miljoen, waarvan herstel en verbouw 29% vertegenwoordigde. Ruwbouw en afwerkingen dragen met beiden 33% het grootste deel bij aan de totale MKI. Opmerkelijk is dat funderingen en ruwbouw met 82% van de massa slechts verantwoordelijk waren voor zo'n 45% van de MKI. Aan de andere kant van het spectrum waren installaties met nog geen procent van de massa verantwoordelijk voor 9% van de MKI. Het uitdrukken van de input van bouwproducten naast in massa ook in termen van milieu-impact in MKI, is maakt inzichtelijk waar de potentie ligt voor besparing op milieu-impact en verduurzaming van de sector.

Gebouwgebonden energieverbruik belangrijkste bron van CO₂ emissies, ingebedde emissies goed voor 1/5^e van het totaal

Het merendeel van de CO₂ emissies van de bouw wordt veroorzaakt door het gebouwgebonden energieverbruik (circa 80%). Naast het gebouwgebonden energieverbruik is de productie van de materialen voor de nieuwbouw- en herstel en verbouw, met 8,2 miljoen ton toch ook verantwoordelijk voor circa 20% van de totale CO₂ emissies. Hierbinnen komt de grootste bijdrage voort uit de nieuwbouw van woningen en utiliteitsgebouwen (18%). De CO₂ emissies die resulteren uit de productie van de materialen die benodigd zijn voor de herstel en verbouw blijven met een bijdrage van 3% relatief beperkt.

Waar liggen de kansen voor circulariteit in de bouw gezien dit beeld?

Kansen circulariteit in de bouw langs vier lijnen

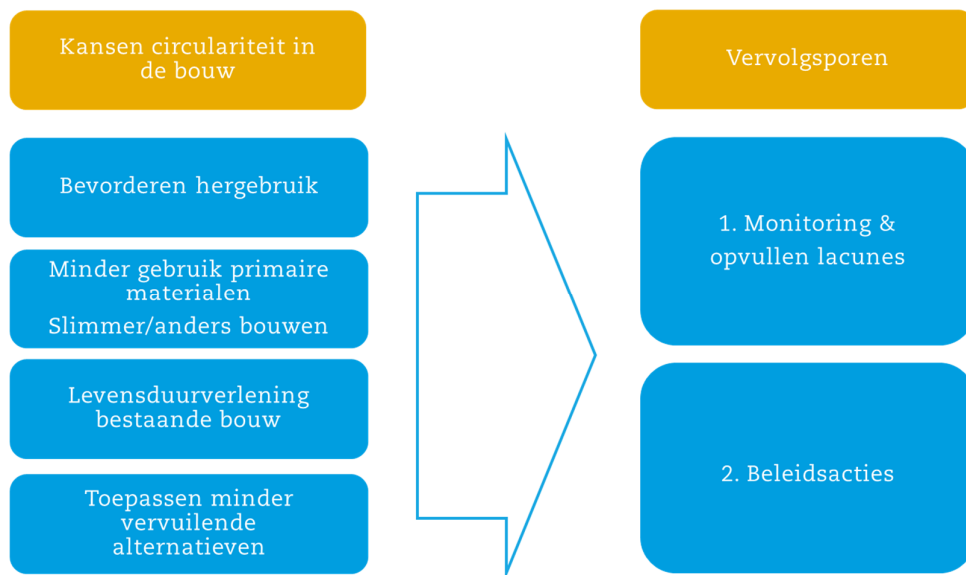
Een circulaire bouwsector middels hergebruik en recycling alleen is vanuit de gevraagde en de vrijkomende volumens materiaal bezien niet mogelijk. Wel zijn er alternatieve mogelijkheden voor circulariteit in de bouw. Het doel van een circulaire bouwsector is immers niet het hergebruik van materialen op zich, maar het verduurzamen en het verminderen van de milieu-impact van de sector. Vanuit deze optiek dienen zich vier lijnen aan waarlangs zich kansen voor circulariteit in de bouw voordoen:

- **het bevorderen van hergebruik** door de toepassingsmogelijkheden van secundair materiaal te vergroten;
- **minder gebruik van primair materiaal** door anders te ontwerpen (zoals meer gestandaardiseerd, modulair of demontabel) en slimmer te bouwen;
- technieken toe te passen die de **levensduur** van bestaande woningen en gebouwen **verlengen**;
- **het toepassen van primaire alternatieven met een zo laag mogelijke milieubelasting**, dit kunnen zowel bestaande primaire alternatieven zoals hout of andere (biobased) alternatieven zijn als technisch nieuwe alternatieven.

Hoe nu verder?

Nu een eerste inzicht in de Ausgangssituatie voor de woning- en utiliteitsbouw is geschetst en kansen zijn gesignaleerd, kan worden nagedacht over vervolgacties. Hier zien wij mogelijkheden langs twee sporen: een gestructureerd monitoringsproces met aandacht voor het opvullen van lacunes en gerichte beleidsacties voor de toekomst.

Figuur 3.9 Schematische weergave kansen en vervolgsoren circulariteit in de bouw



Bron: EIB

Aandacht voor periodieke monitoring en opvullen lacunes

Gestructureerde monitoring biedt mogelijkheden voor tijdige bijsturing

Gestructureerde periodieke monitoring is van belang om inzicht te krijgen in de voortgang van circulariteit in de bouw. Op deze manier wordt inzichtelijk of doelen kunnen worden behaald, waar het proces eventueel spaak loopt en waar bijsturing nodig is. Gestructureerde monitoring biedt hiermee aangrijpingspunten voor tijdige bijsturing middels beleid of anderszins.

Voor de frequentie van monitoring is het van belang dat er voldoende ruimte wordt geboden zodat ontwikkelingen kunnen plaatsvinden en verbeterde informatie beschikbaar is. Tegen deze achtergrond zou bijvoorbeeld iedere vier tot vijf jaar een spreekwoordelijke thermometer in de sector kunnen worden gestoken om te kijken of er ten opzichte van de Ausgangssituatie voortgang is gemaakt. Deze rapportage biedt hiervoor het eerste beeld van de Ausgangssituatie voor de woning- en utiliteitsbouw waar bij de latere monitoring op voort kan worden gebouwd.

Aanvulling Ausgangssituatie gww van belang voor integraal beeld sector

Om circulariteit van de sector integraal en gestructureerd te kunnen monitoren, is in de tussentijd aandacht voor een aantal lacunes nodig. Zo is het van belang dat ook voor de grond-, water- en wegenbouw (gww) de Ausgangssituatie in beeld wordt gebracht zodat monitoring van de sector integraal kan plaatsvinden. Immers wordt een groot deel van de materialen vrijkomend bij de sloop van woningen en utiliteitsgebouwen ingezet in de gww en zijn de sectoren vanuit circulariteit bezien niet op zichzelf staand. Een belangrijk aangrijpingspunt voor vervolganalyse vormt hiermee het in kaart brengen van de materiaalstromen, de milieupact en het energieverbruik van de gww.

Verdere aanvullingen liggen bij referentieprofielen, herstel en verbouwactiviteiten, milieu-impact van sloop en energieverbruik

De huidige materiaal- en milieu-impactanalyse is gestoeld op 12 referentiegebouwprofielen die middels gebouwinspecties zijn opgesteld. Daarbij zijn voor deze profielen aannamen gedaan over de materialisatie per bouwjaarklasse. Om de robuustheid van de uitkomsten te vergroten, zouden meer referentieprofielen (eventueel per bouwjaarklasse) uit de praktijk kunnen worden gemaakt en in de analyse worden verwerkt. Ook hier ligt derhalve een aandachtspunt voor de toekomst.

Voor het beter inzichtelijk maken van de materiaalstromen en de milieu-impact uit de herstel en verbouw is met name aandacht nodig voor de werkzaamheden in de utiliteitsbouw anders dan kantoren en de frequentie waarin deze werkzaamheden plaatsvinden. Op dit moment is hier nog weinig inzicht in. Vervolganalyse van meerjarige onderhoudsplannen van beheerders van zorg- en onderwijsgebouwen, bedrijfsruimten, winkels, sportcomplexen etc. bieden hier goede mogelijkheden voor. Daarnaast zou verfijning van de herstel en verbouwanalyse voor de woningbouw naar bouwjaarklassen tot meer met de praktijk overeenkomende inzichten kunnen leiden.

De milieu-impact uitgedrukt in MKI is voor de nieuwbouw- en herstel en verbouwproductie in beeld gebracht. De potentiële reductie van de milieu-impact, door de materialen en de elementen die vrijkomen uit sloop te hergebruiken en/of te recyclen, is nog niet geanalyseerd. Dit vergt een uitgebreide analyse van de milieu-impact van de productie en het transport van primaire materialen en elementen ten opzichte van de milieu-impact van het hergebruiken, recyclen en het transport/de logistiek van materialen en elementen die in het verleden zijn toegepast.

Over het gebouwgebonden energieverbruik en de ingebede energie van materialen is informatie beschikbaar. Dit geldt in mindere mate voor het energieverbruik tijdens bouw- en sloopactiviteiten. Bovendien laten verschillende bronnen een grote spreiding in de resultaten zien. Om iets te kunnen zeggen over het totale energieverbruik in de bouw zou een uitgebreidere analyse van alle facetten van het energieverbruik een interessante route voor vervolg kunnen zijn.

Inzicht in beleidsacties en -effecten ter bevordering van circulariteit in de bouw

Naast dat monitoring en het opvullen van verschillende lacunes mogelijkheden voor vervolg bieden, liggen er ook mogelijkheden voor beleidsacties om de kansen voor circulariteit in en verduurzaming van de bouwsector te realiseren. Voor effectief en doelmatig beleid is het van belang goed zicht te hebben op de werking (effecten), reikwijdte en mogelijkheden van instrumenten in de praktijk en eventueel flankerend beleid.

Inzicht in de effecten van de MPG-grenswaarde als instrument ter bevordering van circulariteit en verduurzaming

Een concreet beleidstraject waar naar gekeken kan worden, vormt het Bouwbesluit en de grenswaarde die hierin aan de milieuprestatie van gebouwen wordt gesteld. De grenswaarde van de MPG staat sinds 2018 op één. Interessante vraag is wat mogelijke aanscherping van deze grenswaarde voor effect zal hebben op het bevorderen van verduurzaming van de sector. Welke (maatschappelijke) kosten en opbrengsten hiermee gepaard gaan? En bij wie deze kosten en opbrengsten neerslaan? Bijzonder aandachtspunt vormt hierbij de relatie tussen de MPG en de Energieprestatie gebouwen (EPG). Hoe verhouden deze prestatie-eisen zich tot elkaar? En welke consequenties heeft de aanscherping van de MPG-eis voor het voldoen aan de EPG-eis in de praktijk?

Ook zijn er mogelijkheden voor andere instrumenten en flankerend beleid

In samenhang met beleid rond de MPG-eis zou ter bevordering van circulariteit ook naar de effecten, de reikwijdte en de mogelijkheden van andere instrumenten en flankerend beleid kunnen worden gekeken. Hierbij kan ook worden gekeken naar fiscale differentiatie middels heffingen en subsidies zoals het verlagen van het btw-tarief op meer duurzame bouwmaterialen en grondstoffen of het verhogen van het btw-tarief op meer vervuilende materialen en grondstoffen. Op deze manier worden partijen bedrijfseconomisch geprikkeld om

duurzamer/meer circulair te handelen. Dergelijk beleid is niet kosteloos. De uitdaging is om beleid te voeren dat zowel effectief als doelmatig is.

Daarnaast zou gekeken kunnen worden naar mogelijkheden en effecten van het wegnemen van belemmerende regelgeving. Uit eerder EIB onderzoek voor BZK naar circulaire projecten in de praktijk en uit de interviews voor deze rapportage is gebleken dat regelgeving zoals het Bouwbesluit en aanbestedingsregels niet altijd sporen met circulaire (en andere meer innovatieve) ambities. Aan de andere kant zijn bijvoorbeeld voorschriften vanuit veiligheids- en gezondheidsoverwegingen er niet voor niets. In sommige gevallen is het niet de regelgeving op zich, maar de toepassing ervan waardoor circulair bouwen wordt bemoeilijkt. Het gaat er dan ook vooral om te onderzoeken welke regelgeving circulair bouwen onnodig bemoeilijkt en waar de toepassing van regelgeving in de weg zit. Vervolgens is het interessant om in kaart te brengen wat de maatschappelijk economische effecten van het wegnemen van deze belemmeringen zouden kunnen zijn. In deze context zou ook kunnen worden gekeken naar hoe aanbestedingsbeleid zelf ingezet zou kunnen worden als instrument om circulariteit en verduurzaming van de bouwsector te bevorderen. Interessante route is ook hier om de effecten en reikwijdte van mogelijke aanpassingen in kaart te brengen.

Met betrekking tot flankerend beleid zou het op nationaal niveau gestructureerd bundelen van kennis, initiatieven en best practices een interessante route kunnen zijn. Op dit moment zijn er al circulaire bouwprojecten gerealiseerd en zijn er regionale en lokale initiatieven die kennis uit de praktijk ophalen. Het samenbrengen van deze kennis op nationaal niveau in bijvoorbeeld een projectendatabank beheerd door een expertteam zou voor bredere leereffecten kunnen zorgen. Hierdoor hoeft het wiel niet in ieder project en regio opnieuw te worden uitgevonden en kan op de lange aanloopkosten van projecten worden bespaard.

Daarnaast kan voor het stimuleren van gerichte kennisontwikkeling op specifieke onderdelen gedacht worden aan onderzoek middels experimenten/pilots die samen met de markt kunnen worden opgepakt. Uit eerder onderzoek is gebleken dat er onder meer weinig zicht is op verschillen in prijs en kwaliteit tussen 'traditionele' en circulaire bouwprojecten. Om effectief beleid rond bijvoorbeeld subsidies en heffingen te kunnen voeren zijn deze inzichten wel van belang.

Alles overziende lijken er goede mogelijkheden te liggen om de kansen voor circulariteit in de bouw langs de vier lijnen vooruit te helpen wanneer gestructureerde monitoring plaatsvindt, lacunes in de uitgangssituatie worden opgepakt en er inzicht is in de effecten, reikwijdte en mogelijkheden van verschillende type instrumenten en flankerend beleid.

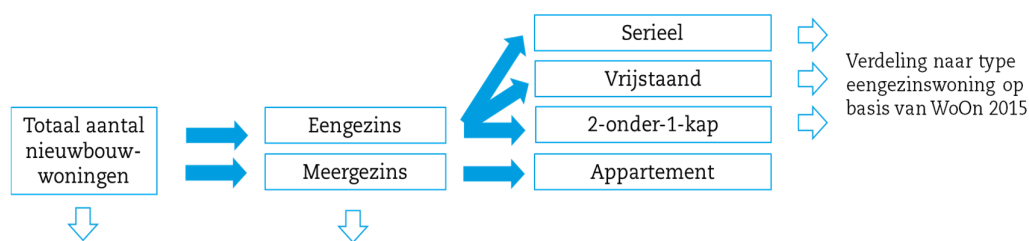
Methodiek woningbouw

Nieuwbouw

Hoe hebben we de uitgangssituatie van de woningniewbouw in kaart gebracht? Als basis zijn hiervoor de aantallen nieuw gebouwde meergezins- en eengezinswoningen uit SYSWOV²¹ gehanteerd. Om de woningniewbouw te kunnen koppelen aan de bouwprofielen en zo tot de materiaalstromen te komen, dient het nieuwbouwbeeld echter verder te worden verfijnd naar type eengezinswoning en te worden omgezet naar m².

- SYSWOV maakt geen onderscheid in de aantallen nieuwbouwwoningen naar type eengezinswoning (vrijstaande, twee-onder-een-kap en seriële woningen) en geeft geen inzicht in de m² woningniewbouw. Het WoON-onderzoek (2015)²² biedt deze inzichten wel, maar is omdat het een enquête betreft een minder solide basis voor de randtotalen eengezinswoningen dan SYSWOV. Ook voor de m² woningniewbouw is het WoON-onderzoek een minder solide basis dan de BAG (Basisadministratie Gemeenten)²³.
- Voor het inzicht in het aantal nieuwbouwwoningen naar type eengezinswoning is daarom uitgegaan van de aandelen uit WoON. Deze zijn op het totaal aantal eengezinswoningen uit SYSWOV gezet om tot de aantallen vrijstaande, twee-onder-een-kap en seriële woningen te komen. Een meergezinswoning is een appartement. Het aantal appartementen is derhalve rechtstreeks uit SYSWOV verkregen. De figuur hieronder geeft een schematische toelichting op de aanpak voor de woningniewbouw in aantallen woningen.

Schematische weergave methodiek aantallen woningniewbouw



Bron: SISWOV data

Bron: EIB

Om tot m² woningniewbouw naar type te komen, zijn inzichten uit de BAG, WoON en SYSWOV gecombineerd. Vanwege vervuiling van de BAG vormen de aantallen nieuwbouwwoningen uit SYSWOV ook hier de basis (de randtotalen).

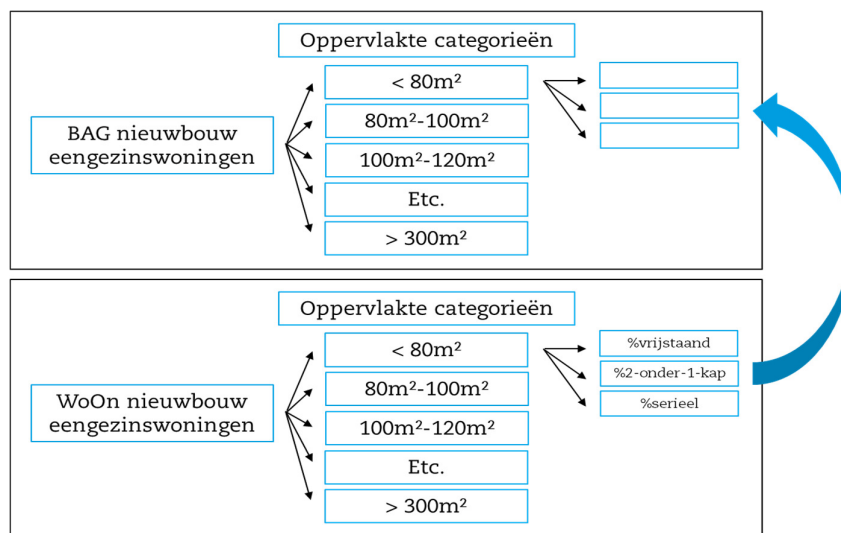
²¹ SYSWOV data bevat door ABF bewerkte data uit de BAG (Basisadministratie adressen en gebouwen) en is hierdoor minder vervuld dan de BAG zelf. Daarnaast vormt deze database de basis voor officiële overheidspublicaties. Om deze redenen is ervoor gekozen SYSWOV data als uitgangspunt ten nemen bij het in kaart brengen van de woningniewbouw en sloop. SYSWOV data is te vinden op: <https://syswov.datawonen.nl/>.

²² WoON is een onderzoek naar hoe mensen wonen en willen wonen dat iedere drie jaar door het CBS wordt uitgevoerd. In deze analyse is het WoON-onderzoek uit 2015 gehanteerd.

²³ Wanneer in de context van woning- en utiliteitsniewbouw en sloop de BAG wordt genoemd, wordt hiermee specifiek het BAG-mutatiebestand 2018 bedoeld.

- Allereerst is de BAG-data opgesplitst naar meergezins- en eengezinswoningen op basis van de variabele 'vbosperpand' (is 1 voor eengezinswoningen). Vervolgens is middels weegfactoren het aantal meergezins- en eengezinswoningen uit de BAG overeengebracht met het aantal uit SYSWOV. In de BAG is van iedere waarneming ook het aantal m² bekend waardoor uit deze stap ook meteen het aantal m² meergezinswoningen/appartementen en eengezinswoningen is verkregen.
- Het aantal m² vrijstaande, twee-onder-een-kap en seriële nieuwbouwwoningen is verkregen door de m² eengezinswoningen in WoON en in de BAG op dezelfde manier op te splitsen in oppervlaktecategorieën (startend bij <80 m² en eindigend bij >300 m²). Van waarnemingen in WoON is zowel het aantal m² als het type eengezinswoning bekend. Door het opdelen van de eengezinswoningen naar oppervlaktecategorie in WoON is hierdoor ook meteen inzicht verkregen in de aandelen vrijstaande, twee-onder-een-kap en seriële nieuwbouwwoningen per oppervlaktecategorie. Deze aandelen zijn vervolgens op de gewogen aantallen en m² per oppervlaktecategorie uit de BAG gehanteerd waardoor ook het aantal m² vrijstaande, twee-onder-een-kap en seriële nieuwbouw is verkregen. De figuur hieronder licht de methodiek schematisch toe.

Schematische weergave methodiek m² nieuwbouw eengezinswoningen naar type



Bron: EIB

Sloop

Voor het in kaart brengen van de woningbouw sloop is in essentie dezelfde methodiek als voor de woningnieuwbouw toegepast. Het uitgangspunt vormt ook hier SYSWOV data. SYSWOV geeft de aantallen gesloopte meergezins- en eengezinswoningen en de aantallen gesloopte woningen naar verschillende bouwjaarklassen weer. Een combinatie van beide wordt echter niet gegeven. Omdat de materialisatie per bouwjaarklasse kan verschillen, hebben we de combinatie type en bouwjaarklasse wel in beeld gebracht.

- Hiertoe zijn de gesloopte woningen in BAG allereerst ingedeeld in dezelfde tien bouwjaarklassen als in SYSWOV. Een woning is als gesloopt gekenmerkt wanneer het in de oude situatie onderdeel van de bouwvoorraad vormde en in de nieuwe situatie status 'object ingetrokken' had en status 'gesloopt' of 'sloopvergunning verleend'. Omdat de aantallen gesloopte woningen in BAG groter zijn dan in SYSWOV, zijn de BAG aantallen per bouwjaarklassen gewogen naar de aantallen uit SYSWOV. Op deze manier zijn twee overeenkomende overzichten naar bouwjaarklasse verkregen.

- Naast het bouwjaar krijgt iedere waarneming in de BAG ook het aantal m² mee en zijn eengezins- en meergezinswoningen te onderscheiden. Om tot de sloop naar bouwjaarklasse en type bebouwing te komen, is in het BAG-overzicht naar bouwjaarklasse het aantal eengezins- en meergezinswoningen in kaart gebracht middels de variabele 'vbosperpand' (voor eengezinswoningen is deze gelijk aan 1). Omdat ook het totale aantal eengezins- en meergezinswoningen niet geheel overeenkwam met de SYSWOV aantallen, zijn de waarnemingen uit BAG per bouwjaarklasse ook hiernaar gewogen. Dit heeft geresulteerd in een overzicht van de sloop naar bouwjaarklasse en per bouwjaarklasse het aantal en de oppervlakte eengezins- en meergezinswoningen.
- Het aantal en de oppervlakte gesloopte appartementen naar bouwjaarklasse is op deze manier direct verkregen omdat dit overeenkomt met het aantal en de oppervlakte gesloopte meergezinswoningen. Het aantal en de oppervlakte vrijstaande, twee-onder-een kap en seriële woningen is verkregen door de voorraadverdeling uit WoON te gebruiken. De voorraad in WoON hebben wij in dezelfde bouwjaarclassen ingedeeld als het BAG-sloopoverzicht. Vervolgens is in beide bestanden per bouwjaarklasse een verdeling van waarnemingen naar oppervlakte categorieën gemaakt (van <80m² tot en met >800 m²).
- Iedere waarneming in WoON krijgt naast de oppervlakte en het bouwjaar ook de type bebouwing mee. Zo is uit WoON per bouwjaarklasse en oppervlaktecategorie het aandeel vrijstaande, twee-onder-een-kap en seriële woningen in de voorraad verkregen. Door deze aandelen op de oppervlakte categorieën per bouwjaarklasse uit het gewogen BAG-sloopbestand te hanteren, kon de eerder verkregen sloop van eengezinswoningen (in aantal en m²) naar type worden uitgesplitst.
- Uit deze analyse bleek echter dat het aandeel gesloopte vrijstaande en twee-onder-een-kapwoningen in vergelijking met seriële woningen groter was dan vanuit de praktijk zou worden verwacht. Omdat corporaties relatief meer slopen dan particulieren en corporaties vooral seriële eengezinswoningen in hun bezit hebben, ligt het in de lijn der verwachtingen dat de sloop van seriële woningen groter is dan die van vrijstaande en twee-onder-een kapwoningen. Om deze reden is ervoor gekozen om aan te nemen dat alle eengezinswoningen met een oppervlakte <120 m² seriële woningen betreft en alle eengezinswoningen >400 m² als vrijstaande woningen te bestempelen. Daarnaast is het aandeel seriële woningen per bouwjaarklasse en oppervlaktecategorie gecorrigeerd voor het aandeel corporatiewoningen in de voorraad. Tot slot is het aantal gesloopte vrijstaande en twee-onder-een-kapwoningen 50%/50% verdeeld omdat er geen reden is om aan te nemen dat het ene type meer wordt gesloopt dan het andere.

Herstel en verbouw

Het productieniveau van de herstel en verbouw is bekend. Welke werkzaamheden achter het productieniveau schuilgaan is echter nog niet in kaart gebracht. Om de materiaalstromen voortkomend uit de herstel en verbouw in kaart te kunnen brengen, is het van belang te weten welke werkzaamheden plaatsvinden wanneer herstel en verbouw wordt gepleegd. Hiertoe hebben wij de herstel en verbouwproductie opgedeeld naar eigendom: corporaties, particuliere verhuurders en eigenaar-bewoners (koopsector).

De herstel en verbouwproductie van corporaties is als startpunt van de verdeling naar eigendom genomen omdat dit jaarlijks door AEDES wordt gepubliceerd²⁴. Uit gesprekken met corporaties blijkt dat er vier typen onderhoud zijn waar aanzienlijke materiaalstromen bij vrijkomen:

- Groot planmatig onderhoud
- Grote renovaties
- Woningverbeteringen (kleine renovatiewerkzaamheden)
- Mutatieonderhoud

Complicerende factor is dat de herstel en verbouwproductie zoals door de Nationale rekeningen gedefinieerd geen mutatieonderhoud bevat maar wel transformaties. Vanuit het in kaart brengen van materiaalstromen bezien, dienen beide in kaart gebracht te worden.

²⁴ Zie AEDES website: <https://www.aedes.nl/feiten-en-cijfers/woning/hoe-ziet-de-gemiddelde-corporatiewoning-eruit/expert-hoe-ziet-de-gemiddelde-corporatiewoning-eruit.html>

Corporatiesector en transformaties

Hoe zijn de werkzaamheden voor de verschillende typen onderhoud van corporaties en transformaties in kaart gebracht?

- **Groot planmatig onderhoud.** Het volume (in euro) totaal planmatig onderhoud is via AEDES bekend. De verdeling groot en klein planmatig onderhoud echter niet. Allereerst is daarom een onderscheid gemaakt tussen groot en klein planmatig onderhoud. Dit is gedaan omdat alleen het grote planmatige onderhoud grotere materiaalstromen tot gevolg heeft. Op basis van meerjarige onderhoudsplannen van een corporatie zijn de vervangingswerkzaamheden gescheiden van de herstelwerkzaamheden. De vervangingswerkzaamheden met een cyclus >15 jaar zijn toegeschreven aan groot planmatig onderhoud. Werkzaamheden met een kortere cyclus betreffen namelijk bijna altijd herstelwerkzaamheden. Naast deze vervangingswerkzaamheden valt een deel van het groot planmatig onderhoud samen met grotere renovatiewerkzaamheden en kleinere verbeteringen/renovatieswerkzaamheden. Om het totale groot planmatig onderhoud in kaart te brengen, hebben wij een veronderstelling moeten doen over welk deel van kleine en grote renovaties door groot onderhoud wordt vervangen. Hier is aangenomen dat 30% van de renovatiewerkzaamheden samenvalt met groot planmatig onderhoud en dat 70% van de renovatiewerkzaamheden additioneel is. De verschillende activiteiten die tijdens groot planmatig onderhoud plaatsvinden zijn op basis van de meerjarige onderhoudsplannen in kaart gebracht (zowel in eenheid als in euro's). Deze zijn vervolgens opgehoogd naar het totale volume groot onderhoud in Nederland. Hier is waar nodig gecorrigeerd voor regionale verschillen in bouwkosten zoals bekend bij bouwkostencompas.nl.
- **Renovaties.** Ook hier geldt dat het volume (in euro) via AEDES bekend is. Renovatiewerkzaamheden bestaan uit grote zogenaamde totaal renovaties en kleinere renovatiewerkzaamheden/woningverbeteringen. Op basis van zes renovatieprojecten van corporatiewoningen op bouwkosten.nl is in kaart gebracht welke werkzaamheden plaatsvinden wanneer groot- en kleinschalige renovaties worden uitgevoerd. De werkzaamheden zijn vervolgens opgehoogd naar het totale volume van renovaties in Nederland.
- **Mutatieonderhoud.** Zoals hiervoor aangeven vormt mutatieonderhoud geen onderdeel van de herstel en verbouwproductie. Niettemin komt bij dit type onderhoud wel materiaal vrij. Ook voor mutatieonderhoud geldt dat het volume (in euro's) via AEDES bekend is. Uit gesprekken met corporaties is naar voren gekomen dat bij mutaties in het woningbestand met name het vervangen van keukens en badkamers tot grotere materiaalstromen leidt. Niet bekend is welk aandeel keukens dan wel badkamers in mutatieonderhoud innemen en met welke frequentie beide worden vervangen. Naar aanleiding van gesprekken met corporaties is verondersteld dat keukens langer meegaan dan badkamers en hierdoor minder vaak worden vervangen (ongeveer 1,5 keer minder). Daarnaast is aangenomen dat de helft van het mutatieonderhoud (in euro's) de vervanging van keukens en badkamers betreft. Verder is uit de zes renovatieprojecten van bouwkosten.nl de vervanging van een keuken of badkamer geschat op € 5.000 per woning. Op basis van deze gegevens en het totaalvolume in euro's is het aantal vervangingen van badkamers en keukens in kaart gebracht. De overige werkzaamheden die bij mutatieonderhoud plaatsvinden, zoals kleine herstelwerkzaamheden en schilderwerk, zijn buiten beschouwing gelaten omdat hier niet de grotere materiaalstromen uit voort komen.
- **Transformaties.** Ook bij transformaties van veelal kantoren naar woningen komen materialen vrij. De oppervlakte van getransformeerde panden in 2014 is via Dynamis verkregen. Het volume van de transformaties in euro's is verkregen door de oppervlakte te vermenigvuldigen met de gemiddelde bouwkosten per m² voor transformaties uit Mackay (2007)²⁵. Deze gemiddelde kosten komen overeen met een recenter rapport van RVO²⁶. De gehanteerde prijzen zijn opgehoogd naar het prijspeil 2014 middels de MBK-index van renovaties van woningen zoals beschikbaar op bouwkosten.nl.

²⁵ Mackay R. (2007), Bouwkosten van transformatieprojecten, TU Delft.

²⁶ RVO, Transformatie en corporaties (2014), https://www.rvo.nl/sites/default/files/2019/01/RVO%20Corporaties_HR_0.pdf

Particuliere sector

Voor het in kaart brengen van het herstel en verbouwwolume van de particuliere huursector is aangenomen dat in de koopsector 5% meer per woning wordt uitgegeven dan particuliere verhuurders doen. In de verdeling naar type werkzaamheden is verder aangenomen dat particuliere verhuurders in vergelijking tot corporaties zo'n 80% per woning aan groot onderhoud doen en vier keer minder aan grootschalige en kleinschalige renovaties. Het volume (in euro's) en de verdeling van werkzaamheden van grootschalig onderhoud voor de particuliere huursector is verkregen door de resultaten voor de corporatiesector op te hogen met 80% van het aandeel particuliere huurwoningen in de voorraad (ruim 18%). Het volume kleine en grote renovatiewerkzaamheden verricht door particuliere verhuurders is verkregen door de resultaten voor de corporatiesector met 1/4^e van het aandeel in de voorraad te verhogen.

Koopsector

Het herstel en verbouwwolume in de koopsector is bepaald door het totale herstel en verbouwwolume van de huursector inclusief transformaties van het nationale herstel en verbouwwolume af trekken. Op basis van resultaten uit een eerder uitgevoerde enquête van Vereniging Eigen Huis onder woningbezitters is tot de werkzaamheden achter het herstel en verbouwwolume gekomen. In de enquête is gevraagd naar de uitgevoerde verbouwingactiviteiten (keuze uit tien typen activiteiten) en de kostencategorie waar de verbouwing onder valt. De activiteiten en de bijbehorende gemiddelde kosten zijn vervolgens opgeschaald naar het nationale herstel en verbouwingproductieniveau voor de koopsector. Op deze manier is ook inzicht in het aantal werkzaamheden op nationaal niveau verkregen.

Methodiek utiliteitsbouw

Nieuwbouw

Om de utiliteitsnieuwbouw (en sloop) in kaart te brengen, is de BAG in combinatie met CBS Statline gebruikt. Er is voor gekozen om niet alleen van de BAG uit te gaan omdat de BAG een zekere mate van vervuiling kent. Derhalve zijn ter controle de aantallen utiliteitsgebouwen per deelsector van Statline als randtotalen gehanteerd.

- De nieuwbouwaantallen en oppervlakten utiliteitsbouw zijn allereerst uit de mutatiebestanden van de BAG gehaald. Dit is gebeurd door alle objecten te selecteren met een 'niet woonfunctie' en 'bouwjaar 2014' waarvoor in 2014 de pandstatus '0', 'bouwvergunning verleend' of 'bouw gestart' was veranderd in 'pand in gebruik' of 'pand in gebruik niet gemeten'.
- Vervolgens is dit nieuwbouwtotaloverzicht naar type utiliteitsgebouw opgesplitst. De mutatiebestanden van de BAG bevatten voor elk verblijfsobject één functie-aanduiding waardoor het aantal en de m² per type gebouw kon worden verkregen door op de verschillende functies te filteren (bedrijfsruimten, kantoren, winkels, zorg- en onderwijsgebouwen en overige gebouwen). Hierbij zijn verblijfsobjecten met de functies bijeenkomst, cel, sport, logies en overig als 'overige gebouwen' aangemerkt.
- Voor het verkrijgen van de juiste nieuwbouwaantallen en m² is het aantal per type utiliteitsbouw uit de BAG vergeleken met de aantallen per type van Statline. Hieruit kwam naar voren dat het totale aantal nieuwe utiliteitsgebouwen uit de BAG 8% hoger ligt dan het aantal van Statline. Door alle waarnemingen uit de BAG te wegen naar de Statline aantallen is ervoor gezorgd dat de totale nieuwbouw en de nieuwbouw per type utiliteitsbouw in aantal overeenkomt met de Statline aantallen. Omdat iedere waarneming in BAG ook het aantal m² meekrijgt, is op deze manier ook de nieuwbouw in m² in kaart gebracht.

Sloop

Ook voor het in kaart brengen van de sloop is de BAG in combinatie met de CBS Statline aantallen gebruikt.

- De sloop in aantallen en m² zijn uit de BAG gehaald door objecten met een 'niet woonfunctie' te selecteren die in de oude situatie (voor 2014) een deel van de

gebouwen voorraad vormden maar in de nieuwe situatie (2014) een nieuwe status 'object ingetrokken', 'gesloopt' of 'sloopvergunning verleend' hebben gekregen.

- Vervolgens is dit sloop totaaloverzicht op dezelfde manier als de utiliteitsnieuwbouw naar type opgesplitst. Ook hier zijn verblijfsobjecten met de functies bijeenkomst, cel, sport, logies en overig als 'overige gebouwen' aangemerkt.
- Tot slot zijn voor het verkrijgen van de juiste sloopaantallen en m², de aantallen gesloopte utiliteitsgebouwen per type vergeleken met de aantallen per type van Statline. Hieruit kwam naar voren dat het totale aantal gesloopte utiliteitsgebouwen uit de BAG 2,5 keer groter is dan het aantal van Statline. Wanneer de logies hier bij werden gerekend was het verschil nog groter. Reden voor het grote verschil tussen de BAG en Statline voor het aantal gesloopte logies is dat de BAG hier een aanpassing op de registratie van studentencomplexen en caravans heeft toegepast en Statline hier mogelijk correcties in de cijfers voor heeft aangebracht.
- Net als bij de woningnieuwbouw zijn de aantallen gesloopte utiliteitsgebouwen per type uit de BAG gewogen naar de aantallen van Statline zodat beide overeenkomen. Op deze manier is ook direct het aantal m² gesloopte utiliteitsgebouwen verkregen. De bouwjaarclassen van deze utiliteitsgebouwen zijn vanuit BAG bekend. Tot slot zijn de aantallen en m² gesloopte utiliteitsgebouwen naar bouwjaarklasse ingedeeld.

Herstel en verbouw

Vanwege de beperkte beschikbaarheid van informatie over de verschillende type herstel en verbouwcategorieën naar type utiliteitsbouw is ervoor gekozen om de totale herstel en verbouw op te delen naar herstel en verbouw aan bedrijfsruimten en herstel en verbouw aan kantoren, winkels, zorg- en onderwijsgebouwen en overige gebouwen. Deze tweedeling is gemaakt omdat het vanuit de praktijk bezien niet logisch lijkt dat het type en de frequentie van de herstel en verbouwwerkzaamheden voor bedrijfsruimten (loodsen) hetzelfde zou zijn als voor de andere typen utiliteitsgebouwen.

- Om de werkzaamheden achter het herstel en verbouwwolume in kaart te brengen is de totale productie allereerst opgesplitst naar bedrijfsruimten en overige utiliteitsgebouwen. Dit is gebeurd op basis van vergunningenstatistieken van 'overige werkzaamheden' (dit zijn niet nieuwbouwvergunningen) voor de tweede helft van 2013 en de eerste helft van 2014. In deze statistieken is een splitsing gemaakt naar hallen, loodsen, combinaties van hallen en kantoren en agrarische gebouwen enerzijds en alle andere bouwtypen anderzijds. De aandelen van beide groepen in de totale vergunningen is vervolgens toegepast op het herstel en verbouwwolume 2014.
- De werkzaamheden achter het herstel en verbouwwolume van kantoren, winkels, zorg- en onderwijsgebouwen en overige gebouwen is in kaart gebracht met behulp van tien meerjarige onderhoudsplannen voor kantoren van SGS Search. Hier zijn de grote planmatige onderhoudsonderdelen uitgefilterd door alleen de vervangingswerkzaamheden met een cyclus >15 jaar mee te nemen. Deze werkzaamheden in euro's (prijzen zijn bekend uit de meerjarige onderhoudsplannen) zijn vervolgens opgehoogd naar het totale herstel en verbouwwolume voor deze gebouwen. Het totaal aantal werkzaamheden is in kaart gebracht door dezelfde ophogingsverhouding hierop toe te passen.
- De werkzaamheden achter het herstel en verbouwwolume van bedrijfsruimten is in kaart gebracht op basis van de renovatie van een sporthal van Bouwkosten.nl. Er is gekozen om hier een renovatieproject van een sporthal te hanteren omdat er geen renovatieprojecten of meerjarige onderhoudsplannen van bedrijfsruimten beschikbaar zijn en sporthallen qua opbouw het meest op bedrijfsruimten lijken. Voor het in kaart brengen van de werkzaamheden zijn de sporthal-specifieke posten niet meegenomen voor bedrijfshallen. De werkzaamheden uit het renovatieproject in euro's zijn vervolgens opgehoogd naar het totale herstel en verbouwwolume voor bedrijfsruimten. Het totaal aantal werkzaamheden is in kaart gebracht door dezelfde ophogingsverhouding toe te passen.

Bijlage B Vormfactoren GO/BVO

Om de materiaalstromen verbonden aan de woning- en utiliteitsnieuwbouw, herstel en verbouw en sloop in kaart te brengen, zijn de productiebeelden omgezet naar m² bruto vloeroppervlak (BVO). Zoals in bijlage A beschreven is de BAG (in sommige gevallen in combinatie met andere bronnen) gebruikt om van aantallen naar m² type bebouwing te komen. De BAG registreert de m² echter in gebruiksoppervlak (GO) en niet in BVO. Het model van Metabolic en SGS Search gaat daarentegen uit van de oppervlakte van gebouwen in m² BVO. Om deze reden zijn alle EIB productie- en sloopbeelden voor 2014 en 2030 omgezet van m² GO naar m² BVO. Hiervoor zijn vormfactoren gehanteerd, gepresenteerd in onderstaande tabel.

Kantekening bij deze methode is dat de vormfactor GO/BVO per bouwproject kan verschillen waardoor de totale vierkante meters BVO kunnen verschillen wanneer andere projecten worden gebruikt. Om deze reden zijn de vormfactoren uit de referentieprojecten van SGS Search getoetst aan vergelijkbare projecten van Bouwkostenkompas.nl en Bouwkosten.nl en zijn bij grote afwijkingen gemiddelden van verschillende projecten gehanteerd.

Overzicht gehanteerde vormfactoren (GO/BVO) per type bouwwerk

Type bouwwerk	Vormfactor GO/BVO
Woningen	
Seriematig	0,69
2-onder-1-kap	0,75
Vrijstaand	0,67
Appartement	0,92
Utiliteitsgebouwen	
Bedrijfsruimten klein en middelgroot <10.000 m ²	0,97
Bedrijfsruimten klein >10.000 m ²	0,99
Kantoor klein <1.000 m ²	0,92
Kantoor middelgroot 1.000 - 10.000 m ²	0,9
Kantoor groot >10.000 m ²	0,89
Basisschool	0,92
Middelbare school	0,93
Hoge school/universiteit	0,93
Zorggebouw <1.500 m ²	0,91
Zorggebouw >1.500 m ²	0,88
Winkels	0,91
Bijeenkomst (<1.000 m ² , 1.000-10.000 m ² , >10.000m ²)	0,95; 0,92; 0,91
Sport (<1.000 m ² en >1.000 m ²)	0,9; 0,97
Overig (<1.500 m ² en >1.500 m ²)	0,91; 0,94

Bron: SGS Search, Bouwkostenkompas.nl en Bouwkosten.nl

Bijlage C Methodiek productie- en sloopbeeld 2030

Het doorkijkje naar 2030 betreft een eerste en indicatief beeld en is daarom minder gedetailleerd in beeld gebracht dan de uitgangssituatie in 2014. De basis van het nieuwbouw- en het herstel en verbouwbeeld in 2030 vormt de EIB publicatie 'Verwachtingen van de bouwproductie en werkgelegenheid'. In deze publicatie worden de nieuwbouw- en herstel en verbouwproductie op basis van de meest recente realisaties, economische, demografische en beleidsontwikkelingen jaarlijks geüpdatet.

Methodiek woningbouw

Nieuwbouw

Het startpunt voor het woningnieuwbouwbeeld en het beeld voor de komende jaren (2019-2023) vormt de Verwachtingen. De woningnieuwbouw bestaat uit uitbreidende nieuwbouw (vraag naar additionele woningen) en vervangende nieuwbouw (nieuwbouw die na sloop wordt teruggebouwd) minus toevoegingen anderszins (is een toename van het aantal woningen door woningsplitsingen of functieveranderingen naar woningen, betreft een klein aantal). Om tot het beeld voor de nieuwbouw vanaf 2023 tot 2030 te komen, is de ontwikkeling van de uitbreidingsnieuwbouw, de vervangende nieuwbouw en de toevoegingen anderszins in kaart gebracht. Voor de uitbreidingsnieuwbouw is de verwachte huishoudensgroei leidend. Hier zijn de meest recente prognoses van het CBS gehanteerd. Voor de vervangingsnieuwbouw zijn de ontwikkeling van de sloop en demografische ontwikkelingen van belang. In krimpgebieden worden gesloopte woningen immers niet allemaal teruggebouwd waardoor de vervangingsvraag kleiner zal zijn dan de sloop. In randstedelijke gebieden zullen alle gesloopte woningen daarentegen wel worden teruggebouwd en is de vervangingsvraag gelijk aan de sloop. Voor de ontwikkeling van de sloop zijn de leeftijd en kwaliteit van de voorraad en de ontwikkeling van kwaliteitseisen in de tijd belangrijke gehanteerde determinanten.

Sloop

Zoals hiervoor aangegeven zijn de leeftijd en kwaliteit van de voorraad en de ontwikkeling van kwaliteitseisen in de tijd belangrijke determinanten voor de sloop. Met behulp van sloopfracties (aandeel van de voorraad dat jaarlijks wordt gesloopt) en het verwachte voorraadniveau per bouwjaarklasse is voor eengezins- en meergezinswoningen de sloop in kaart gebracht. Hieronder zijn de gehanteerde slooperpercentages voor 2030 weergegeven.

Slooperpercentages woningbouw naar bouwjaarklasse ten opzichte van de voorraad, procenten, 2030

	Tot 1945	1945-1970	1971-1998	Vanaf 1998	Totaal
Eengezins	0,20	0,57	0,17	0,04	0,21
Meergezins	0,68	1,17	0,41	0,08	0,50
Totaal	0,30	0,78	0,22	0,05	0,33

Bron: EIB

Herstel en verbouw

Voor de herstel en verbouwproductie vormde het beeld uit de Verwachtingen tot en met 2023 de basis. Vervolgens is op basis van reeds in gang gezet beleid rond verduurzaming, veranderende kwaliteitseisen en de ontwikkeling van de voorraad in de tijd tot het beeld in 2030 gekomen. Aangenomen is dat de herstel en verbouwproductie die te maken heeft met verduurzaming vanaf 2020 van ongeveer € 3,5 miljard per jaar in 2030 op zal lopen tot ruim € 4,5 miljard per jaar.

Methodiek utiliteitsbouw

Nieuwbouw

Ook voor de utiliteitsniewbouw vormen de beelden uit de Verwachtingen tot en met 2023 de basis. Vervolgens is voor iedere deelsector afzonderlijk gekeken naar de verwachte ontwikkeling van de belangrijkste economische en demografische determinanten en is op basis hiervan het pad naar 2030 vormgegeven. Voor de nieuwbouw van bedrijfsruimten speelt de verwachte economische groei een belangrijke rol, 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 en bij de nieuwbouw van zorggebouwen speelt onder andere de leeftijdsopbouw van de bevolking. Voor de nieuwbouw van onderwijsgebouwen speelt de ontwikkeling in het leerlingenaantal een rol.

Sloop

Net als bij de sloop van woningen spelen bij de sloop van utiliteitsgebouwen de leeftijd en kwaliteit van de voorraad en toenemende kwaliteitseisen aan gebouwen gesteld een belangrijke rol. Op basis van de gerealiseerde sloop en de voorraad utiliteitsgebouwen uit de BAG zijn de sloopercentages per type utiliteitsgebouw in kaart gebracht. Omdat 2018 een wat afwijkend patroon liet zien, zijn voor de analyse van de sloop de gemiddelde sloopercentages per type utiliteitsbouw voor de periode 2014-2018 op de voorraad gehanteerd. Deze sloopercentages zijn te vinden in tabel 3.1.

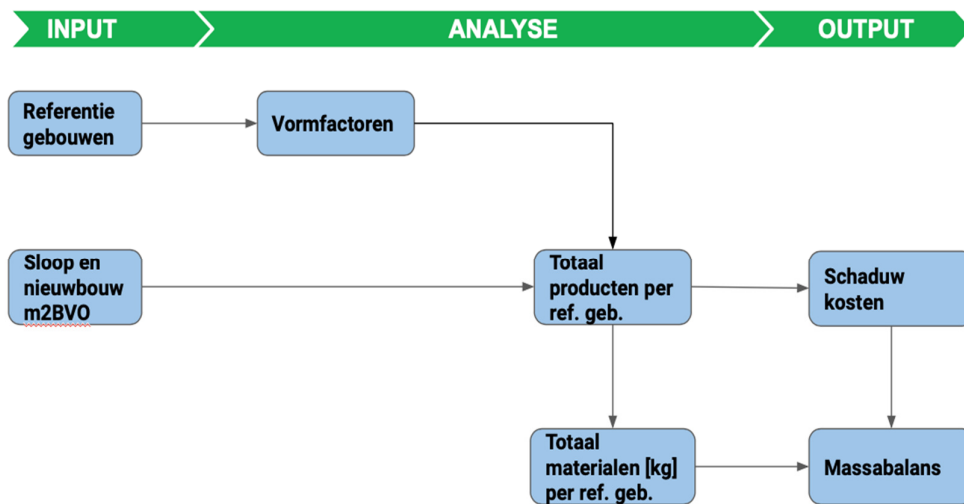
Herstel en verbouw

Voor de herstel en verbouwproductie in de utiliteitsbouw is tot en met 2023 uitgegaan van het beeld uit de Verwachtingen. Vervolgens is net als bij de woningbouw gekeken naar bestaand beleid rond verduurzaming, de voorraadontwikkeling op basis van de verwachte nieuwbouw en sloop en de verwachte ontwikkeling van kwaliteitseisen. Op basis hiervan is in 2030 tot een jaarlijkse herstel en verbouwproductie van € 7,8 miljard gekomen.

Bijlage D Toelichting Urban Mining Model

Het Urban Mining Model (hierna UMM) is opgebouwd uit drie hoofdonderdelen: input, analyse en output. Deze worden in dit hoofdstuk kort beschreven. Onderstaande figuur biedt een schematisch overzicht van het model.

Schematisch overzicht van het Urban Mining Model en aanpak materialisatie



Bron: Metabolic

Input

Het UMM benötigt vier 'inputs'. Dit zijn respectievelijk de empirische data uit gebouwinspecties en inventarisaties, de bouw- en sloopactiviteiten in het peiljaar 2014, gegevens met betrekking tot herstel en verbouw uit het peiljaar 2014 en de bouw- en slooprognoses voor het jaar 2030.

Gebouwprofielen op basis van inspecties en inventarisaties

Het inspectiebureau SGS Search heeft gedetailleerde gebouwinspecties uitgevoerd voor twaalf type gebouwen: vier soorten woningen en acht soorten utiliteitsgebouwen. De door SGS Search geïnspecteerde gebouwen zijn: seriematige woning, twee-onder-een kapwoning, vrijstaande woningvilla, appartementenblok, winkel en appartementen-combinatie, groot kantoorgebouw, klein kantoorgebouw, bedrijfshal met kantoor, woonzorgcentrum, brede school, VO-school, en distributiecentrum. Op basis hiervan zijn gebouwprofielen opgesteld waarin wordt aangegeven welke materialen en gebouwelementen bij de constructie van het gebouw zijn gebruikt (en dus bij sloop en herstel en verbouw vrij zullen komen dan wel worden vervangen). Deze gebouwprofielen tezamen worden geacht een representatief beeld te geven van de Nederlandse gebouwde omgeving²⁷.

²⁷ De benaderingsmethode zorgt ervoor dat kassen en tuinbouw niet specifiek zijn meegenomen. Aangezien deze gebouwen vaak ook geen eigen verblijfsobject in de BAG vormen, blijft het zicht op de voorraad van deze gebouwen beperkt.

Schematisch overzicht van onderscheiden type bouwwerken voor de materialisatie van de nieuwbouw en de sloop

Productie- en sloopbeeld EIB

Referentiegebouwen SGS Search

Woningen

Eengezinswoning
 Seriematig
 2-onder-1-kap
 Vrijstaand

Seriematige woning 3 laags zadeldak
 2-onder-1-kap 3 laags zadeldak
 Vrijstaande woonvilla zadeldak

Meergezinswoning/appartement

Appartementenblok tot 6 lagen

Utiliteitsgebouwen

Bedrijfsruimten
 Bedrijfsruimten klein en middelgroot <10.000 m²
 Bedrijfsruimten klein >10.000 m²

Bedrijfshal met kantoor
 Distributiecentrum

Kantoren
 Kantoor klein <1.000 m²
 Kantoor middelgroot 1.000 - 10.000 m²
 Kantoor groot >10.000 m²

Kantoor klein
 Kantoor middelgroot
 Kantoor groot

Onderwijsgebouwen
 Basisschool
 Middelbare school
 Hoge school/universiteit

Brede school
 VO School
 VO School

Zorggebouw
 <1.500 m²
 >1.500 m²

Kantoor klein
 Woonzorgcentrum

Winkels

Winkels in plint met appartementen

Overige gebouwen
 Bijeenkomst
 (<1.000 m², 1.000-10.000 m², >10.000 m²)
 Sport (<1.000 m² en >1.000 m²)
 Overig (<1.500 m² en >1.500 m²)

Klein kantoor, middelgroot kantoor, groot kantoor
 Klein kantoor en distributiecentrum
 Bedrijfsruimte met kantoor met bakstenen en betonnen buitenwanden en distributiecentrum met betonnen muren

Bron: EIB, Metabolic

De bouwprofielen zijn vervolgens omgerekend naar kenmerkende 'vormfactoren'. Deze vormfactoren bieden kwantitatief inzicht in de bouwelementen per bouwprofiel per m² bruto vloeroppervlak (BVO) en liggen ten grondslag aan het gehele UMM. Om de bouwprofielen en empirische data goed te kunnen koppelen aan productiecijfers en prognoses zijn de referentiegebouwen van SGS Search op onderstaande wijze geclassificeerd.

Productiecijfers en prognoses om de totale materiaalstromen in de keten in te kunnen schatten
Het EIB heeft de productiecijfers voor nieuwbouw, herstel en verbouw en sloop berekend voor het peiljaar 2014. Deze zijn uitgesplitst in m² BVO per gebouwtype voor zowel nieuwbouw en sloop. Voor het jaar 2030 is een prognose gemaakt.

Om de materialenbalans van 2030 te berekenen zijn productiecijfers en prognoses van het EIB gekoppeld aan de gebouwprofielen uit het UMM van Metabolic en SGS Search. Deze koppeling resulteert in inzicht in het totaal aantal bouwelementen en de totale massa materialen die benodigd waren voor de nieuwbouw in 2014 en tevens de bouwelementen die vrijkomen uit de sloop, per gebouwprofiel. Voor de sloop geldt daarbij een differentiatie van vrijkomende bouwelementen op basis van het bouwjaar. Er wordt in het model onderscheid gemaakt tussen de volgende tijdsperiodes: <1945, 1945-1970, 1971-2000, >2000. De materialisatie van de tijdsperiodes is gebaseerd op basis van onderzoek door SGS Search.

Schaduwkosten

Op basis van het totaal aantal bouwproducten dat benodigd is voor nieuwbouw en herstel en verbouw zijn de schaduwkosten berekend. Deze geven inzicht in de milieukosten voor verschillende categorieën milieu-impacts, van klimaatverandering tot toxiciteit. De schaduwkosten worden per gebouwprofiel berekend door de hoeveelheid producten te vermenigvuldigen met hun corresponderende MPG-waarde. Vervolgens is de technische levensduur van de producten t.o.v. de functionele levensduur van woningen (75 jaar) en utiliteitsgebouwen (50 jaar) gebruikt en is de MPG van de bouwproducten door deze waarde gedeeld om de MKI-uitkomsten per bouwproduct te verkrijgen. Dit om de milieu-impact van de vervangingscycli van de producten binnen het gebouw los te knippen van de eenmalig benodigde producten voor nieuwbouw. Hierdoor kunnen nieuwbouw en herstel en verbouw los van elkaar uitgedrukt worden zonder dubbelstellingen.

Naast de invloed de vormfactoren van de referentiegebouwen hangt de MPG ook grotendeels af van de keuzes voor specifieke producten uit de NMD. Gelijksortige producten binnen een specifieke categorie kunnen nog steeds significant verschillen in uitkomst op de MPG. Er is binnen de keuzes voor producten uit de NMD daarom gepoogd om een zo realistisch mogelijk beeld te schetsen van het specifieke referentiegebouw. Vervolgens zijn de MPG uitkomsten vergeleken met MPG berekeningen van vergelijkbare gebouwen als toetsing. Bij keuzes voor specifieke producten die onverwacht hoge of lage uitkomsten gaven is daarom kritisch bekeken of de productkeuze aangepast moest worden ten bate van de representatief beeld ten opzichte van gemiddelde MPG berekeningen.

Materialen

De hoeveelheid materialen wordt berekend door de hoeveelheid elementen te vermenigvuldigen met de omrekeningsfactor uit de Nationale Milieudatabase. Vervolgens zijn voor de materialen (en tevens de bouwelementen die deze materialen opmaken) de end-of-life scenario's (EoL) berekend. De bouwmaterialen die vrijkomen uit sloop zijn hierbij opgesplitst in de huidige status van verwerking op basis van de NMD. Hierbij is onderscheid gemaakt in stort, verbranding, recycling en hergebruik. In aanvulling hierop wordt de corresponderende milieu impact (o.a. CO₂ equivalenten) van de materialen berekend op basis van de kengetallen uit EcoInvent.

Herstel en verbouw

Voor herstel en verbouw zijn zowel de benodigde als vrijkomende materiaalstromen in kaart gebracht. Hiervoor zijn de materiaalstromen van acht ingrepen berekend. De ingrepen zijn renovatie en groot onderhoud bedrijfsgebouwen, kleinschalige verbeteringen huurwoningen, groot onderhoud huurwoningen, verbouw of renovatie koopwoningen, mutatieonderhoud huurwoningen, groot onderhoud huurwoningen, kleinschalige verbeteringen huurwoningen, renovatie en groot onderhoud andere utiliteitsgebouwen.

Het EIB heeft documentatie en kengetallen voor herstel en verbouw middels interviews opgehaald bij marktpartijen, meerjarige onderhoudsplannen van corporaties, Bouwkosten.nl en

Bouwkostenkompas.nl.. SGS Search en Metabolic hebben deze gegevens vertaald naar de elementen en materialen uit het model.

De belangrijkste eindresultaten vanuit het UMM staan hieronder samengevat:

- Vrijkomende bouwelementen en materialen uit de sloop in het peiljaar 2014 per gebouwprofiel per tijdsperiode
- Benodigde bouwelementen en materialen voor nieuwbouw in het peiljaar 2014 per gebouwprofiel
- Benodigde en vrijkomende bouwelementen en materialen voor herstel en verbouw in het peiljaar 2014 voor woningbouw en utiliteitsbouw
- Schaduwkosten voor nieuwbouw en herstel en verbouw
- Milieu-impact in CO₂ equivalent per materiaal en element voor nieuwbouw en sloop
- Huidige status van materiaalverwerking voor sloop
- Theoretische herbruikbaarheid van elementen vrijkomend uit sloop
- Prognoses voor de benodigde en de vrijkomende bouwelementen en materialen voor nieuwbouw en sloop tot 2030

Bijlage E Materialisatie per bouwjaarklasse

Verschillende bouwjaarclassen kennen verschillende materialisaties. Om deze reden is voor het in kaart brengen van de materiaalstromen uit sloop gebruik gemaakt van verschillende producten en materialen voor verschillende bouwjaarclassen. Hiervoor is het Urban Mining Model gekoppeld aan een database die deze variatie weergeeft. Zo is op basis van de bouwjaarklasse van een gebouw een keuze gemaakt voor de producten die de manier van bouwen in de periode het best vertegenwoordigt.

In de tabel staat per gebouwelement aan de rechterkant weergegeven welke producten in de betreffende bouwjaarclassen zijn toegeschreven. Deze zijn ook dusdanig aan het Urban Mining Model gekoppeld om voor gesloopte gebouwen uit verschillende bouwjaarclassen een meer passende materiaaloutput aan producten en materialen te genereren.

Schematisch overzicht materialisatie bouwjaarclassen t.b.v. sloop

Elementen	Producten per bouwjaarklasse				
	<1945	1945-1970	1971-2000	2000-2014	2014
Isolatielagen (overal)	0%	0%	33%	67%	100%
Funderingspalen	Hout	Hout/ beton	Beton		
Spouwmuren binnenblad	Kalkzandsteen/ baksteen		Kalkzandsteen/ prefab beton		
Liggers, balken en kolommen	Hout		Hout/ beton		
Plat dakbedekking	Bitumen		EPDM		
Hellend dakbedekking	Keramische pan		Betonpan		
Buitenkozijnen	Hout		Aluminium		
Buitenbeglazing	Enkel	Enkel/ dubbel	Dubbel	Drievoudig	
Lekdorpels en waterslagen	Keramisch/ beton		Beton/ kunststeen/ aluminium		
Vensterbanken binnen	Spaanplaat/ natuursteen		Kunststeen/ composietsteen		
Ventilatioeroosters	Geen		Aluminium		
Binnenwanden utiliteitsgebouwen	Hout/ baksteen		Kalkzandsteen/ systeemwand		
Binnenwanden woningen	Baksteen		Gasbeton/ gipsblokken		
Binnenkozijnen	Hout		Staal		
Binnendeuren	Hout		Honingraat		
Binnendorpels	Natuursteen		Kunststeen		
Trappen (intern en centraal)	Hout/ staal met hout		Beton/ staal met hout		
Warmteopwekking utiliteitsgebouwen	HR-ketel		HR-ketel/ Afleverset derden	Afleverset derden	
Warmteopwekking woningen	CV-ketel		CV-ketel/ warmtepomp		

Bron: Metabolic, SGS Search

Bijlage F Verhouding resultaten materiaalmassa tot andere rapportages

In dit onderzoek is een bottom-up methode gehanteerd waarbij het totaalbeeld ontstaat vanuit kennis over specifieke mutaties in de gebouwenvoorraad en materiaalintensiteiten en impacts van referentiegebouwen. Een groot voordeel is dat hiermee in detail ingegaan kan worden op specifieke markten, materiaalstromen en bouwfases. Hiermee worden de daadwerkelijke materiaalstromen zo gedetailleerd mogelijk gemodelleerd. Er bestaan ook inventarisaties van de materiaalstromen in de bouw waarbij een top-down methode is toegepast op basis van daadwerkelijke metingen. Deze hebben niet altijd dezelfde scope als dit onderzoek, maar kunnen niettemin dienen als verificatie van de orde van grootte van onze resultaten.

Allereerst kan naar de hoeveelheid beton worden gekeken als maatstaf voor de orde van grootte van de ingaande massa materialen omdat beton hier een groot aandeel in heeft (77%). Hiervoor geeft het Betonhuis in hun update over de betonmarkt in Nederland voor 2018 aan dat het totale jaarlijkse betonverbruik neerkomt op circa 13,5 miljoen m³, waarvan 51% in woningen en utiliteitsgebouwen wordt toegepast²⁸. Dit komt neer op een jaarlijks verbruik van 16,5 miljoen ton beton in woningen en utiliteitsgebouwen. CE Delft geeft vervolgens in hun rapportage 'Milieu-impacts van Nederlandse bouw- en sloopactiviteiten in 2010' aan dat jaarlijks zo'n 19,2 miljoen ton beton wordt toegepast in de Nederlandse woning- en utiliteitsbouw²⁹. Hoewel ons peiljaar niet volledig overeenkomt met bovengenoemde inventarisaties, lijkt het dat onze benodigde hoeveelheid van 13,6 miljoen ton in 2014 licht afwijkt, maar zich in dezelfde orde van grootte bevindt.

Over de vrijkomende materialen uit woningen en utiliteitsgebouwen wordt minder specifiek gerapporteerd. Er is wel informatie beschikbaar over de totale hoeveelheid bouw- en sloopafval (BSA) in Nederland. Zo rapporteert Rijkswaterstaat voor 2010 23,8 miljoen ton BSA. Deze hoeveelheid BSA is naast uit woningen en utiliteitsgebouwen echter ook afkomstig uit de GWW³⁰. CE Delft geeft in het hiervoor genoemde rapport aan dat in 2010 circa 18% van het BSA uit asfalt bestaat. Daarnaast stelt een scenariostudie naar BSA granulaten door INTRON, RIGO en Van Ruiten Adviesbureau dat 79% van de steenachtige granulaten (exclusief asfalt) in 2006 afkomstig waren uit woningen en utiliteitsgebouwen³¹. Hoewel deze inventarisaties een verschillende scope hanteren, geeft dit wel aan dat de hoeveelheid BSA afkomstig uit woningen en utiliteitsgebouwen in ieder geval lager dan 15,4 miljoen ton zou moeten liggen. De 7,2 miljoen ton waar wij op uitkomen lijkt hiermee aan de lage kant. Wat het verschil zou kunnen verklaren is dat de wij geen rekening houden met bouwafval, wat middels teveel bestelde materialen, beschadigingen en verpakkingen kan oplopen tot wel 9% van de op de bouwplaats afgeleverde materialen³². Ook is het mogelijk dat de gerapporteerde hoeveelheid BSA granulaten nog materialen bevat die vrijkomen bij het bouwrijp maken en niet afkomstig zijn uit gebouwen, zoals terreinverhardingen. Ten slotte zouden herstel- en verbouwactiviteiten ook meer BSA kunnen opleveren dan dat we in dit onderzoek aannemen. Extra inzicht in aanvullende ingrepen in het particuliere segment of aan specifieke utiliteitsgebouwtypen kan dit verhelderen.

²⁸ Betonhuis, 2019, Betonmarkt in Nederland (<https://betonhuis.nl/cement/betonmarkt-nederland>).

²⁹ CE Delft, 2015, Milieu-impacts van Nederlandse bouw- en sloopactiviteiten in 2010.

³⁰ Rijkswaterstaat, 2013, Nederlands afval in cijfers, gegevens 2006-2010.

³¹ INTRON, RIGO, 2006, Scenariostudie BSA granulaten.

³² B. Bossink, 1994, Bouwafval op de bouwplaats: Hoeveelheden, oorzaken en preventie-opties.

Bijlage G Overzicht verhouding benodigde en vrijkomende bouwproducten 2014

De mate waarin de vraag naar en het aanbod van producten bij elkaar komt, varieert sterk voor verschillende producttypen. In de onderstaande tabel zijn alle bouwproducten opgenomen die volgens het Urban Mining Model in de Nederlandse bouwconomie zijn toegepast in de nieuwbouw en herstel en verbouwproductie of beschikbaar zijn gekomen uit sloop en de herstel en verbouwproductie. Voor deze producten staat aangegeven wat de input en output is geweest in het gewicht van het product (ton). Tevens staat de verhouding tussen de input en de output in de laatste kolom weergegeven.

Overzicht input, output en input/output-verhouding producttypen

Product	Input (ton)	Output (ton)	Verhouding input/output
Hout, inclusief oplanger	-	152.124	0,00
Houten niet dragende binnenwand, HSB prefab; duurzaam bosbeheer; NBvT	-	585	0,00
Kalkzandsteen elementen	-	193.240	0,00
Keramische pan - ongeglazuurd	-	7.773	0,00
Natuursteen	-	20	0,00
Spaanplaat; plaat	-	283	0,00
Staal gecoat, rond 60 mm	-	2.407	0,00
Steenwol, Houtwolcementplaat	-	35.317	0,00
Staal; gepoedercoat; spijlen	2.297	5.987	0,38
Europees naaldhout; geschilderd, acryl; duurzame bosbouw	3.689	4.686	0,79
Keramische tegels; tegels	906	1.080	0,84
Europees naaldhout; geschilderd; duurzame bosbouw	8.947	9.154	0,98
Natuursteen; plaat	1.551	1.581	0,98
Hout; geschilderd:alkyd	17.584	17.866	0,98
Meranti; geschilderd, acryl; standaard bosbouw	27.141	27.485	0,99
Hardsteen	1.443	1.443	1,00
Klimaatplafond gecombineerd warmte en koude; staalplafond+leidingen	10.788	10.783	1,00
Spaanplaat; d:30mm+kunststoflaag	1.383	1.377	1,00
Onverduurzaamd hout; geverfd	1.014	1.001	1,01
Europees naaldhouten delen	290	282	1,03
Steenwol MWA 2012, geperst; d:20mm; +profielen,staal	27.540	26.688	1,03

Aluminiumroosters	1.094	1.042	1,05
Pvc; gerecyceld pvc; stalen kokerprofielen	20.329	19.170	1,06
Lichtkoepel (utiliteitsbouw)	4	3	1,10
Keramik; wastafel	3.965	3.483	1,14
Honingraat; geschilderd:alkyd	5.047	4.332	1,17
Aluminium, gecoat	4.193	3.452	1,21
Wandcloset + fontein, porselein; incl. kunststof reservoir	5.621	4.620	1,22
DAK en MILIEU Bitumen gemod. tweelaags volledig gekleefd (brandmethode)	21.803	17.862	1,22
Glas; 4mm; +4mm multiplex+pur-vulling	27.585	22.480	1,23
Hout; geschilderd:alkyd; glasopening:0.85m ²	1.904	1.517	1,26
Staal met Meranti treden; duurzame bosbouw	1.225	958	1,28
Keramische tegels; geglazuurd/gelijmd	91.329	68.062	1,34
Armatuur & lampen, TL-5, 28 W	11.456	8.463	1,35
RVS, rond 60 mm	5.208	3.812	1,37
Houtwolcementplaten	7.098	5.110	1,39
Europees naaldhout; spijlen; duurzame bosbouw	5.782	4.163	1,39
Lichtstraat glas (utiliteitsbouw)	164	118	1,39
Polybuteen; cv-leidingen	93	67	1,39
Baksteenmetselwerk	912.548	647.767	1,41
EPS	25.753	18.018	1,43
Staal; gepoedercoat; glasplaat vulling	1.416	961	1,47
Volkern; op regelwerk, geïsoleerd	7.246	4.907	1,48
Lichtstraat polycarbonaat (utiliteitsbouw)	2.375	1.576	1,51
Pvc; gerecycled; leiding	3.448	2.256	1,53
Vensterbank - gegoten composietsteen	2.173	1.419	1,53
Gipskartonplaat systeemwand 100mm, dubbel beplaat met isolatie (NBVG)	37.386	23.090	1,62
Drievoudig glas; droog beglaasd	2.336	1.423	1,64
Natuursteen; gelijmd	604	363	1,66
Glaswoltegels	769	458	1,68
Polyetheen/polybuteen; cv-leidingen; incl. koppelingen + verdeling	2.158	1.271	1,70
Europees naaldhouten delen; op regelwerk, geïsoleerd; duurzame bosbouw	2.669	1.567	1,70
Individuele cv-ketel 24 kW (solo)	1.215	704	1,73
Radiator, 50-70 C	3.861	2.210	1,75
Kanaalplaat, prefab beton; AB-FAB_27.01.011	337.561	187.124	1,80
Geïsoleerde installatiedraad + mantelbuis:pvc	10.854	5.973	1,82

Gipsblokken, normale dichtheid (NBVG)	104.436	57.045	1,83
Koper (leiding +mantelbuis)	1.654	902	1,83
Mechanische aan- en afvoer; verzinkt staal, incl. roosters	2.171	1.181	1,84
Europees naaldhouten balken met europees naaldhouten multiplex; duurzame bosbouw	26.587	14.348	1,85
Compressiekoelmachine	9.340	4.992	1,87
Europees loofhouten delen; onbehandeld ;duurzame bosbouw	17.070	8.953	1,91
Aluminium vast en/of draaiend, gecoat	11.547	6.050	1,91
Toe- en afvoerroosters	139	72	1,92
Luchtbehandelingskast; mechanische ventilatie	7.444	3.867	1,92
Koper	272	140	1,95
WTW-unit	1.147	589	1,95
Aluminium; gemoffeld	885	454	1,95
Polyetheen; folie	1.217	619	1,97
Lichtkoepel (woningbouw)	100	49	2,03
Vloerverwarming; leidingen:polybuteen+toebehoren	2.599	1.263	2,06
Combinatie PVC/Lood	5.256	2.543	2,07
Betonpan	160.479	76.225	2,11
Vuren / Zink; standaard bosbouw	16.062	7.390	2,17
Beton, prefab, woningbouw; AB-FAB	109.400	49.960	2,19
Beton, prefab; AB-FAB	110.130	49.619	2,22
Meranti; duurzame bosbouw	3.405	1.517	2,25
beton, prefab, U-bouw	93.381	41.409	2,26
Druklaag breedplaatvloer; betonmortel C20/25; incl. wapening	369.228	163.065	2,26
Breedplaat, excl. druklaag, 60mm; prefab beton; AB-FAB_27.01.012	409.711	180.944	2,26
Staal; hefconstructie+contragewicht; 1 bouwlaag	49.617	21.169	2,34
Ventilatoren; woningbouw	172	72	2,37
Sputpleister	88.849	37.286	2,38
Staal; verzinkt+gemoffeld	3.983	1.667	2,39
Spaanplaat; kunststoflaag	197.122	81.879	2,41
HSB element; Europees naaldhouten multiplex en gipsplaat; duurzame bosbouw	23.170	9.580	2,42
Zandcement	750.695	309.442	2,43
Staal; personenlift; gemoffeld	20.208	8.157	2,48

Kanalen en rooster tbv Topkoeling (koeling licht)	1.155	460	2,51
EPDM, sbs cachering; verkleefd	7.032	2.795	2,52
Dycore kanaalplaatvloer 260 mm (iso)	1.006.697	396.431	2,54
Staal zwaar constructiestaal o.a. balken, profielen en liggers	248.395	96.799	2,57
Betonblokken (gelijmd)	12.572	4.810	2,61
Pvc; gerecycled; diameter:80mm; d:1.8mm	31.087	11.894	2,61
Sandwich paneel trapeziumvormige, staal + steenwol; gepoedercoat (55mu)	36.537	13.622	2,68
Dichte overheaddeur; segmentendeur; aluminium+polycarbonaat, geïsoleerd	74.830	27.851	2,69
Stalen dakplaat verzinkt	48.571	18.072	2,69
Enkel glas; droog beglaasd	8.831	3.272	2,70
Ventilatiekanalen, afvoer; woningbouw	1.263	466	2,71
Beton,in het werk gestort, C20/25; incl.wapening	2.265.512	830.333	2,73
Kanaalplaat, prefab beton; AB-FAB_23.01.023	1.066.556	387.811	2,75
EPDM, sbs cachering; mechanisch bevestigd	13.357	4.835	2,76
Cellenbeton blokken (Xella-Ytong)	207.124	71.144	2,91
Zand	222.727	76.322	2,92
Beton,in het werk gestort, C20/25; incl.wapening + eps	971.004	331.883	2,93
Kunststeen; element	8.624	2.853	3,02
Kunststeen	3.413	1.124	3,04
Breedplaat, excl. druklaag, 60mm; prefab beton; AB-FAB_23.01.024	2.334.045	761.827	3,06
Druklaag breedplaatvloer; betonmortel C30/37; incl. wapening	2.103.419	686.551	3,06
PE folie	1.512	465	3,25
Vuren multiplex; 18 mm, incl vuren regelwerk; 56 mm; duurzame bosbouw	41.914	12.846	3,26
HR glas; droog beglaasd	224.420	66.393	3,38
Beton, prefab; wapening:120kg/m3	203.070	59.957	3,39
Afvoerornamenten; woningbouw	17	5	3,40
Dubbel glas; droog beglaasd	194.578	54.854	3,55
Toe- en afvoerornamenten	3	1	3,57
Glaswol MWA 2012; platen;	17.724	4.742	3,74
Schroefpaal; beton,in het werk gestort, C20/25; incl.wapening	861.628	229.300	3,76
Ribbenvloer / ribcassette vloer; incl. isolatie	310.982	81.261	3,83

Dak elementen, houten ribben, steenwol, multiplex; duurzame bosbouw	320.342	82.278	3,89
Beton	24.965	6.299	3,96
Ventilatiekanalen, afvoer en retour	741	186	3,99
Riet, schroefdak	5.084	1.255	4,05
Garagekanteldeur (woningbouw), staal, verzinkt	472	114	4,14
Natuursteen; cement	28.743	6.950	4,14
Gecoat staal met Meranti treden; duurzame bosbouw	19.059	4.575	4,17
BB&S betongevelsteen + metselmortel + voegmortel	19.153	4.585	4,18
Beton; Prefab, met slanke schacht, 400x400 mm	378.522	90.583	4,18
Europees naaldhout; duurzame bosbouw	6.607	1.512	4,37
Wandverwarming; leidingen: polybuteen+toebehoren	606	132	4,57
Kalkzandsteen lijmblokken	3.134.563	678.042	4,62
PUR (lucht)	13.604	2.589	5,25
EPS, 50% Recycled	20.043	3.615	5,54
Steenwol MWA 2012; platen;	156.796	22.047	7,11
Prefab beton; h:2.7.b:1.1m; incl. bordes	93.558	10.454	8,95
Warmtepomp bodem 5 kW; incl. aardsondes:polyetheen	5	1	9,20
Warmtelevering derden, afleverzet ITW (individueel warmtapwater)	43	4	11,85
Beton,in het werk gestort, C30/37; incl.wapening	7.104	420	16,91
Grind	191.732	-	nvt

Bron: Metabolic, SGS Search

Bijlage H Bronvermelding

De volgende literatuur is geraadpleegd bij het tot stand komen van dit rapport:

- Bossink, B.A.G. (1994). Bouwafval op de bouwplaats: Hoeveelheden, oorzaken en preventie-opties, Enschede.
- CE Delft (2015). Milieu-impacts van Nederlandse bouw- en sloopactiviteiten in 2010, Delft.
- Corporatie Benchmark Centrum (2016). Corporatie in perspectief, Den Haag.
- Corsten M. (2010). Saving Materials; Een verkenning van de Potentiele Bijdrage van Duurzaam Afval en Recyclingbeleid aan Broeikasgasemissiereductie in Nederland, Utrecht.
- Deloitte (2016). Economic study on recycling of building glass in Europe.
- ECORYS (2011). Competitiveness of the EU Non-ferrous Metals Industries, Rotterdam.
- EIB (2011). Onderhoudskosten De Alliantie, Amsterdam.
- EIB (2018). Benchmarking van de bouw, Amsterdam.
- EuroGypsum (2010). European Life Cycle Assessment on Plasterboard: European Environmental Declaration – Explanatory Note, Brussel.
- European Copper Institute (2014). Europe's demand for copper is increasingly met by recycling, Brussel.
- European Steel Association, the (2014). Steel and the Circular Economy, Brussel.
- ECN (2014). Nationale Energieverkenning, Petten.
- INTRON, RIGO (2006). Scenariostudie BSA-granulaten, Delft.
- ISSO (2011). Formulestructuur EI en maatwerkadvies woningbouw.
- Jimenez Rivero, Ana (2015). Gypsum Waste: Differences across Ten European Countries .
- Mackay R. (2007). Bouwkosten van transformatieprojecten, Delft.
- Ministerie Binnenlandse Zaken (2016) Cijfers over Wonen en Bouwen, Den Haag.
- Probos (2014). Kerngegevens Bos en Hout in Nederland, Wageningen .
- Rijkswaterstaat (2013). Nederlands afval in cijfers, gegevens 2006-2010, Utrecht.
- RVO (2014). Transformatie en corporaties, Den Haag.
- Stybenex (2013). EPS: 100 procent recyclebaar, 100 procent duurzaam, Arkel.
- Transitie-agenda circulaire bouweconomie (2018).
- Utrecht Sustainability Institute, LBP|Sight, IVAM & Ecofys (2015). Milieuprestatiebepaling van recycling en hergebruik van bouwmaterialen.
- VERAS (2018). Speerpunt VERAS: Afzet van Materialen vanaf Slooplocaties in de Circulaire Economie, Geldermalsen.

W/E adviseurs & Arcadis (2015). Rapport 8504 - Aanscherpingsstudie EPC woningbouw en utiliteitsbouw, Utrecht/Eindhoven.

Er is gebruik gemaakt van de volgende (online) databronnen en webpagina's:

Aedes: www.aedes.nl/feiten-en-cijfers/woning/hoe-ziet-de-gemiddelde-corporatiewoning-eruit/expert-hoe-ziet-de-gemiddelde-corporatiewoning-eruit.html

Basisregistratie adressen en gebouwen (BAG)

Betonhuis: <https://betonhuis.nl/cement/betonmarkt-nederland>

Bouwkosten: www.bouwkosten.nl

Bouwkostenkompas: www.bouwkostenkompas.nl

CBS Statline: opendata.cbs.nl/statline/#/CBS/nl/

Klimaatmonitor: klimaatmonitor.databank.nl/dashboard/

Nationale Milieu Database: <https://www.milieudatabase.nl/viewNMD/>

Papier Recycling Nederland: <https://prn.nl>

SGS Search. Meerjarenonderhoudsplannen utiliteitsbouw.

Stichting Bouwkwiteit: <https://www.bouwkwiteit.nl/>

Syswov: syswov.datawonen.nl

WoonOnderzoek Nederland (WoON, 2015)



Meerstraat 2
5473 AA Heeswijk (N.Br)
t 882 146 600
search@sgssearch.nl
www.sgssearch.nl



Meteorenweg 280M
1035RN Amsterdam
t (020) 369 09 77
info@metabolic.nl
www.metabolic.nl



Koninginneweg 20
1075 CX Amsterdam
t (020) 205 16 00
eib@eib.nl
www.eib.nl