



Planbureau voor de Leefomgeving

KENMERKEN, VOORRAAD EN MATERIAALKETENS VAN DE BOUW

Naar een circulaire bouw: beschrijving huidige woning- en utiliteitsbouw

Achtergrondrapport

Johan van der Schuit

Anton van Hoorn

Niels Sorel

Trudy Rood

Colofon

Kenmerken, voorraad en materiaalketens van de bouw

Naar een circulaire bouw: beschrijving huidige woning- en utiliteitsbouw

© PBL Planbureau voor de Leefomgeving

Den Haag, 2023

PBL-publicatienummer: 4853

Contact

johan.vanderschuit@pbl.nl

Auteurs

Johan van der Schuit, Anton van Hoorn, Niels Sorel, Trudy Rood

Met dank aan

Anne Gerdien Prins, Sonja Kruitwagen, Kees Schotten, Boris van Beijnum, Karel van den Berghe (TU-Delft) en Alexander Wandl (TU-Delft)

Het PBL heeft voor deze publicatie dankbaar gebruik gemaakt van materiaal van Moniek Scheffers en Atakan Larçin (NIBE) en Mic Barendsz (Bouwen met staal)

Redactie figuren

Johan van der Schuit, met dank aan beeldredactie PBL, Filip de Blois

Toegankelijkheid

Het PBL hecht veel waarde aan de toegankelijkheid van zijn producten. Mocht u problemen ervaren bij het lezen ervan, dan kunt u contact opnemen via info@pbl.nl. Vermeld daarbij s.v.p. de naam van de publicatie en het probleem waar u tegenaan loopt.

Copyright

Delen uit deze publicatie mogen worden overgenomen op voorwaarde van bronvermelding: Schuit, J. van der, et al. (2023), *Kenmerken, voorraad en materiaalketens van de bouw*, Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving.

Over het PBL

Het Planbureau voor de Leefomgeving (PBL) is het nationale instituut voor strategische beleidsanalyses op het gebied van milieu, natuur en ruimte. Het PBL draagt bij aan de kwaliteit van de politiek-bestuurlijke afweging door het verrichten van verkenningen, analyses en evaluaties waarbij een integrale benadering vooropstaat. Het PBL is vóór alles beleidsgericht. Het verricht zijn onderzoek gevraagd en ongevraagd, onafhankelijk en wetenschappelijk gefundeerd.

Inhoud

Colofon	2
Samenvatting	5
1 Inleiding	7
1.1 Aanleiding en vraagstelling	7
1.2 Opbouw van het rapport	8
1.3 Beschrijving werkwijze	9
1.3.1 Scope stap 1: conceptualisatie circulariteit	9
1.3.2 Scope stap 2: conceptualisatie gebouwde omgeving	9
1.3.3 Scope stap 3: afbakening	12
1.3.4 Visualisatie ketens	13
1.3.5 Databeperkingen	15
DEEL A KENMERKEN BOUWSECTOR	16
2 Kenmerken van het bouwproces en de bouwsector	17
2.1 Inleiding	17
2.2 Geïstitutionaliseerde massawoningbouw in de tweede helft van de twintigste eeuw	18
2.3 De huidige situatie, padafhankelijkheid en innovativiteit	19
DEEL B MATERIALENVOORRAAD GEBOUWEN	21
3 Gebouwenvoorraad en secundaire bouwmaterialen	22
3.1 Inleiding	22
3.2 Secundaire gebouwen en bouwmaterialen	22
3.2.1 Voorraad van gebouwen en materialen	22
3.2.2 Gebruik van secundair materiaal	25
3.3 Uitgebruikname van gebouwen en verwerking van afvalstromen	26
DEEL C MATERIAALKETENS BOUW	29
4 Betonketen	30
4.1 Kenschets	30
4.2 Geografie	32
5 Houtketen	35
5.1 Kenschets	35
5.2 Geografie	36
6 Isolatieketen	39
6.1 Kenschets	39
6.2 Geografie	39

7	Gips- en kalkzandsteenketen	42
7.1	Kenschets	42
7.2	Geografie	43
8	Keramische bouwmaterialketen	45
8.1	Kenschets	45
8.2	Geografie	46
9	Staal- en ijzerketen	48
9.1	Kenschets	48
9.2	Geografie	49
10	Koper- en aluminiumketen	52
10.1	Kenschets	52
10.2	Geografie	53
11	Kunststof materiaalketen	55
11.1	Kenschets	55
11.2	Geografie	56
12	Biobased materiaalketen	58
12.1	Kenschets	58
12.2	Geografie	59
	Referenties	61
	Bijlagen	68
	Bijlage 1 Gebruikte data, selecties en definities	69

Samenvatting

De circulaire economie stelt een radicaal ander gebruik van grondstoffen centraal. In een circulaire economie worden minder eindige bronnen van grondstoffen aangesproken en behouden afgedankte materialen waarde. Zo daalt de impact van het grondstofgebruik in de economie op milieu, klimaat en biodiversiteit. Het beleid, om in 2050 een circulaire economie in Nederland te hebben, heeft ook gevolgen voor de bouw. Waar het beleid in 2050 op uitkomt, hoe een circulaire bouw in 2050 er uit ziet, hangt af van hoe de sector zich vanuit de uitgangssituatie ontwikkelt, daarbij onder meer gestuurd door de overheid. Er zijn daarvoor verschillende toekomstbeelden voorstelbaar en paden naar die toekomst toe.

In deze rapportage inventariseren we de uitgangssituatie over grondstofvoorraden en grondstof- en materiaalgebruik in de bouwsector. Daarmee beogen we bij te dragen aan een kennisbasis voor vervolgonderzoek naar circulair bouwen in Nederland. Allereerst schetsen we de belangrijkste kenmerken van het bouwproces en de bouwsector. Vervolgens tonen we de huidige voorraad, recente bouwproductie, verbouwactiviteit, sloop en gebruik van secundaire grondstoffen. Ten slotte brengen we de huidige grondstoffen- en materiaalketens in beeld, inclusief de huidige situatie van de keten van biobased bouwmaterialen die een grotere rol kunnen gaan spelen in de circulaire economie.

KENMERKEN, VOORRAAD EN MATERIAALKETENS VAN DE BOUW

Naar een circulaire bouw: beschrijving huidige woning en utiliteitsbouw

1 Inleiding

1.1 Aanleiding en vraagstelling

De circulaire economie stelt een radicaal lager en efficiënter gebruik van grondstoffen centraal (Hanemaaijer, A. et al., 2023). In een circulaire economie worden minder eindige grondstoffen gebruikt door grondstoffen langer of opnieuw te benutten. Materialen behouden daardoor langer hun waarde. Zo daalt bovendien de impact van het grondstoffengebruik in de economie op milieu, klimaat, en biodiversiteit. Naast deze leefomgevingseffecten, draagt circulaire economie bij aan het verminderen van de leveringsrisico's van grondstoffen die van cruciaal belang zijn voor de economie, de zogeheten kritieke grondstoffen.

De Nederlandse regering wil in 2050 een volledig circulaire economie hebben bereikt (IenM & EZ, 2016, IenW, 2023) en werkt aan dat doel met onder andere de bouwsector. De uitwerking van deze doelen loopt langs een aantal sporen. Zo beschrijft de *Transitieagenda Circulaire Bouweconomie* (Rijksoverheid, 2018) de doelen en strategie om tot een circulaire bouweconomie te komen in 2050 en zet in op een Milieukostenindicator (MKI) van bijna nul door de bouw (routekaart 2022). Het Grondstoffenakkoord uit 2017 (IenW, 2017) is op dit moment leidend voor de transitieagenda bouw. Daarnaast heeft het ministerie van BZK in het kader van de Nationale Omgevingsvisie (NOVI) een strategische verkenning over biobased bouwen opgesteld (BZK, 2020). Ook is een CityDeal gesloten over Circulair en Conceptueel Bouwen (CitydealCCB, 2020). In het Nationaal Programma Circulaire Economie 2023-2030 zijn voor de bouw doelen geformuleerd en specifiek beleid ontwikkeld. Voor woningen, kantoren en bedrijfshallen gaat het om aanscherpen van de normering van de milieuprestatie-eis gebouwen (MPG) en stimulerende maatregelen zoals vraagstimulatie, kennisoverdracht en betere benutting van de bestaande woningvoorraad zoals transformatie door woningsplitsing en woningdelen (IenW, 2023; Copper8 et al., 2023).

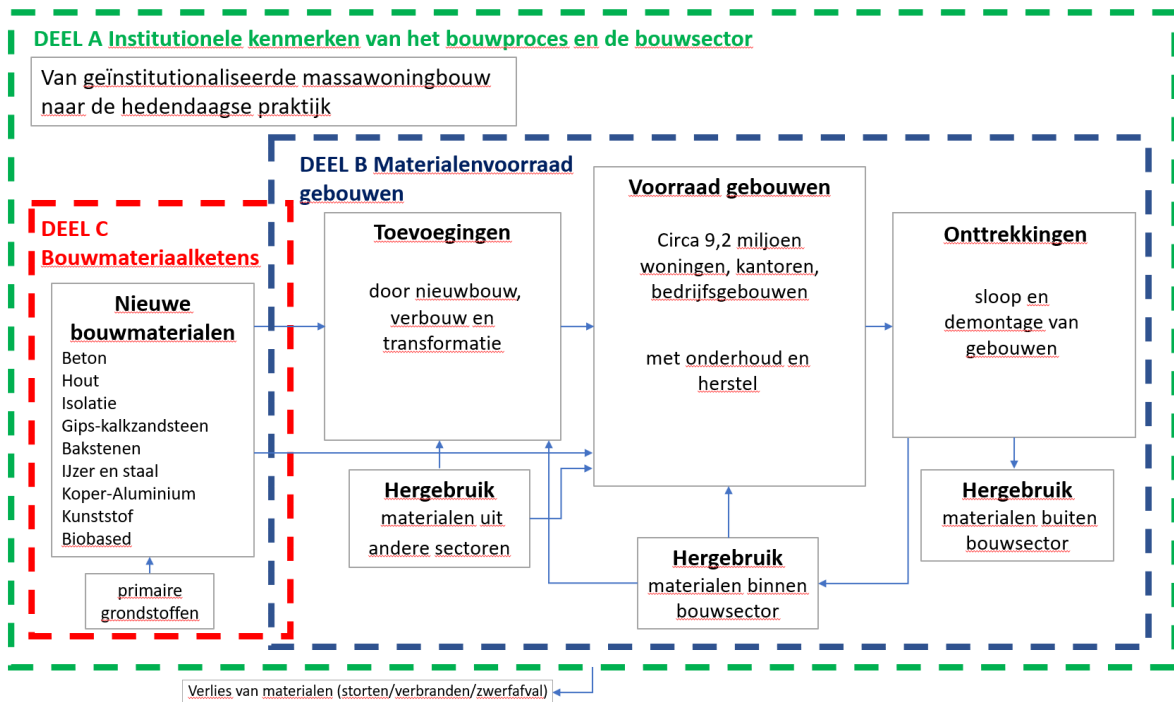
Circulaire bouw en het daarmee samenhangende veranderende grondstoffengebruik kan invloed hebben op het ruimtegebruik (Hanemaaijer, A. et al., 2023). Bovengenoemde beleidsinspanningen kunnen tot ruimtelijke veranderingen leiden, en mogelijk tot de noodzaak van aangepast ruimtelijk beleid. Het is nog onduidelijk *hoe* de overgang naar een circulaire bouw, naast aanpassingen van de gebouwen zelf, leidt tot veranderingen in ruimtegebruik. Beeldverhalen en toekomstvisies over circulaire bouwen suggereren dat er wezenlijke ruimtelijke effecten kunnen zijn (Rood, T. et al., 2021; Barendregt, E. et al., 2023). In het kader van de Ruimtelijke verkenning heeft PBL de ruimtelijke impact van circulaire economie verkend (CE Delft, 2022; Rood, T., 2022; Rood, T. & E. Evenhuis, 2023; PBL, 2023). De resultaten, hoewel verkennend, laten zien dat ruimtelijke condities invloed hebben op de mogelijkheden van een circulaire bouw en omgekeerd, dat circulaire bouw ruimtelijke consequenties heeft. Een genoemd voorbeeld van een mogelijke nieuwe vraag naar ruimte, is het veranderen van het fenomeen 'bouwhub'. Dat zijn nu locaties waar onderdelen en materialen voor de bouw worden opgeslagen en verhandeld. In een circulaire bouw is de bouwhub, in nog allerlei denkbare vormen, wellicht een locatie waar ook materialen uit de sloop weer terugkomen en klaar worden gemaakt voor nieuw gebruik. Zo kan op alle onderdelen van de materiaalstroom het ruimtegebruik en de locatievoorkeuren veranderen.

Eén van de stappen om meer zicht te krijgen op de opties voor circulair bouwen en op de gevolgen van circulaire bouw, is het inventariseren van de bestaande situatie over grondstof- en materiaalengebruik in de bouw, en dat is het doel van deze studie. Immers, waar de transitie in 2050 op uitkomt hangt af van hoe de sector vanuit de Ausgangssituatie zich ontwikkelt (Dammers, E. et al. (2013)). In deze achtergrondstudie wordt de Ausgangssituatie van grondstofgebruik en ruimtelijke patronen van de bouw in beeld gebracht, waarbij we ook kijken naar de geografie van de bouwmaterialenketens. Daarmee beogen we bij te dragen aan een kennisbasis voor vervolgonderzoek naar circulair bouwen in Nederland.

1.2 Opbouw van het rapport

In de volgende paragraaf gaan we in op de werkwijze voor dit rapport wat betreft de invulling van het begrip circulariteit en de gebouwde omgeving, de afbakening van de studie en leggen we uit hoe we te werk zijn gegaan bij het verzamelen van data over de huidige situatie. Het rapport bestaat uit drie delen. In deel A staan we stil bij institutionele kenmerken van het bouwproces van woningen- en utiliteitsbouw, in deel B bij de bestaande voorraad van materialen in gebouwen en in deel C bij materiaalketens in het bouwproces. Figuur 1.1 illustreert de samenhang tussen deze delen.

Figuur 1.1 Inhoud deel A, B en C van de deze rapportage



1.3 Beschrijving werkwijze

De werkwijze voor dit rapport bestaat uit 4 stappen: (1) de conceptualisatie van de circulaire bouw, (2) de conceptualisatie van de gebouwde omgeving, (3) de afbakening van deze studie, en (4) de manier waarop we de ketens in beeld hebben gebracht. We sluiten deze paragraaf af met enkele beperkingen waar we bij het verzamelen van de benodigde tegenaan liepen.

1.3.1 Scope stap 1: conceptualisatie circulariteit

Het gaat in dit rapport om het in beeld brengen van de bestaande situatie van de woning- en utiliteitsbouw, in de context van de transitie naar een circulaire bouw. Wat volledig circulaire bouw precies in moet houden in 2050 is nog onderwerp van discussie. Er is in deze fase van de transitie nog een veelvoud aan toekomstbeelden (Barendregt, E et al., 2023). Die pluriformiteit draagt bij aan het vinden van verschillende wegen in de transitie.

Voor een deel is de bouw al circulair te noemen, afhankelijk van hoe je kijkt. Een woning wordt bijvoorbeeld zelden gesloopt na het eerste gebruik, maar vaak opnieuw gebruikt. Glas wordt vrijwel volledig gerecycled. Ook beton wordt gerecycled, maar het recycalaat wordt vaak laagwaardig toegepast als fundatie onder infrastructuur. Klei voor baksteen is een hernieuwbare, Nederlandse grondstof die door de grote rivieren steeds opnieuw wordt aangevoerd (Meulen, M.J. van der, Wiersma, A.P, et al., 2009), maar niet door iedereen altijd als hernieuwbaar wordt herkend. Hout is een hernieuwbaar materiaal dat geassocieerd wordt met circulaire bouw, maar kan wel gepaard gaan met bodem- en biodiversiteitseffecten (CLO, 2015; CLO, 2022).

Circulaire bouw heeft uiteindelijk als doel dat de milieueffecten van het grondstoffengebruik in de bouw binnen de zogeheten planetaire grenzen vallen. Om dat te bereiken, kan gebruik worden gemaakt van in beginsel vier handelingsopties of strategieën (Hanemaaijer, A. et al., 2023):

1. Minder grondstoffen gebruiken (*narrow the loop*), door van producten af te zien, producten te delen, of ze efficiënter te ontwerpen en fabriceren;
2. Het langer en intensiever gebruiken van producten en onderdelen (*slow the loop*), door hergebruik en reparatie; dit stelt de vraag naar nieuwe grondstoffen uit of af;
3. Het sluiten van de kringloop door recycling van materialen (*close the loop*), zodat er alleen niet-herbruikbaar afval wordt verbrand of gestort én minder nieuwe grondstoffen nodig zijn;
4. Substitutie van eindige grondstoffen door hernieuwbare grondstoffen (zoals bio-grondstoffen) of alternatieve primaire grondstoffen met minder milieudruk.

Zie het tekstkader voor een nadere beschrijving van de strategieën in de context van de bouw.

1.3.2 Scope stap 2: conceptualisatie gebouwde omgeving

De transitie naar een circulaire bouw in Nederland zal effect hebben op de schaalniveaus van materiaalketens, bouwproces, en gebiedsontwikkeling (HilgersomDeen duurzaam, 2020). Dit lichten we kort toe.

Materiaal, gebouw, gebied

Als materiaalstromen substantieel veranderen, verandert ook de ruimtelijke neerslag van de materialen, het fysieke artefact ‘de gebouwde omgeving’, en de manier waarop de zaken in de

bouw geregeld zijn: de Baukultur (Davos, 2018; Sonnier, E., Grit A., 2022; Conde, A., Sutherland A., 2022).

Gebouwen zijn echter meer dan de optelsom van materialen. Uit de toekomstbeelden voor een circulaire bouwsector komen bestaande en nieuwe materialen naar voren, maar ook andere ontwerpen van gebouwen, een andere architectuur, bouwwijze, locatiekeuze en beheer, en gebiedsontwikkeling (HNN, 2022; HilgersomDeen duurzaam, 2020; Vermeulen M., 2020; Barendregt E. et al., 2023; Rood, T. & E. Evenhuis, 2023). De gebouwde omgeving is op zijn beurt weer meer dan de optelsom van alle gebouwen: het is het decor waarop het alledaagse leven zich afspeelt; wonen, naar school gaan, winkelen, ontspannen. Uit de toekomstbeelden voor circulaire bouw komen ook denkbeelden naar voren over een andere opzet van de straat, de wijk, de regio. De circulaire economie verandert de materialen, de gebouwen, mogelijk zelfs landschappen. Daarmee zal een transitie naar een circulaire economie het gebruik en de beleving van ruimte ingrijpend beïnvloeden (Acharya, D. et al., 2018).

Circulaire gebouwde omgeving, strategieën en schaalniveaus

Voor elk materiaal, gebouw en gebied leveren de circulariteitsstrategieën interpretaties op voor de gebouwde omgeving, en hebben aangrijpingspunten en stakeholders in de keten van het bouwen (HilgersomDeen duurzaam, 2020; Barendregt, E. et al., 2023). De optelsom geeft een beeld van waar het heen kan gaan met de circulaire gebouwde omgeving. Het tekstkader *De vier circulariteitsstrategieën voor de bouw nader bekeken* schetst wat dat per strategie kan behelzen.

De vier circulariteitsstrategieën voor de bouw nader bekeken

Narrow the loop

Deze strategie houdt in: minder materiaal gebruik voor dezelfde functie. In de bouw kan deze strategie invulling krijgen door bijvoorbeeld kleiner en lichter te gaan bouwen. Er worden nu bijvoorbeeld smallere bakstenen gebakken die niet 100, maar 65 tot 50 mm breed zijn. Ook het gebouw als geheel kan slanker worden gedimensioneerd. Met behulp van computerkracht kan gewerkt worden aan minimale materiaalinzet voor de constructie. De strategie kan ook kijken naar manieren om minder vierkante meter te produceren zoals de Tiny house, kleinere huizen of appartementen tot 6-hoog (Copper8 et al., 2023). Ten slotte kan de intensiteit van materiaalgebruik omhoog, door gebouwen te ontwerpen voor meer gebruikers tegelijk. Door bijvoorbeeld met gemeenschappelijke keukens of wasruimten in appartementenblokken, of door de bezettingsgraad van bedrijfsruimte en voorzieningen te verhogen.

Slow the loop

Deze strategie houdt het verlengen van de levensduur van producten en onderdelen van producten in. De levensduur van gebouwen is in principe al lang vergeleken met consumptiegoederen. Een 'goed gebouw' vraagt om materiaal en kan – mits onderhouden – vele generaties mee. Het vooruitdenken in de ontwerpfase over volgend gebruik van het materiaal, of gebouw kan de bruikbaarheid op lange termijn verhogen. Zowel monumentaliteit, als aanpasbaarheid kunnen gezien worden als een aspecten van deze strategie. Het kost minder materiaal om de constructie van een oude gevangenis, kerk of postkantoor te verbouwen tot kantoren of woningen, dan om hetzelfde aantal kantoren of woningen vanaf fundering nieuw te bouwen. Deze strategie kan ook gericht zijn op demontage/remontage en standaardisatie van maten en bouwelementen. Op gebiedsniveau kan deze strategie uitwerkingen krijgen in bijvoorbeeld stadsvernieuwing.

Close the loop

Deze strategie gaat uit van het gebruik van gerecyclede materialen. Dit kunnen materialen zijn die bij het slopen van gebouwen vrijkomen, zoals betongranulaat waarmee je vers gewonnen grind vervangt, én materialen afkomstig uit andere sectoren, zoals autobanden als grondstof voor cementvervanger, of heipalen van gerecycled plastic. Deze circulaire strategie richt zich in de eerste plaats op materialen, maar komt ook terug in sloop- en ontwerpstrategieën voor gebouwen. Zo worden betonblokken losgezaagd uit gebouwen, om later als bouwsteen te gebruiken, of worden afgedankte geveldelen opnieuw gebruikt om gebouwen op te knappen. In circulaire gebiedsontwikkeling wordt ook gekeken naar de ruimte die er is om te recylen, en naar welke materialen in de regio voorhanden zijn, bijvoorbeeld via een 'marktplaats voor (bouw)materialen'.

Substitutie

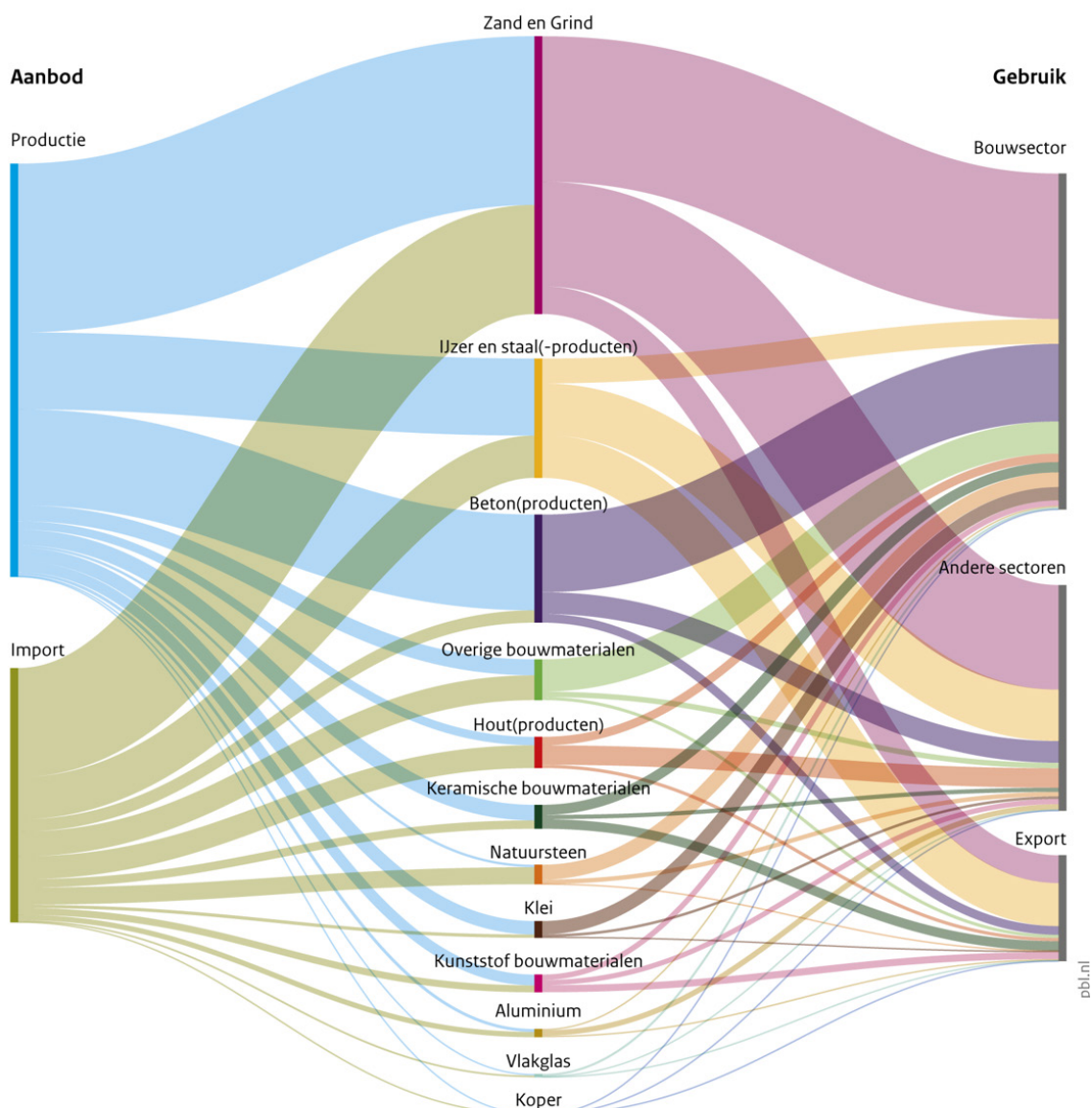
Deze strategie vervangt de materialen met een hoge milieu impact, zoals bijvoorbeeld beton, door alternatieven. De alternatieven kunnen consequenties hebben voor gebouw en gebied. Bekende voorbeelden zijn hout, in verschillende technieken en toepassingen, en andere biobased bouwmaterialen, uiteenlopend van platen uit geperste vezels zoals uit paprikastengel tot biolaminaat van gemalen mosselschelpen (Biobasedbouwen.nl, 2023). Ook vervanging door niet biotische materialen kan zinvol zijn. De milieulast van beton bijvoorbeeld kan verminderd worden, door het traditionele beton te vervangen door beton met gunstigere eigenschappen. Al deze materialen kunnen leiden tot andere architectuur, andere opvattingen over wat een gebouw is. Er zijn ook voorbeelden waarin ruimtelijke inrichting van een gebied in verband wordt gebracht met de productie van bouw materiaal, zoals in de verkenning naar de inpassing van biobased-bouwteelten in stadsranden van Utrecht (Boom Landscape, 2022).

1.3.3 Scope stap 3: afbakening

In dit rapport beperken we ons tot de gebouwen en hun materialen in de huidige situatie. Het schaalniveau van de gebouwde omgeving en gebiedsontwikkeling vallen buiten de scope. We beperken ons tot de gebouwen en tot de meest gebruikte bouwmaterialen. Er gaan meer materialen rond in de bouw (zie figuur 1.2), maar niet alles daarvan heeft een groot volume, gewicht, of milieudruk. We beperken ons bovendien tot de woning- en utiliteitbouw (W&U-bouw) en laten de grond-, weg-, en waterbouw (GWW) buiten beschouwing¹. Ook kijken we niet expliciet naar installaties en de materialen die daarvoor nodig zijn, ondanks dat deze een grote bijdrage hebben aan de milieudruk (MKI).

¹ In de beschikbaar data was het niet altijd mogelijk om materialen specifiek naar de W&U-bouw terug te herleiden. Daar waar de data inclusief de GWW is, is dat vermeld.

Figuur 1.2 Indicatie aanbod en gebruik van belangrijkste bouwgrondstoffen en bouwmaterialen, 2020



Bron: PBL

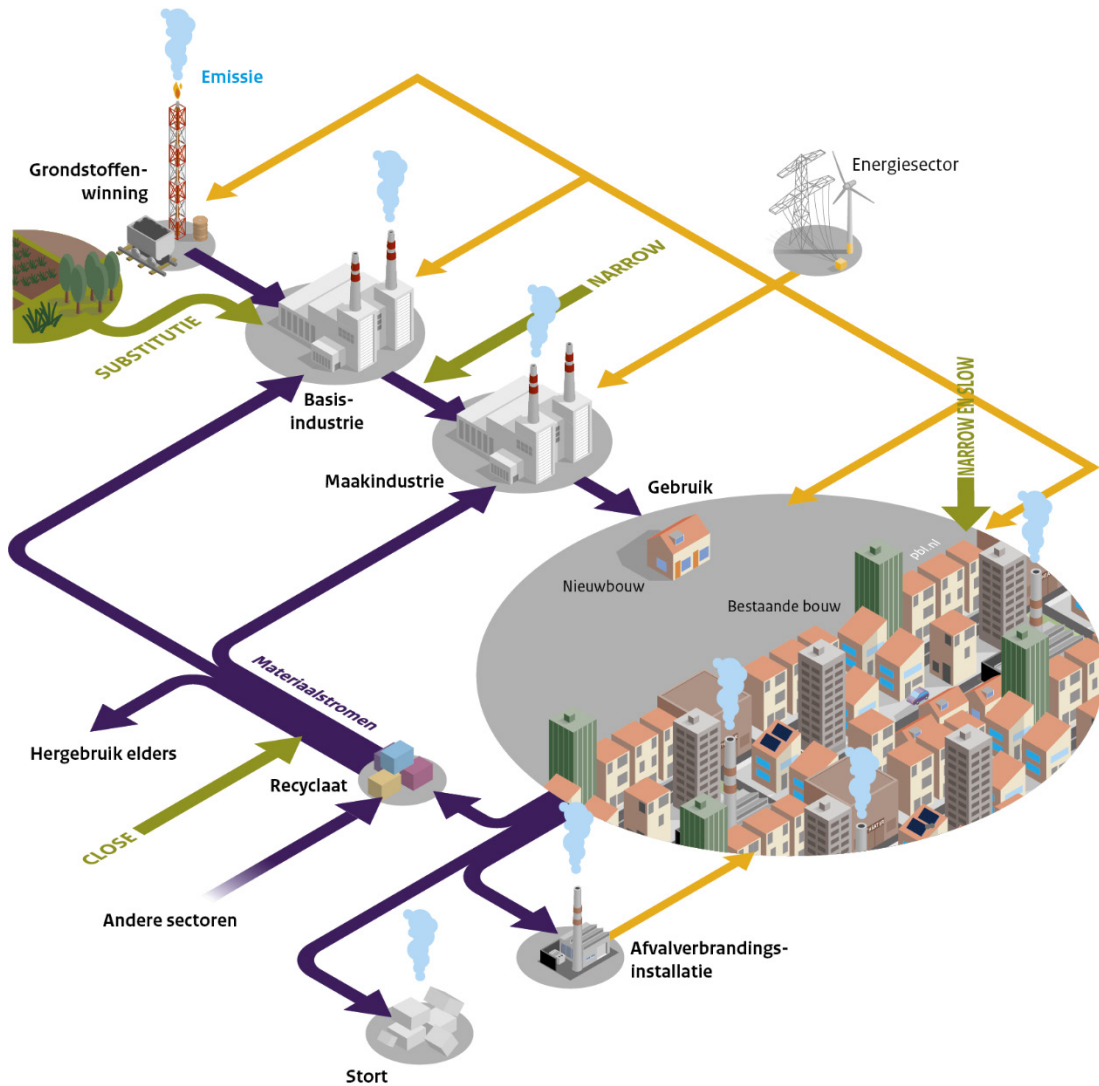
PBL (2023b), eigen berekening PBL op basis van bij het CBS beschikbaar gestelde detailbestand van de Monitor Materiaalstromen update 2020. De bouwsector is voor de figuur gedefinieerd exclusief de grond- weg en waterbouw en inclusief de maakindustrie van bouwmaterialen, beton en metaalbouw (exclusief basismetaleen) (zie bijlage 1). Wederuitvoer is buiten beschouwing gelaten. In de materiaalmonitor staat het materiaalgebruik en -aanbod per sector. Dubbel telling van een materiaal komt voor als de output van de ene sector de input van een andere wordt (bijvoorbeeld zand, grind en cement worden betonmortel en betonmortel wordt betonproduct) (CBS, 2023)

1.3.4 Visualisatie ketens

We starten met een beschrijving van de huidige gebouwvoorraad, recente bouwproductie, verbouwactiviteit, sloop en het gebruik van secundaire grondstoffen. Daarna wordt van de huidige bouwmaterialaalketens van beton, hout, gips en kalkzandsteen, keramiek, isolatie, ijzer- en staal, koper en aluminium en van kunststof, de keten in beeld gebracht, van grondstoffen via vervaardiging van producten tot toepassing op de bouwplaats en uit gebruik nemen. Ten slotte

tonen we de huidige situatie van de keten van biobased bouwmaterialen. Deze zijn nu nog niet groot, maar vezelgewassen als vlas, hennep, riet, olifantsgras of bamboe komen als een substituuut voor eindige grondstoffen naar voren (NIBE, 2019).

Figuur 1.3 Aangrijpingspunten circulariteitsstrategieën op materiaalstromen gebouwde omgeving



Bron: PBL

In de beschrijving komen voor elk materiaal de volgende aspecten aan de orde:

- **Kenschets van de bouwmaterialenketen** Een korte beschrijving van de toepassingen, goederen en producten, economische omvang uitgedrukt in voltijdsbanen, vastgelegde voorraad in de huidige gebouwde omgeving ('urban mine') en uit gebruik name van het bouw materiaal en de recycling daarvan.
- **Geografie van de keten** met een beeld van de winning in Nederland, in- en uitvoer naar landen van herkomst, productiewijzen en bedrijfsvestigingsplaatsen in Nederland en vervoerwijzen.

1.3.5 Databeperkingen

Voor Deel B en Deel C van deze rapportage zijn veel gegevens verzameld. De kwaliteit daarvan rust op de kwaliteit van de bronnen. Daarom een paar opmerkingen over het gebruikte datamateriaal voor deze studie. Zie bijlage 1 voor meer informatie.

Voor het overzicht van de huidige situatie van de verschillende bouwmaterialen ketens is gebruik gemaakt van verschillende veelal openbare databronnen, waarbij de beschikbaarheid van data van keten tot keten verschilde. Daar zijn verschillende redenen voor.

Ten eerste, de data die nodig zijn voor circulaire economie zijn vanuit het verleden niet altijd gangbaar. Daarbij is op het niveau van individuele materiaalstromen nog weinig consistente data beschikbaar en is data verspreid over meerdere bronnen en fragmentarisch, of zelfs geheel niet beschikbaar. Vaak zijn gegevens nationaal geaggregeerd en is niet te selecteren op individuele materiaalketens, of naar de bouwsector, laat staan met een uitsplitsing naar verschillende fasen in de keten. Dit probleem speelt overigens niet alleen bij het bestuderen van circulaire bouw maar komt vaker voor bij het bestuderen van de circulaire economie. In de ICER 2023 wordt dan ook opgemerkt dat het uitwerken van beleidsmaatregelen en het monitoren van doelen meer integratie van de beschikbare data, en aanvulling van ontbrekende data vergt (Hanemaaijer, A. et al. 2023).

Ten tweede, vanwege concurrentiebelangen zijn binnenlandse markt- en/of productiecijfers op dit niveau vaak niet beschikbaar of zeer beperkt. Zo is data over geproduceerd materiaal niet zomaar voorhanden, als er maar enkele aanbieders van dat materiaal zijn (soms is individuele bedrijfsdata wel vindbaar via website of jaarverslag).

Ten slotte, zijn er wel steeds betere databronnen voor de circulaire economie beschikbaar, zoals Ecoinvent en de Nationale Milieu Database, maar die zijn niet altijd ruimtelijk specifiek. Voor geografische duiding van ketens en inzicht in het aantal banen (als proxy voor het economisch belang) hebben wij daarom gebruik gemaakt van het LISA-bedrijfsvestigingenregister waarbij de toedeling aan materiaalketens gebaseerd is op klassen van de Standaard Bedrijven Indeling (SBI2008). Voor de ketens van isolatiematerialen en biobased bouwmaterialen zijn geen SBI-klassen en daarom is hier gekozen voor een grovere benadering door een handmatig selectie (zie bijlage 1). Het ruimtebeslag (van onderdelen) van bouwmaterialenketen is slechts incidenteel te benaderen. In de data die we vonden was het ook niet altijd mogelijk om materialen specifiek naar de W&U-bouw terug te herleiden. Daar waar de data inclusief de GWW is, is dat vermeld. De algemene winning en in- en exportgegevens van grondstoffen bevatten doorgaans geen uitsplitsing naar het gebruik ervan in materialenketen, producten of toepassingen in bouw (laat staan naar W&U en GWW).

We hebben ons voor deze inventarisatie op Nederland gericht. Hoe de neerslag van materiaalproductie in het buitenland is, maakt geen onderdeel uit van de inventarisatie in dit rapport. Vanwege beleid dat de buitenlandse 'voetafdruk' van Nederland probeert te verminderen, zie o.a. Wilting, H (2021), of omdat de Nederlandse import- en exportrelaties zullen veranderen als gevolg van de circulaire economie, is dit wel relevante informatie.

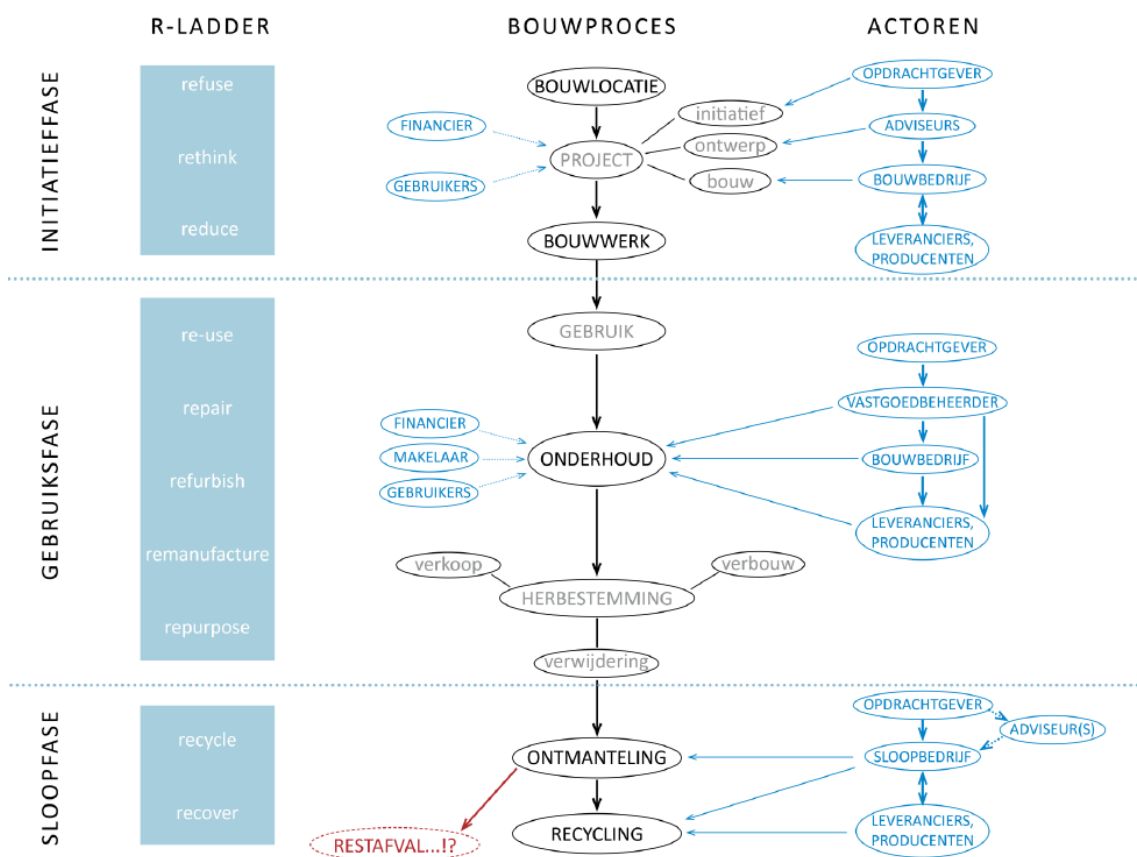
DEEL A KENMERKEN BOUWSECTOR

2 Kenmerken van het bouwproces en de bouwsector

2.1 Inleiding

In dit hoofdstuk geven we een aantal kenmerken van het bouwproces en de bouwsector, die relevant zijn voor het inschatten van de mogelijke verandering van bouwstromen in geval van circulair bouwen vanuit de huidige situatie (zie figuur 2.1). Om die in de juiste context te zien, werken we vanuit het verleden naar het heden. We gaan eerst in op de kenmerken van het bouwproces, die grotendeels te begrijpen zijn uit de opvatting van de overheid en samenleving ten aanzien van dat proces van de vorige eeuw (grootschalig, integraal). Vervolgens gaan we in op de hedendaagse veranderlijkheid van de sector.

Figuur 2.1 Betrokken actoren in de fasen van bouwproces



Er zijn veel actoren betrokken bij alle fasen van het bouwproces. Van grondeigenaren, financiers, adviseurs (o.a. architecten), bouwers en leveranciers tot de gebruikers en eigenaren van de gebouwen. De ontwikkeling, gebruiksfase en sloopfase zijn gekoppeld aan de zogenaamde R-ladder die de mate van circulariteit aangeeft met verschillende strategieën. Hoe hoger op de ladder hoe meer circulair de strategie is. Bron: HilgersomDeen duurzaam, 2020.

2.2 Geïstitutionaliseerde massawoningbouw in de tweede helft van de twintigste eeuw

De kenmerken van de Nederlandse bouw zijn mede het gevolg van sterke overheidssturing op de ruimtelijke ordening en de spelregels voor de bouw en gebouwen (Faludi, A., Valk A. van der, 1994; Healey, P., 2004). De langjarige en nog voortdurende overheidssturing heeft enkele frappante gevolgen voor kenmerken van de Nederlandse bouw, die we hier aanstippen.

Ten eerste zijn ‘grootschalig’ en ‘integraal’ sleutelwoorden om de Nederlandse praktijk te typeren. Sinds de woningwet van 1901 zijn er opeenvolgende situaties van schaarste aan gebouwen, vooral van woningen geweest. Na WOII is het tempo van woningbouw door industrialisatie opgevoerd. In de periode 1950 tot 2000 zijn 5,1 miljoen woningen gebouwd (en er is ook gesloopt (CBS, 2021), waarvan een groot deel in integraal geplande wijken. (Woon)wijken worden in Nederland bij voorkeur als één geheel ontworpen en ontwikkeld. Woningen, infrastructuur, groen en publieke voorzieningen worden zoveel mogelijk als een samenhangende ontwikkeling aangepakt zowel in ontwerp voor de wijken als in de financiering (het proces van ‘rekenen & tekenen’, zie bijvoorbeeld Sorel et al. 2011). Sinds de opkomst van planmatige ruimtelijke ordening aan het einde van de negentiende eeuw (Klerk, L. de, 2008) is deze cultuur bij voortduring gereproduceerd, van de ‘bloemkoolwijken’ van de jaren zeventig tot de grootschalige VINEX-locaties die sinds halverwege jaren negentig zijn gebouwd. In de huidige discussie over de bouw van een miljoen woningen komen ook weer nieuwe “grootschalige integrale woningbouwgebieden” (BZK, 2022) in beeld, waarbij het idee van wat ‘integraal’ is, verder wordt aangevuld met meer actuele thema’s zoals klimaatadaptatie en energietransitie (Kuiper, R. & M. Spoon, 2022, PBL, 2021).

Ten tweede is de manier waarop de grondmarkt werkt, bepalend voor de huidige Nederlandse praktijk. Naast de grootschaligheid van de bouwpraktijk, zorgt de sterke overheidsregulering ook voor schaarste aan bouwlocaties (zie bijvoorbeeld (CPB, 2017; Rouwendal, J., Koomen, E., 2022). Een stijging van de vraag naar woningen (of kantoren), kan niet makkelijk gevolgd worden door een stijging van het aanbod van vastgoed door het verhogen van de bouwproductie omdat ‘vrije bouwgrond’ niet zondermeer voorhanden is. Daar gaat een tijd van planvorming, procedures en vergunningen overheen.

Het was (en is) voor bouwbedrijven en projectontwikkelaars daarom strategisch van belang zich via de grond in te kopen, een praktijk die zich sinds de VINEX heeft ontwikkeld. De concurrentie tussen bouwbedrijven – zichzelf soms meer verbreed tot projectontwikkelaars - vindt daardoor deels plaats op de grondmarkt met andere grondspeculanten in plaats van alleen op de woningmarkt (Louw, E. et al., 2003; Buitelaar E., Meijer R., 2022). Wanneer het aanbod van bouwlocaties namelijk beperkt is – via het ruimtelijk orderingsbeleid – valt daarmee de concurrentie tussen de bouwbedrijven op de markt voor “het beste gebouw” weg en daarmee een deel van de prikkel om tot innovatieve bouwwerken te komen (Arnoldussen, J. et al., 2017). Om die grondposities in te nemen en de grote projecten aan te kunnen zijn het vooral de grote ontwikkelaars die in aanmerking komen voor een risicodragende participatie in de gebiedsexploitatie van projecten. Bovendien hebben ze landelijk al vele duizenden en zelfs tienduizenden hectaren in portefeuille (Buitelaar, E., Segeren, A., Kronberger, P., 2008). Daarbij vormen die grondposities niet alleen een manier om zich in de markt in te kopen. De winst op een strategische inkoop van (landbouw)grond waarop later gebouwd mag gaan worden is in principe hoger dan door “stenen stapelen” (Buitelaar E., Meijer R., 2022). Met het gebouw wordt de grond verkocht: die is voor de ontwikkelaar niet

meer van waarde. Daardoor is de oorspronkelijke initiatiefnemer niet meer in beeld als de gebouwen het einde van hun economische of technische levensduur bereiken.

Ten derde is regulering een kenmerk van de Nederlandse praktijk. Waar en wat gebouwd mag worden, wordt gereguleerd door de regels op de ruimtelijke ordening, voor een specifieke plek en gebouw is met name het bestemmingsplan (na inwerkingtreding van de Omgevingswet het omgevingsplan) van belang. In een bestemmingplan worden ruimtelijk relevante regels gesteld aan bijvoorbeeld de locatie op een kavel, bouwhoogte en voor welke functie(s) de locatie gebruikt mag worden (bijv. wonen, kantoor of detailhandel). Welke materialen gebruikt mogen worden en hoe die moeten worden toegepast is gereguleerd in het bouwbesluit. Tot slot zijn er allerlei spelregels voor de milieulast die de bouw, een gebouw en de productie van bouwmaterialen mogen hebben. De spelregels zijn niet statisch, maar ze veranderen langzaam.

2.3 De huidige situatie, padafhankelijkheid en innovativiteit

De organisatie van de sector maakt dat de bouwsector als geheel als behoudend en risicomijdend wordt getypeerd en waar telkens kostenbeheersing een belangrijke drijfveer is achter keuzes, meer dan innovatie (Arnoldussen, J. et al., 2017). De hiervoor beschreven ‘cultuur’ van grootschalige en integrale gebiedsontwikkeling maakt dat een projectontwikkelaar of bouwbedrijf als centrale spil in de constructiefase over het algemeen een kapitaalkrchtig en groot bedrijf moet zijn. Dat blijkt ook uit de productiecijfers. Ongeveer 45% van de woningen werd gebouwd door de 20 bouwbedrijven met het grootste aantal opgeleverde nieuwbouwwoningen in 2019/2020 (PropertyNL 2020, 2021, bewerking PBL²).

Die grote bedrijven betrekken veel van de ongeveer 200.000 bedrijven die de afgelopen jaren werkzaam zijn in de sectoren algemene en gespecialiseerde bouw (CBS, 2023p) bij hun projecten. De bouwsector werkt over het algemeen sterk projectmatig³, waarbij op locatie het vastgoed gebouwd wordt. Daarbij zijn vele handen en specialismen nodig. Dat begint bij het ontwerp (architect en constructeur) en vervolgt via de toelevering van bouwmaterialen (met eventuele tussenstap in de vorm van groothandel), heiers, metselaar, timmerlui, elektriciens tot en met de gespecialiseerde kitter.

Het bouwproces vraagt daarom een uitgekiende planning en vertraging in een onderdeel werkt door in de fasen erna. Dat vraagt wat van de planning voor het tijdig beschikbaar hebben van de juiste onderaannemers, maar ook wat betreft materialen. Omdat gebouwen *in situ* worden gebouwd is de opslagruimte vaak beperkt en zal ook de materialen stroom *just in time* op de bouwplaats beschikbaar moeten zijn.

Naast arbeidsintensief is de bouw ook conjunctuurgevoelig. Vraaguitval of stagnatie van de orderportefeuille maakt dat personele kosten dan zwaar drukken op het bedrijfsresultaat. Deze

² Omdat niet van alle ondernemingen de cijfers bekend zijn over beide jaren, is het gemiddelde opgeleverde aantal nieuwbouwwoningen 2019-2020 gebruikt; of alleen het cijfer over 2019 of alleen over 2020 genomen en zijn zo 20 bedrijven met de meeste opgeleverde nieuwbouwwoningen geselecteerd; zie ook bijlage 2.

³ Hiertegenover staat bijvoorbeeld een *fabrieksmatige* aanpak, waarover later in dit hoofdstuk meer.

conjunctuurgevoeligheid en projectmatig gespecialiseerd werk maken dat de bouw voor een groot deel uit heel veel kleine (zzp, twee persoons) bedrijfjes bestaat. De personele kosten en de kosten van uitbesteed werk (i.e. onderaannemers) bedragen in de bouw 51 procent van de netto-omzet. Dat is het hoogste van alle sectoren (Buijs M., 2021).

Marges in de bouw zijn niet groot, wat ingrijpende innovaties dempt (Arnoldussen, J. et al., 2017). In de gefragmenteerde bouwkolom proberen vele afzonderlijke bedrijven het surplus (marge, winst) naar zich toe trekken. Er is geen sprake van verevening tussen verschillende stapjes in productieproces (i.e. de marge van architect wordt niet gedeeld met de kitter). Bij aanvang van het project wordt met de opdrachtgever een prijs overeengekomen. Omdat bouwprojecten over het algemeen een lange doorlooptijd kennen is het resultaat van het bouwbedrijf gevoelig voor tussentijdse prijsstijgingen van loonkosten van onderaannemers en materiaalkosten – ook al kunnen die deels doorberekend worden.

Er is nog een effect van de organisatie van de bouw met een keten van partijen die van elkaar afhankelijk zijn en dat is dat *verantwoordelijkheid* en *aansprakelijkheid* belangrijke factoren zijn in de institutionalisering van de bouw. Vastgoed moet decennia veilig en bruikbaar blijven, het projectmatige karakter maakt dat gebouwen vaak onderling weer net van elkaar verschillen en *als* er iets misgaat willen partijen aansprakelijkheid voorkomen (AT Osborne, 2021). Normering en certificering (van bedrijven, van materialen zelf en de wijze van toepassing) spelen een belangrijke rol daarin. Gecombineerd met regels en normen die door de EU en de Rijksoverheid aan de bouw worden gesteld vanuit het beschermen van eigenaren en gebruikers en bescherming van het milieu maakt dat de bouw - naast de ruimtevaart – door TNO getypeerd wordt als de strengst gereguleerde industrie van Europa (TNO, 2012).

In dat complexe, geconsolideerde krachtenveld heeft de sector ook grote innovatieve kracht. Zo zijn comfort en een gezond binnenklimaat in de afgelopen decennia wezenlijk verbeterd. Nieuwe onderhoudsvriendelijke materialen zijn ontwikkeld. Er is meer diversiteit in woningbouw (bv 'tiny house') en verstedelijkingstypen (bv autoarme wijken). Industrialisatie zet door, met meer prefab en modulaire bouw. Ook zijn er nieuwe arrangementen (klushuizen, Collectief Particulier Opdrachtgeverschap, turnkey), nieuwe materialen (zoals warm beton, 3D printen, Cross Laminated Timber (CLT) en ontwikkelingen in bouwtempo, logistiek en instrumenten.

Terugkomend op de vraag die we in dit rapport hebben gesteld, namelijk wat de uitgangssituatie in de bouw is wat betreft het grondstoffen- en materiaalgebruik in een ruimtelijke-geografische context, leert bovenstaande dat in de bouwsector veel verschillende partijen, belangen, en handelingen samen komen. Daarom is het van belang de transitie ook vanuit het institutionele systeem te bekijken, en niet alleen naar de materialen, of alleen naar de bouwfase (Nabielek, P. et al., 2023).

DEEL B MATERIALENVOORRAAD GEBOUWEN

3 Gebouwenvoorraad en secundaire bouwmaterialen

3.1 Inleiding

Een van de strategieën om circulair bouwen te bereiken is het langer benutten van de voorraad, dus door de levensduurverlenging van gebouwen. Gebouwen kunnen langer worden gebruikt als ze opgeknapt kunnen worden, en eventueel tot een andere functie kunnen worden getransformeerd. Dit hoofdstuk beschrijft de orde grootte van de voorraad, van het aantal banen (economische omvang) en van de bestaande recycling op niveau van materialen, waarbij we de opbouw van de ketens volgen zoals ook in de andere hoofdstukken.

In strikte zin zijn in de bouw met levensduurverlenging en recycling van materialen al twee circulariteitsstrategieën normaal. Ten eerste, is de gebouwenvoorraad ten opzichte van bijvoorbeeld consumentenproducten een trage voorraad. Veranderingen gaan langzaam, gebieden, gebouwen, en materialen vinden na tientallen jaren een nieuwe bestemming. Gebouwen worden slechts zelden aan de voorraad onttrokken als een eigenaar na gebruik vertrekt. En er komen per saldo steeds gebouwen bij. Daardoor accumuleert de voorraad (Hanemaaijer, A. et al., 2023).

De lange levensduur wordt ondersteund door onderhoud, verbeteren en ombouwen van de gebouwenvoorraad en heeft daarmee ook een economische betekenis. Er zijn dan ook veel banen mee gemoeid zoals bij beheer en verhuur van onroerend goed, woningbedrijven en woningbouwverenigingen, interieurreiniging en glazenwassen en glaszetten. Hoewel lastig af te bakenen welke activiteiten aan levensduurverlenging van gebouwen toegerekend kunnen worden, is een ruwe inschatting dat hiermee ongeveer 175 duizend voltijdsbanen gemoeid zijn (Lisa, 2019). Hieraan moet het deel van de bouw- en klusbedrijven, de installatiebranche en badkamer en keukenbranche e.d. dat zich richt op onderhoud, verbouw en transformatie worden toegevoegd. Maar er is geen onderscheid in banen naar nieuwbouw en onderhoud, verbouw en transformatie voor deze sectoren voorhanden.

Ten tweede, omdat de sloop uit de bouw al een grotendeels gesloten systeem is. Van de materialen afkomstig van bouw- en sloop uit alle sectoren wordt 95% gerecycled (RWS, 2020). Vaak is het hergebruik wel laagwaardig terwijl een circulaire economie om hoogwaardig vraagt. Slechts 8% krijgt een gelijkwaardige of betere toepassing bij recycling (Conde, A., Sutherland, A. 2022).

3.2 Secundaire gebouwen en bouwmaterialen

3.2.1 Voorraad van gebouwen en materialen

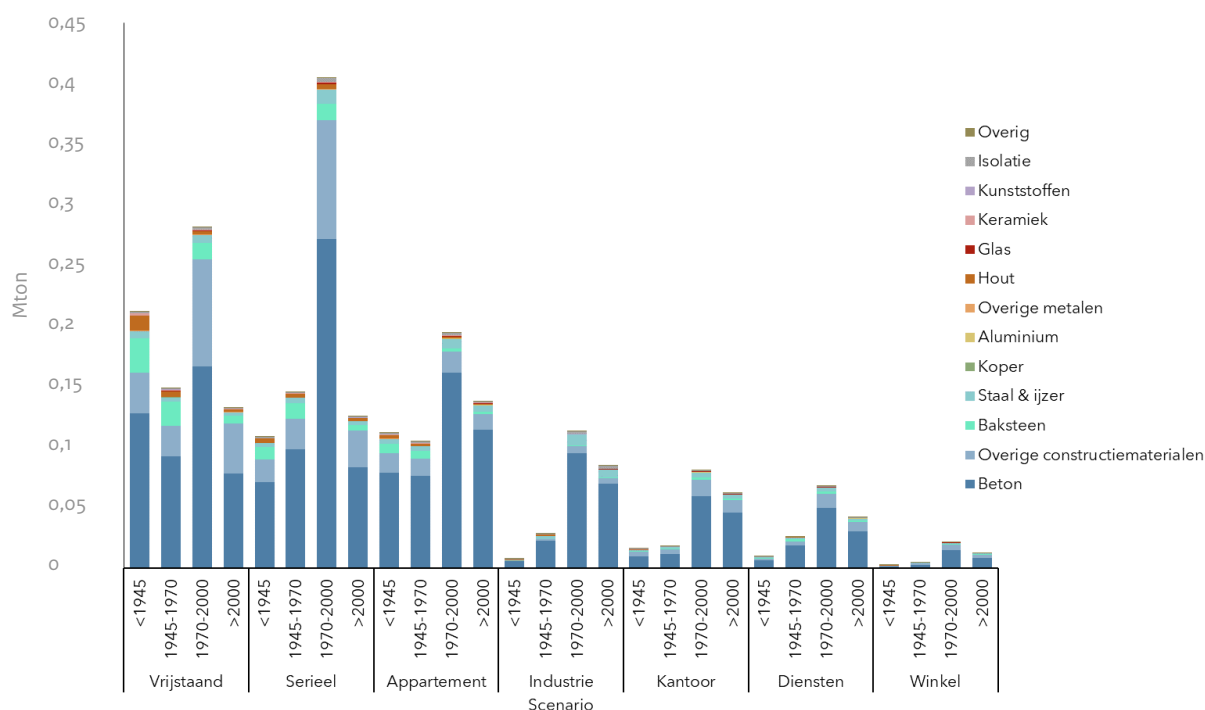
In de bestaande voorraad gebouwen zijn veel materialen voor lange tijd vastgelegd. Die kunnen ook weer vrijkomen voor recycling. Het idee om materialen uit de bestaande stad te winnen, wordt wel *urban mining* genoemd (Hajer M., Dassen T., 2014; Oorschot, J. van, Voet E. van der, et al., 2021). Dit concept heeft overigens niet alleen betrekking op gebouwen, waar we het hier over hebben,

maar ook de apparaten, kleding, verpakkingen en voertuigen e.d., die zich in de stedelijke omgeving bevinden.

In tegenstelling tot geëxploiteerde natuurlijke mijnen, groeit de *urban mine* vanwege de toename van de gebouwvoorraad. Sinds 2000 was de bouwproductie voor woningen zo'n 45 duizend woningen per jaar gemiddeld (CBS, 2021). In totaal staan er ongeveer 9,2 miljoen gebouwen in Nederland, waarvan het overgrote merendeel woningen (CBS, 2022a). De voorraad omvat een totale massa van meer dan 2.710 Mton in 2018, en is daarmee de grootste voorraad die de Nederlandse samenleving heeft (Oorschot J. van et al., 2023).

De voorraad gebouwen is te kenmerken langs bestemming, bouwjaar en materialisatie. Van de 9,2 miljoen gebouwen in 2022 zijn er 8 miljoen woningen en 1,2 miljoen met andere functies zoals kantoren, industriële gebouwen (incl. hallen), hotels, winkels, gezondheidszorg en onderwijs (CBS, 2022a). De bestemming heeft invloed op de materiaalstaat. Het ontwerp heeft invloed op mogelijke herbestemming. Ook het bouwjaar heeft een relatie met materiaal. Verreweg de meeste gebouwen in Nederland zijn tussen 1950 en 1990 gebouwd. In die periode was er een woningtekort, groeide de bevolking, en nam industriële bouw toe (Klerk L. de, Wouden R. van der, 2021). Sinds 1950 veranderde evenwel de samenstelling van gebouwen. Nieuwe materialen werden ingezet, bouwtechniek werd geoptimaliseerd, zie figuur 3.1. Onder invloed van vraagstukken rond verduurzaming is sinds de jaren 1990 meer aandacht voor onderhoudsarme materialen, en meer isolatie. Daarnaast is meer elektrische techniek aan woningen toegevoegd, wat terug te lezen is in toename van kabels en leidingen en apparaten.

Figuur 3.1 Materiaalvoorraad in Nederlandse gebouwen per bouwcohort en gebouwtype, 2018



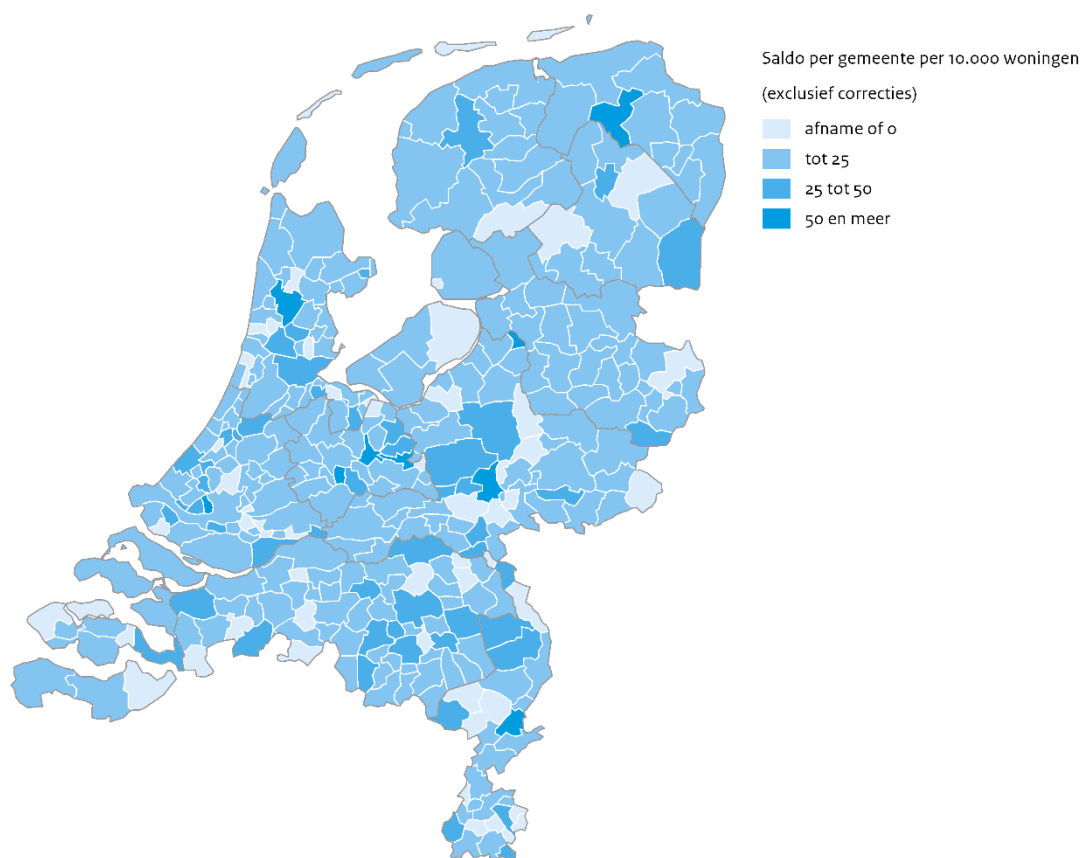
Bron: Oorschot J. van et al. (2022)

De gebouwen- en materialenvoorraad groeit. In de periode 2012 tot en met 2021 zijn bijna 104 duizend woningen door transformatie van o.a. kantoren aan de woningvoorraad toegevoegd (CBS, 2023a). Daarnaast zijn door woningsplitsing en woningsamenvoeging en verbouw per saldo bijna

35 duizend woningen toegevoegd in deze periode. In totaal gaat het gemiddeld bijna 14 duizend mutaties in de bestaande voorraad per jaar (CBS, 2023a).

In figuur 3.2 is per gemeente het aantal woningen in beeld gebracht waarvan de levensduur in 2021 is verlengd door transformatie, splitsing, samenvoeging en verbouw van gebouwen. In totaal gaat het per saldo om 17.125 woningen die op deze wijze in 2021 aan de woningvoorraad zijn toegevoegd (CBS, 2023b).

Figuur 3.2 Door transformatie, splitsing, samenvoeging en verbouw aan de voorraad toegevoegde woningen in 2021



Bron: CBS (2021)

Transformatie, splitsing, samenvoeging en verbouw van woningen komt in 2021 voor in het merendeel van de gemeenten. In verhouding vaker in en nabij stedelijke regio's maar in regio's daarbuiten zoals in het oosten van Noord-Brabant.

Van de sinds 2000 toegevoegde gebouwen aan de voorraad vormt beton het grootste aandeel wat betreft materiaal, gevolgd door overige constructiematerialen (kalkzandsteen e.d.), baksteen en staal (Oorschoot J. van, Voet E. van der et al., 2021). Er is veel verschil tussen gebouwen, waarbij appartementen het meest materiaalintensief zijn per vierkante meter vloeroppervlak en distributie- en bedrijfshallen het minst. Dit komt doordat appartementengebouwen weinig vierkante meters vloeroppervlak beslaan maar wel hoog zijn en veel tussenmuren bevatten. Dit in tegenstelling tot bedrijfshallen die veel vierkante meters open ruimte beslaan en veelal maar 1 verdieping tellen. Vierkante meters zijn een goede eerste indicatie voor materiaalgebruik, en we

zien een trend dat de meeste typen in omvang toenemen, waarbij appartementen juist relatief kleiner blijven (CBS, 2022-c).

3.2.2 Gebruik van secundair materiaal

Een van de opties om de bouw meer circulair te maken, is werken met secundair materiaal. In 2020 bestaat het toegepast bouw materiaal (inclusief in GWW) voor 31 procent uit gerecycled materiaal (met name grote volumes wegfundering) (CBS, 2019; 2023-m). In de door RWS geregistreerde bouw gerelateerde afvalstromen uit alle sectoren is voor de meeste bouwmaterialen zichtbaar dat meer dan 98% van het afval wordt gerecycled. Deels zijn de toepassingen van het recycelaat echter nog laagwaardig zoals het gebruik van steenachtig materiaal voor fundering in de wegenbouw (Hanemaaijer, A. et al., 2021). Wat verder opvalt is dat houtafval voor 30% en isolatiemateriaal voor 37,5% wordt gerecycled. Houtafval wordt daarnaast vooral als brandstof gebruikt en isolatiemateriaal wordt vooral gestort (RWS, 2020).

Secundair materiaal in de bouw is vaak sloopafval uit de bouw zelf (Arnoldussen, J., Roemers, G. et al., 2020). Sloopmateriaal uit de bouw wordt voor een deel ingezet in de W&U-bouw, maar het grootste gedeelte gaat naar de grond-, weg- en waterbouw. De woning en utiliteitsbouw produceerde in 2019 ongeveer 4,9 Mton sloopafval.

Bij de inzet van secundair materiaal is er wel een afruil. Hoewel de inzet van secundair materiaal leidt tot minder inzet van primair materiaal, kost het wel arbeid, materieel, water, en energie om materialen opnieuw inzetbaar te maken. Zo wordt een deel van de positieve effecten van de inzet van secundair materiaal op het milieu tenietgedaan. Daarom kan het lonen om niet het materiaal te recyclen maar het hele bouwdeel, of zelfs een uitgezaagd stuk van een bouwdeel. Ook dan zullen er overigens verliezen zijn, omdat materialen niet precies passen in de volgende toepassing, of omdat ze tijdens demonteren/remonteren stuk gaan. Daarnaast zijn er vraagstukken bij het toepassen van hergebruikte materialen, omdat die bijvoorbeeld niet gecertificeerd zijn (HilgersomDeen duurzaam, 2020; AT Osborne, 2021).

De materialen die vrijkomen uit de sloop zijn logischerwijs terug te herleiden op kenmerken van de voorraad die gesloopt wordt. In 2014 waren serieel gebouwde gezinswoningen en appartementen uit de bouwklassen 1945-1970 sterk vertegenwoordigd (Arnoldussen, J., Roemers, G. et al., 2020). Deze gebouwen waren 'aan de beurt' om gesloopt te worden, vanwege hun relatief mindere kwaliteit en de toenemende kwaliteitseisen die vandaag de dag aan woningen worden gesteld. Daarnaast heeft de eigendomssituatie invloed: woningcorporaties die deze woningen veel in bezit hebben, slopen relatief meer.

Gesloopte materialen of verwijderde onderdelen van gebouwen worden op verschillende manieren opnieuw aangeboden. Er zijn bijvoorbeeld gespecialiseerde bedrijven die gebruikte bouwmaterialen aanbieden, vaak via een website, en in het geval van historische bouwmaterialen stichtingen om de eindige voorraad verstandig te verdelen over kandidaten.

Naast secundair materiaal uit de bouw zelf, komt er ook materiaal uit andere sectoren zoals bijvoorbeeld RO-gips en hoogovencement. Op dit terrein kunnen nog innovaties verwacht worden. Over de omvang van het gebruik van dit soort secundair materiaal in de bouw is nu nog weinig structureel bekend. Een extreem, en vrij zeldzaam, voorbeeld is het gebruik van afgedankte autobanden bij het bouwen van muren door ze op te vullen met aarde (Bouwwereld.nl, 2013;

Aardehuis.nl, 2022). Wellicht meer voor de hand liggend is het hergebruik van plastic, en textiel uit andere sectoren.

De bouw (incl. GWW) is na verpakkingen met 20% (ruim 0,4 Mton) één van de grootste afnemers van plastic voor toepassing in onder meer PVC buizen, folies en profielen. En de bouw (incl. GWW) is ook een grote bron van plastic afval, bij benadering 0,07 Mton in 2018 (NIBE, 2022).

Nu worden nog geen gebouwen van plastic als constructiemateriaal gemaakt, maar er bestaan wel plastic bouwmaterialen zoals kozijnen, platen, vulmiddelen. Ook wordt gewerkt aan modulaire bouwblokken van gerecycled plastic (Bouwwereld.nl, 2021). Er wordt ook gewerkt met toepassingen van afgedankt textiel dat is verwerkt tot bouw materiaal in de vorm van o.a. viltplaten voor akoestische en thermische isolatie (Recycling Nederland, 2022; Groenebouwmaterialen.nl).

Bouw- en sloopafval uit de bouw wordt ook als secundair materiaal gebruikt in andere sectoren. Het bekendste voorbeeld is het gebruik van granulaat van beton- en steenafval voor de ondergrond in de wegenbouw. Een ander voorbeeld is het omzetten van afgedankt plastic plaatmateriaal naar grondstof voor verf. Denk ook aan meubels van afgedankte houtmaterialen. De wijze waarop gebouwd wordt is in grote mate bepalend voor de mogelijkheden tot hergebruik. Zo vergemakkelijkt demontabel bouwen zonder verlijming en kitten de recycling (DesignDigger, 2021).

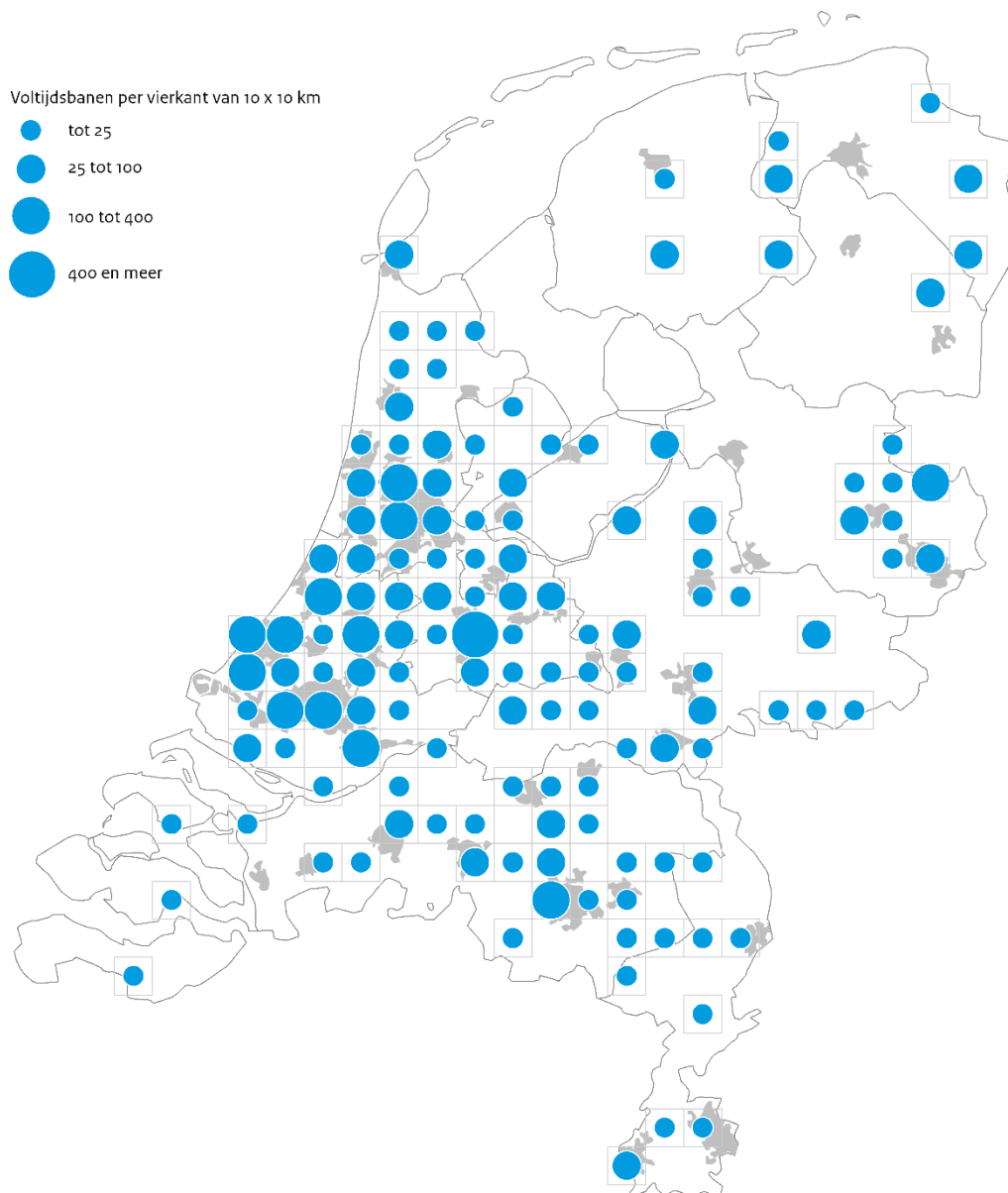
3.3 Uitgebruikname van gebouwen en verwerking van afvalstromen

Aan het einde van de levensduur, of omdat voor de grond een andere bestemming is, wordt een gebouw uit gebruik genomen en gesloopt. De bouwsector, inclusief GWW, is met ruim 24 Mton in 2020 goed voor 40% van het afval van de Nederlandse economie (CBS, 2020a). Bijna 75% van het bouw- en sloopafval is afkomstig uit de grond-, weg- en waterbouw, ruim 21% uit de woning en utiliteitsbouw. Het overige deel is afkomstig van huishoudens en overige sectoren (RWS, 2020).

Met de sloop van gebouwen en verwerking van vrijgekomen materialen zijn ruim 12 duizend voltijdsbanen gemoeid (Kok J., Koning M., 2019). Per gebouw kan steeds meer verdiend worden aan sloop, ook vanwege circulaire doelen (Kok J., Koning M., 2019).

Figuur 3.3 geeft een beeld van de spreiding van de werkgelegenheid in de sloop van bouwwerken op basis van het LISA bedrijfsvestigingenregister. De meeste sloopwerkzaamheden concentreren zich rond de grote steden in met name de Randstad en Noord-Brabant. In de provincies Noord- en Zuid-Holland en Utrecht worden bij elkaar ruim 40% van de sloop van gebouwen in 2021 gerealiseerd (CBS, 2022a).

Figuur 3.3 Werkgelegenheid in de sloop van bouwwerken (incl. GWW), 2019



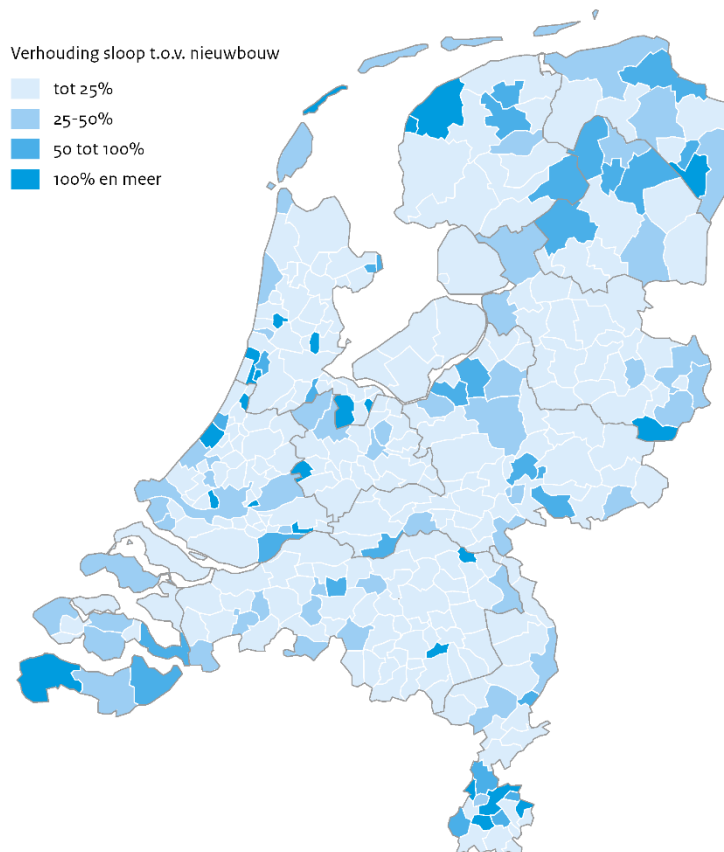
Bron: LISA (2019) bewerking PBL

Voor dit spreidingsbeeld van de werkgelegenheid in de sloop van bouwwerken is uitgegaan van de het LISA-bedrijfsvestigingen met in totaal ruim 5,2 duizend voltijdsbanen. Kok & Koning (EIB) komen op een hogere schatting uit dan LISA, namelijk op 12.000 werkenden. Die schatting gaat over alle arbeid die gebruikt wordt voor de sloopsector, dus naast werknemers, maar ook meewerkende eigenaren, inhuur van bedrijven, zzp'ers en uitzendkrachten. Een deel van de bedrijven werken in meerdere markten (vooral de grotere bedrijven) en zijn om die reden niet altijd bij LISA of CBS tot de sloopsector gerekend. Enkele grote sloopbedrijven bijvoorbeeld worden toegerekend aan het grondverzet of andere SBI-codes in de bouw. Dit geldt ook voor asbestverwijderingsbedrijven.

Als we kijken naar de verhouding naar het patroon van waar het meest woningen en niet-woningen worden gesloopt in verhouding tot de nieuwbouw in dezelfde regio zien we een ander beeld (figuur 3.4). Het laat een verspreid beeld zien waarin een aantal (voormalige) krimpregio's zoals Zeeuws-Vlaanderen, Zuid-Limburg en Oost-Groningen zichtbaar zijn naast een aantal verspreid liggende

regio's, waar evenveel of meer gebouwen worden gesloopt dan er als nieuwbouw worden neergezet. In 2021 zijn in Nederland bijna 14.700 gebouwen gesloopt. In 24 gemeenten was sprake van sloop van gebouwen die in aantal gelijk of groter was dan het aantal gerealiseerde nieuwe gebouwen. Omdat het (steenachtige) materiaal uit de sloop van gebouwen zwaar is en doorgaans een lage waarde vertegenwoordigt, is het transport daarvan relatief duur. Daarom is van belang om te weten *waar* gesloopt wordt voor een efficiënte herbestemming van secundaire materialen.

Figuur 3.4 Verhouding sloop van gebouwen ten opzichte van nieuwbouw van gebouwen, 2021



Bron: CBS (2021)

Bij 100% en meer worden er evenveel of meer woningen en niet-woningen gesloopt dan er als nieuwbouw worden neergezet in een gemeente.

DEEL C MATERIAALKETENS BOUW

4 Betonketen

4.1 Kenschets

Beton is samengesteld uit industriezand, grind (of granulaat) en water en wordt vermengd met bindmiddel cement en vul- en hulpstoffen. Het wordt in de bouw gebruikt voor onder meer funderingen, vloeren, wanden, draagconstructies, tegels, stenen en dakpannen. Daarbij worden bij toepassingen waar vooral trekkrachten spelen ook wapeningsstaal in het beton gebruikt. Dit is vaak het geval bij funderingen, vloeren en wanden. Beton wordt in de vorm van natte mortel als stortklare beton voor op de bouwplaats geproduceerd en in de vorm van uitgeharde prefab betonelementen.

In Nederland wordt jaarlijks zo'n 32,4 Mton beton geproduceerd waarvan zo'n 65% wordt toegepast voor de woningbouw en utiliteitsbouw in 2020 (Betonhuis, 2023). Import en export van beton(producten) speelt nauwelijks een rol. Maar bij de grondstoffen zand, grind en cement en wapeningsstaal is dit wel relevant.

De betonketen biedt in 2019 werk aan ongeveer 15 duizend voltijdsbanen⁴ waarvan 8,5% zelfstandigen⁵ met name bij het vlechten van betonstaal (LISA, 2019). Dit is inclusief de werkgelegenheid ten behoeve van de grond-, weg-, en waterbouw.

Sloopafval van beton uit de bouw is een belangrijk onderwerp voor de circulaire economie (Arnoldussen, J., Roemers, G. et al., 2020). Van het bouwafval was in 2020 beton de grootste fractie, zowel in gewicht als volume. Van het geregistreerde betonafval (incl. uit de GWW) wordt in 2018 ruim 99% gerecycled (RWS, 2020). Het percentage zegt niets over de wijze van recycling. De recycling van beton was tot voor enkele jaren uitsluitend laagwaardig als ondergrond in de wegenbouw. Inmiddels zijn er technieken om uit het beton het zand, grind en niet-gereageerd cement terug te winnen en opnieuw te gebruiken voor beton. Ook het hergebruik van het betonnen casco van een gebouw kan. Zo'n 250 bedrijven in Nederland houden zich bezig met de recycling van betonpuin en gemengd puin.

In de totale materialenvoorraad van de bestaande woningen en utiliteitsbouw in 2020 is een massa van bijna 1.900 Mton beton in gebruik (Oorschot, 2023). Via sloop en herbestemming komt jaarlijks hiervan een klein gedeelte beschikbaar voor recycling en hergebruik.

⁴ Voor dit onderzoek wordt uitgegaan van bedrijfsvestigingen met minimaal één voltijdsbaan. Vestigingen met alleen parttimebanen zijn buiten beschouwing gelaten. Alleen voltijdsbanen zijn geteld.

⁵ Van de bedrijfsvestigingen in de LISA-registratie met 1 voltijdsbaan wordt aangenomen dat het merendeel daarvan zelfstandige ondernemers betreffen en worden in deze studie daarom aangeduid als zelfstandigen

Tabel 4.1 Betonketen

Producten: gebruik, productie en im- en export (incl. voor GWW), 2020 (Mton)

	Aantal
Betongebruik, totaal	32,4
- waarvan voor de W&U-bouw	21,1
Cementgebruik	5,0
Productie van stortklaar beton (niet vuurvast)	11,0
Productie van mortel	2,9
Productie van blokken en stenen voor de bouw	4,9
Productie van prefab bouwelementen	4,2
Import (stortklare) beton en mortel	0,100
Export (stortklare) beton en mortel	0,074
Import bouwelementen, blokken, stenen, dakpannen, tegels	1,8
Export bouwelementen, blokken, stenen, dakpannen, tegels	1,4

Betonhuis (2023); CBS (20230; 2023e; 2023g)

Werkgelegenheid in Nederland (incl. voor GWW), 2019 (x 1000)

	Aantal
Voltijdsbanen, totaal	15,0
- waarvan zelfstandigen	1,3
Bedrijfsvestigingen	2,1

LISA (2019)

Grondstoffen: winning en im-en export (incl. voor GWW), (Mton)

	Aantal
Winning zand en grind, vooral in Limburg, Overijssel, Gelderland, Utrecht en Noord-Brabant, 2021	22,2
Import zand en grind, vooral uit Duitsland, 2021	22,1
Export zand en grind, 2021	15,1
Import (portland)cement(klinker), vooral uit Duitsland en België, 2020	1,8
Export (portland)cement(klinker), 2020	0,3
Leidingwater en bron- en oppervlaktewater voor beton (x miljard liter per jaar)	2,2
Wapeningsstaal, jaarlijks	0,5

CBS (2023c; 2023f); CE Delft (2013)

Voorraad vastgelegd in huidige bouwvoorraad-‘urban mine’, 2018 (Mton)

	Aantal
Beton, 2018	1878

CML (2023)

Afval van bouw en sloop uit W&U en bouwmaterialenindustrie, 2020 (Mton)

	Aantal
Betonafval	0,6

RWS (2020)

4.2 Geografie

Met zand, grind, water, bindmiddel cement en toevoegstoffen wordt beton in Nederland op veel locaties vervaardigd en verwerkt tot betonproducten. Zand en grind wordt in Nederland zelf gewonnen. Het grovere industriezand komt uit de bovenstroomse delen van de rivieren in Limburg, Noord-Brabant, Gelderland, Overijssel en Utrecht (CE-Delft, 2022). Grind wordt vooral in Limburg gewonnen. Ook komt veel zand en grind uit het buitenland, vooral uit Duitsland (CBS, 2023c). Het zand en grind voor de betonproductie wordt voornamelijk per schip vervoerd. De betonproducenten zijn daarom veelal gevestigd op bedrijventerreinen aan een waterweg en beschikken over bunkers of silo's voor de opslag van bulkgrondstoffen (zand, grind, cement, toevoegstoffen). Zie Figuur 4.1.

In 2019 werd 5 Mton cement in Nederland gebruikt (incl. GWW). De cementindustrie is voor haar grondstof kalksteen afhankelijk van importen uit voornamelijk Duitsland en België (CBS, 2020), sinds er geen kalksteen meer wordt gewonnen in Nederland. In Nederland worden relatief veel alternatieve cementmiddelen als vliegashoudend cement en hoogovenslak gebruikt bij de productie van beton.

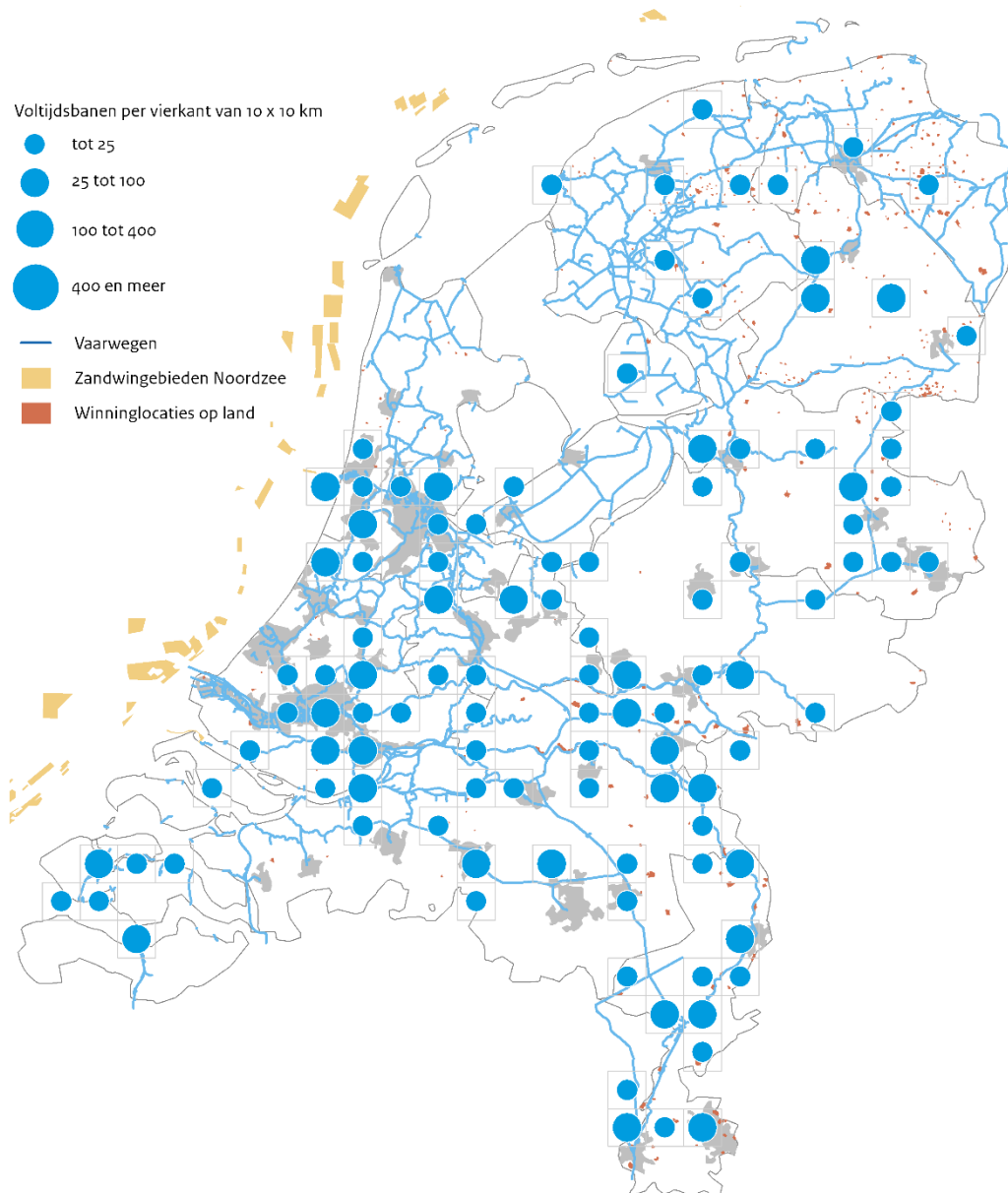
Leidingwater voor de productie van beton voldoet, maar ook schoon bron- en oppervlaktewater of spoelwater van betonmortelcentrales kan worden gebruikt. Voor de totale Nederlandse productie gaat het om ongeveer 2,2 miljard liter water (Betonhuis, 2022).

Jaarlijks wordt in Nederland bijna 20 Mton aan gewapend beton toegepast binnen de woning- en utiliteitsbouw, inclusief zo'n 0,5 Mton wapeningsstaal (CE Delft, 2013). Wapeningsstaal bestaat voor 70% of meer uit secundair staal.

De productie van beton vindt in twee sporen plaats (incl. GWW): natte mortel en (uitgeharte) betonelementen of -producten. Zo'n 100 betoncentrales maken hoofdzakelijk natte betonmortel dat per vrachtauto naar bouwplaatsen gaat voor het storten van vloeren en wanden van gebouwen en kunstwerken. Het moet binnen zo'n 1,5 uur worden gestort/afgeleverd om de kwaliteit te behouden. Een betoncentrale is gemiddeld 2 ha groot (CE-Delft, 2022) en zijn ruimtelijk goed gespreid over Nederland om het overal op tijd te kunnen leveren (zie figuur 4.2).

Voor de prefabricage van betonelementen zijn zo'n 300 bedrijfsvestigingen. Kenmerkend van de locaties zijn zogenaamde 'tasvelden' waar betonproducten uitharden voordat deze verder over, vooral, de weg vervoerd worden voor gebruik. Afhankelijk of hierbij producten worden gestapeld of niet kunnen tasvelden bij een bedrijf een omvang hebben van enkele hectaren. Een prefab betonwarenfabriek vraagt gemiddeld zo'n 10 ha direct ruimtegebruik. Dit is exclusief eventuele ruimte benodigd voor milieuzoneringen (CE-Delft, 2022).

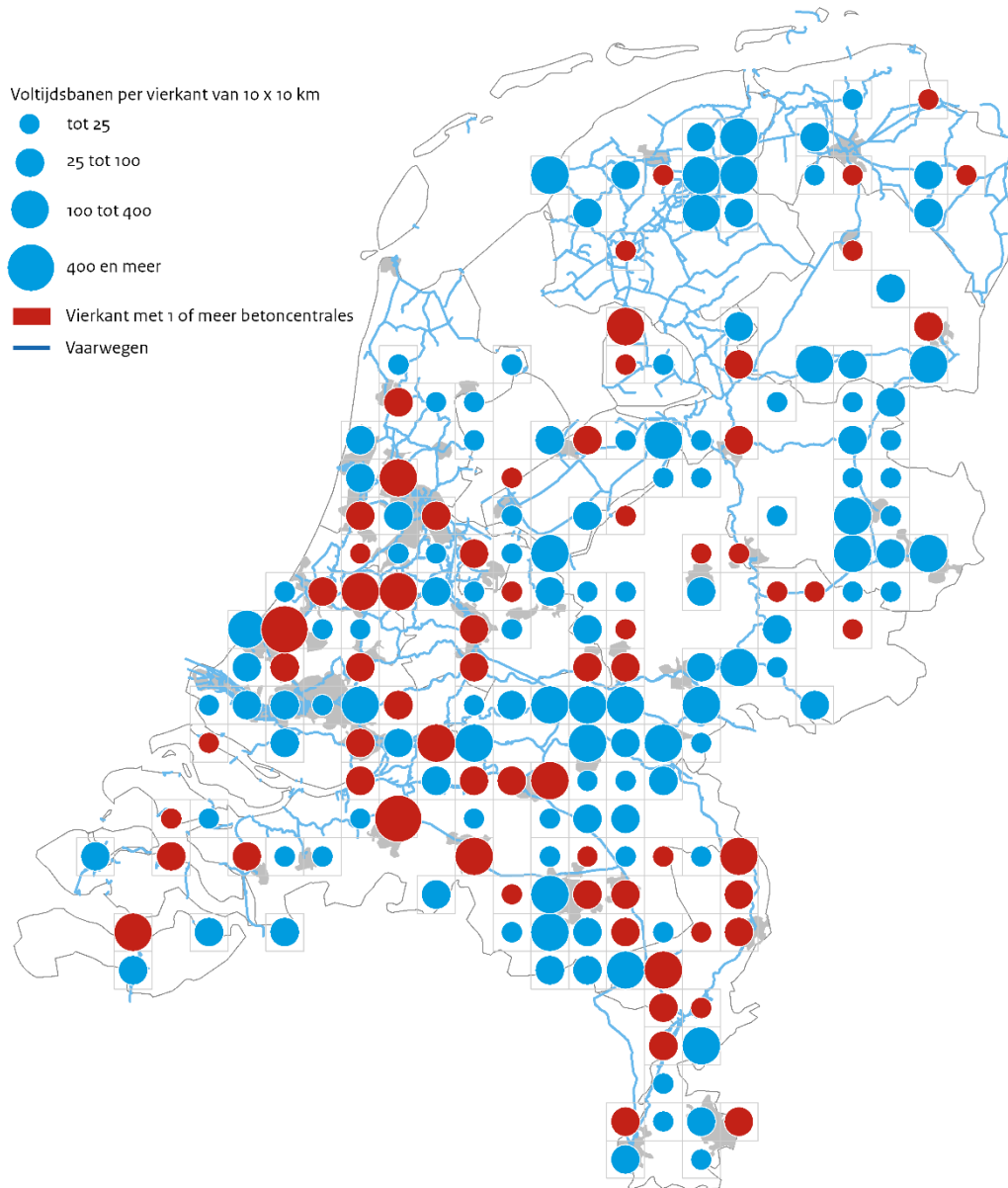
Figuur 4.1 Werkgelegenheid in winning en groothandel zand, grind en klei, 2019



Bron: LISA (2019) bewerking PBL, CBS (2017), RWS

Het merendeel van de bedrijvigheid in voltijdsbanen in de zand, grind en klei winning bevindt zich in en nabij het rivierengebied waar ook de meeste winlocaties voor industriezand, grind en klei te vinden zijn. Op de Noordzee wordt vooral ophoogzand gewonnen.

Figuur 4.2 Werkgelegenheid in cement, beton(producten) en vlechten wapeningsstaal, 2019 (incl. GWW)



Bron: LISA (2019) bewerking PBL

De betoncentrales voor stortklare beton (in rood aangegeven) zijn ruimtelijk redelijk evenredig verspreid over het land vanwege de beperkte verwerkingstijd van nat beton. De werkgelegenheid concentreert zich met name in de Randstad, midden van het land en in Brabant.

5 Houtketen

5.1 Kenschets

Hout is in de bouw traditioneel een veelgebruikt materiaal voor kozijnen, draagconstructies (voor o.a. daken), bekisting en afwerking van wanden en gevels. In opkomst is het gebruik van hout als draagconstructie in de houtskeletbouw (HSB) en in de massief houtbouw op basis van kruislings verlijmd houtplaten (CLT) met naast draagconstructies ook massief houten vloeren en wanden. Houtbouw is in 2017 zo'n 4% van de woningbouwmarkt (Probos, (2020b)).

Tabel 5.1 Houtketen

Producten: gebruik en im- en export

	Aantal
Houtgebruik in woning- en utiliteitsbouw, 2017 (x mln. m ³)	2
Houtbouw woningmarkt, 2017 (%)	4

Probos (2022, 2020b)

Werkgelegenheid in Nederland (incl. voor GWW), 2019 (x 1000)

	Aantal
Voltijdsbanen, totaal	46,7
- waarvan zelfstandigen (vooral bosbouw en bouw-timmeren),	17,0
Bedrijfsvestigingen	20,9

LISA (2019)

Grondstoffen: winning en im-en export (incl. voor GWW), (x mln. m³)

	Aantal
Primair industrieel rondhout gewonnen in Nederland	0,8
Import primaire houtproducten, 90% uit Europa	5,7
Export rondhout, gezaagd hout en plaatmateriaal in 2020	1,4

Probos (2020a)

Voorraad vastgelegd in huidige gebouwvoorraad-'urban mine', 2028 (Mton)

	Aantal
Hout	47

CML (2023)

Afval van bouw en sloop uit W&U-bouw en bouwmaterialenindustrie, 2020 (Mton)

	Aantal
Houtafval	0,15

RWS (2020)

In Nederland wordt jaarlijks ongeveer 0,8 miljoen m³ primair industrieel werkhout geproduceerd en 5,7 miljoen m³ aan primaire houtproducten (rondhout, gezaagd hout en plaatmateriaal (incl. tropisch hout) geïmporteerd (Probos, 2020a). Naar schatting wordt hiervan zo'n 2 miljoen m³ gebruikt in de woning- en utiliteitsbouw t.b.v. ramen, kozijnen, deuren, gevelelementen, houtconstructies en houtbouw (Probos, 2018).

De hout-keten omvat in Nederland bijna 47 duizend voltijdsbanen. Dit is inclusief bosbouw, zagerijen, groothandel, vervaardiging van houtproducten, en timmeren voor de bouw (door met name zelfstandigen) (LISA, 2019).

Hout heeft gunstige eigenschappen voor recycling. Afgeschreven dikke balken kunnen nog tot planken worden verzaagd. Afgeschreven planken kunnen tot plaatmateriaal worden verwerkt. Uiteindelijk levert het nog energie op. In 2017 werd ruim 1,3 Mton gebruikt hout verbruikt in Nederland, waarvan zo'n 70 procent werd ingezet als energiehout (Probos, 2022).

5.2 Geografie

Het bosareaal in Nederland is in 2018 met een percentage van bijna 11% beperkt in vergelijking met andere Europese landen (Eurostat, 2023). Het totale Nederlandse bos heeft een areaal van zo'n 373.000 ha. Hiervan is zo'n 74% beschikbaar voor (een vorm van) houtoogst (Probos, 2020a). Natuurdoelen en recreatie zijn belangrijker geworden.

Bijna 90% van de Nederlandse import komt uit Europa. Dit bestaat voornamelijk uit gezaagd naaldhout, gezaagd gematigd loofhout en plaatmaterialen. Slechts een klein deel komt uit andere werelddelen, waarbij Midden- & Zuid-Amerika en Zuidoost-Azië de boventoon voeren. Vanuit tropische regio's wordt gezaagd tropisch hardhout geïmporteerd, maar ook plaatmateriaal. Nederland is één van de grotere importeurs binnen Europa vanwege het beperkte eigen bosareaal waaruit kan worden geoogst (Probos, 2020a). Ook in het geval van gezaagd tropisch hardhout is Nederland binnen Europa één van de belangrijkste importeurs. Dit heeft te maken met het feit dat tropisch hardhout wordt gebruikt voor kozijnen, ramen en deuren, maar vooral ook in de grond-, weg- en met name waterbouw. Er zijn op mondiale schaal zorgen over de duurzaamheid van de houtketen (PBL, 2013).

De binnenlandse productieketen van de houtketen heeft vier belangrijke schakels: groothandel, zagerijen, houtproducten en timmeren voor de bouw (zie figuur 5.2). Er zijn ruim 1000 importeurs en groothandels in hout en plaatmateriaal verspreid over het land met de belangrijkste in het midden van het land en aangrenzende provincies (Probos 2020a; LISA 2019).

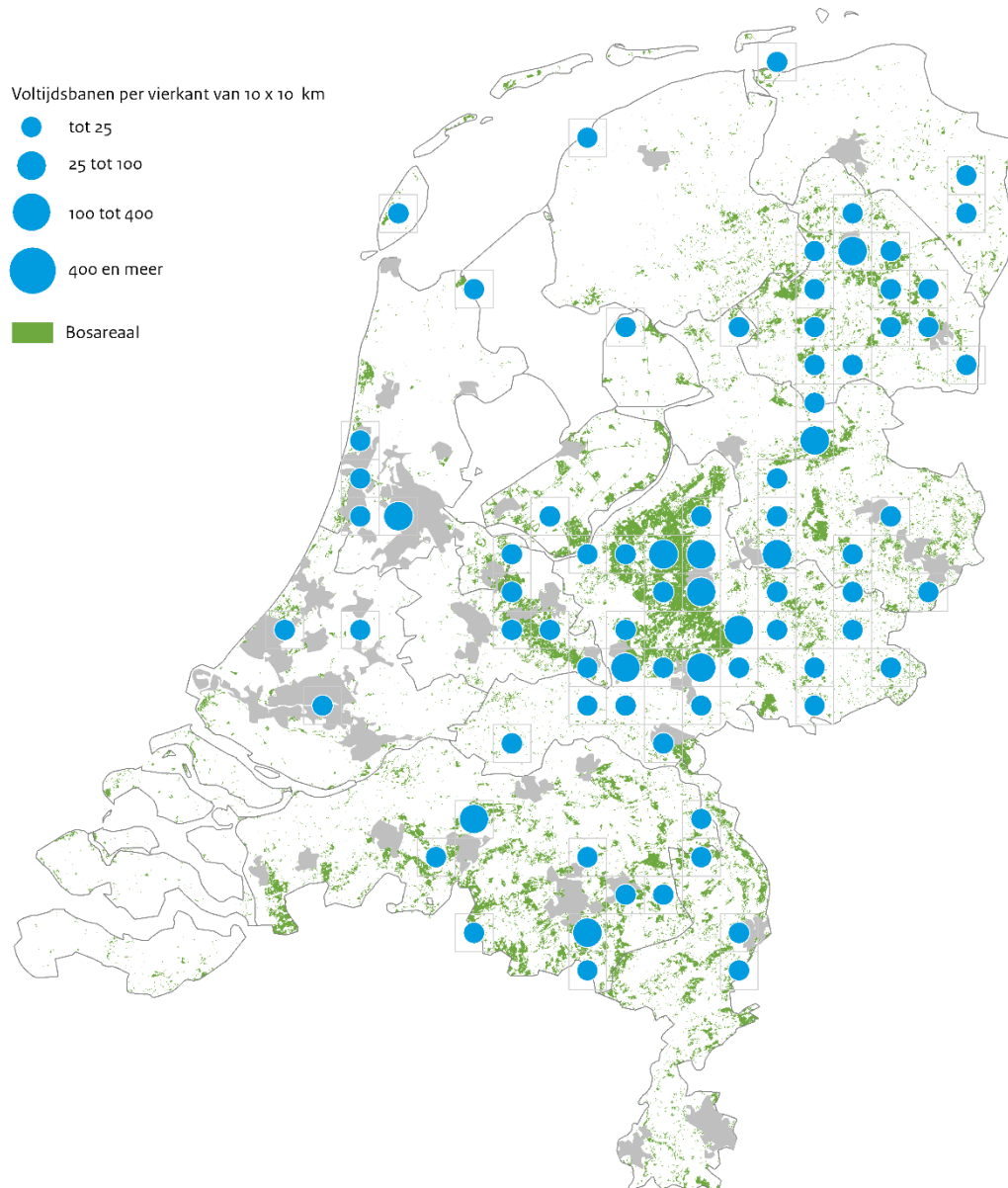
Nederland kent in totaal 85 rondhouthoutzagerijen voor gematigd loofhout en naaldhout en 6 zagerijen voor tropisch hardhout. Daarvan zijn de rondhouthoutzagerijen die douglas, lariks, vuren en eiken verwerken, de belangrijkste producenten voor de bouw (Probos, 2020a). Bij het zagen, schaven en overige primaire houtbewerking en bij de vervaardiging van fineer en plaatmateriaal en van deuren, ramen en kozijnen van hout zijn zo'n 7700 voltijdsbanen betrokken bij bijna 1100 bedrijfsvestigingen (Lisa, 2019).

Geïmporteerd hout komt over het algemeen hoofdzakelijk via de weg en de zeehavens van Rotterdam en Antwerpen (Probos 2020a). Voor gezaagd naaldhout geldt dat het overgrote deel over de weg Nederland binnenkomt (vooral uit Scandinavië en Duitsland, maar ook uit België, Frankrijk of de Baltische staten). Een kleiner deel komt via zeehavens binnen, vooral uit Rusland, maar ook uit Zweden en Finland). Ongeveer 2% komt via het spoor.

Het gezaagd tropisch loofhout komt vooral via de zeehavens van Rotterdam en Antwerpen binnen. Het Afrikaanse en Zuid-Amerikaanse hout komt hoofdzakelijk Nederland binnen via import uit België. Aziatisch tropisch hout komt vooral via Rotterdam binnen (Probos, 2020a). Het binnenlands

vervoer gaat vooral over de weg. Opslag van geïmporteerd hout en houtproducten is zo kort mogelijk in de havens vanwege de vaak hogere kosten en is vooral bij de hoofdstedelingen van de importeurs.

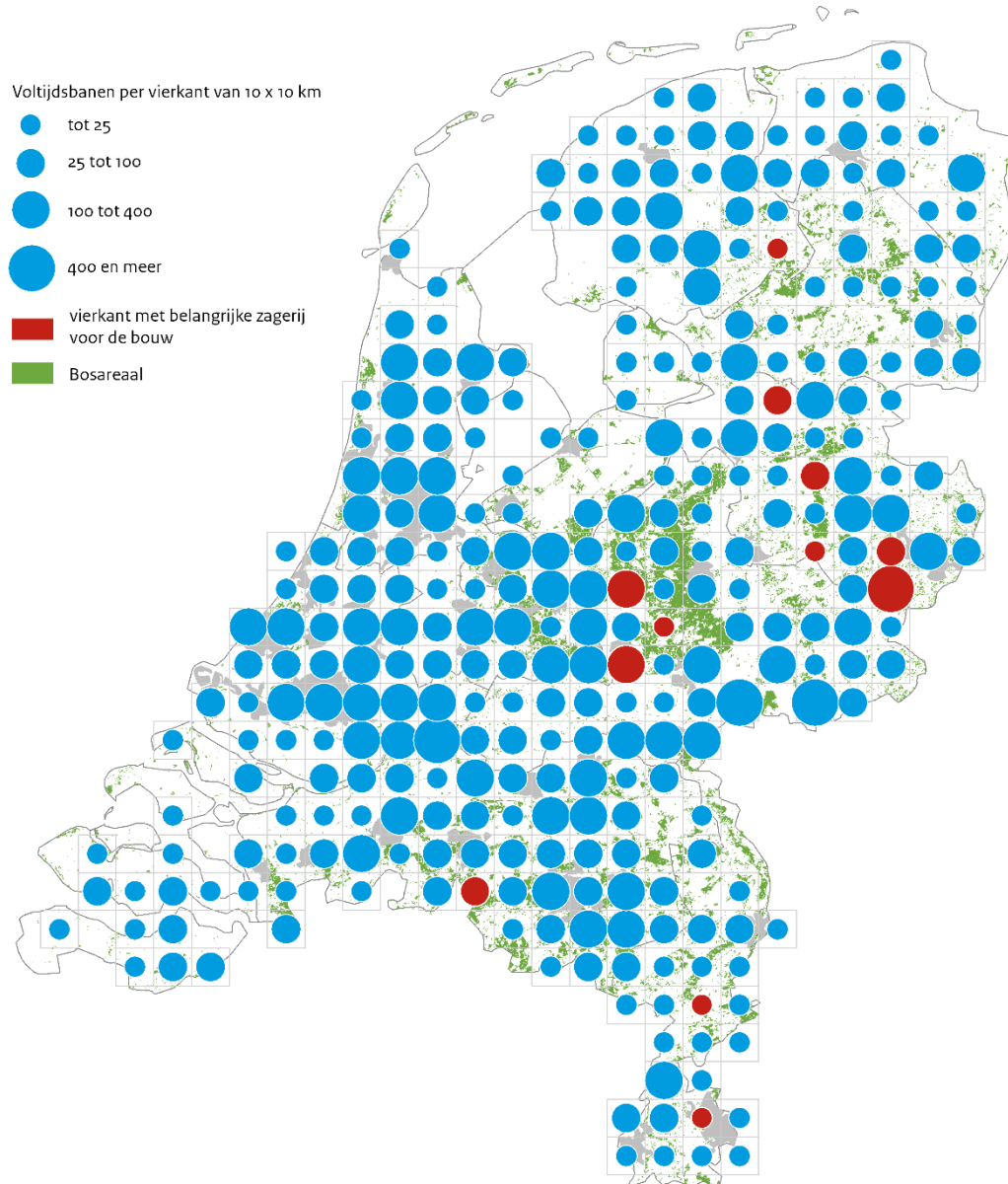
Figuur 5.1 Werkgelegenheid in de bosbouw, 2019



Bron: LISA (2019) bewerking PBL, CBS (2017)

In de kaart worden de locaties en omvang van de bedrijvigheid in de bosbouw (in brede zin, dus niet exclusief voor de bouw) inclusief exploitatie en dienstverlening aangegeven met concentraties rond de bosgebieden in Drenthe, Oost-Nederland en Brabant. Van het hout dat in de Nederlandse bouw wordt gebruikt komt naar schatting 2% uit Nederland (Probos, 2019)

Figuur 5.2 Werkgelegenheid in (primaire) houtbewerking, plaatmateriaal, deuren, kozijnen, timmerwerk en groothandel, 2019 (incl. GWW)



Bron: LISA (2019) bewerking PBL, CBS (2017)

De belangrijkste zagerijen voor de bouw (in rood aangegeven) bevinden zich in of nabij de grotere bosgebieden. Groothandel en overig timmerwerk is meer verspreid over het land. In deze kaart is niet het timmeren op de bouwplaats door met name zelfstandigen opgenomen.

6 Isolatieketen

6.1 Kenschets

In de bouw worden isolatiematerialen toegepast van mineraal ofwel abiotische materiaal (zoals glaswol en steenwol), van kunststof materialen (zoals PUR, PIR, EPS - piepschuim - en XPS) of van organische of biobased materialen (zoals houtvezel isolatie). Het gebruik van isolatiematerialen op basis van vezelgewassen als stro, vlas, hennep, riet, olifantsgras of bamboe wordt in hoofdstuk 12 besproken.

Voor de isolatie van o.a. muren, vloeren en daken wordt in de bouw in 2021 55,5 miljoen m² minerale en kunststofisolatiematerialen gebruikt (RVO, 2022). Het gebruik van kunststof isolatiematerialen is het grootst, vooral in de nieuwbouw, met een aandeel van 62%. Er zijn bij benadering ongeveer 6900 voltijdsbanen in de productie en toepassing van isolatiematerialen verdeeld over zo'n 480 bedrijfsvestigingen in Nederland (LISA, 2019).

Door de energietransitie en de hogere energieprijzen is er, door het grote aantal bestaande woningen dat nog een laag energielabel heeft (CLO, 2023), een stijging in de vraag naar isolatiemateriaal.

De uit alle bouw- en sloop activiteiten (incl. GWW) gerelateerde afvalstroom aan isolatiematerialen is 0,02 Mton waarvan 37,5% wordt gerecycled, de rest wordt voornamelijk gestort (RWS, 2020). Voor de recycling van het giftige EPS-piepschuim van vóór 2016 heeft Nederland in 2021 werelds eerste proeffabriek gehad die door marktomstandigheden binnen een jaar weer moest sluiten.

6.2 Geografie

Minerale isolatie bestaat uit minerale grondstoffen zoals vulkanisch gesteente, zand en cement. Er wordt hiervoor gewonnen uit natuurlijke voorraden, maar ook gebruik gemaakt van gerecyclede materialen. Zo worden steenwol-vezels gemaakt uit o.a. spaat, dolomiet en basalt, gerecyclede steenwol en afvalmaterialen uit andere industriële activiteiten. Samen met een bindmiddel worden de grondstoffen gesmolten in een cokes koepeloven en vormvast gemaakt in een uithardingsoven (MWA, 2022). Glaswolvezels worden gemaakt van zand, gerecyclede glasscherven en gerecyclede glaswol.

Kunststof isolatiematerialen EPS, EPX, PUR en PIR zijn het resultaat van verschillende chemische processen (NDB, 2022). Belangrijkste chemische grondstoffen hiervoor zijn polystyreen, dat wordt gemaakt van styreen, en polyurethaan, dat gemaakt wordt van MDI (methyleendifenyldi-isocynaat). Nederland beschikt over meerdere fabrieken voor de productie van ruw MDI en voor de productie van styreen.

Tabel 6.1 Isolatiematerialenketen

Producten: gebruik en im- en export (incl. voor GWW), (Mton)

	Aantal
Afzet isolatiematerialen t.b.v. nieuwbouw, 2021 (x mln. m ²)	17,2
Toegepaste na-isolatie in bestaande W&U-bouw, 2021 (x mln. m ²)	34,0
Import van glasvezels, incl. glaswol, 2020	0,004
Export van glasvezels, incl. glaswol, 2020	0,002
Import van steenwol, 2020	0,04
Export van steenwol, 2020	0,1
Import van houtwol e.d., 2020	0,02
Export van houtwol e.d., 2020	0,005

RVO (2022); CBS (2023g)

Werkgelegenheid in Nederland (incl. voor GWW), 2019 (x 1000)

	Aantal
Voltijdsbanen (o.b.v. handmatige selectie), totaal	6,9
- waarvan zelfstandigen	0,3
Bedrijfsvestigingen	0,5

LISA (2019)

Grondstoffen: winning en im-en export (incl. voor GWW), (Mton)

	Aantal
Productiecapaciteit van styreen, grondstof van polystyreen, in Nederland, 2019	2,2
Import polystyreen	0,05
Export polystyreen	0,3
Import ruw MethyleenDifenyldi-Isocyaan (MDI)	0,3
Export ruw MethyleenDifenyldi-Isocyaan (MDI)	0,4
Import polyurethanen	0,04
Export polyurethanen	0,08

ICIS (2021); CBS (2023h)

Voorraad vastgelegd in huidige gebouwvoorraad-‘urban mine’, 2018 (Mton)

	Aantal
Isolatiemateriaal	23

CML (2023)

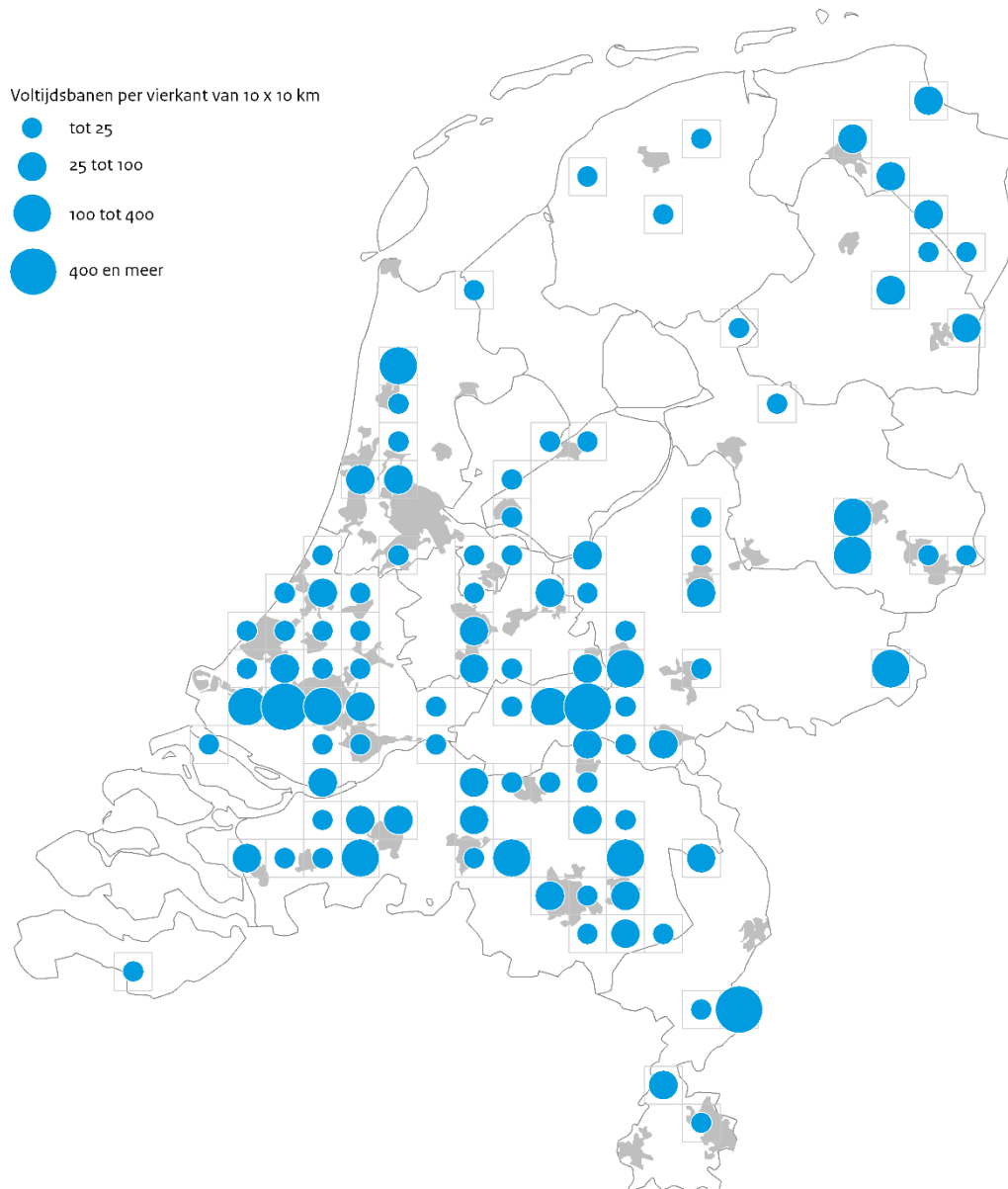
Afval van bouw en sloop uit W&U-bouw en bouwmaterialenindustrie, 2020 (Mton)

	Aantal
Isolatiemateriaal	0,004

RWS (2020)

Nederland heeft een beperkt aantal producenten van eindproducten PUR, PIR, EPS en XPS. Dit geldt ook voor de producenten van glaswol en steenwol. Ook vlak over de grens in België en Duitsland bevinden zich productielocaties. Naast de productie in Nederland, wordt ook geïmporteerd uit met name België, Denemarken, Frankrijk, Spanje, Hongarije en Italië. Zie tabel 6.1 voor de import en export van isolatieproducten en grondstoffen.

Figuur 6.1 Werkgelegenheid in vervaardiging en toepassing van isolatiematerialen, 2019



Bron: LISA (2019) bewerking PBL

De vervaardiging van isolatiemateriaal concentreert zich in de regio van Rotterdam, Noord-Brabant en de Betuwe. Producenten van grondstof (poly)styreen zijn buiten beschouwing gelaten omdat het basis is voor veel meer dan alleen isolatiematerialen van kunststof.

7 Gips- en kalkzandsteenketen

7.1 Kenschets

In de bouw wordt gips veelal toegepast in de vorm van gipsplaten, pleisters en anhydrietvloeren. Kalkzandsteen producten worden in de bouw vooral binnen toegepast voor (niet-)dragende binnenwanden, spouwbladen en ophoging van de fundering tot aan de onderkant van de begane grondvloer. De benodigde grondstoffen natuurgips, kalksteen en ongebluste kalk worden geïmporteerd.

Tabel 7.1 Gips- en kalkzandsteenketen

Producten: gebruik, productie en im- en export (incl. voor GWW)

	Aantal
Gebruik gips en kalkzandsteen in de Nederlandse bouw	Geen data
Productie gipsplaten e.d., 2020 (x mln. m ²)	61

Bron: CBS (2020b)

Werkgelegenheid in Nederland (incl. voor GWW), 2019 (x 1000)

	Aantal
Voltijdsbanen, totaal	9,9
- waarvan zelfstandigen (met name bij stukadoren)	4,9
Bedrijfsvestigingen	5,8

LISA (2019)

Grondstoffen: winning en im-en export (incl. voor GWW), (Mton)

	Aantal
Import kalksteen, gips en afgeleide producten	1,5
- waarvan gips en anhydriet	0,5
Export kalksteen, gips en afgeleide producten	0,05
Import ongebluste kalk, vooral uit België en Duitsland	0,5
Export ongebluste kalk	0,03

CBS (2023c; 2023h)

Voorraad vastgelegd in huidige gebouwenvoorraad-‘urban mine’, 2018 (Mton)

	Aantal
Gips	29
Kalkzandsteen	425

CML (2023)

Afval van bouw en sloop uit W&U-bouw en bouwmaterialenindustrie, 2020 (Mton)

	Aantal
Gips houdend afval	0,008

RWS (2020)

In totaal zijn er bijna 10 duizend voltijdsbanen in deze keten inclusief het stukadoren (door met name zelfstandigen) op de bouwplaats (en inclusief inhuur door particulieren).

Het als bouwafval geregistreerde gipsafval wordt hergebruikt. In Noord-Nederland staat een fabriek die (met subsidie) ingezameld gebruikt gips uit Nederland, België, Luxemburg en Noord-Duitsland verwerkt tot nieuwe grondstof voor de gips-industrie, onder meer voor nieuwe gipskartonplaten.

Alleen schoon kalkzandsteenpuin van gesloopte gebouwen is goed in te zetten bij de productie van nieuwe kalkzandsteen producten. Dit gebeurt nog op beperkte schaal. De rest wordt vaak hergebruikt als funderingsmateriaal voor wegen (VNK, 2023).

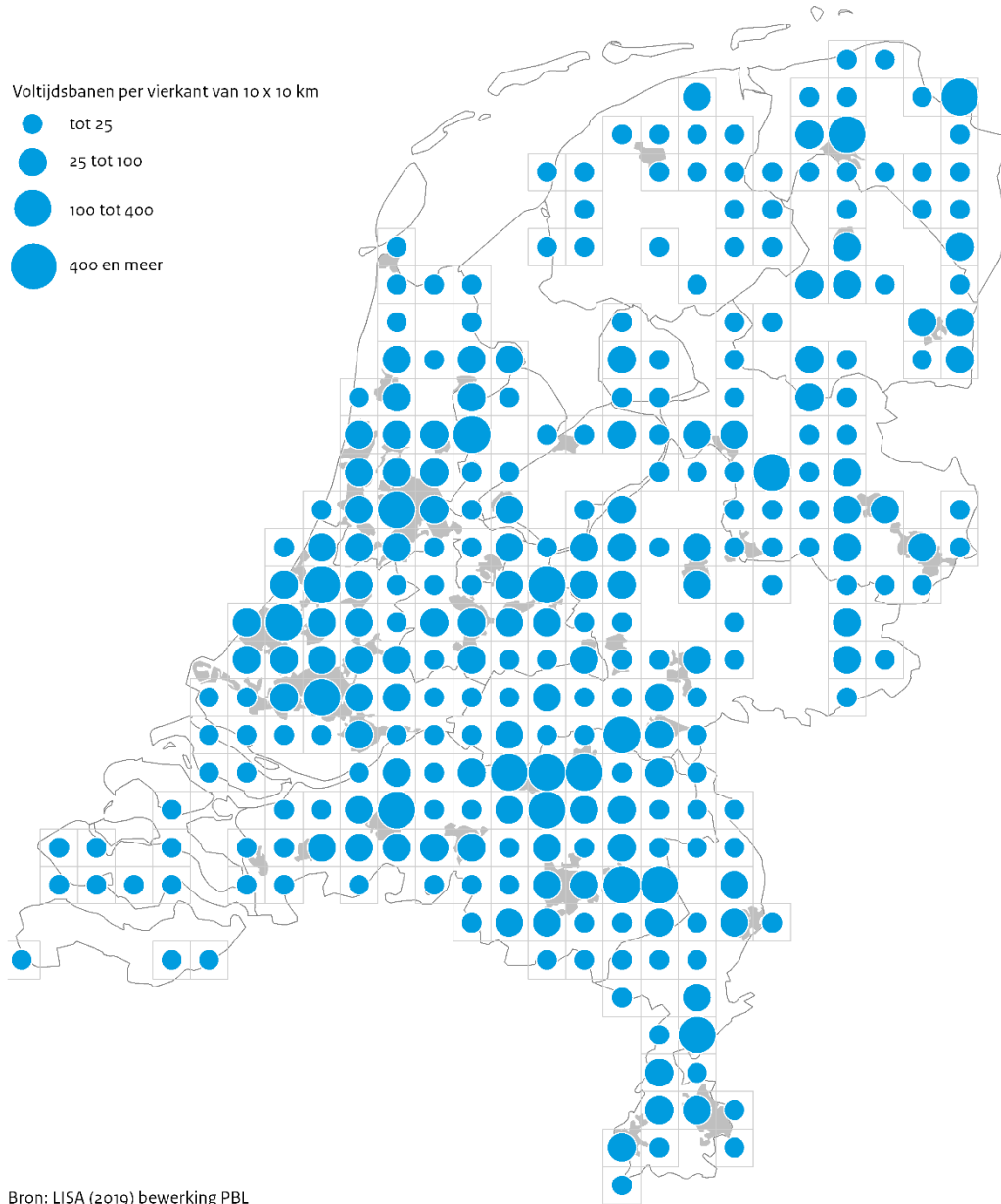
7.2 Geografie

In Nederland staan meerdere grote fabrieken die gipskartonplaten vervaardigen (waaronder ook op basis van gerecyclede gipsplaten), een anhydriet gipsvloerfabriek, en zo'n 10 kalkzandsteenfabrieken.

De belangrijkste grondstoffen voor gipsproducten zijn natuurgips, afkomstig uit mijnen of afgravingen, en RO-gips (rookgasontzwavelingsgips) dat ontstaat als restproduct als zwavel reageert met kalksteen bij de ontzwaveling van rookgassen van kolencentrales. Natuurgips is een veelvoorkomend fossiel materiaal. Het is ook in de (diepe) ondergrond van Nederland te vinden, maar het wordt hier niet gewonnen omdat het niet in dikke pakketten voorkomt. In andere Europese landen ligt het meer aan de oppervlakte. De grootste gipsgroeven in Europa zijn te vinden in Frankrijk, Duitsland, Polen, Italië, Spanje en het Verenigd Koninkrijk. Door verhitting van natuurgips gesteente ontstaat gipspoeder dat met water is te modelleren tot elke vorm en na droging zo hard is als in zijn oorspronkelijke vorm. Dit kan eindeloos herhaald worden met behoud van hoge kwaliteit en het is daarmee volledig te recyclen. Door verhitting kan het ook worden opgewerkt tot een te verpompen gietmengsel van anhydriet voor vloeren (Eurogypsum, 2022). In 2019 werd in totaal 1,7 Mton aan kalksteen, gips en afgeleide producten ingevoerd. Dit is het totaal voor gebruik voor alle toepassingen in Nederland en inclusief het kalksteen voor het maken van kalkzandsteen en de toepassing in hoogovens. Zo'n 0,5 megaton van de invoer betrof gips en anhydriet (CBS, 2020b). In 2019 is een einde gekomen aan de mergel-kalksteen winning in Limburg.

Kalkzandsteen wordt gemaakt door ongebluste kalk met water en zand samen te brengen in een reactor en vervolgens in een vorm te persen en onder stoomdruk te verharden. Grondstoffen zand en water worden vaak in de regio gewonnen. De ongebluste kalk, dat ontstaat door branden van kalksteen (VNK, 2022), wordt ingevoerd uit vooral België en Duitsland, zo'n 0,5 megaton in 2020 (CBS, 2020b). Daarnaast worden ook gebruiksklare kalkzandsteenproducten geïmporteerd uit België en Duitsland. De kalkzandproducten worden over de weg naar de bouwplaats vervoerd.

Figuur 7.1 Werkgelegenheid in vervaardiging van gips en kalkzandsteen bouwproducten en stukadoren, 2019



Bron: LISA (2019) bewerking PBL

De werkgelegenheid in vervaardiging van gips en kalkzandsteen bouwproducten in combinatie met de toepassing in de vorm stukadoren laat, met name door het stukadoren op de bouwplaats, een ruimtelijke spreiding zien overeenkomstig het verstedelijkingspatroon.

8 Keramische bouwmaterialketen

8.1 Kenschets

Gevelbakstenen worden veel gebruikt in de bouw, evenals keramische dakpannen en (vloer)tegels. Er werden in 2020 in Nederland 877 miljoen stuks gevelstenen geproduceerd, waarvan bijna de helft, 420 miljoen stuks, wordt geëxporteerd (KNB, 2022). Belangrijkste grondstof is rivierklei dat voor het overgrote deel in Nederland wordt gewonnen.

Tabel 8.1 Keramische bouwmaterialenketen

Producten: productie en im- en export (incl. voor GWW), 2020 (x 1.000)

	Aantal
Productie van gevelstenen in Nederland, stuks	877.000
Import van gevelstenen, stuks	76.000
Export van gevelstenen, stuks	381.000
Import dakpannen stuks	35.000
Export dakpannen stuks	27.000
Import plavuizen, vloer- en wandtegels (x 1.000 m ²)	22.000
Export plavuizen, vloer- en wandtegels, (x 1.000 m ²)	3.000

KNB (2022); CBS (2023d)

Werkgelegenheid in Nederland (incl. voor GWW), 2019 (x 1000)

	Aantal
Voltijdsbanen, totaal	21,7
- waarvan zelfstandigen (vooral metselaars en dakdekkers)	6,8
Bedrijfsvestigingen	8,5

LISA (2019)

Grondstoffen: winning en im-en export (incl. voor GWW), 2020 (Mton)

	Aantal
Winning klei (incl porceleinaarde) in Nederland	1,3
Import van klei, voor 60% uit Duitsland	0,22
Export van klei, voor 48% naar België	0,04

CBS (2023c, 2023e)

Voorraad vastgelegd in huidige bouwvoorraad-‘urban mine’, 2018 (Mton)

	Aantal
Baksteen en overige keramische materialen	150

CML (2023)

Afval van bouw en sloop uit W&U-bouw en bouwmaterialenindustrie, 2020 (Mton)

	Aantal
Keramisch afval uit de bouw en sloop	0,02

RWS (2020)

Grofweg telt de keten van keramische (bouw)producten bijna 22 duizend voltijdsbanen (LISA, 2019). Dit is inclusief metselen en voegen en dakdekken met o.a. dakpannen, maar exclusief de delfstofwinning van klei die met de winning van zand en grind samen één categorie vormen die is meegenomen in de betonketen (zie hoofdstuk 4).

In de totale materialenvoorraad van de bestaande woningen en utiliteitsbouw in 2018 is een massa van 150 Mton gebruikte baksteen en overige keramische bouwmaterialen aanwezig (CML 2023). Via sloop en herbestemming komt jaarlijks hiervan een klein gedeelte beschikbaar voor recycling en hergebruik.

Veel van de keramische materialen zoals gevelbaksteen, dakpannen, straatbakstenen kunnen geheel worden hergebruikt. Straatbakstenen worden vaak opnieuw gebruikt. Gevelbakstenen worden vaak vermalen tot granulaat omdat moderne mortels en lijmen moeilijk te verwijderen zijn. Het kan gerecycled worden voor nieuwe keramische producten (als het voldoende schoon en homogeen is), als toeslagstof in bouwmaterialen en als funderingsmateriaal (KNB, 2022a).

8.2 Geografie

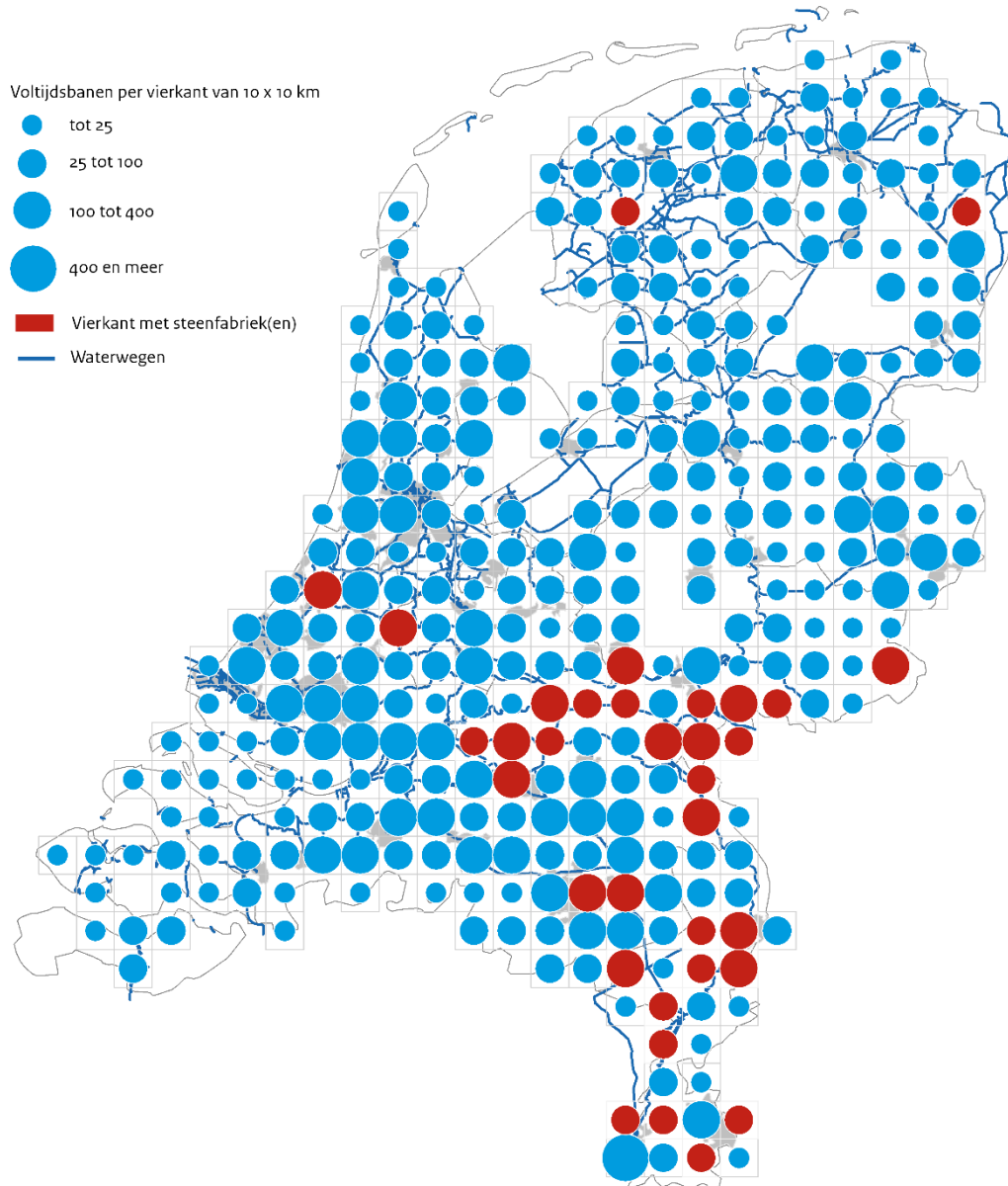
De belangrijkste grondstof voor bakstenen is rivierklei. Die klei wordt vooral gewonnen in de stroomgebieden van de Rijn (ook in Duitsland), de Waal, de IJssel en de Maas. In eigen land werd in 2020 zo'n 1,3 Mton klei gewonnen (CBS, 2023c).

Het gehalte aan ijzer en kalk in de klei geeft na het bakken een rode of gele kleur. Overige grondstoffen zijn zand voor kleurnuanciering en oppervlaktestructuur, en lava, mergelkalk en ijzer- en chromoxides voor kleurbeïnvloeding. De klei wordt per schip vervoerd naar de baksteenfabrieken die doorgaans aan rivieren of een andere waterweg zijn gelegen en beschikken over een aanlegkade en opslag. De rivierkleiputten bevinden zich meestal in de buurt van de fabrieken.

De klei ligt eerst enige tijd in een kleidepot om te egaliseren. Daarna worden stenen e.d. verwijderd en de klei tot bakstenen gevormd. In droogkamers of -tunnels worden de producten gedroogd en vervolgens gestapeld gebakken in tunnelovens op 900 tot 1100 graden Celsius. Hierna worden de stenen opgeslagen op het tasveld bij de fabriek tot het vervoer per vrachtauto naar de afnemer (KNB, 2021a; Vandersanden, 2022).

Nederland telt ruim 40 keramische baksteen- en dakpannenfabrieken die vooral in het rivierengebied in Midden-Nederland en in Limburg te vinden zijn (zie figuur 8.1). De grotere fabrieken hebben een oppervlakte van ongeveer 15 tot ruim 20 hectare. In totaal beslaan de fabrieken een oppervlakte van ruim 400 ha direct ruimtegebruik.

Figuur 8.1 Werkgelegenheid in vervaardiging van keramische bouwproducten, metselen en voegen, dakdekken en groothandel, 2019



Bron: LISA (2019) bewerking PBL

Het kaartbeeld met de werkgelegenheid in vervaardiging van keramische bouwmaterialen en de groothandel daarin, laat zien dat de meeste steenfabrieken gevestigd zijn langs hoofdwaterwegen, met name in Limburg en het rivierengebied in het midden van het land.

9 Staal- en ijzerketen

9.1 Kenschets

Staal wordt in de bouwsector voornamelijk toegepast in de vorm van draagconstructie, buizen, gevelbeplating, vloeren en dakconstructies. Daarnaast wordt bewapeningsstaal als versterking gebruikt in beton.

Tabel 9.1 IJzer- en staalketen

Producten: productie, gebruik en import (Mton)

	Aantal
Totale productie van ruwstaal in Nederland, 2021	6,6
Gebruik van in Nederland geproduceerd staal in de W&U bouw, 2021	0,4
Import constructiestaal en dunne beplating voor de W&U bouw, 2021	0,5
Jaarlijks gebruik van wapeningsstaal (incl. GWW), deels uit import	0,5

World Steel Association (2023); Bouwen met staal (2022); CE Delft (2013)

Werkgelegenheid in Nederland (incl. voor GWW), 2019 (x 1000)

	Aantal
Voltijdsbanen, totaal	77,1
- waarvan zelfstandigen	2,3
Bedrijfsvestigingen	5,3

LISA (2019)

Grondstoffen: im-en export (incl. voor GWW), 2020 (Mton)

	Aantal
Import ijzererts uit vooral Brazilië, Noorwegen, Zweden, Canada	24,5
Export ijzererts naar vooral Duitsland	17,3
Import steenkool en cokes uit vooral Columbia en Rusland	10,4
Export steenkool en cokes naar vooral Duitsland	5,8
Import kalksteen, vooral uit België, Spanje en Duitsland	1,0
IJzerafval uit Nederland	1,4
Import ijzerafval	4,4
Export ijzerafval	4,7

CBS (2023j); CBS (2023n)

Voorraad vastgelegd in huidige gebouwvoorraad-‘urban mine’, 2018 (Mton)

	Aantal
Ijzer en staal	98

CML (2023)

Afval van bouw en sloop uit W&U-bouw en bouwmaterialenindustrie, 2020 (Mton)

	Aantal
IJzer- en staal	0,08
Gemengd ferro- en non-ferrometaal	0,02

RWS (2020)

Nederland heeft een omvangrijke staal- en ijzersector met naast de staalproducenten veel fabrikanten van staalproducten, staalhandelaren en staalbouwers. De totale staalketen is goed voor ruim 77 duizend voltijdswaarden. Dit is inclusief de groothandel, productie van ijzer en staal (inclusief walsen, trekken en gieten), constructiewerken en productie van metaalwaren als deuren, vensters en kozijnen, ketels en radiatoren, en hang en -sluitwerk (LISA, 2019). Hiervan is bij benadering zo'n 50% betrokken bij de bouw en constructie (Bouwen met Staal, 2022).

Van de 6,6 Mton ruwstaal (World Steel Association, 2023) die in IJmuiden wordt geproduceerd wordt zo'n 0,4 Mton gebruikt voor de Nederlandse W&U bouwsector in de vorm van buizen en (dunne) beplating. Daarnaast wordt voor de bouw ongeveer 1 Mton staal uit het buitenland, met name uit Luxemburg en Duitsland, gebruikt. Voor de helft bestaat dit uit constructiestaal en dikkere beplating (Bouwen met Staal, 2022). De andere helft betreft bewapeningsstaal voor in beton (CE Delft, 2013). De bouwsector is daarmee voor het gebruik van stalen eindproducten voor een groot deel afhankelijk van leveringen uit het buitenland. Van de Nederlandse ijzer- en staalproductie wordt 90% geëxporteerd, met name naar de auto-industrie in Duitsland (Bouwen met Staal, 2022).

Ijzer en staal is volledig recyclebaar doordat het als input in de primaire staalproductieprocessen wordt gebruikt. Hiervoor moet het wel voldoende zuiver zijn. Daarnaast is het goed her te gebruiken omdat het vaak relatief gemakkelijk is te demonteren is (Bouwen met staal, 2022a).

9.2 Geografie

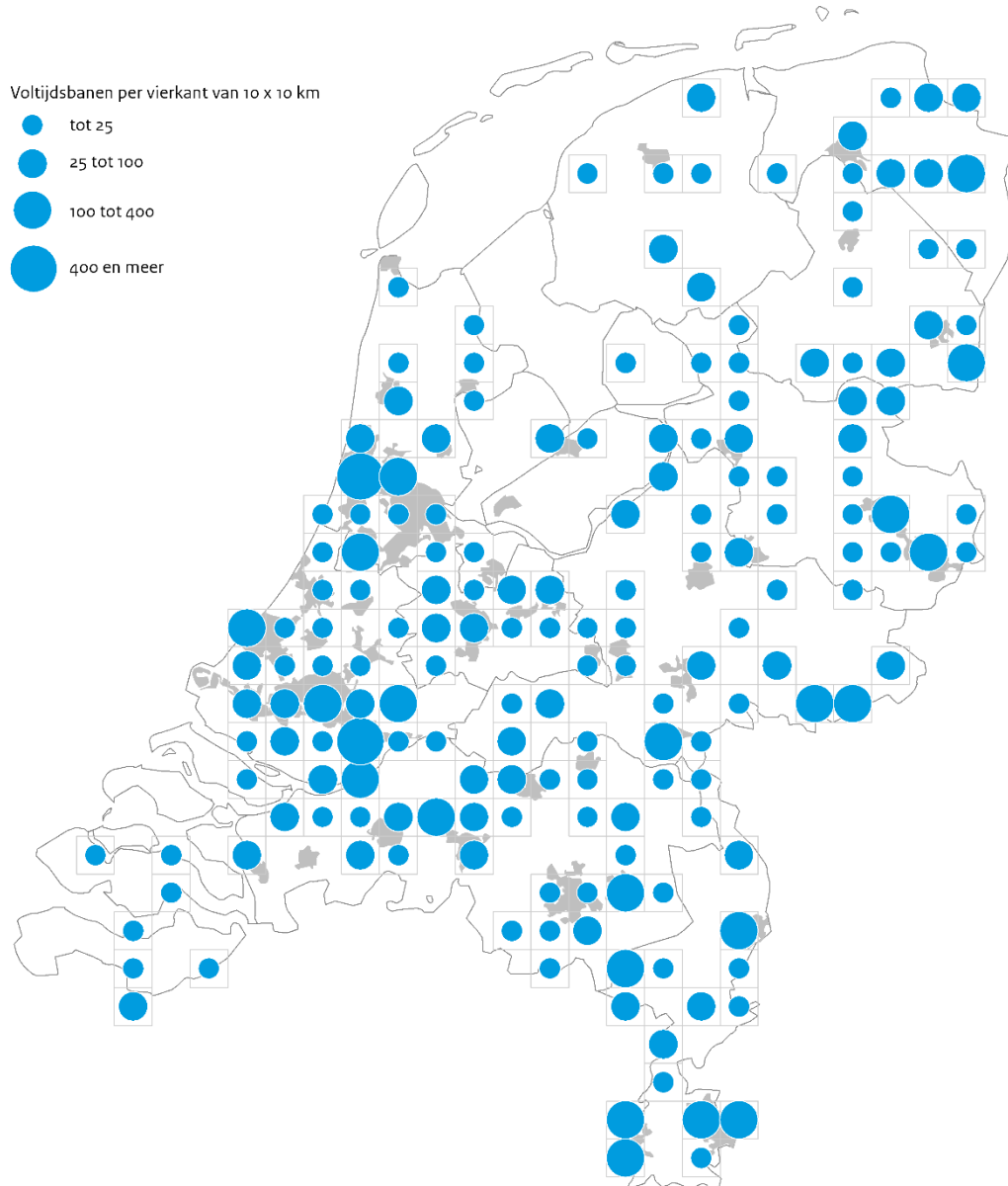
Er zijn twee verschillende productiemethoden voor staal (Industriebouwen, 2022). In Nederland wordt hoogwaardig (plaat)staal geproduceerd met het hoogovenprincipe. Hiervoor zijn vooral ijzererts, steenkolen (voor cokes), kalksteen en voor een kleiner deel oud ijzer of schroot de belangrijkste grondstoffen. Het merendeel hiervan wordt geïmporteerd (zie tabel 9.1). In het buitenland, o.a. in Luxemburg en Duitsland, wordt met het elektrische vlamboog ovenproces, waarvoor schroot of oud ijzer de belangrijkste grondstof is, de U-profielen voor staalconstructies voor de bouw en bewapeningsstaal voor versterking van beton geproduceerd. Luxemburg is een belangrijke leverancier van deze staalproducten voor Nederland (Bouwen met staal, 2022)

De aanvoer van grondstoffen voor het staalproductieproces in Nederland is vooral per schip, en wordt gelost in de haven van IJmuiden. De staalproducten, vaak voor het transport opgerolde staalplaten in diverse dikten, worden per vrachtwagen of vrachtschip vervoerd naar staalfabrikanten in binnen- en buitenland.

De ijzer- en staalindustrie bestaat uit staalproducenten, staalfabrikanten, staalhandelaren en staalbouwers. In Nederland zijn relatief veel staalfabrikanten met een grote variatie aan producten waarvan een deel ook wordt geëxporteerd. In de hele keten zijn bijna 5300 bedrijfsvestigingen (LISA, 2019).

Het bedrijventerrein van de staalproductie in IJmuiden heeft een omvang van 750 ha. Het staal uit IJmuiden worden door de staalfabrikanten omgevormd tot gevelbeplating voor toepassing in de bouwsector en tot een grote variëteit aan andere staalproducten. Bij elkaar beslaan deze fabrikanten ongeveer 100 ha aan fabrieken, showrooms en kantoren. Daarnaast nemen ruim 300 staalhandelaren en staalbouwers naar schatting bij elkaar zo'n 300 ha ruimte in beslag, redelijk evenredig verspreid over ons land (Bouwen met Staal, 2022). Zie ook figuren 9.1 en 9.2.

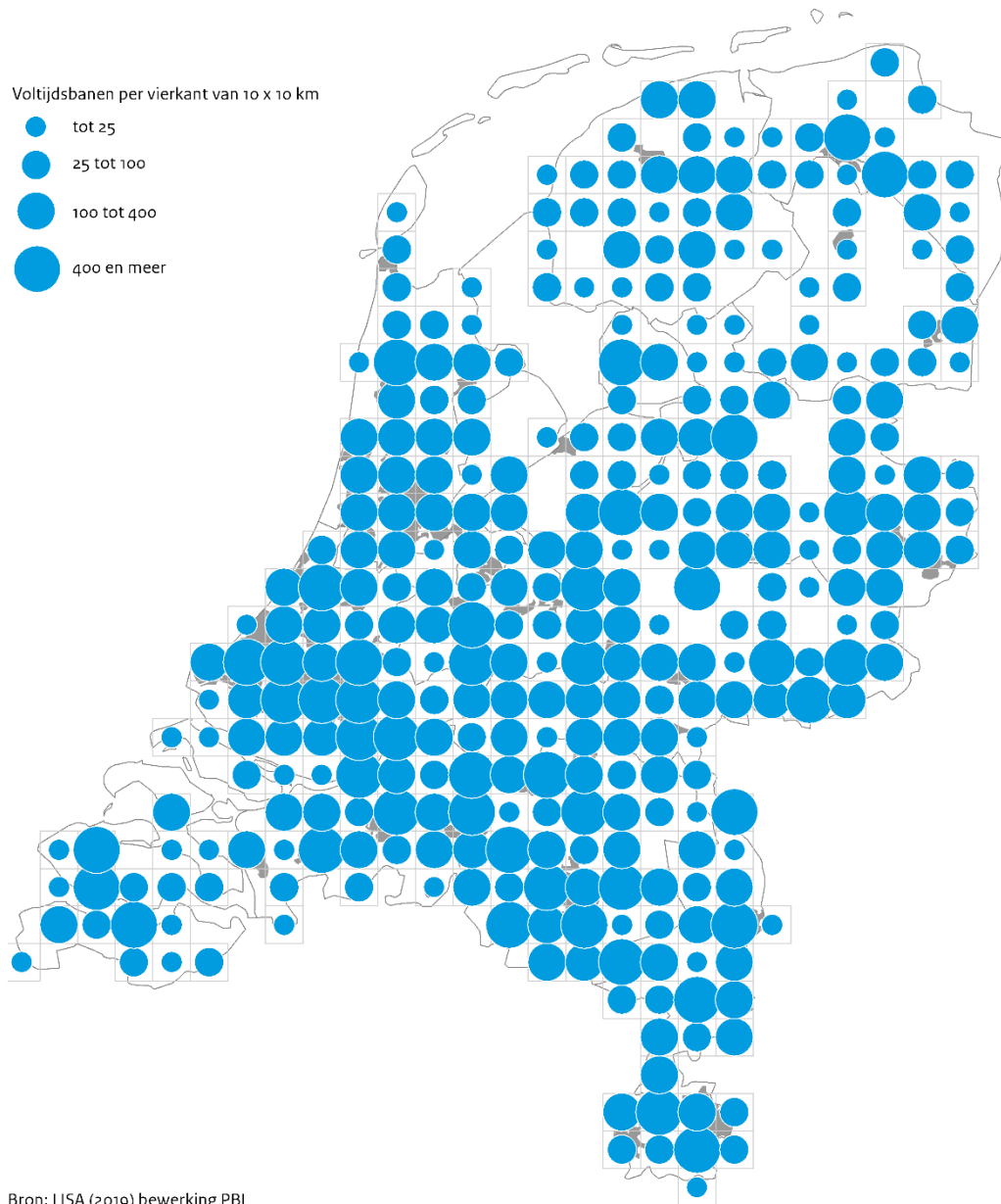
Figuur 9.1 Werkgelegenheid in ijzer- en staalproductie (incl. walsen, trekken en gieten), groothandel in metaalertsen en in ijzer- en staalschroot, 2019



Bron: LISA (2019) bewerking PBL

De werkgelegenheid in de ijzer- en staalproductie en de groothandel in metaalertsen en in schroot concentreert zich in de Randstad, met in IJmuiden de staalfabriek van Tata-Steel met meer dan 9000 voltijdsbanen waarvan de productie vooral is gericht op de auto-industrie en niet op de bouw.

Figuur 9.2 Werkgelegenheid in productie van metaalproducten, constructiewerken en groothandel, 2019



Bron: LISA (2019) bewerking PBL

Nederland kent naast de staalproducenten veel fabrikanten van staalproducten, staalhandelaren en staalbouwers. Ze komen verspreid over het land voor met concentraties in de Randstad met uitlopers naar Noord-Brabant en Limburg.

10 Koper- en aluminiumketen

10.1 Kenschets

In de bouw werd (blad)koper vroeger gebruikt voor gevel- en dakbedekking en dakgoten van gebouwen. Het is vaak nog bij monumentale gebouwen te vinden. In hedendaagse gebouwen wordt koper veel toegepast voor water- en gasleidingen, al wordt hier tegenwoordig ook kunststof voor gebruikt. Verder is het essentieel voor elektriciteitsdraad en installaties (waaronder warmtepompen). Vanwege de buigzaamheid, het grote geleidingsvermogen voor elektriciteit en warmte en lange levensduur kent koper veel toepassingen, ook buiten de bouw (zoals in elektronische apparaten en het elektriciteits- en het gassysteem). Wereldwijd wordt naar schatting 28 procent van het koper gebruikt voor de bouw en constructie (Statista, 2021).

Aluminium is een bouw materiaal dat veel gebruikt wordt voor kozijnen en dak- en gevelbeplating van gebouwen. De constructiesterkte van aluminium in combinatie met het lage gewicht maakt het ook geschikt voor balkonhekken, leuning, deuren en schuifpuien. Naar schatting wordt

Tabel 10.1 Koper en aluminium keten

Producten en grondstoffen: im- en export (incl. voor GWW), 2020 (Mton)

	Aantal
Import aluminium (erts, primair en verwerkt in producten). Het aluminiumerts en -concentraten en aluminiumoxide komt uit met name Guyana, Jamaica, Spanje en Ierland	2,2
Export aluminium (erts, primair en verwerkt in producten). Het aluminiumerts en -concentraten en aluminiumoxide betreft met name doorvoer	1,7
Import kopererts, primair koper en koperproducten	0,3
Export kopererts, primair koper en koperproducten	0,4

CBS (2023c); CBS (2023i.)

Werkgelegenheid in Nederland (incl. voor GWW), 2019 (x 1000)

	Aantal
Voltijdsbanen, totaal	4,7
- waarvan zelfstandigen	0,0
Bedrijfsvestigingen	0,1

LISA (2019)

Voorraad vastgelegd in huidige bouwvoorraad-‘urban mine’, 2018 (Mton)

	Aantal
Koper	0,6
Aluminium	2,5

CML (2023)

Afval van bouw en sloop uit W&U-bouw en bouwmaterialenindustrie, 2020 (Mton)

	Aantal
Koper, brons en messing	0,0003
Aluminium	0,0005

RWS (2020)

wereldwijd in 2020 25 procent van het aluminium gebruikt voor de bouw (Statista, 2020).

Zowel koper als aluminium zijn beschikbaar in allerlei legeringen met verschillende eigenschappen en is in principe oneindig recyclebaar. In de vervaardiging van primair koper en aluminium en gieten van lichte metalen zijn bijna 90 bedrijven actief met ruim 4.700 voltijdsbanen (LISA, 2019). Koper is geconcentreerd bij slechts enkele bedrijven.

10.2 Geografie

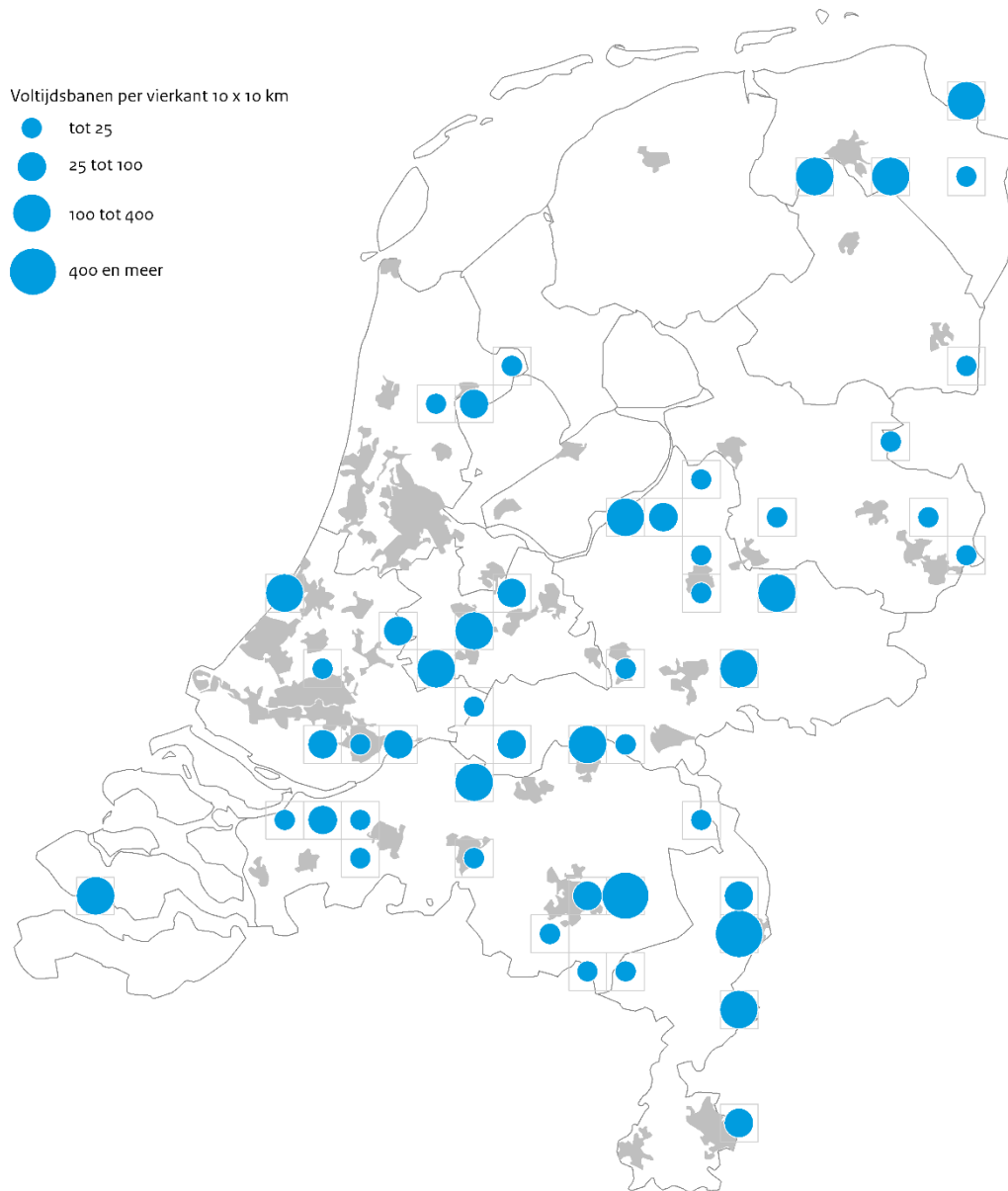
Grondstof voor koper is kopererts. Het komt bijna overal ter wereld voor in verschillende mineralen en wordt vooral via dagbouw gedolven in met name Chili, Peru, Congo, China en de Verenigde Staten (Statista, 2022). Via complexe chemische processen wordt het koper uit het erts gewonnen. Vanwege het vele gebruik van koper en steeds minder makkelijk winbaar kopererts wordt koper schaars en is het relatief duur. Koper is in principe oneindig recyclebaar, maar voor een goed geleidend vermogen voor elektriciteit moet het zuiver zijn.

In 2020 werd in Nederland in totaal 0,3 Mton kopererts, primair koper en verwerkt koper in producten en koperafval geïmporteerd en 0,4 Mton geëxporteerd CBS (2023c).

Grondstof voor aluminium is bauxiet dat 30 tot 55% aluminiumoxide bevat. Belangrijkste productielanden van bauxiet zijn Australië, Guinee, China en Brazilië. Voor het vervoer per schip naar de aluminiumindustrie wordt het bauxiet omgezet naar aluinaarde dat uit 100% aluminiumoxide bestaat (Comhan Nederland, 2022). De aluinaarde wordt daarna vervoerd naar de aluminiumfabrieken waar de aluinaarde via een elektrolyseproces wordt omgezet in zuiver vloeibaar aluminium. Voor dit proces is veel stroom nodig.

Tot voor kort produceerde de grootste aluminiumfabriek van Nederland jaarlijks zo'n 0,1 Mton nieuw of primair aluminium en smolt het daarnaast jaarlijks zo'n 0,05 Mton aangekocht aluminium inclusief aluminiumschroot (Damco Aluminium Delfzijl, 2022). Inmiddels is deze fabriek stilgelegd en failliet gegaan vanwege de kosten voor het hoge elektriciteitsgebruik.

Figuur 10.1 Werkgelegenheid in vervaardiging van koper en aluminium, 2019



Bron: LISA (2019) bewerking PBL

Nederland kent in 2019 zo'n 90 bedrijven die actief zijn in de vervaardiging van koper en aluminium inclusief gieten van lichte metalen. Ze liggen verspreid over het land. Alle provincies hebben 1 of meer vestigingen behalve Friesland en Flevoland. De aluminiumfabriek in Noordoost-Groningen is inmiddels gesloten.

11 Kunststof materiaalketen

11.1 Kenschets

Kunststof bouw materiaal is in gebouwen vooral te vinden in de vorm van deur- en raamkozijnen, leidingsystemen voor kabels, gas en aan- en afvoer van water, isolatiemateriaal en folies in wanden en daken en als plaatmateriaal of panelen voor o.a. gevels. Opkomend is het gebruik van plasticbouwblokken en plastic schelpen in kruipruimten. Daarbij worden ook veel bouwmaterialen voor het vervoer verpakt in plastic. Kunststof is in het algemeen licht van gewicht, sterk, onderhoudsvrij en makkelijk toe te passen, ook omdat het makkelijk te vormen is.

In 2018 wordt van de plastic consumptie in Nederland van 2,2 Mton 20% (0,4 Mton) gebruikt voor de bouw en constructie (NIBE, 2022). Van kant en klare kunststof deuren, ramen en kozijnen worden er in 2020 2 miljoen stuks geïmporteerd. Vloer-, wand, plafond- en dakelementen e.d. zijn goed voor een import van bijna 0,06 Mton en een export van 0,03 Mton (CBS, 2023k).

Zo'n 7600 voltijdsbanen zijn betrokken bij de productie van specifiek kunststofproducten voor de bouw en redelijk over het land verspreid in bijna 300 bedrijfsvestigingen (LISA, 2019). Dit is exclusief

Tabel 11.1 Kunststof bouwmaterialaalketen

Producten: gebruik en im- en export (incl. voor GWW), (Mton)

	Aantal
Gebruik plastic in de bouw, incl. GWW, 2018	0,4
Import kunststof deuren, ramen en kozijnen, 2020, (aantal x 1.000)	2000
Export kunststof deuren, ramen en kozijnen, 2020, (aantal x 1.000)	0
Import vloer-, wand, plafond- en dakelementen van kunststof, 2020	0,06
Export vloer-, wand, plafond- en dakelementen van kunststof, 2020	0,03

NIBE (2022); CBS (2023k)

Werkgelegenheid in Nederland (incl. voor GWW), 2019 (x 1000)

	Aantal
Voltijdsbanen, totaal	7,6
- Waarvan zelfstandigen	0,1
Bedrijfsvestigingen	0,3

LISA (2019)

Voorraad vastgelegd in huidige bouwvoorraad-'urban mine', 2018 (Mton)

	Aantal
Kunststof bouwmaterialen	2,5

CML (2023)

Afval van bouw en sloop uit W&U-bouw en bouwmaterialenindustrie, 2020 (Mton)

	Aantal
Kunststof	0,003

RWS (2020)

de primaire productie van de grondstoffen en van het verpakkingsplastic voor deze sector.

Het aandeel biobased plastics is momenteel nog klein, ongeveer 1 procent op de Europese markt (Plastics Europe, 2021). Biobased plastics zijn gemaakt van hernieuwbare biomassa, zoals maïs, tarwe en suikerriet.

11.2 Geografie

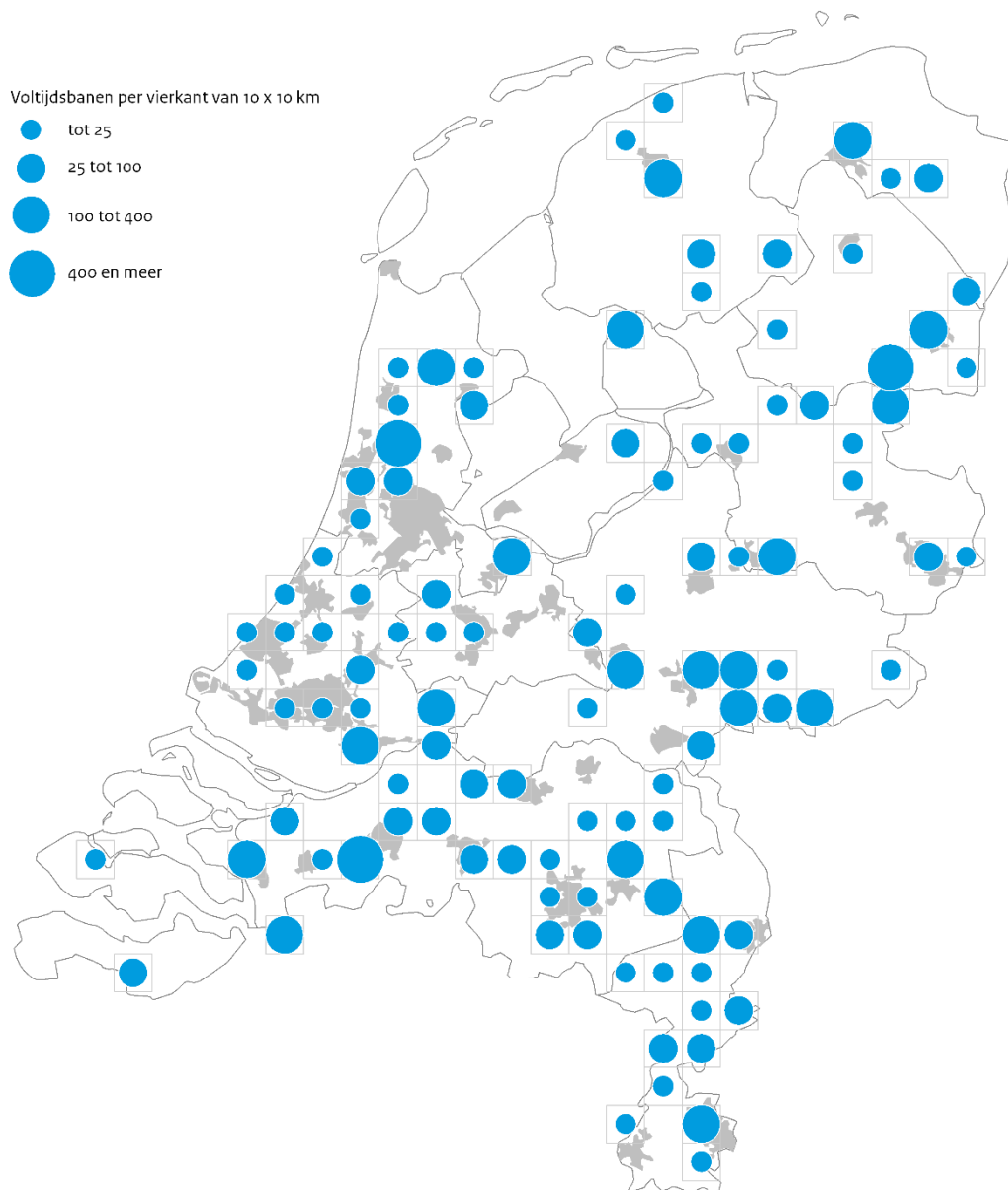
Kunststof of plastic wordt gemaakt van ruwe aardolie die per schip wordt aangevoerd naar de Rotterdamse haven. In een olieraffinaderij wordt hiervoor olie geraffineerd tot onder meer nafta. Met name nafta is de voeding voor een zogenaamde kraker installatie waarmee het wordt omgezet naar simpele chemische gasvormige verbindingen die vervolgens in een plasticfabriek worden omgezet in plastic korrels (polymeren). In Nederland staan in totaal zes krakers. In Rotterdam nabij de raffinaderijen en in Terneuzen en Geleen. De kraker in Geleen krijgt de grondstoffen aangeleverd via een pijpleidingnetwerk dat ook verbonden is met Duitsland en België. Terneuzen ontvangt het per schip. Er zijn in Nederland vijftien producenten actief met de grootschalige omzetting naar de plastic korrels (CE-Deflt,2022).

Het vervaardigen van een brede variëteit aan kunststofproducten gebeurt vervolgens door ruim 1300 bedrijven verspreid over het land met specialisaties in o.a. primaire kunststofsoorten, kunststofprofielen, buizen, verpakkingen of bouwproducten (LISA, 2019). Van de ruim 42.000 voltijdsbanen in deze sector houden zich zo'n 7600 bezig met de productie van kunststofproducten voor de bouw (zie figuur 11.1).

Het voor de bouw (incl. GWW) en constructie geproduceerde plastic bestaat bij benadering voor 15 procent uit gerecycled plastic. Van het plasticafval uit de bouw (incl GWW) en constructie (bij benadering zo'n 0,07 Mton) wordt 25% gerecycled, het overige deel van dit afval wordt verbrand voor energie terugwinning (NIBE, 2022).

Bij de recycling van plasticafval wordt onderscheid gemaakt naar mechanische recycling waarbij plastics gesorteerd, gewassen en omgesmolten worden, en chemische recycling waarbij het plastic afgebroken wordt tot de oorspronkelijk chemische bouwstenen. Er zijn zo'n 30 bedrijven op lokale bedrijfsterreinen verspreid over Nederland actief in de mechanische recycling. Chemische recycling vindt plaats in de nabijheid van de grote industriële chemische productielocaties in Zuid-Limburg, Zeeland en Rotterdam (CE-Delft, 2022).

Figuur 11.1 Werkgelegenheid in vervaardiging van kunststofproducten voor de bouw, 2019



Bron: LISA (2019) bewerking PBL

De productie van kunststofproducten voor de bouw vindt over heel het land plaats met concentraties in Noord-Brabant, in de randen van de Randstad in Noord- en Zuid-Holland, rond Arnhem en in Zuidoost Drenthe – Kop van Overijssel.

12 Biobased materiaalketen

12.1 Kenschets

Toepassing van biobased bouwmaterialen in de bouw betreft vooral het gebruik van hout (zie hoofdstuk 5). Kleinschalig en nog in ontwikkeling is het gebruik van andere materialen zoals van vezelgewassen (vlas, hennep, stro, riet, bamboe en olifantsgras), mycelium, schapenwol en kurk (Dam, J. van, Oever, M. van den, 2019). Het gaat om een grote variëteit aan bouwproducten, soms gecombineerd met niet-biobased materialen zoals bijvoorbeeld bij vezelbeton of kalkhennep. Biobased materialen worden onder meer toegepast bij bouwblokken, in beton en muur(stuc)pleisters, in (isolatie-) plaatmateriaal voor muren, vloeren en daken, gevelplaten en dakbedekking, spouwisolatie, na-isolatie en constructies.

Het aandeel biobased bouwmaterialen in Nederland is laag. Op basis van gewicht is het aandeel van hout 2 % en van overige biobased materialen 0,1 % (NIBE, 2019). We gaan in dit hoofdstuk vanwege de beschikbare gegevens alleen in op een beperkt aantal van de genoemde vezelgewassen als biograndstof voor onder andere bouwmaterialen.

Naar schatting zijn op basis van de teelt van vezelgewassen en de vervaardiging en toepassing van biobased bouwmaterialen van riet, vlas en hennep, stro en olifantsgras zo'n 1400 voltijdsbanen betrokken bij de keten van biobased bouwmaterialen verspreid over 470 bedrijfsvestigingen (LISA 2019). Bamboe wordt niet geteeld in Nederland en wordt daarom geïmporteerd.

Tabel 12.1 Biobased bouwmaterialenketen (o.b.v. beperkt aantal vezelgewassen)

Producten: gebruik en im- en export (incl. voor GWW), (Mton)

	Aantal
Gebruik van stro in de bouw	0,0004
Gebruik van riet in de bouw	0,035
Gebruik bamboe, in de bouw	0,008

NIBE (2019);

Werkgelegenheid in Nederland (incl. voor GWW), 2019 (x 1000)

	Aantal
Voltijdsbanen (o.b.v. handmatige selectie), totaal	1,4
- waarvan zelfstandigen (met name rietdekkers)	0,3
Bedrijfsvestigingen	0,5

LISA (2019)

Grondstoffen: winning en im-en export (incl. voor GWW)

	Aantal
Import bamboe, met name uit China, 2019 (Mton)	0,02
Opbrengst/winning vlas en hennep teelt, 2021 (Mton)	0,024
Olifantsgras beteeld oppervlak in Nederland, 2021 (ha)	310
Riet, gemaaid oppervlak in Nederland, 2021 (ha)	4500
Riet, geïmporteerd uit vooral Europa en China (Mton)	0,01

CBS (2023); CBS (2022d); BRP (2021); Vakfederatie Riettelers (2022); WUR (2023)

12.2 Geografie

De grondstoffen voor biobased bouwmaterialen komen uit Nederland maar worden ook geïmporteerd. Bamboe wordt geïmporteerd en komt met name uit China, bijna 0,02 Mton in 2019 (CBS, 2023), waarvan zo'n 0,008 Mton gebruikt wordt in de bouw en GWW (NIBE, 2019).

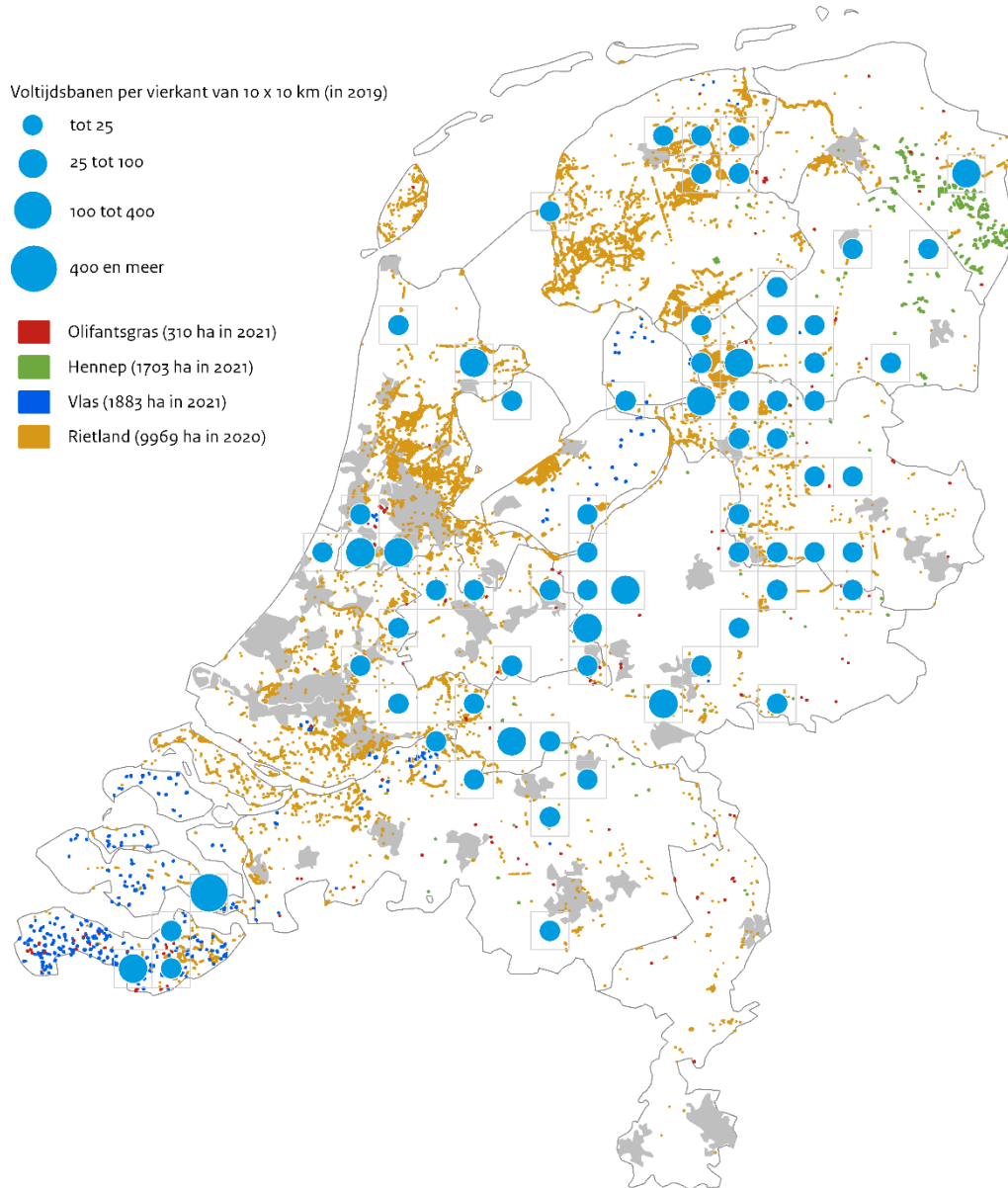
Vezelgewassen vlas, hennep en olifantsgras worden (ook) geteeld in Nederland (zie figuur 12.1). Voor vlas en hennep gaat het bij elkaar in 2021 om een beteelt oppervlak van bijna 3700 ha met een bruto-opbrengst van 0,024 Mton (CBS, 2022d). De vlasteelt is vooral op kleigrond en geconcentreerd in Zeeland. Hennep wordt hoofdzakelijk geteeld op dalgrond in Groningen en Drenthe. Deze gewassen worden gebruikt voor het maken van isolatiemateriaal, maar ook voor combinaties met beton en kalk.

Olifantsgras wordt verspreid over Nederland geteeld (310 ha in 2021, (BRP,2021). Per ha levert het zo'n 20.000 kg op. Het kent veel toepassingsmogelijkheden want het is sterk, buigzaam en droog. Naast grondstof voor kerosine, papier, plastic of verbranding in kachels kan van het ruwe materiaal bouwmaterialen geperst worden, zoals spaanplaat (WUR, 2022). Ook wordt het toegepast als hulpstof in beton.

Stro is een bijproduct van de teelt van graangewassen waarvan jaarlijks zo'n 400.000 kg wordt gebruikt in de W&U-bouw en grond- weg en waterbouw (NIBE, 2019). Met name voor de isolatie van woningen in wanden en daken. In Nederland zijn tot nu toe zo'n 135 gebouwen die overwegend met behulp van stro zijn gerealiseerd (Vakgroep Strobouw, 2022).

Van oudsher wordt riet gebruikt als dakbedekking en in Nederland geoogst, met name in de Weerribben, de Wieden, Nieuwkoopse Plassen, Stellendam, de grote rivieren, Friesland en Noord-Holland. In Nederland is bijna 10.000 ha rietland (BGT, 2020) waarvan zo'n 4500 ha wordt gemaaid (Vakfederatie rietelers 2022). Riet is bewerkelijk en arbeidsintensief om te oogsten (en daarom prijzig) en wordt steeds vaker uit China gehaald. Er wordt jaarlijks 35 mln kilo riet gebruikt in de W&U-bouw en grond- weg – en waterbouw (NIBE, 2019).

Figuur 12.1 Teelt vezelgewassen en werkgelegenheid in vervaardiging en toepassing van enkele biobased bouwmaterialen



Bron: BRP (2021), BGT (2020), LISA (2019) bewerking PBL

Hennep wordt vooral geteeld in Groningen en Drenthe. De vlasteelt is geconcentreerd op de kleigrond in Zeeland. Miscanthus wordt verspreid over het land verbouwd. Riet is met name te vinden in de merengebieden in Noord-Holland, Friesland en Overijssel. Het beeld van de werkgelegenheid in de vervaardiging en toepassing van enkele biobased bouwmaterialen (excl. hout) volgt de teelt slechts gedeeltelijk. Doordat er veelal kleine en verspreide bedrijven actief zijn is een deel niet zichtbaar in de kaart vanwege de gehanteerde ondergrenzen.

Referenties

- Aardehuis.nl (2022), <https://www.aardehuis.nl/index.php/nl/>
- Acharya, D. et al. (2018). 'From principles to practices: first steps toward a circular built environment', Arup - Ellen Macarthur Foundation.
- Arnoldussen, J., Roemers G., et al. (2020), 'Materiaalstromen, energiegebruik en milieuimpact in de woning en utiliteitsbouw, uitgangssituatie en doorkijk naar 2030', Amsterdam: Economisch Instituut voor de Bouw (EIB).
- Arnoldussen, J. et al. (2017), 'Innovatie in de bouw, opgaven en kansen', Amsterdam: Economisch Instituut voor de Bouw (EIB).
- AT Osborne (2021), 'Circulaire materialen in de bouw. Juridische feiten en fabels over hoogwaardig hergebruik', Baarn
- Barendregt, E. et al. (2023), 'Toekomstbeelden Bouw, Inventarisatie toekomstbeelden van een circulaire bouwsector', Rotterdam: Rebel Circular Economy B.V.
- Betonhuis (2022), *Aanmaakwater voor beton*, geraadpleegd op 29-03-2022, via: <https://betonhuis.nl/betonmortel/aanmaakwater-voor-beton>
- Betonhuis (2023), *Betonmarkt in Nederland*, Geraadpleegd op 2-08-2023, via: <https://betonhuis.nl/betonhuis/betonmarkt-nederland>
- BGT (2020), 'Basisregistratie Groot-schalige Topografie'. Kadaster. Apeldoorn
- Biobasedbouwen.nl (2023). <https://www.biobasedbouwen.nl/>, geraadpleegd op 13-7-2023
- Boom Landscape (2022). *Biobased (ver)bouwen in Groot-Haarzuilens*. Amsterdam
- Buijs, M. (2021), 'Omzet zeg niet alles in de bouw'. <https://cobouwacademy.nl/nieuws/omzet-zegt-niet-alles-in-de-bouw>. Zeist: Cobouw Academy
- Buitelaar, E., Meijer R. (2022). 'Grondwaarden en de betaalbaarheid van woningen. Naar een andere behandeling van grond en opstal?'. Utrecht: Universiteit Utrecht
- Buitelaar, E., Segeren A., Kronberger P. (2008), 'Stedelijke Transformatie en grondeigendom'. Pag. 22. Den Haag, Rotterdam: Ruimtelijk Planbureau, NAIo10-uitgevers.
- Bouwen met staal (2022), Cijfers aangeleverd door M. Barendsz van Bouwen met staal. Zoetermeer
- Bouwen met staal (2022a), 'Recycling en Hergebruik'. <https://www.bouwenmetstaal.nl/themas/duurzaam/recycling-en-hergebruik>
- Bouwwereld.nl (2021), 'Modulaire bouwblokken van gerecycled plastic'. <https://www.bouwwereld.nl/innovatie/modulaire-bouwblokken-van-gerecycled-plastic/>
- Bouwwereld.nl (2013), 'Huizen van zand, leem, riet en autobanden'. <https://www.bouwwereld.nl/bouwkennis/zelfvoorzienende-aardehuizen/>
- BRP (2021), 'Basisregistratie Gewaspercelen'. Utrecht: Rijksdienst voor Ondernemend Nederland (RVO).
- BZK (2020), 'Ruimte voor Biobased Bouwen – Strategische Verkenning'. Den Haag: Ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties.
- BZK (2022), *Nationale Woon- en bouwagenda* p. 25. Volkshuisvesting en Ruimtelijke Ordening. Den Haag: Ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties.
- CBS (2017), Bestand Bodemgebruik (BBG) van 2017. Den Haag: Centraal Bureau voor de Statistiek.

- CBS (2019). Meeste afval en hergebruik materialen in bouwsector. <https://www.cbs.nl/nl-nl/nieuws/2019/45/meeste-afval-en-hergebruik-materialen-in-bouwsector>. Den Haag: Centraal Bureau voor de Statistiek.
- CBS (2020a), statline: Afvalbalans, afvalsoort naar sector; nationale rekeningen. Den Haag: Centraal Bureau voor de Statistiek.
- CBS (2020b), statline: Verkopen; industriële producten naar productgroep (ProdCom), code 23621050, 2332. Den Haag: Centraal Bureau voor de Statistiek.
- CBS (2021), statline: Voorraad woningen; standen en mutaties vanaf 1921 <https://opendata.cbs.nl/statline/#/CBS/nl/dataset/82235NED/table?ts=1662707595671>), Den Haag: Centraal Bureau voor de Statistiek.
- CBS (2022), statline: Voorraad woningen en overige toevoegingen en onttrekkingen, Den Haag: Centraal Bureau voor de Statistiek.
- CBS (2022a), statline: Voorraad woningen en niet-woningen, Den Haag: Centraal Bureau voor de Statistiek.
- CBS (2022b), Groene groei, artikel Bos en open natuur. Geraadpleegd op 12 december 2022 via <https://www.cbs.nl/nl-nl/maatschappij/natuur-en-milieu/groene-groei/natuurlijke-hulpbronnen/indicatoren/bos-en-open-natuur>. Den Haag: Centraal Bureau voor de Statistiek.
- CBS (2022c), statline: Voorraad woningen; gemiddeld oppervlak; woningtype, bouwjaarklasse; <https://opendata.cbs.nl/#/CBS/nl/dataset/82550NED/table?searchKeywords=gemiddelde%20oppervlakte%20woningen>, Den Haag: Centraal Bureau voor de Statistiek.
- CBS (2022d), statline: Akkerbouwgewassen; voorlopige en definitieve oogstraming. Den Haag: Centraal Bureau voor de Statistiek.
- CBS (2023), 'Developing a material flow monitor for the Netherlands from national statistical data', via <https://www.cbs.nl/en-gb/longread/discussion-papers/2023/developing-a-material-flow-monitor-for-the-netherlands-from-national-statistical-data>, Den Haag: Centraal Bureau voor de Statistiek.
- CBS (2023a), statline: Voorraad woningen; overige toevoegingen en onttrekkingen (detail), regio. <https://opendata.cbs.nl/statline/#/CBS/nl/dataset/84903NED/table?ts=1683025146627>, Den Haag: Centraal Bureau voor de Statistiek.
- CBS (2023b), 'Transformaties in de woningvoorraad 2021'. <https://www.cbs.nl/nl-nl/longread/aanvullende-statistische-diensten/2023/transformaties-in-de-woningvoorraad-2021>, Den Haag: Centraal Bureau voor de Statistiek.
- CBS (2023c), statline: Winning, invoer en uitvoer van materialen naar soort; nationale rekeningen, geraadpleegd 2 augustus 2023, Den Haag: Centraal Bureau voor de Statistiek.
- CBS (2023d), statline: Goederen; grensoverschrijdend, GN afd. V-VII landen, codes 69041000, 69051000, 69072100, 69072200, 69072300. Den Haag: Centraal Bureau voor de Statistiek.
- CBS (2023e), statline: Goederen; grensoverschrijdend, GN afd. V-VII landen, codes 25084000, 38245010, 38245090. Den Haag: Centraal Bureau voor de Statistiek.
- CBS (2023f), statline: Goederen; grensoverschrijdend, GN-afd V-VII landen, codes 25231000, 25232100, 25232900, Den Haag: Centraal Bureau voor de Statistiek.
- CBS (2023g), statline: Goederen; grensoverschrijdend, GN-afd VIII-XV landen, codes 68061000, 68101110, 68101190, 68101900, 68109100, 44050000, en 70199000, Den Haag: Centraal Bureau voor de Statistiek.

- CBS (2023h), statline: Goederen; grensoverschrijdend, GN afd. V-VII landen, codes 25201000, 25221000, 39031100, 39095090, en 39093100, Den Haag: Centraal Bureau voor de Statistiek.
- CBS (2023i), statline: Goederen; grensoverschrijding, GN afd. V-VII landen, codes 26060000, 28182000. Den Haag: Centraal Bureau voor de Statistiek.
- CBS (2023j), statline: Goederen; grensoverschrijdend, GN afd. V-VII landen, codes 26011100, 26011200, 27011900, 27040010, 25210000. Den Haag: Centraal Bureau voor de Statistiek.
- CBS (2023k), statline: Goederen; grensoverschrijding, GN afd. V-VII lande, code 39252000, 39259080. Den Haag: Centraal Bureau voor de Statistiek.
- CBS (2023l), statline: Goederen; grensoverschrijding, GN afd. I-IV landen, code 14011000. Den Haag: Centraal Bureau voor de Statistiek.
- CBS (2023m), tabel Materiaalmonitor 2014, 2016, 2018 en 2020. Bewerking PBL.
<https://www.cbs.nl/nl-nl/maatwerk/2023/04/materiaalmonitor-2014-2016-2018-en-2020>, Den Haag: Centraal Bureau voor de Statistiek.
- CBS (2023n), statline: Afvalbalans, afvalsoort naar sector; nationale rekeningen. Den Haag: Centraal Bureau voor de Statistiek.
- CBS (2023o), statline: Verkopen; industriële producten naar productgroep (ProdCom). Codes 23631000, 23641000, 23611130, 23611200. Den Haag: Centraal Bureau voor de Statistiek.
- CBS (2023p), statline: Bedrijven; Bedrijfstak, Algemene Bouw (sbi 4120) en Gespecialiseerde bouw (sbi 43xx), Den Haag: Centraal Bureau voor de Statistiek.
- CE Delft (2013), 'Milieu-impact van betongebruik in de Nederlandse bouw: status quo en toetsing van verbeteropties'. Den Haag: CE Delft.
- CE Delft (2022), 'Ruimtelijke effecten van de circulaire economie, Vijf cases bekeken'. Delft: CE Delft.
- CityDealCCB (2020), 'City Deal Circulair en Conceptueel Bouwen'. Agenda Stad. <https://citydealccb.nl>
- CLO (2015), 'Nederlandse biodiversiteitsvoetafdruk 1990-2010', Compendium voor de Leefomgeving, PBL, CBS, WUR, RIVM
- CLO (2022), 'Landvoetafdruk 1990-2019', Compendium voor de Leefomgeving, PBL, CBS, WUR, RIVM
- CLO (2023), 'Energie labels van woningen 2010 t/m 2022', Compendium voor de Leefomgeving, PBL, CBS, WUR, RIVM
- CML (2023), Excel-bestand met totaaloverzicht stedelijke mijn V2, bijlage bij Oorschot, J. van et al., Materiaalvoorraden in de maatschappij. Overzicht van materialen in de Nederlandse stedelijke mijn, CML, CBS, Metabolic, Leiden, Den Haag, Amsterdam
- Comhan Holland (2022), 'Het productieproces van aluminium'. Geraadpleegd op 5 sept 2022 via <https://www.comhan.com/nl/het-productieproces-van-aluminium>. Uithoorn
- Conde, A., Sutherland, A. (2022), 'The Circular Gap Report', Amsterdam: Built Environment.
- Copper8 et al. (2023), 'Woningbouw binnen planetaire grenzen. Materiaalvraag, CO₂-uitstoot en milieu-impact', Amsterdam
- CPB (2017), 'Prijselasticiteit van het woningaanbod'. Centraal Planbureau, Den Haag
<https://emf.thirdlight.com/file/24/tUoJh7utUp7OUputUoNStpe3IPX/First%20steps%20towards%20a%20circular%20built%20environment.pdf>
- Dam, J. van, Oever, M. van den (2019), 'Catalogus biobased bouwmaterialen. Het groene en circulaire bouwen', <https://www.groenebouwmaterialen.nl/biobased-bouwen>
- Damco Aluminium Delfzijl (2022). Geraadpleegd op 5 september 2022 via <https://aldel.nl/product>. Deze website is inmiddels niet meer online.

- Dammers, E. et al. (2013), *Scenario's maken voor milieu, natuur en ruimte: een handreiking*, Den Haag: PBL
- Davos (2018), 'Davos Declaration 2018. Hight-quality Baukultur for Europe'. <https://davosdeclaration2018.ch>
- DesignDigger (2021), 'Panelgesprek Houtbouw – Architecten moeten ook nadenken over de sloop van gebouwen'. <https://www.designdigger.nl/2021/10/12/panelgesprek-houtbouw-architecten-moeten-ook-nadenken-over-de-sloop-van-gebouwen/>.
- Dobbelsteen, A. van den et al. (2001), 'Milieueffecten van bouwmaterialen: duurzaam omgaan met grondstoffen'. Delft: TU Delft.
- Eurogypsum (2022), 'What is Gypsum – Eurogypsum', geraadpleegd op 26 oktober 2022 via <https://eurogypsum.org/the-gypsum-industry/what-is-gypsum/>
- Eurostat (2023), 'Share of forest area'. Eurostat databrowser. Geraadpleegd op 14 augustus 2023
- Faludi, A., Valk, A. van der (1994). *Rule and Order, Dutch Planning Doctrine in the Twentieth Century*. Dordrecht: Kluwer.
- Groenebouwmaterialen.nl. <https://www.groenebouwmaterialen.nl/isolatie/type-isolatie/katoen-isolatie/>
- Gruis, V. et al. (2022), *Adviesroute naar een circulaire economie voor de bouw 2022*, Transitieteam circulaire bouw, Delft.
- Hajer, M. & Dassen T. (2014), 'Smart about cities; p. 150. Rotterdam: NAI10-uitgevers).
- Hanemaaijer, A. et al. (2021), *Mogelijke doelen voor een circulaire economie*. Relevantie van grondstoffen op basis van effecten p. 22- 28. Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving.
- Hanemaaijer, A. et al. (2023), *Integrale Circulaire Economie Rapportage (ICER) 2023*. Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving.
- Healey, P. (2004), 'The Treatment of Space and Place in the New Strategic Spatial Planning in Europe', *International Journal of Urban and Regional Research*, 28, pp. 45--67.
- HilgersomDeen duurzaam (2020), *Institutionele analyse van de gebouwde omgeving en circulaire bouweconomie*. Delft: HD Duurzaam.
- HNN (2022), 'Het Nieuwe Normaal', <https://ww.cirkelstad.nl/project/samenversnellen>, geraadpleegd 14 augustus 2023.
- ICIS (2021), 'ICIS News – Chemical profile: Europe styrene' <https://www.icis.com/subscriber/icb/2021/02/12/10605927/chemical-profile-europe-styrene/# = ,> geraadpleegd 30 november 2022, ICES Independent Commodity Intelligence Services.
- IenM & EZ (2016), *Nederland circulair in 2050. Rijksbreed programma Circulaire Economie*. Den Haag: Ministerie van Infrastructuur en Milieu & Ministerie van Economische Zaken.
- IenW (2017), *Grondstoffenakkoord. Intentieovereenkomst om te komen tot transitieagenda's voor de circulaire economie*. Den Haag: Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat.
- IenW (2023), *Nationaal Programma Circulaire Economie 2023-2030*. Den Haag: Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat.
- Industriebouwen (2022), 'Wat is staal? Productie van staal via hoogoven en vlamboogoven'. <https://industriebouwen.be/industriebouw/grondstoffen/staal/productieproces-staal/>
- Klerk, L. de (2008), *De Modernisering van de stad 1850-1914. De opkomst van de planmatige stadsontwikkeling in Nederland*. Rotterdam: NAI uitgevers.

- Klerk, L. de, Wouden R. van der (2021). 'Ruimtelijke Ordening. Geschiedenis van de stedelijke en regionale planning in Nederland, 1200-nu'. Rotterdam: NAIo10 uitgevers.
- KNB (2022), 'Jaarverslag 2022', geraadpleegd via https://www.knb-keramiek.nl/media/269519/knb_jaarverslag_2022_web.pdf, Branchevereniging Koninklijke Nederlandse Bouwkeramiek.
- KNB (2021). *Brochure Van klei tot baksteen*. Branchevereniging Koninklijke Nederlandse Bouwkeramiek
- KNB (2022a). Hergebruik en recycling keramische materialen. Geraadpleegd maart 2022, via: <https://www.knb-keramiek.nl/themas/duurzaamheid/hergebruik-en-recycling/>
- Kok, J. & Koning M. (2019), *Toekomstperspectieven sloopsector 2019, ontwikkeling en vooruitzichten*, Amsterdam: Economisch Instituut voor de Bouw (EIB)
- Kuiper, R. & M. Spoon (2022), *Monitor Nationale Omgevingsvisie 2022. Eerste vervolgmeting*, Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving.
- LISA (2019). Werkgelegenheids- en bedrijvenvestigingenregister van Nederland, Stichting LISA, bewerking door PBL.
- Louw, E., et al. (2003), *Overcapaciteit woningbouw in bestemmingsplannen*. Delft: OTB.
- Meulen, M.J. van der, Wiersma, A.P, et al., (2009), Sediment management and the renewability of floodplain clay for structural ceramics, *Journal of Soils and Sediment* (2009) 9:627–639, <https://link.springer.com/article/10.1007/s11368-009-0115-8>
- MWA (2022), Mineral Wool Association Benelux, <https://www.mineraleisolatie.nl/>.
- Nabielek, P. et al. (2023), *Working paper: An evaluation framework for the transformative capacity of Dutch climate policy*. Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving.
- NBD (2022), Nederlandse Bouwdocumentatie www.NDB-online.nl, basiskennis isolatieschuimen EPS, XPS, PIR, PUR
- NIBE (2019), *Potentie biobased materialen in de bouw*, Bussem: NIBE Research bv
- NIBE (2022), *Kunststoffen in de bouw*, Utrecht: NIBE Research bv
- Oorschot, J. van, Voet E. van der et al. (2021), *Voorraden in de maatschappij, de grondstoffenbasis voor een circulaire economie deel II. Met casestudies op gebouwen, elektrische machines en textiel*, CBS: Voorburg.
- Oorschot, J. van et al. (2022). *Scenariostudie materiaalvoorraad, vraag en secundair aanbod in gebouwen*. CML, Metabolic, PBL, Leiden, Amsterdam, Den Haag
- Oorschot, J. van et al. (2023), *Materiaalvoorraden in de maatschappij, overzicht van materialen in de Nederlandse stedelijke mijn*, CML, CBS, Metabolic, Leiden, Den Haag, Amsterdam
- PBL (2013), *Verduurzaming van internationale handelsketens*. Voortgang, effecten en perspectieven, p. 52-55, Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving
- PBL (2021), *Grote opgaven in een beperkte ruimte. Ruimtelijke keuzes voor een toekomstbestendige leefomgeving*. Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving.
- PBL (2023), *Vier scenario's voor de inrichting van Nederland in 2050. Ruimtelijke Verkenning 2023*, Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving.
- PBL (2023b), Eigen berekening PBL op basis van bij het CBS beschikbaar gestelde detailbestand van de Monitor Materiaalstromen update 2020.
- Plastics Europe, 2021, <https://legacy.plasticseurope.org/nl/newsroom/news/position-paper-biobased-kunststoffen> geraadpleegd op 13 september 2022
- Probos (2018), *Duurzaam geproduceerd hout op de Nederlandse markt in 2017*. Wageningen: Stichting Probos.

- Probos (2019), 'Bosberichten 2019#3', <https://www.probos.nl/publicaties/bosberichten>, Geraadpleegd 9 november 2022, Wageningen: Stichting Probos.
- Probos (2020b), *Meer met Nederlands Hout*. Wageningen: Stichting Probos.
- Probos (2020a), *Bos, hout en de houtketen in Nederland*. Wageningen: Stichting Probos.
- Probos (2022), Kerngegevens Bos en Hout in Nederland. <https://bosenhoutcijfers.nl>, geraadpleegd op 20-07-2022, Wageningen: Stichting Probos.
- PropertyNL (2020, 2021). Top Woningontwikkelaars 2019 en 2020. Bewerking PBL.
- Recycling Nederland (2022). 'Catalaanse onderzoekers: Van afgedankte kleding naar bouw materiaal'. <https://recyclingnederland.nl/artikelen/catalaanse-onderzoekers-van-afgedankte-kleding-naar-bouw-materiaal/>
- Rijksoverheid (2018). *Transitieagenda Circulaire Economie Bouw. Samen bouwen aan de circulaire economie voor Nederland in 2050*. Den Haag.
- RIVM (2015). 'Beleidsverkenning circulaire economie in de bouw. Een perspectief voor de markt en overheid', Figuur 1, *RIVM-rapportnummer 2015-0197*. Bilthoven: RIVM.
- Rood, T. et al. (2021), 'Circulair bouwen: negen verhalen in beeld en woord', <https://themasites.pbl.nl/o/circulariteit-in-de-bouw/>, Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving.
- Rood, T. (2022), 'Ruimtelijke effecten van circulaire economische activiteiten zijn mogelijk groot'. Een samenvatting van het door CE Delft in opdracht van het PBL uitgevoerde onderzoek. Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving.
- Rood, T. & E. Evenhuis E. (2023), *Ruimte voor circulaire economie. Verkenning van de ruimtelijke voorwaarden voor een circulaire economie*. Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving.
- Rouwendal, J., Koomen E. (2022). 'Grondmarkt en grondbeleid vertragen woningbouw'. *Economische Statistische Berichten (ESB)* 107 p 61-63. Amsterdam.
- RVO (2022), 'Marktinformatie isolatiematerialen, isolatieglas en HR-ketels, 2010-2021', Den Haag: Rijksdienst voor Ondernemend Nederland
- RWS (2020), 'Leefomgeving Afval Circulair', Delft: Rijkswaterstaat.
- Sonnier, E., Grit A. (2022), 'A narrative for circular economy in Cities: Conditions for a Mission-Oriented innovative System', In: *City and Environment Interactions*, Vol. 16, December 2022 <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S259025202200006X>
- Statista (2020), 'Global end use of aluminum by sector'. Geraadpleegd op 1 sept 2022 via <https://www.statista.com/statistics/280983/share-of-aluminum-consumption-by-sector/>
- Statista (2021), 'Global distribution of copper consumption 2021, by end use. Geraadpleegd op 17 oktober 2023
- Statista (2022), 'Major countries in copper production worldwide'. Geraadpleegd op 1 sept 2022 via <https://www.statista.com/statistics/264626/copper-production-by-country/>.
- Timmermans, M. & Weijer J. van der, et al. (2021), *Verkenning beschikbaarheid en gebruik secundaire grondstoffen*, Utrecht: Rijksdienst voor Ondernemend Nederland (RVO).
- TNO (2012), 'Samenwerking en duurzame innovatie in de bouw'. *TNO-rapport R10017*, p 25. Delft: TNO.
- Vakfederatie Rietdekkers (2022), 'Natuurlijk riet'. Geraadpleegd op 7 september 2022 via https://www.riet.com/riet/natuurlijk_riet.html
- Vakgroep Strobouw (2022). Geraadpleegd op 3 mei 2023 via <https://vakgroepstrobouw.org>.

- Vandersanden (2022). 'Productieproces: van klei tot straatbaksteen'
<https://www.vandersanden.com/nl-nl/productieproces-van-klei-tot-straatbaksteen>.
- Vermeulen, M. (2020), *Ruimte voor biobased bouwen*. Rotterdam: Studio Marco Vermeulen.
- VNK (2022), Productieproces kalkzandsteen,
<https://www.kalkzandsteen.nl/producten/productieproces/>, geraadpleegd op 26 oktober 2022, Vereniging Nederlands Kalkzandsteenplatform.
- VNK (2023), Hoe circulair is kalkzandsteen, <https://www.kalkzandsteen.nl/nieuws/>, geraadpleegd op 15 februari 2023, Vereniging Nederlands Kalkzandsteenplatform
- Wiltink, H. (2021). *Trends in Nederlandse voetafdrukken: een update. Methode, data en resultaten*, Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving.
- World Steel Association (2023). Jaarlijkse staalproductie 2018-2022. Geraadpleegd via <https://worldsteel.org/steel-topics/statistics/annual-production-steel-data>, Brussel
- WUR (2022), 'Dossier Olifantsgras-Miscanthus', Geraadpleegd op 20-07-2022, via <https://www.wur.nl/nl/dossiers/dossier/olifantsgras-miscanthus.htm>
- WUR (2023), *Regional supply of herbaceous biomass for local circular bio-based industries in the Netherlands*, <https://edepot.wur.nl/630159>, Wageningen.

Bijlagen

Bijlage 1

Gebruikte data, selecties en definities

Inleiding

Om deze rapportage te kunnen maken is gebruik gemaakt van verschillende bronnen, waarbij beschikbaarheid van data niet altijd bevredigend was. Daar zijn verschillende redenen voor. De data die nodig is voor circulaire economie is vanuit het verleden niet altijd gangbaar. Data is verspreid over meerdere bronnen en fragmentarisch, of zelfs geheel niet beschikbaar voor dit doel. Doorgaans zijn gegevens nationaal geaggregeerd en niet beschikbaar op het niveau van individuele materiaalketens, laat staan met een uitsplitsing naar verschillende fasen in de keten. Vanwege concurrentie belangen kunnen brancheorganisaties slechts beperkt behulpzaam zijn.

Materiaalmonitor CBS

Het detailbestand van de Materiaalmonitor is geen officieel vastgesteld publicatiebestand van het CBS. De plausibiliteit van de detaildata verschilt tussen variabelen en er bestaat de kans dat een variabele van matige of slechte kwaliteit is. De cijfers in de detailtabel moeten als experimentele data worden beschouwd die voor verbeteringen vatbaar zijn. Ze zijn echter voldoende solide om de belangrijkste grondstof- en materiaalstromen te kunnen identificeren.

Tabel B.1 Definitie bouwgrondstoffen/-materialen uit de Materiaalmonitor (t.b.v. Figuur 1.2)

Bouwgrondstoffen/-materialen	Goederen-categorieën
Natuursteen	Natuursteen; Bewerkte natuursteen
Zand en Grind	Zand; grind
Klei	Klei, inclusief extractie
Hout (incl. producten van hout)	Hout primair; Triplex e.d. van hout; Fineer/plaat van hout; Raam/kozijn van hout; Deuren van hout; Overig timmerwerk
Bouwartikelen van kunststof	Polyurethaan; Bouwartikelen van kunststof
Vlakglasproducten	Vlakglasproducten
Keramische bouwmaterialen	Keramische bouwmaterialen
Beton (incl. producten van beton)	Stenen van beton; Overige betonwaren; Bouwelementen van beton; Beton/mortel
Overige bouwmaterialen	Overige bouwmaterialen
Aluminium	Aluminium
Koper	Koper
IJzer- en staal (incl. producten van ijzer- en staal))	IJzer en staal; Metalen constructiewerk; Metalen deuren/ramen; Cv-ketels/radiatoren; Hang- & sluitwerk; Spijker/veer/draad; Bout/schroef/moer e.d.; Metaalproducten niet elders genoemd

Wederuitvoer is buiten beschouwing gelaten

Tabel B.2 Definitie bouwsector (excl. GWW) uit de Materiaalmonitor (t.b.v. Figuur 1.2)

Bouwsector	SBI-code	Sectoren
Maakindustrie	23199	Overige bouwmaterialen productie
Maakindustrie	23600	Beton/cementproductie
Maakindustrie	25100	Metalen bouwconstructies
Bouw	41100	Projectontwikkeling
Bouw	41200	Burgerlijke & Utiliteitsbouw
Bouw	43100	Slopen/Bouwrijp maken
Bouw	43200	Bouwinstallatie
Bouw	43319	Bouwafwerking
Bouw	43390	Overige bouwactiviteiten
Bouw	68130	Makelaar en handel in onroerend goed
Bouw	68204	Exploitatie bedrijfsgebouwen
Bouw	68208	Verhuur woningen
Bouw	68900	Eigen woningbezit
Bouw	71100	Ingenieurs & Architecten
Bouw	71200	Keuring & controle

Bouwmaterialen

Transport data van grondstoffen en bouwmaterialen is beperkt of niet beschikbaar. Dit geldt deels ook voor recycling en hergebruik van bouwmaterialen. Voor de winning, import en export van grondstoffen, materialen en producten zijn CBS internationale handelsstatistieken beschikbaar. Voor de in- en uitvoer van individuele grondstoffen en producten voor verschillende ketens gebruikt gemaakt van de in 2023 vernieuwde handelsstatistieken van het CBS. Voortaan wordt uitgegaan van goederenbewegingen waarbij de goederen fysiek de Nederlandse landsgrens passeren zonder dat hierbij altijd sprake is van eigendomsoverdracht.

Wat betreft de binnenlandse productie van bouwmaterialen materialen en producten is er beperkt informatie beschikbaar vanwege concurrentieoverwegingen en zijn brancheverenigingen vaak de enige bron voor overzichtsgegevens.

Aantal opgeleverde woningen per projectontwikkelaar (PropertyNL, bewerking PBL)

Zo is data over het aantal opgeleverde woningen per projectontwikkelaar of bouwbedrijf niet zomaar voorhanden (wel via website, jaarverslag). Voor de tekst in deel A is het jaarlijkse overzicht over 2019 en 2020 door PropertyNL is gebruikt. Omdat niet van alle ondernemingen de cijfers bekend zijn over beide jaren, is het gemiddelde opgeleverde aantal nieuwbouwwoningen 2019-2020 gebruikt; of alleen het cijfer over 2019 of alleen over 2020 genomen en zijn zo 20 bedrijven met de meeste opgeleverde nieuwbouwwoningen geselecteerd. De positie in de top 20 fluctueert, een groot opgeleverd project in een bepaald jaar bepaalt sterk de positie. We gaan ervanuit dat door de jaren deze pieken en dalen in het aantal opgeleverde woningen zich bij verschillende bedrijven voordoen zodat de samenstelling van de top 20 zal variëren, maar de marktconcentratie van de top twintig stabiel zal zijn.

Bouw- en sloop afvalstromen RWS

Tabel B.3 Euralcodes bouw- en sloop afvalstromen

Euralcode	Afvalcategorie
170101	Beton
170103	Keramisch
170405	IJzer en staal
170402	Aluminium
170401	Koper, brons en messing
170407, 170409, 170410, 170411	Gemengd ferro- en non-ferrometaal
170201	Hout
170802	Gips houdend
170601, 170603, 170604	Isolatiemateriaal
170203	Kunststof

Bedrijfsvestigingenregister Stichting LISA (lisa.nl)

De ruimtelijke structuur van de materiaalketens wordt in beeld gebracht aan de hand van de locatie van de bedrijvigheid in de verschillen fasen in combinatie met de omvang van de werkgelegenheid in voltijdsbanen in grootteklassen. Hiervoor is gemaakt van het Landelijke Informatiesysteem van Arbeidsplaatsen (LISA, 2019) met een registratie van alle vestigingen naar economische activiteit (in overeenstemming met de SBI2008-code, update 2022, zie ook de CBS-website) waar betaald werk wordt verricht. Voor dit onderzoek wordt uitgegaan van bedrijfsvestigingen met minimaal één voltijdsbaan. Vestigingen met alleen parttimebanen zijn buiten beschouwing gelaten. Vestigingen geregistreerd met één voltijdsbaan betreffen voor het overgrote deel banen van zelfstandigen en worden daarom in dit rapport als zodanig aangeduid. Bij de tellingen zijn alleen voltijdsbanen geteld.

In de onderstaande tabel is aangegeven welke categorieën bedrijven zijn meegenomen bij de verschillende materiaalketens. In alle gevallen betreft dit een benadering. Het lukt vaak niet om een keten zo volledig in kaart te brengen omdat niet alle fasen zoals (winning) grondstoffen, productie van bouwmaterialen/producten, groothandel en toepassen op de bouwplaats via SBI-codes voor elk bouw materiaal apart te selecteren zijn. Soms betreft een SBI-code een overige categorie die op meerdere materiaalketens betrekking heeft en daarom niet kan worden toegedeeld.

In sommige gevallen kan een categorie toch worden toegedeeld die niet uitsluitend op de betreffende materiaalketen is gericht. Voor de ketens van isolatiematerialen en biobased bouwmaterialen zijn helaas weinig of geen SBI-klassen die hoofdzakelijk betrekking hebben op deze ketens en daarom is hier gekozen voor een grovere benadering door handmatig een selectie te maken aan de hand van openbare ledenlijsten van branche- of vakverenigingen en/of bedrijfsnamen.

Voor de kaarten zijn het aantal voltijdsbanen vertaald naar rasters van 10 bij 10 kilometer waarbij alleen de rastercellen met minimaal vijf werkzame personen worden afgebeeld.

Tabel B.4 Gehanteerde selecties van SBI-codes naar keten of onderwerp

Betonketen	SBI2008	Omschrijving
	0812	Winning van zand, grind en klei
	2351	Vervaardiging van cement
	23611	Vervaardiging van producten voor de bouw van beton
	2363	Vervaardiging van stortklare beton
	2364	Vervaardiging van mortel in droge vorm
	2365	Vervaardiging van producten van vezelcement
	43992	Vlechten van betonstaal
	46735	Groothandel in zand en grind
Houtketen	SBI2008	Omschrijving
	0210	Bosbouw
	0220	Exploitatie van bossen
	0240	Dienstverlening voor de bosbouw
	16101	Zagen en schaven en overige primaire houtbewerking
	16102	Verduurzamen van hout
	1621	Vervaardiging van fineer en plaatmateriaal van hout
	16231	Vervaardiging van deuren, ramen en kozijnen van hout
	16239	Vervaardiging van overig timmerwerk voor de bouw
	4332	Bouw timmeren
	46731	Groothandel in hout en plaatmateriaal
Gips-kalkzandsteenketen	SBI2008	Omschrijving
	2352	Vervaardiging van kalk en gips
	2362	Vervaardiging van producten voor de bouw van gips
	23612	Vervaardiging van producten voor de bouw van kalkzandsteen en van cellenbeton
	4331	Stukadoeren
Keramische bouwmaterialenketen	SBI2008	Omschrijving
	2320	Vervaardiging van vuurvaste keramische producten
	2331	Vervaardiging van niet-vuurvaste keramische tegels en plavuizen
	2332	Vervaardiging van niet-vuurvaste keramische producten voor de bouw
	2342	Vervaardiging van sanitair aardewerk
	43993	Metselen en voegen
	4391	Dakdekken en bouwen van dakconstructies (exclusief rietdekkers)
	46736	Groothandel in tegels en plavuizen

Isolatieketen	SBI2008	Omschrijving
		Handmatige selectie van bedrijven uit categorieën 4329 (overige bouwinstallatie), 2314 (vervaardiging van glasvezels en glaswol), 2399 (vervaardiging van overige niet metaalhoudende minerale producten) en 46738 (groothandel in overige bouwmaterialen) a.d.h.v. openbare ledenlijsten van brancheverenigingen en/of bedrijfsnaam

IJzer- en staalketen	SBI2008	Omschrijving
	2410	Vervaardiging van ijzer en staal en van Ferro legeringen
	2420	Vervaardiging van buizen, pijpen en holle profielen
	2431	Koudtrekken van staven
	2432	Koudwalsen van bandstaal
	2433	Koudvervormen en koudfelsen
	2434	Koudtrekken van draad
	2451	Gieten van ijzer
	2452	Gieten van staal
	2511	Vervaardiging van metalen constructiewerken en delen daarvan
	2512	Vervaardiging van metalen deuren, vensters en kozijnen
	2521	Vervaardiging v. ketels, radiatoren voor centrale verwarming
	2572	Vervaardiging van hang- en sluitwerk
	46721	Groothandel in metaalertsen
	46722	Groothandel in Ferro metalen en -halfabricaten
	46741	Groothandel in ijzer- en metaalwaren
	46772	Groothandel in ijzer- en staalschroot en oude non-ferrometaal

Koper en Aluminiumketen	SBI2008	Omschrijving
	2442	Vervaardiging van aluminium
	2444	Vervaardiging van koper
	2453	Gieten van lichte metalen

Kunststofproductenketen	SBI2008	Omschrijving
	2223	Vervaardiging van kunststofproducten voor de bouw

**Biobased bouwmaterialen-
keten**

SBI2008	Omschrijving
0116	Teelt van vezelgewassen Aangevuld met handmatige selectie van bedrijven uit categorie 4391 (dakdekken en bouwen van dakconstructies) van riekdekkers en riethandel. Aangevuld a.d.h.v. openbare ledenlijsten van brancheverenigingen en/of bedrijfsnaam van enkele biobased materialen (riet, vlas en hennep en stro)

Sloop

SBI2008	Omschrijving
4311	Slopen van bouwwerken

Beheer bestaande gebouwen

SBI2008	Omschrijving
4334	Schilderen en glaszetten
8121	Interieurreiniging gebouwen
81221	Glazenwassen
6810	Handel in eigen onroerend goed
68201	Woningbouwverenigingen en -stichtingen
68202	Gemeentelijke woningbedrijven
68203	Verhuur van overige woonruimte
68204	Verhuur van onroerend goed (niet van woonruimte)
6831	Bemiddeling bij handel, huur of verhuur van onroerend goed
6832	Beheer van onroerend goed