

Structural Collective

Copper8

BOUWEN BINNEN PLANETAIRE GRENZEN

Verkenning natuurrisico's bouwmaterialen

Colofon

PUBLICATIE: JULI 2026

Onderzoek

Structural Collective
Harmen Heida
Job Papineau Salm
Lander De Visscher
Leen Felix

Copper8
Stefan Favrin
Sybren Bosch

Opdrachtgevers

Van Wijnen
Teun Verhagen

Synchroon
Maaike Perenboom

AM
Maarten Markus

PRICE
Monique van der Plas
Eva de Snoo

Dura Vermeer
Wendeline Besier
Lizzy Butink

Gemeente Amsterdam
Chandar van der Zande
Jeroen van der Waal

Provincie Zuid-Holland
Gert-Willem van Mourik

Design

Cassie Björck

Inhoudsopgave

Samenvatting 04

01 Inleiding 06

02 Aanpak: natuurrisico's in kaart 08

03 Beton 14

04 Staal 22

05 Asfalt 31

06 Hout 39

07 Conclusies 49

08 Sectorbreed handelingsperspectief 56

09 Tot slot 61

Bijlagen 62

Bijlage I. Totstandkoming 63
Bijlage II: Definities & begrippen 64
Bijlage III. Toelichting methode 69
Bijlage IV. Achtergrondcijfers 72
Bijlage V. Bronvermelding 82

Onderzoeksserie

Dit onderzoek is gestart op initiatief van Structural Collective en Copper8. Dit rapport is onderdeel van de serie *Bouwen binnen planetaire grenzen*. Eerdere rapporten hebben zich gericht op de CO_2-uitstoot van de Nederlandse bouw. Dit rapport gaat in op de risico's voor de natuur als gevolg van de winning en productie van bouwmaterialen.



Samenvatting

De natuur staat wereldwijd onder druk. Zeven van de negen planetaire grenzen zijn inmiddels overschreden. Naast klimaat en biodiversiteit leiden onder meer de wereldwijde verandering van landgebruik en beschikbaarheid van zoet water tot bedreigingen voor gezond en veilig menselijk leven. Dit vraagt van de Nederlandse bouwsector om niet alleen te sturen op 'natuurinclusief bouwen' op de bouwlocatie, maar ook op natuurrisico's in de keten.

Dit onderzoek is een eerste verkenning naar de natuurrisico's bij de winning van veelgebruikte bouwmaterialen. De analyse kijkt naar beton, staal, asfalt en hout, op basis van de in Nederland toegepaste massa's (2023). Het onderzoek is uitgevoerd op basis van de methodologie van *Science-based Targets for Nature* (SBTN). De natuurrisico's zijn het gevolg van milieu-impact op een specifieke locatie in combinatie met de staat van de natuur op die locatie.

De natuurrisico's verschillen sterk per materiaal en per winningslocatie. De belangrijkste natuurrisico's per materiaal zijn de volgende:



Voor **beton** zijn er hoge natuurrisico's bij de winning van zand en grind (o.a. in Limburg, Duitsland) door watergebruik en biochemische vervuiling op locaties met bestaande watertekorten en een hoge stikstofconcentratie.



Voor **asfalt** spelen dezelfde risico's bij watergebruik en biochemische vervuiling bij zand- en steenslagwinning.



Voor **staal** zijn er hoge natuurrisico's bij ijzererts- en nikkelwinning in onder andere Brazilië en Indonesië, door landgebruik en de hoge lokale ecologische intactheid.



Voor **hout** zijn er hoge natuurrisico's bij de oogst van tropisch hout en hout uit boreale (noordelijke) bossen. Deze bossen hebben een hoge ecologische intactheid en er bestaat een risico op verandering van het landgebruik. Bij tropische bossen is ook de aanwezigheid van vele bedreigde soorten een risico.

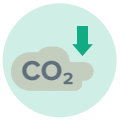
De productie van bouwmaterialen zorgt in veel gevallen voor een grotere milieu-impact dan de winning van grondstoffen. Winning en verbranding van fossiele brandstoffen voor productieprocessen is hier een belangrijke oorzaak van. Dat leidt niet alleen tot CO_2-uitstoot, maar vaak ook tot biochemische vervuiling (o.a. stikstof).

De milieu-impact en natuurrisico's van abiotische materialen (beton, staal, asfalt) zijn anders dan van biotische materialen (hout). De milieu-impact van abiotische materialen is over het algemeen hoger dan de milieu-impact van biobased materiaal. Waar abiotische grondstoffen zorgen voor milieu-impact door energie-intensieve productieprocessen, hebben biotische grondstoffen land nodig om te groeien.



SPOOR I: **Ontwerpen en bouwen met minder materiaal is een belangrijke stap om natuurrisico's te verlagen.** Minder materiaalgebruik leidt tot minder grondstofwinning, minder productieprocessen, minder milieu-impact en daarmee tot lagere natuurrisico's. Om de totale hoeveelheid materiaal voor de bouwopgave te verlagen, is allereerst een andere invulling van de woon- en gebouwbehoefte van belang. Ook hoogwaardiger hergebruik en betere recycling kan een grote bijdrage leveren.

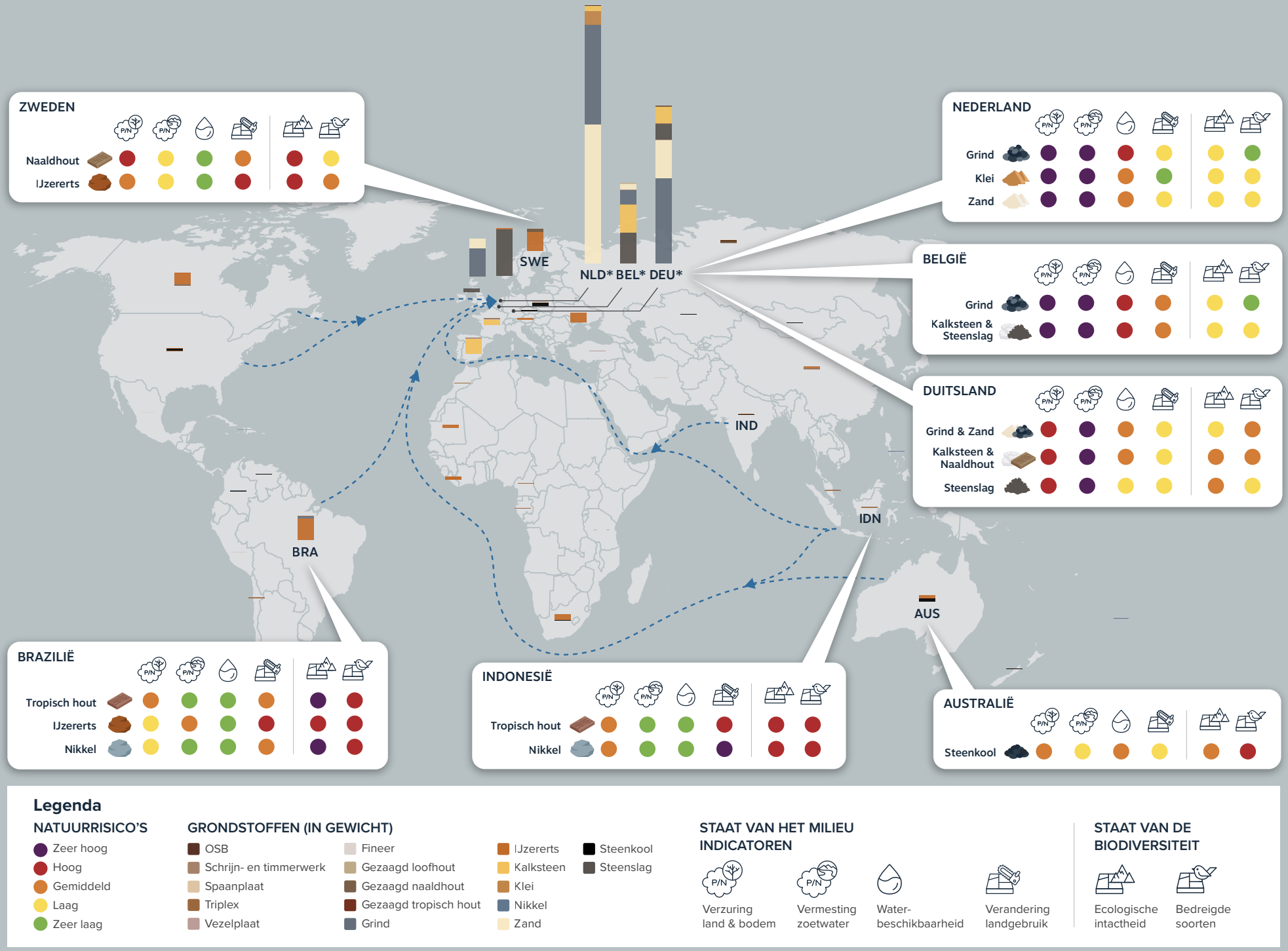
Expliciete sturing op minder materiaal is geen onderdeel van huidige instrumenten (MPG, MKI), ondanks dat dit wel onderdeel is van nationaal beleid op circulaire economie. Er is dus een nieuw sturingsinstrument nodig, dat ook stuurt op de absolute hoeveelheid primair (nieuw) materiaal.



SPOOR II: **Versnelde CO_2-reductie leidt meestal ook tot lagere natuurrisico's.** Sturing op CO_2 leidt vaak tot minder gebruik van fossiele brandstoffen, wat natuurrisico's beperkt bij zowel winning als verbranding. Het tegengaan van klimaatverandering en natuurrisico's kan hand in hand gaan door over te schakelen naar schone energie. Dit vraagt wel om investeringsperspectief voor de verduurzaming van de bouwmateriaalproductie. Die kan mede mogelijk worden door een sterke wettelijke sturing op de materiaalgebonden CO_2-uitstoot van gebouwen en ketensturing op CO_2-bewuste uitvoering.



SPOOR III: **Verantwoorde herkomst & ketentransparantie helpt om risico's inzichtelijk te maken en te beperken.** Omdat de netto vraag naar materiaal groter is dan wat er vrijkomt uit sloop, blijven nieuwe materialen voorlopig nodig. Ketentransparantie maakt het mogelijk om te sturen op verantwoorde herkomst. Bij korte ketens (o.a. zand, grind) kan vaak direct gestuurd worden op de herkomst. Bij langere, complexere ketens (o.a. ijzererts, hout) speelt certificering een centrale rol. Specifiek voor hout is het verhogen van het aandeel gecertificeerd hout naar 100% (nu: 65-90%, afhankelijk van houtsoort) een belangrijke stap.



Figuur: *Natuurrisico's op winningslocaties van de grondstoffen voor de Nederlandse bouw*



01 Inleiding

De wereld bevindt zich in een meervoudige planetaire crisis: klimaatverandering, biodiversiteitsverlies en vervuiling.[1] Van de negen "planetaire grenzen" zijn er inmiddels zeven overschreden. Naast het beperken van klimaatverandering is ook het voorkomen van verder biodiversiteitsverlies essentieel voor een gezonde en veilige toekomst.

Op dit moment gaat zowel wereldwijd als in Nederland de meeste aandacht naar het beperken van klimaatverandering (door verlaging van de CO_2-uitstoot). Tegelijkertijd vraagt het tegengaan van biodiversiteitsverlies en het herstel van de natuur om minstens evenveel aandacht. Natuur - en de daarvoor benodigde biodiversiteit - vormen immers de basis voor menselijk leven op aarde. Daarom zijn er internationale afspraken gemaakt om natuurschade te stoppen en natuur te herstellen. Dit is vastgelegd in het *Kunming–Montreal Global Biodiversity Framework* (2022),[2] zoals het Parijsakkoord dat voor klimaatverandering doet.

De bouwsector stuurt nog grotendeels op CO_2-reductie en veel minder op natuurrisico's. Dit geldt zowel voor de beleidsmatige sturing vanuit de overheid als voor verduurzamingsplannen van bouwers. Deze beperkte focus heeft gevolgen. Wanneer bredere sturing ontbreekt, ontstaat het risico dat de bouw vastloopt. De stikstofcrisis laat zien wat er kan gebeuren wanneer milieugrenzen worden overschreden. De komende jaren kunnen vergelijkbare beperkingen ontstaan door Europese waterkwaliteitseisen.[3] Daarmee komen zowel de bouwopgave als de financiële gezondheid van de sector in gevaar.

Naast dat de bouwsector impact heeft op de natuur, is zij ook van de natuur afhankelijk. Denk aan de groei van hout en vezelgewassen, de aanvoer van zand en klei en de beschikbaarheid van schoon water.[4] Wanneer de staat van de natuur verslechtert, verslechtert ook de kwaliteit van 'ecosysteemdiensten' die de natuur ons levert. Onvoldoende aandacht voor behoud en herstel van de natuur - zowel in Nederland als in internationale productieketens - kan uiteindelijk een financieel risico vormen voor de bouwsector.

Wat betreft natuurbehoud richt de bouwsector zich momenteel hoofdzakelijk op 'natuurinclusief bouwen' op de bouwlocatie. Achttien vooraanstaande bouwers hebben daarvoor in december 2025 het *Manifest Netto Natuurwinst* gelanceerd.[5] Aandacht voor natuurinclusieve productieketens is een volgende stap.

Omdat de bouw verantwoordelijk is voor het gebruik van ongeveer de helft van de grondstoffen in Nederland, zijn de risico's voor de schade aan de natuur en het verlies van ecosysteemdiensten als gevolg van grondstofwinning groot. Veel partijen in de bouwsector hebben echter geen of nauwelijks zicht op de impact van de bouw op natuur in de productieketens. Daarbij gaat het zowel om de impact op de natuur bij de winning als bij de productie van bouwmaterialen.

Dit onderzoek laat zien hoe winning en productie van bouwmaterialen risico's voor de natuur kunnen veroorzaken. Deze risico's zijn inzichtelijk gemaakt voor vier grote materiaalstromen: beton, staal, asfalt en hout. Met beter inzicht in deze risico's kunnen opdrachtgevers en bedrijven beter sturen op verduurzaming van materiaalketens voor de bouw. Ook biedt de aanpak van dit onderzoek een stappenplan waarmee organisaties zelf inzicht in hun toeleveringsketens kunnen opbouwen. Want alleen vanuit dit bredere perspectief wordt daadwerkelijk 'bouwen binnen planetaire grenzen' mogelijk.

Over planetaire grenzen

De negen 'planetaire grenzen' vormen de randvoorwaarden voor een veilig en gezond menselijk leven op aarde.

Ontstaan van het Antropoceen

De aarde heeft de afgelopen 12.000 jaar - het Holoceen - een relatief stabiel klimaat. Dit stabiele klimaat is de voorwaarde geweest voor landbouw, verstedelijking en complexe beschavingen. Als gevolg daarvan heeft de mensheid zich de afgelopen 10.000 jaar kunnen ontwikkelen van jagers-verzamelaars tot de welvarende, complexe maatschappij van vandaag.

Vanaf de industriële revolutie nemen echter zowel de sociaal-economische activiteiten als de milieu-impact sterk toe. Halverwege de 20e eeuw is de menselijke activiteit op aarde de dominante kracht geworden in het functioneren van de aarde. Dit is het begin van het 'Antropoceen'.[6]

Veerkracht van natuurlijke systemen

Natuurlijke systemen op aarde zijn veerkrachtig. De aarde kan zichzelf daardoor in balans houden. Deze veerkracht is het gevolg van een complex samenspel tussen de biosfeer, het klimaat en andere planetaire processen. Omdat steeds meer planetaire processen onder druk staan, neemt de veerkracht van de aarde af. Ter illustratie: de afgelopen 150 jaar is meer dan de helft van de CO_2-uitstoot opgenomen door land en oceanen. Deze buffers raken echter verzadigd, waardoor de opnamecapaciteit afneemt.

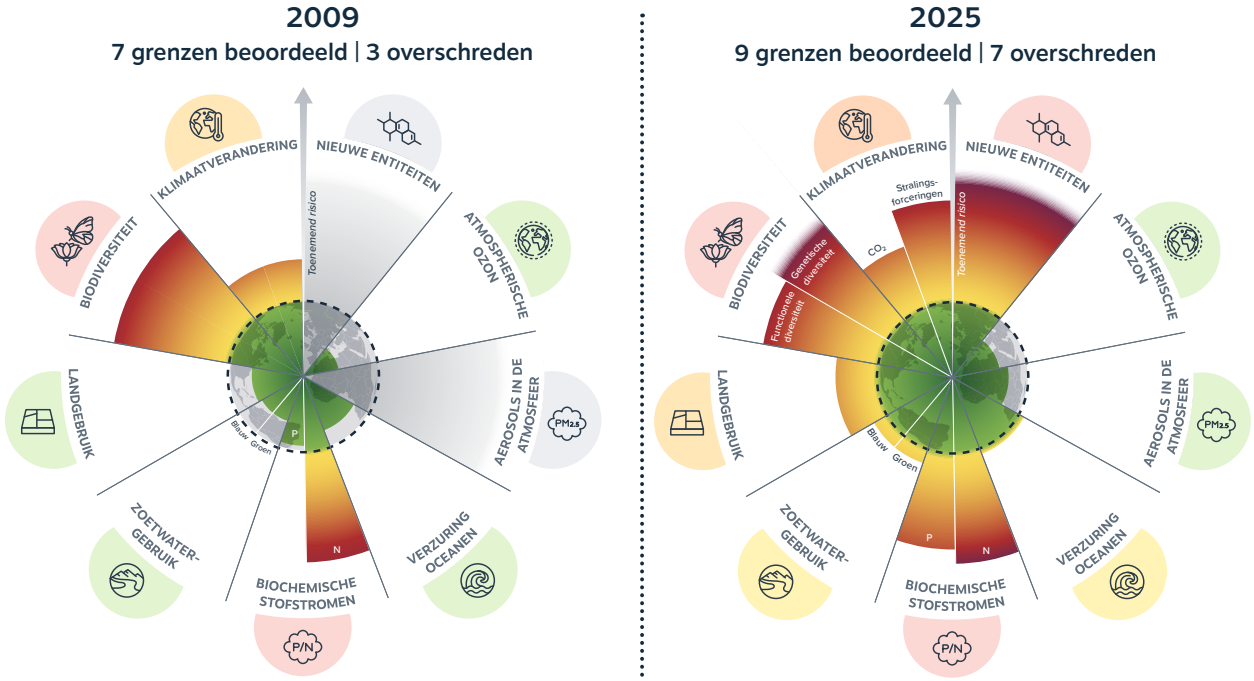
Menselijke activiteiten hebben de aarde buiten de gezonde en veilige 'gebruiksruimte' van de planetaire grenzen geduwd. De effecten op natuurlijke systemen zijn voor een belangrijk deel het gevolg van industriële productie. Ter illustratie: vanaf 2020 is de massa van door de mens gemaakte producten en materialen groter dan de totale biomassa op aarde.[7] Gebouwen en infrastructuur zijn daarin dominant.[8]

Zeven grenzen overschreden

Het huidige tempo van verandering is enorm: in 2009 waren er nog maar drie planetaire grenzen overschreden (van de zeven die op dat moment bekend waren).[9] In 2025 is inmiddels de zevende van de negen grenzen, oceaanverzuring, overschreden.[10] Naast klimaatverandering en biodiversiteitsverlies gaat dit onder meer om verandering in landgebruik, vervuiling (de mate van niet-afbreekbare stoffen in de natuur), zoetwatergebruik en oceaanverzuring.

De oorzaken van het overschrijden van planetaire grenzen versterken elkaar: zo versnelt klimaatverandering de mate van biodiversiteitsverlies en leidt een lager bosoppervlak tot extreme droogtes en hittegolven.[11]

Deze overschrijding betekent dat veel systemen zich in een zone van 'verhoogd risico' (geel) of zelfs 'hoog-risico' (donkerrood) bevinden. Om de aarde op lange termijn gezond en veilig te houden voor menselijke ontwikkeling is het nodig om zowel de huidige impact te verlagen als te werken aan herstel.[12]



Figuur 1: Overschrijding planetaire grenzen: 2009 in vergelijking met 2025



02 Aanpak: natuurrisico's in kaart

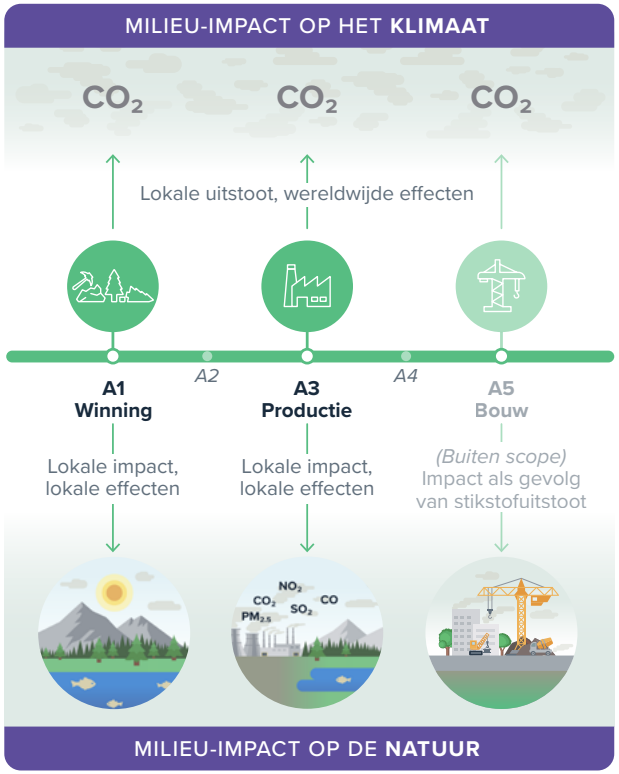
Dit onderzoek brengt de natuurrisico's in kaart die ontstaan bij de winning en productie van veelgebruikte bouwmaterialen. De milieu-impact van bouwmaterialen is daarbij het vertrekpunt. Op basis van die milieu-impact brengen we locatiespecifieke natuurrisico's in kaart.

Om de milieu-impact van producten in kaart te brengen, stuurt de bouwsector momenteel vooral op de Milieukostenindicator (MKI) en de Milieuprestatie Gebouwen (MPG). Deze instrumenten combineren de milieu-effecten van levenscyclusanalyses met weegfactoren tot één integrale 'milieukosten'-score. Deze score helpt bij de vergelijking tussen bouwmaterialen en -producten.

Milieu-impactindicatoren (zoals landgebruik, CO_2-uitstoot of fosfaatuitstoot) geven geen inzicht in de risico's voor en het effect op natuur. Een voorbeeld: natuur is niet gevoelig voor watergebruik als er veel water beschikbaar is, maar juist wel als er weinig water beschikbaar is. De effecten van de milieu-impact op de natuur zijn dus afhankelijk van de locatie.

Dit onderzoek geeft specifieke inzichten in de risico's voor de natuur op plekken waar bouwmaterialen worden gewonnen en geproduceerd. Met deze inzichten kunnen partijen in de bouwsector effectiever sturen op het verlagen van hun milieu-impact, het beperken van natuurrisico's en het bijdragen aan natuurherstel. Ontwerpende en bouwende partijen kunnen met deze inzichten beter sturen op het verlagen van natuurrisico's door keuzes van bepaalde bouwmaterialen. Voor ontwikkelaars en bouwers geldt bovendien dat zij door deze inzichten beter invulling kunnen geven aan Europese wetgeving op het gebied van rapportage (CSRD) en gepaste zorgvuldigheid (CSDDD).

Natuurrisico's vragen gedeeltelijk om andere maatregelen dan het beperken van klimaatverandering, onder meer omdat voor de effecten op biodiversiteit de lokale context bepalend is. Zo heeft de overschrijding van de planetaire grenzen *biochemische stromen*, *zoetwatergebruik* en *landgebruik* vooral een sterke regionale impact, terwijl klimaatverandering wereldwijd effect heeft.[13] Dit is nader toegelicht in figuur 2.



Figuur 2: *Effecten op planetaire grenzen: wereldwijd (klimaat) versus lokaal (natuur)*

Voor dit onderzoek maken wij gebruik van de methodologie die is opgesteld door het *Science Based Targets Network* (SBTN). De methodologie helpt bedrijven om wetenschappelijk onderbouwde doelen te stellen om hun natuurschade te verminderen en natuur te herstellen. SBTN richt zich op het prioriteren, opstellen en monitoren van interventies, terwijl andere frameworks (zoals het GRI en TNFD) slechts helpen bij rapportages.[14] De aanpak in dit onderzoek biedt een stappenplan waarmee organisaties ook zelf inzicht in hun toeleveringsketens kunnen opbouwen.

Levenscyclusanalyses laten zien hoeveel milieu-impact ontstaat, maar niet waar die impact de grootste natuurrisico's veroorzaakt. De SBTN-methodologie maakt het mogelijk om de lokale context van de productielocatie mee te nemen bij het beoordelen van milieu-impact. Inzicht in locatiespecifieke natuurrisico's geeft de mogelijkheid om te prioriteren welke maatregelen natuurrisico's verlagen of zelfs de natuur herstellen.[14,15]

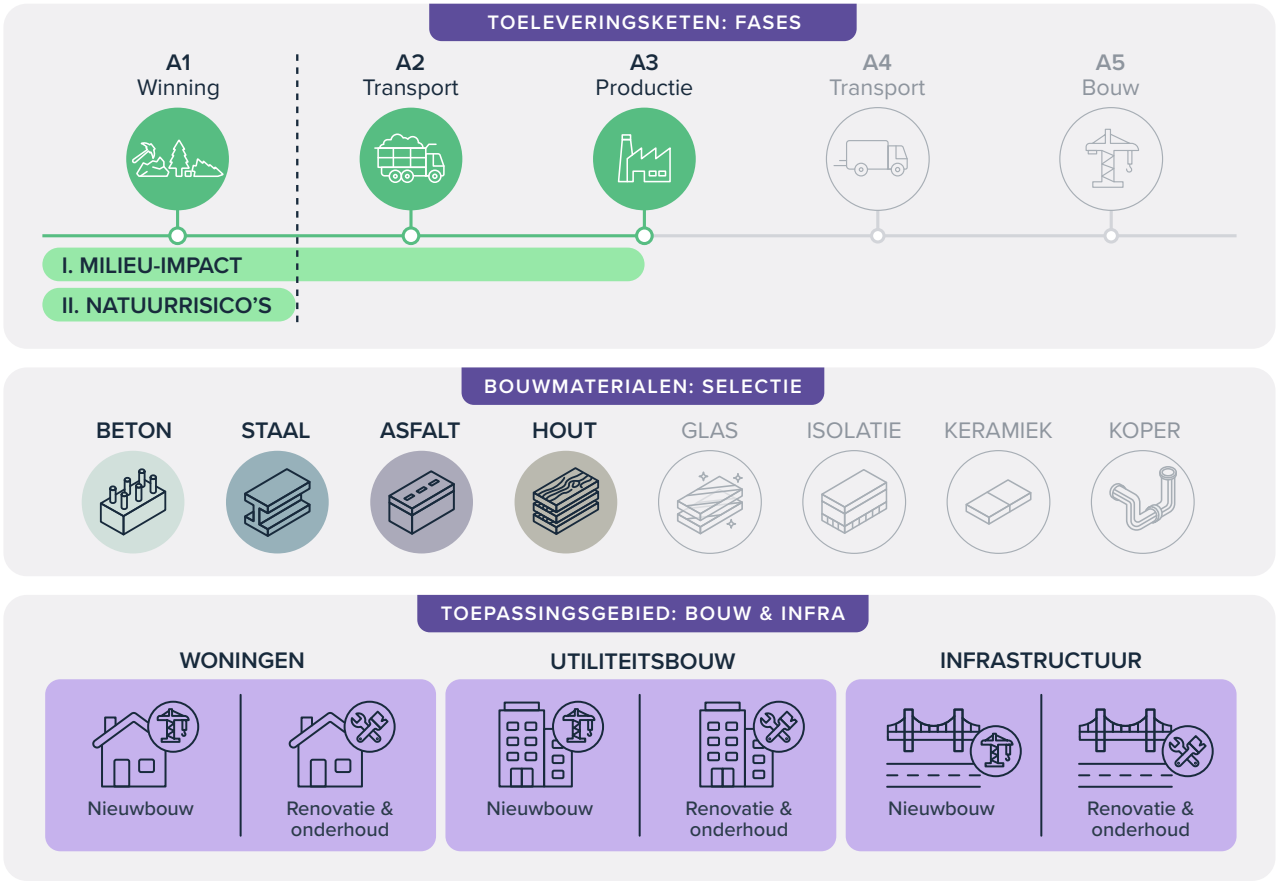
In dit onderzoek zijn twee analyses gedaan om inzicht te creëren in de natuurrisico's van bouwmaterialen:

I. **Analyse van milieu-impact van winning tot productie:** welke milieu-impact wordt veroorzaakt in welk deel van de productieketen?

II. **Analyse van natuurrisico's op locaties voor grondstofwinning:** Welke risico's voor de natuur zijn er in gebieden met een milieu-impact door grondstofwinning (mijnbouw, bosbouw)?

De scope van dit onderzoek is als volgt afgebakend:

- Het onderzoek kijkt naar **veelgebruikte bouwmaterialen**: beton, staal, asfalt en hout.[16]
- Dit onderzoek gaat uit van een schatting van de **in Nederland toegepaste hoeveelheden in 2023**, op basis van onderzoek uit 2025.[17] Daarbij gaat het om toepassing in zowel nieuwbouw als renovatie voor zowel de woningbouw, utiliteitsbouw als grond-, weg- en waterbouw.
- Het onderzoek kijkt naar de milieu-impact van **winning tot productie** van bouwmaterialen: (LCA modules A1-A3)
- Het onderzoek kijkt wat betreft **locatiespecifieke natuurrisico's** uitsluitend naar de winning van grondstoffen (LCA module A1).



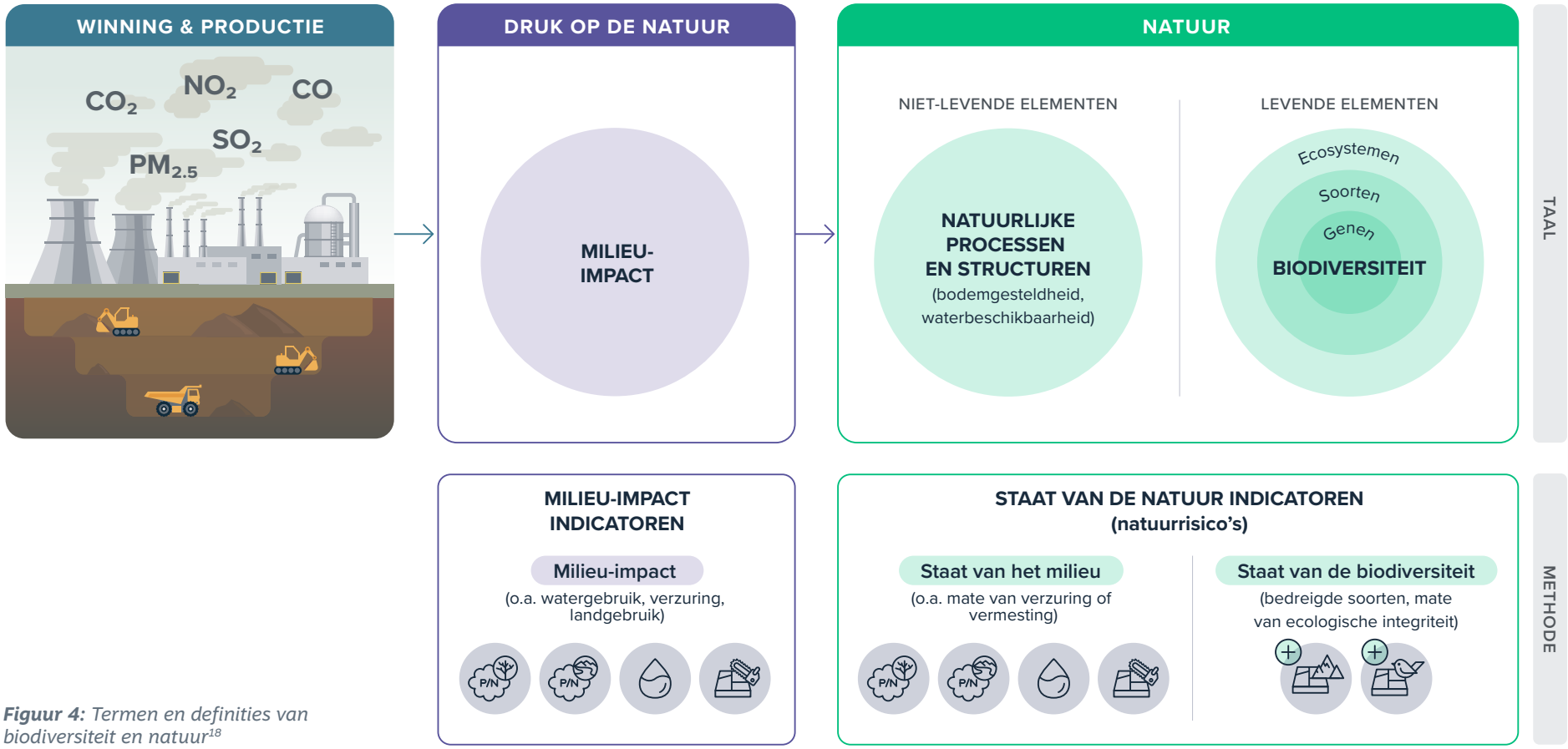
Figuur 3: *Afbakening onderzoek*

Taalgebruik: natuur, biodiversiteit, natuurrisico's en milieu-impact

Dit onderzoek brengt de **natuurrisico's** in kaart die verbonden zijn aan de winning van grondstoffen voor bouwmaterialen. **Natuur** wordt hierbij gedefinieerd als een samenhangend systeem van levende en niet-levende elementen. De niet-levende elementen zijn structuren en processen, zoals de bodemgesteldheid en klimatologische condities. De levende elementen worden **biodiversiteit** genoemd: de variabiliteit binnen **ecosystemen**, **soorten** en **genen** die essentieel is voor de veerkracht van de natuur.

Om de risico's te kwantificeren, analyseert dit onderzoek de **milieu-impact** van winning en productie, die invloed hebben op de natuur. Voorbeelden daarvan zijn wateronttrekking, bodemverzuring en landgebruik.

De staat van de natuur wordt inzichtelijk gemaakt met **staat van de natuur indicatoren**, onderverdeeld in de **staat van het milieu** (zoals de mate van verzuring of mate van watertekort) en de **staat van de biodiversiteit** (aanwezigheid bedreigde soorten, mate van ecologische integriteit).



Figuur 4: *Termen en definities van biodiversiteit en natuur*[18]

Aanpak: milieu-impact x staat van de natuur

Het doel van dit onderzoek is om te verkennen welke risico's voor de natuur er zijn in gebieden met een milieu-impact door grondstofwinning. De aanpak bestaat uit zes stappen in drie fasen. Deze stappen zijn hiernaast op hoofdlijnen omschreven. Een verdere verdieping is te vinden in de bijlagen:

- In **Bijlage II** is een meer gedetailleerde uitwerking van de stappen te vinden.
- In **Bijlage III** zijn de definities van de milieu-impact en *staat van de natuur*-indicatoren opgenomen.
- In **Bijlage IV** zijn de achterliggende cijfers over de milieu-impact per materiaal en natuurrisico's per land te vinden.

DATA

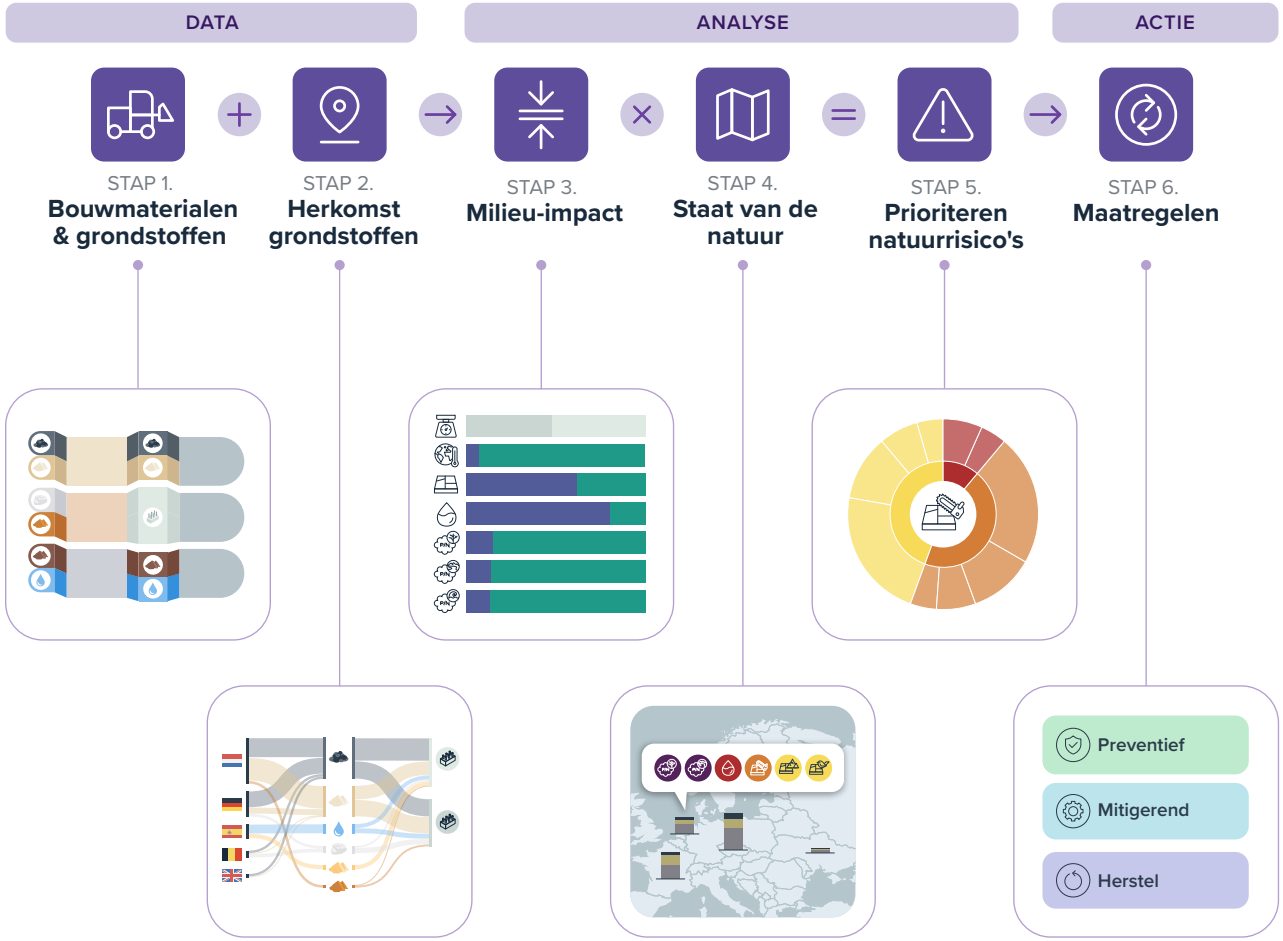
Een analyse van de gebruikte bouwmaterialen en daarvoor benodigde grondstoffen (stap 1) en de winningslocaties (stap 2).

ANALYSE

Een analyse van de milieu-impact van bouwmaterialen (stap 3), de locatiespecifieke staat van de natuur op winningslocaties (stap 4) en het prioriteren van milieu-impact en natuurrisico's op die locatie (stap 5).

ACTIE

Een overzicht van mogelijke maatregelen (stap 6).



Figuur 5: *Aanpak onderzoek: zes stappen*

STAP 1. Analyse grondstoffen & bouwmaterialen

Voor de in Nederland gebruikte bouwmaterialen maakt dit onderzoek gebruik van de data uit het rapport *Materiaalstromen en milieubelasting in de bouw en infra*.[17] Hierin is het totale materiaalgebruik van de Nederlandse bouw en infra voor het jaar 2023 per materiaalgroep (voorbeeld: staal) gemodelleerd. Daarnaast is voor iedere materiaalgroep vastgesteld wat de meest gebruikte productgroepen zijn. Zo is staal onderverdeeld in wapeningsstaal, buizen, dunne beplating en constructiestaal. Voor elke productgroep is onderzocht welke grondstoffen nodig zijn om de producten voor de Nederlandse bouw te kunnen maken.

STAP 2. Analyse herkomst grondstoffen

Om inzicht te kunnen geven in waar milieu-impact plaatsvindt, is voor alle grondstoffen de winningslocatie in kaart gebracht. Voor staal vindt de winning van ijzererts bijvoorbeeld plaats in Brazilië. Deze winningslocaties zijn bepaald met handelsgegevens, productiegegevens en kaarten. Per locatie is geschat welk volume grondstoffen daar wordt gewonnen voor gebruik in de Nederlandse bouw.

STAP 3. Analyse milieu-impact productieketen

Om de milieu-impact van de grondstofwinning (mijn- en bosbouw) en productieprocessen (fabrieken, inclusief transport) te bepalen, is gebruik gemaakt van levenscyclusanalyses (LCA's).[19] In lijn met de SBTN-methode ligt daarbij de nadruk op landgebruik, watergebruik, bodem- en landverzuring en watervermesting. Een voorbeeld: voor de impact van wapeningsstaal is de LCA voor *reinforcing steel* production gebruikt.[20]

Aandachtspunt

De milieu-impact (op basis van LCA's) geeft beperkt inzicht in de werkelijke 'natuurschade'. Dit komt doordat de relatie tussen impact en schade per locatie verschilt en afhankelijk is van de lokale staat van de natuur (stap 4). Twee voorbeelden:

- De hoeveelheid landgebruik van bosbouw geeft beperkt inzicht in de schade aan de natuur. Duurzame bosbouw vraagt om meer landoppervlakte (in m2), maar leidt tot veel lagere schade aan de natuur per vierkante meter. Bij intensieve bosbouw is het aantal gebruikte vierkante meter lager, maar is de schade per vierkante meter vaak groter. In de analyse zijn alleen LCA's voor duurzame bosbouw gebruikt (nadere toelichting: Bijlage III).
- De milieu-impact van staalproductie kan per fabriek verschillen, afhankelijk van het specifieke productieproces van die fabriek. De LCA's in deze studie zijn gemiddelden, omdat er geen LCA's per fabriek zijn. De daadwerkelijke impact van een specifieke fabriek kan hoger of lager zijn dan het gemiddelde.

STAP 4. Analyse staat van de natuur

Om te bepalen welke milieu-impacts op specifieke winningslocaties belangrijk zijn, zijn de winningslocaties (stap 2) geprojecteerd op kaarten met lokale staat van de natuur-indicatoren.[15,19,21] Voor de staat van de natuur zijn twee type kaarten gebruikt:

- **Milieukaarten** beschrijven de staat van het milieu rondom de winningslocatie (staat-van-het-milieu indicatoren). Hiermee kan bijvoorbeeld bepaald worden in hoeverre er op een locatie sprake is van waterschaarste of bodemverzuring.
- **Biodiversiteitkaarten** beoordelen de intactheid van het ecosysteem en de aanwezigheid van bedreigde diersoorten (staat-van-de-biodiversiteit-indicatoren).

Om de risico's voor de natuur te duiden, zijn vijf risicoklassen vastgesteld: van 'zeer laag' tot 'zeer hoog'. De interpretatie hiervan verschilt per indicator: bij staat-van-het-milieu-indicatoren betekent een 'zeer hoog risico' dat veilige drempelwaarden ruim worden overschreden. Bij biodiversiteit duidt een 'zeer hoog risico' juist op een zeer intact ecosysteem of de aanwezigheid van veel bedreigde soorten.

Aandachtspunt

Natuurrisico's zijn niet hetzelfde als natuurschade. De aanpak geeft inzicht in natuurrisico's, maar biedt geen bewijs voor daadwerkelijke effecten op en schade aan de natuur. Een hoog risico betekent dus dat de kans op natuurschade groter is, en niet noodzakelijk dat de winning de oorzaak van de natuurschade is. Een volgende stap voor bedrijven is het verzamelen van locatiespecifieke data van hun keten.

STAP 5. **Beoordelen belangrijkste natuurrisico's**

Voor elke combinatie van grondstof (stap 1) en winningslocatie (stap 2) is het risicoprofiel bepaald op basis van de milieu-impact (stap 3) en de lokale 'staat van de natuur' (stap 4) op een specifieke indicator. Een voorbeeld: de milieu-impact op 'watergebruik' (uit de LCA, stap 3) is gecombineerd met de staat van de natuur op 'waterbeschikbaarheid' (milieukaarten, stap 4). Door deze data te combineren, ontstaat een beeld van de milieu-impact die plaatsvindt op locaties met natuurrisico's als gevolg van reeds bestaande milieu-impact (milieudruk) op die locaties.[15]

De mate waarin natuurrisico's aandacht vragen, wordt gevisualiseerd met twee figuren:

- **Milieu-impact door winning van grondstoffen**, gecombineerd met de natuurrisico's voor het specifieke milieu-effect op winningslocatie. ***Voorbeeld:*** Watergebruik bij ijzerertswinning in Zuid-Afrika kent een hoog risico door de lage waterbeschikbaarheid (droogte).
- **Staat van de biodiversiteit op winningslocaties**, met inzicht in het aantal bedreigde soorten en de mate van ecologische intactheid. ***Voorbeeld:*** bij oogst van tropisch loofhout in regenwoud is het natuurrisico 'zeer hoog' door de hoge aanwezigheid van bedreigde soorten, terwijl bij oogst van naaldhout in boreale bossen het natuurrisico 'laag' is door de lage aanwezigheid van bedreigde soorten.

STAP 6. **Beschrijving van kansrijke maatregelen**

Om stappen te kunnen zetten, is op basis van de natuurrisico's in kaart gebracht welke maatregelen genomen kunnen worden om die risico's te verminderen. Daarbij is onderscheid gemaakt tussen preventieve, mitigerende en herstellende maatregelen. Deze maatregelen zijn in kaart gebracht op basis van bestaande wetenschappelijke onderzoeken en onderzoeks- en adviesrapportages (o.a. TNO, CE Delft, IEA). Een voorbeeld: staalproductie met een vlamboogoven op groene stroom voorkomt vraag naar steenkool en vermindert daarmee de watervervuiling die bij de winning van kolen optreedt.





03 Beton

Samenvatting

Beton is het meest gebruikte materiaal van de Nederlandse bouw. Het vormt op dit moment de basis van vrijwel alle gebouwen en civiele infrastructuur. Ook met de snelle groei van houtbouw blijft beton voorlopig nodig, alleen al omdat veel bouwplannen op dit moment nog uitgaan van beton. Ook op de langere termijn blijft beton essentieel voor plekken waar dit moeilijk te vervangen is – denk aan funderingen, landhoofden en draagconstructies van hogere gebouwen.

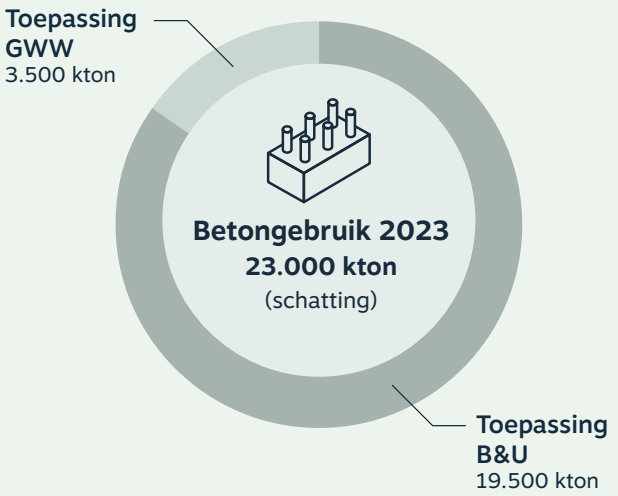
De huidige milieu-impact van beton is groot. De winning en productie van beton zorgen jaarlijks voor circa 1,8 Mton CO_2-uitstoot. Dit is voornamelijk het gevolg van cementproductie. Ook is betonproductie verantwoordelijk voor een grote uitstoot van stikstof en fosfor.

Grondstoffen voor beton komen grotendeels uit Nederland (48%) en andere landen in Noordwest-Europa (37%). Dit komt doordat betonproductie grote volumes zand en grind nodig heeft. Het meeste zand en grind wordt op dit moment nog in Nederland gewonnen. Cement (en de kalksteen die daarvoor nodig is) komt voornamelijk uit België en Duitsland.

Zand- en grindwinning vinden vaak plaats in gebieden met relatief weinig bedreigde soorten en een lage ecologische intactheid. Desondanks kan er in deze gebieden natuurschade ontstaan, omdat winning veel impact heeft op de bodem. Natuurherstel op voormalige winningslocaties is tot op zekere hoogte mogelijk, maar volledige terugkeer van het oorspronkelijke ecosysteem is niet haalbaar.

De grootste natuurrisico's bestaan bij watergebruik voor zand- en grindwinning. Jaarlijks wordt hiervoor zo'n 13 miljoen m^3 water gebruikt in regio's met gemiddelde tot hoge risico's door waterschaarste. Ter illustratie: in Limburg, waar water al beperkt beschikbaar is, zorgt zand- en grindwinning jaarlijks voor circa 6,1 miljoen m^3 watergebruik: vergelijkbaar met het jaarlijkse drinkwaterverbruik van 130.000 Nederlanders. Dit watergebruik verhoogt de lokale druk op de waterbeschikbaarheid

Om natuurrisico's te verlagen, ligt er prioriteit bij het verlagen van de vraag naar nieuwe grondstoffen en het verminderen van cementgebruik. Belangrijke maatregelen zijn het grootschalig terugwinnen van zuivere grondstoffen uit sloopbeton en het toepassen van alternatieve bindmiddelen om portlandcement te vervangen. Ook maatregelen voor natuurherstel op voormalige winningslocaties kunnen een bijdrage leveren.



Grondstoffen & bouwmaterialen

Beton wordt geproduceerd door aggregaten (zand, grind) en bindmiddel (cement) te mixen in een betoncentrale. In Nederland staan zo'n 110 betoncentrales.[22] Voor cement bestaan veel verschillende recepten, met portlandcement en hoogovencement als belangrijkste. Ze zijn daarom ook onderdeel van dit onderzoek. Portlandcement wordt gemaakt door kalksteen en klei te verhitten tot circa 1450 graden en te vermalen[23]: dit gebeurt vooral in fabrieken in België en Duitsland. Portlandcement wordt vaak gebruikt voor het maken van prefab betonelementen, vanwege de kortere uithardingstijd. Hoogovencement wordt gemaakt met hoogovenslak, dat vrijkomt bij de productie van ruwijzer.[24] Dit wordt vaak gebruikt voor in het werk gestort beton.

In dit onderzoek zijn de cementtypen CEM I en CEM III/B onderzocht. CEM I bestaat voor minimaal 90% uit portlandcementklinker, terwijl CEM III/B is samengesteld uit 66-80% gegranuleerde hoogovenslak en 20-34% portlandcementklinker.[25] Dit zorgt voor inzicht in twee veelgebruikte cementtypen, die samen verantwoordelijk zijn voor circa 62% van het beton in Nederland.[26] In de analyse zijn wij ervan uitgegaan dat het gerealiseerde betonvolume voor circa 48% uit CEM I en voor 52% uit CEM III/B bestaat. Uitgedrukt in massa is dit 50% (CEM I) en 50% (CEM III/B).

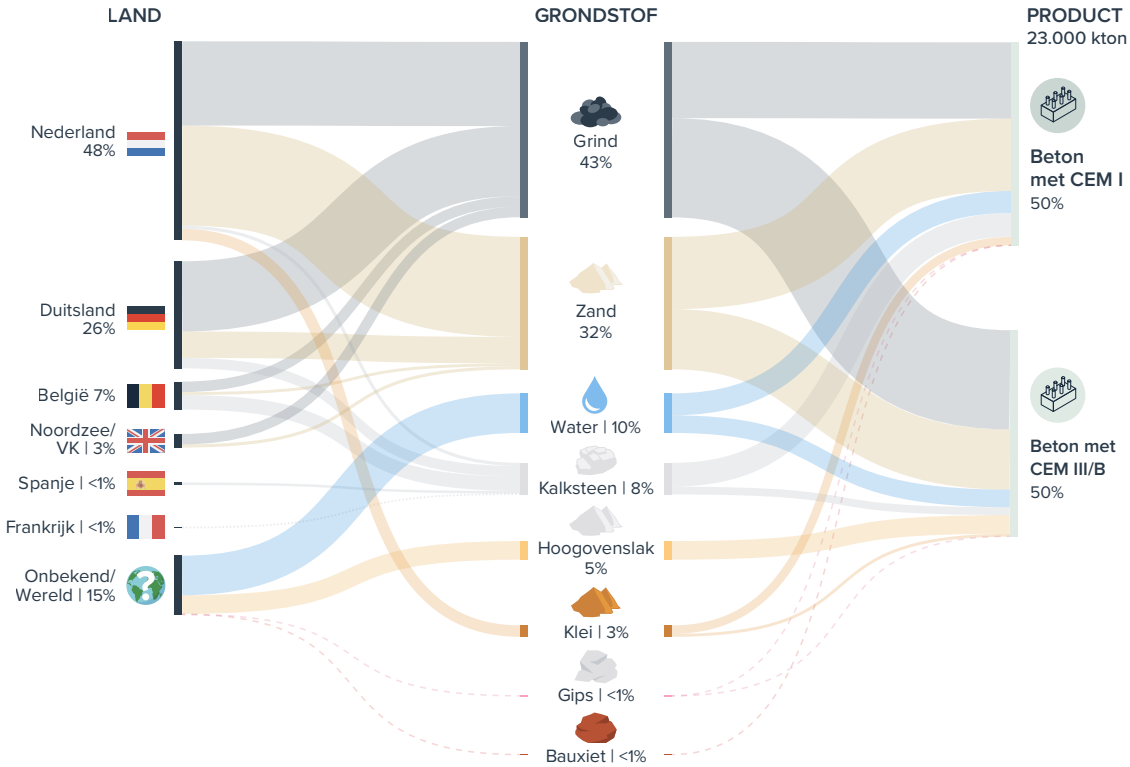


Figuur 6: *Productieketen van beton*

Herkomst grondstoffen

De grondstoffen die gebruikt worden voor Nederlandse betonproductie worden voornamelijk gewonnen in Europa, als gevolg van de hoge transportkosten. Zand en grind worden zowel in Nederland gewonnen als geïmporteerd uit België en Duitsland.[27] Nederlandse winning vindt vooral plaats uit rivieren en zandwinningen. Kalksteen wordt voornamelijk geïmporteerd uit België en Duitsland. Ook wordt een kleine hoeveelheid kalksteen in Nederland gewonnen. Winning gebeurt alleen in Winterswijk, nadat de winning in Zuid-Limburg in 2019 is gestopt.[28]

Naar verwachting zal de Nederlandse bouwsector in de toekomst meer zand en grind moeten gaan importeren, omdat provincies steeds terughoudender zijn bij het afgeven van vergunningen voor winning. Argumenten van de provincies zijn onder andere een voorkeur voor de circulaire economie en het willen stimuleren van duurzame grondstoffenwinning.[29,30] Echter, zelfs met de opschaling van hergebruik en recycling zal de vraag naar beton groot blijven[17], met naar verwachting een grotere import van grondstoffen buiten Nederland als gevolg.



Figuur 7: *Herkomst en toepassingsgebied van beton in de Nederlandse bouw*

Milieu-impact in de keten

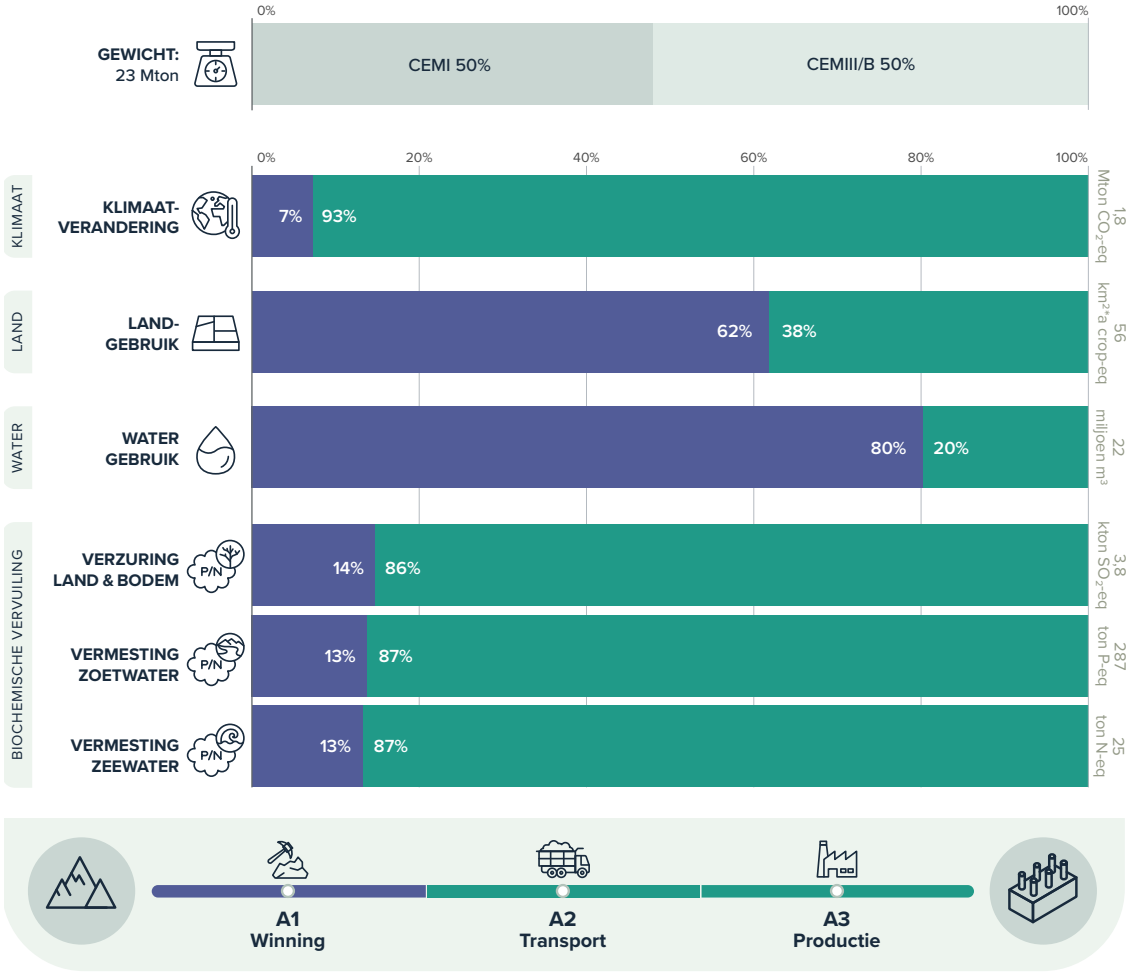
Klimaatverandering

De productiefase is verantwoordelijk voor zo'n 93% van de milieu-impact op klimaatverandering. Dit komt voornamelijk door de productie van klinker, wat nodig is voor cement. Ook in absolute zin is de milieu-impact groot: wereldwijd is cementproductie verantwoordelijk voor zo'n 8% van de totale CO_2-uitstoot.[31] De eigenschappen van cement zijn afhankelijk van het percentage portlandcement en hoogovencement. Vooral bij de productie van portlandcement komt veel CO_2 vrij. Deze uitstoot is het resultaat van zowel de chemische reactie (60%) als de verhitting met fossiele brandstoffen (40%).[32] Hoogovencement (CEM III/B) wordt geproduceerd met hoogovenslak.

Voorheen werd hoogovenslak als restproduct van ruwijzerproductie gezien. Onder die aanname leidt de slak rekenkundig niet tot milieu-impact. Echter, in de *Product Category Rule* cement wordt hoogovenslak als bijproduct gezien, waardoor hier wel milieu-impact aan wordt toegerekend. Zo'n 1% van de milieubelasting van het hoogovenproces wordt toegerekend aan de slak, op basis van de economische waarde.[33] De CO_2-uitstoot per kg CEMI-beton is circa tweeënhalf keer hoger dan per kg CEMIII/B-beton, op basis van onze analyse.

Biochemische vervuiling

Vermesting van het water en verzuring van de bodem - door onder meer de uitstoot van stikstof - wordt veroorzaakt tijdens zowel de productie als het transport van beton. Omdat deze productie en transport voornamelijk in Nederland plaatsvinden, waar de stikstofuitstoot al hoog is, leidt Nederlandse productie dus ook tot hogere natuurrisico's.



Figuur 8: *Aandeel milieu-impact in winning, transport en productie voor beton in Nederlandse bouw (2023)*

Leeswijzer

Deze figuur maakt het volgende zichtbaar:

- De **massaverdeling** van de soorten beton, ter referentie van de impact
- De **verhouding** tussen de milieu-impact als gevolg van winning in relatie tot transport + productie

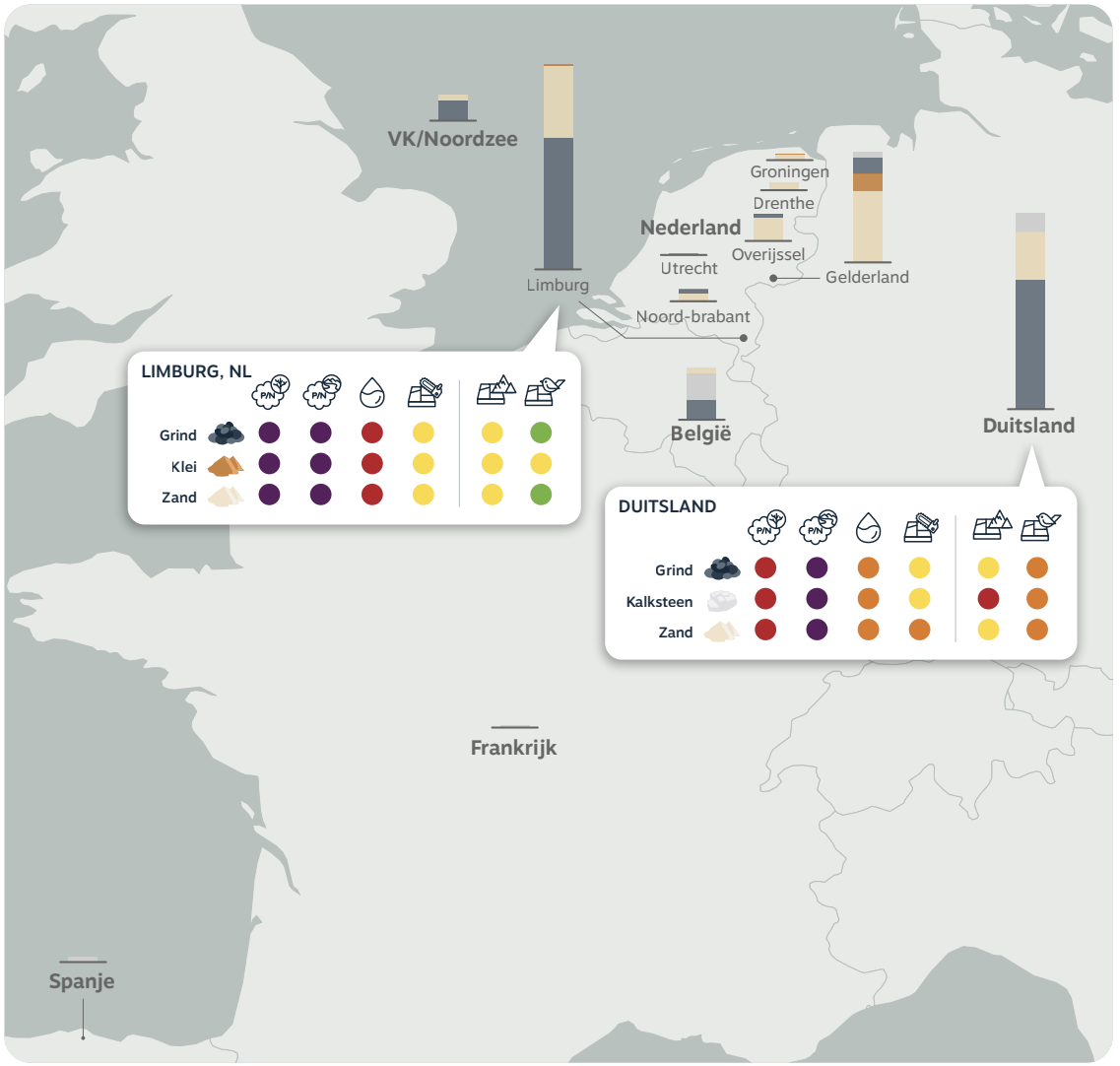
Resultaten

- **Grondstofwinning** veroorzaakt het grootste aandeel van de milieu-impact via landgebruik (62%) en watergebruik (80%)
- **Transport en productie** veroorzaken meer milieu-impact door de uitstoot van CO_2 (93%), stikstof (87%), fosfor (87%).

Staat van de natuur op winningslocaties

Zand, grind en kalksteen worden voornamelijk gewonnen in Nederland, België en Duitsland. In grote delen van West-Europa zijn de grenzen voor biochemische vervuiling, met name stikstof, al ver overschreden. Elke extra uitstoot als gevolg van winning en transport draagt daarmee bij aan bestaande overschrijdingen, wat leidt tot hoge tot zeer hoge risico's voor bodem- en waterecosystemen.

Ook de risico's op watertekort in Limburg en delen van België zijn zeer hoog, omdat winning plaatsvindt in gebieden met een al beperkte waterbeschikbaarheid. De winning van zand en grind in Duitsland vormt daarnaast een aandachtspunt wat betreft bedreigde soorten: een deel van de winning vindt hier plaats in gebieden met een gemiddeld tot hoge aanwezigheid van bedreigde diersoorten, zoals de lynx, hamster, bever en otter.[34] Er zijn minder hoge risico's voor de ecologische intactheid op de winninglocaties: de regio's van winning zijn al eeuwenlang intensief bewerkt. Dit betekent echter niet dat risico's afwezig zijn, omdat ook op zulke locaties winning tot verlies van lokale habitats en onomkeerbare veranderingen in de bodemstructuur leidt.



Figuur 9: Staat van de natuur op winningslocaties van grondstoffen voor beton

Legenda

NATUURRISICO'S
- Zeer hoog
- Hoog
- Gemiddeld
- Laag
- Zeer laag

MATERIALEN
- Grind
- Kalksteen
- Klei
- Zand

STAAT VAN HET MILIEU
Natuurrisico's als gevolg van huidige milieu-impact

Verzuring land & bodem · Vermesting zoetwater · Water-beschikbaarheid · Verandering landgebruik

STAAT VAN DE BIODIVERSITEIT
Natuurrisico's door de huidige mate van biodiversiteit

Ecologische intactheid · Bedreigde soorten

Leeswijzer

Deze figuur maakt het volgende zichtbaar:
- De **massaverdeling** van de grondstoffen en herkomst (staven)
- De **staat van de natuur** op winningslocaties, uitgedrukt in **staat van het milieu** (milieu-indicatoren) en de **staat van de biodiversiteit** (biodiversiteitsindicatoren)

Belangrijkste natuurrisico's bij winning

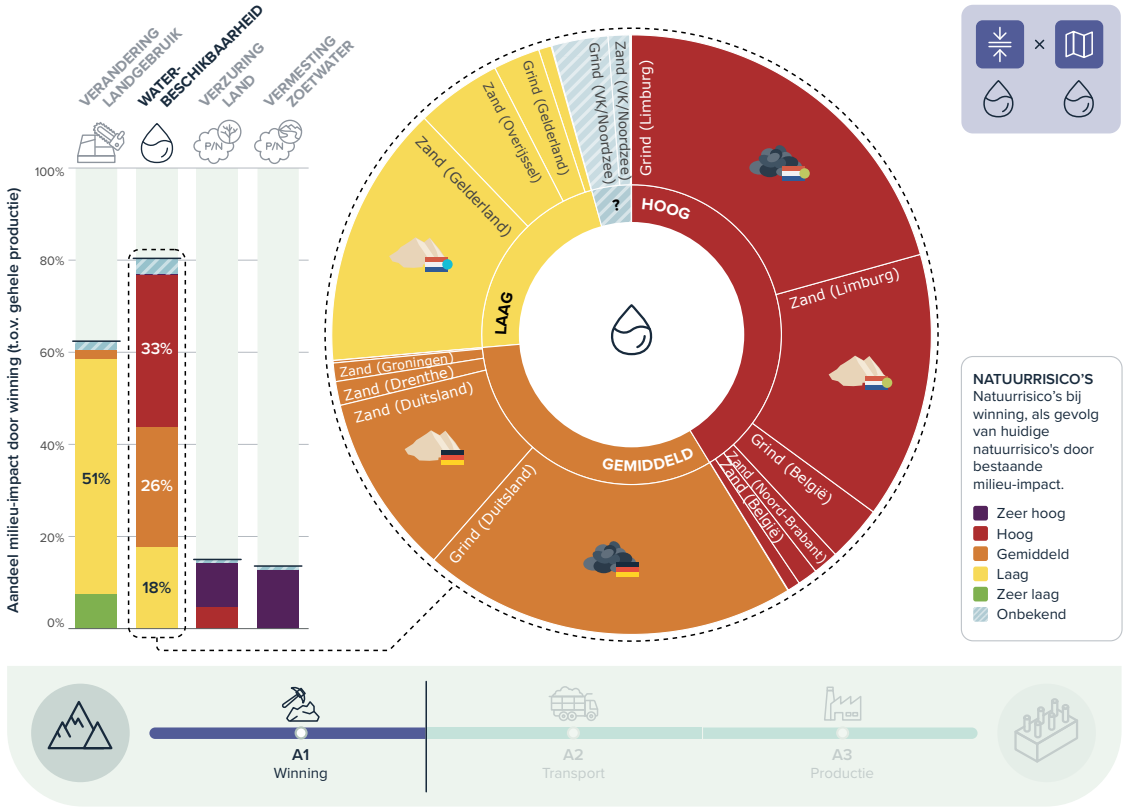
Natuurrisico's: waterbeschikbaarheid

De betonketen verbruikt jaarlijks 22 miljoen m³ water, vergelijkbaar met het drinkwaterverbruik van ruim 465.000 Nederlanders. Het grootste deel, zo'n 17 miljoen m³, wordt onttrokken bij de grondstofwinning. Daarvan wordt 59% onttrokken in gebieden met hoge (33%) tot middelhoge (26%) natuurrisico's door lage waterbeschikbaarheid. Zand- en grindwinning verhogen daarmee de risico's op watertekorten.

Limburg is een van de plekken met de grootste risico's op watertekorten. Jaarlijks wordt in Limburg +/- 6,1 miljoen m³ water gebruikt voor winning van zand en grind voor de betonsector: net zo veel water als het jaarlijkse drinkwaterverbruik van 130.000 Nederlanders.[35]

Dit water wordt gebruikt bij het wassen van grind en het sproeien van oppervlakte- of grondwater om stofvorming te voorkomen tijdens droge perioden. Dit water gaat niet letterlijk 'verloren', maar verhoogt wel de lokale watertekorten, doordat door significant hogere verdamping water uit het lokale systeem verdwijnt. De achterblijvende zandwinplassen zorgen permanent voor hogere verdamping dan begroeid landoppervlakte.[36,37,38]

Droogte heeft zo directe gevolgen voor de natuur. Bijna al het water in de natuur van Limburg bevat al te veel meststoffen, bestrijdingsmiddelen en schadelijke lozingen om aan de Europese normen te voldoen.[39,40] Grindwinning vergroot de droogte die dat verder verergert: beken vallen droog, de watertemperatuur stijgt en bedreigde soorten als de beekprik kunnen sterven. Herstel na lokaal uitsterven is beperkt mogelijk.[41,42]



Figuur 10: *Milieu-impact en natuurrisico's bij grondstofwinning voor beton*

Leeswijzer

Deze figuur maakt het volgende zichtbaar:

- Het aandeel van de **milieu-impact** door winning relatief tot de hele productieketen
- De **staat van natuur** op de winningslocatie, met classificatie van het risico op verdere schade aan de natuur
- De **natuurrisico's** door waterbeschikbaarheid op winningslocaties, uitgesplitst per risicoklasse en daarbinnen per land.

Het cirkeldiagram maakt het volgende zichtbaar:

- De **natuurrisico's** door watergebruik als gevolg van (beperkte) waterbeschikbaarheid op winningslocaties
- Uitsplitsing per risicoklasse, met daarbinnen uitsplitsing per land

Resultaten

- 33% van het **watergebruik door betonproductie** gebeurt op winningslocaties met een hoog risico door bestaande lage **waterbeschikbaarheid**, en 26% op locaties met een gemiddeld risico
- 51% van het **landgebruik door betonproductie** vindt plaats op winningslocaties met een laag risico door historische **verandering van het landgebruik**.

Natuurrisico's: landgebruik

De grondstofwinning voor beton heeft veel land nodig, voornamelijk voor zandwinning. Ook het winnen van zand uit rivieren gebruikt land, omdat op de kade de infrastructuur en het materiaal aanwezig is.[43] Zandwinning voor het benodigde beton voor de Nederlandse bouw legt een beslag op 2.974 hectare beschikbare, vruchtbare grond gedurende één jaar. Dit staat gelijk aan de benodigde hoeveelheid land voor de productie van 79 miljoen kg biologische appels.

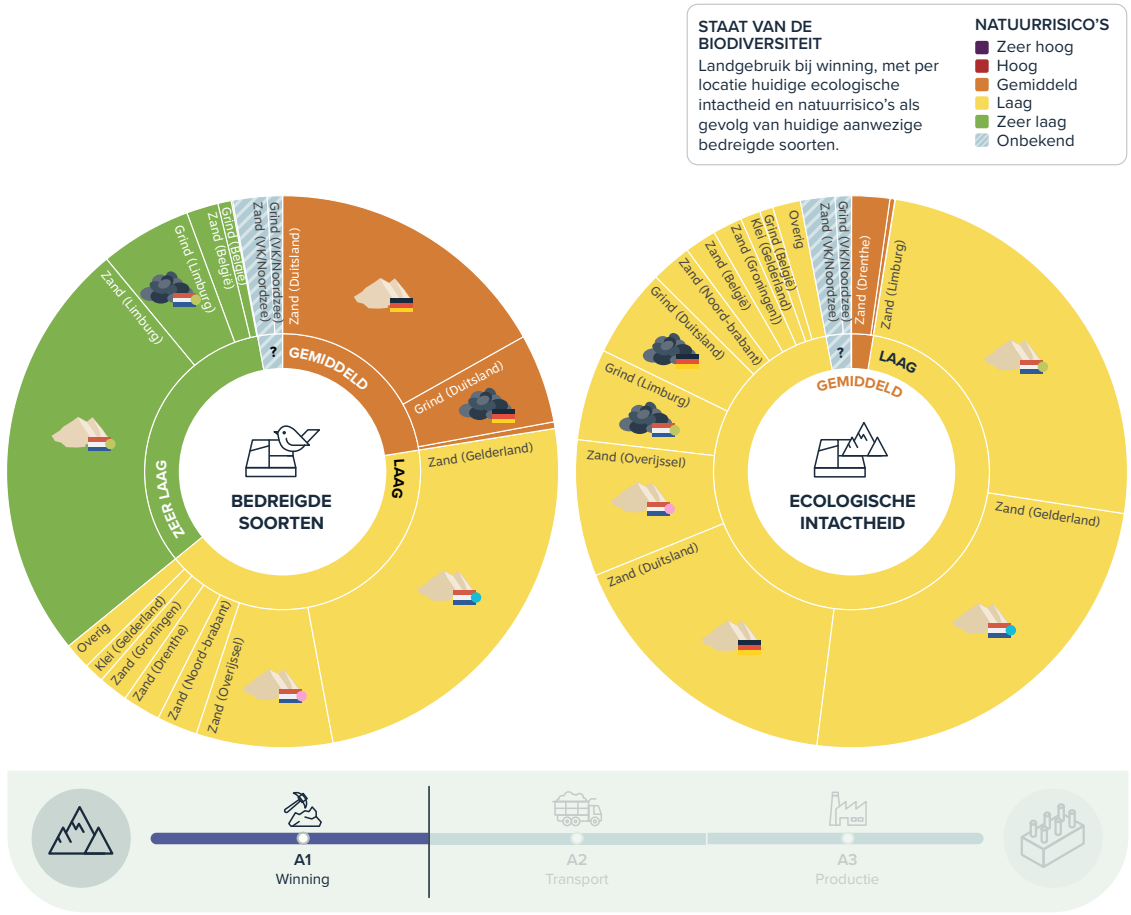
De analyse laat zien dat er op de locaties van zand- en grindwinning relatief weinig bedreigde soorten leven en dat de ecologische intactheid er doorgaans laag is. Zand (16,8%) en grind (5,8%) uit Duitsland vormen een uitzondering: daar is het risico gemiddeld tot hoog voor winning in gebieden met bedreigde diersoorten.

Tijdens de winning worden ecosystemen in beslag genomen door afgravingen. Dit heeft impact op het bodemleven en waterorganismen[44]. In sommige gevallen zullen deze volledig verdwijnen, met weinig kans op herstel.[45,46] Afgraving zorgt voor ingrijpende veranderingen in het landschap door het ontstaan van zandwinningplassen. Ook winning uit rivierbeddingen kan de ecologische intactheid aantasten, bijvoorbeeld doordat waterstroompatronen veranderen of de rivierbodem wordt afgeschraapt.[46,47] Dit negatieve effect is het grootst wanneer het gewonnen volume de natuurlijke sedimentafzetting overstijgt.[44]

Op voormalige zand- en grindwinlocaties in Nederland zijn er tegelijkertijdook projecten uitgevoerd waarbij winning gecombineerd is met natuurontwikkeling en rivierverruiming. Dit heeft positieve effecten op de biodiversiteit in het deltagebied.[48]

Natuurrisico's: biochemische vervuiling

Zand- en grindwinning vindt vrijwel volledig plaats in gebieden waar de grenzen voor verzuring al zijn overschreden. Hoewel het aandeel van de winning in de totale biochemische uitstoot van de betonketen relatief klein is, draagt de stikstofuitstoot van winning bij aan de lokale druk in gebieden waar de stikstofconcentratie al hoog is. Daarmee vindt de milieu-impact plaats op locaties met een hoog tot zeer hoog risico door bestaande biochemische vervuiling.



Figuur 11: Biodiversiteitsindicatoren op winningslocaties voor beton

Leeswijzer

Deze figuur maakt het volgende zichtbaar voor landgebruik door grondstoffenwinning

- De hoeveelheid van de wereldwijde populatie van een bedreigde soort, die in een gebied leeft.
- De mate waarin een gebied ecologisch intact is, waarbij de samenstelling en functionaliteit van het ecosysteem niet is aangetast door menselijk handelen

Resultaten

- 22% van het **landgebruik door grondstofwinning** voor beton vindt plaats op winningslocaties in Duitsland met een gemiddeld risico door het bestaande aandeel **bedreigde soorten**.
- 94% van het **landgebruik door grondstofwinning** voor beton vindt plaats op winningslocaties met een bestaande lage **ecologische intactheid**.

Maatregelen:
Verlagen milieu-impact en natuurrisico's

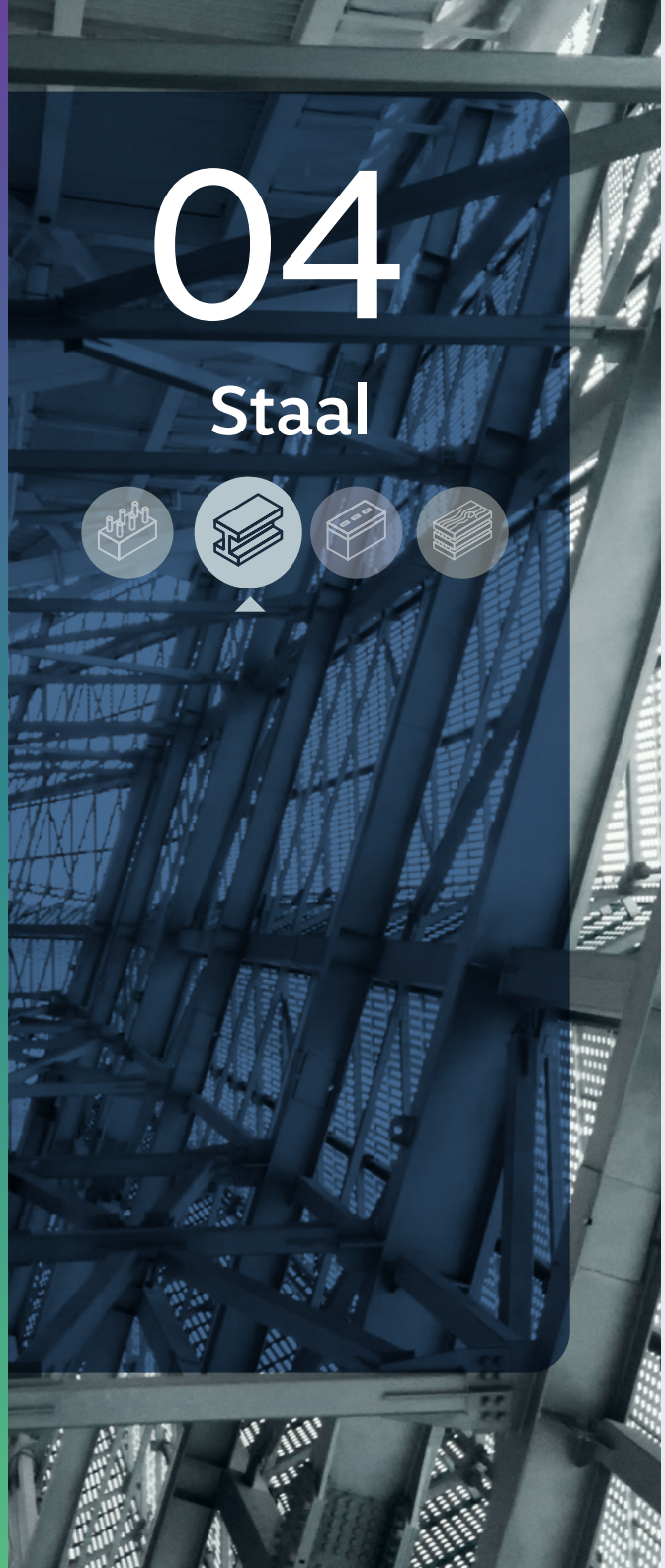
De belangrijkste oplossingsrichting is minder gebruik van primaire grondstoffen. Elke kuub minder zand en grind betekent direct minder landgebruik, minder watergebruik en minder milieu-impact op locaties waar de huidige druk op het milieu al hoog is. Bij betonproductie ligt prioriteit bij minder cement, bijvoorbeeld door gebruik van alternatieve bindmiddelen of langere uithardingstijd. Daardoor is minder cementproductie nodig, wat leidt tot minder uitstoot.

Waar winning toch nodig is, bepaalt de locatie het risico voor de natuur. Waterschaarste in Limburg en bedreigde soorten in Duitsland vragen om actieve sturing op verantwoorde winning. Om die natuurrisico's te verlagen, heeft afbouw van de winning op hoog-risicolocaties prioriteit. Elektrificatie van materieel verlaagt de stikstofuitstoot op locaties waar grenzen al zijn overschreden. Voormalige winningslocaties kunnen gedeeltelijk worden hersteld als natuurgebied, maar volledig herstel van het oorspronkelijke ecosysteem is vaak niet mogelijk.

A1 Winning	A3 Productie
MAATREGEL	MAATREGEL
Afbouwen van winning op locaties waar sprake is van één of meer hoge natuurrisico's, bijvoorbeeld gerelateerd aan waterschaarste, ecologische intactheid of bedreigde soorten.	**Terugwinnen van zuivere fracties zand**, grind en (ongebonden) cement uit gesloopt beton, om de vraag naar nieuwe grondstoffen te beperken.
Elektrificeren van materieel bij winning, om de stikstofuitstoot te verlagen op locaties waar grenzen voor vermesting en verzuring al overschreden zijn.	**Toepassen van alternatieve bindmiddelen**, zoals gecalcineerde klei, vulkanische as of vliegas (geopolymeerbeton), om de hoeveelheid cement te verminderen en daarmee zowel de CO_2-uitstoot als de noodzaak voor kolenwinning te beperken.
In balans brengen van zandwinning uit rivieren met de natuurlijke sedimentatie, om ecologische aantasting van waterstroom-patronen en rivierbodems te voorkomen.	**Langere uithardingstijd of 'warm tunnelen'** (bij gestort beton) toepassen, om dezelfde eindsterkte te realiseren met minder of een ander soort cement.
Herstellen van voormalige winningslocaties tot nieuwe natuurgebieden met gericht beheer én actieve introductie van doelsoorten voor prioritaire Natura 2000-habitattypen. Let op: volledig herstel van het oorspronkelijke ecosysteem is vaak niet mogelijk.	**Inzetten van alternatieve energiebronnen** voor cementproductie, zoals groene of blauwe waterstof, om winning en verbranding van kolen te voorkomen.
	Maximaliseren van stikstofreductie in cementproductie door de overstap van standaard ammoniak-inspuiting naar een multi-reductant methode in de oven. Hierbij wordt ammoniak versterkt door een specifiek mengsel van waterstof en koolmonoxide.[49]

Legenda

- **Preventief:** voorkomen van druk door minder gebruik van primaire grondstoffen
- **Mitigerend:** beperken van schade tijdens winning (of productie)
- **Herstel:** (deels) herstellen van ecologische waarde na winning



04 Staal

Samenvatting

Staal is een essentieel bouwmateriaal voor zowel gebouwen als infrastructuur. Staal wordt veel toegepast in wapening voor beton, als constructiestaal en in platen en buizen. Zo'n 24% van de toegepaste staalproducten wordt van buiten de EU geïmporteerd, de rest van de staalproducten wordt in Europa geproduceerd.

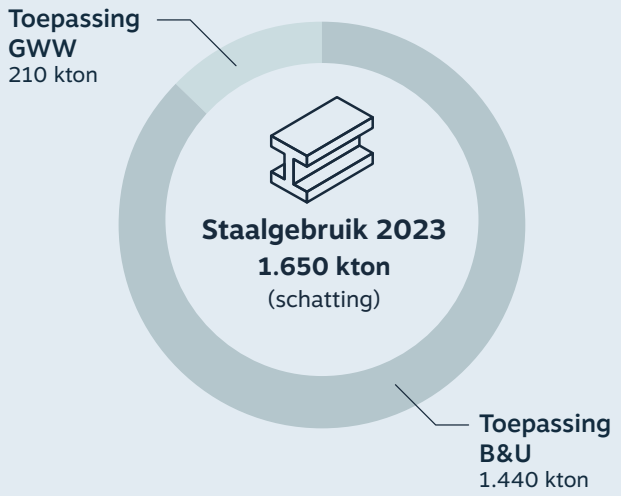
De milieu-impact van staal is groot. Daarbij is de productie dominant ten opzichte van grondstofwinning: productie is verantwoordelijk voor 96% van de CO_2-uitstoot en 95% van het watergebruik in de staalketen. Staalproductie leidt naast CO_2-uitstoot ook tot uitstoot van fijnstof, stikstofdioxide en zwaveldioxide, die de bodem verzuren en bijdragen aan vermesting van het water.

De milieu-impact van staal is sterk afhankelijk van de productiemethode. Een hoogoven (*Basic Oxygen Furnace*) verbrandt steenkool en vergt meer primaire grondstoffen. Een elektrische oven (*Electric Arc Furnace*) gebruikt elektriciteit en een hoog aandeel schroot. De milieu-impact van een elektrische oven is daardoor veel lager.

Grondstoffen voor staalproductie komen van veel verschillende continenten. Een van belangrijkste grondstoffen – ijzererts – wordt gewonnen in onder meer Brazilië, Zweden en Canada. Kalksteen komt voornamelijk uit Duitsland en België. Kolen worden voornamelijk geïmporteerd uit Polen, Australië en de VS. Schroot komt voornamelijk uit de EU.

Vooral de winning van nikkel vindt plaats op locaties met hoge natuurrisico's. Op de winningslocaties is de ecologische intactheid van ecosystemen hoog en zijn er veel bedreigde soorten. Nikkelwinning in Brazilië en Colombia leidt tot een verandering van landgebruik in deze gebieden, met risico's voor de natuur. Ook kolenwinning vindt plaats in gebieden met een hoge ecologische intactheid.

De overschakeling naar elektrische ovens is een essentiële stap voor de staalproductie. Daardoor kan de productie plaatsvinden met elektriciteit en een hoger aandeel schroot. Daarmee neemt zowel de CO_2-uitstoot, de biochemische vervuiling én de benodigde hoeveelheid primaire grondstoffen af. Daarnaast kan ook direct hergebruik van staal een belangrijke bijdrage leveren, omdat dan geen recycling- en productieprocessen nodig zijn.



Grondstoffen & bouwmaterialen

Er zijn twee hoofdmethoden om staal te produceren: met een Basic Oxygen Furnace (BOF, hoogoven) of een *Electric Arc Furnace* (EAF, vlamboogoven). De Nederlandse staalproductie - Tata Steel in IJmuiden - maakt gebruik van hoogovens. In Nederland zijn geen operationele vlamboogovens. Op enkele andere plekken in Europa zijn deze elektrische ovens er al wel.

Met een hoogoven (BOF) wordt voornamelijk hoogwaardig staal gemaakt, onder meer voor auto's, witgoed en elektronica. In de bouw wordt dit type staal toegepast voor dak- en gevelbekleding. Dit productieproces gebruikt relatief meer primaire materialen: ijzererts, steenkolen (voor cokes), kalksteen en legeringselementen.[28] Het nieuwe staal bestaat voor zo'n 20% uit schroot.[50]

Met een elektrische oven worden voornamelijk U-profielen voor staalconstructies en wapeningsstaal voor beton gemaakt. Via deze methode is recycling van staal mogelijk. Constructie- en wapeningsstaal dat in Nederland wordt toegepast, bestaat voor zo'n 95% uit schroot. Aan het einde van de levensduur wordt zo'n 91-98% van het constructiestaal gerecycled.[51]

Om de eigenschappen van staal te verbeteren, worden bij staalproductie legeringselementen toegevoegd aan de basissamenstelling. Voor de productie van roestvrij staal wordt bijvoorbeeld ferronikkel toegepast als legeringselement. Voor het verbeteren van de brandbestendigheid worden bijvoorbeeld vanadium en niobium toegevoegd.[52]



Figuur 12: *Productieketen van staal*

Herkomst grondstoffen

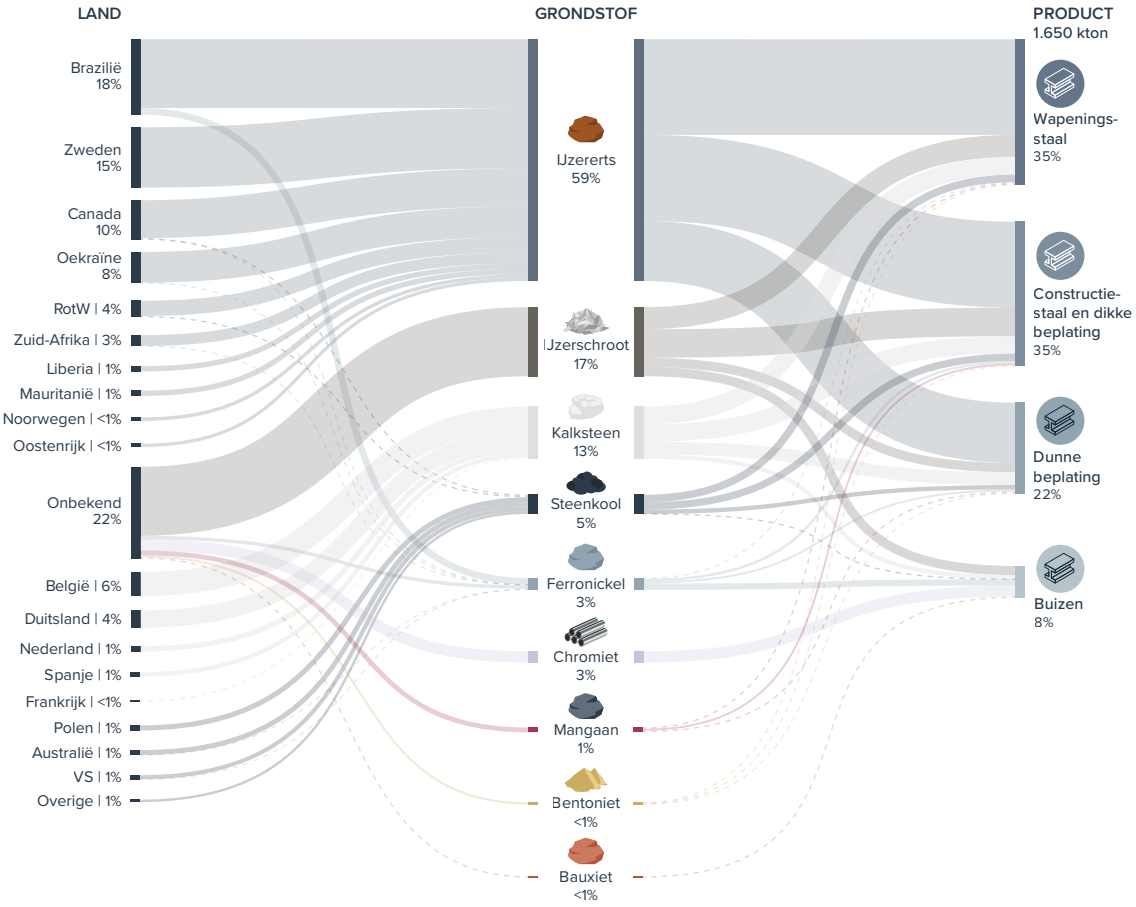
Zo'n 24% van de toegepaste staalproducten in de Nederlandse bouw wordt geïmporteerd van buiten de EU (op basis van marktwaarde). De bouwsector is verantwoordelijk voor zo'n 28% van het totale staalgebruik in Nederland. Hiervan wordt circa 350 kton ingezet voor windturbines; deze toepassing valt buiten scope van dit onderzoek.[53]

Kalksteen wordt voornamelijk in Europa gewonnen: vanwege de wereldwijde beschikbaarheid en relatief hoge transportkosten is hier weinig internationale handel.[54,55]

IJzererts wordt wereldwijd verhandeld, met Brazilië en Canada als belangrijkste leveranciers. Tot 2022 was Oekraïne een belangrijke leverancier voor Europa, maar sinds de Russische invasie in 2022 is de import verschoven naar andere landen.[56] De aanvoer van grondstoffen naar Nederland, zoals ijzererts en kolen voor Tata Steel, gebeurt vooral per schip.[28]

Metalen voor legeringselementen worden voornamelijk buiten Europa gewonnen. Voor deze metalen is de afhankelijkheid groot: de meeste legeringselementen zijn *critical raw materials*.[57] Omdat nikkelwinning verantwoordelijk is voor een relatief grote milieu-impact, is in dit onderzoek specifiek naar nikkel gekeken. Europa importeert haar ferronikkel voornamelijk uit Brazilië (57%) en Colombia (18%).

Schroot is in Europa vooralsnog voldoende beschikbaar. Op dit moment is de EU zelfs de grootste exporteur van schroot.[58] Dit kan naar de toekomst echter veranderen, wanneer er een groter aandeel elektrische ovens wordt gebruikt.



Figuur 13: *Herkomst, grondstoffen en toepassing van staal in de Nederlandse bouw*

Milieu-impact in de keten

Klimaatverandering

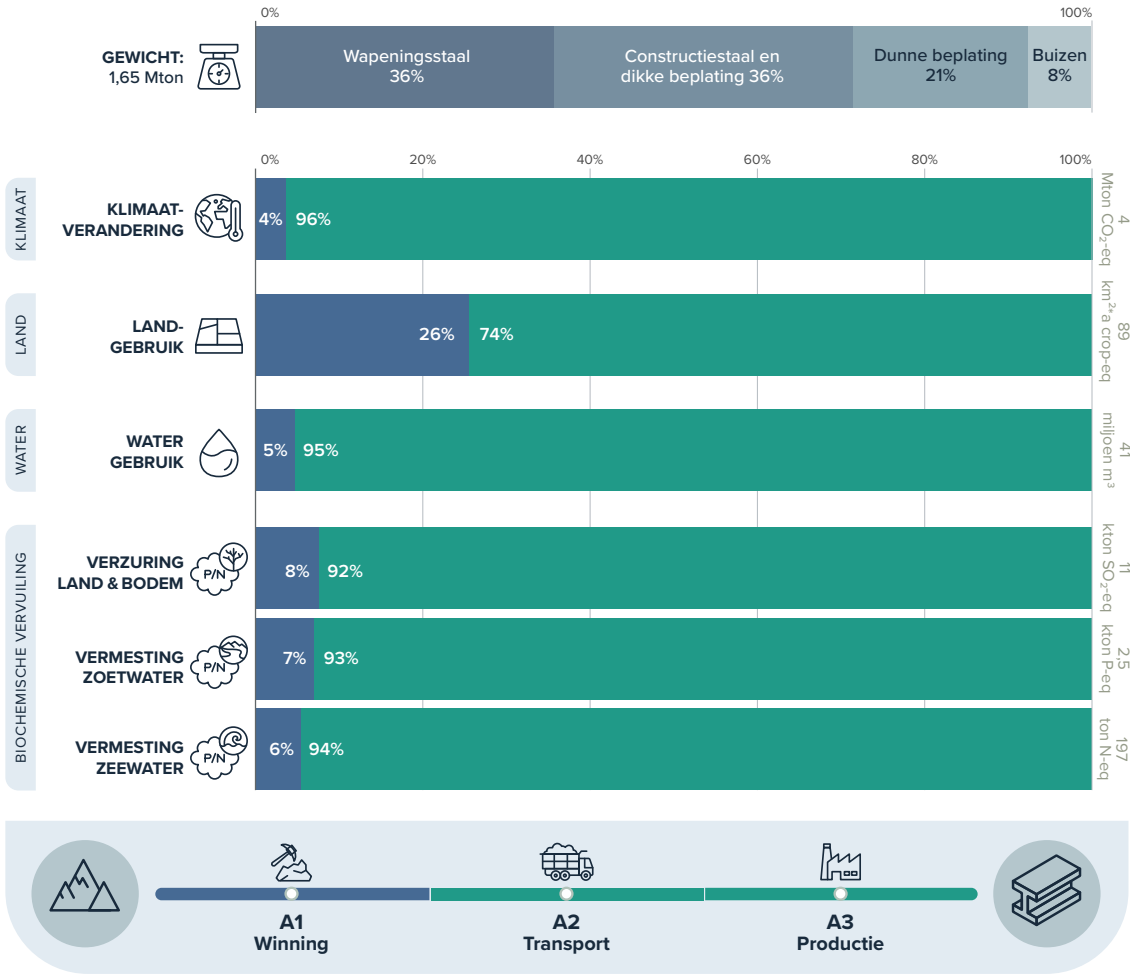
Staalproductie zorgt voor een hoge milieu-impact. Voor staalproductie zijn hoge temperaturen nodig, waarvoor vaak kolen of gas worden verbrand.[50] De productie zorgt voor een hoge impact: voor de Nederlandse bouw in totaal zo'n 4 Mt CO_2-uitstoot. Het productieproces, inclusief transport, is verantwoordelijk voor ruim 95% van de totale CO_2-uitstoot van staal. Wereldwijd is de totale staalproductie zelfs verantwoordelijk voor circa 7% van alle CO_2-uitstoot.[59]

Biochemische vervuiling

Naast CO_2-uitstoot komen er bij staalproductie ook andere vervuilende stoffen vrij: fijnstof, stikstofdioxide en zwaveldioxide.[60] De uitstoot van stikstofdioxide leidt tot verzuring en vermesting van lokale ecosystemen.[61] Ook de toeleveringsketen van de benodigde kolen (mijnbouw) heeft een eigen milieu-impact, maar dit is slechts 8% van de totale verzuring van de bodem in de productieketen van staal.

Watergebruik

Staalproductie verbruikt aanzienlijke hoeveelheden water. Voor het staal in de Nederlandse bouw is volgens onze analyse zo'n 39 miljoen m³ water nodig. Dit wordt voornamelijk gebruikt voor koeling, reiniging, ontkalking en stoomproductie. Ter illustratie: alleen al de hoogovens van Tata Steel in Nederland verbruiken jaarlijks zo'n 33 miljoen m³ zoet water.[62] Een deel van dit water wordt in vervuilde toestand weer geloosd en kan zogenaamde Zeer Zorgwekkende Stoffen (ZZS) bevatten.[63]



Figuur 14: Aandeel milieu-impact in winning, transport en productie voor staal in Nederlandse bouw (2023)

Leeswijzer

Deze figuur maakt het volgende zichtbaar:

- De **massaverdeling** van de soorten staal, ter referentie van de impact
- De **verhouding** tussen de milieu-impact als gevolg van winning in relatie tot transport + productie

Resultaten

- De **productie** is voor alle milieu-impact-categorieën dominant. Op klimaatimpact is dit ruim 95%.
- De **grondstofwinning** is voor staal relatief klein. Voor landgebruik is impact van winning het grootst: zo'n 26% van het totale landgebruik in de productieketen van staal.

Staat van de natuur op winningslocaties

IJzererts, steenkool en metalen voor legeringselementen zijn afkomstig van diverse locaties wereldwijd. Op verschillende locaties staat de natuur al onder druk als gevolg van milieu-impact. De risico's door biochemische vervuiling zijn hoog rondom de winning van kalksteen in België en steenkool in Polen. Op deze mijnbouwlocaties zijn de grenzen voor verzuring en vermesting al overschreden, waardoor elke extra emissie bij winning en transport direct bijdraagt aan de bestaande overschrijding.

Rondom de ijzerertswinning in Australië zijn de risico's op waterbeschikbaarheid zeer hoog. De winning vindt plaats in gebieden met een al beperkte waterbeschikbaarheid, waardoor extra watergebruik bijdraagt aan bestaande tekorten. In dezelfde mijnbouwgebieden is ook het risico door historische verandering van het landgebruik zeer hoog.

Tegelijkertijd is de staat van de biodiversiteit (ecologische intactheid, bedreigde soorten) hoog in Zweden, Brazilië en Australië. In Zweden en Australië is er een hoge ecologische intactheid rondom de ijzerertsmijnen. In Brazilië is de ecologische intactheid zeer hoog rondom nikkelmijnen. Ook het aandeel bedreigde soorten in de omgeving van nikkel- en ijzerertsmijnen in Brazilië is hoog.

Legenda

NATUURRISICO'S
- Zeer hoog
- Hoog
- Gemiddeld
- Laag
- Zeer laag

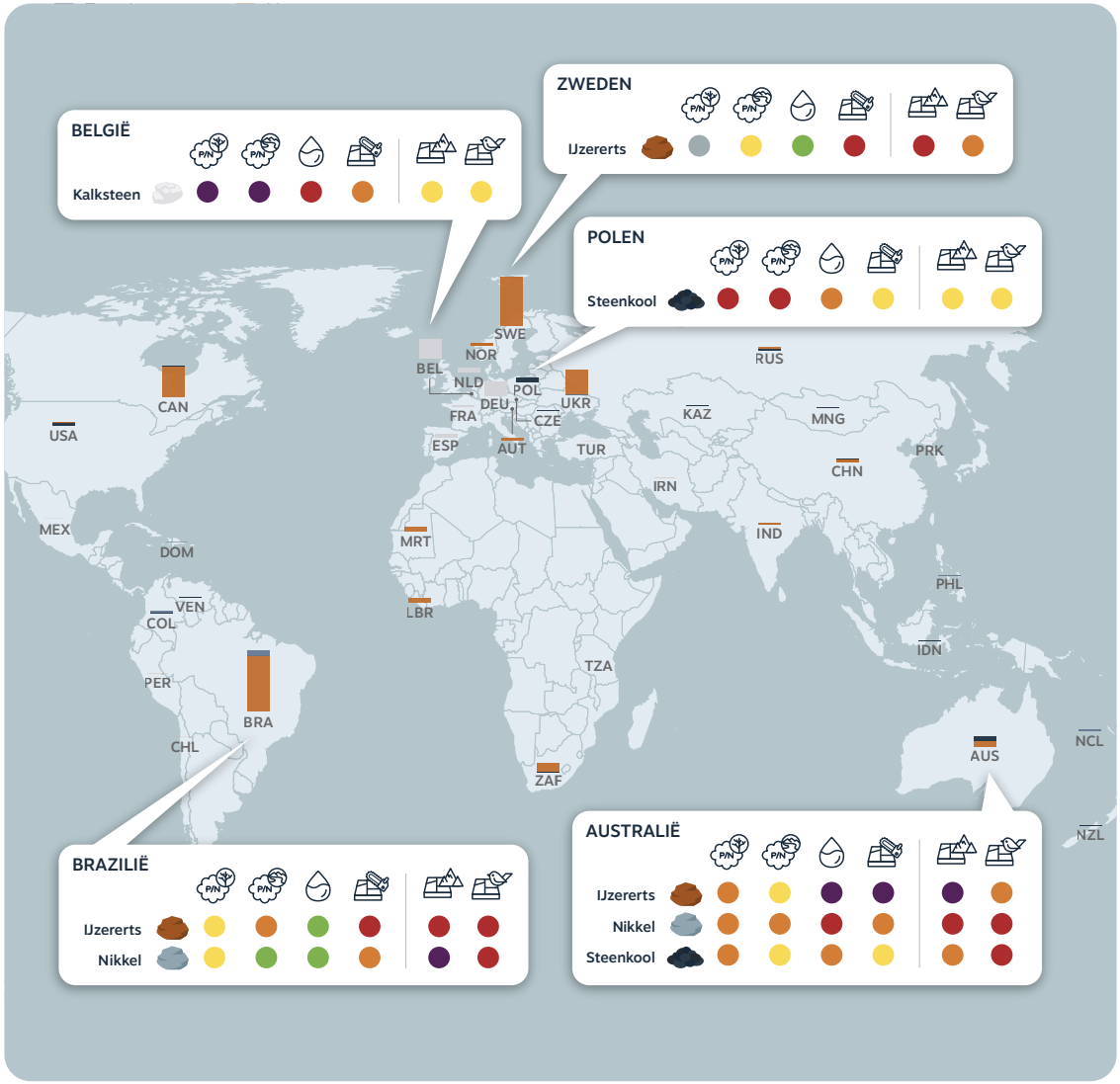
STAAT VAN HET MILIEU
Natuurrisico's als gevolg van huidige milieu-impact

Verzuring land & bodem · Vermesting zoetwater · Water-beschikbaarheid · Verandering landgebruik

MATERIALEN
- IJzererts
- Kalksteen
- Nikkel
- Steenkool

STAAT VAN DE BIODIVERSITEIT
Natuurrisico's door de huidige mate van biodiversiteit

Ecologische intactheid · Bedreigde soorten



Figuur 15: Staat van de natuur op winningslocaties van grondstoffen voor staal

Leeswijzer

Deze figuur maakt het volgende zichtbaar:
- De **massaverdeling** van de grondstoffen en herkomst (staven)
- De **staat van de natuur** op winningslocaties, uitgedrukt in **staat van het milieu** (milieu-indicatoren) en de **staat van de biodiversiteit** (biodiversiteitsindicatoren)

Belangrijkste natuurrisico's bij winning

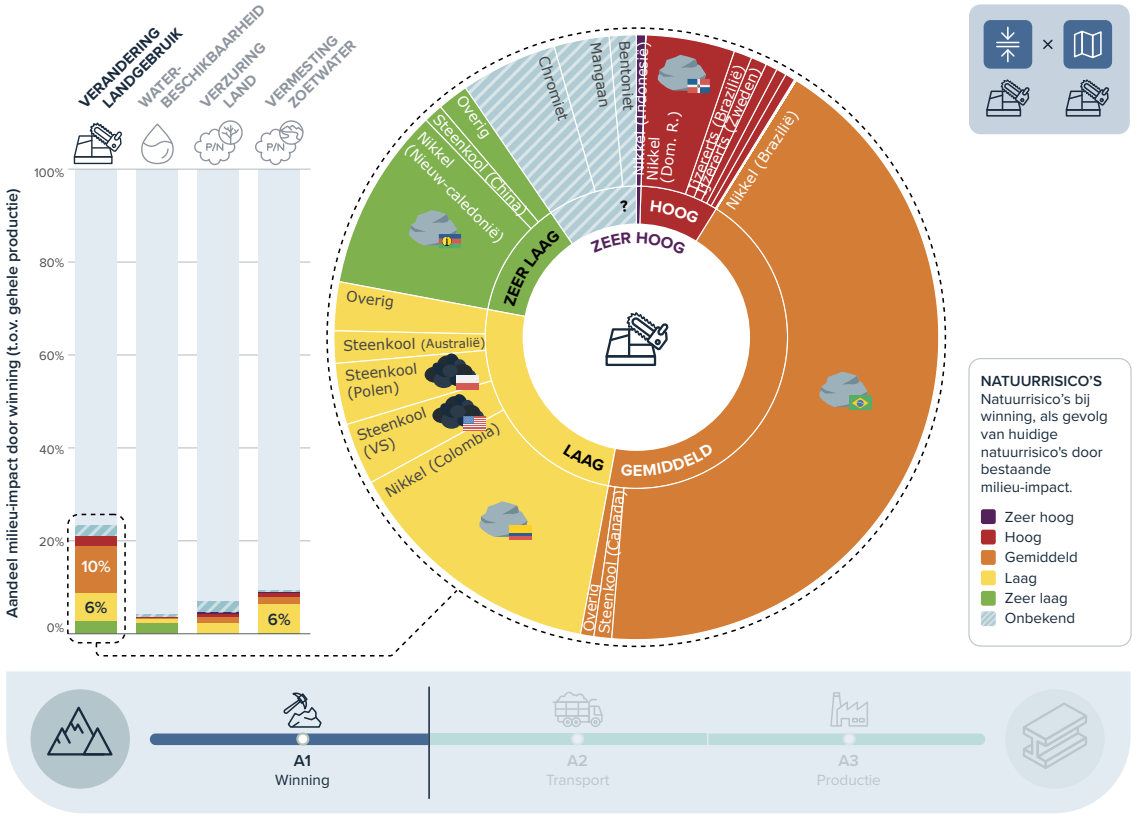
Biochemische vervuiling

Grondstoffenwinning voor staal vindt plaats op locaties met natuurrisico's door een hoge mate van biochemische vervuiling. Winning zorgt voor zoetwatervermesting met zo'n 175 ton fosfor (P-eq). Zo'n 11% van deze milieu-impact vindt plaats op locaties met een hoog risico door zoetwatervermesting, voornamelijk bij winning van kolen in Polen. Daarnaast vindt zo'n 15% van de impact plaats op locaties met gemiddelde risico's: vooral kolenwinning in de Verenigde Staten.

Winning is verantwoordelijk voor zo'n 7% van zoetwatervermesting. Zo'n 1% van deze milieu-impact vindt plaats op locaties met een hoog risico door zoetwatervermesting, voornamelijk bij winning van kolen in Polen. Daarnaast vindt zo'n 1,5% van de impact plaats op locaties met gemiddelde risico's: vooral kolenwinning in de Verenigde Staten. Deze milieu-impact vindt vooral plaats op locaties met een laag risico (6%).

Ondergrondse kolenwinning kan grote effecten hebben op nutriënten in de bodem, vooral als gevolg van fysieke verstoringen zoals bodemverzakking of scheuren in de bodem. Deze verstoringen maken dat de bodem minder capaciteit heeft om voedingsstoffen vast te houden. Tegelijkertijd ontstaan er steile hellingen in het landschap, die bodemerosie versnellen. Hierdoor spoelen de stikstof en fosfor weg.[64]

Het hoge risico op watervervuiling door biochemische stoffen in Amerikaanse mijnbouw is het gevolg van *Mountaintop removal* (MTR) in Centraal-Appalachia. Deze vorm van mijnbouw verandert bosrijke berglandschappen en veroorzaakt hoge niveaus van opgelost nitraat in de rivieren, van één tot twee ordes van grootte hoger dan in onaangetaste bosgebieden.[65] Een bijkomend probleem in dit gebied is dat deze verhoogde nitraatniveaus decennia aanhouden, zelfs nadat de mijnbouw is gestopt. Dit is het gevolg van blijvende veranderingen in de fysieke landschapsstructuur en de versnelde chemische afbraak (verwering) van nieuw, blootgesteld gesteente.[64]



Figuur 16: Milieu-impact en natuurrisico's bij grondstofwinning voor staal

Leeswijzer

Het staafdiagram maakt het volgende zichtbaar:

- Het aandeel van de **milieu-impact** van winning relatief tot de hele productieketen
- De **natuurrisico's** voor het specifieke milieu-effect op de winningslocatie

Het cirkeldiagram maakt het volgende zichtbaar:

- De **natuurrrisico's** door verandering van het landgebruik op mijnbouwlocaties
- Uitsplitsing per risicoklasse, met daarbinnen uitsplitsing per land

Resultaten

- 2% van het **landgebruik door staalproductie** gebeurt op winningslocaties met een hoog risico door historische **verandering van het landgebruik**, en 10% op locaties met een gemiddeld risico.
- 5% van het **landgebruik door grondstofwinning** voor staal gebeurt op winningslocaties voor nikkel in de Dominicaanse Republiek met een hoog risico door historische **verandering van het landgebruik**, en 42% op winningslocaties voor nikkel in Brazilië met een gemiddeld risico

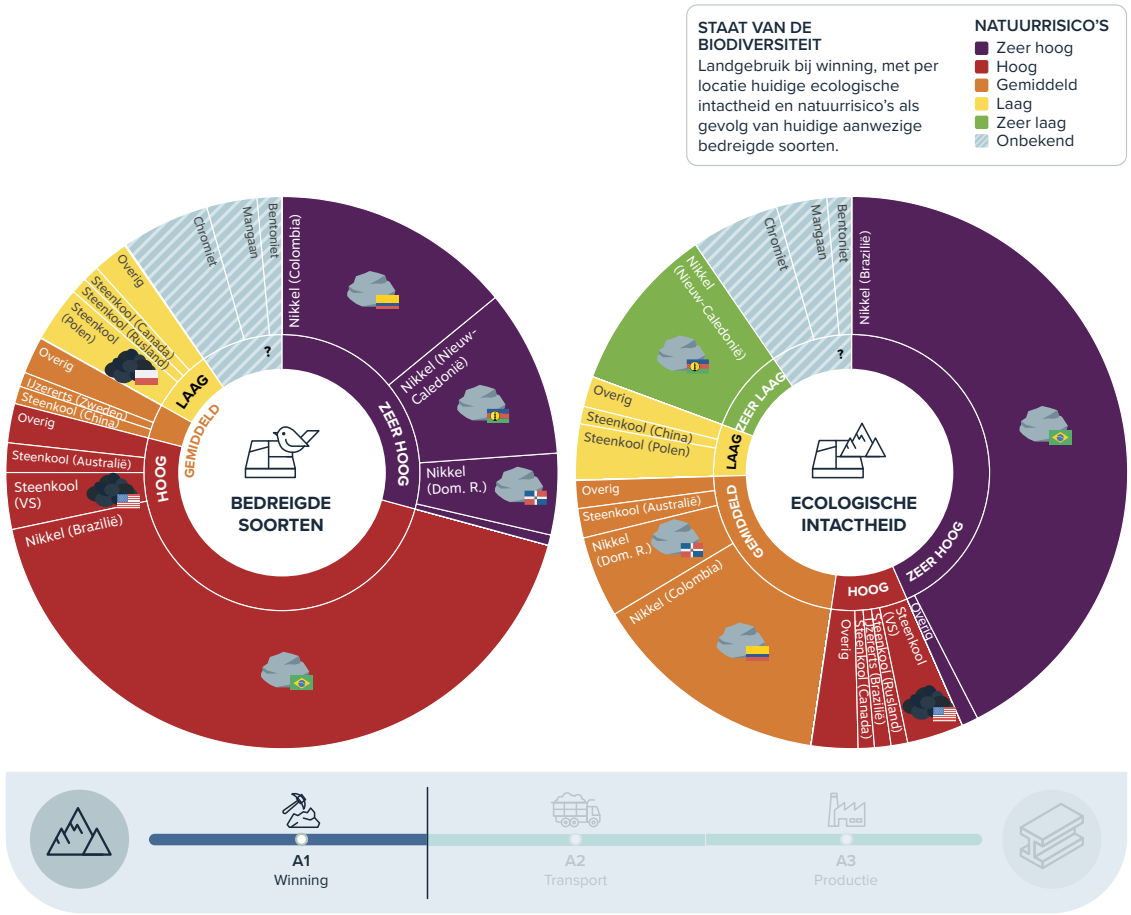
Landgebruik

Grondstofwinning van staal vindt vaak plaats op locaties met hoge natuurrisico's door de mate van biodiversiteit. Winning vindt plaats op locaties met veel bedreigde soorten: hierdoor ontstaan hoge risico's (50% landgebruik) tot zeer hoge risico's (29% landgebruik). De zeer hoge risico's zijn bij nikkelwinning in Colombia (14%), Nieuw-Caledonië (10%) en de Dominicaanse Republiek (5%). De hoge scores zijn vooral bij nikkelwinning in Brazilië (42%). Daarnaast scoren de gebieden in Brazilië zeer hoog op ecologische intactheid.

Ook zijn natuurrisico's door verandering in landgebruik bij mijnen gemiddeld (44%) tot hoog (8%). Dit komt voornamelijk door nikkelwinning: 4,8% van het landgebruik in de Dominicaanse Republiek, waar een hoog risico bestaat, en 42% in Brazilië met een gemiddeld risico.

Nikkelwinning kan tot grote natuurschade leiden, voornamelijk door *open-pit* mijnbouw.[66] Voor de winning van 1 kg nikkel moet circa 84 kg erts worden gewonnen en verwerkt vanwege het lage nikkelgehalte in ertsen.[67] Onderzoek wijst tevens uit dat de ontbossing in dorpen met nikkelwinning ongeveer twee keer zo snel verloopt als in niet-mijnbouwgebieden.[68] Naast de directe schade door mijnbouw zorgt ook infrastructuur, zoals wegen, havens en elektriciteitsnetwerken voor smelters, voor ontbossing.

Ook de kolenwinning voor cokesproductie zorgt voor landgebruik in landen als Polen (3,3%), de Verenigde Staten (3,3%) en Australië (1,7%). In de VS gebeurt dit op locaties met een hoge score op ecologische intactheid en bedreigde soorten. In Australië vindt mijnbouw plaats op locaties met een gemiddelde score op ecologische intactheid en een hoge score op bedreigde soorten. In Polen zijn de scores laag. Als gevolg van het sluiten van de kolenmijnbouw in Polen en Tsjechië zal het aandeel kolen van niet-Europese locaties groeien.[69,70] Dit biedt in Europa kansen voor de natuur: in verschillende mijnbouwgebieden zijn tekenen van natuurlijke herbegroeiing.[71]



Figuur 17: Biodiversiteitsindicatoren op winningslocaties voor staal

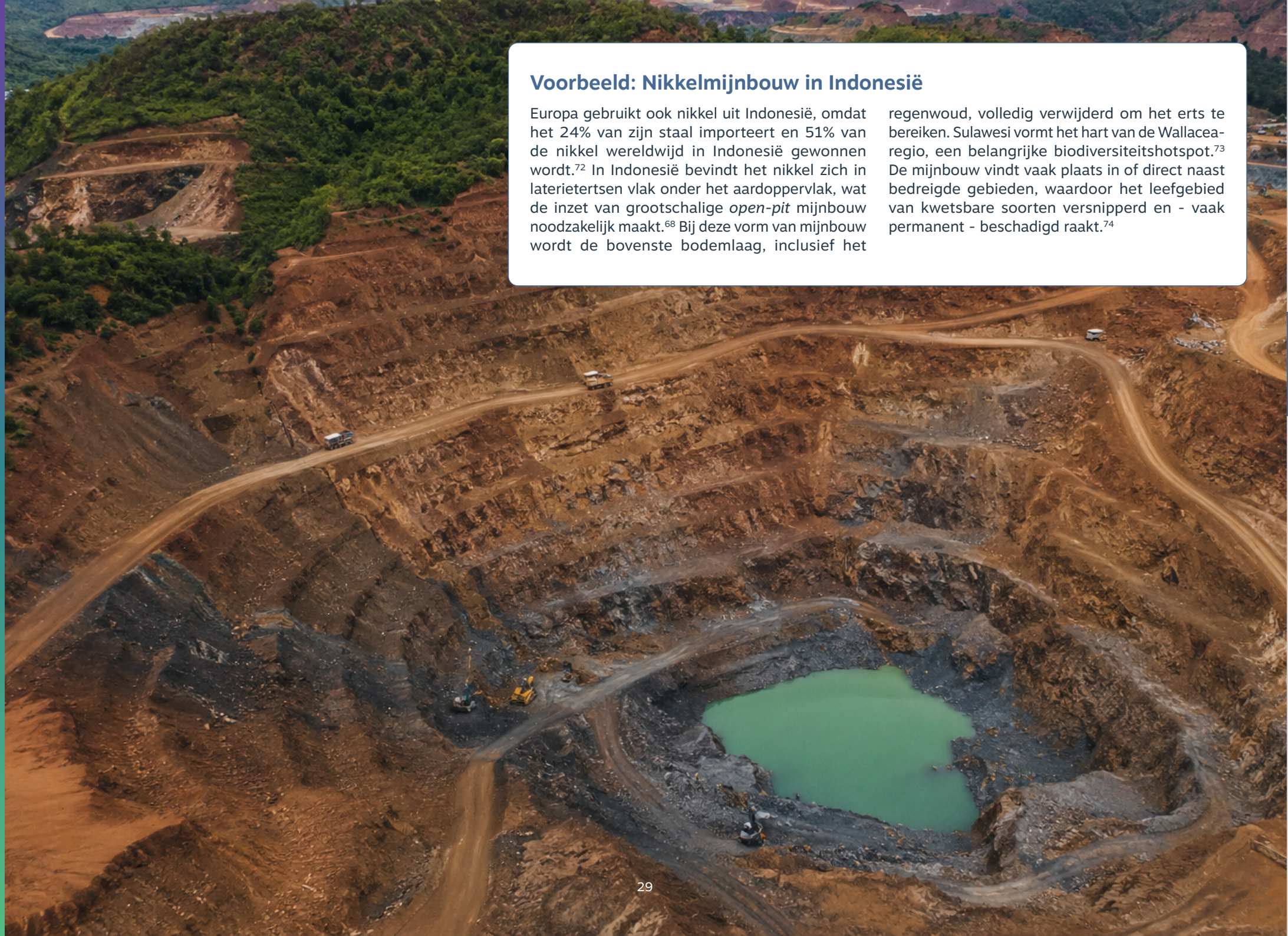
Leeswijzer

Deze figuur maakt het volgende zichtbaar voor landgebruik door grondstoffenwinning

- De hoeveelheid van de wereldwijde populatie van een bedreigde soort, die in een gebied leeft.
- De mate waarin een gebied ecologisch intact is, waarbij de samenstelling en functionaliteit van het ecosysteem niet is aangetast door menselijk handelen

Resultaten

- 29% van het **landgebruik door grondstofwinning** voor staal gebeurt op winningslocaties met een zeer hoog risico door het bestaande **aandeel bedreigde soorten**, en 50% op locaties met een hoog risico.
- 43% van het **landgebruik door grondstofwinning** voor staal gebeurt op winningslocaties met bestaande zeer hoge **ecologische intactheid**.



Voorbeeld: Nikkelmijnbouw in Indonesië

Europa gebruikt ook nikkel uit Indonesië, omdat het 24% van zijn staal importeert en 51% van de nikkel wereldwijd in Indonesië gewonnen wordt.[72] In Indonesië bevindt het nikkel zich in laterietertsen vlak onder het aardoppervlak, wat de inzet van grootschalige *open-pit* mijnbouw noodzakelijk maakt.[68] Bij deze vorm van mijnbouw wordt de bovenste bodemlaag, inclusief het regenwoud, volledig verwijderd om het erts te bereiken. Sulawesi vormt het hart van de Wallacea-regio, een belangrijke biodiversiteitshotspot.[73] De mijnbouw vindt vaak plaats in of direct naast bedreigde gebieden, waardoor het leefgebied van kwetsbare soorten versnipperd en - vaak permanent - beschadigd raakt.[74]

Maatregelen:
Verlagen milieu-impact en natuurrisico's

De belangrijkste maatregel is het verlagen van de vraag naar nieuw staal. De impact van staalproductie is - vergeleken met de winning - heel groot: de productiefase is verantwoordelijk voor 96% van de CO_2-uitstoot, 95% van het watergebruik en 92% van de bodemverzuring. De overgang van een hoogoven naar elektrische vlamboogoven op groene stroom is de meest impactvolle stap, omdat dit de vraag naar steenkool verlaagt en daarmee direct de milieu-impact en natuurrisico's bij kolenwinning in Polen, de VS en Australië beperkt.

Hoe meer schroot wordt toegepast, hoe minder primaire grondstoffen nodig zijn. Constructie- en wapeningsstaal dat in Nederland wordt toegepast, bestaat al voor een groot deel uit schroot. Het behouden en uitbreiden van dat aandeel is belangrijk.

Waar nieuwe grondstofwinning toch nodig is, bepaalt de herkomst het risico. Nikkelwinning in Colombia, Brazilië en Nieuw-Caledonië is verantwoordelijk voor een groot deel van het landgebruik bij grondstofwinning voor staal, in gebieden met een hoge tot zeer hoge ecologische intactheid en veel bedreigde soorten. Verantwoord inkopen, met uitsluiting van materialen uit uitsluitingsgebieden, heeft prioriteit.

A1 Winning

MAATREGEL

- **Verantwoord inkopen van nikkel**, ijzererts en steenkool, door uitsluiting van materialen uit 'no-go'-gebieden voor mijnbouw als gevolg van hoge natuurrisico's.
- **Behouden van schroot in de EU**, om voldoende aanbod van recyclaat te borgen.
- **Vervangen van 'normaal' staal** (S235) door hoogsterktestaal (S355 en S460), om primair materiaal te verminderen.[75]

A3 Productie

MAATREGEL

- **Verbeteren van schrootkwaliteit** door betere scheiding, betere logistieke organisatie en financiële samenwerking tussen slopers en staalproducenten.
- **Toepassen van hergebruikt staal** waar mogelijk, bijvoorbeeld voor damwanden, geleiderails en (eenvoudige) gebouwconstructies.
- **Overschakelen van hoogovens (BOF) naar elektrische vlamboogovens** (*Electric Arc Furnaces*) met hernieuwbare energie, om schone productie zonder kolen en CO_2-uitstoot mogelijk te maken.[76]
- **Implementeren van afvangtechnologie voor stikstof**, fosfor en andere schadelijke uitstoot tijdens het productieproces, als tijdelijke oplossing vooruitlopend op schone staalproductie[77].
- **Toepassen van nieuwe zinklegeringen** met magnesium en aluminium (Zn/Alu/Mg) om de dikte van de beschermlaag te verminderen bij gelijkblijvende corrosiewering.

Legenda

- **Preventief:** voorkomen van druk door minder gebruik van primaire grondstoffen
- **Mitigerend:** beperken van schade tijdens winning (of productie)
- **Herstel:** (deels) herstellen van ecologische waarde na winning

05 Asfalt

Samenvatting

Asfalt vormt de basis van het Nederlandse wegennet. Zowel de Rijksoverheid, provincies als gemeenten zijn belangrijke afnemers. De Nederlandse productie van naar schatting zo'n 8,7 miljoen ton vindt plaats in zo'n 20 lokale asfaltcentrales in Nederland. Voor wegen binnen gemeenten worden naast asfalt ook (beton) klinkers gebruikt.

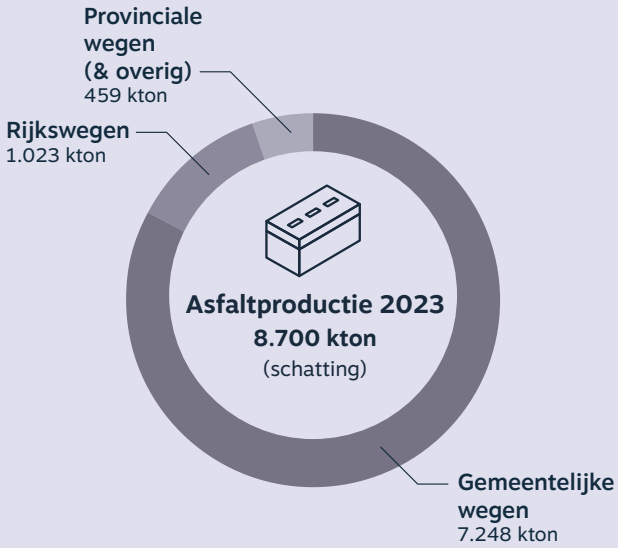
Bij asfalt is de productie verantwoordelijk voor de grootste milieu-impact. Asfaltproductie leidt jaarlijks tot circa 590 kton CO_2-uitstoot en 2,3 kton SO_2-equivalent aan verzurende stoffen. Dit komt vooral door de verbranding van fossiele brandstoffen, waaronder veel gas. De milieu-impact bij winning van grondstoffen (steenslag, zand, kalksteen) is relatief beperkt, met uitzondering van de grote hoeveelheid watergebruik.

Grondstoffen voor asfalt komen voornamelijk uit Noordwest-Europa. Zand wordt voornamelijk in Nederland gewonnen. Steenslagwinning vindt plaats in België, Noorwegen, Duitsland en Schotland. Kalksteen wordt gewonnen in Duitsland en België.

Grondstofwinning voor asfalt vindt vaak plaats in gebieden met relatief weinig bedreigde soorten een lage tot middelhoge ecologische intactheid. Desondanks kan er in deze gebieden natuurschade ontstaan, omdat winning veel impact heeft op de bodem. Er zijn middelhoge risico's bij steenslagwinning in Noorwegen en Duitsland en zandwinning in Drenthe. Daarnaast zijn er middelhoge risico's door de aanwezigheid van bedreigde soorten bij zandwinning in Duitsland.

De grootste natuurrisico's ontstaan – net als bij beton – bij watergebruik voor zand- en grindwinning. Voor de winning is jaarlijks zo'n 3 miljoen liter water nodig. Dit watergebruik vindt voor een deel plaats in gebieden met hoge natuurrisico's door bestaande watertekorten (steenslagwinning in België, zandwinning in Limburg).

Om natuurrisico's te verlagen, ligt er prioriteit bij levensduurverlenging, het verhogen van het aandeel hergebruikt asfalt en het verduurzamen van asfaltproductie. Levensduurverlenging voorkomt zowel grondstofverbruik als milieu- en klimaatimpact. Het verhogen van het aandeel asfaltgranulaat voor de onderste asfaltlagen verlaagt de vraag naar nieuwe grondstoffen. Het toepassen van warm-mix-asfalt vermindert zowel de klimaatimpact als de uitstoot van stikstof en zwavel.



Grondstoffen & bouwmaterialen

Asfalt wordt lokaal geproduceerd met een combinatie van minerale aggregaten (steenslag, zand), vulstof (kalksteen) en bindmiddel (bitumen). Het productieproces is energie-intensief: asfaltmengsels moeten eerst gedroogd en vervolgens verhit worden tussen de 140-180 graden (voor *hot-mix-asfalt*) en 110-140 graden (voor *warm-mix-asfalt*) om deze vloeibaar te maken voor een goede verwerking.[78,79]

Er bestaan veel verschillende asfaltmengsels, ieder met eigen eigenschappen. Zeer open asfaltbeton (ZOAB) bestaat bijvoorbeeld tot 86% uit steenslag om water snel af te kunnen voeren. Asfaltbeton (zoals BIND, BASE en SURF) heeft een dichtere structuur en vormt de constructieve basis van de deklagen van een wegdek. Voor asfaltbeton wordt vaak gebruikgemaakt van gerecycled asfalt (percentage recyclaat, PR).

Dit onderzoek kijkt naar de meest gebruikte asfaltsoorten:

- Asfaltbeton BIND/BASE, met 50% PR
- Asfaltbeton SURF, zonder PR
- Steenmastiekasfalt

Het streven van de asfaltsector was om per 1 januari 2025 volledig over te stappen van hot-mix-asfalt (HMA) naar warm-mix-asfalt (WMA). Dat is niet gelukt; warm-mix-asfalt wordt in 2025 nog steeds voornamelijk geleverd op basis van de vraag van opdrachtgevers. Het aandeel warm-mix-asfalt dat in 2025 is geleverd door partijen die lid zijn van het Asfalt Kennis Centrum (AKC) wordt geschat op 350.000 ton: 4-6% van de totale markt.[80]

Productievolume

De totale jaarlijkse asfaltproductie in Nederland bedraagt in 2023 naar schatting 8,7 miljoen ton. Dit cijfer is gebaseerd op uitbreidingswegen, areaaldata en vervangingscycli, zoals toegelicht in de methode van het onderzoek naar de materiaalstromen.[17] Gemiddeld is de jaarlijkse productie naar inschatting lager: zo'n 6,5 miljoen ton. Echter, om een goede vergelijking te maken met andere materialen is voor de analyse dezelfde modelleringsbasis gebruikt als voor de andere materialen.



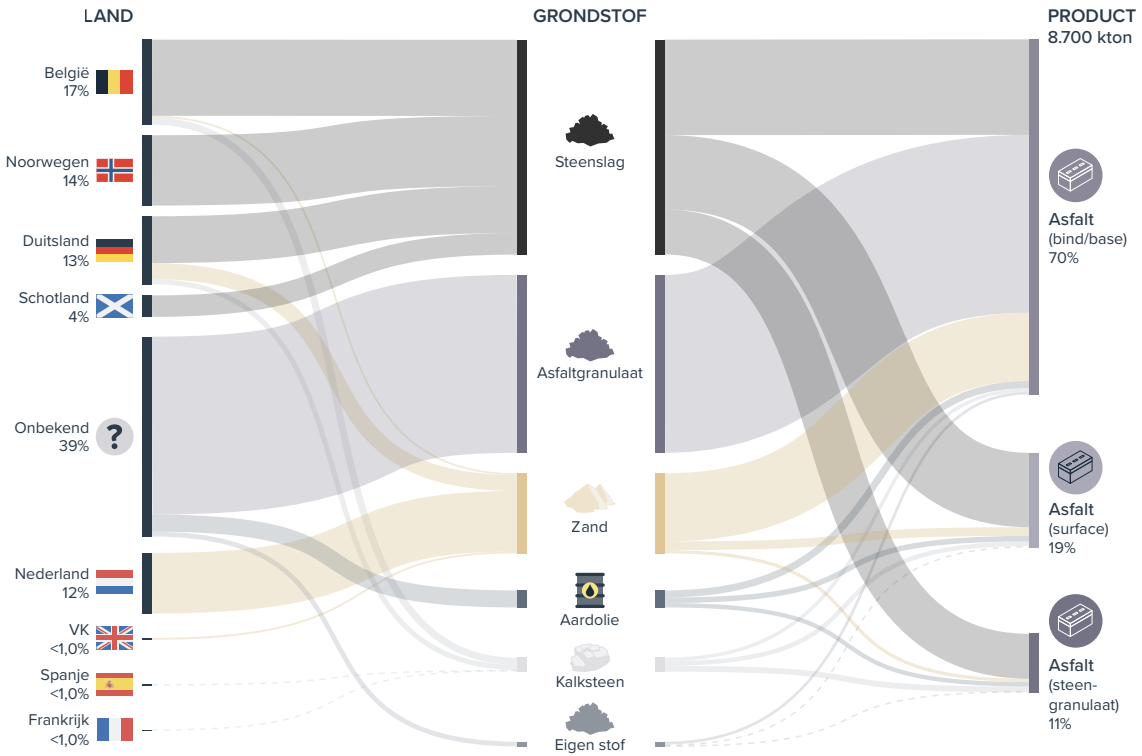
Figuur 18: *Productieketen van asfalt*

Herkomst grondstoffen

Grondstoffen voor de Nederlandse asfaltproductie worden voornamelijk in Noordwest-Europa gewonnen. Steenslag en brekerzand worden grotendeels geïmporteerd uit Scandinavië, België en Duitsland. Voor de vulstof is aangenomen dat deze uit kalksteen bestaat, conform de productkaart van PCR Asfalt voor bitumineuze materialen.[81]

Kalksteen wordt voornamelijk uit België en Duitsland geïmporteerd. Ook wordt er een beperkte hoeveelheid kalksteen (circa 200 kton) gewonnen in Winterswijk.[82] Er bestaan duurzamere alternatieven voor kalksteen, zoals vulstof op basis van vliegas (restproduct uit verbrandingsprocessen). In deze analyse is kalksteen echter als vulstof gehanteerd. Het bindmiddel bitumen wordt geproduceerd in Europese raffinaderijen, maar de benodigde aardolie kent een wereldwijde toeleveringsketen.[83] Zand komt voor het grootste deel uit Nederland.[84]

Een belangrijke ontwikkeling in de asfaltsector is een groeiende inzet op recycling, waarbij oud asfalt wordt verwerkt tot asfaltgranulaat. Dit is vooral goed te verwerken in funderingslagen, die tot wel 50% uit asfaltgranulaat (PR) bestaan. Deklagen vragen om een ander kwaliteitsniveau, waardoor er minder mogelijkheden zijn om asfaltgranulaat (PR) in te zetten.



Figuur 19: *Herkomst, grondstoffen en toepassing van asfalt in de Nederlandse bouw*

Milieu-impact in de keten

Klimaatverandering

De productiefase is verantwoordelijk voor het grootste deel van de klimaatimpact van asfalt. Het energie-intensieve verhittings- en droogproces, waarbij veel aardgas wordt verbrand, is de belangrijkste oorzaak.[84] Transport draagt aanvullend bij: het transport van steenslag over zee vanuit Noorwegen en Schotland zorgt voor de hoogste transportgerelateerde CO_2-uitstoot, vanwege de massa en de afstand.[84]

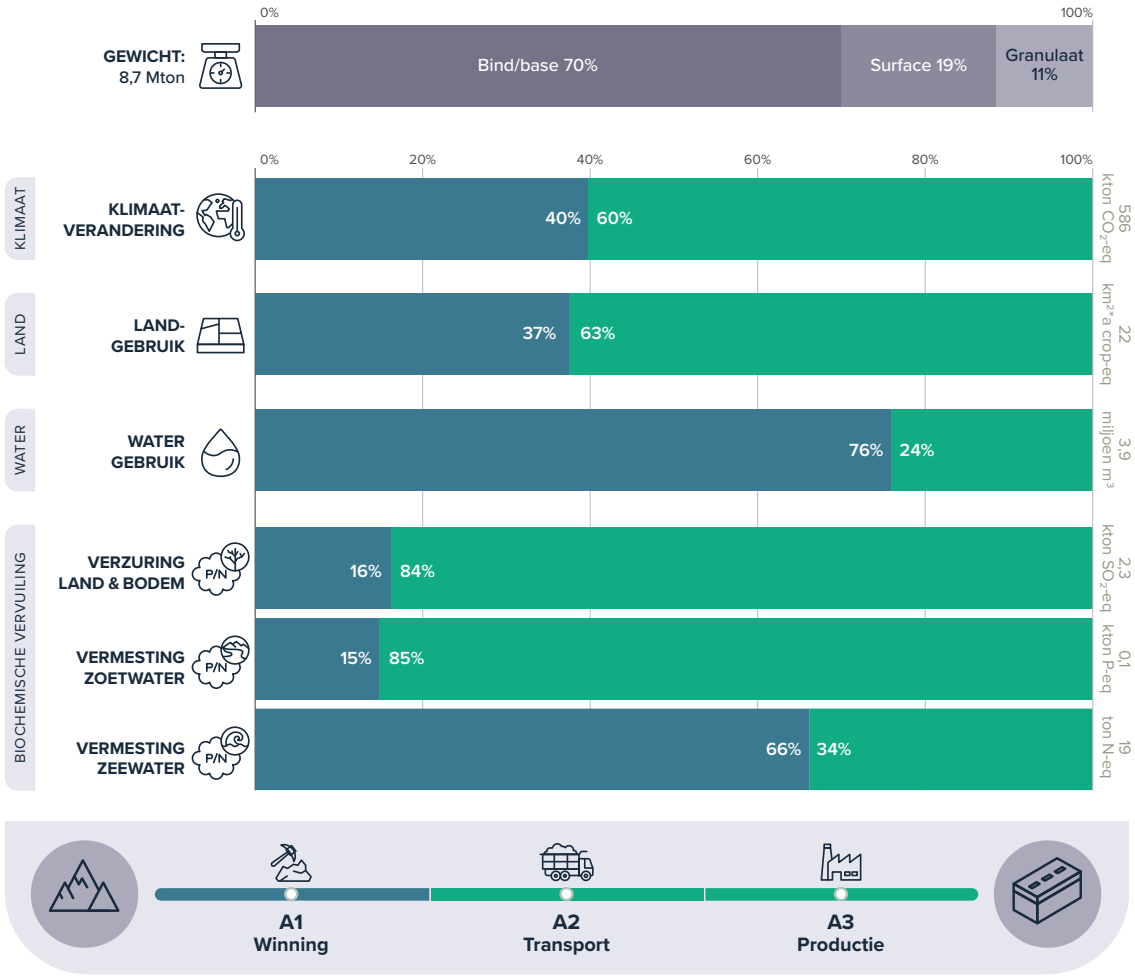
Biochemische vervuiling

Bij de verhitting van asfalt komen naast CO_2 ook stikstof- en zwaveloxiden vrij. Asfaltcentrales stoten daarnaast stoffen uit die gevaarlijk zijn voor zowel gezondheid als milieu, zoals PAK's en benzeen[85]. Ook transport draagt bij aan stikstofuitstoot. Omdat winning en productie grotendeels in Nederland en West-Europa plaatsvinden, waar stikstofgrenzen al zijn overschreden, leidt deze uitstoot op de productielocaties tot hoge natuurrisico's.

Daarnaast is de winning verantwoordelijk voor 65% van de biochemische vervuiling van zeewater in de asfaltketen. Dit wordt vrijwel volledig veroorzaakt door directe emissies tijdens de winning en het raffinageproces van aardolie voor bitumen.

Watergebruik

Bitumen moet tijdens transport op temperatuur worden gehouden om vloeibaar te blijven, wat extra energieverbruik met zich meebrengt. Het watergebruik in de asfaltproductie is relatief beperkt ten opzichte van de andere milieu-effecten; de grootste impact op waterbeschikbaarheid vindt plaats in de winningfase (76%).



Figuur 20: *Aandeel milieu-impact in winning, transport en productie voor asfalt in Nederlandse bouw (2023)*

Leeswijzer

Deze figuur maakt het volgende zichtbaar:

- De **massaverdeling** van de soorten asfalt, ter referentie van de impact
- De **verhouding** tussen de milieu-impact als gevolg van winning in relatie tot transport + productie

Resultaten

- De productie veroorzaakt de grootste milieu-impact op zoetwaterkwaliteit (85%), landverzuring (84%) en landgebruik (63%).
- De winning veroorzaakt de grootste milieu-impact voor de waterbeschikbaarheid (76%) en biochemische vervuiling van zeewater (65%)

Staat van de natuur op winningslocaties

Zand en kalksteen worden gewonnen in Nederland, België en Duitsland. De resultaten zijn vergelijkbaar met die voor beton: winning vindt grotendeels plaats in gebieden waar de grenzen voor biochemische vervuiling al zijn overschreden, met hoge tot zeer hoge risico's voor bodem- en waterecosystemen als gevolg. De risico's op watertekort zijn het grootst in Limburg en België, waar winning plaatsvindt in gebieden met een beperkte waterbeschikbaarheid. De ecologische intactheid op deze locaties is doorgaans laag tot gemiddeld.

Steenslagwinning onderscheidt zich door de ligging van de groeves: deze bevinden zich vaak aan de kust in Noorwegen en Schotland, in gebieden met een middelhoge tot hoge ecologische intactheid. Daar is het risico op onomkeerbare schade groter dan op de zandwinlocaties in het binnenland, omdat het cruciale ecosysteemfuncties kan aantasten (zoals waterzuivering verslechteren en bodemerosie).

Voor bitumen, afkomstig uit wereldwijde aardolieketens, zijn de natuurrisico's op winningslocaties niet inzichtelijk gemaakt. Winning en raffinage vinden doorgaans plaats nabij zee of grote rivieren, maar de onderzoeksmethode biedt geen mogelijkheid om de staat van de natuur in deze gebieden in kaart te brengen[86,87]. De hoogte van deze risico's blijft daarmee in dit onderzoek onbekend.

Legenda

NATUURRISICO'S
- Zeer hoog
- Hoog
- Gemiddeld
- Laag
- Zeer laag

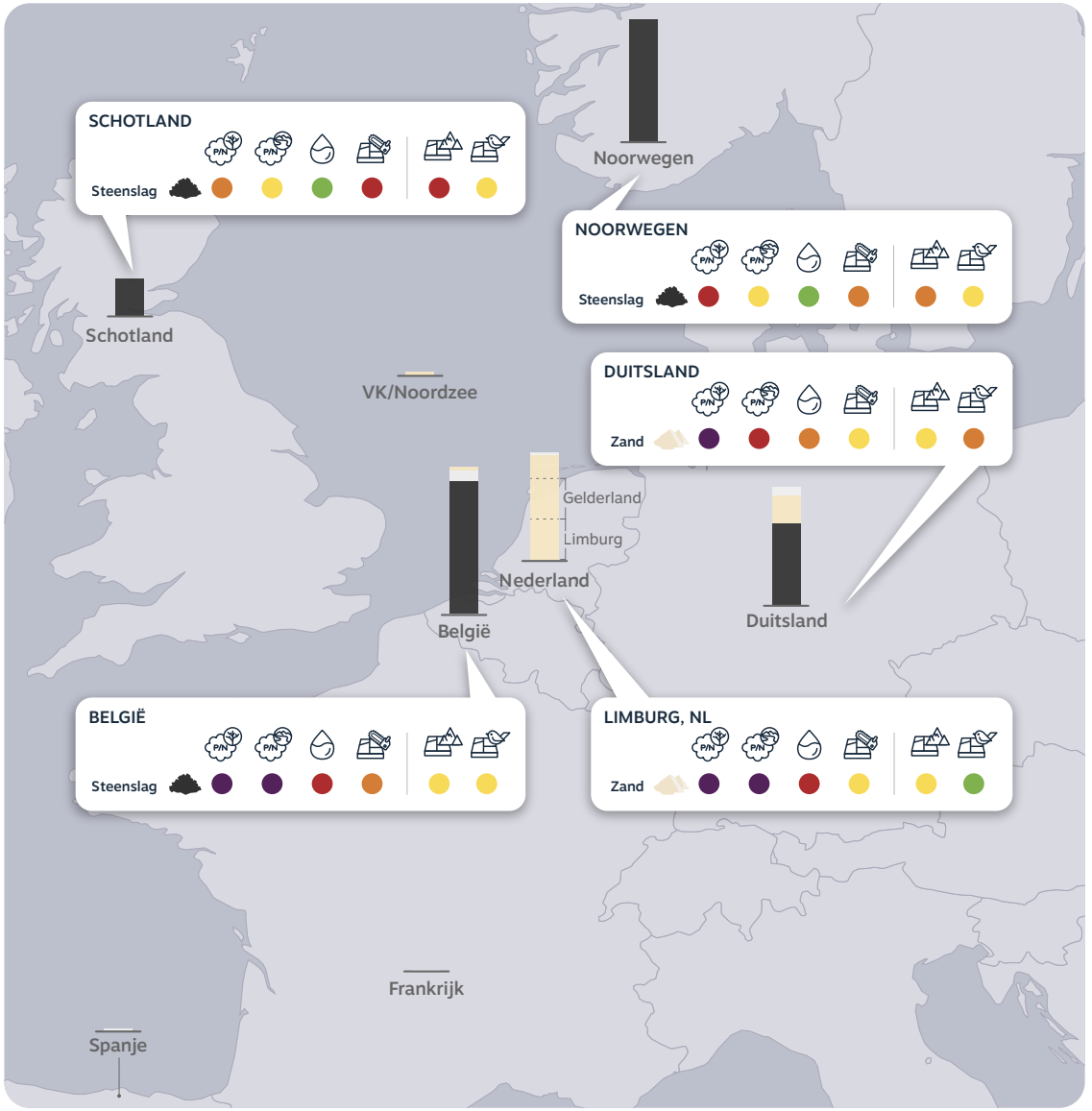
MATERIALEN
- Steenslag
- Kalksteen
- Zand

STAAT VAN HET MILIEU
Natuurrisico's als gevolg van huidige milieu-impact

Verzuring land & bodem | Vermesting zoetwater | Water-beschikbaarheid | Verandering landgebruik

STAAT VAN DE BIODIVERSITEIT
Natuurrisico's door de huidige mate van biodiversiteit

Ecologische intactheid | Bedreigde soorten



Figuur 21: Staat van de natuur op winningslocaties van grondstoffen voor asfalt

Leeswijzer

Deze figuur maakt het volgende zichtbaar:
- De **massaverdeling** van de grondstoffen en herkomst (staven)
- De **staat van de natuur** op winningslocaties, uitgedrukt in **staat van het milieu** (milieu-indicatoren) en de **staat van de biodiversiteit** (biodiversiteitsindicatoren)

Belangrijkste natuurrisico's bij winning

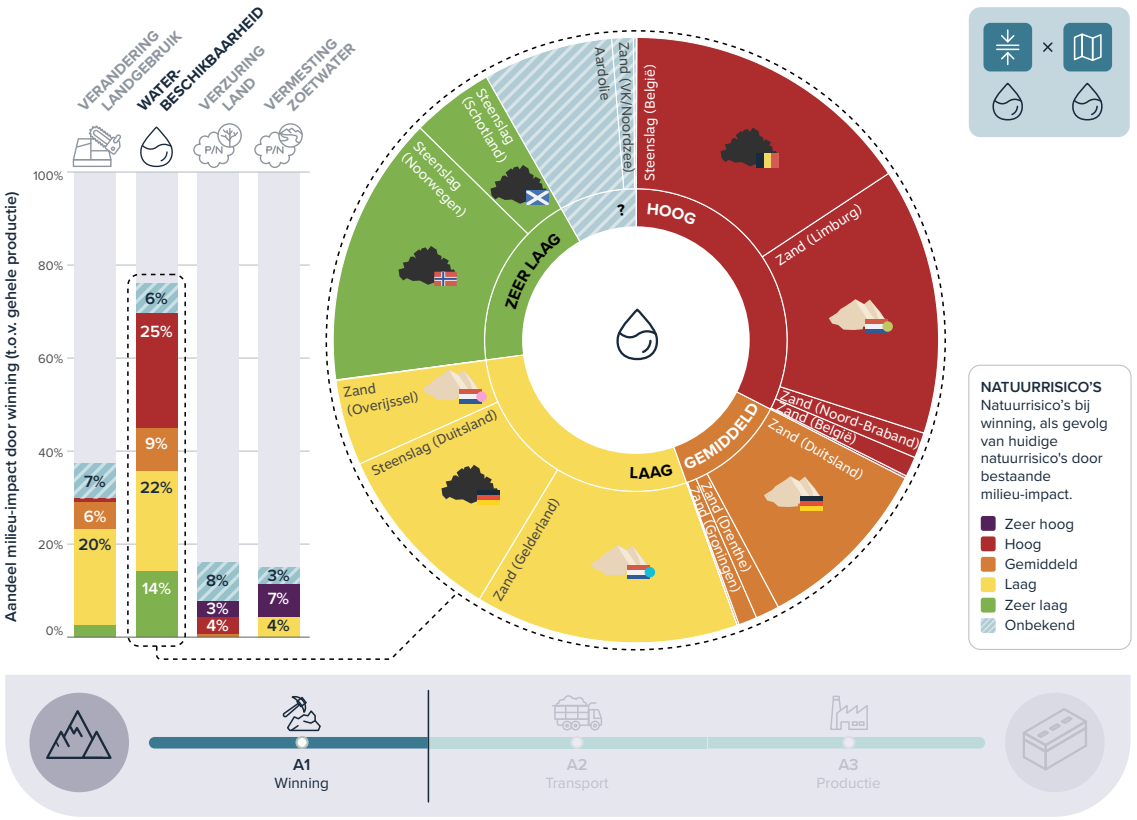
Bij de grondstofwinning voor asfalt spelen drie typen milieu-impact een belangrijke rol: watergebruik, verandering van het landgebruik en biochemische vervuiling. De risico's die hieruit voortkomen hangen af van de lokale staat van de natuur op de winningslocaties.

Natuurrisico's: waterschaarste

Circa 76% van de impact op waterschaarste bij asfaltproductie vindt plaats in de winningsfase. De winning van zand, kalksteen en steenslag vindt plaats in gebieden, waar op dit moment al een tekort aan water is. Van de milieu-impact door winning op waterbeschikbaarheid valt 32% in de categorie hoog risico: zand in Limburg en Noord-Brabant (15%) en steenslag in België (17%). Nog eens 12% in de categorie gemiddeld-hoog risico: zand in Duitsland (10%) en Drenthe en Groningen (2%). Tijdens de zandwinning verdampt er bijvoorbeeld veel water, terwijl de winningslocaties vaak te maken hebben met droogte.

*=> **Meer weten?** De risico's voor de natuur door winning van zand zijn nader toegelicht bij Beton.*

De effecten van steengroeven op water zijn in veel gevallen in de bredere omgeving merkbaar. Activiteiten op de groeve gebruiken vaak water. Daarnaast zorgt een groeve voor erosie en wordt er soms water weggepompt.[88] Het wegpompen van grondwater kan grondwaterstromen veranderen, tot op tientallen kilometers afstand.[36] Planten en dieren kunnen hierdoor te maken krijgen met watertekorten.[88] Daarnaast neemt de waterkwaliteit af, doordat erosie en afvalwater lokale waterwegen vervuilen. Dat heeft gevolgen voor organismen in het water.[88]



Figuur 22: Milieu-impact en natuurrisico's bij grondstofwinning voor asfalt

Leeswijzer

Het staafdiagram maakt het volgende zichtbaar:

- Het aandeel van de **milieu-impact** van winning relatief tot de hele productieketen
- De **natuurrisico's** voor het specifieke milieu-effect op de winningslocatie (voorbeeld: stikstofuitstoot i.r.t. bestaande verzuring van de bodem)

Het cirkeldiagram maakt het volgende zichtbaar:

- De **natuurrisico's** door watergebruik als gevolg van (beperkte) waterbeschikbaarheid op winningslocaties
- Uitsplitsing per risicoklasse, met daarbinnen uitsplitsing per land

Resultaten

- 25% van het **watergebruik door asfaltproductie** gebeurt op winningslocaties met een hoog risico door bestaande lage **waterbeschikbaarheid**, en 9% op locaties met een gemiddeld risico
- 7% van de **vermesting van zoetwater door asfaltproductie** gebeurt op winningslocaties met een zeer hoog risico door bestaande **vermesting van het zoetwater**, en 4% op locaties met een gemiddeld risico

Natuurrisico's: landgebruik

Grondstoffenwinning is verantwoordelijk voor circa 37% van het landgebruik in de asfaltketen, waarvan verreweg het grootste deel (circa 60%) wordt gebruikt voor zandwinning. De locaties waar zand wordt gewonnen, hebben doorgaans relatief weinig bedreigde soorten en een lage ecologische intactheid.

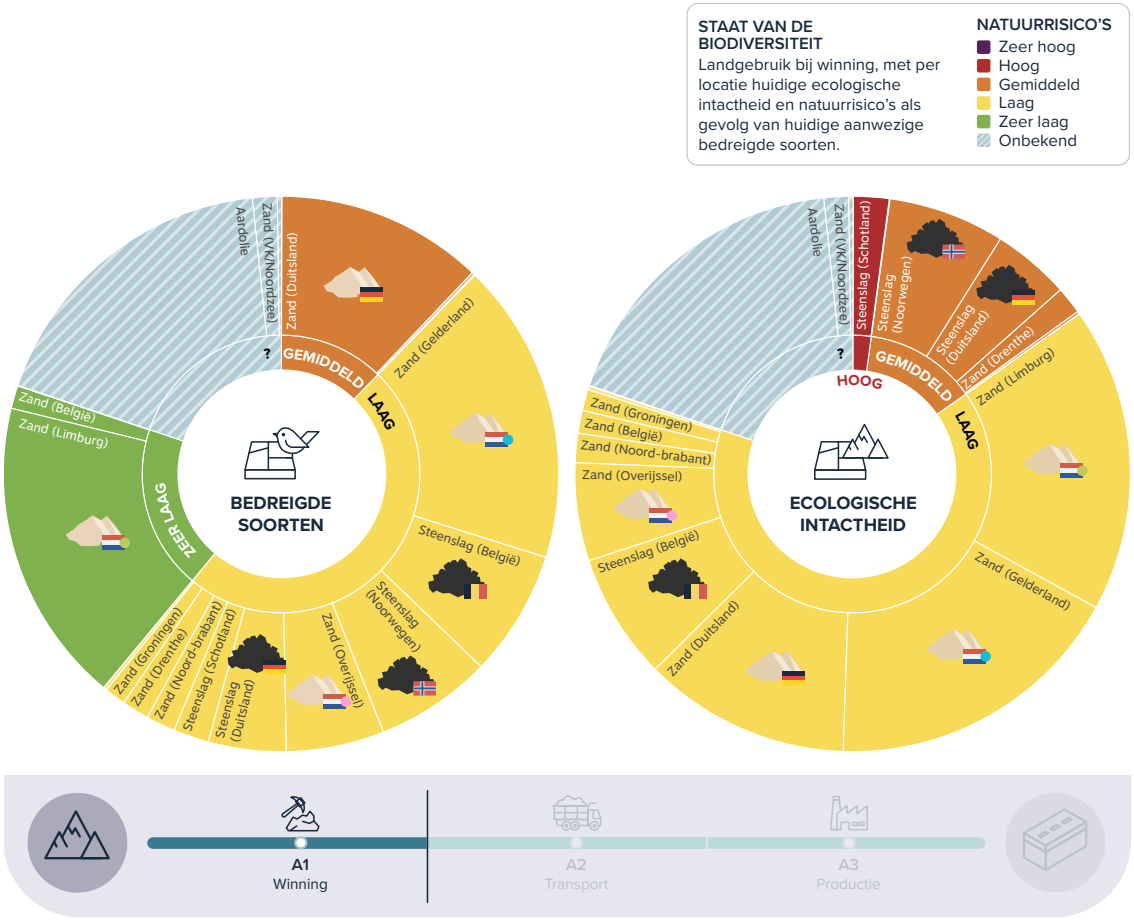
Alleen voor zandwinning (Duitsland) zijn er gemiddelde risico's door de aanwezigheid van bedreigde soorten, net als bij steenslagwinning (Duitsland, Noorwegen) en zandwinning (Drenthe) door de mate van ecologische intactheid. Hoge risico's als gevolg van de ecologische intactheid zijn er uitsluitend bij steenslagwinning in Schotland. Steengroeves bevinden zich bovendien vaak aan de kust, nabij ecosystemen die gevoelig zijn voor verstoring.

Winning gaat structureel gepaard met verlies van vegetatie, erosie en veranderingen van het grondprofiel. De omvang van de verstoring hangt af van de verwerkingsstappen die op locatie plaatsvinden, omdat daarvoor extra ruimte nodig is.[88] Winning fragmenteert ook het landschap, wat gevolgen heeft voor migratieroutes van dieren. Daarnaast gaan er bij zandwinning bodemleven en waterorganismen verloren, zelfs als deze winning plaatsvindt binnen de sedimentbalans.[88,89]

Natuurrisico's: biochemische vervuiling

Winning van aardolie zorgt voor aanzienlijke milieu-impact, voornamelijk door biochemische vervuiling van zeewater. Deze milieu-impact wordt vooral veroorzaakt door uitstoot tijdens winning en raffinage van aardolie. De hoogte van dit risico is onbekend, omdat de onderzoeksmethode geen mogelijkheid biedt om de staat van de natuur in mariene gebieden in kaart te brengen.

Na bitumen veroorzaakt steenslag voor de hoogste milieu-impact op vervuiling van zoetwater.[84] Deze vervuiling wordt voor het grootste deel veroorzaakt door verbranding van fossiele brandstoffen bij steenslagwinning. In Duitsland en België, waar de grenzen voor verzuring en vermesting al overschreden zijn, draagt deze uitstoot bij aan hoge tot zeer hoge risico's voor de natuur.[90]



Figuur 23: Biodiversiteitindicatoren op winningslocaties voor asfalt

Leeswijzer

Deze figuur maakt het volgende zichtbaar voor landgebruik door grondstoffenwinning

- De hoeveelheid van de wereldwijde populatie van een bedreigde soort, die in een gebied leeft.
- De mate waarin een gebied ecologisch intact is, waarbij de samenstelling en functionaliteit van het ecosysteem niet is aangetast door menselijk handelen

Resultaten

- 12% van het **landgebruik door grondstofwinning** voor asfalt gebeurt op winningslocaties in Duitsland met een gemiddeld risico door het bestaande aandeel **bedreigde soorten**.
- 65% van het **landgebruik door grondstofwinning** voor asfalt gebeurt op winningslocaties met een bestaande lage **ecologische intactheid**.

Maatregelen:
Verlagen milieu-impact en natuurrisico's

De meest directe stap is het verlagen van primair grondstofgebruik. Zo vervangt asfaltgranulaat in funderingslagen nieuwe steenslag, zand en kalksteen. Daarnaast verlaagt de overstap naar warm-mix-asfalt, waarbij het mengsel op lagere temperatuur wordt verwerkt, de CO_2-uitstoot en biochemische emissies van het verhittings- en droogproces met maximaal 30%.

Asfalt en beton maken gedeeltelijk gebruik van dezelfde grondstoffen - en kennen daarmee vergelijkbare natuurrisico's. Zand in Limburg en Noord-Brabant en steenslag in België worden gewonnen in gebieden met hoge natuurrisico's door waterschaarste. Steenslaggroeves in Schotland liggen in kustgebieden met een hoge ecologische intactheid, waar winning onomkeerbare schade kan aanrichten. Prioriteit ligt bij actieve sturing op een verantwoorde herkomst en natuurherstelplannen op winningslocaties.



MAATREGEL

Sturen op verantwoorde herkomst om natuurrisico's te verlagen, bijvoorbeeld door het instellen van no-go-zones rondom kwetsbare gebieden.

Vervangen van bitumen met biobased bindmiddelen of geopolymeer binders, om de vraag naar aardolie en de daarvoor benodigde raffinageprocessen te verminderen.

Herstellen van voormalige winningslocaties tot nieuwe natuurgebieden met gericht beheer én actieve introductie van doelsoorten voor prioritaire Natura 2000-habitattypent. Let op: volledig herstel van het oorspronkelijke ecosysteem is vaak niet mogelijk.

MAATREGEL

Toepassen van asfaltgranulaat voor onderste asfaltlagen, om vraag naar nieuw asfalt te verminderen.

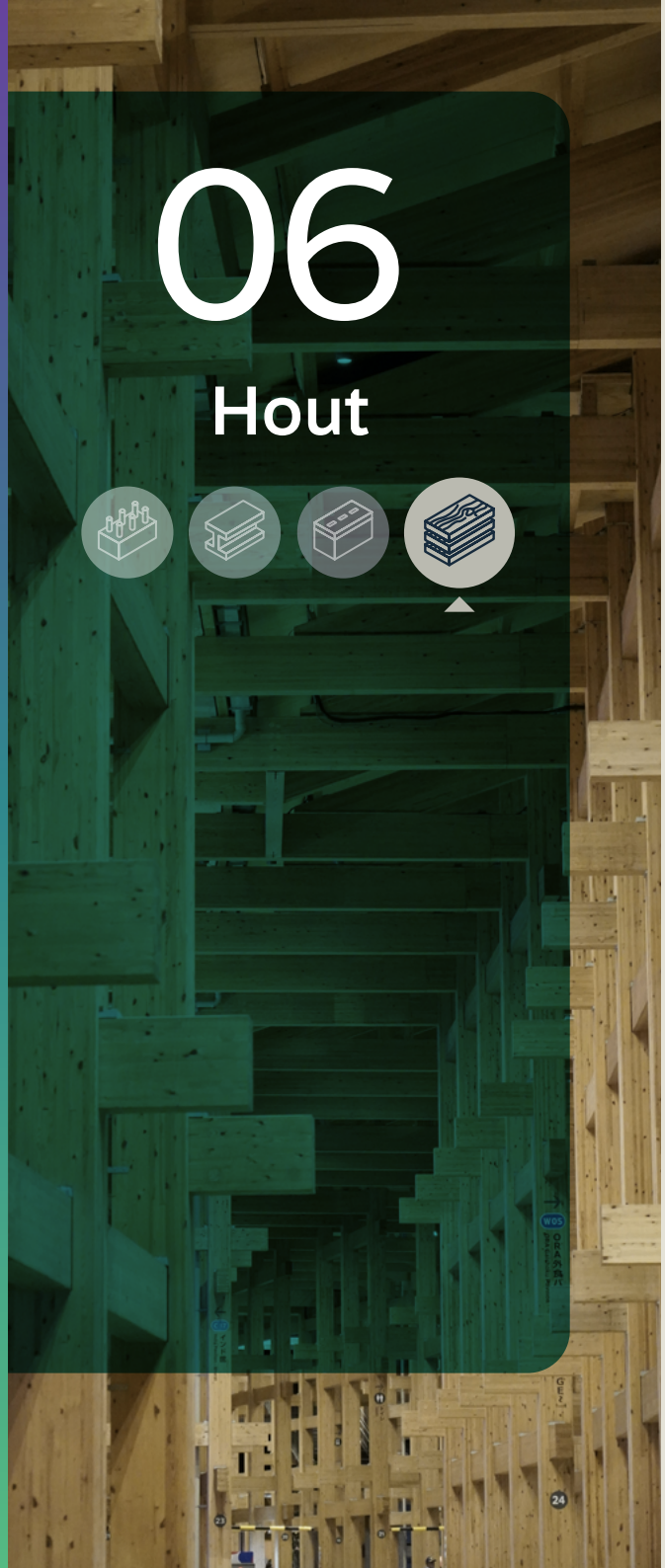
Toepassen van Warm-Mix-Asfalt (WMA), om zowel de klimaatimpact als de uitstoot van biochemische stoffen te verminderen.

Verlagen van hoeveelheid vocht in aggregaten, bijvoorbeeld met overkappingen over opgeslagen materialen, om gasverbruik voor het drogen te verlagen.

Implementeren van afvangtechnieken voor stikstof, fosfor en andere stoffen in productieprocessen, mogelijk in combinatie met Carbon Capture and Storage (CCS) als tijdelijke tussenoplossing.

Legenda

- **Preventief:** voorkomen van druk door minder gebruik van primaire grondstoffen
- **Mitigerend:** beperken van schade tijdens winning (of productie)
- **Herstel:** (deels) herstellen van ecologische waarde na winning



06 Hout

Samenvatting

Hout als bouwmateriaal is in opkomst. In dit rapport zijn de cijfers uit 2023 gebruikt – in dat jaar is in Nederland naar schatting 509 kton hout gebruikt voor de woning- en utiliteitsbouw (93%) en de GWW (7%). Ruim de helft (57%) bestaat uit gezaagd naaldhout. Andere toegepaste producten zijn vezelplaat, spaanplaat, timmerwerk en tropisch loofhout.

Ten opzichte van beton, staal en asfalt is de milieu-impact en CO_2-uitstoot van hout klein. Wel is voor houtproductie veel landoppervlak nodig. De lage milieu-impact op andere indicatoren komt doordat voor houtproductie relatief weinig energie nodig is. Daardoor worden er minder fossiele brandstoffen verbrand, wat de uitstoot van onder andere stikstof beperkt.

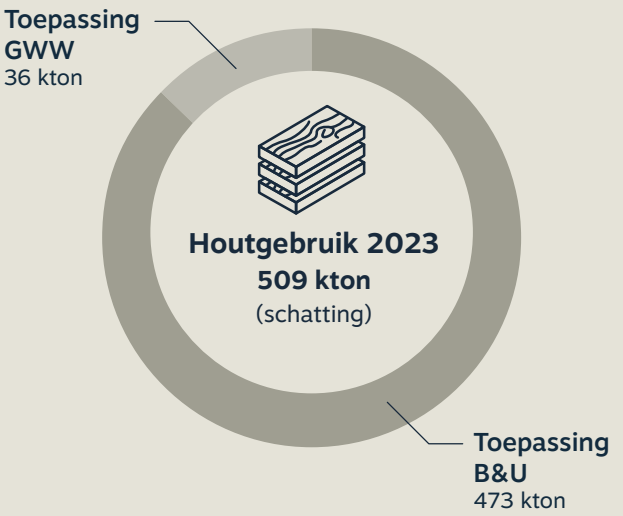
Het grootste deel van het hout voor de Nederlandse bouw komt uit Europa (82%). Veel van dit hout komt uit Duitsland, Zweden en België. Een klein deel komt uit Nederland (7%), vooral voor gebruik in OSB-platen.

Ruim de helft van het landgebruik voor houtproductie vindt plaats in gebieden met een hoge tot zeer hoge ecologische intactheid. Ruim een derde van dit landgebruik vindt plaats in gebieden met hoge tot zeer hoge risico's door het aantal bedreigde soorten. Wel is het grootste deel van het in Nederland toegepaste hout gecertificeerd, wat aangeeft dat de oogst op een verantwoorde manier heeft plaatsgevonden. Voor naaldhout is dit 84-91%, voor loofhout 66-70%.

De grootste natuurrisico's bij houtoogst vinden plaats in boreale naaldhoutbossen en tropische bossen. Bosbouw voor tropisch loofhout vindt plaats in gebieden met een zeer hoog natuurrisico (9%) en een hoog natuurrisico (14%) door de aanwezigheid van bedreigde soorten. Ook in de Europese boreale (noordelijke) bossen in Zweden en Finland staan ecosystemen onder druk.

De natuurrisico's van samengestelde houtproducten uit Centraal-Europese bossen zoals kruislaaghout (CLT) en gelamineerde liggers (*glulam*) lijken beperkt. In Duitse bossen zijn natuurrisico's door bedreigde soorten gemiddeld en is er sprake van een gemiddelde ecologische intactheid. Daarbij is er in Europa relatief strenge regelgeving voor houtoogst, waardoor natuurrisico's worden beperkt.

Bij opschaling van houtbouw is het essentieel om te blijven sturen op gebruik van gecertificeerd hout. Ondanks het hoge aandeel gecertificeerd hout is tegelijkertijd een deel van het in Nederland toegepaste hout niet gecertificeerd: dit varieert van 9% (plaatmateriaal) tot 15% (naaldhout), 30% (tropisch loofhout) en 36% (gematigd loofhout). Na de eerste toepassing is cascadering van belang: een zo hoogwaardig mogelijke volgende toepassing.



Grondstoffen & bouwmaterialen

De houtproducten in de Nederlandse bouw zijn onder te verdelen in *engineered wood products* (EWP - zoals *cross-laminated timber* (CLT)), gezaagd hout en plaatmateriaal. Voor plaatmateriaal kunnen houtsnippers ingezet worden, waardoor reststromen, takken en zaagverliezen gebruikt kunnen worden. Deze houtsnippers worden verwerkt en met bindmiddelen (lijm, harsen) samengeperst tot platen. Alleen voor balken en planken worden hele boomstammen gebruikt.

Er is steeds meer aandacht voor *Engineered Wood Products*, waaronder kruislaaghout (*cross-laminated timber*, CLT) en gelamineerde liggers (*glulam*). Deze massiefhout-constructies lenen zich goed voor gestapelde bouw vanaf drie verdiepingen.[91,92] In 2023 importeert Nederland ongeveer 64.000 m³ aan EWP's.[93] De precieze omvang en herkomst van deze volumes zijn lastig te bepalen, omdat bedrijven de nieuwe goederencodes voor gelamineerd hout nog onvoldoende hebben doorgevoerd. Wel is bekend dat de producenten van deze houtproducten zich in Europa bevinden[93]: voornamelijk in Oostenrijk (36%), Duitsland (36%), Zweden (7%) en Finland (7%).[94]



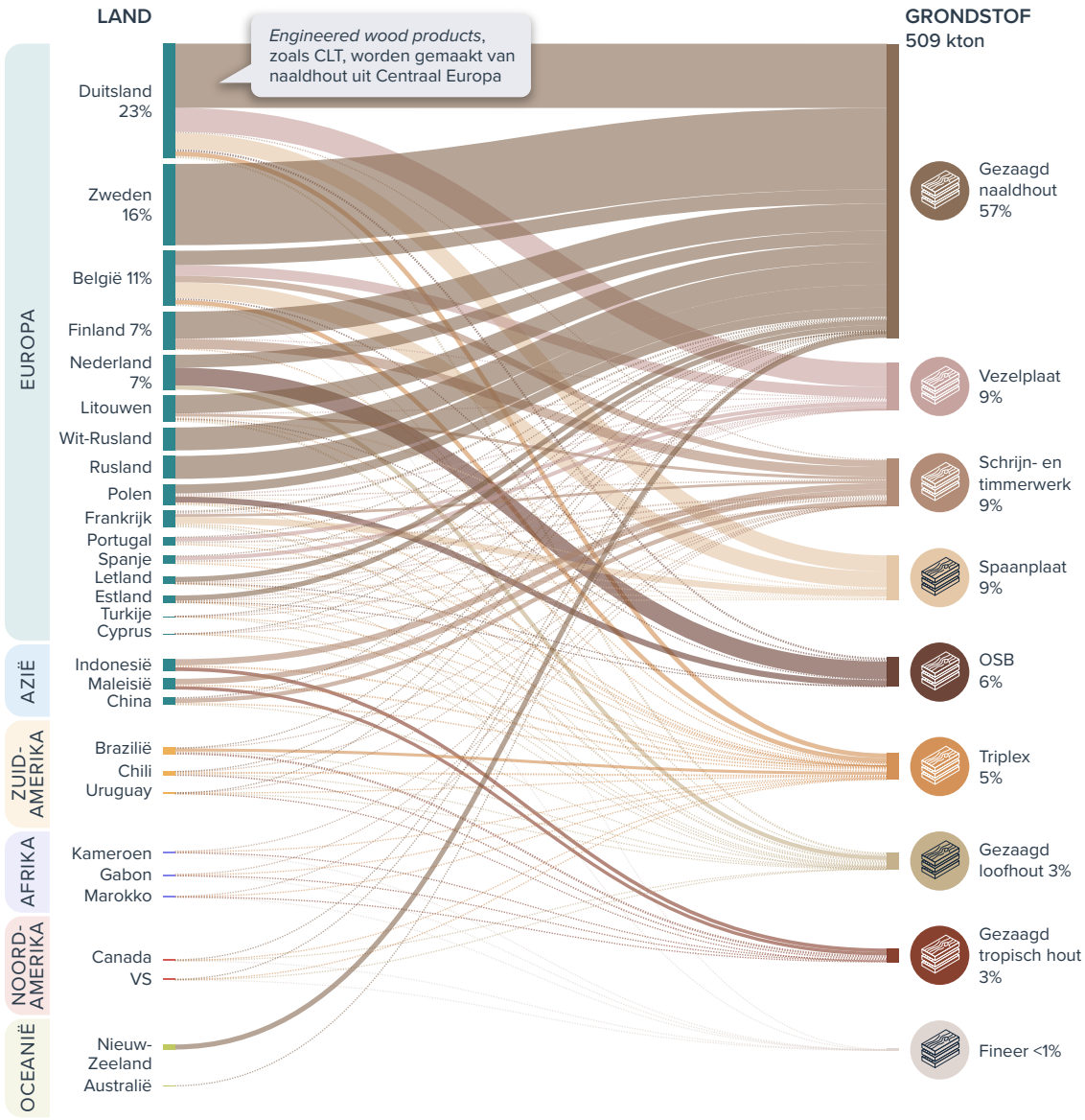
Figuur 24: *Productieketen van hout*

Herkomst grondstoffen

Volgens kennisinstituut Probos importeert Nederland in 2021 circa 4,5 miljoen m³ aan houtproducten die potentieel geschikt zijn voor de bouw. Het grootste deel van het geïmporteerde volume (82%) komt uit Europa. Vooral Zweden en Duitsland leveren veel gezaagd naaldhout en plaatmateriaal. Naast Duitsland produceert ook België veel plaatmateriaal.[97] Slechts zo'n 7% van het hout voor de bouw is van Nederlandse herkomst. Het grootste deel van het geïmporteerde hout (naar verwachting circa 85%)[98] is duurzaam geproduceerd hout. Duurzame productie wordt aangetoond met certificeringen, zoals FSC en PEFC. Dit is nader toegelicht bij *Certificering en natuurrisico's* (pagina 49).

Schatting volume hout voor de bouw

In dit onderzoek is uitgegaan van een houtgebruik door de bouwsector van zo'n 1 miljoen m³ in 2023. Tegelijkertijd rapporteert Probos dat Nederland in 2021 circa 4,5 miljoen m³ houtproducten importeert die potentieel geschikt zijn voor de bouw. Mogelijke verklaringen zijn het verschil tussen het referentiejaar 2021 en 2023, tussen aanbod en gebruik, en tussen een bottom-up en top-down methode. Het is aannemelijk dat het daadwerkelijk houtgebruik zich tussen beide waarden bevindt. In Bijlagen II, III en IV zijn de methode, aannames en resultaten uitgebreider toegelicht.



Figuur 25: *Herkomst en toepassingsgebied van hout in de Nederlandse bouw*

Milieu-impact in de keten

Klimaatverandering, verzuring en vermesting

Transport en productie zijn verantwoordelijk voor zo'n 87% van de totale impact (winning, transport, productie) op klimaatverandering van de geanalyseerde houtproducten, zo blijkt uit deze analyse. Deze uitstoot wordt voornamelijk veroorzaakt door de energievraag van het drogen en persen van houtproducten.

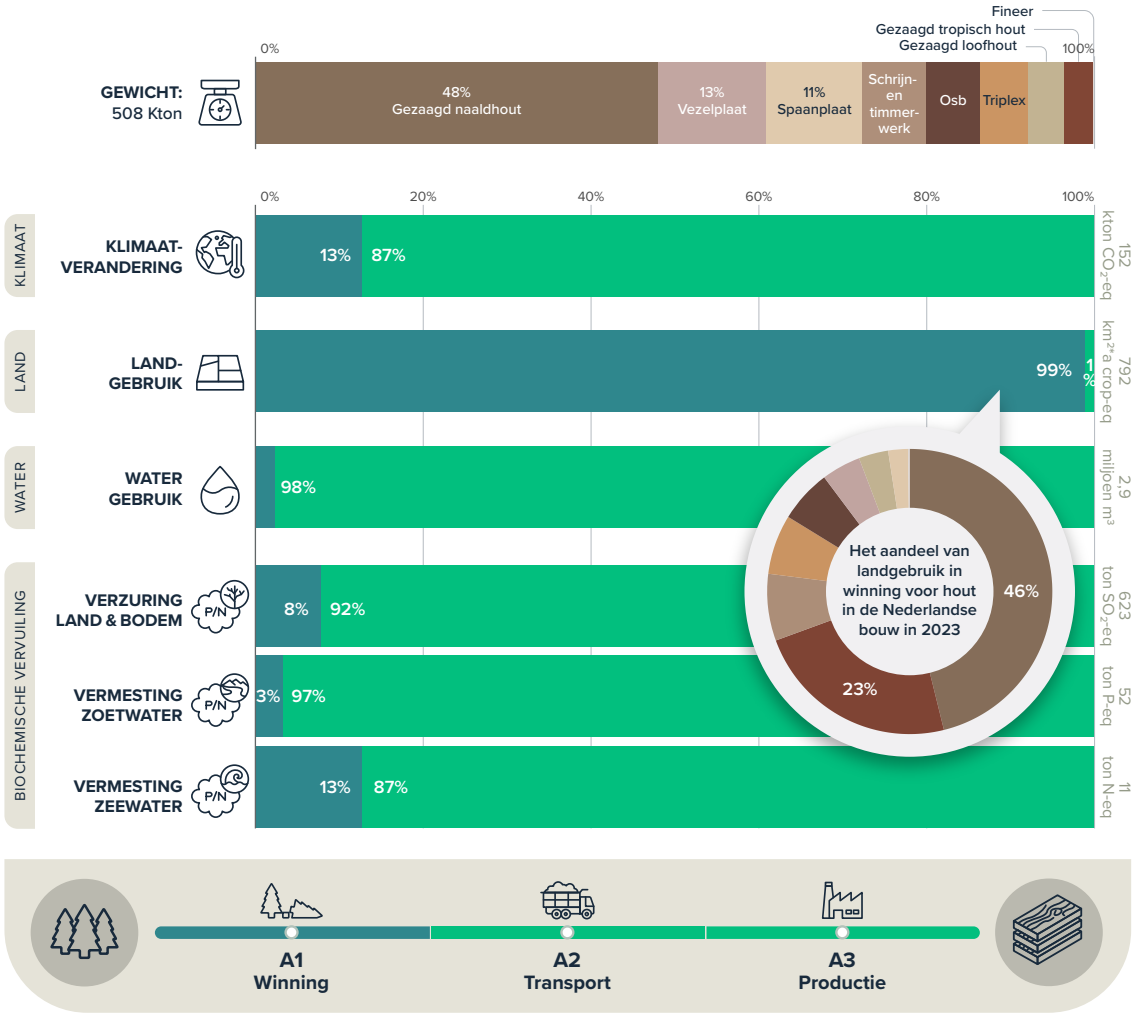
Ook zorgt houttransport voor uitstoot van CO_2 en stikstof. Internationaal transport is verantwoordelijk voor de grootste milieu-impact en gaat hoofdzakelijk met vrachtwagens (Europees hout) en internationale scheepvaart (tropisch hout).[28] Voor bodemverzuring en vermesting van het water levert naast energieverbruik (verbranding van fossiele brandstoffen) ook de productie van bindmiddelen (lijmen/waxen) een significante bijdrage, met name door ammoniakproductie.

Landgebruik

Bosbouw zorgt voor vrijwel alle landgebruik (99%) van de houtketen. Het ruimtebeslag van bosbouw hangt sterk samen met variabelen zoals de groeisnelheid van de bomen, de klimaatzone en de intensiteit van het bosbeheer. Voor de productie van plaatmateriaal is het landgebruik relatief beperkt, omdat dit grotendeels uit reststromen bestaat.

In duurzaam beheerd bos is meer ruimte nodig voor dezelfde hoeveelheid houtoogst. Daarmee ontstaat een dilemma: omdat duurzaam beheerde bossen meer ruimte nodig hebben, ontstaat op papier een grotere milieu-impact. Tegelijkertijd leveren juist die duurzaam beheerde bossen meer ecosysteemdiensten (zie Certificering).

Daarnaast legt tropisch loofhout een disproportioneel groot beslag op de ruimte ten opzichte van Europees loofhout. Voor elke m^3 duurzaam tropisch loofhout is ongeveer 240 m^2 grond nodig bij een rotatieduur – de tijd tussen aanplant en oogst – van 75 jaar.[99] Ter vergelijking: voor de productie van een m^3 duurzaam Europees eikenhout is slechts 12 m^2 nodig, hoewel de rotatieduur daar met 140 jaar aanzienlijk langer is.[100]



Figuur 26: Aandeel milieu-impact in winning, transport en productie voor hout in Nederlandse bouw (2023)

Leeswijzer

Deze figuur maakt het volgende zichtbaar:

- De **massaverdeling** van de soorten hout, ter referentie van de impact
- De **verhouding** tussen de milieu-impact als gevolg van winning (A1) in relatie tot transport (A2) + productie (A3)

Resultaten

- De **productiefase** is verantwoordelijk voor de grootste milieu-impact op klimaatverandering (87%), watergebruik (98%), bodemverzuring (92%) en vermesting van het water (97%).
- De **winning** (oogst) is vrijwel volledig verantwoordelijk voor het landgebruik (99%), doordat bossen ruimte nodig hebben om te groeien.

Staat van de natuur op winningslocaties

Hout voor de Nederlandse bouw komt uit verschillende landen. Gezaagd naaldhout komt voornamelijk uit Zweden en Duitsland, plaatmateriaal overwegend uit Duitsland en België en tropisch loofhout uit Indonesië, Maleisië en Brazilië.

In Europa hebben bossen in Zweden een hoge ecologische intactheid. In Duitsland en België is de ecologische intactheid laag door eeuwenlang intensief landgebruik. Mede door het intensieve landgebruik in West-Europa, is er rondom de bossen sprake van een zeer hoog risico door bestaande bodemverzuring.

In tropische bossen bestaat er een hoog tot zeer hoog risico door het aandeel bedreigde soorten. Daarnaast is de ecologische intactheid hoog tot zeer hoog. In Maleisië en Indonesië bestaat er een gemiddeld tot hoog risico door historische verandering van het landgebruik. Tussen 2000 en 2019 is namelijk in Maleisië 5% en Indonesië 7% van de bossen omgezet naar niet-natuurlijk landgebruik.

Legenda

NATUURRISICO'S

- Zeer hoog
- Hoog
- Gemiddeld
- Laag
- Zeer laag

MATERIALEN

- Fineer
- Gezaagd tropisch hout
- Gezaagd loofhout
- Schrijn- en timmerwerk
- Gezaagd naaldhout
- Triplex
- Osb
- Spaanplaat
- Vezelplaat

STAAT VAN HET MILIEU

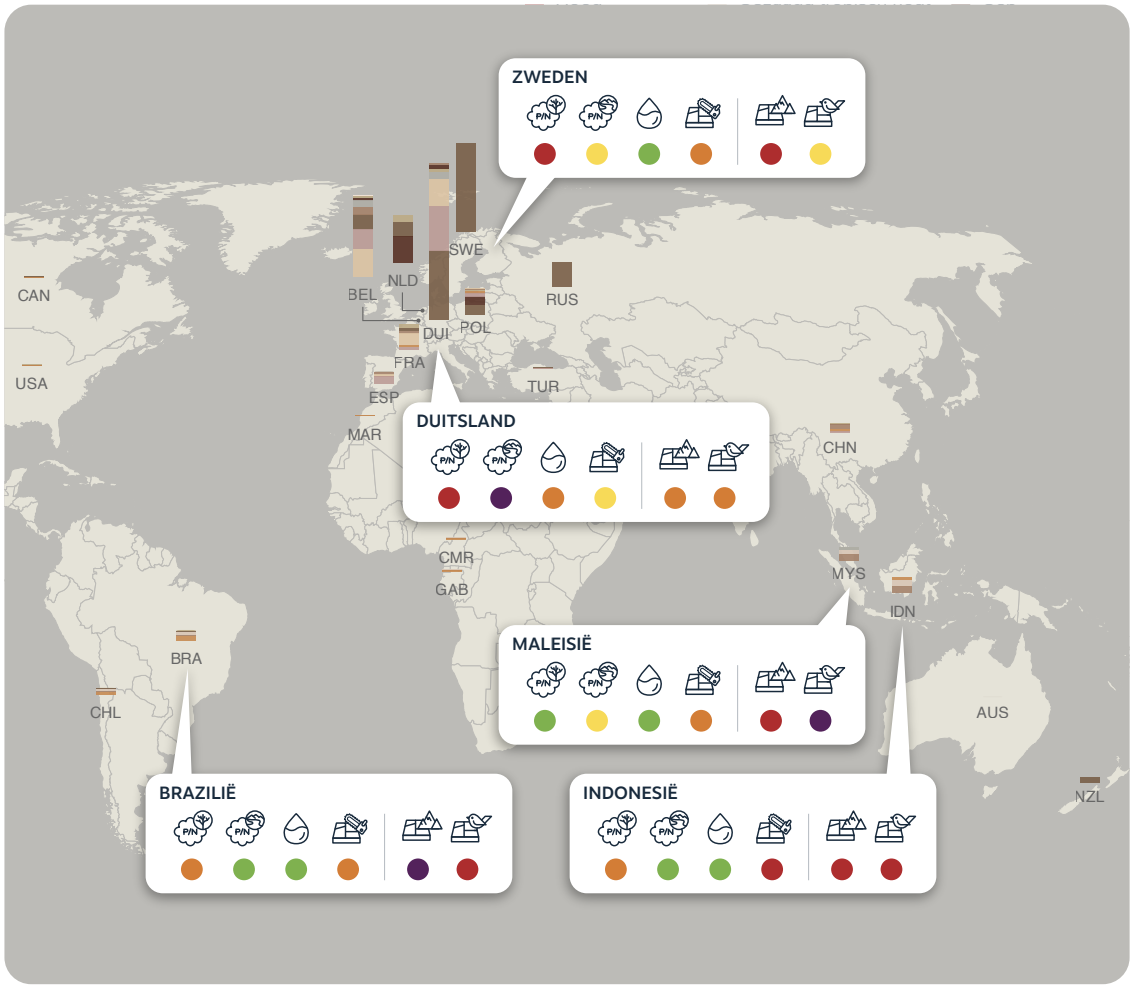
Natuurrisico's als gevolg van huidige milieu-impact

- Verzuring land & bodem
- Vermesting zoetwater
- Water-beschikbaarheid
- Verandering landgebruik

STAAT VAN DE BIODIVERSITEIT

Natuurrisico's door de huidige mate van biodiversiteit

- Ecologische intactheid
- Bedreigde soorten



Figuur 27: Staat van de natuur op bosbouwlocaties, uitgedrukt in de staat van het milieu (milieu-indicatoren) en staat van de biodiversiteit (biodiversiteitsindicatoren)

Leeswijzer

Deze figuur maakt het volgende zichtbaar:

- De **massaverdeling** van de grondstoffen en herkomst (staven)
- De **staat van de natuur** op bosbouwlocaties, uitgedrukt in **staat van het milieu** (milieu-indicatoren) en de **staat van de biodiversiteit** (biodiversiteitsindicatoren)

Belangrijkste natuurrisico's bij winning

Natuurrisico's landgebruik: Tropisch loofhout

Gezaagd tropisch loofhout is verantwoordelijk voor zo'n 23% van het landgebruik door bosbouw voor de Nederlandse bouw. Ongeveer één derde van dit landgebruik bevindt zich in een zeer hoog risico gebied en tweederde in een hoog risico gebied door de aanwezigheid van bedreigde soorten. Maleisië kent een zeer hoog risico door bijvoorbeeld de bedreigde Aziatische goudkat en de Honingbeer.[34] Ook is op deze locaties sprake van een hoge (71%) tot zeer hoge (29%) ecologische intactheid.

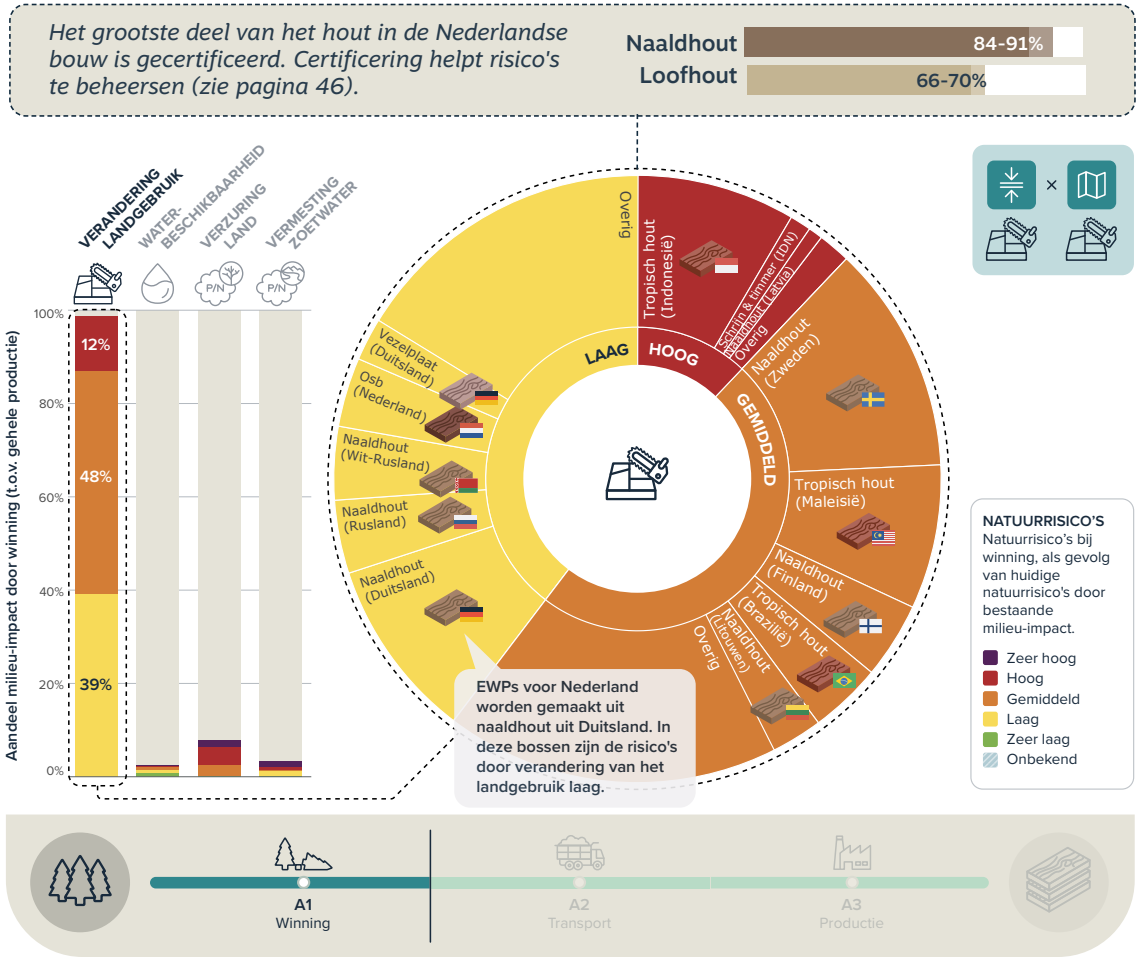
Daarnaast geldt dat zo'n 10% van het landgebruik door houtproductie plaatsvindt in Indonesië, met een hoog risico als gevolg van historische verandering van het landgebruik. In Indonesië is dit risico hoog, omdat 7% van de bossen is veranderd naar niet-natuurlijk land tussen 2000 en 2019. Deze historische verandering van landgebruik is onder andere het gevolg van boskap om plantages voor voedselproductie aan te leggen. Dit is een groot probleem in Indonesië en Maleisië.[101]

Wanneer deze natuurrisico's niet gemitigeerd worden, kan bosbouw grote gevolgen hebben op de natuur. De ecologische intactheid kan aangetast worden en bedreigde soorten kunnen uitsterven. Deze negatieve effecten komen vaker voor bij hout uit niet-gecertificeerde bosbouw: circa 34% van tropisch loofhout dat wordt geïmporteerd voor de Nederlandse bouw is niet gecertificeerd.[98] Natuurschade door bosbouw kan onder andere plaatsvinden door ontbossing en fragmentatie van de leefgebieden van lokale dieren.

Natuurrisico's landgebruik: Boreale bossen

De uitgestrekte naaldbossen in Zweden en Finland hebben een hoge ecologische intactheid (Figuur 29, p.48). Ook kwalificeert de analyse de historische verandering in landgebruik in deze regio als gemiddeld: tussen 2000 en 2019 is circa 4% van de bosgebieden in deze landen getransformeerd naar een niet-natuurlijke functie, zoals infrastructuur of landbouw. Daarentegen leeft er een relatief laag aantal bedreigde diersoorten in de Zweedse en Finse bossen (~70 plant- en diersoorten met een kwetsbare of hogere status).[34]

→



Figuur 28: *Milieu-impact en natuurrisico's bij grondstofwinning voor hout*

Leeswijzer

Het staafdiagram maakt het volgende zichtbaar:

- Het aandeel van de **milieu-impact** van winning relatief tot de hele productieketen
- De **natuurrisico's** voor het specifieke milieu-effect op de bosbouwlocaties

Het cirkeldiagram maakt het volgende zichtbaar:

- De **natuurrrisico's** door verandering van het landgebruik op bosbouwlocaties
- Uitsplitsing per **risicoklasse**, met daarbinnen uitsplitsing per land

Resultaten

- 12% van het **landgebruik door houtproductie** vindt plaats op winningslocaties met een hoog risico door historische verandering van het landgebruik. Dit is vooral tropisch loofhout.
- 39% van het **landgebruik door houtproductie** vindt plaats op locaties met een laag risico.

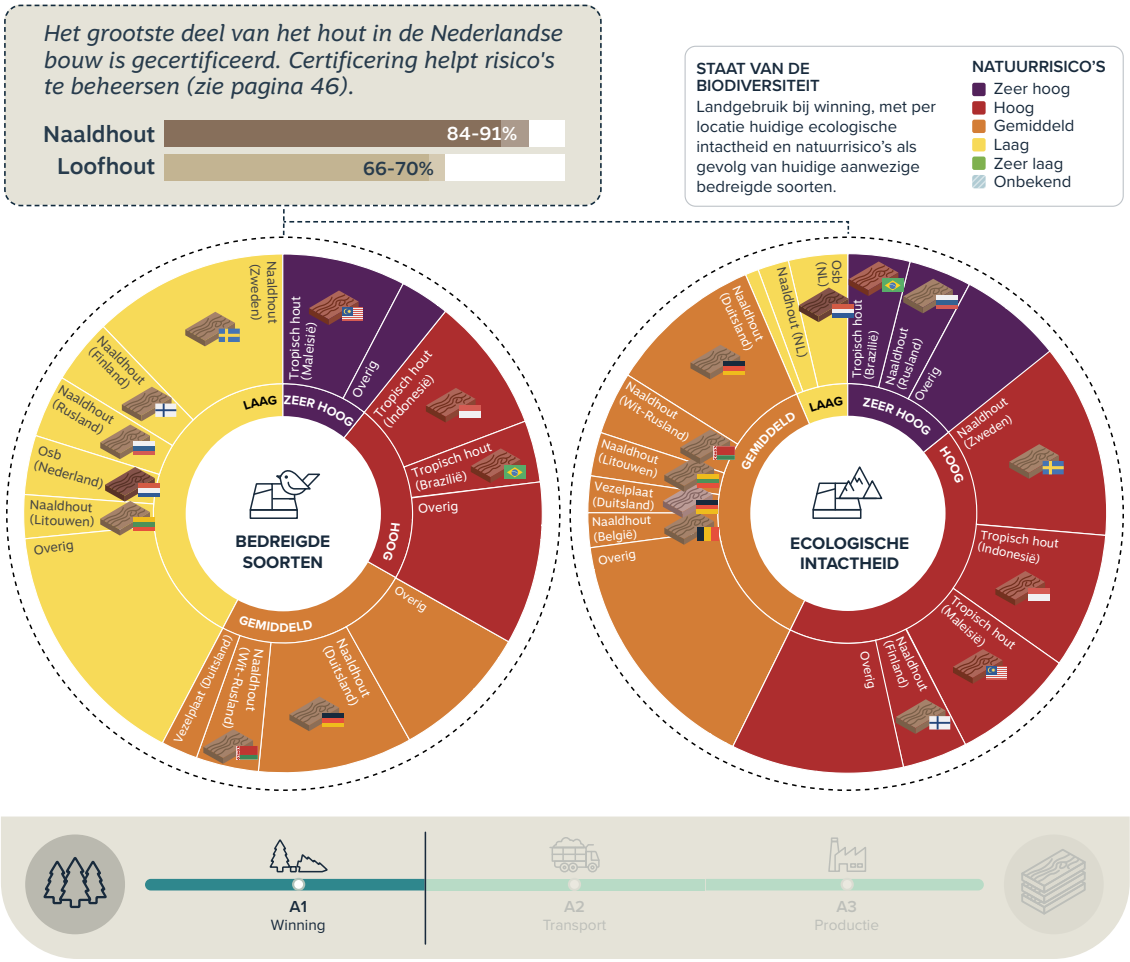
In de Europese boreale bossen staan de ecosystemen onder druk. Het aandeel zeer biodiverse bossen is de afgelopen eeuwen sterk verminderd.[102,103] In Zweden verkeren dertien van de vijftien boshabitattypen in een ongunstige conditie en worden circa 2.000 bosafhankelijke soorten momenteel in hun voortbestaan bedreigd.[104] Deze achteruitgang wordt aangejaagd door de kap van *old-growth forests* (oude, natuurlijke bossen van ten minste 120 jaar[105]), die plaats maken voor productiebossen met monocultuur. Daarnaast vindt houtoogst in de commerciële Zweedse bossen voor het overgrote deel (97%) plaats met kaalkap, waarbij alle bomen in een gebied gelijktijdig worden geoogst.[104] Hoewel dit efficiënt is voor houtproductie, creëert het een enorme druk op de resterende 'hotspots' van biodiversiteit. Wetenschappers waarschuwen dat de laatste onbeschermde *old-growth forests* in Zweden hierdoor binnen 50 jaar kunnen verdwijnen.[106]

Naast het verlies aan biodiversiteit heeft deze verschuiving grote gevolgen voor het klimaat. Recent onderzoek wijst uit dat onaangetaste, primaire bossen in de boreale zone tot wel 83% meer koolstof opslaan per hectare dan de aangeplante productiebossen.[107]

Natuurrisico's landgebruik: Gematigde Europese bossen

De productiebossen in de gematigde Europese regio kennen lagere risico's dan de boreale bossen. Het landgebruik voor gezaagd naaldhout uit Duitsland (10%) vindt plaats in bossen met een laag risico door historische verandering van het landgebruik. Het risico door bedreigde soorten is gemiddeld en er is sprake van een gemiddelde ecologische intactheid. Het landgebruik voor gezaagd naaldhout uit Nederland is beperkt (2%), met lage natuurrisico's door een beperkt aantal bedreigde soorten en relatief lage ecologische intactheid. *Engineered wood products* komen vooral uit Centraal-Europa.[91]

Mede door gericht beleid is het bosoppervlak in Centraal-Europa de afgelopen 30 jaar met 9% gegroeid en is de verandering in landgebruik (2,7%) is lager dan in Scandinavië.[92] De ecologische intactheid is echter wel laag en gemiddeld, terwijl deze in Zweden en Finland hoog is. De ecologische intactheid van deze Centraal-Europese bossen is namelijk al zeer laag door eeuwenlang intensief beheer.[103]



Figuur 29: Biodiversiteitsindicatoren op bosbouwlocaties

Leeswijzer

Deze figuur maakt het volgende zichtbaar voor landgebruik door grondstoffenwinning

- De hoeveelheid van de wereldwijde populatie van een bedreigde soort, die in een gebied leeft.
- De mate waarin een gebied **ecologisch intact** is, waarbij de samenstelling en functionaliteit van het ecosysteem niet is aangetast door menselijk handelen

Resultaten

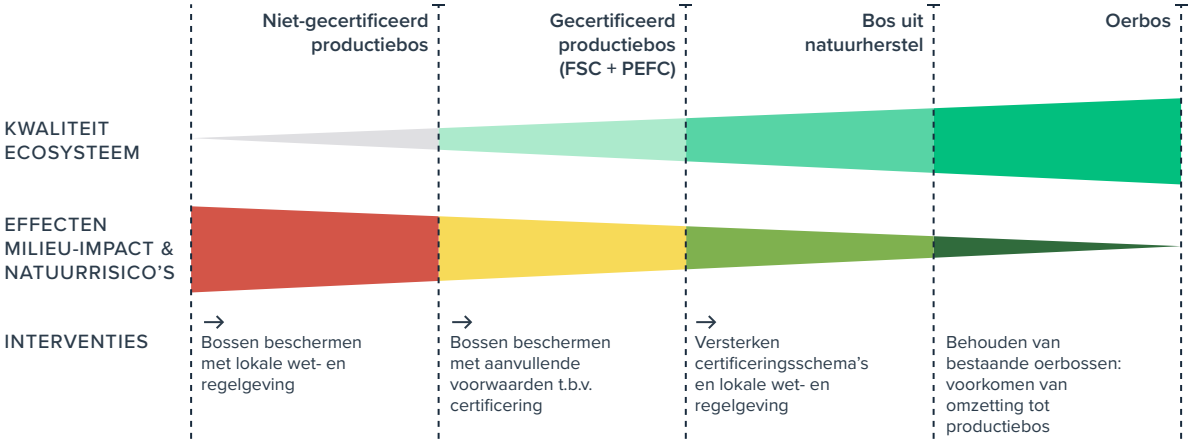
- 11% van het **landgebruik voor bosbouw** op locaties met een zeer hoog risico door het bestaande **aandeel bedreigde soorten**, en 22% op locaties met een hoog risico.
- 14% van het **landgebruik voor bosbouw** vindt plaats op winningslocaties met bestaande zeer hoge **ecologische intactheid**, en 43% op locaties met hoge ecologische intactheid.

Houtcertificering Nederlandse markt

Door verantwoord bosbeheer kunnen negatieve effecten op de natuur worden beheerst. Gecertificeerd hout leidt tot lagere risico's en kan er zelfs een positieve bijdrage leveren aan het ecosysteem.[108] Certificering voorkomt schadelijke economische activiteiten zoals illegale houtkap, stroperij of ontbossing ten behoeve van landbouw.

In de Nederlandse bouwsector is gecertificeerd hout inmiddels de norm. Wel variëren de percentages per productgroep. Voor naaldhout en plaatmateriaal ligt het aandeel tussen de 84% en 91%. Tegelijkertijd blijft loofhout achter: in 2023 is 70% van het tropisch loofhout en 66% van het gematigd loofhout aantoonbaar duurzaam geproduceerd. Binnen het aanbod van gecertificeerd hout heeft FSC het grootste marktaandeel (61,5%), gevolgd door PEFC (38,2%) en STIP (0,3%).[98]

Er bestaat een directe relatie tussen het type beheer en de kwaliteit van het ecosysteem. Certificering helpt de ecologische waarde van het bos te behouden of te verbeteren. Wanneer bossen uitsluitend worden beheerd voor maximale houtopbrengst - zonder de waarborgen van certificering - wordt er vaak minimale aandacht besteed aan vitale ecosysteemfuncties en nemen de biodiversiteit en veerkracht af.[109,110] De belangrijkste maatregel om de natuurrisico's verder te verlagen, is het verhogen van het aandeel gecertificeerd hout naar 100%.



Figuur 30: *Samenhang tussen kwaliteit van het ecosysteem, natuurrisico's en interventies*

Achtergrond: certificering

Verantwoord bosbeheer vermindert de negatieve natuureffecten van houtwinning. Dat komt door specifieke maatregelen:

- ***Reduced-Impact Logging* (RIL):** een kapmethode die schade aan de bodem en omliggende vegetatie minimaliseert.[112]
- **Behoud van habitatstructuren:** bescherming van oeverzones en behoud van 'overstroombomen' of oude nestbomen.
- **Ecologische verbindingszones:** aanleg van corridors om versnippering van leefgebieden tegen te gaan en populaties te beschermen.[113]
- **Beperking van chemicaliën:** strikt toezicht op en reductie van gebruik van pesticiden in bosbeheer.[114]

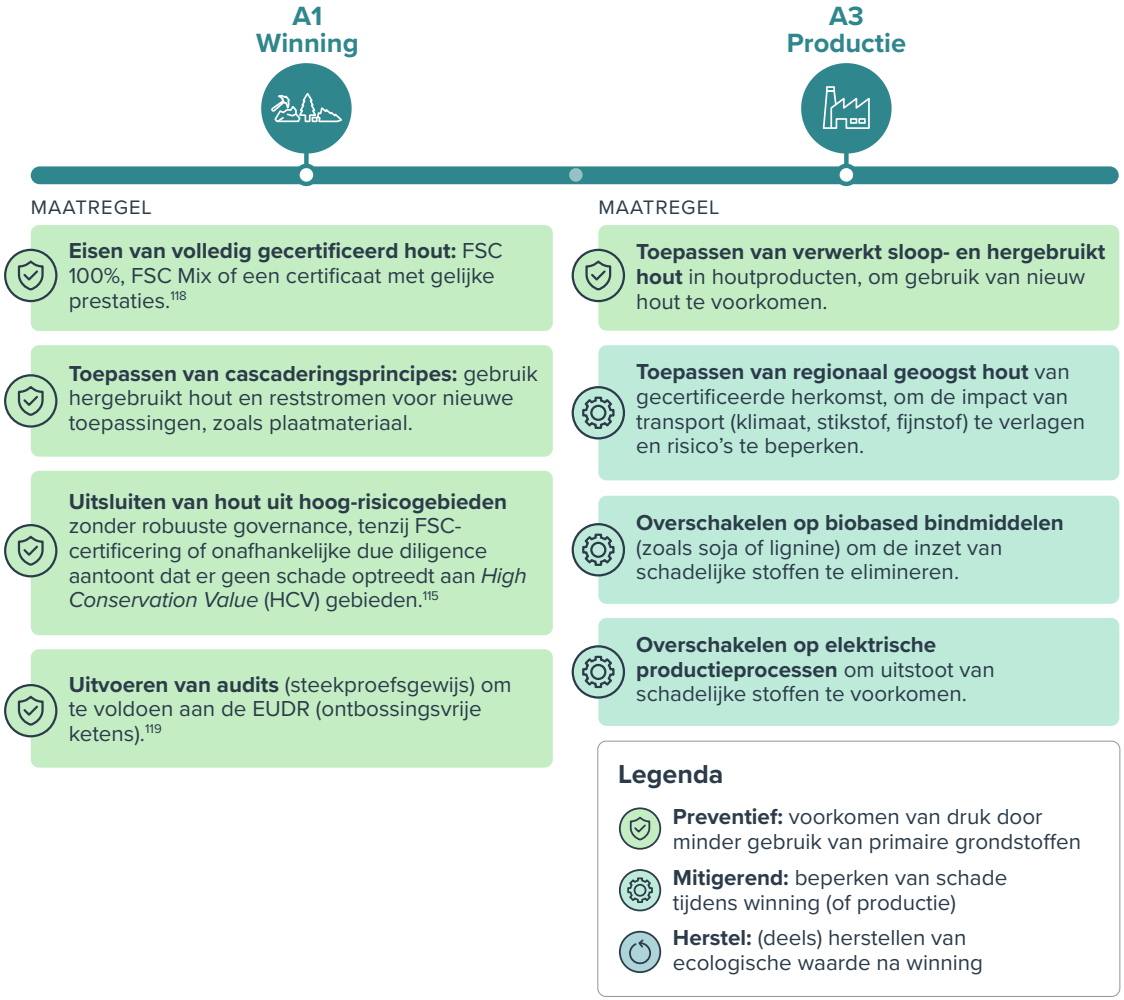
De toegevoegde waarde van certificering is in tropische gebieden vaak groter dan in Europa. Dit komt doordat de wettelijke basisstandaard in de EU al relatief hoog is als gevolg van de Natura 2000-richtlijn.[115]

Naast het verminderen van negatieve effecten draagt certificering ook bij aan het waarborgen van de biodiversiteit en actieve koolstofopslag in bossen. Zo laten satellietgegevens in het Maya Biosphere Reserve (Guatemala) zien dat de ontbossingsgraad binnen FSC-gecertificeerde concessies lager ligt dan in de omliggende, officieel beschermde natuurparken.[116] In het Congobekken worden maatregelen genomen om stroperij te verminderen, waardoor populaties van bedreigde diersoorten (o.a. bosolifanten en gorilla's) tot 2,7 keer hoger zijn dan in niet-gecertificeerde bossen.[117]

Maatregelen:
Verlagen milieu-impact en natuurrisico's

De milieu-impact van hout is klein in vergelijking met de andere materialen. De risico's die er zijn, ontstaan bij de milieu-impact van productieprocessen en landgebruik door bosbouw. De belangrijkste stap is minder primair materiaal: cascadering zorgt ervoor dat hout zo lang mogelijk hoogwaardig wordt toegepast, waardoor minder nieuw hout nodig is.

Waar hout wordt gebruikt als vervanger van CO_2-intensieve bouwmaterialen als beton en staal, bepaalt de herkomst het risico. Gebruik van gecertificeerd hout is daarvoor essentieel. Een groot deel van het in Nederland gebruikte hout is gecertificeerd. Tegelijkertijd is 9% tot 36% van het hout voor de Nederlandse bouw dat nog niet, afhankelijk van het producttype. Certificering borgt verantwoord bosbeheer en verlaagt de natuurrisico's, zeker bij tropisch loofhout en gematigd loofhout waar de risico's het grootst zijn.

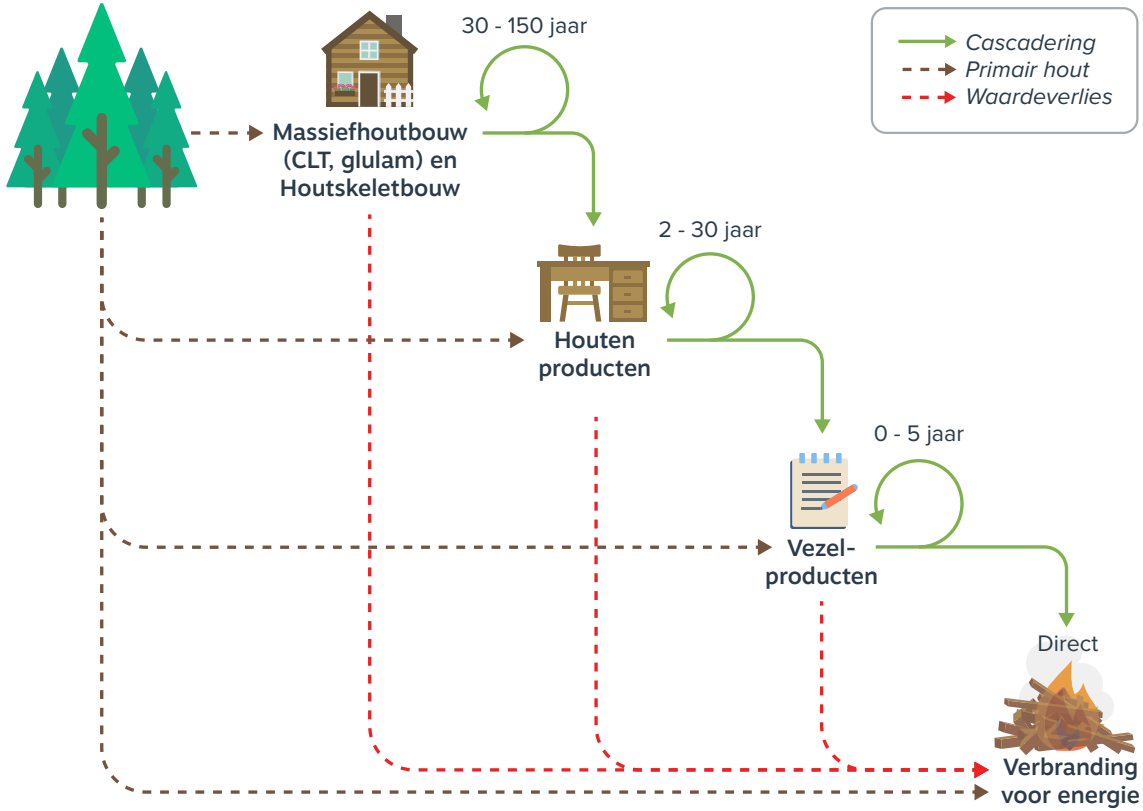


Hoogwaardig hergebruik: cascadering

Om onnodige vraag naar nieuw hout te voorkomen, is cascadering van belang. Het doel van cascadering is om hout zo lang mogelijk in een zo hoogwaardig mogelijke functie in te zetten. Deze cascadering draagt daarbij ook bij aan CO_2-opslag. Daarbij wordt hout na een specifieke functie zo hoogwaardig mogelijk opnieuw ingezet. Van hoog- naar laagwaardig zijn er vier functies:

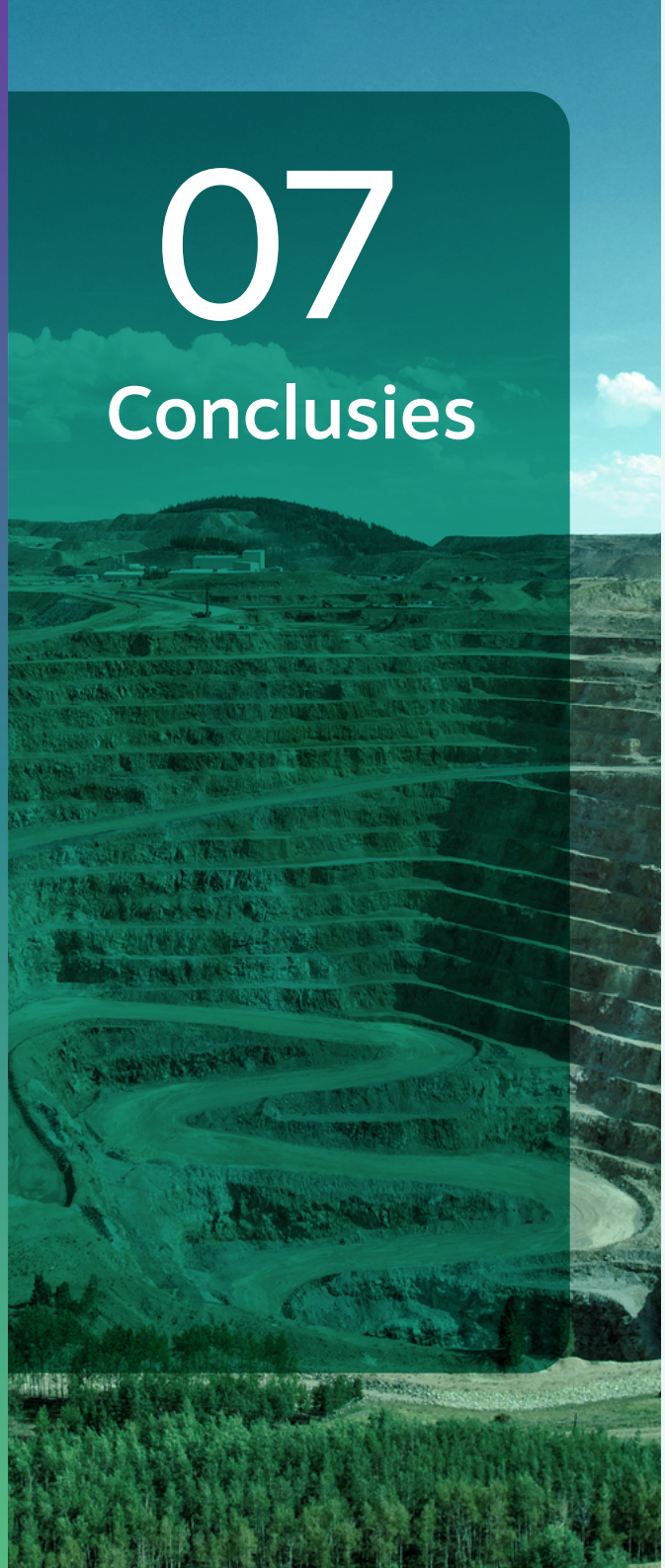
- **Massiefhout-toepassingen**, waaronder kruislaaghout en gelamineerde liggers in gebouwen
- **Houtproducten**, waaronder meubels en kasten
- **Vezelproducten,** waaronder papier en karton
- **Energieterugwinning** na verbranding

De potentie van cascadering is groot. Jaarlijks komt er in Nederland zo'n 280 kton hout vrij uit de bouw.[17] Theoretisch kan dit vrijkomende hout 55% van de totale huidige vraag naar hout dekken. Tegelijkertijd wordt momenteel slechts 8% van het Europese hout hoogwaardig toegepast voor langdurige koolstofopslag (>35 jaar).[120] Veel hout eindigt voortijdig als biobrandstof of papierpulp.



Figuur 31: Cascadering van hout, gebaseerd op Höglmeier (2015)[121]

07 Conclusies



Het winnen en produceren van bouwmaterialen zorgt voor milieu-impact en risico's voor de natuur. De omvang van deze risico's hangt onder meer af van de grondstof, de locatie van winning en de staat van de natuur op deze locatie. Dit hoofdstuk beschrijft de conclusies die volgen uit de analyse van beton, staal, asfalt en hout.

Het winnen en produceren van bouwmaterialen leidt altijd tot milieu-impact en risico's voor de natuur. De impacts verschillen echter sterk per materiaal, per grondstof en per locatie.

Uit de analyses van beton, staal, asfalt en hout zijn zes conclusies te trekken:

1. De grootste milieu-impact van bouwmaterialen ontstaat in de productiefase
2. Winning en verbranding van fossiele brandstoffen is verantwoordelijk voor de grootste milieu-impact
3. Inzicht in productieketens en herkomst is nodig voor bepalen natuurrisico's
4. Abiotische grondstoffen hebben een ander milieuprofiel dan biotische grondstoffen
5. Abiotische grondstoffen vragen om andere maatregelen dan biotische grondstoffen
6. Ontwerpen en bouwen met minder materiaal is de belangrijkste stap

Deze conclusies helpen de bouwketen om vanuit een breder perspectief te sturen op de toepassing van bouwmaterialen. Hoofdstuk 8 geeft aan welke sectorbrede sturing nodig is om de milieu-impact en de bijbehorende natuurrisico's te verlagen.

> **Deze conclusies helpen de bouwketen om vanuit een breder perspectief te sturen.**

1

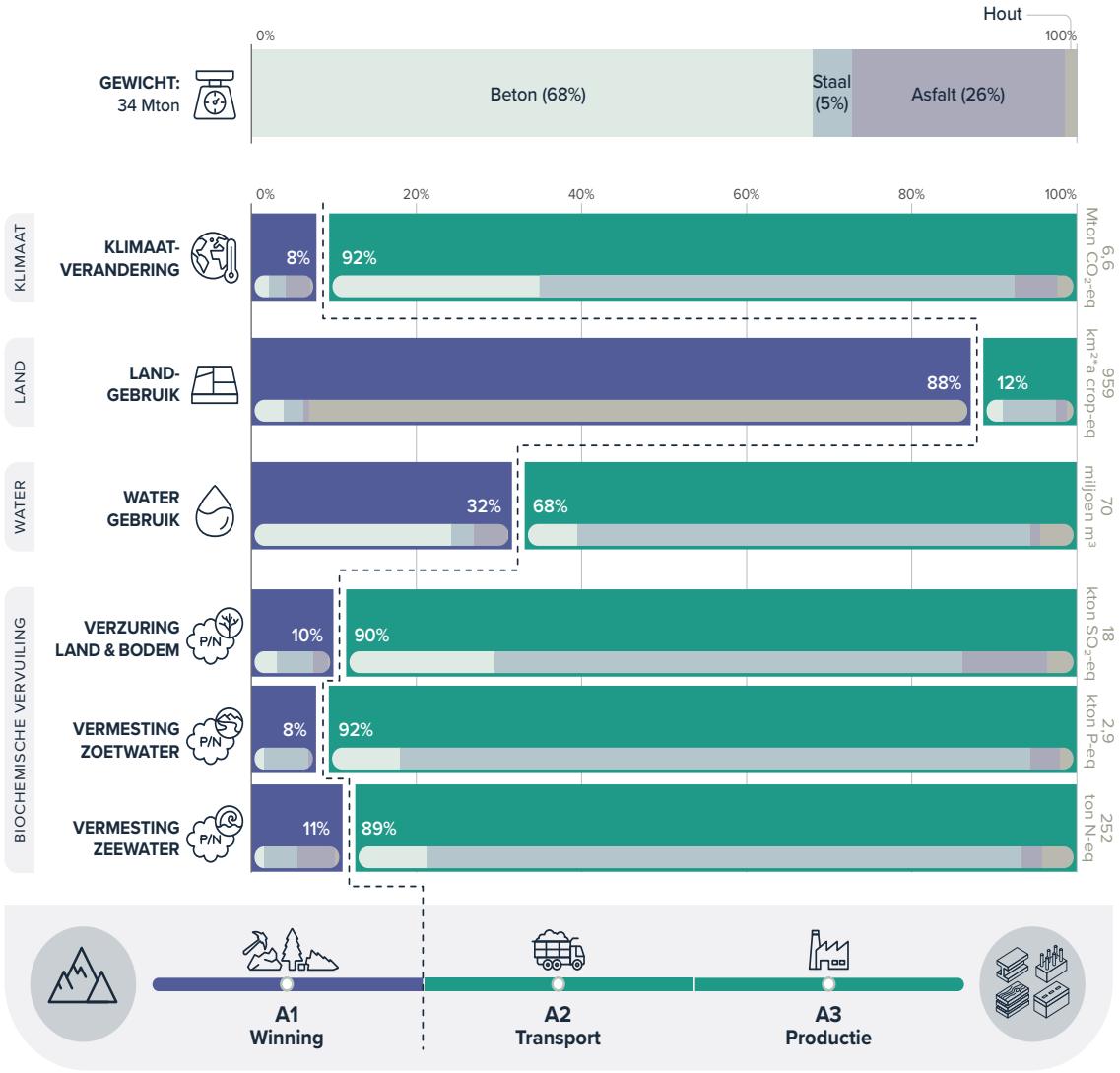
De grootste milieu-impact van bouwmaterialen ontstaat in de productiefase

De grootste milieu-impact van bouwmaterialen ontstaat bij de productie, niet bij de winning van grondstoffen. Voor veel materialen en milieu-effecten is de impact van de productie zelfs groter dan 80%, als aandeel van de totale impact van winning + productie. Figuur 32 laat de totale milieu-impact zien van de productieketens voor beton, staal, asfalt en hout dat in 2023 is gebruikt in de Nederlandse bouw.

De grote impact van de productiefase lijkt met name een gevolg van het gebruik van fossiele brandstoffen (zie conclusie #2). De rol van de transportfase (A2) is voor vrijwel alle materialen zeer beperkt: deze is voor de eenvoud van de analyse meegenomen als onderdeel van de productie (A3).

Ondanks dat de productiefase over het algemeen een grotere milieu-impact heeft, zijn er twee aspecten waar ook de winning van grondstoffen een relatief grote impact heeft:

- Op **landgebruik** heeft hout veel invloed, simpelweg omdat voor bosbouw veel landoppervlak nodig is. Dit effect vertaalt zich echter niet noodzakelijk naar milieu-impact, wanneer oogst verantwoord plaatsvindt.
- Bij **watergebruik** heeft vooral de winning van zand en grind voor beton en asfalt veel impact.



Figuur 32: *Totale milieu-impact als gevolg van winning en productie van beton, staal, asfalt en hout voor de Nederlandse bouw (2023)*

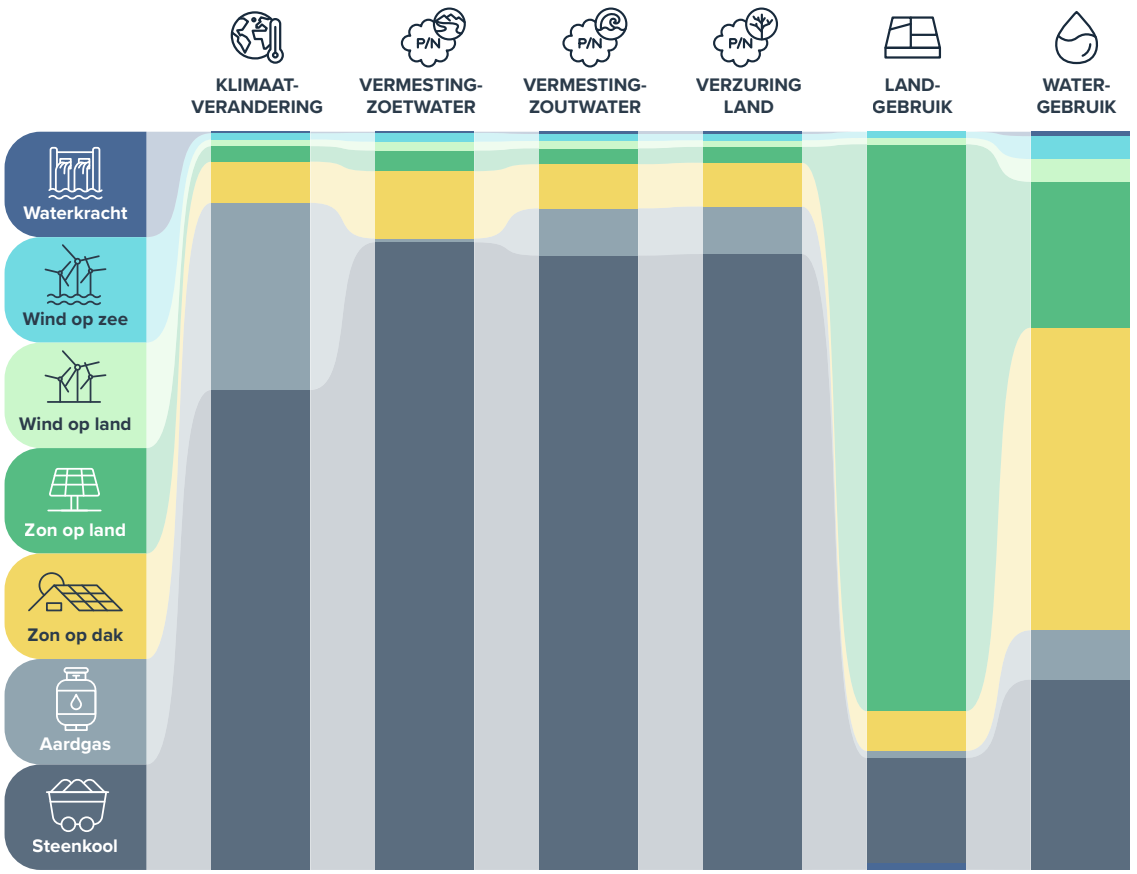
2

Winning en verbranding van fossiele brandstoffen is verantwoordelijk voor de grootste milieu-impact

Een belangrijk deel van de totale milieu-impact van materiaalproductie is het gevolg van energieverbruik bij de productie. Deze energie wordt op dit moment voornamelijk geproduceerd door verbranding van fossiele brandstoffen. Dit veroorzaakt niet alleen klimaatverandering door een hoge CO_2-uitstoot, maar leidt bijvoorbeeld ook tot verzuring van grond en water door de uitstoot van zwaveldioxide. Daarnaast heeft de winning van fossiele brandstoffen vaak een groot effect op vermesting, land- en watergebruik. De locaties van winning en verbranding zijn in dit onderzoek niet in kaart gebracht.

Een transitie van fossiele energie naar duurzame energieproductie heeft positieve invloed op de meeste milieu-effecten. Figuur 33 toont de relatieve bijdrage per energiebron aan de verschillende milieueffecten voor het opwekken van 1 kWh elektriciteit.[122] Elektriciteitsproductie met steenkool - en in mindere mate aardgas - levert aan vrijwel alle milieueffecten de grootste bijdrage. Een snelle energietransitie naar een CO_2-arme productie helpt dus om de druk op natuur en ecosystemen structureel te verminderen.

Tegelijkertijd leiden ook duurzame energietechnologieën tot milieu-impact, die kan leiden tot natuurrisico's. Zo hebben zonnepanelen per opgewekte kWh een hogere impact op landgebruik en watergebruik. Voor zon-op-land is het landgebruik hoog door de benodigde ruimte om de panelen te plaatsen. Ook is er relatief veel water nodig voor de productie van zonnepanelen. Andere milieu-effecten zijn grotendeels het gevolg van energie-intensieve productie van silicium (voor het paneel), aluminium en staal (voor het frame), waar nog steeds fossiele energie voor wordt gebruikt.[123]



Figuur 33: *Verhouding van de milieu-impact van verschillende energiebronnen, bij de productie van één kWh elektriciteit*

3

Inzicht in productieketens en herkomst is nodig voor bepalen natuurrisico's

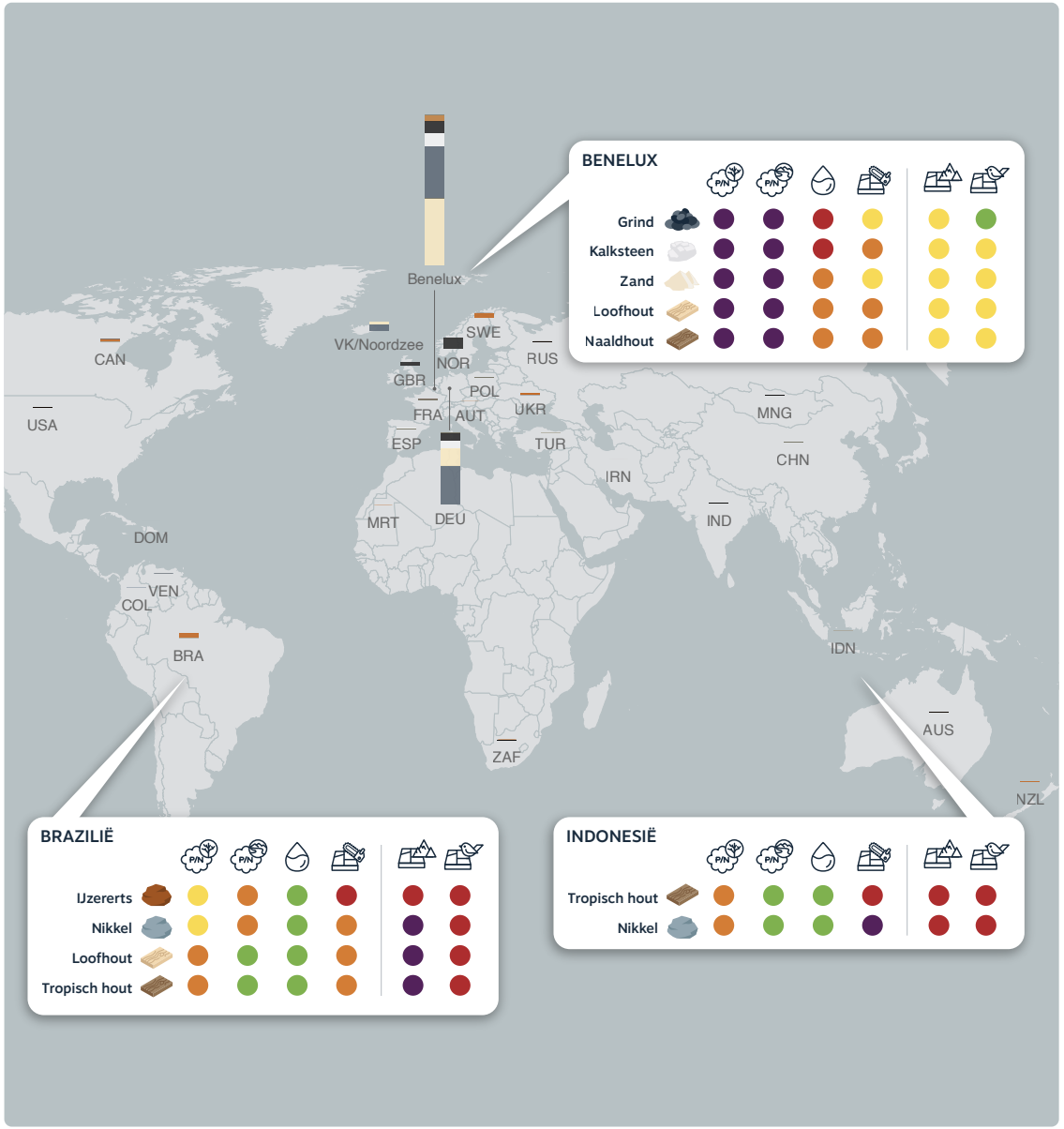
Grondstoffen voor bouwproducten worden wereldwijd gewonnen. De mate waarin er bij die winning natuurrisico's spelen, verschilt sterk tussen geografische locaties. Waar er in Nederland hoge natuurrisico's bestaan door biochemische vervuiling zoals stikstof, huisvesten tropische bossen juist veel verschillende plant- en diersoorten.

Ondanks dat een aantal materialen wereldwijde toeleveringsketens hebben, wordt een groot deel van de grondstoffen voor de Nederlandse bouw - uitgedrukt in massa - gewonnen in Nederland en haar buurlanden. Tegelijkertijd worden er ook materialen buiten Europa gewonnen, waaronder ijzererts en hout. Om de natuurrisico's te kunnen bepalen, is dan ook inzicht nodig in de productieketens en herkomst.

In **Noord-West Europa** worden voornamelijk grondstoffen gewonnen voor beton, asfalt en houtproducten. De belangrijkste natuurrisico's hierbij zijn het gevolg van biochemische vervuiling, zoals stikstof en fosfor. Omdat de veilige grenswaarden reeds overschreden zijn, leidt extra stikstofuitstoot daar direct tot natuurrisico's.Ook zijn er hoge risico's rondom watergebruik bij winning van zand en grind, voornamelijk in Nederland, België en Duitsland.

In **Zuid-Amerika** en **Azië** worden voornamelijk grondstoffen gewonnen voor staal (ijzererts, nikkel) en houtproducten (tropisch loofhout). Hierbij ontstaan voornamelijk hoge natuurrisico's door de hoge mate van bedreigde soorten en ecologische intactheid.





Figuur 34: *Voorbeelden van natuurrisico's bij grondstofwinning voor de Nederlandse bouw*

4

Abiotische grondstoffen hebben een ander milieuprofiel dan biotische grondstoffen

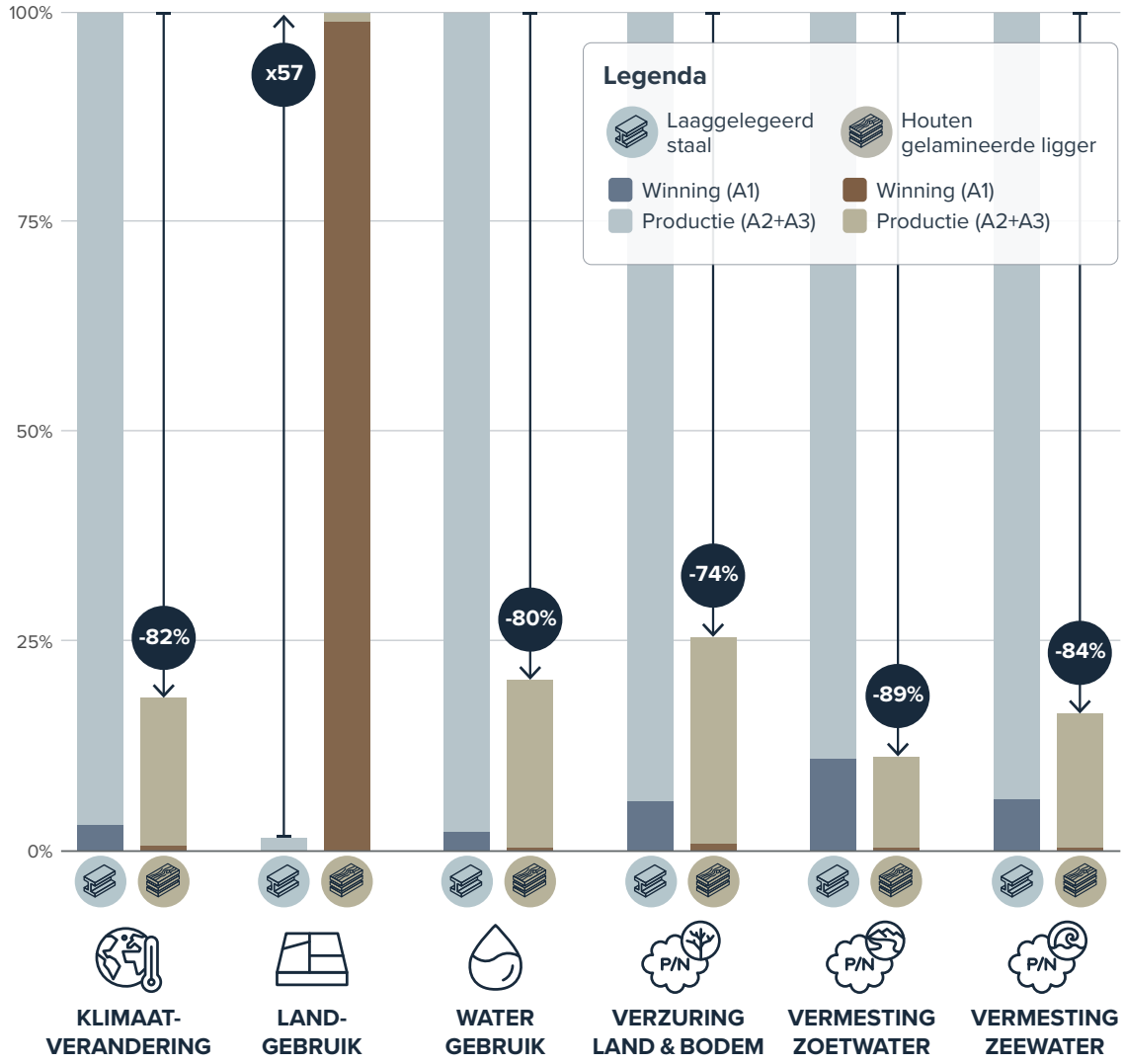
Elke keuze in bouwmateriaal brengt afwegingen met zich mee. Winst op klimaatverandering of biochemische vervuiling kan leiden tot meer impact op water- of landgebruik. Inzicht in deze specifieke risico's is van belang om te voorkomen dat een lagere milieu-impact op één aspect leidt tot een ongewenste verhoging van de milieu-impact op een ander aspect.

Ter illustratie is een vergelijking gemaakt tussen een stalen ligger (abiotisch) en een gelamineerde houten ligger (biotisch): zie het voorbeeld. De gelamineerde ligger (*glulam*) scoort op vrijwel alle milieu-indicatoren 75-90% beter dan staal. Wel is voor de groei van hout voor deze gelamineerde ligger meer land (bos) nodig.

Voor de productie van een stalen ligger zijn steenkool en nikkel essentieel. Bij winning van beide grondstoffen zijn er hoge natuurrisico's: de winning van steenkool in bijvoorbeeld Polen vormt een hoog risico voor de zoetwaterkwaliteit en de ecologische intactheid door biochemische vervuiling. Ook is in absolute omvang de milieu-impact van de productie- en transportfase bij staal verreweg het grootst.

De gelamineerde ligger is gemaakt van naaldhout. Dit hout komt waarschijnlijk voor het grootste deel uit Centraal-Europese bossen. Ondanks dat de totale milieu-impact van hout veel lager is, zijn er ook bij bosbouw natuurrisico's: een laag risico door historische verandering in landgebruik en een hoog risico voor verzuring van land en bodem.

De sturing op de mileu-impact vormt een goede basis om een afweging te maken. Tegelijkertijd is aanvullende sturing op een verantwoorde herkomst noodzakelijk wanneer er bij de winning hoge natuurrisico's plaatsvinden.



Gelamineerde ligger (116,6 kg) vs laaggelegeerd staal (99 kg) voor draagconstructie o.b.v. gemiddelde importmix van materialen

Figuur 35: *Milieu-impact: gelamineerde ligger versus stalen balk*

5

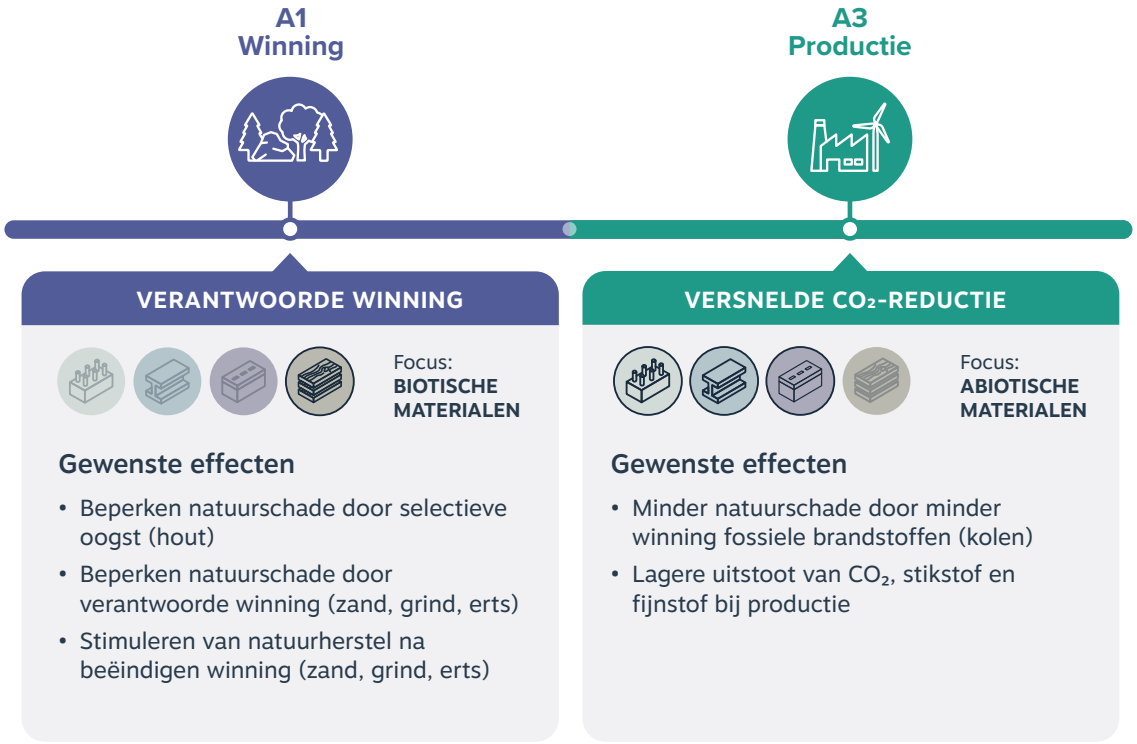
Abiotische grondstoffen vragen om andere maatregelen dan biotische grondstoffen

De milieu-effecten verschillen sterk tussen de abiotische grondstoffen (beton, staal, asfalt) en de biotische grondstoffen (hout). Waar de abiotische grondstoffen vaak energie-intensieve productieprocessen nodig hebben om geproduceerd te kunnen worden, hebben biotische grondstoffen veel land nodig om te kunnen groeien.

Voor abiotische grondstoffen is de milieu-impact als gevolg van de productie vaak hoger dan de milieu-impact als gevolg van grondstofwinning (zie conclusie #1). Als gevolg van die hogere impact ontstaat in veel gevallen ook meer druk op de natuur bij productielocaties dan bij winning. Het sturen op minder milieu-impact in de productieketen is daarom abiotische materialen een impactvolle stap, ook om de natuurrisico's te verlagen.

Bij productieprocessen komt CO_2 vrij door lokale verbranding van kolen of gas. Veel van de fijnstof-, stikstof- en forsforuitstoot hangen samen met deze CO_2-uitstoot. Een sturing op CO_2-reductie leidt daarom voor deze materialen vaak ook tot een sturing op minder andere milieu-impact. Daarmee worden ook de natuurrisico's verlaagd.

Voor biotische producten, die een veel lagere impact hebben in hun productieproces, is het vooral van belang om de natuurrisico's bij de winning te beperken. Certificering is hier een goede eerste stap voor, zoals ook toegelicht in Hoofdstuk 6. Het beperken van deze natuurrisico's speelt ook bij de grondstoffen van andere materialen, alleen is daar in de productiefase meer te winnen.



Figuur 36: *Belangrijkste inzet voor abiotische en biotische materialen*

6

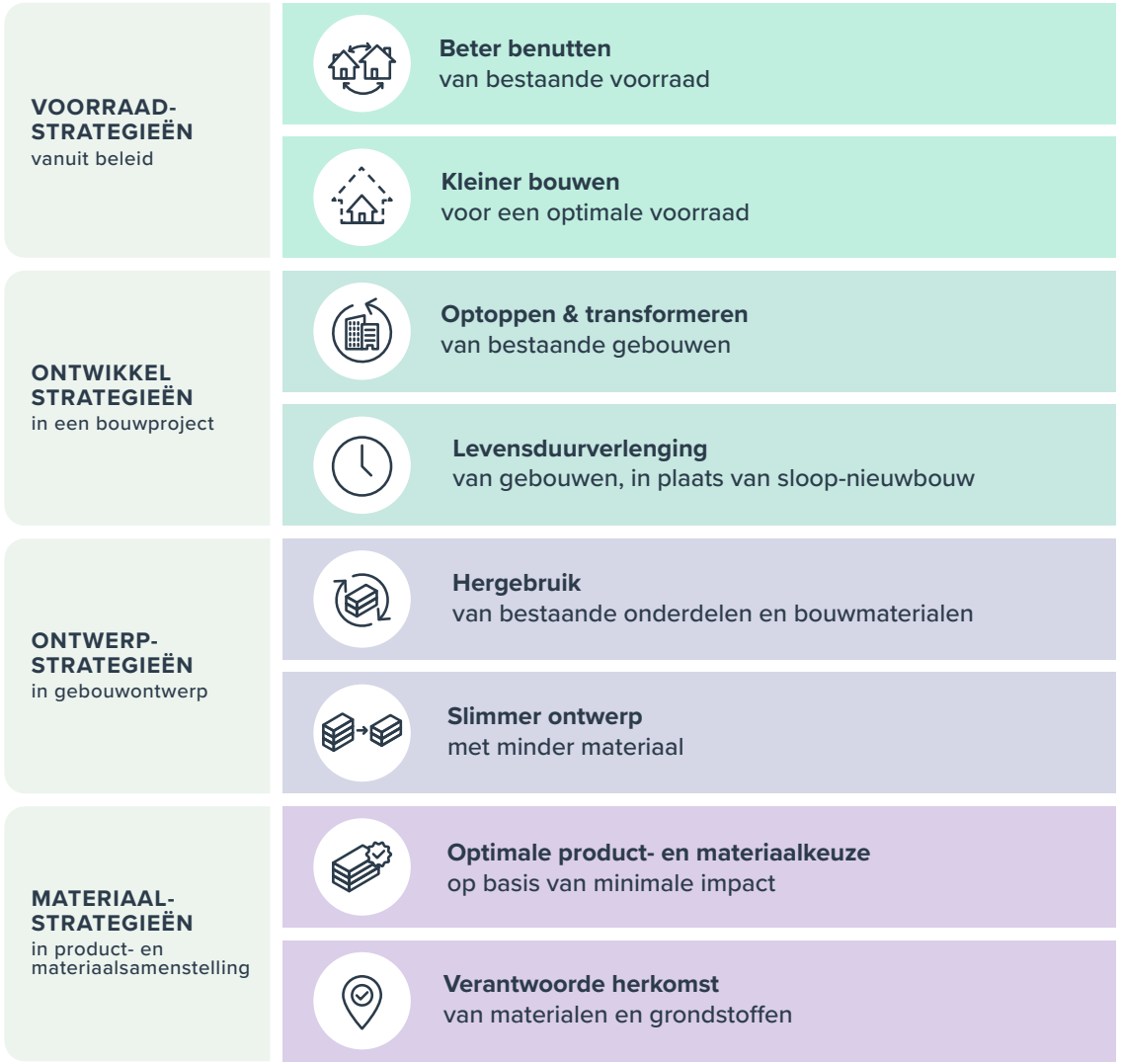
Ontwerpen en bouwen met minder materiaal is de belangrijkste stap

De meest effectieve strategie om natuurrisico's te verlagen is het verminderen van primair (nieuw) materiaalgebruik. Minder materiaalgebruik leidt per definitie tot minder grondstofwinning, minder productieprocessen, minder milieu-impact en daarmee tot minder natuurrisico's. Door een afname van de milieu-impact wordt de druk op de natuur lager. Daarmee kan de natuur haar ecosysteemdiensten beter uitvoeren en zichzelf op termijn herstellen.

Voor bouwprojecten is ontwerpen en bouwen met minder materiaal daarom de belangrijkste stap. Pas wanneer op voorraad- en projectniveau afwegingen zijn gemaakt om het materiaalverbruik te minimaliseren, worden keuzes op product- en materiaalniveau relevant.[124] Dit vraagt om een gecombineerde inzet van gemeenten, ontwikkelaars en bouwers.[125]

Ontwerpen en bouwen met minder materiaal betekent een fundamenteel andere aanpak van de huidige bouwopgave:

- **Voorraadstrategieën** vertrekken bij het beter benutten van de bestaande gebouwde omgeving.[126] Vervolgens staat het bouwen op basis van de benodigde voorraad centraal, in plaats van naar de korte-termijn marktvraag.[127]
- Met **ontwikkelstrategieën** kunnen keuzes gemaakt worden voor bijvoorbeeld optoppen of verlengen van de levensduur. Denk hiervoor aan een herbestemming met andere functie in plaats van sloop-nieuwbouw.
- **Ontwerpstrategieën** kunnen vervolgens leiden tot lagere natuurrisico's, bijvoorbeeld door te ontwerpen met minder materiaal of te kiezen voor hergebruik.
- **Materiaalstrategieën** kunnen leiden tot andere product- en materiaalkeuzes, bijvoorbeeld met een lagere milieu-impact of het voorkomen van vervuilende toevoegingen. Ook kan gestuurd worden op een verantwoorde herkomst, zoals certificering bij hout.



Figuur 37: *Strategieën om te ontwerpen en bouwen met minder nieuwe materialen*



08 Sectorbreed handelings-perspectief

Voor ieder bouwmateriaal zijn er mogelijkheden om de milieu-impact en natuurrisico's te beperken. Om die impact te verlagen, hebben alle partijen in de bouwsector een eigen rol en verantwoordelijkheid. Daarbij zijn er drie sporen: minder primair materiaal gebruiken, versnelde CO_2-reductie en het borgen van verantwoorde herkomst met betere ketentransparantie.

De keuzes die ontwerpers, ontwikkelaars en bouwers maken, worden voornamelijk bepaald door wetgeving en de aansturing door opdrachtgevers. Om het beheersen van natuurrisico's tot een integraal onderdeel van het bouwproces te maken, is een sectorbrede sturing essentieel.

De conclusies maken duidelijk dat de grootste milieu-impact bij de productie van beton, asfalt en staal in de productiefase ligt. Een groot deel van deze impact wordt veroorzaakt door verbranding van fossiele brandstoffen, voornamelijk kolen en gas. De milieu-impact als gevolg van houtgebruik is veel lager, met als aandachtspunt dat voor bosbouw veel land nodig is.

De milieu-impact bij winning hangt samen met natuurrisico's op locatie. Die risico's verschillen per locatie, afhankelijk van de lokale staat van de natuur en de milieu-impact als gevolg van winning.

Om effectief stappen te zetten in het terugdringen van de natuurrisico's, is een sectorbrede aanpak in drie sporen nodig:

I. **Minder primair materiaal** toepassen, van planvorming tot en met uitvoering
II. **Versnelde CO_2-reductie** inzetten voor beton-, staal- en asfaltproductie
III. **Verantwoorde herkomst** borgen voor grondstoffen, waaronder zand, grind, erts en hout

In de bouwsector zijn verschillende instrumenten om te sturen op duurzaamheidsprestaties. De huidige instrumenten zijn samengevat in het kader op de volgende pagina. Deze instrumenten zijn echter onvoldoende geschikt om te sturen op natuurrisico's. Ook maken deze instrumenten niet inzichtelijk welke lokale interventies nodig en haalbaar zijn.



Huidige sturingsinstrumenten

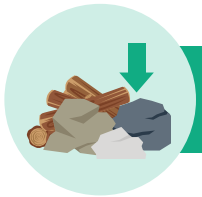
De huidige sturing op de milieu-impact van de Nederlandse bouw vindt plaats met de Milieuprestatie Gebouwen (MPG) en de Milieukostenindicator (MKI). De MPG en MKI sturen op de integrale milieu-impact over de hele levenscyclus. Het resultaat van de geactualiseerde weegset (A2-set, gepubliceerd in 2020)[128] is dat de CO_2-uitstoot verantwoordelijk is voor gemiddeld 60% van de totale milieukosten van een bouwwerk in de woning- en utiliteitsbouw.

Voor de woning- en utiliteitsbouw wordt de wettelijke sturing op de MPG vanaf 2028 uitgebreid met wettelijke sturing op de *Whole Life Cycle Global Warming Potential* (WLC-GWP). De WLC-GWP gaat sturen op de gecombineerde CO_2-uitstoot van het bouwproces (materiaalgebonden) en de gebruiksfase (operationeel). Deze verplichting komt voort uit Europese wetgeving.[129] Vanaf 2030 moeten alle lidstaten - waaronder Nederland - hiervoor grenswaarden bepalen, waar alle nieuwbouw aan moet voldoen.

Voor de infrastructuur wordt vanaf 2027 wettelijke sturing geïntroduceerd op bouwmaterialen. Daarvoor worden minimale milieuprestatie (MKI)-eisen ontwikkeld voor zowel beton als asfalt, met als doel om de productie van deze materialen te verduurzamen.[130]

In aanvulling op de huidige wettelijke sturing zijn er verschillende bovenwettelijke sturingsinstrumenten die door opdrachtgevers worden gebruikt. Deze sturen voornamelijk op de materiaalgebonden CO_2-uitstoot in de bouw- en productiefase (o.a. *Paris Proof*-methodiek[131]) of het aandeel biobased materiaal. Verschillende sturingsinstrumenten zijn opgenomen in Het Nieuwe Normaal, een landelijk raamwerk met een eenduidige taal voor circulair bouwen.[132]

Naast de sturing op bouwwerkniveau stuurt het Europese emissiehandelssysteem (ETS) op het verlagen van de CO_2-uitstoot van de industrie. In dit cap-and-trade-systeem hebben bedrijven maximale emissierechten, die zij kunnen verhandelen bij een hogere of lagere uitstoot. Het aantal beschikbare rechten in de markt neemt ieder jaar af, tot vrijwel nul in 2040.[133] Waar het ETS tot op dit moment alleen geldt voor grote uitstoters - waaronder staal- en cementproductie - treedt vanaf 2028 het ETS-2 in werking voor 'kleine uitstoters': kleinere productielocaties en eindgebruikers van energie, waaronder het energieverbruik van gebouwen.



SPOOR I
Minder primair materiaal

Het gebruik van minder primair (nieuw) materiaal leidt tot een lagere grondstofvraag en dus minder winning van nieuwe grondstoffen. Dat leidt weer tot minder milieu-impact, en als gevolg daarvan minder druk op de natuur en minder natuurrisico's. Zo leidt minder gebruik van beton en asfalt tot minder benodigde zand- en grindwinning en daardoor tot minder milieu-impact op locaties waar nu hoge natuurrisico's bestaan.

Geen van de huidige instrumenten stuurt op de absolute hoeveelheid materiaal in een bouwwerk. De wettelijke MPG stuurt op de milieu-impact, de bovenwettelijke *Paris Proof materiaalgebonden* stuurt op de materiaalgebonden CO_2-uitstoot en in Het Nieuwe Normaal-raamwerk voor circulair bouwen is geen indicator voor de totale hoeveelheid materiaalgebruik opgenomen.[134] Bovendien sturen bijna alle instrumenten op de impact per vierkante meter, terwijl juist de absolute impact (in dit geval: materiaalgebruik) van belang is.

Tegelijkertijd is er in het *Nationaal Programma Circulaire Economie* wel een doelstelling opgenomen om het absolute materiaalverbruik te verlagen: in 2035 moet het grondstoffenverbruik met 15% zijn verminderd ten opzichte van 2016.[135] Om dit absolute materiaalgebruik te kunnen terugdringen, is het nodig om hier expliciet op te gaan sturen. Dat vraagt om nieuwe sturingsinstrumenten in alle fasen van het ontwerpproces.

Oplossingsrichtingen

De belangrijkste oplossingsrichting is om explicieter te gaan sturen op het voorkomen van nieuw (primair) materiaalgebruik. Dit kan bijvoorbeeld via ...



Anders invullen van de woon- en bouwbehoefte

Bij het invullen van de behoefte aan woningen en andere gebouwen hebben **gemeenten** vaak een centrale rol. Voor woningbouw voeren zij de regie, voor maatschappelijk vastgoed zijn zij opdrachtgever en voor andere gebouwen zijn zij vergunningverlener. Beide kunnen zorgen voor een grote besparing van primair materiaal.

- Voor woningbouw liggen er veel kansen in zowel optoppen als splitsen. Bij optoppen gaat het om het toevoegen van een of twee verdiepingen aan bestaande gestapelde (appartementen) gebouwen, waarmee tot 260.000 woningen kunnen worden toegevoegd binnen de bestaande gebouwde omgeving.[136]
- Voor maatschappelijk vastgoed liggen er kansen in het voorkomen van sloop en herbestemmen van bestaande gebouwen, door behoud van de fundering en het casco. Vooral bij scholen vindt vaak sloop-nieuwbouw in plaats van renovatie en transformatie plaats.[137]



Sturing in stedenbouwkundige planvorming

Bij het opstellen van stedenbouwkundige plannen bepalen **gemeenten** de ruimtelijke structuren van een gebied of wijk. Keuzes in deze ruimtelijke structuren hebben veel invloed op de hoeveelheid benodigde materialen, net als op de mate van CO_2-uitstoot.[138,139] Denk daarbij zowel aan de keuze voor woningen die passen bij een optimale woningvoorraad (type + aantal vierkante meters)[140] als aan de juiste verhouding tussen gebouwoppervlak, bouwhoogte en openbare ruimte.[125] In aanvulling hierop kan een hoge mate van adaptief vermogen zorgen voor een woningvoorraad die is voorbereid op een toekomstige verandering in behoeften.



Afweging in ontwerp

In het ontwerpproces hebben **stedenbouwkundigen** (wijken), **architecten** (gebouwen) en **ingenieursbureaus** (infrastructuur) een leidende rol. In ieder ontwerpproces liggen mogelijkheden om het materiaalgebruik van gebouwen en infrastructuur te minimaliseren. Bij gebouwen gaat het onder meer om een optimale verhouding tussen gevel en vloeroppervlak en om een slim gebouwontwerp dat de hoeveelheid installaties beperkt.[141] Bij infrastructuur gaat het om een minimale verharding van de openbare ruimte en een zo functioneel mogelijk ontwerp van kunstwerken.[142]

SPOOR II

Versnelde CO_2-reductie

Een groot deel van de milieu-impact van de productie van bouwmaterialen is te herleiden naar de winning en het gebruik van fossiele brandstoffen. Voor de drie 'grote' materiaalstromen - beton, staal en asfalt - leidt het sturen op CO_2-reductie tot minder natuurrisico's, wanneer dit zowel de winning als de verbranding van fossiele brandstoffen beperkt. Wanneer alleen de uitstoot bij verbranding wordt beperkt – zoals bij Carbon Capture and Storage (CCS) - blijven de natuurrisico's door kolenwinning in stand. De vraag naar kolen neemt bij CCS immers niet af: alleen de uitstoot wordt afgevangen.

De noodzaak tot verduurzaming van de industrie staat inmiddels stevig op de nationale en Europese politieke agenda. Desondanks blijven daadwerkelijke investeringen vooralsnog vaak achterwege.[143] Zo hebben onder meer enkele grote staalfabrikanten recent hun verduurzamingsinvesteringen uitgesteld.

Ook de huidige instrumenten in de gebouwde omgeving sturen nog onvoldoende sterk op de CO_2-uitstoot van het productieproces van bouwmaterialen (materiaalgebonden CO_2-uitstoot). De sturing vanuit de nieuw in te voeren WLC-GWP (voor woning- en utiliteitsbouw) vindt plaats op de CO_2-uitstoot over de hele levenscyclus, net als op dit moment bij de MPG en MKI. Om natuurrisico's - en klimaatverandering - effectief aan te pakken, is het echter nodig om te sturen op de CO_2-uitstoot op de korte termijn: de productiefase. Verschillende partijen in de Nederlandse bouw, waaronder DGBC, pleiten daarom voor een sterke sturing op de korte termijn in de nationale implementatie van de WLC-GWP.[144]

Oplossingsrichtingen

Om werk te maken van versnelde CO_2-reductie, zijn meerdere vormen van sturing nodig. Daarbij gaat het in ieder geval om...

Investeringsperspectief voor verduurzaming bouwmateriaalproductie

De **Europese Commissie** en de **Rijksoverheid** zijn primair aan zet om de industrie een investeringsperspectief te bieden. Vanuit de overheid gaat het zowel om ondersteuning bij financiering van verduurzamingsmaatregelen als om het bieden van duidelijkheid over minimale milieuprestatie-eisen. Het doel van deze investeringen is verdere elektrificatie en verduurzaming van het energiegebruik, waardoor milieu-impact en natuurrisico's door winning en verbranding van fossiele brandstoffen afnemen. In het bieden van dit investeringsperspectief worden al eerste stappen gezet, waaronder de Europese *Industrial Accelerator Act*[145] en nationale eisen aan de milieu-impact van beton en asfalt.[146]

Randvoorwaarde: infrastructuur

Elektrificatie van de industrie vraagt om voldoende infrastructuur. Daarbij gaat het vooral om elektriciteit: voor elektrificatie van productie is netcapaciteit nodig. Ook de aanleg van waterstofnetwerken is essentieel voor productieprocessen waar elektriciteit niet volstaat, zoals groen staal. Zonder deze publieke investeringen in infrastructuur lopen producenten vast in conventionele, CO_2-intensieve productieprocessen.

Wettelijke sturing op materiaalgebonden CO_2-uitstoot

De **Rijksoverheid** is verantwoordelijk voor effectieve, wettelijke sturing op de CO_2-uitstoot. Deze sturing is nodig om de klimaatdoelen voor 2030, 2040 en 2050 te halen. Bij nationale implementatie van de WLC-GWP heeft de Rijksoverheid de mogelijkheid voor keuzes in de scope en rekenmethodiek. Het is daarom mogelijk om bij implementatie van de WLC-GWP te kiezen voor een nadruk op de korte-termijn (materiaalgebonden) CO_2-uitstoot.[147] Daardoor worden de milieu-impact en natuurrisico's van voornamelijk abiotische materialen (beton, staal, asfalt) als gevolg van de winning en verbranding van fossiele brandstoffen verlaagd.

Ketensturing op CO_2-bewuste uitvoering

Uitvoerende **bouwers** hebben de verantwoordelijkheid om de CO_2-uitstoot van de uitvoering zo veel mogelijk te beperken. Daarbij gaat het om de keuze van **leveranciers** en bouwproducten met een goede milieuprestatie en de toepassing van bouwmethoden die de CO_2-uitstoot verlagen. Bij bijvoorbeeld beton, wat in vrijwel alle projecten nodig is, zijn er veel mogelijkheden. Voor in het werk gestort beton zijn een langere uithardingstijd of 'warm tunnelen' eenvoudige stappen. Voor prefab betonnen elementen zijn er **leveranciers** beschikbaar die beton leveren met een lagere CO_2-uitstoot. Steeds meer partijen zetten hier eerste stappen in, onder meer als gevolg van de implementatie van het Betonakkoord, maar in de sector als geheel is er nog veel te winnen.

SPOOR III

Verantwoorde herkomst & ketentransparantie

Bij de winning van vrijwel alle grondstoffen ontstaan natuurrisico's. Wanneer die natuurrisico's hoog zijn, kan dat een reden zijn om te kiezen voor winning op een locatie met lagere natuurrisico's of om actieve maatregelen te nemen om deze risico's te mitigeren. Omdat veel ketens internationaal zijn en veel verschillende spelers kennen, is het voor opdrachtgevers en aannemers lastig om direct te sturen op waar de grondstoffen voor hun bouwmaterialen vandaan komen.

Om expliciet te kunnen sturen op verantwoorde herkomst, is een hogere mate van ketentransparantie en traceerbaarheid van materialen noodzakelijk. Omdat materialen vaak in bulk worden vervoerd en daarna verschillende verwerkingsstappen doorlopen, is het voor een individueel bouwproduct vaak niet mogelijk om precies te bepalen waar de grondstoffen vandaan komen. Certificering van grondstoffen kan hierin een oplossing zijn. Hout is een voorbeeld van een grondstof die met twee grote, wereldwijde keurmerken - FSC en PEFC - zo'n certificeringssysteem heeft staan.

Huidige sturingsinstrumenten in de bouw sturen vooral op de milieu-impact, op basis van levenscyclusanalyses van bouwproducten die in databases zijn opgenomen. De mate waarin grondstoffen (verantwoord) zijn gewonnen, is geen onderdeel van de levenscyclusanalyses en daarmee ook niet van de milieuprofielen. Daarmee is er op dit moment geen instrument dat stuurt op de verantwoorde herkomst van materialen.

Oplossingsrichtingen

Om te sturen op verantwoorde herkomst, is ketentransparantie een voorwaarde. Om vanuit die ketentransparantie een verantwoorde herkomst mogelijk te maken, is het nodig om te werken aan...

Borging van volledig gecertificeerde herkomst bij hout

Een groot deel van het in Nederland toegepaste hout is gecertificeerd: circa 84-91% van het naaldhout en het plaatmateriaal beschikt over een duurzaamheidscertificaat. Dit betekent echter ook dat 9-16% van het gebruikte hout nog niet gecertificeerd is.[98] Het is niet bekend in welke sector dit niet-gecertificeerde hout wordt toegepast. **Aannemers** hebben de mogelijkheid om in hun inkoop te sturen op volledig gecertificeerd hout. Het merendeel van de aannemers doet dit al - maar een expliciete sturing vanuit alle partijen is nodig om natuurrisico's verder te verlagen.

Sturing op verantwoorde herkomst bij korte ketens

Een aantal grondstoffen - waaronder zand en grind - hebben relatief korte ketens. **Beton- en asfaltproducenten** kopen deze materialen vaak direct in. Daarmee hebben zij invloed op de herkomst van hun grondstoffen - en dus ook op de natuurrisico's bij de winning. Sturing op verantwoorde herkomst in deze korte ketens, inclusief het vragen van aandacht voor natuurherstel na het beëindigen van de winning, is een belangrijke stap die alle partijen kunnen zetten.

Ontwikkeling certificering voor verantwoorde herkomst bij complexe ketens

Grondstoffen die internationaal worden geproduceerd en verhandeld hebben vaak langere, meer complexe ketens. Denk daarbij bijvoorbeeld aan ijzererts en nikkel, als belangrijke grondstoffen voor staal. Omdat **aannemers** staalproducten vaak niet rechtstreeks van de staalproducent kopen, is het voor hen lastig om te sturen op een verantwoorde herkomst van deze grondstoffen. Het verbeteren van de ketentransparantie, bijvoorbeeld door een certificeringssysteem voor verantwoorde winning van grondstoffen, kan een volgende stap zijn. De certificering van hout is hier een voorbeeld voor.

Wetgeving ketenverantwoordelijkheid

Naast vrijwillige certificering werkt de Europese Unie aan de *EU Deforestation Regulation* (EUDR). Deze wet moet voorkomen dat producten die bijdragen aan ontbossing de Europese markt betreden. Hoewel de volledige inwerkingtreding momenteel is uitgesteld, blijft het doel ongewijzigd: bedrijven worden wettelijk verantwoordelijk voor hun keten. Belangrijk is dat certificering hierbij dient als hulpmiddel voor risicobeoordeling, maar nooit de eigen onderzoeksplicht (due diligence) van een bedrijf volledig vervangt.



09

Tot slot

Wanneer we willen ‘bouwen binnen planetaire grenzen’, zullen we breder moeten kijken naar de impact die de bouwsector heeft. Planetaire grenzen gaan niet alleen om klimaatverandering, maar óók om biodiversiteitsverlies, landgebruik en vervuiling. Zowel in Nederland (‘hier’) als in internationale ketens (‘daar’), en zowel op dit moment (‘nu’) als in de toekomst (‘later’).

Steeds meer bouwers zetten in op natuurinclusief bouwen. Dat is een goede ontwikkeling, want dat betekent dat we rekening houden met de natuur op de locatie van de bouw. Tegelijkertijd zullen we óók rekening moeten houden met de natuur in de productieketens van onze grondstoffen.

We zullen een verbreding moeten inzetten van natuurinclusief bouwen naar natuurinclusieve ketens. Die verbreding vraagt om een combinatie van strategieën. CO_2-reductie, waar veel bouwers nu al op sturen, levert daar een belangrijke bijdrage aan. In aanvulling daarop is echter ook het bewust kiezen voor minder nieuw materiaal een belangrijke stap. Waar wel nieuw materiaal nodig is, zijn een verantwoorde herkomst en CO_2-arme productie van belang.

Om hier stappen op te zetten, is inzet van alle partijen in de bouwketen nodig. Gemeenten hebben een rol in het anders organiseren van de woon- en bouwopgave, zodat minder nieuwe gebouwen nodig zijn. Ontwikkelaars en aannemers kunnen andere ontwerp- en materiaalkeuzes maken om het materiaalgebruik en de CO_2-uitstoot te beperken. Producenten van bouwmaterialen kunnen - waar mogelijk - sturen op een verantwoorde herkomst. Overheden kunnen de juiste randvoorwaarden bieden voor verdere verduurzaming van de productie. Iedereen heeft elkaar nodig: geen van deze partijen kan de keten alleen veranderen.

Op dit moment gaat de meeste aandacht uit naar het beperken van klimaatverandering. Tegelijkertijd is een sterke en veerkrachtige natuur essentieel voor het goed functioneren van ecosystemen - en daarmee een voorwaarde voor gezond en veilig menselijk leven op aarde. Het beschermen van onze natuur en voorkomen van verdere schade is dus een essentiële stap. Niet alleen op de bouwlocatie, maar ook bij de winning van grondstoffen. En die stap zullen we met elkaar moeten zetten.

Bijlagen



BIJLAGE I.
Totstandkoming

Dit onderzoek is tot stand gekomen op initiatief van Copper8 en Structural Collective. Het onderzoek is uitgevoerd met cofinanciering van verschillende partijen in de bouwsector. Het doel van dit onderzoek is om de impact op natuur en biodiversiteit in de keten te agenderen, zodat alle partijen in de bouw hier binnen hun eigen handelingsperspectief op kunnen sturen.

Klankbordgroep

Tijdens het onderzoek is een klankbordgroep ingericht, die heeft meegedacht over de afbakening, het detailniveau van de uitwerking en de belangrijkste kernboodschappen. Wij danken deze klankbordgroep voor hun bijdrage:

Wendeline Besier (Dura Vermeer)
Crystal Ririassa & Tom Schwier (Rijksvastgoedbedrijf)
Gert-Willem van Mourik (Provincie Zuid-Holland)
Chandar van der Zande (Gemeente Amsterdam)
Teun Verhagen (Van Wijnen)
Maarten Markus (AM)
Maaike Perenboom (Synchroon)
Monique van der Plas (PRICE)

Meelezers

Gedurende het traject hebben verschillende experts meegelezen. De in dit rapport opgenomen analyses en resultaten weerspiegelen niet noodzakelijk de opvattingen van de meelezers en zijn uitsluitend de verantwoordelijkheid van de auteurs. Wij danken alle meelezers voor hun feedback en suggesties:

Nico Schouten & Hanneke van de Vijfeijke (BAM)
Jan-Pieter den Hollander (Bouwen met Staal)
Jan-Willem van de Groep (Building Balance)
Noor Huitema & Cécile van Oppen (Copper8)
Marleen Versteegen & Lizzy Butink (Dura Vermeer)
Arjan Alkema (FSC)
Jeroen van der Waal (Gemeente Amsterdam)
Daan Reith & Frits Stas (Heijmans)
Els Zijlstra (Material Matchmaker)
Marten de Groot (PEFC)
Eva de Snoo (PRICE)
Mark van Benthem & Jasper Velthuis (Probos)
Thomas Rieff, Rianne Stelwagen, Liesbeth Sträter & Ivan Thung (Structural Collective)
Annemarie Steutel, Niki Loonen & Gerko Koenen (TBI)
Pablo van der Lugt (TU Delft)
Henk Brouwer (Van Gelder)
Sven van Baren (WUR)
Douglas Tenison-Collins (SBTN-nature expert)

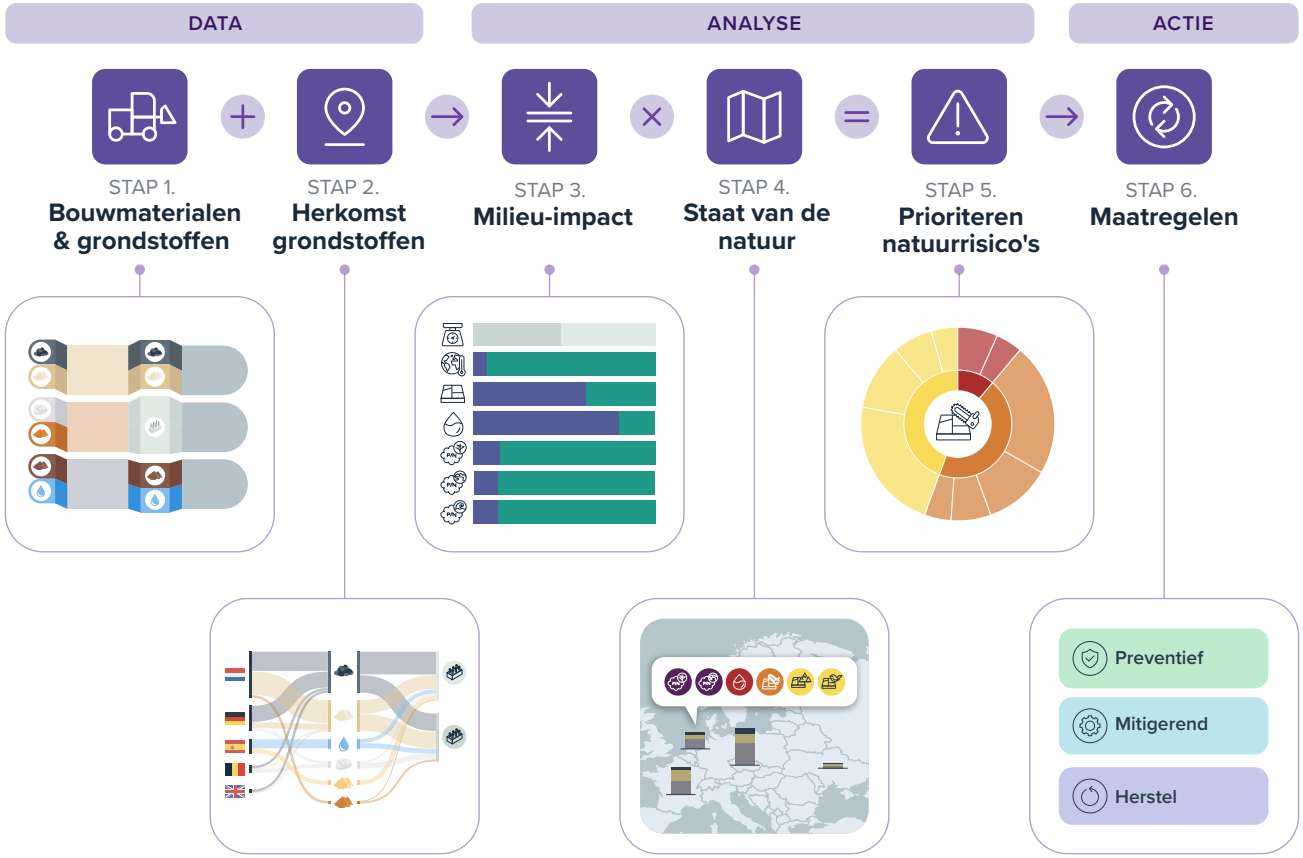
BIJLAGE II.
Toelichting methode

Het doel van dit onderzoek is om te verkennen welke risico's voor de natuur er zijn in gebieden met een milieu-impact door grondstofwinning. De aanpak van de analyse bestaat uit zes stappen. Deze worden hieronder in meer detail toegelicht, in aanvulling op de omschrijving in Hoofdstuk 2.

STAP 1. Analyse grondstoffen & bouwmaterialen

De eerste stap is een analyse van de benodigde materialen voor de Nederlandse bouw. Daarvoor zijn de volgende activiteiten uitgevoerd:

- Modelleren van het totale materiaalgebruik in de Nederlandse bouw en infra voor de vier onderzochte materiaalstromen, op basis van het onderzoek *Materiaalstromen, MKI en CO_2 in de Bouw en Infra 2025.*[17]
- Bepalen (per materiaalstroom) wat veelgebruikte producten zijn waar dit materiaal in wordt toegepast. Zo zijn dit voor staal: wapeningsstaal, buizen, dunne beplating en constructiestaal.
- Onderzoeken welke grondstoffen nodig zijn om de producten te kunnen maken. De benodigde grondstoffen zijn vastgesteld door de toeleveringsketen te ontleden tot en met de winning, op basis van *Life Cycle Assessment* (LCA-)datasets uit Ecoinvent (zie stap 3).



Figuur: Aanpak en resultaten per stap

STAP 2. Analyse herkomst grondstoffen

De tweede stap analyseert de winningslocaties voor elke grondstof. Een winningslocatie is bijvoorbeeld de locatie van een ijzerertsmijn in Brazilië of een bos in Zweden. Daarvoor zijn de volgende activiteiten uitgevoerd:

- Vaststellen van winningslocaties met handelsgegevens, productiegegevens en GIS-kaarten (bureauonderzoek).
- Vaststellen welk volume grondstoffen per winningslocatie wordt gewonnen voor gebruik in de

Nederlandse bouw. Om een inschatting te maken van het aandeel dat een mijn (of bos) voor de Nederlandse bouwsector produceert, is een verdeling gemaakt op basis van de productiecapaciteit van mijnen (of bossen).

STAP 3. Analyse milieu-impact productieketen

In de derde stap is de milieu-impact bepaald. Dit is gedaan voor zowel grondstofwinning (mijn- en bosbouw) als productieprocessen (fabrieken). Bij deze impact van de productie is ook de impact van transport meegerekend: deze is in veel gevallen relatief beperkt. In lijn met de SBTN-methode ligt daarbij de nadruk op landgebruik, watergebruik, bodem- en landverzuring en watervermesting. Definitie van 'milieu-impact' is toegelicht in Bijlage III.

Milieu-impact berekening

De berekening van de milieu-impact van bouwproducten is als volgt uitgevoerd:

- Vermenigvuldigen van hoeveelheid bouwproducten (stap 1) met milieu-impactfactoren , op basis van milieu-impactfactoren uit *Life Cycle Assessments* (LCA's).
- De milieu-impactfactoren zijn afkomstig uit de Ecoinvent-database v3.11; ReCiPe 2016 v1.03 Midpoint (H), waarbij het 'Allocation, cut-off by classification' systeemmodel is gehanteerd. Deze milieu-impactfactoren voor bouwproducten die ook in de Nationale MilieuDatabase (NMD) gevonden kunnen worden. Voor het modelleren van wapeningsstaal is bijvoorbeeld gebruikgemaakt van de milieu-impactfactoren van reinforcing steel production in Ecoinvent.[20]

Aandachtspunten LCA's

De milieu-impact (op basis van LCA's) geeft beperkt inzicht in de werkelijke 'natuurschade'. Dit komt doordat de relatie tussen impact en schade per locatie verschilt en afhankelijk is van de lokale staat van de natuur (stap 4). Voorbeelden:

De hoeveelheid landgebruik van bosbouw geeft beperkt inzicht in de schade aan de natuur. Duurzame bosbouw vraagt om meer landoppervlakte (in m^2), maar leidt tot veel lagere schade aan de natuur per vierkante meter. Bij intensieve bosbouw is het aantal gebruikte vierkante meter lager, maar is de schade per vierkante meter vaak groter.

In de analyse zijn LCA's voor duurzame bosbouw gebruikt. Deze keuze is gemaakt omdat EcoInvent geen LCA's voor intensieve vormen van bosbeheer heeft. De gebruikte LCA's zijn hierdoor niet volledig representatief voor het aandeel niet-gecertificeerd hout. Landgebruik wordt voor het niet-gecertificeerde hout overschat. Watergebruik, CO2-uitstoot en biochemische uitstoot worden daarentegen onderschat.

De milieu-impact van staalproductie kan per fabriek verschillen, afhankelijk van het specifieke productieproces van die fabriek. De LCA's in deze studie zijn gemiddelden, omdat er geen LCA's per fabriek zijn. De daadwerkelijke impact van een specifieke fabriek kan hoger of lager zijn dan het gemiddelde.

Bijdrage van winning in de toeleveringsketen

Om de benodigde massa's van ruwe grondstoffen en de daaraan gerelateerde milieueffecten te berekenen, is een contributie-analyse uitgevoerd:

- Ontleden van LCA's van referentieproducten, met behulp van de open-source software Brightway2-framework[148]. Deze analyse traceert de toeleveringsketen stroomopwaarts tot aan de specifieke winningsactiviteiten, zoals mijnbouw-operaties en groeven.
- Berekenen van de milieu-impact door winning. Hiervoor is voor elke grondstof een koppeling gemaakt met representatieve milieu-impactfactoren uit EcoInvent. Voor bijvoorbeeld ijzerertswinning is gebruikgemaakt van de dataset iron ore beneficiation.[149] Waar mogelijk zijn locatiespecifieke EcoInvent-datasets van de winning gebruik.

Afbakening activiteiten grondstofwinning

Voor deze contributie-analyse analyse is het van belang om te definiëren welke stroomopwaartse activiteiten de winning-activiteiten zijn. Voor de staalketen is bijvoorbeeld een winningsactiviteit *iron ore beneficiation*.

Om de winning activiteiten te herkennen, zijn in de methode filtercondities geïmplementeerd (bijv. *"benification"*). Ook zijn er bepaalde activiteiten die buiten de winningsscope vallen, bijvoorbeeld omdat ze bij transport of productie horen. Daarom zijn er stopcondities (bijv. *"transport"*) geïmplementeerd om de scope van het script af te bakenen.

STAP 4. Analyse staat van de natuur

In de vierde stap wordt de huidige 'staat van de natuur' in een winnings- of productiegebied bepaald. Deze 'staat van de natuur' is bepalend voor de mate waarin er risico's voor de natuur bestaan. In gebieden waar de natuur reeds onder druk staat, kan zelfs een minimale extra belasting leiden tot onherstelbare schade. Voor de staat van de natuur zijn twee type kaarten gebruikt:

- **Milieukaarten** beschrijven de staat van het milieu rondom de winningslocatie (staat-van-het-milieu-indicatoren). Hiermee kan bijvoorbeeld bepaald worden in hoeverre er op een locatie sprake is van waterschaarste of bodemverzuring.
- **Biodiversiteitkaarten:** beoordelen de intactheid van het ecosysteem en de aanwezigheid van bedreigde diersoorten (staat-van-de-biodiversiteit-indicatoren). De “bedreigde soorten” indicator meet de hoeveelheid van de wereldwijde populatie bedreigde soorten in een bepaald gebied. De ecologische intactheid meet de mate waarin samenstelling en functionaliteit van het ecosysteem niet aangetast zijn door menselijk handelen.

Om de risico’s voor de natuur te duiden, zijn vijf risicoklassen vastgesteld: van 'zeer laag' tot 'zeer hoog'. De interpretatie hiervan verschilt per indicator: bij staat-van-het-milieu-indicatoren betekent een 'zeer hoog risico' dat veilige drempelwaarden ruim worden overschreden. Bij biodiversiteit duidt een ‘zeer hoog risico’ juist op een zeer intact ecosysteem of de aanwezigheid van veel bedreigde soorten. De totstandkoming van deze risicoklassen, inclusief drempelwaarden, interpretatie en bronvermelding, is toegelicht in Bijlage III.

Aandachtspunt

Natuurrisico's zijn niet hetzelfde als natuurschade. De aanpak geeft inzicht in natuurrisico’s, maar biedt geen bewijs voor daadwerkelijke effecten op en schade aan de natuur. Een hoog risico betekent dus dat de *kans* op natuurschade groter is, en niet noodzakelijk dat de winning de *oorzaak* van de natuurschade is. Een volgende stap voor bedrijven is het verzamelen van locatiespecifieke data van hun keten.

STAP 5. Beoordelen belangrijkste natuurrisico’s

Voor elke combinatie van grondstof (stap 1) en winningslocatie (stap 2) is het risicoprofiel bepaald op basis van de milieu-impact (stap 3) en de lokale ‘staat van de natuur’ (stap 4) op een specifieke indicator. Een voorbeeld: de milieu-impact op ‘watergebruik’ (uit de LCA, stap 3) is gecombineerd met de staat van de natuur op ‘waterbeschikbaarheid’ (milieukaarten, stap 4). Door deze data te combineren, ontstaat een beeld van de milieu-impact die plaatsvindt op locaties met natuurrisico's als gevolg van reeds bestaande milieu-impact (milieudruk) op die locaties.[15] De mate waarin natuurrisico’s aandacht vragen, wordt gevisualiseerd met twee figuren:

- **Milieu-impact door winning van grondstoffen**, gecombineerd met de natuurrisico’s voor het specifieke milieu-effect op winningslocatie.
  - ***Voorbeeld:*** Watergebruik bij ijzerertswinning in Zuid-Afrika kent een hoog risico door de lage waterbeschikbaarheid (droogte).
- **Staat-van-de-biodiversiteit op winningslocaties**, met inzicht in het aantal bedreigde soorten en de mate van ecologische intactheid.
  - ***Voorbeeld:*** bij oogst van tropisch loofhout in regenwoud is het natuurrisico ‘zeer hoog’ door de hoge aanwezigheid van bedreigde soorten, terwijl bij oogst van naaldhout in boreale bossen het natuurrisico ‘laag’ is door de lage aanwezigheid van bedreigde soorten.

STAP 6. Beschrijving van kansrijke maatregelen

Om stappen te kunnen zetten, is op basis van de natuurrisico’s in kaart gebracht welke maatregelen genomen kunnen worden om die risico’s te verminderen. Daarbij is onderscheid gemaakt tussen preventieve, mitigerende en herstellende maatregelen. Deze maatregelen zijn in kaart gebracht op basis van bestaande wetenschappelijke onderzoeken en onderzoeks- en adviesrapportages (o.a. TNO, CE Delft, IEA). Een voorbeeld: staalproductie met een vlamboogoven op groene stroom voorkomt vraag naar steenkool en vermindert daarmee de watervervuiling die bij de winning van kolen optreedt.

Aandachtspunt

De locatiespecifieke bijdrage van maatregelen om natuurrisico’s te beperken of te voorkomen, is vaak niet precies vast te stellen. Wat het effect van een bepaalde maatregel op een specifieke locatie is, moet met onderzoek worden aangetoond. Desondanks is het nemen van maatregelen in de praktijk wel van belang om natuurrisico’s te beperken.

Aannames per materiaal

De volgende tabel geeft een overzicht van de specifieke aannames en bronnen die in de analyse zijn gebruikt. Dit is een verdieping op de algemene beschrijving per stap eerder in deze bijlage.






	Beton	Staal	Asfalt	Hout
STAP 1. **Analyse bouwmaterialen & grondstoffen**				
Massa-inschatting	*Totale massa per materiaal voor de Nederlandse bouwsector (referentiejaar 2023)*[17]			
	Focus	**Focus**	**Focus**	**Focus**
	• CEM I • CEM III/B	• Buizen • Dunne beplating • Constructiestaal en dikke beplating • Wapeningsstaal	• Asfaltbeton BIND/BASE (50% PR) • Asfaltbeton SURF (zonder PR) • Steenmastiekasfalt	• Verschillende houtproducten in de bouw[151]
	Aangenomen productaandelen	**Aangenomen productaandelen**	**Aangenomen productaandelen**	**Aangenomen productaandelen**
	Analyse richt zich op de meest geproduceerde cementmengsels[150], op basis van volume (m³): • CEM I: 48% • CEM III/B: 52% Niet alle mengsels zijn opgenomen.	Uitsplitsing over vier toepassingen (referentiejaar: 2023)[28]	Analyse richt zich op de meest geproduceerde asfaltmengsels in Nederland.[17] Niet alle mengsels zijn opgenomen.	Uitsplitsing naar producttype[151]: • Gezaagd naaldhout • Plaatmateriaal (spaanplaat, vezelplaat), • Gezaagd loofhout • Tropisch loofhout
				Eenheidsconversie
				• Massa in kg omgerekend naar m³ a.d.h.v. kengetallen (445–750 kg/m³)[152]

	Beton	Staal	Asfalt	Hout
STAP 2. Analyse winningslocaties				
Herkomst per grondstof	**Zand, grind & klei** • Winningsgebieden per provincie in Nederland en rivierbeddingen in België en Duitsland[27] **Kalksteen** • CBS-importcijfers,[153] aangevuld met Winterswijk (~200 kton)[82]	**IJzererts** • Gemiddelde EU-importverdeling 2016–2020, herschaald o.b.v. handelsblokkade Rusland[154] **Steenkool** • Gemiddelde EU-importverdeling 2016–2020[155,156] **Kalksteen** • CBS-importcijfers,[153] aangevuld met Winterswijk (~200 kton)[82] **Ferronikkel** • EU-importverdeling[157] als herkomst-aanname **Mijnbouwlocaties (ijzererts & cokes)** • Puntlocaties uit Global Energy Monitor gekoppeld aan gebufferde polygonen uit Global Mining Polygons (buffer: 1 km). Ontbrekende locaties geschat via log-log regressie op productievolume. **Mijnbouwlocaties (nikkel)** • Gebufferde Global Mining Polygons	**Zand & grind** • Winningsgebieden per provincie in Nederland en rivierbeddingen in België en Duitsland[158] **Kalksteen** • CBS-importcijfers,[153] aangevuld met winning in Winterswijk (~200 kton)[82] **Bitumen (aardolie)** • Wereldwijde toeleveringsketen via Europese raffinaderijen.	**Herkomst hout** • ProBos-gegevens[151] **Locatie bossen** • Global Forest Change-data[159] **Duurzaamheidsaandeel** • ProBos-gegevens[152]
STAP 3. Analyse milieu-impact				
Emissiefactoren & LCA-matching	**Emissiefactoren** Koppeling met EcoInvent 3.11 o.b.v.: • Betontype (CEM I / CEM III/B); regio aangepast naar meest specifieke beschikbare optie • Land van herkomst **Aanvullend: hoogovenslak** • Behandeld als bijproduct: 1% van de milieubelasting van het hoogovenproces toegerekend aan de slak op basis van economische waarde.[33]	**Emissiefactoren** Koppeling met EcoInvent 3.11 o.b.v.: • Staaltoepassing, gematched aan PBL-uitsplitsing • Land van herkomst (EU-importverdeling als standaard) **Aanvullend: ferronikkel** De EcoInvent-kaart voor ferronikkel is niet bruikbaar (scope te breed; aannames uit 1994). Vervangen door LCA-kaart 'laterite quarry operation'. • Nikkelgehalte lateriet: 1,48% (gewogen gemiddelde limoniet / nontroniet / saprolitiet) • Winningsefficiëntie: 80,5% (extractie 88,5% × procesefficiëntie 91%) • 1 kg ferronikkel vereist ~21 kg laterieterts[67]	**Emissiefactoren** Koppeling met EcoInvent 3.11 o.b.v.: • Samenstelling per asfalttype (surface / bind-base / steengranulaat) • Gehanteerde EcoInvent-activiteiten voor de drie mengsels	**Emissiefactoren** • Specifiek houtproduct • Land van herkomst[151] **Scope** • Alleen A1-fase (grondstofwinning en bosbeheer) • Koolstofopslag in hout is in de analyse niet meegenomen

BIJLAGE III.

Definities & begrippen

In dit onderzoek worden verschillende begrippen en definities gebruikt om de natuurrisico's inzichtelijk te maken. Deze bijlage licht toe (1) welke definities worden gehanteerd voor de milieu-impact; (2) op welke manier risico's worden geclassificeerd; en (3) welke begrippen worden gebruikt in de State-of-nature analyses.

Definities

Voor het bepalen van de milieu-impact is gebruikgemaakt van de milieu-impactmethode ReCiPe 2016 (v1.03, Midpoint, H). In die methode worden definities gehanteerd voor de verschillende milieu-impacts. Deze definities zijn opgenomen in onderstaande tabel. De effecten op de natuur zijn aangevuld in dit onderzoek: deze zijn geen onderdeel van de definities vanuit ReCiPe 2016.

Milieu-effect	Indicator	Eenheid	Toelichting	Natuureffect
KLIMAAT-VERANDERING	GWP-100	kg CO_2-eq	Uitstoot van broeikasgassen die bijdragen aan opwarming van de aarde, omgerekend naar het effect van CO_2 op een termijn van 100 jaar.	Verstoring van ecosystemen door stijgende temperaturen en extreme weersomstandigheden (droogte, hitte). Soorten kunnen zich niet snel genoeg aanpassen of hun leefgebied verdwijnt, wat leidt tot biodiversiteitsverlies.
LANDGEBRUIK	*Agricultural land occupation* (LOP)	m²*a crop-eq	Oppervlakte van land (m²) dat in gebruik is door een activiteit per jaar (a), gewogen voor de gevolgen op de natuur (crop-eq). Dit wordt uitgedrukt in het benodigde land voor de teelt van eenjarige gewassen (crops), als referentie voor de gevolgen op de natuur.	Direct verlies en versnippering van leefgebied. Doordat grond voor een deels bezet is voor menselijke activiteiten (zoals mijnbouw of landbouw), is er minder ruimte voor wilde flora en fauna om te leven.
WATERGEBRUIK	*Water consumption potential* (WCP)	m^3	Onttrekking en consumptie van zoet water (in m^3), waarbij water niet meer beschikbaar is voor andere gebruikers of ecosystemen.	Watertekorten kunnen leiden tot verdroging van ecosystemen, degradatie van land en beperkte groei van organismen (planten en dieren).
BODEM-VERZURING	*Terrestrial acidification potential* (TAP)	kg SO_2-eq	Verzuring van de bodem door de depositie van zure stoffen zoals SO_2, NO_x en NH_3. Het verzurende effect wordt voor alle stoffen omgerekend naar het effect van SO_2.	Verzuring verandert de bodemchemie. Het leidt tot uitspoeling van essentiële voedingsstoffen en het vrijkomen van giftige metalen. Dit beschadigt wortelsystemen en zorgt ervoor dat gevoelige plantensoorten verdwijnen, wat de biodiversiteit aantast.
ZOETWATER VERMESTING	*Freshwater Eutrophication potential* (FEP)	kg P-eq	Toevoer van nutriënten naar zoetwatersystemen met een significante rol voor fosfor (P). Het effect wordt uitgedrukt in fosfaat-equivalenten (kg P-eq).	Een grote toevoer van nutriënten verstoort de natuurlijke verhoudingen en leidt tot algenbloei, wat kan leiden tot zuurstofarme zones en verlies aan biodiversiteit in water ecosystemen.
ZEEWATER VERMESTING	*Marine eutrophication potential* (MEP)	kg N-eq	Toevoer van nutriënten naar kust- en mariene systemen, met een significante rol voor stikstof (N). Het effect wordt uitgedrukt in stikstof-equivalenten (kg N-eq).	Een grote toevoer van nutriënten de natuurlijke verhoudingen en veroorzaakt algenbloei, wat kan leiden tot zuurstofarme zones en verlies aan mariene biodiversiteit.

Staat van de natuur indicatoren

Dit onderzoek maakt gebruik van state-of-nature (staat van de natuur) indicatoren. Deze indicatoren zijn opgeslagen op GIS-kaarten. De score op deze indicatoren is bepaald voor grote delen van de wereld. De auteurs van de kaarten zijn wetenschappers, het SBTN, en IBAT. IBAT bestaat uit een samenwerking van BirdLife International, Conservation International, IUCN en UNEP WCMC. Onderstaande tabel geeft een omschrijving van de verschillende indicatoren.

Thema	Staat van de Natuur kaart	Gerelateerde milieu-impact	Toelichting	Interpretatie: Laag risico	Interpretatie Hoog risico
Staat van de natuur: staat van het milieu-indicatoren					
WATER	**Water beschikbaarheid** SBTN State of Nature water Layers - Water Availability[160]	**WATER-GEBRUIK**	Risico's door waterbeschikbaarheid, op basis van een combinatie van regionale waterstress, water-uitputting en blauw waterschaarste.	Geen watertekorten in het productiegebied.	Grote watertekorten, waardoor ecosystemen onder druk komen te staan door uitdroging. De vraag naar water is structureel hoger dan het aanbod.
	Watervervuiling SBTN State of Nature water Layers - Water Pollution[160]	**ZOETWATER VERMESTING**	Risico voor watervervuiling door eutrofiëring: overmatige verrijking van voedingsstoffen. Dit wordt bepaald door (i) kustlijnvermesting, (ii) stikstofconcentratie en (iii) perifyton groeipotentieel.	Geen sprake van overmatige verrijking van het water met nutriënten.	Overmatige verrijking van water met voedingsstoffen, waardoor een explosieve groei van algen ontstaat die tot zuurstofgebrek en de dood van het waterleven leidt.
LAND	**Verandering landgebruik**[161] HILDA+ Global Land Use Change between 1960 and 2019	**LANDGEBRUIK**	Historische verandering van natuurlijk naar niet-natuurlijk landgebruik, tussen 2000 en 2019, uitgedrukt in het aandeel per productiegebied. • Voor hout: locaties met bossen. • Voor andere materialen: locaties van mijnen, met bufferzone van 1 km.	• Maximaal 1% productiegebied was in 2000 natuurlijk land. • Maximaal 1% productiegebied en omliggende omgeving is veranderd van natuurlijk naar niet-natuurlijk landgebruik	• Meer dan 15% productiegebied was in 2000 natuurlijk land. • Meer dan 15% productiegebied en omliggende omgeving is veranderd van natuurlijk naar niet-natuurlijk landgebruik
VERZURING	**Regionale planetaire grens voor stikstof** From planetary to regional boundaries for agricultural nitrogen pollution[162]	**BODEM-VERZURING**	Stikstofoverschot in vergelijking met lokale drempelwaarden, waarbij schade aan land- en waterecosystemen optreedt. Drempelwaarden zijn gehanteerd voor nitraat in het grondwater en eutrofiëring van ecosystemen.	Stikstofoverschot in het productiegebied blijft onder de kritische grens.	Stikstofoverschot in het productiegebied overschrijdt drempelwaarden, waardoor natuurschade optreedt, zoals verzuring en vermesting van de bodem en water.
Staat van de natuur: biodiversiteitsindicatoren					
BIO-DIVERSITEIT	**Bedreigde soorten** Species Threat Abatement (START)[163]	**LANDGEBRUIK**	Hoeveelheid van de wereldwijde populatie bedreigde soorten in een bepaald gebied. Een hoge score kan betekenen dat: • Er enkele zwaar bedreigde soorten aanwezig zijn in het gebied, of; • Er veel soorten aanwezig zijn in het gebied en in meer of mindere mate ook bedreigd zijn.	In een productiegebied leven geen of een klein deel van de wereldwijde populatie bedreigde soorten.	In een productiegebied leeft een groot deel van de wereldwijde populatie bedreigde soorten. Verstoring in deze gebieden leidt tot risico op uitsterven voor deze soorten.
	Ecologische intactheid Ecosystem Integrity Index (EII)[164]	**LANDGEBRUIK**	Maat voor de structuur, functie en samenstelling van een ecosysteem, vergeleken met een situatie waarin mensen het gebied niet verstoord hebben.	Ecosystemen zijn al enorm verstoord: laag risico op verdere natuurschade.	Ecosystemen zijn nog niet / nauwelijks verstoord: hoog risico op verdere natuurschade.

Tabel: Staat van de natuur indicatoren. Drempelwaarden voor de risicoscores.

Thema	Staat van de Natuur kaart	Zeer Laag	Laag	Gemiddeld	Hoog	Zeer Hoog
Staat van de natuur - milieu impact						
WATER	**Water beschikbaarheid** SBTN State of Nature water Layers - Water Availability[160]	1 *Risicoscore vastgesteld door het SBTN[160]*	2 *Risicoscore vastgesteld door het SBTN[160]*	3 *Risicoscore vastgesteld door het SBTN[160]*	4 *Risicoscore vastgesteld door het SBTN[160]*	5 *Risicoscore vastgesteld door het SBTN[160]*
	Watervervuiling SBTN State of Nature water Layers - Water Pollution[160]	1 *Risicoscore vastgesteld door het SBTN[160]*	2 *Risicoscore vastgesteld door het SBTN[160]*	3 *Risicoscore vastgesteld door het SBTN[160]*	4 *Risicoscore vastgesteld door het SBTN[160]*	5 *Risicoscore vastgesteld door het SBTN[160]*
LAND	**Verandering landgebruik** HILDA+ Global Land Use Change between 1960 and 2019[161]	<1% van het oppervlakte is veranderd van natuurlijke naar niet-natuurlijk landgebruik tussen 2000 en 2019.	1 >=, < 3 % van het oppervlakte is veranderd van natuurlijke naar niet-natuurlijk landgebruik tussen 2000 en 2019.	3>=, < 7% van het oppervlakte is veranderd van natuurlijke naar niet-natuurlijk landgebruik tussen 2000 en 2019.	7>=, < 15% van het oppervlakte is veranderd van natuurlijke naar niet-natuurlijk landgebruik tussen 2000 en 2019.	>=15% van het oppervlakte is veranderd van natuurlijke naar niet-natuurlijk landgebruik tussen 2000 en 2019.
VERZURING	**Regionale planetaire grens voor stikstof** From planetary to regional boundaries for agricultural nitrogen pollution[162]	< -80 N/ha/yr overschrijding	-80 <= -20 N/ha/yr overschrijding	l -20 <= + 20 N/ha/yr overschrijding	+20 <= +80 N/ha/yr overschrijding	> +80 N/ha/yr overschrijding
Staat van de natuur: biodiversiteitsindicatoren						
BIODIVERSITEIT	**Bedreigde soorten** Species Threat Abatement (START)[163]	Het interval 0-0.1 van START waarde	Het interval 0.1-1 van START waarde	Het interval 1-10 van START waarde	Het interval 10-100 van START waarde	Het interval 100-400 START waarde
	Ecologische intactheid Ecosystem Integrity Index (EII)[164]	Het interval 0.0-0.2 van EII waarde	Het interval 0.2-0.4 van EII waarde	Het interval 0.4-0.6 van EII waarde	Het interval 0.6-0.8 van EII waarde	Het interval 0.8-1.0 van EII waarde

BIJLAGE IV.

Achtergrondcijfers

De staat-van-de-natuur analyse leidt tot cijfers rondom de milieu-impact en natuurrisico's van de productie van Nederlandse bouwmaterialen. Omdat deze cijfers op zichzelf weinig zeggen, zijn deze niet in het hoofdrapport opgenomen. Om transparantie te bieden zijn deze wel als achtergrondinformatie in deze bijlage weergegeven.



Cijfers beton

Tabel: Milieu-impact door beton voor de Nederlandse bouwsector in 2023. Aandeel voor winning en transport/productie is ook gegeven.

		Zoetwater vermesting (kg P-eq)			Klimaatverandering (kg CO_2-eq)			Landgebruik (m2*a crop-eq)		
Materiaalvraag	Milieu effect	Aandeel per fase		Totale impact	Aandeel per fase		Totale impact	Aandeel per fase		Totale impact
Naam	Totale massa (kton)	Winning (%)	Transport & Productie (%)	(kg P-eq)	Winning (%)	Transport & Productie (%)	(kg CO_2-eq)	Winning (%)	Transport & Productie (%)	(m^2*a crop-eq)
CEM I	11.043,8	8,4%	91,6%	1,45E+05	3,8%	96,2%	1,26E+09	69,8%	30,2%	2,63E+07
CEM III/B	11.964,2	18,5%	81,5%	1,42E+05	14,4%	85,6%	5,76E+08	54,8%	45,2%	3,01E+07

		Zeewater vermesting (kg N-eq)			Bodemverzuring (kg SO_2-eq)			Watergebruik (m^3)		
Materiaalvraag	Milieu effect	Aandeel per fase		Totale impact	Aandeel per fase		Totale impact	Aandeel per fase		Totale impact
Naam	Totale massa (kton)	Winning (%)	Transport & Productie (%)	(kg N-eq)	Winning (%)	Transport & Productie (%)	(kg SO_2-eq)	Winning (%)	Transport & Productie (%)	(m^3)
CEM I	11.043,8	8,9%	91,1%	1,19E+04	11,7%	88,3%	1,89E+06	82,1%	17,9%	1,37E+07
CEM III/B	11.964,2	16,9%	83,1%	1,28E+04	17,2%	82,8%	1,93E+06	77,0%	23,0%	7,83E+06

Tabel: Staat van de natuur indicatorwaarde voor de winningsgebieden per land voor de grondstoffenwinning voor beton.

Land	Grondstof	Geïmporteerde massa (kton)	Waterbeschik-baarheid	Water-kwaliteit	Verzuring land	Verandering landgebruik	Bedreigde soorten	Ecologische intactheid
België	Grind	645	4	5	5	3	1	2
België	Zand	179	4	5	5	3	1	2
België	Kalksteen	891	5	5	5	3	2	3
Drenthe	Zand	214	3	5	5	2	2	3
Duitsland	Grind	4.303	3	5	4	2	3	2
Duitsland	Zand	1.621	3	5	4	2	3	2
Frankrijk	Kalksteen	58	4	5	4	4	4	4
Gelderland	Grind	538	2	5	5	2	2	2
Gelderland	Klei	577	2	5	5	1	2	2
Gelderland	Zand	2.363	2	5	5	2	2	2
Duitsland	Kalksteen	639	3	5	4	2	3	3
Groningen	Klei	9	0	0	0	0	0	0
Groningen	Zand	166	3	5	5	2	2	2
Limburg	Grind	4.411	4	5	5	2	1	2
Limburg	Klei	64	4	5	5	2	2	2
Limburg	Zand	2.392	4	5	5	2	1	2
Nederland	Kalksteen	194	2	5	5	1	1	2
Noord-Brabant	Grind	108	4	5	5	1	2	2
Noord-Brabant	Klei	37	4	5	5	2	2	2
Noord-Brabant	Zand	229	4	5	5	1	2	2
Overijssel	Grind	108	2	5	5	1	2	2
Overijssel	Klei	4	2	5	5	1	2	2
Overijssel	Zand	768	2	5	5	1	2	2
Spanje	Kalksteen	155	5	5	4	4	4	4
Uk/Noordzee	Grind	645	0	0	0	0	0	0
Uk/Noordzee	Zand	193	0	0	0	0	0	0
Utrecht	Klei	11	2	5	5	1	2	2

Cijfers staal

Tabel: Milieu-impact door staal voor de Nederlandse bouwsector in 2023. Aandeel voor winning en transport/productie is ook gegeven. (Opgesplitst in twee tabellen)

		Zoetwater vermesting (kg P-eq)			Klimaatverandering (kg CO_2-eq)			Landgebruik (m2*a crop-eq)		
Materiaalvraag	Milieu effect	Aandeel per fase		Totale impact	Aandeel per fase		Totale impact	Aandeel per fase		Totale impact
Naam	Totale massa (kton)	Winning (%)	Transport & Productie (%)	(kg P-eq)	Winning (%)	Transport & Productie (%)	(kg CO_2-eq)	Winning (%)	Transport & Productie (%)	(m^2*a crop-eq)
Bewapeningsstaal	587,9	10,1%	89,9%	5,63E+05	3,4%	96,6%	1,27E+09	16,2%	83,8%	2,24E+07
Buizen	123,8	1,1%	98,9%	6,38E+05	3,5%	96,5%	6,78E+08	40,4%	59,6%	2,35E+07
Constructiestaal en dikke beplating	587,9	7,7%	92,3%	7,55E+05	3,6%	96,4%	1,34E+09	20,7%	79,3%	2,76E+07
Dunne beplating	346,5	10,4%	89,6%	5,12E+05	4,3%	95,7%	7,60E+08	25,2%	74,8%	1,55E+07

Tabel: Milieu-impact door staal voor de Nederlandse bouwsector in 2023. Aandeel voor winning en transport/productie is ook gegeven. (Opgesplitst in twee tabellen)

		Zeewater vermesting (kg N-eq)			Bodemverzuring (kg SO_2-eq)			Watergebruik (m^3)		
Materiaalvraag	Milieu effect	Aandeel per fase		Totale impact	Aandeel per fase		Totale impact	Aandeel per fase		Totale impact
Naam	Totale massa (kton)	Winning (%)	Transport & Productie (%)	(kg N-eq)	Winning (%)	Transport & Productie (%)	(kg SO_2-eq)	Winning (%)	Transport & Productie (%)	(m^3)
Bewapeningsstaal	587,9	6,3%	93,7%	5,45E+04	8,0%	92,0%	3,18E+06	3,6%	96,4%	1,31E+07
Buizen	123,8	2,2%	97,8%	2,89E+04	6,8%	93,2%	2,47E+06	7,6%	92,4%	7,71E+06
Constructiestaal en dikke beplating	587,9	4,1%	95,9%	9,17E+04	7,5%	92,5%	3,66E+06	3,7%	96,3%	1,50E+07
Dunne beplating	346,5	14,3%	85,7%	2,20E+04	8,1%	91,9%	2,00E+06	6,9%	93,1%	5,39E+06

Tabel: Staat van de natuur indicatorwaarde voor de winningsgebieden per land voor de grondstoffenwinning voor staal.

Land	Grondstof	Geïmporteerde massa (kton)	Waterbeschik-baarheid	Water-kwaliteit	Verzuring land	Verandering landgebruik	Bedreigde soorten	Ecologische intactheid
Afghanistan	Koolsteen	< 0,01	5	3	3	1	2	4
Algerije	Ijzererts	0,12	4	5	3	1	3	3
Angola	Ijzererts	0,05	2	2	0	5	3	4
Australië	Koolsteen	36,66	3	2	3	2	4	3
Australië	Ijzererts	51,66	5	2	3	5	3	5
Australië	Ferronikkel	< 0,01	4	3	3	3	4	4
Oostenrijk	Ijzererts	24,63	2	4	4	3	3	3
Azerbeidzjan	Ijzererts	0,04	2	3	3	4	2	4
België	Kalksteen	178,07	4	5	5	3	2	2
Bhutan	Ijzererts	< 0,01	1	5	3	4	4	4
Bosnië En Herzegovina	Ijzererts	0,12	1	4	4	1	2	3
Brazilië	Ijzererts	511,46	1	3	2	4	4	4
Brazilië	Ferronikkel	50,00	1	1	2	3	4	5
Cambodja	Ijzererts	0,19	4	2	2	3	4	4
Kameroen	Ijzererts	0,48	2	2	3	2	4	5
Canada	Koolsteen	8,80	1	2	0	3	2	4
Canada	Ijzererts	282,25	1	3	0	4	2	4
Canada	Ferronikkel	0,11	1	2	3	3	3	4
Chili	Ijzererts	0,87	5	5	4	1	3	4
China	Koolsteen	7,66	4	4	5	1	3	2
China	Ijzererts	18,81	4	4	5	2	3	3
China	Ferronikkel	< 0,01	4	4	5	1	3	3
Colombia	Koolsteen	0,02	1	2	3	1	5	4
Colombia	Ijzererts	0,02	1	3	4	1	5	4
Colombia	Ferronikkel	16,57	2	2	2	2	5	3
Tsjechische Republiek	Koolsteen	7,33	3	4	4	4	2	2
Eswatini	Koolsteen	< 0,01	4	2	3	1	4	4
Frankrijk	Kalksteen	11,61	3	5	3	3	3	3
Gabon	Ijzererts	0,10	2	1	0	1	4	5
Duitsland	Kalksteen	127,75	3	5	4	2	3	3
Guatemala	Ferronikkel	0,48	2	2	2	3	5	3

Tabel: Staat van de natuur indicatorwaarde voor de winningsgebieden per land voor de grondstoffenwinning voor staal (vervolg).

Land	Grondstof	Geïmporteerde massa (kton)	Waterbeschik-baarheid	Water-kwaliteit	Verzuring land	Verandering landgebruik	Bedreigde soorten	Ecologische intactheid
India	Koolsteen	0,19	4	5	5	4	3	2
India	Ijzererts	15,40	4	4	5	5	4	3
India	Ferronikkel	< 0,01	4	4	4	4	4	2
Indonesië	Koolsteen	0,09	1	1	3	4	4	5
Indonesië	Ijzererts	0,17	1	1	3	2	5	3
Indonesië	Ferronikkel	0,27	1	1	3	5	4	4
Iran	Koolsteen	< 0,01	5	3	4	2	3	4
Iran	Ijzererts	2,22	5	3	4	1	2	4
Kazachstan	Koolsteen	0,13	4	3	3	1	2	3
Kazachstan	Ijzererts	1,58	3	3	3	1	2	3
Kazachstan	Ferronikkel	0,69	4	3	3	1	3	4
Laos	Ijzererts	0,14	4	1	3	1	4	5
Liberia	Ijzererts	39,78	3	2	3	2	5	4
Malawi	Koolsteen	< 0,01	1	3	2	4	5	5
Maleisië	Ijzererts	0,09	1	3	1	2	5	4
Mali	Ijzererts	0,12	4	3	3	1	2	1
Mauritanië	Ijzererts	39,78	5	3	0	1	2	4
Mexico	Ijzererts	0,92	4	2	3	4	4	3
Mexico	Ferronikkel	< 0,01	5	3	3	1	4	4
Mongolië	Koolsteen	0,31	5	4	3	1	2	5
Mongolië	Ijzererts	1,06	3	3	4	1	2	5
Marokko	Ijzererts	0,06	4	4	4	1	3	3
Mozambique	Koolsteen	0,02	1	3	3	1	3	4
Nederland	Kalksteen	38,71	2	5	5	1	1	2
Nieuw-Caledonië	Ferronikkel	11,55	1	1	3	1	5	1
Nieuw-Zeeland	Koolsteen	< 0,01	1	1	0	2	4	4
Nieuw-Zeeland	Ijzererts	0,20	1	3	2	3	4	1
Noord-Korea	Ijzererts	1,01	2	4	3	4	3	3
Noorwegen	Koolsteen	< 0,01	1	2	0	0	2	0
Noorwegen	Ijzererts	26,52	1	1	0	1	2	4
Pakistan	Ijzererts	0,12	5	3	0	1	3	5

Tabel: Staat van de natuur indicatorwaarde voor de winningsgebieden per land voor de grondstoffenwinning voor staal (vervolg).

Land	Grondstof	Geïmporteerde massa (kton)	Waterbeschik-baarheid	Water-kwaliteit	Verzuring land	Verandering landgebruik	Bedreigde soorten	Ecologische intactheid
Peru	Ijzererts	1,58	3	1	5	1	4	4
Filippijnen	Ijzererts	0,74	1	2	2	1	4	4
Filippijnen	Ferronikkel	0,15	2	3	2	1	5	3
Polen	Koolsteen	38,13	3	4	4	2	2	2
Republiek Congo	Ijzererts	0,06	1	2	3	1	2	1
Rusland	Koolsteen	13,20	3	2	3	2	2	4
Rusland	Ijzererts	10,94	3	2	3	2	2	3
Sierra Leone	Ijzererts	1,12	4	2	3	2	4	4
Zuid-Afrika	Koolsteen	0,26	5	2	3	1	3	4
Zuid-Afrika	Ijzererts	81,45	5	3	3	1	3	4
Zuid-Afrika	Ferronikkel	0,12	4	3	3	1	4	3
Zuid-Korea	Ijzererts	0,10	4	5	3	4	3	4
Spanje	Ijzererts	0,02	5	5	4	1	4	4
Spanje	Kalksteen	30,97	5	5	4	3	3	4
Zweden	Ijzererts	448,94	1	2	0	4	3	4
Tadzjikistan	Koolsteen	< 0,01	3	3	3	1	3	4
Tanzania	Koolsteen	< 0,01	2	3	3	1	3	4
Thailand	Ijzererts	0.08	4	2	3	1	2	2
Tunesië	Ijzererts	0,23	3	5	3	1	2	3
Turkije	Koolsteen	< 0,01	3	2	4	1	3	1
Turkije	Ijzererts	1,12	3	3	3	5	3	4
Oekraïne	Koolsteen	< 0,01	4	4	3	2	1	2
Oekraïne	Ijzererts	229,21	2	5	3	1	3	2
Oekraïne	Ferronikkel	0,64	3	4	3	2	3	2
Verenigd Koninkrijk	Koolsteen	< 0,01	2	5	3	5	2	3
Verenigde Staten	Koolsteen	30,79	2	3	4	2	4	4
Verenigde Staten	Ijzererts	1,99	2	4	3	1	3	4
Verenigde Staten	Ferronikkel	< 0,01	3	3	4	3	3	4
Venezuela	Koolsteen	0,04	5	3	3	1	4	4

Cijfers asfalt

Tabel: Milieu-impact door asfalt voor de Nederlandse bouwsector in 2023. Aandeel voor winning en transport/productie is ook gegeven. (Opgesplitst in twee tabellen)

		Zoetwater vermesting (kg P-eq)			Klimaatverandering (kg CO_2-eq)			Landgebruik (m2*a crop-eq)		
Materiaalvraag	Milieu effect	Aandeel per fase		Totale impact	Aandeel per fase		Totale impact	Aandeel per fase		Totale impact
Naam	Totale massa (kton)	Winning (%)	Transport & Productie (%)	(kg P-eq)	Winning (%)	Transport & Productie (%)	(kg CO_2-eq)	Winning (%)	Transport & Productie (%)	(m^2*a crop-eq)
Bind/base	6.091,4	10,9%	89,1%	7,98E+04	31,4%	68,6%	3,22E+08	37,6%	62,4%	1,51E+07
Steengranulaat	1.015,2	20,9%	79,1%	1,84E+04	51,6%	48,4%	1,11E+08	35,4%	64,6%	2,76E+06
Surface	1.624,4	21,8%	78,2%	2,75E+04	48,9%	51,1%	1,53E+08	37,2%	62,8%	4,44E+06

Tabel: Milieu-impact door staal voor de Nederlandse bouwsector in 2023. Aandeel voor winning en transport/productie is ook gegeven. (Opgesplitst in twee tabellen)

		Zeewater vermesting (kg N-eq)			Bodemverzuring (kg SO_2-eq)			Watergebruik (m^3)		
Materiaalvraag	Milieu effect	Aandeel per fase		Totale impact	Aandeel per fase		Totale impact	Aandeel per fase		Totale impact
Naam	Totale massa (kton)	Winning (%)	Transport & Productie (%)	(kg N-eq)	Winning (%)	Transport & Productie (%)	(kg SO_2-eq)	Winning (%)	Transport & Productie (%)	(m^3)
Bind/base	6.091,4	53,8%	46,2%	1,00E+04	12,4%	87,6%	1,33E+06	79,5%	20,5%	2,37E+06
Steengranulaat	1.015,2	80,8%	19,2%	3,97E+03	21,2%	78,8%	3,86E+05	64,7%	35,3%	6,02E+05
Surface	1.624,4	78,6%	21,4%	5,24E+03	20,9%	79,1%	5,50E+05	74,1%	25,9%	9,14E+05

Tabel: Staat van de natuur indicatorwaarde voor de winningsgebieden per land voor de grondstoffenwinning voor asfalt.

Land	Grondstof	Geïmporteerde massa (kton)	Waterbeschik-baarheid	Water-kwaliteit	Verzuring land	Verandering landgebruik	Bedreigde soorten	Ecologische intactheid
België	Zand	30	4	5	2	3	1	2
België	Kalksteen	111	5	5	3	3	2	3
Drenthe	Zand	36	3	5	3	2	2	3
Duitsland	Zand	274	3	5	2	2	3	2
Frankrijk	Kalksteen	7	4	5	4	4	4	4
Gelderland	Zand	400	2	5	2	2	2	2
Duitsland	Kalksteen	80	3	5	3	2	3	3
Groningen	Zand	28	3	5	2	2	2	2
Limburg	Zand	405	4	5	2	2	1	2
Nederland	Kalksteen	24	2	5	2	1	1	2
Noord-Brabant	Zand	39	4	5	2	1	2	2
Overijssel	Zand	130	2	5	2	1	2	2
Spanje	Kalksteen	19	5	5	4	4	4	4

Cijfers hout

Tabel: Milieu-impact door hout voor de Nederlandse bouwsector in 2023. Aandeel voor winning en transport/productie is ook gegeven. (Opgesplitst in twee tabellen)

		Zoetwater vermesting (kg P-eq)			Klimaatverandering (kg CO_2-eq)			Landgebruik (m2*a crop-eq)		
Materiaalvraag	Milieu effect	Aandeel per fase		Totale impact	Aandeel per fase		Totale impact	Aandeel per fase		Totale impact
Naam	Totale massa (kton)	Winning (%)	Transport & Productie (%)	(kg P-eq)	Winning (%)	Transport & Productie (%)	(kg CO_2-eq)	Winning (%)	Transport & Productie (%)	(m^2*a crop-eq)
Fineer	1,2	14,8%	85,2%	2,93E+01	38,0%	62,0%	1,05E+05	98,7%	1,3%	1,45E+06
Gezaagd loofhout	21,8	13,2%	86,8%	6,04E+02	35,4%	64,6%	2,07E+06	98,4%	1,6%	2,67E+07
Gezaagd naaldhout	244,1	11,6%	88,4%	8,38E+03	36,8%	63,2%	2,82E+07	98,7%	1,3%	3,66E+08
Gezaagd tropisch hout	17,2	9,6%	90,4%	5,15E+02	48,9%	51,1%	4,48E+06	99,9%	0,1%	1,82E+08
Osb	32,4	2,2%	97,8%	5,13E+03	9,7%	90,3%	1,25E+07	99,5%	0,5%	4,73E+07
Schrijn- en timmerwerk	39,0	12,2%	87,8%	1,48E+03	35,2%	64,8%	4,96E+06	98,5%	1,5%	6,02E+07
Spaanplaat	58,1	0,6%	99,4%	7,16E+03	2,4%	97,6%	2,08E+07	97,0%	3,0%	1,81E+07
Triplex	29,3	1,6%	98,4%	1,06E+04	5,8%	94,2%	2,61E+07	99,1%	0,9%	5,35E+07
Vezelplaat	65,9	0,5%	99,5%	1,78E+04	1,8%	98,2%	5,23E+07	97,0%	3,0%	3,60E+07

Tabel: Milieu-impact door hout voor de Nederlandse bouwsector in 2023. Aandeel voor winning en transport/productie is ook gegeven. (Opgesplitst in twee tabellen)

		Zeewater vermesting (kg N-eq)			Bodemverzuring (kg SO_2-eq)			Watergebruik (m^3)		
Materiaalvraag	Milieu effect	Aandeel per fase		Totale impact	Aandeel per fase		Totale impact	Aandeel per fase		Totale impact
Naam	Totale massa (kton)	Winning (%)	Transport & Productie (%)	(kg N-eq)	Winning (%)	Transport & Productie (%)	(kg SO_2-eq)	Winning (%)	Transport & Productie (%)	(m^3)
Fineer	1,2	62,1%	37,9%	6,33E+00	24,4%	75,6%	4,22E+02	18,1%	81,9%	1,27E+03
Gezaagd loofhout	21,8	60,1%	39,9%	1,24E+02	22,0%	78,0%	8,55E+03	19,0%	81,0%	2,29E+04
Gezaagd naaldhout	244,1	54,4%	45,6%	1,53E+03	23,5%	76,5%	1,13E+05	14,4%	85,6%	2,82E+05
Gezaagd tropisch hout	17,2	28,2%	71,8%	7,87E+01	23,1%	76,9%	2,07E+04	14,7%	85,3%	1,02E+04
Osb	32,4	4,6%	95,4%	1,92E+03	5,6%	94,4%	5,38E+04	5,4%	94,6%	8,09E+04
Schrijn- en timmerwerk	39,0	57,4%	42,6%	2,73E+02	22,0%	78,0%	2,06E+04	16,5%	83,5%	4,76E+04
Spaanplaat	58,1	2,0%	98,0%	1,90E+03	1,5%	98,5%	7,75E+04	0,4%	99,6%	4,47E+05
Triplex	29,3	9,8%	90,2%	1,50E+03	3,2%	96,8%	1,27E+05	0,9%	99,1%	8,84E+05
Vezelplaat	65,9	1,8%	98,2%	3,92E+03	1,1%	98,9%	2,02E+05	0,3%	99,7%	1,14E+06

Tabel: Staat van de natuur indicatorwaarde voor de bosgebieden per land.

Land	Geïmporteerde massa (kton)	Waterbeschik-baarheid	Water-kwaliteit	Verzuring land	Verandering landgebruik	Bedreigde soorten	Ecologische intactheid
Australië	0,04	3	3	3	2	4	5
Wit-Rusland	19,02	1	4	4	2	3	3
België	61,97	4	5	5	3	2	3
Brazilië	7,96	1	1	3	3	4	5
Kameroen	2,13	2	2	3	2	5	5
Canada	1,53	1	2	3	2	2	5
Chili	5,37	2	2	3	2	4	4
China	7,09	2	3	5	2	4	4
Cyprus	0,32	4	5	3	4	2	3
Estland	6,86	2	3	5	3	2	4
Finland	31,50	1	2	4	3	2	4
Frankrijk	19,04	3	5	4	3	3	3
Gabon	2,13	1	1	3	2	4	5
Duitsland	119,58	3	5	4	2	3	3
Indonesië	11,98	1	1	3	4	4	4
Letland	6,86	1	4	4	4	2	4
Litouwen	24,59	2	4	3	3	2	3
Maleisië	10,91	1	2	1	3	5	4
Marokko	1,21	5	5	3	2	4	4
Nieuw-Zeeland	4,20	1	2	3	3	4	5
Polen	20,84	2	4	4	2	3	3
Portugal	9,25	4	4	3	4	4	3
Rusland	19,02	2	2	3	2	2	5
Spanje	9,25	4	4	3	3	4	4
Zweden	67,43	1	2	4	3	2	4
Nederland	35,90	3	5	5	2	2	2
Turkije	0,64	4	3	3	3	4	3
Uruguay	1,39	2	2	3	3	4	4

BIJLAGE V.
Bronvermelding

1. **UNEP** (2024). Navigating new horizons: a global foresight report on planetary health and human wellbeing

2. **UN Environment Programme** (2022). Kunming-Montreal Global Biodiversity Framework

3. **Rli** (2023). Goed water, goed geregeld

4. **PBL** (2016). Natuurlijk kapitaal: naar waarde geschat

5. **IUCN et al.** (2025). Manifest Netto Natuurwinst

6. **Crutzen et al.** (2002). The Anthropocene

7. **Elhacham et al.** (2020). Global human-made mass exceeds all living biomass

8. **Circle Economy** (2023). Global Circularity Gap Report 2023

9. **Rockström et al.** (2009). Planetary Boundaries: Exploring the Safe Operating Space for Humanity

10. **Findlay et al.** (2025). Ocean Acidification: Another Planetary Boundary Crossed

11. **Steffen et al.** (2015). Planetary boundaries: Guiding human development on a changing planet

12. **PBScience** (2025). Planetary Health Check 2025

13. **Rockström et al.** (2024). Planetary Boundaries guide humanity's future on Earth

14. **Aligned Incentives** (2024). Understanding TNFD and SBTN: Corporate nature and biodiversity frameworks

15. **SBTN** (2026). Why biodiversity matters and how SBTN helps

16. **TNO** (2025). Houtbouw in Nederland; de stand van zaken

17. **EIB & Structural Collective** (2026). Materiaalstromen en milieubelasting in de bouw en infra

18. **Aangevuld op basis van PBL** (2017). Wat is biodiversiteit?

19. **SBTN** (2026). Step 1b - Value chain assessment | webpagina

20. **EcoQuery v.3.11** (2024). Reinforcing steel production

21. **SBTN** (2026). Step Up For Nature | webpagina

22. **Betonhuis** (2025). Betonhuis Ledenkaart

23. **Betonhuis** (2024). Cement en Bindmiddelen

24. **Cement & Beton Centrum** (2024). Hoogovenslak versus staalslak

25. **Cement & Beton Centrum** (2024). Tabel van alle cementen in EN 197-1, EN 197-5 en EN 197-6.

26. **Betonakkoord** (2024). Monitoringstool betonindustrie 2023

27. **CBS** (2024). Cijfers winning oppervlaktedelfstoffen Nederland

28. **PBL** (2023). Kenmerken, voorraad en materiaalketens van de bouw

29. **EenVandaag** (2022). Komt woningbouw in gevaar door te weinig grind en zand? 'Provincies geven niet genoeg vergunningen af voor winning'

30. **Overheid.nl** (2003). Vaststelling van de begrotingsstaat van het Ministerie van Verkeer en Waterstaat (XII) voor het jaar 2003

31. **World Economic Forum** (2023). Net-zero Industry Tracker - insight report

32. **World Economic Forum** (2022). Net-zero Industry Tracker - Cement Industry

33. **NMD** (2025). NL-PCR cement V1.0 mei 2025

34. **IUCN** (2026). IUCN Red List of Threatened Species | online

35. **CBS** (2022). Watergebruik Thuis (WGT)

36. **VITO** (2004). Beste Beschikbare Technieken (BBT) voor de ontginning van zand, grind, leem en klei

37. **Grondwaterformules** (2026). Stroming naar een zandwinplas | webpagina

38. **H2O Online** (2016). Zand- en grindwinputten: meer dan een groot gat in de grond

39. **Natuurmonumenten** (n.d.). Stop de watercrisis in Limburg

40. **Waterschap Limburg** (2026). Nutriëntenkaart

41. **RAVON** (2018). Rampscenario beekvissen voltrekt zich.

42. **Kennisportaal Klimaatadaptatie** (2026). Wat zijn de gevolgen van toenemende droogte? | webpagina

43. **Ecoquery v.3.11,** (2024). Sand quarry operation, extraction from river bed

44. **De Correspondent** (2020). Zand is het fundament van onze steden, maar de winning ervan verwoest de natuur. Dit project laat zien hoe het anders kan

45. **UNDRR** (2025). Sand Mining

46. **Koehnken et al.** (2020). Impacts of riverine sand mining on freshwater ecosystems: A review of the scientific evidence and guidance for future research

47. **UKGBC** (2026). Aggregates | webpagina

48. **Vliegenthart & Van der Zee,** (2018). Delfstofwinning en natuur

49. **Peng et al.** (2025). Kinetic simulation of NOx reduction in cement pre-calciner environment: Synergistic effect of multi-reductant, catalytic effect of raw meal, and their reaction mechanism

50. **Ketenoverleg Duurzame Metaalbouw** (2024). Feiten & Cijfers Duurzame Metaalbouw

51. **SteelConstruction,** (n.d.). Summary of reuse and recycling rate from 2012 Eurofer survey

52. **Panigrahi** (2006). Microstructures and properties of low-alloy fire resistant steel

53. **Bouwakkoord Staal** (2023). Ketenbrede afspraken naar een circulaire economie: Roadmap met handelingsperspectieven richting 2030 (Versie 7)

54. **MDPI** (2018). Management of Lime in Steel

55. **European commission** (2018). Competitiveness of the European Cement and Lime Sectors

56. **CBS** (2025). Import uit Oekraïne stijgt weer richting vooroorlogs niveau

57. **European Commission** (2020). Study on the EU's list of Critical Raw Materials

58. **European Commission** (2025). Forging a more circular and sustainable EU steel industry

59. **NRC** (2024). Schroot gaat niet zomaar meer op de schroothoop: waarom metaalafval van cruciaal belang is voor de energietransitie

60. **Nature** (2024). A comparative study on the effectiveness of pollutants control measures adopted in the steel industry to reduce workplace and environmental exposure: a case study

61. **Compendium voor de Leefomgeving** (2022). Stikstofoxiden in lucht, 1992-2020

62. **Tata Steel Nederland** (2024). Feiten over Tata Steel en zoetwaterverbruik

63. **Omgevingsdienst Noordzeekanaalgebied** (2025). Zeer Zorgwekkende Stoffen

64. **Wangt et al.** (2021). Effect of Environmental Factors on Soil Nutrient Loss under Conditions of Mining Disturbance in a Coalfield

65. **Brooks et al.** (2019). Excess nitrate export in mountaintop removal coal mining watersheds

66. **Amnesty** (2025). Philippines: Nickel mining projects approved despite inadequate consultation and serious risks to communities' health and environment

67. **Eigen berekning o.b.v. parameters uit Zhang et al** (2025). Nickel extraction from nickel laterites: Processes, resources, environment and cost

68. **One Earth** (2024). Nickel mining reduced forest cover in Indonesia but had mixed outcomes for well-being

69. **TVP World** (2025). Czech Republic leaves Poland alone in EU by ending hard coal mining

70. **Notes from Poland** (2025). Polish government approves bill facilitating coal mine closures and compensation for miners

71. **Nature** (2025). Long-term analysis of land cover changes resulting from mining activities: Strzelin case study (S–W Poland)

72. **IEEFA** (2024). Indonesia's nickel companies: The need for renewable energy amid increasing production

73. **Global Ecology and Conservation** (2020). Deforestation on the Indonesian island of Sulawesi and the loss of primate habitat

74. **IUCN** (2025). Nickel mining on Sulawesi overlaps with globally important biodiversity areas, new research shows

75. **Greven, S.X.** (2013). Waarom S235 achterhaald is Bouwen met Staal

76. **IEEAF** (2022). The facts about steelmaking Steelmakers seeking Green steel

77. **TNO** (2026). SEWGS: Sorption Enhanced Water Gas Shift TNO

78. **Milieudatabase** (2022). Product Category Rules voor bitumineuze materialen in verkeersdragers en waterwerken in Nederland ("PCR Asfalt")

79. **Gruber H. and Hofko B.** (2023). Life Cycle Assessment of Greenhouse Gas Emissions from Recycled Asphalt Pavement Production

80. **GWW Totaal** (2025). Warm mix asfalt de norm

81. **Stichting Nationale Milieudatabase** (2022). PCR Asfalt: Product Category Rules voor bitumineuze materialen in verkeersdragers en waterwerken in Nederland (Versie 2.0)

82. **EIB en Witteveen+Bos** (2023). Scenariostudie Grondstoffenwinning

83. **CBS Statline** (2025). Internationale handel; aardolie, aardolieproducten; aanvoer en afvoer, land

84. **TNO** (2020). LCA Achtergrondrapport voor brancherepresentatieve Nederlandse asfaltmengsels 2020

85. **Omgevingsdienst** (2024). Omgevingsdienst NL Adviesdocument asfaltcentrales

86. **Lui et al.** (2020). Life cycle assessment of petroleum refining process: A case study in China

87. **Morsali S.** (2018). A novel perspective to bitumen refineries life cycle assessment and processes emissions

88. **Mononen et al.** (2022). Social and environmental impacts of mining activities in the EU

89. **Single.Earth** (2022). Introducing the Ecosystem Integrity Index (EII) by Single.Earth

90. **EcoQuery v3.11** (2024). Gravel production, crushed

91. **Probos** (2024). Engineered Wood Products in 2024

92. **Built By Nature** (2023). Impact scan for timber construction in Europe

93. **Houtwereld** (2025). Nieuwe cijfers EWP, met een paar vraagtekens

94. **Probos** (2023). Engineered Wood Products in 2023

97. **Circulaire Bouweconomie** (2023). Herkomst hout voor de bouw: uitleg infographics

98. **Probos** (2023). Marktmeting duurzaam geproduceerd hout op de Nederlandse markt 2023

99. **EcoQuery v3.11** (2024). Hardwood forestry, azobe, sustainable forest management

100. **EcoQuery v3.11** (2024). Hardwood forestry, oak, sustainable forest management

101. **Climatescorecard** (2024). Indonesia's Forests: A Critical Biodiversity and Carbon Hub , Global forest watch

102. **Diverse NGO's** (2025). International NGO response to Finnish and Swedish Prime Minister statements on LULUCF

103. **Roberts et al.** (2018). Europe's lost forests: a pollen-based synthesis for the last 11,000 years

104. **Ministerie van LVVN** (2025). Sweden's forestry sector

105. **Skogsstyrelsen** (2023). Urban forest statistics

106. **Mikolas et al.** (2023). Protect old-growth forests in Europe now

107. **Pascual et al.** (2026). Higher carbon storage in primary than secondary boreal forests in Sweden

108. **Matias G., Cagnacci F., Rosalino L.M.** (2024). Forest Certification Effects on Biodiversity

109. **Yoh et al.** (2024). Impacts of logging and conservation in Gabon

110. **Zwerts et al.** (2024). FSC-certified forest management benefits large mammals

111. **Barlow et al.** (2007). Quantifying the biodiversity value of tropical forests

112. **WWF** (2019). Responsible forest management in the Peruvian Amazon

113. **Di Girolami E., Arts B.** (2018). Environmental impacts of forest certifications

114. **FSC** (2026). Pesticides Policy | website

115. **Wolff and Schweinle** (2022). Effectiveness and Economic Viability of Forest Certification

116. **FSC** (2022). Communities at the heart of sustainable forestry in Guatemala

117. **WWF** (2024). FSC-certified tropical forests help wildlife thrive

118. **WWF** (2026). Forest certification | website

119. **TraceX Technologies** (2024). How to Build a Reliable Chain of Custody in EUDR Compliance

120. **Metabolic Institute & Stichting Probos** (2026). Maximizing the carbon storage potential of wood

121. **Höglmeier et al.** (2015). Evaluation of wood cascading

122. **EcoInvent v3.11,** (2024). Electricity production for natural gas, hard coal, photovoltaic roof, photovoltaic open ground, wind onshore, wind offshore, hydro.

123. **Buyer Group Duurzame Zonnepanelen,** (2024). Gids 3: Duurzaamheidsaspecten en marktscan duurzamere zonnepanelen

124. **Copper8 & Metabolic** (2024). CO_2-impact van de Nederlandse bouw

125. **CityFörster, PosadMaxwan & Gemeente Rotterdam** (2026). Carbon-based urbanism

126. **Platform31** (2021). Beter benutten bestaande woningbouw

127. **DGBC, Platform Woonopgave & Platform31** (2025). Eerlijk wonen

128. **CE Delft** (2020). Milieuprijzen als weegfactor in de beoalingsmethode milieuprestatie bouwwerken

129. **Europese Commissie** (2023). Energy Performance of Buildings Directive - IV

130. **Rijksoverheid** (2025). Besluit Ministerraad: Minimale milieuprestatie-eisen voor grond-, weg- en waterbouw

131. **DGBC** (2021). Rekenprotocol Paris Proof Materiaalgebonden

132. **Cirkelstad** (2024). Het Nieuwe Normaal: Leidraad HNN Gebouw

133. **Europese Commissie** (2026). EU ETS emissions cap | website

134. **Cirkelstad** (2026). Het Nieuwe Normaal Leidraad Nieuwbouw 1.2

135. **Rijksoverheid** (2025). Nationaal Programma Circulaire Economie 2025

136. **STEC** (2023). De potentie van splitsen en optoppen

137. **Fred Feddes** (2026). Beter dan sloop: een blijvende toekomst met duurzame bebouwing

138. **RIi** (2025). Bouwen met toekomst: werken aan woningen van duurzame materialen

139. **Urban Climate Architects, BURA & LEVS** (2026). Low-carbon Urbanism

140. **Platform Woonopgave** (2025). Actie-agenda Platform Woonopgave

141. **SBRCURnet** (2015). Praktijkboek Passiefbouwen

142. **Witteveen+Bos** (2018). Circulair ontwerpen in het MIRT-proces

143. **Nationale Klimaatraad** (2026). Kiezen of verliezen: naar een industrie die past in een toekomstbestendig Nederland

144. **DGBC** (2025). Position paper Whole Life Carbon

145. **Europese Commissie** (2026). Industrial Accelerator Act

146. **Ministerie van I&W** (2024). Kamerbrief Toelichting Circulair Klimaatbeleid

147. **NEPROM** (2024). Quick Carbon Indicator: methodedocument

148. **Brightway Developers** (2026). Brightway LCA Software Framework

149. **EcoQuery v3.11** (2024). Iron ore beneficiation

150. **CE Delft** (2017). Klimaatimpact van betongebruik in de Nederlandse bouw

151. **Probos** (2023). Herkomst hout voor Nederlandse bouw in beeld

152. **Probos** (2013). Methode voor het bepalen van het aandeel duurzaam geproduceerd hout op de Nederlandse markt

153. **CBS StatLine** (2025). Border crossing; SITC (5 digit, 00-43)

154. **SCRREEN2** (2023). Factsheet Iron Ore

155. **SCRREEN2** (2023). Factsheet Coking Coal

156. **CBS StatLine** (2025). Winning, invoer en uitvoer van materialen naar soort; nationale rekeningen

157. **World Bank** (2026). WorldBankferro-nickel

158. **CBS StatLine** (2021). Winning oppervlaktedelfstoffen, 2017-2021

159. **Hansen et al.** (2013). Global Forest Change

160. **SBTN** (2026). State of Nature water Layers - Water Availability | website

161. **Wageningen University & Research** (2020). HILDA+ Global Land Use Change between 1960 and 2019

162. **Schulte-Uebbing et al.** (2022). From planetary to regional boundaries for agricultural nitrogen pollution

163. **IBAT** (2021). Species Threat Abatement and Restoration (STAR) data layer

164. **Harrison et al.** (2022). The Ecosystem Integrity Index: a novel measure of terrestrial ecosystem integrity & Introducing the Ecosystem Integrity Index (EII) by Single.Earth



Structural Collective

Copper(8)