



Universiteit
Leiden
The Netherlands

Sheltering 10 billion people in a warming and resource-scarce world: challenges and opportunities

Zhong, X.

Citation

Zhong, X. (2023, June 7). *Sheltering 10 billion people in a warming and resource-scarce world: challenges and opportunities*. Retrieved from <https://hdl.handle.net/1887/3620017>

Version: Publisher's Version

License: [Licence agreement concerning inclusion of doctoral thesis in the Institutional Repository of the University of Leiden](#)

Downloaded from: <https://hdl.handle.net/1887/3620017>

Note: To cite this publication please use the final published version (if applicable).

Samenvatting

Onderdak is een essentiële menselijke behoefte en is bepalend voor het welzijn en de gezondheid. We staan echter voor veel uitdagingen bij het bieden van woningen en kantoren voor iedereen op deze snel veranderende planeet. In de 21e eeuw zullen klimaatverandering, grondstoffencrises en bevolkingsuitbreiding samenkomen om de bestaande uitdagingen te verergeren. We moeten deze problemen beter begrijpen en aanpakken. De overkoepelende onderzoeksvraag van dit proefschrift luidt dan ook:

Wat zijn de belangrijkste uitdagingen en kansen bij het bieden van fatsoenlijke onderdak voor bijna 10 miljard mensen in een opwarmende en grondstoffenschaarse wereld?

Daartoe zet dit proefschrift de eerste stappen in het verkennen van verschillende belangrijke elkaar versterkende uitdagingen met betrekking tot grondstoffenschaarste, opwarming van de aarde en natuurlijke gevaren. Concreet worden in hoofdstuk 2 tot en met 5 respectievelijk vier deelvragen (DV) onderzocht.

DV1. Hoe zou de vraag naar bouwzand zich in de toekomst kunnen ontwikkelen in het licht van een zich ontplooiende zandcrisis en hoe kunnen we deze vraag verminderen, de milieueffecten gerelateerd aan zandwinning beperken en toch de behoefte aan woonruimte realiseren ?

Hoofdstuk 2 verkent toekomstige trends van het gebruik van bouwzand in het licht van de zich ontplooiende wereldwijde zandcrisis. Er wordt een dynamisch bouwzandmodel ontwikkeld en verschillende scenario's worden besproken. De resultaten tonen aan dat onder een gemiddeld basisscenario het wereldwijde gebruik van bouwzand (voor het maken van beton en glas) tussen 2020 en 2060 met 45% toeneemt. Regionale trends variëren aanzienlijk met bijna 300% toename in regio's met een laag- en onder-middeninkomen en een lichte daling in regio's met hogere inkomens. Toenemende efficiëntie van materiaalgebruik zou de cumulatieve bouwzandbehoefte wereldwijd bijna kunnen halveren. Maar zelfs bij hoge efficiëntie zullen de Afrikaanse regio's met de laagste inkomens hun vraag naar bouwzand in 2060 moeten verdubbelen ten opzichte van 2020.

Internationale samenwerking op het gebied van investeringen, technologie en kennis is van groot belang om deze problemen aan te pakken.

DV2. Hoe kunnen broeikasgasemissies gerelateerd aan bouwmaterialen zich in de toekomst ontwikkelen, hoe kunnen we deze emissies verminderen door middel van materiaal-efficiëntiestrategieën, en wat betekent dit voor wereldwijde klimaatdoelstellingen?

Hoofdstuk 3 onderzoekt de moeilijk te verminderen emissies van de productie van bouwmaterialen. Het beoordeelt de veranderingen in de uitstoot van broeikasgassen (BKG) door de productie van verschillende bouwmaterialen (staal, beton, baksteen, aluminium, koper, glas en hout) in residentiële en commerciële gebouwen in 26 mondiale regio's. De resultaten tonen een continue toename van de uitstoot van 3,5 naar 4,6 Gt CO₂eq per jaar tussen 2020-2060 onder een basisscenario, met een verschuiving van regio's met een hoog- en boven-middeninkomen naar regio's met een laag- en onder-middeninkomen, als gevolg van economische, bevolkings- en verstedelijkingstrends. Bijna de helft van deze emissies kan worden vermeden door strategieën voor materiaalefficiëntie op mondiaal niveau op te schalen in een scenario met hoge efficiëntie. Echter, zelfs onder dit scenario zijn de verwachte emissies van bouwmaterialen nog steeds hoger dan wat verenigbaar zou zijn met de klimaatdoelstelling van 1,5 °C (als het resterende wereldwijde koolstofbudget proportioneel over sectoren wordt verdeeld). Bij gebrek aan fundamentele veranderingen in productieprocessen, zullen in de tweede helft van de eeuw waarschijnlijk technologieën voor negatieve emissies nodig zijn om procesgerelateerde emissies die moeilijk te vermijden zijn, te compenseren.

DV3. Wat zijn de wereldwijde trends in de energie-intensiteit van residentiële en commerciële gebouwen in relatie tot economische ontwikkeling en wat zijn de implicaties voor energiebesparing?

Hoofdstuk 4 onderzoekt de trends van energie-intensiteit (energiegebruik per vloeroppervlak) in de wereldwijde gebouwenvoorraad. De resultaten tonen aan dat de energie-intensiteit van woningen wereldwijd aanzienlijk is afgenomen (van 897 naar 476 MJ/m² tussen 1971 en 2014), met duidelijke verschillen tussen regio's en inkomensgroepen. Hoewel de meeste regio's met hoge inkomens en

boven-middeninkomens een dalende energie-intensiteit en een sterke ontkoppeling met economische groei zien, is het potentieel voor verdere efficiëntieverbetering beperkt als geen verdere sociaaleconomische en technologische verschuivingen plaatsvinden. Regio's met een onder-middeninkomen, die vaak over het hoofd worden gezien in analyses, zullen grote toekomstige potentiële energiebesparingen zien door vermindering van energie-intensiteit van residentiële gebouwen. Hoewel de energie-intensiteit van commerciële gebouwen veel hoger is dan die van residentiële gebouwen, vertoont deze ook wereldwijd een dramatische daling, met grotere verschillen tussen regio's met verschillende inkomens dan die in de residentiële sector. Vanwege het grote potentieel voor vermindering van de energie-intensiteit en de snelle groei van de vloeroppervlakte, zijn commerciële gebouwen steeds belangrijker voor energiebesparing in de toekomst.

DV4. Onder huidige en toekomstige klimatologische omstandigheden, welke voorraden aan gebouwen en materialen lopen een risico op destructie door overstromingen van rivieren hoeveel 'embodied' emissies zijn met dit materiaalverlies gemoeid?

Hoofdstuk 5 brengt in kaart hoe verschillende soorten bouwmaterialen (beton, staal, koper, aluminium, hout en glas) in 49 Europese landen/regio's het risico lopen verloren te gaan als gevolg van overstromingen in rivier- en kustgebieden. De resultaten tonen aan dat momenteel bijna 11,7 Gt bouwmaterialen (circa 11,6% van de totale bouwmaterialen voorraad) is blootgesteld aan een risico op overstromingen die zich gemiddeld eens in de honderd jaar voordoen. Landen die het grootste risico lopen zijn Italië, Frankrijk en Nederland, die over het algemeen grote bouwvoorraden hebben opgebouwd langs lange kustlijnen en rivieroeveren of in laaggelegen gebieden. Veranderingen in klimaat en landgebruik kunnen aanzienlijke gevolgen hebben voor de overstromingsrisico's. De Verwachte jaarlijkse schade (VJS) is circa 329 Mt aan verloren materiaal bij afwezigheid van bescherming tegen overstromingen. De vervanging van deze materialen zou ongeveer 106 miljoen ton CO₂eq aan broeikasgasemissies veroorzaken. Door potentiële overstromingsbeschermingsnormen in te voeren, zouden deze 'embodied' emissies met ca. 92% of 100 MtCO₂eq kunnen worden verminderd, bijna 20% van de huidige jaarlijkse aan bouwmaterialen gerelateerde emissies in

Europa. In een klimaatscenario met hoge koolstofemissies (RCP 8.5, inclusief bodemdaling) zonder rekening te houden met bescherming tegen overstromingen, moet er een hoeveelheid materiaal vervangen worden waarvan de productie gelijk staat aan 180 Mt CO₂eq per jaar in 2080 (een toename van 71%). Klimaatmitigatie van RCP 8.5 naar RCP 4.5 vermindert deze ingebedde emissies met 25 Mt CO₂eq (14%) tot 147 Mt CO₂eq per jaar. Klimaatmitigatie en bescherming tegen overstromingen zijn dus van cruciaal belang voor het verminderen van verliezen aan bouw materiaal en de hieraan gerelateerde ‘embodied’ emissies.

Op basis van de antwoorden op de deelvragen kunnen we nu reflecteren op bovenstaande onderzoeksvraag. Door de aanhoudende groei van de bevolking en welvaart zullen we meer woningen en kantoren nodig hebben. Onder andere door de schaarste aan natuurlijke hulpbronnen, vermindering van het budget voor koolstofemissies en verhoging van het risico op natuurrampen worden de randvoorwaarden waaronder wij gebouwen construeren en onderhouden steeds stringenter. We moeten efficiënter en verstandiger materialen produceren, gebouwen construeren en onderhouden. Dit moet met grote urgentie. Daartoe moeten we eerst de belangrijkste uitdagingen in kaart brengen die van invloed kunnen zijn op het zekerstellen van onderdak op mondiale en regionale schaal. Vervolgens moeten we de beschikbare en toekomstige oplossingen voor elk van deze uitdagingen onderzoeken, de kosten en belemmeringen van de implementatie van deze oplossingen in kaart brengen, en de voor- en nadelen van de oplossingen afwegen, en zo bepalen waar investeringen het meest urgent zijn.

Dit proefschrift zet een stap in het begrijpen van een aantal belangrijke mondiale uitdagingen en veelbelovende oplossingen. Het realiseren van een kwalitatief goede huisvesting en gebouwde omgeving voor de gehele wereldbevolking is een grote uitdaging in een wereld die geconfronteerd wordt met problemen als grondstofschaarste en opwarming. Regio's met lagere inkomens hebben te maken met de grootste problemen. Er is vaak al woningnood en economische en bevolkingsgroei leidt tot een toenemende druk de woningvoorraad (fors) uit te breiden. Dit geeft uitdagingen in termen van het vinden van investeringsruimte, het omgaan met grondstofschaarste, en het voorkomen van klimaatschade. Landen met hogere inkomens zullen ook dit soort problemen ervaren, maar waarschijnlijk in mindere mate. Het verbeteren van de efficiëntie van materiaalgebruik bij de

constructie en exploitatie van gebouwen kan het probleem van grondstofschaarste en koolstofemissies aanzienlijk verminderen, wereldwijd. Negatieve-emissietechnologieën (NET's) kunnen op de langere termijn nodig zijn om een wereldwijde netto-emissievrije bouwsector te bereiken. Gebouwen moeten op een meer toekomstbestendige manier worden ontworpen en gebouwd, zodat ze langer meegaan, ook bij de meer extreme weersomstandigheden en natuurrampen die verwacht kunnen worden door de klimaatverandering. Normen voor bescherming tegen overstromingen zijn van cruciaal belang om de veiligheid van gebouwen tegen overstromingen te waarborgen en moeten worden aangescherpt. Er moet een alomvattende strategie worden ontwikkeld die ecologische, economische en sociale dimensies integreert, zodat elke wereldburger de verzekerd is van duurzame en goede huisvesting waar ook ter wereld.

Dit proefschrift heeft verschillende wetenschappelijke en beleidsmatige implicaties. Vanuit wetenschappelijk perspectief bieden we eerst een geïntegreerd raamwerk dat de wereldwijde behoefte aan kwalitatief goede huisvesting verbindt met milieu-uitdagingen. Hierbij verbeteren we diverse modelmatige aanpakken. De modellen die we hebben ontwikkeld kunnen eenvoudig worden toegepast voor een breed scala aan onderzoeksdoeleinden. Als voorbeeld: het dynamische bouwzandmodel (Hoofdstuk 2) kan, als eerste in zijn soort, bijvoorbeeld worden gebruikt om inzicht te krijgen in de ontwikkeling van de zandcrisis en andere problemen met grondstoffenschaarste in verschillende mondiale regio's en sectoren.

Dit proefschrift bevat ook belangrijke informatie voor beleid vanuit regionaal en mondiaal perspectief. Op regionaal niveau bevelen wij aan dat beleidsmakers duurzaamheid integreren in het hele proces van de ontwikkeling van de gebouwde omgeving, van investeringsbeslissingen in stedelijk gebied tot het ontwerp en de constructie van gebouwen, van onderhoud en renovatie tot het beheer van gebouwen, en het management aan het einde van de levensduur van componenten en materialen. Vanuit een mondiaal perspectief laten we eerst zien dat de inzet van negatieve-emissietechnologieën waarschijnlijk nodig is om emissiereducties in de moeilijk koolstofneutraal te maken materiaalsector te compenseren om de klimaatdoelstelling van 1,5 °C te bereiken. Vervolgens laten we zien dat er behoefte is aan meer internationale samenwerking ten aanzien van kennis,

technologie, en onderlinge financiële ondersteuning om de regionale ongelijkheden in de mogelijkheden om problemen op te lossen. Hierbij kunnen handelsovereenkomsten een belangrijke rol spelen.

De modellen in dit onderzoek kunnen breder worden toegepast of uitgebreid. Ze kunnen ook worden toegepast voor andere economische hulpbronnen (zoals landgebruik en inzet van arbeid) en voor andere milieu-uitdagingen (zoals klimaatmigratie en biodiversiteitsproblemen). Andere verbeteringen kunnen betrekking hebben op modellering en gegevens. Nieuwe modellen zouden bijvoorbeeld renovatie kunnen integreren in dynamische modellen voor de toekomstige bouw- en renovatiebehoefte. Dit resulteert in een breder spectrum aan scenario's voor de toekomst. Daarnaast is het nodig de beschikbaarheid en robuustheid van gegevens voor wereldwijde en regionale analyse te verbeteren.