



Delft University of Technology

Betontransitie geanalyseerd

Van concept naar realiteit: een meerlagige analyse

Lim, Yirang; Artono, Muhammad; Ye, Guang; Ninan, Johan

Publication date

2025

Document Version

Final published version

Published in

Cement: vakblad voor de betonwereld

Citation (APA)

Lim, Y., Artono, M., Ye, G., & Ninan, J. (2025). Betontransitie geanalyseerd: Van concept naar realiteit: een meerlagige analyse. *Cement: vakblad voor de betonwereld*, 5, 54-61.
<https://www.cementonline.nl/artikelen/betontransitie-geanalyseerd>

Important note

To cite this publication, please use the final published version (if applicable).
Please check the document version above.

Copyright

Other than for strictly personal use, it is not permitted to download, forward or distribute the text or part of it, without the consent of the author(s) and/or copyright holder(s), unless the work is under an open content license such as Creative Commons.

Takedown policy

Please contact us and provide details if you believe this document breaches copyrights.
We will remove access to the work immediately and investigate your claim.

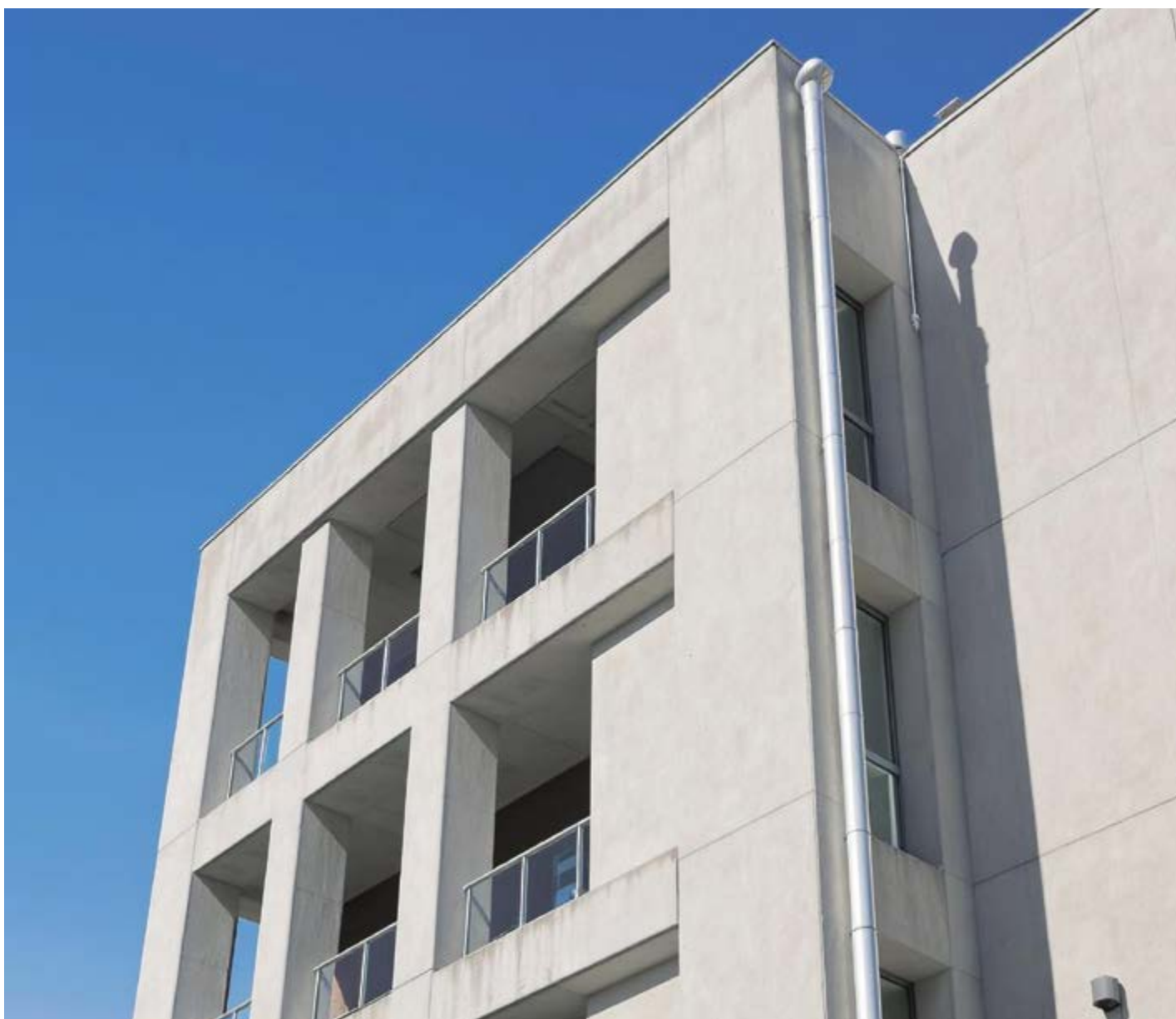
**Green Open Access added to [TU Delft Institutional Repository](#)
as part of the Taverne amendment.**

More information about this copyright law amendment
can be found at <https://www.openaccess.nl>.

Otherwise as indicated in the copyright section:
the publisher is the copyright holder of this work and the
author uses the Dutch legislation to make this work public.

Betontransitie geanalyseerd

Van concept naar realiteit: een meerlagige analyse



In de ambitie de uitstoot van broeikasgassen te verminderen is een centrale rol weggelegd voor groen beton, met een aanzienlijk kleinere CO₂-voetafdruk dan gewoon beton [1]. Om een sectorbrede overstap naar dit materiaal mogelijk te maken, moeten economische, institutionele, sociale en technische obstakels worden overwonnen [1, 2 en 3]. Op de TU Delft is de dynamiek rondom deze betontransitie in Nederland onderzocht. Dat onderzoek richtte zich op hoe opdrachtgevers de integratie kunnen versnellen. Daarbij zijn drie casussen geanalyseerd.

Achtergrond en doelstellingen

Beton is een veelgebruikt materiaal in de bouwsector. De productie ervan is echter sterk afhankelijk van natuurlijke toeslagmaterialen. Schaarste van grondstoffen is een punt van zorg, te meer omdat de vraag ernaar toeneemt. Daarom worden duurzame alternatieven ontwikkeld zoals alternatieve cementgebonden materialen, alkali-geactiveerde bindmiddelen en gerecyclede toeslagmaterialen (fig. 1). Deze alternatieven worden ook wel groen beton genoemd, omdat ze zorgen voor een lagere CO₂-uitstoot, een minder groot beroep doen op natuurlijke grondstoffen en minder afval produceren.

Groen beton is op dit moment echter nog een nicheproduct. Voor een sectorbrede overstap moeten meerdere obstakels worden overwonnen [5]. En om het proces te versnellen is beter inzicht nodig in de technische prestaties en kosteneffectiviteit. Dit zal bijdragen aan de acceptatie door organisaties aan zowel de vraag- als aanbodzijde, toezichthouders, onderzoekers en financiële instellingen (fig. 2). Organisaties aan de vraagzijde, zoals gemeenten, particuliere projectontwikkelaars en publieke opdrachtgevers, zijn vaak risicomijdend. Bovendien zijn ze meestal niet bekend met innovatieve betonsoorten en geven ze de prioriteit aan bewezen technieken boven duurzaamheids-

doelstellingen [5]. Hun betrokkenheid is dan ook een randvoorwaarde voor de succesvolle introductie van groen beton.

De betontransitie is in het onderzoek op verschillende niveaus benaderd: niche, regime en landschap (zie verderop). Deze aanpak wordt ook wel *Multi-Level Perspective Analysis* genoemd ofwel MLP-analyse.

Onderzoeksoepzet

Het onderzoek is kwalitatief, waarbij onder andere gebruik is gemaakt van een literatuuronderzoek en interviews. Er is een *cross-case*-analyse toegepast, een onderzoeksmethode waarbij de resultaten van meerdere casestudies met elkaar worden vergeleken (fig. 3). Er zijn drie anonieme casussen geselecteerd: (1) een snelwegrenovatieproject (SRP), (2) een kademuurrenovatie (KMR) en (3) een fiets- en voetgangersbrugproject (FVP). Voor elk van deze casussen zijn interviews afgenomen met relevante deskundigen (tabel 1) om een beeld te krijgen van de huidige houding binnen de bouwsector ten opzichte van groen beton. Ook is onderzocht hoe de vraagzijde tegen duurzame innovatie aankijkt.

Casus A Provincie A heeft een brede visie op duurzaamheid, mede ingegeven door de ambitieuze doelen op het gebied van →

auteurs



DR. YIRANG LIM

Postdoc Onderzoeker
Faculty of Civil
Engineering and
Geosciences, TU Delft



**MUHAMMAD
ARTONO MSC.**

Engineer Pipeline Facility
Design, PT Pertamina
Patra Niaga, Indonesia
Faculty of Civil
Engineering and
Geosciences, TU Delft



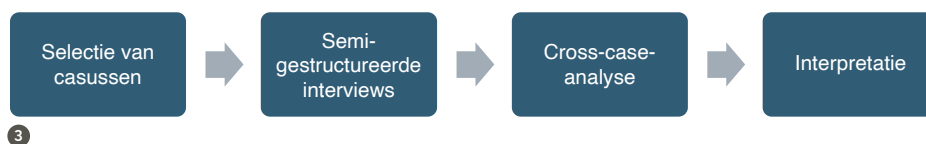
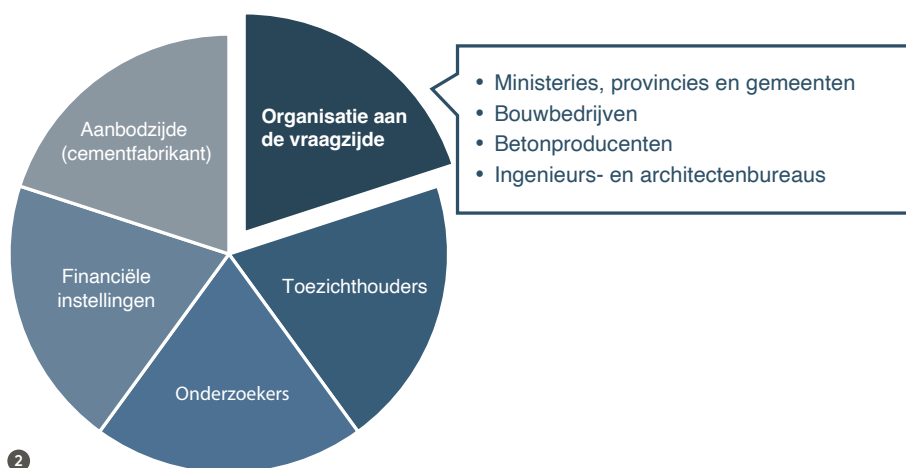
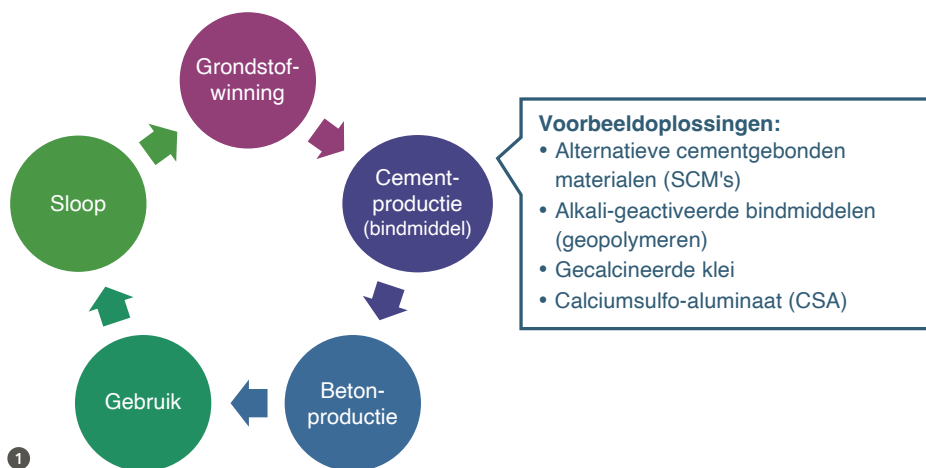
**PROF. DR. IR. GUANG
YE**

Professor
Faculty of Civil
Engineering and
Geosciences, TU Delft



**DR. IR. JOHAN
NINAN**

Assistant Professor
Faculty of Civil
Engineering and
Geosciences, TU Delft



Tabel 1 Overzicht van geselecteerde casussen en gesprekspartners

Casus	Actorcode	Categorie	Rol	Datum interview
Renovatie snelweg	SRP1	Opdrachtgever	Projectmanager	30 april 2024
	SRP2	Opdrachtgever	Senior projectleider	2 mei 2024
	SRP3	Opdrachtgever	Duurzaamheidsadviseur	29 april 2024
	SRP4	Ingenieursbureau	Technisch team	15 april 2024
	SRP5	Aannemer	Projectmanager	10 mei 2024
	SRP6	Opdrachtgever	Inkoper	28 mei 2024
Renovatie kademuur	KMR1	Opdrachtgever	Technisch team	11 april 2024
	KMR2	Opdrachtgever	Projectleider	17 april 2024
	KMR3	Opdrachtgever	Activateteam	12 april 2024
	KMR4	Opdrachtgever	Duurzaamheidsadviseur	9 april 2024
	KMR5	Opdrachtgever	Duurzaamheidsadviseur	18 april 2024
Fiets- en voetgangersbrug	FVP1	Opdrachtgever	Projectmanager	22 april 2024
	FVP2	Aannemer	Projectteam	1 mei 2024
	FVP3	Betonproducent	Projectteam	26 april 2024

Uit de resultaten blijkt dat Nederlandse infrastructuurprojecten veel baat kunnen hebben bij het standaardiseren van duurzaamheidseisen

Tabel 2 Overzicht van casussen

Casus	A	B	C
Projectomschrijving	Snelwegrenovatieproject (SRP)	Kademuurrenovatie (KMR)	Fiets- en voetgangers-brugproject (FVP)
Opdrachtgever	Provincie A	Provincie B	Gemeente C
Projectstatus	In aanbouw	In aanbouw	Voltooid (gebruiksfase)
Betontype	Conventioneel beton (CEM III)	Groen beton (geopolymeer)	Groen beton (geopolymeer, gerecycled toeslagmateriaal)
Totale projectomvang	Groot	Groot	Klein
Planning en controle	Ingenieursbureau	Intern	Intern
Bewustzijn bij stakeholders van de pilotstatus	In lage mate	In hoge mate	In hoge mate
Belangrijkste aanbestedingscriteria	Overlast, prijs en milieu-kostenindicator (MKI)	Prijs en milieukosten-indicator (MKI)	Prijs
Betaalmethode	Standaard	Standaard	Aparte vergoeding voor betongedeelte
Garantie aannemer	Standaard	Vrijgesteld	Vrijgesteld

CO₂-vermindering en circulariteit die de overheid heeft gesteld voor 2030 en 2050. De respondenten merken echter op dat er een gebrek is aan specifieke, meetbare doelen of KPI's op projectniveau, waardoor het gebruik van groen beton sterk afhangt van de interesse van individuele projectleiders. Er wordt prioriteit gegeven aan veiligheid en onderhoud. Daarnaast denken belanghebbers dat innovatieve materialen, zoals groen beton, risico's met zich mee kunnen brengen op het gebied van levensduur en veiligheid. Het gebrek aan interne technische expertise belemmert bovendien de controle die nodig is om groene innovaties te implementeren. Hierdoor krijgt een conservatieve aanpak de voorkeur in zowel de ontwerp- als aanbestedingsfase.

Deze casus laat zien dat de traditionele infrasector vanwege de vermeende risico's terughoudend is ten aanzien van groen beton.

Projectmanager van de opdrachtgever bij casus A (SPR1):

"We moeten ook externe adviseurs inhuren om daarnaar te kijken, en dat is prima. Maar een groot nadeel daarvan is dat je de kennis kwijtraakt wanneer die mensen weer weggaan, omdat het geen interne medewerkers zijn. Het is dus echt een stroom van kennis, in en uit, die je niet in je organisatie kunt houden."

Casus B Net als in casus A, is er ook in provincie B een gebrek aan concrete doelen, ondanks hoge duurzaamheidsambities. Bij deze provincie wordt groen beton makkelijker omarmd dankzij aanbestedingsmethoden die ruimte scheppen voor flexibiliteit en innovatie. Momenteel ontwikkelt de provincie een methode om de uitstootvermindering te kunnen meten. Bij innovatie wordt gebruikgemaakt van zowel interne expertise als academische samenwerkingsverbanden.

In deze provincie wordt geopolymeerbeton toegepast bij de renovatie van een kademuur langs een fietspad. Het team durft de overstap naar geopolymeerbeton aan door het gebruik te beperken tot minder kritieke toepassingen. Zo worden de risico's geminimaliseerd en kan er ervaring worden opgedaan met het materiaal. Ondanks de moeizame kennisoverdracht naar onderhoudsteams, hiaten in de innovatieplannen en het beperkte aantal geplande projecten, zien de respondenten het huidige project als een mooie kans om stappen te zetten op het gebied van duurzame innovatie.

De hoogste managementslaag moedigt transparantie over mogelijke tegenslagen aan en begrijpt dat leren van uitdagingen onderdeel is van het innovatieproces. Bij dit project worden de garantie-eisen voor het nieuwe materiaal aangepast. Ook wordt er nauw samengewerkt met onderaannemers en leveranciers om te voldoen aan speci- →

AFSTUDEERONDERZOEK

Dit artikel is gebaseerd op de master-scriptie van Muhammad Artono 'Stimulating the Adoption of Green Concrete in the Project Level: A Demand Side Perspective' voor de master Construction Management and Engineering aan de TU Delft. In zijn afstudeercommissie hadden zitting Johan Ninan, Yirang Lim en Guang Ye.

De overstap naar groen beton draait niet alleen om het vervangen van technologie, maar ook om het inrichten van bredere sociotechnische systemen

fieke technische eisen, zoals verhardingstijden. De provincie ziet het project als pilot, waarmee interne expertise kan worden opgebouwd en een voorbeeld wordt gecreëerd voor toekomstige projecten.

Duurzaamheidsadviseur van de opdrachtgever bij casus B (KMR 4):

"Wees transparant. Weet wat de risico's zijn, en wees bereid om die te accepteren. En weet ook dat er tegenslagen kunnen zijn tijdens de ontwikkeling van het project, bijvoorbeeld qua planning of budget. Ook die moet je accepteren."

Casus C Net als in de vorige twee casussen erkent ook gemeente C het belang van de nationale CO₂- en circulariteitsdoelen voor 2030 en 2050. Toch ontbreekt het ook hier aan specifieke KPI's en een stapsgewijze aanpak.

Het gebruik van geopolymeerbeton in dit project is grotendeels het gevolg van de motivatie van het ingenieursteam en de materiaalexpertise die aanwezig is binnen de organisatie. De gemeente, die overigens zonder gestructureerde innovatieroutekaart werkt, heeft ervoor gekozen risico's te omarmen en accepteert dan ook een bepaalde mate van onzekerheid over de langetermijnprestaties van geopolymeerbeton.

Deze keuze is gemaakt op basis van ervaringen met eerdere projecten waarbij een proactieve technische aanpak noodzakelijk was. Het project wordt intern beheerd in samenwerking met een universiteit. Er is gebruikgemaakt van een conservatief ont-

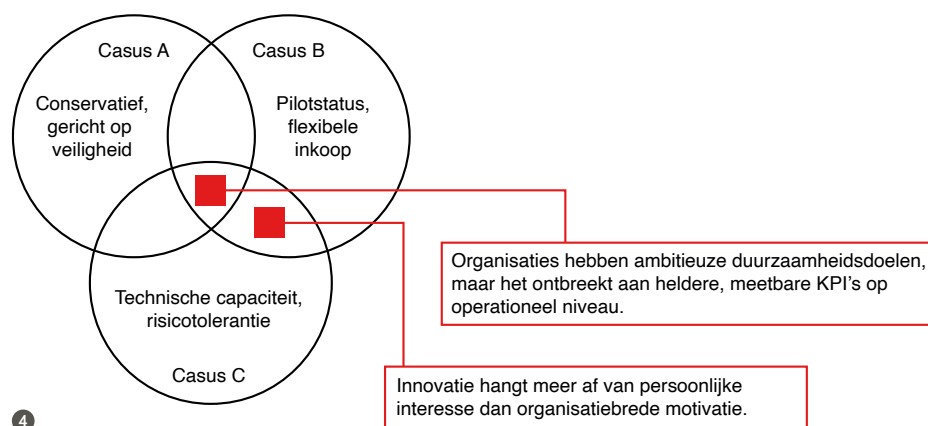
werp, een aangepast budget en een voorschrijvende aanbesteding. Bij het opschalen van laboratorium- naar projectniveau ontstaan enkele uitdagingen, vooral met betrekking tot de omgang met verontreinigingen in toeslagmaterialen. Na de bouwphase wordt er uitvoerig getest en worden sensoren ingezet om de veiligheid en prestaties op de lange termijn te garanderen.

Dit project laat zien dat de organisatie bereid is om gaandeweg te leren, waarbij het belang van samenwerking in de transitie naar duurzame materialen centraal staat. De ontwerp-, aanbestedings- en bouwphase laten zien hoe niche-innovaties kunnen worden beheerd en ondersteund.

Projectmanager opdrachtgever casus C (FVP1)

"Pas als ze ergens mee geconfronteerd worden, beginnen ze te leren. Zo hebben wij ook dingen geleerd, door een situatie te creëren waarin we geconfronteerd werden met het daadwerkelijk bouwen van een brug van geopolymeer. [...] Als je alleen maar documenten leest, leer je niet hoe je het moet doen. Het is net als met wiskundige berekeningen. Je kunt een theorieboek lezen, maar je leert het alleen door te oefenen. Alsof je leert fietsen of een instrument leert bespelen"

Overzicht Tabel 3 biedt voor elke casus een overzicht van de inzichten. Figuur 4 laat zien wat de belangrijkste obstakels en stimulansen waren.



Tabel 3 Inzichten met betrekking tot de betontransitie

Casus	A	B	C
Belangrijkste stimulans voor omarming groen beton	–	Bewezen staat van dienst op het gebied van innovatie en interne expertise	Interne expertise en partnerschapsprogramma
Aanbevolen strategie	Duurzame inkoop verplichten	Gezamenlijk voor- en nadelen van innovaties omarmen	Projectkennis moet binnen de organisatie aanwezig zijn
Duurzaamheidsdoelstellingen overheid worden erkend	Ja	Ja	Ja
Specifieke KPI's voor duurzaam bouwen	Nee	Nee	Nee
Capaciteit van intern ingenieursteam	Beperkt	Groot	Groot
Primaire drijfveer voor infrastructuur-innovatie	Regelgeving	Persoonlijke interesse (project-manager)	Persoonlijke interesse (project-manager)
Belangrijkste obstakel voor duurzame infrastructuur	Nadruk op kwaliteit	Afwezigheid van beleid op operationeel niveau	De geleerde lessen verspreiden binnen de organisatie

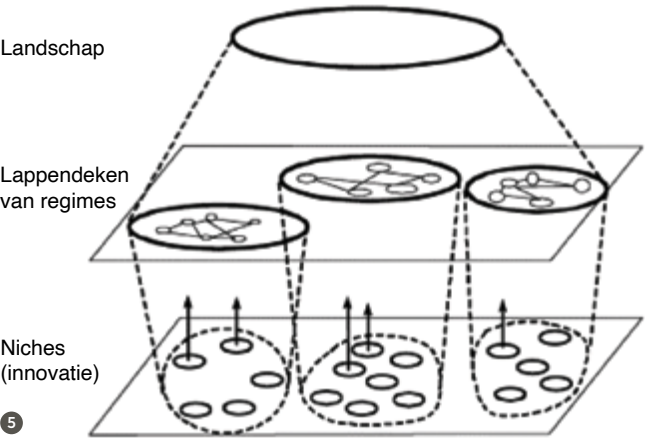
Nederlandse betontransitie gebaseerd op MLP-analyse

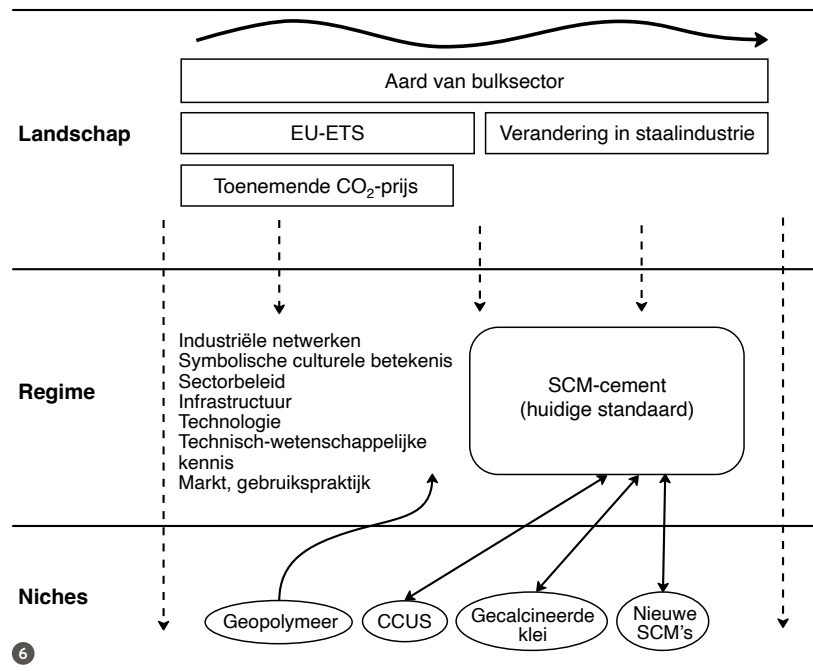
De MLP-analyse gaat uit van verschillende zogenaamde sociotechnische systemen. Een sociotechnisch systeem is een benadering die uitgaat van interactie tussen menselijke middelen en technologie op de werkvloer. De systemen zijn in het onderzoek verdeeld in drie eerder genoemde, onderling afhankelijke niveaus: landschap, regime en niche (fig. 5). Daarbij is ook geanalyseerd hoe deze niveaus op elkaar inwerken om innovaties te ondersteunen of juist te belemmeren.

Landschapsniveau Het landschapsniveau omvat brede, vaak langzaam veranderende externe invloeden, zoals klimaatbeleid en maatschappelijke aandacht voor duurzaamheid. Invloed op de toepassing van groen komt onder meer vanuit het emissiehandel-systeem (ETS) van de EU en de Nederlandse Klimaatwet, waarin ambitieuze doelen zijn

opgenomen voor het verminderen van de CO₂-uitstoot. Ook is er het *Carbon Border Adjustment Mechanism* (CBAM), waarmee belasting wordt geheven op CO₂-intensieve import naar Europa. Dit moet bedrijven ervan weerhouden hun productie te verplaatsen naar buiten Europa, om zo de Europese emissieregelgeving te omzeilen. Hierdoor worden sectoren indirect aangemoedigd zelf milieuvriendelijke alternatieven te onderzoeken.

Regimeniveau Het zogenaamde regime-niveau omvat de gevestigde praktijken, regelgeving en marktstructuren die de status quo in stand houden (fig. 6). In de Nederlandse betonsector worden actoren op dit niveau, zoals brancheverenigingen en publieke opdrachtgevers, gedreven door de wens winst te maken en te voldoen aan de geldende eisen. Ze geven daarbij vaak de voorkeur aan stapsgewijze verbeteringen boven radicale innovaties.



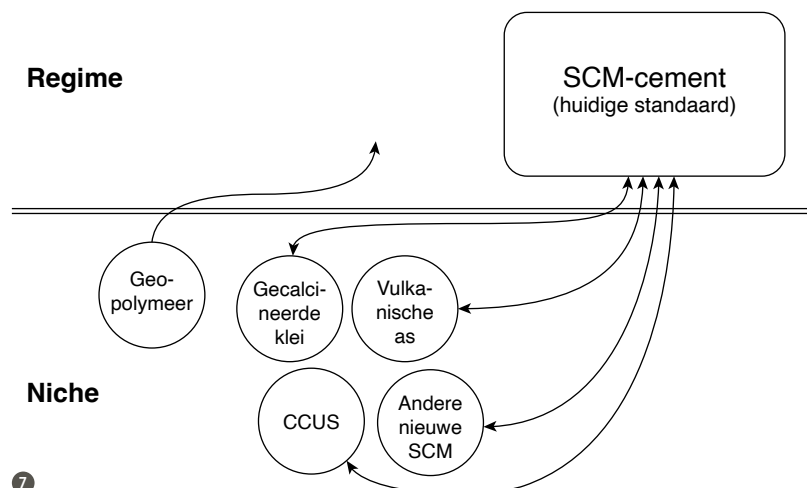


De stabiliteit van het regime is gebaat bij stapsgewijze innovatie binnen het bestaande systeem. Dit maakt het moeilijk om ingrijpende veranderingen door te voeren, aangezien er al veel is geïnvesteerd in bestaande technologieën en infrastructuur, zowel financieel (verzonken kosten) als structureel (padafhankelijkheid).

Nicheniveau Op het nicheniveau worden radicale innovaties en nieuwe technologieën zoals groen beton ontwikkeld. Deze niches zijn vaak afgeschermd van de druk van de reguliere markt, waardoor ze de vrijheid

hebben om te experimenteren en te leren. Binnen de context van groen beton omvat dit niveau pilotprojecten en experimentele technologieën (fig. 7), zoals geopolymeerbeton en alternatieve cementgebonden materialen (SCM's), die de traditionele, CO₂-intensieve bestanddelen van beton moeten vervangen. Voor de lange termijn wordt ook CCUS (*Carbon Capture Utilisation Storage*) als oplossing gezien, omdat het kan worden geïntegreerd in de bestaande infrastructuur.

Niche-innovaties kunnen doorgaans niet op eigen kracht tot wasdom komen. Ze vereisen ondersteuning, bijvoorbeeld in de



vorm van financiering voor onderzoek en ontwikkeling of pilotprojecten om de praktische toepasbaarheid aan te tonen.

Als niche-innovaties breed genoeg worden opgepakt, kunnen ze het stelsel mogelijk veranderen. Hiervoor is het echter wel noodzakelijk dat de ondersteunende regelgevende kaders en de vraag vanuit de markt goed op elkaar zijn afgestemd.

Dynamiek De MLP-analyse illustreert hoe de druk vanuit het landschap en de reacties van het regime vorm geven aan niche-innovaties, en dat deze dynamiek uiteindelijk bepalend is voor het succes van materialen zoals groen beton. In Nederland blijft het landschap (onder meer als gevolg van het EU-ETS en het CBAM) aansturen op CO₂-besparende oplossingen en zijn regime-actoren groen beton gaan zien als een haalbare en voordelige optie.

Relevantie voor Nederland

De casussen laten zien hoe Nederland projectstrategieën kan inzetten om de overstap naar groen beton te ondersteunen. Uit de resultaten blijkt dat Nederlandse infrastructuurprojecten veel baat kunnen hebben bij het standaardiseren van duurzaamheidseisen bij aanbestedingen, en bij financiële en juridische ondersteuning. Dit zou een drempelverlagend effect kunnen hebben. Organisaties aan de vraagzijde, zoals gemeenten en publieke opdrachtgevers, kunnen een belangrijke rol spelen door heldere duurzaamheidsdoelen te stellen, innovatie aan te moedigen en stimulansen te bieden voor leveranciers van groen beton.

Uit de MLP-analyse blijkt dat de overstap naar groen beton in Nederland niet alleen draait om het vervangen van technologie, maar ook om het opnieuw inrichten van bredere sociotechnische systemen. Landschapsdruk (bijvoorbeeld als gevolg van klimaatdoelen) destabiliseert het traditionele regime, waardoor er mogelijkheden ontstaan voor het opschalen van niche-innovaties. Initiatieven zoals het Betonakkoord fungeren als intermediair: ze brengen actoren uit het regime op één lijn met niche-oplossingen en zorgen voor meer samenwerking tussen de verschillende niveaus.

De cruciale rol van beton in Nederland reikt dus verder dan enkel functionele toepassingen, en symboliseert daarmee de bredere uitdaging met betrekking tot duurzame groei. Door effectief gebruik te maken van de dynamiek tussen de verschillende niveaus, kan Nederland een voortrekkersrol spelen bij systeemveranderingen in de bouwsector en zichzelf positioneren als wereldleider op het gebied van duurzame bouwpraktijken. De MLP-analyse benadrukt het samenspel tussen technische innovaties, beleidsinterventies en maatschappelijke betrokkenheid bij het stimuleren van de betontransitie.

Conclusies en aanbevelingen

De overstap naar groen beton kan een grote bijdrage leveren aan het behalen van de Nederlandse klimaatdoelstellingen. Dit vereist echter wel actieve participatie en ondersteuning op alle niveaus van het sociotechnische systeem. Door gebruik te maken van strategieën uit de MLP-analyse en inzichten uit Nederlandse casuïstiek, kunnen organisaties aan de vraagzijde een centrale rol spelen bij de normalisering van groen beton en duurzame bouwmethoden, en zo een internationaal voorbeeld stellen.

Belangrijkste aanbevelingen:

- Moedig pilotprojecten aan: ondersteun pilotprojecten op het gebied van groen beton in verschillende sectoren, om zo de prestaties en betrouwbaarheid van het materiaal te bewijzen.
- Moedig innovatie aan: bied financiële stimulansen voor organisaties aan de vraagzijde die gebruikmaken van groen beton, om zo de zorgen over de eventuele risico's te verminderen.
- Pas de normen aan: neem duurzaamheidscriteria op in nationale en regionale bouwnormen, zodat groen beton voldoet aan zowel de wettelijke vereisten als de verwachtingen van de markt.

Het onderzoek laat zien dat de vergroening van de bouwsector afhankelijk is van samenwerking tussen beleidsmakers, organisaties aan de vraagzijde en belanghebbenden uit de sector zelf. ●

LITERATUUR

- 1 Liew, K.M., Sojobi, A.O., & Zhang, L.W., Green concrete: Prospects and challenges. *Construction and Building Materials* 156, 2017, 1063–1095.
- 2 Sivakrishna, A., Adesina, A., Awoyera, P.O., & Rajesh Kumar, K., Green concrete: A review of recent developments. *Materials Today: Proceedings* 27, 2020, 54–58.
- 3 Suhendro, B., Toward Green Concrete for Better Sustainable Environment. *Procedia Engineering* 95, 2024, 305–320.
- 4 Geels, F.W., Technological transitions as evolutionary reconfiguration processes: A multi-level perspective and a case-study. *Research Policy* 31(8), 2002, 1257–1274.
- 5 Wesseling, J.H., & Van der Vooren, A., Lock-in of mature innovation systems: The transformation toward clean concrete in the Netherlands. *Journal of Cleaner Production* 155, 2017, 114–124.
- 6 Geels, F.W., Ontologies, socio-technical transitions (to sustainability), and the multi-level perspective. *Research Policy* 39(4), 2010, 495–510.