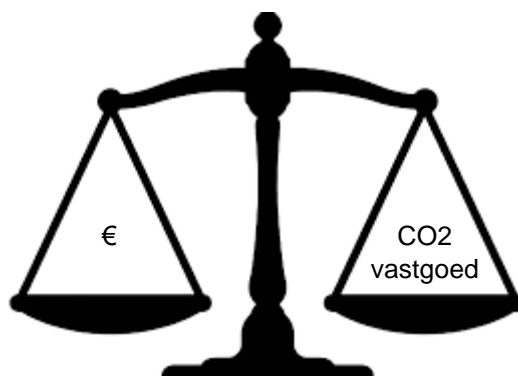


# MSRE Scriptie 2021-2022



## Een verkennend onderzoek naar de waardering van CO2 in vastgoedontwikkeling

### **Amsterdam School of Real Estate**

Auteur : ing. J.A. (Joost) Blankendaal  
E-mailadres : j\_blankendaal@hotmail.nl  
Opleiding : Master of Science in Real Estate  
Specialisatie : Gebieds- en vastgoedontwikkeling  
Datum : 20-3-2022  
Status : Definitief  
1<sup>e</sup> beoordelaar : drs. W.J. (Wim) van der Post  
2<sup>e</sup> beoordelaar : drs. A.R. (Arthur) Marquard

## Voorwoord

Voor u ligt het resultaat van de MSRE-scriptiemodule genaamd: “Een verkennend onderzoek naar de waardering van CO<sub>2</sub> in vastgoedontwikkeling”. Naast de aanleiding en probleemstelling is het onderzoek uitgevoerd met de continue verwondering over het feit dat de onbedoelde externe effecten van klimaatverandering (als gevolg van CO<sub>2</sub> van vastgoedproductie) niet eerlijk worden meegewogen in de prijsvorming van vastgoed binnen het vastgoedrekenproces. Specifiek de financiële haalbaarheidsanalyse van vastgoedontwikkelaars. De essentie van deze verwondering komt voort uit de volgende constatering van de gerenommeerde klimaateconoom Sir Nicolas Stern (2008):

*“Greenhouse gas (GHG) emissions are externalities and represent the biggest market failure the world has seen” (Stern, 2008, p. 1).*

Het onderzoek is verkennend van aard, desalniettemin was gedurende het onderzoek een heldere visie aanwezig: verkennen hoe CO<sub>2</sub> als gevolg van de realisatie van vastgoed eerlijk kan worden meegewogen in het vastgoedrekenproces middels het moneteriseren en internaliseren van CO<sub>2</sub>-uitstoot & -opslag in de financiële haalbaarheidsanalyse van vastgoedontwikkelaars.

Het onderzoek is uitgevoerd als afstudeerscriptie in het kader van de Master of Science in Real Estate (MSRE) opleiding aan de Amsterdam School of Real Estate (ASRE). De Scriptie is geschreven van september 2021 tot en met maart 2022. Voor mij persoonlijk is de opbouw van het onderzoek van kop tot staart een weerspiegeling van de gehele MSRE-opleiding: academische vaardigheden; marktanalyse; investeringsanalyse; gebieds- en vastgoedontwikkeling; masterclass duurzame stad. Elke module heeft mij de handvaten en inzichten gegeven die vereist zijn voor het uitvoeren van het onderzoek. Daarmee is de cirkel rond en bereik ik ook persoonlijk een mijlpaal na een lange weg van doorstromen. Gestart aan het middelbaar beroepsonderwijs (2005 tot 2009), vervolgens het hoger beroepsonderwijs (2009 tot 2013), waarna diverse post-HBO opleidingen (2016 tot 2019) en tot slot de Master of Science in Real Estate opleiding aan de Amsterdam School of Real Estate (2019 tot 2022).

Tijdens het scriptie proces stond drs. W.J. (Wim) van der Post geregeld voor mij paraat, met veel enthousiasme en een positieve sfeer heeft hij (naast de waardevolle inhoudelijke bijdrage) het proces een gouden randje gegeven. Daarvoor wil ik hem in het bijzonder bedanken. Verder een dankwoord naar Dr. ing. P.J. (Peter) Fraanje van TNO en ir. E.N.P. (Erik) Beentjes van Bouwbedrijf M.J. de Nijs en Zonen B.V. voor jullie frisse blik, nieuwe inzichten en opbouwende kritiek. Verder een dankwoord naar mijn werkgever en collega's bij Bouwbedrijf M.J. de Nijs en Zonen B.V. voor de kans en de ruimte die mij gegund is de afgelopen 3 jaar. En tot slot nogmaals een dankwoord naar de geïnterviewde experts voor hun waardevolle input vanuit eenieder zijn expertise. Ik hoop dat we met dit onderzoek een welkome bijdrage leveren aan het domein van de vastgoedkunde. Door het inzichtelijk maken van de effecten van CO<sub>2</sub>-beprijzing in vastgoedontwikkeling wanneer we zowel de positieve als negatieve externe effecten van CO<sub>2</sub> als gevolg van de realisatie van vastgoed op een eerlijke manier meewegen in het vastgoedrekenproces. Wellicht dat we in de toekomst (op korte termijn gezien de urgentie van CO<sub>2</sub> armer bouwen) op dergelijke wijze sturen op CO<sub>2</sub>-reductie aan de hand van financiële indicatoren.

Joost Blankendaal

Tuitjenhorn, 20-3-2022

## Managementsamenvatting

Het ontbreken van een eerlijke waarde voor CO<sub>2</sub>-opslag in vastgoed in de huidige wet- en regelgeving (lees: overheidsingrijpen) resulteert in marktfalen. Het probleem is dat CO<sub>2</sub>-uitstoot momenteel wél wordt erkent in de milieuprestatie gebouwen (MPG) maar CO<sub>2</sub>-opslag niét. Met andere woorden: materialen als hout die CO<sub>2</sub> opslaan worden benadeeld ten opzichte van materialen als beton/staal die CO<sub>2</sub> uitstoten. In onderhavig onderzoek is verkend wat het effect is van CO<sub>2</sub>-beprijzing wanneer we de externe maatschappelijke kosten & -opbrengsten van CO<sub>2</sub>-uitstoot & -opslag in haalbaarheidsanalyses een eerlijke plek geven op de balans van interne kosten en opbrengsten van vastgoedontwikkelaars.

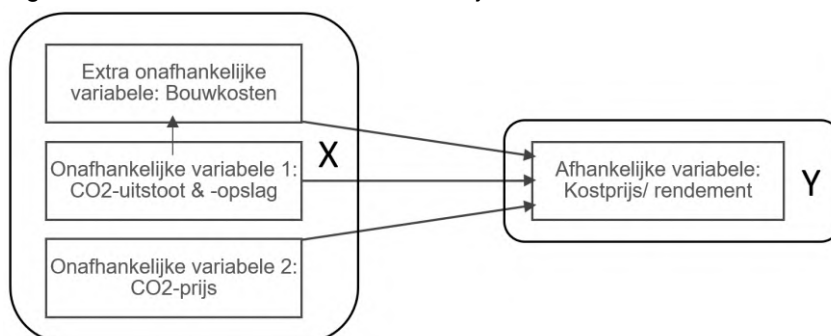
Het onderzoek naar de waardering van CO<sub>2</sub> in vastgoedontwikkeling bestaat in de kern uit het verkrijgen van inzicht in het effect van X (CO<sub>2</sub>-beprijzing) op Y (het rendement van vastgoedontwikkelaars) voor residentieel vastgoed in de Nederlandse bebouwde omgeving. Waarbij het rendement is aangenomen als de afhankelijke variabele en CO<sub>2</sub>-beprijzing bestaat uit twee onafhankelijke variabelen: i) CO<sub>2</sub>-uitstoot & -opslag; ii) CO<sub>2</sub>-prijs. Een verwachting is in kaart gebracht op basis van de theorie van Pigou (1920) en de twee onafhankelijke variabelen zijn onderzocht en geïntegreerd in de principes van financiële haalbaarheidsanalyse van vastgoedontwikkeling tot één geïntegreerd financieel model. Het model berekend zowel het FG (Financieel Gedreven) rendement als het CG (CO<sub>2</sub>-budget Gedreven) rendement. Het CG rendement is het FG rendement voorzien van CO<sub>2</sub>-beprijzing. Het verschil tussen het FG en CG rendement geeft antwoord op de centrale onderzoeksvraag: "In hoeverre beïnvloedt het moneteriseren (beprijzen) van CO<sub>2</sub>-uitstoot & -opslag in haalbaarheidsanalyses het financiële rendement van duurzaam vastgoed?"

Twee fictieve referentiegebouwen zijn doorgerekend op basis van een CO<sub>2</sub>-prijs van €800 per ton CO<sub>2</sub>. Op basis van de aangenomen dataset is het effect van X op Y voor referentiegebouw 'Woongebouw M' -10,31% (van 10,50% naar 0,18%) en voor referentiegebouw 'Woning S tussen' -6,87% (van 10,53% naar 3,66%). Met een gevoeligheidsanalyse is vervolgens per referentiegebouw het effect van verschillende CO<sub>2</sub>-(prijs)niveaus in kaart gebracht. Een CO<sub>2</sub>-prijs van €50 heeft voor beide referentiegebouwen bijna geen effect op het 'Financieel Gedreven rendement'. Een CO<sub>2</sub>-prijs van €407 halveert het rendement voor 'Woongebouw M' van 10,50% naar 5,25%. Een CO<sub>2</sub>-prijs van €609 halveert het rendement voor 'Woning S tussen' van 10,53% naar 5,23%.

Gezien voorgenoemde onderzoeksresultaten is de conclusie daarom dat CO<sub>2</sub>-beprijzing mogelijk is en het rendement van duurzaam vastgoed significant wordt beïnvloed, maar wel geheel afhankelijk is van de hoogte van de onafhankelijke variabelen. Met de kanttekening dat het CO<sub>2</sub>-saldo (uitstoot + opslag) - vermoedelijk - in financiële zin niet oneindig verlaagd kan worden zonder dat een omslagpunt plaatsvindt waar de bouwkosten en dus het rendement wordt beïnvloed. Daaruit volgt een aangepaste X-Y-relatie voorzien van een extra onafhankelijke variabele, zie figuur 1 gebaseerd op de hypothese:

*'Bij het omslagpunt geldt: hoe lager het CO<sub>2</sub>-saldo, hoe hoger de bouwkosten'.*

Figuur 1. X-Y relatie – Extra onafhankelijke variabele



Bron: Eigen bewerking

## Inhoudsopgave

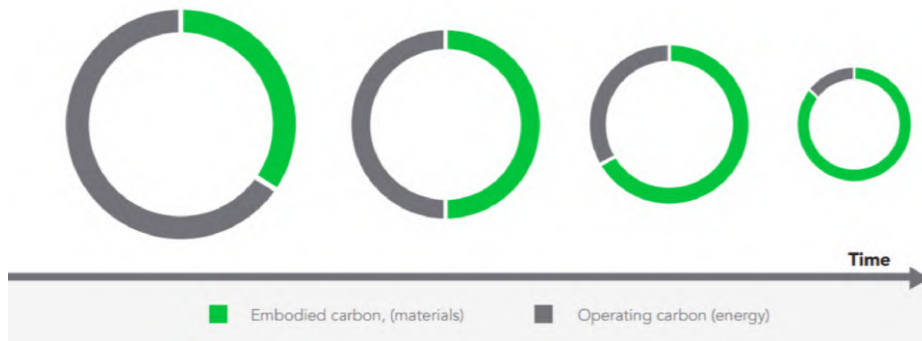
Voorwoord .....	2
Managementsamenvatting .....	3
Inhoudsopgave .....	4
1. Inleiding .....	5
§1.1 Aanleiding .....	5
§1.2 Probleemstelling .....	6
§1.3 Doelstelling en hoofdvraag .....	7
§1.4 Deelvragen.....	8
§1.5 Onderzoeksmethode en -model .....	8
§1.6 Leeswijzer .....	9
2. Theoretisch kader .....	11
§2.1 Externaliteiten in economische theorie .....	11
§2.2 Maatschappelijke waarde & -kosten .....	15
3. Praktijkonderzoek .....	20
§3.1 Exploratief interview.....	20
§3.2 Meetmethode en instrumenten .....	26
4. Analyse empirische bevindingen .....	32
§4.1 Geïntegreerde financiële model.....	32
§4.2 Effecten interne CO2-beprijzing.....	36
§4.3 Feedback expertinterviews .....	41
5. Conclusie, reflectie en aanbevelingen.....	47
§5.1 Beantwoording centrale onderzoeksvraag .....	47
§5.2 Reflectie en maatschappelijke visie .....	49
§5.3 Aanbevelingen: beleid en vervolgonderzoek.....	52
Bibliografie .....	53
Bijlagen .....	58
Bijlage A: Transcriptie en codering exploratief interview	
Bijlage B: Geïntegreerde financiële model (format)	
Bijlage C: Geïntegreerde financiële model (resultaten Woongebouw M)	
Bijlage D: Geïntegreerde financiële model (resultaten Woning S tussen)	
Bijlage E: Presentatie methode, resultaten en analyse expertinterviews	
Bijlage F: Antwoorden expertinterview - Belegger	
Bijlage G: Antwoorden expertinterview - Ontwikkellende bouwer	
Bijlage H: Antwoorden expertinterview - Onderzoeks- en adviesbureau	

# 1. Inleiding

## §1.1 Aanleiding

De totale CO<sub>2</sub>-uitstoot van vastgoed is verantwoordelijk voor 39% van de mondiale CO<sub>2</sub>-uitstoot. Daarvan is 11% 'embodied carbon' wat staat voor de CO<sub>2</sub>-uitstoot van bouwmaterialen en 28% 'operationele carbon' wat staat voor verwarming, koeling en elektriciteit (One Click LCA, 2021). Het belang van de embodied carbon groeit omdat de operationele carbon daalt, zie figuur 2.

Figuur 2. Het belang van embodied carbon groeit voortdurend

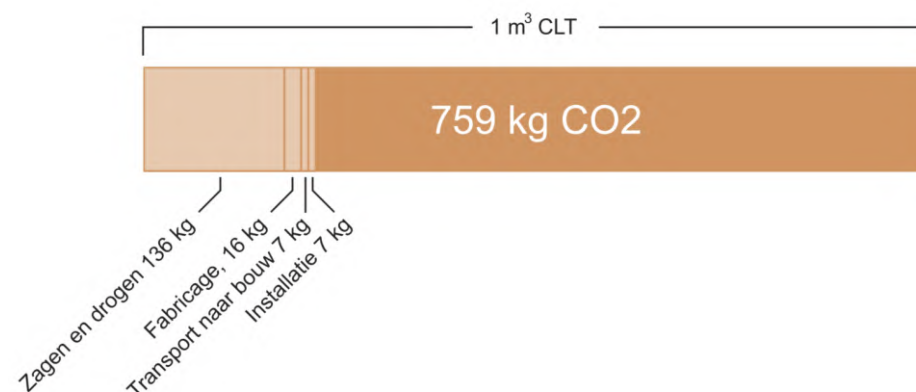


Bron: One Click LCA, 2021

Een gebruikelijk begrip om de CO<sub>2</sub>-uitstoot van bouwmaterialen te begrijpen is dus de embodied carbon. Dit begrip drukt uit wat de CO<sub>2</sub> voetprint is van bouwmaterialen, gemeten middels een tweede begrip een zogenaamde levenscyclusanalyse (LCA). Met de levenscyclusanalyse methode wordt de materiaalimpact van gebouwen in termen van CO<sub>2</sub> gemeten van het ontstaan-produceren tot gebruik en recyclen, waarna uitgedrukt als de embodied carbon van het materiaal. De bouwsector is met de embodied carbon dus verantwoordelijk voor 11% van de mondiale CO<sub>2</sub>-uitstoot, waarvan op dit moment nog een groot deel (circa 5-7%) bestaat uit de productie van beton/cement aangezien de productie gebruik maakt van hoge temperaturen op basis van fossiele brandstoffen, tezamen met bouwmaterialen als staal, aluminium en plastics (United Nations, 2018).

Daarentegen zijn er ook 'biobased' bouwmaterialen als hout die (per saldo na aftrek van CO<sub>2</sub>-uitstoot als gevolg van zagen en drogen, fabricage, transport en installatie) geen CO<sub>2</sub> uitstoten maar opslaan. Zie ter illustratie figuur 3. Hout is daardoor de laatste jaren als constructief bouw materiaal in opmars omdat moderne technieken als CLT (Cross Laminated Timber) het mogelijk maken om met hout technisch gelijkwaardig te concurreren met beton/staal. Hout is derhalve vanwege de CO<sub>2</sub>-opslag en nieuwste technieken een populair onderwerp in de bouw- en vastgoedsector.

Figuur 3. Diagram CO<sub>2</sub>-opslag in kg per m<sup>3</sup> CLT



Bron: Prins, Roeden & Lugt, 2021.

De gevolgen van klimaatverandering als gevolg van CO<sub>2</sub>-uitstoot en dus klimaatbeleid internationaal en nationaal liggen ten grondslag aan de populariteit van CO<sub>2</sub>-opslag. In 2016 hebben de lidstaten van de EU het VN-klimaatakkoord van Parijs ondertekend voor de verlaging van CO<sub>2</sub>-uitstoot met als doel de opwarming van de aarde beperken tot ruim onder de 2 graden Celsius met duidelijk zicht op 1,5 graden Celsius (Rijksoverheid, 2021a). Maar ook nationaal staan de ontwikkelingen niet stil, de coalitie schrijft in het coalitieakkoord over een aanscherping van de CO<sub>2</sub>-heffing voor de industrie en het stimuleren van nieuwe verdienmodellen zoals biobased bouwmaterialen en carbon credits (Rijksoverheid, 2021b).

De milieu-impact van vastgoed wordt in Nederland gemeten aan de hand van de milieuprestatie gebouwen (MPG). Op dit moment krijgt de CO<sub>2</sub>-opslag in vastgoed echter geen eerlijke waarde omdat in de wettelijke toetsing van de milieuprestatie van vastgoed middels de milieuprestatie gebouwen de opslag van CO<sub>2</sub> per saldo niet gewaardeerd is in de achterliggende berekeningen. De wettelijke toetsing is dus met de kennis en noodzaak van nu zeer achterhaald. Dat is opmerkelijk omdat CO<sub>2</sub>-opslag c.q. het onttrekken en vastleggen van CO<sub>2</sub> uit de atmosfeer van enorme maatschappelijke waarde is tegen klimaatverandering ter voorkoming van bosbranden, stijgende zeespiegels, et cetera (IPCC, 2021). Een deel van de bouw- en vastgoedsector heeft het ongelijke speelveld op 28-1-2021 bij het ministerie van BZK (Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties) onder de aandacht gebracht met een zogeheten “manifest” welke is ondertekend door meer dan 240 partijen (DGBC, 2021). In opdracht van Minister Ollongren zal de beoordeling voor een mogelijke aanpassing rond het voorjaar van 2022 gepubliceerd worden om deze kwestie onafhankelijk te beschouwen (Cobouw, 2021). Vooralsnog is de uitslag hiervan niet bekend.

TNO heeft voorgaande kwestie reeds kort onderzocht door gangbare scenario's zonder CO<sub>2</sub>-opslag te vergelijken met scenario's mét CO<sub>2</sub>-opslag. TNO stelt dat als de koolstofopslag in hout wordt meegenomen in een levenscyclusanalyse over een periode van 100 jaar, er sprake is van een netto halvering van de CO<sub>2</sub>-emissie in vergelijking met gangbare scenario's. In het geval van CLT (Cross Laminated Timber) bevestigt TNO dat de emissie zelfs negatief is en de CO<sub>2</sub> voetprint van hout dus ondergewaardeerd is in de vigerende levenscyclusanalyse standaard (TNO, 2021). Daarbij plaatst TNO een kanttekening: er is momenteel niet verder gekeken dan 100 jaar, als aannemelijk kan worden gemaakt dat koolstof in hout langer dan 100 jaar wordt opgeslagen (circulaire casco's, droog/demontabel ontwerpen), dan is bouwen met hout volgens TNO de manier om CO<sub>2</sub> langdurig op te slaan (TNO, 2021).

In dit onderzoek staat “de waardering van CO<sub>2</sub> in vastgoedontwikkeling” centraal, met de focus op de waardering van zowel uitstoot als opslag. Biobased bouwmaterialen als hout slaan CO<sub>2</sub> op, in schril contrast met de gevestigde orde van traditionele bouwmaterialen als beton/staal die CO<sub>2</sub> uitstoten. Het ontbreken van een eerlijke waarde voor CO<sub>2</sub>-opslag in vastgoed in de huidige wet- en regelgeving (lees: overheidsingrijpen) middels de milieuprestatie gebouwen op basis van levenscyclusanalyse berekeningen resulteert in marktfalen. Het probleem is dat CO<sub>2</sub>-uitstoot wél wordt erkent maar CO<sub>2</sub>-opslag niét, dus biobased bouwmaterialen als hout worden benadeeld. Dat is dan ook de aanleiding, de reden en het belang voor de vastgoedkunde dat een verkenning naar de waardering van CO<sub>2</sub> in vastgoedontwikkeling bij deze wordt behandeld.

## §1.2 Probleemstelling

De conclusie van TNO (2021) biedt voor onderhavig onderzoek een aanknopingspunt naar de vastgoedkunde. Als CO<sub>2</sub>-opslag door overheidsingrijpen in wet- en regelgeving middels de milieuprestatie gebouwen op basis van levenscyclusanalyse berekeningen wordt ondergewaardeerd c.q. geen eerlijke waarde bevat, zo blijkt uit de rapportage van TNO (2021) en het manifest uit de markt (DGBC, 2021), dan is marktfalen het probleem. Omdat de positieve externe effecten van CO<sub>2</sub>-opslag in vastgoed c.q. het tegengaan van klimaatverandering niet zijn ingerekend in de marktprijs. Het probleem is voor onderhavig onderzoek een kans om te verkennen of het mogelijk is om middels CO<sub>2</sub>-

beprijzing de maatschappelijke opbrengsten van CO<sub>2</sub>-opslag naast de kosten van CO<sub>2</sub>-uitstoot in financiële haalbaarheidsanalyses een eerlijke plek te geven op de balans van interne kosten en -opbrengsten van vastgoedontwikkelaars. Verkennen hoe interne CO<sub>2</sub>-beprijzing de financiële haalbaarheid van duurzaam vastgoed beïnvloed, of anders gezegd: “hoe beïnvloed een heffing & korting van CO<sub>2</sub>-uitstoot & -opslag het rendement”.

De bestaande literatuur geeft helaas geen verdere inzichten op het gebied van interne CO<sub>2</sub>-beprijzing in financiële haalbaarheidsanalyse van vastgoedontwikkeling. Er is dus sprake van een kennisleemte binnen de vastgoedkunde. Daarentegen zijn er onderzoeken gerelateerd aan dit onderwerp wat kan dienen als referentiekader. Bijvoorbeeld door CE Delft en NIBE is in opdracht van Klimaatverbond een onderzoek gedaan naar de interne CO<sub>2</sub>-beprijzing, die in bepaalde mate relevante inzichten bieden voor onderzoek in vastgoedontwikkeling. CE Delft heeft onderzoek gedaan naar CO<sub>2</sub>-beprijzing voor het inkopen en aanbesteden door provincies met de focus op catering, meubilair en textiel en komt tot de conclusie dat interne CO<sub>2</sub>-beprijzing op drie manieren kan worden toegepast: i) als informatie-instrument; ii) als basis voor beoordeling in aanbesteding; of iii) als financieel sturingsinstrument; en dat het effect op de kostprijs afhangt van de hoogte van de CO<sub>2</sub>-prijs en hoeveelheid CO<sub>2</sub> per uitgegeven euro (CE Delft, 2020). Daarnaast heeft NIBE onderzoek gedaan naar interne CO<sub>2</sub>-beprijzing met de focus op de wijze waarop dit ingezet kan worden als instrument in gebiedsontwikkeling. In het kort de volgende conclusies: juist de keuze in een vroege fase van een ontwerp heeft de meeste impact om de CO<sub>2</sub> impact van gebouwen te verlagen; en van de markt betere prestaties vragen dan landelijke eisen kan goed met een systeem van interne CO<sub>2</sub>-beprijzing in aanbesteding verbonden aan gronduitgifte; tot slot zijn de meeste instrumenten hiervoor beschikbaar maar soms nog niet in de juiste vorm waardoor specifieke doorontwikkeling wenselijk zou zijn (NIBE, 2020). Een exercitie met soortgelijke elementen maar dan in het kader van financiële haalbaarheidsanalyse van vastgoedontwikkeling kan de kennisleemte in de bestaande literatuur van vastgoedkunde opvullen.

Voor de uitvoering van onderhavig onderzoek naar interne CO<sub>2</sub>-beprijzing in financiële haalbaarheidsanalyses van vastgoedontwikkeling betekent dit concreet het volgende: CO<sub>2</sub>-uitstoot & -opslag als gevolg van vastgoedproductie (embodied carbon) middels interne CO<sub>2</sub>-beprijzing een volwaardige plaats geven op de balans van financiële haalbaarheidsanalyses. Door een korting op milieuvriendelijke bouwmaterialen als hout die CO<sub>2</sub> opslaan als (maatschappelijke) opbrengsten en een heffing op milieuvriendelijke bouwmaterialen als beton/staal die CO<sub>2</sub> uitstoten als (maatschappelijke) kosten. Teneinde de externaliteiten (externe maatschappelijke kosten en opbrengsten) van CO<sub>2</sub>-uitstoot & -opslag eerlijk laten meewegen in het interne vastgoedrekenproces om daarmee te verkennen hoe deze eerlijke weging zijn weerslag heeft op de financiële haalbaarheid van duurzaam vastgoed. Voor het kwantificeren van een dergelijk model in het kwantitatieve deel van het onderzoek is het effect op het rendement de afhankelijke variabele, de hoogte van CO<sub>2</sub> is onafhankelijke variabele 1 en de CO<sub>2</sub>-prijs is onafhankelijke variabele 2.

Het onderwerp wordt bij deze afgebakend tot de nieuwbouw van residentieel vastgoed in de Nederlandse gebouwde omgeving. Het doel is verder niet om te mengen in het discours van marktfalen door het doen van uitspraken over een oplossing voor marktfalen of waarom CO<sub>2</sub>-opslag niet in de milieuprestatie gebouwen is opgenomen. De focus van dit onderzoek ligt sec op het rendement effect van interne CO<sub>2</sub>-beprijzing.

### **§1.3 Doelstelling en hoofdvraag**

De doelstelling van het onderzoek is als volgt:

Inzicht verkrijgen in hoeverre de externaliteiten (externe maatschappelijke kosten & -opbrengsten) van CO<sub>2</sub>-uitstoot & -opslag als gevolg van vastgoedproductie (embodied carbon) van nieuw residentieel vastgoed in de Nederlandse gebouwde omgeving middels interne CO<sub>2</sub>-beprijzing geïntegreerd kunnen worden in financiële haalbaarheidsanalyses (interne kosten en opbrengsten). Teneinde verkennen hoe interne CO<sub>2</sub>-beprijzing de financiële haalbaarheid van duurzaam vastgoed beïnvloed.

Uit voorgaande doelstelling is de volgende hoofdvraag gedestilleerd:

- In hoeverre beïnvloedt het moneteriseren (beprijzen) van CO<sub>2</sub>-uitstoot & -opslag in haalbaarheidsanalyses het financiële rendement van duurzaam vastgoed?

## §1.4 Deelvragen

De onderbouwing ter beantwoording van de hoofdvraag bestaat uit de volgende deelvragen:

### Theorie

- a) Wat is het concept externaliteiten in de economische theorie?
- b) Wat is het concept maatschappelijke waarde & -kosten van CO<sub>2</sub>?

### Praktijk

- c) Wat zijn de maatschappelijke kosten van CO<sub>2</sub> met betrekking tot interne CO<sub>2</sub>-beprijzing?
- d) Op basis van welke meetmethode en instrumenten is de embodied carbon te kwantificeren?

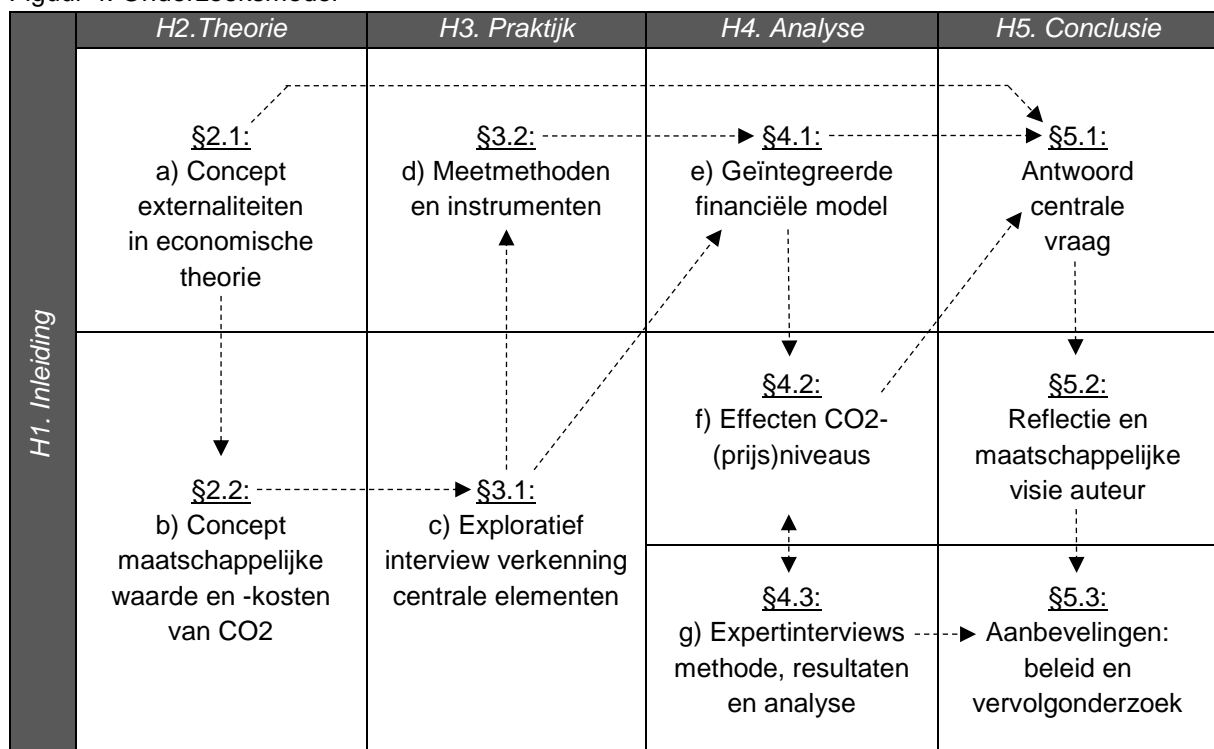
### Analyse

- e) In welke vorm kan CO<sub>2</sub>-beprijzing geïntegreerd worden in een financiële haalbaarheidsanalyse om te komen tot één geïntegreerd model die naast het conservatieve FG (Financieel Gedreven) rendement ook het maatschappelijke CG (CO<sub>2</sub>-budget Gedreven) rendement presenteert?
- f) Wat zijn de effecten van interne CO<sub>2</sub>-beprijzing op rendementen (afhankelijke variabele) bij hoge of lage CO<sub>2</sub> (onafhankelijke variabele 1) en CO<sub>2</sub>-prijzen (onafhankelijke variabele 2)?
- g) Welke conclusies trekken experts na beoordeling van de methode, resultaten en analyse?

## §1.5 Onderzoeksmethode en -model

Het onderzoek is verkennend van aard en uitgevoerd op basis van zowel kwalitatieve als kwantitatieve methoden en technieken (Robson & McCartan, 2016). De opbouw is gestructureerd aan de hand van 3 stappen: Theorie, Praktijk en Analyse (Hoek-Gerritsen, 2015). Zie figuur 4 voor een grafische weergave van het onderzoeksmodel en op de volgende pagina een korte toelichting per stap.

Figuur 4. Onderzoeksmodel



Bron: eigen bewerking



### Stap 1: Theorie

Het theoretische kader is gebaseerd op een kwalitatieve literatuurstudie op basis van deelvraag a t/m b. Een heldere kritische omschrijving van de relevante begrippen en afgebakende theorie voor het formuleren van verwachtingen omtrent CO2-beprijzing.

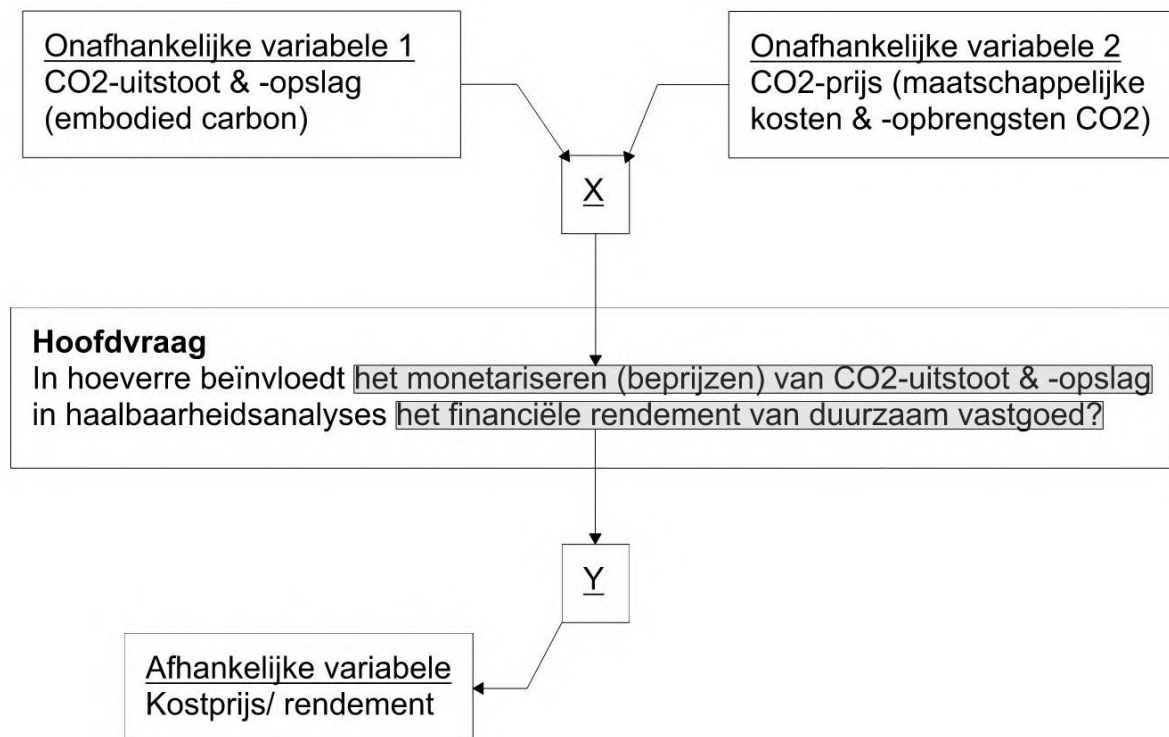
### Stap 2: Praktijk

Het praktijkonderzoek is tweeledig opgebouwd uit de twee onafhankelijke variabelen van deelvraag c t/m d. Op basis van een kwalitatief exploratief interview een verkenning naar de centrale elementen van het onderzoek: de maatschappelijke kosten van CO2 en interne CO2-beprijzing. Waarna een positionering van de empirie in de literatuur. Tot slot een kwalitatief literatuuronderzoek naar de meetmethoden en instrumenten voor het kwantificeren van CO2-uitstoot & -opslag (embodied carbon).

### Stap 3: Analyse

Een uiteenzetting van het kwantitatieve model, de resultaten en analyse van de bevindingen. Op basis van deelvraag e t/m g een duidelijk stappenplan, beschouwing en duiding van de bevindingen. Als input voor de beantwoording van de hoofdvraag en als input voor feedback in drie kwalitatieve half gestructureerde expertinterviews. Zie tot slot figuur 5 voor een visualisatie van de hoofdvraag ontleed in de onafhankelijke- en afhankelijke variabelen als conceptuele basis voor het opzetten van het kwantitatieve model.

Figuur 5. Hoofdvraag ontleed in onafhankelijke en -afhankelijke variabele



Bron: Eigen bewerking

## **§1.6 Leeswijzer**

Zoals geïllustreerd in het onderzoeksmodel bestaat het onderzoek uit vier hoofdstukken, opgedeeld in het theoretisch kader, praktijkonderzoek, een analyse van de empirische bevindingen en tot slot de conclusie, reflectie en aanbevelingen.

### Hoofdstuk 2. Theoretisch kader

Hierin wordt het concept externaliteiten in de economische theorie behandeld, van waaruit verwachtingen geformuleerd kunnen worden omtrent het beprijzen van CO2. Daarna volgt het concept

maatschappelijke waarde en -kosten van CO<sub>2</sub>, als basis voor een verdere verdieping naar de maatschappelijke kosten van CO<sub>2</sub> in het praktijkonderzoek.

### Hoofdstuk 3. Praktijkonderzoek

Dit onderzoek is tweeledig, het bestaat uit twee onafhankelijke variabelen: i) de maatschappelijke kosten van CO<sub>2</sub> met betrekking tot interne CO<sub>2</sub>-beprijzing; ii) de positionering van de embodied carbon en uiteenzetting van meetmethoden en instrumenten voor het kwantificeren van de embodied carbon.

### Hoofdstuk 4. Analyse empirische bevindingen

Dit hoofdstuk is de kern van het onderzoek, het bestaat uit de integratie van de twee onafhankelijke variabelen (uit het praktijkonderzoek) in de principes van financiële haalbaarheidsanalyse. Uit de integratie volgt één geïntegreerd financieel model ter beantwoording van de vraag wat het effect is van CO<sub>2</sub>-beprijzing op het rendement van de vastgoedontwikkelaar. Hieruit zal blijken of de verwachtingen uit de theorie overeenkomt en wat het effect is bij een gevoeligheidsanalyse van meerdere CO<sub>2</sub>-(prijs)niveaus. Ter afsluiting vormt voorgaande de basis voor een drietal expertinterviews van waaruit feedback vanuit de praktijk gegenereerd wordt op het model, de resultaten en analyse.

### Hoofdstuk 5. Conclusie, reflectie en aanbevelingen

Tot slot een terugkoppeling naar de inleiding middels beantwoording van de hoofd- en deelvragen van het uitgevoerde onderzoek. Hieruit volgt tevens: een reflectie op het onderzoeksproces/-eindproduct; de wetenschappelijke- en maatschappelijke relevantie; een maatschappelijke visie; en een overzicht van aanbevelingen voor beleid en vervolgonderzoek.

## 2. Theoretisch kader

Het theoretisch kader is vormgegeven op basis van literatuuronderzoek. Paragraaf 2.1 opent met de conceptualisering van het begrip externaliteiten in de economische theorie als illustratief denkkader van waaruit verwachtingen geformuleerd kunnen worden ter beantwoording van de hoofdvraag. Daarna volgt in paragraaf 2.2 het concept maatschappelijke waarde en -kosten van CO<sub>2</sub>.

### §2.1 Externaliteiten in economische theorie

Wat is het concept externaliteiten in de economische theorie?

#### §2.1.1 Conceptualisering externaliteiten

Externaliteiten of externe effecten ontstaan wanneer de activiteit van één partij of een overeenkomst tussen twee of meerdere partijen, een of meerdere externe partijen die niet betrokken waren bij de besluitvorming van deze overeenkomst daarvan negatieve of positieve externe effecten ondervinden (Teulings, Bovenberg & Dalen, 2003). Oftewel de externe kosten of opbrengsten van de betreffende activiteit zijn niet opgenomen in de transactie c.q. marktprijs met als resultaat 'marktfalen'. Het resultaat van marktfalen is dat een lagere of hogere welvaart ontstaat voor de externe partij(en).

Marktfalen ontstaat in het kader van dit onderzoek wanneer vastgoedontwikkelaars bij de productie van vastgoed niet met de kosten of opbrengsten van de externe effecten van CO<sub>2</sub>-uitstoot of -opslag geconfronteerd worden. Dat kan als volgt verwoord worden in zowel een negatief als positief voorbeeld:

- Het bevorderen van klimaatverandering is een negatief extern effect als gevolg van CO<sub>2</sub>-uitstoot van milieuvervuilende bouwmaterialen als beton/staal in vastgoed. Deze negatieve klimaateffecten worden niet vergoed voor de maatschappij;
- Het voorkomen van klimaatverandering is een positief extern effect als gevolg van CO<sub>2</sub>-opslag in milieuvriendelijke bouwmaterialen als hout in vastgoed. Deze positieve klimaateffecten worden niet vergoed door de maatschappij.

#### §2.1.2 Theoretische aspecten van externaliteiten

De theorie rondom externaliteiten is in belangrijke mate gebaseerd op de uitgangspunten van de neo institutionele economische theorie. Deze theorie stelt dat marktfalen ontstaat omdat er sprake is van suboptimale eigenschappen van transacties. Zo ontbreekt het aan volledige informatie voor alle actoren en is de beschikbare informatie asymmetrisch verdeeld. Door de informatietekorten is er sprake van transactiekosten. Daarnaast handelen actoren niet altijd rationeel. De uitgangspunten van de neo institutionele economie (NIE) zijn een reactie op de neoklassieke theorie die uit gaat van perfecte markten. De perfecte markt in de neoklassieke theorie is een veronderstelling van een homogene markt met volledige mededinging en rationeel denkende partijen die altijd beschikken over dezelfde en volledige informatie. Aan de hand van het prijsmechanisme ontstaat volgens de Schotse filosoof en econoom Adam Smith het zelfregulerende effect van 'the invisible hand', waarbij alle marktdeelnemers hun eigenbelang najagen en daarmee optimale collectieve welvaart tot stand brengen (Smith, 1776). Er is in de neoklassieke economie dus geen plek voor overheidsingrijpen omdat de gedachte is dat ingrijpen zorgt voor een verstoring van de markt en het prijsmechanisme, waarbij Smith een uitzondering maakte voor diverse publieke zaken zoals gezondheidszorg of onderwijs die middels belastingen worden gefinancierd.

Rondom overheidsingrijpen, brede maatschappelijke welvaart en de ontwikkeling van de neoklassieke en institutionele economie is een verscheidenheid aan economische filosofen voortgekomen met uiteenlopende betogen en dus benoemingswaardig in het kader van een uitgebreide literatuurstudie. Aan de hand van het boek 'De prijs van gelijkheid' van Prof. dr. Bas Jacobs (2015) kan deze diversiteit kort maar krachtig behandeld worden. Jacobs (2015) heeft een onderverdeling gemaakt op het gebied van economische (on)gelijkheid. Deze onderverdeling bepaald volgens Jacobs (2015) de

sociaaleconomische verschillen in de maatschappij en daarmee het niveau waarin overheidsingrijpen legitiem is om gelijkheid te vergroten dan wel ongelijkheid te verminderen. De verschillende betogen van grote denkers bestaan uit vergelijkbare tot uiteenlopende inzichten omtrent de maatschappelijke wenselijkheid van gelijkheid en hoe een overheid moet ingrijpen. De onderverdeling bestaat uit: i. inzet; ii. verdientalent; iii. kansen; iv. capaciteiten; en v. sociale structuren (Jacobs, 2015).

Rondom i. inzet bestaan libertaire denkers als Hobbes (1651) en Locke (1690) die betogen dat harde werkers niet moeten opdraaien voor luiertjes. En moderne extreem libertaire denkers als Nozick (1974) en Hayek (1960) die betogen dat de overheid zich enkel moet bemoeien met bescherming van eigendomsrechten (denk aan justitie, politie en defensie), omdat herverdeling volgens Hayek (1960) gelijk staat aan totalitarisme. Rondom ii. verdientalent bestaan denkers uit de utilitarisme stroming als Bentham (1789) die betogen dat we moeten streven naar het grootste geluk voor iedereen. De verdeling van mensen met veel verdientalent naar mensen met weinig verdientalent wat leidt tot een groter geluk voor de maatschappij als geheel. Ervan uitgaande dat de herverdeling geen economische kosten met zich meebrengt, dat is een utilitaristisch ideaal die in de praktijk geen stand houdt. Daarentegen betoogt Rawls (1971) op gelijke wijze maar toch anders dat we moeten streven naar het grootste geluk voor de minst bedeelde, ook wel het max-minprincipe genoemd. Rondom iii. kansen bestaan denkers als Dworkin (1981a, 1981b) die betogen dat we ongelijkheid in kansen en uitgangspositie moeten verkleinen maar ongelijkheid als gevolg van eigen keuzes niet. Rondom iv. capaciteiten zijn denkers als Sen (1985, 1992) die betoogt dat individuele capaciteiten het uitgangspunt moet zijn. Het draait bij Sen (1985, 1992) niet om negatieve maar om positieve vrijheid wat betekent dat men het best denkbare leven moet kunnen leiden, ook wel egalitarisme genoemd. Rondom v. sociale structuren zijn denkers als Rousseau (1775) en Marx (1875) die betogen dat ongelijkheid tussen rijken en armen resulteert in een machtspositie, een kapitalistisch systeem die pas verdwijnt bij inmenging of aanpassing van de politiek, desnoods een revolutie. Voorgenoemde opsomming doet de intellectuele eigendom van de grote denkers geen recht aan. Echter uit de opsomming kan wel geconcludeerd worden (en dat is de opzet) dat de afgelopen eeuwen de meningen verdeelt zijn. Er is bepaald geen consensus en volgens Jacobs (2015) zal dit debat nog jaren doorgaan.

Ondanks de diversiteit in denkers en het ontbreken van consensus omtrent overheidsingrijpen inzake gelijkheid is afgelopen eeuw vanaf de jaren 20 de Neo Institutionele Economische theorie rondom overheidsingrijpen en externe effecten steeds verder verdiept. Belangrijke scholen uit zich aan de ene kant rondom het handelen van economische actoren zoals de "Theory of the firm" (Coase, 1937) en de "Habermas Theory of communicative action" (Kunneman, 1985). Aan de andere kant zijn er meer institutionele methodologische studies waaronder: "The Economics of Welfare" (Pigou, 1920); "The problem of social cost" (Coase, 1960); "Transaction cost theory" (Williamson, 1979); "Property rights theory" (Hart & Moore, 1990); "Incentives theory & principal-agent problem" (Prendergast, 1999); "Nash equilibrium" (Holt & Roth, 2004); "Analysis of economic governance" (Ostrom, 2010); "Theory of the farm" (Allen & Lueck, 1998).

Ter doelmatigheid en leesbaarheid is het theoretisch kader na uitvoerige literatuurstudie afgebakend tot "The Economics of Welfare" van Pigou (1920). Pigou geldt als een van de grondleggers van het concept externaliteiten. Daarnaast is de beschrijving van Pigou (1920) en de daarbij aangedragen oplossing voor externaliteiten aangemerkt als zeer geschikt illustratief denkkader van waaruit verwachtingen geformuleerd kunnen worden ter beantwoording van de hoofdvraag van het onderzoek. Pigou's inzichten worden behandeld in de volgende subparagraaf.

### **§2.1.3 Pigouviaanse belasting (& subsidie)**

Het begrip en de theorie omtrent 'externaliteiten' is oorspronkelijk bedacht in 1920 door Arthur Cecil Pigou in zijn publicatie genaamd "The Economics of Welfare". Pigou gebruikte onder andere de termen 'marginaal privébelang', 'marginale privékosten', 'marginaal sociaal belang', 'marginale sociale kosten', 'externe marginale kosten', 'incidentele niet/ wel in rekening gebrachte diensten' en 'private optimum' of 'sociaal optimum' (Pigou, 1920).

Het traditionele voorbeeld om de termen van Pigou te duiden is een vervuilende fabriek naast een woonwijk. Als een fabriek grote hoeveelheden vervuilende uitstoot produceert en naastgelegen woonwijk ondervindt daarvan gezondheidsschade/ kosten, dan is er sprake van een externaliteit. De activiteit van de fabriek heeft een negatief extern effect op de woonwijk. Dit negatieve externe effect wordt niet betaald door de fabriek, de kosten zijn dus afgewenteld op de maatschappij. Als deze kosten van gezondheidsschade, ook wel 'externe marginale kosten' genoemd, niet geïnternaliseerd worden in de kostprijs van de fabriek dan blijft de fabriek een gelijke hoeveelheid schadelijke uitstoot produceren met een gelijke hoeveelheid externe effecten. De fabriek wordt zonder interventie gedreven door een 'marginale privébelang' en 'marginale privékosten'. Als deze kosten gelijk zijn aan de marginale winst dan resulteert dat in een 'privaat optimum'. Maar zoals uit het voorbeeld blijkt bestaan er externe effecten, ook wel 'incidentele niet in rekening gebrachte diensten' genoemd. Deze externe effecten resulteren in kosten van gezondheidsschade die niet zijn opgenomen in de 'marginale privékosten' waardoor het 'sociaal optimum' wordt aangetast. Er wordt in dit geval geen 'sociaal optimum' bereikt door het optreden van externe effecten. In het kader van dit onderzoek kan in de termen van Pigou nogmaals een kort voorbeeld van een negatief extern effect geïllustreerd worden:

- Als een vastgoedontwikkelaar een vastgoedobject realiseert met een draagconstructie van beton/staal dan veroorzaakt deze als gevolg van CO<sub>2</sub>-uitstoot incidentele niet in rekening gebrachte effecten (bevordering van klimaatverandering). In dit negatieve voorbeeld wordt een marginaal privébelang nagestreefd door de vastgoedontwikkelaar die afwijkt van het marginaal sociaal belang omdat de vastgoedontwikkelaar geen stimulans heeft om de externe marginale kosten van klimaatverandering te internaliseren in zijn marginale privé kosten. Door het niet internaliseren van deze kosten wordt geen sociaal optimum, maar wél een privaat optimum bereikt. De externe marginale kosten van klimaatverandering tasten het sociaal optimum aan omdat de maatschappij wordt afgewenteld met kosten als gevolg van klimaatverandering.

In de publicatie "The Economics of Welfare" is door Pigou tevens een oplossing aangedragen, de zogeheten 'Pigouviaanse belasting', vernoemd naar de Britse econoom zelf, het betreft een heffing van belasting door de overheid over activiteiten die negatieve effecten veroorzaken omdat de 'externe marginale kosten' van externe effecten niet zijn opgenomen in de 'marginale private kosten' waardoor de 'marginale sociale kosten' niet bereikt worden, er is dus geen sociaal optimum c.q. marktfalen en kans op overconsumptie (Pigou, 1920). De belasting is bedacht om marktfalen te corrigeren en het tegengaan van overconsumptie waarbij de belasting ter hoogte van de externe marginale kosten van het externe effect, de kosten worden op deze wijze geïnternaliseerd. De maatschappij wordt niet afgewenteld met externe marginale kosten, waardoor een sociaal optimum wordt bereikt (Pigou, 1920).

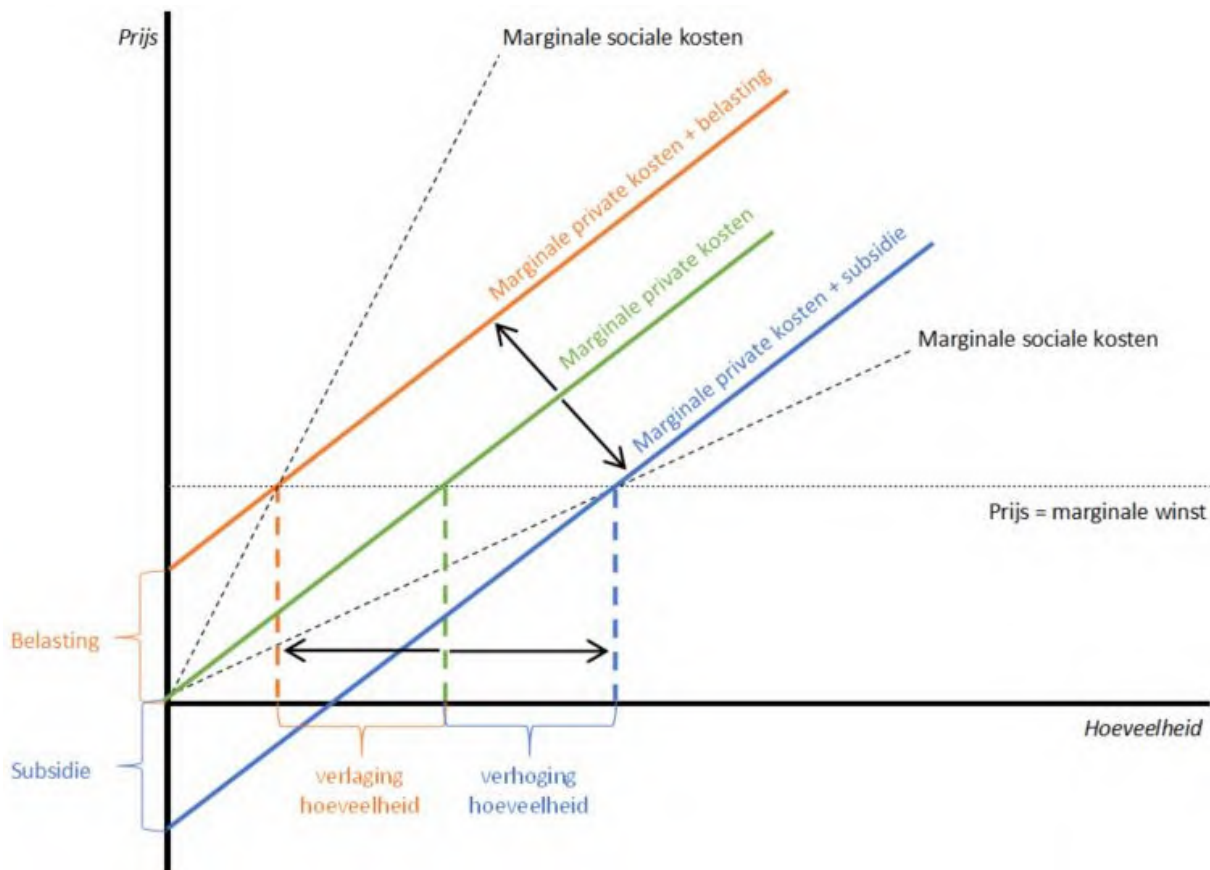
Het internaliseren van externe effecten is in het kader van dit onderzoek beschreven als het monetariseren van CO<sub>2</sub>-uitstoot & -opslag, c.q. externe effecten uitdrukken in geld, en deze internaliseren in de kostprijs van vastgoed middels een belasting & subsidie (extern) in de vorm van een heffing & korting (intern) in financiële haalbaarheidsanalyses. Door het monetariseren en internaliseren van externe effecten worden de externe effecten een financieel onderdeel van de transactie (Pigou, 1920). De minimale transactieprijs van vastgoed minus de kosten is voor een vastgoedontwikkelaar de marginale winst (zie figuur 6), als belasting wordt geheven of subsidie wordt verstrekt dan resulteert dit in een verlaging of verhoging van de hoeveelheid tot winstmaximalisatie wordt bereikt op het punt waar de hoeveelheid gelijk is aan de marginale winst. Ook hier is een voorbeeld mogelijk van zowel een negatief als positief extern effect omtrent de werking van de Pigouviaanse belasting en subsidie:

- Als een vervuilende ondernemer de externe marginale kosten van een negatief extern effect in zijn marginale private kosten opneemt c.q. internaliseert middels opgelegde belasting dan zal hij minder produceren, zie figuur 6 "verlaging hoeveelheid". Hij zal minder produceren omdat een verhoging van de prijs als gevolg van belasting resulteert in een verlaging van afname door consumenten en dus verlaging van productie tot het punt van winstmaximalisatie. Deze

belasting voorkomt overconsumptie van CO<sub>2</sub>-uitstoot van vastgoed, waardoor een sociaal optimum wordt bereikt.

- Andersom geldt hetzelfde, als een duurzame ondernemer de externe marginale opbrengsten van positieve externe effecten in zijn marginale private kosten opneemt c.q. internaliseert middels het ontvangen van subsidie, dan zal hij meer produceren zie figuur 6 “verhoging hoeveelheid”. Hij zal meer produceren omdat een verlaging van de prijs als gevolg van subsidie resulteert in een verhoging van afname door consumenten en derhalve een verhoging van productie tot het punt van winstmaximalisatie. Deze subsidie bevordert CO<sub>2</sub>-opslag in vastgoed, waardoor een sociaal optimum wordt bereikt.

Figuur 6. Pigouvianse belasting (& subsidie)



Bron: Eigen bewerking op basis van: Pigou, 1920

De Pigouvianse belasting is echter niet perfect, effecten verschillen per actor en situatie (dynamisch), het exact meten en vaststellen van de externe effecten is derhalve lastig (Post, 2006). De Britse econoom Ronald Coase heeft in zijn publicatie “The Problem of Social Cost” ook kritiek geuit op de theorie van Pigou door te stellen dat externaliteiten niet altijd resulteren in een inefficiënte marktuitskomst (marktfalen). De oplossing in de vorm van een Pigouvianse belasting leidt niet altijd tot een efficiënte marktuitskomst (sociaal optimum) vanwege de te maken transactiekosten om deze tot stand te brengen. In de kern is er volgens Coase geen sprake van een externaliteiten theorie maar transactiekosten theorie (Coase, 1960). Coase stelt dan ook in zijn Coase-theorema dat particuliere economische deelnemers onderling de gevolgen van externe effecten kunnen oplossen middels onderhandeling. Zeker indien er sprake is van een beperkt aantal betrokkenen in een situatie met relatief gelijke onderhandelingsmacht, meetbare gevolgen van externe effecten en een heldere verdeling van eigendomsrechten (Coase, 1960). In dit geval is er ook geen hiërarchische overheidsinterventie nodig. Indien echter sprake is van complexe externe effecten waarbij veel actoren zijn betrokken is een

hiërarchische interventie veelal efficiënt (Coase, 1960). Aangezien de mondiale gevolgen van CO2 als zeer complex extern effect gekwalificeerd zijn, zou vanuit die optiek een hiërarchische interventie efficiënter zijn dan het Coase-theorema.

#### §2.1.4 Deelconclusie externaliteiten in economische theorie

De theorie van Pigou biedt voor onderhavig onderzoek een theoretisch model waarmee we heel geschikt naar de oorzaak en gevolg relatie van externaliteiten kunnen kijken, mede in combinatie met een conceptuele oplossing in de vorm van een belasting & subsidie op externaliteiten. Vanuit de theorie van Pigou (1920) kunnen afgeleide varianten gecreëerd worden, die bepaald worden door politieke inzichten. Deze theorie leidt tot een passend illustratief denkkader ter beantwoording van de hoofdvraag op betrekkningsniveau. Met behulp van het theoretisch model is een verwachting in kaart gebracht omtrent het effect van belasting en subsidie in de vorm van een heffing en korting op CO2.

De centrale tekortkoming in de theorie van Pigou, de meetbaarheid van externe effecten, vormt verder de basis van het tweede deel van het theoretisch kader. De volgende paragraaf bestaat uit het concept maatschappelijke waarde, hiërarchische interventies (overheidsingrijpen) en de berekening en typering van de maatschappelijke kosten van CO2.

## §2.2 Maatschappelijke waarde & -kosten

Wat is het concept maatschappelijke waarde & -kosten van CO2?

### §2.2.1 Conceptualisering maatschappelijke waarde

De conceptualisering van het begrip 'maatschappelijke waarde' is in de wetenschappelijke literatuur in legio publicaties beschreven. De grondlegger van het begrip is echter Mark H. Moore (1995), in zijn publicatie "Creating Public Value. Strategic Management in Government" gebruikt hij de term 'publieke waarde', daarin zag hij letterlijk publieke waarde als 'aandeelhouderswaarde in openbaar management'. Een kort voorbeeld: net als de private sector een private waarde creëert door winst op producten of stijgende waarde van aandelen, kan een publieke sector een stijgende aandeelhouderswaarde creëren door openbaar management, denk daarbij aan het schoonhouden en bewaken van openbare ruimtes en beschermen van burgers tegen menselijke en natuurlijke rampen (Moore, 1995).

Barry Bozeman (2007) verfijnt het concept verder in "Public Values and Public interest: Counterbalancing Economic Individualism", publieke waarde zijn: *"those values providing normative consensus about (a) the rights, benefits, and prerogatives to which citizens should (and should not) be entitled; (b) the obligations of citizens to society, the state, and one another; and, (c) the principles on which governments and policies should be based"* (Bozeman, 2007, p. 13).

Ten opzichte van de uitgebreide beschrijving en criteria van Bozeman (2007) bestaat ook een korte doch krachtige beschrijving van Colin Talbot (2006) in "Paradoxes and prospects of 'Public Value': *"Public Value is the combined view of the public about what they regard as valuable"* (Talbot, 2006, p. 28). Hieruit voegt Talbot (2006) de potentiële dynamiek toe rondom dat wat als waardevol wordt beschouwd – en dat de normvorming daaromtrent expliciet bij 'het publiek' ligt.

Uit voorgaande komt duidelijk naar voren dat maatschappelijke waarde 'normatief' is. Wat een collectief van subjectieve individuen als maatschappij waardeert is daarom lastig te kwantificeren en geen vast gegeven. Mede omdat normen over tijd kunnen veranderen zijn normen niet statisch. In onderhavig onderzoek wordt het begrip verder geduid als 'maatschappelijke waarde'. Ter doelmatigheid en leesbaarheid zal het begrip in dit onderzoek gebaseerd zijn op de korte doch krachtige definitie van Talbot (2006) op basis van een herformulering in termen van 'maatschappelijk waarde':

"Maatschappelijke waarde is een gecombineerde opvatting van de maatschappij over het geen wat zij als waardevol beschouwen" beschouwen (eigen bewerking op basis van: Talbot, 2006, p. 28).

### §2.2.2 Overheidsingrijpen: belasting & subsidie

Als brug van waarden naar kosten wordt volgens Teulings, Bovenberg & Dalen (2003) door de overheid regelmatig ingegrepen om publieke belangen te waarborgen, maar niet alles wat van belang is moet worden aangepakt door de overheid. Met een brood als voorbeeld is dat treffend geïllustreerd: voldoende brood tegen voldoende lage prijzen kan als maatschappelijk belang worden gezien, m  r een staatsbakker is niet nodig om dit belang te waarborgen omdat het brood aanbod op de markt 'vanzelf' tot stand komt. Een maatschappelijk belang wordt pas gekenmerkt als publiek belang als de markt niet van zichzelf in staat is om het maatschappelijke belang te waarborgen (Teulings, Bovenberg & Dalen, 2003). Bij publieke belangen is overheidsingrepen vervolgens gerechtvaardigd. Er zijn volgens Teulings, Bovenberg & Dalen (2003) twee redenen gedefinieerd waarbij het publieke belang in de knel komt en ingrijpen benodigd is:

- i) Complexe externe effecten met free-rider gedrag;
- ii) Een politiek niet aanvaardbare verdeling van inkomen (herverdelingsvraagstuk).

Het vraagstuk omtrent CO<sub>2</sub>-uitstoot & -opslag valt onder het eerste criterium. De negatieve en positieve externe effecten van uitstoot & opslag worden niet 'vanzelf' ingeprijsd op de markt. Beredeneerd vanuit de gevolgen van klimaatverandering als gevolg van CO<sub>2</sub> kan de opslag van CO<sub>2</sub> en beperking van CO<sub>2</sub>-uitstoot weldegelijk gekwalificeerd worden als publiek belang en is overheidsingrijpen verantwoordbaar volgens het eerste criterium. Naast wet- en regelgeving middels de milieuprestatie gebouwen is overheidsingrijpen in de praktijk met betrekking tot belasting en subsidie van CO<sub>2</sub> niet ver ontwikkeld in de ruimtelijke ordening van de gebouwde omgeving. Er zijn twee voorbeelden benoemingswaardig omtrent de werking van belasting en subsidie op CO<sub>2</sub>:

- De CO<sub>2</sub>-emissiehandel genaamd EU-ETS (Europese Emission Trading System), het eerste grote systeem voor de industrie waar gehandeld wordt in uitstootrechten van broeikasgassen (Europese commissie, 2021);
- De SDE++ subsidie (Stimulering Duurzame Energieproductie en Klimaattransitie) die aangevraagd kan worden door bedrijven of (non-)profitinstellingen voor investeringen in de productie van hernieuwbare (duurzame) energie of de toepassing van CO<sub>2</sub>-verminderende technieken (RVO, 2021a). Een treffend voorbeeld in het kader van dit onderzoek is de stimulering van CO<sub>2</sub>-opslag onder de grond middels subsidie van SDE++, dat stimuleert opslag van CO<sub>2</sub>.

Met dergelijke vormen van overheidsingrijpen wordt middels belasting en subsidie getracht verdere negatieve externe effecten te voorkomen dan wel het stimuleren van positieve externe effecten. Met een kritische kanttekening dat voorgaande voorbeelden van overheidsingrijpen gekwalificeerd kunnen worden als effectieve-/preventiekosten, deze prijzen zijn dus niet te vergelijken met de maatschappelijke kosten van CO<sub>2</sub>. De meetbaarheid (berekening) en het onderscheid (typering) van de maatschappelijke kosten van CO<sub>2</sub> en effectieve-/preventiekosten komen verder aan bod in de volgende subparagraaf.

### §2.2.3 Maatschappelijke kosten van CO<sub>2</sub>: berekening en typering

Als verbinding tussen het theoretisch kader en praktijkonderzoek zal in het slot van het theoretisch kader een vertaling plaatsvinden van de concepten i) maatschappelijke waarde en ii) overheidsingrijpen middels belasting en subsidie naar iii) de maatschappelijke kosten van CO<sub>2</sub>. Daaruit blijkt dat het vanuit methodologisch perspectief complex is om een maatschappelijke CO<sub>2</sub>-prijs te formuleren met de verschillende theoretische modellen. Dat volgt met name uit het normatieve aspect van maatschappelijke waarde/ -kosten. Allereerst wordt ingegaan op de twee voornaamste invalshoeken waarop we CO<sub>2</sub>-prijzen kunnen benaderen:

#### I. De maatschappelijke kosten:

De eerste invalshoek zijn de 'maatschappelijke kosten' van klimaatverandering als gevolg van CO<sub>2</sub>, ook wel gespecificeerd als 'Social Cost of Climate change' of 'Social Cost of Carbon'



(SCC). De SCC is gebaseerd op een kosten-baten afweging, een optelsom van alle kosten en baten als gevolg van CO<sub>2</sub>-uitstoot/ klimaatverandering die gekwantificeerd kunnen worden. De hoogte van de SCC wordt bepaald aan de hand van de sociaaleconomische impact van CO<sub>2</sub>, nu en tot ver in de toekomst. Voorbeelden van lange termijneffecten van SCC zijn de toekomstige gevolgen van droogte en stijgende temperaturen/ zeespiegels op de economie als gevolg van klimaatverandering als gevolg van CO<sub>2</sub>-uitstoot (Klimaatverbond, 2021a).

## II. Preventiekosten / Effectieve kosten:

De tweede invalshoek zijn de 'preventiekosten' of 'effectieve kosten' benadering, beide niet gestoeld op een kosten-baten afweging maar op verlaging of preventie van verdere CO<sub>2</sub>-uitstoot (Klimaatverbond, 2021a). Het verschil en de overeenkomsten:

- Een geschikt voorbeeld van preventiekosten is de eerder omschreven CO<sub>2</sub> markt genaamd het Europese Emissions Trading Systeem (Klimaatverbond, 2021a). Dit ETS heeft als doel dat organisaties in de industrie voor een keuze komen te staan. Keuze 1: betalen voor CO<sub>2</sub> rechten om CO<sub>2</sub> te mogen uitstoten. Keuze 2: investeren in duurzamere technieken waarmee ze verdere CO<sub>2</sub>-uitstoot en dus kosten beperken;
- Daarnaast zijn er ook effectieve CO<sub>2</sub>-prijzen die zijn gebaseerd op doelstellingen die leiden tot reductie van CO<sub>2</sub>-uitstoot. Binnen een organisatie kan bijvoorbeeld gerekend worden met een effectieve CO<sub>2</sub>-prijs die een organisatie duurzamere keuzes laat maken, daarom is deze gelinkt aan de preventiekosten (Klimaatverbond, 2021a). Daarbij is het omslagpunt leidend. Voor een effectieve CO<sub>2</sub>-prijs wordt berekend bij welke waarde andere beslissingen worden genomen (Klimaatverbond, 2021a). Dat geldt ook voor de eerdergenoemde subsidie SDE++, de hoogte van deze subsidie kan getypeerd worden als effectieve kosten, het omslagpunt in het stimuleren van andere (duurzamere) keuzes is daarin leidend.

## IAM's (Integrated Assessment Models)

Voor de berekening van de SCC bestaan diverse modellen (Integrated Assessment Models) waarmee de financiële impact van klimaatverandering als gevolg van CO<sub>2</sub> op de maatschappij berekend kan worden. De drie belangrijkste modellen zijn als volgt: DICE, FUND en PAGE (Klimaatverbond, 2020b). Er moet wel benadrukt worden dat deze modellen niet perfect zijn, zowel in de positieve als negatieve zin van de hoogte van de CO<sub>2</sub>-prijs. Dit heeft onder andere te maken met de verantwoording en keuze 'wat is wel' en 'wat is niet' opgenomen in de modellen (Klimaatverbond, 2021b). Rondom dergelijke modellen is verder de voornaamste discussie over de effecten van CO<sub>2</sub> op economische groei en de wijze waarop een discontovoet wordt toegepast op de SCC. Volgens milieu-econoom Jeroen van den Berg (Berg, 2009) heeft de gerenommeerde klimaateconoom Nicholas Stern deze discussie, aangaande intergenerationele discontovoeten, in 2007 nieuw leven ingeblazen middels zijn artikel "The Economics of Climate Change: The Stern Review" (Stern et al, 2007). Een intergenerationele discontovoet kan als volgt geduid worden: i) een positieve discontovoet staat voor ongelijkheid tussen generaties omdat hogere kosten worden afgewenteld op toekomstige generaties; ii) een discontovoet van nul staat voor gelijkheid; 3) daarentegen zijn volgens Klimaat verbond - een onafhankelijke maatschappelijke publieke organisatie – op dit moment zelfs stemmen die het motto 'voorkomen is beter dan genezen' voorstellen, waarbij de discontovoet als negatief wordt voorgesteld, de kosten gaan namelijk voor de baten uit. Derhalve is vooralsnog een discontovoet van 'nul' goed verantwoordbaar (Klimaatverbond, 2021b). De discussie omtrent de discontovoet en de effecten van CO<sub>2</sub>-uitstoot op de economische groei illustreren sterk het normatieve aspect van de maatschappelijke kosten van CO<sub>2</sub>, volledige consensus ontbreekt.

## Type CO<sub>2</sub>-prijs

CO<sub>2</sub>-prijzen kunnen verder getypeerd worden als interne of externe en reële of fictieve CO<sub>2</sub>-beprijzing, zie figuur 7. Hoewel onderhavig onderzoek is afgebakend tot sec interne CO<sub>2</sub>-beprijzing is voor de

volledigheid externe CO2-beprijzing tot hier opgenomen. Dit mede omdat interne CO2-beprijzing kan functioneren als voorloper van externe CO2-beprijzing. Dat werkt als volgt: organisaties die interne CO2-beprijzing toepassen die bereiden zich voor op de toekomst van externe CO2-beprijzing. Externe CO2-beprijzing is derhalve tot hier in context geplaatst en zal vanaf dit punt niet verder behandeld worden.

Figuur 7. Kwadrantenmodel type CO2-beprijzing

	<i>Fictief</i>	<i>Reëel</i>
<i>Extern</i>	<p>Inkoop en aanbesteding</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Fictieve prijs</li> <li>▪ Effectieve prijs</li> </ul>	<p>Belasting</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ ETS/ energiebelasting</li> <li>▪ Heffing</li> <li>▪ Politiek-economische prijs</li> <li>▪ €100,-</li> </ul>
<i>Intern</i>	<p>Kostenbatenanalyse, boekhouding, beleidsvorming en communicatie</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Volledige referentieprijis</li> <li>▪ Ten minste €700,-</li> </ul>	<p>Fondsenvorming</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Duurzame investeringen</li> <li>▪ Deel van of volledige referentieprijis</li> </ul>

Bron: Eigen bewerking op basis van: Klimaatverbond, 2020b, p. 33

#### Richtbedrag/ referentieprijis

Tot slot is begin vorig jaar een uitgebreide vergelijking uitgevoerd (Klimaatverbond, 2020b) inzake de verschillende inzichten omtrent de hoogte van de maatschappelijke kosten van CO2 uit de verschillende IAM's. Als conclusie van dit onderzoek is vorig jaar geadviseerd om destijds een richtbedrag/ referentieprijis van minimaal €700/ton CO2 te hanteren als interne CO2-prijis, uitgaande van een discontovoet van nul, maar wel met de kanttekening dat ontwikkelingen en kennis op dit gebied nauw gevolgd moet worden om regelmatig te blijven toetsen of bijstelling benodigd is (klimaatverbond, 2020b). Bij ontwikkelingen moet men bijvoorbeeld denken aan gewijzigde IPCC-rapporten over de snelheid van klimaatverandering als zeer maatgevende inputvariabele in de IAM's.

#### **§2.2.4 Deelconclusie maatschappelijke waarde & -kosten**

Het exact meten van externe effecten is vanuit methodologisch perspectief uitdagend. Dat geldt zeker voor de externe effecten van CO2 die bestaan uit zeer complexe mondiale effecten waar veel partijen bij betrokken zijn. Daarin is het normatieve aspect leidend, die bepaald wordt door het publiek, zoals blijkt uit de conceptualisering van het begrip maatschappelijke waarde als zijnde een gecombineerde opvatting van de maatschappij over hetgeen wat zij als waardevol beschouwen (eigen bewerking op basis van: Talbot, 2006, p. 28). Dit normatieve aspect kan direct gelinkt worden aan de methodologische praktijk voor de bepaling van de maatschappelijke kosten van CO2. Er zijn verschillende theoretische Integrated Assessment Modellen (IAM's) waarmee we de financiële impact van klimaatverandering als gevolg van CO2 op de maatschappij kunnen berekenen. Echter rondom deze modellen is geen volledige consensus over de inhoud en de uitkomsten. Denk met name aan de discontovoet: hanteren we als maatschappij een positieve of negatieve discontovoet op de maatschappelijke kosten van CO2? Oftewel gaan de kosten voor de baten uit?

Vooralsnog kan op basis van uitgebreid literatuuronderzoek voor interne CO2-beprijzing een richtbedrag afgeleid worden, maar praktisch gezien is richting toepassing van de methodologie op een concreet

vastgoedvraagstuk nog veel onduidelijk. Wordt specifiek voor vastgoed eenzelfde referentieprijis geadviseerd of is dit - vermoedelijk - sterk afhankelijk van de CO2 intensiteit van het product 'vastgoed'? Zijn er afgelopen jaar ontwikkelingen die van invloed zijn op het richtbedrag? Oftewel er is een kennisleemte in het kader van vastgoed. Dit vormt dan ook de basis voor de start van het praktijkonderzoek. In het praktijkonderzoek zal een verdere verdieping plaatsvinden omtrent deze kennisleemte middels een exploratief interview met een expert die als voorloper kan worden beschouwd. Een voorloper met kennis op het gebied van zowel de maatschappelijke kosten van CO2 als interne CO2-beprijzing, de centrale onderzoekselementen van onderhavig onderzoek.

### 3. Praktijkonderzoek

Het praktijkonderzoek is kwalitatief vormgegeven op basis van een exploratief interview en literatuuronderzoek. Paragraaf 3.1 opent met een exploratief interview omtrent de maatschappelijke kosten van CO<sub>2</sub> met betrekking tot interne CO<sub>2</sub>-beprijzing, afgerond met een positionering van de empirie in de literatuur. Daarna volgt in paragraaf 3.2 middels literatuuronderzoek de positionering van de embodied carbon en een beschrijving van de meetmethode en beschikbare instrumenten voor het kwantificeren van CO<sub>2</sub>-uitstoot & -opslag (embodied carbon).

#### §3.1 Exploratief interview

Wat zijn de maatschappelijke kosten van CO<sub>2</sub> met betrekking tot interne CO<sub>2</sub>-beprijzing?

##### §3.1.1 Exploratief interview: waarnemen

Ter verkenning van de centrale onderzoekselementen “maatschappelijke kosten van CO<sub>2</sub> en interne CO<sub>2</sub>-beprijzing” is in het praktijkonderzoek op kwalitatieve wijze data verzameld met behulp van een exploratief interview met Thijs de la Court van Klimaatverbond. Onder leiding van Thijs heeft Klimaatverbond – voor zover bekend na uitvoerig literatuuronderzoek – als enige partij onderzoek gedaan op het snijvlak van zowel de maatschappelijke kosten van CO<sub>2</sub> als interne CO<sub>2</sub>-beprijzing. Er is dermate uitgebreid onderzoek uitgevoerd en gebundeld dat dit overige experts uitsluit omdat het onderzoek van Klimaatverbond bestaat uit zowel: i) de centrale onderzoekselementen; ii) theoretisch onderzoek; als iii) aangevuld met empirie uit de praktijk van overheidsinstellingen en publieke partijen.

Het interview is individueel, offline, synchroon en face-to-face uitgevoerd, het is te vergelijken met een gewoon gesprek waarbij de openingsvraag en doorvragen zonder sturing erg belangrijk is (Baarda et al, 2018, p. 156-201). Het doel van het interview is een verdere verdieping verkrijgen op het onderwerp “maatschappelijke kosten van CO<sub>2</sub> met betrekking tot interne CO<sub>2</sub>-beprijzing”. Aan de geïnterviewde respondent is vooraf per email het doel van het interview kenbaar gemaakt. Tevens is bij de aftrap van het interview nogmaals een korte toelichting gegeven op het doel en de onderzoeksopzet om te bevestigen of de opzet en doelmatigheid van het interview duidelijk is en of er toestemming wordt verkregen van de respondent om de geluidsopname te verwerken in een transcriptie als input en bijlage van het onderzoek. Voor de interviewer is voorkennis niet noodzakelijk of zelfs ongewenst omdat de achterliggende gedachte van een dergelijk interview is dat de interviewer minder bevooroordeeld is en opener reageert op de door geïnterviewde aangereikte onderwerpen (Baarda et al, 2018, p. 156-201).

Voor de selectie van een respondent heeft een controle plaatsgevonden aan de hand van twee criteria:

- ✓ Werkzaam bij een significante organisatie op het gebied van de centrale onderzoekselementen;
- ✓ Veel ervaring met en deelgenomen aan onderzoek naar de centrale onderzoekselementen.

Het eerste criterium, een significante organisatie op het gebied van ‘maatschappelijke kosten van CO<sub>2</sub>’ en ‘interne CO<sub>2</sub>-beprijzing’, kan in basis herleid worden naar de verschillende onderzoeken met sterk wetenschappelijke signatuur die (ook) aangehaald zijn in de inleiding van dit onderzoek. Gerenommeerde organisaties als CE Delft en NIBE zijn onafhankelijke onderzoeks- en adviesbureaus op het gebied van milieu- en duurzaamheidsvraagstukken, deze kunnen met het oog op hun transparante en navolgbare publicaties omtrent CO<sub>2</sub>-beprijzing gezien worden als significante organisaties met veel ervaring. Maar de overkoepelende, opdrachtgevende organisatie van beide onderzoeken is Klimaatverbond. Klimaatverbond is een onafhankelijke maatschappelijke publieke organisatie die zich inzet op klimaatmitigatie en –adaptatie door methodisch onderzoek naar concrete projecten, ze pionieren en delen kennis. Klimaatverbond heeft de empirische uitkomsten gebundeld (Klimaatverbond, 2021c) en onder andere aangevuld met onderzoek naar de opbouw en herkomst van de maatschappelijke kosten van CO<sub>2</sub> (Klimaatverbond, 2021a, 2021b). Derhalve is Klimaatverbond gekwalificeerd als significante organisatie vanwaar een geschikte respondent geselecteerd kan worden.

De geselecteerde respondent bij Klimaatverbond/ expert op het gebied van maatschappelijke kosten van CO2 met betrekking tot interne CO2-beprijzing voldoet ruimschoots aan het tweede opgestelde criterium. Als voordeel is de respondent tevens ecooloog van oorsprong, dat geeft een extra dimensie aan het interview in relatie tot CO2-opslag middels biobased bouwmaterialen als hout.

Geïnterviewde respondent:

- Thijs de la Court, projectleider van team CO2-beprijzing bij Klimaatverbond Nederland, een onafhankelijke maatschappelijke publieke organisatie. Met zijn team en leden van Klimaatverbond werkt Thijs de la Court aan onderzoek naar CO2-beprijzing, door de schade van CO2 uit te drukken in een CO2 prijs worden investeringen/businesscases met een lagere CO2 voetprint aantrekkelijker. Het interview heeft op 10-11-2021 plaatsgevonden te Arnhem op het kantoor van Klimaatverbond en duurde 1 uur en 55 minuten.

### §3.1.2 Exploratief interview: analyse en reflectie

Zie bijlage A voor de transcriptie van het exploratieve interview. In de analyse van de transcriptie is gericht gezocht naar relevante codes en samengevoegd in thema's ter beantwoording van de deelvraag. En zoals vermeld bij de aanpak van het interview zal het materiaal/ transcript voor zichzelf moeten spreken omdat de interviewer onbevungen met zo min mogelijk voorkennis het exploratieve interview heeft aangevraagd. Desalniettemin is altijd voorkennis aanwezig die voor de transparantie van het onderzoek vermeld moet worden (Baarda et al, 2018, p. 235-283). De voorkennis betreft in dit geval de diverse publicaties van Klimaatverbond omtrent interne CO2-beprijzing en de maatschappelijke kosten van CO2. De publicaties zijn beschouwd tijdens de uitwerking van de laatste subparagraaf van het theoretisch kader en de selectie van de respondent om de ontwikkelde kennis van Klimaatverbond onder leiding van de respondent op waarde te schatten. De voorkennis is vóór afname van het interview geborgd middels uitgebreid literatuuronderzoek, zie hiertoe ook subparagraaf 2.2.3 Maatschappelijke kosten van CO2: berekening en typering. De onderzoeken van de organisatie van de respondent maken ook onderdeel uit van het literatuuronderzoek zodat verdiepende vragen kunnen worden gesteld.

Om de waardevolle rijke data uit het interview te kunnen filteren is deze handmatig gesegmenteerd en opgedeeld in codes, waarna gebundeld in een top 10 van thema's welke als relevant worden geacht als bijdrage ter beantwoording van de deelvraag van het onderzoek (Baarda et al, 2018, p. 235-283). Zie figuur 8 voor een overzicht van de relevante thema's, onderliggende coderingen en voorzien van samenvatting. Voor de leesbaarheid is gepoogd om zo kort mogelijk de kern per thema te formuleren.

Figuur 8. Overzicht relevante thema's, coderingen en samenvattingen

<i>Thema 1. Verantwoorde toepassing</i>
Codering: Gebruik interne CO2-prijs; Introductieprijs bestuurlijke keuze.
Hoe gebruiken partijen een interne CO2-prijs, inhoudelijk juist of met een specifieke strategische insteek? Er is geen verkeerde manier omdat elke manier zijn eigen motief heeft, zolang de motieven en definitie van de CO2-prijs helder zijn is er geen goed of fout in het gebruik van een CO2-prijs. Je kan een CO2-prijs van €50 toepassen als introductieprijs omdat het op dat moment een acceptabel bedrag is, die op termijn stijgt naar een reële prijs (SCC) wetende dat de CO2-prijs een bestuurlijke keuze is, wetende dat deze prijs geen SCC of effectieve-/preventiekosten zijn.
<i>Thema 2. Marktgerichte en normeringgerichte CO2 prijzen</i>
Codering: ETS; MKI; Codering: Subsidie CO2-opslag is erg kwetsbaar; CO2-opslag opnemen in bouw norm; ETS-prijs CO2-opslag werk niet; Aanpassen bouw norm; Bouw norm VS ETS.
CO2-opslag in vastgoed zou extern gesubsidieerd kunnen worden, in vormen als de SDE++. Anderzijds zou CO2-opslag in hout in vastgoed opgenomen kunnen worden in de bouwnormering van de milieuprestatie gebouwen. Dat laatste heeft de voorkeur maar duurt tevens eeuwen aangezien de gevestigde orde/ betonlobby ervoor gaat liggen, dat zie je terug in het maatschappelijk debat. Daarom is subsidie van CO2-opslag op korte termijn makkelijker te realiseren, met de kanttekening

dat dit vermoedelijk geen CO<sub>2</sub>-prijs van formaat zal worden en daardoor het gewenste resultaat uitblijft. Een externe CO<sub>2</sub>-prijs als de ETS (Emissions Trading System) maar dan voor grondstoffen wordt ook heel relevant in deze context, in 2023-2025 komt vermoedelijk een CO<sub>2</sub> belasting op grondstoffen als het huidige ETS op de industrie. In de orde van €50 met een cap als de huidige ETS voor de industrie, dat betreft een politieke prijs. De MKI (Milieu Kosten indicator) maakt ook gebruik van €50 maar dan als interne CO<sub>2</sub> prijs voor de berekening van de schaduwkosten die gebruikt wordt in de bouw norm van de milieuprestatie gebouwen. De €50 van de MKI is gebaseerd op oude SCC-berekeningen uit de jaren negentig met een positieve discontovoet, in de zin van: destijds €50 en ergens in 2050 zal deze prijs met een positieve discontovoet €250 zijn geweest, of andersom verdisconteerd. Deze MKI-prijs is sindsdien niet meer bijgesteld omdat de MKI gedomineerd wordt en gedefinieerd is door grondstof bedrijven in een semiwetenschappelijke belangen omgeving, die willen een continu prijsniveau.

### *Thema 3. SCC input*

Codering: IAM; Discontovoet SCC; Input SCC; Bandbreedte/ onderkant SCC; Voorwaarden SCC; Intergenerationele verantwoordelijkheid; Tipping points SCC; Negatieve discontovoet SCC.

De SCC kan berekenend worden aan de hand van IAM's waarbij de input bestaat uit de impact als gevolg klimaatverandering, denk aan de vernietiging van landbouwgrond en de vernietiging van economisch groeipotentieel en schade aan gezondheid als gevolg van hittegolven of het verdwijnen van landbouwproductie door extreme droogte. De voorwaarden van deze berekening bestaan onder andere uit max. 1,5 á 2 graden verandering in temperatuur en de daarbij horende scenario's van het IPCC en de discontovoet. De discontovoet kan positief, nul of zelfs negatief zijn. In het laatste geval speelt de term "intergenerationele verantwoordelijkheid", oftewel hoe bepaal je een discontovoet op uitsterven van diersoorten of ecosystemen of honger? Het standpunt van Klimaatverbond is in deze 'nul', maar als je "tipping points" in acht neemt is een negatieve discontovoet te verantwoorden onder het motto "voorkomen is beter dan genezen". Daarom is minimaal een discontovoet van 'nul' goed verantwoordbaar. Deze "tipping points" zijn bijvoorbeeld de Toendra, als die smelt komt veel methaan vrij, dat is een krachtig broeikasgas die een kantelpunt in het klimaat kan betekenen c.q. een onomkeerbare verandering in het klimaat.

### *Thema 4. SCC output*

Codering: €700 conservatief SCC; Ontwikkeling/ bandbreedte SCC; Minimaal €700 SCC; Onderbouwing €700 SCC.

De output van IAM-berekeningen zijn gemiddeld in de orde van grootte van circa €700 tot €3.000, waarbij €700 al vrij hoog is in alle termen van CO<sub>2</sub>-beprijzing van dit moment. Maar met de kantekening dat voorgaande voorwaarden van het IPCC regelmatig wordt bijgesteld, waarbij het keer op keer erger is dan ze daarvoor dachten. Het wetenschappelijke bewijs van klimaatverandering cumuleert, oftewel de verwachting is dat de SCC als gevolg daarvan de komende jaren blijft stijgen. Het vaststellen van een juiste SCC is daarom zeer lastig. Als je echter minimaal het referentiebedrag van vorig jaar van €700 aan houdt voor interne CO<sub>2</sub>-beprijzing weet je zeker dat je niet fout zit, is de stelling van Klimaatverbond. Aan de respondent is in deze tot slot gevraagd of ze vandaag de dag met de kennis van nu dezelfde prijs adviseren? Het antwoord daarop is dat het bedrag vermoedelijk aangepast zou moeten worden naar circa €800 (of zelfs €900) per ton CO<sub>2</sub>. Deze kennis is gebaseerd op een gevoel van de respondent over de mainstream literatuur, met als voorbeeld een recent onderzoek van het Duitse ministerie. Die berekende opnieuw de SCC en kwam daarmee onlangs in 2020 op een bedrag van €195 tot €680. Een jaar eerder was dit €180 tot €640. Kennis neemt toe is het betoog, het berekenen van de SCC is derhalve een bewegend speelveld.

### *Thema 5. MACC omslagpunt*

Codering: Preventiekosten VS SCC; Transitiepad preventiekosten Marginal abatement kosten curve; Preventiekosten; Interne CO<sub>2</sub>-prijs; Efficiënte interne CO<sub>2</sub>-prijs; Verschilt per sector; Omslagpunt efficiënte interne CO<sub>2</sub>-prijs; Omslagpunt efficiënte prijs bouwsector.

Preventiekosten zijn eigenlijk efficiënte CO2-prijzen, gebaseerd op een transitiepad naar CO2 neutraal, hoe steiler het pad hoe hoger de CO2-prijs. Je zet een pad uit, bijvoorbeeld van 2020 tot 2030 willen we x% CO2 besparen. Je zet dat uit in een curve van je huidige emissie naar 2030. Vervolgens neem je daarin op de investering om tot het x% doel te komen. Die deel je door de periode om te komen tot een gemiddelde preventiekosten per ton CO2 en die internaliseer je in investeringsbeslissingen. Deze methode wordt ook wel een Marginal Abatement Cost Curve (MACC) genoemd. Middels een voorbeeld is geïllustreerd dat een drinkwaterbedrijf een MACC heeft uitgevoerd en daarbij komt tot een efficiënte CO2-prijs van €100, die hebben die €700 helemaal niet nodig en dat is maatschappelijk gezien een zeer rationele keuze. Voor vastgoed zou vermoedelijk een efficiënte CO2-prijs van €300 of €400 benodigd zijn, middels een voorbeeld is geïllustreerd dat Rijkswaterstaat op infrastructuur op een efficiënte prijs van €500 komt, een veelvoud van de drinkwaterbedrijven, dus het omslagpunt (de efficiënte interne CO2-prijs) verschilt per sector is de conclusie, afhankelijk van: i) het transitiepad en ii) de investeringen en CO2 intensiteit van activiteiten.

#### *Thema 6. Van Top-down naar Bottom-up*

Codering: Korting aanbesteding fictieve prijs; CO2 besparing aantonen korting aanbesteding; Marktconsultatie TCO D&C Maintenance Contracten; Samenhang type contract en CO2-prijs.

De interne CO2-prijs van bijvoorbeeld drinkwaterbedrijven biedt mogelijkheden in aanbestedingen, een aannemer kan bijvoorbeeld €100 per ton CO2 meer offereen dan de aanneemsom, dat noem je een korting waarmee de aannemer extra geld verdient om die besparing in CO2 te realiseren. Maar meer perspectief wordt gezien in het type contract in relatie tot TCO (Total Cost of Ownership), middels de relatie met de markt (marktconsultatie) en Design, Build & Maintain (DBM) contracten. Omdat de aannemer daarbij slimmer/ bewuster kan meedenken over de onderhoud periode om het ontwerp daar zo optimaal mogelijk op af te stemmen in relatie tot kosten en CO2. Daarbij kan de bouw weliswaar CO2 intensief zijn maar onderhoud zeer CO2 extensief, waarbij per saldo een CO2 winst behaald kan worden, een Bottom-Up principe waarbij het aantonen van de CO2 besparing een belangrijk aspect is. Dit illustreert de samenhang van contracteren en relatie met de markt en prijs, duurzaamheid hoeft niet duur te zijn en is mogelijk een marginaal aspect in het daglicht van slecht beheer, slechte aanbesteding of slechte relaties met de markt. Zonder dergelijke aspecten en zonder een lange termijn TCO-perspectief is het lastig om lange termijn duurzaam te investeren en met name het hoog hangende fruit van CO2 besparing te bereiken.

#### *Thema 7. Bouwsector specifiek*

Codering: Korte investeringsmarkt; Bouw; Efficiënte prijs bouwsector; Dubocalc; Preventiekosten curve bouwsector.

De bouw kenmerkt zich veelal als een korte investeringsmarkt, daardoor is het belangrijk om heel strak op de CO2 eisen te zitten, borgen in wet- en regelgeving omdat lange termijn in contracten en de relatie met de markt niet geborgd kan worden. CO2-beprijzing wordt in dat geval een extra kostenpost. Maar deze extra kostenpost hoeft niet altijd de werkelijke SCC te zijn, een interne efficiënte CO2-prijs voor de bouwsector hoeft enkel te voldoen aan de investeringsruimte die een aannemer/ bouwster nodig heeft om het beoogde CO2 rendement te behalen, afhankelijk van het beoogde transitiepad. Het transitiepad kan specifiek voor de bouwsector bepaald worden en op gebouwniveau berekend worden met bijvoorbeeld soortgelijke GWW tools als Dubocalc, waarbij het aan de aannemer is om te zoeken naar de meest efficiënte maatregel, dat hoeft niet per se middels biobased materialen maar kan ook gezocht worden in materialenstromen-/ volumes of bouwprocessen c.q. efficiënt en slim ontwerpen en bouwen.

#### *Thema 8. Referenties CO2*

Codering: Referentieprijs CO2-uitstoot GWW; GWW wenst hogere CO2-prijs; Bouwsector wenst lagere CO2-prijs; Strakke referenties nodig in bouwsector; Gewenning periode CO2-beprijzing; Er zijn meerdere wegen naar Rome.

De referenties van CO2 lopen (uit ervaring in de GWW) doorgaans sterk achter op de praktijk en deze veranderen continue omdat kennis toeneemt/ innovatie plaatsvindt. Derhalve kunnen referenties vaak veel strakker, maar daar speelt de discussie dat een te strakke referentie de kleinere spelers met de rug tegen de muur zet ten opzichte van grote kapitaalintensieve spelers. Terwijl een te ruime referentie geen tot onvoldoende stimulans geeft waarbij geen marktwerking en innovatie tot stand komt. Bij de bouw is een flinke lobby, ten opzichte van de GWW, de bouw lobbyt voor lagere CO2-prijzen terwijl bij de GWW juist hogere CO2-prijzen gewenst zijn. Dus daarin is de interactie met en analyse van de markt erg belangrijk, de juiste referentie bepalen. Door de grote lobby van bijvoorbeeld beton in de bouwsector is derhalve een goede referentie en sterke overheid nodig, is dat er niet dan gaat het net als de huidige MKI fout, waar gelobbyd is voor een lage CO2-prijs die geen impact heeft en dus geen marktwerking en innovatie plaatsvindt op het gebied van CO2 verlaging van bouwmaterialen. Maar er zijn meerdere wegen naar Rome, er wordt als voorbeeld een geschikt alternatief geopperd van het waterschap in Zeeland als opdrachtgever naar verschillende (onder)aannemers. Die heeft CO2-beprijzing geïntroduceerd maar met een gewenning periode, in dat geval is afgesproken met de markt om binnen 4 jaar naar een referentie toe te werken.

#### *Thema 9. Levenscyclusanalyse (LCA) CO2-opslag*

Codering: Bewijs CO2-opslag LCA; LCA hout/ vezels bosbouw/ akkerbouw; Verhouding CO2-opslag en CO2-prijs; Beschikbaarheid materialen met CO2-opslag; Effect schaarste op materiaalprijzen; Klimaatbestendige bossen; Hoogproductieve bossen; Lagere productiviteit en diverse houtaanbod; Bossen als CO2 product in plaats van opslag; Biomassa verbranding; Vergelijk biomassa verbranding met biobased bouwen.

In dit thema komt de eerder besproken ecologische ervaring van de respondent uit de verf, relevant gezien het kader van dit onderzoek, opslag van CO2 in bijvoorbeeld hout. Circa de helft van een boom kan lang cyclisch als constructiehout worden opgenomen in gebouwen, zogezegd het mooie stukje hout, maar het leeuwendeel is vaak kort cyclisch in de vorm van bijvoorbeeld spaanplaten of blijft achter in de vorm van strooisel of wortels onder de grond. Daarom wordt betoogd dat bij het presenteren van lang cyclische CO2-opslag in vastgoed ook het kort cyclische deel in beschouwing genomen moet worden, een ingewikkelde discussie maar het punt is duidelijk. Vanuit het ecologische perspectief van de respondent wordt verder in twijfel getrokken of een levenscyclusanalyse de eerlijke winst weerspiegelt, of de gevolgen van productie van bijvoorbeeld hout of vlas op bosbouw of akkerbouw werkelijk zo duurzaam is voor het bos/ akker zelf. Hierbij wordt een zwart-witte vergelijking gemaakt met verbranding van biomassa, een herhaling van de geschiedenis, biomassa verbranden werd bij de introductie ook als heel duurzaam gepresenteerd. Straks blijven er geen duurzame bossen meer over vanwege de focus op het massaal kappen van bomen voor vastgoed, een hartenkreet van de respondent die niet mag ontbreken in deze samenvatting. Verder bestaat er net als de betonlobby ook een houtlobby, waarbij gerefereerd wordt aan hoe duurzaam de houtbouw is voor de bossen zelf en dat dit niet eerlijk genoeg gepresenteerd wordt. Dat laat niet weg dat als maar de helft van de CO2-opslag klopt het desalniettemin de moeite waard is om biobased bouwmaterialen te bestempelen als de toekomst, maar dan moet de invloed van houtbouw op bosbouw wel op een eerlijkere manier gepresenteerd worden en de juiste kosten vertegenwoordigen. Tot slot is volgens de respondent momenteel spraken van veel hoogproductieve bossen, de voorspelling is dat dit in de toekomst meer richting laagproductieve klimaatbestendigere bosbouw gaat met nog meer oog voor de duurzaamheid/ biodiversiteit van de bossen. Om daarmee nog meer weerstand te bieden tegen langere periodes van droogte en meer weerstand tegen plagen. Dus de kans is groot dat in de toekomst een meer divers aanbod aan houtsoorten gaat plaatsvinden waardoor schaarste kan optreden. En bij een stijgende vraag naar hout is het resultaat mogelijk ook stijgende houtprijzen.

#### *Thema 10. Verhouding CO2-prijs en -opslag*

Codering: Gevoeligheidsanalyse CO2-prijs CO2-opslag; Een reële CO2-prijs in plaats van een fictieve CO2 markt.



Door de respondent is tot slot geadviseerd om naast de SCC-referentieprij, een gevoeligheidsanalyse op te nemen in het kwantitatieve deel van onderhavig onderzoek. Middels een gevoeligheidsanalyse wordt ervaren wat het effect is van verschillende niveaus in CO<sub>2</sub>-prijzen. De respondent betoogd verder tot slot om bovenal te streven naar reële CO<sub>2</sub> prijzen voor biobased bouwmaterialen met CO<sub>2</sub>-opslag, in plaats van een fictieve CO<sub>2</sub> markt. Daarmee doelt de respondent bijvoorbeeld op het presenteren van CO<sub>2</sub>-opslag zonder in acht neming van uitstoot. De ASN-bank heeft onlangs een methode gepresenteerd die enkel de CO<sub>2</sub>-opslag berekend van houtbouw constructies. Dergelijke methoden zijn welkom maar nadrukkelijk niet gebaseerd op de levenscyclusanalyse methodiek. Deze meetmethoden en instrumenten komen verder aan bod in de volgende paragraaf.

*Bron: Eigen bewerking op basis van: Bijlage A: Transcriptie en codering exploratief interview*

### **§3.1.3 Empirie positioneren in literatuur**

De kwalitatieve analyse die heeft plaatsgevonden bestaat uit een iteratief proces. Een iteratief proces wordt gekenmerkt door een afwisseling in waarneming-analyse-reflectie en het inductieve proces aangezien specifieke waarnemingen overgaan in algemene uitspraken (Baarda et al, 2018, p. 235-283). De empirie (c.q. specifieke waarnemingen) uit het exploratieve interview is in het daglicht van de gestelde deelvraag uitgewerkt tot 10 relevante thema's. Elk van de 10 thema's bieden waardevolle inzichten omtrent de gestelde deelvraag, waarbij thema 4 (SCC output) expliciet antwoord geeft op de deelvraag. Het betreffende antwoord van de respondent is gebaseerd op een vergelijking van een onderzoek van het Duitse ministerie (Umweltbundesamt) uit 2019 ten opzicht van een publicatie uit 2020. Op basis van deze vergelijking concludeert de respondent dat vandaag de dag de geadviseerde minimale interne CO<sub>2</sub>-prijs verhoogd kan worden. In de volgende alinea's is kort maar krachtig de empirie gepositioneerd in - en daarmee geconformeerd met - de betreffende literatuur.

De minimale interne CO<sub>2</sub>-prijs van €700/tCO<sub>2</sub> is gebaseerd op het uitgebreide literatuur onderzoek van Klimaatverbond (2020b, p. 42), welke mede gebaseerd op onderzoek van het Umweltbundesamt (2019) genaamd "Methodological Convention 3.0 for the Assessment of Environmental Costs - Cost Rates". Het Umweltbundesamt (2019) komt op een CO<sub>2</sub>-prijs van €180 tot €640, afhankelijk van de 'pure rate of time-preference' van 1% tot 0% (klimaatverbond, 2020b). Een CO<sub>2</sub>-prijs van €180 gaat uit van 1%, dat staat voor ongelijkheid tussen generaties, een CO<sub>2</sub>-prijs van €640 gaat uit van 0%, dat staat voor gelijkheid tussen generaties (klimaatverbond, 2020b). Ná afronding van het uitgebreide literatuur onderzoek van Klimaatverbond (2020b) heeft het Umweltbundesamt (2020) in augustus 2020 een 3.1 versie gepubliceerd. Het rapport presenteert een verhoging van de CO<sub>2</sub>-prijs naar €195 tot €680 (Umweltbundesamt, 2020). Oftewel een verhoging naar €15 tot €40 van 2019 naar 2020. Naar aanleiding van het rapport van het Umweltbundesamt (2020) volgt het oordeel van de respondent dat een minimale interne CO<sub>2</sub>-prijs vandaag de dag (10-11-2021) circa 1,5 jaar later in een herziende rapportage van Klimaatverbond (2020b) van €700 verhoogd zou kunnen worden naar circa €800.

Tot slot is recentelijk op 6-9-2021 een nieuw artikel verschenen van een studie waarin een internationaal team van onderzoekers in het tijdschrift 'Environmental Research Letters' concludeert dat tegen het einde van deze eeuw de schade circa zes keer groter zou kunnen zijn dan eerder is ingeschat (Klimaatverbond, 2021). Daarmee komen Jarmo et al. (2021) op een SCC (de maatschappelijke kosten van CO<sub>2</sub>) van ver boven de €3000/tCO<sub>2</sub>. Een groot deel van deze kosten komt ten lasten van de derde wereld, veroorzaakt door een enorme impact op het groeipotentieel van de economie (Klimaatverbond, 2021). Deze recente literatuur illustreert perfect dat het berekenen van de SCC een bewegend speelveld blijkt, zoals ook is aangekaart in het exploratieve interview in het slot van thema 4.

### **§3.1.4 Deelconclusie exploratief interview expert**

De belangrijkste bevindingen uit de specifieke waarnemingen van het exploratieve interview zijn in het daglicht van de gestelde deelvraag ('Wat zijn de maatschappelijke kosten van CO<sub>2</sub> met betrekking tot interne CO<sub>2</sub>-beprijzing?') allereerst een verhoging van de SCC. In afwijking van eerdere literatuur is geadviseerd om het richtbedrag van de SCC voor interne CO<sub>2</sub>-beprijzing vandaag de dag van minimaal

€700/tCO<sub>2</sub> op te verhogen naar minimaal €800. De oorzaak van deze verhoging is dat kennis/ontwikkelingen toenemen zoals gepresenteerd in de positionering van de empirie in de literatuur van het Umweltbundesamt (2019, 2020). Verder wordt door de respondent nadrukkelijk geadviseerd om naast de SCC-benadering tevens een gevoeligheidsanalyse te onderzoeken in het empirische deel van onderhavig onderzoek. Een gevoeligheidsanalyse in de CO<sub>2</sub>-prijs werkt als volgt: start met €800 en bouw af per €150 naar €650-€500-€350-€200-€50, ten opzichte van sec vasthouden aan €800. Verder is met voorbeelden uit het praktijkonderzoek van de respondent duidelijk gemaakt dat een effectieve CO<sub>2</sub>-prijs lager dan <€800 heel rationeel kan zijn als een organisatie geen hogere CO<sub>2</sub>-prijs nodig heeft om het beoogde effect of doel te bewerkstelligen. Derhalve is geen enkele CO<sub>2</sub>-prijs fout, er is geen verkeerde manier omdat elke manier zijn eigen motief heeft. Zolang de motieven en definitie van de gehanteerde CO<sub>2</sub>-prijs helder zijn, is er geen goed of fout in het toepassen van een lagere CO<sub>2</sub>-prijs. De eerste onafhankelijke variabele 'CO<sub>2</sub>-prijs' is bij deze behandeld. In de volgende paragraaf komt de tweede onafhankelijke variabele aan bod: 'CO<sub>2</sub>-uitstoot & -opslag (embodied carbon)'.

### §3.2 Meetmethode en instrumenten

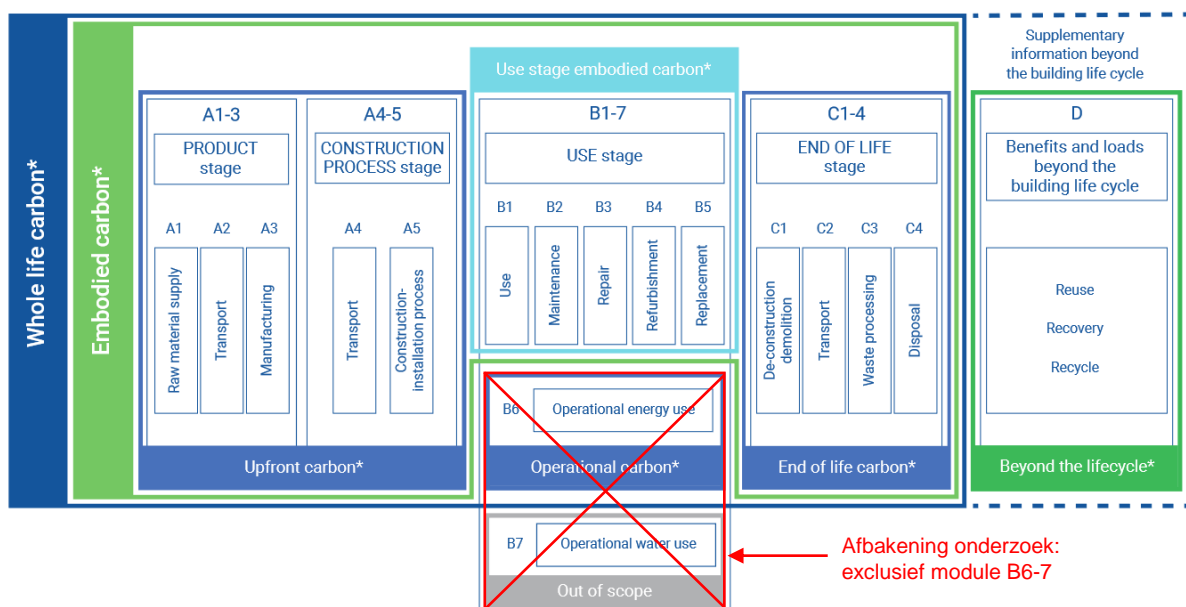
Op basis van welke meetmethode en instrumenten is de embodied carbon te kwantificeren?

#### §3.2.1 Embodied carbon

Om een compleet beeld te schetsen van de positie van de embodied carbon van het product vastgoed wordt verwezen naar figuur 9, gebaseerd op de EN 15978. Dit is de Europese standaard voor de beoordeling van de milieuprestatie van gebouwen, een specificatie van de berekeningsmethode gebaseerd op levenscyclusanalyse (LCA). De levenscyclusanalyse bepaalt de totale milieubelasting van een product over de gehele levenscyclus van 'Raw material supply' tot en met 'Reuse/Recovery/Recycle'. De 'embodied carbon' (module A1-C4) incl. 'Beyond the lifecycle' (module D) vormen samen met 'operationele carbon/ water use' (module B6-7) de totale impact (WGBC, 2019). De totale milieu-impact van vastgoed is in figuur 9 onderverdeeld in modules. De modules omvatten:

- Module A1-A3 is de productiefase;
- Module A4-A5 is de bouwfase;
- Module B1-B5 is de gebruik- en onderhoudsfase;
- Module B6-B7 is operationele energie-/waterverbruik;
- Module C1-C4 is de sloop- en verwerkingsfase;
- Module D is herwinnen-/gebruik en recycling.

Figuur 9. Positie embodied carbon (\* terminologie als gedefinieerd in EN 15978)



Bron: Eigen bewerking op basis van: WGBC, 2019

Onderhavig onderzoek is afgebakend tot de embodied carbon, dat is exclusief de operationele energie-/waterverbruik in module B6-7, derhalve is een kritische kanttekening op zijn plaats om te benadrukken dat een keuze gericht op lagere operationele carbon in bijvoorbeeld module B6 van invloed kan zijn op de embodied carbon. Ter verduidelijking een voorbeeld: voor de milieu-impact van de operationele carbon in module B6 kan het gunstig zijn om te kiezen voor meer PV-panelen voor de opwekking van duurzame elektriciteit middels zonne-energie, maar een deel van de materialen waarvan PV-panelen zijn opgebouwd heeft een negatief effect op de hoogte van de embodied carbon (RVO, 2021b). Veel PV-panelen zijn namelijk momenteel nog slecht recyclebaar en belanden daardoor in de verbrandingsoven. Oftewel tunnelvisie op de embodied carbon zal voorkomen moeten worden. Voor de doelmatigheid van onderhavig onderzoek, een eerste verkenning op de integratie van interne CO2-beprijzing in financiële haalbaarheidsanalyses, zal de operationele energie-/waterverbruik verder niet aan bod komen. Wetende dat een integrale benadering kansen biedt voor een vervolgonderzoek.

### §3.2.2 Meetmethode

In Nederland wordt de milieu-impact van bouwmaterialen gemeten middels de levenscyclusanalyse methodiek aan de hand van de Nederlandse Bepalingsmethode Milieuprestatie Bouwwerken (hierna: Bepalingsmethode). De Bepalingsmethode is gebaseerd op de Europese EN 15804 op basis van de EN 15978 (NMD, 2020). Met deze Bepalingsmethode wordt de milieu-impact uitgedrukt in meerdere milieu-impact categorieën, onder andere de bijdrage aan 'klimaatverandering', afgekort als GWP (Global Warming Potential), die wordt uitgedrukt in CO2-equivalenten (NMD, 2020). CO2-equivalenten zijn een eenheid om de verschillende broeikasgassen als methaan en lachgas bij elkaar op te kunnen tellen, gebaseerd op de GWP die aangeeft hoe groot de bijdrage is van broeikasgassen aan klimaatverandering. Zie figuur 10 voor een overzicht van de milieu-impactcategorieën volgens de Bepalingsmethode die de totale milieu-impact vertegenwoordigen, links geldend tot 1-1-2021 en rechts geldend ná 1-1-2021.

Figuur 10. Bepalingsmethode: Milieu-impact categorieën (links tot 1-1-2021 en rechts ná 1-1-2021)

MILIEU-IMPACTCATEGORIE	EQUIVALENT EENHEID	Impactcategorie	Indicator	Eenheid
Uitputting abiotische grondstoffen (exclusief fossiele energiedragers) – ADP	Sb eq	Klimaatverandering – totaal	GWP-totaal	kg CO2-eq.
Uitputting fossiele energiedragers – ADP	Sb eq	Klimaatverandering – fossiel	GWP-fossiel	kg CO2-eq.
Klimaatverandering – GWP100 j.	CO2 eq	Klimaatverandering – biogeen	GWP-biogeen	kg CO2-eq.
Aantasting ozonlaag – ODP	CFK-11 eq	Klimaatverandering – landgebruik en verandering in landgebruik	GWP-luluc	kg CO2-eq.
Fotochemische oxidantvorming – POCP	C2H4 eq	Ozonlaagaantasting	ODP	kg CFC11-eq.
Verzuring – AP	SO2 eq	Verzuring	AP	mol H+-eq.
Vermesting – EP	PO4 eq	Vermesting zoetwater	EP-zoetwater	kg PO4-eq.
Humane toxiciteit– HTP	1,4-DCB eq	Vermesting zeewater	EP-zeewater	kg N-eq.
Zoetwater aquatische ecotoxiciteit – FAETP	1,4-DCB eq	Vermesting land	EP-land	mol N-eq.
Mariene aquatische ecotoxiciteit – MAETP	1,4-DCB eq	Smogvorming	POCP	kg NMVOC-eq.
Terrestrische ecotoxiciteit – TETP	1,4-DCB eq	Uitputting van abiotische grondstoffen mineralen en metalen	ADP-mineralen&metalen	kg Sb-eq.
		Uitputting van abiotische grondstoffen fossiele brandstoffen	ADP-fossiel	MJ, net cal. val.
		Watergebruik	WDP	m3 world eq. deprived
		Fijnstof emissie	Ziekte door PM	Ziekte-incidentie
		Ioniserende straling	Humane blootstelling	kBq U235-eq.
		Ecotoxiciteit (zoetwater)	CTU ecosysteem	CTUe
		Humane toxiciteit, carcinogeen	CTU humaan	CTUh
		Humane toxiciteit, non-carcinogeen	CTU humaan	CTUh
		Landgebruik gerelateerde impact / bodemkwaliteit	Bodemkwaliteitsindex	dimensieloos

Bron: Eigen bewerking op basis van: NMD, 2020

Het rechter overzicht van figuur 10 is recentelijk per 1-1-2021 verplicht gesteld in de Bepalingsmethode waarop de milieuprestatie gebouwen is gebaseerd. Een wijziging in de Bepalingsmethode op basis van de Europese wijziging EN 15804/A2:2019. Onder andere de categorie 'Klimaatverandering - biogeen' is daarmee toegevoegd naast de oorspronkelijke categorie 'Klimaatverandering - Totaal' (NMD, 2020). Biogene CO2-opslag is de opslag in biobased bouwmaterialen zoals hout. Biogene CO2-opslag wordt volgens de Bepalingsmethode in de productiefase wel ingerekend als opslag in de basis categorie 'Klimaatverandering - Totaal' maar bij einde levensfase met een gelijke hoeveelheid afgewaardeerd. In de huidige berekeningen van de milieuprestatie gebouwen wordt biogene CO2-opslag dus wel apart

opgenomen maar het effect van CO<sub>2</sub>-opslag is per saldo 0 in de basis categorie 'Klimaatverandering - totaal' en telt dus niet mee in de milieuprestatie gebouwen. Deze afwaardering is onderdeel van het maatschappelijk debat, zie nogmaals het manifest (DGBC, 2021) zoals beschreven in hoofdstuk 1.

Om te presenteren wat het effect kan zijn van de biogene CO<sub>2</sub>-opslag in houtbouw (houten draagconstructie) ten opzichte van traditionele betonbouw (betonnen draagconstructie) als deze wel in de basis categorie wordt opgenomen, wordt nogmaals gerefereerd aan het onderzoek van TNO. Zoals aangehaald als aanleiding van onderhavig onderzoek maar ditmaal met meer detailniveau.

TNO (2021) heeft in maart 2021 een rapportage gepubliceerd met de resultaten van een verkennend onderzoek naar de impact van tijdelijke biogene CO<sub>2</sub>-opslag in houtbouw op de milieu-impact categorie Klimaatverandering (GWP) in de onderliggende levenscyclusanalyse berekeningen. De resultaten (beperkt tot module A1-A3 van de embodied carbon) zijn gegenereerd op basis van de reguliere methode van de NMD (conform voorgaande alinea's) en de alternatieve methode met tijdelijke opslag van CO<sub>2</sub>.

Wat met name opvalt is het grote verschil in de 'methode met tijdelijke CO<sub>2</sub>-vastlegging' tussen beton en CLT (Cross Laminated Timber) van beide casco typologieën, zie figuur 11-14. Hieruit blijkt dat CLT een negatieve CO<sub>2</sub> voetprint bewerkstelligd, voor de rijwoning -1.687 CO<sub>2</sub>-eq/woning en appartement -384 CO<sub>2</sub>-eq/woning, uitgaande van de gemiddelden (TNO, 2021). Als tevens de vermeden uitstoot wordt opgeteld, is het verschil voor de rijwoning totaal 9.646 kg CO<sub>2</sub>-eq/woning en het verschil voor appartement totaal 1.498 kg CO<sub>2</sub>-eq/woning, uitgaande van de gemiddelden (TNO, 2021).

Figuur 11. Carbon Footprint - Casco rijwoning (op basis van BENG-referentiewoning) – tabel

Type	reguliere methode	min	max	methode met tijdelijke CO <sub>2</sub> -vastlegging	min	max
appartement HSB	901	90	90	315	96	96
appartement CLT	1452	209	209	-384	74	74
appartement beton	1114	0	0	1114	0	0

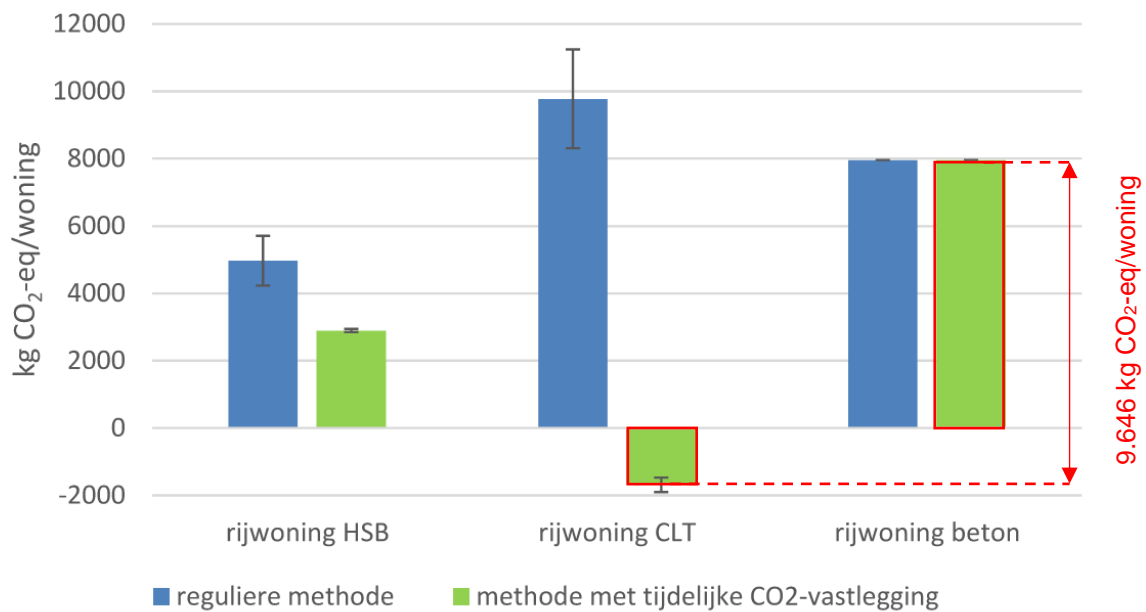
Bron: Eigen bewerking op basis van: TNO, 2021

Figuur 12. Carbon Footprint - Casco appartement (op basis van BENG-referentiewoning) - tabel

Type	reguliere methode	min	max	methode met tijdelijke CO <sub>2</sub> -vastlegging	min	max
rijwoning HSB	4970	737	737	2897	45	45
Rijwoning CLT	9775	1467	1467	-1687	215	215
rijwoning beton	7959	0	0	7959	0	0

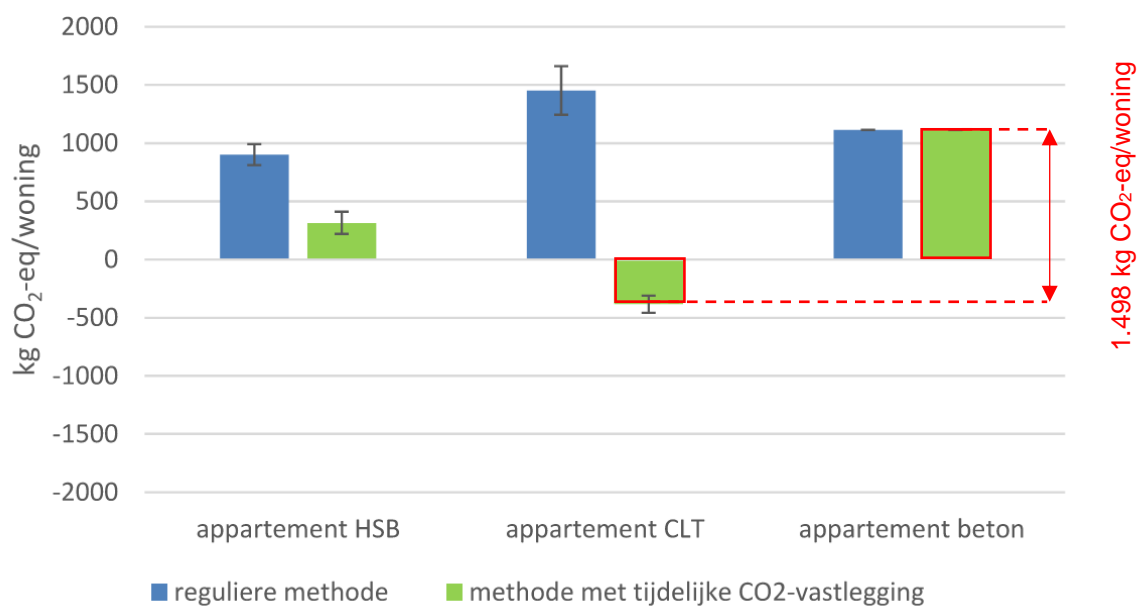
Bron: Eigen bewerking op basis van: TNO, 2021

Figuur 13. Carbon Footprint - Casco rijwoning (op basis van BENG-referentiewoning) - grafiek



Bron: Eigen bewerking op basis van: TNO, 2021

Figuur 14. Carbon Footprint - Casco appartement (op basis van BENG-referentiewoning) - grafiek



Bron: Eigen bewerking op basis van: TNO, 2021

### §3.2.3 Alternatieve meetmethode CO<sub>2</sub>-opslag

Voor de volledigheid is naast de Bepalingsmethode recentelijk op 29-7-2021 een alternatieve meetmethode gepubliceerd. De ASN bank heeft samen met Climate Cleanup een open source methode ontwikkeld waarmee de CO<sub>2</sub>-opslag van biobased bouwmaterialen zoals hout berekend kunnen worden, genaamd 'Construction Stored Carbon – A financial metric for carbon storage in the built environment' afgekort CSC (ASN & Climate Cleanup, 2021). De meetmethode is opgesteld op basis van de 'Oxford Ofsetting Principles', dat zijn richtlijnen om ervoor te zorgen dat CO<sub>2</sub> compensatie daadwerkelijk gaat bijdragen aan een CO<sub>2</sub> netto-nul maatschappij (University of Oxford, 2021). De CSC-meetmethode is zeer bruikbaar voor het inzichtelijk maken van CO<sub>2</sub>-opslag in vastgoed per m<sup>2</sup> bruto vloeroppervlak voor onderlinge vergelijking en stimulering van de CO<sub>2</sub>-opslag. Om in kaart te

brengen wat het maatschappelijke rendement is van een projectontwikkeling of de financiering. Máár de CSC-meetmethode is niet gebaseerd op de levenscyclusanalyse methodiek zoals de Bepalingsmethode zoals beschreven in voorgaande subparagraaf. Daarnaast wordt in de CSC-meetmethode enkel de opslag in biobased bouwmaterialen berekend, dus niet de uitstoot van de aanvullende en overige bouwmaterialen. Met aanvullende bouwmaterialen wordt bedoeld op bijvoorbeeld gestapelde appartementen met een houten draagconstructie van CLT, de houten casco's moeten vanwege bouwfysische eisen als brand en geluid veelvuldig voorzien worden van aanvullende bouwmaterialen als gipswanden tegen de wanden en plafonds en massalagen op de vloeren, afhankelijk van het bouwfysische-/brandconcept. En de overige bouwmaterialen zijn gevels/ fundering/ inrichting/ installaties/ et cetera. Deze worden in de CSC-meetmethode niet gewaardeerd. Oftewel met de focus op de CSC-meetmethode ontstaat een tunnelvisie op CO2-opslag. De CSC-meetmethode biedt geen holistisch beeld omdat de verschillende fase (productie, bouw, gebruik, sloop- en verwerking en hergebruik) en aanvullende en overige bouwmaterialen niet in ogenschouw zijn genomen bij het presenteren van de berekende CO2-opslag.

De CSC-meetmethode is een welkome aanvulling voor vergelijking & stimulering van CO2-opslag, maar in het kader van onderhavig onderzoek is het doel gesteld om zowel uitstoot als opslag eerlijk op de weegschaal te internaliseren middels interne CO2-beprijzing. Daardoor kan de CSC-meetmethode niet op zichzelf staan in dit onderzoek en wordt derhalve afgebakend tot de Bepalingsmethode van het NMD en de voorlopige resultaten van TNO (2021) met tijdelijke CO2-vastlegging.

### §3.2.4 Rekeninstrumenten

De milieu-impact van vastgoed wordt in Nederland aan de hand van de milieuprestatie gebouwen berekend met behulp van erkende rekeninstrumenten, gebaseerd op de Bepalingsmethode zoals beschreven in voorgaande subparagraaf van het NMD (Nationale Milieu Database). De beschikbare rekeninstrumenten en software zijn verdeeld in B&U (Burgerlijke- en Utiliteitsbouw) en GWW (Grond, Weg en Waterbouw). Voor onderhavig onderzoek is afgebakend tot residentieel vastgoed dat gekwalificeerd wordt als Burgerlijke bouw. Zie figuur 15 voor een actueel overzicht van de gevalideerde rekeninstrumenten van het NMD.

Figuur 15. Gevalideerde rekeninstrumenten NMD

Rekeninstrument	Instrumenthouder	Toepassingsgebied	
		B&U	GWW
GPR Materiaal	W/E adviseurs	X	
MPG Toetshulp	Bimpact B.V.	X	
One Click LCA	One Click LCA	X	
Dubocalc	Rijkswaterstaat		X
MPRI-MPG Tool	Stichting MPRI	X	

Bron: Eigen bewerking op basis van: NMD, 2021

De milieuprestatie gebouwen is in Nederland verplicht bij de aanvraag van een omgevingsvergunning, voor nieuwbouwwoningen en nieuwe kantoorgebouwen groter dan 100m<sup>2</sup>. De milieuprestatie gebouwen maakt inzichtelijk wat de milieu-impact van een gebouw is aan de hand van alle daarin ontworpen bouwmaterialen. Vanaf 1-1-2018 geldt voor de milieuprestatie gebouwen een grenswaarde van maximaal 1,0 en onlangs is per 1-7-2021 de grenswaarde voor nieuwbouwwoningen (dus niet voor kantoren) verlaagd naar 0,8 (RVO, 2021b). Het doel van de milieuprestatie gebouwen is een stapsgewijze verlaging tot halvering in 2030 (RVO, 2021b). De grenswaarde bestaat uit een 1-punts score gebaseerd op schaduwkosten op basis van de MKI (Milieu Kosten Indicator). De milieu-impact categorieën uit figuur 10 van de bepalingmethode worden voorzien van schaduwkosten per eenheid, de som van deze schaduwkosten worden gedeeld door de levensduur en door het bruto vloeroppervlak (BVO), waarna uitgedrukt als de schaduwkosten per m<sup>2</sup> BVO per jaar (RVO, 2021b).

De Global Warming Potential (GWP), de bijdrage aan klimaatverandering is in de milieuprestatie gebouwen voorzien van schaduwkosten, een vorm van interne CO<sub>2</sub>-beprijzing. De hoogte van deze schaduwkosten zijn €50 per ton CO<sub>2</sub>-eq. In de milieuprestatie gebouwen is het aanpassen van deze CO<sub>2</sub>-prijs geen mogelijkheid. Daarentegen moet het wel mogelijk zijn, na aanpassing van de instrumenten, om de CO<sub>2</sub>-eq uit de milieuprestatie gebouwen binnen de eisen van Bepalingsmethode en dus de EN 15804/A2:2019 te filteren. Om in de toekomst na aanpassing te fungeren als input als de tweede onafhankelijke variabele bij interne CO<sub>2</sub>-beprijzing in financiële haalbaarheidsanalyse.

### **§3.2.5 Deelconclusie meetmethode & instrumenten**

De rekeninstrumenten van de milieuprestatie gebouwen systematiek gebaseerd op de Bepalingsmethode bieden een helder kader voor het bepalen van de CO<sub>2</sub> voetafdruk (embodied carbon) van residentieel vastgoed in de Nederlandse gebouwde omgeving. Als input als de tweede onafhankelijke variabele voor de integratie van interne CO<sub>2</sub>-beprijzing in financiële haalbaarheidsanalyse. Uit deze berekeningen zou het mogelijk moeten zijn (voor vastgoedontwikkelingen ná 1-1-2021) de CO<sub>2</sub>-uitstoot & -opslag te filteren omdat dit mogelijk is binnen de Bepalingsmethode en dus de EN 15804/A2:2019. Maar wel met aanpassingen in de output van de instrumenten van de milieuprestatie gebouwen. Deze aanpassing wordt bevestigd door TNO & DGBC. TNO & DGBC (2021) hebben recent een rapport uitgebracht omtrent de wijze van waardering van CO<sub>2</sub>-opslag in biobased bouwmaterialen in relatie met de milieuprestatie gebouwen (MPG). Daarin beschrijven ze 6 varianten waarvan variant V1 zich het beste leent voor CO<sub>2</sub>-beprijzing. V1 bestaat uit de milieuprestatie gebouwen (MPG) aangevuld met een aparte declaratie van het biogeen vastgelegde CO<sub>2</sub> (TNO & DGBC, 2021). V1 heeft volgens TNO als voordeel dat regelgeving niet moet worden aangepast omdat dit reeds is aangepast in de EN 15804/A2, waardoor CO<sub>2</sub>-opslag gemonetariseerd en gewaardeerd kan worden (TNO & DGBC 2021). Echter worden ook de volgende nadelen benoemd: nog geen integratie in de milieuprestatie gebouwen (MPG); er is momenteel geen onderscheid tussen kort- en lang cyclisch opslag; er zijn nieuwe datasets benodigd voor biobased materialen; en de CO<sub>2</sub>-opslag zou terug gerekend moeten worden per m<sup>2</sup> gezien de variatie in tonnages in bouwwerken (TNO & DGBC, 2021).

Vooruitlopend op de empirische analyse schuilt voor onderhavig onderzoek dus een mismatch in de beschikbaarheid van data. Omdat de opslag van CO<sub>2</sub> pas recentelijk vanaf 1-1-2021 is opgenomen in de bepalingmethode maar niet in de output van de instrumenten is voor het empirische onderzoek geen gewenste data beschikbaar/ openbaar toegankelijk. Derhalve zal de analyse in het empirische deel voor de opslag van CO<sub>2</sub> in houten draagconstructies gebaseerd zijn op de voorlopige resultaten van TNO (beperkt tot module A1-A3 van de Bepalingsmethode). TNO heeft deze resultaten gebaseerd op een tweetal referentiegebouwen, voor onderhavig onderzoek zal derhalve dezelfde referentiegebouwen gehanteerd worden. Mede vanwege het feit dat adviesbureau W/E adviseurs (2019) exact dezelfde referentiegebouwen gematerialiseerd heeft waardoor tevens data beschikbaar is over de CO<sub>2</sub>-uitstoot van dezelfde referentiegebouwen. Daarover volgt meer in het volgende hoofdstuk middels een uitvoerige omschrijving van de gehanteerde uitgangspunten als aanname voor de berekeningen van het kwantitatieve model. Met als doel: navolgbaarheid vanuit wetenschappelijk methodologisch perspectief.

Ondanks de mismatch in data is de verwachting dat met de onderzoeksresultaten van TNO (2021) en W/E adviseurs (2019) het effect van interne CO<sub>2</sub>-beprijzing in financiële haalbaarheidsanalyse van voldoende niveau op basis van referentiegebouwen kan worden aangetoond als 'eerste aftasting' in het monetariseren en internaliseren van CO<sub>2</sub> om daarmee antwoord te geven op de hoofdvraag.

In het volgende hoofdstuk wordt de totstandkoming van het geïntegreerde financiële model behandeld, daaruit zal blijken hoe de onafhankelijke variabelen uit het praktijkonderzoek middels het principe van interne CO<sub>2</sub>-beprijzing geïntegreerd kunnen worden in de basisprincipes van financiële haalbaarheidsanalyse van vastgoedontwikkeling. Waarna middels een proefopstelling de effecten van interne CO<sub>2</sub>-beprijzing in kaart worden gebracht.

## 4. Analyse empirische bevindingen

Paragraaf 3.1 en 3.2 hebben geleid tot een duiding van onafhankelijke praktijk variabelen 1 en 2 als input voor hoofdstuk 4. Paragraaf 4.1 zal leiden tot één 'geïntegreerd financieel model' die zowel het 'Financieel Gedreven rendement' als het 'CO2-budget Gedreven rendement' presenteert aan de hand van de integratie van interne CO2-beprijzing gebaseerd op onafhankelijke variabele 1 en 2. In paragraaf 4.2 is het model vervolgens op de proef gesteld aan de hand van twee fictieve residentiele vastgoedobjecten. Deze proef bestaat uit meerdere kwantitatieve scenario's, daaruit blijkt wat het effect kan zijn van interne CO2-beprijzing, waarna een gevoeligheidsanalyse het effect aantoont van hoge- en lage CO2 en CO2-prijzen. Tot slot zal in paragraaf 4.3 op basis van een reeks expertinterviews op kwalitatieve wijze de methode, resultaten en analyse getoetst worden door experts uit de praktijk.

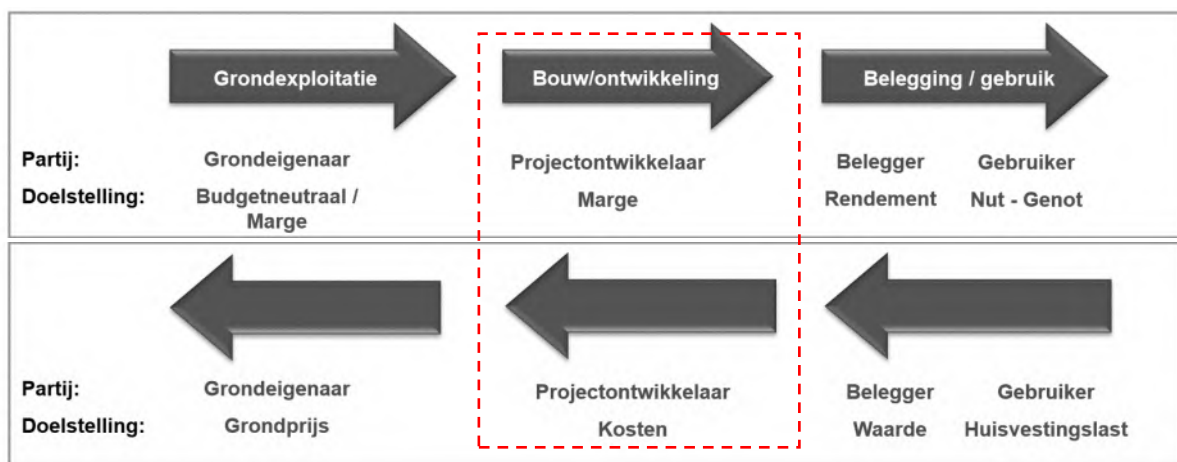
### §4.1 Geïntegreerde financiële model

In welke vorm kan CO2-beprijzing geïntegreerd worden in een financiële haalbaarheidsanalyse om te komen tot één geïntegreerd model die naast het conservatieve 'Financieel Gedreven rendement' ook het maatschappelijke 'CO2-budget Gedreven rendement' presenteert?

#### §4.1.1 Financiële haalbaarheidsanalyse projectontwikkeling vastgoed

Allereerst zal ter inleiding kort en bondig de positie, het concept en de sturingsfactoren van financiële haalbaarheidsanalyse behandeld worden, alvorens de integratie van interne CO2-beprijzing aan bod komt. Binnen het totale vastgoedproces bevindt vastgoedontwikkeling zich tussen de grondmarkt en belegger/gebruiker markt, zie figuur 16. Het proces is opgedeeld in 2 richtingen: het ontwikkelproces (waarde creatie) van grond naar gebruiker; en het rekenproces (geldstromen) van gebruiker naar grond.

Figuur 16. Vastgoedontwikkelproces (boven) en –rekenproces (onder)



Bron: Eigen bewerking op basis van: Benthum, 2021

Een financiële haalbaarheidsanalyse wordt ook wel stichtingskostenberekening of margeberekening genoemd omdat het financiële resultaat bestaat uit een winstmarge voor de vastgoedontwikkelaar. De definitie van vastgoedontwikkeling is volgens Vlek (2020): *“het voor eigen rekening en risico tot stand brengen van projecten voor de markt vanaf het initiatief tot en met de ingebruikstelling”* (Vlek, 2020, p. 96). Oftewel vastgoedontwikkeling is opgedeeld in fasen: de initiatieffase, ontwikkelfase, realisatiefase en exploitatiefase (Peek & Gehner 2018). Deze fasen worden vanuit de financiële focus op haalbaarheid gekenmerkt door 'rekenen en tekenen' (Peek & Gehner 2018). Het detailniveau van een financiële haalbaarheidsanalyse loopt daarbij parallel aan de fasering van vastgoedontwikkeling, van een hoog abstractieniveau tot zeer gedetailleerd. Hoe meer details/onzekerheden bekend zijn hoe gedetailleerder de berekening (Vlek, 2020). Gebaseerd op sturingsfactoren, opgedeeld in kosten en opbrengsten die verband houden met de productie van vastgoed, zie figuur 17.



Figuur 17. Sturingsfactoren financiële haalbaarheidsanalyse

Kosten	Opbrengsten
- Grondkosten	+ Verkoopwaarde (BAR / NAR / V.O.N. prijs)
- Bouwkosten	
- Bijkomende kosten	
- Algemene kosten (AK)	
- Rente en indexatie	
Totaal kosten	Totaal opbrengsten
	Totaal Winst & Risico*
	Winst & Risico %**

\* Totaal opbrengsten -/ - Totaal kosten

\*\* (Totaal opbrengsten / Totaal Winst & Risico) x 100

Bron: Eigen bewerking op basis van: Vlek, 2020

#### §4.1.2 Operationalisatie sturingsfactoren

##### Sturingsfactoren - opbrengsten

De verkoopwaarde (opbrengsten) van vastgoedontwikkeling is voor een belegger/ gebruiker de investering. Deze investering is gebaseerd op een bruto aanvangsrendement (BAR) of netto aanvangsrendement (NAR) of vrij op naam (V.O.N.) prijs incl. BTW of kosten koper (K.K.) prijs exclusief BTW. De verkoopwaarde is afhankelijk van vraag en aanbod c.q. vraagverschuiving op de ruimte- en activamarkt gebaseerd op de theorie van het vierkwadrantenmodel van Wheaton & DiPasquale (1996). De winst & risico wordt ook wel een risicodekking genoemd en is doorgaans circa 5-10%. Geheel afhankelijk van het risicoprofiel, denk bijvoorbeeld aan het onderscheid in brownfield (bebouwd) versus greenfield (onbebouwd) en binnenstedelijk versus buitenstedelijk. Het winst & risico percentage wordt in het kader van dit onderzoek ook wel het conservatieve 'Financieel Gedreven rendement' genoemd.

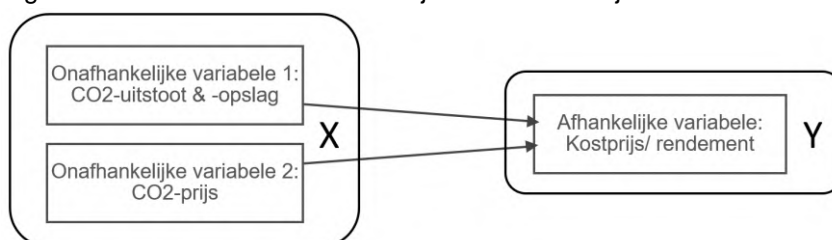
##### Sturingsfactoren - kosten

Grondkosten zijn residueel, dat wil zeggen dat de waarde van vastgoed in de grond zit. Dit werkt als volgt: als de sturingsfactoren (met uitzondering van de grondkosten) bekend zijn, dan zijn de grondkosten de resultante kosten. Verder zijn bouwkosten en bijkomende kosten onder andere afhankelijk van het object (architectuur), de locatie (binnenstedelijk- of buitenstedelijk bouwen), bebouwd of onbebouwd (sloop-/saneringskosten), nutsvoorzieningen (kabels en leidingen) en de grondkwaliteit (fundatie). Tot slot is de AK, rente en indexatie een dekkend percentage waarbij rente en indexatie tijdsgebonden kosten zijn, afhankelijk van de periode voorbereiding en bouwtijd.

#### §4.1.3 Integratie CO2-beprijzing

Nu de positie, het concept en de sturingsfactoren van financiële haalbaarheidsanalyse kort en bondig zijn behandeld, kan de integratie van interne CO2-beprijzing aan bod komen. Zie figuur 18, de hoofdvraag van het onderzoek, in hoofdstuk 1 ontleed in afhankelijke- en onafhankelijke variabelen. De afhankelijke variabele is het rendement, in figuur 17 bepaald aan de hand van de totale opbrengsten - / - totale kosten. De onafhankelijke variabele is tweeledig, in paragraaf 3.1 en paragraaf 3.2 uitvoerig behandeld. Onafhankelijke variabele 1 betreft de uitstoot & -opslag van CO2. Onafhankelijke variabele 2 betreft de SCC (maatschappelijke kosten van CO2), op basis van een exploratief interview vastgesteld op minimaal €800 / ton CO2 waarna een gevoeligheidsanalyse in verschillende prijsniveaus.

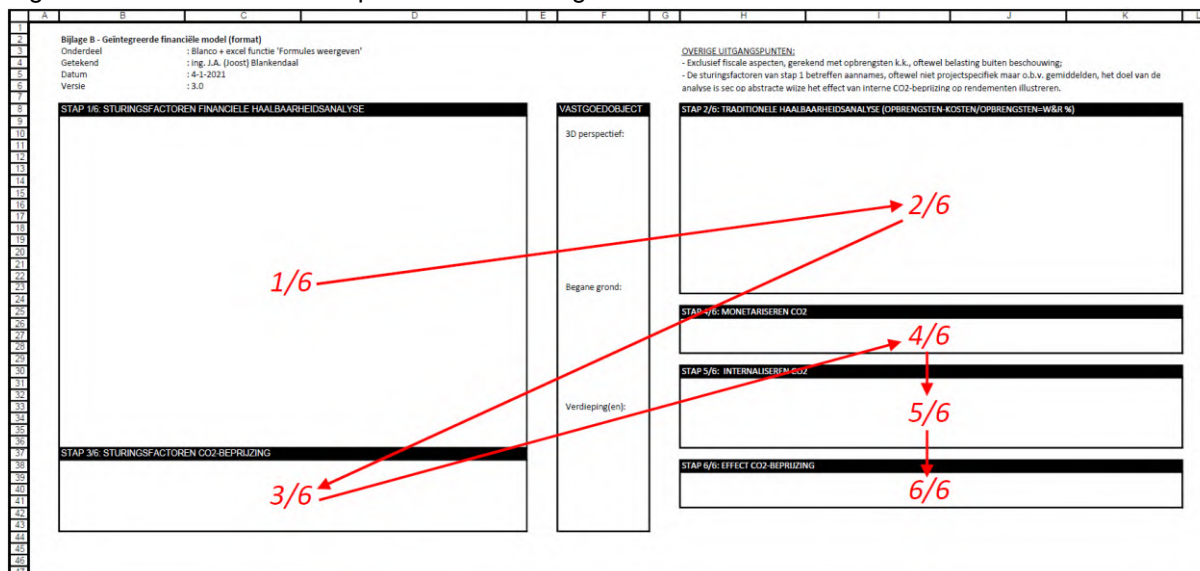
Figuur 18. X-Y-relatie - Onafhankelijke- en afhankelijke variabele



Bron: Eigen bewerking

In bijlage B is het format van een geïntegreerd financieel model opgesteld, het concept van financiële haalbaarheidsanalyse is daarin aangevuld c.q. geïntegreerd met concept van interne CO2-beprijzing (CO2 monetariseren en internaliseren). In figuur 19-25 zal het concept en de integratie van interne CO2-beprijzing aan de hand van 6 stappen geïllustreerd worden. De illustraties zijn op basis van de Excel functie 'Formules weergeven' in combinatie met de weergaven van de 'Rij- en kolomkoppen' van Excel. Met als doel: navolgbaarheid vanuit wetenschappelijk methodologisch perspectief.

Figuur 19. Totaaloverzicht stap 1 t/m 6 – Geïntegreerde financiële model



Bron: Eigen bewerking op basis van: Bijlage B

Figuur 20. Stap 1/6: Sturingsfactoren financiële haalbaarheidsanalyse

	B	C	D
9			
10	BVO	Blanco	m2 bruto vloer oppervlak/ ehd
11	GO	Blanco	m2 gebruik oppervlak/ ehd
12	Eenheden	Blanco	woning
13	GO/BVO	=C11/C10	= output
14	Totaal BVO	=C12*C10	= output
15	Totaal GO	=C12*C11	= output
16			
17	Grondkosten	Blanco	per m2 BVO, afname bij start bouw (geen index)
18	Bouwkosten	Blanco	per m2 BVO *
19	Bijkomende kosten	Blanco	over de geïndexeerde bouwkosten
20	AK	Blanco	over bouw- en bijkomende kosten
21			
22	Rente	Blanco	gemiddelde van verhouding EV + VV (WACC)**
23	Stijging kosten	Blanco	over de bouwkosten (BDB-index)
24			
25	Vorbereidingstijd	Blanco	Periode tot start bouw
26	Bouwtijd	Blanco	
27			
28	Vrij Op Naam (incl. BTW)	Blanco	per m2 GO
29	Kosten Koper (excl. BTW)	=C28/1,21	= output
30	V.O.N. totaal	=C28*C11	= output
31	K.K. totaal	=C29*C11	= output
32			
33	Prijspeil heden (tenzij anders vermeld)		
34	* inclusief afkooprijstijgingen tijdens de bouw		
35	** bijkomende en AK rente over hele bouwtijd, bouwkosten over halve bouwtijd		
36			

Bron: Bijlage B

Figuur 21. Stap 2/6: Traditionele haalbaarheidsanalyse (opbrengsten-kosten/opbrengsten=W&R %)

	H	I	J	K
9				
10	Grondkosten	=C17*C10		
11	Bouwkosten traditioneel	=(C18*C10)*(1+C23)^C25		
12	Bijkomende kosten	=C19*I11		
13	AK	=C20*(I11+I12)		
14	Totaal (excl. Rente)	=SOM(I10:I13)		
15				
16	Rente grondkosten	=(I10*(1+\$C\$22)^(\$C\$26))-I10		
17	Rente bouwkosten	=(I11*(1+\$C\$22)^(\$C\$26/2))-I11	Vrij Op Naam (incl. btw)	=C28*C11
18	Rente bijk. kosten en AK	=((I12+I13)*(1+C22)^C26)-(I12+I13)	-/- 21% BTW	=(K17-K19)*-1
19	Totaal rente	=SOM(I16:I18)	Kosten Koper (excl. btw)	=C29*C11
20				
21	FG) Kosten	=I19+I14	FG) Opbrengsten	=K19
22			FG) Totaal W&R	=K21-I21
23		Traditionele rendement c.q. risicodekking (Financieel Gedreven) =	FG) W&R %	=K22/K21

Bron: Bijlage B

Figuur 22. Stap 3/6: Sturingsfactoren CO2-beprijzing

	B	C	D
38			
39	CO2-prijs	Blanco	per ton ← onafhankelijke variabele 2
40	A) ton CO2 uitstoot	Blanco	per m2 BVO
41	B) ton CO2 opslag+vermeden	Blanco	per m2 BVO
42	A+B= ton CO2 saldo	=C40+C41	= output A+B ← onafhankelijke variabele 1
43			
44			
45			
46			
47			

Bron: Bijlage B

Figuur 23. Stap 4/6: Monetariseren CO2

	H	I	J	K
26	A) ton CO2 uitstoot	=C40*C10		=I26*C39
27	B) ton CO2 opslag+vermeden	=C41*C10	x CO2-prijs →	=I27*C39
28	A+B = ton CO2 saldo	=C42*C10		=C39*I28

Bron: Bijlage B

Figuur 24. Stap 5/6: Internaliseren CO2

	H	I	J	K
31				
32	Totaal heffing CO2 saldo	=K28		
33				
34	CG) Kosten incl. CO2 heffing	=I32+I21	CG) Opbrengsten	=K21
35			CG) Totaal W&R incl. CO2	=K34-I34
36		Rendement -/- CO2-beprijzing (CO2-budget Gedreven) =	CG) W&R % incl. CO2	=K35/K34

Bron: Bijlage B

Figuur 25. Stap 6/6: Effect CO2-beprijzing

	H	I	J	K
39	FG-CG Kosten verschil	=I34-I21	FG-CG) Opbrengsten verschil	=K34-K21
40			FG-CG) Totaal W&R verschil	=K35-K22
41	afhankelijke variabele ←	Rendement verschil =	FG-CG) W&R % verschil	=K36-K23
42				
43				
44				
45				

Bron: Bijlage B

#### §4.1.4 Deelconclusie geïntegreerde financiële model

In figuur 19-25 van voorgaande subparagraaf is helder geïllustreerd hoe de integratie van interne CO<sub>2</sub>-beprijzing vorm kan krijgen, teneinde één geïntegreerd financieel model. In aansluiting op de hoofdvraag van dit onderzoek presenteert het model in stap 6 het verschil in rendement tussen het 'Financieel Gedreven rendement' en 'CO<sub>2</sub>-budget Gedreven rendement'. Hiermee wordt antwoord gegeven in de volgende paragraaf in hoeverre het monetariseren en internaliseren van CO<sub>2</sub> het rendement beïnvloed.

#### §4.2 Effecten interne CO<sub>2</sub>-beprijzing

Wat zijn de effecten van interne CO<sub>2</sub>-beprijzing op rendementen (afhankelijke variabele) bij hoge of lage CO<sub>2</sub> (onafhankelijke variabele 1) en CO<sub>2</sub>-prijzen (onafhankelijke variabele 2)?

##### §4.2.1 Aannames sturingsfactoren

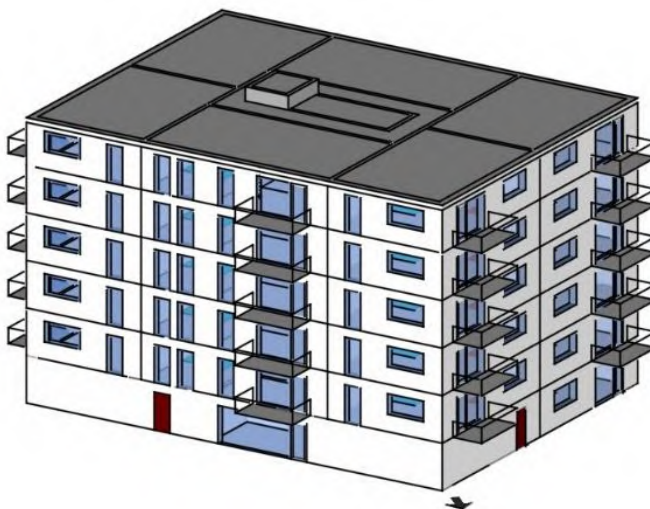
Zoals beschreven in voorgaande subparagraaf bestaat het geïntegreerde financiële model uit sturingsfactoren, zie figuur 20 en 22. Voor het uitvoeren van het model zijn de volgende aannames in sturingsfactoren gehanteerd: i) Vastgoedobject; ii) CO<sub>2</sub>-opslag; iii) CO<sub>2</sub>-uitstoot; iv) CO<sub>2</sub>-prijs. Zie onderstaande toelichting per aanname.

##### i) Vastgoedobject

In paragraaf 3.2 is afgebakend om de effecten van interne CO<sub>2</sub>-beprijzing te baseren op dezelfde fictieve vastgoedobjecten zoals aangenomen in het onderzoek van TNO (2021). Deze fictieve vastgoedobjecten zijn genaamd "BENG referentiegebouwen", opgesteld door DGMR in opdracht van RVO. BENG is een afkorting voor "bijna energieneutrale gebouwen". De referentiegebouwen hebben als doel: een goede afspiegeling vormen van de hedendaagse bouw voor de doorrekening van diverse energieconcepten (DGMR, 2017). Het type referentiegebouw waarmee TNO (2021) de bouwkundige opbouw van de casco's heeft doorgerekend bestaat uit een appartementengebouw en een tussenwoning (genaamd Woongebouw M en Woning S tussen). Zie onderstaande illustraties figuur 26-27 en opsomming van de data per vastgoedobject op basis van de referentiegebouwen als input voor het geïntegreerde financiële model:

- Referentiegebouw type: 'Woongebouw M'
  - Typering : appartementengebouw
  - Aantal appartementen : 33 stuks
  - Bruto vloeroppervlak (BVO) : totaal 3828m<sup>2</sup>, per appartement 116m<sup>2</sup>
  - Gebruiksoppervlak (GO) : totaal 3036m<sup>2</sup>, per appartementen 92m<sup>2</sup>

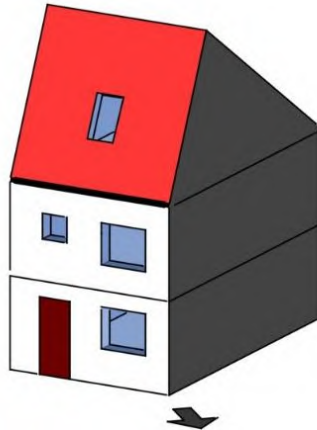
Figuur 26. 3D impressie 'Woongebouw M'.



Bron: DGMR, 2017.

- Referentiegebouw type: 'Woning S tussen'  
 Typering : Tussenwoning  
 Bruto vloeroppervlak (BVO) :  $146m^2$   
 Gebruiksoppervlak (GO) :  $110m^2$

Figuur 27. 3D impressie Woning S tussen.



Bron: DGMR, 2017.

#### ii) CO<sub>2</sub>-opslag

Zoals uitvoerig is behandeld en afgebakend in paragraaf 3.2 is voor onderhavig onderzoek voor de opslag van CO<sub>2</sub> gekozen voor de voorlopige resultaten van TNO (2021). In het geïntegreerde financiële model zal specifiek het verschil gehanteerd worden tussen casco typologie 'beton' en 'CLT', dat is inclusief de vermeden CO<sub>2</sub>-uitstoot. Zie onderstaande opsomming van de data per vastgoedobject als input voor het geïntegreerde financiële model:

- Referentiegebouw type: 'Woongebouw M':  
 Verkregen data: CO<sub>2</sub>-opslag incl. vermeden CO<sub>2</sub> = 1.498 kg CO<sub>2</sub>-eq. per woning;  
 Omgezet naar inputvariabelen: / 116m<sup>2</sup> BVO /1.000kg =  $0,0129 \text{ ton p/m}^2$ .
- Referentiegebouw type: 'Woning S tussen':  
 Verkregen data: CO<sub>2</sub>-opslag incl. vermeden CO<sub>2</sub> = 9.646 kg CO<sub>2</sub>-eq. per woning;  
 Omgezet naar inputvariabelen: / 146m<sup>2</sup> BVO /1.000kg =  $0,0661 \text{ ton p/m}^2$ .

De inputvariabelen 0,0129 (12,9kg/m<sup>2</sup>) voor het verschil in casco beton-CLT van appartementen op basis van 6 bouwlagen (stedelijk) en 0,0661 (66,1kg/m<sup>2</sup>) voor het verschil in casco beton-CLT van tussenwoningen op basis van 3 bouwlagen (laagstedelijk) zijn aannames voor onderhavig onderzoek. En zoals vermeld in paragraaf 3.2 enkel gebaseerd op het verschil in module A1-A3 van de NMD meetmethode.

#### iii) CO<sub>2</sub>-uitstoot

In aanvulling op de energieprestatieberekeningen op basis van de BENG referentiegebouwen van DGMR (2017) zijn een aantal referentiegebouwen door W/E adviseurs (2019) aangevuld met de benodigde materialisatie om naast de energieprestatie ook milieuprestatie gebouwen berekeningen te kunnen uitvoeren op de referentiegebouwen. Het rapport is opgesteld in opdracht van stichting bouwkwaliteit (voormalig beheerder van de MPG) in samenwerking met LBP Sight. Het rapport van W/E adviseurs heeft als doel: volledig gematerialiseerde referentiegebouwen die geschikt zijn als basis voor het opstellen van effect- en monitoringsstudies in de MPG (W/E adviseurs, 2019).

De materialisatie van W/E adviseurs is gebaseerd op bouwtype 'traditioneel gemengd zwaar'. Voor onderhavig onderzoek is aangenomen dat dit bouwtype van W/E adviseurs met een bepaalde

bandbreedte vergelijkbaar is met het betonnen casco van TNO (2021) zoals aangeduid in figuur 11 t/m 14 in subparagraaf 3.2.2 dat dient als input voor de data van 'ii) CO2-opslag'.

Aangezien de tweetal fictieve residentiële referentiegebouwen wel zijn opgenomen in de materialisatie van de rapportage van W/E adviseurs maar de CO2-uitstoot niet is vermeld als output in de rapportage, is voor onderhavig onderzoek contact gezocht met W/E adviseurs om deze te achterhalen. Uit de ontvangen data van de voorbeeldgebouwen zijn onderstaande hoeveelheden verkregen en omgezet naar inputvariabelen 'ton CO2 per m<sup>2</sup> BVO' als input voor het geïntegreerde financiële model:

- Referentiegebouw type: 'Woongebouw M':  
Verkregen data: Klimaatverandering – GWP 100 jaar, kg CO2-eq. = totaal 1.560.000kg;  
Omgezet naar inputvariabelen: / 3828m<sup>2</sup> BVO /1.000kg = 0,4100 ton p/m<sup>2</sup>;
- Referentiegebouw type: 'Woning S tussen':  
Verkregen data: Klimaatverandering – GWP 100 jaar, kg CO2-eq. = totaal 47.300kg;  
Omgezet naar inputvariabelen: / 146m<sup>2</sup> BVO /1.000kg = 0,3200 ton p/m<sup>2</sup>;

De inputvariabelen 0,4100 (410kg/m<sup>2</sup>) voor de CO2-uitstoot van appartementen op basis van 6 bouwlagen (stedelijk) en 0,3200 (320kg/m<sup>2</sup>) voor de CO2-uitstoot van tussenwoningen op basis van 3 bouwlagen (laagstedelijk) zijn aannames voor onderhavig onderzoek. Zie ter conformatie vergelijkbare hoeveelheden in een recent rapportage in opdracht van RVO, in tabel 46 op pagina 60, variërend van 263kg/m<sup>2</sup> tot 555kg/m<sup>2</sup> (RVO, 2022). Deze vergelijkbare hoeveelheden geven voor nu het comfort dat bovengenoemde aannames in CO2-uitstoot als 'eerste aftasting' in CO2-beprijzing een juiste aanname zijn omdat deze binnen de bandbreedte van RVO (2022) vallen.

Zoals eerder is vermeld in subparagraaf 3.2.5, ondanks de gehanteerde aannames in 'ii) CO2-opslag' en 'iii) CO2-uitstoot' is de verwachting dat de inputvariabelen tezamen als CO2-saldo (onafhankelijke variabele 1) in het geïntegreerde financiële model van voldoende niveau het effect kunnen aantonen van interne CO2-beprijzing bij verschillende CO2-niveaus op residentiële vastgoedobjecten. Als inputvariabele is het CO2-saldo het basisniveau, waarna middels een gevoeligheidsanalyse geschat kan worden in welke mate het rendement beïnvloed wordt op wijzigingen in de hoogte van de CO2-niveaus. Desalniettemin wordt geadviseerd om in de toekomst vervolgonderzoek uit te voeren wanneer meer geschikte data beschikbaar is van vergelijkbare praktijkcasussen om de resultaten verder te onderbouwen.

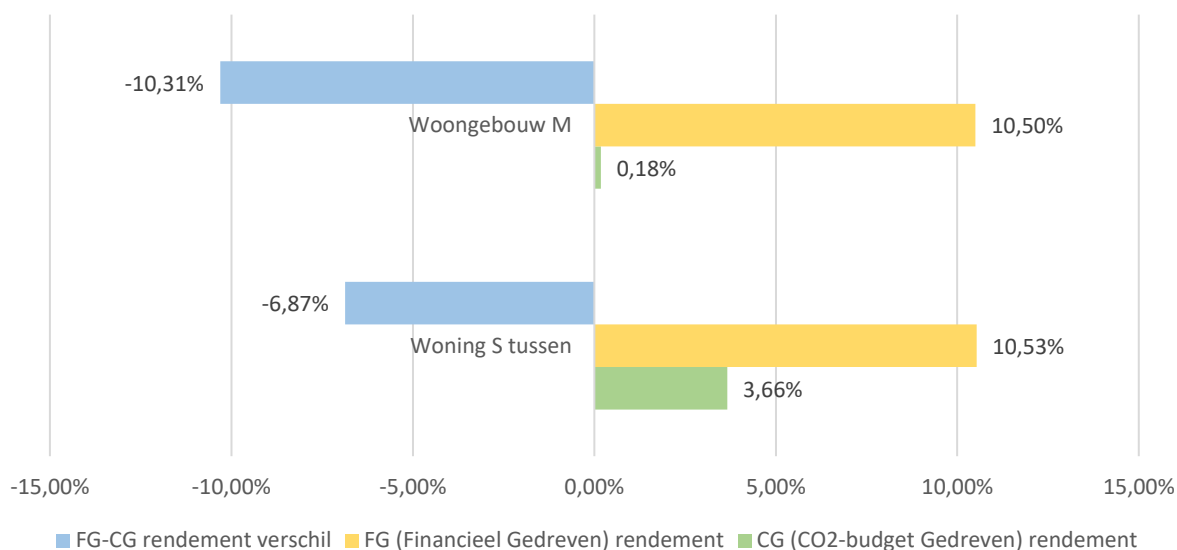
#### iv) CO2-prijs

Zoals uitvoering is behandeld en beschreven in paragraaf 3.1 is geadviseerd om vandaag de dag voor interne CO2-beprijzing minimaal €800 per ton CO2 te hanteren. Gebaseerd op de huidige IPCC (2021) rapportages en een discontovoet van nul. Als inputvariabele is €800 de basisprijs, waarna middels een gevoeligheidsanalyse geschat kan worden in welke mate het rendement beïnvloed wordt op wijzigingen in de hoogte van de CO2-prijs. Specifiek zal de gevoeligheidsanalyse starten met een basis CO2-prijs van €800, waarna afgebouwd wordt in stappen van €150 tot het laagste niveau van €50.

#### **§4.2.2 Resultaten basisberekeningen**

Het geïntegreerde financiële model is per referentiegebouw in de basis doorgerekend aan de hand van de aangenomen inputvariabelen uit voorgaande alinea's. Zie bijlage C en D voor een totaaloverzicht per referentiegebouw. In de geïntegreerde financiële modellen is berekend wat de effecten kunnen zijn van CO2-beprijzing op het Financieel Gedreven rendement door het presenteren van het: i) FG (Financieel Gedreven) rendement; ii) CG (CO2-budget Gedreven) rendement; iii) FG-CG rendement verschil. Het verschil tussen het FG-CG rendement is de afhankelijke variabele waarmee antwoord wordt gegeven op de vraag wat het effect kan zijn van interne CO2-beprijzing per referentiegebouw, zie figuur 28-29. Het effect bestaat uit een verlaging van het rendement met -10,31% voor 'woongebouw M' en -6,87% voor 'Woning S tussen'. Uitgaande van een CO2-prijs van €800 per ton CO2.

Figuur 28. Effect CO2-beprijzing bij CO2-prijs €800 - grafiek



Bron: Bijlage C en D

Figuur 29. Effect CO2-beprijzing bij CO2-prijs €800 - tabel

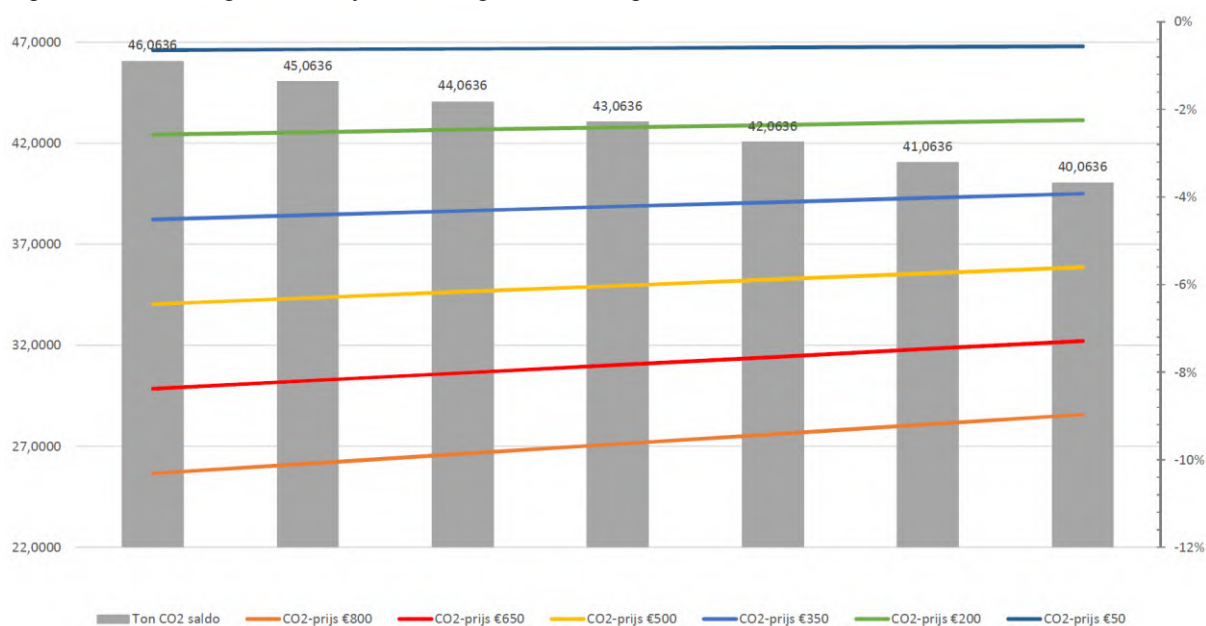
	Woongebouw M	Woning S tussen
FG (Financieel Gedreven) rendement	10,50%	10,53%
CG (CO2-budget Gedreven) rendement	0,18%	3,66%
FG-CG rendement verschil	-10,31%	-6,87%

Bron: Bijlage C en D

#### §4.2.3 Resultaten gevoeligheidsanalyses

Na het uitvoeren van de basisberekeningen is per referentiegebouw een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd, zowel in de hoogte van CO2-uitstoot als CO2-prijzen. Zie figuur 30-33 voor de effecten van deze analyses door nogmaals een weergaven van het verschil in rendement tussen het FG (Financieel Gedreven) rendement en CG (CO2-budget Gedreven) rendement, voorzien van toelichting.

Figuur 30. Gevoeligheidsanalyse 'Woongebouw M' - grafiek



Bron: Bijlage C

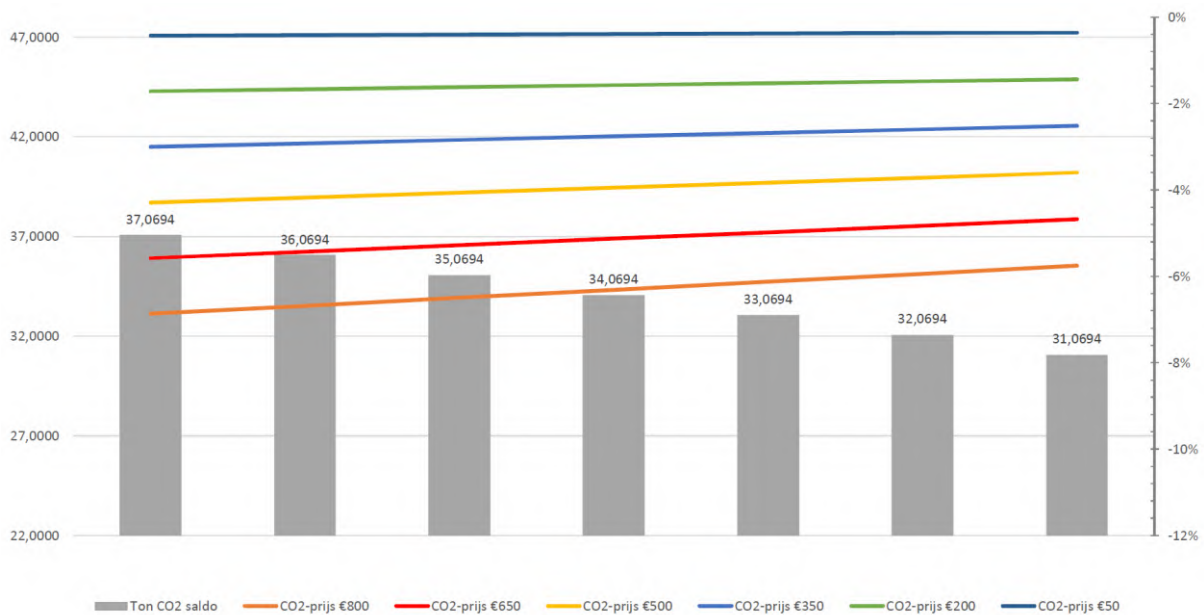
Figuur 31. Gevoeligheidsanalyse 'Woongebouw M' - tabel

Ton CO2 saldo	CO2-prijs €800	CO2-prijs €650	CO2-prijs €500	CO2-prijs €350	CO2-prijs €200	CO2-prijs €50
46,0636	-10,31%	-8,38%	-6,45%	-4,51%	-2,58%	-0,64%
45,0636	-10,09%	-8,20%	-6,31%	-4,41%	-2,52%	-0,63%
44,0636	-9,86%	-8,01%	-6,17%	-4,32%	-2,47%	-0,62%
43,0636	-9,64%	-7,83%	-6,03%	-4,22%	-2,41%	-0,60%
42,0636	-9,42%	-7,65%	-5,89%	-4,12%	-2,35%	-0,59%
41,0636	-9,19%	-7,47%	-5,75%	-4,02%	-2,30%	-0,57%
40,0636	-8,97%	-7,29%	-5,61%	-3,92%	-2,24%	-0,56%

Bron: Bijlage C

Uit de gevoeligheidsanalyse van 'Woongebouw M' blijkt dat een CO2-prijs van €50 bijna geen effect heeft op het Financieel Gedreven rendement. Terwijl een CO2-prijs van €800 het rendement voor 98% beïnvloedt. Als vervolgens gericht gezocht wordt naar een CO2-prijs die het rendement halveert, dan resulteert een CO2-prijs van €350-500 in een rendementsverlaging van 43-61%. Specifiek met de Excel functie 'doelzoeken' halveert het rendement van 10,50% naar 5,25% bij een CO2-prijs van €407.

Figuur 32. Gevoeligheidsanalyse 'Woning S tussen' - grafiek



Bron: Bijlage D

Figuur 33. Gevoeligheidsanalyse 'Woning S tussen' - tabel

Ton CO2 saldo	CO2-prijs €800	CO2-prijs €650	CO2-prijs €500	CO2-prijs €350	CO2-prijs €200	CO2-prijs €50
37,0694	-6,87%	-5,58%	-4,29%	-3,00%	-1,72%	-0,43%
36,0694	-6,68%	-5,43%	-4,18%	-2,92%	-1,67%	-0,42%
35,0694	-6,50%	-5,28%	-4,06%	-2,84%	-1,62%	-0,41%
34,0694	-6,31%	-5,13%	-3,94%	-2,76%	-1,58%	-0,39%
33,0694	-6,13%	-4,98%	-3,83%	-2,68%	-1,53%	-0,38%
32,0694	-5,94%	-4,83%	-3,71%	-2,60%	-1,49%	-0,37%
31,0694	-5,76%	-4,68%	-3,60%	-2,52%	-1,44%	-0,36%

Bron: Bijlage D



Uit de gevoeligheidsanalyse van 'Woning S tussen' blijkt hetzelfde resultaat als 'Woongebouw M', een CO<sub>2</sub>-prijs van €50 heeft nagenoeg geen effect op het Financieel Gedreven rendement. Maar dat geldt niet voor een CO<sub>2</sub>-prijs van €800, het rendement van 'Woning S tussen' wordt bij een CO<sub>2</sub>-prijs van €800 voor maar 65% beïnvloed ten opzichte van 98% voor 'Woongebouw M'. De oorzaak van dit verschil is de CO<sub>2</sub> voetafdruk, 'Woning S tussen' bezit een lagere CO<sub>2</sub> intensiteit per m<sup>2</sup> bruto vloeroppervlak dan 'Woongebouw M'. Als vervolgens gericht gezocht is naar een CO<sub>2</sub>-prijs die het rendement halveert, dan resulteert een CO<sub>2</sub>-prijs van €500-650 in een rendement verlaging van 40-53%. Specifiek met de Excel functie 'doelzoeken' halveert het rendement van 10,53% naar 5,27% bij een CO<sub>2</sub>-prijs van €609.

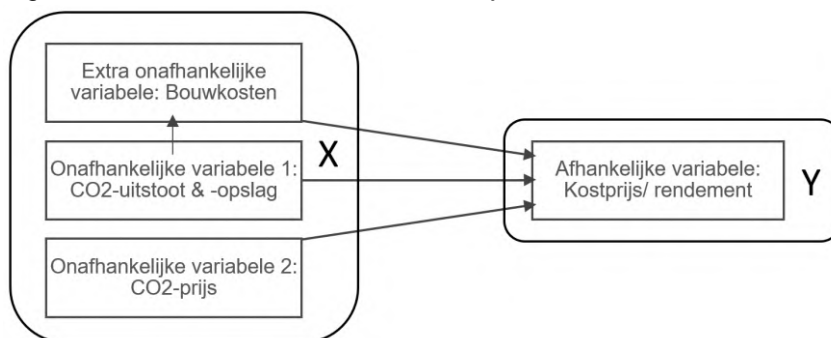
#### §4.2.4 Deelconclusie

De hoofdvraag van dit onderzoek is beantwoord per residentieel vastgoedobject, het effect van CO<sub>2</sub>-beprijzing resulteert in onderhavig onderzoek met de aangenomen inputvariabelen in een verlaging van de rendementen met -10,31% voor 'Woongebouw M' en -6,87% voor 'Woning S tussen'. Daarnaast zijn de effecten zoals gepresenteerd in de gevoeligheidsanalyse van de CO<sub>2</sub>-prijzen een bevestiging van het beeld van de geïnterviewde expert van Klimaatverbond: een CO<sub>2</sub>-prijs van €50 heeft bijna geen effect. Terwijl een CO<sub>2</sub>-prijs van €800 het rendement voor 65-98% beïnvloed. Als vervolgens gericht gezocht wordt naar een CO<sub>2</sub>-prijs die het rendement specifiek halveert, dan resulteert dat in een CO<sub>2</sub>-prijs van €407 voor 'Woongebouw M' en €609 voor 'Woning S tussen'.

Tot slot schuilt in de gepresenteerde resultaten van de gevoeligheidsanalyse in CO<sub>2</sub>-saldo mogelijk een genuanceerd addertje onder het gras. De verlaging van het CO<sub>2</sub>-saldo (middels verlaging van CO<sub>2</sub>-uitstoot dan wel verhoging van CO<sub>2</sub>-opslag) heeft - vermoedelijk - in financiële zin zijn beperkingen omdat het vermoeden bestaat dat er een omslagpunt zal plaatsvinden waarbij een verlaging in CO<sub>2</sub>-saldo leidt tot hogere bouwkosten. Met de aanname dat in het leeuwendeel van de bouwsector een verlaging in het CO<sub>2</sub>-saldo op dit moment nog leidt tot hogere bouwkosten. Zie derhalve figuur 34 voor een aangepaste weergave van de X-Y-relatie, de relatie tussen de onafhankelijke- en afhankelijke variabelen. Het vermoeden in de vorm van een hypothese luidt als volgt:

*'Bij het omslagpunt geldt: hoe lager het CO<sub>2</sub>-saldo, hoe hoger de bouwkosten'.*

Figuur 34. X-Y relatie – Extra onafhankelijke variabele



Bron: Eigen bewerking

### §4.3 Feedback expertinterviews

Welke conclusies trekken experts na beoordeling van de methode, resultaten en analyse?

#### §4.3.1 Feedback expertinterviews: waarnemen

In aansluiting op de kwantitatieve aanpak van voorgaande paragraaf is op basis van een reeks half gestructureerde interviews op kwalitatieve wijze de methode, resultaten en analyse uit voorgaande paragrafen getoetst door experts uit de praktijk. De interviews zijn individueel, online en synchroon uitgevoerd. De efficiëntie van online interviews is hierbij een enorm voordeel gebleken in het bereiken van de specifieke doelgroep experts, online neemt namelijk weinig tijd in beslag en als bijvangst bevinden de experts zich in een vertrouwde omgeving waardoor de mate van openheid wordt vergroot

(Baarda et al, 2018, p. 156-201). Daarnaast kan als voordeel ten opzichte van telefonisch interviewen beeldmateriaal worden getoond (zoals in dit geval het delen van de uitkomsten) (Baarda et al, 2018, p. 156-201). Daarentegen ontbreekt online het directe contact, er is weliswaar videocontact maar er ontstaat niet echt voeling met de respondent waardoor de interviewer emoties niet optimaal kan opmerken en mee-interpreteren (Baarda et al, 2018, p. 156-201). Desalniettemin heeft deze aanpak de doelmatigheid van de interviews niet in de weg gestaan. Het doel van de interviews is (als slot van het onderzoek) in een kort tijdsbestek aanvullende data te genereren om te komen tot feedback over de werking, mogelijke verbeteringen en de toegevoegde waarde van het geïntegreerde financiële model. Oftewel middels online expertinterviews wordt efficiënt in een kort tijdsbestek vastgelegd hoe experts over een bepaald - afgebakend - onderwerp denken. Aan de geïnterviewde respondenten is vooraf per e-mail of telefonisch het doel van het interview kenbaar gemaakt. Tevens is bij de aftrap van de interviews nogmaals een korte toelichting gegeven op het doel. Dit om te bevestigen of de opzet en doelmatigheid van het interview duidelijk is. En of er toestemming wordt verkregen van de respondent om het interview te verwerken in de gegenereerde feedback als input en bijlage van het onderzoek.

Voor de selectie van de respondenten heeft een controle plaatsgevonden aan de hand van twee criteria:

- ✓ Werkzaam bij een significante organisatie op het gebied van vastgoedontwikkeling;
- ✓ Differentiatie in de disciplines van de respondenten, actief in verschillende markten.

De criteria kunnen herleid worden naar de verschillende markten van vastgoedontwikkeling zoals beschreven in het Handboek Projectontwikkeling van de Neprom (Peek & Gehner, 2018): Grondmarkt (grondeigenaar); ontwerpmarkt (architect/adviseurs); kapitaalmarkt (financier); bouwmarkt (aannemer); ruimtemarkt (gebruiker); gebouwmarkt (belegger). Vanuit dit speelveld zijn 3 significante actoren geselecteerd, een grote institutionele belegger, een onderzoeks- en adviesbureau en een ontwikkelende bouwer die zowel het perspectief van een bouwer belicht als de vastgoedontwikkelaar als spin in het web van de verschillende markten in de vastgoedkolom. De volgende respondenten zijn geselecteerd vanuit verschillende actoren, in kwalitatieve termen op basis van een gerichte steekproef (bewust gekozen respondenten) op basis van typerende gevallen, oftewel om te komen tot een goede en representatieve afspiegeling van de markt (Baarda et al, 2018, p. 156-201):

- I.F. (Ingrid) Hulshoff MRE MRICS, Portfoliomanager Separate Account bij een belegger/vermogensbeheerder genaamd Syntrus Achmea Real Estate & Finance. Verantwoordelijk voor vastgoedbeleggingen van klanten/ pensioenfondsen, met het streven naar zowel een financieel rendement als maatschappelijke impact. Het interview heeft plaatsgevonden op 18-1-2022 en duurde 58 minuten;
- drs. ir. J.P. (Peter) Mikkers MRICS, Hoofd Projectontwikkeling bij een ontwikkelde bouwer genaamd Bouwbedrijf M.J. de Nijs en Zonen BV. De Nijs ontwikkelt en realiseert uitdagende projecten in de woning- als utiliteitsbouw, zorgvastgoed en cultureel en maatschappelijk vastgoed. Peter belicht een gecombineerd perspectief als ontwikkelende bouwer alsook de inbreng van kennis vanuit zijn loopbaan bij de Rabobank, BPD Gebiedsontwikkeling en Ballast Nedam. Het interview heeft plaatsgevonden op 21-1-2022 en duurde 55 minuten;
- Marijn Bijleveld, Senior researcher/consultant bij een onafhankelijk onderzoeks- en adviesbureau genaamd CE Delft. Bij CE Delft werkt Marijn aan duurzaamheid van grondstoffen en producten op basis van levenscyclusanalyse. Het interview heeft plaatsgevonden op 27-1-2022 en duurde 46 minuten.

#### **§4.3.2 Feedback expertinterviews: analyse en reflectie**

Het eerder beschreven beeldmateriaal dat is gedeeld met de respondenten bestaat uit een samengevatte presentatie van 12 pagina's gebaseerd op de methode, resultaten en analyse zoals beschreven in paragraaf 4.1 en paragraaf 4.2 van onderhavig onderzoek, zie bijlage E: Presentatie methode, resultaten en analyse expertinterviews. Na het tonen van de presentatie zijn vier (van tevoren

vastgelegde) vragen gesteld. De vragen stonden vast maar er is gekozen voor een half gestructureerd interview omdat daarin de ruimte is voor doorvragen indien extra uitleg nodig is (Baarda et al, 2018, p. 156-201). De beantwoording van deze vragen zijn vervolgens ter bevestiging gecorrespondeerd met de respondenten, met het verzoek om mogelijke opmerkingen te retourneren, zie bijlage F t/m H: Antwoorden expertinterviews. Om de waardevolle en rijke data uit de waarnemingen te kunnen filteren en presenteren zijn deze gecombineerd samengevat. Zie figuur 35 voor een overzicht van de samenvatting per vraag. Voor de leesbaarheid is gepoogd zo kort mogelijk de kern gecombineerd te analyseren en reflecteren.

Figuur 35. Overzicht gecombineerde samenvatting per vraag

<p><i>Vraag 1-2. Is de werking van de gehanteerde methode van 'CO2 moneteriseren (beprijzen) en internaliseren in financiële haalbaarheidsanalyse' duidelijk?</i></p> <p>De antwoorden van de verschillende respondenten zijn over het algemeen gelijk, de werking van het geïntegreerde financiële model is helder. Er is enkel vanuit de respondent van het onderzoeks- en adviesbureau een kritische vraag die luidt: Is het terecht dat de CO2-opslag 1 op 1 is opgenomen? Daar zijn namelijk de meningen over verdeeld. Hierover wordt - zoals ook beschreven in de inleiding van onderhavig onderzoek – momenteel door de politiek nog onderzoek naar gedaan. De hierop volgende antwoorden in het verlengde van deze vraag bestaan verder met name uit feedback met betrekking tot verbeteringen en conclusies, derhalve opgenomen in de samenvatting van vraag 2-3.</p>
<p><i>Vraag 2. Ziet u mogelijke verbeteringen in het geïntegreerde financiële model?</i></p> <p>Uit het antwoord van de respondent van het onderzoeks- en adviesbureau met expertise op het gebied van levenscyclusanalyse (LCA) volgt een methodisch verbetervoorstel. De CO2-opslag is op dit moment 1 op 1 (voor 100 procent) opgenomen in het model, terwijl de meningen daarover verdeeld zijn. Voor nu geeft de respondent van het onderzoeks- en adviesbureau derhalve als verbetervoorstel: je zou de opslag van CO2 alleen voor 100 procent kunnen meenemen als je bijvoorbeeld kan aantonen dat het vastgoed ook daadwerkelijk voor 100 jaar blijft staan, aangezien de analysemethode binnen de levenscyclusanalyse over 100 jaar wordt beschouwd. Dat betekent in het kort: wat zijn de effecten van CO2 op de atmosfeer over een periode van 100 jaar? Als je dat niet kan aantonen en de beoogde levensduur is 60 jaar, dan is het verbetervoorstel om bijvoorbeeld maar 60 procent van de CO2-opslag op te nemen in het model, reken jezelf niet rijk. Op dit moment is in het model van onderhavig onderzoek dus een best-case situatie opgenomen bestaande uit 100 procent CO2-opslag uitgaande van enkel het verschil in module A1-A3 op basis van de voorlopige resultaten van TNO. Een worst-case scenario bestaat dus uit het verbetervoorstel van 60 procent, een terechte kritische noot voor vervolgonderzoek als waardevolle aanvulling omdat het zogezegd "LCA methodisch" wel moet kloppen. De volgende antwoorden van de respondent van het onderzoeks- en adviesbureau sluiten verder aan op de antwoorden van de overige respondenten: Wat reflecteert de prijs? Of hoe gebruik je deze? Niet onbelangrijk en daarmee komen we aan bij het gebruik van het ontwikkelde model in de praktijk.</p> <p>Uit de antwoorden van de respondenten van de belegger en ontwikkelende bouwer blijken vanuit hun expertise geen directe verbeteringen omdat ze van mening zijn dat de kracht van het model bestaat uit zijn eenvoud. Daarentegen roept het model ook hier de nodige vragen op die direct betrekking hebben op een vertaalslag naar de praktijk. Deze vertaalslag valt buiten de scope van onderhavig onderzoek, desalniettemin bieden de expertinterviews op deze wijze aanvullende en relevante data in de vorm van een eerste inzicht in het perspectief van de praktijk op beleid. Deze vertaalslag is opgenomen in de samenvatting van vraag 3 omdat het geen verbeteringen maar conclusies betreffen.</p>
<p><i>Vraag 3. Welke conclusies trekt u na beoordeling van de resultaten en analyse?</i></p> <p>Er is allereerst door de respondent van het onderzoeks- en adviesbureau geconcludeerd dat een CO2-prijs van 50 of 100 euro weinig verschil maakt, dat zijn bedragen waar vandaag de dag veelvuldig mee gerekend wordt in verschillende modellen of instrumenten als de milieuprestatie</p>

gebouwen. Terwijl wordt betoogd dat we de conclusies ook niet direct moeten verbinden aan een CO2-prijs van 800 euro. Er is verder geconcludeerd dat het effect dus afhankelijk is van twee factoren, hoe reken je de CO2-opslag (zie ook verbetervoorstel) en welke CO2-prijs hanteer je? Dat zijn in principe de onafhankelijke variabelen die maatgevend zijn voor de resultaten, een heldere eerste conclusie.

De vragen die vervolgens herhaaldelijk in verschillende vormen gesteld worden zijn als volgt samengevat: Waar ligt het break-even-point c.q. tot welke hoogte is het niet meer interessant of haalbaar voor de vastgoedontwikkelaar? En hoe verhoudt beton zich versus hout en creëert CO2-beprijzing dan een gelijk speelveld? En wat is dus werkbaar voor integratie in beleid afhankelijk van de verschillende type vastgoedontwikkelaars? Daarbij geldt als je te veel vraag van vastgoedontwikkelaars en ze maken geen winst dan komen de projecten niet van de grond, maar als je te weinig vraag dan bereik je de CO2-doelstellingen niet. De gevoeligheidsanalyse biedt daarvoor een eerste inzicht in de bandbreedte bij verschillende CO2-prijzen welke kan dienen als onderlegger voor beleid. Bijvoorbeeld een 8 á 9 procent daling van het rendement resulteert ongetwijfeld in een nogo bij de stakeholders, maar een daling van 2 á 3 procent biedt waarschijnlijk openingen voor implementatie omdat de invloed - vermoedelijk - beperkt genoeg is. In deze context qua bandbreedte ziet de ontwikkelende bouwer een spectrum van verschillende vastgoedontwikkelaars met betrekking tot de maatschappelijke impact van vastgoedontwikkelaars van laag naar hoog. Van een lage intrinsieke motivatie naar een hoge intrinsieke motivatie:

- i) van de pur sang vastgoedontwikkelaars die enkel financieel gedreven zijn;
- ii) naar de financieel en deels maatschappelijk gedreven vastgoedontwikkelaars;
- iii) tot de financieel en maatschappelijke gedreven vastgoedontwikkelaars.

Naast voorgenoemde spectrum komt herhaaldelijk de gemeente ter sprake in de vorm van tenders. Gemeentes hebben een sterk instrument in handen in de vorm van tenders wanneer dit gepaard gaat met gronduitgiftes. Als de gemeente hiermee eisen stelt omtrent CO2 moet elke inschrijvende vastgoedontwikkelaar zich daaraan conformeren, ook de pur sang vastgoedontwikkelaar die enkel financieel gedreven is. Maar met betrekking tot particuliere grondeigenaren wordt betoogd door de respondent van de ontwikkelende bouwer dat hier dezelfde nuance kan gelden als voor vastgoedontwikkelaars. Een gemeente zal namelijk eerder zijn steentje kunnen en willen bijdragen dan een particuliere grondeigenaar. Omdat een particulier zijn grond maar een keer kan verkopen, bijvoorbeeld voor zijn pensioen, daardoor wordt waarschijnlijk geen belang gehecht aan CO2-reductie omdat de grondeigenaar bij voorkeur het meeste geld wil innen.

Een belegger daarentegen bekijkt het vraagstuk vanuit een heel ander perspectief omdat een belegger andere afwegingen maakt. Waar nu de winst & risico van de vastgoedontwikkelaar als afhankelijke variabele is opgenomen, denkt een belegger aan de waarde van het vastgoedobject als afhankelijke variabele. Omdat het enige wat de belegger in de praktijk kan doen is 2 verschillende projecten vergelijken, met verschillende aanschafwaarde en verschillende CO2 voetprint, bijvoorbeeld hout versus beton. Daaruit volgt een besluit of er voldoende maatschappelijk wordt gecompenseerd, in acht neming van de toekomstige waarde en dergelijke afwegingen omdat de belegger er lange termijn in zit. Oftewel een belegger besluit of ze meer willen betalen met de grotere maatschappelijke doelen in gedachte, als eis vanuit hun stakeholders. Desalniettemin geeft de belegger aan dat het effect op de winst & risico als afhankelijk variabele de juiste keuze is geweest in het geïntegreerde financiële model omdat vandaag de dag elke taxateur zal beamen dat een lagere of hogere CO2 voetprint nog geen directe invloed uitoefent op de waarde van vastgoedobjecten.

Daarnaast wordt met het oog op de totale bouwopgave en CO2 crisis de volgende terechte vragen gesteld: Wat komen we nog te kort, naast het break-even-point, wat vraag je aan de belegger/ de markt om meer te betalen wil je die CO2 doelstellingen halen? Waar illustratief voor de

beleggingswaarde van vastgoed een bar van 4 procent wordt gehanteerd, is dat dan 3 procent of 2,7 procent voor vastgoed van hout of vastgoed met een lagere CO2 voetprint? En hoe en in welke mate dragen wij als maatschappij deze kosten en hoe worden deze kosten vervolgens verdeelt binnen de actoren van vastgoedrekenproces? Maar hoe we het tot slot ook beogen te implementeren en verdelen, het moet in beginsel interessant zijn voor de businesscase van zowel de belegger als vastgoedontwikkelaar als grondeigenaar, anders komen projecten niet van de grond. Een van de belangrijkste ontwikkelingen in deze discussie is samenvattend de vraag: Wat gaat biobased bouwen of CO2-reducerend bouwen betekenen voor de waarde van vastgoed in de toekomst?

#### *Vraag 4. Tot slot, ziet u toegevoegde waarde in de resultaten en analyse?*

De resultaten en analyse bieden waardevolle inzichten, met name de gevoeligheidsanalyse die een bandbreedte illustreert bij verschillende CO2-prijzen. Dergelijke resultaten en analyses kunnen het denken verder brengen, CO2-uitstoot, -opslag en –beprijzen is namelijk een veld in ontwikkeling. Of het dé oplossing is hangt mede af van de onzekerheden in de methodiek zoals beschreven in de samenvatting van de verbeteringen van de respondent van het onderzoeks- en adviesbureau en het lopende onderzoek vanuit de politiek. Maar als er consensus is over de wijze van CO2-opslag en een prijs is goed onderbouwd vastgesteld dan biedt deze methode handvaten voor de praktijk omdat dergelijke modellen nog niet eerder zijn vertoond, daar zit voor nu de meerwaarde.

Verder is de transparantie van het model van waarde omdat het belangrijk is om inzicht te verkrijgen in elkaars businesscase, elkaars businesscase snappen om de rekening eerlijk te kunnen verdelen. Oftewel een opensource cultuur is van groot belang om dit verder handen en voeten te kunnen geven om te komen tot een eerlijke verdeling van het CO2 vraagstuk. De transparantie en eerlijke verdeling was een oproep vanuit zowel de respondent van de ontwikkelende bouwer als de belegger. De focus van onderhavig onderzoek is afgebakend tot het rendement van de vastgoedontwikkelaar, dat biedt waardevolle inzichten in het effect van CO2-beprijzing maar in de praktijk stopt het niet bij de vastgoedontwikkelaar. Zowel een vastgoedontwikkelaar als bijvoorbeeld de belegger en gemeente/grondeigenaar zal zijn steentje moeten bijdragen om de beoogde CO2-doelstellingen van Parijs 2050 te realiseren.

Oftewel de slotvraag uit voorgaande samenvatting blijft in andere woorden: Waar komt welke rekening te liggen? Of hoe gaan we die rekening verdelen? Waarbij de snelheid van reductie een belangrijke factor is, tot 2050 is nog 28 jaar. Willen we deze snelheid halen dan is onder andere transparantie en een eerlijke verdeling van groot belang.

*Bron: Eigen bewerking op basis van: Bijlage F t/m H: Antwoorden expertinterviews*

#### **§4.3.3 Deelconclusie feedback expertinterviews**

De methode is helder en de kracht van het model bestaat uit zijn eenvoud, alhoewel de respondent van het onderzoeks- en adviesbureau een verbeteringsvoorstel heeft geïntroduceerd die vanuit levenscyclusanalyse methodisch perspectief van fundamenteel belang is. Het is namelijk denkbaar dat de totale CO2-opslag van een vastgoedobject pas voor 100 procent kan worden toegerekend aan het model als de levensduur van 100 jaar gewaarborgd kan worden. Zo niet, dan is het denkbaar dat bijvoorbeeld de CO2-opslag voor 60 procent wordt toegerekend bij een beoogde levensduur van 60 jaar. Dat heeft te maken met het gegeven dat het effect van CO2 op de atmosfeer wordt beschouwd over 100 jaar. Op dit moment is 100 procent opgenomen, dat wil zeggen de resultaten zijn zagezegd *best-case*, een geadviseerd alternatief voor vervolgonderzoek is *worst-case* rekenen met bijvoorbeeld 60 procent.

In de *best-case* situatie van vastgoedobject 'Woongebouw M' daalt het rendement van 10,50% naar 0,18% en bij benadering zou het rendement in een *worst-case* situatie dalen van 10,50% naar 0,05%. Dat is een verschil van 0,13%, gerekend met een CO2-prijs van €800 per ton CO2.

In de *best-case* situatie van vastgoedobject 'Woning S tussen' daalt het rendement van 10,53% naar 3,66% en bij benadering zou het rendement in een *worst-case* situatie dalen van 10,53% naar 2,95%. Dat is een verschil van 0,71%, gerekend met een CO<sub>2</sub>-prijs van €800 per ton CO<sub>2</sub>.

Hoe we de CO<sub>2</sub>-opslag in termen van tijd daadwerkelijk verantwoord kunnen toerekenen wordt op dit moment nog onderzocht namens de politiek. Dit onderzoeksgebied is nog volop in ontwikkeling en het verbetervoorstel die bij benadering is doorgerekend wordt derhalve als kritische noot opgenomen voor vervolgonderzoek omdat het van fundamenteel belang is dat het levenscyclusanalyse methodisch klopt.

Verder is in de interviews veelvuldig een vertaalslag gemaakt naar de praktijk door het stellen van dergelijke vragen: Waar ligt het break-even-point c.q. tot welke hoogte is het niet meer interessant of haalbaar voor een vastgoedontwikkelaar? De gevoeligheidsanalyse biedt daarvoor de eerste inzichten. Alhoewel dit buiten de scope van het onderzoek valt, bied het interessante eerste inzichten, waarvan twee voorbeelden: i) we kunnen een spectrum van maatschappelijke impact van vastgoedontwikkelaars en grondeigenaren zien, niet elke vastgoedontwikkelaar of grondeigenaar zal voldoende intrinsieke motivatie hebben om CO<sub>2</sub>-beprijzing te implementeren; ii) met name de gemeente is gekenmerkt als een geschikte actor om CO<sub>2</sub>-beprijzing te introduceren middels gronduitgifte in de vorm van tenders. Het tweede punt sluit aan op reeds uitgevoerd onderzoek van NIBE (2020), die concludeert in zijn onderzoek dat van de markt betere prestaties vragen dan landelijke eisen goed kan met een systeem van interne CO<sub>2</sub>-beprijzing in aanbesteding verbonden aan gronduitgifte (NIBE, 2020).

De respondent van de belegger kijkt daarentegen deels vanuit een ander perspectief. Dat biedt interessante inzichten, denk bijvoorbeeld aan de waarde van vastgoedontwikkeling als afhankelijke variabele in plaats van de winst en risico van een vastgoedontwikkelaar. Omdat een belegger enkel kan kijken naar de waarde van een vastgoedobject en beoordeeld of voldoende (maatschappelijk) wordt gecompenseerd gezien de CO<sub>2</sub>-intensiteit van het vastgoedobject. Desalniettemin geeft de respondent van de belegger aan dat de winst en risico een verantwoorde keuze is omdat elke taxateur zal beamen dat een lagere of hogere CO<sub>2</sub> voetprint vandaag de dag nog geen directe invloed uitoefent op de waarde van vastgoedobjecten. Maar of dit in de toekomst gaat veranderen en hoe we de kosten eerlijk verdelen zijn de cruciale vragen: Hoe gaan we dit vraagstuk eerlijk verdelen tussen alle actoren en in de maatschappij? En wat gaat biobased bouwen of CO<sub>2</sub>-reducerend bouwen betekenen voor de waarde van vastgoed in de toekomst? Dat laatste is van wezenlijk belang aangezien het vastgoedrekenproces kort maar krachtig start bij de belegger/gebruiker, waarna bouw/ontwikkeling als spin in het web en eindigt bij de grondexploitatie op basis van residuele grondwaardeberekeningen.

Tot slot kan geconcludeerd worden dat de resultaten en analyse van toegevoegde waarde zijn, al is het maar om het denken verder te brengen. Er zijn levenscyclusanalyse methodische (tijds)onzekerheden maar deze worden momenteel nog onderzocht. Desalniettemin is een dergelijk model nog niet eerder opgezet en daar zit ook de meerwaarde. Verder is door zowel de respondent van de belegger als ontwikkelende bouwer opgeroepen om transparantie en een eerlijke verdeling voor dit vraagstuk. Het effect is helder in kaart gebracht voor het winst & risico van de vastgoedontwikkelaar, maar in de praktijk stopt het niet bij de vastgoedontwikkelaar, de rekening zal eerlijk verdeeld moeten worden tussen alle actoren willen we de doelstellingen van Parijs halen. Daarin is transparantie en een eerlijke verdeling onder andere van groot belang, mede gezien de noodzakelijk te realiseren snelheid van uitvoering. Het jaartal 2050 lijkt ver maar schijn bedriegt, dat is nog maar 28 jaar!

## 5. Conclusie, reflectie en aanbevelingen

Het verkennende onderzoek naar de waardering van CO<sub>2</sub> in vastgoedontwikkeling is uitgevoerd naar aanleiding van een probleemstelling op basis van een doelstelling en hoofd- en deelvragen zoals beschreven in hoofdstuk 1. In paragraaf 5.1 is aan de hand van de hoofdvraag een conclusie geformuleerd, onderbouwd met bevindingen uit hoofdstuk 2 t/m 4: theorie; praktijk; analyse. Daarna is in paragraaf 5.2 gereflecteerd op het onderzoeksproces en het gerealiseerde eindproduct en volgt in paragraaf 5.3 een overzicht van aanbevelingen voor beleid en vervolgonderzoek.

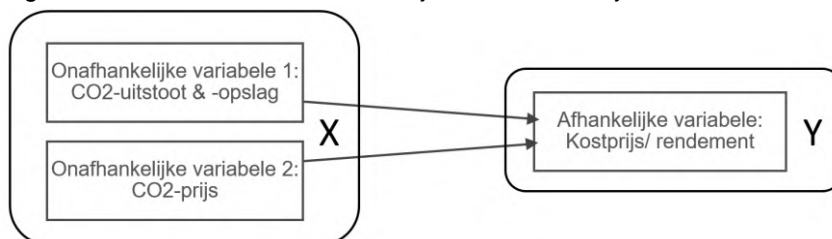
### §5.1 Beantwoording centrale onderzoeksvraag

De hoofdvraag van het onderzoek luidt als volgt:

- In hoeverre beïnvloedt het moneteriseren (beprijzen) van CO<sub>2</sub>-uitstoot & -opslag in haalbaarheidsanalyses het financiële rendement van duurzaam vastgoed?

Als antwoord op de hoofdvraag van het onderzoek kan na interpretatie van de onderzoeksresultaten geconcludeerd worden dat het beprijzen van CO<sub>2</sub> in financiële haalbaarheidsanalyse mogelijk is en het rendement van duurzaam vastgoed significant wordt beïnvloed. Maar de beïnvloeding is wel geheel afhankelijk van de hoogte van de onafhankelijke variabele: 1) de CO<sub>2</sub>-uitstoot & -opslag in relatie tot het type vastgoed c.q. de CO<sub>2</sub>-intensiteit van vastgoed; en 2) de CO<sub>2</sub>-prijs. Deze variabelen zijn een vertaling van de hoofdvraag als de kern van het onderzoek: Wat is de invloed van X op Y? Zie ter illustratie figuur 36 voor de X-Y-relatie tussen de onafhankelijke- en afhankelijke variabele.

Figuur 36. X-Y-relatie - Onafhankelijke- en afhankelijke variabele



Bron: Eigen bewerking

#### Theorie

Uit het theoretisch kader volgt het theoretisch model van Pigou (1920) waarmee een verwachting in kaart is gebracht: wat is het theoretische effect van CO<sub>2</sub>-beprijzing op de hoeveelheid negatieve en positieve externe effecten? Negatief in het geval van uitstoot (bevordering van klimaatverandering) en positief in het geval van opslag (voorkomen van klimaatverandering). Theoretisch zal een heffing op uitstoot ontmoedigen en een korting op opslag stimuleren. Maar de centrale tekortkoming in deze theorie is de meetbaarheid van de externe effecten van CO<sub>2</sub> vanwege het feit dat de externe effecten van CO<sub>2</sub> bestaan uit zeer complexe mondiale externe effecten waar veel partijen bij betrokken zijn. Deze tekortkoming schuilt in de betekenis van het begrip 'maatschappelijke waarde' en die luidt als volgt: Maatschappelijke waarde is een gecombineerde opvatting van de maatschappij over hetgeen wat zij als waardevol beschouwen (eigen bewerking op basis van: Talbot, 2006, p. 28).

Om de maatschappelijke kosten van CO<sub>2</sub> te bepalen is de betekenis van maatschappelijke waarde cruciaal omdat het normatieve aspect leidend is en die wordt bepaald door het publiek. Dat zien we ook terug in de methodologische bepaling van de maatschappelijke kosten van CO<sub>2</sub>. Vandaag de dag ontbreekt onder "het publiek" volledige consensus over de inhoud en uitkomsten van de verschillende financiële modellen die de impact van klimaatverandering als gevolg van CO<sub>2</sub> op de maatschappij kunnen berekenen. Desalniettemin kan in de volgende alinea uit de praktijk met bepaalde aannames een actuele minimale CO<sub>2</sub>-richtprijs geadviseerd worden als onafhankelijke variabele.

## Praktijk

Uit het eerste deel van het praktijkonderzoek is geconcludeerd dat vandaag de dag minimaal €800 per ton CO<sub>2</sub> gangbaar is voor interne CO<sub>2</sub>-beprijzing, geheel op basis van een expert op het gebied van maatschappelijke kosten van CO<sub>2</sub> en interne CO<sub>2</sub>-beprijzing. Dit is gebaseerd op de laatste IPCC (2021) rapporten en een discontovoet van nul. Daarnaast is voor onderhavig onderzoek een gevoeligheidsanalyse in de CO<sub>2</sub>-prijs geadviseerd, omdat een lagere CO<sub>2</sub>-prijs heel rationeel kan zijn als een organisatie geen hogere CO<sub>2</sub>-prijs nodig heeft om het doel te bewerkstelligen. In dat geval is het alleen belangrijk dat een organisatie de CO<sub>2</sub>-prijs niet presenteert als maatschappelijke kosten maar als effectieve- of preventiekosten. Met een minimale interne CO<sub>2</sub>-prijs van €800 is de eerste onafhankelijke variabele in kaart gebracht. Daarnaast zal een gevoeligheidsanalyse het effect in een bandbreedte presenteren.

Uit het tweede deel van het praktijkonderzoek kan kort maar krachtig geconcludeerd worden dat de CO<sub>2</sub>-uitstoot & -opslag (embodied carbon) van vastgoedobjecten heel geschikt bepaald kan worden aan de hand van de Bepalingsmethode van het NMD. Voor onderhavig onderzoek ontbreekt helaas voldoende data als input in de berekeningen van het hoofdstuk analyse, omdat de opslag van CO<sub>2</sub> pas vanaf 1-1-2021 is opgenomen in de meetmethode van het NMD, maar nog niet in de instrumenten. Desalniettemin biedt de data van W/E adviseurs (2021) en het onderzoek van TNO (2021) met zijn voorlopige resultaten omtrent CO<sub>2</sub>-opslag voor nu voldoende data als tweede onafhankelijke variabele.

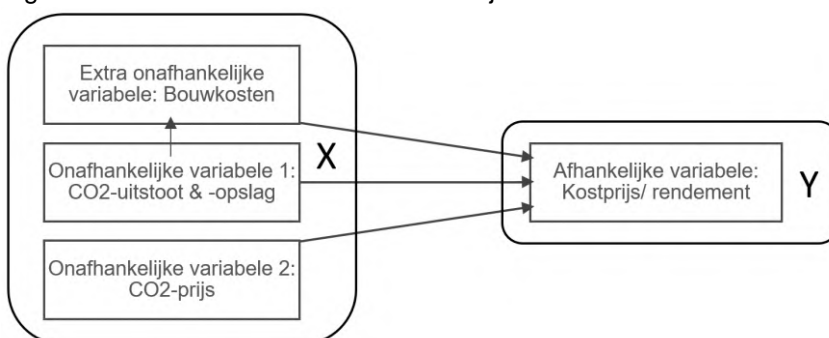
## Analyse

Onafhankelijke variabele 1 en 2 uit voorgaande praktijkonderzoek zijn geïnternaliseerd in de traditionele financiële haalbaarheidsanalyse van vastgoedontwikkeling. Het beprijzen van CO<sub>2</sub>-uitstoot & -opslag is daarmee geïllustreerd in één gecombineerd model genaamd het geïntegreerd financieel model. De resultaten van het geïntegreerde financieel model bevestigt de verwachting uit het theoretische model van Pigou (1920) uit het theoretisch kader. Een heffing ontmoedigt CO<sub>2</sub>-uitstoot door een lager rendement en een korting stimuleert CO<sub>2</sub>-opslag door een hoger rendement. Daarnaast bieden de resultaten uit de gevoeligheidsanalyse interessante inzichten in de hoogte van CO<sub>2</sub>-(prijs)niveaus waarbij de empirie uit het kwantitatieve model weer aansluit op uitspraken uit de praktijk. In het praktijkonderzoek heeft de expert namelijk aangegeven dat een CO<sub>2</sub>-prijs van €50 nagenoeg geen effect uitoefent. En dit zien we ook terug in de gevoeligheidsanalyse, een CO<sub>2</sub>-prijs van €50 heeft bijna geen effect op het rendement. Terwijl een CO<sub>2</sub>-prijs van €800 het rendement met 65-98% verlaagd, afhankelijk van het type vastgoed c.q. de CO<sub>2</sub>-intensiteit van het vastgoedobject.

Tot slot een kanttekening, het CO<sub>2</sub>-saldo (uitstoot + opslag) kan - vermoedelijk - in financiële zin niet oneindig verlaagd worden zonder dat dit de bouwkosten en dus het rendement beïnvloed. Het vermoeden is dat een omslagpunt zal plaatsvinden, zie figuur 37 voor een aangepaste X-Y-relatie in de variabele, gebaseerd op de volgende hypothese als kritische kanttekening op de gevoeligheidsanalyse:

**'Bij het omslagpunt geldt: hoe lager het CO<sub>2</sub>-saldo, hoe hoger de bouwkosten'.**

Figuur 37. X-Y relatie – Extra onafhankelijke variabele



Bron: Eigen bewerking



## **§5.2 Reflectie en maatschappelijke visie**

Er is gereflecteerd op de aanpak van het onderzoeksproces en gerealiseerde eindproduct, daaruit blijkt: i) de geschiktheid en kwaliteit van de methoden en data; ii) de wetenschappelijke- en maatschappelijke relevantie van het onderzoek; en iii) de maatschappelijke visie van de auteur.

### **§5.2.1 Methodes en data**

In de volgende drie alinea's is gereflecteerd op de geschiktheid van de gehanteerde methodes en de kwaliteit (validiteit en betrouwbaarheid) van de verzamelde data.

#### Kwalitatief: literatuuronderzoek

Terugkijkend op het literatuuronderzoek was de voornaamste uitdaging van deze kwalitatieve methodes de zoektocht in selectie en afbakening van (wetenschappelijke) literatuur. Het was lastig de juiste literatuur te onderscheiden omdat het vraagstuk een veld in ontwikkeling betreft. Daarentegen zijn in de probleemstelling twee onderzoeken aangehaald als referentiekader. Deze onderzoeken zijn uitgevoerd door CE Delft (2020) en NIBE (2020). In het praktijkonderzoek heeft een exploratief interview plaatsgevonden met Klimaatverbond die de kennis van voorgaande onderzoeken heeft gebundeld in eigen onderzoek als opdracht gevende partij van CE Delft en NIBE. Achteraf had een verkennend interview met de experts van beide partijen - voorafgaand aan het literatuuronderzoek - meer sturing kunnen geven aan de onderzoeksrichting van het literatuuronderzoek en daarmee mogelijk kunnen leiden tot een rijker theoretisch kader en praktijkonderzoek. Resume, als voornaamste reflectie op het proces zou een aantal aanvullende interviews voorafgaand aan het literatuur- en praktijkonderzoek van toegevoegde waarde zijn geweest gezien het nog prille onderzoeksveld.

#### Kwalitatief: exploratief- en half gestructureerde interviews

Een valide en betrouwbaar interview vraagt veel ervaring van een interviewer en dat blijkt. Doorvragen zonder sturing is cruciaal maar ook erg moeilijk, een herkenbare valkuil die met name zichtbaar is in de transcriptie van het exploratieve interview. Door de interviewer is soms suggestief of sturend doorgevraagd of gereageerd. Echter kan geconcludeerd worden dat deze incidentele tekortkoming in de gehanteerde methodes geen significante invloed heeft gehad op de kwaliteit van de verkregen data als deze tekortkoming wordt geplaatst in het daglicht van de gestelde deelvraag.

#### Kwantitatief: geïntegreerde financiële model

In het kwantitatieve deel van het onderzoek ontbreekt de beoogde cijfermatige data van residentiële vastgoedobjecten omdat uit praktijkonderzoek is geconcludeerd dat de opslag van CO<sub>2</sub> pas recentelijk vanaf 1-1-2021 is opgenomen in de meetmethode van het NMD maar niet in de instrumenten. Het ontbreken van een casus die beschikte over de juiste data bestaande uit een houtbouwproject voorzien van zowel de volledige stichtingskosten als de CO<sub>2</sub>-uitstoot en –opslag kan bestempeld worden als de grootste beperking van dit onderzoek. Derhalve is er wel uitvoerig aandacht besteed aan een duidelijke beschrijving van een eigen samengestelde dataset voor de opzet van het fictieve model. Deze dataset bestaat uit heldere aannames op basis van praktijk- en literatuuronderzoek onderbouwd met herleidbare bronvermeldingen en toelichtingen. Daarnaast is de opbouw van het model stap voor stap geïllustreerd. Teneinde controleerbaar en repliceerbaar onderzoek als fundament voor vervolgonderzoek.

### **§5.2.2 Wetenschappelijke- en maatschappelijke relevantie onderzoek**

Binnen de vastgoedkunde is de integratie van CO<sub>2</sub>-beprijzing in het vastgoedrekenproces van vastgoedontwikkeling nog niet eerder beproefd omdat CO<sub>2</sub>-reductie en CO<sub>2</sub>-beprijzing een veld in ontwikkeling betreft. Het verkennend onderzoek biedt derhalve een eerste inzicht in het effect van CO<sub>2</sub>-beprijzing op het rendement van residentieel vastgoed in de Nederlandse bebouwde omgeving. Gebaseerd op de nodige (navolgbare) aannames in CO<sub>2</sub>-uitstoot, CO<sub>2</sub>-opslag en gebaseerd op fictieve referentiegebouwen. Momenteel bestaat naar mijn weten nog geen vergelijkbaar onderzoek. Met name daar zit voor nu de wetenschappelijke en maatschappelijke relevantie. Het is met name relevant omdat de bandbreedte in het kwantitatieve deel van het onderzoek in de vorm van een gevoeligheidsanalyse

een fundering kan vormen voor vervolgonderzoek. En als referentie van waar de diverse actoren in de vastgoedkolom op een transparantie wijze een eerste inzicht kunnen verkrijgen in de mogelijkheden die CO2-beprijzing biedt voor de businesscase van de vastgoedontwikkelaar. Met andere woorden de onderzoeksresultaten kunnen het denken in de wetenschap en maatschappij verder brengen. En dit is belangrijk, want willen we als vastgoedkolom de kosten van het CO2 vraagstuk eerlijk verdelen tussen alle actoren met de snelheid van Parijs 2050, dan is - zo blijkt ook uit de half gestructureerde interviews - met name deze 'transparantie in elkaars businesscase' van fundamenteel belang. Tot slot moet nadrukkelijk betoogd worden dat het niet stopt bij het effect op het rendement van de vastgoedontwikkelaar, ook actoren als een belegger of gemeente zullen hun steentje moeten bijdragen. En daarin zal deze transparantie een beslissende rol kunnen spelen.

### §5.2.3 Maatschappelijke visie auteur

In aansluiting op de relevantie van het onderzoek is op basis van de opgedane kennis en inzichten een doorkijk mogelijk in de maatschappelijke visie van de auteur. Daarin staan de volgende drie opbouwende vragen centraal: i) Wanneer wordt klimaatverandering een maatschappelijk of publiek belang? en ii) Hoe kan het beprizen van CO2 in vastgoedontwikkeling (a la Pigou) bijdragen aan duurzamer vastgoed? en ter conclusie iii) Wanneer is CO2 armer bouwen zoals houtbouw aantrekkelijk in het daglicht van CO2-beprijzing?

i) Ter inleiding op de eerste vraag (wanneer klimaatverandering een maatschappelijk of publiek belang betreft) moeten we terugblikken naar de theorie van pagina 16: Een maatschappelijk belang is volgens Teulings, Bovenberg & Dalen (2003) pas een publiek belang als de markt niet vanzelf in staat is om het maatschappelijke belang te waarborgen. Daarvoor zijn twee criteria gedefinieerd: i) Complexe externe effecten met free-rider gedrag; en ii) Een politiek niet aanvaardbare verdeling van inkomen (herverdelingsvraagstuk) (Teulings, Bovenberg & Dalen, 2003). CO2-uitstoot & -opslag vallen onder het eerste criterium omdat de externe effecten niet 'vanzelf' worden ingeprijsd op de markt. De gevolgen van klimaatverandering worden met de tijd steeds duidelijker zichtbaar, denk aan de stijgende temperaturen, hittegolven, bosbranden, het smelten van zee- en landijs, de stijgende zeespiegel en heviger regenval en stormen. Met stijgende maatschappelijke kosten tot gevolg. Jarmo et al (2021) berekende recentelijk een maatschappelijke CO2-prijs van ver boven de €3000/tCO2. Deze maatschappelijke kosten worden niet 'vanzelf' ingeprijsd op de markt met marktfalen tot gevolg. Of zoals de gerenommeerde klimaateconoom Sir Nicolas Stern (2008) zei:

*“Greenhouse gas (GHG) emissions are externalities and represent the biggest market failure the world has seen” (Stern, 2008, p. 1).*

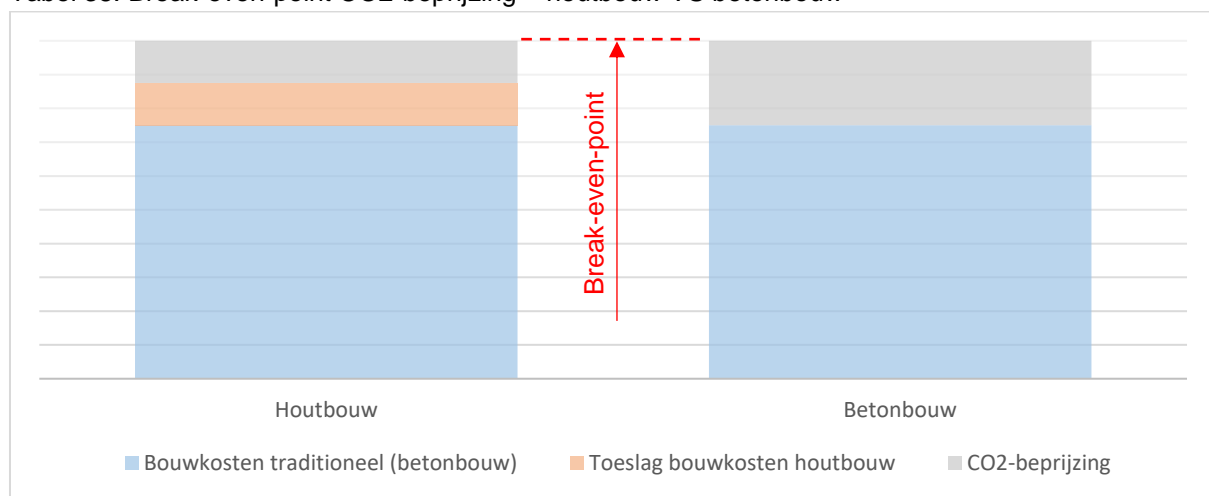
Resume, klimaatverandering is zowel een maatschappelijk als publiek belang. Een maatschappelijk belang omdat de gevolgen van CO2 dermate ingrijpen in de maatschappij middels stijgende maatschappelijke kosten dat het beperken van klimaatverandering - net als voldoende brood voor voldoende lage prijzen - kan worden aangemerkt als maatschappelijk belang. Een publiek belang omdat de gevolgen niet 'vanzelf' worden ingeprijsd op de markt.

ii) Maar hoe kan het beprizen van CO2 in vastgoedontwikkeling (a la Pigou) dan bijdragen aan duurzamer vastgoed? In de expertinterviews is met regelmaat door zowel de belegger als ontwikkelende bouwer gerefereerd naar het instrument 'gronduitgifte'. Bij gronduitgifte kan een gemeente namelijk privaatrechtelijke eisen verbinden aan tenders, waaronder het invoeren CO2-beprijzing als onderdeel van de gunningscriteria. In het kader van dit onderzoek wordt gronduitgifte derhalve als veel belovend instrument aangemerkt. En dat kan mede onderbouwd worden door recentelijke conclusies uit onderzoek van NIBE (2020). NIBE (2020) heeft onderzoek gedaan naar interne CO2-beprijzing als instrument in gebiedsontwikkeling en zegt daarover het volgende: van de markt betere prestaties vragen dan landelijke eisen kan goed met een systeem van interne CO2-beprijzing in aanbesteding verbonden aan gronduitgifte (NIBE, 2020). En zoals betoogd door de respondent van de ontwikkelende bouwer: in dat geval zal op het spectrum van intrinsieke motivatie - omtrent duurzaam bouwen - naast de

maatschappelijk betrokken vastgoedontwikkelaars ook de financieel gedreven vastgoedontwikkelaar bij inschrijving moeten voldoen aan de gestelde eisen. Oftewel CO2 armer bouwen is in dat geval geen vraag maar een eis middels gunningscriteria. De verwachting is dat deze vorm van CO2-beprijzing een significante aanjager zal vormen voor meer duurzame (CO2 arme) gebouwen.

iii) En tot slot ter conclusie: wanneer is CO2 armer bouwen zoals houtbouw dan aantrekkelijk in het daglicht van CO2-beprijzing? Dat is een vraag die geheel afhangt van de eerder gestelde hypothese en het zogenaamde break-even-point in een zuivere vergelijking tussen de bouwkosten en het CO2-saldo (CO2-uitstoot & -opslag) van een houten gebouw versus een betonnen gebouw. Omdat de data ontbreekt zal het break-even-point abstract geïllustreerd worden aan de hand van tabel 38. Houtbouw is in het daglicht van CO2-beprijzing aantrekkelijk vanaf het break-even-point wanneer de 'Toeslag bouwkosten houtbouw' bovenop 'Bouwkosten traditioneel (betonbouw)' gedekt is in een verlaging van de CO2-beprijzing. Waarbij een verlaging in de CO2-beprijzing bestaat uit zowel de gehanteerde CO2-prijs als CO2 besparing van houtbouw ten opzichte van betonbouw.

Tabel 38. Break-even-point CO2-beprijzing – houtbouw VS betonbouw



Bron: eigen bewerking

De verwachting hierover is dat het break-even-point afhangt van de differentiatie in het type vastgoedobject vanwege het feit dat de vastgoed woningmarkt geen homogene markt is. De verwachting is dat vastgoedobjecten als referentiegebouw 'Woongebouw M' over het algemeen een lagere CO2 besparing bereiken dan 'Woning S tussen' en zijn daarom minder aantrekkelijk voor CO2-beprijzing. De reden van deze lagere besparing is het feit dat voor 'Woongebouw M' c.q. gestapelde appartementenbouw hogere eisen gelden vanuit wet- en regelgeving omtrent bouwfysica, denk aan brandwerendheid en geluid. Met als gevolg het treffen van CO2 uitstotende voorzieningen als gipswanden/-plafonds en massavloeren in aanvulling op de houten draagconstructie. Een betonnen vloer of wand kan in gestapelde appartementenbouw niet een op een vervangen worden door een houten vloer of wand. Dat geldt overigens ook voor 'Woning S tussen' c.q. laagbouw tussenwoningen maar daarvoor gelden significant lagere eisen dus minder voorzieningen. Met de kanttekening dat we niet moeten generaliseren aangezien dit onder andere ook afhankelijk is van de bouwsystematiek, de complexiteit van het ontwerp/ de architectuur en het aantal lagen van gestapelde appartementenbouw tot aan hoogbouw boven de 70m<sup>1</sup>. Met als gevolg dat over het algemeen bij het vergelijken tussen houtbouw en betonbouw een lagere CO2 winst wordt verwacht in de gestapelde appartementenbouw ten opzichte van laagbouw tussenwoningen.

Resume, in het daglicht van CO2-beprijzing is daarom de verwachting dat CO2 armer bouwen in het geval van houtbouw het aantrekkelijkst is voor laagbouw tussenwoningen. Dit omdat houtbouw voor laagbouw tussenwoningen (door het treffen van minder aanvullende CO2 uitstotende voorzieningen) het duurzaamst tot zijn recht komt.

### §5.3 Aanbevelingen: beleid en vervolgonderzoek

Tijdens het onderzoek zijn diverse aanbevelingen aan het licht gekomen rondom het financieel meewegen van CO<sub>2</sub> in het vastgoedrekenproces, aangevuld met feedback vanuit expertinterviews. Deze aanbevelingen zijn opgedeeld in: i) beleid; ii) vervolgonderzoek.

#### i) Aanbevelingen beleid:

- De gemeente is een geschikte actor om CO<sub>2</sub>-beprijzing te introduceren middels gronduitgifte in de vorm van tenders omdat in dat geval elke inschrijvende partij moet voldoen aan het maximale CO<sub>2</sub>-plafond, ook de pur sang financieel gedreven vastgoedontwikkelaar. Dat sluit aan op reeds uitgevoerd onderzoek van NIBE (2020) aangehaald in de inleiding, die concludeert in zijn onderzoek dat van de markt betere prestaties vragen dan landelijke eisen goed kan met een systeem van interne CO<sub>2</sub>-beprijzing in aanbesteding verbonden aan gronduitgifte (NIBE, 2020);
- De CO<sub>2</sub>-opslag van een vastgoedobject voor 100 procent toerekenen aan het model van CO<sub>2</sub>-beprijzing als de levensduur van 100 jaar gewaarborgd kan worden. Als dat niet geborgd kan worden is 60 procent van de CO<sub>2</sub>-opslag een denkbaar alternatief wanneer de beoogde levensduur 60 jaar is. Dat heeft kort en bondig verband met het gegeven dat het effect van CO<sub>2</sub> op de atmosfeer wordt beschouwd over 100 jaar. Maar hoe we uiteindelijk de CO<sub>2</sub>-opslag daadwerkelijk verantwoord kunnen/mogen toerekenen wordt momenteel nog onderzocht door de politiek. Rond het voorjaar van 2022 worden de resultaten verwacht (Cobouw, 2021).

#### ii) Aanbevelingen vervolgonderzoek:

- Het CO<sub>2</sub>-saldo (uitstoot + opslag) kan - vermoedelijk - in financiële zin niet oneindig verlaagd worden zonder dat dit de bouwkosten en dus het rendement beïnvloed. Er wordt vervolgonderzoek geadviseerd naar dit omslagpunt, het toetsen van de opgestelde hypothese: *'Bij het omslagpunt geldt: hoe lager het CO<sub>2</sub>-saldo, hoe hoger de bouwkosten'*.
- In aanvulling op voorgaande vervolgonderzoek naar het omslagpunt is het voor de praktijk van cruciaal belang om middels vervolgonderzoek in kaart te brengen tot welke hoogte CO<sub>2</sub>-beprijzing niet meer interessant of juist haalbaar is voor vastgoedontwikkelaars, gemeente, beleggers of grondeigenaren. Met in acht neming van het spectrum van maatschappelijke impact/ intrinsieke motivatie van de verschillende actoren;
- In aanvulling op voorgaande vervolgonderzoek zou het interessant kunnen zijn om tevens de gedragscomponenten te onderzoeken. Wat voor effect kan CO<sub>2</sub>-beprijzing hebben op het gedrag van vastgoedontwikkelaars? Of beleggers? Of gemeente/ grondeigenaren?
- Onderhavig onderzoek is voor nu afgebakend tot de embodied carbon. Bij deze wordt vervolgonderzoek geadviseerd in dezelfde context maar dan zowel de embodied carbon als de operationele carbon en gebaseerd op een of meerdere praktijk casussen met voldoende data;
- De waarde van vastgoedontwikkeling als afhankelijke variabele in plaats van de winst en risico van vastgoedontwikkelaars. Omdat een belegger enkel kan kijken naar de waarde van een vastgoedobject en beoordeeld of voldoende (maatschappelijk) wordt gecompenseerd gezien de CO<sub>2</sub>-intensiteit van het vastgoedobject. En in deze context zou mogelijk 'optietheorie' kunnen fungeren als theoretisch kader. Resume, dit vraagstuk vanuit een beleggersperspectief;
- Tot slot vervolgonderzoek naar de wijze waarop het CO<sub>2</sub> vraagstuk (middels CO<sub>2</sub>-beprijzing) eerlijk kan worden verdeeld in de vastgoedkolom? En wat gaat biobased bouwen of CO<sub>2</sub>-reducerend bouwen betekenen voor de waarde van vastgoed in de toekomst? Deze vragen zijn van wezenlijk belang gezien de urgentie van het CO<sub>2</sub> vraagstuk in het daglicht van Parijs 2050.

## Bibliografie

- Allen, D., & Lueck, D. (1998). The Nature of the Farm. *The Journal Of Law And Economics*, 41(2), 343-386. doi: 10.1086/467393
- ASN bank & Climate Cleanup. (2021). Construction stored carbon: A financial metric for carbon storage in the built environment. Herziende versie: 27-10-2021. Geraadpleegd op 28 oktober 2021, van <https://climatecleanup.org>
- Baarda et al. (2018). *Basisboek kwalitatief onderzoek: handleiding voor het opzetten en uitvoeren van kwalitatief onderzoek*. (4e druk), Groningen: Noordhof.
- Bentham, J. (1789). *An Introduction to the Principles of Morals and Legislation*. Herdruk 1907. Oxford: Clarendon Press.
- Benthum, C. van. (2021). *Module 2021-I: Investeringsanalyse, Vastgoedrekenen*. Collegesheets 8-2-2021, pagina 36. Amsterdam: ASRE.
- Berg, J. (2009). Safe climate policy is affordable – 12 reasons. *Climatic Change* (2010) 101:339–385. DOI: 10.1007/s10584-009-9719-7. Opgehaald van <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/s10584-009-9719-7.pdf>
- Bozeman, B. (2007). *Public values and public interest: Counterbalancing economic individualism*. Washington, D.C: Georgetown University Press.
- CE Delft. (2020). *CO2-beprijzing bij inkopen en aanbesteden door provincies. Met focus op catering meubilair en textiel*. Opgehaald van <https://ce.nl/publicaties/co2-beprijzing-bij-inkopen-en-aanbesteden-door-provincies-met-focus-op-catering-meubilair-en-textiel/>
- Coase, R. (1937). The Nature of the Firm. *Economica*. Volume4, Issue16, November 1937. pp 386-405
- Coase, R. (1960). The Problem of Social Cost. *The Journal Of Law And Economics*, 3, 1-44. doi: 10.1086/466560
- Cobouw. (2021). *Houtbouwers balen: onderzoek naar discutabele norm duurzaam bouwen flink vertraagd*. Opgehaald van <https://www.cobouw.nl/duurzaamheid/nieuws/2021/07/houtbouwers-balen-onderzoek-naar-discutabele-norm-voor-duurzaam-bouwen-flink-vertraagd-101297183>
- DGBC. (2021). *Manifest voor biobased bouwmaterialen in nationale rekenmethoden*. Opgehaald van <https://www.dgbc.nl/manifest-voor-biobased-bouwmaterialen-in-nationale-rekenmethoden-213>
- DGMR. (2017). BENG Referentiegebouwen. Opgehaald van <https://www.rvo.nl/onderwerpen/duurzaam-ondernemen/gebouwen/wetten-en-regels/nieuwbouw/energieprestatie-beng/beng-gebouwtype/referentiegebouwen>
- Dworkin, R. (1981a). 'What is Equality? Part 1: Equality of Welfare'. *Philosophy an Public Affairs*, 10, 185-246. Herdruk in: Ronald Dworkin, *Sovereign Virtue. The Theory and Practice of Equality*. Cambridge: Harvard University Press 2000, 11-64.
- Dworkin, R. (1981b). 'What is Equality? Part 2: Equality of Resources'. *Philosophy an Public Affairs*, 10, 283-345. Herdruk in: Ronald Dworkin, *Sovereign Virtue. The Theory and Practice of*

- Equality. Cambridge: Harvard University Press 2000, 65-119.
- Europese Commissie. (2021). *EU Emissions Trading System (EU ETS)*. Geraadpleegd op 23-11-2021, van [https://ec.europa.eu/clima/eu-action/eu-emissions-trading-system-eu-ets\\_nl](https://ec.europa.eu/clima/eu-action/eu-emissions-trading-system-eu-ets_nl)
- Peek, G., & Gehner, E. (2018). *Handboek Projectontwikkeling*. Rotterdam: nai010 uitgevers.
- Hart, O., & Moore, J. (1990). Property Rights and the Nature of the Firm. *Journal Of Political Economy*, 98(6), 1119-1158. doi: 10.1086/261729
- Hayek, F.A. von. (1960). *The Constitution of Liberty*. London Routledge.
- Hobbes, T. (1651). *Leviathan*. Herdruk 1991. Cambridge: Cambridge University Press.
- Hoek-Gerritsen, S. van. (2015). *Schrijfgids voor Economen* (4<sup>e</sup> herziende druk). Bussum: Coutinho.
- Holt, C., & Roth, A. (2004). The Nash equilibrium: A perspective. *Proceedings Of The National Academy Of Sciences*, 101(12), 3999-4002. doi: 10.1073/pnas.0308738101
- IPCC. (2021). *Climate Change 2021: The Physical Science Basis*. Cambridge University Press. Opgehaald van <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/#FullReport>
- Jacobs, B. (2015). *De prijs van gelijkheid*. 6<sup>e</sup> druk. Amsterdam: Prometheus-Bert Bakker.
- Jarmo, S., Waidelich, P., Rising, J., Yumashev, D., Hope, C., & Brierley, C. (2021). *The social cost of carbon dioxide under climate-economy feedbacks and temperature variability*. *Environmental Research Letter*, volume 16, nummer 9. Opgehaald van <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/ac1d0b>
- Klimaatverbond. (2020a). *Rekenen met de Toekomst: De prijs van het klimaat*. Opgehaald van <https://klimaatverbond.nl/ons-werk/co2-beprijzing-2/publicaties/>
- Klimaatverbond. (2020b). *Essay Rekenen met de Toekomst: van Parijs naar een CO2 prijs*. Opgehaald van <https://klimaatverbond.nl/ons-werk/co2-beprijzing-2/publicaties/>
- Klimaatverbond. (2020c). *Rekenen met de Toekomst: De praktijk*. Opgehaald van <https://klimaatverbond.nl/ons-werk/co2-beprijzing-2/publicaties/>
- Klimaatverbond. (2021). *Economische schade klimaatverandering zes keer hoger dan eerder aangenomen*. Opgehaald van <https://klimaatverbond.nl/publicatie/economische-schade-klimaatverandering-zes-keer-hoger-dan-eerder-aangenomen/>
- Kunneman, H. (1985). *Habermas Theory of communicative action*.
- Locke, J. (1690). *Two Treatises on Government*. Herdruk 1980. Indianapolis and Cambridge: Hackett Publishing Company.
- Marx, K. (1875). 'Kritik des Gothär Programms'. *Die Neue Zeit*, 9, (18), 1890-1891.
- Moore, M. H. (1995). *Creating Public Value: Strategic management in government*. Cambridge, Massachusetts: Harvard University Press
- Nationale Milieu Database. (2020). *Bepalingsmethode Milieuprestatie Bouwwerken*. Versie 1.0.

Opgehaald van <https://milieudatabase.nl/wp-content/uploads/2020/07/Bepalingsmethode-Milieuprestatie-Bouwwerken-juli-2020.pdf>

Nationale Milieu Database. (2021). Gevalideerde rekeninstrumenten: Opgehaald van <https://milieudatabase.nl/milieuprestatie/rekeninstrumenten/#:~:text=Rekeninstrumenten%20zijn%20online%2C%20private%20rekensoftware,de%20berekening%20van%20de%20milieuprestatie.>

NIBE. (2020). *Interne CO2-beprijzing. Als instrument in gebiedsontwikkeling*. Opgehaald van [https://klimaatverbond.nl/wp-content/uploads/2020/11/NIBE.\\_2020\\_.Interne\\_CO2-beprijzing\\_als\\_instrument\\_in\\_gebiedsontwikkeling\\_.pdf](https://klimaatverbond.nl/wp-content/uploads/2020/11/NIBE._2020_.Interne_CO2-beprijzing_als_instrument_in_gebiedsontwikkeling_.pdf)

Nozick, R. (1974). *Anarchy, state and Utopia*. New York: Basic Books.

One Click LCA. (2021). *Decarbonizing construction: Guidance for investors and developers to reduce embodied carbon*. Opgehaald van <https://www.oneclicklca.com/decarbonizing-construction-report/>

Ostrom, E. (2010). Beyond Markets and States: Polycentric Governance of Complex Economic Systems. *American Economic Review*, 100(3), 641-672. doi: 10.1257/aer.100.3.641

Pigou, A. (1920). *The Economics of Welfare*. London: Macmillan.

Post, W.J. van der. (2006). A theoretical focus on embeddedness. Working Paper University of Amsterdam. Amsterdam: University of Amsterdam.

Prendergast, C. (1999). The Provision of Incentives in Firms. *Journal Of Economic Literature*, 37(1), 7-63. doi: 10.1257/jel.37.1.7

Prins, E., Roeden, S. van, & Lugt, P. van der. (2021). *Houtbouw Amsterdam: Verkenning naar bouwen met hout in de gebiedsontwikkeling*. Gemeente Amsterdam. Opgehaald van <https://research.tudelft.nl/en/publications/houtbouw-amsterdam-verkenning-naar-bouwen-met-hout-in-de-gebiedso#:~:text=Dit%20document%20moet%20inzicht%20bieden,kansen%2C%20wat%20zijn%20de%20obstakels.>

Rawls, J. (1971). *A Theory of Justice*. Harvard-MA: Harvard University Press.

Rijksdienst voor Ondernemend Nederland. (2021a). *Stimulering Duurzame Energieproductie en Klimaattransitie (SDE++)*. Geraadpleegd op 23-11-2021, van <https://www.rvo.nl/subsidie-en-financieringswijzer/sde>

Rijksdienst voor Ondernemend Nederland. (2021b). MilieuPrestatie Gebouwen – MPG. Versie 1.0. Geraadpleegd op 17-12-2021, van [Rijkshttps://www.rvo.nl/onderwerpen/duurzaam-ondernemen/gebouwen/wetten-en-regels/nieuwbouw/milieuprestatie-gebouwen#](https://www.rvo.nl/onderwerpen/duurzaam-ondernemen/gebouwen/wetten-en-regels/nieuwbouw/milieuprestatie-gebouwen#)

Rijksdienst voor Ondernemend Nederland. (2022). Carbon Based Design. Opgehaald van <https://circulairebouweconomie.nl/wp-content/uploads/2021/10/Carbon-Based-Design.pdf>

Rijksoverheid. (2021a). *Klimaatbeleid*. Geraadpleegd op 16-6-2021, van <https://www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/klimaatverandering/klimaatbeleid>

Rijksoverheid. (2021b). Coalitieakkoord 'Omzien naar elkaar, vooruitkijken naar de toekomst'. Coalitieakkoord 2021-2025. Coalitie VVD, D66, CDA en ChristenUnie. Opgehaald van

<https://www.rijksoverheid.nl/documenten/publicaties/2022/01/10/coalitieakkoord-omzien-naar-elkaar-vooruitkijken-naar-de-toekomst>

- Robson, C. & McCartan, K. (2016). *Real World Research* (4th edition). Chichester: Wiley.
- Rousseau, J. (1775). *A Discourse on Inequality*. London: Penquin.
- Sen, A. (1985). *Commodities and Capabilities*. Oxford: Oxford University Press.
- Sen, A. (1992). *Inequality Reexamined*. Oxford: Clarendon Press, Cambridge-MA: Harvard University Press.
- Smith, A. (1776). *An Inquiry into the Nature and Causes of the Wealth of Nations*. London: W. Strahan and T. Cadell.
- Stern, N. H., & Great Britain. (2007). *The economics of climate change: The Stern review*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Stern, N. (2008). The Economics of Climate Change. *American Economic Review*, 98(2), 1-37.  
Opgehaald van <https://www.aeaweb.org/articles?id=10.1257/aer.98.2.1>
- Talbot, C. (2006). Paradoxes and prospects of 'public value'. *Public Money & Management*, 31:1, 27-34, DOI: 10.1080/09540962.2011.545544
- Teulings, C. N., Bovenberg, A. L., & Dalen, H. P. van. (2003). *De Calculus van het Publieke Belang*. Kenniscentrum voor Ordeningsvraagstukken. Opgehaald van: <https://pure.uvt.nl/ws/portalfiles/portal/1044779/calculuspubliekbelang2003.pdf>
- TNO. (2021). *Een verkenning van het potentieel van tijdelijke CO2-opslag bij houtbouw*. Opgehaald van <https://www.tno.nl/nl/over-tno/nieuws/2021/1/verkenning-onderzoek-naar-potentieel-van-tijdelijke-co2-opslag-bij-houtbouw/>
- TNO & DGBC. (2021b). *Waarderen van CO2 prestaties van biobased bouwen*. Opgehaald van [https://www.dgbc.nl/publicaties/waarderen-van-co2-prestaties-van-biobased-materialen-43#:~:text=Dutch%20Green%20Building%20Council%20\(DGBC,een%20belangrijke%20rol%20in%20spelen.](https://www.dgbc.nl/publicaties/waarderen-van-co2-prestaties-van-biobased-materialen-43#:~:text=Dutch%20Green%20Building%20Council%20(DGBC,een%20belangrijke%20rol%20in%20spelen.)
- United Nations. (2018). *Global Status Report 2018*. United Nations Environment Programme.  
Opgehaald van <https://www.unep.org/resources/report/global-status-report-2018>
- University of Oxford. (2021). Oxford Launches new principles credible carbon offsetting. Geraadpleegd op 12-12-2021, van <https://www.ox.ac.uk/news/2020-09-29-oxford-launches-new-principles-credible-carbon-offsetting>
- Umweltbundesamt. (2019). *Methodological Convention 3.0 for the Assessment of Environmental Costs - Cost Rates*. Opgehaald van <https://www.umweltbundesamt.de/en/publikationen/methodological-convention-30-for-the-assessment-of>
- Umweltbundesamt. (2020). *Methodenkonvention 3.1 zur Ermittlung von Umweltkosten – Kostensätze*. Opgehaald van <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/methodenkonvention-umweltkosten>



- Vlek, P. J. (2020). Investeren in vastgoed grond en gebied (6<sup>e</sup> druk). Delft: SPRYG Real Estate Academy.
- WGBC. (2019). Bringing embodied carbon upfront: Coordinated action for the building and construction sector to tackle embodied carbon. Opgehaald van [https://www.worldgbc.org/sites/default/files/WorldGBC\\_Bringing\\_Embodied\\_Carbon\\_Upfront.pdf](https://www.worldgbc.org/sites/default/files/WorldGBC_Bringing_Embodied_Carbon_Upfront.pdf)
- Wheaton, W.C. & Di Pascale, D. (1996). Urban Economics and Real Estate Markets. Hoofdstuk 1, Prentice Hall, New Jersey.
- Williamson, O. (1979). Transaction-Cost Economics: The Governance of Contractual Relations. The Journal Of Law And Economics, 22(2), 233-261. doi: 10.1086/466942
- W/E adviseurs. (2019). Materialisatie referentiebouwwerken. Opgehaald van [https://milieudatabase.nl/wp-content/uploads/2019/10/WE9799-Eindrapport-Materialisatie-referentiegebouwen\\_22-juli-2019.pdf](https://milieudatabase.nl/wp-content/uploads/2019/10/WE9799-Eindrapport-Materialisatie-referentiegebouwen_22-juli-2019.pdf)

## **Bijlagen**

Bijlage A: Transcriptie en codering exploratief interview

Bijlage B: Geïntegreerde financiële model (format)

Bijlage C: Geïntegreerde financiële model (resultaten Woongebouw M)

Bijlage D: Geïntegreerde financiële model (resultaten Woning S tussen)

Bijlage E: Presentatie methode, resultaten en analyse expertinterviews

Bijlage F: Antwoorden expertinterview - Belegger

Bijlage G: Antwoorden expertinterview - Ontwikkелende bouwer

Bijlage H: Antwoorden expertinterview - Onderzoeks- en adviesbureau