

Our climate, our underground

Citation for published version (APA):

van Oost, B. (2016). *Our climate, our underground: understanding the slow implementation of carbon capture and storage*. Maastricht University.

Document status and date:

Published: 01/01/2016

Document Version:

Publisher's PDF, also known as Version of record

Please check the document version of this publication:

- A submitted manuscript is the version of the article upon submission and before peer-review. There can be important differences between the submitted version and the official published version of record. People interested in the research are advised to contact the author for the final version of the publication, or visit the DOI to the publisher's website.
- The final author version and the galley proof are versions of the publication after peer review.
- The final published version features the final layout of the paper including the volume, issue and page numbers.

[Link to publication](#)

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal.

If the publication is distributed under the terms of Article 25fa of the Dutch Copyright Act, indicated by the "Taverne" license above, please follow below link for the End User Agreement:

www.umlib.nl/taverne-license

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us at:

repository@maastrichtuniversity.nl

providing details and we will investigate your claim.

Nederlandse samenvatting

Dit proefschrift onderzoekt de moeizame invoering van een omstreden klimaatstrategie: ondergrondse CO₂ opslag (in het Engels: *Carbon Capture and Storage* ofwel CCS). CCS is een verzamelnaam voor de verschillende technieken die nodig zijn om CO₂ van grote fossiele bronnen zoals kolencentrales, cementfabrieken of olieraffinaderijen af te vangen, te comprimeren, te transporteren en vervolgens op te slaan in aardlagen diep onder de grond. Al sinds de jaren '80 doet een internationale groep van geofysici, petrochemici, economen, beleidsmakers, regelgevers, juristen en milieu-deskundigen onderzoek naar CCS. De dominante argumentatielijn die deze groep bindt is de volgende: 'menselijk handelen leidt tot klimaatverandering en CO₂ is het voornaamste broeikasgas; economische groei gaat gepaard met een toenemende consumptie van fossiele brandstoffen en daarmee met een stijging in CO₂ emissies; het is sociaal, politiek en economisch gezien onwenselijk (en praktisch gezien onmogelijk) om het wereldwijde gebruik van fossiele brandstoffen drastisch te verminderen; CCS is de enige manier om de CO₂-emissies die horen bij het gebruik van fossiele bronnen drastisch te verminderen; daarom is grootschalige invoering van CCS noodzakelijk om klimaatverandering tegen te gaan'.

Vanuit bovenstaande argumentatielijn is veel geïnvesteerd in CCS onderzoek. Er is uitgebreid gekeken naar o.a. de veiligheid van CO₂-opslag, naar de meest efficiënte manier van CO₂-afvang en naar economische aspecten. Invloedrijke studies suggereren dat er geen technisch-wetenschappelijke obstakels zijn die grootschalige invoering van CCS in de weg staan. Inmiddels vormt CO₂-opslag dan ook in vrijwel alle grote economieën een cruciaal onderdeel van het klimaatbeleid. En toch verloopt de invoering van CCS traag. Diverse demonstratieprojecten zijn afgeblazen, er is sprake van maatschappelijke weerstand en wereldwijd wordt veel minder CO₂ opgeslagen dan verwacht. Dat is de centrale puzzel die dit proefschrift behandelt: gegeven dat de grootschalige invoering van CCS algemeen als een *noodzakelijke, veilige en technisch haalbare* klimaatstrategie wordt gezien, hoe is dan te begrijpen dat de invoering zo traag verloopt?

Om tot een antwoord te komen hanteer ik een governance-perspectief: ik onderzoek hoe in verschillende contexten sturing wordt gegeven aan de invoering van CCS. Sturing vindt plaats op het niveau van beleid, besluitvorming en regelgeving. Het vraagt om een samenspel van partijen. Maar ook technisch-wetenschappelijke kennis speelt een belangrijke rol. CCS is voor velen namelijk een impopulaire maatregel. Daarom maken partijen gebruik van rapporten, berekeningen en studies om de invoering van CCS te legitimeren. Dergelijke kennis blijkt niet onomstreden, zoals ik in drie case-studies laat zien. Methodisch is ervoor gekozen om zogenaamde *hard cases* te selecteren: het zijn contexten waar claims over respectievelijk de noodzakelijkheid, veiligheid en technische haalbaarheid van CCS het meest overtuigend leken, maar waar de invoering van CCS toch moeizaam verliep. Per hoofdstuk wordt op een ander 'sturingselement' ingezoomd (beleid, besluitvorming en regelgeving). Dit onderscheid is artificieel; bij de invoering van CCS spelen alle elementen in samenhang een rol. Maar het onderscheid helpt om de centrale vraag te beantwoorden. Per hoofdstuk wordt namelijk een ander analytisch perspectief aangereikt om te begrijpen waarom de invoering van CCS zo moeizaam verloopt (*imaginarys*, *frames/overflows* en *grenswerk*). Hierbij maak ik gebruik van inzichten uit het veld van Science & Technology Studies.

In hoofdstuk 2 laat ik zien hoe CCS een noodzakelijk onderdeel is geworden van het Nederlandse klimaat- en energiebeleid. Dit doe ik door het ontstaan van een specifieke 'socio-technische verbeelding' (*imaginary*) te traceren, volgens welke Nederland een internationaal knooppunt kan worden voor internationale stromen van energie, mensen, goederen en CO₂. Op basis van de literatuur onderscheid ik verschillende kenmerken van een socio-technische verbeelding: (i) zij geeft aan welke risico's en kansen te verwachten zijn wanneer een techniek te snel of juist te langzaam wordt ingevoerd en geeft zo een specifieke aanzet tot verandering, (ii) zij wordt gekenmerkt door bepaalde manieren (kennispraktijken) om de energietoekomst te exploreren en te onderzoeken welke collectieve toekomst realistisch is, (iii) zij suggereert wie verantwoordelijk is voor het realiseren van de beoogde nationale toekomst en (iv) zij omvat de middelen, instrumenten en spelregels die partijen moeten volgen om deze toekomst te realiseren. Een socio-technische verbeelding is dus meer dan een beleidsagenda of een particuliere toekomstvisie. Het verwijst naar het cultureel ingebedde reservoir van normen, vertogen en praktijken van waaruit specifieke beleidsdoelen, toekomstvisies en technologieprojecten ontstaan. De nationale verbeelding van Nederland als internationale energiehub speelt dan ook een belangrijke rol bij de invoering van CCS.

Vanaf de jaren '80 bieden twee afzonderlijke risico's aanzet tot verandering van de Nederlandse energievoorziening. Enerzijds is het risico van klimaatverandering steeds prominenter op de agenda gekomen. Dit globale, ambigue risico wordt vertaald in concrete en ambitieuze doelen voor CO₂-emissiereducties. Anderzijds is men zich bewust van de kwets-

baarheid van de ‘open’ Nederlandse economie. Vooral na de liberalisering en harmonisering van de Europese energiemarkt is er de vrees dat een stringent nationaal klimaatbeleid schadelijk is voor de concurrentiepositie van de eigen economie. Nederland heeft zich sterk gemaakt voor een flexibele en internationale aanpak van het klimaatprobleem en was groot voorstander van het EU emissiehandelssysteem (EU-ETS) dat in 2005 werd ingevoerd. Dit cap-and-trade systeem stelt een plafond aan de totale CO₂-uitstoot van een industriële sector. Individuele bedrijven (b.v. elektriciteitscentrales) hebben het recht om een bepaalde hoeveelheid CO₂ uit te stoten. Wanneer men emissie-ruimte overhoudt, kan men een deel van de CO₂-rechten verkopen. En om meer CO₂ uit te stoten, moet men extra rechten kopen. Met de invoering van het EU-ETS is CO₂ dus een handelsgoed geworden. Daar komt bij dat de opvattingen over een ander risico (de verwachte schaarste van fossiele bronnen) sinds de jaren '90 sterk zijn veranderd. Er heeft daarbij een herformulering van het klimaatprobleem plaats gevonden. Aanvankelijk was het beleid gericht op het verminderen van fossiele energiestromen in Nederland. Voortaan is het doel om de energievoorziening zo ‘schoon’ mogelijk te maken. Stroom van fossiele energiedragers kunnen daarin nog steeds een plaats hebben, aangezien de verwachting is dat Nederland ook de bijbehorende CO₂-stromen zal kunnen accommoderen.

Deze verwachting is gebaseerd op twee belangrijke kennispraktijken: scenario-studies en de participatieve ‘back-casting’ methodiek. Deze methoden hebben gemeen dat ze niet alleen naar technisch-economische eigenschappen kijken om in te schatten hoeveel CO₂-reductie een bepaalde klimaatstrategie in de toekomst kan opleveren. Ook een inschatting van het toekomstige maatschappelijk draagvlak voor deze klimaatstrategie is belangrijker. Dit past binnen de verschuiving van verantwoordelijkheden die aan het begin van de 21^{ste} eeuw optrad in Nederland. De keuze voor een specifieke klimaatoptie wordt niet langer van bovenaf opgelegd, maar wordt aan de markt overgelaten. De overheid is zich steeds meer op gaan stellen als facilitator van verandering. Lange-termijn verandering moeten worden gerealiseerd door een netwerk van partijen. Het exploreren van ‘de’ gezamenlijke energietoekomst is daarmee een participatieve praktijk, waarbij vertegenwoordigers van de industrie, de milieubeweging en maatschappelijke partijen samen een balans trachten te vinden tussen wensdenken en realisme.

Het is verder kenmerkend dat overheidssteun voor een specifieke klimaatstrategie in Nederland slechts gelegitimeerd wordt door duidelijk te maken dat ‘de natie als geheel’ hier baat bij zal hebben (in plaats van één specifieke bedrijfstak). Het EU-ETS maakt dit mogelijk in geval van CCS. CO₂ uitstoot is een productstroom geworden. Zo zou ook het aanleggen van een gedeelde CO₂-infrastructuur in het voordeel zijn van de gehele ‘BV Nederland’. Nederland zou een aantrekkelijke vestigingsplaats kunnen blijven voor energie-intensieve bedrijven én zou een internationale koploper op het gebied van CO₂-reducties

kunnen worden. CCS projecten gaan dan ook vaak gepaard met beelden van CO₂-hubs en CO₂-rotondes. Dergelijke beelden referen effectief aan de eerdere collectieve ervaring met het aanleggen van een landelijke gasinfrastructuur welke Nederland in het verleden ook veel welvaart heeft gebracht. Beelden van CO₂-hubs, hoe rudimentair ook, helpen zo om het algemeen belang van CCS te onderstrepen.

In Nederland ontstaan CCS projecten dus tegen de achtergrond van een bepaalde socio-technische verbeelding, volgens welke het land als geheel beter af is wanneer zij een knooppunt vormt voor internationale stromen van goederen, energie en CO₂. Ik laat vervolgens zien dat deze toekomstverbeelding sterk performatief is. Het maakt het mogelijk om enerzijds strenge CO₂-reductiedoelen te formuleren en anderzijds de bouw van nieuwe kolen centrales te legitimeren. Het is deze combinatie die de invoering van CCS in Nederland verder 'noodzakelijk' heeft gemaakt en overheidssteun voor CCS demonstratieprojecten legitimeerde. Tegelijk brengt de socio-technische verbeelding ook een sturingsprobleem met zich mee: de fossiele industrie heeft zich weliswaar vrijwillig achter de visie van een collectieve CO₂-hub geschaard, maar individuele partijen kunnen niet gedwongen worden om daadwerkelijk in CCS te investeren als zij daar zelf niet de economische noodzaak toe zien. Een dergelijke verplichting zou immers de nationale concurrentiepositie binnen de Europese markt kunnen schaden. Zo valt te begrijpen dat vroegtijdige implementatie van CCS in Nederland als noodzakelijk geldt en in het algemeen belang, maar dat de daadwerkelijke invoering ten tijde van een lage CO₂ prijs toch niet wordt afgedwongen.

In hoofdstuk 3 verleg ik de focus naar de besluitvorming rond een concreet CCS project. Als casus is gekozen voor een demonstratieproject dat volgens de initiatiefnemers 'veilig' was, maar waarbij het toch moeilijk bleek om tot een gezaghebbend besluit te komen. Om inzicht te geven in de dynamiek van het besluitvormingsproces wijs ik op de rol van *frames* en *overflows*. Een frame is een culturele ruimte waarbinnen sociale interacties plaatsvinden en betekenis krijgen. Frames geven een zekere voorspelbaarheid aan onze interacties, doordat zij ongeschreven regels bevatten en een bepaalde rolverdeling impliceren. Denk bijvoorbeeld aan een hoorcollege: binnen dit frame geldt een onderscheid tussen spreker en toehoorders, de spreker staat er niet als privé-persoon maar als vertegenwoordiger van een bepaald kennisdomein, toehoorders weten doorgaans wanneer een interruptie geaccepteerd is en wanneer niet, et cetera. Ook in besluitvormingsprocessen spelen frames een belangrijke rol, omdat zij de complexiteit van de buitenwereld tijdelijk verkleinen. Zij suggereren welke kennis relevant is en welke niet, welke onderwerpen aan de orde moeten komen en welke niet, wie als expert geldt en wie als leek. Maar een frame kan ook onder druk komen te staan. Er is dan sprake van zogenaamde 'overflows'. Dit zijn situaties waarbij actoren zich niet schikken in hun toebedeelde rol, waarbij andere onderwerpen plotseling ook relevant blijken en nieuwe vragen of onzekerheden zich aandienen.

Vanuit het perspectief op frames en overflows reconstrueer ik het besluitvormingsproces rond het CCS project in Barendrecht. De Milieu Effect Rapportage (MER) was de geïnstitutionaliseerde weg om input te geven aan politieke besluitvorming over dit project. In het frame van de MER-procedure beperkten interacties zich tot het thema ‘veiligheid’: de centrale vraag was namelijk of de risico’s van NAM/Shell’s project binnen de gestelde wettelijke normen vielen. Maar volgens lokale politici was dit kader te beperkt. Zij vonden dat andersoortige effecten van ondergrondse CO₂-opslag (bijvoorbeeld m.b.t. lokale huizenprijzen of veiligheidsgevoelens) ook meegenomen moesten worden in de besluitvorming. Daarnaast vonden zij dat ook de veiligheidsstudies zelf anders geframed moesten worden (door bijvoorbeeld ook het risico op niet-dodelijke incidenten mee te nemen).

Lokale politici stelden daarom een eigen toetskader op. Om vanuit dit bredere frame de besluitvorming te informeren werd een zogenaamde Kennistafel georganiseerd. Dit is op te vatten als een bijzonder soort participatief experiment, ofwel een ‘hybride forum’. De hybriditeit zit erin dat de Kennistafel Sessies een subtiele verschuiving van relevante invalshoeken, van representativiteit en van relevante expertise toelieten ten opzichte van het MER frame. Dit is duidelijk wanneer we kijken naar de rol van verschillende deelnemers. Lokale politici hadden, na het opstellen van hun eigen toetskader, ‘kritische deskundigen’ in de arm genomen. Ik laat zien dat deze deskundigen een hybride rol speelden in de Kennistafel Sessies: enerzijds wisten zij genoeg van een bepaald onderwerp om de claims van gecertificeerde deskundigen kritisch te bevragen, anderzijds probeerden zij om de zorgen van bewoners te vertegenwoordigen tijdens het expert-debat dat achter gesloten deuren plaatsvond. Als hybride forum leverde de Kennistafel nieuwe kennis op. Ook functioneerde zij als kwaliteitscheck van al gedane studies. Maar volledige zekerheid gaf zij niet, al was het maar omdat veiligheidsstudies rond CCS op modellen waren gebaseerd en er volgens critici nog te weinig praktijkervaring was om deze modellen te ijken. Onzekerheid vormde zo een hardnekkige overflow. In 2009 stemden lokale partijen dan ook unaniem tegen NAM/Shell’s project, omdat de veiligheid niet gegarandeerd kon worden en er onder bewoners grote bezorgdheid leefde over de veiligheid.

Dit was allerm minst het einde van de risico-controverse. Medio 2009 werd de beslisbevoegdheid naar het nationale niveau geschoven. De verantwoordelijke ministers lieten wederom extra onderzoeken uitvoeren naar verschillende overflows (bijvoorbeeld naar de psychosomatische gevolgen van CO₂-opslag). Ook het nationale CCS onderzoeksnetwerk CATO speelde een belangrijke rol bij het beteugelen van de overflows die een gezaghebbend besluit in de weg stonden. Ik onderscheid een vijftal relevante activiteiten. CATO-leden voerden (i) wetenschappelijk onderzoek uit naar de risico’s van CCS en (ii) naar risico-percepties. De opgedane inzichten werden vertaald in (iii) risico-communicatie, bedoeld om het publieke debat over de veiligheid van CCS te informeren. Er werd bijvoor-

beeld geprobeerd om een onderscheid te maken tussen feiten en meningen. Daarnaast werd (iv) wetenschappelijk onderzoek gedaan naar de resterende onzekerheden en kennislacunes m.b.t. de veiligheid van CO₂-transport en ondergrondse opslag. Sommigen, waaronder leden van de internationale CCS gemeenschap zelf, twijfelden echter aan de onafhankelijkheid en het zelfkritische vermogen van gecertificeerde CCS deskundigen. Daarom zochten CATO-leden naar manieren om (v) de culturele ruimte voor expert-debat te verbreden, zodat ook kritische geluiden en minderheids-standpunten zouden worden gehoord.

Critici van het Barendrecht project werden bijvoorbeeld uitgenodigd om deel te nemen aan een zogenaamde 'Fact Finding Workshop'. Ook dit hybride forum resulteerde in nieuwe veiligheidskennis, maar leidde niet tot consensus. Gecertificeerde deskundigen lichtten toe hoe zij de wettelijk voorgeschreven risicobenadering hadden gehanteerd. Maar critici trokken de waarde van deze benadering in twijfel: zij wezen op resterende onzekerheden en op een potentiële mismatch tussen model-berekeningen en lokale omstandigheden. En zo sudderde de risico-discussie voort. In 2010 besloot de nieuw-gekozen Minister van Economische Zaken tenslotte om het project te stoppen, vanwege de opgelopen vertraging en het gebrek aan lokaal draagvlak.

Het perspectief op frames en overflows maakt duidelijk dat de besluitvorming rond het Barendrecht project niet puur technocratisch verliep. Mijn analyse laat de subtiele, reflexieve manieren zien waarop partijen hebben geprobeerd om het nauwe frame van de MER te verbreden en de overflows te beperken. Er werd niet alleen méér veiligheidsonderzoek gedaan, maar ook anderssoortig veiligheidsonderzoek. Toch bleek het moeilijk om tot een afwegingskader te komen dat de goedkeuring had van alle betrokken partijen. Waarom was het zo moeilijk om de veiligheidsdiscussie te beslechten? Veel critici twijfelden aan het nut van NAM/Shell's project of noodzaak van CCS in het algemeen. Maar het was lastig om deze overflow in het beslis-kader van dit concrete project te betrekken. Binnen de Nederlandse socio-technische verbeelding was de 'noodzakelijkheid' van CCS immers een thema dat op nationaal niveau besproken dient te worden door vertegenwoordigers van de industrie, milieubeweging en kennisinstellingen (zie hoofdstuk 2). Dit maakte dat de discussie rond het Barendrecht project zich tot een veiligheids-discussie vernauwde én dat het moeilijk was om tot en gezaghebbend oordeel over veiligheid te komen. Critici wezen effectief op onzekerheden in de risico-berekeningen om overflows rond het geïnstitutionaliseerde veiligheids-frame te creëren en zo de besluitvorming te vertragen.

Naast effectief klimaatbeleid en doortastende besluitvorming rond concrete projecten vraagt de invoering van CCS ook om passende regelgeving. In hoofdstuk 4 hanteer ik een perspectief op *grenswerk* om de dynamiek van het regulatieve proces te duiden. Bij het legitimeren van nieuwe regelgeving spelen technisch-wetenschappelijke argumenten doorgaans een belangrijke rol. Denk bijvoorbeeld aan strengere milieu-eisen voor de uitstoot van

een bepaalde vervuilende stof: deze kunnen gelegitimeerd worden door te wijzen op nieuwe wetenschappelijke inzichten over de schadelijke gevolgen van de stof of door te wijzen op de beschikbaarheid van een nieuwe emissie-reductietechniek. Als deze techniek voldoende doorontwikkeld is en behoort tot de 'stand der techniek', is het legitiem om van commerciële partijen te eisen dat zij deze standaard toepassen in hun producten. Echter, in de regulatieve praktijk is het onderscheid tussen wetenschappelijke en politieke overwegingen vaak omstreden. Daarom beschouwt de academische literatuur rond grenswerk dit onderscheid als sociaal geconstrueerd. Anders gezegd: er zijn geen absolute, vaststaande criteria om te bepalen of een argument wetenschappelijk of politiek van aard is. Men kan 'wetenschap' beter begrijpen als een cultureel gebied op een metaforische kaart. Grenswerk verwijst dan naar de verschillende manieren waarop partijen een onderscheid weten aan te brengen tussen het technisch-wetenschappelijke domein en andere culturele domeinen (zoals 'pseudo-wetenschap' of 'politiek'). Het perspectief op grenswerk levert zo een belangrijk inzicht op: het invoeren van gezaghebbende CCS regelgeving vraagt om het balanceren tussen technisch-wetenschappelijke en sociaal-politieke overwegingen, en tegelijk om het construeren van een metaforische grens tussen beide domeinen.

In hoofdstuk 4 onderzoek ik de invoering van een belangrijke regulatieve standaard; deze standaard moet garanderen dat de CO₂-uitstoot van nieuwe kolencentrales significant lager zal zijn dan die van bestaande kolencentrales (namelijk doordat CCS wordt toegepast). Ik richt mij hierbij op de Amerikaanse context. De Verenigde Staten, en specifiek de staat Illinois, wil al jaren een koploper zijn op het gebied van 'clean coal technologies'. Er is veel onderzoek gedaan naar CCS. Er zijn verschillende demonstratieprojecten uitgevoerd. Illinois was de eerste Amerikaanse staat die wettelijk vastlegde dat een deel van haar stroom afkomstig moet zijn van 'schone' kolencentrales. Het lijkt in deze context dus evident dat het technisch haalbaar is om CO₂ van een werkende kolencentrale af te vangen en op te slaan. En toch werd de technische haalbaarheid van CCS een groot discussiepunt. In dit hoofdstuk laat ik zien hoe de Amerikaanse milieudienst EPA middels grenswerk op verschillende niveaus (federaal en statelijk) trachtte om een strenge CO₂-standaard voor nieuwe kolencentrales in te voeren. Ik interpreteer grenswerk daarbij als een discursieve en organisatorische praktijk, waarbij EPA een technisch-wetenschappelijke legitimatie voor haar regelgeving trachtte af te bakenen.

EPA is pas sinds 2009 gemachtigd om de Amerikaanse CO₂-uitstoot te beperken. Een eerste stap daarbij is het invoeren van een zogenaamde 'performance standard' voor nieuwe kolencentrales (in CO₂/MWh). De Clean Air Act stelt dat deze standaard gebaseerd moet zijn op emissie-reductietechnieken die 'voldoende bewezen' zijn. Is CCS voldoende bewezen? En wat betekent het eigenlijk om de werking en haalbaarheid van CCS te bewijzen? Deze vragen lopen als een rode draad door het regulatieve debat. En het debat liep hoog op.

EPA ontving letterlijk miljoenen reacties op haar voorstellen. Critici verweten de milieudienst dat zij onder de Obama-regering een oorlog voerde tegen de Amerikaanse kolenindustrie en bewust onhaalbare milieueisen stelde. In deze adversieve politieke cultuur moest EPA laten zien dat haar CO₂-standaard op zuiver technisch-wetenschappelijke gronden was gebaseerd en niet op een politieke agenda.

EPA opereerde autocratisch noch technocratisch. De milieudienst betrok vertegenwoordigers van de kolenindustrie, de milieubeweging en het Amerikaanse publiek actief in het regulatieve proces. Partijen bleken sterk van mening te verschillen over de status en resterende onzekerheden van full-scale CCS. Om dit verschil van inzicht te nivelleren (en de onzekerheden te 'normaliseren') gebruikte EPA verschillende retorische middelen. De milieudienst verwees bijvoorbeeld naar het emissieprofiel van gasgestookte elektriciteitscentrales als een 'golden standard'. Om deze standaard te halen hoefden nieuwe kolencentrales slechts een gedeelte van hun CO₂ af te vangen en op te slaan. Hiermee suggereerde EPA ook dat CCS slechts gedeeltelijk bewezen hoefde te zijn. Verder verwees de milieudienst naar economische studies als bewijs dat (a) de resterende onzekerheden in de toekomst weggenomen zouden worden door nieuwe demonstratieprojecten en dat (b) marktschommelingen in de energiesector een grotere onzekerheid met zich meebrachten voor de bouw van nieuwe kolencentrales dan de gevraagde toepassing van CCS. Desondanks kreeg de voorgestelde standaard veel kritiek. EPA paste hierop zowel de standaard als de onderbouwing aan. De nieuw voorgestelde standaard vroeg bijvoorbeeld alleen om CO₂-afvang; dit suggereerde dat ook alleen CO₂-afvang technieken bewezen hoefden te zijn en plaatste onzekerheden rond CO₂-opslag buiten de discussie. Om een gezaghebbende CO₂-standaard in te voeren liet EPA dus zien dat CCS voldeed aan het criterium van 'voldoende bewezen' en gaf zij tegelijk retorisch vorm aan dit criterium in het regulatieve proces.

Het grenswerk van EPA kende ook een organisatorische dimensie, zoals mijn analyse van de vergunningsverlening rond een nieuwe elektriciteitscentrale in Illinois duidelijk maakt (2009-2015). De initiatiefnemers van deze 'schone' kolencentrale ontvingen aanzienlijke financiële steun om CCS op commerciële schaal te demonstren. Om deze staatssteun te verkrijgen verwezen zij naar geologische rapporten en naar bestaande demonstratieprojecten elders in Illinois. Dit gold als bewijs dat CCS ook voor de nieuwe kolencentrale zeer kansrijk en beloftevol was. Maar ironisch genoeg wezen de initiatiefnemers tijdens de vergunningsverlening juist op de onzekerheden van CCS. Demonstratieprojecten elders in Illinois waren weliswaar succesvol, maar vormden onvoldoende bewijs dat CO₂-opslag ook voor deze centrale haalbaar was. En men kon alleen theoretische rapporten gebruiken om de haalbaarheid van CO₂-opslag te bewijzen, terwijl er volgens de initiatiefnemers 'praktisch bewijs' nodig was. Vergunningverlener Illinois-EPA ging mee in deze redentatie. Zij

kwalificeerde CO₂-opslag als ‘niet technisch haalbaar’ en stelde geen CCS-verplichting in, tot woede van de milieubeweging in Illinois.

Ik betoog dat hier sprake is van *demonstrator's regress*. Dit is de circulariteit die optreedt wanneer er nog geen sociaal geaccepteerd criterium is om te bepalen wanneer een technologie voldoende bewezen is: men kan dan altijd de representativiteit van gedane demonstratieprojecten in twijfel trekken en vragen om nieuwe demonstraties, uitgevoerd onder net andere omstandigheden. Om deze circulariteit te doorbreken is sociale interventie nodig. Dat is precies wat EPA deed. Het zette Illinois-EPA onder druk om haar vergunning te herzien. EPA leverde daarbij geen nieuwe bewijzen voor de haalbaarheid van CCS, maar spoorde Illinois-EPA aan om het beschikbare bewijs anders te interpreteren en de resterende onzekerheden rond CO₂-opslag als normaal te beoordelen. De vergunning werd hierop ingetrokken en het demonstratieproject afgeblazen.

Mijn analyse toont zo het discursieve en organisatorische grenswerk waarmee EPA een technisch-wetenschappelijke basis voor haar CO₂-standaard trachtte te geven. Maar de milieudienst opereerde allerm minst in een vacuum. Haar bewegingsruimte werd sterk beïnvloed door politieke en juridische ontwikkelingen. Critici probeerden bijvoorbeeld de rol van industrie-experts in EPA's interne kwaliteitsprocedures te vergroten: deze zouden de technisch-wetenschappelijke kennis rond CCS anders beoordelen dan de geraadpleegde universiteitsdeskundigen hadden gedaan. Ook wezen critici op bestaande, maar vergeten wetgeving uit het George W. Bush tijdperk: die stelde dat gesubsidieerde demonstratieprojecten niet als bewijs mochten dienen voor de haalbaarheid van CCS en dus niet gebruikt konden worden om een strenge CO₂-standaard te legitimeren. Tot slot interpreteerden critici het afblazen van grootschalige demonstratieprojecten, zoals die in Illinois, als bewijs dat CCS nog niet voldoende bewezen kón zijn. Zo werd het steeds lastiger voor EPA om vol te houden dat haar regelgeving op onomstreden technisch-wetenschappelijke grond was gebaseerd. Uiteindelijk koos de milieudienst dan ook voor een minder strenge standaard. Het is nog onduidelijk of deze stand zal houden na juridische oppositie en welk effect zij zal hebben op de invoering van CCS in de Verenigde Staten.

In hoofdstuk 5 kom ik tenslotte terug op de hoofdvraag. Mijn centrale claim is dat de drie perspectieven (imaginaris, frames/overflows en grenswerk) samen begrijpelijk maken hoe sturing wordt gegeven aan de invoering van CCS en waarom dit zo moeizaam verloopt, zelfs in contexten waar het evident leek dat ondergrondse CO₂-opslag noodzakelijk, veilig en technisch haalbaar is. In samenhang bezien bieden de drie perspectieven het meeste inzicht. CCS projecten ontstaan tegen de achtergrond van een specifieke socio-technische verbeelding. Deze verbeelding heeft invloed op de framing van het besluitvormingsproces. Zo komen Amerikaanse demonstratieprojecten, anders dan in Nederland, bijvoorbeeld voort uit de nationale verbeelding van ‘energie-onafhankelijkheid’. In deze verbeelding zijn

individuele partijen (Amerikaanse bedrijven of consumenten) de legitieme begunstigen van technologische ontwikkeling. In deze context vindt besluitvorming rond individuele CCS projecten typisch plaats vanuit een economisch frame, waarbinnen voorspellingen over de effecten op de lokale werkgelegenheid en de energieprijzen belangrijk zijn om CCS projecten te legitimeren. Naast de nationale energieverbeelding en een frame voor besluitvorming speelt ook grenswerk een belangrijke rol bij de invoering van CCS: de risicobenadering die experts toepasten tijdens het Barendrecht-project was bijvoorbeeld het resultaat van eerder grenswerk door CCS deskundigen, bedoeld om politieke besluitvorming onder condities van wetenschappelijke onzekerheid te faciliteren.

Dit proefschrift resulteert in een conceptueel kader om te begrijpen hoe sturing wordt gegeven aan de invoering van CCS en waarom dit zo moeizaam verloopt. In democratische culturen speelt technisch-wetenschappelijke kennis een belangrijke rol bij het legitimeren van CCS. Maar deze kennis blijkt soms omstreden of machteloos tegenover de dominante marktlogica. Verschillende respondenten in mijn onderzoek suggereerden dan ook dat het mogelijk zou moeten zijn om de argumenten van klimaatsceptici, gefragmenteerde publieken of de gevestigde fossiele energiesector simpelweg terzijde te schuiven, zodat kosteneffectieve maar impopulaire klimaatmaatregelen zoals CCS kunnen worden geïmplementeerd. Dit lijkt mij een haalbare noch aantrekkelijke optie. Wel laat mijn proefschrift zien dat verdere reflectie op, en experimenteren met, alternatieve manieren om verandering van de fossiele energiesector te bewerkstelligen nodig is, gegeven de urgentie van het klimaatprobleem.