Tussentijdse evaluatie SDE++

2020-2022

Eindrapport

Trinomics

Contract details

Evaluatie SDE++ 2020-2022.
Referentie: 202303052
Ministerie van Economische Zaken en Klimaat

Aangeboden door

Trinomics B.V.
Mauritsweg 44
3012 JV Rotterdam
Nederland

Auteurs

Wietze Lise
Long Lam
Joris Moerenhout
Victor de Haas
Henjo Jagtenberg
Nora Cheikh
Jules Schers

Contactpersoon

Wietze Lise
T: +31 (0) 6 3302 6344
E: wietze.lise@trinomics.eu

Datum

Rotterdam, 21 december 2023

Disclaimer

Deze tussentijds evaluatie richt zich op drie SDE++-rondes van 2020-2022. Het aantal jaren met data is dus zeer beperkt. Bovendien betreft het de eerste jaren van de SDE++; zeer weinig projecten bevinden zich al in de productiefase. Tot slot waren het bijzondere jaren met corona en de energiecrisis. Dit heeft invloed op de robuustheid en representativiteit van de resultaten. Deze beperkende omstandigheden dienen in ogenschouw te worden genomen bij de interpretatie van de resultaten.

INHOUDSOPGAVE

Managementsamenvatting 1
1 Inleiding 8
1.1 Aanleiding & doel van dit onderzoek 8
1.2 Doel & ontwerp van de SDE++ 8
1.3 Onderzoeksmethoden & opbouw van dit rapport 10
2 Evaluatie doeltreffendheid 11
2.1 Impact van uitval 12
2.2 Verwachte CO_2-reductie 29
2.3 Additionaliteit 31
3 Evaluatie doelmatigheid 38
3.1 Systematiek ter bevordering van doelmatigheid 39
3.2 Kosten voor gerealiseerde CO_2-reductie 53
3.3 Aansluiting met subsidiebehoefte 54
4 Evaluatie consistentie 57
4.1 Interne consistentie - concurrentie tussen technieken 57
4.2 Externe consistentie 68
4.3 Deelconclusies voor consistentie per deelonderwerp 80
5 Conclusies 82
5.1 Conclusies over doeltreffendheid 82
5.2 Conclusies over doelmatigheid 84
5.3 Conclusies over consistentie 87
5.4 Overkoepelende observaties 89
Appendix A: methode & technieken 91
A.1 Enquête 91
A.2 Simulatie rentabiliteit zonder SDE++ 104
A.3 Beoordeling econometrische methodologieën SDE++-evaluatie (Engelstalig) 106
A.4 Lijst met gesprekspartners 117

Managementsamenvatting

Het primaire doel van deze *tussentijdse* evaluatie was het toetsen van de doeltreffendheid en doelmatigheid van de SDE++. Daarnaast hebben we de consistentie getoetst: de mate waarin elementen binnen de SDE++ elkaar aanvullen of tegenwerken en de aansluiting van de SDE++ bij beleidsdoelen. Deze evaluatie is een vereiste voor het goedkeuren van staatssteun vanuit Europa.

We hebben ons op drie SDE++-rondes gericht tussen 2020 en 2022. De korte duur en de gebeurtenissen in deze periode beperken de representativiteit van de conclusies. Omdat er slechts data beschikbaar is van drie SDE++-rondes, was het identificeren van trends lastig. Bovendien waren het bijzondere jaren, met corona, verstoorde bevoorradingsketens, sterk schommelende prijzen en een energiecrisis. Tot slot is het merendeel van de projecten (95% van het budget) nog niet gerealiseerd.

Doeltreffendheid van de SDE++

Bij de evaluatie van de doeltreffendheid van de SDE++ hebben we beoordeeld in hoeverre de regeling zo veel mogelijk CO_2-reductie heeft gestimuleerd. We hebben de doeltreffendheid in drie fases beoordeeld: de beschikkingsfase, realisatiefase en productiefase. In deze fases kan uitval van aanvragen of projecten plaatsvinden. Dit is negatief voor de doeltreffendheid van de regeling.

De SDE++ is in grote mate doeltreffend in de beschikkingsfase, maar in 2021 en 2022 is deze verminderd. Tussen 2020 en 2022 is 88% van de aanvragen beschikt. Deze vertegenwoordigen samen 59% van het aangevraagde budget. In 2020 overschreed het totaal aangevraagde budget het budgetplafond met een factor twee. In 2021 groeide het totaal aangevraagde budget naar €12 miljard en in 2022 naar €15 miljard. Ook in deze jaren was het aangevraagde budget hoger dan het budgetplafond (van €5 miljard en €13 miljard respectievelijk). Een deel van de aanvragen werd echter op inhoudelijke gronden of onvolledigheid afgewezen, of door de aanvrager zelf voor beschikking ingetrokken. Dit heeft ertoe geleid dat er budget over was in 2021 en 2022. Dit beschikbare budget heeft niet kunnen bijdragen aan CO_2-reductie.

Tot aan de peildatum (14 augustus 2023) zijn er slechts een beperkt aantal projecten (2% van het beschikte budget) gerealiseerd, waardoor het zeer beperkt mogelijk is om conclusies te trekken over uitval in de realisatiefase. In totaal zijn 1.251 projecten gerealiseerd, gelijk aan 14% van de beschikte aanvragen. Dit zijn vrijwel uitsluitend zon-PV-projecten. Tegelijkertijd zijn in totaal 25% van de beschikte aanvragen ingetrokken, gelijk aan €756 miljoen (8% van het beschikte budget van 2020-2022). Als deze uitgevallen aanvragen niet waren beschikt, zou de helft van het aangevraagd budget van projecten die in 2020 door budgetuitputting waren afgewezen beschikt kunnen worden. De doeltreffendheid zou dan beter zijn geweest, maar in hoeverre is moeilijk te zeggen.

Omdat het overgrote deel van de projecten nog gerealiseerd moet worden, hebben projecten met SDE++-subsidiebeschikking in 2022 slechts een emissiereductie van 23 kt CO_2 gerealiseerd. Dit is gelijk aan 0,015% van de totale Nederlandse BKG-uitstoot in 2022 (excl. landgebruik). Deze reductie is vrijwel geheel afkomstig van zon-PV projecten (en enkele CO_2-arme warmteprojecten). Veel projecten zijn pas een jaar productief; een verminderde productie in de opstartfase is normaal. Er kunnen dus geen conclusies worden getrokken over de impact van onderproductie op de doeltreffendheid.

De jaarlijkse CO_2-reductie door projecten die worden ondersteund door de SDE++-rondes 2020-2022 zal in de komende jaren significant toenemen tot maximaal 9,5 Mt CO_2 per jaar vanaf 2029. Dit ondervangt zo'n 23% van de reductieopgave tussen 2022 en 2030 om het 49% reductiedoel uit het Klimaatakkoord te halen. Naar schatting zal 61% van de emissiereductie voortkomen uit CO_2-arme productie (waarvan 90% CCS), gevolgd door zon-PV (14%) en CO_2-arme warmte (11%). In de praktijk zal de reductie waarschijnlijk lager uitvallen door non-realisatie en onderproductie. Tegelijkertijd zullen de toekomstige openstellingsrondes van de SDE++ ook bijdragen aan de CO_2-reductieopgave.

De meerderheid van SDE++-projecten is additioneel, maar een toenemend aandeel van de zon-PV- en wind-op-land-projecten is rendabel zonder SDE++. In de rondes van 2020-2022 zou minstens 79% van de projecten uit de steekproef onvoldoende rendabel zijn geweest om onder marktcondities gefinancierd te worden. Alleen een deel van de zon-PV- en wind-op-land-projecten was mogelijk al rendabel zonder de SDE++. Zonder SDE++ zouden deze projecten echter een hoger risicoprofiel hebben gehad, waardoor een deel van de projecten zonder SDE++ toch niet onder marktcondities financierbaar zou zijn geweest. Het exacte effect van het niet verstrekken van de SDE++ op de financierbaarheid is lastig te kwantificeren; marktomstandigheden veranderden tussen 2020 en 2022 continu.

Doelmatigheid van de SDE++

Bij de evaluatie van de doelmatigheid hebben we beoordeeld of de bereikte CO_2-reductie tegen zo laag mogelijke subsidiekosten is gerealiseerd. De hoofdvraag hierbij was hoeveel CO_2-reductie er per euro subsidie werd gerealiseerd, oftewel de subsidie-intensiteit in €/tCO_2. Er zijn verschillende mechanismen die samen bij kunnen dragen aan de doelmatigheid van de SDE++: de gefaseerde openstelling, de hoogte van de basisbedragen, concurrentie tussen technieken, het budgetplafond (met mogelijke budgetuitputting), en de mogelijkheid om onder het basisbedrag/fasebedrag in te dienen.

Ongeacht of het plafond daadwerkelijk wordt bereikt, hebben budgetplafonds per SDE++-ronde bijgedragen aan de doelmatigheid, vanwege de dreiging van budgetuitputting. In 2020 was er sprake van een budgetovertekening van 27%. Hierdoor zijn een projecten met duurdere technieken afgevallen. Deze duurdere technieken zijn wel nodig voor een kosteneffectieve energietransitie. In 2021 en 2022 was er sprake van onderbesteding, waardoor ook duurdere projecten beschikt zijn. Of het budget is uitgeput, wordt echter pas na het voltooien van een SDE++-ronde duidelijk. De dreiging die uitgaat van een beperkt budget is op voorhand een prikkel om de doelmatigheid te bevorderen.

De mogelijkheid om onder het basisbedrag/fasebedrag in te dienen leidt tot kostenbesparing, maar de prikkel om voor een zo laag mogelijk bedrag in te dienen is mogelijk verminderd in 2022 door ruimere budgetten. Voor alle technieken zijn projecten ingediend onder het basisbedrag en/of fasebedrag. De mogelijkheid tot bieden onder het basisbedrag heeft tot een besparing van ongeveer €1,3 miljard geleid tussen 2020 en 2022. Dit is een besparing van circa 5% van het openstellingsbudget voor 2020-2022. De afname in de mate van onderbieden richting 2022 wordt mogelijk door (1) het feit dat een deel van het budget in 2021 niet was beschikt en (2) de stijging van het openstellingbudget in 2022. Hierdoor zagen marktpartijen mogelijk een laag risico op budgetuitputting.

De daling in de mate van onderbieden in 2022 kan ook deels worden verklaard door de gestegen investeringskosten en veranderde marktomstandigheden. Voor biomassa en CCS/CCU stegen de basisbedragen sterk van 2020 naar 2021 en nog verder in 2022. In 2022 zijn ook meer aanvragen en beschikkingen bij deze technieken geobserveerd. De stijging van de basisbedragen voor biomassa en

CCS/CCU lijkt dus te hebben geresulteerd in toename van (goedgekeurde) aanvragen. Voor andere technieken zijn de basisbedragen tussen 2020 en 2022 vrij stabiel gebleven. De daadwerkelijke investeringskosten stegen echter (tijdelijk) in dezelfde periode. Hogere investeringskosten kunnen ook een verklaring zijn voor de afname in de mate van onderbieden.

Een aanpassing van de rangschikkingsmethode naar rangschikking op subsidie-intensiteit zou de doelmatigheid van de SDE++ verder kunnen verbeteren. Aanvragers worden in de huidige systematiek niet alleen gestimuleerd om hun aanvraag tegen een zo laag mogelijk subsidiebedrag in te dienen, maar ook zo snel mogelijk. Alleen als er sprake is van budgetuitputting op de dag van indiening, zoals gebeurde in SDE++-ronde 2020, worden de aanvragen gerangschikt op basis van subsidie-intensiteit. Wanneer een rangschikking op basis van subsidie-intensiteit zou zijn toegepast zou de gemiddelde subsidie-intensiteit in 2020 zo'n 14% lager zijn geweest. In de rondes van 2021 en 2022 vond er geen budgetuitputting plaats en was er dus geen rangschikking nodig.

De verschillende mechanismen in de SDE++ dragen effectief bij aan de aansluiting van de SDE++ bij de subsidiebehoefte, maar er blijft ruimte bestaan om meer winsten te maken dan noodzakelijk. Dit is deels inherent aan een generieke regeling als de SDE++. De interactie tussen verschillende componenten van de SDE++ dragen aanzienlijk bij aan de aansluiting van de SDE++ bij de subsidiebehoefte. De mogelijkheid om meer winst te kunnen maken dan noodzakelijk voor een positieve investeringsbeslissing is deels inherent aan een generieke regeling waarbij een groot deel van het potentieel ontsloten moet worden. Met meer categorieën kan dit mogelijk worden gedempt. Er zijn echter al veel categorieën (>150); verdere uitbreiding kan de uitvoerbaarheid van de SDE++ beperken.

Consistentie van de SDE++

Het meest relevante beleid in het kader van de consistentie van de SDE++ is het Klimaatakkoord. Dit was immers het meest relevante instrument voor Nederlands klimaatbeleid in 2020-2022. Drie doelen uit het Klimaatakkoord zijn relevant voor de SDE++: bijdragen aan (1) het reductiedoel voor 2030, (2) het reductiedoel voor 2050 en (3) techniekontwikkeling in verschillende sectoren. Verder hebben we ook geëvalueerd in hoeverre elementen in de SDE++ elkaar versterken (of juist niet) en in hoeverre de SDE++ aansluit bij ander relevant beleid. Volledige consistentie is geen doel op zich.

De SDE++ richt zich vrijwel volledig op 2030 reductiedoelstellingen. Dit vermindert de bijdrage van de SDE++ aan de bredere doelen van het Klimaatakkoord en daarmee de consistentie met 2050. De SDE++ is zo ingericht dat het gros van de budgetten in eerste instantie vloeit naar technieken met de laagste onrendabele top.[1] Hierdoor maken technieken met een hogere onrendabele top minder kans op subsidie. Voor het behalen van de lange termijn doelstellingen en de sectordoelstellingen is spreiding van SDE++-budgetten over technieken gewenst. Bij krappe budgetten vallen projecten met een hogere onrendabele top als eerste af. In welke mate projecten en technieken passen bij het transitiepad richting 2050 wordt van 2020 tot en met 2022 dus niet expliciet meegenomen in de SDE++.

De SDE++-berekeningen zijn erg gedetailleerd. Toch hebben methodologische keuzes enerzijds en onzekere voorspellingen anderzijds invloed op de mate waarin technieken worden ondersteund. De berekeningen van de basisbedragen worden ieder jaar gedetailleerder met herziene waardes, nieuwe correcties en nieuwe categorieën. Het verder optimaliseren van de berekeningen laat onverlet dat

[1] De techniek-specifieke plafonds zijn hierop een uitzonder. Echter, deze zijn tussen 2020 en 2022 niet bereikt.

methodologische keuzes en onzekere ramingen een grote impact hebben op de mate waarin technieken worden ondersteund via de SDE++. Belangrijke methodologische keuzes betreffen de emissiefactoren, de methode voor het meenemen van profieleffecten, de lengte van de CO_2-reductie in aantal jaren en de scope van emissies. De belangrijkste onzekerheid is de ontwikkeling van de elektriciteitsmix.

De matige aansluiting bij het Klimaatakkoord en de invloed van onzekerheid en aannames zijn argumenten om techniekkeuzes meer expliciet te maken, in plaats van te verwerken in de methodiek. Met het Klimaatakkoord is het Nederlandse klimaatbeleid verbreed, waardoor keuzes gemaakt moeten worden tegen een onzeker toekomstbeeld. Door de keuze om alle technieken met elkaar te laten concurreren binnen de SDE++ worden de techniekkeuzes en onzekerheid onderdeel van de SDE++. Dit heeft invloed op de verdeling van budgetten tussen technieken. Om de consistentie van de SDE++ met het Klimaatakkoord te verbeteren kan overwogen worden om de concurrentie tussen verschillende technieken te verminderen. Dit gebeurt al deels in de 2023-ronde door de invoering van hekjes. Bij het vaststellen van de hoogte van hekjes kan rekening worden gehouden met verschillende elementen, zoals de mate waarin technieken bijdragen aan de lange termijn doelstellingen van Nederland, de CO_2-emissies en marktontwikkelingen. We hebben dit niet verder onderzocht. Minder concurrentie tussen technieken vermindert waarschijnlijk de doelmatigheid op korte termijn.

In combinatie met ander klimaatbeleid kan de SDE++ tot verdelingseffecten onder bedrijven leiden. Bedrijven die toegang hebben tot relatief goedkoop reductiepotentieel maken meer kans op ondersteuning via de SDE++. Bedrijven met goedkoop reductiepotentieel worden geprikkeld via bijvoorbeeld het ETS en de CO_2-heffing (stok) en ondersteund via bijvoorbeeld de SDE++ (wortel) om te verduurzamen. Bedrijven met een slechter handelingsperspectief worden evengoed geprikkeld, maar maken minder kans op SDE++-ondersteuning. Deze ontwerpkeuze draagt bij aan de doelmatigheid van het Nederlandse klimaatbeleid op de korte termijn, maar gaat gepaard met verdelingseffecten. Dit dient niet direct in de SDE++ te worden opgelost, maar is wel relevant vanuit consistentieperspectief.

Overkoepelende observaties en aanbevelingen

De ontwerpkeuzes binnen de SDE++ gaan gepaard met verschillende vormen van uitruilen. Denk hierbij aan het spanningsveld tussen doelmatigheid, doeltreffendheid en consistentie. In de ideale SDE++ zijn deze elementen met elkaar in balans, maar er bestaat altijd een zekere mate van uitruil.

Het centrale doel van de SDE++ is kosteneffectieve CO_2-reductie. Hierdoor zijn doeltreffendheid en doelmatigheid onlosmakelijk met elkaar verweven. Strakke basis- en fasebedragen dragen bij aan de doelmatigheid van de regeling. Het verlaagt de kans dat een project hogere rendementen maakt dan strikt noodzakelijk voor een positieve investeringsbeslissing. Tegelijkertijd kunnen te strakke basis- en fasebedragen tot non-realisatie of onderproductie leiden. Dit is negatief voor de doeltreffendheid. Te strakke basisbedragen kunnen er ook toe leiden dat minder projecten een SDE++-aanvraag indienen, hetgeen de doeltreffendheid negatief kan beïnvloeden als dit leidt tot onderbesteding.

Bij de budgethoogte speelt een uitruil tussen doelmatigheid enerzijds en CO_2-reductie en consistentie anderzijds. Kosteneffectiviteit is onderdeel van de doelstelling van de SDE++. Een hoger budget vermindert de kosteneffectiviteit. Een te ruim budget leidt namelijk tot een lagere prikkel om zo min mogelijk subsidie aan te vragen, met een verminderde doelmatigheid als gevolg. De kans op budgetoverschrijding is immers kleiner. Daarnaast is een knellend budget een vereiste vanuit staatssteunregels. Tegelijkertijd zorgt een hoger budget wel tot meer CO_2-reductie via projecten

ondersteund door de SDE++, omdat er meer projecten worden ondersteund. Ook vergroot het de kans op beschikking voor technieken met een hogere onrendabele top. Dit verbetert de consistentie en doelmatigheid op lange termijn. Verschillende technieken die op dit moment nog een hoge onrendabele top hebben zijn namelijk wel nodig om de 2050-doelstellingen te halen.

Op basis van de evaluatie doen we aan aantal aanbevelingen:

1. **Uitbreiding van de informatievoorziening voor specifieke technieken:** RVO houdt momenteel informatiesessies. Deze worden door marktpartijen als positief ervaren. Uitbreiding van de informatiesessies kan helpen bij het voorkomen van uitval in de beschikkingsfase, met name in categorieën waar grote veranderingen zijn opgetreden of in nieuwe categorieën. Ook kan het leiden tot meer aanvragen. Enkele redenen die geïnterviewden opgaven om niet in te dienen waren namelijk onduidelijkheden rondom aanvraagvereisten en een gebrek aan kennis.
2. **Het verplichten van een uitvoeringsovereenkomst en bankgarantie bij meer projecten:** voor veel projecten (55% van het beschikte budget 2020-2022) gelden geen boeteclausules bij uitval in de realisatiefase. Los van de gemaakte kosten voor de SDE++-aanvraag is er voor deze projecten dus geen financiële prikkel tegen non-realisatie. Het uitbreiden van boeteclausules via de verplichte uitvoeringsovereenkomst en bankgarantie kan non-realisatie verminderen (goed voor de doeltreffendheid). Een boeteclausule kan leiden tot minder aanvragen (slecht voor de doeltreffendheid). Omdat de meeste projecten nog in de realisatiefase zitten is het nog te vroeg om te bepalen bij welke technieken of vanaf welke projectomvang een boeteclausule proportioneel is t.o.v. de mate waarin non-realisatie voorkomen kan worden.
3. **Het onderzoeken of het wenselijk en uitvoerbaar is om de SDE++-bijdrage te indexeren bij kostenstijgingen die het regulier ondernemersrisico overstijgen:** kostenstijgingen worden momenteel enkel meegenomen in de basisbedragen, dus de maximale bedragen waarvoor SDE++-subsidie aangevraagd kan worden. Na beschikking staat het aanvraagbedrag voor de gehele subsidieperiode vast, en daarmee ook de maximale SDE++-bijdrage. Onverwachte kostenstijgingen kunnen er vervolgens toe leiden dat projecten tegen het beschikte aanvraagbedrag toch niet rendabel zijn. Volgens stakeholders was dit een belangrijke factor om beschikte projecten toch niet te realiseren. Het indexeren van de subsidie zou deze non-realisatie hebben kunnen beperken. Het is echter niet evident dat de SDE++ deze risico's zou moeten dekken. Projectontwikkelaars kunnen dit risico opvangen door een hoger in te dienen tegen een hoger aanvraagbedrag. Ook kunnen stijgingen in investeringskosten worden beperkt door de benodigde materialen kort na de beschikking vast te leggen. Voor operationele kosten is dit moeilijker of niet mogelijk. Met name onverwachte stijgingen in nettarieven werden door stakeholders veelvuldig benoemd en bij elektrificatie ook de hogere elektriciteitsprijzen in het algemeen. Een mogelijke tussenweg is om de SDE++-bijdrage enkel aan te passen bij een prijsstijging die een regulier ondernemersrisico overstijgt. Dit vergt wel nader onderzoek naar de praktische uitvoerbaarheid. Een objectieve wijze voor het vaststellen van kostenstijgingen en het acceptabele niveau van ondernemersrisico dient hier voor te worden bepaald. Ook moet worden onderzocht of er mogelijk sprake kan zijn van concurrentievervalsing bij projecten die al beschikt zijn aangezien doordat hun subsidievoorwaarden achteraf worden aangepast. Tot slot is het nog te vroeg om te bepalen of het indexeren van de SDE++-bijdrage non-realisatie daadwerkelijk zal verminderen; de meeste projecten zitten nog in de realisatiefase.
4. **Het overwegen van een aanpassing van de rangschikkingsmethode naar een volledige rangschikking op subsidie-intensiteit:** in de huidige systematiek worden de aanvragers in

eerste instantie gestimuleerd om hun aanvraag zo snel mogelijk in te dienen. Met behulp van de fasegrenzen wordt indienen tegen een laag aanvraagbedrag gestimuleerd. Het kan worden overwogen om alle aanvragen per SDE++-ronde volledig op subsidie-intensiteit te beoordelen. Als een rangschikking op basis van subsidie-intensiteit zou zijn toegepast zou de gemiddelde subsidie-intensiteit in 2020 zo'n 14% lager zijn geweest. Wel zitten er praktische nadelen verbonden aan een volledige rangschikking op subsidie-intensiteit. In de huidige systematiek kunnen aanvragers tijdens de openstelling worden gewezen op fouten ter verbetering. Bij een tender die volledig o.b.v. subsidie-intensiteit wordt gehouden is dit niet toegestaan, omdat tijdens de openstelling niet met de aanvragers gecommuniceerd mag worden. Dit kan tot meer afgewezen aanvragen leiden, met een verminderde doeltreffendheid als gevolg. Ten slotte kan de fasesystematiek in theorie tot dezelfde uitkomst leiden als een volledige rangschikking naar subsidie-intensiteit. Hier is alleen sprake van als alle aanvragen op de eerst dag van een fase indienen waarbij de aangevraagde subsidie-intensiteit onder de fasegrens ligt. Dit was in 2020 niet het geval; van alle ingediende aanvragen in de fase van budgetoverschrijding was een kwart niet op de eerste mogelijke dag van hun subsidieaanvraag ingediend.

5. **Het meenemen van twee correcties voor voordelen uit het EU-ETS in de SDE++-bijdrage waar momenteel geen rekening mee wordt gehouden:** de twee aanpassingen die we aanbevelen zijn 1) het meenemen van de daling van gratis emissierechten bij ETS-bedrijven in de correcties voor het ETS-voordeel bij elektrificatietechnieken en 2) het meenemen van GvO-voordeel bij hernieuwbaar gas uit verkoop van GvO ter vergroening van aardgasverbruik onder het ETS. Deze aanpassingen geven een betere reflectie van de werkelijke onrendabele top, komt de doelmatigheid van de regeling ten goede en is consistent met het ETS.

Tot slot hebben aanvragers de SDE++ met een voldoende beoordeeld, waarbij aanvragers voor de nieuwe CO_2-arme hoofdtechnieken over het algemeen meer tevreden waren. Uit de enquête blijkt dat de aanvragers de SDE++ gemiddeld een 6,2 geven. Aanvragers van de nieuwe CO_2-arme hoofdtechnieken werden hoger beoordeeld met een gemiddeld rapportcijfer van 6,9. Een belangrijke kanttekening hierbij is dat de SDE++-regeling pas net van start is gegaan in jaren waarin marktomstandigheden erg onrustig waren en veel onzekerheid heerste in de markt. Hierdoor hebben marktpartijen mogelijk het gevoel dat ze ondanks de SDE++ nog steeds aan veel marktrisico's zijn blootgesteld. Bij een stabielere markt zou de tevredenheid daarom mogelijk anders zijn.

Begrippenlijst

Begrip	Uitleg
Aanvraagbedrag	Het bedrag waarvoor een SDE++-subsidieaanvraag wordt ingediend (in € per MWh of per vermeden ton CO_2-equivalent voor CCS/CCU). Het aanvraagbedrag ligt vast voor de looptijd van de subsidie. Het aanvraagbedrag mag onder het basisbedrag liggen, maar nooit hoger.
Basisbedrag	De integrale kostprijs van een specifieke techniekcategorie (in € per MWh of per vermeden ton CO_2-equivalent voor CCS/CCU) en het maximale bedrag waarop een SDE++-aanvraag ingediend kan worden.
Basisprijs	De prijs waaronder verdere marktprijsdalingen niet meer door de SDE++ ondersteund wordt (soms bodemprijs genoemd). Gelijk aan twee derde van de langetermijnprijs (plus andere kosten indien relevant).
Emissiefactor	De hoeveelheid CO_2-emissies (in kg) die wordt vermeden bij het produceren van 1 kWh hernieuwbaar gas/warmte/elektriciteit. Door de emissiefactor van de SDE++-techniek te gebruiken, kunnen de vermeden CO_2-emissies berekend worden
Fasebedrag	Het fasebedrag bepaalt het maximale aanvraagbedrag dat voor een specifieke categorie ingediend kan worden. Het fasebedrag is de laagste waarde tussen 1) de fasegrens omgerekend naar het maximale fasebedrag op basis van de relevante fasegrens, langetermijnprijs en de emissiefactor, en 2) het basisbedrag.
Fasegrens	Een SDE++-ronde bestaat uit meerdere fases. Tijdens elke fase kan een aanvraag ingediend worden tot een bepaalde subsidie-intensiteit per ton CO_2-emissiereductie. Dat is de fasegrens. Bij elke volgende fase wordt de fasegrens stapsgewijs opgehoogd. De fasegrens is hetzelfde voor alle technieken.
IRR	*Internal rate of return*. Dit is een maat voor project rentabiliteit die uitdruk hoe winstgevend het project is op basis van de verwachte kasstromen.
Langetermijnprijs	De inschatting van de gemiddelde marktwaarde van bepaalde techniek/product over de looptijd van de subsidie. De langetermijnprijs wordt gebruikt om de subsidie-intensiteit en fasebedragen te bepalen.
Onrendabele top	De kosten van projecten die de SDE++ beoogd te vergoeden, bestaande uit het verschil tussen de kostprijs van de hernieuwbare energie of de te verminderen CO_2-uitstoot en de (mogelijke) opbrengsten.
Subsidie-intensiteit	Subsidiebehoefte per ton CO_2-reductie. De subsidie-intensiteit wordt gebruikt om de kosteneffectiviteit (doelmatigheid) van aanvragen met elkaar te kunnen vergelijken. De subsidie-intensiteit is afhankelijk van het aanvraagbedrag, de langetermijnprijs en de vermeden CO_2-emissies door realisatie van de SDE++-techniek
WACC	*Weighted average cost of capital*. Dit is een minimale waarde voor de IRR. Als de IRR hoger is dan de WACC, wordt het project veronderstelt financieel rendabel te zijn en dus ook financierbaar.

1 Inleiding

1.1 Aanleiding & doel van dit onderzoek

De directe aanleiding van dit onderzoek is de Europese verplichting om de Stimulering Duurzame Energieproductie en Klimaattransitie (SDE++) na drie jaar te evalueren. Een evaluatie van de SDE++ is een vereiste om te voldoen aan de voorwaarden die gesteld worden voor het goedkeuren van staatssteun vanuit de Europese Commissie. Daarnaast biedt een tussentijdse evaluatie ook de mogelijkheid om lessen te verzamelen en, indien en waar nodig, om bij te sturen en de SDE++ meer toekomstbestendig te maken.

Het primaire doel van het onderzoek is om de doeltreffendheid en doelmatigheid van de SDE++ te evalueren. Het startpunt hierbij is de algemene doelstelling van de SDE++: *De emissies van CO_2 op een zo kostenefficiënt mogelijke manier te reduceren*. De hoofdvraag bij de beoordeling van de **doeltreffendheid** (effectiviteit; in hoeverre de verwachte *outputs*, *outcomes* en *impacts* zijn gerealiseerd) is dan ook in hoeverre CO_2-emissies zijn gereduceerd *dankzij* de SDE++ en CO_2-reductie dus effectief gestimuleerd is. De hoofdvraag bij **doelmatigheid** (efficiëntie; in hoeverre de financiële middelen en overige *inputs* efficiënt zijn ingezet om de verwachte resultaten te behalen) is of de CO_2-emissies tegen een zo laag mogelijk subsidiebedrag gereduceerd worden. Bij de beantwoording van deze twee vragen zijn we ook op zoek naar verbetermogelijkheden die de doeltreffendheid en doelmatigheid kunnen bevorderen.

Een aanvullend doel van het onderzoek is om de consistentie van de SDE++ te evalueren. Hierbij is gekeken in hoeverre de SDE++ zowel intern als extern coherent is en geen tegenstrijdigheden bevat. De focus ligt in deze evaluatie op interne consistentie van de SDE++ met de algemene doelstelling om CO_2-emissies te reduceren. Bij externe consistentie is de coherentie van de SDE++ met het Nederlandse en Europese klimaatbeleid onderzocht.

De onderzoeksvragen die door Ministerie van Economische Zaken en Klimaat (EZK) zijn opgesteld vormen de leidraad van deze evaluatie. Deze onderzoeksvragen weerspiegelen de *inputs*, *outputs*, *outcomes* en *impacts* van de SDE++-regeling op het gebied van doeltreffendheid, doelmatigheid en consistentie. Bij alle vragen en bevindingen is gekeken naar welke lessen er getrokken kunnen worden voor eventuele aanpassingen en verbeteringen. Een overzicht van de vragen die per hoofdstuk worden beantwoord zijn aan het begin van het hoofdstuk weergegeven. Daarnaast is aandacht besteed aan de belangrijkste onderdelen die veranderd zijn in de SDE++ ten opzichte van de SDE+.

1.2 Doel & ontwerp van de SDE++

De SDE++ is één van de leidende instrumenten voor de Nederlandse klimaat- en energietransitie. De SDE++ is ingevoerd als verbreding van de SDE+ (Stimulering Duurzame Energie). Hierbij is beoogd goedwerkende componenten van de SDE+, zoals de focus op kosteneffectiviteit te behouden. Waar het hoofddoel van de SDE+ het kosteneffectief uitrollen van hernieuwbare energieprojecten was, is de horizon van de SDE++ verbreed: namelijk het kosteneffectief realiseren van zoveel mogelijk broeikasgas (BKG)-vermindering.[2] Hierdoor concurreren projecten binnen de SDE++ voor hetzelfde budget op basis

[2] In de praktijk zijn alle SDE++ categorieën gericht op projecten die tot CO_2-emissiereductie leiden en niet primair andere BKG. In de rest van dit rapport verwijzen we daarom naar CO_2 in plaats van BKG-emissies.

van subsidiebehoefte per vermeden ton CO_2 equivalent in plaats van subsidiebehoefte per kWh hernieuwbare energie.[3] Door deze verbreding komen niet alleen hernieuwbare energieprojecten in aanmerking, maar ook andere CO_2-reducerende projecten, zoals *carbon capture (utilisation) & storage* (CCS/CCU), e-boilers, warmtepompen en de productie van hernieuwbare waterstof via elektrolyse met hernieuwbare elektriciteit.

De reguliere techniekneutrale openstellingsrondes van de SDE++-regeling voor 2020-2022 omvatten vijf hoofdtechnieken. Deze technieken vormen tevens de afbakening van dit onderzoek:[4]

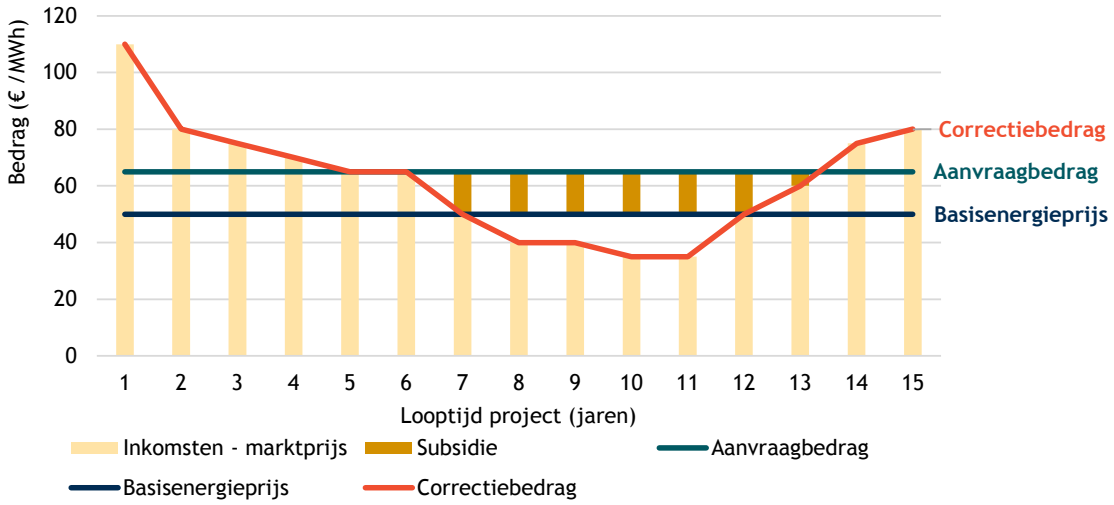
1. **Hernieuwbare elektriciteit** (zon-PV, wind-op-land, waterkracht, en osmose-energie);
2. **Hernieuwbare warmte** (biomassavergister-warmte, biomassa WKK, composteringswarmte, geothermie, en zonthermie);
3. **Hernieuwbaar gas** (biomassavergisters en biomassavergassing);
4. **CO_2-arme warmte** (e-boilers, industriële warmtepompen, restwarmte, aquathermie, daglichtkas-warmte, zon-PVT met warmtepompen);[5] en
5. **CO_2-arme productie** (CCU, CCS, waterstofproductie, hernieuwbare brandstoffen, zoals *renewable fuels of non-biological origin* (RFNBO)).

De SDE++-regeling subsidieert de onrendabele top van CO_2-reducerende projecten in Nederland. De onrendabele top is het verschil tussen de kostprijs (**aanvraagbedrag**) en de marktvergoeding voor een product (de opgewekte energie, geproduceerde waterstof en/of de verminderde CO_2-uitstoot). De basisprijs bepaalt het maximale bedrag waarvoor subsidie aangevraagd mag worden. De opbrengsten van een SDE++-project door energieverkoop op de markt worden aangevuld met de subsidie. Indien het SDE++-project geen energie produceert maar CO_2-uitstoot vermijdt, dan dienen opbrengsten door vermeden CO_2-uitstoot samen met de subsidie het aanvraagbedrag te evenaren. De combinatie van opbrengsten en subsidie moet het aanvraagbedrag evenaren. De gemiddelde marktvergoeding van energie en CO_2 wordt jaarlijks vastgesteld en wordt het **correctiebedrag** genoemd. Voor wind en zon-PV projecten worden daarnaast ook voor mogelijke opbrengsten van de verkoop van Garanties van Oorsprong (GvO's) certificaten gecorrigeerd. Voor bedrijven onder het Europese Emissiehandelssysteem (ETS) worden ook de vermeden ETS-kosten of opbrengsten uit de verkoop van CO_2-emissierechten gecorrigeerd. Aanvragen kunnen ingediend worden tegen een bedrag lager dan het basisbedrag, maar niet hoger. Dit aanvraagbedrag staat vast voor de looptijd van de subsidie. Het verschil tussen het aanvraagbedrag en het correctiebedrag, omgezet in Euro per ton CO_2, noemen we de daadwerkelijke subsidie-intensiteit (zie Figuur 1-1). Hierbij is het correctiebedrag minimaal de basisenergieprijs (of bodemprijs, het CO_2-bedrag voor CCS/CCU projecten).[6] Zelfs als de gemiddelde marktvergoeding onder de basisenergieprijs komt, is de subsidie hoogstens het verschil tussen de aanvraagbedrag en basisenergieprijs. De rest van het prijsrisico ligt bij de projecteigenaar.

In Sectie 3.1.1 lichten we de systematiek van basisbedragen, fases en rangschikking verder toe.

[3] SDE++-rondes 2020 tot en met 2022 bevatten geen vooraf vastgestelde budgetten per techniek of sector. Vanaf SDE++ 2023 zijn 'hekjes' toegevoegd met gegarandeerde minimale budgetten voor bepaalde categorieën, wat niet een onderdeel is van deze evaluatie.
[4] Wij merken hierbij op dat voor er voor drie subcategorieën geen projecten zijn ingediend, namelijk waterkracht en osmose-energie onder hernieuwbare elektriciteit en daglichtkas-warmte onder CO2-arme warmte.
[5] In de 2023 SDE++-ronde is er nog een subcategorie bijgekomen, namelijk lucht-water-warmtepomp onder de hoofdtechniek CO_2-arme warmte. Deze evaluatie is echter beperkt tot de SDE++-rondes 2020-2022. Deze nieuwe subcategorieën zijn daarom niet in dit rapport weergegeven.
[6] De basisenergieprijzen en basis-CO_2-bedragen worden voor elke SDE++-ronde vastgesteld o.b.v. twee derde van de verwachte lange termijnprijs voor energie of CO_2-uitstoot.

Figuur 1-1 Illustratie van belangrijke begrippen binnen de SDE++



1.3 Onderzoeksmethoden & opbouw van dit rapport

In deze evaluatie zijn een mix van kwantitatieve en kwalitatieve onderzoeksmethoden gebruikt om de onderzoeksvragen van EZK te beantwoorden. De onderzoeksmethoden en bijbehorende bronnen voor de analyse omvatten:

- **Databestanden** van RVO over ingediende, beschikte en gerealiseerde projecten op 14 augustus 2023, waarbij:
  - De RVO-data in verschillende overzichten per techniek, per aanvraagstatus, per jaar en per thema is geanalyseerd; en
  - Exploitatieberekeningen van beschikte projecten zijn geanalyseerd met het door Trinomics aangepaste onrendabele top (ORT)-model.
- Een grootschalige **enquête** onder de aanvragers;
- **Interviews** met marktpartijen, inclusief met aanvragers voor de nieuwe CO_2-arme technieken en experts; en
- **Literatuuronderzoek**.

Ook is getracht econometrische analyses uit te voeren op de beschikbare data om de additionaliteit van de SDE++-regeling te analyseren. Dit bleek echter niet mogelijk te zijn omdat de SDE++-regeling zich in een te vroege fase bevindt om dergelijke analyses uit te kunnen voeren (voor een verdere toelichting, zie Sectie 2.3.1 en een meer gedetailleerde uiteenzetting in Appendix sectie A.3). Ook bleek de data die we voor dit project tot onze beschikking hadden in combinatie met de data die we verzameld hebben via de grootschalige enquête te gering om een econometrische analyse uit te voeren.

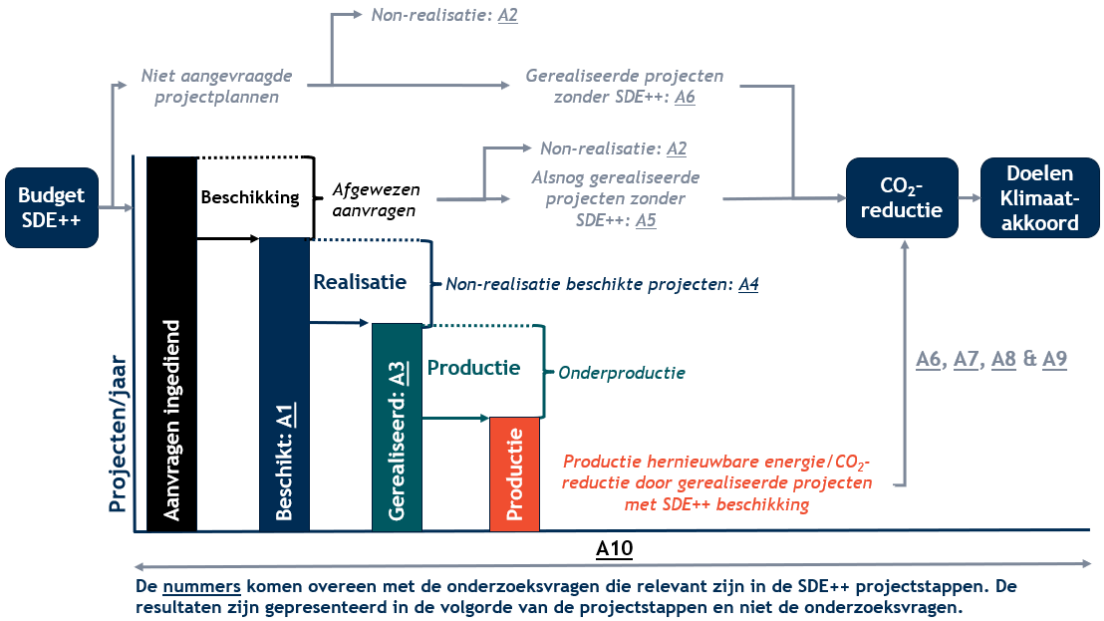
Het rapport is gestructureerd rondom de beantwoording van de onderzoeksvragen op het gebied van doeltreffendheid, doelmatigheid en consistentie. In hoofdstuk 2 worden de resultaten van doeltreffendheid van de SDE++-regeling gepresenteerd. Hoofdstuk 3 presenteert de evaluatie van de doelmatigheid. In hoofdstuk 4 wordt de evaluatie van interne en externe consistentie gepresenteerd. Hoofdstuk 5 geeft de conclusies van deze evaluatie. In de Appendix wordt achtergrondinformatie gepresenteerd met betrekking tot de enquête en het ORT-model, inclusief een lijst van gecontacteerde gesprekspartners.

2 Evaluatie doeltreffendheid

Bij de evaluatie van de doeltreffendheid van de SDE++ beoordelen we in hoeverre de regeling CO_2-reductie heeft gestimuleerd. De hoofdvraag hierbij is hoe doeltreffend de SDE++ als instrument is om de gestelde *outputs* (aanvragen en beschikkingen), *outcomes* (gerealiseerde projecten) en *impacts* (CO_2-reductie) te realiseren (zie Figuur 2-1). De nummers in de figuur corresponderen met de onderzoeksvragen die door EZK zijn opgesteld, weergegeven in Tabel 2-1. Hierbij is onderzoeksvraag A10 over kritische succesfactoren behandeld als onderdeel van alle andere onderzoeksvragen.

Het beoordelen van de doeltreffendheid van de regeling is niet eenvoudig en vergt een integrale analyse op de verschillende fases van de SDE++-projectcyclus. De SDE++ kan als doeltreffend worden beschouwd als er voldoende aanvragen van goede kwaliteit zijn ingediend die een grote kans op realisatie hebben, en als deze projecten niet zouden worden gerealiseerd zonder de SDE++. In de evaluatie van doeltreffendheid is daarom beoordeeld in hoeverre uitval van projecten tot een verminderde doeltreffendheid heeft geleden. Hierbij wordt het proces van indiening tot realisatie en productie in ogenschouw genomen. Dit is in lijn met de projectfases zoals afgebeeld in Figuur 2-1. Daarnaast kijken we naar de afname van CO_2-uitstoot die met behulp van de regeling tot stand is gekomen en in hoeverre dit heeft bijgedragen aan het realiseren van de Nederlandse CO_2-doelstellingen. Tot slot bespreken we in hoeverre de gerealiseerde CO_2-reductie van SDE++-projecten zonder SDE++-steun niet tot stand was gekomen en dus als additioneel aangemerkt kan worden. Hierbij is o.a. gepoogd om met een econometrische analyse de additionaliteit van de SDE++ aan te tonen. Dit is echter niet mogelijk gebleken door het beperkte aantal gerealiseerde SDE++-projecten en een gebrek aan data van vergelijkbare projecten zonder SDE++-steun.

Figuur 2-1 Aanpak evaluatie doeltreffendheid met onderzoeksvragen



De nummers komen overeen met de onderzoeksvragen die relevant zijn in de SDE++ projectstappen. De resultaten zijn gepresenteerd in de volgorde van de projectstappen en niet de onderzoeksvragen.

Tabel 2-1 Onderzoeksvragen doeltreffendheid

#	Onderzoeksvraag
Beschikking (*outputs*)	
A1	Wat voor projecten zijn beschikt?
A2	In hoeverre worden effectieve CO_2-reducerende technieken niet of niet voldoende gestimuleerd door het ontwerp van de regeling?
Realisatie (*outcomes*)	
A3	Wat voor projecten zijn gerealiseerd?
A4	In hoeverre hebben de gehanteerde monitoring- en controlemechanismes non-realisatie kunnen vermijden?
A5	In hoeverre worden projecten na afwijzing van een aanvraag toch gerealiseerd (zonder SDE++-subsidie)?
A6	In hoeverre heeft de SDE++ een concurrentievoordeel opgeleverd t.o.v. concurrenten zonder SDE++?
Productie/CO_2-reductie (*impacts*)	
A7	In hoeverre heeft de SDE++ bijgedragen aan CO_2-reductie?
A8	In hoeverre heeft de SDE++ bijgedragen aan de sectordoelen van het Klimaatakkoord?
A9	Is het aannemelijk, gegeven het overige beleid, dat de SDE++ voldoende CO_2-reductie gaat opleveren om de sectordoelen voor 2030 te halen?
A10	Wat waren de kritische succesfactoren in het behalen van deze resultaten?

2.1 Impact van uitval

De evaluatie van de impact van uitval op de doeltreffendheid van de regeling is vanuit drie fases van een SDE++-projectcyclus beschouwd: beschikkingsfase, realisatiefase en productiefase. In deze drie fases kunnen non-realisatie of verminderde productie plaatsvinden, wat een negatieve invloed heeft op de doeltreffendheid van de regeling. In deze sectie wordt per fase als volgt ingegaan op de mate en oorzaken van uitval:

1. **Beschikkingsfase** waarin ingediende projecten beoordeeld worden en er bepaald wordt welke projecten een beschikking krijgen. In deze fase verwijst uitval naar aanvragen die om andere redenen dan budgetuitputting zijn afgewezen. Deze projecten hadden namelijk mogelijk wel kunnen bijdragen aan een vermindering van de CO_2-uitstoot. Als deze projecten niet meer worden gerealiseerd doordat ze geen SDE++-steun krijgen, heeft dit een negatieve invloed op de doeltreffendheid van de regeling. Aanvragen die zijn afgewezen vanwege budgetuitputting doen geen afbreuk aan de doeltreffendheid, want de SDE++ is ontworpen met een budgetplafond per subsidieronde ter bevordering van doelmatigheid.[7] Toch wordt de invloed van het budgetplafond op de CO_2-reductie hieronder ook kort beschouwd.
2. **Realisatiefase** waarin beschikte projecten tot realisatie worden gebracht. In deze fase verwijst uitval naar beschikte aanvragen die niet worden gerealiseerd (non-realisatie). Non-realisatie is negatief voor de doeltreffendheid, omdat het gereserveerde subsidiebedrag niet leidt tot de geplande CO_2-reductie. Het gereserveerde subsidiebedrag kan vervolgens pas elders ingezet worden nadat de beschikte aanvragen zijn ingetrokken.
3. **Productiefase** waarin projecten gerealiseerd zijn en daadwerkelijk hernieuwbare energie produceren en/of CO_2-uitstoot verminderen. Tijdens de productiefase is er geen sprake meer van non-realisatie. Wel kan in de productiefase uitval plaatsvinden in de vorm van een verminderde productie van hernieuwbare energie of een verminderde CO_2-reductie.

Daarnaast zijn er ook CO_2-reductieprojecten waarvoor geen SDE++-aanvragen zijn gedaan, wat mogelijk afbreuk kan doen aan de doeltreffendheid van de regeling. Hierbij gaat het om projecten die mogelijk in aanmerking komen voor de SDE++ maar waarvoor geen subsidieaanvraag wordt ingediend. Als het niet indienen van deze projecten vervolgens leidt tot een onderbesteding van het gereserveerde budget, kan er worden gesproken over een verminderde doeltreffendheid. Bij onderbesteding worden er namelijk minder CO_2-reducerende projecten beschikt dan aanvankelijk was verwacht. Ook kan onderbesteding de doelmatigheid van de SDE++ negatief beïnvloeden. De prikkel om

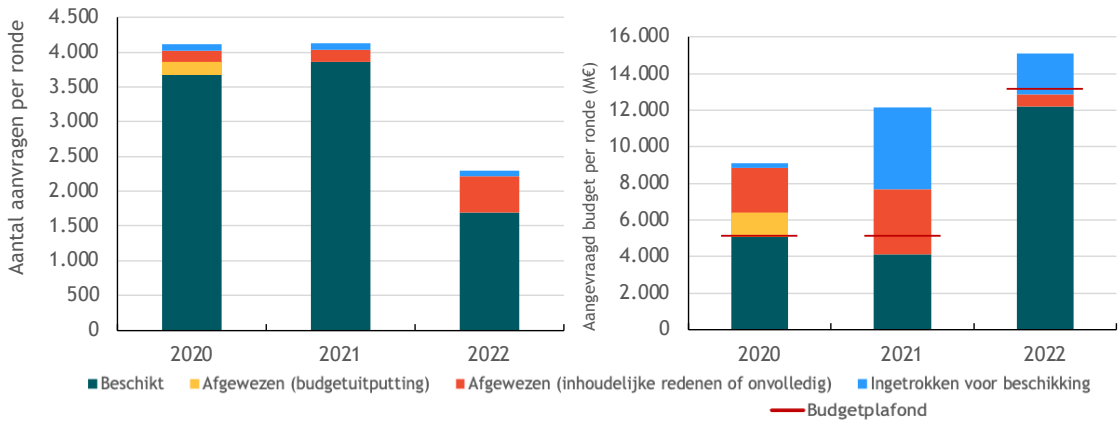
[7] Dit betekent ook dat een verhoging van het budget niet per se tot een verbeterde doeltreffendheid leidt.

tegen een zo laag mogelijk bedrag SDE++-subsidie aan te vragen wordt namelijk minder naarmate de aanvragers een hogere kans op onderbesteding verwachten. De mate van onderbesteding en mogelijke redenen daarvan zijn als onderzoeksvraag bij doelmatigheid opgenomen. De redenen voor het niet indienen van aanvragen en verbetermogelijkheden in de regeling worden daarom in Sectie 3.1.3 besproken.

2.1.1 Beschikkingsfase

Het overgrote aandeel van de SDE++-aanvragen is beschikt, waarbij het budgetplafond enkel in 2020 werd behaald. Figuur 2-2 geeft een overzicht van de ingediende SDE++-aanvragen per ronde in aantal aanvragen (links) en het aangevraagd budget (rechts). Tabel 2-2 laat de aanvragen over SDE++-rondes 2020-2022 per hoofdtechniek zien in aantallen (links) en het aangevraagd budget (rechts). In totaal is 88% van de aanvragen over de SDE++-rondes 2020-2022 beschikt, die samen 59% van het aangevraagde budget vertegenwoordigen. Het totaal aangevraagde budget in SDE++-ronde 2020 was bijna het dubbele van het budgetplafond met €9 miljard aangevraagd t.o.v. €5 miljard beschikbaar, en groeide in de jaren daarna naar een totaal aangevraagd budget van €15 miljard in 2022. Projecten zijn alleen in de SDE++-ronde van 2020 afgewezen op grond van budgetuitputting. In de andere rondes oversteeg het aangevraagd budget ook het beschikbare budget van de ronde, maar was er voldoende budget beschikbaar nadat een deel van de aanvragen door de aanvrager weer was ingetrokken of was afgewezen om inhoudelijke redenen of onvolledigheid. Het niet bereiken van het budgetplafond komt deels doordat het budgetplafond in de SDE++-ronde in 2022 werd uitgebreid van €5 miljard naar €13 miljard, waardoor meer projecten beschikt konden worden (zie Sectie 3.1.3 voor een verdere discussie over onderbesteding).

Figuur 2-2 Overzicht van ingediende SDE++-aanvragen in aantal (links) en aangevraagd budget (rechts)



Bron: RVO (2023) SDE++-database (niet publiek) en interne berekeningen van Trinomics.

Tabel 2-2 Overzicht van het totaal aangevraagde projecten over SDE++-rondes 2020-2022 per hoofdtechniek in aantal (links) en aangevraagd budget (rechts)

	Aantal aanvragen [#]				Aangevraagd budget [miljoen €]			
Hoofdtechniek	Beschikt	Afgewezen (budget-uitputting)	Afgewezen (inhoudelijk/ onvolledig)	Ingetrokken voor beschikking	Beschikt	Afgewezen (budget-uitputting)	Afgewezen (inhoudelijk /onvolledig)	Ingetrokken voor beschikking
Zon-PV	8.839	169	748	189	5.131	122	406	98
Wind-op-land	28	0	1	8	307	0	0	54
Zonthermie	14	3	1	1	7	1	1	0
Biomassa	93	0	34	9	713	0	294	1.247
Geothermie	13	2	9	6	1.290	175	784	212
Hernieuwbaar gas	74	4	15	10	1.140	69	188	94
CO_2-arme warmte	123	11	40	18	2.565	960	2.412	671
CO_2-arme productie	34	0	21	14	10.071	0	2.583	4.534
Waterstof	3	0	2	1	168	0	15	0
Totaal	**9.221**	**189**	**871**	**256**	**21.392**	**1.327**	**6.684**	**6.910**

Bron: RVO (2023) SDE++-database (niet publiek) en interne berekeningen van Trinomics.

Het meest opvallende bij de ingediende aanvragen is de halvering van het aantal SDE++-aanvragen in 2022 t.o.v. de jaren ervoor, terwijl het aangevraagd budget was gestegen. Tabel 2-3 toont een uitsplitsing van de aanvragen naar hoofdtechniek per SDE++-ronde. Hierin is te zien dat de halvering van aanvragen in 2022 is toe te schrijven aan zon-PV. Tegelijkertijd steeg het aangevraagd budget in 2022, met de grootste stijging bij biomassa met €1,8 miljard t.o.v. 2021. Naast biomassa is ook een stijgende trend in aanvragen en aangevraagd budget bij geothermie waarneembaar. Bij CO_2-arme productie is het aantal aanvragen gedaald, maar het aangevraagd budget gestegen. De trend van de bovengenoemde technieken is hieronder verder toegelicht. De aanvragen voor de overige technieken laten geen duidelijke trend zien of er zijn te weinig aanvragen ingediend om een representatieve conclusie te trekken.

Tabel 2-3 Overzicht van het aantal aanvragen en aangevraagd budget per hoofdtechniek per SDE++-ronde

	Aantal aanvragen [#]			Aangevraagd budget [miljoen €]		
Hoofdtechniek	**2020**	**2021**	**2022**	**2020**	**2021**	**2022**
Zon-PV	3.989	3.915	2.041	2.360	2.243	1.154
Wind-op-land	16	10	11	100	153	108
Zonthermie	6	10	3	1	3	5
Biomassa	5	31	100	139	152	1.963
Geothermie	6	10	14	349	763	1.349
Hernieuwbaar gas	8	54	41	215	721	555
CO_2-arme warmte	74	56	62	3.786	752	2.071
CO_2-arme productie	7	41	21	2.135	7.344	7.709
Waterstof	1	2	3	2	1	180
Totaal	**4.112**	**4.129**	**2.296**	**9.087**	**12.132**	**15.094**

Bron: RVO (2023) SDE++-database (niet publiek) en interne berekeningen van Trinomics.

Hoewel de aanvragen voor zon-PV-projecten in 2022 waren gehalveerd, zal dit waarschijnlijk juist een positieve impact op de doeltreffendheid hebben. Tabel 2-3 laat zien dat in 2022 de aanvragen voor zon-PV bijna zijn gehalveerd in zowel aantallen als aangevraagd budget. Volgens marktpartijen waren de voornaamste redenen voor de lagere indiening de stijgende rentelasten en in iets mindere mate de stijgende materiaalkosten. Tegelijkertijd liepen de basisbedragen achter op de gestegen kosten, omdat kosten bleven stijgen tussen de periode dat de basisbedragen werden vastgesteld en de

start van de openstellingsronde. Dit heeft de aanvragen van zon-PV-projecten over alle categorieën doen dalen. Ook speelt een verzadiging van zon-PV-projecten een rol, waardoor nieuwe business cases uitdagender worden. De grootste daling van aanvragen vond plaats bij zon-op-dak projecten, waarbij de strengere eis voor deze projecten deels hieraan heeft bijgedragen. Vanaf SDE++-ronde 2022 moeten zonnedakenprojecten namelijk een verklaring van de constructeur inleveren. Hierin moet worden aangetoond dat de draagkracht van de dakconstructie voldoende is. Deze strengere eis is toegevoegd om de realisatiekans van projecten te vergroten,[8] aangezien beschikte aanvragen van zon-op-dak projecten te maken hebben met een grote hoeveelheid uitval (zie sectie 2.1.2). Een andere verandering in 2022 was dat de netaansluiting van zon-PV projecten groter dan 1 MWp maximaal 50% van het piekvermogen mag zijn terwijl dit 70% in de voorgaande jaren was. Dit laatste heeft volgens marktpartijen echter niet per se bijgedragen aan minder aanvragen, maar heeft projectontwikkelaars wel veel tijd gekost om het effect op hun projecten uit te zoeken.

De stijging in aanvragen van projecten voor biomassa in 2022 is volledig toe te schrijven aan monomestvergisting, waar een verhoging van de basisbedragen heeft bijgedragen aan een verbeterde doeltreffendheid in deze categorie. Binnen de hoofdtechniek biomassa ging het aantal aanvragen voor monomestvergisting projecten van nul aanvragen in 2020 naar 87 in 2022. Dit gebeurde na een forse stijging in de basisbedragen voor monomestvergisting, waardoor er hogere subsidies aangevraagd konden worden. Hierbij moet opgemerkt worden dat een hoger basisbedrag weliswaar de doeltreffendheid kan verbeteren, maar dit ten koste kan gaan van de doelmatigheid van de regeling en de kans op overwinsten vergroot (zie Sectie 3.1.3 voor een analyse van overwinsten).

Bij geothermie is de stijgende trend in aanvragen waarschijnlijk gerelateerd aan een verbeterde informatievoorziening, wat positief heeft bijgedragen aan de doeltreffendheid. Volgens interviews is de stijging van aanvragen binnen geothermie grotendeels toe te schrijven aan een webinar die gehouden is tussen RVO en (mogelijke) indieners voor deze techniek. Daardoor is het voor indieners duidelijker geworden wat de focuspunten zijn voor een indiening binnen geothermie. Doordat de doorloopperiodes van geothermie lang zijn, de vergunningen voor de projecten lang geldig blijven en deze webinar goed is ontvangen, hebben sommige partijen opnieuw een aanvraag ingediend in 2022. Ook trok de verbeterde informatievoorziening nieuwe indieners van geothermieprojecten aan.

De stijging in aanvragen in CO_2-arme productie zijn mogelijk gerelateerd aan benodigde aanlooptijd voor nieuwe categorieën die aan de SDE++-regeling zijn toegevoegd. Volgens RVO laat de ervaring met de SDE++ (en voorgangers) zien dat nieuwe categorieën zeker een bepaalde ontwikkeltijd nodig hebben, waardoor het aantal aanvragen in de eerste jaren achter kan blijven. Daarnaast werd in de interviews benoemd dat voor CCS en CCU (CO_2-arme productie) het een lange tijd onduidelijk was of deze categorieën opgenomen zouden worden in de SDE++, waardoor projecten niet direct bij de opening van de SDE++ in 2020 gereed waren om ingediend te worden. Tijdens de ronde van 2021 achtten de indieners dat hun projecten voldoende ver waren ontwikkeld om SDE++-subsidie aan te vragen. Een groot deel was echter vervolgens door de aanvragers zelf weer ingetrokken of afgewezen op inhoudelijke gronden (zie *afgewezen en ingetrokken aanvragen* verderop in deze sectie voor meer detail). Een substantieel deel van de 2022 aanvragen voor CO_2-arme productie zijn daarom aanvragen uit 2021 die opnieuw zijn ingediend, en niet een stijging van nieuwe aanvragen.

[8] Jetten (2022). Verloop openstelling SDE++ 2022

Beschikte aanvragen

De spreiding over de verschillende technieken laat zien dat subsidieaanvragen voor alle CO_2-reducerende technieken worden gehonoreerd, mede door de budgetverhoging in SDE++-ronde 2022. Tabel 2-4 geeft een overzicht van het beschikte budget per SDE++-ronde per techniek in miljoen euro, het aandeel in het totaal aangevraagd budget en aantal beschikte aanvragen. De tabel laat zien dat er projecten in alle hoofdgroepen van technieken zijn beschikt. In de SDE++-rondes 2020 en 2021 ging het meeste budget naar zon-PV en CO_2-arme productie (CCS in 2020 en CCU in 2021). In 2022 halveerde het beschikte budget voor zon-PV. Dit kwam voornamelijk door een halvering van de aanvragen, zoals hierboven beschreven. Het grootste deel van het beschikte budget ging naar CO_2-arme productie, CO_2-arme warmte en geothermie. Bij CO_2-arme productie betrof dit vooral aanvragen van grote CCS-projecten van in totaal €6,7 miljard. Een deel daarvan bestond uit herindieningen van aanvragen uit de SDE++-ronde 2021 zoals hierboven benoemd. Dit was door de overheid voorzien en hierop werd geanticipeerd door een eenmalige budgetverhoging in de SDE++-ronde van 2022 met €8 miljard extra.[9] De totale subsidieaanvraag van de SDE++-ronde in 2022 bleef onder dit verhoogd openstellingsbudget van €13 miljard, waardoor er geen aanvragen door budgetuitputting waren afgewezen.

Zowel CO_2-reducerende technieken met grote als kleine budgetclaims komen aan bod voor beschikking. Het beschikt budget t.o.v. totaal aangevraagd budget in Tabel 2-4 laat zien dat niet alleen technieken met een grote budgetclaim (door veel aanvragen voor een techniek, aanvragen voor grote projecten of een combinatie daarvan) beschikt worden. Technieken waarvoor het totaal aangevraagde budget veel kleiner is, zoals zonthermie, waterstof en wind-op-land, komen ook aan bod.

Tabel 2-4 Overzicht van het beschikt budget in totaal en als aandeel van het aangevraagd budget en het aantal beschikte aanvragen per hoofdtechniek per SDE++-ronde

	Beschikt budget per SDE++-ronde [miljoen €]			Beschikt budget t.o.v. totaal aangevraagd budget [%]			Aantal beschikte aanvragen [#]		
Hoofdtechniek	2020	2021	2022	2020	2021	2022	2020	2021	2022
Zon-PV	2.104	2.057	969	89%	92%	84%	3.607	3.717	1.515
Wind-op-land	99	153	55	100%	100%	50%	13	9	6
Zonthermie	0,2	2	5	21%	59%	100%	2	9	3
Biomassa	137	56	518	98%	37%	26%	3	26	64
Geothermie	0	93	1.051	0%	12%	78%	0	1	12
Hernieuwbaar gas	90	589	457	42%	82%	82%	3	50	21
CO_2-arme warmte	533	430	1.554	14%	57%	75%	44	29	50
CO_2-arme productie	2.123	705	7.243	99%	10%	94%	6	13	15
Waterstof	0	1	167	0%	100%	92%	0	1	2
Totaal	**5.087**	**4.086**	**12.017**	**56%**	**34%**	**80%**	**3.678**	**3.855**	**1.688**

Bron: RVO (2023) SDE++-database (niet publiek) en interne berekeningen van Trinomics.

In de SDE++-rondes 2020-2022 zijn zowel aanvragen van goedkope en dure projecten beschikt. Dit is nodig voor de doeltreffendheid van de regeling op zowel korte als lange termijn. Tabel 2-5 toont de minimale (links) en maximale (rechts) subsidie-intensiteiten per techniek van de beschikte aanvragen. Hierbij is een negatieve of lage subsidie-intensiteit een indicatie voor een goedkoop project en een hoge subsidie-intensiteit een duur project. Hierin is te zien dat aanvragen van uiteenlopende subsidie-intensiteiten worden beschikt, zowel binnen technieken als tussen verschillende technieken. Bij zon-PV worden zelfs projecten met een negatieve subsidie-intensiteit beschikt. Dit betekent dat het

[9] Rijksoverheid (2022). 13 miljard euro beschikbaar voor duurzame projecten met SDE++

aanvraagbedrag voor de opgewekte elektriciteit lager is dan de verwachte langetermijnprijs voor elektriciteit. Hierin is ook te zien dat de SDE++ voldoende ruimte biedt voor technieken tot aan een maximale subsidie-intensiteit van 300 €/tCO_2. Dit is een indicatie dat de duurdere projecten ook door de SDE++ worden bereikt en niet worden afgeschrikt door de concurrentie met goedkope projecten. Deze technieken hebben momenteel weliswaar een hoge subsidie-intensiteit, maar zullen in de toekomst nodig zijn om de klimaatdoelstellingen te behalen. Het is daarom belangrijk dat de regeling zich niet enkel richt op doeltreffendheid op de korte termijn om transitiefalen op de lange termijn te voorkomen. Door schaalvoordeel en technologische ontwikkeling zou de uitrol van duurdere technieken met steun van de SDE++ goedkoper kunnen worden. Hierdoor zouden meer CO_2-reductie in de toekomst behaald kunnen worden met hetzelfde budget, wat zowel de doeltreffendheid als doelmatigheid van de SDE++ ten goede komt.

De hoge aangevraagde subsidie-intensiteiten van bepaalde technieken laten echter ook zien dat wanneer er sprake is van budgetuitputting, deze technieken niet aan bod komen. Dit kan de doeltreffendheid op lange termijn negatief kan beïnvloeden. In Tabel 2-5 is te zien dat projecten in geothermie, zonthermie en CO_2-arme warmte (met name e-boilers), die een relatief hoge subsidie-intensiteit hebben, (vrijwel) niet zijn beschikt in 2020. Dit is deels toe te wijzen aan budgetuitputting. Dit is ook te zien aan de maximale subsidie-intensiteit van beschikte projecten, die in 2020 voor vrijwel alle technieken lager is dan in 2021 en 2022. Ook is de minimale subsidie-intensiteit van de relatief duurdere technieken zoals zonthermie, hernieuwbaar gas, geothermie en waterstof in sommige rondes hoger dan de maximale subsidie-intensiteit van de goedkopere technieken zoals zon-PV een wind-op-land. Bij budgetuitputting zou de groep van duurdere technieken niet aan bod komen. Als deze projecten niet opnieuw worden ingediend in een volgende ronde of als er sprake van budgetuitputting blijft, kan dit de doeltreffendheid van de regeling in de toekomst beïnvloeden. Zoals hierboven benoemd is het stimuleren van technieken die momenteel nog relatief duur zijn nodig om op termijn diepgaande CO_2-reducties te bewerkstelligen; deze technieken zullen namelijk nodig zijn om klimaatneutraliteit te bereiken. In de evaluatie van de consistentie gaan we hier verder op in (Sectie 4.1).

Tabel 2-5 Minimale (links) en maximale (rechts) subsidie-intensiteit van beschikte aanvragen per hoofdtechniek

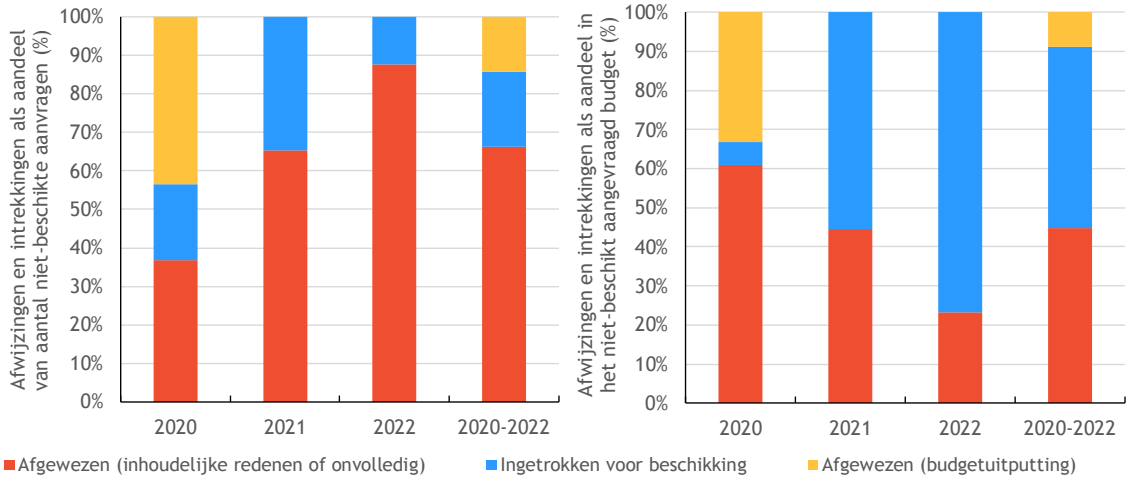
Hoofdtechniek	Minimale subsidie-intensiteit van beschikte aanvragen [€/tCO_2]			Maximale subsidie-intensiteit van beschikte aanvragen [€/tCO_2]		
	2020	2021	2022	2020	2021	2022
Zon-PV	-8*	-34*	-177	172	148	257**
Wind-op-land	11	58	75	107	108	165
Zonthermie	<100	80	202	100-200	254	>250
Biomassa	<100	68	73	100-200	199	290
Geothermie	-	>250	61	-	>250	209
Hernieuwbaar gas	115	186	58	190	258	267
CO_2-arme warmte	36	42	65	204	291	300
CO_2-arme productie	25	13	50	70	186	228
Waterstof	-	<100	>250	-	<100	>250

** = een negatieve subsidie-intensiteit betekent dat de verwachte marktvergoeding (langetermijnprijs) hoger is dan het subsidiebedrag dat is aangevraagd. Zelfs bij een negatieve subsidie-intensiteit is er echter een prikkel om SDE++-subsidie aan te vragen, omdat de marktvergoeding onzeker is. Mocht de marktvergoeding lager uitvallen dan het aanvraagbedrag, dan krijgt de aanvragers alsnog het verschil tussen het aanvraagbedrag en de marktvergoeding als subsidie (tot maximaal het verschil tussen het aanvraagbedrag en basisprijs, zie Sectie 1.2 voor meer* uitleg).
Voor sommige technieken en jaren is slechts een bereik van de subsidie-intensiteit weergegeven om de confidentialiteit van de gegevens voor individuele aanvragen te waarborgen.
*** De hoge subsidie-intensiteit in zon-PV heeft betrekking op zon-PV projecten op water.*
Bron: RVO (2023) SDE++-database (niet publiek) en interne berekeningen van Trinomics.

Afgewezen en ingetrokken aanvragen

De uitval van aanvragen in de beschikkingsfase heeft voornamelijk betrekking op grotere projecten die zijn afgewezen op inhoudelijke gronden of op projecten die door de aanvrager zelf weer zijn ingetrokken. Figuur 2-2 laat zien dat de meeste aanvragen (66% van de afgewezen en ingetrokken aanvragen) zijn uitgevallen door afwijzingen op inhoudelijke gronden of onvolledigheid. Deze afwijzingen beslaan gezamenlijk 45% van het aangevraagde budget over SDE++-rondes 2020-2022. De resterende 34% is afgewezen door budgetuitputting of ingetrokken voor de beschikking. Zo zijn er een aantal aanvragen voor grote budgetten ingetrokken door de aanvrager in de rondes van 2021 en 2022.

Figuur 2-3 Afgewezen en ingetrokken SDE++-aanvragen in de beschikkingsfase in aandeel van niet-beschikte aantallen (links) en aangevraagd budget dat niet is beschikt (rechts)



Bron: RVO (2023) SDE++-database (niet publiek) en interne berekeningen van Trinomics.

Van de SDE++-aanvragen die in 2020 door budgetuitputting waren afgewezen, is een groot deel weer in een latere ronde opnieuw ingediend en beschikt. Tabel 2-6 laat zien dat de aanvragen die door budgetuitputting zijn afgewezen, vielen in de hoofdtechnieken zon-PV, zonthermie, geothermie, hernieuwbaar gas en CO_2-arme warmte. In totaal zijn 75 aanvragen die door budgetuitputting waren afgewezen (ofwel 40% van de aanvragen afwezen door budgetuitputting) opnieuw ingediend in SDE++-ronde 2021 of 2022. Het aangevraagde bedrag van deze projecten was €1,1 miljard (84% van het aangevraagde budget dat in 2020 was afgewezen door budgetuitputting). Vooral relatief grote projecten werden opnieuw ingediend, met 6 aanvragen in CO_2-arme warmte die 80% van het opnieuw aangevraagde budget omvatten. Het overgrote deel van deze opnieuw ingediende aanvragen (93% van de aanvragen, 97% van het aangevraagde budget) is vervolgens beschikt.

Het budgetplafond had in 2020 een beperkende impact op de CO_2-reductiebijdrage van de regeling, maar is een onderdeel van het SDE++-ontwerp en doet dus geen afbreuk aan de doeltreffendheid van de regeling. De verwachtingen over de schaarste van SDE++-middelen (t.g.v. een plafond) moedigen immers concurrentie aan. Dit draagt bij aan de doelmatigheid van de SDE++. De ontwerpkeuze van een knellend budgetplafond en de resulterende afwijzingen door budgetuitputting hebben dus geen negatieve invloed op de doeltreffendheid van de regeling. Dit neemt niet weg dat een hoger budget in 2020 ertoe zou hebben geleid dat de SDE++ meer aanvragen zou kunnen beschikken en daarmee ook een hogere CO_2-reductiebijdrage zou kunnen bewerkstelligen. Een hoger budget in 2020 zou echter hoogstwaarschijnlijk een beperkte impact op de CO_2-reductie hebben gehad, omdat er in de opeenvolgende rondes voldoende budget beschikbaar bleek te zijn voor de projecten die eerder op grond van budgetuitputting waren afgewezen. De projecten die in 2020 door budgetuitputting waren

afgewezen en in een latere ronde waren beschikt hebben daarmee hoogstens één of twee jaar vertraging opgelopen.

Tabel 2-6 Overzicht van het aangevraagd budget van afgewezen en ingetrokken aanvragen per hoofdtechniek per SDE++-ronde

	Aangevraagd budget [miljoen €]						
	2020*			2021		2022	
Hoofdtechniek	Afgewezen (budget-uitputting)	Afgewezen (inhoudelijk/ onvolledig)	Ingetrokken voor beschikking	Afgewezen (inhoudelijk/ onvolledig)	Ingetrokken voor beschikking	Afgewezen (inhoudelijk/ onvolledig)	Ingetrokken voor beschikking
Zon-PV	122	122	33	146	27	138	39
Wind-op-land	0	0	0	0	0	0	54
Zonthermie	1	0	0	1	0	0	0
Biomassa	0	1	1	95	1	198	1.245
Geothermie	175	107	68	597	73	80	72
Hernieuwbaar gas	69	56	0	68	64	64	30
CO_2-arme warmte	960	2.138	133	135	187	139	351
CO_2-arme productie	0	12	0	2.535	4.104	37	430
Waterstof	0	2	0	0	0	14	0
Totaal	**1.327**	**2.439**	**235**	**3.576**	**4.455**	**669**	**2.220**

**Afwijzingen van aanvragen door budgetuitputting is alleen in 2020 plaatsgevonden.*
Bron: RVO (2023) SDE++-database (niet publiek) en interne berekeningen van Trinomics.

Aanvragen die op inhoudelijke gronden of onvolledigheid zijn afgewezen of zijn ingetrokken door de indiener hebben mogelijk een negatieve invloed op de doeltreffendheid van de regeling. Deze projecten hadden namelijk mogelijk wel kunnen bijdragen aan een vermindering van de CO_2-uitstoot als ze beschikt waren geweest in SDE++-rondes 2021 en 2022, waar nog budget over was. In Tabel 2-6 is te zien dat de technieken die op inhoudelijke gronden waren afgewezen of voor beschikking zijn ingetrokken verschillen per ronde:[10]

- In SDE++-ronde 2020 zijn projecten die om inhoudelijke redenen of onvolledigheid zijn afgewezen met name grote projecten in CO_2-arme warmte. Dit waren voornamelijk gesloten warmtepomp systemen met problemen met vergunningen of het niet voldoen aan de categorievereisten. Ook voldeed een groot restwarmteproject niet aan de categorievereisten.
- In SDE++-ronde 2021 zijn er veel grote projecten door de aanvrager na indiening weer ingetrokken, met name CCS en CCU, maar ook e-boilers. De meest voorkomende reden voor intrekking is onvoldoende haalbaarheid van de planning, gevolgd door het niet voldoen aan de categorievereisten. Daarnaast zijn er in 2021 ook een aantal grote CCS-projecten afgewezen omdat RVO de planning niet haalbaar achtte. Ook waren een aantal aanvragen voor geothermieprojecten afgewezen omdat de financiële of technische haalbaarheid onvoldoende was. Over het algemeen kan volgens RVO worden gesteld dat dergelijke aanvragen te vroeg in de ontwikkelingsfase van de projecten waren gedaan.
- In SDE++-ronde 2022 zijn het vooral een aantal grote projecten die waren ingetrokken gerelateerd aan CCS, geothermie, e-boilers en monomestvergisting (biomassa). Bij CCS waren de redenen voor intrekking niet geregistreerd, maar bij geothermie was de haalbaarheid van de planning een probleem en bij e-boilers gerelateerd aan het niet voldoen aan categorievereisten. Bij monomestvergisting ging het vooral om projecten die zich hadden

[10] Voornamelijk gebaseerd op de redenen voor afwijzingen en intrekkingen geregistreerd in de RVO SDE++-database. De redenen voor afwijzingen en intrekkingen zijn niet voor alle aanvragen geregistreerd.

teruggetrokken omdat ze in een verkeerde categorie hadden aangevraagd. Ook was er een opvallende stijging van afwijzingen van monomestvergisting projecten door problemen met de vergunning. Dit is vooral gerelateerd aan projecteigenaren die door de verhoging van het basisbedrag snel een aanvraag wilden doen zonder dat benodigde vergunningen gereed waren. Volgens RVO hoopten deze projecteigenaren tevergeefs dat de vergunning nog tijdens de beoordelingsperiode van de aanvraag zou worden afgegeven.

Uiteindelijk zijn vele verschillende redenen waarom aanvragen worden afgewezen en ingetrokken, maar er verschijnen wel bepaalde trends per techniek. Door de gegevens uit de eerdere tabellen (Tabel 2-3,Tabel 2-4 en Tabel 2-6) en de onderliggende gegevens daarvan samen te nemen, kan het volgende per techniek worden geobserveerd:

- **Zon-PV:** ondanks het hoge aantal aanvragen zijn er relatief weinig afgewezen en ingetrokken aanvragen in 2020 en 2021. Dit aandeel steeg wel in 2022. Bij meer dan de helft van de afwijzingen kwam dit door een onvolledige constructeursverklaring of het ontbreken van deze verklaring, wat een nieuwe eis vanaf SDE++-ronde 2022 was.
- **Wind-op-land:** in de eerste twee rondes waren vrijwel alle aanvragen beschikt, maar in 2022 trok ongeveer de helft van de indieners hun aanvraag terug t.g.v. het Nevele-arrest. Dit was de uitspraak van de Raad van State op 30 juni 2021 waarin stond dat overheden voor windparken met drie of meer windmolens geen besluiten mogen nemen zonder uitgebreid milieuonderzoek.
- **Zonthermie en hernieuwbaar gas:** in 2020 was het aangevraagde budget voor een groot deel of volledig afgewezen. De voornaamste redenen was het bereiken van het subsidieplafond. Aangezien veel projecten in zonthermie en hernieuwbaar gas relatief duur zijn, hebben ze een kleinere kans op beschikking in rondes met budgetuitputting.
- **Biomassa:** terwijl in 2020 het overgrote deel van het aangevraagd budget in biomassa nog werd beschikt, is dit significant gedaald sinds 2021. Deze daling is vooral toe te schrijven aan de stijging van aanvragen voor monomestvergisting die vervolgens weer ingetrokken of afgewezen worden op grond van problemen met de vergunning of het niet voldoen aan de categorievereisten.
- **Geothermie:** bij deze techniek is een aanzienlijke afname in afwijzingen waarneembaar. In 2020 was een deel van de aanvragen afgewezen door budgetuitputting, maar een deel ook door problemen met de vergunning. In 2021 was er weliswaar geen budgetuitputting, maar bleef het aandeel van afwijzingen erg hoog. Echter, sinds de webinar van RVO met (mogelijke) indieners voor geothermie, zoals eerder benoemd, zijn de afgewezen aanvragen significant gedaald. In de SDE++-ronde 2022 zijn uiteindelijk 12 van de 14 aanvragen beschikt.
- **CO_2-arme warmte:** in 2020 was een groot deel van het aangevraagd budget afgewezen of ingetrokken. Een deel werd afgewezen door het bereiken van het subsidieplafond. Een ander deel werd ingetrokken door problemen met de vergunning of niet voldoen aan de categorievereisten. Sindsdien is er echter een stijging in het aandeel beschikt budget en in 2022 ook de hoeveelheid beschikt budget. Dit komt overeen met de observatie van RVO dat nieuwe categorieën een zekere ontwikkeltijd nodig hebben. Niet alleen kunnen aanvragen de eerste jaren achterlopen, maar ook het begrijpen van de aanvraagvereisten vergt tijd en ervaring.
- **CO_2-arme productie:** in 2020 waren vrijwel alle aangevraagde CCS-projecten beschikt (er waren geen CCU-projecten in 2020), maar het aandeel van beschikte projecten zakte significant in 2021. Er was een substantiële stijging van aangevraagd budget van €2 miljard

naar €7 miljard voor CCS- en CCU-projecten, maar het meeste was afgewezen of door de indieners zelf ingetrokken. Volgens RVO was een belangrijke reden dat de aanvragen te vroeg waren, omdat er nog te veel onduidelijkheden waren rondom afnemers en opslagpunten van de projecten. Ook werd de haalbaarheid van de planning in twijfel getrokken gezien de realisatietermijn van 5 jaar in 2021. De realisatietermijn voor CCS- en CCU-projecten was daarom in 2022 aangepast naar 6 jaar. I.c.m. de ervaring met het SDE++-aanvraagproces die indieners hadden verkregen in 2021 waren daarom de afwijzingen van CCS- en CCU-aanvragen in 2022 significant gedaald (8 van de 15 beschikte aanvragen in 2022 waren herindieningen). Voor de herindieners speelde ook mee dat er meer bekend was over de afnemers en opslagpunten van hun projecten.

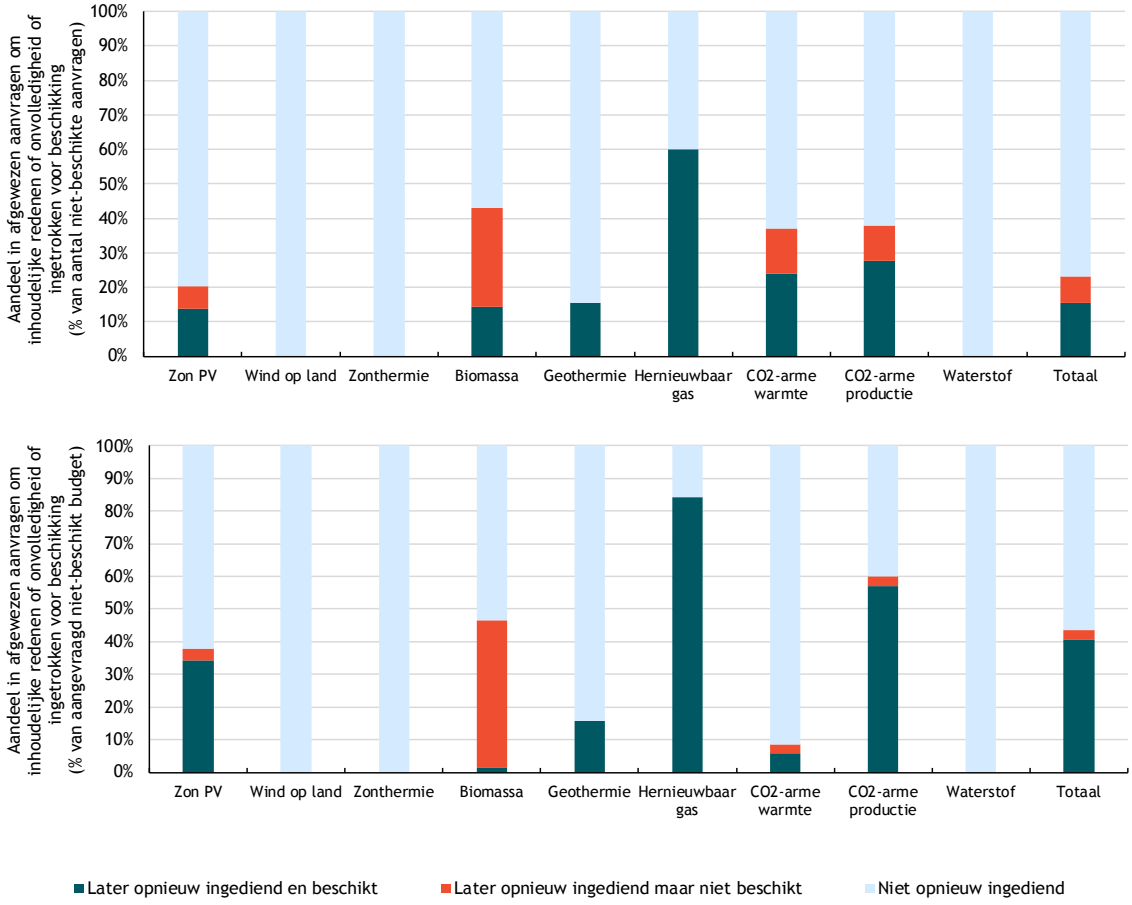
- **Waterstof:** bij waterstof is een daling van afwijzingen en intrekkingen over de jaren heen waarneembaar. Dit betreft echter slechts enkele projecten, dus kunnen geen representatieve conclusies hieruit worden getrokken.

De bovenstaande observaties tonen dat informatievoorziening gericht op specifieke technieken en onderliggende categorieën uitval van aanvragen kan beperken, met name bij nieuwe categorieën. Ervaring van RVO leert dat de markt over het algemeen een periode van gewenning nodig heeft bij nieuwe categorieën. In de gewenningsperiode is het risico op afwijzingen en intrekkingen groter, met name bij partijen die niet eerder een aanvraag onder de SDE++ (of voorgangers) heeft gedaan. Veel informatie is weliswaar te vinden op de SDE++-website, in de SDE++-brochure, de algemene webinar vooraf aan een openstellingronde en de lijst met veel gestelde vragen. Ook hebben (potentiële) indieners de gelegenheid om digitaal vragen aan RVO te stellen. Toch wordt in elke ronde toch een substantieel deel van het aangevraagd budget afgewezen op inhoudelijke gronden of ingetrokken voor beschikking. Dit is vooral waarneembaar bij de relatief nieuwe technieken (bijvoorbeeld CO_2-arme warmte) of categorieën waarbij een significante verandering is opgetreden (bijvoorbeeld monomestvergisting en zon-PV in 2022). Een uitbreiding van gerichte informatiesessies over de aandachtspunten voor deze technieken of categorieën in hun aanvraag zou helpen bij het voorkomen van uitval. De belangrijkste voorbeelden hiervan zijn geothermie en CCS/CCU. Bij geothermie zijn de afwijzingen en intrekkingen van aanvragen in 2022 aanzienlijk verminderd na gerichte feedback van RVO op de focuspunten van hun aanvraag. Ook waren de afwijzingen en intrekkingen in 2022 voor CCS/CCU significant gedaald nadat ze ervaring met de SDE++-aanvraagproces hadden opgedaan in de ronde van 2021.

Het voorkomen van uitval van aanvragen door betere begeleiding zou mogelijk slechts een beperkte invloed op de doeltreffendheid van de regeling hebben gehad. Hierbij is gekeken naar of het voorkomen van uitval van deze aanvragen in de eerste ronde waarin ze hebben ingediend, een impact zou hebben gehad op de doeltreffendheid van de regeling. Als indicator is de herindiening van een aanvraag die afgewezen is op inhoudelijke redenen of onvolledigheid of ingetrokken voor beschikking gebruikt. Indien deze aanvragen bij een herindiening beschikt zijn, is dit als indicator gebruikt dat het project bij betere begeleiding in eerste instantie niet afgewezen of ingetrokken zou zijn geweest. Hierbij is aangenomen dat aanvragen die niet opnieuw zijn ingediend, niet voldoen aan de inhoudelijke aanvraagvereisten voor de SDE++. Deze aanvraagvereisten moeten namelijk non-realisatie van beschikte aanvragen voorkomen. Figuur 2-4 laat zien dat inhoudelijk afgewezen of ingetrokken aanvragen slechts beperkt opnieuw worden ingediend en worden beschikt. In totaal wordt slechts 23% van deze aanvragen opnieuw ingediend. Deze aanvragen beslaan 44% van het budget van alle aanvragen die om inhoudelijke redenen of onvolledigheid zijn afgewezen of door de indiener zijn

ingetrokken. Van deze aanvragen wordt 67% vervolgens beschikt in latere rondes, waarbij vooral de grotere projecten worden beschikt (93% van het aangevraagd budget van de afgewezen en ingetrokken aanvragen). Hierbij valt op in Figuur 2-4 dat projecten in hernieuwbaar gas en geothermie veelal succesvol zijn bij een herindiening (voor geothermie door de bovengenoemde RVO webinar). Biomassaprojecten worden veelal opnieuw afgewezen om inhoudelijke redenen. Het is echter in deze evaluatie niet mogelijk om te stellen of de inhoudelijke aanvraagvereisten voldoende zijn geweest om non-realisatie in de realisatiefase te voorkomen en niet ten koste zijn gegaan van de doeltreffendheid in de beschikkingsfase. Vrijwel alle projecten (behalve zon-PV) zijn namelijk nog niet gerealiseerd.

Figuur 2-4 Overzicht aanvragen die op inhoudelijke gronden of onvolledigheid zijn afgewezen of voor beschikking zijn ingetrokken en opnieuw zijn ingediend als % van aantal niet-beschikte aanvragen (boven) en aangevraagd budget dat niet is beschikt (onder)



Bron: RVO (2023) SDE++-database (niet publiek) en interne berekeningen van Trinomics.

2.1.2 Realisatiefase

Aangezien de SDE++-regeling pas in 2020 van start is gegaan, zijn er tot dusver slechts een beperkt aantal projecten (2% van het beschikte budget) gerealiseerd. Figuur 2-5 geeft de status van de beschikte projecten met het aantal projecten (links) en beschikt budget (rechts) per SDE++-ronde. In totaal zijn 1251 projecten gerealiseerd, gelijk aan 14% van de beschikte aanvragen.

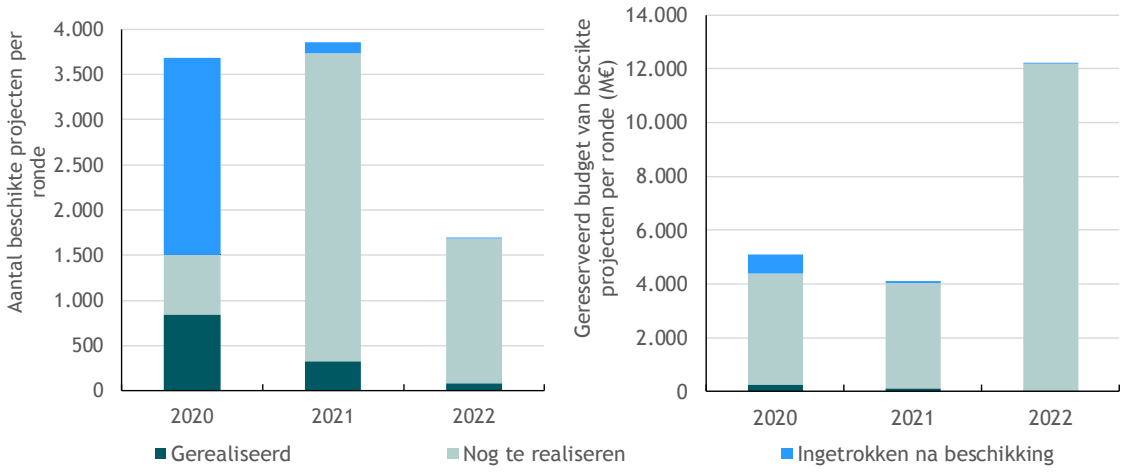
Tabel 2-7 toont een overzicht van de gerealiseerde projecten per techniek en per SDE++-ronde waarin ze zijn beschikt. Dit zijn vrijwel uitsluitend zon-PV-projecten, los van zes projecten voor gesloten warmtepompsystemen, twee wind-op-landprojecten, twee allesvergisters (één voor hernieuwbaar gas en één voor biomassa voor warmte/elektriciteit), één aquathermieproject en één e-boiler. Alle

gerealiseerde projecten omvatten gezamenlijk slechts 2% van het gereserveerde budget voor beschikte aanvragen.

Omdat de meeste projecten nog gerealiseerd dienen te worden is het slechts zeer beperkt mogelijk om conclusies te trekken over de realisatiefase. Dit geldt ook voor de mogelijke impact van uitval op de doeltreffendheid. In Figuur 2-5 is te zien dat de meeste beschikte projecten (61% van het aantal beschikte projecten met 95% van het beschikte budget) nog gerealiseerd moeten worden. Voor vrijwel alle technieken geldt namelijk een realisatietermijn van minimaal drie jaar, en voor de meeste technieken zelfs van vier jaar of meer. Op dit moment is enkel de realisatietermijn van twee jaar van zon-PV-projecten < 1 MWp verstreken.

Een substantieel deel van de beschikte projecten is weer ingetrokken. Dit heeft een negatieve impact op de doeltreffendheid van de regeling. Figuur 2-5 laat zien dat meer dan de helft van de beschikte projecten in de SDE++-ronde 2020 zijn ingetrokken. Ook zijn er intrekkingen in SDE++-rondes 2021 en 2022. Dit zijn vrijwel allemaal zon-PV-projecten. In totaal is 25% van de beschikte aanvragen ingetrokken. Dit staat gelijk aan €756 miljoen, ofwel 4% van het totale beschikte budget over de drie SDE++-rondes. €692 miljoen hiervan gaat over de SDE++-ronde 2020, waarin er sprake was van een overtekening van €1,3 miljard. Indien geen budget beschikt zou zijn voor projecten die in de realisatiefase zijn ingetrokken, had de helft van het aangevraagd budget van projecten die door budgetuitputting waren afgewezen beschikt kunnen worden. De doeltreffendheid zou in ieder geval beter zijn geweest, gezien het aannemelijk is dat niet 100% van deze projecten die zijn afgewezen door budgetuitputting ook zouden uitvallen in de realisatiefase. In hoeverre de doeltreffendheid hierdoor zal verbeteren is echter moeilijk te zeggen.

Figuur 2-5 Overzicht van de status van projecten in de realisatiefase per SDE++-ronde in aantallen (links) en gereserveerd SDE++-subsidiebudget (rechts)



Bron: RVO (2023) SDE++-database (niet publiek) en interne berekeningen van Trinomics.

Tabel 2-7 Gerealiseerde projecten per hoofdtechniek en SDE++-ronde

Hoofdtechniek	Aantal gerealiseerde projecten			Gereserveerde budget voor gerealiseerde projecten [miljoen €]		
	2020	2021	2022	2020	2021	2022
Zon-PV	833	323	83	195	84	15
Wind-op-land	2	0	0	0,023	0	0
Zonthermie	0	0	0	0	0	0
Biomassa	0	1	0	0	4	0
Geothermie	0	0	0	0	0	0
Hernieuwbaar gas	0	1	0	0	19	0
CO_2-arme warmte	8	0	0	20	0	0
CO_2-arme productie	0	0	0	0	0	0
Waterstof	0	0	0	0	0	0
Totaal	**843**	**325**	**83**	**215**	**107**	**15**

Bron: RVO (2023) SDE++-database (niet publiek) en interne berekeningen van Trinomics.

Vanaf SDE++-ronde 2022 zijn maatregelen getroffen om de non-realisatie van zon-PV-projecten op dak, de grootste groep van ingetrokken projecten, te beperken. Het is nog te vroeg om te bepalen of deze maatregelen uitval in de realisatiefase hebben kunnen voorkomen. Het overgrote deel van de ingetrokken projecten na beschikking zijn zon-PV-projecten op dak waarvan de realisatietermijn was verstreken en door de aanvrager of RVO is ingetrokken (89% van de ingetrokken projecten; 58% van het ingetrokken budget). Daarnaast zijn er zon-PV-projecten op dak waarvan de termijn voor uiterste ingebruikname nog niet is verstreken, maar die wel ingetrokken zijn (9% van de ingetrokken projecten; 25% van het ingetrokken budget).[11] De gegevens ontbreken om de exacte redenen te bepalen waarom deze projecten niet binnen de gestelde realisatietermijn gerealiseerd konden worden, of daarvoor al zijn ingetrokken. Volgens marktpartijen kan wel worden gesteld dat problemen rondom verzekeringen voor zon-op-dak projecten één van de belangrijkste factoren is voor uitval. De eisen vanuit de verzekeraars worden steeds meer aangescherpt, waardoor er meer werk nodig om projecten naar de wensen van de verzekeraar op te leveren dan oorspronkelijk beoogd. Het is mogelijk dat de extra eis voor een constructeursverklaring voor de draagkracht van het dak ten minste een deel van dit probleem aan kan pakken. Immers, een deel van de aanvragen van SDE++-ronde 2022 zijn al op grond van het ontbreken van de constructeursverklaring afgewezen en het aantal aanvragen voor zon-PV op dak is in 2022 gehalveerd (zie sectie 2.1.1). Het is echter nog te vroeg om te concluderen of de vereiste constructeursverklaring uitval in de realisatiefase heeft voorkomen, omdat de projecten van 2022 nog vrijwel allemaal in de realisatiefase zitten.

De transportindicatie is een andere belangrijke maatregel om uitval in de realisatiefase te verminderen. Ook hiervoor geldt dat het niet mogelijk is om te bepalen of dit non-realisatie heeft kunnen voorkomen. Projecten die elektriciteit leveren aan het net moeten bij hun subsidieaanvraag een transportindicatie indienen. De transportindicatie geeft in beperkte mate aan of er op dat moment voldoende capaciteit is om het project aan te sluiten op het elektriciteitsnet. Dit geeft echter geen garantie dat projecten ook aangesloten kunnen worden wanneer ze worden gerealiseerd. Zo wordt er slechts geen transportindicatie verleend als een gebied rood is op de congestiekaart, en kan een andere partij in de tussentijd de capaciteit definitief hebben aangevraagd. Volgens marktpartijen was netcongestie daarom ook de voornaamste reden dat een groot aantal beschikte zon-PV-projecten niet zijn gerealiseerd. Om de kans op uitval door gebrek aan netcapaciteit verder te verminderen, is het een optie om het aantal beschikkingen van projecten met een transportindicatie in een specifiek gebied te beperken. Dit kan echter ook negatief uitpakken voor de doeltreffendheid als de beschikte projecten

[11] De overige ingetrokken projecten (2% van de ingetrokken projecten; 17% van het ingetrokken budget) zijn zon-PV-veldsystemen, gesloten warmtepompsystemen, wind-op-land, CCU en monomestvergisting.

door andere redenen uitvallen terwijl de afgewezen projecten wel gerealiseerd zouden worden. Ook zouden projecten die niet door de SDE++ gesubsidieerd zijn beslag kunnen leggen op de netcapaciteit. Dit benadrukt het belang van een korte doorlooptijd van subsidiebeschikking tot realisatie. Dit vergroot namelijk de kans dat de transportindicatie ook tot een daadwerkelijk transportovereenkomst met de netbeheerder komt.

Er zijn monitoring- en controlemechanismes om non-realisatie te voorkomen. Voor het merendeel van projecten die in de realisatiefase zijn uitgevallen gelden deze mechanismen niet. Partijen waarvan de SDE++-subsidieaanvraag is beschikt moeten jaarlijks een voortgangsrapportage indienen. Ook moeten ze afschriften van opdrachtverstrekkingen inleveren waarin de opdracht(en) voor de levering van onderdelen voor de bouw van het beschikt project staat beschreven. Deze eisen gelden vanwege de korte realisatietermijn echter niet voor projecten in de categorie zon-PV tussen 15 kWp en 1 MWp, terwijl 93% van de ingetrokken beschikkingen en 60% van het ingetrokken budget in deze categorie valt. Mogelijk zou een jaarlijkse rapportage eerder kunnen achterhalen of deze projecten uiteindelijk toch niet worden gerealiseerd, waardoor het gereserveerde budget van deze projecten eerder vrijgemaakt kan worden. Deze projecten hebben echter een maximale realisatietermijn van slechts twee jaar, waardoor een extra rapportage tot meer administratieve lasten kan leiden zonder een substantiële impact te hebben. Deze veronderstelling wordt gedeeld door marktpartijen. Ze stellen dat extra rapportage kan helpen om eerder non-realisatie te detecteren, maar mogelijk niet te voorkomen. Een deel van de uitval is namelijk gerelateerd aan gebouweneigenaren die na beschikking twijfelen of een zon-op-dakproject wel de hoogste prioriteit binnen de bedrijfsvoering heeft en de realisatietermijn vervolgens laat verlopen. Daarnaast is het de vraag of het proportioneel is om voor deze kleine projecten relatief grote administratielasten verplicht te stellen. Volgens marktpartijen dienen veel van deze gebouweigenaren slechts eenmalige SDE++ aanvragen in en ze beschouwen de SDE++ al als administratief veel werk en complex. Extra rapportage zou juist tot minder SDE++-aanvragen kunnen leiden, omdat de relatief kleine inkomstengarantie voor zon-PV-projecten niet opwegen tegen de administratieve kosten. Voor de andere technieken is het nog te vroeg om te beoordelen of de voortgangsrapportage en afschriften van opdrachtverstrekking voldoende zijn geweest om uitval in de realisatiefase te voorkomen.

Voor grote projecten zijn er extra monitoring- en controlemechanismes, maar deze gelden dusver enkel voor CCS- en CCU-projecten. Projecten die een SDE++-subsidiebeschikking van €400 miljoen of meer hebben, én vrijwel alle CCS-projecten en CCU-projecten met een nieuwe afvanginstallatie of vervloeiingsinstallatie moeten binnen twee weken na afgifte van de subsidiebeschikking een uitvoeringsovereenkomst tekenen.[12] Hierin is o.a. een boeteclausule voor non-realisatie opgenomen. Deze bedraagt maximaal 2% van de maximale hoogte van de subsidie. Ook moet binnen vier weken na de beschikking een bankgarantie worden afgegeven. In de SDE++-rondes 2020-2022 zijn alle subsidiebeschikkingen van €400 miljoen of meer CCS- of CCU-projecten.

Het introduceren van een uitvoeringsovereenkomst en bankgarantie voor meer projecten zou de kans op non-realisatie kunnen verminderen en de doeltreffendheid verbeteren. Voor 9.181 beschikte aanvragen, die gezamenlijk €11,6 miljard beschikt hebben gekregen (55% van het beschikte budget 2020-2022), geldt geen boeteclausules bij non-realisatie. Vanuit de SDE++ is er dus geen directe financiële prikkel tegen non-realisatie. Het is echter niet direct in het belang van een aanvrager om

[12] Projecten met CO_2 afvanginstallaties bij biomassa-installaties voor gebruik in de glastuinbouw met een beschikking onder de 400 miljoen € zijn uitgesloten van een uitvoeringsovereenkomst en bankgarantie.

een project in te dienen en niet te realiseren. Aanvragers maken namelijk al voor hun subsidieaanvraag verschillende kosten, waaronder voor de aanvraag van de benodigde vergunning. Toch zou de introductie van boeteclausules bij meer projecten kunnen bijdragen aan het verminderen van non-realisatie. Een boeteclausule geeft een projectontwikkelaars een extra prikkel om maatregelen te treffen om de kans op non-realisatie te verkleinen voordat ze een aanvraag indienen. Ook kan dit ertoe leiden dat de aanvragen niet te vroeg in de ontwikkelingsfase worden ingediend, wat volgens RVO één van de belangrijke redenen was dat aanvragen waren afgewezen. Een boeteclausule kan dus tot minder afgewezen aanvragen leiden en vervolgens ook minder uitval na beschikking, wat de doeltreffendheid ten goede komt. Dit is tegelijkertijd wel een extra drempel om SDE++-subsidie aan te vragen. Als er vervolgens minder aanvragen worden ingediend dan budgettair beschikbaar is, heeft dit weer een negatieve invloed op de doeltreffendheid. Een boeteclausule zou voor projecten met een kleine kans op non-realisatie echter geen onoverkoombare barrière moeten zijn. Een boeteclausule zou ingevoerd kunnen worden door de grens van €400 miljoen voor het afsluiten van een uitvoeringsovereenkomst en bankgarantie te verlagen, of deze afsluitverplichting bij meer technieken in te voeren. Het is echter nog te vroeg om te bepalen bij welke technieken of vanaf welke projectomvang een boeteclausule proportioneel is t.o.v. de non-realisatie dat voorkomen kan worden. De meeste beschikte projecten moeten namelijk nog gerealiseerd worden of zijn (nog) niet uitgevallen.

Stakeholders noemden verder veranderingen in kosten als een belangrijke factor voor hun besluit om na beschikking hun project toch niet te realiseren. Het is zeer de vraag of dit had kunnen worden voorkomen in de SDE++ en of voorkomen wenselijk zou zijn geweest. De SDE++ biedt enkel zekerheid voor inkomsten per MWh opgewekte hernieuwbare energie of CO_2-arme warmte of per ton vermeden CO_2-uitstoot. Het aanvraagbedrag van de subsidie staat na beschikking voor de gehele subsidieperiode vast. Interviews wijzen echter uit dat sommige projecten na beschikking toch niet gerealiseerd worden doordat de business case verslechtert door marktomstandigheden aan de kostenkant. Veranderingen aan de kosten van projecten, bijvoorbeeld door een stijging van inflatie of energie-, arbeids- en/of materiaalkosten zoals in de afgelopen jaren als gevolg van de (nasleep) van corona en de energiecrisis, worden namelijk niet gedekt. Met name onverwachte stijgingen in nettarieven werden door geïnterviewde marktpartijen veelvuldig als een probleem benoemd, en bij elektrificatie ook de hogere elektriciteitsprijzen in het algemeen. Het indexeren van de SDE++-bijdrage aan de grootste kostenposten zou volgens marktpartijen uitval van dergelijke projecten in de realisatiefase kunnen voorkomen. Het is echter niet evident dat de SDE++ ook dit kostenrisico zou moeten dekken. Projectontwikkelaars zouden een deel van de kostenrisico's gerelateerd aan investeringskosten kunnen beperken door de benodigde materialen kort na de beschikking (of zelfs voor beschikking) vast te leggen. Dit is echter moeilijker of zelfs onmogelijk bij sommige operationele kosten zoals nettarieven. Wel kunnen partijen hun subsidieaanvraag tegen een hoger aanvraagbedrag indienen om dit risico op te vangen. Dit is mogelijk zolang het indieningsbedrag lager is dan het basisbedrag van de techniek, met als risico dat de aanvraag niet wordt beschikt, wat inherent is aan het ontwerp van de SDE++. Voor technieken waar het basisbedrag krap is vastgesteld, is de spelingsruimte om in te dienen tegen een hoger aanvraagbedrag echter minder groot. Tegelijkertijd vergroot een te ruim basisbedrag het risico op overstimulering, wat de doelmatigheid negatief beïnvloed. Daarnaast kan worden gesteld dat kostenveranderingen onderdeel zijn van het ondernemersrisico.

Een mogelijke tussenweg zou kunnen zijn om de SDE++-bijdrage enkel te indexeren bij een kostenstijgingen die een regulier ondernemersrisico overstijgt. Dit vereist nader onderzoek naar de

praktische uitvoerbaarheid. Het regulier ondernemersrisico is namelijk niet eenvoudig te definiëren. Er is een veelvoud aan rechtszaken gevoerd over deze vraag, met uiteenlopende uitspraken. Vaak wordt verwezen naar een oordeel van de Raad van Arbitrage Bouwgeschillen die in een specifiek geval tot de conclusie kwam dat de eerste 20% van een prijsstijging onder het ondernemersrisico valt en dat pas bij een kostenstijging van ten minste 5% sprake is van een 'aanzienlijke kostenverhoging'.[13] Andere bronnen noemen 10% of 5% als vuistregel,[14] terwijl er in uitspraken ook prijsstijgingen van 400% als onderdeel van het ondernemersrisico worden genoemd.[15] Nader onderzoek is nodig om te bepalen wat een acceptabel niveau van ondernemersrisico is. Ook moet een objectieve wijze worden vastgelegd om de kostenstijgingen te kwantificeren. Daarnaast moet ook worden onderzocht of het wenselijk en mogelijk is een dergelijke indexering op projecten die al beschikt toe te passen. Dit vereist namelijk een aanpassing van de subsidievoorwaarden waartegen aanvragen in de eerdere rondes zijn ingediend, wat mogelijk concurrentievervalsing is. Een deel van de aanvragen zouden namelijk mogelijk tegen een lager aanvraagbedrag zijn ingediend bij indexering. Indien dit aanvragen zijn die door rangschikking op subsidie-intensiteit op grond van budgetuitputting waren afgewezen, had dit tot andere beschikkingen kunnen leiden. Verder kan dit leiden tot overstimulering als projecten al in hun aanvraagbedrag (deels) rekening hebben gehouden met kostenstijgingen. Deze aanpak zou wel betekenen dat de overheid een nóg groter deel van de financiële risico's van CO_2-reductieprojecten op zich neemt, waarbij de vraag is of dit wenselijk is.

Tot slot gaat de SDE++ gepaard met verdelingseffecten, zeker in combinatie met ander klimaatbeleid, wat tot een ongelijk speelveld kan leiden tussen bedrijven. Dit is echter inherent aan het ontwerp van de SDE++ en kan slechts beperkt worden gemitigeerd. Niet ieder project of iedere techniek komt in aanmerking voor een SDE++-subsidie. Zo kan een project niet aan bod komen omdat de kosten hoger zijn dan de kosten waarop het basisbedrag is gebaseerd. Zoals uitgelegd in Hoofdstuk 3 is het basisbedrag namelijk zo ingericht dat het merendeel van de projecten in een categorie uit kan. Het duurdere potentieel binnen een categorie dient dus niet uit te kunnen voor het basisbedrag. Daarnaast kunnen duurdere categorieën niet aan bod komen vanwege budgetuitputting. De consequentie van deze ontwerpkeuzes die de doelmatigheid van de SDE++ dienen te bevorderen is dat er verdelingseffecten ontstaan. In sectie 4.2.3 gaan we hier verder op in, omdat die interactie met ander klimaatbeleid relevant is, inclusief maatregelen om verdelingseffecten te beperken waar dit niet consistent is met ander klimaatbeleid.

2.1.3 Productiefase

Omdat het overgrote deel van de projecten nog gerealiseerd moet worden, hebben projecten met SDE++-subsidiebeschikking in 2022 slechts een emissiereductie van 23 kt CO_2 gerealiseerd. Dit is gelijk aan 0,015% van het totale Nederlandse BKG-uitstoot in 2022 (exclusief landgebruik).[16] Deze emissiereductie is vrijwel geheel afkomstig van zon-PV projecten met nog enkele CO_2-arme warmteprojecten zoals weergegeven in Tabel 2-8. De tabel toont ook de subcategorieën waar de gerealiseerde projecten onder vallen. In totaal hebben alle gerealiseerde SDE++-projecten gezamenlijk zo'n 0,12 TWh aan hernieuwbare en CO_2-arme energie geproduceerd.

[13] Zie bijvoorbeeld IBR (2022). (Extreme) prijsstijgingen van bouwmaterialen: voor wiens rekening komt dat?
[14] Zie bijvoorbeeld Severijn Hulshof Advocaten (2022). Wat te doen bij discussies over kostenverhogingen?
[15] Zie bijvoorbeeld Trip (2022). Prijsvastbeding en prijsstijgingen; de juridische mogelijkheden.
[16] Broeikasgassen | Emissieregistratie

De gerealiseerde CO_2-reductie zal snel gaan groeien; er is namelijk een grote pijplijn aan beschikte projecten. In Tabel 2-8 is te zien dat in het eerste deel van 2023[17] al meer productie van hernieuwbare en CO_2-arme energie heeft plaatsgevonden dan in heel 2022. Het gereserveerde budget van deze projecten beslaat echter slechts 2% van het beschikte budget van alle projecten die niet in de realisatiefase zijn ingetrokken. De CO_2-reductie van projecten gesubsidieerd door de SDE++ zal daarom in de komende jaren naar verwachting met enkele malen groeien (zie sectie 2.2).

Tabel 2-8 Overzicht van gerealiseerde productie en gerealiseerde CO_2-reductie met SDE++

	Productie [MWh]			CO_2-reductie [tCO_2]		
Subcategorie	2021	2022	2023	2021	2022	2023
Zon-PV >= 15 kWp en < 1 MWp dak	5.745	83.955	100.566	1.075	16.012	19.102
Zon-PV >= 1 MWp dak	75	22.113	38.096	14	4.199	7.303
Zon-PV >= 15 kWp en < 1 MWp veld plus	0	30	1.464	0	7	290
Zon-PV >= 1 MWp veld plus	0	7.398	17.370	0	1.446	3.450
Wind-op-land	31	56	3	6	10	1
Allesvergister (W)	0	13	99	0	3	22
Aquathermie afvalwater	1.319	2.726	1.461	219	453	243
E-boiler	0	157	443	0	36	100
WP gesloten systeem	219	2.603	880	38	450	152
Totaal	**7.390**	**119.052**	**160.384**	**1.351**	**22.616**	**30.663**

** Een zon-PV-project produceerde 0,235 MWh en reduceerde 0,044 tCO_2 in 2020 (niet getoond in de tabel)*
*** De getoonde productie en CO_2-reductie voor 2023 geldt alleen voor een deel van 2023 en is gebaseerd op niet-publieke data van RVO d.d. 14-08-2023.*
Bron: RVO (2023) SDE++-database (niet publiek) en interne berekeningen van Trinomics.

Er zijn nog te weinig projecten gerealiseerd om conclusies te verbinden aan de impact van onderproductie op de doeltreffendheid. Dusver zijn er twee zon-PV-projecten na realisatie ingetrokken die gezamenlijk slechts €0,1 miljoen beschikt hadden gekregen (0,001% van het beschikte budget) en is de impact van deze uitval op de doeltreffendheid daarom miniem. Daarnaast is een andere belangrijke indicator voor doeltreffendheid in de productiefase de onderproductie van gerealiseerde projecten. Dit geeft aan in welke mate minder hernieuwbare of CO_2-arme energie (of vermeden CO_2-uitstoot bij CCS/CCU projecten) heeft plaatsgevonden dan gesubsidieerd kan worden volgens de SDE++-beschikking. Tabel 2-9 toont de maximale subsidiabele CO_2-reductie (links) en het aandeel van de gerealiseerde CO_2-reductie daarvan (rechts) o.b.v. de data in Tabel 2-8. In de tabel is te zien dat de onderproductie dusver relatief beperkt is voor zon-PV, wind-op-land en aquathermie. Bij allervergister en e-boiler lijkt er sprake van een significante onderproductie. Deze resultaten zijn echter niet representatief voor de subcategorie, omdat voor de projecten die niet onder zon-PV vallen van elk maar één project is gerealiseerd. Ook zijn sommige projecten minder dan een jaar gerealiseerd, waarbij onderproductie in de opstartfase normaal is.[18] Het is daarom nog te vroeg in de uitvoering van de SDE++ om enige conclusies aan onderproductie te verbinden.

[17] RVO-data d.d. 14-08-2023.
[18] Zie ook resultaten over onderproductie in Trinomics (2021). Evaluatie van de SDE+.

Tabel 2-9 Overzicht van maximale subsidiabele CO_2-reductie en aandeel van gerealiseerde CO_2-reductie in de maximale subsidiabele CO_2-reductie

Subcategorie	Maximale subsidiabele CO_2-reductie [tCO2] 2021	2022	2023	Maximale subsidiabele CO_2-reductie [%] 2021	2022	*2023**
Zon-PV >= 15 kWp en < 1 MWp dak	1.912	20.533	47.398	56%	78%	*40%*
Zon-PV >= 1 MWp dak	88	5.753	16.655	16%	73%	*44%*
Zon-PV >= 15 kWp en < 1 MWp veld plus	0	23	579	n.v.t.	29%	*50%*
Zon-PV >= 1 MWp veld plus	0	2.255	11.400	n.v.t.	64%	*30%*
Wind-op-land	8	16	11	74%	66%	*5%*
Allesvergister (W)	0	188	2.254	n.v.t.	1%	*1%*
Aquathermie afvalwater	305	731	731	72%	62%	*33%*
E-boiler	0	4.511	5.413	n.v.t.	1%	*2%*
WP gesloten systeem	75	895	895	51%	50%	*17%*
Totaal	**7.390**	**119.052**	**160.384**	**1.351**	**22.616**	**30.663**

**2023 is niet representatief omdat de maximale subsidiabele CO_2-reductie voor heel 2023 geldt terwijl de gerealiseerde CO_2-reductie slechts voor een deel van 2023 beschikbaar is.*
Bron: RVO (2023) SDE++-database (niet publiek) en interne berekeningen van Trinomics.

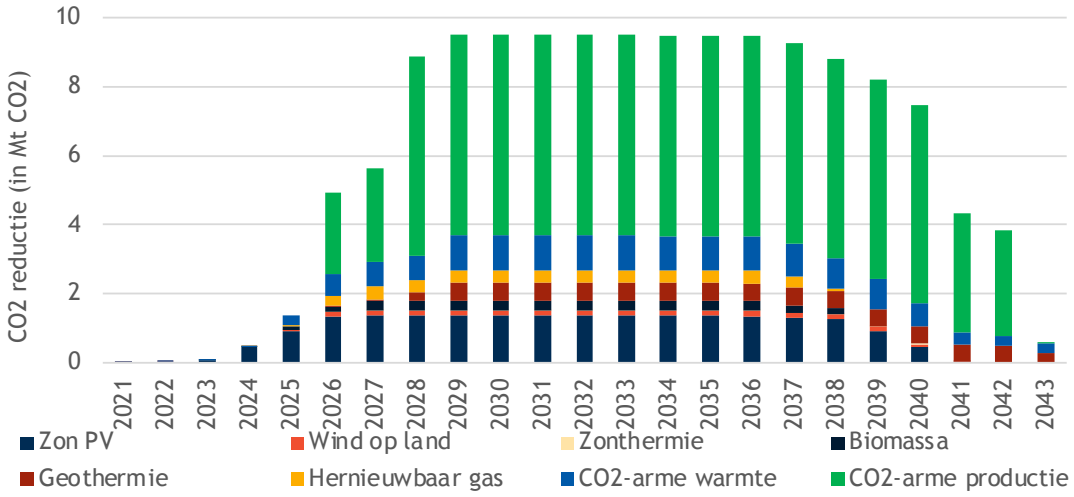
2.2 Verwachte CO_2-reductie

De jaarlijkse CO_2-reductie t.g.v. projecten die worden ondersteund door de SDE++-rondes 2020-2022 zal in komende jaren significant toenemen tot maximaal 9,5 Mt CO_2 per jaar vanaf 2029.
Figuur 2-6 geeft de maximale CO_2-reductie die per categorie kan worden bereikt door SDE++-projecten die zijn beschikt tussen 2020 en 2022. Hierbij dienen twee uitgangspunten te worden toegelicht. Ten eerste neemt de figuur alle beschikte projecten die nog in de realisatiefase worden meegenomen. In de praktijk is het te verwachten dat niet alle beschikte projecten zullen worden gerealiseerd, o.a. op basis van historische non-realisatie patronen die voorkwamen in de voorgangers van de SDE++. De voorgangers van de SDE++ laten ook zien dan de projecten vaak minder hernieuwbare energie produceren dan de maximale subsidiabele productie (onderproductie). Daarom spreken we van een maximum. Ten tweede betreft dit de emissiereductie die wordt geraamd o.b.v. de aangenomen emissiefactoren door PBL. De daadwerkelijke emissiereductie kan afwijken van deze ramingen, bijvoorbeeld omdat de elektriciteitsmix zich anders ontwikkelt dan geraamd door PBL. De geraamde cumulatieve CO_2-reductie stijgt van 1,4 kton in 2021 tot 9,5 Mton in 2029 doordat steeds meer projecten worden gerealiseerd. In 2021 zijn alleen een aantal zon-PV-projecten en enkele CO_2-arme warmteprojecten uit de 2020-ronde in productie (zie Sectie 2.1.3). Vanaf 2029 dienen alle beschikte projecten in productie te zijn. Vanaf 2036 neemt de geraamde CO_2-emissiereductie weer af, omdat projecten het einde van hun subsidietermijn bereiken.[19] Dit betekent niet dat de projecten geen bijdrage meer leveren aan de CO_2-reductie in Nederland, maar enkel dat deze CO_2-reducerende maatregelen niet meer worden ondersteund door de SDE++. Over de gehele looptijd van de subsidie voor de projecten beschikt in 2020-2022 zal de SDE++ maximaal cumulatief 140 Mt CO_2-emissiereductie ondersteunen.

Naar schatting zal in 2030 61% van de emissiereductie voortkomen uit CO_2-arme productie (waarvan 90% van CCS), gevolgd door zon-PV (14%) en CO_2-arme warmte (11%). Het aandeel van de andere technieken in de figuur is maximaal 5% per techniek. Verder valt op dat de verhouding tussen technieken in de beginjaren (2021-2028), de middenjaren (2029-2036) en de eindjaren (2037-2043) verschilt. Dit komt door het verschil in realisatieduur per techniek: een zonnepark is eerder in productie dan een CCS-project.

[19] Schatting van Trinomics op basis van RVO database (niet publiek).

Figuur 2-6 Jaarlijkse CO_2-reductie ondersteund door de SDE++ van CO_2 reducerende maatregelen per techniek



Bron: RVO (2023) SDE++-database (niet publiek) en interne berekeningen van Trinomics. De gerealiseerde CO_2-reductie in 2021 en 2022 is op basis van RVO data bepaald o.b.v. de emissiefactoren in de RVO SDE++-database. De CO_2-reductie voor 2023 is een extrapolatie van de voorlopige productie voor 2023 tot aan de eerste helft van 2023. De jaarlijkse CO_2-reductie vanaf 2024 is ingeschat op basis van de aanname dat alle beschikte projecten in de realisatiefase met het maximaal jaarlijkse subsidiabele productie/CO_2-reductie worden gerealiseerd.

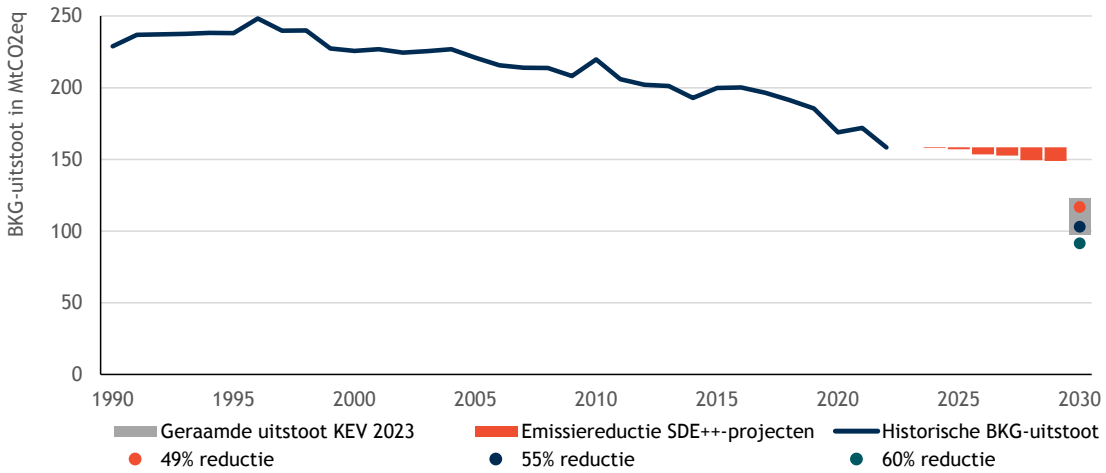
Uit de meest recente raming van PBL blijkt dat het klimaatdoel voor 2030 uit het Klimaatakkoord binnen bereik ligt. Eén van de belangrijkste doelen waar de SDE++ aan bij dient te dragen is de 2030-emissiereductiedoelstelling uit het Klimaatakkoord. Deze bedraagt 49% reductie t.o.v. 1990. Dit komt overeen met een BKG-uitstoot van 117 Mton CO_2eq in 2030.[20] In de KEV 2023 raamt PBL de emissies in 2030 tussen de 97 en 123 Mton CO_2eq in 2030.[21] De doelstelling vanuit het Klimaatakkoord ligt dus binnen bereik. Na het Klimaatakkoord is een meer ambitieuze doelstelling ingevoerd van 55% reductie (103 Mton CO_2eq).[22] Deze doelstelling is echter niet direct relevant voor deze evaluatie.[23]

De geraamde maximale emissiereductie van SDE++-projecten beschikt in 2020-2022 komt overeen met 23% van de benodigde emissiereductie tussen 2022 en 2030 om het Klimaatakkoorddoel te halen. Figuur 2-7 geeft een overzicht van de historische BKG-emissies sinds 1990, de verschillende doelstellingen (49%, 55%, 60%) voor 2030, de geraamde BKG-emissies volgens de KEV 2023 en de geraamde maximale emissiereductie van projecten ondersteund door de SDE++. In 2022 bedroeg de uitstoot nog 158 Mton CO_2eq. Er dient dus 42 Mton BKG-emissies te worden gereduceerd om het 49% reductiedoel te halen. Dit betekent dat de 9,5 Mton reductie van projecten ondersteund door de SDE++ (en beschikt tussen 2020-2022) zo'n 23% van de reductieopgave tussen 2022 en 2030 ondervangt. Deze emissiereductie betreft enkel de geraamde maximale reductie van SDE++-projecten die zijn beschikt tussen 2020 en 2022. In de praktijk zal de reductie waarschijnlijk lager uitvallen door non-realisatie en onderproductie. Tegelijkertijd zullen in toekomstige openstellingsrondes van de SDE++ nog meer projecten beschikt worden. De 2023-ronde had bijvoorbeeld een budget van €8 miljard. De pijplijn aan SDE++-projecten zal dus groeien. Tot slot is het relevant om te onderkennen dat de SDE++ weliswaar een belangrijk instrument is om de klimaatdoelstellingen te halen, maar uiteraard niet het enige. Ook de voorganger van de SDE++ (de SDE+) blijft tot 2030 hernieuwbare energie stimuleren.

[20] CBS (2023). Emissies van broeikasgassen berekend volgens IPCC-voorschriften.
[21] PBL (2023). Klimaat en Energieverkenning 2023.
[22] Met een streefdoel van 60% (92 Mton CO_2eq).
[23] De impact op het behalen van de 55%-klimaatdoelstelling was geen onderdeel van de onderzoeksvragen voor deze evaluatie.

Het Klimaatakkoord kent ook sectordoelstellingen en een 2050-doelstelling. De bijdrage van de SDE++ aan deze doelstellingen is minder evident. Figuur 2-7 illustreert ook de restopgave die behaald dient te worden tussen 2030 en 2050 om aan de 2050-doelstelling te voldoen (95% reductie in 2050 t.o.v. 1990, met de ambitie om klimaatneutraal te zijn). Daarnaast vloeien er verschillende sectordoelstellingen voort uit het Klimaatakkoord en dient de SDE++ bij te dragen aan deze doelstellingen. In sectie 4.2.3 beschouwen we de consistentie van de SDE++ met deze doelstellingen.

Figuur 2-7 Historisch en geraamde BKG-emissies, klimaatdoelstellingen en emissiereductie SDE++-projecten beschikt in 2020-2022



Bronnen: PBL (2023). Klimaat en Energieverkenning 2023. CBS (2023). Emissies van broeikasgassen berekend volgens IPCC-voorschriften. RVO (2023) SDE++-database (niet publiek) en interne berekeningen van Trinomics.

2.3 Additionaliteit

Onder additionaliteit verstaan we de mate waarin de SDE++ ervoor heeft gezorgd dat er CO_2-reductie is gerealiseerd die anders niet tot stand was gekomen. Als een project met behulp van de SDE++ is gerealiseerd, terwijl het ook zonder SDE++ gerealiseerd had kunnen worden, dan draagt de SDE++ niet bij aan extra CO_2-reductie, maar gaat het wel ten koste van het totale subsidiebudget. Door de ondersteuning van dit project kan de SDE++ niet worden gebruikt voor projecten die niet zonder de SDE++ gerealiseerd kunnen worden, of voor andere publieke belangen buiten de SDE++. Door dit mechanisme is additionaliteit direct gerelateerd aan de doeltreffendheid van de regeling. Deze sectie gaat in op de additionaliteit t.o.v. de situatie zonder de SDE++. De interactie tussen ETS en SDE++ wordt in meer detail besproken in Hoofdstuk 4 (consistentie).[24]

Om de additionaliteit te testen wordt eerst de gevolgde aanpak met regressiemodellen kort beschreven in sectie 2.3.1, maar dit heeft geen resultaten opgeleverd. Daarna wordt de analyse met het door Trinomics aangepaste ORT-model gepresenteerd om te laten zien dat de meerderheid van de projecten als additioneel aangemerkt kunnen worden in sectie 2.3.2.

2.3.1 Samenvatting van econometrische analyses

[24] Voor CO_2-reductie is het ook mogelijk om CO_2 rechten te verkopen via de Europese ETS. Als deze opbrengsten voldoende zijn om een CO_2 reducerende investering te doen, dan is de additionele steun via SDE++ niet nodig en in dat geval is de SDE++ niet additioneel. Hoofdstuk 4 gaat hier verder op in. In hoofdstuk 2 en 3 gaan we ervan uit dat zelfs na het verkrijgen van ETS opbrengsten er nog steeds een onrendabele top over kan blijven, waarmee SDE++ in de meeste gevallen nog wel additioneel blijft.

De realisatiegraad van projecten met SDE++ is nog te laag om een gedegen econometrische analyse uit te voeren om de additionaliteit statistisch te onderbouwen. Als onderdeel van deze studie hebben we een plan van aanpak gemaakt om via regressieanalyses de additionaliteit van de SDE++-regeling verder te onderbouwen. Het is helaas niet gelukt om voldoende data te verzamelen om tot een zinvolle analyse te komen. Er zijn namelijk te weinig realisaties van de beschikte projecten onder SDE++. Alleen voor de categorie zon-PV zijn voldoende projecten met een SDE++-beschikking gerealiseerd, namelijk 1.239 projecten, waar mogelijk een econometrische analyse op uitgevoerd zou kunnen worden. Voor zon-PV projecten is het echter niet mogelijk gebleken om voldoende data te verzamelen over projecten die zijn ontwikkeld zonder SDE++, waarmee een controlegroep ontbreekt. Daarnaast is deze groep (zon-PV projecten die zonder SDE++ worden/zijn gerealiseerd) mogelijk niet vergelijkbaar met de groep zon-PV projecten die wel met SDE++ wordt gerealiseerd. Dit komt doordat er meerdere factoren invloed hebben op het wel of niet gebruik maken van SDE++ en deze factoren tussen de controlegroep en de steekproef niet constant gehouden kunnen worden (bijvoorbeeld verschillen in minimale rendementseisen van projecten met en zonder SDE++ zoals in Sectie 2.3.2 is besproken). Doordat er mogelijk niet aan deze voorwaarden wordt voldaan, zou een vergelijking resulteren in een vertekend resultaat, waardoor de analyse van beperkt nut zou zijn. In de enquête hebben we 54 responses ontvangen die aangaven zon-PV projecten te hebben gerealiseerd zonder SDE++. Deze groep respondenten kreeg additionele vragen te zien in de enquête om zo een controlegroep op te kunnen stellen, maar de respons op deze additionele vragen lag erg laag (5 van de 54 respondenten), waarmee het opstellen van een voldoende grote controlegroep onmogelijk werd. Ook heeft RVO de enquête niet kunnen versturen naar aanvragers van de SDE++ die geen SDE++-beschikking hebben gekregen, vanwege de algemene verordening gegevensbescherming (AVG).

Op basis van de huidige beschikbare gegevens zijn we tot de conclusie gekomen dat er geen toepasbare econometrische methode is om de causale impact van de SDE++-subsidie vast te stellen. Verschillende regressiemodellen zijn overwogen om de marginale impact te achterhalen; niet alleen door gebruik te maken van een controlegroep, maar door ook projecten met minder/meer subsidie met elkaar te vergelijken. In het bijzonder is het gebruik van *propensity score*-weging nauwkeurig onderzocht als een potentiële methode om de marginale impact van de subsidie te achterhalen. De methode met de huidige beschikbare gegevens kan echter geen causale gevolgtrekking worden vastgesteld. In Appendix sectie A.3 wordt hierover in meer detail gerapporteerd.[25]

2.3.2 Analyse van de onrendabele top

De SDE++ beoogt additionele projecten te realiseren door het projectrendement te verbeteren en marktrisico's af te dekken. Het verbeterde projectrendement wordt uitgedrukt in een hoger IRR (interne opbrengstvoet), terwijl een lager marktrisico wordt uitgedrukt in een lagere minimum rendement voor een positieve investeringsbeslissing. Deze is gelijk aan de WACC (gewogen gemiddelde kosten van kapitaal). Projecten zijn rendabel als de verwachte opbrengsten (IRR) boven de minimale rendementseis liggen voor een bepaald risicoprofiel (WACC). Er zijn twee dimensies waarover de SDE++ een initieel onrendabel project rendabel kan maken.

1. De SDE++ leidt tot een hogere verwachte IRR vanwege **extra inkomsten**, dankzij de OPEX-subsidie en de garantie op redelijke marktinkomsten.
2. Via de SDE++ neemt de overheid de **blootstelling aan marktrisico's** over van de projectontwikkelaar, doordat de SDE++-vergoeding meebeweegt met de marktprijs. De

[25] Dit is opgesteld in het Engels om het delen met de Europese Commissie te vergemakkelijken in de context van de goedkeuring voor staatssteun voor de SDE++.

beperktere blootstelling aan marktrisico's verlaagt de financieringskosten voor ontwikkelaars, wat ook uitgedrukt kan worden in een lagere benodigde IRR om een project als rendabel te karakteriseren.

In deze evaluatie hebben wij de projectrentabiliteit (IRR) zonder SDE++ minus de WACC gebruikt om de additionaliteit van de SDE++ te bepalen. Hierbij hebben we de volgende redenatie gevolgd: de SDE++ is mogelijk niet meer additioneel als de projectrentabiliteit (IRR) zonder SDE++-inkomsten minus de WACC groter dan nul is en dus boven de minimale rendementseisen ligt (zie Box 2-1 voor een samenvatting van de methode en de appendix sectie 0 voor een uitgebreide toelichting). Hierbij dient wel opgemerkt te worden dat de WACC is bepaald voor een project *met* SDE++ subsidie.[26] Voor een project zonder SDE++ subsidie is het vaak moeilijker om gunstige leningsvoorwaarden af te dwingen, wat zich weer vertaalt naar een verhoging van de rendementseis boven op de WACC. In de evaluatie van de SDE+ uitgevoerd in 2021 was dit ingeschat op zo'n 2 procentpunten.[27] Deze inschatting was echter gebaseerd op de marktomstandigheden van toentertijd met lage rentes, terwijl de rentestanden nu hoger liggen en marktomstandigheden waarschijnlijk minder gunstig zijn. Op basis van deze redenering, gaan we er in de analyse vanuit dat een project met IRR zonder SDE++ minus de WACC groter dan 2% mogelijk niet additioneel is en dus potentieel zonder de SDE++ gerealiseerd zou kunnen worden.[28] Met andere woorden, als de prognose van het project op basis van realistische parameters tot een voldoende hoge IRR leidt, dan kan dit project mogelijk zonder SDE++ worden gerealiseerd, en is de SDE++ dus mogelijk niet additioneel. Op basis van de steekproef van exploitatieberekeningen,[29] is het mogelijk om m.b.v. het door Trinomics aangepaste ORT-model de financiële haalbaarheid te simuleren. Figuur 2-8 en Figuur 2-9 tonen de IRR minus WACC, respectievelijk per SDE++-ronde en per hoofdtechniek.

Box 2-1 Samenvatting van de dataset en methode van de simulatie van de rentabiliteit zonder SDE++

Iedere SDE++-indiening, behalve zon-PV < 1 MWp, dient gepaard te gaan met een exploitatieberekening. RVO gebruikt deze berekeningen om non-realisatie tegen te gaan: als de berekende IRR te laag is kan RVO besluiten het project niet te beschikken. RVO heeft de 1.309 bestanden met exploitatieberekeningen met het onderzoeksteam gedeeld. Na het verwijderen van gecorrumpeerde bestanden, bijlagen en duplicaten bleven 1.119 bestanden over. De rentabiliteit zonder SDE++ werd vervolgens gesimuleerd door de IRR te berekenen zonder inkomsten uit de SDE++ minus de WACC.

In een aantal gevallen is een project dermate onrendabel zonder SDE++ dat er geen IRR kan worden berekend. Om deze projecten toch als onrendabel mee te nemen in de analyse is bij deze gevallen een IRR van -10.000% ingevuld (de waarde heeft geen invloed op de resultaten). Bij de vergelijking tussen de IRR zonder SDE++ en de minimale rendementseisen is gewerkt met de WACC-waarden uit de eindadviezen van PBL; we gebruiken dus de WACC als een indicator voor de *minimale* vereiste opbrengsten uit de markt. Deze is vervolgens verhoogd met 2% om tot een representatieve WACC te komen voor projecten zonder SDE++-subsidie, omdat deze projecten een hoger marktrisico dragen.

Op basis van een steekproef van de ingediende exploitatieberekeningen valt te concluderen dat de meerderheid van de projecten additioneel is onder SDE++. De meeste projecten zijn niet rendabel

[26] Tussen 2020-2022 varieerden de minimale rendementseisen (voor projecten met SDE++) van 1,6% (zon-PV in 2021) tot 5,8% (biomassa, CO_2-arme warmte en CO_2-arme productie in 2021 en 2022). Dit is gebaseerd op de WACC-cijfers gepubliceerd door PBL in de drie SDE++ rapporten die de basisbedragen berekenen. Zie https://www.pbl.nl/sde/publicaties

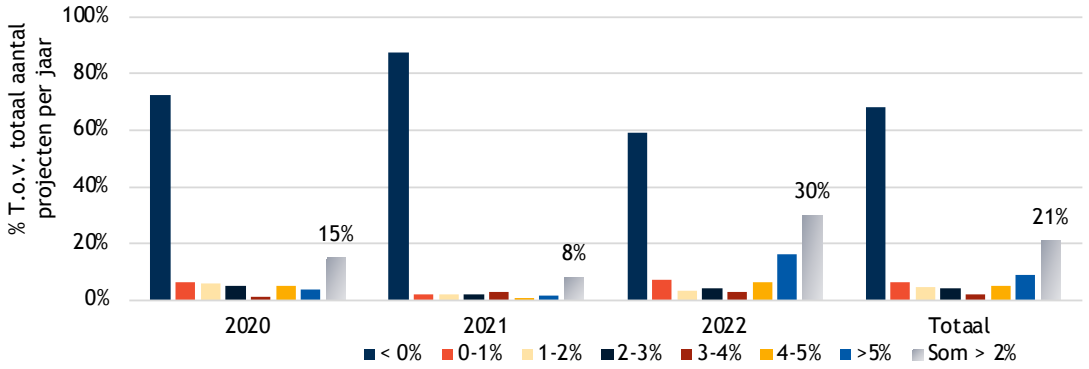
[27] Trinomics (2021). Evaluatie van de SDE+.

[28] Het additionele risico vanwege marktomstandigheden is moeilijk te kwantificeren is voor het gemak buiten beschouwing gelaten.

[29] Het gaat hier om een steekproef van exploitatieberekeningen, die mogelijk niet een volledig beeld geven van de subsidieclaim onder SDE++. De samenstelling van deze steekproef wordt nader uiteengezet in de Appendix sectie A.2.

zonder de steun van SDE++. Figuur 2-8 toont de frequentie van rentabiliteit minus WACC in de drie SDE++-rondes. Dit laat zien dat zonder de SDE++, 21% van de ingediende projecten een verwachte IRR minus WACC groter dan 2% had (waarvan slechts 8% in 2021). Dit onderbouwt dat zonder SDE++ de meeste projecten niet financierbaar zijn onder marktomstandigheden en dus niet rendabel en dat het onwaarschijnlijk is dat deze projecten worden ontwikkeld zonder additionele financiële steun.

Figuur 2-8 Frequentie van verwachte IRR van projecten zonder SDE++ minus WACC per SDE++-ronde



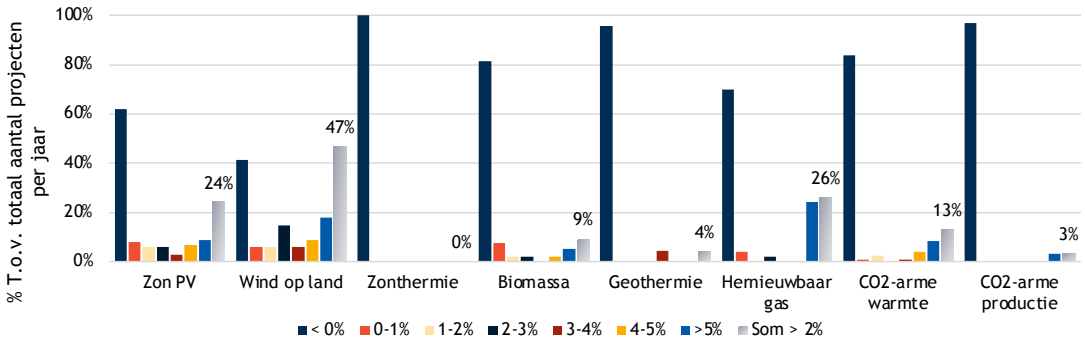
Bron: RVO (2023) steekproef van SDE++-exploitatieberekeningen (niet publiek) en interne berekeningen Trinomics.

De hoogte van de verwachte IRR's van projecten zonder SDE++ minus WACC verschilt tussen de technieken. Figuur 2-9 toont de frequentie van verwachte IRR (rentabiliteit) van projecten zonder SDE++ minus WACC per hoofdtechniek, wat een maat van additionaliteit is. Wanneer we inzoomen op het percentage projecten met verwachte IRR zonder SDE++ minus WACC groter dan 2%, wat projecten zijn die mogelijk niet additioneel zijn, dan zijn er twee uitersten waar te nemen. Aan de ene kant is wind-op-land is de enige techniek met een aandeel van 47% van de projecten die mogelijk niet additioneel zijn, terwijl aan de andere kant zonthermie de enige techniek is met een aandeel van 0% en dus volledig additioneel is. Daarnaast heeft hernieuwbaar gas een aandeel van 26% van de projecten die mogelijk niet additioneel zijn en zon-PV een aandeel van 24% van de projecten die mogelijk niet additioneel zijn. Dit is een indicatie dat een deel van deze technieken (met name wind-op-land, hernieuwbaar gas en zon-PV) mogelijk al realiseerbaar is zonder SDE++. Dit is echter moeilijk te voorkomen bij een generieke regeling zoals de SDE++.

Het is aannemelijk dat de rentabiliteit in een deel van de exploitatieberekeningen wordt overschat, met name bij projecten gerelateerd aan monomestvergisting. Monomestvergisting projecten vallen onder biomassa (in het geval van warmte en/of elektriciteitsopwekking) of hernieuwbaar gas. Volgens RVO worden voor monomestvergisting projecten vaak optimistische scenario's gepresenteerd om voor de SDE++ in aanmerking te kunnen komen. De exploitatieberekeningen worden namelijk door RVO gebruikt om non-realisatie tegen te gaan. Als uit een exploitatieberekening blijkt dat de rentabiliteit met SDE++ dermate laag is dat de kans op non-realisatie hoog is, dan kan dit een reden zijn om niet tot beschikking over te gaan. Hierdoor bestaat er een prikkel voor indieners om de projectrentabiliteit gunstig in te schatten, hetgeen kan leiden tot een positieve bias van de rentabiliteit en onderliggende parameters in de exploitatieberekeningen. Bij monomestvergisting projecten zien we dat in de gebruikte exploitatieberekeningen voor deze evaluatie hoge verwachte vollasturen worden aangevoerd. Het is echter onzeker of deze verwachte vollasturen in de praktijk haalbaar zijn. Het is dus moeilijk om goed in te schatten wat de werkelijke verwachte opbrengst zal zijn in deze projecten. De optimistische verwachtingen van vollasturen leiden daarmee

mogelijk tot een overschatting van de rentabiliteit. Een soortgelijke overschatting is niet bij andere technieken waargenomen.

Figuur 2-9 Frequentie van verwachte IRR van projecten zonder SDE++ minus WACC per hoofdtechniek



Bron: RVO (2023) steekproef van SDE++-exploitatieberekeningen (niet publiek) en interne berekeningen van Trinomics. PBL (2023) voor de WACC-waarden.

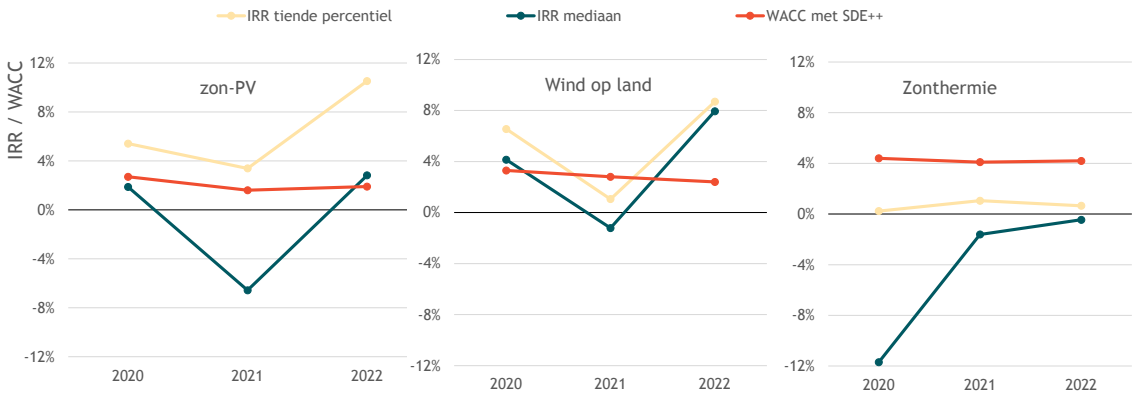
Met name voor zon-PV- en wind-op-land-projecten zijn de rendementen zonder SDE++-subsidie in toenemende mate voldoende hoog voor investeerders. Dit was al een belangrijke observatie van Figuur 2-9. Figuur 2-10 laat de ontwikkeling zien van de rentabiliteit zonder SDE++ voor het doorsnee project (de mediaan), de rentabiliteit van het tiende percentiel wat betreft de hoogte van de IRR, en de WACC met SDE++ zoals jaarlijks vastgesteld door PBL.[30] Voor zowel zon-PV als wind-op-land bereikt de rentabiliteit een minimum in 2021, met hogere waardes in 2020 en 2022, terwijl de WACC vrij constant is. Voor zonthermie zien we een constante WACC en een opwaartse trend in de IRR zonder SDE++. De afname in de IRR zonder SDE++ wordt grotendeels verklaard door een toename in investeringskosten. Daarnaast laat de figuur zien dat de rentabiliteit van het doorsnee zonthermie project zonder SDE++ onder de minimale rendementseisen blijft, waardoor het doorsnee project niet onder marktcondities zal worden gerealiseerd. Dit is niet het geval voor zon-PV en wind-op-land. De analyse van Figuur 2-9 is onderworpen aan een gevoeligheidsanalyse in Appendix A.2, waarbij het ORT-model van PBL wordt gebruikt i.p.v. de steekproef van ingediende exploitatieberekeningen. De appendix laat zien dat het PBL ORT-model dat is gebruikt om de basisbedragen te berekenen pessimistischer is dan de ingediende exploitatieberekeningen. Figuur 2-10 laat ook goed de verschillen tussen technieken zien. Zo is de mediaan van de rentabiliteit zonder SDE++ van wind-op-land hoger dan de IRR van zon-PV. Daarnaast geldt voor zon-PV dat de IRR zonder SDE++ van de 10% meest rendabele projecten hoger is dan de WACC in 2020-2022. De relatief hoge IRR voor de meest rendabele projecten wordt verklaard door een grotere spreiding in projectparameters bij zon-PV t.o.v. zonthermie en wind-op-land, waardoor er een groter aandeel van projecten is met een relatief hoge IRR zonder SDE+.

Mogelijk dankzij het huidige prijsniveau van zonnepanelen en windturbines zijn er nu een aantal projecten die zonder SDE++ rendabel ontwikkeld kunnen worden. De kosten van zonnepanelen en windturbines zijn in de afgelopen jaren met name tussen 2010 en 2020 sterk gedaald, zowel wereldwijd als in Nederland. Op basis van de exploitatieberekeningen zien we dat deze daling ook voortzet onder windprojecten tussen 2020 en 2022, terwijl de kosten voor zon-PV juist weer enigszins toenemen tussen 2020 en 2022. Met name kleine zon-PV projecten met een relatief hoog percentage eigen gebruik kan al snel rendabel zijn, omdat het eigen gebruik niet de waarde van spotprijzen heeft maar wel de waarde van detailhandelsprijzen, die enkele malen hoger zijn dan spotprijzen. Hiermee is er een grote prikkel

[30] De PBL-eindadviezen voor SDE++ zijn beschikbaar per SDE++-ronde via: https://www.pbl.nl/sde/publicaties

om eigen gebruik van zon-PV te realiseren. Dit kan ertoe leiden dat een aantal projectontwikkelaars ervoor kiest om eerst een SDE++-indiening te doen maar later het project toch te ontwikkelen zonder SDE++-subsidie. In de evaluatie van de SDE+ zagen we al een sterke daling in de CAPEX van zon-PV- en wind-op-land-projecten, waarbij de IRR zonder SDE+ al omhoogliep naar het einde van de looptijd, namelijk 2020. Deze trend van een oplopende IRR zonder SDE++ heeft zich voorgezet zoals te zien is in Figuur 2-10. Er is een dip in de IRR in 2021 voor zon-PV en wind-op-land, wat voortkomt uit een lagere verwachting van marktopbrengsten, op basis van inspectie van de exploitatierekeningen. Dit is te verklaren doordat de coronapandemie leidde tot een teruglopende vraag en lagere prijsverwachtingen.

Figuur 2-10 Fictieve projectrentabiliteit (IRR) zonder SDE++-subsidie mediaan en tiende percentiel (o.b.v. hoogste IRR) i.c.m. met de gewogen gemiddelde kapitaalkosten (WACC) o.b.v. exploitatieberekeningen tussen 2020-2022.



Deze figuur is niet mogelijk voor de andere hoofdtechnieken, omdat de IRR zonder SDE++ uitkomt op -10.000% voor tenminste een van de SDE++-rondes.

Dat slechts specifieke technieken of projecten rendabel te ontwikkelen zijn zonder SDE++ wordt ook bevestigd in gesprekken met marktpartijen. Verschillende marktpartijen zijn gevraagd naar het belang van de SDE++ in het realiseren van projecten, de mogelijkheid tot het realiseren van projecten zonder SDE++, en de rol van andere subsidies hierbij. Ook zijn ontvangers van een SDE++-beschikking via een enquête gevraagd of er projecten zijn die soms na afkeuring van de SDE++-subsidieaanvraag alsnog gerealiseerd worden. Hieruit kunnen we concluderen dat zon-PV- en wind-op-land-projecten inderdaad in een toenemende maar beperkte mate realiseerbaar zijn zonder SDE++ of enige andere subsidie, maar dit niet voor de andere technieken geldt:

- **Slechts bepaalde projecten worden zonder SDE++ of enige andere subsidies realiseerbaar geacht:** Zon-PV projecten op dak met veel eigen gebruik, zon-PV-projecten met langdurige (10 jaar) PPA en een aantal windprojecten worden door stakeholders geacht realiseerbaar te zijn zonder SDE++-subsidie. Als reden hiervoor werd aangegeven dat de onrendabele top voor deze projecten steeds kleiner wordt, dan wel verdwijnt. Daarnaast gaf 31% van de zon-PV aanvragers in de enquête aan een of meerdere projecten te hebben gerealiseerd zonder SDE++-beschikking, terwijl hier wel een aanvraag voor was gedaan. 10% van de zon-PV aanvragers (33% van de groep die zon-PV projecten hebben gerealiseerd zonder SDE++) gaf aan dat het realiseren van het project financieel gezien ook haalbaar was zonder de SDE++-subsidietoekenning. Van de groep die zon-PV projecten hebben gerealiseerd zonder SDE++ gaf een vrijwel even groot percentage aan dat het belang van het realiseren van het project, ondanks geen toekenning van de SDE++-subsidie, te groot was om het project niet uit te voeren. Slechts drie respondenten gaf aan gebruik te hebben gemaakt van een andere mogelijke subsidies i.p.v. SDE++. De enquêteresultaten voor categorieën naast zon-PV hebben

te weinig responses op dezelfde vragen om uitspraken te doen over mogelijke redenen voor realisatie zonder SDE++-beschikking.

- **Sommige partijen die projecten zonder SDE++ realiseren, maken gebruik van andere subsidies:** uit interviews blijkt dat er projecten worden gerealiseerd zonder SDE++-subsidie terwijl de technieken wel in aanmerking komen voor de SDE++. In veel gevallen wordt daarbij gebruik gemaakt van andere subsidies. In de interviews werden de subsidieregelingen MEI, DEI+, HER+, EIA en VEKI genoemd. Deze subsidies zijn gericht op investeringskosten, innovatie en kleinere projecten. De geïnterviewden zeiden dat met name kleinere marktpartijen met kleinere projecten gebruik maken van deze regelingen. Voor waterstofprojecten wordt er buiten de SDE++ gebruik gemaakt van de IPCEI, het Innovatiefonds en de mogelijke inkomsten uit de raffinageroute (via HBE-verplichtingen). Verder benoemde een geïnterviewde dat voor CCU er al projecten gerealiseerd waren zonder enige vorm van subsidie voordat het mogelijk was om voor deze categorieën SDE++-subsidie aan te vragen.
- **Een substantieel deel van de partijen gaf echter aan dat zonder SDE++-toekenning veelal geen realisatie plaatsvindt:** meer dan de helft van de geïnterviewden gaf aan dat realisatie zonder SDE++ onmogelijk is omdat de onrendabele top te groot is zonder toekenning van de SDE++-subsidie. Hierbij verwezen ze vooral naar projecten met hoge operationele kosten (OPEX), waarbij de SDE++ als exploitatiesubsidie de onrendabele top hiervan dient te dekken. Daarnaast gaven sommige geïnterviewden aan dat de SDE++ ook voor projecten met hoge investeringskosten (CAPEX) belangrijk is, omdat banken een SDE++-beschikking ook als vereiste voor financiering van een project stellen. Een SDE++-beschikking draagt namelijk bij aan het verminderen van onzekerheden van de baten uit een CO_2-reductieproject, wat tot lagere financieringskosten leidt.[31] Projecten met negatieve subsidie-intensiteit onder de SDE++ zijn daarom niet per definitie rendabel zonder SDE++. Zoals hierboven is geconcludeerd zouden projecten zonder SDE++ een hoger risicoprofiel hebben, met hogere financieringskosten als gevolg.

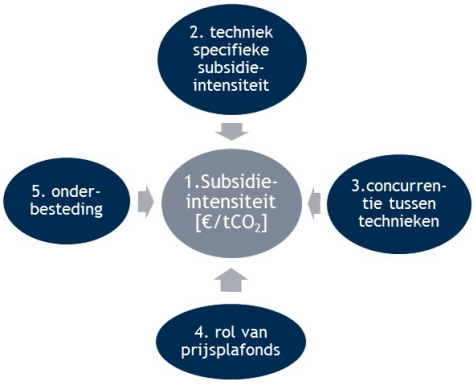
[31] Trinomics (2022). Review overgangsregeling hernieuwbare elektriciteit na 2025.

3 Evaluatie doelmatigheid

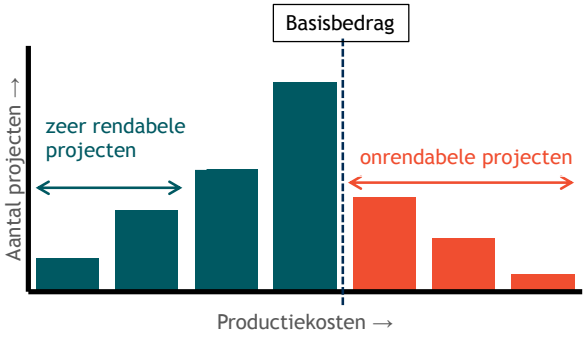
Bij de evaluatie van de doelmatigheid van de SDE++ beoordelen we of de bereikte CO_2-reductie tegen zo laag mogelijke subsidiekosten is gerealiseerd. De eerste de vraag hierbij is (i) hoeveel CO_2-reductie er per euro subsidie wordt gerealiseerd, oftewel de subsidie-intensiteit in € per tCO_2. Dit aspect staat in de context van het doel van de SDE++ om ook kostenverlagingen in het aanbod van de technieken te realiseren. Voor de analyse van doelmatigheid worden verder ook de volgende zaken beschouwd: (ii) de techniek-specifieke subsidie-intensiteit in de aanvragen, (iii) de impact van concurrentie tussen technieken op deze aangevraagde subsidie-intensiteit; (iv) de gevolgen van plafonds voor de kosteneffectiviteit van de beschikkingen; en (v) de mate van onderbesteding.

Er is een inherente wisselwerking tussen een doeltreffende (zo veel mogelijk CO_2-reductie) en een doelmatige regeling (tegen zo laag mogelijke kosten). Figuur 3-1 geeft weer hoe de evaluatie-aspecten voor doelmatigheid zich onderling verhouden. Bij een subsidieregeling met generieke projectcategorieën en basisbedragen zoals de SDE++ is een bepaalde mate van overstimulering *onvermijdelijk* voor een doeltreffende regeling. Hierbij definiëren we overstimulering of overwinsten als het (positieve) verschil tussen de verstrekte subsidie en de minimaal benodigde subsidie voor een voldoende rendabele business case. De ruimte voor overwinsten ontstaat doordat projecten – ook binnen projectcategorieën – altijd in zekere mate verschillende projectkosten hebben (bijv. door andere grondkosten, betere locaties met bijv. meer wind of zon), terwijl de basisbedragen generiek zijn. Hierdoor ontstaat er een situatie waarbij het basisbedrag voor een deel van de projecten tot een hoger rendement leidt dan hetzelfde basisbedrag bij andere projecten.[32] Dit is in Figuur 3-2 weergegeven. Een hoger basisbedrag leidt dus enerzijds tot enkele zeer rendabele projecten, maar zorgt er ook voor dat ook de minder rendabele projecten alsnog gerealiseerd kunnen worden en zo de ambitieuze doelen voor de uitrol van duurzame CO_2-reducerende technieken gehaald kunnen worden. In de SDE++ dient het basisbedrag de onrendabele top van de meerderheid van de projecten te overbruggen. Dit is een politieke afweging. De SDE++ bevat een aantal mechanismes die aanvragers stimuleren om niet voor het basisbedrag aan te vragen, wat het maximale is, maar zo min mogelijk subsidie aan te vragen. De ingezette instrumenten hiervoor zijn budgetplafonds, fasegrenzen en rangschikking (zie sectie 3.1 voor meer details).

Figuur 3-1 Schematische weergave onderzoeksvragen doelmatigheid



Figuur 3-2 Verband tussen basisbedrag en rentabiliteit van projecten



[32] Onderzoek bevestigt dit. Zie bijvoorbeeld https://esb.nu/het-is-wel-degelijk-mogelijk-om-overwinsten-te-maken-met-sde-subsidies/, waar met name de onderschatting van draaiuren van wind wordt aangehaald als bron van mogelijke overwinsten. Overwinsten zijn veel moeilijker te realiseren met zon projecten.

Bij de beoordeling van de doelmatigheid staan de vragen zoals samengevat in Tabel 3-1 centraal.

Tabel 3-1 Onderzoeksvragen doelmatigheid

#	Onderzoeksvraag
B1	Hoeveel CO_2 wordt er gereduceerd per euro subsidie?
B2	In hoeverre zorgt de systematiek van de openstellingsrondes ervoor dat er onder de maximale techniek-specifieke subsidie-intensiteiten wordt aangevraagd?
B3	In hoeverre leidt de concurrentie tussen verschillende technieken tot meer aanvragen onder de maximale techniek-specifieke subsidie-intensiteiten?
B4	In hoeverre hebben plafonds geleid tot minder kosteneffectieve beschikkingen?
B5	In hoeverre is er sprake geweest van onderbesteding en wat waren de redenen voor onderbesteding?

Om deze vragen zo goed mogelijk te beantwoorden is dit hoofdstuk over doelmatigheid ingedeeld in drie secties. In sectie 3.1 wordt na een toelichting op de systematiek ingegaan in twee aspecten om de doelmatigheid te bevorderen. Ten eerste, budgetplafonds wat ook ingaat op de mate van onderbesteding, om vragen B4 en B5 te beantwoorden. Ten tweede, de mate van onderbieden en de rangschikkingsmethode, om vragen B2 en B3 te beantwoorden. In sectie 3.2 worden de werkelijke subsidiekosten om CO_2 te reduceren gepresenteerd, daarnaast wordt er ook een projectie gepresenteerd met het gereserveerde subsidiebudget voor de komende jaren, dit geeft een antwoord op vraag B1. In sectie 3.3 wordt er ingegaan op de subsidiebehoefte. Hierbij wordt het door Trinomics aangepaste ORT-model gebruikt om aan te tonen in hoeverre de projecten met SDE++-subsidie wel rendabel zijn, maar ook om na te gaan in hoeverre er overwinsten kunnen worden verwacht, wat weer een maat is van mindere doelmatigheid. Dit geeft verder antwoord op onderzoeksvraag B1, om tot een verdere kwalificatie van doelmatigheid te komen.

3.1 Systematiek ter bevordering van doelmatigheid

3.1.1 Toelichting op systematiek

Projecten worden gestimuleerd om tegen een zo laag mogelijk aanvraagbedrag in te dienen d.m.v. het samenspel tussen fasegrenzen, fasebedragen, basisbedragen en budgetplafonds. In de periode 2020-2022 waren er drie openstellingsrondes van de SDE++. Elke openstellingsronde is opgedeeld in fases. Tot nu toe bestond iedere ronde uit vier of vijf fases die allen minimaal één week en maximaal zeven weken duurden. Elke fase heeft een apart fasegrens. Dit is de maximale subsidie-intensiteit waarvoor SDE++ aangevraagd kan worden in die fase in €/(vermeden)tCO_2. De fasegrens stijgt per fase. O.b.v. de fasegrens i.c.m. de emissiefactoren, langetermijnprijzen en basisbedragen wordt *per categorie* een fasebedrag vastgesteld dat dus per fase oploopt (zie Box 3-1 voor nadere uitleg). Het openstellen van nieuwe fases gebeurt totdat het beschikbare budget is uitgeput, of totdat de laatste fase is bereikt, waarbij alle basisbedragen per techniek in aanmerking zijn gekomen om een aanvraag beoordeeld te krijgen. Projecten die in een vroege fase hun aanvraag indienen maken daarmee meer kans op een beschikking. Binnen een fase worden projecten beschikt o.b.v. het *first-come-first-serve* principe. Deze methodiek van oplopende fasebedragen en een knellend budget dient het indienen tegen een zo laag mogelijke subsidie-intensiteit aan te moedigen. Daarnaast wordt de maximale subsidie-intensiteit die per techniek aangevraagd kan worden beperkt door het basisbedrag. Per fase zijn er dus twee limiterende bedragen: het fasebedrag en het basisbedrag. De laagste van deze twee bepaalt de maximale subsidie-intensiteit waarvoor een project binnen een categorie SDE++ kan aanvragen.

Projecten die op de dag van budgetoverschrijding zijn ingediend worden gerangschikt o.b.v. hun verwachte subsidie-intensiteit en beschikt in volgorde van laagste naar hoogste verwachte subsidie-intensiteit. De verwachte subsidie-intensiteit gedurende een project bedraagt het verschil tussen het aanvraagbedrag en de verwachte langetermijnprijs voor energie (of vermeden CO_2-uitstoot voor CCS/CCU-projecten).

Box 3-1 Toelichting op berekeningen subsidie-intensiteit, fasebedragen en basisbedragen

Voor de werking van de SDE++ dienen verschillende berekeningen plaats te vinden. Dit komt doordat alle relevante parameters voor de beschikkingen in euro per (vermeden) ton CO_2 zijn, terwijl de meetbare eenheden in de meeste categorieën energieverbruik/opwek zijn (in kWh in plaats van CO_2). De belangrijkste termen zijn:

1. **Basisbedrag** [€/MWh of €/tCO_2 voor CCS/CCU] = verdisconteerde kosten / energie-opwek of- verbruik, of CO_2-emissies
2. **Langetermijnprijs** is de inschatting van de gemiddelde marktwaarde van bepaalde techniek/product over de looptijd van de subsidie.
3. **Subsidie-intensiteit** [€/tCO_2] = (aanvraagbedrag - langetermijnprijs) / emissiefactor, waarbij:
   Aanvraagbedrag en langetermijnprijs in [€/MWh of €/tCO_2]
   Emissiefactor: vermeden emissies [tCO_2/MWh] of afgevangen/gebruikte emissies [tCO_2/tCO_2]
4. **Fasebedrag** [€/MWh of €/tCO_2] = fasegrens x emissiefactor + langetermijnprijs , waarbij
   Fasegrens in [€/tCO_2], andere parameters in dezelfde eenheden als bij stap 1

Het voorbeeld hieronder van een fictieve wind-op-land-categorie illustreert de samenhang van de parameters en de invloed op de fases waarin een project kan worden ingediend.

1. **Basisbedrag** = €28 miljoen / 713 GWh geeft 40 €/MWh
2. **Langetermijnprijs** = De verwachtte elektriciteitsprijs over de looptijd van de subsidie is 30 €/MWh
3. **Subsidie-intensiteit** = (38-30 €/MWh) / 0,110 tCO_2/MWh geeft 72 €/tCO_2
   Emissiefactor is de geraamde CO_2-besparing per MWh windenergie, aanvraagbedrag (38 €/MWh) is fictief voorbeeld
4. **Fasebedrag** = 65 €/tCO_2 x 0,110 tCO_2/kWh + 30 €/MWh geeft 37 €/MWh
   Fasegrens is fictief voorbeeld

In deze fase kan een project in deze fictieve wind-op-land categorie dus voor maximaal 37 €/MWh inschrijven. Het fasebedrag is immers lager dan het basisbededrag, waardoor het fasebedrag het maximum bepaalt. In de volgende fase stijgt de fasegrens, en daarmee het fasebedrag. In de volgende fase kan dus voor een hogere subsidie-intensiteit worden ingeschreven. In de praktijk kunnen partijen de rekentool van RVO gebruiken om hun subsidie-intensiteit te bepalen.

Projecten kunnen de kans op een SDE++-beschikking vergroten door voor een lagere subsidie-intensiteit aan te vragen dan de maximale intensiteit die onder het fasebedrag of het basisbedrag mogelijk is. Door dit te doen, hebben projecten namelijk de mogelijkheid om in een eerdere fase aan te bieden dan de fase die aansluit bij het categorie-specifieke fasebedrag en daarmee verkleinen ze de kans niet aan bod te komen vanwege budgetuitputting.

Doordat de fasebedragen stijgen per fase ontstaat er een grotere prikkel om per categorie lager aan te bieden dan het basisbedrag. Dit geldt in theorie ook voor categorieën met relatief lage basisbedragen. Dit komt omdat bij categorieën met een relatief laag basisbedrag het fasebedrag een maximum stelt. Echter, er zijn ook categorieën waarbij het basisbedrag al het fasebedrag vanaf de eerste fase bepaalt. In dit geval is er dus nauwelijks sprake van een prikkel om aan te bieden onder het basisbedrag, tenzij aanvragers verwachten dat budgetuitputting al in de eerste fase op kan treden.

De mate waarin projecten in categorieën met relatief lage basisbedragen daadwerkelijk een prikkel ervaren om onder deze basisbedragen aan te bieden hangt af van allerlei factoren. Voor alle categorieën geldt dat de verwachtingen omtrent budgetplafonds essentieel zijn. Als indieners verwachten dat het budget niet wordt uitgeput dan heeft de fase waarin wordt ingediend geen invloed

op de beschikking. Voor projecten in categorieën met hoge basisbedragen is verwachte budgetuitputting de grootste prikkel om onder het basisbedrag aan te bieden. Immers, de subsidie-intensiteit die bij deze hoge basisbedragen hoort komt pas in de latere fases aan bod. Hoe later de fase, des te groter de kans op budgetuitputting en daarmee op het mislopen van een beschikking.

We kijken in meer detail naar drie aspecten die de doelmatigheid van de SDE++ beïnvloeden. Ten eerste gaan we in op het budgetplafond per hoofdtechniek, waar ingesteld, of per SDE++-ronde. Ten tweede analyseren we de mate van onderbieden om de concurrentie tussen technieken te analyseren. Tenslotte beschouwen we de gehanteerde rangschikkingsmethode van ingediende projecten.

3.1.2 Analyse van drie aspecten ter bevordering de doelmatigheid: Budgetplafond

In de SDE++ zijn er twee typen budgetplafonds ingesteld. Ten eerste is er een budgetplafond per SDE++-ronde die een maximumgrens bepaalt voor het totaal te beschikken budget. Ten tweede zijn er drie techniek-specifieke budgetplafonds: voor hernieuwbare elektriciteit op land (zon-PV en wind-op-land) en voor CCS in de industrie.[33]

Ondanks dat het budget niet volledig was uitgeput in twee van de drie SDE++-rondes, was het budget van ingediende projecten fors hoger dan het budgetplafond. De gereserveerde budgetten en beschikte budgetten zijn gepresenteerd in Tabel 3-2. In alle drie SDE++-rondes is het opgetelde budget van ingediende projecten fors hoger dan het maximaal beschikbare budget, wat concurrentie onder de technieken bevordert. Echter, alleen in de SDE++-ronde van 2020 is er sprake van budgetuitputting met een absolute overtekening van €1,33 miljard t.o.v. het beschikte budget (+27%). In de SDE++-rondes van 2021 en 2022 is een groot deel van het aangevraagde budget op inhoudelijke gronden of onvolledigheid van de indiening afgewezen (zie Tabel 3-2 voor details). Hierdoor is de gereserveerde subsidie voor beschikte projecten binnen het budget gebleven, namelijk €926 miljoen in 2021 (-19%) en €988 miljoen in 2022 (-8%).

We observeren dat het instellen van het budgetplafond per SDE++-ronde de doelmatigheid heeft bevorderd, met name vanwege herindiening door budgetplafonds. Wanneer we inzoomen op wat er gebeurt met de projecten die zijn afgewezen op basis van het bereiken van het budgetplafond, zien we dat 75 van 189 afgewezen aanvragen hun aanvraag opnieuw hebben ingediend. Wanneer de budgetten worden beschouwd, dan zien we dat 65 van de 75 herindieners met een lager aanvraagbedrag indienen, wat weer een teken van doelmatigheidsbevordering is. Deze groep van herindieners bestaat grotendeels uit zon-PV projecten (namelijk 62 van de 75 aanvragen), maar ook een deel CO_2-arme warmte, geothermie en hernieuwbaar gas. In totaal worden 70 van de 75 opnieuw ingediende aanvragen alsnog beschikt, inclusief alle aanvragen die tegen een lager subsidiebedrag waren ingediend.

In de 2020-2022 SDE++-rondes waren er ook budgetplafonds voor hernieuwbare elektriciteit en CCS in de industrie. De plafonds zijn niet bereikt in de 2020-2022 rondes. Het doel van de plafonds was om en gebalanceerde mix van technieken te krijgen tussen de aanvragen; voor de beide techniek-specifieke plafonds geeft dit bovendien een prikkel om tegen een zo laag mogelijk aanvraagbedrag aan te bieden. Wanneer we kijken naar de gerealiseerde en nog te realiseren projecten in 2022 is maximaal 1,84 TWh jaarlijks productie mogelijk, waarmee het plafond (2,5 TWh productie per jaar) voor hernieuwbare elektriciteit niet is overschreden. Hetzelfde geldt voor CCS/CCU-projecten waar

[33] Deze twee budgetplafonds zijn losgelaten in de SDE++-2023 ronde, terwijl er een productieplafond van 10,3 TWh is opgenomen voor biobrandstoffen in 2023. Deze veranderingen in de SDE++ vallen buiten de scope van deze studie.

maximaal een reductie van 3,1 Mton CO_2 haalbaar is met de nog te realiseren projecten, wat ruim onder het plafond ligt van jaarlijks 5,3 Mton CO_2. Hieruit blijkt dat deze plafonds niet zijn overschreden en er zijn ook geen aanvragen afgewezen omdat deze plafonds dreigden te worden overschreden. Op basis hiervan is niet mogelijk om te beoordelen in hoeverre deze techniek-specifieke budgetplafonds hebben geleid tot een hogere doelmatigheid. Wel heeft dit meer zekerheid geboden voor andere technieken om aan bod te komen tijdens de SDE++-rondes. Het is echter niet mogelijk om te beoordelen in welke mate dit is gebeurd doordat de techniek-specifieke budgetplafonds niet zijn bereikt.

Desalniettemin *kunnen* de techniek-specifiek budgetplafonds de doelmatigheid hebben bevorderd, vanwege de *verwachte* budgetkrapte voor technieken met een lage onrendabele top. Na het voltooien van de SDE++-ronde is pas duidelijk of het budget is uitgeput. Twee effecten kunne worden onderscheiden. Enerzijds stimuleert een budgetplafond voor CCS/CCU en hernieuwbare elektriciteit indieners om laag in te dienen. Anderzijds ontstaat er buiten deze technieken om juist weer een hogere kans op SDE++ toekenning, waardoor andere technieken mogelijk een prikkel ontstaat om wat minder laag in te dienen. De dreiging van budgetuitputting voor zon-PV en CCS leidt dus tot een extra prikkel om tegen een lage subsidie-intensiteit aan te bieden. Voor deze categorieën met een lagere onrendabele top is dit extra relevant, omdat projecten in deze categorieën verder weinig doelmatigheidsprikkels ervaren. Op basis van interviews tussen stakeholders kwam het naar voren dat er met name in 2021 de verwachting bestond onder de aanvragers dat CCS/CCU-projecten beslag zouden gaan leggen op een groot deel van het budget. Dit heeft mogelijk niet alleen geleid tot onderbieden, maar mogelijk ook tot terughoudendheid in het indienen van een projectaanvraag. Achteraf heeft dit in 2021 uiteindelijk niet geleid tot afwijzingen van aanvragen vanwege overschrijding van budgetplafonds.

Tabel 3-2 Budget(uitputting) per ronde

Ronde	Datum van openstelling	Datum van overtekening	Aangevraagd budget [miljoen €]	Gereserveerd budget [miljoen €]	Beschikt budget [miljoen €]*	Absolute overtekening of ondertekening [miljoen €]**
2020	24/11/2020	15/12/2020	9.087	5.000	5.087	+1.326 (+27%)
2021	5/10/2021	n.v.t.	12.132	5.000	4.074	-926 (-19%)
2022	28/6/2022	n.v.t.	15.094	13.000	12.012	-988 (-8%)

** In de SDE++-ronde van 2022 is het beschikt budget hoger dan het maximale budget van de ronde omdat het beschikt budget ook projecten bevat die tijdens de afhandeling van de ronde weer zijn ingetrokken. Dat budget is opnieuw ingezet voor beschikking van andere aanvragen.*
*** Dit betreft enkel projecten die op grond van budgetuitputting zijn afgewezen. In het ingediend budget zijn ook aanvragen meegenomen die op andere gronden dan budgetuitputting zijn afgewezen. Overtekening is positief en ondertekening negatief weergegeven.*
Bron: RVO (2023) SDE++-database (niet publiek) en interne berekeningen van Trinomics.

De veranderde marktomstandigheden tijdens de SDE++ zijn een mogelijke verklaring voor het niet uitputten van het budget in 2021 en 2022. De meerderheid van de SDE++-projecten wordt gefinancierd o.b.v. projectfinanciering. Dit is ook het uitgangspunt van PBL in de eindadviezen. Voor het kunnen aantrekken van vreemd vermogen bij projectfinanciering is het beperken van de blootstelling aan risico's zeer relevant. Dit beeld wordt bevestigd in de interviews. Hieronder geven we enkele mogelijke algemene redenen voor onderbesteding zoals naar voren kwamen uit de interviews:

- **Risicomijdend en veel aspecten meegenomen in overweging.** Meerdere geïnterviewden gaven aan dat projectontwikkelaars risicoavers zijn. Voordat er een positieve investeringsbeslissing wordt genomen dient de business case in het overgrote deel van de gevallen positief uit te vallen en moet er voor elk aspect groen licht gekregen worden. Ook

werd het voor sommige categorieën pas na verloop van tijd duidelijk hoe aantrekkelijk de SDE++-regeling is. Dit heeft mogelijk geleid tot een afwachtende houding onder projectontwikkelaars. Zij zullen minder snel een aanvraag indienen, maar ook mogelijk een beschikt project minder snel gaan realiseren. Daardoor kwamen er mogelijk te weinig kwalitatief goede projectaanvragen binnen zodat het budget niet werd uitgeput.

- **Overige redenen.** Corona, de energiecrisis en vereiste financiële middelen werden ook als barrière voor de indiening gezien. Een mogelijke reden die werd genoemd tijdens de interviews van het niet overschrijden van het budgetplafond in 2022 is door de verhoging van het budget in vergelijking met 2020 en 2021. Ook werd genoemd dat de concurrentiepositie in Nederland is verslechterd vanwege hoge CO_2 kosten.

Verder werden er ook categorie specifieke argumenten aangedragen:

- **Zon-PV en wind: Beperking van de maximale netcapaciteit.** Ondanks dat de beperking van de maximale netcapaciteit van 70% naar 50% voor zon en wind projecten van tevoren duidelijk is gecommuniceerd werd deze beperking gezien als reden voor onderbesteding voor zon en wind projecten.
- **CCS en CCU: Onduidelijkheid opname binnen SDE++-regeling.** Voor CCS en CCU bleef het lange tijd onduidelijk of deze categorieën opgenomen zouden worden in de SDE++-regeling. Ook bleef het lang onduidelijk welke technieken in aanmerking zouden komen voor subsidie onder SDE++ binnen de scope van CO_2-arme warmte en CO_2-arme productie, wat de rentabiliteit van projecten zou worden en welke routes beschikbaar zouden zijn. Hierdoor trad er vertraging op met het indienen van projectaanvragen.
- **Geothermie: Onduidelijkheid op beoordeling van indiening.** Voor geothermie projectontwikkelaars was het onduidelijk hoe ze tot een haalbaarheidsstudie en exploitatieberekening konden komen met voldoende sluitende financiële onderbouwing tijdens het indienen. Daarom waren er in 2021 veel afwijzingen op inhoudelijke gronden.
- **E-boilers: ontbrekende passende infrastructuur.** Voor E-boilers werd aangegeven dat de infrastructuur in de vorm van een voldoende verzwaarde netaansluiting pas in 2028 ontwikkeld zou zijn, waardoor opname in de SDE++ nu nog te vroeg zou zijn.

Ondanks dat er al meer dan 150 verschillende technieken zijn te onderscheiden, is een verdere verfijning gewenst om beter aan te sluiten bij de praktijk. Ondanks dat er al vele subcategorieën zijn te onderscheiden, missen er toch nog een aantal categorieën om voldoende aanvragen aan te trekken. Daarnaast hebben projectontwikkelaars ook nog problemen ondervonden om aanvragen compleet en op tijd te ontwikkelen. Dit heeft ertoe geleid dat de projectpijplijn onvoldoende was om tot een plafondoverschrijding te komen in 2021 en 2022. Een verdere verfijning in de subcategorieën kan mogelijk botsen met de onderliggende generieke methode van de SDE++.

De interviews met de marktpartijen geven aan dat vanwege de snel veranderende marktomstandigheden, de basisbedragen achteraf mogelijk te laag zijn uitgevallen. Dit zou het relatief grote aantal teruggetrokken projecten in 2020 kunnen verklaren. De risicomijdende investeerders zullen minder snel overgaan tot een projectaanvraag, waardoor het budgetplafond alleen in 2020 is overschreden en niet in 2021 en 2022. Uit de interviews zijn een tal van redenen gegeven op de vraag waarom projecten soms niet worden ingediend voor de SDE++ terwijl ze hier wel mogelijk geschikt voor zijn. Deze kunnen als volgt worden samengevat:

- **Onvoldoende aansluiting van categorieën op de praktijk:** sommige geïnterviewden gaven aan dat de categorieën zoals gedefinieerd onder de SDE++ soms niet goed aansluiten bij de verduurzamingsprojecten in de praktijk, waar er geen of slechts voor een gedeelte van het project SDE++-subsidie aangevraagd kan worden. Hierdoor is het project soms niet rendabel. De optie bestaat weliswaar om nieuwe projecten voor te stellen aan EZK, maar sommige geïnterviewden gaven aan dat de beperkte praktische kennis op specifieke projecten en gebrek aan capaciteit binnen PBL ervoor zorgt dat niet alle benodigde categorieën onderzocht kunnen worden voor mogelijke opname in de SDE++. Zo is het volgens de geïnterviewden onduidelijk wat de status is van de aangedragen punten en onduidelijk wat gedaan wordt met de suggesties binnen PBL. De opmerking van gebrek aan capaciteit en praktische kennis op specifieke projecten is met name van toepassing op nieuwe CO_2-arme warmte en productie. Hierbinnen waren er initieel vrij weinig technieken, terwijl er een zeer gedetailleerde opsplitsing is voor wind-op-land en zon-PV. Het aantal technieken is wel flink toegenomen, maar sluit volgens enkele stakeholders nog niet voldoende aan bij de praktijk.
- **Gebrek aan kennis of capaciteit:** volgens sommige geïnterviewden vindt een deel van de bedrijven, veelal kleinere bedrijven, de regeling lastig te begrijpen. Hier leeft het gevoel dat de SDE++ te complex is voor hen om er toegang toe te krijgen. Daarnaast noemden ze dat kleine bedrijven vaak een gebrek aan capaciteit en personeel hebben om aan de benodigde administratieve vereisten te voldoen.
- **Maximale subsidie-intensiteit te laag:** een paar geïnterviewden benoemde dat de maximale subsidie-intensiteit van 300 €/tCO_2 in de SDE++-rondes te laag is voor waterstofprojecten op elektrolyse, en daarom er weinig waterstofaanvragen zijn ingediend. Ook werd er aangegeven dat er weinig vrije bewegingsruimte is voor elektrolyse projecten binnen de SDE++-regeling doordat het aanvraagbedrag vast ligt voor de gehele subsidieperiode, terwijl de inputkosten van electrolysers sterk afhankelijk zijn van het aanbod en bijbehorende prijs van elektriciteit, waarbij de elektriciteit niet puur hernieuwbaar hoeft te zijn.
- **Onvoldoende koppelingen met marktprijsveranderingen:** enkele geïnterviewden gaven aan dat de basisbedragen onvoldoende aansloten op stijgende energieprijzen en ETS-prijzen.[34] Anderen gaven aan dat ze terughoudend zijn in het implementeren van verduurzamingsprojecten, en daarmee ook het aanvragen van SDE++-subsidie, door de onzekerheid in kostprijzen die na subsidiebeschikking worden meegenomen. Hierbij werd veelal verwezen naar inflatie en energieprijzen. Er werd ook vermeld dat de aangehouden correctiebedragen te weinig parameters hebben, waardoor er veel kostenontwikkelingen niet zouden worden meegenomen in de berekening van de correctiebedragen. Hierdoor zou een project na subsidiebeschikking toch niet meer rendabel kunnen zijn.
- **Kosten voor aanvraag:** een paar geïnterviewden signaleerden dat vereisten gepaard gaan met kosten. Deze worden gemaakt voordat het duidelijk is of een beschikking wordt afgegeven. Hierbij verwijzen ze naar vooral dure vergunningen die ertoe leiden dat potentiële aanvragers terughoudend zijn.
- **Onduidelijkheid over de SDE++-regeling:** sommige geïnterviewden gaven aan dat het pas na verloop van tijd duidelijk wordt of ze gebruik van de SDE++ konden maken en hoe aantrekkelijk dit vervolgens zou zijn. Hierbij werden de categorieën CCS en CCU genoemd waar de meeste onduidelijkheid heerste in de eerdere jaren (met name in de aanloop naar de 2020 en 2021 SDE++-rondes) rondom de scope van activiteiten die onder de SDE++ zou vallen

[34] De ETS-prijzen zijn niet opgenomen in het basisbedrag maar ETS-voordeel door installatie van het aangevraagde project wordt gecorrigeerd in het correctiebedrag en kan gedurende de productieperiode wijzigen.

en welke routes mogelijk zouden zijn. Dit leidde tot een terughoudende positie van aanvragers.

- **Te vroeg in het proces:** de toevoeging van CCS als mogelijke categorie voor de SDE++ kwam voor projectontwikkelaars binnen CCS te vroeg in het proces doordat er nog te veel onduidelijkheden waren rondom afnemers en opslagpunten. Door deze complexiteit is de realisatietermijn van CCS-projecten in 2022 aangepast van 5 naar 6 jaar.

3.1.3 Analyse van drie aspecten ter bevordering de doelmatigheid: Mate van onderbieden

Het onderbieden is een inschatting van de investeerder dat een project rendabel kan zijn met een lagere subsidie dan die maximaal wordt toegelaten onder de SDE++-systematiek. Tabel 3-3 toont de cumulatieve besparing van onderbieden voor twee beschouwingen, die later in deze sectie apart van elkaar worden uitgewerkt, omdat deze twee verschillende prikkels omvatten. Ten eerste is er gekeken naar de mate van onderbieden onder het fasebedrag, dit leidt tot een besparing van €396 miljoen over de gehele looptijd van de beschikte projecten. Ten tweede is het verschil tussen het aanvraagbedrag en het basisbedrag berekend. Dit is de daadwerkelijke korting op het basisbedrag. Dit laatste komt overeen met een besparing op het basisbedrag van €1,3 miljard over de gehele looptijd van de beschikte projecten. Dit resultaat is bereikt met de huidige fasemethodiek.

Tabel 3-3 Analyse kostenbesparing door indiening lager dan het fasebedrag en lager dan het basisbedrag

SDE++-ronde	Besparing door lagere indiening dan fasebedrag over de hele levensduur [M€]	Besparing door lagere indiening dan basisbedrag over de hele levensduur [M€]
2020	215	690
2021	113	392
2022	68	229
Totaal	**396**	**1.311**

Bron: RVO (2023) SDE++-database (niet publiek) en interne berekeningen van Trinomics.

Bieden onder het fasebedrag

In de SDE++ komt het vaak voor dat projecten onder het fasebedrag indienen. Dit is een belangrijke stap om doelmatigheid te bevorderen. Wanneer we het aandeel van het budget beschouwen, gebeurt dit in meer dan de helft van de gevallen voor zon-PV en CO_2-arme warmte. Tabel 3-4 geeft aan hoe het totaal geclaimde budget is verdeeld over gerealiseerde en nog te realiseren projecten. Daarnaast zijn ook de budgetaandelen gegeven van verschillende categorieën van terugtrekkingen en afwijzingen. Hierbij valt het op dat bij de hoofdtechnieken CO_2-arme warmte en CO_2-arme productie meer projecten die lager dan het fasebedrag hebben ingediend zijn afgewezen t.o.v. de projecten waarvan het aanvraagbedrag gelijk was met het fasebedrag. De meest voorkomende redenen zijn dat de aanvraag niet voldeed aan de categorievereisten en dat de benodigde vergunningen ontbraken. Wij observeren ook dat deze nieuwe categorieën nog in de leerfase zaten om erachter te komen hoe zij in aanmerking konden komen voor SDE++. Wanneer we naar de budgetverdeling kijken onder beschikte projecten, zien we vier verschillende groepen. Onder gerealiseerde projecten zien we dat zon-PV en CO_2-arme warmte qua budget vaker onderbieden onder het fasebedrag dan niet onderbieden. Wanneer de nog te realiseren projecten worden beschouwd zien we ook dat onderbieden regelmatig voorkomt, maar dat dit minder het geval is voor CO_2-arme productie (CCS en CCU). Vanwege de relatief korte vereiste realisatietermijn zien we dat, wanneer we het aandeel van het budget beschouwen, met name zon-PV projecten niet worden gerealiseerd. Hier is de mate van onderbieden iets groter dan voor gerealiseerde of nog te realiseren zon-PV projecten. Op een enkele uitzondering na zijn er geen projecten die zich terugtrekken na realisatie, dit is alleen voorgekomen bij zon-PV.

Tabel 3-4 Analyse op basis van geclaimde budget in aanvragen per techniek (in miljoen €)

Hoofd-techniek	< fase bedrag	Totaal geclaimd budget	Beschikt: Gerealis-eerd	Beschikt: Nog te realiseren	Beschikt: Ingetrokken na beschikking	Beschikt: Ingetrokken na realisatie	Reden van afwijzing: Afgewezen andere redenen	Reden van afwijzing: Afgewezen budget-uitputting	Reden van afwijzing: Ingetrokken voor beschikking
Zon-PV	Ja	3.532	211,9	2.494,8	510,7	0,1	197,8	79,7	36,8
	Nee	2.226	126,3	1.556,5	230,8	0,0	208,5	41,9	61,6
Wind-op-land	Ja	27	0,0	27,3	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0
	Nee	334	0,0	274,1	6,0	0,0	0,0	0,0	53,7
Zonthermie	Ja	6	0,0	5,6	0,0	0,0	0,0	0,5	0,0
	Nee	2	0,0	1,0	0,0	0,0	1,1	0,2	0,0
Biomassa	Ja	478	0,0	472,5	0,0	0,0	5,7	0,0	0,0
	Nee	1.776	4,0	234,0	3,0	0,0	288,1	0,0	1.247,2
Geothermie	Ja	851	0,0	524,6	0,0	0,0	168,8	85,0	72,2
	Nee	1.611	0,0	765,5	0,0	0,0	615,3	89,7	140,2
Hernieuwbaar gas	Ja	526	0,0	380,6	0,0	0,0	145,0	0,0	0,0
	Nee	965	18,9	740,7	0,0	0,0	42,5	69,2	93,5
CO_2-arme warmte	Ja	4.739	13,3	1.416,7	2,3	0,0	2.182,0	866,0	258,2
	Nee	1.870	6,6	1.125,3	0,6	0,0	230,1	94,4	412,6
CO_2-arme productie	Ja	6.464	0,0	2.224,8	0,0	0,0	2.066,2	0,0	2.172,6
	Nee	10.724	0,0	7.842,2	3,6	0,0	517,2	0,0	2.361,3
Waterstof	Ja	168	0,0	166,7	0,0	0,0	1,8	0,0	0,0
	Nee	15	0,0	1,1	0,0	0,0	13,7	0,0	0,0
Totaal		**36.313**	**381**	**20.254**	**757**	**0**	**6.684**	**1.327**	**6.910**

Bron: RVO (2023) SDE++-database (niet publiek) en interne berekeningen van Trinomics.

De mate van onderbieden onder het fasebedrag neemt af van 2020 naar 2022. Onder de beschikte projecten toont Tabel 3-5 het aantal projectindieningen met onderbiedingen per SDE++-ronde per hoofdtechniek. Hier is er een duidelijke afname voor zon-PV van 65% naar 21%, maar ook voor CO_2-arme warmte van 75% naar 34%. Voor bepaalde technieken is er vrij weinig onderbieding, namelijk wind-op-land, biomassa en hernieuwbaar gas.

Tabel 3-5 Analyse aandeel beschikte projecten met een indieningsbedrag lager dan fasebedrag [%]

Ronde	2020	2021	2022	Gewogen gemiddelde	Aantal projecten
Zon-PV	65%	57%	21%	54%	8.829
Wind-op-land	0%	22%	0%	7%	28
Zonthermie	50%	78%	33%	64%	14
Biomassa	67%	4%	2%	4%	93
Geothermie		0%	33%	31%	13
Hernieuwbaar gas	67%	2%	19%	9%	74
CO_2-arme warmte	75%	41%	34%	50%	123
CO2-arme productie	33%	38%	20%	29%	33
Waterstof		0%	100%	67%	3
Gemiddelde per ronde	**65%**	**56%**	**21%**	**35%**	**9.210**

Bron: RVO (2023) SDE++-database (niet publiek) en interne berekeningen van Trinomics.

De korting van het aanvraagbedrag op het fasebedrag is afgenomen over de tijd van rond €1,10 korting in 2020 naar €0,10 in 2022. Om deze conclusie te kunnen trekken, is gekeken naar de mediaan van de korting op het fasebedrag. Tabel 3-6 presenteert de mediaan van het kortingsbedrag t.o.v. het fasebedrag. Hoewel er veel verschillen zitten tussen de technieken is de mediaan vrijwel gelijk aan zon-PV met een daling van rond €1,10 korting in 2020 naar €0,10 in 2022. Wanneer de andere categorieën worden beschouwd, blijkt ook dat de korting vaak afneemt in 2022 t.o.v. 2021. Dit geldt bijvoorbeeld voor zonthermie, geothermie, hernieuwbaar gas, en CO_2-arme warmte. Naast zon-PV zijn er nog twee categorieën met een stijgende korting, namelijk biomassa, met een hoge uitschieter die is gevonden onder 5 afgewezen ingediende projecten met missende vergunning, en CO_2-arme productie. Wanneer het verschil tussen aanvraagbedragen en fasebedragen worden beschouwd is er een gemixt

resultaat, maar bij de meeste categorieën is onderbieden toch minder aantrekkelijk geworden in 2022. Dit is opnieuw een bevestiging dat onderbieden minder aantrekkelijk is geworden in 2021 en voornamelijk in 2022.

Tabel 3-6 Mediaan van de korting in aanvraagbedrag t.o.v. fasebedrag [EUR/MWh en EUR/tCO$_2$ voor CCS/CCU]

Ronde	2020	2021	2022
Zon-PV	1,10	0,40	0,10
Wind-op-land	0,10	2,95	
Zonthermie	3,85	6,20	2,80
Biomassa	0,20	1,50	17,10*
Geothermie	2,00	0,70	0,10
Hernieuwbaar gas	0,20	3,05	0,10
CO2-arme warmte	5,00	0,40	0,10
CO2-arme productie	0,22	1,22	2,47
Waterstof	0,60		2,30
Mediaan per ronde	**1,10**	**0,40**	**0,10**

** Het gaat om 5 biomassa projecten die zijn afgewezen vanwege missende vergunningen.*
Bron: RVO (2023) SDE++-database (niet publiek) en interne berekeningen van Trinomics.

De fasesystematiek geeft een prikkel aan aanvragers om met een aanvraagbedrag onder het basisbedrag in te dienen. Op basis van Tabel 3-5 en Tabel 3-6 zijn ook andere inzichten te onderbouwen. De fasesystematiek van de SDE++ in combinatie met tenders leidt ertoe dat projectaanvragen worden ingediend tegen een lager fasebedrag dan maximaal mogelijk is in de meeste categorieën. Onderbieden vindt vooral plaats bij Zon-PV en Zonthermie, maar ook CO_2-arme warmte. Bij Wind-op-land en Geothermie worden zeer beperkt projectaanvragen ingediend onder de fasegrens. Het onderbieden is sterk afgenomen met name van 2021 naar 2022 van 55% naar 21% voor beschikte projecten. Deze trend in aantal aanvragen wordt gedreven door Zon-PV, maar in Zonthermie is dezelfde trend te zien. Voor Biomassa en Hernieuwbaar gas daalde het aantal beschikte projecten met een korting op het indieningsbedrag van 67% in 2020 naar minder dan 5% in 2021, hoewel de gemiddelde korting die in 2020 werd gegeven beperkt was. De kortingen in subsidie-intensiteit t.o.v. de fasegrens die worden gegeven verschillen per techniek, maar er is nog geen duidelijke trend gevonden. Alleen voor Zon-PV is een duidelijke dalende trend te zien in de korting op de fasegrens.

De prikkel om onder het fasebedrag te bieden is voldoende aanwezig en dit is ook waarneembaar in alle fases. Tabel 3-7 toont in welke aantallen de ingediende projecten onder het fasebedrag indienen. De tabel laat duidelijk zien dat er ook in de 1^e fase met de laagste fasegrens nog volop wordt ingediend onder de fasegrens. Dit geeft indirect een indicatie dat de SDE++ prikkels verschaft aan aanvragers om met een zo laag mogelijk aanvraagbedrag in te dienen.

Tabel 3-7 De mate van onderbieden per SDE++-ronde en per fase in elke ronde

Fasenummer	2020	2021	2022
Fase 1	74%	60%	21%
Fase 2	62%	53%	24%
Fase 3	38%	62%	10%
Fase 4	50%	11%	43%
Fase 5	n.v.t.	n.v.t.	18%

Bron: RVO (2023) SDE++-database (niet publiek) en interne berekeningen van Trinomics.

Bieden onder het basisbedrag

De mate van onderbieden onder het basisbedrag toont ook een afname van 2020 naar 2022 voor een aantal (met name nieuwe) technieken. Onder de beschikte projecten toont Tabel 3-8 het aantal projectindieningen met onderbiedingen t.o.v. het basisbedrag per SDE++-ronde per hoofdtechniek. Hier is er een duidelijke afname voor biomassa, terwijl er eerst een afname is voor hernieuwbaar gas en later weer een toename. Ook is er een afname waar te nemen, zij het in mindere mate, voor CO_2-arme warmte en CO_2-arme productie (CCS/CCU). Voor alle technieken is er enige mate van onderbieding waar te nemen. De conclusie die wij hieruit kunnen trekken is dat vanwege veranderende marktomstandigheden, dat onderbieden minder aantrekkelijk is geworden in 2022.

Tabel 3-8 Analyse aandeel beschikte projecten met een indieningsbedrag lager dan basisbedrag [%]

Ronde	2020	2021	2022	Gewogen gemiddelde	Aantal projecten
Zon-PV	92%	74%	91%	**84%**	8829
Wind-op-land	69%	78%	100%	**79%**	28
Zonthermie	100%	100%	33%	**86%**	14
Biomassa	67%	8%	2%	**5%**	93
Geothermie		0%	58%	**54%**	13
Hernieuwbaar gas	67%	2%	29%	**12%**	74
CO2-arme warmte	86%	69%	44%	**65%**	123
CO2-arme productie	50%	38%	27%	**35%**	33
Waterstof		100%	100%	**100%**	3
Gemiddelde per ronde	92%	72%	84%		**9.210**

Bron: RVO (2023) SDE++-database (niet publiek) en interne berekeningen van Trinomics.

De korting van het aanvraagbedrag op het basisbedrag is eerst afgenomen van 2020 naar 2021 en daarna weer toegenomen van 2021 naar 2022. Om deze conclusie te kunnen trekken, is gekeken naar de mediaan van de korting op het basisbedrag. Tabel 3-9 presenteert de mediaan van het kortingsbedrag t.o.v. het basisbedrag. Hoewel er veel verschillen zitten tussen de technieken is de mediaan vrijwel gelijk aan zon-PV met een daling van rond €5,20 korting in 2020 naar €1,70 in 2021 en weer een stijging naar €14,70 in 2022. Wanneer de andere categorieën worden beschouwd, blijkt echter dat de korting veelal wel afneemt. Dit geldt namelijk voor wind-op-land, zonthermie, geothermie, hernieuwbaar gas, en CO_2-arme warmte. Naast zon-PV zijn er nog twee categorieën met een stijgende korting, namelijk biomassa, zoals ook al was waargenomen in Tabel 3-6, en CO_2-arme productie. Wanneer het verschil tussen aanvraagbedragen en basisbedragen wordt beschouwd is bij de meeste categorieën onderbieden minder aantrekkelijk geworden in 2022.

Tabel 3-9 Mediaan van de korting in aanvraagbedrag t.o.v. het basisbedrag [EUR/MWh en EUR/tCO_2 voor CCS/CCU]

Ronde	2020	2021	2022
Zon-PV	5,20	2,00	14,70
Wind-op-land	8,00	10,80	2,70
Zonthermie	40,30	32,80	2,80
Biomassa	6,25	4,30	17,10
Geothermie	2,50	4,65	0,10
Hernieuwbaar gas	7,30	3,05	0,60
CO2-arme warmte	7,80	3,70	1,90
CO2-arme productie	0,23	7,08	9,65
Waterstof	48,00	50,40	2,30
Mediaan per ronde	**5,20**	**1,70**	**14,70**

** In 2022 zijn er 6% van de biomassa projecten met een aanvraagbedrag onder het fasebedrag.*
Bron: RVO (2023) SDE++-database (niet publiek) en interne berekeningen van Trinomics.

Er is een relatief lage prikkel om een zodanige korting te geven om in een eerdere fase al aan bod wordt gekomen. Ook is er een afname van deze bereidheid in de tijd van 2020 naar 2021/2022. Tabel 3-10 presenteert het aantal projecten dat met een zodanig laag aanvraagbedrag is ingediend dat het in een eerdere fase al aan bod kon komen.[35] Dit gebeurt met 5% van de projecten in 2020 en 1% van de projecten in 2021 en 2022. Over alle drie SDE++-rondes betreft het 2,5% van de projecten. Dit is een vrij laag percentage en dit geeft aan dat een dergelijke hoge korting vrij weinig voorkomt. Een investeerder maakt een inschatting van de rentabiliteit en zal geen korting geven die de aanvraag niet langer rendabel maakt.

Tabel 3-10 Aantal ingediende projecten met een aanvraagbedrag onder het basisbedrag om in een eerdere fase aan bod te komen [EUR/MWh en EUR/tCO_2 voor CCS/CCU]

Ronde	2020	2021	2022
Zon-PV	188	26	16
Wind-op-land	0	0	0
Zonthermie	2	4	0
Biomassa	0	0	5
Geothermie	0	0	0
Hernieuwbaar gas	1	1	0
CO2-arme warmte	5	3	0
CO2-arme productie	0	7	1
Waterstof	0	0	0
Totaal aantal	**196**	**41**	**22**

Bron: RVO (2023) SDE++-database (niet publiek) en interne berekeningen van Trinomics.

De basisbedragen zijn over het algemeen vrij stabiel, behalve voor biomassa en CCS/CCU, waarbij de basisbedragen sterk toenemen in 2021 en verder stijgen in 2022. Tabel 3-11 toont de simpele gemiddelde basisbedragen opgesplitst naar hoofdtechnieken SDE++-ronde. Er is een lichte afname van 2020/2021 naar 2022 te zien bij wind-op-land, zonthermie en geothermie. Bij zon-PV en CO_2-arme warmte is er eerst een afname en daarna weer een toename. Er is een toename bij hernieuwbaar gas en de toename is vooral fors bij biomassa en CCS/CCU.

Tabel 3-11 Simpel gemiddelde basisbedragen [€/MWh of €/tCO2 voor CCS/CCU] in de drie SDE++-rondes

Ronde	2020	2021	2022
Zon-PV	79	71	82
Wind-op-land	58	55	51
Zonthermie	95	91	86
Biomassa	53	103	122
Geothermie	n.v.t.	83	76
Hernieuwbaar gas	72	84	87
CO2-arme warmte	51	42	67
CO2-arme productie	90	135	146
Waterstof	n.v.t.	101	103
Totaal aantal	**79**	**72**	**83**

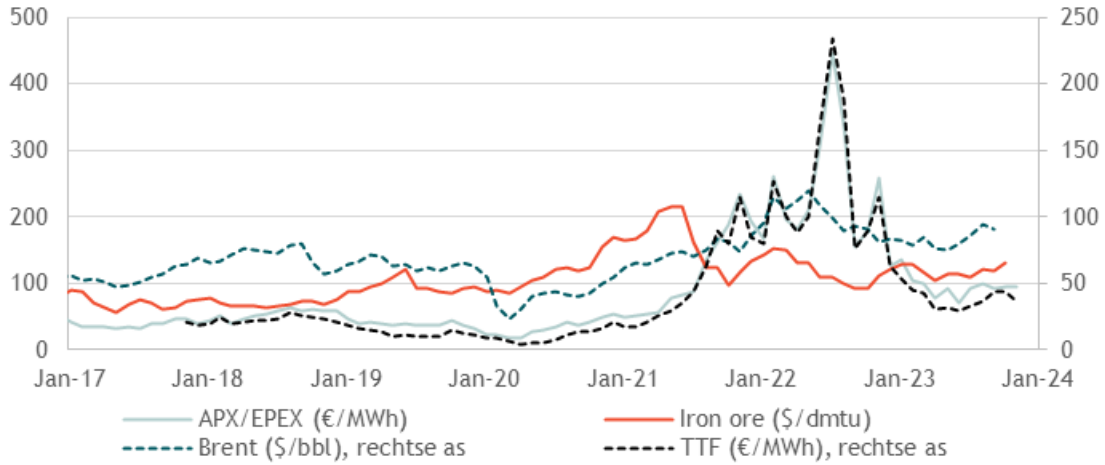
Bron: RVO (2023) SDE++-database (niet publiek) en interne berekeningen van Trinomics.

De marktomstandigheden zijn veranderd met hogere energieprijzen en meer prijsvolatiliteit. Er bestaan verschillende goede indices om de marktomstandigheden weer te geven. Figuur 3-3 toont hoe de olieprijs vrij stabiel was in de periode tot aan 2020. Daarna is de prijs eerst gezakt naar een

[35] Hierboven werd alleen gekeken naar de korting van het aanvraagbedrag op het fasebedrag. Hier worden de gevallen gepresenteerd waarbij deze korting zodanig is dat de aanvraag in een eerdere fase al aan bod kan komen.

historisch laag niveau van 20 $/bbl tijdens corona en daarna geklommen naar 120 $/bbl tijdens de piek van de gascrisis en is tegen het einde van 2023 nog steeds op een hoger niveau dan voor 2020. Het effect is nog duidelijker zichtbaar wanneer naar de maandgemiddelde spot elektriciteit en gasprijzen wordt gekeken. Deze twee prijzen bewegen in tandem met een correlatiecoëfficiënt van 99%. De prijzen waren relatief stabiel in de periode 2017-2020 rond 15 €/MWh voor gas en rond 40 €/MWh voor elektriciteit. Het piek maandgemiddelde in 2022 lag 15x hoger voor gas en 10x hoger voor elektriciteit. Het effect op de olieprijs is veel beperkter waarbij de 2022 piek 2x hoger was dan het 2017-2020 gemiddelde. De staalkosten piekten al een jaar eerder in 2021 met een 2.5x hogere prijs i.v.m. de gemiddelde prijs in 2017-2020. Dit is een indicatie van de logistieke bottlenecks die optraden in 2021. Deze discussie en interpretatie geeft aan dat de energiemarkt heel volatiel is geweest tijdens de drie SDE++-rondes, met aanzienlijke hogere energieprijzen. Het prijsniveau in 2023 is nog steeds enkele malen hoger dan in de 2017-2020 periode voor gas en elektriciteit.

Figuur 3-3 Ontwikkeling van de energieprijzen en de staalprijs vanaf 2017



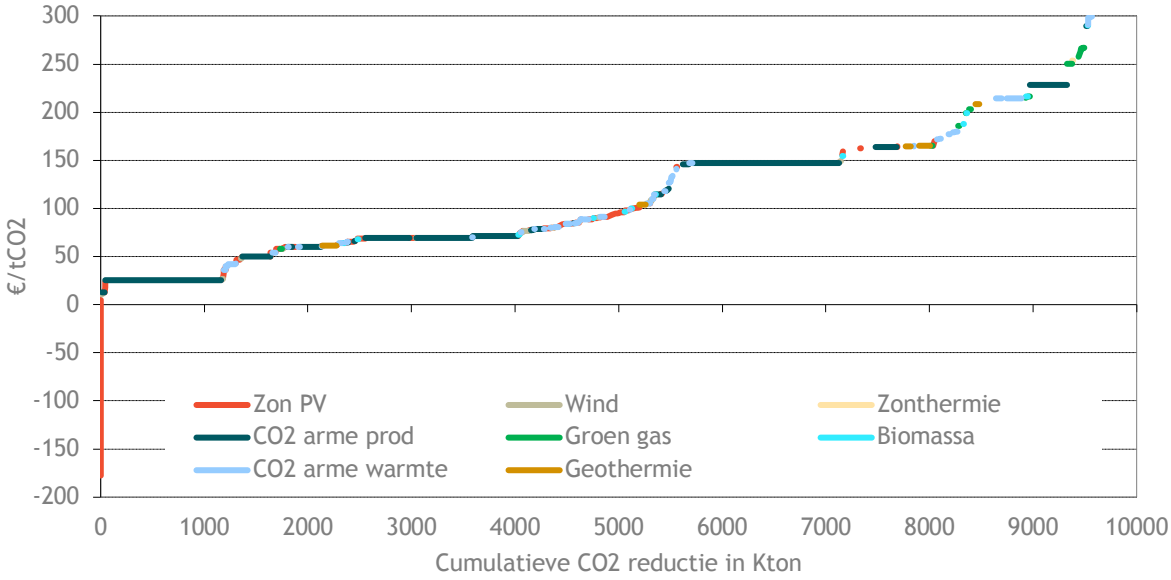
Bron: ECB, Wereldbank, ICE

3.1.4 Analyse van drie aspecten ter bevordering de doelmatigheid: Rangschikkingsmethode

Rangschikking op basis van emissie-intensiteit in SDE++ speelt alleen een rol wanneer er sprake is van budgetuitputting. Een belangrijke verandering van SDE+ naar SDE++ is dat de rangschikking van technieken in de SDE++ op basis van EUR/tCO_2 (subsidie-intensiteit) wordt gedaan, terwijl de SDE+ rangschikte op basis van EUR/MWh (aanvraagbedrag). Hoewel dit een interessant verschil is, zal dit alleen invloed hebben op de projecten die zijn ingediend tussen 24/11/2020 en 31/12/2020; in die periode was er sprake van budgetuitputting en is de rangschikking van belang. Voor eerder ingediende projecten in 2020 en alle ingediende projecten in 2021 en 2022 heeft dit geen invloed gehad op de uiteindelijke beschikkingsbeslissing.

De goedkoopste manier om emissies te reduceren is met zon-PV en daarna met CO_2-arme productie via CCS of CCU. Zowel zon-PV als CO_2-arme productie hebben een relatief lage emissie intensiteit. Figuur 3-4 plot de emissie intensiteit (in €/tCO_2) en de cumulatieve CO_2-reductie. De categorie CO_2-arme warmte is heel divers met zowel goedkope als dure technieken.

Figuur 3-4 Rangschikking op basis van subsidie-intensiteit van gerealiseerde en nog te realiseren projecten



Bron: RVO (2023) SDE++-database (niet publiek) en interne berekeningen van Trinomics.

Het rangschikken van aanvragen o.b.v. subsidie-intensiteit zou tot een verbeterde doelmatigheid hebben geleid, maar alleen in de SDE++-ronde 2020. Een volledige rangschikking o.b.v. subsidie-intensiteit verwijst naar de methode waarbij aanvragen van lage naar hoge subsidie-intensiteit per ton gereduceerde CO_2 worden beschikt totdat het budget van de openstellingsronde is uitgeput. Deze rangschikkingsmethode leidt dus alleen tot andere beschikkingen t.o.v. de huidige SDE++-systematiek als het budgetplafond in de openstellingsronde wordt bereikt. Dit vond enkel in 2020 plaats. In de rondes van 2021 en 2022 was er voldoende budget om alle aanvragen die volledig en inhoudelijk in orde waren te beschikken.

De gemiddelde subsidie-intensiteit in 2020 zou zo'n 14% lager geweest zijn als aanvragen volledig op subsidie-intensiteit waren beschikt i.p.v. de huidige SDE++-systematiek met fases. In de huidige systematiek worden aanvragen enkel gerangschikt op subsidie-intensiteit op de dag van budgetuitputting. In theorie kan dit tot dezelfde uitkomst leiden als een volledige rangschikking naar subsidie-intensiteit. Wel moeten alle aanvragen dan ingediend worden op de eerste mogelijke dag van indiening; dit is de eerste dag van de fase waarin de aangevraagde subsidie-intensiteit onder de fasegrens ligt. Dit was in 2020 niet het geval; van alle aanvragen (4.112) was 26% niet op de eerst mogelijke dag voor subsidieaanvraag ingediend. Daarnaast waren 63 ingediende aanvragen pas na de dag van budgetoverschrijding volledig, waardoor ze ook werden afgewezen op grond van budgetuitputting. In totaal zouden 316 aanvragen die in 2020 wel beschikt waren, bij een volledige rangschikking o.b.v. subsidie-intensiteit niet beschikt zijn.[36] Daarentegen zouden 109 aanvragen die in 2022 niet beschikt zijn, onder een volledige rangschikking wel beschikt zijn geweest.[37] Deze 109 aanvragen hadden een lagere subsidie-intensiteit dan de 316 beschikte aanvragen, maar waren of enkele dagen na de dag van budgetuitputting ingediend of onvolledig ingediend en pas compleet na de dag van budgetuitputting. Bij een volledige rangschikking op subsidie-intensiteit zou de gemiddelde subsidie-intensiteit in 2020 (gewogen naar de hoeveelheid aangevraagde SDE++-subsidie) 14% lager zijn

[36] Dit betreft 300 aanvragen in zon-PV, 8 CO_2-arme warmte, 3 wind-op-land, 3 hernieuwbaar gas, 1 biomassa en 1 zonthermie.
[37] Dit betreft 107 aanvragen in zon-PV, 1 zonthermie en 1 CO_2-arme warmte (warmtepomp) projecten.

(€63,1 per tCO_2 i.p.v. €73,4 per tCO_2).[38] Een belangrijke beperking hierbij is dat aanvragen die afgewezen waren op grond van budgetuitputting niet inhoudelijk zijn getoetst. Een deel van deze projecten met een lagere subsidie-intensiteit zou daarom mogelijk door inhoudelijke redenen of onvolledigheid alsnog zijn afgewezen. Hierdoor zou de verbetering in doelmatigheid mogelijk beperkter zijn.

Het veranderen van de rangschikkingsmethode naar een volledige rangschikking o.b.v. subsidie-intensiteit zou de doelmatigheid van de regeling in de toekomst verder verbeteren. In de huidige systematiek ondervinden aanvragen die doelmatig zijn, maar wat later worden ingediend of volledig zijn gemaakt, een nadeel in de rangschikkingsmethode. De vraag is of dit wenselijk is vanuit het perspectief van doelmatigheid. Een verschil van enkele dagen leidt er namelijk toe dat duurdere project worden beschikt. Aanvragers worden dus niet alleen gestimuleerd om hun aanvraag tegen een zo laag mogelijk subsidiebedrag in te dienen, maar ook zo snel mogelijk. De fasebedragen helpen bij het borgen van doelmatigheid. Echter, binnen een fase is er geen prikkel om een aanvraag in te dienen tegen een lager bedrag dan het fasebedrag als de aanvrager geen budgetuitputting verwacht op de dag van indiening (zie ook de eerdere analyses in sectie 3.1.2 over budgetplafond en mate van onderbieden). Bij een volledige rangschikking o.b.v. subsidie-intensiteit daarentegen speelt de snelheid van indiening geen rol meer, maar wordt de kans op beschikking volledig bepaald o.b.v. de subsidie-intensiteit. Dit geeft aanvragers een sterkere prikkel om tegen een zo laag mogelijke subsidie-intensiteit in te dienen.

Een rangschikkingsmethode volledig o.b.v. subsidie-intensiteit komt wel met praktische nadelen die de doeltreffendheid negatief kunnen beïnvloeden. In de huidige systematiek kunnen aanvragers tijdens de openstelling worden gewezen op fouten ter verbetering. Bij een tender volledig o.b.v. subsidie-intensiteit is dit niet toegestaan omdat tijdens de openstelling niet met de aanvragers gecommuniceerd mag worden. Dit kan tot meer afgewezen aanvragen leiden, met een verminderde doeltreffendheid als gevolg.

Ook vereist het veranderen van de rangschikkingsmethode een wetswijziging, waarvan de kosten en baten die daaraan zijn verbonden niet in deze evaluatie beoordeeld worden. De rangschikkingsmethode is vastgelegd in Artikel 58 van het Besluit stimulering duurzame energieproductie en klimaattransitie.[39] Om de rangschikkingsmethode te wijzigen zou een wetswijziging nodig zijn, waar administratieve kosten aan zijn verbonden. Tot nu toe zou een wijziging van de rangschikkingsmethode enkel in de SDE++-ronde 2020 tot een verbeterde doelmatigheid hebben geleid en dus mogelijke baten. Het is echter vanuit doelmatigheid wenselijk dat de SDE++ in de toekomst (de druk van) een knellend budget blijft behouden. Aanvragers blijven daarmee gestimuleerd om hun projecten tegen een zo laag mogelijke subsidie-intensiteit aan te bieden. Wat de baten hiervan zullen zijn is echter onzeker, omdat dit afhangt van de mate van budgetuitputting die in de toekomst plaatsvindt en tegen welke subsidie-intensiteiten aanvragen worden ingediend.

[38] Een belangrijke opmerking hierbij is dat een niet-beschikte warmtepompproject een significante impact heeft op het verlagen van de subsidie-intensiteit. Dit project had een aangevraagd budget van €0,8 miljard (15% van het 2020 openstellingsbudget) en een dusdanig lage subsidie-intensiteit dat de aanvraag twee fases eerder ingediend had kunnen worden. Zonder dit project was de gemiddelde subsidie-intensiteit in 2020 zo'n 4% i.p.v. 14% lager geweest bij een volledige rangschikking.
[39] https://wetten.overheid.nl/BWBR0022735/2022-03-26

3.2 Kosten voor gerealiseerde CO_2-reductie

3.2.1 Daadwerkelijk gerealiseerde projecten

Tussen 2021 en 2023 nam de CO_2-reductie via gerealiseerde SDE++-projecten geleidelijk toe, terwijl de kasuitgaves in 2021 en 2022 laag waren vanwege de hoge energieprijzen. Zoals in Sectie 2.1.2 is aangegeven, zijn er nog relatief weinig projecten gerealiseerd en de daaraan gerelateerde productie is ook relatief beperkt. Tabel 3-12 toont de gerealiseerde CO_2-reductie per techniek en het realisatiejaar. Naast de CO_2-reductie toont de tabel ook het daadwerkelijk uitgekeerde budget: €37 duizend in 2021 en €425 in 2022. De lage uitkeringen worden niet enkel verklaard door het feit dat er pas weinig projecten zijn gerealiseerd, maar ook door de marktomstandigheden in deze jaren. Het gereserveerde budget voor de projecten die al in productie zijn bedraagt namelijk jaarlijks €23 miljoen.

Tabel 3-12 Gerealiseerde CO_2-reductie, uitgekeerde subsidie en gereserveerde subsidie per techniek en jaar

	CO_2-reductie [tCO_2]*			Uitgekeerde subsidie [€]		Gereserveerde jaarlijkse subsidie [miljoen €]		
Subcategorie	2021	2022	2023**	2021	2022	2020	2021	2022
Zon-PV >= 15 kWp en < 1 MWp dak	1.075	16.012	19.102	21.569	0	8	4	1
Zon-PV >= 1 MWp dak	14	4.199	7.303	0	0	3	1	0
Zon-PV >= 15 kWp en < 1 MWp veld	0	7	290	0	0	0	0	0
Zon-PV >= 1 MWp veld	0	1.446	3.450	0	0	1	1	0
Wind-op-land	6	10	1	0	0	0	0	0
Allesvergister (W)	0	3	22	0	0	0	0	0
Allesvergister (G)	0	0	0	0	0	0	2	0
Aquathermie afvalwater	219	453	243	14.247	0	0	0	0
E-boiler	0	36	100	0	425	1	0	0
WP gesloten systeem	38	450	152	1.141	0	1	0	0
Totaal	**1.351**	**22.616**	**30.663**	**36.957**	**425**	**14**	**7**	**1**

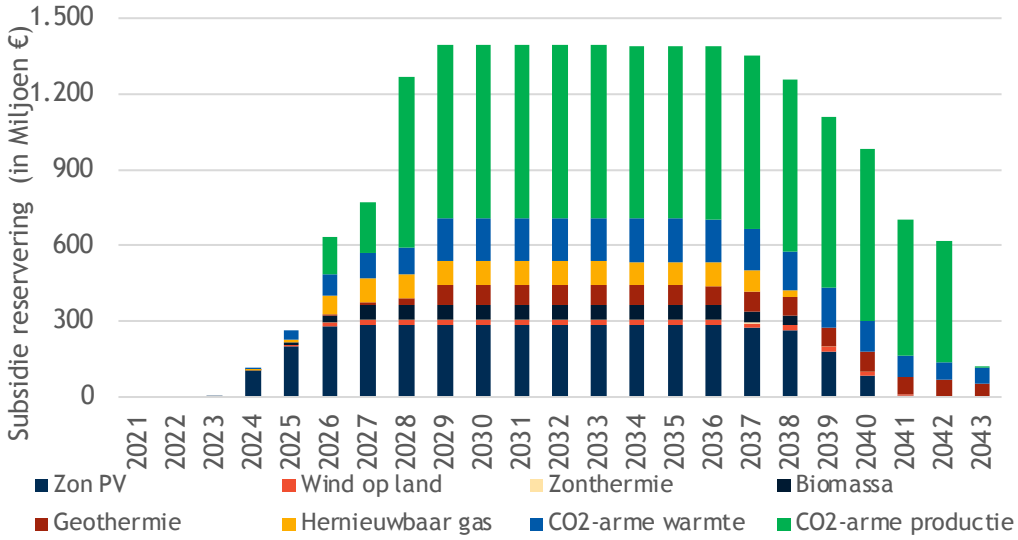
** Berekend door de gerealiseerde productie te vermenigvuldigen met de emissiefactor*
*** De CO_2 reductie voor 2023 is gebaseerd op beschikbare RVO data van 14.08.2023.*

3.2.2 Projecten in de pijplijn

Er is €20 miljard subsidie voor de beschikte projecten in 2020-2022 gespreid over de gehele looptijd gereserveerd, maar de werkelijke uitkering zal zeer waarschijnlijk veel lager uitvallen. Er zijn drie mogelijke redenen aan te geven waarom het gereserveerde budget waarschijnlijk veel lager zal uitvallen. Ten eerste is het niet zeker dat alle beschikte en nog actieve projecten daadwerkelijk gerealiseerd zullen worden. Ten tweede is het niet zeker dat al deze projecten ook de geplande productie zullen halen. Tenslotte is het waarschijnlijk dat vanwege marktomstandigheden niet het gehele subsidiebedrag uitgekeerd hoeft te worden. De jaarlijkse uitkering aan projecten die door de SDE++ zijn gesubsidieerd zal in komende jaren naar verwachting significant toenemen (zie Figuur 3-5). Op basis van ramingen met RVO data kan de jaarlijkse uitkering aan projecten die door de SDE++ worden gesubsidieerd uitkomen op maximaal zo'n €1,4 miljard per jaar vanaf 2029.[40] Vanaf 2036 zal dit weer afnemen, omdat deze projecten het einde van hun subsidietermijn bereiken.[41] Dit betekent niet dat de projecten geen bijdrage meer leveren aan de CO_2-reductie in Nederland, maar enkel dat deze projecten niet meer worden ondersteund door de SDE++.

[40] Hierbij is aangenomen dat alle beschikte projecten die nog in de realisatiefase ook daadwerkelijk worden gerealiseerd. Projecten die tot 14 augustus 2023 na beschikking zijn ingetrokken zijn niet meegenomen. In de praktijk zal dit waarschijnlijk lager uitvallen, omdat een deel van de projecten niet of slechts gedeeltelijk worden gerealiseerd.
[41] Schatting van Trinomics op basis van RVO database (niet publiek).

Figuur 3-5 Jaarlijkse subsidie reservering voor CO_2 reducerende maatregelen per techniek (rondes 2020-2022)



Bron: RVO (2023) SDE++-database (niet publiek) en interne berekeningen van Trinomics. De jaarlijkse uitgekeerde subsidie in 2021 en 2022 is op basis van RVO data bepaald o.b.v. de RVO SDE++-database. De jaarlijks verwachte uitgekeerde subsidie in 2023 is een extrapolatie van de voorlopige subsidie uitkering in 2023 tot aan de eerste helft van 2023. De jaarlijkse subsidie reservering vanaf 2024 is ingeschat op basis van de aanname dat alle beschikte projecten in de realisatiefase met de maximaal jaarlijkse subsidiabele productie/CO_2-reductie worden gerealiseerd en het maximale subsidiebedrag krijgen uitgekeerd.

3.3 Aansluiting met subsidiebehoefte

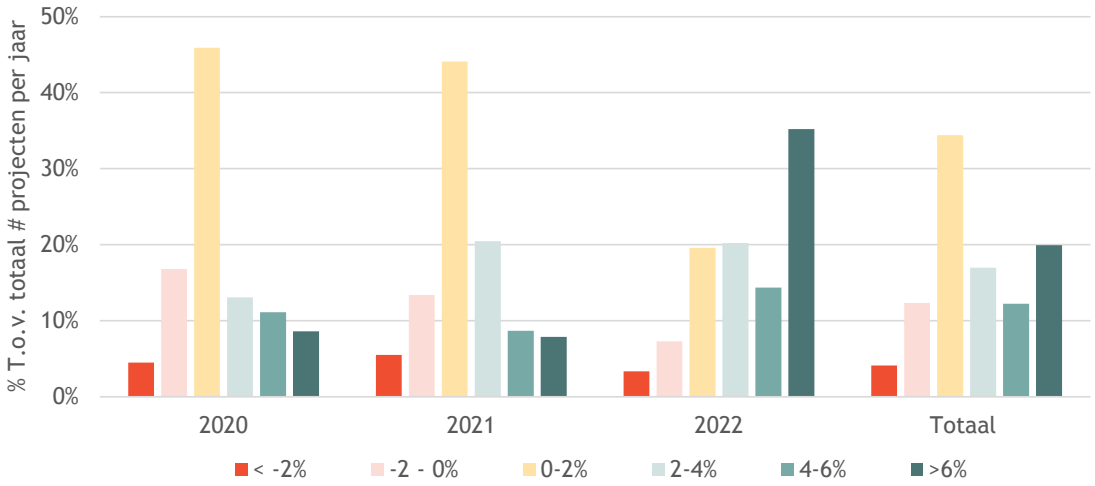
De aansluiting van de SDE++ bij de subsidiebehoefte kan worden geanalyseerd door naar het verschil te kijken tussen de IRR van projecten met SDE++ en de WACC met SDE++. Figuur 3-6 en Figuur 3-7 tonen dit verschil, respectievelijk per SDE++-ronde en per hoofdtechniek. Wanneer we het verschil tussen de verwachte IRR met SDE++ en de WACC beschouwen dan zien we dat bij een groot aantal projecten het verschil tussen de 0-2% bedraagt. Dit is met name het geval in 2020 en 2021.In 2022 zijn er aanzienlijk meer projecten waarbij het verschil tussen de verwachte IRR met SDE++ en de WACC groter is dan 2%. In alle jaren is het deel van de projecten met het verschil minder dan 0% relatief laag, wat aangeeft dat SDE++ in ieder geval voldoende subsidie geeft om de onrendabele top te dekken in de meeste gevallen. Normaliter zouden we een zogenaamde klokkromme verwachten, dat is een figuur dat overeenkomt met een normale verdeling; dit is het geval in 2020 en 2021. We zien hierbij dat een laag verschil tot projecten leidt die onvoldoende rendabel zijn en daarom het risico lopen om niet ontwikkeld te worden, terwijl een hoog verschil mogelijk tot overwinsten kan leiden. Hierbij dient opgemerkt te worden dat met de huidige hogere rentestand en grotere onzekerheid over de toekomstige inkomsten en het toelaten van “redelijke” opbrengsten, een hogere grens dan het verschil tot 2% gehanteerd zou kunnen worden. In dit rapport stellen we voor om deze grens op 6% te zetten en alleen projecten die daarboven scoren als projecten met mogelijke overwinsten aan te merken.[42] We merken hierbij op dat in de systematiek van de SDE++ (en in de voorganger SDE+) enige vorm van overwinsten onvermijdelijk is, zoals ook al aangegeven in de inleiding van dit hoofdstuk. Wanneer er een klokkromme wordt gevonden zoals in 2020 en 2021 is dit in de lijn der verwachting. De bias naar hogere verschillen in 2022 zal waarschijnlijk een uitzondering zijn die voortkomt uit ongebruikelijke marktomstandigheden van dat jaar met extreem hoge energieprijzen. We mogen

[42] Het is bijzonder moeilijk om een dergelijk keuze goed te onderbouwen. Het is duidelijk dat de ondergrens van 0% te laag is. Om te compenseren voor de verslechterde martkomstandigheden is een hogere grens nodig. Deze is aangenomen als 6%. Daarnaast is het ook belangrijk om als disclaimer mee te nemen dat het om een steekproef van exploitatieberekeningen gaat en dat de werkelijke prestaties van de projecten in de praktijk vaak slechter uitvallen.

verwachten dat het verschil in de komende jaren weer meer het patroon van 2020 en 2021 zal aannemen.

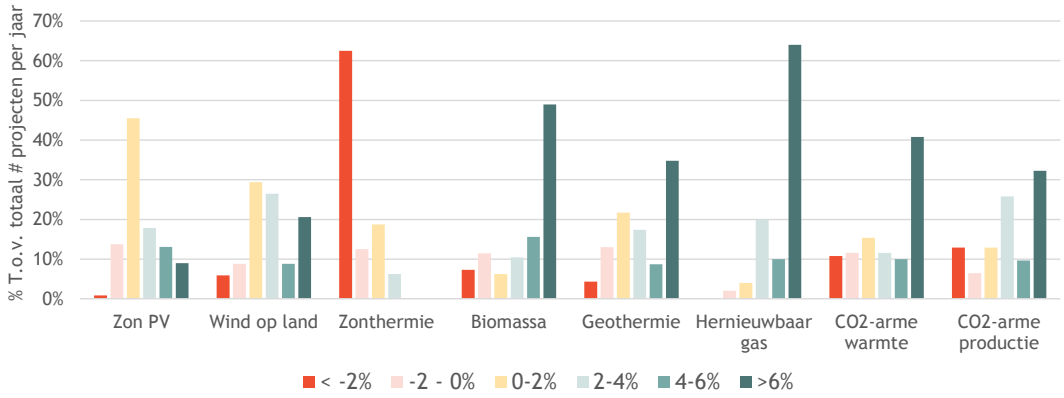
De mate van overwinsten is relatief beperkt in 2020 en 2021, maar niet in 2022. Als we het verschil tussen IRR met SDE++ en WACC met 6% en hoger beschouwen als overwinsten (zie Figuur 3-6 en Figuur 3-7), dan geldt dit voor 20% van de projecten in alle drie SDE++-rondes tezamen. Dit is met 35% veel hoger in 2022 in vergelijking met circa 8-9% in 2020 en 2021. Daarnaast zijn er ook projectaanvragen waarbij er helemaal geen overwinsten worden verwacht, zoals bij zonthermie. Het aantal projecten met verwachte overwinsten is relatief laag voor Zon-PV met 9% en weer een stuk hoger voor wind-op-land met 21%. Het is de verwachting dat overwinsten het vaakst voorkomen onder hernieuwbaar gas (gebaseerd op biomassa) met 64% van de projecten en biomassa met 49% van de projecten. Deze hoge verwachtingen voor biomassa en aan biomassa gerelateerde projecten kan mogelijk getemperd worden door stijgende inkoopkosten in parallel met stijgende energiekosten (zie Figuur 3-3). Daarnaast zijn de ingediende exploitatieberekeningen van biomassa en hernieuwbaar gas vaak te optimistisch omdat de geplande draaiuren in de praktijk meestal niet gehaald worden. Het is nog te vroeg om dit te verifiëren omdat deze projecten nog niet gerealiseerd zijn.

Figuur 3-6 Frequentie verschil IRR met SDE++ en WACC per SDE++-ronde



Bron: RVO (2023) steekproef van SDE++-exploitatieberekeningen (niet publiek) en interne berekeningen Trinomics.

Figuur 3-7 Frequentie verschil IRR met SDE++ en WACC per hoofdtechniek



Bron: RVO (2023) steekproef van SDE++-exploitatieberekeningen (niet publiek) en interne berekeningen Trinomics.

Opsplitsing van projectcategorieën is een belangrijk instrument om overwinsten te beperken en potentieel te ontsluiten. Door projectcategorieën met grote spreiding in productiekosten op te splitsen in meerdere categorieën kunnen overwinsten tegengegaan worden en kan extra potentieel ontsloten worden. Deze aanpak was al met name toegepast op wind-op-land met zo'n 20 subcategorieën in 2020. Over de tijd is dit bij vrijwel alle hoofdtechnieken toegepast waarmee overwinsten (deels) te voorkomen zijn en projectpotentieel met hogere kosten ontsloten is (zoals windprojecten op minder gunstige locaties). Mede hierdoor is het aantal projectcategorieën, waarvoor projectaanvragen zijn ingediend, binnen de SDE++ toegenomen van minder dan 30 in 2020 tot meer dan 100 in 2022, terwijl er in 2022 al meer dan 150 subcategorieën zijn ontstaan. Tijdens de interviews werd aangegeven dat er voldoende fijnmazigheid is gewenst in met name de zeer diverse hoofdtechnieken hernieuwbare warmte en CO_2-arme warmte. Dit verder indelen in meer subcategorieën, kan leiden tot het indienen van meer projecten en het zal mogelijk ook de overwinsten te beperken. Toch zal het niet makkelijk zijn om voldoende informatie te verzamelen om de basisbedragen voor deze subcategorieën te bepalen.

De verschillende mechanismen om de doelmatigheid te bevorderen hebben een significante bijdrage geleverd aan het tegengaan van overwinsten. Voorbeelden hiervan zijn de effectieve prikkel om korting te geven, het vaststellen van basisbedragen met inbegrip van verwachte toekomstige kostendalingen en de opsplitsing van projectcategorieën aan de hand van verschillen in de verwachte vollasturen. Deze mechanismen dragen bij aan de doelmatigheid van de SDE++. Een belangrijk instrument om overwinsten tegen te gaan is door het bepalen van strakke basis- en fasebedragen. Dit draagt bij aan de doelmatigheid van de SDE++-regeling. Het verlaagt de kans dat een project hogere rendementen maakt dan strikt noodzakelijk zouden zijn voor een positieve investeringsbeslissing. Tegelijkertijd kunnen te strakke basis- en fasebedragen tot non-realisatie of onderproductie leiden. Ook kunnen te strakke basisbedragen ertoe leiden dat minder projecten een SDE++-aanvraag indienen wat kan leiden tot onderbesteding. Dit kan de doeltreffendheid negatief beïnvloeden. Hierop wordt in meer detail ingegaan in Hoofdstuk 4 over de consistentie van de SDE++-regeling.

4 Evaluatie consistentie

In de evaluatie van de consistentie onderzoeken we in hoeverre acties die voortkomen uit de SDE++ complementair zijn, of tegenstrijdigheden bevatten. We onderscheiden twee vormen:

- **Interne consistentie:** Hoe de verschillende technieken en uitgangspunten binnen de SDE++-regeling zich tot elkaar verhouden met het oog op de doelstellingen van de regeling (het bijdragen aan de reductie van BKG-emissies in Nederland door grootschalig hernieuwbare energie op te wekken en BKG-emissies te verminderen).
- **Externe consistentie:** Hoe de SDE++ zich verhoudt tot het Europese en overige Nederlandse klimaatbeleid, en in hoeverre dit elkaar versterkt of inconsistenties bevat.

De focus van dit hoofdstuk ligt op de consistentie van de SDE++ met het hoofddoel: het reduceren van CO_2-emissies op een zo kostenefficiënt mogelijke manier. Hierbij zijn de onderzoekvragen in Tabel 4-1 leidend. De eerste twee vragen gaan over de interne consistentie en de laatste twee vragen over de externe consistentie. Omdat de evaluatie enkel de SDE++-rondes 2020-2022 beslaat kijken we enkel naar beleid dat voor 2023 is geïmplementeerd. Nieuw of aangekondigd beleid is niet onderzocht.

Tabel 4-1 Onderzoeksvragen consistentie

#	Onderzoeksvraag
C1	In hoeverre zijn beschikkingen door marktpartijen gecombineerd met andere (subsidie)regelingen?
C2	In hoeverre werken de componenten van de SDE++ samen om de doelstellingen te behalen?
C3	In hoeverre zijn de beleidsmaatregelen in de SDE++ coherent met andere beleidsmaatregelen die vergelijkbare doelstellingen hebben?
C4	In hoeverre zijn de beleidsmaatregelen in de SDE++ coherent met de doelen van het Klimaatakkoord?

4.1 Interne consistentie - concurrentie tussen technieken

In de evaluatie van de interne consistentie richten we ons op één onderwerp: de concurrentie tussen verschillende technieken in één instrument. In de SDE++ concurreren allerlei technieken met zeer uiteenlopende karakteristieken met elkaar op basis van de kosten per vermeden ton CO_2. Hierdoor spelen verschillende interacties tussen technieken, waarbij de hamvraag is: kunnen technieken wel objectief met elkaar worden vergeleken?

Concurrentie tussen technieken is niet nieuw. Ook in de SDE+ concurreerden verschillende technieken voor hetzelfde budget. De doelstelling van de SDE+ was het stimuleren van productie van hernieuwbare energie op een zo kostenefficiënt mogelijke manier. In de SDE+ concurreerden hernieuwbare elektriciteits-, groen gas- en hernieuwbare warmteprojecten al met elkaar.

Echter, met de verbreding van de SDE+ naar de SDE++ is de doelstelling gewijzigd waardoor meer technieken in aanmerking komen voor de regeling. Het eerste relevante verschil is de stijging in het aantal technieken dat in aanmerking komt voor de regeling. Met de verbreding van de SDE+ naar de SDE++ komen naast hernieuwbare energieprojecten ook andere CO_2-reducerende technieken in aanmerking, zoals elektrificatie en andere CO_2-arme warmtetechnieken, hernieuwbare waterstof en CCS. Er zijn dus meer technieken waartussen concurrentie plaatsvindt om hetzelfde budget, waarbij de verschillen tussen technieken bovendien groter zijn. Hoewel in de SDE++ deze vrije concurrentie plaatsvindt tussen technieken, wordt tussen 2020 en 2022 de subsidie voor enkele technieken beperkt door middel van techniek-specifieke plafonds.

Om verschillende technieken met elkaar te kunnen laten concurreren dient de emissiereductie in ton CO_2 (equivalent) te worden bepaald, t.o.v. van verschillende referentietechnieken. In het geval van CCS-projecten is dit recht toe recht aan; hierbij gaat het immers om fysieke en directe CO_2-reductie. Voor andere technieken gaat het om **vermeden uitstoot** en dient de reductie t.o.v. een (hypothetisch) alternatief te worden vastgesteld. Hierbij wordt van verschillende omrekenfactoren gebruik gemaakt. In deze sectie gaan we in op de vergelijking van technieken binnen de SDE++ door de methode voor de vermeden CO_2-emissies en de onrendabele top tegen het licht te houden.

4.1.1 Vermeden CO_2-emissies: verschillen tussen overkoepelende categorieën

Op hoofdlijnen worden de (vermeden) CO_2-emissies als volgt berekend bij de vijf overkoepelende categorieën (dit is een versimpelde weergave):

- Bij **hernieuwbare elektriciteit** wordt de marginale optie gebruikt om de vermeden emissies te bepalen, in combinatie met de verwachte energieopbrengst. Door naar de marginale optie te kijken in plaats van de gemiddelde optie wordt de emissiefactor gebruikt van de techniek die wordt afgeschakeld ten gevolge van de extra opwek van hernieuwbare elektriciteit. In het eindadvies 2022 wordt bijvoorbeeld een emissiefactor van 130 g CO_2/KWh voor baseload elektriciteit gebruikt. Dit komt overeen met de geraamde marginale emissiefactor voor 2033 uit de KEV 2021. Deze is gebaseerd op de raming dat hernieuwbare elektriciteitsproductie 4300 vollasturen per jaar de marginale optie zal zijn (gascentrales in het gros van de resterende tijd). Bij windenergie en zon-PV wordt de emissiereductie over 20 jaar meegenomen, rekening houdend met geleidelijke afname van de jaarlijkse productie. Voor zon-PV en windenergie geldt dus dat de geraamde emissiereductie een factor 1,3 hoger is dan de emissiereductie in de subsidieperiode (15 jaar).
- Bij **hernieuwbare warmte** wordt de verwachte warmteproductie en het vermeden gasverbruik in een gasgestookte ketel gebruikt om de CO_2-besparing in te schatten. Hierbij wordt een emissiefactor gehanteerd van 226 g CO_2/KWh voor de gasgestookte ketel.[43] Verder wordt nog gecorrigeerd voor extra elektriciteitsgebruik, indien relevant. Voor geothermie wordt de CO_2-reductie van 30 jaar meegenomen, zonder degradatie van opwek. Voor geothermie geldt dus dat de geraamde emissiereductie een factor 2 hoger is dan de emissiereductie in de subsidieperiode (15 jaar).
- Bij **hernieuwbaar gas** wordt de verwachte productie en het vermeden gasverbruik in een gasgestookte ketel gebruikt om de CO_2-besparing in te schatten. Hierbij geldt een emissiefactor van 183 g CO_2/KWh voor aardgas.
- Bij **CO_2-arme warmte** worden de vermeden emissies om een vergelijkbare manier bepaald als bij hernieuwbare warmte. Hierbij worden dus de verbruikte warmte (als proxy voor het vermeden aardgasverbruik) en de emissiefactor van aardgas gebruikt. Daarnaast vinden er verschillende correcties plaats, zoals bij extra elektriciteitsverbruik bij bijvoorbeeld e-boilers en elektrische warmtepompen. Ook hierbij wordt de marginale emissiefactor gebruikt.
- Bij **CO_2-arme productie** verschilt de methode per subgroep. Voor CCS wordt het volume afgevangen CO_2-emissies gebruikt om de CO_2-besparing in te schatten. Daarnaast vinden nog een aantal correcties plaats, bijvoorbeeld voor het energieverbruik door de toepassing van CCS en een efficiëntieverlies. Voor CCU worden de vermeden emissies van fossiele CO_2-productie in een gasketel of WKK gebruikt. Voor hernieuwbare waterstofproductie worden de vermeden

[43] O.b.v. aangenomen rendement van 90%.

CO_2-emissies bepaald door de vermeden emissies van fossiele waterstofproductie in een *steam methane reforming* (SMR-)installatie.

Het berekenen van vermeden emissies is aan veel aannames onderhevig. Ondanks het zeer nauwkeurige proces hebben keuzes en onzekerheid grote invloed op de rangschikking. De hierboven genoemde verschillen laten alleen het topje van de ijsberg zien. In de praktijk worden er nog allerlei aanvullende correcties uitgevoerd om tot een zo nauwkeurig mogelijke raming van de vermeden CO_2-emissies te komen. Desondanks blijft de onzekerheid aanzienlijk. Ook hebben methodologische keuzes invloed hebben op geraamde vermeden CO_2-emissies en daarmee op de subsidie-intensiteit en uiteindelijk op de (mate van) ondersteuning van verschillende technieken.

Bij hernieuwbare elektriciteitsproductie en elektrificatie wordt de schatting van de vermeden CO_2-emissies sterk beïnvloed door inherent onzekere ramingen van de *toekomstige* elektriciteitsmix en de keuzes voor de marginale/gemiddelde emissiefactor. Allereerst is de inschatting van de vermeden emissies bij deze elektriciteitsopties inherent onzeker. Immers: er dient een raming te worden gemaakt van de toekomstige elektriciteitsmix, terwijl deze sector zich in een enorme transitie bevindt. Zo is de snelheid waarmee de elektriciteitsmix verduurzaamt onzeker, en o.a. afhankelijk van de snelheid van elektrificatie van de energievraag. Dit benoemt PBL ieder jaar in de Klimaat- en Energieverkenning (KEV) en eindadviezen voor de SDE++. De variëteit wordt bijvoorbeeld geïllustreerd door het verschil in emissiefactor voor zon-PV en windenergie in 2020 en 2022. In 2020 werd de emissiereductie van zon-PV en windenergie geraamd op 210 g CO_2/KWh. In 2022 was dit met een factor 3 gedaald naar 70-80 g CO_2/KWh. Hierbij voegt PBL toe dat 'de elektriciteitsmarkt in Nederland zeer volatiel is en de huidige berekeningswijze zorgt ervoor dat deze volatiliteit doorwerkt in verminderde stabiliteit van de rangschikking in de SDE++'.[44] De keuze om te sturen op CO_2-emissies met concurrentie tussen verschillende technieken heeft als consequentie dat voorspellingen belangrijker worden, zoals bekend was ten tijde van invoering van de SDE++.[45] Daarnaast spelen een aantal methodologische keuzes een rol, zoals de keuze om te werken met de marginale emissiefactor of de gemiddelde emissiefactor. In de SDE++ wordt aangenomen dat alle nieuwe elektriciteitsvraag additioneel is. Echter, men kan beargumenteren dat alle toekomstige elektriciteitsvraag gelijk dient te worden behandeld. In dit geval zou de gemiddelde emissiefactor passend zijn en zouden de vermeden CO_2-emissies van elektrificatieopties aanzienlijk hoger uitvallen.

Ook zijn de aannames van vermeden CO_2-emissies van hernieuwbare elektriciteitsproductie relevant, waarbij de vraag is: hoeveel emissiereductie wordt bereikt met extra hernieuwbare elektriciteitsprojecten, die steeds minder vaak fossiele opwek verdringen? Dit wordt ook als aandachtspunt genoemd in de externe review van de eindadviezen 2022.[46] Reviewer *Element Energy* noemt het feit er geen onderscheid wordt gemaakt tussen elektriciteitskosten en emissiefactoren over tijd als een aandachtspunt dat hoge prioriteit verdient. Mede als antwoord op de review wordt momenteel op twee manieren rekening gehouden met het feit dat hernieuwbare elektriciteit steeds minder vaak fossiel verdringt. Ten eerste wordt er geen subsidie uitgekeerd bij negatieve elektriciteitsprijzen (omdat dit een indicatie is van een overschot aan hernieuwbare elektriciteit). Ten tweede vindt er een correctie plaats o.b.v. de profielen. Dit zijn verbeteringen. Desalniettemin blijft de invloed van aannames en onzekerheid groot. PBL bevestigt dit. In de reactie op de review stelt PBL

[44] PBL (2022). Eindadvies SDE++ 2022. Pagina 274.
[45] Zie bijvoorbeeld: Trinomics (2019). Review SDE++.
[46] PBL (2022). Eindadvies SDE++ 2022. Pagina 269.

te 'twijfelen over de robuustheid van de CO_2-berkeningsmethodologie'. Kleine aanpassingen in de elektriciteitsmodellering kunnen een grote invloed hebben op de emissiefactoren en dus op de SDE++.

Andere elementen die de raming van de vermeden CO_2-emissies beïnvloeden zijn:

- **Verschillen in (aannames over) de levensduur van installaties.** Dit bepaalt namelijk het aantal jaar CO_2-reductie dat wordt meegenomen. Voor warmtepompen gaat PBL bijvoorbeeld uit van 12 jaar, bij het gros van de technieken van 15 jaar, bij zon-PV en windenergie van 20 jaar en bij geothermie van 30 jaar. De raming van de vermeden CO_2-emissies hangt samen met de levensduur. Hoewel dit methodologisch verdedigbaar is, merken we op dat de aannames omtrent levensduur van invloed zijn op het basisbedrag en rangschikking. Mede hierom vragen marktpartijen in consultaties meermaals om de aannames omtrent de levensduur van hun installaties te herzien, zoals bijvoorbeeld is gebeurd bij geothermie in 2022. PBL erkent dat de levensduurraming van 12 jaar bij verschillende technieken mogelijk kan worden verlengd.[47]
- **Scope van de emissies.** Bij het inschatten van de vermeden CO_2-emissies wordt voornamelijk gekeken naar schoorsteenemissies (scope 1) en (indirecte) elektriciteitsemissies (scope 2). Andere ketenemissies (scope 3), bijvoorbeeld de emissies bij de productie van installaties, of bij het transport van aardgas, worden buiten beschouwing gelaten, m.u.v. monomestvergisting.[48] Dit is begrijpelijk vanuit een uitvoerbaarheidsperspectief, maar heeft wel consequenties voor de rangschikking.

4.1.2 Inkomsten en kosten: ETS, GvO's en infrastructuur

Naast de verschillen in het bepalen van CO_2-emissiereductie verschillen ook de elementen die de onrendabele top bepalen tussen technieken. Bij hernieuwbare elektriciteit worden de inkomsten geraamd o.b.v. de verwachte elektriciteitsmarktprijs. Daarnaast vindt een correctie plaats voor het opwekprofiel. Bij hernieuwbare warmte, CO_2-arme warmte en hernieuwbaar gas geldt de (TTF-) aardgasprijs als correctiebedrag. Voor aquathermie, restwarmte en geothermie werd in 2022 70% van de aardgasprijs gehanteerd. Bij andere technieken 90%. Deze verschillen houden verband met verschillen in rendement tussen technieken. Aan de kostenkant valt op dat er bij biomassa rekening wordt gehouden met accijnzen en met de duurzaamheids- en broeikasgasemissiereductiecriteria.

Een detaillering van de gebruikte methodes voor het inschatten van de onrendabele top per categorie valt buiten de scope van deze evaluatie. We belichten wel een aantal elementen: het verschil tussen ETS- en niet-ETS-bedrijven, de omgang met garanties van oorsprong (GvO's) en met infrastructuurkosten.

ETS vs. niet-ETS

Het verschil tussen ETS- en niet-ETS bedrijven in SDE++ is het extra financiële voordeel dat bedrijven onder het EU-ETS verkrijgen bij CO_2-reducerende projecten. Bij ETS-bedrijven leidt een vermindering van hun CO_2-uitstoot namelijk tot lagere ETS-kosten of een hoger financieel voordeel. Ze dienen minder ETS-rechten te kopen, of houden meer gratis ETS-rechten over die ze kunnen verkopen.

[47] PBL (2022). Eindadvies SDE++ 2022. Pagina 276.
[48] Het feit dat scope 3 emissies maar voor één techniek worden meegenomen lijkt op het eerste gezicht niet consistent. De argumentatie is echter dat alleen vermeden scope 3 emissies in Nederland die onderdeel zijn van het primaire proces relevant zijn voor de SDE++. Bij monomestvergisting worden vermeden methaanemissies uit mest als onderdeel van het primaire proces beschouwd. Vanuit deze redenatielijn is het verklaarbaar om alleen te kijken naar technieken met een significante scope 3 emissies in Nederland. Indien scope 3 emissies buiten Nederland zouden worden meegenomen dan zou het voor veel technieken relevant zijn, bijvoorbeeld in het kader van methaanemissies bij CCS.

Niet-ETS-bedrijven hebben geen ETS-kosten en ondervinden bij CO_2-reductie ook geen direct financieel voordeel. In deze sectie analyseren we of dit ETS-voordeel bij de verschillende technieken op een consistentie wijze is meegenomen, zowel tijdens de aanvraagfase als de daadwerkelijke SDE++-bijdrage die wordt uitgekeerd. Voor de aanvraagfase kijken we specifiek naar het meenemen van het ETS-voordeel in de rangschikking of fasebedragen.

In de SDE++ zijn aparte CCS-categorieën voor ETS- en niet-ETS-bedrijven opgenomen. Dit is consistent met de wijze waarop de SDE++-bijdrage wordt bepaald.

- Bij **ETS-bedrijven** is het ETS-voordeel — net als andere generieke kosten(voordelen) — meegenomen in het correctiebedrag voor CCS-projecten bij het bepalen van de werkelijke SDE++-bijdrage. Omdat het "product" van CCS-projecten opslag van CO_2 is en de financiële baten de bijbehorende vermeden ETS-kosten, wordt het correctiebedrag bepaald door de ETS-prijs. De langetermijnprijs voor CCS-projecten bij ETS-bedrijven is daarom de verwachte ETS-prijs over de looptijd van de SDE++.
- **Niet-ETS-bedrijven** hebben geen ETS-voordeel en er zijn ook geen andere directe financiële baten. Het correctiebedrag en de langetermijnprijs voor CCS-projecten bij niet-ETS-bedrijven zijn daarom nul.

ETS-bedrijven kunnen dus in een eerdere fase een hoger aanvraagbedrag indienen dan niet-ETS-bedrijven.[49] Bij eenzelfde aanvraagbedrag is de subsidie-intensiteit van een ETS-bedrijf is immers lager dan die van een niet-ETS bedrijf, omdat geen correctiebedrag op de subsidie-intensiteit van niet-ETS-bedrijf van toepassing is. Dit betekent dat duurdere CCS-projecten van ETS-bedrijven een grotere kans op SDE++-subsidie maken dan die van niet-ETS-bedrijven. Dit is consistent met de doelmatigheid van de regeling, omdat de werkelijke SDE++-bijdrage voor CCS-projecten bij ETS-bedrijven ook lager zal zijn door dan bij niet-ETS-bedrijven door de correctie voor ETS-voordeel.

Bij hernieuwbare en CO_2-arme warmte wordt een onderscheid gemaakt tussen ETS- en niet-ETS-bedrijven in de werkelijke SDE++-bijdrage, maar niet in de rangschikking of subsidie-intensiteit. Het ETS-voordeel dat bedrijven ondervinden in de categorieën onder hernieuwbare of CO_2-arme warmte wordt gecorrigeerd met het correctiebedrag. Dit ETS-voordeel wordt echter niet meegenomen in de langetermijnprijs en daarmee ook niet in de fasebedragen en subsidie-intensiteit, en dus ook niet in de rangschikking (zie Box 3-1 voor de uitleg hoe het fasebedrag afhangt van de langetermijnprijs). In tegenstelling tot CCS bestaan er geen aparte categorieën ETS- en niet-ETS-bedrijven bij warmteprojecten. ETS- en niet-ETS-bedrijven maken daarmee evenveel kans op een beschikking voor warmteprojecten, terwijl hetzelfde project bij niet-ETS-bedrijven minder doelmatig is.

Voor volledige consistentie zou het ETS-voordeel ook in de rangschikking en fasebedragen van warmteprojecten meegenomen dienen te worden. Om een correctie voor het ETS-voordeel in de rangschikking mee te nemen, is een prijsverwachting voor de ETS-prijs nodig. Dit zou dezelfde ETS-prijsraming kunnen zijn als gebruikt wordt voor de langetermijnprijs van CCS-projecten. Daarnaast zijn aparte categorieën onder hernieuwbare warmte en CO_2-arme warmte nodig voor projecten bij ETS- en niet-ETS-bedrijven, zoals nu het geval is voor CCS, om het ETS-voordeel in het fasebedrag mee te kunnen nemen. Er zijn echter categorieën waar het ETS-voordeel bedrijfsspecifiek is, wat het meenemen van het ETS-voordeel in de fasebedragen en rangschikking complexer maakt. Door het

[49] In de latere fases worden de fasebedragen bepaald door het basisbedrag, omdat de maximale subsidie-intensiteit van een fase hoger is dan het basisbedrag. Het basisbedrag is voor ETS- en niet-ETS-bedrijven gelijk, omdat het basisbedrag de kostprijs om de CO_2-uitstoot te reduceren is voordat rekening is gehouden met inkomsten of financiële voordelen. Zie Box 3-1 voor een toelichting over fasebedragen, basisbedragen en subsidie-intensiteit.

verlies van gratis emissierechten, bijvoorbeeld bij projecten voor elektrisch opgewekte warmte, kan het ETS-voordeel namelijk in sommige categorieën per bedrijf verschillen.[50] Hierdoor kan de correctie voor ETS-voordeel in de SDE++-bijdrage in de categorieën waar dit plaatsvindt bedrijfsspecifiek zijn (zie Sectie 4.2.2, *interactie met het EU-ETS*). Generieke fasebedragen met correctie voor het verwachte ETS-voordeel zouden in principe wel vooraf vastgesteld kunnen worden, maar er zullen dus mogelijk partijen zijn waarbij de fasebedragen niet consistent zijn met hun verwachte ETS-correctie. Voor deze partijen zou enkel na indiening van een aanvraag o.b.v. de subsidie-intensiteit van de aanvraag kunnen worden vastgesteld of in de juiste fase is ingediend. Dit is namelijk relevant in openstellingsrondes met budgetuitputting door het *first-come-first-serve* principe van de SDE++. Idealiter zouden aanvragers hierin begeleid kunnen worden met een rekentool om de juiste fase voor indiening te bepalen. De rekentool zou dan o.b.v. ingevoerde categorie, aanvraagbedrag en verwachte ETS-voordeel de correcte fase bepalen waarin voor het eerst een aanvraag kan worden ingediend. Dit maakt de regeling wel complexer voor ETS-bedrijven en moeten aannames gemaakt worden m.b.t. de verandering van gratis emissierechten over de looptijd van de subsidie. Een minder complex alternatief is het van tevoren inschatten van de gemiddelde ETS-correctie per categorie bij het bepalen van de fasebedragen.

Het is echter twijfelachtig of de administratieve kosten (inclusief informatievoorlichting aan de aanvragers) hiervan opwegen tegen een mogelijke verbetering van de doelmatigheid van regeling. In de SDE++-rondes van deze evaluatie zou dit enkel mogelijk impact hebben gehad in 2020, omdat de subsidie-intensiteit enkel relevant is indien er sprake is van budgetuitputting en rangschikking nodig is. Uit de beschikbare data voor deze evaluatie is echter niet te bepalen welke projecten bij ETS-bedrijven plaatsvinden en wat hun ETS-voordeel na verlies van gratis emissierechten is. Hierdoor is het niet mogelijk om in te schatten wat de mogelijke baten geweest zouden kunnen zijn indien het ETS-voordeel wel in de rangschikking was meegenomen.

Bij de andere technieken is er geen sprake van een direct ETS-voordeel en is het daarom per definitie consistent dat er geen onderscheid wordt gemaakt tussen ETS- en niet-ETS bedrijven. Bij CCU-projecten voor de glastuinbouwsector ondervinden ETS-bedrijven geen ETS-voordeel, omdat de afgevangen en gebruikte CO_2 nog steeds als uitstoot onder het ETS meetelt. Bij hernieuwbaar gas en waterstof vindt ETS-voordeel niet tijdens de productie plaats, maar bij het gebruik van het gas als brandstof.[51] In het geval van hernieuwbare elektriciteit zit het ETS-voordeel al verdisconteerd in de marktvergoeding voor elektriciteit en daarmee in het correctiebedrag.

Garanties van oorsprong (GvO's)

Een garantie van oorsprong (GvO) is een certificaat dat aan dient te tonen dat de opgewekte energie een duurzame herkomst heeft. GvO's zijn verhandelbaar en bestaan op dit moment voor hernieuwbare elektriciteit, hernieuwbare warmte en hernieuwbaar gas en hernieuwbare waterstof. Zodoende kunnen bedrijven en organisaties GvO's kopen op de markt, bijvoorbeeld om aan te tonen dat ze hernieuwbare energie inkopen. Bij elektriciteit geldt dat voor elke MWh opgewekte elektriciteit die geproduceerd is en terug wordt geleverd aan het net één GvO aangevraagd kan worden. Zowel

[50] De ETS-correctie bij CO_2-arme warmte voor stadsverwarming wordt bepaald door het aandeel van gratis emissierechten voor stadsverwarming. Indien het geen restwarmte betreft, is de ETS-correctie ook afhankelijk van het aandeel van de warmte afkomstig van de gasketel die vervangen wordt. In deze situaties is de ETS-correctie bedrijfsspecifiek.

[51] Indien het gebruik van hernieuwbaar gas of waterstof binnen een ETS-installatie plaatsvindt waar de productie van hernieuwbaar gas of waterstof heeft plaatsgevonden, zou er wel sprake zijn van een ETS-voordeel. Er zijn geen aanwijzingen dat dit al heeft plaatsgevonden in de SDE++-rondes 2020-2022. Dit is echter mogelijk relevant voor de toekomst, maar dit is niet verder in deze evaluatie beschouwd.

multinationals als (semi)publieke instanties kopen GvO's.[52] Voor andere technieken zijn nog geen (uniforme) GvO's beschikbaar.

In de SDE++ zijn GvO's verplicht voor hernieuwbare warmte, hernieuwbaar gas en hernieuwbare elektriciteit. Het feit dat GvO's niet voor alle categorieën binnen de SDE++ verplicht zijn is niet inconsistent, maar een gevolg van de praktijk. Een verplichting voor GvO's voor elke categorie binnen de SDE++ zou simpelweg onmogelijk zijn omdat de GvO's niet voor elke categorie beschikbaar zijn.

Eventuele GvO-inkomsten worden bij zon-PV en wind-op-land in de SDE++ op eenzelfde manier behandeld als ETS-kosten: er vindt wel een correctie plaats in de SDE++-bijdrage, maar niet in de langetermijnprijs. Bij windenergie en zon-PV wordt voor het financiële voordeel uit mogelijke verkoop van GvO's gecorrigeerd boven op het correctiebedrag. PBL stelt de gemiddelde waardes van de GvO's jaarlijks opnieuw vast. De daadwerkelijke subsidie-uitgaven worden dus verlaagd met de gemiddelde jaarlijkse GvO-waarde. De GvO-inkomsten worden niet meegenomen in de langetermijnprijs, omdat de toekomstige GvO-prijzen te onzeker worden geacht om mee te nemen in de basisenergieprijs.

Voor hernieuwbaar gas worden eventuele GvO-inkomsten nog niet meegenomen, terwijl hier al vanaf 2022 via het ETS inkomsten uit gegenereerd kunnen worden. Dit kan vanaf 2023 veranderen. Vanaf de openstellingsronde 2023 kan er ook een correctie voor GvO's voor hernieuwbaar gas komen omdat er extra marktinkomsten zullen ontstaan door de invoering van de bijmengverplichting groen gas.[53] Deze verplichting wordt momenteel nog uitgewerkt. Projecteigenaren kunnen echter al inkomsten genereren met GvO's voor hernieuwbaar gas die in 2022 zijn afgegeven. Vanaf 2022 mogen hernieuwbaar gas GvO's namelijk worden ingezet om ETS-emissies uit aardgasverbruik te verlagen, zelfs als de onderliggende projecten SDE++-subsidie krijgen.[54] Hier wordt momenteel geen rekening mee gehouden in de SDE++-bijdrage. De correctie die vanaf 2023 ingevoerd kan worden moet dus niet alleen rekening houden met extra marktinkomsten door de invoering van de bijmengverplichting groen gas, maar ook mogelijke verkoop voor ETS-doeleinden.

Voor CO_2-arme warmte vindt geen GvO-correctie plaats, maar daar zijn ook geen directe inkomsten uit te halen. Omdat de subsidiabele warmte niet (geheel) uit een hernieuwbare bron komt, kan er namelijk geen gebruik gemaakt worden van het systeem van meten en certificeren.

Doordat de GvO-waarde wel wordt meegenomen in het correctiebedrag, maar niet in de berekening van de subsidie-intensiteit, vallen de categorieën met mogelijke GvO-inkomsten lager uit in de rangschikking. De verwachte subsidie-intensiteit wordt dus overschat. Door het opnemen van de prijs van GvO's in de langetermijnprijs of als correctie in het bepalen van de subsidie-intensiteit zou dit nadeel gemitigeerd kunnen worden. Op dit moment is de verwachte GvO-prijs voor 2030 van zon-PV en wind-op-land zeer laag, waardoor het nadeel beperkt is. Voor hernieuwbaar gas GvO's kan de prijs echter wel relatief hoog zijn. Deze hangt namelijk niet alleen af van de bijmengverplichting groen gas, maar ook de ETS-prijs. Hierdoor kan het nadeel in de rangschikking behoorlijk zijn wanneer de GvO-correctie voor hernieuwbaar gas wordt toegepast in de SDE++-bijdrage.

[52] Zo kocht Microsoft de GvO's van het windmolenpark in de Wieringermeer (zie bijvoorbeeld hier) en de Nationale Spoorwegen (NS) GvO's van PZEM en Shell (zie bijvoorbeeld hier).
[53] RVO (2023). SDE ++ 2023.
[54] NEa (2023). Garanties van Oorsprong in het EU ETS.

Kosten infrastructuur

Op veel punten worden infrastructuurkosten in de SDE++ consistent meegenomen binnen overkoepelende categorieën, waarbij PBL duidelijke uitgangspunten hanteert. Bij projecten in categorieën die gebruik maken van pijpleidingen (zoals restwarmte en CCS) geldt dat de hoofdinfrastructuur niet wordt meegenomen in het basisbedrag, maar de aansluiting op de hoofdinfrastructuur wel. Voor veel elektrificatie-opties (zoals e-boilers, warmtepompen en de elektrificatie van offshore platforms) geldt consequent dat zowel de elektrische infrastructuur binnen als buiten het hek wordt meegenomen. Voor hernieuwbare elektriciteit geldt dat de kosten voor een netaansluiting worden meegenomen, o.b.v. de gereguleerde tarieven.[55]

Overkoepelend neemt de SDE++ consistent de kosten voor hoofdinfrastructuur niet mee in het basisbedrag, maar de kosten voor aansluiting op de hoofdinfrastructuur wel. De aanpak per techniek voor de aansluiting op de hoofdinfrastructuur verschilt. Voor sommige technieken geldt dat een bepaald aantal kilometer aan pijpleiding wordt meegenomen in het basisbedrag. Voor elektriciteitsopwekking wordt rekening gehouden met de aansluitingskosten. De aansluiting op het distributienet wordt consistent meegenomen in de SDE++. Wel zijn er inconsistenties vanuit een extern consistentieperspectief, zoals toegelicht in Box 4-1. Deze zijn niet specifiek voor de SDE++, maar gelden voor het bredere energiebeleid.

Box 4-1 Infrastructuurkosten en externe consistentie

Vanuit het perspectief van externe consistentie is niet alleen de interne samenhang relevant, maar ook de aansluiting bij het bredere klimaatbeleid en de discussies omtrent systeemkosten. De centrale vraag is hierbij: *hoe richten we de energietransitie zo in dat deze tegen de laagste systeemkosten wordt gerealiseerd?* Immers, vanuit maatschappelijk perspectief zijn niet zo zeer de subsidiekosten relevant, maar de *totale* maatschappelijke kosten van het toekomstige energiesysteem. De kosten voor het Nederlandse elektriciteitsnet zijn gesocialiseerd; deze worden terugverdiend door (gereguleerde) nettarieven die iedere elektriciteitsgebruiker betaalt. Elektriciteits*producenten* betalen hier niet aan mee. Toegepast op SDE++-projecten betekent dit dat de systeemkosten (zoals netverzwaring) *wel* worden meegenomen voor elektrificatieprojecten via de nettarieven (hoewel er geen onderscheid wordt gemaakt tussen projecten met hoge/lage systeemkosten), maar niet bij hernieuwbare elektriciteitsprojecten, zoals zon-PV of windenergie.

De totale systeemkosten staan niet vast; de locatie van productie en verbruik (en de aanwezige infrastructuur) speelt bijvoorbeeld een belangrijke rol in de systeemkosten. Het niet volledig meenemen van (of differentiëren tussen) systeemkosten in het energiebeleid leidt tot hogere systeemkosten.

Het feit dat geen rekening wordt gehouden met eventuele netverzwaring bij elektriciteitsproductie komt voort uit de fundamentele inrichting van de energie-infrastructuur in samenhang met de SDE++. Geredeneerd vanuit de doelmatigheid van de SDE++ is het logisch dat de elektriciteitsproducent niet wordt gecompenseerd voor kosten die hij niet maakt. De netbeheerders maken wel kosten. Het feit dat deze kosten slechts zeer beperkt meewegen bij het realiseren van nieuwe elektriciteitsproductielocaties leidt tot hogere maatschappelijke kosten en een duurdere energietransitie. Dit komt enerzijds omdat er suboptimale locaties worden geselecteerd voor zon- en windproductie geredeneerd vanuit netwerkkosten. Anderzijds kan het ook tot een suboptimale verdeling tussen elektriciteits- en warmtetechnieken leiden, omdat bij elektriciteitsopties de systeemkosten niet bij de producent liggen, terwijl dit bij andere warmteopties wel (gedeeltelijk) het geval kan zijn, bijvoorbeeld bij warmtenetten.

4.1.3 Overige aandachtspunten bij interne consistentie

Toevoegen van categorieën

Iedere ronde worden de categorieën van de SDE++ herzien, waarbij nieuwe categorieën kunnen worden toegevoegd. In 2022 kende de SDE++ 169 categorieën. Projecten in dezelfde overkoepelende

[55] PBL (2020). Eindadvies SDE++ 2020. Pagina 37.

categorie hebben verschillende karakteristieken. Deze karakteristieken beïnvloeden de onrendabele top en de vermeden CO_2-emissies. Bij wind-op-land bijvoorbeeld, beïnvloedt de gemiddelde windsnelheid op een locatie de energieopwekking. Hierdoor wordt de onrendabele top van projecten op locaties met relatief veel wind overschat, en op locaties met relatief weinig wind onderschat. Om de subsidie beter aan te laten sluiten bij de daadwerkelijke subsidiebehoefte kunnen categorieën verder worden verfijnd. Zo wordt er bij wind-op-land o.a. onderscheid gemaakt tussen de gemiddelde windsnelheden.

Het toevoegen van categorieën zorgt dus voor een betere aansluiting bij de daadwerkelijke subsidiebehoefte, maar verhoogt wel de complexiteit van de SDE++ en de administratieve kosten. De toename van het aantal categorieën maakt de SDE++ steeds minder generiek. Tegelijkertijd is het wel een effectieve manier om de mogelijkheid tot overwinsten te beperken, en om duurdere technieken meer kans op ondersteuning te bieden. Het toevoegen van nieuwe categorieën blijft een afweging tussen betere aansluiting op de subsidiebehoefte enerzijds en meer complexiteit anderzijds.

In marktconsultaties kunnen nieuwe categorieën worden voorgesteld. Indien gepast kan PBL er vervolgens voor kiezen om een nieuwe categorie in te voeren. Het gebrek aan een eenduidige methode voor het vaststellen van categorieën wordt in de review van de eindadviezen 2022 aangekaart als aandachtspunt met hoge prioriteit.[56] Er worden twee concrete maatstaven voorgesteld: de procentuele afwijking in subsidie t.o.v. een bestaande categorie en het geschatte aandeel van installaties die onder de nieuwe categorie zouden vallen. PBL noemt deze suggestie betekenisvol, met name voor sectoren met veel projecten.

De geraadpleegde marktpartijen uit de industrie noemen dat een minder verfijnde categorisering de doeltreffendheid van de SDE++ in de industrie kan verhogen. Dit zou echter ten koste gaan van de doelmatigheid. Categorieën sluiten niet altijd aan bij de praktijk. Dit geldt met name voor categorieën waarbinnen de projectkarakteristieken (zoals kosten) sterk kunnen verschillen. Dit is in het algemeen vooral het geval bij industriële categorieën. Hierdoor kunnen sommige projecten in de industrie ofwel geen gebruik maken van de SDE++, of het project moet aangepast worden om beter aan te sluiten bij de SDE++. Dit laatste is wordt als een complex en omslachtig traject ervaren. Door een lagere mate van verfijndheid zouden meer projecten uit de praktijk binnen de kaders van (nieuwe) categorieën kunnen passen. Wat ons betreft snijdt dit argument hout. Echter, hier staat tegenover dat het risico op overstimulering toeneemt voor projecten met lagere kosten. Dit is dus een afweging tussen doeltreffendheid en doelmatigheid. Tot slot geven marktpartijen aan dat de opname van nieuwe technieken in de SDE++ lang duurt. Een hoger aantal openstellingsrondes zou dit proces kunnen versnellen. Nu leidt afwijzing namelijk tot minimaal één jaar vertraging. Dit zou wel consequenties hebben voor de uitvoering hebben (iedere openstellingsronde heeft een apart eindadvies).

Het huidige proces voor het toevoegen van categorieën is niet erg robuust. Dit lijkt ons echter niet de grootste uitdaging binnen de SDE++. Marktpartijen kunnen zich hard maken voor het openstellen van nieuwe categorieën indien projecten niet uitkunnen in bestaande categorieën. Deze signalen hebben er in het verleden toe geleid dat er nieuwe categorieën werden opengesteld. Dit kan gestroomlijnder, maar lijkt momenteel niet een urgent probleem.

[56] PBL (2022). Eindadvies SDE++ 2022. Pagina 269.

Verschillende technieken in één subsidievorm (capex/opex)

In de SDE++ worden verschillende technieken gestimuleerd met één subsidiemechanisme. Mogelijk passen techniek-specifieke instrumenten beter bij de verscheidenheid aan technieken. Het feit dat alle technieken op eenzelfde manier worden ondersteund is een andere consequentie van de keuze voor concurrentie tussen technieken binnen één instrument. De SDE++ is een exploitatiesubsidie. Specifieker: de SDE++ is een eenzijdige *contract for difference* (CfD). Naast eenzijdige CfD's zijn er allerlei andere vormen van ondersteuningsinstrumenten.[57] Welk instrument het beste past wordt beïnvloed door de doelstellingen van de regeling en de technieken in scope.

Binnen de verscheidenheid aan beschikbare subsidiemechanismes onderscheiden we onder andere investeringssubsidies en exploitatiesubsidies. Bij een investeringssubsidie ontvangt een projectontwikkelaar de subsidie in de beginfase van het project. Bij exploitatiesubsidies als de SDE++ worden zowel de investeringskosten als de operationele kosten meegenomen. Echter, de subsidie wordt periodiek verstrekt, waarbij de investeringskosten over de looptijd van de subsidie (15 jaar) terug kunnen worden verdiend. Hierdoor kan een exploitatiesubsidie beter rekening houden met veranderende marktomstandigheden. Als toekomstige marktinkomsten onverwacht tegenvallen dan wordt de projecteigenaar daar in de SDE++ voor vergoed (tot aan de bodemprijs). Dit kan niet bij investeringssubsidies.

Het stimuleren van productiecapaciteit bij technieken met hoge investeringskosten met investeringssubsidies is in het algemeen effectiever dan met exploitatiesubsidies. Er kan echter minder goed worden gestuurd op productie. Vanuit het perspectief van de projectontwikkelaar passen investeringssubsidies goed bij technieken waarbij de investeringskosten het merendeel van de totale kosten beslaan. Dit geldt bijvoorbeeld voor zon-PV en windenergie, waar de operationele kosten relatief laag zijn. Andere voorbeelden van technieken met hoge investeringskosten zijn geothermie en waterstof, hoewel de operationele kosten naar verhouding hoger zijn dan bij zon-PV en windenergie.

Vanuit het perspectief van de subsidieverstrekker geldt echter dat exploitatiesubsidies beter sturen op productie: de hoogte van de subsidie hangt af van bijvoorbeeld de geproduceerde hoeveelheid energie, en niet van het geïnstalleerd vermogen. Dit verlaagt dus het risico dat een installatie wel wordt gebouwd, maar niet (voldoende) wordt gebruikt. De consequentie hiervan is dat een exploitatiesubsidie meer marktverstorend werkt; de subsidie beïnvloedt namelijk operationele keuzes.

De discussie over investeringssubsidie vs. exploitatiesubsidies is niet nieuw, maar wel extra relevant door de hogere rentestanden en inflatie t.o.v. de jaren 2015-2020. Investeringssubsidies worden aantrekkelijker t.o.v. de SDE++ bij hogere rentestanden en inflatie. Dit is omdat de financieringskosten toenemen en omdat de SDE++ niet corrigeert voor inflatie. In onze visie is de verbreding van de SDE+ naar de SDE++ geen reden om van exploitatiesubsidies af te stappen. Ook de SDE+ werd immers gedomineerd door technieken met relatief hoge investeringskosten en ook in de SDE+ verschilden risico's tussen technieken. De volgende overwegingen zijn relevant bij de vergelijking tussen een investeringssubsidie en een exploitatiesubsidie (we hebben hier geen gedetailleerd onderzoek naar gedaan):

- **Sturen op productie vs. capaciteit,** zoals hierboven beschreven.

[57] Voor een greep uit de opties, zie bijvoorbeeld hoofdstuk 3 van Trinomics (2023). *Policy options to upscale solar PV and onshore wind beyond 2025*.

- **Administratieve kosten** van meerdere (en verschillende) subsidievormen zijn mogelijk hoger dan bij de generieke SDE++;
- **Concurrentie tussen technieken**. Technieken kunnen alleen met elkaar concurreren als deze objectief met elkaar kunnen worden vergeleken. Hierdoor dient voor één generiek instrument te worden gekozen (waarin geen onderscheid kan worden gemaakt tussen exploitatie en investeringssubsidies), of dient de concurrentie tussen technieken te worden beperkt.
- **Een mogelijke dip in projectontwikkeling** bij een systeemverandering, omdat het tot onzekerheid kan leiden op de markt en omdat nieuwe systemen gepaard kunnen gaan met kinderziektes.

Vereisten & vergunningen

SDE++ aanvragen gaan gepaard met verschillende vergunningen en vereisten. Tabel 4-2 toont deze per categorie binnen de SDE++. De tabel toont onder andere welke vergunningen en vereisten techniek-specifiek zijn, zoals een windrapport dat alleen geldt voor windenergieprojecten. Dit type vereisten is irrelevant voor de interne consistentie. Niet-specifieke vergunningen en vereisten zijn wel relevant.

Op basis van de tabel maken we aantal observaties:

- **Voor het gros van de technieken zijn er veel inspanningen nodig om in aanmerking te komen voor de SDE++.** De administratieve kosten van de SDE++ zijn geen expliciet onderdeel van deze evaluatie.
- **De vereisten zijn strenger voor grotere projecten. Dit lijkt proportioneel.** In verschillende categorieën met grote projecten gelden extra vereisten. Zo is het tekenen van een uitvoeringsovereenkomst en het aanleveren van een bankgarantie verplicht vanaf een subsidiebeschikking van €400 miljoen.[58] Dit onderscheid is verklaarbaar: de vereisten (en bijkomende kosten) dienen in de verhouding te staan met andere kosten.
- **O.b.v. onze quick scan zijn alleen de verschillen binnen de WABO-vergunning niet direct verklaarbaar**. Bij vrijwel elke categorie is een WABO-vergunning vereist. Voor osmose, compostering en geothermie (on)diep is deze echter niet verplicht.

[58] Voor CCS- en CCU-projecten met een nieuwe afvanginstallatie, zuiveringsinstallatie of vervloeiingsinstallatie in de glastuinbouw waar nog geen omgevingsvergunning voor is ontvangen zijn de uitvoeringsovereenkomst en bankgarantie altijd verplicht, ongeacht of de subsidiebeschikking meer dan €400 miljoen betreft.

Tabel 4-2 Overzicht van vergunningen, vereisten en interacties per categorie binnen de SDE++

Categorie	Techniek specifiek	Osmose	Waterkracht	Wind	Zon-PV	Biomassa vergisting	Biomassaverbranding	Compostering	Zonthermie	Geothermie	Biomassa vergisting	Biomassavergassing	Aquathermie	Daglichtkas	PVT-panel met warmtepomp	E-boiler	Geothermie (on)diep	Restwarmtebenutting	Industriële warmtepomp	Hybride glasoven	Waterstof uit elektrolyse	CCS	CCU	Geavanceerde hernieuwbare brandstoffen
1: WABO-vergunning*																								
2: Wbr-vergunning*																								
3: Wnb-vergunning*																								
4: Watervergunning																								
5: Geologisch onderzoek + mijnbouwvergunning																								
6: GvO*				1	1																			
7: MSK-toets*		2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	3	4	4	4	3
8: Rapport vereiste informatie transport en opslag																								
9: Verklaring van transport- en opslagcapaciteit																								
10: Transportindicatie netbeheerder																								
11: Uitvoeringsovereenkomst & bankgarantie																						5	5	
12: Haalbaarheidsstudie				6	6																			
13: Windrapport																								
14: Model draagkracht dakconstructie																								
15: Jaarlijkse rapportage biomassa																								
16: Backward banking niet toegestaan																7					7			
17: HBE*																								
18: EU-ETS voordelen																								
19: Budgetplafond																								
20: Beperking in inzet																								

1: GvO is van invloed op het correctiebedrag binnen deze categorie. 2: MSK-toets wordt alleen uitgevoerd bij verlengde levensduur voor de productie van hernieuwbare elektriciteit of als de aanvrager naast subsidie uit SDE++ ook andere publieke steun heeft ontvangen. 3: MSK-toets wordt alleen uitgevoerd als aanvrager naast subsidie uit SDE++ ook andere publieke steun heeft ontvangen. 4: MSK-toets wordt uitgevoerd, ongeacht of de aanvrager andere steun heeft gebruikt voor het project. 5: Voor CCU en CCS is het tekenen van de uitvoeringsovereenkomst en het aanleveren van een bankgarantie verplicht. Voor alle andere technieken is dit enkel verplicht vanaf een subsidiebeschikking van €400 miljoen voor een project. 6: Uitzondering van haalbaarheidsstudie. Voor wind uitzondering als vermogen <100kW en voor zon-PV als vermogen <1MW. 7: Bij Waterstofproductie door elektrolyse en de E-boiler met beschikking in '20 & '21 is backward banking niet toegestaan.
** WABO = Wet Algemene Bepalingen Omgevingsrecht, Wbr = Wet Beheer Rijkswaterstaatswerken, Wnb = Wet natuurbescherming, GVO = Garantie van Oorsprong, MSK = Europese milieu- en energiesteunkader, HBE = hernieuwbare brandstofeenheid*

4.2 Externe consistentie

In de evaluatie van de externe consistentie richten we ons op de verhouding tussen de SDE++ en ander Europees en overige klimaatbeleid. Hiertoe analyseren we eerst in hoeverre de SDE++ wordt gecombineerd met andere subsidies, en of dit mogelijk problematisch is. Vervolgens beschouwen we de consistentie met het Europese klimaat- en energiebeleid. Tot slot beschouwen we de consistentie van de SDE++ met het belangrijkste Nederlandse klimaatbeleid tussen 2020 en 2022: het Klimaatakkoord.

4.2.1 Het combineren van subsidies

Het eventuele combineren van subsidies is relevant omdat dit tot oversubsidiëring kan leiden, indien andere subsidies niet voldoende worden meegenomen bij het bepalen van de onrendabele top, of bij het toepassen van correcties achteraf, bijvoorbeeld omdat de andere subsidies niet bekend zijn.

De SDE++ kan met verschillende Nederlandse (HER+, DEI+ en VEKI) en Europese subsidies (IPCEI en het innovatiefonds) worden gecombineerd. Het combineren van de SDE++ met Nederlandse subsidies is mogelijk met de Hernieuwbare Energietransitie (HER+, voor innovatieprojecten die CO_2 uitstoot verminderen door de inzet van hernieuwbare energie of CO_2 besparende technieken[59]), de Demonstratie Energie- en Klimaatinnovatie (DEI+, voor innovatieve pilotprojecten die CO_2-verminderende maatregelen testen[60]) of de Versnelde klimaatinvesteringen industrie (VEKI, voor investeringen in marktrijpe apparaten, systemen of technieken op het gebied van energie-efficiëntie, recycling, lokale infrastructuur of overige CO_2-verlagende maatregelen[61]). Uit interviews blijkt dat SDE++ wordt gebruikt in combinatie met de Europese instrumenten IPCEI en het innovatiefonds.

Daarnaast zijn er verschillende subsidies waarmee de SDE++ expliciet *niet* mag worden gecombineerd. Zo kan voor een installatie waarvoor SDE++-subsidie is aangevraagd, geen gebruik worden gemaakt van Investeringssubsidie Duurzame Energie (ISDE), Milieu investeringsaftrek (MIA), Energie-investeringsaftrek (EIA) en/of Subsidieregeling coöperatieve energieopwekking (SCE).[62]

Drie van de 60 enquêterespondenten die een project hebben ontwikkeld waarvoor *geen* SDE++ subsidie is toegekend hebben gebruik gemaakt van andere subsidies. Deze drie vallen alle drie onder de categorie zon-PV. Eén van hen heeft het project gerealiseerd met behulp van de Energie-investeringsaftrek (EIA). Deze is niet combineerbaar is met de SDE++. De andere twee respondenten hebben geen antwoord gegeven op de vraag welk ander subsidie-instrument ze hebben gebruikt. De enquête geeft geen inzicht in de mate waarin de SDE++ wordt gecombineerd met andere subsidies.

Uit de interviews komt naar voren dat men zich niet altijd bewust is van de mogelijkheid om de SDE++ te combineren met de HER+, VEKI of DEI+. Ook is er in meerdere interviews aangegeven dat de aanvraagprocessen tijdrovend zijn, waardoor het uitzoeken van andere subsidies en combinaties daarmee weleens achterwegen gelaten wordt. Hier staat echter tegenover dat deze subsidies zijn bedoeld voor projecten die iets extra's bieden, bijvoorbeeld op het gebied van innovatie. Een standaard SDE++-project maakt weinig aanspraak op deze subsidies.

In het Europese milieu- en energiesteunkader (MSK) is de maximale publieke steun voor projecten op het gebied van milieubescherming vastgelegd. Hiervoor voert RVO een MSK-toets uit. Ook voor de subsidies waarmee de SDE++ mag worden gecombineerd geldt dat de totale subsidie onder de MSK-grens dient te blijven. In dit geval dient de producent één jaar na ingebruikname van de productie-installatie de werkelijke investeringskosten te overleggen en voert RVO een MSK-toets uit. Indien hieruit blijkt dat er sprake is van een overstimulering van €10.000 of meer wordt de subsidie verlaagd. De aanpassing van het subsidietarief wordt dan ingevoerd met ingang van het volgende kalenderjaar en geldt voor de rest van de looptijd van de subsidie. Voor sommige categorieën wordt altijd een MSK-toets uitgevoerd. Dit kan bijvoorbeeld bij categorieën waarbij het basisbedrag mogelijk niet goed aansluit bij de kosten, of waarin de projectkarakteristieken sterk verschillen. In de praktijk zijn er voor de SDE++ nog geen MSK-toetsen uitgevoerd omdat er nog vrijwel geen projecten gerealiseerd zijn, laat staan al één jaar in gebruik zijn (zon-PV projecten uitgezonderd).

4.2.2 Externe consistentie met relevant Europees klimaatbeleid

[59] RVO (2017). Hernieuwbare Energietransitie (HER+)
[60] RVO (2019) Demonstratie Energie- en Klimaatinnovatie (DEI+)
[61] RVO (2019) Versnelde klimaatinvesteringen industrie (VEKI)
[62] RVO (2021). SDE++ aanvragen

Het Europese klimaatbeleid kent drie pijlers: het Europese Emissiehandelssysteem (EU-ETS), de verordening inzake de verdeling van de inspanningen (ESR) en de verordening voor landgebruik, verandering van landgebruik en bosbouw (LULUCF). Het EU-ETS is het belangrijkste instrument om emissiereductie in de elektriciteitssector en industrie te bereiken. Ook dekt het EU-ETS de CO_2-uitstoot van luchtvaart en vanaf 2024 van scheepvaart. Het EU-ETS borgt dat de uitstoot van deze sectoren met 62% daalt t.o.v. het niveau in 2005 in 2030 d.m.v. een jaarlijks dalend emissieplafond. Indien dezelfde daling van het emissieplafond zich na 2030 voort zou zetten, zou de ETS-uitstoot tegen 2040 nul zijn. De *Effort Sharing Regulation* (ESR) geldt voor de sectoren die niet onder het EU-ETS vallen, inclusief de sectoren onder het nieuwe ETS2 voor de gebouwde omgeving, wegtransport en lichte industrie. Een belangrijk verschil tussen ETS- en ESR-sectoren is dat nationale overheden verantwoordelijk zijn voor het behalen van de reductiedoelstellingen in de ESR-sectoren, terwijl het ETS-doel enkel een Europese doelstelling is. De LULUCF-regulering heeft geen directe relatie met de SDE++, omdat de SDE++ geen technieken ondersteunt voor landgebruik en bosbouw.

Vanuit een consistentieperspectief zijn de interacties tussen het EU-ETS en de SDE++, de bijdrage van de SDE++ aan de ESR-doelstellingen en de aansluiting bij de RED het meest relevant. De interactie met het EU-ETS is belangrijk omdat er in Nederland zowel EU-beleid als nationaal beleid is, gericht op ETS-sectoren. Hierbij is het relevant om te bepalen in hoeverre dit beleid niet overlapt. De bijdrage aan de ESR-doelen is relevant omdat op Europees niveau is afgesproken dat lidstaten verantwoordelijk zijn voor het beleid in deze sectoren. Aangezien de SDE++ een van de belangrijkste klimaatinstrumenten in Nederland is, is het relevant te analyseren in hoeverre de SDE++ bijdraagt aan de ESR-doelstellingen. Tot slot is de Richtlijn Hernieuwbare Energie (*Renewable Energy Directive* - RED) relevant omdat deze richtlijn specifiek over hernieuwbare energie gaat en omdat er in de RED eisen aan en definities voor hernieuwbare energie worden gesteld.

Interactie met het EU-ETS

De SDE++ en het EU-ETS zijn twee belangrijke instrumenten die CO_2-reductie in de Nederlandse elektriciteitssector en industrie nastreven. Beide instrumenten doen dit met financiële prikkels: de SDE++ verlaagt de kosten voor CO_2-reducerende maatregelen, terwijl het EU-ETS de kosten van CO_2-uitstoot verhoogt. De SDE++ en het EU-ETS zijn dus communicerende vaten: hoe hoger de ETS-prijs, des te hoger de financiële baten van een CO_2-reducerende maatregel in de vorm van vermeden ETS-kosten, en dus des te kleiner de onrendabele top is (of zelfs geen onrendabele top).

Hoewel de SDE++ erop is gericht om de prikkel voor CO_2-reductie vanuit het EU-ETS op een consistente wijze aan te vullen, kunnen de SDE++ en EU-ETS elkaar in theorie ook negatief beïnvloeden via het zogenaamde "waterbedeffect". De interactie tussen het EU-ETS en nationaal klimaatbeleid gericht op ETS-sectoren (zoals de SDE++) leidt al lang tot discussie. De centrale vraag hierbij is: *wat is de toegevoegde waarde van de SDE++ bij aanwezigheid van het EU-ETS?* Tegenstanders van additioneel nationaal gebruik wijzen op het waterbedeffect. Dit verwijst naar het fenomeen waarbij de CO_2-reductiereductie als gevolg van de SDE++ leidt tot minder vraag naar emissierechten onder het EU-ETS, waardoor de ETS-prijs daalt. Door de daling van de ETS-prijs wordt het goedkoper om CO_2 uit te stoten. Dit kan tot een stijging (of minder harde daling) van CO_2-uitstoot elders leiden. De CO_2-reductie door de SDE++ leidt er ook toe dat meer emissieruimte vrijkomt onder het ETS, waar elders gebruik van gemaakt kan worden. Dit impliceert dat de extra CO_2-reductie in Nederland die door de SDE++ wordt bewerkstelligd, er slechts toe leidt dat elders in de EU minder CO_2-reductie hoeft plaats te vinden. De SDE++ dreigt voor de ETS-sectoren dus alleen te zorgen voor een nieuwe verdeling van de

CO_2-uitstoot, maar niet een extra daling van de uitstoot als geheel.[63] Daarnaast leidt de daling van de ETS-prijs ertoe dat de ETS-correctie daalt, wat resulteert in een hogere SDE++-bijdrage. Het waterbedeffect leidt dus ook tot hogere kasuitgaven onder de SDE++. Hoe meer CO_2-reductie de SDE++ bewerkstelligt, des te sterker is het risico dat het waterbedeffect optreedt.

De marktstabiliteitsreserve (MSR) van het EU-ETS zorgt er echter voor dat het waterbedeffect wordt gedempt. Bij een overschot van ETS-rechten op de markt boven een bepaald niveau haalt de MSR een deel van het overschot van de markt. Wanneer de hoeveelheid rechten in de MSR een bepaalde grens heeft overschreden, worden alle rechten in de MSR boven deze grens permanent verwijderd. Dit betekent dat de extra ETS-rechten die door de CO_2-reductiereductie als gevolg van de SDE++ vrijkomen, deels in de MSR verdwijnen en niet door bedrijven elders gebruikt kunnen worden. Hierdoor wordt de negatieve impact op de ETS-prijs door minder vraag naar ETS-rechten deels gedempt en vindt er wel een daling van de uitstoot als geheel plaats.[64]

Ook spelen er andere factoren een rol waardoor in de praktijk enige negatieve invloed van de SDE++ en EU-ETS op elkaar zeer beperkt zal zijn en ze hoofdzakelijk complementair zijn. In literatuur[65] en beleidsdocumenten[66] wordt veelal gewaarschuwd voor het waterbedeffect. Robuust empirisch bewijs dat het waterbedeffect in de context van CO_2-uitstoot daadwerkelijk heeft plaatsgevonden ontbreekt echter.[67] De ETS-prijs is namelijk sterk afhankelijk van de verwachtingen van marktpartijen over de mate waarin een maatregel de ETS-markt beïnvloed. Ook is de impact van de SDE++ op de Europese markt naar verwachting beperkt: de totale ETS-emissies van Nederland zijn namelijk slechts 5% van de totale emissies in het EU-ETS.[68] Daarnaast dient Europa klimaatneutraal te zijn in 2050. Een eventueel (klein) waterbedeffect zal dus slechts van tijdelijke aard zijn; alle EU-landen dienen uiteindelijk significante CO_2-reducties door te voeren. De SDE++ haalt daarmee enkel CO_2-reductiemaatregelen die mogelijk pas in de toekomst zonder subsidie rendabel zijn naar voren in de tijd. In tegenstelling tot het ETS is het in de SDE++ ook mogelijk om te sturen op bepaalde technieken die niet de meest kosteneffectieve maatregel zijn maar op lange termijn wel wenselijk. Tot slot is en blijft het ETS ook een politiek instrument. Nu het ETS steeds meer gaat bijten, kan er politieke druk op het ETS komen te staan. Subsidies als de SDE++ verzachten deze druk door Nederlandse bedrijven een beter handelingsperspectief te bieden.

Naast de toegevoegde waarde van de SDE++ is de omgang met gratis rechten in de correctie voor ETS-voordeel relevant voor consistentie, zodat enkel de daadwerkelijke onrendabele top wordt vergoed. De SDE++ leidt er toe dat ETS-bedrijven minder ETS-rechten hoeven te kopen, of meer gratis ETS-rechten overhouden die ze kunnen verkopen. Dit ETS-voordeel van bedrijven wordt bepaald o.b.v. de vermeden CO_2-uitstoot en de ETS-prijs (voor meer details, zie Sectie 4.1.2 *ETS vs. niet-ETS*). Bij projecten waar warmte uit fossiele brandstoffen wordt vervangen door elektrisch opgewekte warmte (e-boilers en warmtepompen) daalt echter niet alleen de CO_2-uitstoot (en daarmee de ETS-kosten),

[63] Gebaseerd op de uitleg van het waterbedeffect in de context van extra nationale CO_2-beprijzing van CPB (2019). Economische effecten van CO2- beprijzing: varianten vergeleken.
[64] Zie bijvoorbeeld Perino, Ritz en Benthem (2022). *Overlapping Climate Policies.*
[65] Zie bijvoorbeeld Bergh et al. (2021). *Designing an effective climate-policy mix: accounting for instrument synergy*; Ederhofer et al. (2017). *Decarbonization and EU ETS Reform: Introducing a Price Floor to Drive Low-Carbon Investments*.
[66] Zie bijvoorbeeld Rijksoverheid (2023). Annex 3. Maatregelfiches IBO-klimaat.
[67] De Nederlandse Bank (2018). De prijs van transitie; Grunau (2023). *Putting Coal to Sleep in the Waterbed: An Empirical Assessment of EU ETS Price Reactions to Coal Phase-Out Announcements.* toont zelfs aan dat het waterbedeffect zeer klein of afwezig is waar dit is te verwachten door aankondigingen over de sluiting van kolencentrales in verschillende EU-landen.
[68] Berekend voor 2022 op basis van EEA (2023). *EU Emissions Trading System (ETS) data viewer.*

maar ook de hoeveelheid gratis ETS-rechten die bedrijven krijgen. Onder het EU-ETS krijgen bedrijven namelijk enkel gratis ETS-rechten voor inzet van niet-elektrisch opgewekte warmte. Dit verlies van ETS-rechten verkleint het ETS-voordeel of kan er zelfs toe leiden dat geen sprake is van ETS-voordeel. Uit interviews blijkt dat sommige stakeholders onterecht onder de indruk zijn dat geen rekening wordt gehouden met het verlies van ETS-rechten. Er is een uitgebreide beslisboom opgesteld door RVO om te bepalen of er sprake is van ETS-voordeel en of een correctie daarvoor nodig is.[69] Bij een e-boiler voor warmtelevering aan de industrie wordt geen ETS-correctie in de SDE++-bijdrage toegepast. Bij alle andere vormen van elektrisch opgewekte warmte wordt de ETS-correctie verminderd naar rato van de verlaging van gratis emissierechten die door het project plaatsvindt. Dit verschilt per bedrijf.

De ETS-correctie bij e-boilers houdt echter geen rekening met de dalende hoeveelheid emissierechten. Dit is in het voordeel van ETS-bedrijven en niet consistent met het doel van de SDE++ om enkel de onrendabele top vergoeden. Door geen ETS-correctie toe te passen bij e-boilers voor warmtevoorziening van een ETS-bedrijf, wordt verondersteld dat de daling van CO_2-uitstoot zich 1-op-1 vertaalt naar een daling in gratis emissierechten. De onderliggende aanname is dat een ETS-bedrijf 100% van de CO_2-uitstoot van een gasgestookte ketel (90% rendement) aan gratis emissierechten krijgt. Tot en met 2020 was dit een valide aanname, omdat de ETS-benchmark voor warmteverbruik om de hoeveelheid gratis ETS-rechten van een bedrijf te bepalen ook gebaseerd was op de gasgestookte ketel met een rendement van 90%. Sinds 2021 zijn alle ETS-benchmarks voor gratis ETS-rechten echter gedaald, inclusief de warmtebenchmark met 24%.[70] Dit betekent dat ETS-bedrijven onder de warmtebenchmark voor elke ton CO_2-uitstoot van een gasgestookte ketel met 90% rendement, slechts 0,76 tCO_2 aan gratis ETS-rechten gealloceerd krijgen. Om consistent te zijn met het daadwerkelijke verlies van gratis ETS-rechten bij e-boilerprojecten, zou de ETS-correctie vanaf 2021 24% van de vermeden CO_2-uitstoot dienen te zijn in plaats van nul. Vanaf 2026 zullen alle ETS-benchmarks verder dalen en daarmee ook de gratis ETS-rechten. Ook zullen de gratis rechten voor sectoren gedekt onder het Europese *Carbon Border Adjustment Mechanism (CBAM)* vanaf 2026 geleidelijk richting 0 dalen in 2034. De ETS-correctie zou dan ook weer omhoog bijgesteld moeten worden. In de praktijk zullen niet alle bedrijven voor elke ton vermeden CO_2-uitstoot exact 0,76 tCO_2 aan gratis ETS-rechten verliezen door verschillen in ketelrendementen en brandstofverbruik. Als alternatief zou de ETS-correctie daarom ook gebaseerd kunnen worden op de werkelijke verlaging van gratis ETS-rechten als gevolg van het project, zoals bij de andere categorieën voor elektrisch opgewekte warmte.

Aansluiting bij ESR-doelen

De ESR stelt de doelen voor EU-lidstaten vast voor sectoren die niet onder het EU-ETS vallen. Voor Nederland was het doel een BKG-emissiereductie van 36% in 2030 t.o.v. 2005. Deze doelstelling vloeit voort uit de ESR-doelstelling op EU-niveau (40% reductie t.o.v. 2005). Als onderdeel van het *Fit-for-55* beleidspakket van de Europese Commissie is de Europese ESR-doelstelling op 26 april 2023 aangescherpt naar 55% in 2030 t.o.v. 2005. Voor Nederland betekent dit een emissiereductie van 48% in 2030 t.o.v. 2005. Deze doelstelling staat echter niet centraal in deze evaluatie die gaat over de periode 2020-2022.

Tot nu toe ondersteunen de beschikte projecten de SDE++-technieken die relevant zijn voor de ESR-sectoren slechts in beperkte mate. In Nederland komt de BKG-uitstoot die onder de ESR-doelstelling valt voornamelijk van de mobiliteit (35%), de landbouw (28%), de gebouwde omgeving (23%)

[69] PBL (2023). Eindadvies basisbedragen SDE++ 2023.
[70] Europese Commissie (2021). *Update of benchmark values for the years 2021 - 2025 of phase 4 of the EU ETS.*

en de industrie (13%).[71] Uit de RVO SDE++-database kan niet worden afgeleid of een project onder de ESR of het ETS valt. In Sectie 2.2 is wel geconstateerd dat in 2030 61% van de maximale CO_2-reductie van projecten beschikt in 2020-2022 van CO_2-arme productie zal komen, waarvan 90% van CCS. Daarnaast zal 16% van hernieuwbare elektriciteit komen (14% van zon-PV en 2% van wind-op-land). De CO_2-reductie van deze technieken valt vrijwel geheel onder het EU-ETS en draagt dus niet bij aan de ESR-doelstellingen.[72] Ditzelfde geldt naar verwachting grotendeels voor CO_2-arme warmte; grote projecten die bij grote industriële installaties plaatsvinden vallen onder het ETS. Alleen CO_2-reductie via geothermie, CCU, biomassa en zonthermie zullen grotendeels bijdragen aan de ESR-sectoren.

De SDE++ bevat wel technieken die relevant zijn voor ESR-sectoren, maar deze komen minder snel aan bod doordat dit veelal relatief duurdere technieken zijn. Mobiliteit wordt via hernieuwbare brandstoffen ondersteund. Bij de gebouwde omgeving en kleinere industrie is vooral CO_2-arme warmte relevant, voor de gebouwde omgeving ook zonthermie. Voor landbouw bevat de SDE++ van de ESR-sectoren de meeste relevante technieken onder geothermie, zonthermie, CCU, biomassa en CO_2-arme warmte. Hernieuwbaar gas kan ook relevant zijn voor meerdere sectoren zoals landbouw, gebouwde omgeving en de kleine industrie. In Sectie 2.1.1 is geconstateerd dat dit relatief dure technieken zijn en dus bij budgetuitputting een kleinere kans maken voor beschikking.

De SDE++ sluit daarom maar matig aan op de technieken om het behalen van de ESR-doelen te ondersteunen. Aansluiting van de SDE++ op de ESR-doelen is echter geen doel op zich. Aansluiting kan deels worden verbeterd door een deel van het SDE++ budget te reserveren voor de duurdere technieken die vooral in ESR-sectoren relevant zijn, zoals de hekjes die vanaf de SDE++-ronde 2023 zijn voorgesteld (zie Sectie 4.2.3). Een deel van het potentieel zit echter bij CO_2-reductiemaatregelen waarvoor de SDE++ minder geschikt is als beleidsinstrument, zoals maatregelen die dichter bij de consument liggen (gebouwde omgeving en mobiliteit). Tot slot zijn er andere instrumenten die ESR-CO_2-reductie stimuleren, zoals de HBE-systematiek in de mobiliteitssector en het aankomende ETS2.

Aansluiting bij RED-doelen

Om aan de RED II-doelstellingen te voldoen dient Nederland een aandeel van 27% hernieuwbare energieverbruik te hebben in 2030. Nederland ligt hiervoor op schema. Dit percentage is de vertaling van het Europese doel om een aandeel van 32% hernieuwbare energie in de totale energieconsumptie te realiseren per 2030. Er is dus een verschil tussen de Europese doelstelling en de nationale doelstellingen. Dit komt omdat de nationale doelstellingen rekening houden met o.a. het verschil in hernieuwbare energie potentieel per land (zoals de beschikbaarheid van waterkrachtcentrales) en economische verschillen (zoals de aanwezigheid van energie-intensieve sectoren en de economische draagkracht van een lidstaat). In 2022 bedroeg het aandeel hernieuwbare energie 15%.[73] PBL raamt echter dat het aandeel hernieuwbare energie in Nederland in 2030 tussen de 32% en 42% zal liggen.[74] Dit is een aanzienlijke vooruitgang. In 2020 had Nederland immers nog een statistische overdracht nodig om aan de RED-doelstelling van 14% te voldoen.

Hiernaast kent de RED II ook subdoelen op sectorniveau en stelt de RED II duurzaamheidseisen. De SDE++ is consistent met de duurzaamheidseisen. De RED II kent sectorspecifieke doelstellingen, zoals

[71] Berekent o.b.v. van 2022 emissies van Emissieregistratie.
[72] CCS bij afvalverbrandingsinstallaties valt niet onder het ETS, maar dit is minder dan 10% van de CO_2-reductie onder CCS.
[73] Aandeel hernieuwbare energie in het bruto finaal energieverbruik. Exclusief statistische overdracht.
[74] PBL (2023). Klimaat- en Energieverkenning 2023. Pagina 82

een minimum aandeel van 14% hernieuwbare energie in de transportsector. In deze evaluatie hebben we de aansluiting van de SDE++ aan deze doelstellingen niet onderzocht, omdat er ander (meer sturend) beleid is ingericht om deze doelstellingen te halen. De RED II introduceert ook duurzaamheidseisen voor biomassa. Compliance met de eisen van de RED II kan worden aangetoond door enkel gecertificeerde biomassa te gebruiken. In de SDE++ geldt dat de eisen voor het gebruik ten minste even strikt zijn als de eisen vanuit de RED II (en vaak zelfs strikter). Hiermee is de SDE++ dus consistent met de minimale eisen vanuit de RED II. Daarnaast geldt voor biomassa en biogas dat deze ten minste 65-80%[75] BKG-emissiereductie dienen te behalen t.o.v. fossiele alternatieven.

De aansluiting van de SDE++ bij de nieuwe RED III is niet beoordeeld in deze evaluatie. Echter, voor de toekomstige functionering van de SDE++ is aansluiting wel relevant. In 2023 is er overeenstemming bereikt over de opvolger van de RED II: de RED III. De voorlopige Nederlandse doelstelling voor het aandeel hernieuwbare energie stijgt hierin naar 38% in 2030. Daarnaast worden nieuwe subdoelen toegevoegd (zoals voor de industrie, gebouwde omgeving en voor hernieuwbare waterstof) en worden bestaande subdoelen aangescherpt (transport). De RED III introduceert ook nieuwe definities, waaronder de definitie voor (derivaten van) hernieuwbare waterstof, of formeel *Renewable Fuels of Non-Biological Origin* (RFNBO's). Sinds de publicatie van de gedelegeerde handelingen in 2023,[76] sluit de categorie voor hernieuwbare waterstofproductie in de SDE++ niet meer aan bij de definitie van hernieuwbare waterstof van de Europese Commissie. In de netgekoppelde categorie van de SDE++ geldt dat een installatie maximaal 4.200 uur (in 2022) subsidie kan ontvangen. Dit is gebaseerd op het verwachte aantal uren per jaar waarin hernieuwbare elektriciteit de marginale optie is (in 2032), en waarin de emissiefactor dus zeer laag is. Het maximaal aantal draaiuren is daarnaast gelimiteerd (op 5.000 uur in 2022). In de definitie van de gedelegeerde handelingen geldt dat hernieuwbare waterstof geproduceerd dient te worden met hernieuwbare energiebronnen en een minimale BKG-reductie van 70% dient te realiseren. Volgens de Europese Commissie is waterstof, zoals gedefinieerd in de SDE++, als koolstofarme waterstof, in plaats van hernieuwbare waterstof.[77]

4.2.3 Externe consistentie met relevant Nederlands beleid

Consistentie met het Klimaatakkoord

Het meest relevante beleid in het kader van de consistentie van de SDE++ is het Nederlandse klimaatbeleid, met name het Klimaatakkoord. Het Klimaatakkoord stelt nationale BKG-emissiereductiedoelen: 49% in 2030 en 95% reductie in 2050, beide t.o.v. 1990. Deze doelen zijn op 26 april 2023 aangescherpt naar van 55% in 2030 en klimaatneutraliteit in 2050. Echter, omdat deze evaluatie zich richt op 2020-2022 zijn de doelen uit het Klimaatakkoord leidend.

In het Klimaatakkoord wordt het reductiedoel van 49% voor 2030 als centraal doel genoemd voor de SDE++. Daarnaast dient de SDE++ bij te dragen aan sectorspecifieke doelstellingen. Naast de algemene reductiedoelstellingen voor 2030 en 2050 kent het Klimaatakkoord ook sectorale doelstellingen voor de gebouwde omgeving, landbouw en landgebruik, elektriciteit, industrie en mobiliteit. Volgens de afspraken uit het Klimaatakkoord dient de SDE++ ook bij te dragen aan deze sectorspecifieke doelstellingen door ondersteuning van de ontwikkeling en opschaling van

[75] 65% voor biobrandstoffen in transport, 70% voor RFNBO's (*renewable fuels of non-biological origin*) en 70% voor elektriciteit en warmte (80% in 2026). Zie: *Renewable Energy - Recast to 2030 (RED II)*
[76] Europese Commissie (n.d). *Hydrogen delegated acts*.
[77] Europese Commissie (2023). *State Aid SA.104448 (2023/N) - The Netherlands Modification of SDE++ scheme for greenhouse gas reduction projects including renewable energy*, punten 34 en 60.

verduurzamingstechnologieën in deze sectoren. Zo benadrukt het Klimaatakkoord dat de SDE++ de uitrol van marktrijpe en relatief grootschalige CO_2-reducerende technieken dient te stimuleren door de onrendabele top van deze technieken af te dekken. Per sector wordt het volgende vermeld:

- In de **gebouwde omgeving** dient de SDE++ bij te dragen aan de ontwikkeling van duurzame warmtebronnen, geothermie en groen gas.
- In de **industrie** dient de SDE++ bij te dragen aan de uitrol van groene waterstofproductie en CCS-projecten.
- Bij **mobiliteit** dient de SDE++ als stimuleringsmaatregel voor het vergroten van de productie van duurzame geavanceerde biobrandstoffen en hernieuwbare synthetische brandstoffen.
- Bij **landbouw en landgebruik** kan de SDE++ mogelijk bijdragen aan de doelen, maar er is nader onderzoek nodig om in te vullen of en hoe dit het best kan. Voor de benutting van restwarmte ziet het Klimaatakkoord in ieder geval een rol voor de SDE++.
- In de **elektriciteitssector** dient de SDE++ eraan bij te dragen dat elektriciteitsproductie op land in 2025 kosteneffectief is. Ondersteuning voor deze technieken is tot en met 2025 toegezegd. Dit geldt niet voor andere technieken, waarbij geen jaartallen worden genoemd.

De SDE++ dient dus aan drie doelstellingen bij te dragen voor consistentie met het Klimaatakkoord:

- **Klimaatakkoorddoelstelling 1:** 49% BKG-emissiereductie in 2030;
- **Klimaatakkoorddoelstelling 2:** 95% BKG-emissiereductie in 2050; en
- **Klimaatakkoorddoelstelling 3:** Het verlagen van de onrendabele top bij verschillende technieken in verschillende sectoren.

De huidige vorm van de SDE++ is ingericht op emissiereductiedoelstelling op korte termijn (Klimaatakkoorddoelstelling #1). Hierin zal de SDE++ naar verwachting doeltreffend zijn. Door de rangschikking op subsidiekosten per (vermeden) ton CO_2 wordt er bewust gestuurd op korte termijn efficiëntie. De SDE++ geeft hierdoor de voorkeur aan technieken waarmee met weinig ondersteuning relatief veel emissiereductie kan worden bereikt. Zoals aangetoond in sectie 2.2 is het nog niet met zekerheid te stellen dat de SDE++ doeltreffend bijdraagt aan de reductiedoelstelling voor 2030, maar is dit wel zeer waarschijnlijk en blijkt bovendien dat het reductiedoel voor 2030 binnen bereik ligt.

Door de focus op korte termijn emissiereductie *kunnen* andere Klimaatakkoorddoelstellingen ondersneeuwen. Dit is echter niet ieder jaar gebleken, omdat er vaak voldoende budget was voor alle aanvragen die aan de vereisten voldeden. Door de focus op kostenefficiëntie belandt het beschikbare SDE++-budget in eerste instantie bij de projecten die de minste subsidie nodig hebben. Als het beschikbare budget ruim genoeg is komen projecten aan bod die meer subsidie nodig hebben. In sectie 2.1.1 hebben we gepresenteerd welke techniek in welke mate in welk jaar aan bod komt. Deze analyse laat zien dat in de jaren met relatief krappe budgetten (2021) duurdere technieken niet veel aan bod komen. Zo is in 2020 slechts 14% van de aanvragen beschikt in de categorie CO_2-arme warmte, 21% in de categorie zonthermie, en 42% in de categorie groen gas. In datzelfde jaar waren de percentages voor goedkopere technieken aanzienlijk hoger: 89% zon-PV, 100% wind-op-land, 99% CO_2-arme productie. In 2021 en 2022 zijn de percentages beschikte projecten voor de eerste groep technieken hoger. Dat is het gevolg van het feit dat het budgetplafond niet wordt bereikt, waardoor ook duurder reductiepotentieel volledig aan bod komt.

De consequentie van het sturen op korte termijn kostenefficiëntie is dat andere technieken grotendeels buiten de boot vallen bij krappe budgetten. Ondanks het feit dat in 2021 en 2022

duurdere technieken in aanmerking kwamen voor de SDE++ komen duurdere technieken minder goed aan bod bij een goed werkende SDE++. Verschillende technieken die op dit moment nog een hoge onrendabele top hebben zijn echter wel nodig om de 2050-doelstellingen te halen. Hierbij gaat het bijvoorbeeld om technieken waarmee *hard-to-abate* processen kunnen worden gedecarboniseerd. Door de vormgeving van de SDE++ vindt de transitie in blokken plaats; eerst ondersteunt de SDE++-projecten die nu een lage onrendabele top hebben (zoals hernieuwbare elektriciteit en CCS), daarna komt de volgende groep van technieken aan de beurt. Tot die tijd zijn duurdere technieken aangewezen op andere subsidies, waarvan de budgetten aanzienlijk lager zijn. Het is zeer de vraag of deze werkwijze aansluit bij een optimaal transitiepad richting 2050. Ook de inherente onzekerheid en de fundamentele keuzes bij het bepalen van de vermeden CO_2-emissies per techniek, zoals besproken in sectie 4.1.1, hangen hiermee samen. Bepaalde technieken komen namelijk slechter/beter uit de rangschikking als gevolg van methodologische keuzes (zoals de methode om de vermeden CO_2-emissies van extra hernieuwbare elektriciteit te bepalen). Ook de cap op de maximale subsidie-intensiteit beperkt de mogelijkheid om technieken met een hogere onrendabele top te ondersteunen. De focus op korte termijn kostenefficiëntie zorgt ervoor voor dat de SDE++ niet direct stuurt op lange termijn emissiereductie (klimaatakkoorddoelstelling 2). De uitruil tussen korte termijn en lange termijn efficiëntie is niet onbekend. Deze werd al geïdentificeerd als aandachtspunt in de SDE++-review.[78] Tot slot is de spreiding van de SDE++ over sectoren, zoals ook in Sectie 4.2.2 – *Aansluiting met ESR-doelen* is besproken, niet evenredig. Hoewel evenredige spreiding geen doel op zich is, is een bepaalde mate van spreiding wel benodigd voor klimaatakkoorddoelstelling 3.

De invoering van plafonds (en later hekjes) zorgt voor een betere spreiding van subsidies over technieken, en vergroot daarmee de coherentie met Klimaatakkoorddoelstellingen 2 en 3. De SDE++-rondes 2020-2022 kenden verschillende plafonds. Zo was het budget voor de industrie (anders dan hernieuwbare energie) begrensd tot €550 miljoen (kasuitgaven 2030). De categorie CCS was begrensd tot maximaal 7,2 $MtCO_2$. Tot slot was de ondersteuning van hernieuwbare elektriciteit op land via de SDE++ begrensd tot 35 TWh.[79] De plafonds zijn een middel voor meer spreiding van budgetten over technieken en vergroten de kans voor technieken met een hogere onrendabele top om in aanmerking te komen voor de SDE++. Hierdoor vergroten de plafonds de aansluiting bij de doelstellingen van het Klimaatakkoord m.b.t. spreiding van de steun over sectoren en het ondersteunen van lange termijn emissiereductie. Zoals besproken in Sectie 3.1.2 zijn deze techniek-specifieke plafonds niet bereikt in de 2020-2022 rondes, waardoor niet beoordeeld kan worden in welke mate dit tot een betere spreiding van technieken heeft geleid. Vanaf 2023 gelden de plafonds niet meer, maar worden deze vervangen door hekjes[80], die ervoor zorgen dat een deel van het SDE++-budget gereserveerd wordt voor techniekgroepen met een hogere subsidie-intensiteit. De hekjes geven invulling van het maken van meer expliciete techniek-specifieke keuzes. Omdat deze evaluatie richt op 2020-2022 hebben we dit niet verder onderzocht.

Consistentie met meest relevante Nederlandse klimaatinstrumenten

Voor de industrie is de interactie met de CO_2-heffing van belang. In tegenstelling tot het ETS, wordt de CO_2-heffing niet meegenomen in het bepalen van de onrendabele top. De CO_2-heffing voor de industrie is een *nationaal* beprijzingsinstrument *boven op* het EU-ETS met als doel de reductiedoelstellingen voor de industrie uit het Klimaatakkoord te borgen. Hiertoe is er een marginale

[78] Trinomics (2019). Review SDE++.
[79] Ministerie van Economische Zaken en Klimaat (2019). Verbreding van de SDE+ naar de SDE++.
[80] Ministerie van Economische Zaken en Klimaat (2023). Openstelling SDE++ 2023.

heffing geïntroduceerd op de emissies van ETS-bedrijven[81] die buiten de toegestane emissieruimte van de industrie van het Klimaatakkoord vallen. Het heffingstarief (de CO_2-prijs) wordt verlaagd met de gemiddelde ETS-prijs, waardoor het heffingstarief in de praktijk een minimum ETS-prijs borgt. Het heffingstarief loopt op tot 137 €/tCO_2 in 2030. Voor technieken die onder het EU-ETS vallen wordt de onrendabele top berekend t.o.v. de ETS-prijs, niet t.o.v. het heffingstarief van de CO_2-heffing. Met andere woorden: als de kosten voor CCS 150 €/tCO_2 bedragen, het heffingstarief 100 €/tCO_2 is, en de ETS-prijs 90 €/tCO_2, dan is de onrendabele top gelijk aan 60 €/tCO_2; de CO_2-heffing wordt dan buiten beschouwing gelaten.

Of binnen de SDE++ de CO_2-heffing hetzelfde dient te worden behandeld als het ETS hangt af van de definitie van de onrendabele top. De SDE++ vergoedt de meerkosten of de onrendabele top van CO_2-reducerende technieken. De onrendabele top is een abstract begrip t.o.v. een (hypothetische) referentiesituatie. De definitie van de referentiesituatie is allesbepalend bij het vaststellen van de onrendabele top. Vanuit een nationaal perspectief kan worden beredeneerd dat de CO_2-heffing en het EU-ETS op eenzelfde manier zouden moeten worden meegenomen in de onrendabele top. Immers, als het heffingstarief hoger is dan de gemiddelde ETS-prijs in een jaar, dan worden de daadwerkelijke CO_2-kosten voor een bedrijf bepaald door het heffingstarief, niet door de ETS-prijs.

In onze visie kan je voor (commodity)producten met veel internationale concurrentie niet stellen dat een onrendabele top verdwijnt na invoering van een unilaterale vorm van beprijzing. Voor het EU-ETS geldt dat bedrijven in 30 landen te maken hebben met één ETS-prijs. Dit draagt bij aan het creëren van een gelijk speelveld binnen ETS-landen: het EU-ETS verlaagt de onrendabele top in 30 landen op dezelfde manier. Onder de CO_2-heffing worden internationaal concurrerende bedrijven actief in Nederland extra belast t.o.v. buitenlandse (ETS-)bedrijven. Vanuit een nationaal perspectief kan worden geredeneerd dat de meerkosten van verduurzamingsmaatregelen afnemen ten gevolge van de nationale CO_2-heffing. Deze redenatie gaat echter voorbij aan het feit dat veel ETS-bedrijven in hoge mate concurrentie ondervinden vanuit het buitenland. Een unilaterale kostenverhoging verslechtert de concurrentiepositie, niet alleen t.o.v. niet EU-landen (zoals in het EU-ETS), maar ook t.o.v. EU-landen. De CO_2-heffing leidt tot een unilaterale kostenverhoging en verlaagt daarmee niet 1-op-1 de onrendabele top. Het corrigeren voor de CO_2-heffing binnen de SDE++ kan tot lagere industriële activiteit in Nederland leiden (en hogere in andere EU-landen). Tot slot is de CO_2-heffing in het Klimaatakkoord opgenomen als stok achter de deur; een boete voor te hoge uitstoot van bedrijven die niet voldoende investeren in CO_2-reductie. De CO_2-heffing is niet ingevoerd om de onrendabele top te verkleinen. PBL concludeerde in 2022 dat de huidige vorm van interactie tussen de CO_2-heffing en de SDE++ de kans op het bereiken van het industriedoel van het Klimaatakkoord vergroot.[82]

De huidige interactie tussen de CO_2-heffing en de SDE++ leidt tot verdelingseffecten. Zowel de SDE++, de CO_2-heffing, als de combinatie van beide, vallen relatief gunstig uit voor bedrijven met goedkoop reductiepotentieel, en ongunstig voor bedrijven zonder goedkoop reductiepotentieel. Bedrijven onder de CO_2-heffing die emissies kunnen reduceren tegen relatief lage kosten kunnen hiermee heffingskosten voorkomen. Vanwege de verhandelbaarheid van dispensatierechten (die op systeemniveau tot lagere kosten dient te leiden) kunnen sommige bedrijven geld verdienen aan de heffing, indien deze bedrijven meer kunnen reduceren tegen lage kosten dan strikt noodzakelijk en

[81] De CO_2-heffing is van toepassing op de CO_2-emissies van (ETS-)installaties in de industrie, afvalverbranding en enkele specifieke processen waar lachgas (N_2O) bij vrijkomt.
[82] PBL (2022). Analyse tarief CO2-heffing industrie.

deze extra reductie verkopen aan andere bedrijven onder de heffing. De verdelingseffecten worden versterkt door de SDE++, omdat investeringen met een lagere onrendabele top een grotere kans maken op ondersteuning vanuit de SDE++. Dit vergroot het gat tussen bedrijven met en zonder relatief goedkoop reductiepotentieel. Ook dit effect wordt erkend door PBL.[82] Deze verdelingseffecten binnen de industrie zijn mogelijk ongewenst met het oog op het toekomstige verdienvermogen van Nederland. Dit hebben we niet verder onderzocht.

In het algemeen is de interactie met de energiebelasting (en eventuele vrijstellingen hierop) relevant. Via de energiebelasting wordt gas- en elektriciteitsverbruik belast. De belastingdruk kan verschillen per sector en bedrijf.[83] Dit is het resultaat van het degressieve belastingstelsel met verschillende marginale belastingtarieven in combinatie met verschillend energieverbruik per sector en bedrijf enerzijds, en verschillende vrijstellingen op de energiebelasting anderzijds. De energiebelasting beïnvloedt de onrendabele top en is daarmee relevant voor de SDE++.

In de basisbedragen wordt generiek rekening gehouden met het degressieve stelsel van de energiebelasting, maar niet met eventuele vrijstellingen. Bij het bepalen van de (vermeden) energiebelastingkosten wordt gerekend met het energieverbruik van de referentie-installatie. Het verbruik in de referentie-installatie bepaalt dus het tarief van de energiebelasting die wordt meegenomen. Bij warmteprojecten wordt onderscheid gemaakt tussen klein (schijf 1), middel (schijf 2), groot (schijf 3). Daarnaast wordt bij zon-PV onderscheid gemaakt tussen netlevering en eigen verbruik, omdat bij netlevering energiebelasting dient te worden betaald (en bij eigen verbruik niet). De energiebelasting wordt dus meegenomen, maar vrij generiek. Het daadwerkelijke belastingtarief voor een project hangt af van het totaalverbruik op een aansluiting. Dit kan uiteraard verschillen tussen projecten. Daarnaast wordt geen rekening gehouden met de vrijstellingen van de energiebelasting.

Het enkel generiek meenemen van de energiebelasting kan tot een overschatting van de (vermeden) kosten leiden bij bedrijven in hoge schijven en in sectoren met vrijstellingen. Als het hierbij om vermeden kosten gaat, zoals vermeden gaskosten bij het gebruik van restwarmte, dan is de daadwerkelijke onrendabele top groter dan de geraamde onrendabele top. Als het om daadwerkelijke kosten gaat, zoals elektriciteitskosten bij een e-boiler, dan is de daadwerkelijke onrendabele top lager dan de geraamde onrendabele top. Het enkel generiek meenemen van de energiebelasting past bij de generieke opzet van de SDE++.

De SDE++ is coherent met de verschuiving naar zwaardere belasting op gas en lagere belasting op elektriciteit; zowel de SDE++ als de verschuiving in de energiebelasting stimuleren elektrificatie. Echter, om bedrijven voldoende handelingsperspectief te bieden om hun warmtevoorziening te verduurzamen dienen warmteopties wel aan bod te komen in de SDE++. Dit is een aandachtspunt in het kader van de consistentie van de SDE++. Op basis van de data over drie SDE++-rondes kunnen geen definitieve conclusies worden getrokken over de mate waarin de SDE++ zich leent voor warmte-opties, maar de data suggereert dat dit slechts beperkt het geval is in rondes met een krapper budget.

Voor producenten van hernieuwbaar gas en geavanceerde hernieuwbare brandstoffen is de interactie met de HBE-systematiek relevant. Via de RED II legt de Europese Commissie lidstaten een verplichting op om 14% hernieuwbare brandstof te gebruiken in de transportsector in 2030. Hier geeft

[83] Zie bijvoorbeeld Trinomics & BlueTerra (2023). Effectenonderzoek vrijstellingen energiebelasting. Pagina 47.

Nederland invulling aan met de Jaarverplichting Energie Vervoer. Binnen deze regeling dienen leveranciers van brandstof aan wegtransport over Hernieuwbare Brandstof Eenheden (HBE's) te beschikken om aan te tonen dat ze aan deze verplichting voldoen. Biobrandstoffen, biogas, elektriciteit, waterstof en andere e-fuels[84] komen in aanmerking voor HBE's, waarbij geldt dat 1 HBE staat gelijk aan 1 GJ hernieuwbare energie. HBE's zijn verhandelbaar. Producenten van biobrandstoffen, biogas en hernieuwbare brandstoffen komen dus in aanmerking voor zowel de HBE-systematiek als de SDE++. Ook kunnen producenten van hernieuwbaar gas in aanmerking komen voor beiden als het gas wordt gebruikt om transportbrandstoffen te maken.

Het is voor producten en/of leveranciers van hernieuwbaar gas niet toegestaan om zowel de SDE++ als de HBE-systematiek te gebruiken. De bijmengverplichting onder de RED II, die ten grondslag ligt aan de HBE-systematiek, is een marktverplichting. Indien HBE's en SDE++ gecombineerd zouden worden, zou de EU de combinatie van een verplichting met subsidies als ongeoorloofde staatssteun beschouwen. Wel kan er maandelijks geswitcht worden tussen het verkrijgen van SDE++-subsidie en HBE's. Als een partij hernieuwbaar gas GvO's wil omzetten naar HBE's, dan mag er voor die GvO's namelijk geen SDE-subsidie zijn verleend.

Voor hernieuwbare geavanceerde brandstoffen voor transport is het verkrijgen van HBE's juist een voorwaarde voor SDE++. Wel wordt de SDE++-bijdrage voor de waarde van HBE's gecorrigeerd. HBE's worden alleen afgegeven als de brandstof in Nederland voldoet aan de in de RED II bepaalde duurzaamheidseisen. Brandstoffen die worden geleverd aan de sectoren wegvervoer en binnenvaart kunnen alleen een HBE ontvangen als zij in Nederland zijn uitgeslagen tot consumptie. Dit zijn ook voorwaarden voor het verkrijgen van SDE++-subsidie voor hernieuwbare geavanceerde brandstoffen. Onder de SDE++ kan dus direct gebruik worden gemaakt van de gegevens voor het verkrijgen van HBE's.

Het voorkomen van dubbele ondersteuning via de SDE++ en HBE-systematiek is consistent met het beperken van steun tot de onrendabele top. Hiervoor worden verschillende methodes gebruikt. Bij hernieuwbaar gas wordt het combineren van SDE++ en HBE's uit te sluiten, terwijl bij geavanceerde hernieuwbare brandstoffen door een correctie in de SDE++-bijdrage plaatsvindt. Dit is te verklaren doordat niet alle leveranciers van hernieuwbaar gas de mogelijkheid hadden om HBE's te verdienen. Bij vloeibaar gas (LNG) moest namelijk sprake zijn van een fysieke levering aan transport. Echter, vanaf 2022 hoeft een fysieke levering niet meer plaats te vinden om HBE's te genereren. Leveringen van alle transportbrandstoffen o.b.v. gas kunnen ook boekhoudkundig met groen gas GvO's worden vergroend.[85] Alle producenten van hernieuwbaar gas hebben nu dus de mogelijkheid om hun GvO's aan brandstofleveranciers te verkopen die er HBE's mee kunnen verdienen. In theorie zou voor hernieuwbaar gas dezelfde correctiemethode als voor geavanceerde hernieuwbare brandstoffen toegepast kunnen worden. Echter, in tegenstelling tot geavanceerde hernieuwbare brandstoffen is de inzet van hernieuwbaar gas niet alleen gericht op de transportsector. Leverancier van hernieuwbaar gas kunnen hun GvO's ook aan ETS-bedrijven of gasleveranciers onder de toekomstige bijmengverplichting groen gas verkopen. Hierdoor is het niet mogelijk om van tevoren te bepalen om of de SDE++-bijdrage gecorrigeerd moet worden met de HBE-prijs, de ETS-prijs of baten onder de bijmengverplichting groen gas. Door het combineren van SDE++ en HBE's uit te sluiten, wordt dubbele ondersteuning via de SDE++ en HBE-systematiek in ieder geval voorkomen. Ten slotte gaat een verandering van correctiemethode

[84] Sinds 2022 geldt voor biobrandstoffen dat deze ten minste 65% emissiereductie dienen te bewerkstelligen t.o.v. fossiele brandstoffen en e-fuels 70% om in aanmerking te komen voor HBE's.
[85] Voor 2022 was vergroenen van gasvormige transportbrandstoffen alleen mogelijk voor gecomprimeerd aardgas (CNG). NEa (2023). Inboeken vergroende LNG.

voor hernieuwbaar gas gepaard met uitvoeringskosten om de regels te wijzigen, terwijl toegevoegde waarde hiervan onduidelijk is en verder onderzoek vereist.

4.3 Deelconclusies voor consistentie per deelonderwerp

Tabel 4-3 vat onze visie samen over de meest relevante deelonderwerpen wat betreft de consistentie van de SDE++. We onderscheiden matige, gemiddelde en goede consistentie.

Matige consistentie betekent niet automatisch dat een element dient te worden aangepast. De enige aanbevolen aanpassingen zijn gerelateerd aan correcties voor het ETS. Een volledig consistente regeling is geen doel op zich; veranderingen gaan gepaard met (negatieve) consequenties. Voordat eventuele aanpassingen worden doorgevoerd dienen daarom altijd de voor- en nadelen te worden afgewogen. De twee aanpassingen die we aanbevelen zijn 1) het meenemen van de daling van gratis emissierechten bij ETS-bedrijven in de correcties voor het ETS-voordeel bij elektrificatietechnieken en 2) het meenemen van GvO-voordeel bij hernieuwbaar gas uit verkoop van GvO's ter vergroening van aardgasverbruik onder het ETS. Deze aanpassingen geven een betere reflectie van de werkelijke onrendabele top, komt de doelmatigheid van de regeling ten goede en is consistent met het ETS.

Andere aanpassingen ter verbeteringen van consistentie zijn mogelijk, maar de baten daarvan zijn onzeker. Andere mogelijke aanpassingen om de consistentie te verbeteren zijn gerelateerd aan nauwkeurigere berekeningen en meenemen van meer aspecten in het vaststellen van beschikkingen en de SDE++-bijdrage. Dit leidt tot hogere uitvoeringskosten, terwijl de baten onzeker zijn. De afweging tussen uitvoeringskosten en mogelijke baten is een algemeen dilemma dat veelvuldig naar voren komt bij mogelijkheden tot verbetering van consistentie. Dit hebben wij verder niet onderzocht. Het gebrek aan aanbevolen aanpassingen m.b.t. consistentie betekent niet dat er geen verbeteringen mogelijk zijn: wij hebben niet op detailniveau naar ieder element van de regeling gekeken.

Overkoepelende conclusies en aanbevelingen — zoals de aansluiting bij het Klimaatakkoord — worden gepresenteerd in Sectie 5.3. Deze zijn namelijk meer fundamenteel en raken aan meerdere deelonderwerpen. Tabel 4-3 geeft wel aan wanneer er sprake is van interactie met het klimaatakkoord.

Tabel 4-3 Deelconclusies m.b.t. consistentie, per behandeld onderwerp

Onderwerp			Consistentie
Intern	**Vermeden CO_2-emissies**		**Matig** – nauwkeurige berekeningen, maar onzekerheid en fundamentele keuzes uiteindelijk allesbepalend
	Inkomsten & kosten	ETS-niet-ETS	**Gemiddeld** – volledig consistent in correctiebedragen, minder bij fasebedragen en rangschikking. Interactie met klimaatakkoord (KA)
		GvO's	**Gemiddeld** - volledig consistent in correctiebedragen, niet in fasebedragen en rangschikking maar met goede redenen
		Infrastructuur	**Gemiddeld** – intern consistent, maar interactie met KA
	Overige punten	Toevoegen categorieën	**Matig** – geen eenduidig systeem
		Eén subsidievorm	**Goed** – volledig intern consistent, mogelijk niet het meest geschikt voor specifieke technieken (interactie met KA)
		Vereisten & vergunningen	**Goed** – algemene vereisten vrijwel identiek tussen technieken
Extern	**Combineren van subsidies**		**Goed** – MSK-toets borgt voorkomen oversubsidiëring
	EU-beleid	EU-ETS	**Gemiddeld** – deels overlap, maar ook aanvullend en de SDE++ heeft dus toegevoegde waarde. Dalend aantal gratis emissierechten niet goed meegenomen bij elektrificatietechnieken
		ESR-doelen	**Gemiddeld** – geen tegenstrijdigheden, maar budget gaat grotendeels naar reductie onder het ETS
		RED-doelen	**Goed** – alle RED-II doelstellingen/eisen worden (naar verwachting) gehaald. Biomassa-eisen zelfs strenger
	Nationaal beleid	Klimaatakkoord	**Matig** – SDE++ 2020-2022 focust op één KA-doel
		CO_2-heffing	**Gemiddeld** – coherent wortel/stok-beleid en EU-beleid
		Energiebelasting	**Gemiddeld** – geen tegenstrijdige prikkels, maar handelingsperspectief aandachtspunt
		HBE	**Goed** – Voorkomen dubbele ondersteuning HBE-SDE++ consistent. Methode ter voorkoming van overlap verschillen tussen hernieuwbaar gas en hernieuwbare brandstoffen met goede reden.

5 Conclusies

De SDE++ bestaat pas een paar jaar; er zijn zeer weinig projecten die al in de productiefase zitten. Daarom leent deze tussentijdse evaluatie zich beperkt voor het trekken van sluitende conclusies. Deze evaluatie richt zich op de SDE++ in de periode 2020-2022 en beslaat dus maar drie openstellingsrondes. Het merendeel (95% van het beschikte budget) van de SDE++-projecten moet nog gerealiseerd worden. Data is dus zeer beperkt beschikbaar. Daarnaast komen nieuwe technieken in aanmerking voor de subsidie door de verbreding van de SDE+ naar de SDE++, zoals CO_2-arme warmte- en CO_2-arme productietechnieken. Op basis van de ervaring met de SDE+ stelt RVO dat nieuwe technieken aanlooptijd nodig hebben, waardoor het aantal aanvragen in de eerste jaren achter kan blijven.

De marktomstandigheden in 2020-2022 waren bijzonder, waardoor de resultaten niet direct representatief zijn voor de toekomst. De jaren 2020-2021 worden namelijk getypeerd door corona. In 2020 was sprake van grote economische onzekerheid en dalende vraag. Dit werd gevolgd door periode van economisch herstel in 2021 met tekort aan personeel en stijgende transport- en materiaalkosten als gevolg. Eind 2021 begon de energiecrisis. Dit leidde tot recordprijzen voor energie in 2022. Sindsdien zijn de energieprijzen weer enigszins gestabiliseerd (nog altijd hoger dan voor de crisis), maar zijn de inflatie en het renteniveau aanzienlijk hoger.

Desondanks kunnen er meerdere relevante lessen uit de SDE++-rondes 2020-2022 gedistilleerd worden om de SDE++ toekomstbestendiger te maken. De conclusies en lessen uit de voorgaande hoofstukken zijn in de onderstaande secties uitgelicht en waar relevant in een breder perspectief gebracht. Sectie 5.1 doet dit voor doeltreffendheid, Sectie 5.2 voor doelmatigheid en Sectie 5.3 voor consistentie. Dit hoofdstuk sluit af met overkoepelende conclusies in Sectie 5.4.

5.1 Conclusies over doeltreffendheid

De SDE++ zal naar verwachting een significante bijdrage leveren aan de CO_2-reductieopgave van Nederland. De SDE++ draagt eraan bij dat het 49% reductiedoel voor 2030 uit het Klimaatakkoord binnen bereik ligt. Tot nu toe zijn 1.251 projecten met €381 miljoen gereserveerd budget uit de SDE++-rondes 2020-2022 gerealiseerd. Dit is 2% van het beschikte budget. Voor 3% van het beschikte budget zijn projecten in de realisatiefase ingetrokken. Als de beschikte projecten die nog gerealiseerd dienen te worden (95% van het budget) allemaal in productie gaan, zou de CO_2-bijdrage vanaf 2029 op kunnen lopen tot 9,5 Mt CO_2 per jaar. Dit is gelijk aan zo'n 23% van de reductieopgave tussen 2022 en 2030 om het 49% reductiedoel te halen. In de praktijk zal de reductie lager uitvallen door non-realisatie en onderproductie, maar toekomstige SDE++-rondes zullen ook bijdragen aan de CO_2-reductieopgave.

De grootste bijdrage aan CO_2-reductie zal afkomstig zijn van zon-PV en CCS-projecten, maar andere technieken zullen ook een belangrijke bijdrage leveren. Voor de projecten beschikt tussen 2020 en 2022 zal naar schatting 61% van de emissiereductie in 2030 voortkomen uit CO_2-arme productie (waarvan 90% afkomstig van CCS), 14% uit zon-PV, 11% uit CO_2-arme warmte, 5% uit geothermie, 4% uit hernieuwbaar gas, 3% uit biomassa, en 2% uit wind-op-land. De spreiding over de verschillende technieken laat zien dat subsidieaanvragen voor alle CO_2-reducerende technieken zijn gehonoreerd.

Duurdere technieken kwamen in het jaar met budgetoverschrijving minder aan bod. Dit heeft echter geen negatieve invloed gehad op de doeltreffendheid. Van de drie openstellingsrondes werd

alleen in 2020 het budget overschreden. In deze ronde zijn aanvragen in geothermie, zonthermie en CO_2-arme warmte (met name e-boilers) vrijwel niet beschikt. Dit komt deels door budgetuitputting. Deze technieken hebben namelijk een relatief hoge subsidie-intensiteit en vallen dus eerder af bij budgetuitputting. Afwijzingen op grond van budgetuitputting doen echter geen afbreuk aan de doeltreffendheid van de regeling, omdat dit een ontwerpkeuze is om de doelmatigheid te bevorderen. De meeste aanvragen die afgewezen waren door budgetuitputting zijn in latere rondes alsnog beschikt.

In de jaren waar geen budgetuitputting plaatsvond is er wel sprake van een verminderde doeltreffendheid van de regeling. Bij onderbesteding wordt voor een lager totaalbedrag aan CO_2-reducerende projecten beschikt dan verwacht bij het vaststellen van het openstellingsbudget, waardoor minder CO_2-reductie plaatsvindt dan mogelijk voor het budget. In 2021 en 2022 was het aangevraagde budget hoger dan het gereserveerd budget. Een deel van de aanvragen werd op inhoudelijke gronden of onvolledigheid afgewezen, of door de aanvrager zelf voor beschikking ingetrokken (66% van het aangevraagd budget in 2021 en 19% in 2022). Dit leidde ertoe dat er nog budget over was in 2021 en 2022 die niet bijdraagt aan CO_2-reductie. Uiteindelijk is 8% van het gereserveerde budget over SDE++-rondes 2020-2022 niet beschikt.

Een uitbreiding van de informatievoorziening gericht op specifieke technieken en onderliggende categorieën zou tot meer beschikkingen kunnen leiden, wat de doeltreffendheid ten goede komt. De belangrijkste voorbeelden hiervan zijn geothermie en CCS/CCU. Bij geothermie zijn de afwijzingen en intrekkingen van aanvragen in 2022 aanzienlijk verminderd na gerichte feedback van RVO op de focuspunten van hun aanvraag. Ook waren de afwijzingen en intrekkingen in 2022 voor CCS/CCU significant gedaald nadat ze ervaring met het SDE++-aanvraagproces hadden opgedaan in de ronde van 2021. Een gebrek aan kennis en onduidelijkheid over de SDE++-regeling bij bepaalde technieken, met name CCS en CCU, kwam ook in de interviews naar voren als één van de redenen waarom potentiële aanvragers terughoudend zijn geweest met een indiening. Sommige aanvragen waren ook te vroeg in de ontwikkelingsfase ingediend. Een uitbreiding van gerichte informatiesessies over de aandachtspunten voor technieken of categorieën in hun aanvraag zouden helpen bij het voorkomen van uitval in de beschikkingsfase, met name in nieuwe categorieën. De ervaring van RVO leert namelijk dat de markt over het algemeen een periode van gewenning nodig heeft bij nieuwe categorieën. Deze categorieën zijn daarom gebaat bij een intensievere begeleiding en verbeterde informatievoorziening.

Meer beschikkingen vertalen zich niet altijd in een betere doeltreffendheid indien deze projecten na beschikking uitvallen. Dit kwam vooral veel voor bij zon-PV projecten. In totaal zijn 25% van de beschikte aanvragen ingetrokken. Dit staat gelijk aan €756 miljoen (4% van het totale beschikte budget in 2020-2022). In 89% van de gevallen (58% van het ingetrokken budget) waren dit zon-PV projecten. Volgens marktpartijen was de voornaamste reden van non-realisatie bij zon-PV projecten netcongestie. Ook waren problemen rondom verzekeringen voor zon-op-dak projecten een belangrijke factor voor uitval, waardoor er meer werk nodig om projecten naar de wensen van de verzekeraar op te leveren dan oorspronkelijk beoogd. Mogelijk dat de extra eis voor een constructeursverklaring voor de draagkracht van het dak, wat vanaf 2022 is ingevoerd, een deel van de non-realisatie gerelateerd aan problemen met de verzekering zal voorkomen. Het is echter nog te vroeg om te concluderen of deze extra eis effectief is geweest, omdat deze projecten nog allemaal in de realisatiefase zitten.

Het introduceren van een uitvoeringsovereenkomst en bankgarantie voor meer projecten zou de kans op non-realisatie kunnen verminderen en de doeltreffendheid verbeteren. Projecten die een

SDE++-subsidiebeschikking van €400 miljoen of meer hebben, én vrijwel alle CCS-projecten en CCU-projecten moeten na beschikking een uitvoeringsovereenkomst tekenen en een bankgarantie afgeven. In deze uitvoeringsovereenkomst is een boeteclausule voor non-realisatie opgenomen. Voor 9.181 beschikte aanvragen, die gezamenlijk €11,6 miljard beschikt hebben gekregen (55% van het beschikte budget 2020-2022), gelden geen boetes bij non-realisatie. Los van de gemaakte kosten voor hun SDE++-aanvraag is er voor deze projecten dus geen financiële prikkel tegen non-realisatie. Projecten die uiteindelijk niet worden gerealiseerd leggen beslag op budget dat niet voor andere projecten gebruikt kan worden. Het uitbreiden van boeteclausules via de verplichte uitvoeringsovereenkomst en bankgarantie kan non-realisatie verminderen, wat ten goede komt aan de doeltreffendheid. Een boeteclausule kan wel weer leiden tot minder aanvragen, wat de doeltreffendheid weer negatief kan beïnvloeden. Momenteel is het nog te vroeg om te bepalen bij welke technieken of vanaf welke projectomvang een boeteclausule proportioneel is. De meeste beschikte projecten zitten namelijk nog in de realisatiefase. Verder onderzoek is dus nodig wanneer meer projecten gerealiseerd zijn.

Non-realisatie kan ook worden verminderd door de SDE++ rekening te laten houden met kostprijsstijgingen. Nader onderzoek is nodig om te bepalen of dit wenselijk of uitvoerbaar is. Geïnterviewde stakeholders noemden veranderingen in kosten een belangrijke factor voor hun besluit om na beschikking hun project toch niet te realiseren. Veranderingen aan de kosten van projecten, bijvoorbeeld door een stijging van inflatie of energie-, arbeids-, netwerk- en/of materiaalkosten zoals in de afgelopen jaren plaatsvond, worden namelijk niet gedekt. Het is echter niet evident dat de SDE++ ook dit kostenrisico zou moeten dekken. Partijen kunnen hun subsidieaanvraag indienen tegen een hoger aanvraagbedrag om dit risico op te vangen (als het aanvraagbedrag onder het basisbedrag blijft). Ook kunnen stijgingen in investeringskosten worden beperkt door de benodigde materialen kort na de beschikking vast te leggen. Daarnaast kan worden gesteld dat kostenveranderingen onderdeel zijn van het ondernemersrisico. Een mogelijke tussenweg zou kunnen zijn om de SDE++-bijdrage daarom enkel aan te passen bij een prijsstijging die een regulier ondernemersrisico overstijgt. Dit vergt wel nader onderzoek naar de praktische uitvoerbaarheid. Ook is het nog te vroeg om te bepalen of het indexeren van de SDE++-bijdrage naar kostenstijgingen non-realisatie daadwerkelijk zal verminderen, omdat de meeste projecten nog in de realisatiefase zitten.

De meerderheid van SDE++-projecten is additioneel, maar een toenemend deel van de zon-PV- en wind-op-land-projecten is rendabel zonder SDE++. Tussen 2020 en 2022 zou minstens 79% van de SDE++-projecten uit de steekproef onvoldoende rendabel zijn geweest om onder marktcondities gefinancierd te worden en dus additioneel. Alleen een deel van de zon-PV- en wind-op-land-projecten kan mogelijk al rendabel zijn zonder SDE++. Met name kleine zon-PV projecten met een relatief hoog percentage eigen gebruik voldoen al snel aan de huidige minimale rendementseisen van investeerders. Zonder SDE++-subsidie neemt het risicoprofiel van de projecten echter toe. Hierdoor stijgen de minimale rendementseisen van investeerders en nemen de financieringskosten toe, waardoor een deel van de projecten zonder SDE++ toch niet onder marktcondities financierbaar zijn. Het exacte effect van het niet verstrekken van een SDE++-subsidie is lastig te kwantificeren doordat de marktomstandigheden in de periode 2020-2022 continu veranderden.

5.2 Conclusies over doelmatigheid

Doelmatigheid wordt gedefinieerd als CO_2-reductie tegen zo laag mogelijke kosten. Er zijn verschillende mechanismen die samen bij kunnen dragen aan de doelmatigheid van de SDE++: de

gefaseerde openstelling, de hoogte van de basisbedragen, concurrentie tussen technieken, het budgetplafond (met mogelijke budgetuitputting), en de mogelijkheid om onder het basisbedrag/fasebedrag in te dienen.

Of het budgetplafond nu bereikt wordt of niet, de (overkoepelende) budgetplafonds hebben bijgedragen aan de doelmatigheid vanwege *verwachte* budgetkrapte. In 2020 was er sprake van een budgetovertekening van 27%. Hierdoor zijn een aantal projecten met duurdere technieken afgevallen. Deze duurdere technieken zijn echter ook nodig voor een kosteneffectieve energietransitie. In 2021 en 2022 was er sprake van onderbesteding, waardoor ook duurdere projecten zijn beschikt. Of budgetuitputting plaatsvindt is pas na het voltooien van een SDE++-ronde duidelijk. De *dreiging* van een beperkt budget is daarom op voorhand al een prikkel om doelmatigheid te bevorderen. Daarnaast hadden zon-PV en CCS ook te maken met techniek-specifieke plafonds, waardoor deze technieken een extra prikkel hadden om tegen een lage subsidie-intensiteit aan te bieden. Voor deze technieken met een lagere onrendabele top is dit extra relevant, omdat projecten in deze technieken verder weinig doelmatigheidsprikkels ondervinden. Tegelijkertijd zorgen techniek-specifieke plafonds ervoor dat er meer budget beschikbaar is voor duurdere technieken. Hiervoor zijn goede redenen, maar het vermindert wel de doeltreffendheid. De prikkel die voortkomt uit verwachte budgetkrapte was mogelijk minder effectief in 2022, omdat in 2021 geen budgetuitputting heeft plaatsgevonden en omdat het budget van €5 miljard naar €13 miljard was opgehoogd. Dit verlaagde de kans op budgetuitputting.

De prikkel om tegen een zo laag mogelijk aanvraagbedrag in te dienen is mogelijk afgezwakt in de SDE++-ronde van 2022 als gevolg van ruimere budgetten. Onderbesteding in 2021 en budgetverhoging in 2022 hebben er mogelijk voor gezorgd dat weinig partijen budgetuitputting in 2022 verwachtten. De mate van onderbieden onder het fasebedrag was in 2022 significant lager dan in de jaren ervoor.

De mogelijkheid om onder het fasebedrag aan te bieden heeft tot besparing geleid. De mate van onderbieden is echter afgenomen in 2022. Dit kan betekenen marktpartijen het risico op budgetuitputting als laag hebben ingeschat. Het *first-come-first-serve* principe zorgt ervoor dat partijen een prikkel ervaren om onder het fasebedrag aan te bieden als partijen verwachten dat het budgetplafond op de dag van indiening wordt bereikt. Er is een duidelijke afname in de mate van onderbieden voor zon-PV (van 65% naar 21%), maar ook voor CO_2-arme warmte (van 75% naar 34%). Voor bepaalde technieken komt onderbieden in alle jaren weinig voor. Dit geldt voor wind-op-land, biomassa en hernieuwbaar gas. De hoogte van de korting neemt ook af. De mediaan van de korting op het fasebedrag voor zon-PV daalt van €1,10 korting in 2020 naar €0,10 in 2022. Ook bij andere technieken neemt de korting vaak af tussen 2020 en 2022 (zonthermie, geothermie, hernieuwbaar gas, en CO_2-arme warmte). Dit kan erop wijzen dat partijen door hogere kosten minder mogelijkheden zien om onder het fasebedrag in te dienen, maar het is ook mogelijk dat het risico van budgetuitputting lager is ingeschat in 2022. De prikkel om onder het fasebedrag in te dienen heeft tot een besparing van zo'n €400 miljoen geleid tussen 2020 en 2022 (een besparing van circa 2% van het gereserveerde budget).

De mogelijkheid om onder het basisbedrag aan te bieden heeft ook tot besparing geleid. De mate van onderbieden is afgenomen richting 2022. Dit kan mogelijk deels worden verklaard door veranderende marktomstandigheden die niet (volledig) zijn gereflecteerd in de basisbedragen. Met een aanvraagbedrag lager dan het basisbedrag kan een aanvraag mogelijk beter geplaatst zijn in de rangschikking op subsidie-intensiteit op het moment wanneer de budgetlimiet dreigt te worden overschreden en een grotere kans om beschikt te worden. Met een voldoende hoge korting is het zelfs

mogelijk dat in een eerdere fase kan worden ingediend. Voor alle technieken is er onderbieding onder het basisbedrag waargenomen, waarbij de mate van onderbieden is gedaald bij de meeste technieken in 2022. Er is een afname voor biomassa, hernieuwbaar gas, CO_2-arme warmte en CO_2-arme productie (CCS/CCU). Tegelijkertijd zijn de basisbedragen over het algemeen vrij stabiel tussen 2020 en 2022. Alleen die voor biomassa en CCS/CCU zijn sterk toegenomen, wat zich vertaalde in een stijging van aanvragen en beschikkingen. De stijging van de basisbedragen heeft niet geleid tot een toename in de mate van onderbieden in deze categorieën. De stijging van de basisbedragen voor biomassa en CCS/CCU lijken alleen tot meer (goedgekeurde) aanvragen te hebben geleid. Desondanks heeft de prikkel om onder het basisbedrag in te dienen tot een besparing van ongeveer €1,3 miljard geleid tussen 2020 en 2022, wat uitkomt op een besparing van circa 5% van het openstellingsbudget voor 2020-2022.

Hoewel de huidige systematiek met fases doelmatigheid stimuleert, zou een aanpassing van de rangschikkingsmethode naar rangschikking op subsidie-intensiteit de doelmatigheid van de SDE++ verder kunnen verbeteren. Aanvragers worden in de huidige systematiek niet alleen gestimuleerd om hun aanvraag tegen een zo laag mogelijk subsidiebedrag in te dienen, maar ook zo snel mogelijk. Niet alle aanvragen werden echter ingediend op de eerste dag van mogelijke indiening. In de SDE++-ronde 2020 betrof dit 26% van alle ingediende aanvragen. Duurdere aanvragen die sneller worden ingediend hebben dus een grotere kans op beschikking dan goedkopere aanvragen die later worden ingediend. In 2020 zouden 316 aanvragen die wel beschikt waren, bij een volledige rangschikking o.b.v. subsidie-intensiteit niet beschikt zijn. Daarentegen zouden 109 aanvragen die nu niet beschikt zijn onder een volledige rangschikking wel beschikt zijn, omdat ze een lagere subsidie-intensiteit hadden dan de 109 beschikte aanvragen. Hierdoor zou de gemiddelde subsidie-intensiteit in 2020 14% lager zijn geweest.

Opsplitsing van projectcategorieën is belangrijk geweest om nieuw potentieel te ontsluiten. Het toevoegen van subcategorieën is bij vrijwel alle hoofdtechnieken toegepast waarmee projectpotentieel met hogere kosten ontsloten is. Mede hierdoor is het aantal projectcategorieën waarvoor projectaanvragen zijn ingediend, binnen de SDE++ toegenomen van minder dan 30 in 2020 tot meer dan 100 in 2022, terwijl er in 2022 al meer dan 150 subcategorieën zijn ontstaan.

De verschillende mechanismen in de SDE++ dragen effectief bij aan de aansluiting van de SDE++ bij de subsidiebehoefte, maar er blijft ruimte bestaan voor het maken van meer winst dan strikt noodzakelijk. Dit is deels inherent aan een generieke regeling als de SDE++. De interactie tussen verschillende componenten van de SDE++ (de vrije bepaling van het aanvraagbedrag, de gefaseerde openstelling, de basisbedragen en categoriedifferentiatie) draagt aanzienlijk bij aan de aansluiting van de SDE++ bij de subsidiebehoefte. Het maken van meer winst dan strikt noodzakelijk voor een positieve investeringsbeslissing is deels inherent aan een generieke regeling waarbij een groot deel van het potentieel ontsloten dient te worden. Met meer categorieën kunnen mogelijk meer overwinsten worden voorkomen, maar er zijn al heel veel categorieën (meer dan 150) waarbij een verdere uitbreiding de uitvoerbaarheid van de regeling negatief kan beïnvloeden. In plaats daarvan zou ook kunnen worden overwogen om de SDE++-systematiek bijvoorbeeld aan te passen om bij overwinsten een deel van de SDE++-bijdrage achteraf terug te vorderen. Dit kan bijvoorbeeld door omschakeling van het huidige eenzijdige *Contract for Differences* (CfD) naar een tweezijdige CfD. Hier zitten verschillende voor- en

nadelen aan. Het verder uitwerken van deze overwegingen lag niet binnen de scope van deze evaluatie en wordt overgelaten als aanbeveling voor toekomstig onderzoek.[86]

De evaluatie laat dus zien dat de projectindieners er vaak voor kiezen om met een lager dan het toegestane bedrag het project aan te bieden en dat de mechanismes voor doelmatigheid werken. Een belangrijke parameter om de doelmatigheid te bepalen is de mate in hoeverre onder de basisbedragen subsidie wordt aangevraagd. De basisbedragen zijn namelijk de bovengrenzen voor de subsidie waar de aanvragers recht op hebben. De basisbedragen zijn vrij constant gebleven, behalve voor biomassa en CCS/CCU. De mate van onderbieden lager dan het basisbedrag is afgenomen in de tijd voor alle hoofdtechnieken, behalve voor zon-PV.

5.3 Conclusies over consistentie

De berekeningen die ten grondslag liggen van de SDE++ zijn zeer gedetailleerd voor een generieke regeling. Denk hierbij aan de berekeningen van de basisbedragen, fasebedragen, langetermijnprijzen en correctiebedragen. Deze berekeningen worden ieder jaar bovendien herzien, waarbij ook recente ontwikkelingen worden meegenomen, bijvoorbeeld via marktconsultaties. Het publiceren van de marktconsultaties (incl. een waardering van PBL) draagt bij aan de transparantie van het proces.

Gedetailleerd is niet hetzelfde als robuust. Methodologische keuzes en inherent onzekere voorspellingen bepalen mede welke technieken in welke mate in aanmerking komen voor subsidie. Het verder optimaliseren van de berekeningen verandert dit niet. De verbreding van de SDE+ naar de SDE++ in combinatie met de keuze voor concurrentie tussen technieken zorgt ervoor dat onzekerheid onderdeel is geworden van het beschikkingsproces en daarmee bepaalt welke techniek in welke mate wordt ondersteund (of niet). De belangrijkste onzekerheid is de ontwikkeling in de elektriciteitsmix, en daarmee de vermeden CO_2-emissies van elektriciteitsopties (hernieuwbare elektriciteit en elektrificatie) ten opzichte van andere CO_2-reducerende maatregelen. Belangrijke keuzes betreffen de emissiefactoren, de methode voor het meenemen van profieleffecten, het aantal jaren CO_2-reductie dat wordt meegenomen en de scope van emissies.

Door de focus op korte termijn CO_2-reductie is de SDE++ niet vanzelfsprekend coherent met de doelen van het Klimaatakkoord. De steun voor duurdere technieken kan onder druk komen te staan bij krappe budgetten. Volgens de afspraken uit het Klimaatakkoord dient de SDE++ bij te dragen aan de doelstellingen van verschillende sectoren (door techniekontwikkeling) en aan de overkoepelende reductiedoelstellingen van 2030 en 2050. Toch is de SDE++ zo ingericht dat het gros van de beschikbare budgetten vloeit naar de technieken met de laagste onrendabele top. Hierdoor komen technieken met een hogere onrendabele top minder aan bod. Hierbij spelen drie mechanismes. 1: Door budgetuitputting kunnen projecten met een hogere onrendabele top buiten de boot vallen. 2: Zonder budgetuitputting kan ook het *risico* op budgetuitputting een reden zijn voor projecten met een hoge onrendabele top om niet in te dienen. 3: De maximale subsidie-intensiteit is gelimiteerd, waardoor projecten met een subsidie-intensiteit boven de 300 €/tCO_2 überhaupt niet aan bod kunnen komen.

[86] De voor- en nadelen van de huidige SDE++-systematiek t.o.v. onder anderen een tweezijdige CfD is voor zon-PV en wind-op-land is al wel onderzocht in Trinomics (2023). Policy options to upscale solar PV and onshore wind beyond 2025.

In de jaren 2021 en 2022 zijn alle ingediende projecten die aan de eisen voldeden beschikt; ook projecten binnen technieken met een hoge onrendabele top. Als er in de komende jaren voor lagere budgetten wordt gekozen (bijvoorbeeld door een andere weging van CO_2-reductie en doelmatigheid) vallen de projecten met een hogere onrendabele top als eerste af. In welke mate projecten en technieken passen bij het transitiepad richting 2050 wordt dus niet meegenomen in de SDE++. Ook blijkt dat de *Effort Sharing Regulation* (ESR)-sectoren beperkt worden ondersteund vanuit de SDE++. Dit sluit niet goed aan bij de sectorspecifieke doelen van het Klimaatakkoord.

De onzekerheid en de suboptimale aansluiting bij de doelstellingen uit het Klimaatakkoord zijn argumenten om techniekkeuzes meer expliciet te maken, bijvoorbeeld via 'hekjes' die in 2023 zijn ingevoerd. De paragrafen hierboven lichten een aantal nadelen toe op het gebied consistentie in SDE++-rondes 2020-2022. In samenhang zijn dit argumenten om meer expliciete techniekkeuzes te maken. De keuze om alle technieken met elkaar te laten concurreren zorgt ervoor dat aannames en onzekerheid veel invloed hebben op de verdeling van subsidies tussen technieken. In een systeem waarbij enkel projecten binnen technieken met vergelijkbare karakteristieken met elkaar concurreren hebben aannames en onzekerheden waarschijnlijk minder invloed. Dit komt omdat projecten meer op elkaar lijken en onvoorziene ontwikkelingen de projecten vaak op dezelfde manier beïnvloeden. Bij het maken van expliciete keuzes spelen voorspellingen en aannames ook een belangrijke rol. Echter, door deze keuzes expliciet te maken *kan* beter worden aangesloten bij het bredere klimaatbeleid en de visies die de laatste jaren door EZK zijn ontwikkeld (zoals het Nationaal plan energiesysteem (NPE)). Het is relevant om bij het maken van techniekkeuzes, zoals de hoogte van hekjes, rekening te houden met de mate waarin technieken bijdragen aan de lange termijn doelstellingen van Nederland, de CO_2-emissies en marktontwikkelingen.

In zijn geheel leidt het Nederlandse klimaatbeleid tot verdelingseffecten, mede door de SDE++. Bedrijven die toegang hebben tot relatief goedkoop reductiepotentieel maken meer kans op ondersteuning via de SDE++. Dit biedt deze bedrijven de mogelijkheid om (toenemende) kosten voor CO_2-uitstoot en/of aardgasverbruik die voortkomen uit het ETS, de CO_2-heffing en de verschuivingen in de energiebelasting te verlagen. Bovendien kunnen bedrijven met goedkoop reductiepotentieel per saldo verdienen aan de CO_2-heffing door de verkoop van dispensatierechten. Bedrijven met goedkoop reductiepotentieel worden dus tegelijkertijd geprikkeld (stok) en ondersteund (wortel) om te verduurzamen. Bedrijven met een slechter handelingsperspectief worden wel geprikkeld, maar maken minder kans op ondersteuning via de SDE++. Deze ontwerpkeuze draagt bij aan de doelmatigheid van het Nederlandse klimaatbeleid. Een doelmatige energietransitie is echter niet het enige Nederlandse doel. Het is mogelijk dat het transitiepad dat voortkomt uit het klimaatbeleid niet goed aansluit bij andere (strategische) doelen. Dit dient niet direct in de SDE++ te worden opgelost, maar het is wel belangrijk dat beleidsmakers zich hiervan bewust zijn: het Nederlandse klimaatbeleid leidt tot verdelingseffecten en de SDE++ versterkt dit.

Op detailniveau hebben we een aantal elementen geïdentificeerd die niet volledig coherent zijn met ander beleid. Een volledig coherente regeling is echter geen doel op zich. Veel elementen zijn als gemiddeld (behandeling ETS- vs. niet-ETS-bedrijven, het meenemen van GvO's en infrastructuurkosten, het toevoegen van categorieën, de aansluiting bij het EU-ETS, de CO_2-heffing en de energiebelasting) of matig consistent beoordeeld (vermeden CO_2-emissies, toevoegen categorieën en de aansluiting bij het Klimaatakkoord en de ESR-doelen). Het gros van de inconsistenties is verklaarbaar en het adresseren hiervan zou gepaard kunnen gaan met negatieve consequenties voor de doeltreffend-

en/of doelmatigheid. De enige aanpassingen die we aanbevelen zijn het meenemen van de daling van gratis emissierechten bij ETS-bedrijven in de correcties voor het ETS-voordeel en het GvO-voordeel bij hernieuwbaar gas ter vergroening van aardgasverbruik onder het ETS. Dit geeft een betere reflectie van de werkelijke onrendabele top, komt de doelmatigheid van de regeling ten goede en is consistent met het ETS. Andere elementen worden wel als consistent beoordeeld, zoals de mogelijkheid tot het combineren van subsidies en de vereisten en vergunningen per categorie.

5.4 Overkoepelende observaties

De ontwerpkeuzes binnen de SDE++ gaan gepaard met verschillende vormen van uitruil, zoals het spanningsveld tussen doelmatigheid, doeltreffendheid en consistentie. In de ideale SDE++ zijn deze elementen met elkaar in balans. Dit kan echter niet objectief worden vastgesteld. In deze laatste sectie gaan we in op overkoepelende thema's en op hoe deze elkaar uitruilen.

Het centrale doel van de SDE++ is kosteneffectieve CO_2-reductie. Hierdoor zijn doeltreffendheid en doelmatigheid onlosmakelijk met elkaar verweven. Strakke basis- en fasebedragen dragen bij aan de doelmatigheid van de regeling. Het verlaagt de kans dat een project hogere rendementen maakt dan strikt noodzakelijk voor een positieve investeringsbeslissing. Tegelijkertijd kunnen te strakke basis- en fasebedragen tot non-realisatie of onderproductie leiden. Dit is negatief voor de doeltreffendheid. Te strakke basisbedragen kunnen er ook toe leiden dat minder projecten een SDE++-aanvraag indienen, hetgeen de doeltreffendheid negatief kan beïnvloeden wanneer dit leidt tot onderbesteding.

Bij de budgethoogte speelt een uitruil tussen doelmatigheid enerzijds en CO_2-reductie en consistentie anderzijds. Kosteneffectiviteit is onderdeel van de doelstelling van de SDE++. Een hoger budget vermindert de kosteneffectiviteit. Een te ruim budget leidt namelijk tot een lagere prikkel om zo min mogelijk subsidie aan te vragen, met een verminderede doelmatigheid als gevolg. De kans op budgetoverschrijding is immers kleiner. Daarnaast is een knellend budget een vereiste vanuit staatssteunregels. Tegelijkertijd zorgt een hoger budget wel tot meer CO_2-reductie via projecten ondersteund door de SDE++, omdat er meer projecten worden ondersteund. Daarnaast vergroot het de kans op beschikking voor technieken met een hogere onrendabele top. Dit verbetert de consistentie en doelmatigheid op lange termijn. Verschillende technieken die op dit moment nog een hoge onrendabele top hebben zijn namelijk wel nodig om de 2050-doelstellingen te halen.

Afsluitend sommen we een aantal overkoepelende observaties op die gaan over de uitruil tussen doeltreffendheid, doelmatigheid en consistentie:

- **Prijsstijgingen in 2022 hebben mogelijk geleid tot te strakke basis- en fasebedragen**. In de periode van de SDE+ (2011-2020) was de markt zeer stabiel met lage inflatie en lage rente. De periode van 2020-2022 is gekenmerkt door hoge prijsvolatiliteit, toenemende inflatie en toenemende rente. Dit heeft geleid tot stijgende investerings- en financieringskosten, die vertraagd mee werden genomen in de basisbedragen. Dit heeft waarschijnlijk tot relatief strakke basisbedragen geleid, omdat de basisbedragen in 2022 maar relatief licht zijn gestegen voor de meeste technieken, behalve voor biomassa en CCS/CCU. Dit kan ertoe hebben geleid dat projectontwikkelaars terughoudend zijn geweest met indienen. Tegelijkertijd geven stijgende kosten een prikkel voor snelle realisatie.
- **In vergelijking met de voorgangers waren de SDE++-budgetten relatief ruim. Te ruime budgetten ondermijnen de effectiviteit van een belangrijk doelmatigheidsmechanisme.**

Krappe budgetten stimuleren het indienen tegen een lagere subsidie-intensiteit. Als er geen krapte wordt verwacht is het logisch dat iedere indiening voor de maximale subsidie-intensiteit aanvraagt (dus het basisbedrag). Een bepaalde mate van krapte is dus gewenst. De mate van krapte is een politieke keuze. Met ruime budgetten verliest de SDE++ een doelmatigheidsmechanisme. Hiermee wordt de rol van andere mechanismes belangrijker, zoals de hoogte van de basisbedragen. Dit leidt tot hogere doelmatigheidsrisico's. Dit heeft mogelijk bijgedragen aan een verminderde doelmatigheid in 2022.

- **Een ruimer budget heeft weliswaar tot betere aansluiting bij het Klimaatakkoord geleid, maar dit kan mogelijk efficiënter worden bereikt door techniekkeuzes.** Het voordeel van de ruimere budgetten is dat de spreiding over technieken beter is (maar gaat ten koste van de doelmatigheid, zoals hierboven besproken). De spreiding van technieken kan mogelijk doelmatiger worden bereikt door expliciete techniekkeuzes. Het reserveren van een deel van het SDE++ budget, zoals de hekjes die vanaf de SDE++-ronde 2023 zijn voorgesteld, is een voorbeeld van het doelmatig sturen op expliciete techniekkeuzes.
- **Er lijkt nog wat te winnen door het verminderen van uitval van aanvragen voordat mogelijke uitbreiding van de SDE++-scope aan te pas moet komen (dus eerst kwaliteit en dan pas kwantiteit).** Onderbesteding heeft zowel een negatief effect op doeltreffendheid als doelmatigheid. Dit kan verminderd worden door 1) uitval van ingediende aanvragen te verminderen en 2) meer aanvragen voor de SDE++ aan te trekken. Door in te zetten op een uitbreiding van informatievoorziening gericht op specifieke categorieën, zou de kwaliteit van aanvragen mogelijk verder verbeterd kunnen worden. Hiermee zouden ook nieuwe aanvragers binnen die categorieën bereikt kunnen worden. In de interviews werden daarnaast ook een uitbreiding van de SDE++ naar meer categorieën benoemd. Dit zou weliswaar meer aanvragen kunnen aantrekken, maar door beperkingen in uitvoeringscapaciteit zou dit mogelijk de kwaliteitsverbetering van de aanvragen niet ten goede komen, met nog meer uitval als gevolg.

Tot slot hebben we de tevredenheid van aanvragers met de SDE++ geanalyseerd, die maar net met een voldoende werd beoordeeld en in vergelijking met de SDE+ achteruit is gegaan. Uit de enquête blijkt dat de waardering onder aanvragers m.b.t. de SDE+ hoofdtechnieken is afgenomen van 7,0 voor de SDE+ naar 6,2 voor de SDE++; dit is een forse daling (zie Sectie A.1). Wel zijn aanvragers van nieuwe CO_2-arme technieken meer tevreden dan aanvragers van de technieken die ook al in de SDE+ zaten. De nieuwe CO_2-arme hoofdtechnieken werden beoordeeld met een rapportcijfer 6,9. De SDE++-regeling is echter van start gegaan in jaren waarin marktomstandigheden erg onrustig waren en veel onzekerheid heerste in de markt. Ter vergelijking, de periode van de SDE+ was getypeerd door een relatief rustige markt met dalende kosten, met name voor zon-PV en wind-op-land. Hierdoor hebben marktpartijen mogelijk het gevoel dat ze ondanks de SDE++ nog steeds aan veel marktrisico's zijn blootgesteld. Bij een stabielere markt zou de tevredenheid daarom mogelijk anders zijn. Aan deze cijfers kunnen daarom geen heldere conclusies worden verbonden.

Appendix A: methode & technieken

A.1 Enquête

A.1.1 Algemene data over respondenten enquête

In de week van 10 tot en met 16 juli is de enquête naar aanvragers van een SDE++ gestuurd. Hierbij zijn enkel partijen benaderd die tussen 2020 en 2022 een SDE++-subsidieaanvraag beschikt hebben gekregen. Dit is gedaan omdat de aanvragers uit de voorafgaande periodes al in meerdere tussentijdse evaluaties bevraagd zijn. Aanvragers konden de enquête invullen per categorie/techniek waarin de aanvrager actief is. Indien een respondent aanvragen heeft gedaan in meerdere categorieën, vulde hij/zij delen van de enquête meerdere malen in. In de week van 24 tot en met 30 juli en in de week van 4 tot en met 10 september zijn respectievelijk twee herinneringsmails gestuurd naar de aanvragers met het verzoek de enquête alsnog in te vullen indien de aanvrager dat nog niet had gedaan. Vrijdag 15 september is aangehouden als deadline voor het invullen van de enquête. In totaal heeft de enquête hiermee 9 weken opengestaan.

De enquête is naar +-7.000 mailadressen verstuurd. Dit behelst alle mailadressen van aanvragers van de SDE++ van 2020 t/m 2022 die minstens een aanvraag beschikt hebben gekregen. In totaal zijn 1.142 complete responses op de enquête ontvangen (in totaal zijn er 1.472 responses ontvangen, maar 330 responses zijn incompleet ingevuld en zijn daarom niet meegenomen in de verdere analyse van de enquêteresultaten). Hiermee is een totaal responsepercentage van 16% behaald.

In de onderstaande tabel, Tabel 5-1, is het totaal aantal responses per categorie opgenomen. Vanwege het lage aantal responses van sommige categorieën, in combinatie met het overzichtelijk presenteren van de resultaten, is ervoor gekozen om sommige techniek categorieën samen te voegen. Ook geeft Tabel 5-1 inzicht in welke techniek categorieën reeds waren opgenomen in de SDE+, de voorganger van de SDE++, en welke techniek categorieën niet verder worden genomen in de verdere analyse vanwege lage responses en het gebrek aan praktische mogelijkheden om deze categorieën samen te voegen met andere categorieën. Zo worden *daglichtkas* en *waterkracht* niet meer verder geanalyseerd vanwege de erg beperkte groep respondenten.

Tabel 5-1 Aantal respondenten per techniekcategorie

Techniek categorie	Samenvoeging categorieën	Al opgenomen in SDE+	N
biomassa verbranding (hernieuwbare warmte)	biomassa verbranding / vergassing	Ja	13
biomassa vergassing (hernieuwbaar gas)	biomassa verbranding / vergassing	Ja	1
biomassa vergisting (hernieuwbaar gas)	biomassa vergisting	Ja	15
biomassa vergisting (hernieuwbare warmte)	biomassa vergisting	Ja	9
Compostering	biomassa vergisting	Ja	2
geothermie (ondiep met warmtepomp)	geothermie	Ja	3
geothermie (ultra)diep zonder warmtepomp	geothermie	Ja	6
waterkracht	/	Ja	1
wind-op-land	wind-op-land	Ja	16
zon-PV	zon-PV	Ja	990
zonthermie	zonthermie	Ja	16
aquathermie met warmtepomp	aquathermie met warmtepomp	Nee	6
CO_2-afvang en -gebruik (CCU)	CCU	Nee	11
Daglichtkas	/	Nee	3
e-boilers	e-boilers	Nee	13
industriële warmtepompen	industriële warmtepompen	Nee	28
Restwarmte	restwarmte	Nee	7
Totaal			**1.140**

Op basis van Tabel 5-1 is Tabel 5-2 opgesteld. In deze tabel zijn de nieuwe (samengevoegde) categorieën getoond met daarbij het aantal respondenten per categorie. Hierbij zijn ook 'Oude categorieën' en 'nieuwe categorieën' opgenomen. 'Oude categorieën' vertegenwoordigt alle categorieën die reeds opgenomen waren in de SDE+-subsidieregeling exclusief zon-PV. Binnen 'oude categorieën' zijn dus *wind-op-land, biomassa verbranding en vergassing, biomassa vergisting, geothermie* en *zonthermie* meegenomen. Zon-PV is niet meegenomen binnen 'oude categorieën' gezien het grote aantal respondenten binnen de categorie zon-PV. Als zon-PV wel werd meegenomen binnen 'oude categorieën' zou het de resultaten van 'oude categorieën' te veel beïnvloeden (dit vanwege het hoge aantal respondenten binnen zon-PV ten opzichte van de categorieën binnen 'oude categorieën). 'Nieuwe categorieën' representeert alle categorieën die pas sinds de invoering van de SDE++ geschikt zijn als techniek voor SDE++-subsidiebeschikking. Voor deze categorieën was dus nog geen SDE+-subsidie mogelijk tijdens de SDE+-subsidie rondes. Dit zijn *aquathermie met warmtepomp, CCU, e-boilers, industriële warmtepompen* en *restwarmte*.

Tabel 5-2 Aantal respondenten nieuwe samengevoegde categorieën

Samengevoegde categorieën	N
01 zon-PV	**990**
Oude categorieën	**81**
02 wind-op-land	16
03 biomassa verbranding en vergassing	14
04 biomassa vergisting	26
05 geothermie	9
06 zonthermie	16
Nieuwe categorieën	**65**
07 aquathermie met warmtepomp	6
08 CCU	11
09 e-boilers	13
10 industriële warmtepompen	28
11 restwarmte	7
Totaal	**1.136**

A.1.2 Antwoorden op enquêtevragen

In onderstaande tabellen en sectie zijn de antwoorden te zien op de vragen in de enquête. Elke tabel wordt vergezeld met de vraag uit de enquête.

Tabel 5-3 toont antwoorden op de enquêtevraag over de hoeveelheid projecten binnen een categorie die door de organisatie van de aanvrager zijn aangevraagd.

Tabel 5-3 Antwoord op de vraag "Voor hoeveel projecten in de categorie <...> heeft uw organisatie een SDE++-aanvraag gedaan?

Techniekcategorie	1	2-5	6-10	10-20	21-50	>50	Weet ik niet	Totaal
01 zon-PV	711	197	22	6	16	15	23	990
02 wind-op-land	9	3	1	1			2	16
03 biomassa verbranding en vergassing	11	2	1					14
04 biomassa vergisting	16	5	1	1		2	1	26
05 geothermie	6	2	1					9
06 zonthermie	11	4					1	16
07 aquathermie met warmtepomp	4	2						6
08 CCU	6	4					1	11
09 e-boilers	10	2	1					13
10 industriële warmtepompen	23	4		1				28
11 restwarmte	5	2						7
Totaal	**812**	**227**	**27**	**9**	**16**	**17**	**28**	**1.136**

Opvallende elementen uit Tabel 5-3:

- **Het overgrote aandeel (71%) heeft slechts voor één project een SDE++-subsidie aanvraag gedaan.**

Tabel 5-4 toont de gegeven antwoorden op de stellingen die de additionaliteit van de SDE++-regeling toetsen.

Tabel 5-4 Antwoorden op stellingen over additionaliteit van SDE++

Techniek/Antwoord	Helemaal eens	Eens	Neutraal	Oneens	Helemaal oneens	Weet ik niet /n.v.t.	N
"Zonder de mogelijkheid om een SDE++-subsidie aan te vragen zou mijn organisatie niet hebben overwogen om in de betreffende duurzame technologie te investeren"							
01 zon-PV	**24%**	**23%**	**22%**	**19%**	**8%**	**4%**	**990**
Oude categorieën	**48%**	**21%**	**17%**	**9%**	**5%**	**0%**	**81**
02 wind-op-land	6	3	2	3	2		16
03 biomassa verbranding en vergassing	7	4	3				14
04 biomassa vergisting	12	5	5	2	2		26
05 geothermie	7	1	1				9
06 zonthermie	7	4	3	2			16
Nieuwe categorieën	**32%**	**34%**	**8%**	**17%**	**3%**	**6%**	**65**
07 aquathermie met warmtepomp	2	2		2			6
08 CCU	5	4	1	1			11
09 e-boilers	6	5		1		1	13
10 industriële warmtepompen	6	8	4	5	2	3	28
11 restwarmte	2	3		2			7
Totaal	**302**	**264**	**238**	**210**	**82**	**40**	**1.136**
"Ook zonder beschikking van de SDE++-subsidie zou mijn organisatie overwegen (een deel van) de aangevraagde projecten te realiseren"							
01 zon-PV	**12%**	**29%**	**25%**	**21%**	**9%**	**5%**	**990**
Oude categorieën	**5%**	**21%**	**19%**	**25%**	**31%**	**0%**	**81**
02 wind-op-land		6	4	3	3		16

Techniek/Antwoord	Helemaal eens	Eens	Neutraal	Oneens	Helemaal oneens	Weet ik niet /n.v.t.	N
03 biomassa verbranding en vergassing		3	3	5	3		14
04 biomassa vergisting	4	4	4	5	9		26
05 geothermie			1	2	6		9
06 zonthermie		4	3	5	4		16
Nieuwe categorieën	**8%**	**22%**	**18%**	**29%**	**20%**	**3%**	**65**
07 aquathermie met warmtepomp	1			3	2		6
08 CCU	1	2	1	3	4		11
09 e-boilers		2	3	4	3	1	13
10 industriële warmtepompen	2	9	8	7	1	1	28
11 restwarmte	1	1		2	3		7
Totaal	**123**	**317**	**271**	**249**	**127**	**49**	**1.136**
"Door de recente energieprijsstijgingen (2021 en 2022) overweegt mijn organisatie in de toekomst eerder zonder SDE++-subsidie in de betreffende duurzame technologie te investeren"							
01 zon-PV	**10%**	**26%**	**28%**	**18%**	**9%**	**9%**	**990**
Oude categorieën	**5%**	**17%**	**23%**	**25%**	**28%**	**1%**	**81**
02 wind-op-land	1	5	3	3	4		16
03 biomassa verbranding en vergassing	1	3	3	5	1	1	14
04 biomassa vergisting	2	4	7	5	8		26
05 geothermie			1	3	5		9
06 zonthermie		2	5	4	5		16
Nieuwe categorieën	**6%**	**22%**	**18%**	**29%**	**18%**	**6%**	**65**
07 aquathermie met warmtepomp		1	1	1	2	1	6
08 CCU	2	1	1	4	3		11
09 e-boilers		3		6	3	1	13
10 industriële warmtepompen	2	8	8	6	2	2	28
11 restwarmte		1	2	2	2		7
Totaal	**108**	**288**	**310**	**217**	**123**	**90**	**1.136**
"Het belang van de SDE++-subsidie voor de realisatie van projecten van mijn organisatie is sinds 2020 afgenomen"							
01 zon-PV	**11%**	**22%**	**25%**	**25%**	**10%**	**6%**	**990**
Oude categorieën	**2%**	**20%**	**20%**	**30%**	**27%**	**0%**	**81**
02 wind-op-land	2	5	2	5	2		16
03 biomassa verbranding en vergassing		4	3	3	4		14
04 biomassa vergisting		3	7	7	8	1	26
05 geothermie		1	1	3	4		9
06 zonthermie		3	3	6	4		16
Nieuwe categorieën	**0%**	**23%**	**12%**	**38%**	**22%**	**6%**	**65**
07 aquathermie met warmtepomp		1	1	1	2	1	6
08 CCU		4		3	4		11
09 e-boilers		2	1	6	3	1	13
10 industriële warmtepompen		6	6	12	3	1	28
11 restwarmte		2		3	2		7
Totaal	**110**	**252**	**273**	**300**	**133**	**68**	**1.136**

Opvallende elementen Tabel 5-4:

- *"Zonder de mogelijkheid om een SDE++-subsidie aan te vragen zou mijn organisatie niet hebben overwogen om in de betreffende duurzame technologie te investeren"*
    - **SDE++-subsidiebeschikking heeft grote invloed op overwegingen om te investeren voor zowel oude categorieën als nieuwe categorieën**. 69% van respondenten van 'oude categorieën' is het (helemaal) eens met de stelling. Voor nieuwe categorieën is dit 66%.
    - **SDE++-subsidiebeschikking heeft gematigde invloed op investeringsbeslissing voor categorie zon-PV**. 47% van de respondenten is het (helemaal) eens met de stelling. 27% v.d. respondenten is het (helemaal) oneens. Dit aandeel is aanzienlijk kleiner voor oude categorieën (14%) en nieuwe categorieën (20%). Dit laat zien dat een

SDE++-subsidiebeschikking voor deze categorie minder hard benodigd is om te investeren.

- *"Ook zonder beschikking van de SDE++-subsidie zou mijn organisatie overwegen (een deel van) de aangevraagde projecten te realiseren"*
  - **SDE++-subsidiebeschikking heeft gematigde invloed op realisatie voor zowel nieuwe categorieën als oude categorieën**. Voor oude categorieën is 56% het (helemaal) oneens met de stelling. Voor nieuwe categorieën is dit iets lager; 49%. Logischerwijs is te zien dat een relatief klein aandeel (26% oude categorieën en 29% nieuwe categorieën) het (helemaal) eens is met de stelling.
  - **De invloed van de SDE++-subsidiebeschikking op realisatie is lager voor de categorie zon-PV**. Slechts 30% van de respondenten is het (helemaal) oneens met de stelling. Ook hier laat dit zien dat de SDE++-subsidiebeschikking voor deze categorie minder hard benodigd is om te investeren.
  - **De gevonden resultaten zijn in lijn met de resultaten op de eerste stelling**. Ook is het niet verbazingwekkend dat het percentage (helemaal) eens voor oude en nieuwe categorieën voor deze stelling lager ligt dan de eerste stelling gezien deze stelling een iets stevigere stelling aanneemt dan de eerste stelling.
- *"Door de recente energieprijsstijgingen (2021 en 2022) overweegt mijn organisatie in de toekomst eerder zonder SDE++-subsidie in de betreffende duurzame technologie te investeren."*
  - **Effect energieprijsstijgingen groter voor zon-PV dan voor nieuwe en oude categorieën.** Aandeel (helemaal) eens voor zon-PV (36%) groter dan voor oude (22%) en nieuwe (28%) categorieën, wat bijdraagt aan het argument dat de SDE++ minder hard benodigd is voor zon-PV dan voor oude en nieuwe categorieën.
- *"Het belang van de SDE++-subsidie voor de realisatie van projecten van mijn organisatie is sinds 2020 afgenomen"*
  - **Belang SDE++-subsidie voor oude en nieuwe categorieën sinds 2020 niet afgenomen**. Dit door overwegend oneens met de stelling voor deze categorieën. Voor Zon-PV zijn de antwoorden dusdanig in balans dat er geen conclusie getrokken kan worden of het belang van de SDE++ is toe- of afgenomen.

Tabel 5-5 biedt inzichten op de hoeveelheid tijd (in werkdagen) die gemiddeld is besteed aan het aanvraagproces voor de verschillende categorieën die onder de SDE++ mogelijk zijn.

Tabel 5-5 Antwoorden op "Hoeveel tijd heeft uw organisatie gemiddeld besteed aan het aanvraagproces voor de SDE++-subsidie in de categorie <...>?"

Techniek/antwoord	<2	2-5	5-10	10-25	>25	Weet ik niet	N
01 zon-PV	**32%**	**34%**	**9%**	**4%**	**3%**	**19%**	**982**
Oude categorieën	**12%**	**23%**	**19%**	**21%**	**11%**	**14%**	**81**
02 wind-op-land	5	3	2	3		3	16
03 biomassa verbranding en vergassing		2	3	3	3	3	14
04 biomassa vergisting	1	7	9	3	5	1	26
05 geothermie	1			6	1	1	9
06 zonthermie	3	7	1	2		3	16
Nieuwe categorieën	**13%**	**38%**	**9%**	**20%**	**13%**	**8%**	**64**
07 aquathermie met warmtepomp	1	1		3	1		6
08 CCU	2	3	2	2	2		11
09 e-boilers	2	5	2	1	2	1	13
10 industriële warmtepompen	3	12	2	5	2	3	27
11 restwarmte		3		2	1	1	7
Totaal	**329**	**378**	**114**	**65**	**42**	**199**	**1.127**

Opvallende elementen uit Tabel 5-5:

- **Overgrote aandeel van de respondenten heeft relatief weinig nodig om de aanvraag voor te bereiden.** Dit is met name het geval voor zon-PV met 66% van de aanvragen afgerond binnen 5 werkdagen.

In Tabel 5-6 worden de antwoorden getoond die ingaan op de verhouding van aanvraagtijd versus de (mogelijke) baten van de aanvraag.

Tabel 5-6 antwoorden op "In hoeverre vindt u dat de benodigde tijd voor het aanvraagproces in de categorie <...> in verhouding staat tot de (mogelijke) baten van de aanvraag?

Techniek/antwoord	De tijdsinspanning is zeer beperkt	De tijdsinspanning is beperkt	De tijdsinspanning staat in verhouding	De tijdsinspanning staat niet in verhouding	De tijdsinspanning staat helemaal niet in verhouding; de aanvraag kost buitensporig veel tijd.	Weet ik niet	N
01 zon-PV	**4%**	**14%**	**41%**	**14%**	**3%**	**21%**	**990**
Oude categorieën	**2%**	**16%**	**53%**	**12%**	**9%**	**7%**	**81**
02 wind-op-land		5	6	3	1	1	16
03 biomassa verbranding en vergassing		1	10	1		2	14
04 biomassa vergisting		5	14	4	3		26
05 geothermie	1		5		1	2	9
06 zonthermie	1	2	8	2	2	1	16
Nieuwe categorieën	**6%**	**17%**	**49%**	**20%**	**2%**	**6%**	**65**
07 aquathermie met warmtepomp	1	2		3			6
08 CCU	2	2	6	1			11
09 e-boilers		2	7	3		1	13
10 industriële warmtepompen		5	16	4	1	2	28
11 restwarmte	1		3	2		1	7
Totaal	**50**	**159**	**478**	**163**	**68**	**218**	**1.136**

Opvallende elementen Tabel 5-6:

- **Overgrote aandeel van de respondenten vindt de tijdsinspanning in verhouding staan tot de mogelijke baten**. Voor geen enkele categorie is het aanvraagproces als dusdanig tijdrovend/intensief ervaren dat het niet in verhouding staat tot de mogelijke baten.

Tabel 5-7 Toont de antwoorden op stellingen over het realistisch zijn van de realisatietermijn en aanvraagvereisten.

Tabel 5-7 Antwoorden op stellingen over realisatietermijn en aanvraagproces

Categorie/Antwoord	Helemaal eens	Eens	Neutraal	Oneens	Helemaal oneens	Weet ik niet	N
"De gestelde aanvraagvereisten zijn realistisch en haalbaar voor projecten in deze categorie"							
01 zon-PV	**5%**	**45%**	**27%**	**9%**	**3%**	**11%**	**990**
Oude categorieën	**7%**	**51%**	**14%**	**14%**	**10%**	**5%**	**81**
02 wind-op-land	1	9	1	2	2	1	16
03 biomassa verbranding en vergassing	1	7	2	2	1	1	14
04 biomassa vergisting	3	13	4	3	2	1	26
05 geothermie	1	5	2	1			9
06 zonthermie		7	2	3	3	1	16
Nieuwe categorieën	**8%**	**43%**	**26%**	**14%**	**2%**	**8%**	**65**
07 aquathermie met warmtepomp	1	1	2	1	1		6
08 CCU	1	7	2	1			11
09 e-boilers	1	7	2	2		1	13
10 industriële warmtepompen	1	11	9	4		3	28
11 restwarmte	1	2	2	1		1	7
Totaal	**57**	**516**	**298**	**107**	**42**	**116**	**1.136**
"De gegeven realisatietermijn is realistisch en haalbaar voor projecten in deze categorie"							
01 zon-PV	**5%**	**40%**	**25%**	**15%**	**6%**	**9%**	**990**
Oude categorieën	**1%**	**52%**	**15%**	**22%**	**6%**	**4%**	**81**
02 wind-op-land		8	1	4	2	1	16
03 biomassa verbranding en vergassing	1	7	3	2		1	14
04 biomassa vergisting		14	5	5	2		26
05 geothermie		4	2	3			9
06 zonthermie		9	1	4	1	1	16
Nieuwe categorieën	**9%**	**38%**	**28%**	**22%**	**0%**	**3%**	**65**
07 aquathermie met warmtepomp	1	1	2	2			6
08 CCU		3	1	7			11
09 e-boilers	1	6	5			1	13
10 industriële warmtepompen	3	14	8	2		1	28
11 restwarmte	1	1	2	3			7
Totaal	**53**	**464**	**275**	**179**	**67**	**98**	**1.136**

Opvallende elementen Tabel 5-7:

- De meerderheid van de respondenten vindt de **aanvraagvereisten realistisch en haalbaar**. Voor de oude categorieën, en met name zonthermie, is het aandeel dat het (helemaal) oneens is met de stelling (met 38%) verhoogd ten opzichte van nieuwe categorieën en de zon-PV categorie.
- Overgrote aandeel van de respondenten vindt de **gegeven realisatietermijn realistisch en haalbaar**, hoewel ook hier is te zien dat de categorie zonthermie slechter scoort. 31% van de respondenten binnen zonthermie geeft aan het (helemaal) oneens te zijn met de gegeven stelling over de gegeven realisatietermijn.

Ook kon de respondent een toelichting geven op de realisatietermijn en de aanvraagvereisten. Zo werd voor zon-PV veel toelichting gegeven. De volgende factoren zijn hier genoemd die een negatieve invloed hebben gehad op de realisatietermijn en het voldoen aan de aanvraagvereisten: netcongestie, prijsstijgingen, langere levertijden, geen netwerkaansluiting krijgen vanwege overbelasting van het net en turbulente marktontwikkelingen. Ook op CCU werd er aangegeven dat er veel afhankelijkheid in de keten aanwezig is waardoor de realisatie complex wordt en de realisatietermijn daardoor te kort is. Op andere categorieën werd geen toelichting gegeven die relevant is om verder toe te lichten.

Aan respondenten is gevraagd om aan te geven welke uitdagingen ze ondervonden/ondervinden tijdens de realisatie van de/het project(en). Zoals te zien is in de resultaten in Tabel 5-8 is het aandeel *overige redenen* ook redelijk groot. Deze antwoorden zijn niet verder verwerkt in onderstaande tabel. Het is mogelijk dat qua strekking sommige antwoorden gegeven bij *overige redenen* overeenkomen met de standaardantwoorden.

Tabel 5-8 Antwoorden op enquêtevraag over realisatie uitdagingen (max. 3 antwoorden)

Categorie/ Antwoord	financieringskosten	inkoop- en materiaalkosten	financiële positie aanvragende organisatie	verkrijgen van een of meerdere vergunningen	verkrijgen of herroepen van een of meerdere vergunningen	dakconstructie	staat dak	veiligheidsmaatregelen	verkrijgen lokaal draagvlak	vinden geschikte leveranciers	regelen van een aansluiting op het elektriciteitsnet	regelen van een overeenkomst met de eigenaar van de grond/pand	realisatie minder snel/planning niet gehaald	geen tijd of prioriteit voor uitvoeren	overige redenen	N
01 zon-PV	12%	16%	2%	4%	0%	14%	4%	2%	1%	5%	23%	0%	7%	1%	8%	1.246
oude categorieën	21%	24%	4%	17%	4%	1%	0%	1%	3%	4%	8%	0%	1%	2%	11%	125
02 wind-op-land	5	5	0	5	2	0	0	0	0	0	6	0	0	0	2	25
03 biomassa verbranding / vergassing	4	5	2	3	2	0	0	0	1	2	1	0	1	0	0	21
04 biomassa vergisting (hernieuwbare warmte)	8	11	0	6	1	0	0	1	1	1	2	0	0	2	3	36
05 geothermie	2	3	1	6	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	5	18
06 zonthermie	7	6	2	1	0	1	0	0	2	1	1	0	0	0	4	25
Nieuwe categorieën	11%	28%	2%	8%	1%	0%	0%	0%	1%	6%	11%	0%	8%	0%	23%	95
07 aquathermie met warmtepomp	3	1	1	0	0	0	0	0	0	0	2	0	2	0	2	11
08 CCU	3	5	0	2	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	4	17
09 e-boilers	1	7	1	2	0	0	0	0	0	1	2	0	1	0	8	23
10 industriële warmtepompen	2	11	0	4	1	0	0	0	0	4	5	0	2	0	5	34
11 restwarmte	1	3	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	2	0	3	10
Totaal	**190**	**259**	**38**	**84**	**12**	**171**	**48**	**22**	**13**	**69**	**311**	**0**	**92**	**16**	**141**	1.466

Opvallende elementen Tabel 5-8:

- **Inkoop- en materiaalkosten voor vrijwel elke categorie de grootste uitdaging tijdens de realisatie.** Alleen voor de categorie geothermie (verkrijgen van vergunningen), zon-PV en wind-op-land (aansluiting op het netwerk) en zonthermie (financieringskosten) is dit niet de meest genoemde uitdaging.
- **Financieringskosten, naast inkoop- en materiaalkosten, is een veel genoemde uitdaging.**

- **Het regelen van een aansluiting op het elektriciteitsnet is de grootste uitdaging voor zon-PV en voor wind-op-land**. Voor industriële warmtepompen is dit ook een vaak genoemde uitdaging.

Naast het bevragen over de uitdagingen tijdens de realisatie ging de enquête ook in op redenen voor non-realisatie. Deze vraag werd alleen getoond indien een respondent aan gaf dat zijn/haar organisatie een project definitief niet heeft uitgevoerd/gaat uitvoeren nadat het project de SDE++-beschikking had gekregen. Antwoorden op deze vraag zijn getoond in de onderstaande tabel, Tabel 5-9.

Tabel 5-9 Antwoorden op enquêtevraag redenen voor non-realisatie van project(en) (max. 3 antwoorden)

Categorie/ Antwoord	financieringskosten	inkoop- en materiaalkosten	financiële positie aanvragende organisatie	verkrijgen van een of meerdere vergunningen	verkrijgen of herroepen van een of meerdere vergunningen	dakconstructie	staat dak	veiligheidsmaatregelen	verkrijgen lokaal draagvlak	vinden geschikte leveranciers	regelen van een aansluiting op het elektriciteitsnet	regelen van een overeenkomst met de eigenaar van de	realisatie minder snel/planning niet gehaald	geen tijd of prioriteit voor uitvoeren	overige redenen	N
01 zon-PV	4%	3%	2%	1%	0%	4%	2%	0%	0%	0%	9%	0%	2%	1%	7%	461
Oude categorieën	9%	10%	1%	6%	1%	2%	0%	0%	1%	1%	3%	0%	0%	0%	4%	45
02 wind-op-land	4	4	0	2	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	12
03 biomassa verbranding en vergisting	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	2	0	0	0	1	9
04 biomassa vergisting	3	4	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	11
05 geothermie	2	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	8
06 zonthermie	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
Nieuwe categorieën	1%	1%	0%	1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	1%	1%	3%	8
07 aquathermie met warmtepomp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
08 CCU	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
09 e-boilers	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10 industriële warmtepompen	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
11 restwarmte	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	3	4
Totaal	**67**	**49**	**27**	**22**	**1**	**58**	**27**	**3**	**3**	**7**	**115**	**0**	**29**	**14**	**92**	**514**

Opvallende elementen Tabel 5-9:

- **Inkoop- en materiaalkosten, samen met financieringskosten, een vaak genoemde reden voor non-realisatie**.
- **Het regelen van een aansluiting op het elektriciteitsnet is de vaakst genoemde reden voor non-realisatie binnen zon-PV**. Dit komt overeen met de inzichten uit de realisatie uitdagingen voor zon-PV. Ook binnen wind-op-land en biomassa verbranding en vergisting wordt deze reden aangehaald.
- **Aandeel van argumenten van non-realisatie buiten financieringskosten, inkoop- en materiaalkosten en het regelen van een aansluiting op het elektriciteitsnet is erg klein**.

Nadat de realisatie uitdagingen zijn gevraagd (waarvan de resultaten getoond zijn in Tabel 5-8), stelde de enquête twee extra vragen die ingingen op de hoogte van de non-financiële en financiële uitdagingen die zijn ervaren. Antwoorden op deze twee vragen zijn getoond in de onderstaande twee tabellen, Tabel 5-10 en Tabel 5-11.

Tabel 5-10 Antwoorden op enquêtevraag over de hoogte van de non-financiële uitdagingen (1 geeft aan dat er geen uitdagingen waren, 10 indiceert dat de uitdagingen dusdanig groot waren dat het project bijna niet meer doorging)

Categorie/ Antwoord	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Weet ik niet	N
01 zon-PV	6%	4%	5%	9%	14%	12%	12%	17%	6%	8%	6%	553
Oude categorieën	0%	2%	6%	6%	20%	8%	12%	30%	6%	6%	4%	50
02 wind-op-land			1	1	3	1		2		2	1	11
03 biomassa verbranding en vergassing							4	1	1	1		7
04 biomassa vergisting			1	2	1	3		7	1			15
05 geothermie					1		1	2	1		1	6
06 zonthermie		1	1		5		1	3				11
Nieuwe categorieën	6%	4%	0%	10%	6%	14%	24%	8%	18%	6%	4%	50
07 aquathermie met warmtepomp				2			3					5
08 CCU						2	1	1	3			7
09 e-boilers	1	1		1	2	3	2			1		11
10 industriële warmtepompen	2	1		2	1	2	4	2	5	1	2	22
11 restwarmte							2	1	1	1		5
Totaal	38	27	31	57	91	75	86	113	47	50	38	653

Tabel 5-11 Antwoorden op enquêtevraag over de hoogte van de financiële uitdagingen (1 geeft aan dat er geen uitdagingen waren, 10 indiceert dat de uitdagingen dusdanig groot waren dat het project bijna niet meer doorging)

Categorie/ Antwoord	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Weet ik niet	N
01 zon-PV	**10%**	**6%**	**11%**	**9%**	**13%**	**12%**	**13%**	**12%**	**5%**	**4%**	**4%**	**573**
Oude categorieën	**4%**	**2%**	**12%**	**4%**	**2%**	**10%**	**12%**	**18%**	**20%**	**14%**	**4%**	**51**
02 wind-op-land	1	1		2	1	1		1	1	2	1	11
03 biomassa verbranding en vergassing			1			1			5			7
04 biomassa vergisting			5			2	1	4		3		15
05 geothermie	1					1	1	2		1	1	7
06 zonthermie							4	2	4	1		11
Nieuwe categorieën	**8%**	**2%**	**6%**	**8%**	**6%**	**6%**	**14%**	**22%**	**12%**	**12%**	**4%**	**50**
07 aquathermie met warmtepomp	1						1	3				5
08 CCU	1	1		1			1		2	1		7
09 e-boilers					2	1	3	1	2	2		11
10 industriële warmtepompen			3	3	1	2	1	7	1	2	2	22
11 restwarmte	2						1		1	1		5
Totaal	**64**	**34**	**73**	**57**	**81**	**77**	**88**	**89**	**46**	**37**	**28**	**674**

Opvallende elementen Tabel 5-10 en Tabel 5-11:

- **Gemiddeld gezien worden de financiële uitdagingen hoger ervaren dan de non-financiële uitdagingen**. Alleen voor zon-PV worden juist de non-financiële uitdagingen als hoger ervaren dan de financiële uitdagingen
- **Hoge financiële uitdagingen voor zonthermie en biomassa verbranding en vergisting**

Om bij te dragen aan de analyse over de additionaliteit van de SDE++ is in de enquête ook gevraagd aan respondenten of men projecten heeft die geen subsidiebeschikking toegekend hebben gekregen maar wel gerealiseerd zijn. De resultaten op deze vraag zijn in Tabel 5-12 te zien. Vanwege het lage aantal responses op deze vraag kunnen er geen harde conclusies getrokken worden. Wel kan er gezien worden dat er zonder SDE++-beschikking alsnog projecten worden gerealiseerd in meerdere categorieën.

Tabel 5-12 antwoorden op enquêtevraag "Heeft uw organisatie projecten waarvoor geen SDE++-subsidie is toegekend in de categorie <...>, maar die wel gerealiseerd zijn/worden?"

Categorie/ Antwoord	Ja	Nee	N
01 zon-PV	**32%**	**68%**	**164**
Oude categorieën	**12%**	**88%**	**17**
02 wind-op-land		3	3
03 biomassa verbranding en vergassing		2	2
04 biomassa vergisting	1	9	10
05 geothermie		1	1
06 zonthermie	1		1
Nieuwe categorieën	**31%**	**69%**	**16**
07 aquathermie met warmtepomp	1	1	2
08 CCU		2	2
09 e-boilers	2	6	8
10 industriële warmtepompen	1	2	3
11 restwarmte	1		1
Totaal	**60**	**137**	**197**

Indien een respondent aangaf dat deze een of meerdere projecten heeft gerealiseerd waarvan de SDE++-aanvraag is afgewezen werd er een vervolgvraag gesteld die inging op waarom de respondent dit project/deze projecten ondanks de non-beschikking van de SDE++ toch heeft gerealiseerd. Antwoorden op deze vraag zijn getoond in Tabel 5-13.

Tabel 5-13 Antwoorden op de enquêtevraag "Waarom heeft uw organisatie dit project/deze projecten in de categorie <...> zonder subsidietoekenning toch gerealiseerd?"

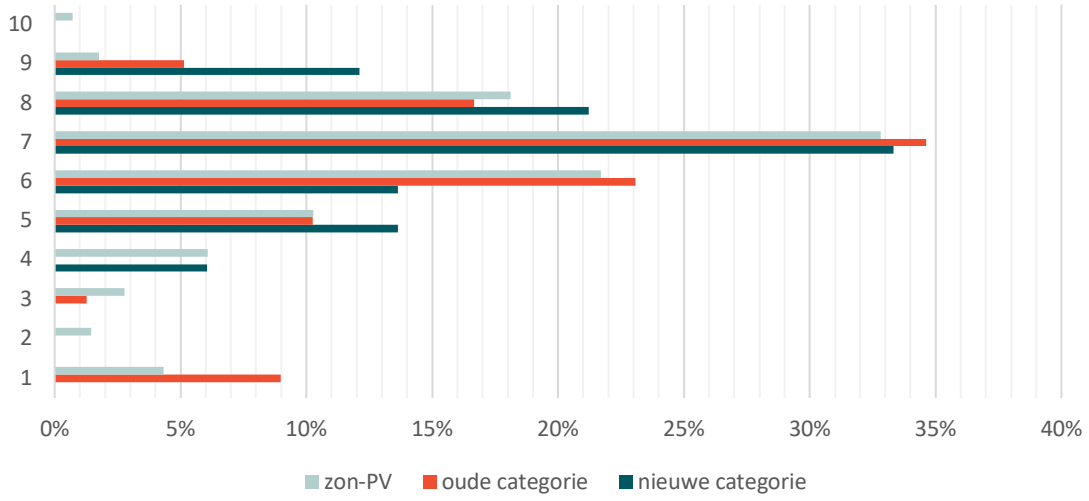
Categorie/ Antwoord	De business case was verbeterd/het was ook zonder subsidietoekenning financieel haalbaar	Het belang voor uw organisatie was, ondanks geen toekenning van de SDE++-subsidie, te groot om het project niet uit te voeren	Uw organisatie heeft gebruik gemaakt van andere overheidssteun voor de realisatie van het/de project(en) (regionaal, nationaal en/of Europees niveau)	overige redenen	N
01 zon-PV	**18**	**17**	**3**	**16**	**54**
Oude categorieën	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**
Nieuwe categorieën	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**
Totaal	**18**	**17**	**3**	**16**	**54**

Een van de afsluitende vragen in de enquête betrof het rapportcijfer van de SDE++-regeling in zijn algemeenheid. Antwoorden op deze vraag zijn in Tabel 5-14 getoond, waarna Figuur 5-1 de verdeling van de rapportcijfers over zon-PV, nieuwe en oude categorieën visualiseert.

Tabel 5-14 Antwoorden op "(Optioneel) Welk rapportcijfer geeft u aan de SDE++-regeling in zijn algemeenheid?" (1 staat voor bijzonder slecht, 10 staat voor uitmuntend)

Techniek/Antwoord	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	N	Gemiddeld 2023	Gemiddeld 2020
01 zon-PV	4%	1%	3%	6%	10%	22%	33%	18%	2%	1%	972	6,2	7,0
Oude categorieën	9%	0%	1%	0%	11%	23%	35%	16%	5%	0%	78	6,2	7,0
02 wind-op-land	1				2	2	6	4	1		16	6,6	6,9
03 biomassa verbranding en vergassing	2				1	3	6	1	1		14	6,0	7,4
04 biomassa vergisting	2				2	8	6	3	2		23	6,2	5,8
05 geothermie						1	6	2			9	7,1	6,9
06 zonthermie	2		1		3	4	3	3			16	5,6	6,8
Nieuwe categorieën	0%	0%	0%	6%	13%	14%	33%	22%	13%	0%	66	6,9	n.v.t
07 aquathermie met warmtepomp							2	2	1		5	7,8	n.v.t
08 CCU				2			4	2	3		11	7,2	n.v.t
09 e-boilers					4	2	3	3	1		13	6,6	n.v.t
10 industriële warmtepompen				2	3	5	11	6	1		28	6,7	n.v.t
11 restwarmte					1	2	1	1	2		7	7,1	n.v.t
Totaal	49	14	28	63	117	238	367	202	29	7	1.114	6,2	7,0

Figuur 5-1 Verdeling rapportcijfer SDE++ tussen zon-PV, nieuwe en oude categorieën



Opvallende elementen uit Tabel 5-14 en Figuur 5-1:

- **De meeste 'oude categorieën' hebben een daling van het gemiddelde rapportcijfer ondervonden.**
- **Nieuwe categorieën hebben een beter gemiddeld rapportcijfer dan oude categorieën.**
- **Zonthermie het laagste gemiddelde rapportcijfer en heeft een grote daling in gemiddeld rapportcijfer ondervonden.** Dit is in lijn met de resultaten op de eerdere enquêtevragen. Zonthermie heeft met een daling van 1,2 punt op gemiddeld rapportcijfer de op een na grootste daling ondervonden. Alleen biomassa verbranding en vergassing ondervond een grotere daling (gemiddeld 1,4 punt rapportcijfer). De daling binnen zonthermie komt onder andere door de verslechterde beoordeling van de aanvraagvereisten en een verslechtering op de beoordeling van de verhouding van benodigde tijd voor de aanvraag ten opzichte van de baten. De daling van het rapportcijfer voor biomassa verbranding en vergassing is waarschijnlijk voornamelijk toe te wijten aan de hoge financiële uitdagingen die binnen deze

techniek werden ervaren. Financieringskosten en inkoop- en materiaalkosten zijn dan ook vaak genoemde uitdagingen binnen deze categorie.

A.2 Simulatie rentabiliteit zonder SDE++

A.2.1 Dataset

Iedere SDE++-indiening dient gepaard te gaan met een exploitatieberekening (behalve voor zon-PV < 1 MW). Hierin dient de indiener de verwachte rentabiliteit van het project te berekenen. RVO gebruikt de exploitatieberekeningen om non-realisatie tegen te gaan: als de rentabiliteit te laag is kan RVO besluiten het project niet te beschikken. RVO heeft de 1.309 bestanden met exploitatieberekeningen (of gerelateerde informatie zoals bijlagen) met het onderzoeksteam gedeeld. Dit resulteerde in een overzicht met 1.228 exploitatieberekeningen, waarbij het verschil wordt verklaard door gecorrumpeerde bestanden en bijlagen. Ook zijn er duplicaten geïdentificeerd door te zoeken naar bestanden met een identieke combinatie van referentienummer, projectnaam, postcode en investeringskosten, In het geval van duplicaten wordt enkel één bestand meegenomen in de analyse. Het is echter niet uit te sluiten dat er alsnog enkelen duplicaten in de dataset zijn overgebleven. De finale dataset bedraagt 1.119 projecten in de periode 2020-2022. Tabel 5-15 toont de volledige dataset, met daarnaast ook de representativiteit per hoofdtechniek in de totale dataset.

Tabel 5-15 Overzicht van finale dataset exploitatieberekeningen

	Exploitatieberekeningen (aantal observaties in finale dataset)				Percentage exploitatieberekeningen per hoofdtechniek			
Hoofdtechniek	2020	2021	2022	Totaal	2020	2021	2022	Totaal
Zon-PV	399	88	247	734	10%	2%	12%	7%
Wind-op-land	14	9	11	34	88%	90%	100%	92%
Zonthermie	5	8	3	16	83%	80%	100%	84%
Biomassa	4	2	90	96	80%	6%	90%	71%
Geothermie	6	3	14	23	100%	30%	100%	77%
Hernieuwbaar gas	8	2	40	50	100%	4%	98%	49%
CO_2-arme warmte	69	9	52	130	93%	16%	84%	68%
CO_2-arme productie	6	5	20	31	86%	12%	95%	45%
Waterstof	1	1	3	5	100%	50%	100%	83%
Totaal	**512**	**127**	**480**	**1.119**	**12%**	**3%**	**21%**	11%

A.2.2 Methode

De rentabiliteit zonder SDE++ wordt vervolgens gesimuleerd door de IRR te berekenen zonder inkomsten uit de SDE++. De IRR zonder SDE++ wordt benaderd in vijf stappen:

1. Winst voor belasting = totale kosten – totale opbrengsten – totale opbrengsten SDE++
2. Belastbaar inkomen = winst voor belasting - (winst voor belasting $_{\text{met SDE++}}$ – belastbaar inkomen $_{\text{met SDE++}}$) [om te corrigeren voor eventuele aftrekposten]
3. Nettowinst = winst voor belasting – belastbaar inkomen * belastingtarief
4. Bruto cashflow = nettowinst + rentelasten $_{\text{met SDE++}}$ + afschrijvingen $_{\text{met SDE++}}$
5. IRR = netto contante waarde van bruto cashflow

In een aantal gevallen is een project dermate onrendabel zonder SDE++ dat er geen IRR kan worden berekend. Om deze projecten toch als onrendabel mee te nemen in de analyse is hierbij een IRR van -10,000% ingevuld, Hierbij is voor een arbitraire waarde gekozen onder de mediaan zodat de waarde de resultaten en de analyse niet zou beïnvloeden. Bij de vergelijking tussen de IRR zonder SDE++ en de minimale rendementseisen is gewerkt met de WACC-waarden uit de eindadviezen van PBL.

A.2.3 Sensitiviteitsanalyse

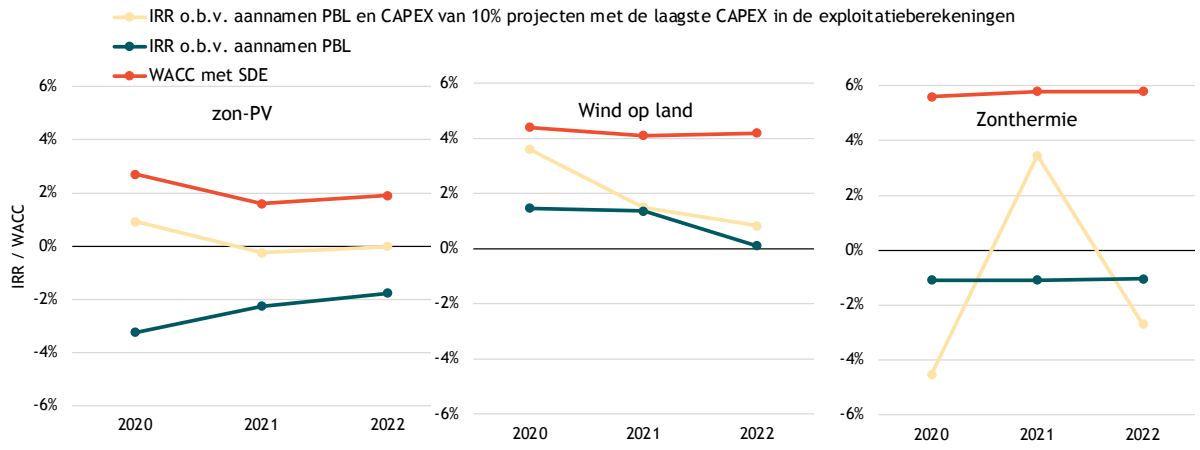
De sensitiviteit van de rentabiliteitsanalyse is getest door de analyse te herhalen o.b.v. de aannames uit de eindadviezen van PBL (ter validatie van de mediaan in het rapport) en een combinatie van de

aannames uit de eindadviezen en de exploitatieberekeningen, waarbij de investeringskosten uit de eindadviezen zijn vervangen door het tiende percentiel laagste investeringskosten uit de exploitatieberekeningen (ter validatie van de 10% meest rendabele projecten). Hiertoe zijn de volgende stappen uitgevoerd:

1. De eindadviezen van PBL voor de periode 2020-2022 voor de categorieën zon-PV, wind-op-land, en zonthermie.
2. Om tot een IRR zonder SDE++ te komen diende de marktwaarde van elektriciteit te worden ingevuld. Dit is gebaseerd op de verwachte gemiddelde opbrengst zonder SDE++ zoals gerapporteerd in de exploitatieberekeningen.
3. Hierna zijn de investeringskosten vervangen door de investeringskosten van de exploitatieberekeningen.

Figuur 5-2 geeft de resultaten van de sensitiviteitsanalyse weer. Uit de figuur blijkt dat de resultaten van de mediaan in het rapport op hoofdlijnen overeenkomen met de IRR op basis van de aannames van de eindadviezen. De IRR zonder SDE++ o.b.v. de aannames van de eindadviezen i.c.m. de 10% laagste investeringskosten van de exploitatieberekeningen is lager dan de IRR van de 10% projecten met de hoogste IRR zonder SDE++ in het rapport, behalve voor zonthermie in 2021. Dit is in lijn met de verwachtingen, omdat enkel de investeringskosten van de meest rendabele projecten zijn gebruikt, maar niet de inkomsten.

Figuur 5-2 Fictieve projectrentabiliteit (IRR) zonder SDE++-subsidie percentiel o.b.v. aannamen in eindadviezen van PBL o.b.v. aannamen in eindadviezen waarbij de investeringskosten zijn vervangen met de 10% laagste investeringskosten uit de exploitatieberekeningen per techniek per jaar i.c.m. met de gewogen gemiddelde kapitaalkosten (WACC).



Bron: Trinomics o.b.v. exploitatieberekeningen RVO (2023, niet publiek) & eindadviezen SDE++ 2020-2022 (PBL).

A.3 Beoordeling econometrische methodologieën SDE++-evaluatie (Engelstalig)

An econometric model offers a method to estimate the *causal* relationship of the SDE++-subsidy on project realization and performance, i.e. the additionality of the SDE++. By using the data available and the structure of the subsidy policy, various econometric methods are evaluated for the relevancy and appropriateness in the context of this study. The econometric analysis would be focused on answering the following questions (numbers in brackets correspond to the research questions Appendix 1, question 1 does not correspond to a specific research question but serves as a basis for answering the other questions):

1. To what extent does the SDE++ influence the ability for a **project to be realised**?
2. To what extent has the SDE++ provided a **competitive advantage** over competitors without SDE++ (question A6)?
3. To what extent has the SDE++ contributed to **CO_2 reduction** and therefore the **sector goals of the Climate Agreement** (questions A7 and A8)
4. What does the SDE++ contribution to CO_2 reduction imply in terms of CO_2 reduction per euro of subsidy (question B1)?
5. To what extent do aspects of the subsidy design, notably having multiple rounds, and price-competition between different technologies, stimulate bidding below the maximum **subsidy-intensity** (questions B2 and B3)?

In this sense the basic set-up of the analysis would be:

- ***Observation level:*** projects which apply for SDE++
- ***Treatment/Independent Variable***: Receiving subsidy or not (Yes/No); Amount of subsidy received (€)
- ***Outcomes/Dependent Variables***: Project realisation (Yes/No); Capacity installed (MW); Renewable energy generation (MWh); CO_2 emissions reduction ($ktCO_2$); Revenues (€)

The sections below are structured as follows:

- **Section A.3.1** gives an overview of the (lack of) data availability and its impact on potential econometric methods;
- **Section A.3.2** explains the possible econometric methods we looked into for the SDE++ evaluation and their limitations; and
- **Section A.3.3** concludes with the results of our proposed analysis.

Overall, the assessment does not find a viable method for eliciting the causal impact of the SDE++ subsidy given the current data available. Despite the lack of available data, efforts have been made to create a control group using survey data. However, the sample size was insufficient to provide a reasonable control group. Further several methods to elicit the marginal impact, not using a control group, but comparing projects with less/more subsidy, were considered. Particularly, the use of propensity score weighting is closely examined as a potential method to elicit the marginal impact of the subsidy. However, the method with the current available data cannot not provide causal inference.

A.3.1 Summary of data availability

For this SDE++-evaluation, the main source of data is the RVO database on SDE++-applications/projects. This contains data for each project relating to treatment status of all applicants and the outcomes of the treated projects (i.e., projects which received subsidy). However, it does not include the outcomes of the non-subsidised projects.

To retrieve the outcomes of the projects which did not receive subsidy, it was proposed to add questions to the survey which ask at project level what the outcomes are of the projects which did not receive subsidy. Although, in theory this would provide a control group, this exercise did not provide sufficient responses for the following reasons:

- RVO was not able to send the survey to applicants of SDE++ which did not receive the subsidy; and
- Of those that responded to the survey, only 5 respondents provided data on 5 projects which did not receive subsidy.

Further, even with a control group via the survey, there would still be concerns of selection bias in terms of the type of non-treated projects deciding whether or not to participate in the survey (*are there factors which impact the outcome of project which also impact whether a company responds to the survey? For instance, are companies with successful projects more likely to participate in the survey*). The consequence of this selection bias is that the control group is not a representative sample of the non-subsidized projects. If the sample size was big enough, this issue could be checked by comparing the RVO data and survey data on the non-subsidized projects. If the control group is considered representative, then it could be possible to elicit causal effect from the econometric analysis, otherwise only correlation can be inferred.

Ideally, we would compare the treated group (projects receiving subsidy) with a control group which has not received any subsidy (as described above based on the results of the survey). However, if it is not possible to create this control group due to lack of data availability, it is still possible to estimate the *marginal* impact of the subsidy by comparing projects which received more subsidy with projects which receive less subsidy. In that way, the impact of receiving more subsidy can potentially be extracted only using the RVO data available. However, there is still the issue of selection bias which needs to be addressed, in terms of companies having the ability to *select* the level of subsidy they receive. For instance, projects using more advanced technologies might ask for a lower subsidy and also lead to more successful project results. This can potentially be controlled by observed factors in the RVO data (e.g., expected OPEX). If the selection bias can be controlled for, then we can potentially infer causation from the analysis, otherwise, we can infer correlation between the subsidy and project results. In this case, based on using only RVO data, the example result of the analysis would be:

- *An additional euro of subsidy correlates/leads to X amount of additional CO_2 reduction, Y amount of additional RE generation, etc.*

Overall, based on the currently available data, it is not possible to elicit the impact of the subsidy using a control group of projects which did not receive the subsidy. Moreover, eliciting the marginal impact of the subsidy is investigated as well, as this can be done by relying only on the available RVO data. However, after controlling for the selection bias, no statistically significant results were found and only correlation could be inferred from the analysis, whereas the relationship could not be verified to be causal.

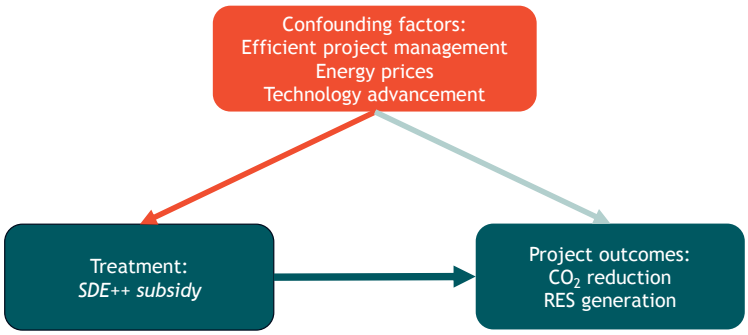
A.3.2 Explored quasi-experimental methods

To quantify the relationship between SDE++ and project outcomes, a form of Ordinary Least Squares (OLS) regression analysis (using a quasi-experimental design) is considered most suitable for the two main reasons:

1. **Causal inference**: regression analysis can identify the causal relationship between SDE++ and the project outcomes if the design of the model is able to isolate the specific effect of the policy on the outcomes. However, it is important to note that this capability is not a guarantee when estimating a regression. If it is not possible to isolate the effect of the policy, then the regression results provide a correlation; and
2. **Interpretable and transparent results**: a regression analysis provides transparent and interpretable results in terms of providing a quantified estimate of the impact of the subsidy.

However, an OLS regression analysis in itself (i.e., no quasi-experimental design – to be explained below) is not a suitable solution in this context, because of potential *selection bias*, which entails the bias in results caused by individuals' ability to *select* treatment or not treatment. In this context, project management is able to decide whether: i) to apply for the subsidy and ii) take actions to increase their ability to receive the subsidy (e.g., apply for a subsidy lower than the limit). Therefore, we need to control for the impact of *confounding* factors (i.e., control variables). Confounding factors are external factors which impact both whether a project receives treatment (the SDE++-subsidy) and the project's outcome (RE generation, emissions reduction, etc.). Figuur 5-3 provides an illustration of the relationship between confounding factors and treatment/outcomes. Because the distribution of the subsidy is not random (companies choose to submit a project and certain projects are rewarded subsidy based on their feasibility and cost-effectiveness), there is risk of selection bias, where the observed relationship between receiving the subsidy and the project outcomes is not only solely receiving the subsidy itself, but also influenced by project characteristics. For instance, it can be the case a project with favourable attributes (high feasibility, high expected returns) is more likely to receive subsidy; in that case, the project outcomes (RE generation, profits) are a result of both the subsidy and project's high probability of success. However, if you do not control for these characteristics, then you can overestimate the impact of the subsidy. Likewise, confounding factors can also lead to an underestimate of the impact as well.

Figuur 5-3 Illustration of the impact of confounding factors on the relationship between treatment and outcomes



Therefore, ideally for estimating causal effect, the treatment (SDE++-subsidy) would be administered randomly such that these external factors would not impact the estimate of causal effect. However, realistically, most policies are not administered at random and therefore it is not possible to have full control over the assignment of treatment. To alleviate this selection bias, a quasi-experimental design can be used. A quasi-experimental design takes advantage of pre-existing groups or natural occurring events which reduce the control of participants to choose treatment or not, and therefore reveal the

causal effect. The types of quasi-experimental design examined as potential options for estimating the SDE++-subsidy are as follows:[87]

- **Difference-in-differences (DiD):** comparing changes in outcomes over time between a treatment and control group.
- **Regression Discontinuity Design (RDD):** taking advantage of a pre-defined cut-off point for treatment assignment to compare outcomes of the treatment and control group near the cut-off point.
- **Instrumental variable (IV):** comparing a treatment and control group based on a random external factor which impacts treatment assignment but not directly the outcome.
- **Non-equivalent groups design (NEGD) (with propensity score-matching/weighting (PSM/PSW)):** comparing a treated and control group that are similar but not randomly assigned. Participants in treatment group can be matched with a participant from the control group which has the same probability (propensity score)[88] to receive treatment based on observable confounding variables.

It is important to understand that these designs depend on several assumptions to effectively estimate the causal impact. If these assumptions do not hold, the strength of estimating causal effect is diminished. Additionally, the implementation of these designs also depends on the availability of data.

The table below provides an overview of the assessment of the econometric methods. Overall, propensity score matching/weighting is the most viable option given the assumptions and data required for the methods. However, the power of PSM to extract the causal effect will depend on the full assessment of the confounding factors, statistical significance and data availability.

Tabel 5-16 Summary of the assessment of econometric methods

Method	Do assumptions hold?	Sufficient data?	Conclusion
DiD	No, at project-level parallel trend assumption cannot be tested. At company level, treatment/control group stability cannot be guaranteed	Project-level data available for treatment group - control group uncertain Company-level data not available	Not suitable, assumptions do not hold.
RDD	No, companies have control over whether they are above/below the cut-off point (subsidy intensity limit)	Project-level data available for treatment group just below the cut-off point, but there is no data on companies which would have applied with subsidy intensity limit above the cut-off	Not suitable, assumptions do not hold and required data not available.
IV	Potential instrumental variable potentially impacts outcome variables (i.e., assumptions do not hold) and no other IVs identified.	Project-level data available for treatment group, but not available for control group	Not suitable, assumptions do not hold.
PSM/ PSW	Assumptions potentially hold given the necessary data to control for bias are available.	Project-level data available for treatment group, but not available for control group	Potentially the most suitable option if assumptions hold and available data lead to statistically significant results.

Below, the assumptions and application of the various methods for the SDE++-evaluation are described.

[87] In addition to these methods, panel regressions are also considered (i.e. fixed effects; random effects). However, given that the data covers only a short period of time, the results would not be robust.
[88] Propensity scores are estimated using a logistic regression where the treatment status is regressed on the confounding variables.

Difference-in-difference (DiD): Assumptions and application for SDE++-evaluation

The potential set-up for estimating DiD for the SDE++-evaluation is comparing the group (project/companies) which receive the subsidy and those that do not (the control) before and after the subsidy is administered.

In order for the DiD method to extract the causal impact, several assumptions must hold, including:

1. The treatment and control group have parallel trends in the pre-treatment period
2. No spill-over effects (the control group is not indirectly impacted by the treatment)
3. The groups remain stable (there is no switching from non-treatment/treatment over time)
4. The individuals do not have control over whether they are in the treatment or non-treatment group.

The main challenge for applying DiD to the SDE++-evaluation is verifying Assumption #4, that companies do not have control over whether the project receives the subsidy or not. This is because companies can take measures to increase their chances of receiving subsidy, for instance applying for the subsidy (with a lower subsidy rate) or ensuring all feasibility requirements are met.

Further, to apply DiD to the SDE++-evaluation, we cannot use data at project-level, as this data would not have a pre-treatment period (projects start only after they receive subsidy, i.e., treatment) and thus Assumption #1 cannot be verified. Therefore, DiD cannot be applied with the RVO data provided.

Alternatively, if company-level data was used, Assumption #1 could be tested, as there would potentially be data from the pre-treatment period. However, as companies can have multiple projects which receive subsidy (i.e., treatment) at different points in time, it would be difficult to verify Assumption #3, where it cannot be ensured that companies do not receive subsidy in the post-treatment period (as they could have a new project to receive subsidy later). Moreover, company-level data is not easily accessible for this study.

Overall, **DiD is not a suitable option for estimating the impact of SDE++,** given that it cannot be verified whether the assumptions hold, which is crucial to estimate the causal impact with DiD.

Regression Discontinuity Design (RDD): Assumptions and application for SDE++-evaluation

The potential set up for RDD for the SDE++-evaluation would be comparing projects which are just above and just below an eligibility threshold for the subsidy.

In order for the regression discontinuity design method to extract the causal impact, the following assumptions must hold:

1. There is a continuous eligibility score with a clear cut-off point which decides whether individuals receive treatment or not
2. Individuals do not have control over whether they are in the treated group or not (whether they are below or above the cut-off point)

Although the SDE++-subsidy does have an eligibility score, in terms of companies can only apply up to a certain subsidy intensity limit (€/tonne CO_2), companies inherently have control over whether they are above or below this limit (either they are below the limit and apply for the subsidy or they are above the

limit and they do not apply for the subsidy).[89] Further, there are no other viable continuous eligibility criteria for receiving the subsidy. Therefore, Assumption #2 does not hold and **RDD is not a viable option for the SDE++-evaluation.**

Instrumental Variable (IV): Assumptions and application for SDE++-evaluation

A potential instrumental variable for the SDE++-evaluation would be using proximity to energy infrastructure as an instrument based on the transmission permission requirement for the SDE++-subsidy. If a project is located near energy infrastructure, they are more likely to receive the subsidy, but this does not inevitably impact outcomes.

In order for the instrumental variable method to extract the causal impact, the following assumptions must hold:

1. The IV correlates with the treatment variable
2. The IV does not correlate with the confounding factors which influence the outcome variables
3. The IV only impacts the outcome variable through the treatment variable assignment (no direct impact on the outcome variables)

Although using proximity to energy infrastructure could potentially confirm Assumption #1, there is uncertainty of whether Assumption #2 and #3 hold, as proximity to energy infrastructure could indirectly and directly impact the outcome variables. For instance, projects closer to energy infrastructure are potentially more likely to produce more renewable energy, as there is more grid capacity in this location. Therefore, using this **instrumental variable would not be viable for the SDE++-evaluation**. Otherwise, no other potential IVs were identified.

Propensity score matching/weighting

The potential set-up for using propensity score matching (PSM) would be matching projects which receive subsidy with projects which don't receive subsidy based on observed characteristics (project size, technology type, location, etc.) which influence the probability of receiving subsidy. Note that if we are estimating the marginal effect in terms of the impact of receiving more subsidy, compared to projects which receive less subsidy, then an alternative method would be used, called *propensity score weighting (PSW)*.

In order for the propensity score matching/weighting method to extract the causal impact, the following assumptions must hold:

1. Observed characteristics determine treatment and impact outcomes (unobserved characteristics are unlikely to play a big role of whether a company gets a subsidy or not)
2. The treatment status of one individual does not directly impact the treatment status of another
3. There must be an overlap in characteristics amongst the treatment and non-treatment group (to ensure that matches are possible)

For assumption #1, there should not be unobservable characteristics which determine treatment and impact outcomes. Most characteristics which determine whether a company receives treatment or not are observable, for instance: technology type (solar, wind, CCS, etc.); project size (planned installed

[89] Additionally, even if they did not have control

capacity/CAPEX); location; and emissions reduction intensity. However, there are some unobserved characteristics which should be considered:

- *Risk aversion*: project management which is more risk averse may be more likely to apply for a lower subsidy, which can also impact the outcomes indirectly (more likely to have smaller project in a non-risky location, etc.). However, these types of factors (project size, location, etc.) can be controlled for.
- *Project management*: effective and experienced project management can lead to more successful projects, but also lead to greater chance of receiving the subsidy. Although this is not inherently observable in the data, we can proxy experience by having a variable for a company's previous experience with the same types of projects (i.e., previous SDE++-projects or similar RE projects based). However, we can proxy company experience by how many projects a company previously finished through SDE++ by matching the project company to previous SDE++-projects.
- *Local support*: support from the local community can impact the success of a project, but also the probability of receiving the subsidy. Although this specific variable is not observable, this can be controlled by the number of previously successful projects in the same location.
- *Market conditions*: market factors, such as energy prices, demand for renewable energy and changes in regulation can impact the success of projects and probability of receiving the subsidy. However, most of these conditions are the same across all projects as they are all in the Netherlands and local market factors can be controlled by location.
- *Technological innovations*: using more advanced/innovative technologies influences the project outcomes and chance of receiving subsidy, which is not inherently observable given the data available. However, a technology's efficiency can be proxied by the expected OPEX, where a relatively lower expected OPEX signifies higher efficiency/innovation.
- *Financing opportunities*: the availability and terms of financing options for projects can impact their success, but also their need for the subsidy.[90] Better financing options can also be proxied by a company's previous experience (similar to project management).

Using proxy variables to control these unobservable characteristics removes some of the selection bias, however when applying PSM, it important to keep in mind the influence these factors can still have on the results. In the case of these factors influencing the results, the consequence is that only a correlative relationship can be concluded – not necessarily a causal effect.

For Assumption #3 (*overlap in characteristics*), this is checked by observing the correlation of project characteristics with whether or not a project has the subsidy.

In theory, it is possible that the assumptions for PSM do hold in the case for the SDE++-evaluation given the required data is available, however the bias of unobservable characteristics and the required overlap of characteristics in the treatment and control group will need to be checked before performing the analysis. Therefore, **PSM/PSW is a possible solution for estimating the impact of SDE++**, given that these assumptions do hold. If not the case, then the result of the analysis could potentially be an over/underestimate of the true causal impact of SDE++ and thus the result would be the *correlation* between SDE++ and the outcomes, and not necessarily causal.

[90] Note that SDE++ can have an impact on financing options, such as in terms of improving chances of receiving loans. However, this does not impact the results as this is an outcome of the subsidy (post-treatment).

A.3.3 Conclusions of the application of the propensity score weighting method

With the available RVO data and based on the initial assessment of quasi-experimental methods, the propensity score weighting method was applied to a subset of SDE++-projects. In summary, it is ultimately found that the PSW method is not a viable method to elicit the marginal impact of SDE++. This section explains the methodology, results and conclusions of the assessment.

Methodology

This section presents a description of the data and the propensity score weighting method.

Data description

RVO's dataset of SDE++-applications, includes 9945 applications, of which 8839 were rewarded subsidy. 56 observations are removed as they are duplicates (one project which applied several times). The assessment only analyses projects which are under *Zon-pv >= 15 kWp en <1 MWp* as this is the only group with a large enough sample size (this group constitutes 88.9% of all SDE++-projects). The assessment also only analyses project which are either realised or cancelled, excluding projects which are 'yet to be realised', as the result of these projects is still unknown. This leads to a sample size of 3283 projects.

After examining the data, 17 projects are identified as outliers, where the requested subsidy amount (EUR/MWh) is equal to the maximum subsidy intensity (EUR/ktCO_2), even though these are in different units. Although this is an interesting finding in itself indicating potential issues in applicant interpretation of the subsidy procedure, these projects are excluded from the remainder of the analysis.

The regression variables are defined as follows:

- **Outcome variable**: percentage of expected capacity realised (%) (realised capacity/expected capacity)
- **Treatment variable**: available SDE++-subsidie per MWh (EUR/MWh) (aanvraagbedrag – basis energieprijs)
- **Confounding variables**:
  - Openstellingsronde (jaar)
  - Rechtsvorming
  - Opstelling (dak/veld/water)
  - Percentage gerealiseerde projecten binnen dezelfde gemeente (%)
  - Percentage gerealiseerde projecten bij hetzelfde bedrijf (%)
  - CAPEX per MW (EUR)
  - Verwachte vermogen (MW)

Standard regression model

The analysis first observes the relationship between the subsidy and project outcome using a standard regression method:

$$Y_i = \alpha + \theta X_i + \beta \boldsymbol{Z}_i + e_i$$

Where Y_i is the project outcome (i.e. installed capacity (MW)); a is the constant term; X_i is the amount of subsidy rewarded (EUR/MWh); θ is the treatment coefficient conditional to the covariates; $Z_i = (Z_i1,\ldots.Z_{in})$ is the vector of covariates; ß is the coefficient of the covariates; and e_i is the error term. With a simple linear regression, the objective is to minimise the sum of squared residuals:

$$f(\theta, \beta, \alpha) = \sum_{n=1}^{N} (Y_n - \alpha + \theta X_n + \beta \boldsymbol{Z}_n)^2,$$

$$(\hat{\theta}, \hat{\beta}, \hat{\alpha}) = arg \min_{\theta,\beta,\alpha} f(\theta, \beta, \alpha).$$

Inverse probability weighting (IPW) method

The analysis also estimates the relationship between the subsidy and project outcomes using inverse probability weighting (IPW), which accounts for the selection bias caused by confounding factors by obtaining a 'pseudo-population' by weighting the observed projects.[91] The weights are estimated based the inverse of the predicted probability of a project receiving a certain amount of subsidy. The stabilised weights are defined as:

$$w_i = \frac{f(X_i)}{f(X_i \mid Z_i)}$$

Where $f(X_i)$ is the marginal distribution of treatment and $f(X_i \mid Z_i)$ is the marginal distribution of treatment conditional to confounding factors, Z_i.[92] Where the weighted sum of squared residuals is now:

$$f(\theta, \beta, \alpha) = \sum_{n=1}^{N} w_n (Y_n - \alpha + \theta X_n + \beta \boldsymbol{Z}_n)^2.$$

Assumptions

As mentioned, in order for the propensity score weighting method to extract the causal impact, the following assumptions must hold. Below is a description of the status of the assumptions given the data provided:

- ***Assumption #1 - there must not be any unmeasured confounding factors.*** This assumption cannot be tested, where we rely on the assumption that the most important confounders are identified. That being said, the confounder variables used for this estimation are proxies of the actual confounding factors. For example, we use CAPEX per MW to proxy the efficiency of the company/ technology. However, this is not a direct estimate of the company/ technology efficiency. If this assumption does not hold, then there is a risk of selection bias, leading to non-causal results.
- ***Assumption #2 - the treatment status of one individual does not directly impact the treatment status of another.*** Given the nature of the SDE++-application process, companies submit the amount they require, meaning that there is no direct impact on the subsidy amount received of another project.
- ***Assumption #3 - There must be an overlap in characteristics amongst range of treatment values.*** This assumption is tested by observing the correlation between the subsidy amount and the confounding factors. If the correlation between the subsidy and confounding factors is very high, then this indicates less overlap of characteristics. The table below shows that none of the confounding factors are highly correlated with the subsidy amount.

Tabel 5-17 Key correlations with subsidy amounts

Confounding factor		Correlation with subsidy amount
CAPEX per MW		+0.005
Nominaal MW		+0.012
Locatie (% gerealiseerd per gemeente)		-0.035
Bedrijfservaring (% projecten gerealiseerd per bedrijf)		-0.139
Jaar	2020	-0.049
	2021	+0.059
	2022	-0.011
Rechtsvorm	Privaat	+0.062

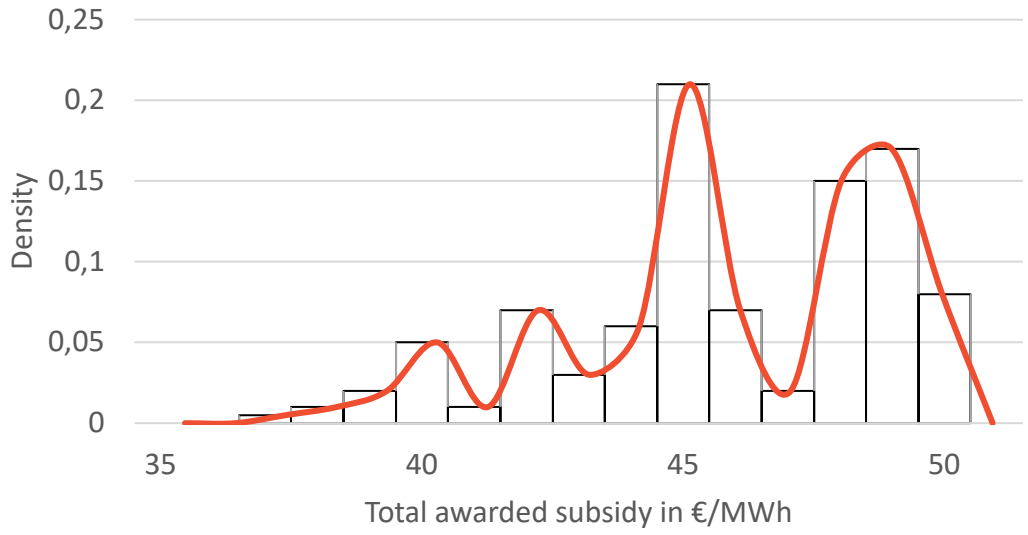
[91] Naimi, A.; Moodie, E.; Auger, N.; Kaufman, J. (2014). Constructing inverse probability weights for continuous exposures. Retrieved from: https://doi.org/10.1097/EDE.0000000000000053 https://journals.lww.com/epidem/fulltext/2014/03000/constructing_inverse_probability_weights_for.21.aspx

[92] Fong, C.; Hazlett, C. & Imai, K. (2018). Covariate balancing propensity score for a continuous treatment: application to the efficacy of political advertisements. Retrieved from: https://doi.org/10.1214/17-AOAS1101

	Publiek/ Stichting	-0.062
Opstelling	Dak	+0.021
	Veld	-0.024
	Water	+0.009

Additionally, the IPW assumes a normal distribution of the treatment variable, where a highly skewed distribution of presence of outliers can reduce the effectiveness of the method of reducing bias. As seen in the figure below, the treatment variable has a non-normal distribution, which is skewed due to outlier values. One way of mitigating the risk of outliers impacting the results is to truncate the weights, i.e., trimming, where a low and high bound is set for the weights, thus removing extreme weights.[93] Therefore, in this assessment we trim the weights beyond the 1st and 99th percentile, as excessive trimming can also create bias.[94]

Figuur 5-4 Distribution of available subsidy per MWh of SDE++-projects



Results

The assessment conducted an investigation comparing the results when using control variables with/without weighting. In this first iteration, all coefficient values are positive, but all are considered statistically insignificant (all p-values are >0.05). Consequently, we cannot reject the null hypothesis that there is no relationship between the total available subsidy per MWh and the percentage of capacity realised.[95] Note that these results are only based on an estimation.

It is important to emphasize that these are results of a first iteration of the analysis. Further exploration would be required to refine the method and draw more robust and conclusive insights.

Conclusion

In summary, the assessment investigates the use of inverse probability weighting to estimate the marginal impact of the SDE++-subsidy on project outcomes,[96] where the results are not robust enough to provide

[93] Naimi, A.; Moodie, E.; Auger, N.; Kaufman, J. (2014). Constructing inverse probability weights for continuous exposures. Retrieved from: https://doi.org/10.1097/EDE.0000000000000053
[94] Naimi, A.; Moodie, E.; Auger, N.; Kaufman, J. (2014). Constructing inverse probability weights for continuous exposures. Retrieved from: https://doi.org/10.1097/EDE.0000000000000053
[95] Regression results can be provided upon request.
[96] in this case, only the installed capacity results are shown.

evidence of the impact of SDE++. Although PSW is a potential method to find the impact, there are barriers to drawing causal insights because of data availability, namely, the given data may be missing some important confounding variables, such as OPEX, and the non-normal distribution of the treatment variable needs to be taken into account carefully to avoid excessive weights. Lastly, this method could only be attempted with data on projects which received subsidy, therefore only investigating the marginal impact. Ideally, the aim would be to draw causal inference by comparing projects which did and did not receive the subsidy.

A.4 Lijst met gesprekspartners

Gesprekspartners voor dit onderzoek
AirLiquide
Cosun
De Koninklijke Vereniging van de Nederlandse Chemische Industrie (VNCI)
GlastuinbouwNL
Hydrogen Chemistry Company (HyCC)
Nederlandse Vereniging voor Duurzame Energie (NVDE)
NL Hydrogen
Shell
Vereniging Afvalbedrijven (VA)
Vereniging Energie voor Mobiliteit en Industrie (Vemobin)

Trinomics B.V.
Mauritsweg 44
3012 JV Rotterdam
The Netherlands

T +31 (0) 10 3414 592
www.trinomics.eu

KvK n°: 56028016
VAT n°: NL8519.48.662.B01