

Hoe bepaal je de **waarde van CO₂-** uitstoot?

Duiding van verschillende CO2 prijzen

TNO 2025 R11967 – 24 september 2025

Hoe bepaal je de waarde van CO₂-uitstoot?

Duiding van verschillende CO2 prijzen

Auteurs	Jasper van Kempen, Johannes Bollen
Rubricering rapport	TNO Public
Titel	TNO Public
Rapporttekst	TNO Public
Aantal pagina's	14 (excl. voor- en achterblad)
Aantal bijlagen	0
Projectnummer	060.64300

Alle rechten voorbehouden

Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van TNO.

© 2025 TNO

Inhoudsopgave

1	Samenvatting	4
2	Inleiding	5
3	Social Cost of Carbon – “Welke schade veroorzaakt CO ₂ uitstoot?”	6
4	Efficiënte CO ₂ -prijs – “Wat kost het om ons doel te halen?”	9
5	Marktprijs – “Wat betalen we nu echt?”	11
6	Beslisboom	13

1 Samenvatting

Dit document geeft een overzicht van de belangrijkste manieren om de waarde van CO₂-uitstoot te bepalen. Afhankelijk van de vraag, maatschappelijke schade, kosteneffectief behalen van klimaatdoelen, of de actuele beleidslasten, bestaan er verschillende prijsconcepten. Onderstaande tabel 1 zet deze drie benaderingen naast elkaar en laat zien wat ze meten, welke onzekerheden eraan verbonden zijn, en in welke situaties ze het meest relevant zijn. Je ziet per benadering wat de prijs meet, welke onzekerheden spelen en wanneer de methode relevant is. De SCC richt zich op maatschappelijke schade, de efficiënte CO₂-prijs op het behalen van klimaatdoelen tegen de laagste kosten, en de marktprijs op de actuele lasten onder huidig beleid. Vrijwillige koolstofmarkten (carbon credits) vallen buiten deze drie CO₂-prijsconcepten. VCM-prijzen geven geen betrouwbare schaduwprijs voor investeringsbeslissingen en zijn uitsluitend geschikt voor neutralisatie van beperkte restemissies. Samen laat de tabel zien dat er niet één juiste prijs bestaat, maar dat de keuze afhangt van de beleids- of besluitvraag.

Prijsbenadering	Wat meet het?	Onzekerheden	Wanneer kiezen?
Social Cost of Carbon (SCC)	Totale wereldwijde klimaatschade per ton CO ₂ .	Hoe sterk het klimaat reageert op extra CO ₂ , extreme klimaatscenario's, omvang en verdeling van schade, en discontovoet.	Bij het bepalen van de gewenste ambitie of beleidsdoelstelling en stresstest voor bijv. stranded assets
Efficiënte CO₂-prijs	Prijs om klimaatdoel tegen laagste kosten te halen.	Keuze van het beleidsdoel, inschatting CO ₂ -budget, kosten (toekomstige) reductietechnologie, snelheid van innovatie.	Beleids- en projectafwegingen om te bepalen welke maatregelen kosteneffectief bijdragen aan een vastgesteld klimaatdoel.
Marktprijs	Actuele prijs uit handelssystemen of belastingen onder huidig beleid (<i>second best</i> -wereld met sectorale verschillen).	Keuzes over emissieplafond, economische groei, energieprijzontwikkelingen, en uitzonderingen voor sectoren.	Voor financiële planning en korte- tot middellange termijn beslissingen.

Tabel 1.1: Overzicht met drie prijsbenaderingen

2 Inleiding

Elke keer dat er CO₂ vrijkomt bij productie, transport of energiegebruik, stapelt zich onzichtbare schade op aan ons klimaat. Overstromingen, mislukte oogsten en hittegolven zijn daar zichtbare gevolgen van, maar de kosten daarvan komen zelden terecht bij degene die uitstoot. Een CO₂-prijs corrigeert dat: het laat de vervuiler betalen en maakt schone alternatieven aantrekkelijker.

Hoewel het verleidelijk klinkt om te spreken over *de* CO₂-prijs, bestaat er in werkelijkheid niet één universele waarde. Er zijn verschillende manieren om de economische waarde van CO₂-uitstoot te berekenen, afhankelijk van de vraag die je wilt beantwoorden. Die vragen variëren van “Wat is de maatschappelijke schade van een ton CO₂?” tot “Welke prijs is nodig om ons klimaatdoel te halen?” of “Wat betalen bedrijven nu onder huidig beleid?”.

In deze tekst bespreken we de drie belangrijkste prijsconcepten die in beleid, wetenschap en bedrijfsleven worden gebruikt. Per concept leggen we uit wat het meet, welke onzekerheden er spelen, geven we voorbeelden, en duiden we wanneer het relevant is voor bedrijven en overheden.

Voor we de drie prijsconcepten bespreken, onderscheiden we compliance-markten (zoals het EU Emissiehandelssysteem waar bedrijven verplicht rechten kopen voor hun uitstoot) van vrijwillige koolstofmarkten (waar carbon credits worden gekocht voor neutralisatieclaims). Vrijwillige markten vallen buiten de drie in dit stuk besproken prijsconcepten.

3 Social Cost of Carbon – “Welke schade veroorzaakt CO₂ uitstoot?”

De *Social Cost of Carbon* (SCC) is een schatting van de totale maatschappelijke schade die één extra ton CO₂ veroorzaakt, uitgedrukt in euro's van vandaag. Het gaat om wereldwijde schade – van gezondheidseffecten en verlies van biodiversiteit tot schade aan infrastructuur en landbouw. Omdat het over toekomstige effecten gaat, worden die teruggerekend naar hun waarde in het heden.

De SCC is vooral bedoeld om te laten zien wat de maatschappelijke waarde is van het verminderen van uitstoot. In theorie zou een CO₂-prijs die precies gelijk is aan de SCC ervoor zorgen dat vervuilers exact de schade betalen die ze veroorzaken. Dat klinkt als de perfecte oplossing, maar in de praktijk is het berekenen van de SCC complex en omgeven met onzekerheden.

Onzekerheden

De bandbreedte van schattingen loopt van enkele tientjes tot honderden euro's per ton CO₂. Dat komt door vier grote onzekerheden:

- Hoe gevoelig is het klimaatstelsel voor extra CO₂, en wat is de kans op extreme scenario's?
- Hoe groot is de fysieke én economische schade in die scenario's?
- Welke discontovoet¹ gebruik je om toekomstige schade te waarderen?
- Hoe verdeel je de schade over landen met verschillende economische omstandigheden?

Deze vier onzekerheden zijn direct zichtbaar in de CO₂-prijzen die wij op de website hebben gepresenteerd, welke gebaseerd zijn op de meta-studie van Tol (2023)². Deze meta-analyse van 5,905 schattingen uit 207 studies toont zeer uiteenlopende CO₂-prijzen, waarbij de onzekerheden over beleidsdoelen

¹ De *discontovoet* is het percentage waarmee je toekomstige kosten of baten terugrekent naar hun waarde vandaag. Hoe hoger de discontovoet, hoe minder zwaar toekomstige schade meeweegt in de berekening.

² Zie Tol, R. S. J. (2023). *Social cost of carbon estimates have increased over time*. *Nature Climate Change*, 13(6), 532-536. <https://doi.org/10.1038/s41558-023-01680-x>

(disconteringsvoet), uitstootbudgetten, technologiekosten en tijdshorizon de directe oorzaak zijn van deze enorme spreiding in de literatuur.

Relevantie

De Social Cost of Carbon (SCC) is vooral waardevol wanneer je de impact van CO₂ uitstoot wilt laten zien. Denk aan duurzaamheidsrapportages en impactanalyses. Ook kan de SCC dienen als referentiepunt om klimaatdoelen te toetsen: ligt onze ambitie in lijn met de verwachte schade van CO₂-uitstoot?

Martin Weitzman's *Dismal Theorem*

Econoom Martin Weitzman wees erop dat het klimaatbeleid niet alleen gaat over gemiddelde verwachtingen, maar ook over kleine kansen op catastrofale gevolgen. Zijn *Dismal Theorem* stelt dat als er ook maar een kleine kans is op extreem zware klimaatschade – zoals meters zeespiegelstijging, het instorten van ecosystemen of massale misoogsten – de verwachte schade in een kosten-batenanalyse oneindig kan worden.

Stel dat er een minuscule kans is (bijv. 0.000001%) dat we met één extra ton CO₂ uitstoot een *tipping point* bereiken waardoor de zeespiegel deze eeuw vijf meter stijgt, waardoor honderden miljoenen mensen hun woongebied verliezen en economieën instorten. Ook al is die kans zeer klein, de mogelijke schade is zo groot dat het gemiddelde “verwachte verlies” in theorie onbegrensd wordt.

Weitzman concludeerde dat bij zulke risico's het voorzorgsprincipe nodig is: liever te veel doen dan te weinig, omdat de mogelijke schade onomkeerbaar kan zijn. Het Dismal Theorem maakt het lastig om een nauwkeurige schatting van de SCC te geven, omdat er zoveel onzekerheden zijn over de toekomst. Zelfs kleine kansen op enorme schade kunnen een theoretisch onbegrensd SCC opleveren.

Prijsbenadering	Wat meet het?	Onzekerheden	Wanneer kiezen?
Social Cost of Carbon (SCC)	Totale wereldwijde klimaatschade per ton CO ₂ .	Hoe sterk het klimaat reageert op extra CO ₂ , extreme klimaatscenario's, omvang en verdeling van schade, en discontovoet.	Bij het bepalen van de gewenste ambitie of beleidsdoelstelling en stresstest voor bijv. stranded assets
Efficiënte CO₂-prijs	Prijs om klimaatdoel tegen laagste kosten te halen.	Keuze van het beleidsdoel, inschatting CO ₂ -budget, kosten (toekomstige) reductietechnologie, snelheid van innovatie.	Beleids- en projectafwegingen om te bepalen welke maatregelen kosteneffectief bijdragen aan een vastgesteld klimaatdoel.
Marktprijs	Actuele prijs uit handelssystemen of belastingen onder huidig beleid (<i>second best</i> -wereld met sectorale verschillen).	Keuzes over emissieplafond, economische groei, energieprijzontwikkelingen, en uitzonderingen voor sectoren.	Voor financiële planning en korte- tot middellange termijn beslissingen.

Tabel 3.1: Overzicht met drie prijsbenaderingen

4 Efficiënte CO₂-prijs – “Wat kost het om ons doel te halen?”

Waar de SCC kijkt naar de schade van één ton CO₂, richt de efficiënte CO₂-prijs zich op de vraag: *welke prijs is nodig om een vooraf bepaald klimaatdoel tegen de laagst mogelijke kosten te halen?* Dit kan bijvoorbeeld gaan om netto-nul uitstoot in 2050 of het beperken van de opwarming tot 1,5°C. De efficiënte prijs geeft dan het prijsniveau aan dat, als het in de hele economie geldt, ervoor zorgt dat we dat doel kosteneffectief bereiken.

De efficiënte CO₂-prijs wordt berekend vanuit preventiekosten: wat kost het om de uitstoot te verminderen tot het gewenste niveau? Strengere doelen leiden tot hogere prijzen, terwijl gematigder doelen een lager prijsniveau vereisen.

Het voordeel hiervan is dat er relatief minder onzekerheden zijn rondom de kosten die gemaakt moeten worden om CO₂ uitstoot te voorkomen. Aan een beleidsdoelstelling wordt een CO₂ uitstoot “budget” gekoppeld, om vervolgens te kijken hoe we zo efficiënt mogelijk onder deze CO₂ uitstoot kunnen blijven. Daaruit volgt de efficiënte CO₂ prijs. Deze wordt zo genoemd omdat we met deze prijs de maatschappelijke kosten tot een minimum beperken (en we ons doel dus zo efficiënt mogelijk behalen).

Onzekerheden

De exacte hoogte van de efficiënte CO₂-prijs hangt af van:

- Het gekozen beleidsdoel (bijvoorbeeld 1,5°C of 2°C).
- De ramingen van het uitstootbudget waarmee we dat doel kunnen behalen.
- De kostenramingen voor beschikbare en toekomstige reductietechnologieën.

In de WLO-scenario's, die wij als bron hebben gebruikt voor het overzicht van CO₂-prijzen op de website, komt de onzekerheid terug langs twee assen: economische en technologische groei en de snelheid van de internationale klimaattransitie. Op de website tonen we alleen de uiterste waarden van

deze vier scenario's; wie alle scenario's wil zien, kan terecht in de WLO-publicatie zelf³.

Innovatiepremie

Hoewel een efficiënte CO₂-prijs in principe gelijk zou moeten zijn aan de marginale schade van uitstoot, kunnen er goede redenen zijn om tijdelijk af te wijken van dit principe. De efficiënte CO₂-prijs wordt in eerdere jaren dan tijdelijk hoger gezet dan strikt nodig om het doel te halen. Dit heet de innovatiepremie: een extra prikkel om nieuwe, schone technologieën sneller te ontwikkelen en op te schalen.

Omdat leereffecten en kennisvoordelen vaak niet volledig in de marktprijs terechtkomen, helpt een hogere CO₂-prijs om deze ontwikkelingen te versnellen. Door deze tijdelijke hogere prijs verbetert de netto contante waarde van de gehele investering om het beleidsdoel te halen: de extra kosten van een hogere CO₂-prijs in vroege jaren worden ruimschoots gecompenseerd door lagere kosten later, wanneer de versneld ontwikkelde technologieën rendement opleveren en toekomstige reductie goedkoper maken.

Relevantie

De efficiënte CO₂-prijs is geschikt als interne richtprijs binnen organisaties die hun eigen klimaatdoelen willen koppelen aan beleidsdoelen. Ook is het een nuttige maatstaf voor investeringsbeslissingen: het laat zien welke maatregelen economisch zinvol zijn om een bepaald doel te bereiken, en helpt bij het plannen van langlopende transitie.

Law of One Price

Het economische principe *Law of One Price* zegt dat identieke goederen of diensten in een efficiënte markt dezelfde prijs hebben. Toegepast op CO₂ betekent dit dat de prijs per ton gelijk zou moeten zijn voor alle sectoren en regio's. Als de prijs in de ene sector lager ligt dan in een andere, wordt er in de eerste sector minder gedaan dan kostenefficiënt zou zijn, en in de tweede juist meer dan nodig. Een uniforme prijs zorgt ervoor dat reducties plaatsvinden waar ze het goedkoopst zijn.

In de praktijk wijken CO₂-prijzen vaak af tussen sectoren, bijvoorbeeld tussen bedrijven die onder het Europese emissiehandelssysteem (ETS) vallen en sectoren daarbuiten, of door subsidies en vrijstellingen. Dat leidt tot hogere totale kosten om dezelfde reductie te behalen. Voor beleidsmakers is het streven naar één prijs over sectoren heen een manier om kosten te minimaliseren. Voor organisaties is het intern handig om met één uniforme CO₂-prijs te rekenen, zodat alle onderdelen op dezelfde manier worden beoordeeld. Zo wordt zo efficiënt en effectief mogelijk bijgedragen aan de energietransitie.

³ Zie CPB. (2025, 3 juli). *WLO 2025: efficiënte CO₂-prijzen. Geactualiseerde CO₂-prijzen om effecten van...* Den Haag: CPB. <https://www.cpb.nl/publicatie/wlo-2025-efficiënte-co2-prijzen-geactualiseerde-co2-prijzen-om-effecten-van>

5 Marktprijs – “Wat betalen we nu echt?”

De marktprijs van CO₂ is de actuele prijs die ontstaat op compliance-markten waar emissierechten worden verhandeld of waar belastingen worden geheven op uitstoot⁴. Het is daarmee de prijs die bedrijven op dit moment daadwerkelijk betalen voor hun emissies onder het geldende beleid. Die prijs wordt niet berekend vanuit schade of beleidsdoelen, maar komt tot stand door vraag en aanbod binnen de regels van het systeem.

De marktprijs werkt in de praktijk in een complexere omgeving dan de theorie veronderstelt: een omgeving waarin al allerlei andere belastingen, subsidies en marktfactoren bestaan. Daardoor komt een uniforme CO₂-prijs in werkelijkheid niet voor en zijn er meerdere marktprijzen naast elkaar voor verschillende sectoren en groepen. Huishoudens betalen bijvoorbeeld vaak al hoge energiebelastingen, terwijl het energieverbruik van bedrijven in sommige sectoren veel minder worden belast. Een extra CO₂-prijs heeft in zo’n situatie bij huishoudens weinig extra gedrags-effect maar wel veel kosten, en bij bedrijven kan deze wél tot emissiereducties leiden, maar mogelijk ook met effecten op concurrentiepositie en handelsstromen. De reactie op een CO₂-prijs wordt dus sterk bepaald door de bestaande belastingstructuur en prikkels, en dat verklaart waarom we in de praktijk meerdere marktprijzen voor CO₂ naast elkaar zien.

In Europa zijn er verschillende marktprijzen voor CO₂, waarvan het EU Emissiehandelssysteem (ETS) de belangrijkste is voor grote industriële uitstootbronnen. Hierin geldt voor bepaalde sectoren een emissieplafond: het totaal aantal rechten om CO₂ uit te stoten is beperkt, en bedrijven moeten voor elke ton CO₂ een recht inleveren. Rechten worden deels geveild en deels gratis verstrekt, en zijn verhandelbaar tussen bedrijven. De marktprijs ontstaat doordat bedrijven met een tekort rechten kopen van bedrijven die een overschot hebben.

Het ETS bestaat uit twee onderdelen:

⁴ Vrijwillige koolstofmarkten (VCM) waar carbon credits worden verhandeld, vallen buiten deze definitie van marktprijs. VCM-prijzen zijn door hun heterogene projectkwaliteit niet geschikt als schaduwprijs voor investeringsbeslissingen en dienen uitsluitend voor neutralisatie van beperkte restemissies.

ETS1: sinds 2005, voor grote industriële installaties, energiebedrijven en de Europese luchtvaart (alleen vluchten binnen de Europese Economische Ruimte).

ETS2: vanaf 2027, voor de gebouwde omgeving en wegtransport, waarbij brandstofleveranciers rechten moeten kopen voor de uitstoot die hun producten veroorzaken. Hierdoor zal ETS2 ook (indirect) voelbaar zijn bij kleinere bedrijven en huishoudens.

Onzekerheden

De marktprijs wordt beïnvloed door politieke keuzes over het emissieplafond, economische schommelingen, en de vraag naar emissierechten. Ook beleidswijzigingen, zoals het versneld aanscherpen van doelen of het toevoegen van sectoren, kunnen de prijs sterk doen bewegen. Dit blijkt bijvoorbeeld uit situaties waar overschotten aan rechten de ETS-prijs in de eerste jaren na invoering tot onder de €10 per ton drukten, of wanneer beleidswijzigingen deze juist naar €80–€100 per ton stuwden, wat illustreert hoe beleid leidend is voor ETS-prijzen.

Voorbeelden

- Een staalproducent onder ETS1 moet voor zijn jaarproductie emissierechten inkopen, en past zijn prijsstrategie daarop aan.
- Een transportbedrijf merkt via hogere dieselprijzen de effecten van ETS2, ook al koopt het zelf geen emissierechten.

Relevantie

De marktprijs is vooral belangrijk voor financiële planning en korte- tot middellange termijn beslissingen. Het laat zien welke kosten direct voelbaar zijn onder huidig beleid en helpt bij het inschatten van budgetimpact bij uitbreiding van CO₂-beprijzing.

6 Beslisboom

1. Gaat het project over het bepalen van de gewenste ambitie of het vaststellen van een beleidsdoelstelling?

→ Social Cost of Carbon (SCC)

Gebruik als je de *maatschappelijke schade* van CO₂-uitstoot wilt meenemen in de afweging, bijvoorbeeld bij het bepalen van een nationaal reductiedoel of bij scenario's voor lange termijn klimaatschade.

Toepassing: klimaatdoelstelling bepalen, scenarioanalyse, portfolio stress-tests, lange termijn strategieplanning, maatschappelijke impact assessment

2. Gaat het project over het vergelijken van maatregelen of pakketten op kosteneffectiviteit binnen een al vastgesteld reductiedoel?

→ Efficiënte CO₂-prijs

Gebruik bij maatschappelijke kosten-baten analyses (MKBA's), subsidievergelijkingen of routekaarten, wanneer het *reductiedoel* al bepaald is en wilt weten welke maatregelen binnen het reductiedoelstelling rendabel zijn.

Toepassing: investeringsbeslissingen, MKBA's van subsidies, technologiekeuzes, middellange termijn planning (2-15 jaar), inschatten van beleidsrisico's op bedrijfsvoering

3. Gaat het project over de directe financiële impact van huidig beleid op een bedrijf, sector of huishouden (korte tot middellange termijn)?

→ Marktprijs

Gebruik voor doorrekeningen van huidige en komende beleidskosten, prijsstrategieën of investeringsbeslissingen met korte tijdshorizon onder huidig beleid op de korte termijn⁵.

Toepassing: operationele budgettering, brandstofkeuze, productprijzen, korte termijn compliance-kosten (<2 jaar), werkelijke kasstromen business cases

Stap 3a: bepaal in welk beleidskader de uitstoot valt

- **ETS 1** → grote industrie, energiebedrijven, intra-Europese luchtvaart
- **ETS 2** → gebouwde omgeving en wegtransport (via brandstofleveranciers)
- **Non-ETS sectoren** → nationale CO₂-heffing, energiebelasting, accijnzen of géén expliciete marktprijs

Stap 3b: wil je anticiperen op toekomstige beleidsveranderingen via interne carbon pricing? → **Interne schaduwprijs** (vaak hoger dan marktprijs, bijvoorbeeld efficiënte CO₂-prijs niveau) Gebruik voor interne sturing van investeringsbeslissingen en opbouw van duurzaamheidsfondsen. De marktprijs blijft gelden voor werkelijke compliance-kosten.

Toepassing: interne carbon fee, voorbereiding op strengere regelgeving, sturen van gedrag binnen organisatie

⁵ De marktprijs weerspiegelt wat er nu daadwerkelijk betaald wordt onder het geldende systeem van emissiehandel, belastingen en vrijstellingen. Deze prijs ligt vaak onder de efficiënte CO₂-prijs, omdat beleid (nog) niet de volledige uitstoot beprijsd en omdat er sectorale verschillen bestaan. Op de langere termijn, als beleidsdoelen en instrumenten consistent worden toegepast en de beprijzing economisch is, ligt het in lijn der verwachting dat de marktprijs naar de efficiënte CO₂-prijs toegroeit. Daarom biedt de efficiënte CO₂-prijs op de middellange tot lange termijn een betrouwbaardere maatstaf dan de huidige marktprijs van CO₂.

Stap 3c: gaat de vraag over claims of neutralisatie van restemissies (niet over reductiekeuzes)?

→ gebruik een Vrijwillige koolstof markt (VCM)-budget met strenge kwaliteitscriteria (IC-VCM/VCMI/SBTi); hanteer géén VCM-prijs als interne schaduwprijs voor abatement van CO₂.

ICT, Strategy & Policy

Anna van Buerenplein 1
2595 DA Den Haag
tno.vector.nl

TNOvector