



Dit is een achtergrondnotitie  
ten behoeve van de sectortafel  
Industrie

# ONDERBOUWING INVESTERINGEN VOOR EMISSIEREDUCTIE INDUSTRIE 2030

---

ONDERSTEUNING KLIMAATTAFEL  
INDUSTRIE

11 DECEMBER 2018

NAVIGANT

# SAMENVATTING

De klimaatopgave voor de Nederlandse industrie bedraagt een emissiereductie van 14,3 MtCO<sub>2</sub>e in 2030. Dit komt bovenop een bestaande beleidsinschatting van 5,1 MtCO<sub>2</sub>e, waardoor **het totaal aan benodigde maatregelen tenminste 19,4 MtCO<sub>2</sub>e moet beslaan**.

Dit document geeft een inschatting van de kosten om de klimaatopgave voor de Nederlandse industrie te realiseren. Deze inschattingen zijn gemaakt op basis van maatregelen bekend bij de **vijf industriële clusters** betrokken bij het klimaatakkoord. Deze data zijn gevalideerd, aangevuld en geaggregeerd met behulp van literatuur en bedrijfsgesprekken. Dit leidt tot het volgende beeld:

- De som van de cumulatieve investeringskosten en operationele kosten tot aan 2030 bedraagt naar schatting **9-15 miljard euro**.
- De jaarlijkse kosten in 2030 bedragen naar schatting **1,4 miljard euro**<sup>1</sup>.

In deze kostenschattingen is het volgende meegenomen:

- Kosten om scope 1 emissies te reduceren,
- Kosten voor de industrie voor scope 2 en 3 emissiereducties zoals door clusters aangeleverd,
- Infrastructuurkosten voor CCS.

Niet meegenomen in de kostenschattingen zijn:

- Overige infrastructuurkosten zoals voor het elektriciteitsnet en waterstofinfrastructuur
- R&D, engineering en demo-/pilotkosten voor zover deze niet zijn meegenomen in de aangeleverde data
- ETS baten of kosten
- Extra investeringen in maatregelen wanneer dreigt dat de doelstelling niet gehaald wordt met geselecteerde projecten
- Maatregelen buiten de vijf clusters

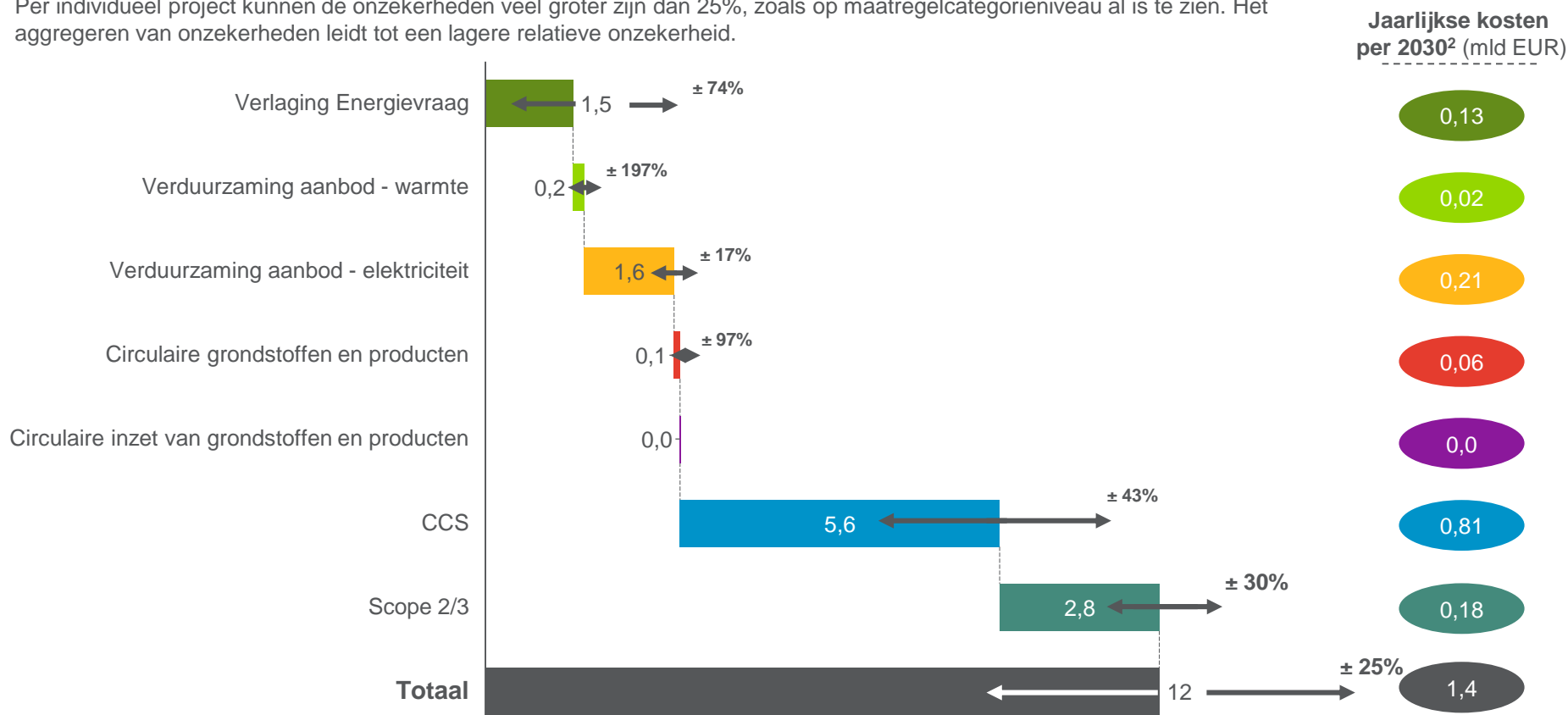
In deze analyse is uitgegaan van het principe dat de goedkoopste maatregelen het eerst worden genomen.

<sup>1</sup>WACC: 10%; afschrijftermijn 15 jaar tenzij primaire bronnen andere aannames hebben gedeeld

## SAMENVATTING

# DE TOTALE KOSTEN INDUSTRIEOPGAVE<sup>1</sup> EN SCOPE 2/3 REDUCTIES ZIJN 9-15 MILJARD EURO TOT 2030

- CAPEX en cumulatieve OPEX tot 2030 tellen op tot **€12 ± 3 miljard**. Per 2030 zijn de jaarlijkse kosten **€1,4 miljard**.
- De hier gehanteerde marge reflecteert marges in kosteneffectiviteit uit literatuur behorende bij de gebruikte maatregelen. De marge is exclusief onzekerheden in projectuitvoering en -fasering.
- Per individueel project kunnen de onzekerheden veel groter zijn dan 25%, zoals op maatregelcategorieniveau al is te zien. Het aggregeren van onzekerheden leidt tot een lagere relatieve onzekerheid.



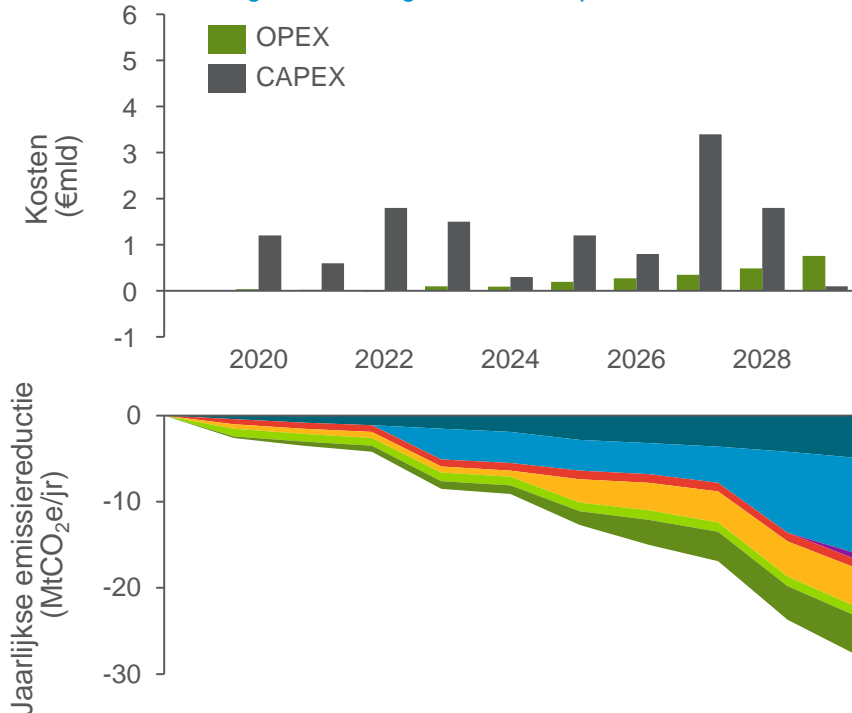
<sup>1</sup>Industrieopgave is 19,4 MtCO<sub>2</sub>e/jr reductie per 2030

<sup>2</sup>Tenzij primaire bronnen andere aannames hanteren is CAPEX verdisconteerd met de volgende aannames: WACC: 10%; afschrijftermijn 15 jaar.

## ONZE VERWACHTING IS DAT BIJNA 75% VAN DE KOSTEN VANAF 2025 GEMAAKT ZULLEN WORDEN

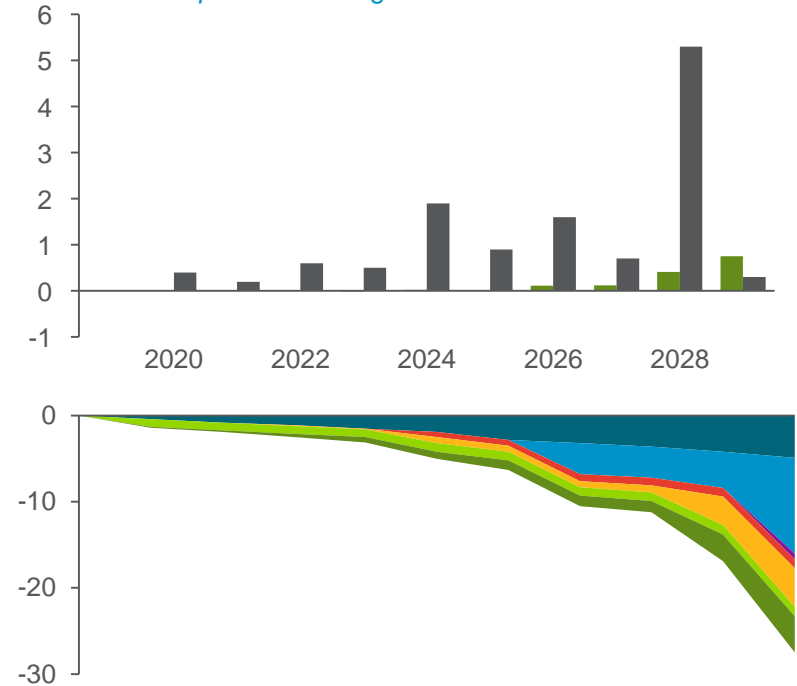
### Aangeleverde data

Fasering van maatregelen in clusterplannen



### Onze inschatting

Zwaartepunt investeringen rond 2028



- De informatie uit clusters geven een beeld waarin ~62% van de totale kosten in in de tweede helft van het decennium gemaakt worden.
- Op basis van interviews en eigen inzicht in typische *lead times* in de industrie lijkt dit beeld ons te optimistisch. Door deze *lead times* en het feit dat bepaalde –kapitaalintensieve– technieken nog niet commercieel inzetbaar zijn, zal het zwaartepunt van investeringen verschuiven; bijna 75% van de kosten worden vanaf 2025 gemaakt.
- De reductieopgave voor 2030 haalbaar, maar de cumulatieve emissiereductie in het decennium zal met ~30% afnemen. Ook cumulatieve OPEX en verdisconteerde kapitaalkosten nemen af, hoewel in 2030 de jaarlijkse kosten gelijk zullen zijn als in het basis scenario.

# INHOUD VAN DIT RAPPORT

#	Onderwerp
1	<b>Aanleiding en aanpak</b>
2	Resultaten
3	Discussie
4	Appendices

### Doel:

Onderbouwen van de kosten voor de Nederlandse industrie tot aan 2030 om te voldoen aan doelstelling van Klimaatakkoord

## Context

### Dit project is uitgevoerd in de context van het Nederlandse Klimaatakkoord met als hoofdpunten voor industrie:

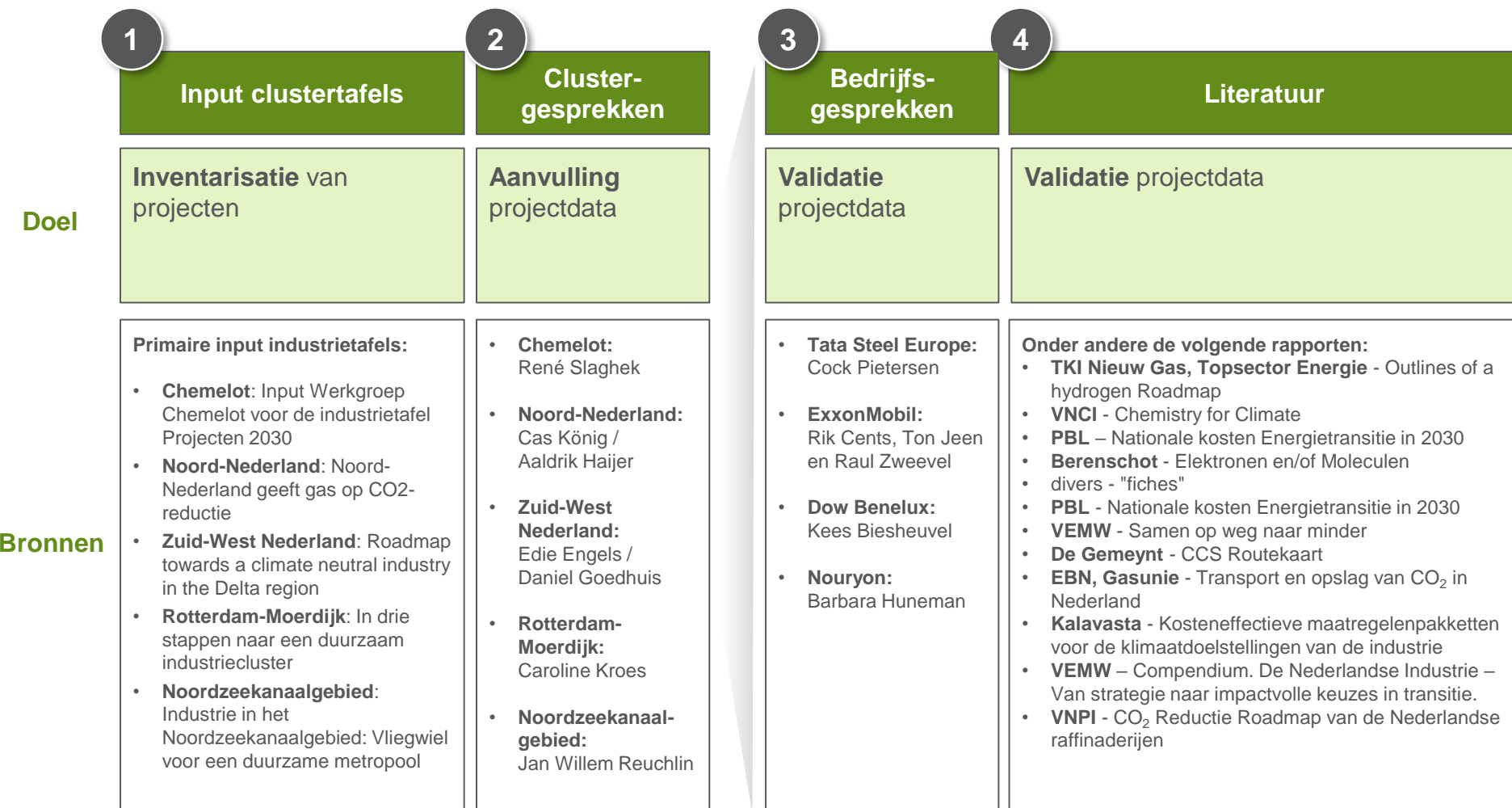
- Nederland wil in 2030 49% minder broeikasgassen uitstoten dan in 1990;
- In 2018 wordt hiertoe tussen overheden, bedrijfsleven en maatschappelijke partijen een Klimaatakkoord opgesteld;
- De Nederlandse industrie ziet voldoende projecten om de gevraagde tonnen te reduceren, en is bereid om hier grootschalig in te investeren
- In het Klimaatakkoord op Hoofdpijnen staat de inschatting dat dit voor de Nederlandse industrie extra investeringen vergt in de orde grootte van € 15-20 miljard tot 2030, inclusief infrastructuur.
- Voor de uitwerking van het akkoord zal deze inschatting moeten worden onderbouwd.

## Deliverables

### Onderbouwing van kosten:

- Onderbouwing van de investeringskosten tot aan 2030, op basis van input van de industriële clusters
- Inschatting en waar mogelijk kwantificering van de operationele kosten tot aan 2030
- Onderbouwing totale kosten (investerings- en operationele kosten tot aan 2030), met indicatie voor onzekerheden
- Inschatting van de kostenontwikkeling over de tijd tot 2030
- Inschatting jaarlijkse kosten in 2030
- Dwarsdoorsnedes kosten naar cluster, maatregelcategorie, type kosten en jaar

# AANPAK: OPBOUW OP BASIS VAN INPUT CLUSTERTAFELS VALIDATIE VIA BEDRIJFSGESPREKKEN EN LITERATUUR



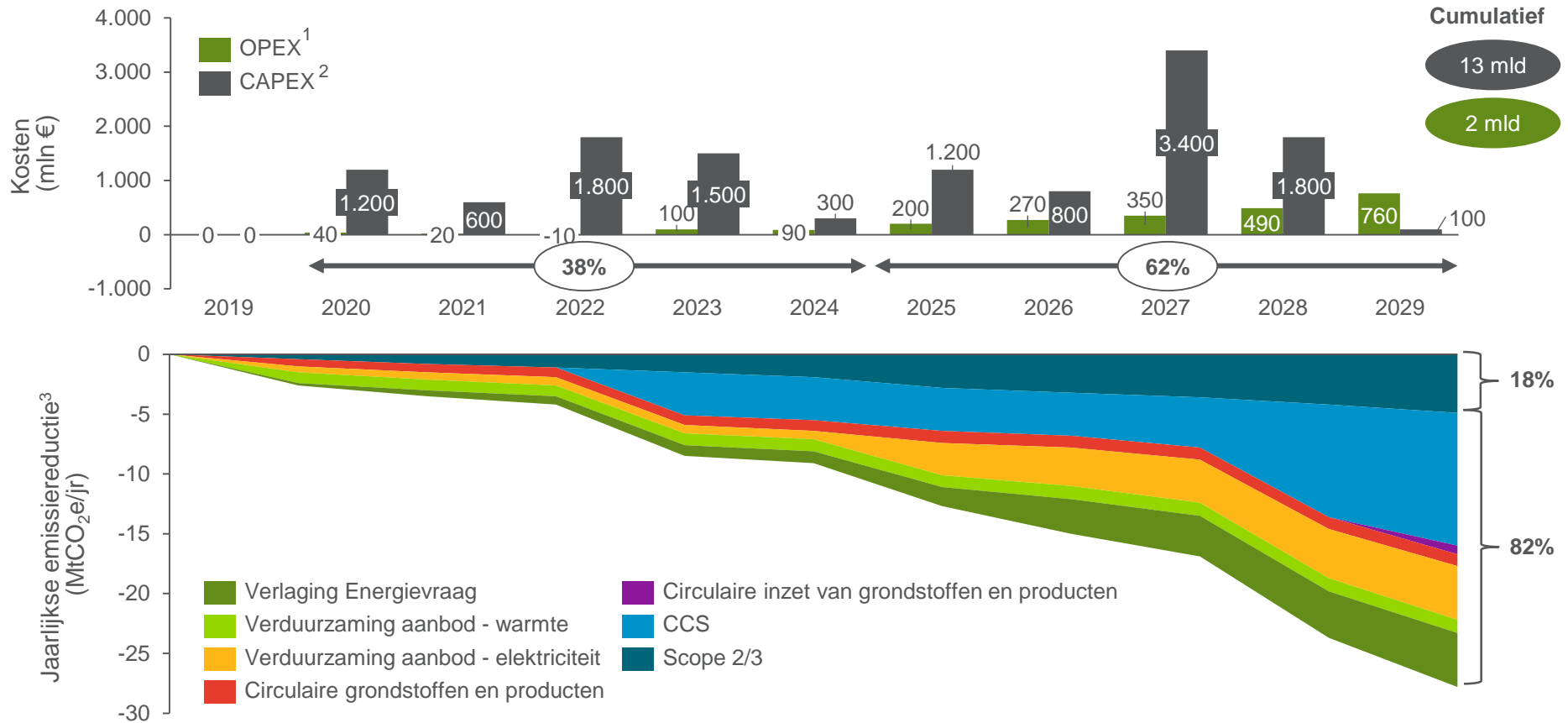


# INHOUD VAN DIT RAPPORT

#	Onderwerp
1	Aanleiding en aanpak
2	<b>Resultaten</b>
3	Discussie
4	Appendices

# RESULTATEN

## 62% VAN TOTALE KOSTEN VOOR ALLE VOORGESTELDE MAATREGELEN VANUIT CLUSTERS VANAF 2025



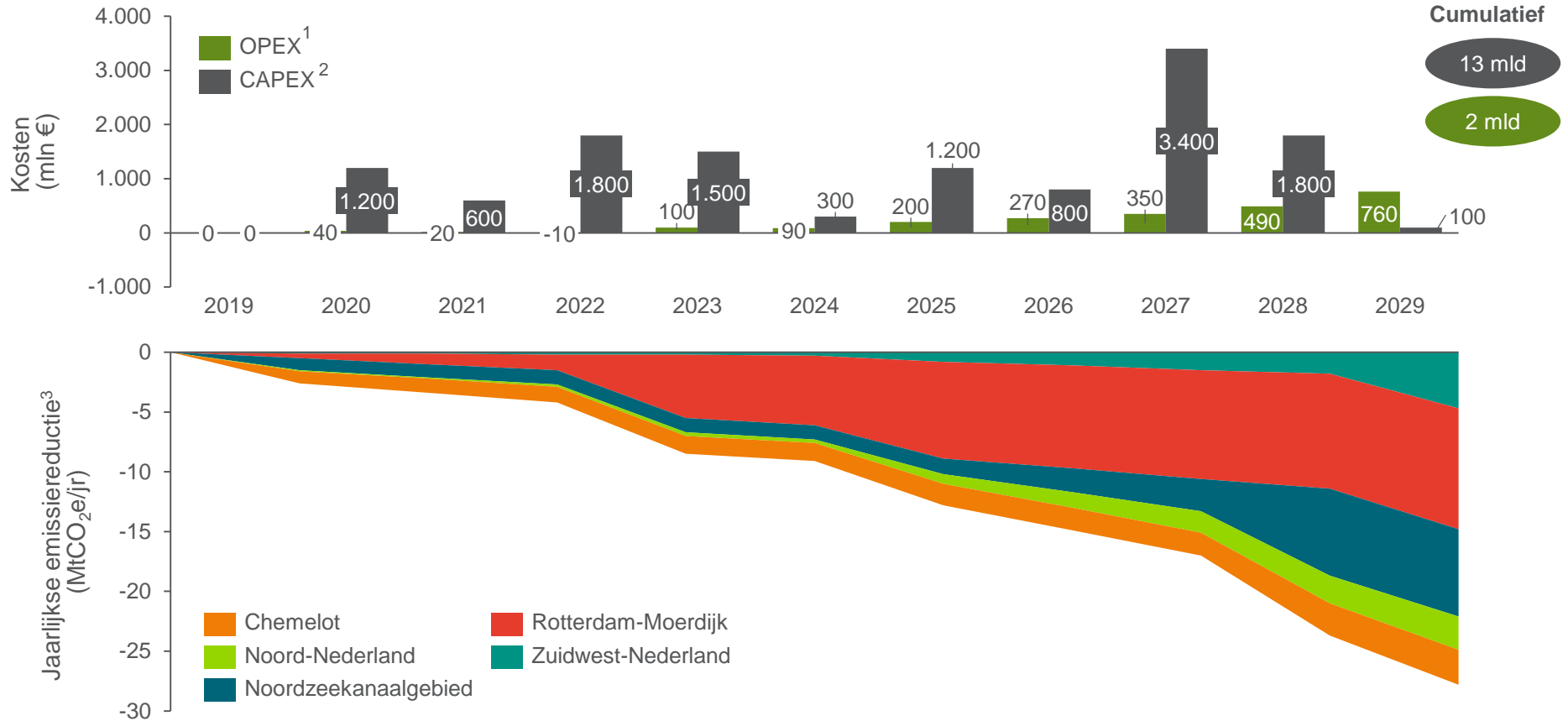
<sup>1</sup>Inclusief brandstofkosten. Waar mogelijk zijn OPEX data afkomstig van clusters (primaire bronnen). Waar dit niet het geval is, is 42€/MWh voor elektriciteit en 20€/MWh voor gas aangenomen als constante over de hele periode

<sup>2</sup>Afgerond naar honderden miljoenen. Fasering van projecten grotendeels afkomstig uit clusters en interviews. Voor het resterende deel is dit bepaald op basis van literatuur.

<sup>3</sup>Dit is inclusief scope 2/3 emissiereductie buiten de poort van de industrie, circa 18% van de totale reductie in 2030. Emissiereductie door hergebruik CO<sub>2</sub> (CCU) valt hier onder scope 1.

Additional emissies door CCU 'buiten de poort' zijn niet meegenomen. Maatregelen kunnen binnen clusters overlappen; daar is hier geen rekening mee gehouden.

## EMISSIEREDUCTIES 2030 ZIJN IN LIJN MET VERDELING HUIDIGE UITSTOOT VAN CLUSTERS



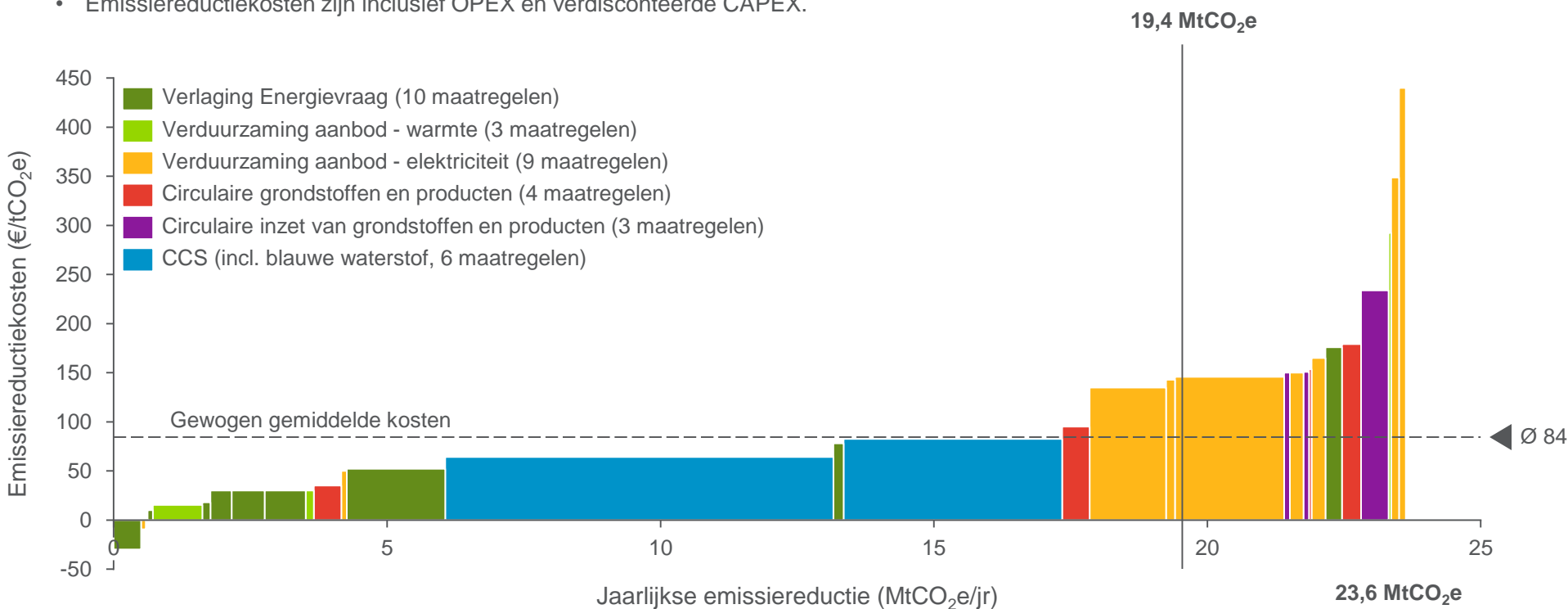
<sup>1</sup>Inclusief brandstofkosten. Waar mogelijk zijn OPEX data afkomstig van clusters (primaire bronnen). Waar dit niet het geval is, is 42€/MWh voor elektriciteit en 20€/MWh voor gas aangenomen als constante over de hele periode

<sup>2</sup>Afgerond naar honderden miljoenen. Fasering van projecten grotendeels afkomstig uit clusters en interviews. Voor het resterende deel is dit bepaald op basis van literatuur.

<sup>3</sup>Dit is inclusief scope 2/3 emissiereductie buiten de poort van de industrie, circa 18% van de totale reductie in 2030. Emissiereductie door hergebruik CO<sub>2</sub> (CCU) valt hier onder scope 1. Additionele emissies door CCU 'buiten de poort' zijn niet meegenomen. Maatregelen kunnen binnen clusters overlappen; daar is hier geen rekening mee gehouden.

## TOTAAL EMISSIEREDUCTIEPOTENTIEEL SCOPE 1 VANUIT CLUSTERS TELT OP TOT 23,6 MTCO<sub>2</sub>e PER JAAR IN 2030

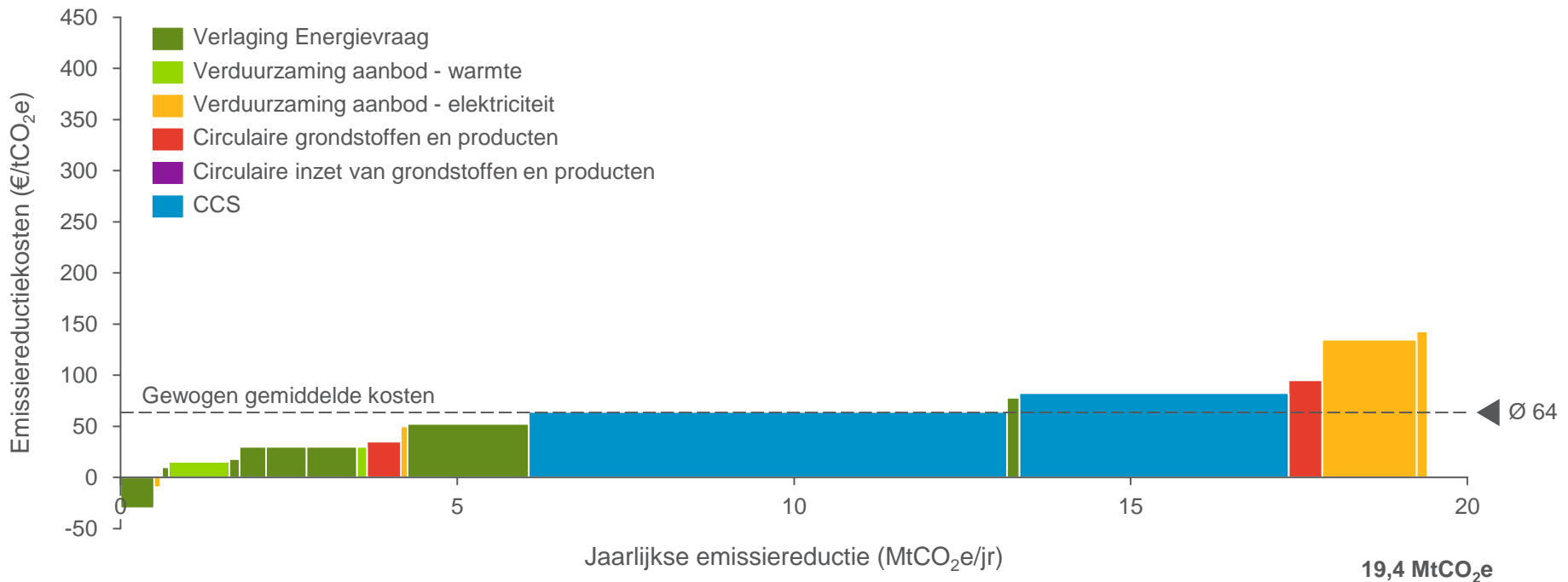
- In onderstaande aanbodcurve hebben we de maatregelen geordend naar emissiereductiekosten. De horizontale as geeft de cumulatieve jaarlijkse emissiereductie, de verticale as de emissiereductiekosten per ton CO<sub>2</sub>e. De gewogen gemiddelde reductiekosten zijn 89 €/tCO<sub>2</sub>e.
- In deze curve staan scope 1 emissiereducties voor Nederlandse industrie. Emissiereducties buiten de industrie worden niet meegenomen. Levering van restwarmte naar warmtenet is bijvoorbeeld buiten beschouwing gelaten; terwijl de potentie voor reductie in de gebouwde omgeving optelt tot ~3MtCO<sub>2</sub>e.
- Deze curve geeft geen volgorde van maatregelen in de tijd aan.
- Investerings in elektriciteitsinfrastructuur zijn niet meegenomen.
- Emissiereductiekosten zijn inclusief OPEX en verdisconteerde CAPEX.



## RESULTATEN

# BIJ SELECTIE MAATREGELLEN TOT 19,4 MTCO<sub>2</sub>e NEMEN EMISSIEREDUCTIEKOSTEN AF TOT ~64€/TCO<sub>2</sub>e

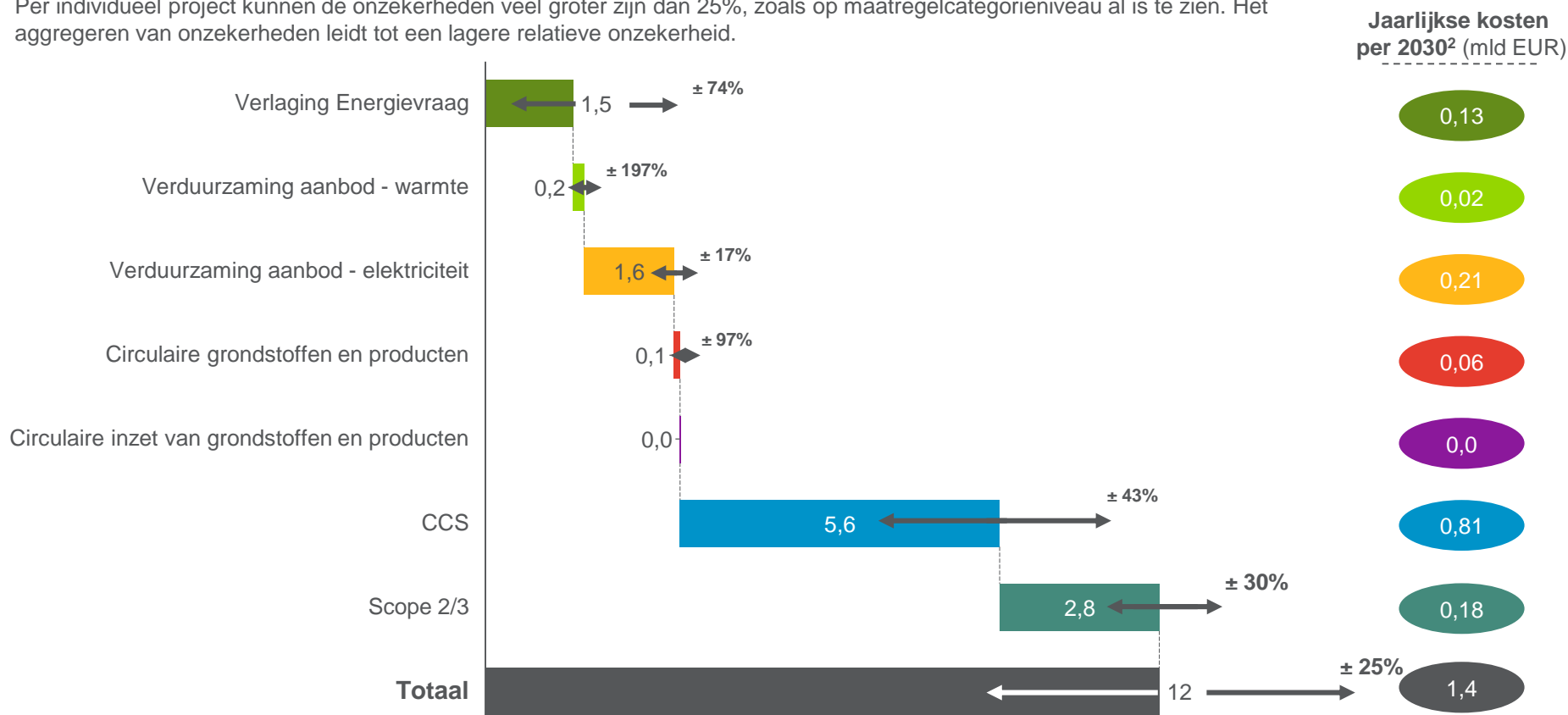
- Wanneer we de goedkoopste maatregelen tot 19,4 MtCO<sub>2</sub>e selecteren, nemen de gemiddelde gewogen emissiereductiekosten af tot 64±19 €/tCO<sub>2</sub>e.
- De totale CCS potentie (incl. blauwe waterstof) telt op tot 11,1 Mton. Wanneer we uitgaan van een cap op CCS inzet van 7 MtCO<sub>2</sub>/jr per 2030, dan zullen duurdere maatregelen moeten worden ingezet om de klimaatopgave binnen bereik te brengen. De gemiddelde kosten per ton zullen stijgen tot 83 €/tCO<sub>2</sub>. Dit kunnen natuurlijk ook maatregelen buiten de vijf clusters zijn.



# RESULTATEN

## DE TOTALE KOSTEN INDUSTRIEOPGAVE<sup>1</sup> EN SCOPE 2/3 REDUCTIES ZIJN 9-15 MILJARD EURO TOT 2030

- CAPEX en cumulatieve OPEX tot 2030 tellen op tot **€12 ± 3 miljard**. Per 2030 zijn de jaarlijkse kosten **€1,4 miljard**.
- De hier gehanteerde marge reflecteert marges in kosteneffectiviteit uit literatuur behorende bij de gebruikte maatregelen. De marge is exclusief onzekerheden in projectuitvoering en -fasering.
- Per individueel project kunnen de onzekerheden veel groter zijn dan 25%, zoals op maatregelcategorieniveau al is te zien. Het aggregeren van onzekerheden leidt tot een lagere relatieve onzekerheid.



<sup>1</sup>Industrieopgave is 19,4 MtCO<sub>2</sub>e/jr reductie per 2030

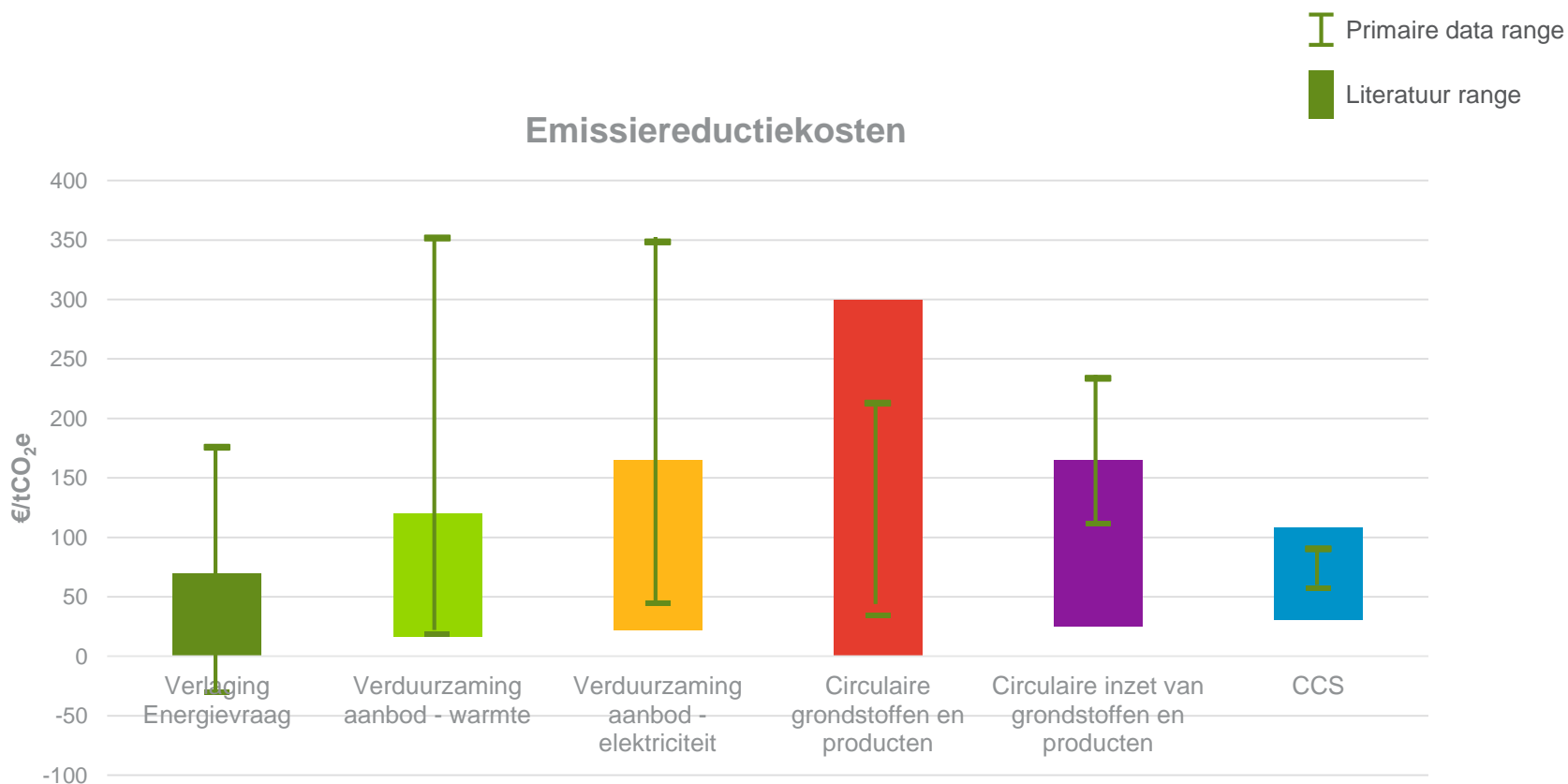
<sup>2</sup>Tenzij primaire bronnen andere aannames hanteren is CAPEX verdisconteerd met de volgende aannames: WACC: 10%; afschrijftermijn 15 jaar.

# INHOUD VAN DIT RAPPORT

#	Onderwerp
1	Aanleiding en aanpak
2	Resultaten
3	<b>Discussie</b>
4	Appendices

# VALIDATIE VAN EMISSIEREDUCTIEKOSTEN

- De door clusters aangeleverde kosten zijn op projectniveau vergeleken met literatuurranges op maatregelniveau. In de figuur worden maatregelen geaggregeerd weergegeven, zodat kosten voor individuele projecten niet herleid kunnen worden.
- In enkele gevallen waar de emissiereductiekosten sterk afwijken van literatuurwaarden zijn deze aangepast. Hierbij ging het om maatregelen die emissiereductie buiten scope 1 leverden, terwijl de kosten volledig bij de industrie lagen. Voor dit effect is gecorrigeerd.

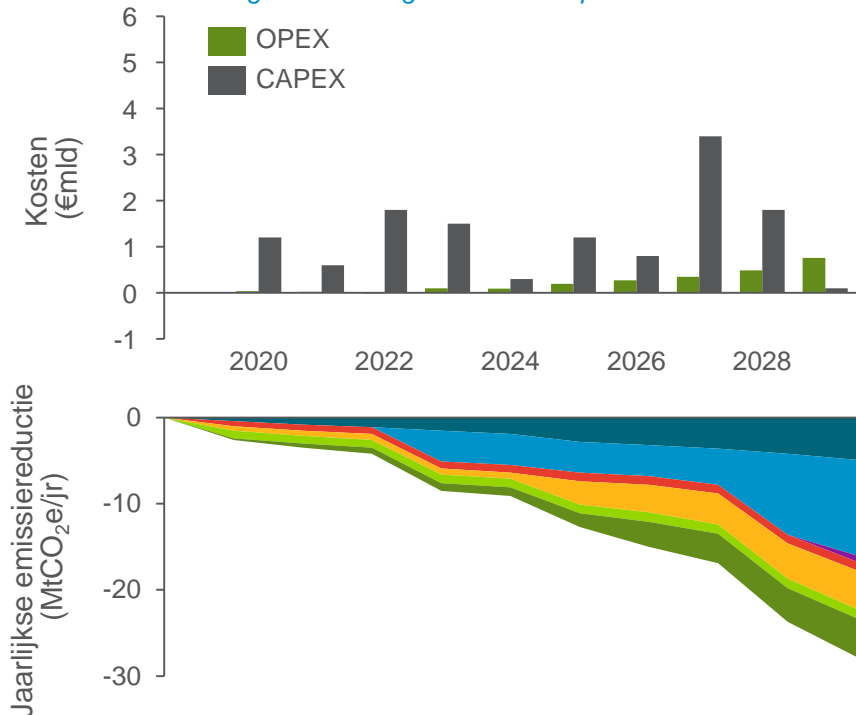




# ONZE VERWACHTING IS DAT BIJNA 75% VAN DE KOSTEN VANAF 2025 GEMAAKT ZULLEN WORDEN

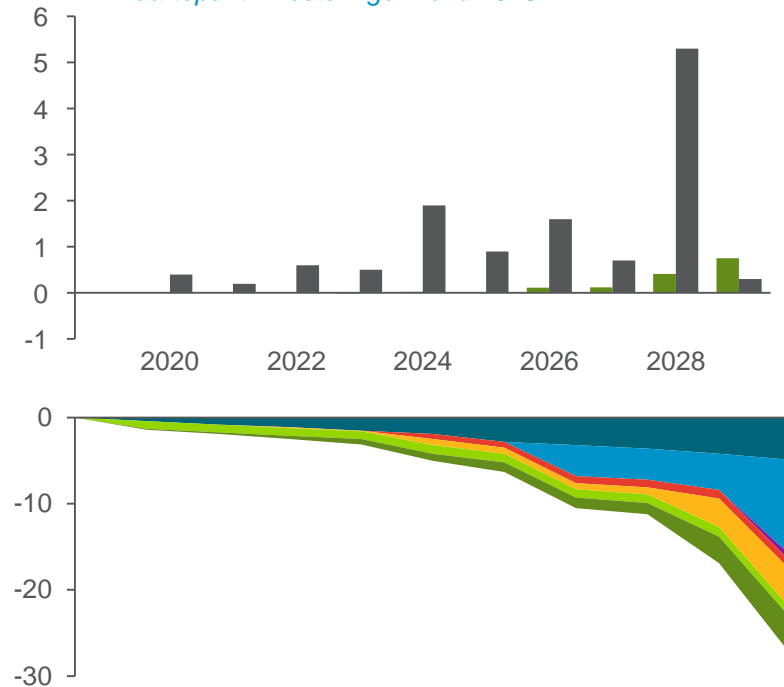
## Aangeleverde data

Fasering van maatregelen in clusterplannen



## Onze inschatting

Zwaartepunt investeringen rond 2028



- De informatie uit clusters geven een beeld waarin ~62% van de totale kosten in in de tweede helft van het decennium gemaakt worden.
- Op basis van interviews en eigen inzicht in typische *lead times* in de industrie lijkt dit beeld ons te optimistisch. Door deze *lead times* en het feit dat bepaalde –kapitaalintensieve– technieken nog niet commercieel inzetbaar zijn, zal het zwaartepunt van investeringen verschuiven; bijna 75% van de kosten worden vanaf 2025 gemaakt.
- De reductieopgave voor 2030 haalbaar, maar de cumulatieve emissiereductie in het decennium zal met ~30% afnemen. Ook cumulatieve OPEX en verdisconteerde kapitaalkosten nemen af, hoewel in 2030 de jaarlijkse kosten gelijk zullen zijn als in het basis scenario.

# DE TOTALE KOSTEN OM DE OPGAVE TE HALEN KUNNEN HOGER UITVALLEN

## Investerings buiten de industrie zijn nodig om emissiereductie binnen de industrie te realiseren

- Voor elektrificatie zijn grote investeringen in de elektriciteitssector nodig.
- Warmtelevering aan de gebouwde omgeving vraagt investeringen in warmtenetten
- Transport en opslag van CO<sub>2</sub> vraagt investeringen in een CO<sub>2</sub>-netwerk en -opslagsysteem. Waar deze kosten bekend waren, zijn ze meegenomen.

## Beperking tot Nederlandse scope 1 emissies geeft niet een volledig beeld van de investeringen van de industrie nodig voor de klimaattransitie

- Investerings door de industrie reduceren emissies in andere sectoren, zoals de gebouwde omgeving en de elektriciteitssector. Deze kosten zijn apart weergegeven, maar het is niet duidelijk of dit beeld volledig is.
- Er zijn ook projecten die emissiereductie nastreven door samenwerking tussen Nederlandse en buitenlandse industrie. Het is vaak nog niet bekend wie deze investeringen gaat dragen.

## Met de geïdentificeerde projecten kan de opgave van 19,4 MtCO<sub>2</sub>e in 2030 net gehaald worden. Extra maatregelen zijn nodig om de waarschijnlijkheid dat de opgave gehaald wordt te vergroten

- Niet alle projecten zullen slagen. Het gaat om nieuwe projecten, waar nog weinig ervaring mee is. De risico's voor de bedrijfsvoering zijn maar ten dele bekend.
- Uitvoering is afhankelijk van veel factoren, die niet allemaal onder controle zijn van de industrie. Dit kan leiden tot vertraging of afstel.

## Niet alle investeringen leiden tot directe emissiereductie

- De industrie investeert ook al in R&D, demo en pilot plants ter voorbereiding van reductieprojecten. Deze investeringen zijn noodzakelijk om te innoveren en de risico's van maatregelen te onderzoeken voor commerciële opschaling.
- On-site moeten de juiste voorwaarden worden gecreëerd die extra investeringen vereisen. Elektriciteitsnetten moeten bijvoorbeeld worden aangepast om te voldoen aan de hogere elektriciteitsvraag door elektrificeren.

# ONZEKERHEDEN IN DE KOSTENINSCHATTING ZIJN GROOT

### Projecten zijn vaak nog niet in detail doorgerekend

- Aangeleverde kosten zijn in de meeste gevallen nog inschattingen. Vaak zijn ze nog niet gebaseerd op engineering studies.
- Inpassingen van complexe projecten op industriële sites, die al geoptimaliseerd zijn op minimaal energiegebruik, is ingewikkeld. De effecten op de energiehuishouding zijn meestal nog niet gekwantificeerd. De oplossingen zijn derhalve nog onduidelijk. Een voorbeeld is het overschot aan fuel gas dat ontstaat in raffinaderijen bij vergaande efficiency maatregelen.

### De onzekerheid neemt toe naarmate de projecten verder in de tijd plaatsvinden

- De investeringskosten van sommige technologieën zijn nu nog niet bekend, omdat ze nu nog niet beschikbaar zijn op de schaal die nodig is. Een voorbeeld is waterstofelektrolyse op een schaal van 100 MW of meer.
- Er is een grote afhankelijkheid van externe factoren, zoals energieprijzen en beschikbaarheid van duurzame energie

### Kosten zijn afhankelijk van het gekozen reductiepad

- Versneld doorvoeren van maatregelen zal de OPEX-kosten tot 2030 doen toenemen
- Implementatie van sommige maatregelen, zoals CCS op naftakrakers, maakt implementatie van andere maatregelen die pas later rendabel of beschikbaar zijn zeer moeilijk, zoals elektrische fornuizen. De industrie heeft vaak maar één of twee mogelijkheden in de tien jaar om complexe maatregelen in voeren. De vraag is wat het reductiepad is met de laagste kosten over tijd, waarbij ook na 2030 gekeken moet worden. Dit kan tot andere keuzes en dus tot andere kosten leiden.
- Uiteindelijk gaat het om de laagste maatschappelijke kosten, en niet de laagste kosten voor de industrie.

# INHOUD VAN DIT RAPPORT

#	Onderwerp
1	Aanleiding en aanpak
2	Resultaten
3	Discussie
4	<b>Appendices</b>

## APPENDICES

# DATA: VERZAMELING, AANVULLING EN ANALYSE

	Chemelot	Noord-Nederland	Noordzeekanaalgebied	Rotterdam-Moerdijk	Zuidwest-Nederland
Bouw-/realisatiejaar	▲	✓/▲	✓	✓/▲	✓/▲
Technisch potentieel	✓	✓	✓	✓	✓
Kosteneffectiviteit	✓/★	★	▲	✓	▲
Totale kosten	★	✓	▲	✓*	✓/▲
Investeringskosten	✓/▲	✓	▲	✓/★	✓
O&M kosten	✓/▲	✓	▲	✓/▲	▲
Discontovoet & afschrijvingstermijn	✓/■	■	■	■	■

\*Afgeleid van MAC curve

*Primaire data komen uit documenten aangeleverd door de industriële clusters en is aangevuld met interviews met betrokkenen uit die clusters. Waar beschikbaar heeft in deze analyse primaire data altijd de voorkeur, tenzij de kosten aantoonbaar niet volledig dekkend of juist teveel dekkend zijn. Dit geldt bv. voor maatregelen die wel kosten opbrengen voor scope 2 & 3 reductie, waarvoor in deze analyse geen erkenning is.*

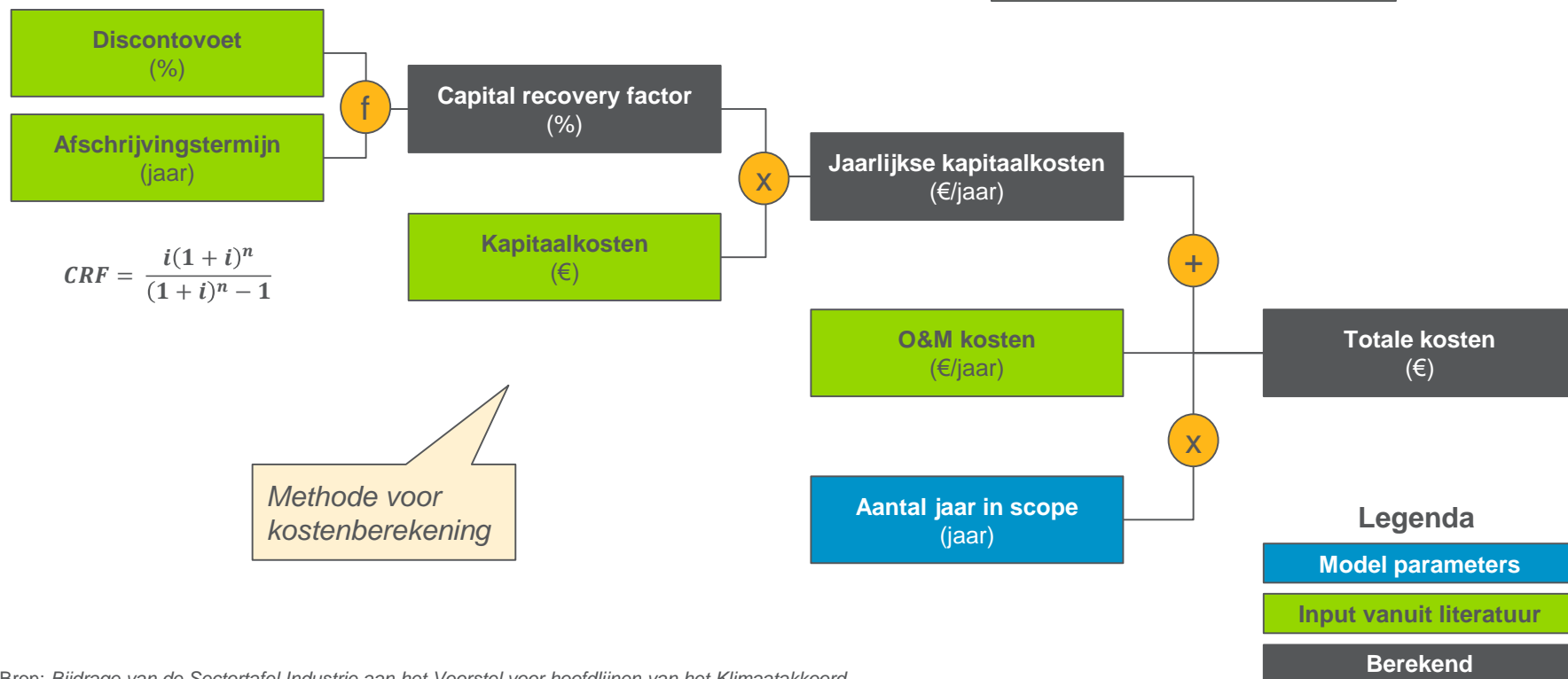
✓	Primaire data
▲	Geschat o.b.v. literatuur
★	Herleid uit primaire data
■	Aanname

# APPENDICES

## KOSTENBEREKENING

“De voorlopige inschatting is dat dit voor de Nederlandse industrie extra investeringen vergt cumulatief in de orde grootte van € 15 tot 20 miljard tot 2030”\*

Hoe deze kosten tot stand zijn gekomen is onduidelijk



\* Bron: Bijdrage van de Sectorafel Industrie aan het Voorstel voor hoofdlijnen van het Klimaatakkoord

# ONZE DEFINITIE VAN KOSTEN EN AANNAMES

**Kosten worden in verschillende bronnen vaak anders gedefinieerd. Daarom volgt hieronder een overzicht van onze gebruikte definities.**

Kostenparameter	Eenheid	Onze definitie
Investeringskosten	€	Ook wel kapitaalkosten genoemd, al dan niet een opsomming van installatie- en infrastructuurkosten (ofwel: CAPEX)
Operationele kosten	€ / jaar	Jaarlijkse operationele kosten, inclusief brandstofkosten (ofwel: OPEX)
Jaarlijkse kosten	€ / jaar	Opsomming van jaarlijks verdisconteerde investeringskosten en O&M kosten
Totale kosten	€	Opsomming van investeringskosten en operationele kosten over gehele projectduur, waarbij investeringkosten niet zijn verdisconteerd
Capital recovery factor	%	Factor om investeringskosten terug te rekenen naar jaarlijkse, verdisconteerde investeringskosten.
Discontovoet	%	Factor om kosten uit verschillende jaren met elkaar te vergelijken, over het algemeen gelijk aan de WACC*. Aanname: 10%
Afschrijvingstermijn	jaar	Aantal jaar waarin het project wordt afgeschreven. Aanname: 15jr

$$CRF = \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1}$$

\* WACC = weighted average cost of capital (in NL: gewogen gemiddelde kapitaalkostenvoet)

# CONTACTGEGEVENS

## **JEROEN DE BEER**

Associate Director

[jeroen.de.beer@navigant.com](mailto:jeroen.de.beer@navigant.com)

## **MARK SCHENKEL**

Senior Consultant

[mark.schenkel@navigant.com](mailto:mark.schenkel@navigant.com)

## **MAURICE QUANT**

Senior Consultant

[maurice.quant@navigant.com](mailto:maurice.quant@navigant.com)

Deze studie is uitgevoerd door Ecofys, onderdeel van Navigant, in opdracht van de werkgroep Instrumentenmix, onderdeel van de werkgroep Grote uitstoters. Deze werkgroep is weer onderdeel van de sectortafel Industrie in de tweede fase van het Klimaatakkoord. De studie is uitgevoerd in oktober – november 2018.

Navigant heeft alle benodigde maatregelen genomen om de juistheid van de daarin weergegeven informatie te waarborgen. Navigant verstrekt echter geen garanties met betrekking tot de juistheid van de conclusies en accepteert geen aansprakelijkheid voor fouten of nalatigheden. De klant is verantwoordelijk voor gebruik van het rapport en beslissingen die zij op grond van het rapport of de conclusies van Navigant neemt.