



Deelrapport Duurzame energie

Plan-MER Locatiekeuze
Nieuwbouw kerncentrales

Antea Group

Understanding today.
Improving tomorrow.

projectnummer 0486653.100
definitief
1 mei 2026

Deelrapport Duurzame energie

Plan-MER Locatiekeuze Nieuwbouw kerncentrales

projectnummer 0486653.100

definitief

1 mei 2026

Opdrachtgever

Ministerie van Economische Zaken en Klimaat

Postbus 20401

2500 EK DEN HAAG

datum

1 mei 2026

beschrijving

definitief

vrijgave

S. Zondervan



Inhoudsopgave

Inhoudsopgave	3
1. Inleiding	4
1.1 Aanleiding	4
1.2 Globale ligging van de alternatieven	4
1.3 Inhoud en doel van dit deelrapport	5
1.4 Leeswijzer	6
2. Alternatievenbeschrijving	7
2.1 Basisuitgangspunten voor de alternatieven	7
2.2 Alternatieven Eemshaven	8
2.3 Alternatief Maasvlakte II	9
2.4 Alternatieven Sloegebied	10
2.5 Alternatieven Terneuzen	12
3. Beoordelingskader deelrapport duurzame energie	14
3.1 Inleiding	14
3.2 Wettelijk kader en beleid	14
3.3 Beoordelingskader plan-MER	16
4. Meekoppelkansen restwarmte	17
4.1 Huidige situatie en referentiesituatie	17
4.2 Effectbeschrijving bedrijfsfase	18
4.3 Leemten in kennis en informatie	25
5. CO₂ uitstoot	26
5.1 Huidige situatie en referentiesituatie	26
5.2 Effectbeschrijving bouwfase	30
5.3 Effectbeschrijving bedrijfsfase	33
5.4 Mitigerende maatregelen	36
5.5 Leemten in kennis en informatie	36
Bijlage 1: Bronvermelding	37

1. Inleiding

1.1 Aanleiding

Als onderdeel van een klimaat neutrale en betrouwbare energievoorziening in de toekomst wil de Rijksoverheid twee nieuwe kerncentrales in Nederland bouwen. Hiervoor is het Rijk met een projectprocedure een verkenning gestart naar één geschikte locatie voor twee nieuwe kerncentrales. Er wordt in verband met kostenefficiëntie gezocht naar één locatie waar twee kerncentrales in serie gebouwd kunnen worden.

De verkenning leidt tot de selectie van een voorkeurslocatie in een voorkeursbeslissing. Voor deze verkenning is het verplicht om een plan-milieueffectrapportage-procedure (plan-mer) te doorlopen. In deze plan-MER worden redelijke alternatieven (locaties) met elkaar vergeleken voor alle relevante thema's van de fysieke leefomgeving, opdat er een besluit kan worden genomen waar de twee kerncentrales komen. In het voorliggende deelrapport staat het thema 'duurzame energie' centraal. Dit deelrapport is een bijlage bij het plan-MER.

1.2 Globale ligging van de alternatieven

De alternatieven (de onderzoekslocaties) zijn geselecteerd op basis van afwegingen die zijn opgenomen in de Notitie Reikwijdte en Detailniveau (NRD). In essentie komt het erop neer dat gebieden, die zijn benoemd vanuit het waarborgingsbeleid en de reactie op het Voorstel en voornemen voor Participatie (VenP), getrechterd zijn tot specifiekere locaties binnen die gebieden. Bij die trechtering hebben verschillende criteria een rol gespeeld, waaronder de ligging ten opzichte van dichtbevolkte gebieden, criteria voor een veilige bedrijfsvoering van de kerncentrales, criteria voor beïnvloeding van de omgeving en ligging in de aanwezigheid van hoogspanningsstations. De uitkomst hiervan zijn negen alternatieven voor twee nieuwe kerncentrales welke gelegen zijn binnen vier gebieden in Nederland:

1. Eemshaven;
2. Maasvlakte II;
3. Sloegebied;
4. Terneuzen.

De locaties zijn globaal op kaart weergegeven in figuur 1-1. In hoofdstuk 2 is nader ingegaan op de alternatieven.



Figuur 1-1 Gebieden met de onderzoekslocaties voor twee nieuwe kerncentrales (bron ondergrond: Open StreetMap (OSM) Basemap, Open StreetMap Foundation)

1.3 Inhoud en doel van dit deelrapport

Het plan-MER onderzoekt twee fasen voor de nieuwe kerncentrales: de periode van aanleg van de twee kerncentrales (bouwfase) en de fase dat de kerncentrales in gebruik zijn (de bedrijfsfase). In dit deelrapport zijn de effecten van het bouwen en het in bedrijf stellen van twee nieuwe kerncentrale op het thema 'duurzame energie' beschreven. De komst van twee nieuwe kerncentrales biedt kansen op het gebied van restwarmte voor de regio, wat kan bijdragen aan de energietransitie in een regio. Verder wordt de CO₂ uitstoot beoordeeld over beide fasen van dit project.

1.4 Leeswijzer

Dit rapport is als volgt opgebouwd:

- In hoofdstuk 2 zijn de alternatieven beschreven. De alternatieven zijn de locaties voor het bouwen van twee nieuwe kerncentrales.
- In hoofdstuk 3 is het beoordelingskader opgenomen. Hier staat welke wet- en regelgeving van toepassing is en welke criteria onderzocht zijn in dit deelrapport.
- In de hoofdstukken 4 en 5 zijn de effecten van twee nieuwe kerncentrales beschreven. Hierbij is onderscheid gemaakt in effecten in de bouw- en de bedrijfsfase. Aan het einde van dit hoofdstuk zijn (indien daar aanleiding toe is) mitigerende en compenserende maatregelen beschreven. Ook is een paragraaf opgenomen over leemten in kennis en informatie.

2. Alternatievenbeschrijving

In dit hoofdstuk zijn de activiteiten beschreven die nodig zijn voor de bouw en in bedrijfstelling van twee nieuwe kerncentrales (§2.1). Vervolgens zijn de alternatieven beschreven. De alternatieven zijn de onderzoekslocaties, de locaties waar de twee nieuwe kerncentrales gerealiseerd kunnen worden. Er zijn vier gebieden waar deze locaties zich bevinden: Eemshaven (§2.2), Maasvlakte II (§2.3), Sloegebied (§2.4) en Terneuzen (§2.5). In figuur 1-1 zijn de locaties van deze gebieden op kaart aangegeven.

In de beschrijvingen in dit hoofdstuk wordt onderscheid gemaakt tussen drie locatieonderdelen:

- Hoofdterrein: de begrenzing waarbinnen de kerncentrales uiteindelijk komen te staan. Dit is het terrein waar bouwwerkzaamheden plaatsvinden in de bouwfase en de kerncentrales in bedrijf zijn in de bedrijfsfase;
- Werkterrein: de begrenzing waarbinnen de voorzieningen voor de bouw(fase) beoogd zijn. Dit terrein komt weer vrij voor andere functies na de bouwfase;
- Zoekgebied koelwater: de begrenzing waarbinnen koelwatervoorzieningen gerealiseerd worden (en in werking zijn tijdens de bedrijfsfase).

2.1 Basisuitgangspunten voor de alternatieven

Voor de effectbepaling in dit plan-MER zijn per locatieonderdeel (worst-case) basisuitgangspunten geformuleerd voor de omvang van de bouwactiviteiten en het ontwerp van de twee nieuwe kerncentrales.

Uitgangspunten hoofdterrein

Op het hoofdterrein staan in de bedrijfsfase de reactoren, de pompgebouwen, het turbinegebouw, de control room, de direct noodzakelijke parkeerruimte, een veiligheidshek, et cetera. Hierbij zijn de volgende basisuitgangspunten gehanteerd.

Tabel 2-1 Uitgangspunten hoofdterrein

Onderdeel	Omvang
Oppervlakte hoofdterrein (als onderdeel van het werkterrein)	60 hectare
Bouwhoogte	75 meter
Bouwdiepte	21 meter
Aantal werknemers tijdens bedrijfsfase	750

Tijdens de bouwfase zijn er graafmachines, kranen, bouwwegen, et cetera te zien op het hoofdterrein (zie tabel 2-2).

Uitgangspunten werkterrein

Het werkterrein is het terrein voor trailers, kranen, tijdelijke kantoren, magazijnen, fabricagewerkplaatsen, ontvangstfaciliteiten, wegen, grondopslagplaatsen, aanlegplaatsen voor binnenvaartschepen, een betoncentrale et cetera. Idealiter, maar niet noodzakelijkerwijs, is het werkterrein aan het hoofdterrein gelegen. Hierbij zijn de volgende basisuitgangspunten gehanteerd.

Tabel 2-2 Uitgangspunten werkterrein

Onderdeel	Omvang
Oppervlakte werkterrein (inclusief het uiteindelijke hoofdterrein)	130 hectare
Bouwtijd	10 - 15 jaar
Aantal werknemers tijdens bouwfase	5.000 (gemiddelde per bouwjaar) 10.000 (eenmalige piek)
Hoogte opslagfaciliteiten	37 meter
Hoogte bouwkransen	120 meter

Uitgangspunten zoekgebied koelwater

Het zoekgebied voor koelwater ligt idealiter, maar niet noodzakelijkerwijs, aan het hoofdterrein. Het zoekgebied strekt zich uit tot een waterdiepte van twaalf meter en dieper. In dit gebied komen de koelwatervoorzieningen te liggen. In eerste instantie wordt uitgegaan van een boring en een koelwaterkanaal. Hierbij zijn de volgende basisuitgangspunten gehanteerd.

Tabel 2-3 Uitgangspunten koelwatervoorziening

Onderdeel	Omvang
Hoeveelheid koelwater per seconde	Circa 150 m ³
Verskil temperatuur van aan- en afgevoerd koelwater	7-12 °C
De verwachte gemiddelde maandelijkse onttrekking uit de koelwaterbron	2.500 m ³

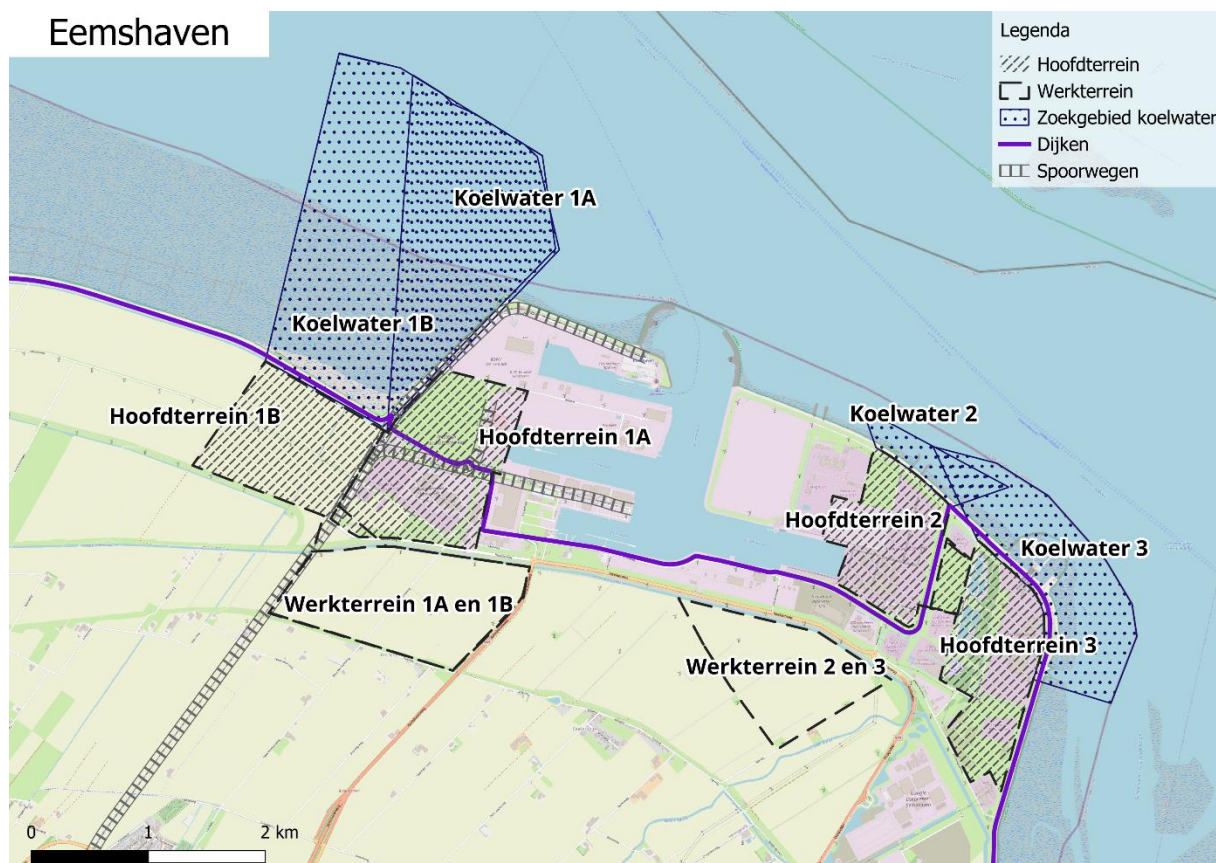
Het uitgangspunt is dat er op alle locaties voldoende koelwater uit het oppervlaktewater gehaald kan worden en dat er geen koeltorens nodig zijn. Koeltorens zijn dus geen onderdeel van de effectbepaling in dit deelrapport.

2.2 Alternatieven Eemshaven

De Eemshaven is gerealiseerd in 1973 als industrie- en overslaghaven. De haven ligt in de Groningse gemeente Het Hogeland en is de grootste zeehaven van Noord-Nederland. De haven ligt aan de westelijke oever van de Eemsmonding, een zeearm waar de Eems uitstroomt in de Noordzee. Ten noorden van de Eemshaven ligt de Waddenzee. Ten oosten van de Eemshaven ligt de grens met Duitsland. In de andere windrichtingen sluit het havengebied aan op agrarisch gebied. De Eemshaven is ontsloten via de N33 en de N46.

Binnen de Eemshaven worden vier alternatieven (zie figuur 2-1) onderzocht in het plan-MER:

- Eemshaven 1A;
- Eemshaven 1B;
- Eemshaven 2;
- Eemshaven 3.



Figuur 2-1 Overzichtkaart alternatieven Eemshaven

Tussen de alternatieven zitten verschillen in beschikbare ruimte. De genoemde oppervlakten in tabel 2-4 zijn gebaseerd op naar verwachting goed in te passen terrein, niet op daadwerkelijk benodigd terrein. Daaronder volgt een beknopte beschrijving van de alternatieven.

Tabel 2-4 Oppervlakte per alternatief in de Eemshaven

Alternatief	Oppervlakte hoofdterrein	Oppervlakte werkterrein	Totale oppervlakte
Eemshaven 1A	150 hectare	155 hectare	305 hectare
Eemshaven 1B	118 hectare	165 hectare	283 hectare
Eemshaven 2	93 hectare	127 hectare	220 hectare
Eemshaven 3	128 hectare	108 hectare	236 hectare

Eemshaven 1A

Alternatief Eemshaven 1A ligt in het westen van de Eemshaven. Het plangebied heeft een totaal oppervlak van 305 hectare, waarvan 150 hectare hoofdterrein. Het hoofdterrein is een grotendeels open terrein dat wordt doorsneden door een dijk en een spoorweg. Het deel ten noorden van de dijk ligt buitendijks. Dit deel ligt grotendeels braakliggend met daarnaast een terrein van Defensie. Ten zuiden van de dijk bestaat het terrein uit een opslag voor natte bulk, een zonnepark, windturbines, een hoogspanningsstation en landbouwgronden. Het werkterrein ligt aan de zuidzijde van het hoofdterrein in een agrarisch gebied met windturbines. Het hoofd- en werkterrein zijn fysiek van elkaar gescheiden door de Meeuwenstaartweg en de Binnenbermsloot. Aan de westkant van het hoofdterrein ligt de Waddenzee. Daar is het zoekgebied voor koelwater.

Eemshaven 1B

Alternatief Eemshaven 1B ligt aan de westkant naast de Eemshaven, net buiten de grenzen van het industrieterrein. Het plangebied heeft een oppervlak van 283 hectare, waarvan 118 hectare hoofdterrein. Het hoofdterrein ligt in de Emmapolder, een gebied met agrarische gronden met windturbines. Het hoofd- en werkterrein zijn fysiek van elkaar gescheiden door een spoorweg, de Meeuwenstaartweg en de Binnenbermsloot. Het werkterrein ligt in de Oostpolder tussen de spoorweg aan de westzijde, de N46 aan de oostzijde en de bandijk (Dijkweg) aan de zuidzijde. Het werkterrein is net als het hoofdterrein gelegen op agrarische gronden met windturbines. Ten noorden van het hoofdterrein ligt de Waddenzee. Hier ligt het zoekgebied voor koelwater.

Eemshaven 2

Alternatief Eemshaven 2 is centraal gelegen in de Eemshaven. Het plangebied heeft een oppervlak van 220 hectare, waarvan 93 hectare hoofdterrein. Het hoofdterrein is gelegen op het terrein van de kolencentrale. Het hoofdterrein wordt begrensd door de gasgestookte centrales aan de oost- en westzijde en de dijk. Het oostelijk deel van het hoofdterrein is buitendijks gelegen. Het werkterrein ligt binnendijks ten zuiden van het hoofdterrein in de Oostpolder. Het hoofd- en werkterrein worden fysiek van elkaar gescheiden door de Kwelderweg (N33), de Binnenbermsloot, een hoogspanningsstation, een datacenter in aanbouw en een bestaand datacenter. Het hoofdterrein grenst aan de noordkant aan de Waddenzee. Daar ligt het zoekgebied voor koelwater.

Eemshaven 3

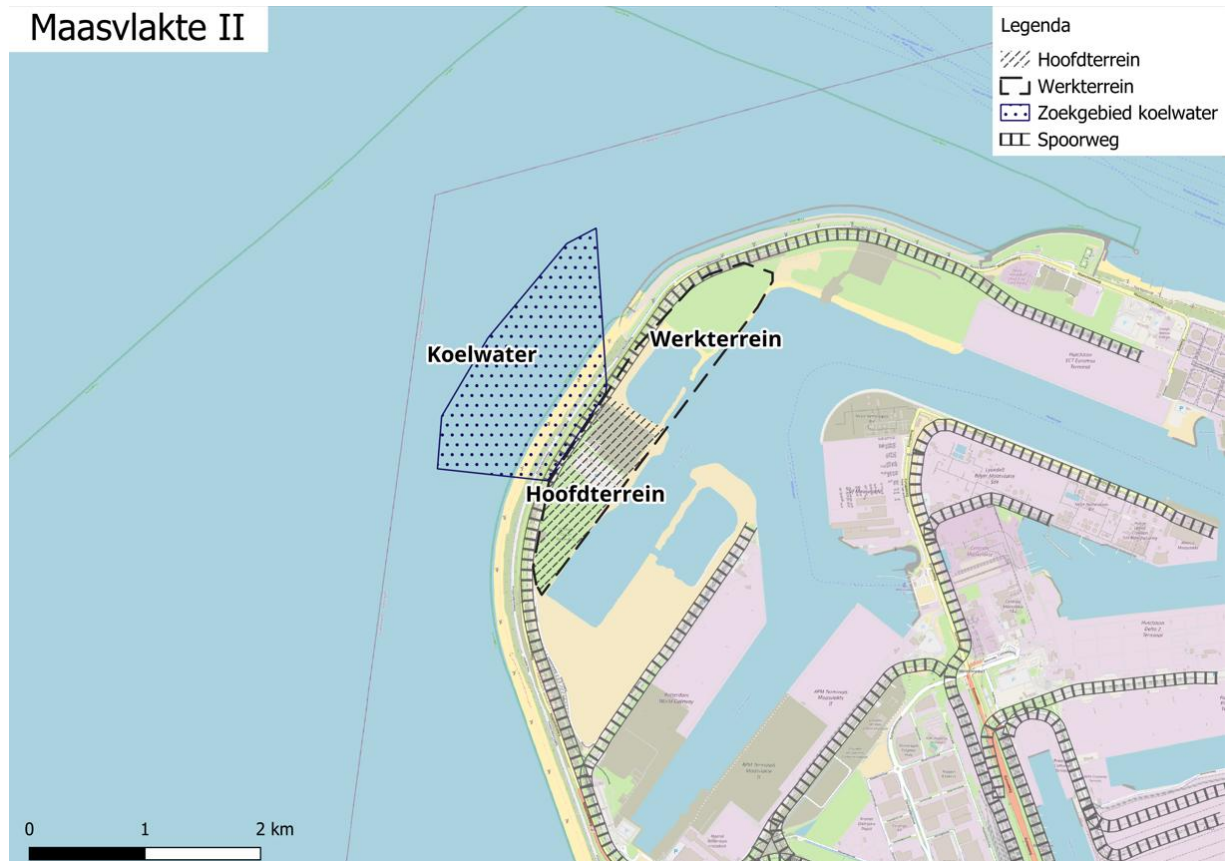
Alternatief Eemshaven 3 ligt in het oosten van de Eemshaven. Het plangebied heeft een oppervlak van 236 hectare, waarvan 86 hectare hoofdterrein. Het hoofdterrein is binnendijks gelegen op het terrein van een gasgestookte centrale. Het terrein wordt begrensd door de dijk aan de noord-, oostzijde en westzijde, hoogspanningsstations aan de westzijde en een zonnepark aan de zuidzijde. Het werkterrein ligt ten zuidwesten van het hoofdterrein in de Oostpolder. Hier zijn landbouwgronden en windturbines aanwezig. Het hoofd- en werkterrein zijn fysiek van elkaar gescheiden door bedrijven, hoogspanningsstations, bovengrondse hoogspanningslijnen, een datacenter in aanbouw, een bestaand datacenter en de N33. Het hoofdterrein grenst aan de noord- en oostzijde aan de Waddenzee. Aan de noordzijde is het zoekgebied voor koelwater.

2.3 Alternatief Maasvlakte II

De Maasvlakte is een groot industriegebied in de Maasmonding bij Rotterdam. De vlakte ligt direct aan de Noordzee en maakt deel uit van de Rotterdamse haven. Het gebied wordt gekenmerkt door grootschalige industriële activiteiten, brede watergangen met havenbekkens en een infrastructuurbundel rondom. Groene zones fungeren als buffers tussen de haven en het omliggende gebied. Aan de noordzijde bevindt zich een harde zeevering (een blokkendam met daarachter een steenstrand en een - groene- dijk) en aan de westzijde ligt een

zachte zeewering (een strand met daarachter een duin). Maasvlakte is ontsloten via de Europaweg en de A15 met het achterland.

Binnen Maasvlakte II is er één locatie die onderzocht wordt in het plan-MER (zie figuur 2-2). Het alternatief ligt aan de westkant van Maasvlakte II. De locatie heeft een oppervlak van 170 hectare, waarvan 79 hectare hoofdterrein.



Figuur 2-2 Overzichtskaart alternatief Maasvlakte II

Tabel 2-5 Oppervlakte alternatief Maasvlakte II

Alternatief	Oppervlakte hoofdterrein	Oppervlakte werkterrein	Totale oppervlakte
Maasvlakte II	79 hectare	91 hectare	170 hectare

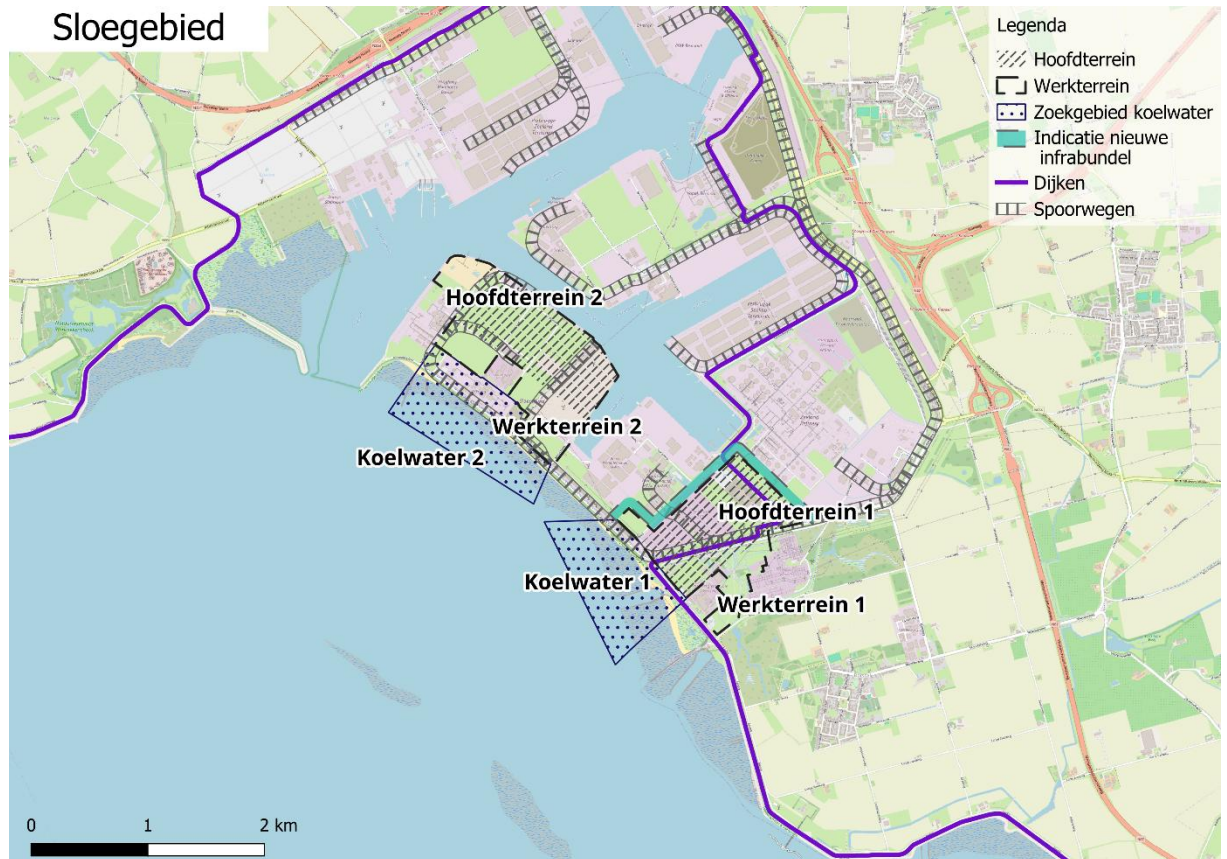
Het hoofdterrein ligt op een grotendeels braakliggend terrein tussen het havenbekken van Maasvlakte II en de Noordzee in. Het terrein is ontsloten via de Maasvlakteweg en de naastgelegen spoorweg. Het werkterrein is direct aangrenzend aan het hoofdterrein. Ook het werkterrein ligt op een grotendeels braakliggend terrein, waarvan een deel water. Het hoofdterrein grenst aan de westzijde aan de Noordzee. Daar is het zoekgebied voor koelwater.

2.4 Alternatieven Sloegebied

Het Sloegebied is voor de helft gelegen in de gemeente Borsele (zuidelijk deel) en voor de helft gelegen in de gemeente Vlissingen (noordelijk deel). Het Sloegebied kenmerkt zich door grootschalige industrie en een ruime opbouw. Kenmerkende elementen zijn de insteekhavens, ruime kavels, grootschalige industriële complexen en kleinschaligere bedrijfsmatige bebouwing, bovengrondse en ondergrondse infrastructuur en landschappelijke inpassing rondom het zeehaventerrein met daaraan grenzend de N254. Op grotere afstand vanaf het bedrijventerrein bevinden zich agrarische bedrijven met bijbehorende bedrijfswoningen, verspreid liggende burgerwoningen en woonkernen waarvan de kern Nieuwdorp het dichtst bij het zeehaventerrein ligt.

Binnen het Sloegebied zijn er twee alternatieven die onderzocht worden in het plan-MER (zie figuur 2-3):

- Sloegebied 1;
- Sloegebied 2.



Figuur 2-3 Overzichtskartaart alternatieven Sloegebied

Tabel 2-6 Oppervlakte per alternatief in het Sloegebied

Alternatief	Oppervlakte hoofdterrein	Oppervlakte werkterrein	Totale oppervlakte
Sloegebied 1	78 hectare	21 hectare	99 hectare
Sloegebied 2	81 hectare	51 hectare	132 hectare

Sloegebied 1

Alternatief Sloegebied 1 ligt in het zuiden van het Sloegebied. De locatie heeft een oppervlak van 99 hectare, waarvan 78 hectare hoofdterrein. Het hoofdterrein ligt naast de huidige kerncentrale in Borssele. Op het terrein zijn een zonnepark, windturbines en een converterstation in aanbouw aanwezig. Het hoofdterrein wordt doorkruist door de Europaweg zuid en een spoorweg. De spoorweg heeft een aftakking richting COVRA. Het werkterrein grenst aan de noord- en zuidkant aan het hoofdterrein. Het werkterrein aan de zuidkant ligt tussen twee hoogspanningsstations en de huidige kerncentrale van Borssele in. Het hoofdterrein grenst aan de zuidwest kant aan de Westerschelde. Hier ligt het zoekgebied voor koelwater.

Sloegebied 2

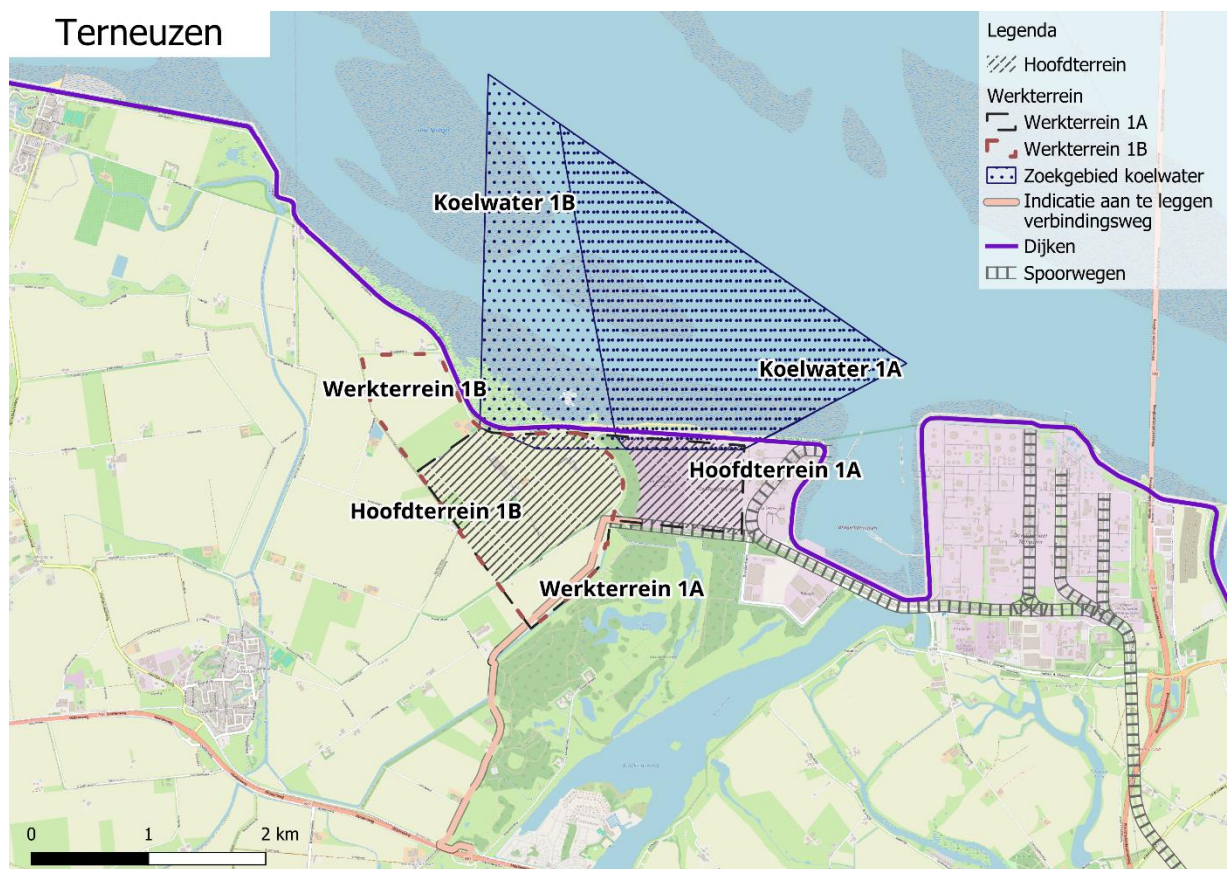
Alternatief Sloegebied 2 ligt centraal gelegen in het Sloegebied. De locatie heeft een oppervlak van 132 hectare, waarvan 81 hectare hoofdterrein. Het hoofdterrein bestaat grotendeels uit braakliggende grond en uit terreinen van een bulkhaven (westkant), een energiebedrijf (midden) en spoorwegen. Het hoofdterrein is begrensd door de havenbekkens aan de noord- en oostkant en door de spoorweg aan de zuid- en westkant. Het werkterrein ligt tussen het hoofdterrein aan de noordkant en het zoekgebied voor koelwater aan de zuidkant. Het hoofdterrein grenst aan het havenbekken van het Sloegebied. Het werkterrein grenst aan de Westerschelde. In de Westerschelde ligt het zoekgebied voor koelwater.

2.5 Alternatieven Terneuzen

De Mosselbanken (Valuepark), ten westen van Terneuzen, DOW Chemicals en het kanaal Gent-Terneuzen, is in 1977 ingepolderd voor industrie. Het gebied maakt onderdeel uit van het industrieel cluster en de havens in Terneuzen en wordt ontwikkeld tot een duurzaam en circulair industriepark. In het oostelijk deel van de polder ligt een olieterminal. In het westelijk deel staan windturbines en ligt een zonnepark. De Paulinapolder ten westen van de Mosselbanken is agrarisch gebied. Beide polders worden gescheiden door de Scheldedijk en grenzen aan de Westerschelde. Aan de zuidzijde ligt de Braakman, een gebied met natuurwaarden en verderop recreatievoorzieningen. De huidige ontsluiting van de Mosselbanken ligt langs DOW. Iets verderop ligt de N62, de weg door de Westerscheldetunnel. De Paulinapolder is via Biervliet ontsloten op de N61 in het zuiden.

Binnen Terneuzen zijn er twee alternatieven die onderzocht worden in het plan-MER (zie figuur 2-4):

- Terneuzen 1A;
- Terneuzen 1B.



Figuur 2-4 Overzichtskartaal alternatieven Terneuzen

Tabel 2-7 Oppervlakte per alternatief in Terneuzen

Alternatief	Oppervlakte hoofdterrein	Oppervlakte werkterrein	Totale oppervlakte
Terneuzen 1A	68 hectare	196 hectare	264 hectare
Terneuzen 1B	142 hectare	102 hectare	244 hectare

Terneuzen 1A

Alternatief Terneuzen 1A ligt ten westen van het industrieterrein van Terneuzen. De locatie heeft een oppervlak van 264 hectare, waarvan 68 hectare hoofdterrein. Het hoofdterrein is binnendijs gelegen op de Mosselbanken waar in de huidige situatie braakliggende grond is en een zonnepark. Het hoofdterrein wordt aan de noordkant begrenst door de dijk aan de Westerschelde, aan de oostkant door een bedrijf (bulkopslag), aan de zuidzijde door een spoorweg en Natuurreservaat Braakman Boerderij, en aan de westzijde door de Scheldedijk. Het werkterrein, ten westen van het hoofdterrein, is gelegen in de Paulinapolder. Hier zijn landbouwgronden. Het werkterrein wordt begrensd door de Paulinaweg aan de westzijde, de dijk aan de noordzijde en Natuurreservaat Braakman

Boerderij aan de zuidzijde. Het hoofdterrein grenst aan de noordzijde aan de Westerschelde. Hier is het zoekgebied voor koelwater.

Terneuzen 1B

Alternatief Terneuzen 1B ligt ten westen van het industrieterrein van Terneuzen. De locatie heeft een oppervlak van 244 hectare, waarvan 142 hectare hoofdterrein. Het hoofdterrein is binnendijs gelegen op landbouwgronden van de Paulinapolder. Het terrein wordt aan de noordzijde begrenst door de dijk aan de Westerschelde, aan de oostzijde door de Scheldedijk, aan de zuidzijde door de Havenstraat en aan de westzijde door de Thomaesweg en Paulinadijk. Het werkterrein ligt aansluitend op het hoofdterrein aan de noord- en zuidzijde op agrarische gronden van de Paulinapolder. Het werkterrein grenst aan de noordzijde aan de dijk en de Appelzakweg en aan de zuidzijde aan Natuurreservaat Braakman Boerderij. Het hoofdterrein grenst aan de noordzijde aan de Westerschelde. Hier is het zoekgebied voor koelwater.

3. Beoordelingskader deelrapport duurzame energie

3.1 Inleiding

Het beoordelingskader vormt de basis waarmee de effecten van de alternatieven voor twee nieuwe kerncentrales systematisch worden beoordeeld in het plan-MER. In het beoordelingskader zijn aspecten van de fysieke leefomgeving vastgesteld die onderzocht worden. Per aspect zijn criteria benoemd. De criteria hebben onderliggende normen, richtwaarden of kwalitatieve uitgangspunten waarmee de effecten kunnen worden geded. Deze maatstaven kunnen gebaseerd zijn op wet- en regelgeving (bijvoorbeeld uit de Omgevingswet), beleidsdoelstellingen van bedrijven of overheden, of locatiespecifieke kenmerken. In dit hoofdstuk zijn de kaders en toegepaste criteria voor het duiden van effecten beschreven.

3.2 Wettelijk kader en beleid

In Tabel 3-1 zijn de wettelijke kaders en het relevante beleid vanuit de Europese, nationale, provinciaal, of lokale overheid uiteengezet. Het zijn ambities en kaders met effect op de meekoppelkansen van restwarmte of CO₂ emitterende activiteiten opgenomen.

Tabel 3-1 Kaders en beleid duurzame energie

Kader	Belangrijkste randvoorwaarden/kaders
Internationaal/Europees beleid	
Klimaatakkoord (2016)	In 2016 heeft de Europese Unie, mede namens Nederland, het Klimaatakkoord van Parijs ondertekend. Doel van het akkoord is om de opwarming van de aarde te beperken tot minder dan 2 graden Celsius met een duidelijk ambitie van maximaal 1,5 graden Celsius. De EU-lidstaten hebben met elkaar afgesproken dat de EU in 2030 minimaal 55% minder moet uitstoten. In 2050 wil de Europese Unie klimaatneutraal zijn, wat betekent dat dan netto geen broeikasgassen meer mogen worden uitgestoten.
Renewable Energy Directive 2023 (RED III)	Renewable Energy Directive III (RED III) is een Europese richtlijn die tot doel heeft de uitrol van hernieuwbare energie te versnellen. De doelstelling uit artikel 23 is een jaarlijkse groei van het aandeel hernieuwbare energie voor warmte en koude. In vergelijking tot RED II is deze doelstelling is niet langer indicatief maar bindend. Het doel is een toename van minstens 0,8 procentpunten gemiddeld per jaar in de periode 2021-2025 en een toename van ten minste 1,1 procentpunten gemiddeld in de periode 2026-2030, ten opzichte van het aandeel hernieuwbare warmte in 2020. <i>RED III gaat niet over kernenergie maar levert wel kaders en richtlijnen voor aardgasvrije warmte en koude en is daarmee relevant voor dit deelrapport.</i>
Nationaal beleid	
Nationaal klimaatakkoord (2019)	Het Klimaatakkoord is een pakket van maatregelen en afspraken tussen bedrijven, maatschappelijke organisaties en overheden om gezamenlijk de uitstoot van broeikasgassen in Nederland in 2030 ongeveer te halveren (vergeleken met 1990). In 2050 moet de uitstoot van broeikasgassen met 95% afgenomen zijn. Een van de afspraken die daarvoor is gemaakt, is dat dat Nederland uiterlijk in 2050 volledig aardgasvrij is.
Klimaatwet (2023)	De Klimaatwet vormt een centraal onderdeel van het Nederlandse klimaatbeleid. Een van de belangrijkste doelstellingen is het terugdringen van de CO ₂ uitstoot met 49% in 2030 ten opzichte van het niveau in 1990. Voor 2050 is het streven een reductie van 95% van de uitstoot van broeikasgassen ten opzichte van 1990.
Programma Schoon en Emissieloos Bouwen (SEB) (2023)	Het Programma Schoon en Emissieloos Bouwen (SEB) is een initiatief van de Rijksoverheid. Het doel van dit programma is om de uitstoot van schadelijke stoffen, zoals stikstof en CO ₂ , in de bouwsector drastisch te verminderen. Het SEB richt zich op het terugdringen van emissies bij bouwmaterieel en bouwlogistiek, zoals graafmachines, hijskranen en vrachtwagens. De overgang naar schoon en emissieloos bouwen verloopt gefaseerd met onder andere tussendoelen voor 2026 en 2030. In 2030 moet het merendeel van het bouwmaterieel emissieloos zijn. Uiteindelijk is het doel om de bouwsector in 2050 volledig schoon en emissieloos te laten opereren.

Wet collectieve warmte (2025)¹	Voorheen de Warmtewet. Het doel van de Wet collectieve warmte (Wcw) is om de ontwikkeling van nieuwe warmtenetten te vergemakkelijken en zo de energietransitie te bevorderen. Maar ook om betaalbaarheid, betrouwbaarheid en duurzaamheid van collectieve warmtelevering te waarborgen. Ook worden er met de wet CO ₂ eisen gesteld aan de te leveren warmte bij collectieve systemen. In de Wcw is het ophaalrecht voor restwarmte gewaarborgd. Dit houdt in dat een warmteleverancier recht heeft op restwarmte van een bedrijf, mits ze de afname ervan faciliteren en tot een overeenkomst kunnen komen. Het ophaalrecht is ter bevordering van restwarmtegebruik in de warmtevoorziening.
Provinciaal beleid	
Provinciaal Meerjarenprogramma Infrastructuur Energie En Klimaat Zeeland (2025)	In haar meerjarenprogramma legt de provincie Zeeland haar klimaat en energie doelen vast. De provincie streeft naar een duurzaam, betrouwbaar, betaalbaar en rechtvaardig energiesysteem voor 2030–2050. Op vlak van restwarmte heeft Zeeland de ambitie om restwarmte van industrieën en bedrijventerreinen her te gebruiken, o.a. door deze te koppelen aan glastuinbouw en woningen.
Provinciaal Meerjarenprogramma Infrastructuur Energie en Klimaat Zuid-Holland (2023)	pMIEK is een provinciaal programma van de provincie Zuid-Holland dat richting geeft aan de ontwikkeling van het energiesysteem op de middellange en lange termijn.
Provinciaal Meerjarenprogramma Infrastructuur Energie En Klimaat Groningen versie 2 (2025)	Provincie Groningen wil de energietransitie versnellen door tijdige aanleg van energie- en klimaatinfrastructuur. Het programma richt zich op het afbouwen van aardgas, toename van elektriciteitsgebruik, en inzet van nieuwe energiedragers zoals waterstof. Het doel is het voorkomen van netcongestie en vertraging in woningbouw, bedrijvigheid en verduurzaming. Specifiek op gebied van warmte: het aanleggen van een warmtetransportleiding van Eemsregio naar Groningen om restwarmte uit industrie te benutten.
Energievisie Zeeland (2025)	Op 4 juli 2025 is de Energievisie Zeeland vastgesteld. De Energievisie gaat over het energiesysteem van de toekomst en welke keuzes er de komende jaren gemaakt moeten worden om over te kunnen stappen op duurzame energievormen in Zeeland.
CES Cluster Noord-Nederland (2024)	De Cluster Energiestrategie (CES 3.0) schetst een beeld van de verduurzaming van de industrie en elektriciteitssector in Noord-Nederland en gaat specifiek over vraag en aanbod van energie(dragers), CO ₂ , elektriciteitsproductie en warmteproductie binnen de subclusters Eemshaven, Emmen en Delfzijl. De gezamenlijke industrie, inclusief elektriciteitsproducenten in het cluster Noord-Nederland, heeft plannen opgesteld om in 2030 8.1 Mton CO ₂ te reduceren van de 9 Mton CO ₂ -emissie in het referentiejaar 2021. In absolute zin komt het overgrote deel van deze afname van de elektriciteitscentrales van RWE en ENGIE in de Eemshaven. Relevante speerpunten zijn: <ul style="list-style-type: none"> • 93% CO₂-reductie in elektriciteitssector in 2030. • 60% CO₂-reductie in industrie in 2030. • Restwarmte-uitwisseling naar gebouwde omgeving (Groningen e.o.).
RES 3.0 Groningen (2025)	Groningen wil in 2030 minimaal 5,7 TWh duurzame elektriciteit opwekken. Tot nu toe is 4,49 TWh gerealiseerd (79% van het doel). Grote uitdagingen zijn netcongestie, vertraagde vergunningen, dalende stroomprijzen en stijgende bouwkosten.
Gemeentelijk beleid	
Warmtetransitieplan Het Hogeland	Gemeente Het Hogeland heeft een plan opgesteld waarin staat dat alle gebouwen uiterlijk in 2050 aardgasvrij moeten zijn. De ambitie is om dit al in 2035 te realiseren. Het plan bevat uitgangspunten voor de volgorde van wijken, participatie, en alternatieven voor aardgas.
Rotterdamse Transitievisie Warmte	Rotterdam wil in 2050 volledig aardgasvrij zijn. De visie beschrijft een gebiedsgerichte aanpak met restwarmte, geothermie, aquathermie en schone elektriciteit als alternatieven. Voor veel wijken is een warmtenet het meest kansrijke alternatief. Daarnaast wordt rekening gehouden met een uitbereiding van het WarmtelinQ net.
De Transitievisie Warmte Gemeente Borsele	De Transitievisie Warmte is gericht op het verlagen van CO ₂ -uitstoot en het vervangen van aardgas voor duurzame alternatieven uiterlijk in 2045. Dorpsplannen worden opgesteld om per buurt concrete stappen te zetten.

¹ De wet collectieve warmte is aangenomen door de Tweede kamer op 1 juli 2025, en wordt behandeld in de Eerste Kamer op 9 december 2025. Zoals het er nu uitziet treedt de wet ergens in 2026 in werking.

De Transitievisie Warmte Gemeente Vlissingen	De Transitievisie Warmte is vastgesteld op 9 december 2021. Het plan biedt een eerste beschrijving van kansen en alternatieven voor aardgas, en vormt het startpunt voor verdere uitwerking per buurt.
Transitievisie Warmte Terneuzen	De visie beschrijft per wijk of dorp logische routes richting aardgasvrij. Er wordt gewerkt aan verkenningen en planvorming, met aandacht voor technische en financiële haalbaarheid en participatie.
Klimaat Actieplan Rotterdam	Het Klimaat Actieplan Rotterdam heeft de volgende ambities: <ul style="list-style-type: none"> • CO₂-reductie: 55% minder uitstoot in 2030 en klimaatneutraliteit in 2050. • Duurzame energiebronnen: zoals zon, wind, restwarmte, geothermie en aquathermie. • Warmtenetten: als infrastructuur voor collectieve warmtevoorziening, vaak gekoppeld aan industriële restwarmte. • Ruimtelijke integratie: aanleg van warmtenetten wordt gecombineerd met andere stadsprojecten zoals rioolvervangings en vergroening.

3.3 Beoordelingskader plan-MER

In de tabel 3-1 is het beoordelingskader voor het aspect duurzame energie weergegeven. Onder het criterium duurzame energie vallen sub-criteria meekoppelkansen restwarmte en CO₂ uitstoot. Respectievelijk worden deze in de bedrijfsfase en de bouwfase beschouwd.

Tabel 3-2 Beoordelingskader voor de effecten op duurzame energie

Aspect	Criteria	Criteria	
		Bouwfase	Bedrijfsfase
Fysieke leefomgeving (Milieuaspecten)			
Duurzame energie	Meekoppelkansen restwarmte		✓
	CO ₂ uitstoot	✓	✓

Meekoppelkansen restwarmte

Om de meekoppelkansen voor restwarmte per alternatief te beoordelen, is eerst geanalyseerd in hoeverre restwarmte uit kerncentrales beschikbaar en technisch te gebruiken is. Vervolgens is per alternatief gekeken naar de geschiktheid en de kansen voor toepassing van deze restwarmte. De beoordeling is gebaseerd op openbaar beschikbare informatie en het actuele beleid binnen de betreffende regio's.

CO₂ uitstoot

Om de CO₂ uitstoot te beoordelen is naar bouw- en bedrijfsfase gekeken. In dit deelrapport wordt per alternatief de toename van CO₂ uitstoot beschreven op basis van Aerijs-berekeningen.² Om de CO₂-uitstoot te berekenen wordt gewerkt met de eenheid CO₂ equivalent, om een completer beeld van de impact van het voornemen te krijgen. Onder CO₂-eq kan naast CO₂ ook andere broeikasgassen meegewogen worden. Eén kg CO₂-eq staat gelijk aan de broeikasgas werking van een kg CO₂.

In de bouwfase wordt voor een piekjaar de CO₂ uitstoot berekend en vergeleken met de referentiesituatie. Voor de bedrijfsfase wordt de verwacht gemiddelde jaarlijkse uitstoot berekend. De CO₂ uitstoot in de bouwfase is toegespitst op de verwachte locatiespecifieke werkzaamheden die nodig zijn om het alternatief geschikt te maken voor realisatie van de kerncentrales. De activiteiten bij de bouw van kerncentrales emitteren CO₂ wat tot een tijdelijke CO₂ toename leidt gedurende deze periode. Deze toename wordt in dit deelrapport in beeld gebracht. Voor de bedrijfsfase zijn de CO₂-emissies per alternatief geanalyseerd en vergeleken met de huidige emissies. Zo ontstaat inzicht in de relatieve impact van de kerncentrale tijdens exploitatie. Voor het inschatten van de CO₂ uitstoot is data uit openbare bronnen gebruikt. Hiervoor is de meest recente, openbaar beschikbare informatie benut. In de meeste gevallen gaat het om data uit 2024.

² Op basis van AERIUS-calculator versie 2025

4. Meekoppelkansen restwarmte

4.1 Huidige situatie en referentiesituatie

4.1.1 Eemshaven

De Eemshaven huisvest energiecentrales, datacenters en windparken, en is een knooppunt voor energie-infrastructuur. De aanwezigheid van zware industrie garandeert een constante warmtevraag, die wordt vervuld met gasgestookte boilers (*Nationaal Programma Verduurzaming Energie, z.d.*). De bevolkingsdichtheid in de directe omgeving is laag, maar steden als Delfzijl en Groningen liggen op redelijke afstand (op respectievelijk ca 15 en 30 kilometer). Er is er geen warmtenet in de Eemshaven aanwezig. De provincie Groningen onderzoekt de mogelijkheid om een centrale warmteleiding aan te leggen vanaf de Eemshaven naar Groningen-Stad om de restwarmte van het industriegebied te benutten voor het stedelijke warmtenet (*Provincie Groningen, 2025*).

4.1.2 Maasvlakte II

De Maasvlakte is een opgespoten haven- en industriegebied aan de monding van de Nieuwe Waterweg en is onderdeel van het Rotterdamse havencomplex. Het gebied is zwaar geïndustrialiseerd en kent een hoge energievraag. Er zijn warmtenetten richting Rotterdam en omliggende gemeenten, en het gebied is goed verbonden met de rest van Nederland via infrastructuur en logistiek (*Port of Rotterdam, z.d.*).

WarmtelinQ is bezig met het realiseren van een transportleiding voor restwarmte uit het Rotterdamse havencomplex (*WarmtelinQ, z.d.*). De aanleg van de leiding is in 2022 begonnen. Verwacht wordt dat de leiding in 2026/2027 warmte kan transporteren. Daarnaast worden er opties onderzocht om restwarmte uit industrie op Maasvlakte I en II te benutten voor glastuinbouw, het verwarmen van woningen of als piek/backup voorziening in andere warmtesystemen (*Port of Rotterdam, 2022*). In opdracht van Havenbedrijf Rotterdam worden scenario's verkend voor een verlenging van de WarmtelinQ leiding (*Royal haskoningDHV, 2022*).



Figuur 4-1 WarmtelinQ transportleiding restwarmte uit het Rotterdamse havencomplex (Bron: WarmtelinQ)

4.1.3 Sloegebied

Het Sloegebied ligt nabij Vlissingen en is een industrieel havengebied met energiecentrales, chemische industrie en logistieke bedrijven. De regio heeft een lage bevolkingsdichtheid, maar er is wel een constante industriële en stedelijke warmtevraag. Er is nog geen warmtenet in het Sloegebied. In Middelburg en Vlissingen lopen proeftuinen om restwarmte van lokale industrie of supermarkten in te zetten voor het verwarmen van buurten (*Warmtenetwerk, n.d., I & II*). Er wordt onderzoek gedaan naar het gebruik van de restwarmte van het Sloegebied voor een nog te realiseren warmtenet in Midden-Zeeland (*Provincie Zeeland, n.d.*).

4.1.4 Terneuzen

Terneuzen is een industriestad in Zeeuws-Vlaanderen, met een sterk aanwezige chemische industrie (zoals Dow Benelux). De stad ligt aan het Kanaal Gent-Terneuzen en heeft een directe verbinding met België. De regio kent een lage bevolkingsdichtheid, maar wel een substantiële warmtevraag vanuit industrie en stedelijke gebied. Er is nog geen warmtenet aanwezig en er zijn geen concrete plannen om een warmtenet te realiseren.

4.2 Effectbeschrijving bedrijfsfase

4.2.1 Algemeen

Bij energieopwekking, zoals kernsplijting, komt veel warmte vrij. De warmte die niet wordt benut voor het opwekken van energie, wordt gekoeld en afgevoerd via water of lucht. De resterende warmte kan echter een nuttige bestemming krijgen, bijvoorbeeld voor het verwarmen van woningen of inzet in andere bedrijfsprocessen.

Voor restwarmte geldt een strenge definitie vanuit Europese regelgeving: “Onvermijdelijke warmte of koude die als bijproduct in industriële of stroomopwekkingsinstallaties of in de tertiaire sector wordt opgewekt, die ongebruikt terecht zou komen in lucht of water zonder verbinding met een stadsverwarmings- of koelingssysteem, wanneer een warmtekrachtkoppelingproces is gebruikt of zal worden gebruikt of warmtekrachtkoppeling niet haalbaar is.”³

Of restwarmte geschikt is voor gebruik als warmtebron, is afhankelijk van drie factoren:

1. de temperatuur van restwarmte (relevant voor financiële en technische haalbaarheid);
2. afstand tot een warmtenet en/of afnemers;
3. de leveringszekerheid (is de levering van warmte aan de afnemer betrouwbaar of zijn er additionele warmtebronnen waardoor er leveringszekerheid gegarandeerd kan worden).

Temperatuur van de restwarmte

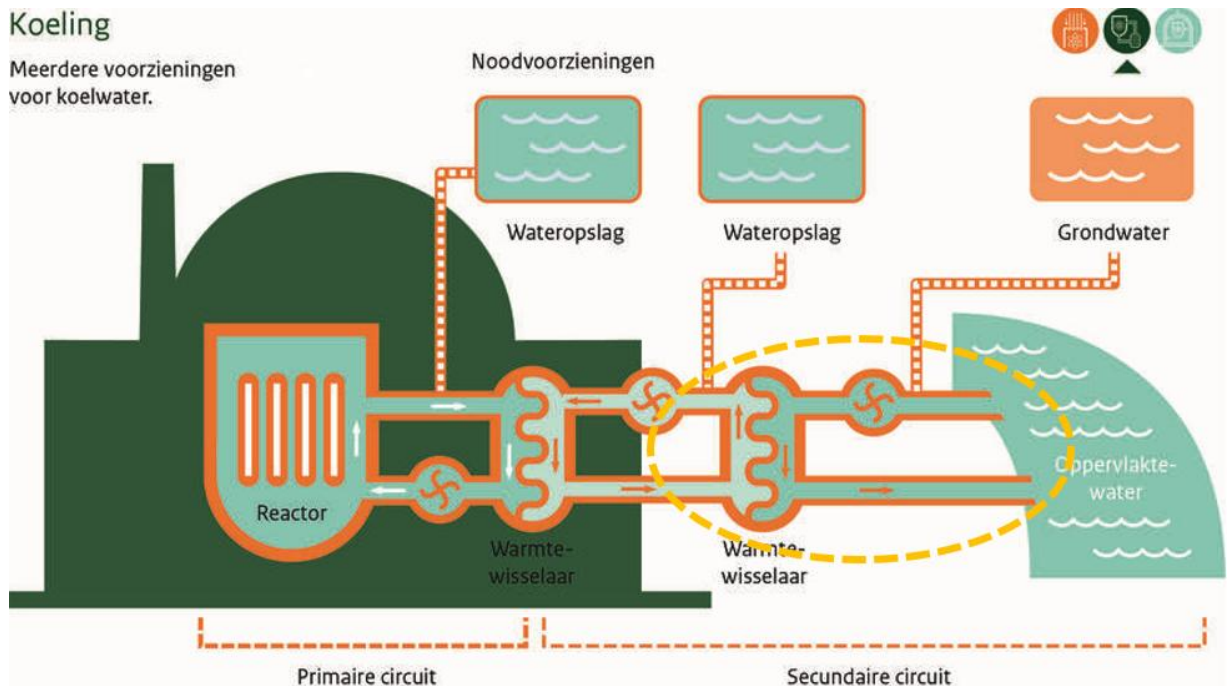
Bij het opwekken van elektriciteit in een kerncentrale komt veel warmte vrij. De warmte ontstaat tijdens het kernsplijtingsproces in de reactor, waarbij de vrijgekomen energie wordt gebruikt om water te verhitten tot stoom. De stoom drijft vervolgens een turbine aan die elektriciteit opwekt. Een groot deel van de opgewekte warmte wordt niet omgezet in elektriciteit en blijft als restwarmte over. De restwarmte wordt doorgaans afgevoerd via een koelwatersysteem, waarbij het water na gebruik wordt teruggevoerd naar het oorspronkelijke waterlichaam. Indien de temperatuur van het koelwater boven de wettelijke norm uitkomt, kan aanvullende koeling noodzakelijk zijn voordat lozing plaatsvindt. Er is sprake van CO₂-vrije restwarmte, aangezien er geen fossiele brandstoffen worden verbrand tijdens het splijtingsproces (zie figuur 4-2).

Het gebruiken van de restwarmte van kerncentrales is geen nieuw concept. Het wordt of is in het verleden toegepast in Rusland, Zweden, Hongarije, Bulgarije, Slowakije, Roemenië, Zwitserland en China (*Opadoun, Tao & Lamb, 2025*). De generator III+ heeft een thermische efficiëntie van 33%. Dit betekent dat ongeveer een derde van de vrijgekomen warmte door kernsplijting, dat in de stoom waterkringloop is gekomen, wordt omgezet tot elektriciteit. Dit betekent dat er relatief veel lage temperatuur warmte geproduceerd wordt die uiteindelijk weer geloosd moet worden in de omgeving.

³ Richtlijn (EU) 2018/2001 van het Europees Parlement en de Raad van 11 december 2018 ter bevordering van het gebruik van energie uit hernieuwbare bronnen (herschikking), Publicatieblad van de Europese Unie, L 328/82, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/NL/ALL/?uri=CELEX:32018L2001>

Koeling

Meerdere voorzieningen voor koelwater.



Figuur 4-2 Illustratie van de verschillende waterkringlopen, geel omcirkeld is de 3^e waterkringloop, deze kan ingezet worden voor restwarmte (bron: Autoriteit Nucleaire Veiligheid en Stralingsbescherming)

Op twee punten kan warmte uit de generator gehaald worden: uit de tweede en derde waterkringloop. Bij de tweede kringloop (stoomkringloop) vergt dit een aanpassing van het systeem waarbij er tot maximaal 5% verlies in thermische efficiëntie plaatsvindt. De kwaliteit van warmte in de tweede kringloop is aanzienlijk hoger dan in de derde kringloop, wat betekent dat de temperatuur veel hoger ligt. Bij het gebruiken van warmte uit de derde kringloop (koelwaterkringloop) is de warmte van lagere kwaliteit maar er is een minder ingrijpende aanpassing nodig aan het systeem (Novosel, Zvar, Ploj & Avsec, 2015; Lipka & Rajewski, 2020).

In de stoomwaterkringloop is de watertemperatuur ongeveer 280 tot 300 graden Celsius (onderdeel van het secundaire circuit). Het water in de koelwaterkringloop is kouder: bij het lozen van koelwater is de temperatuur van het water 9 tot 12 graden Celsius warmer dan het waterlichaam waarin het geloosd wordt, mits niet extra gekoeld. Er zijn meer toepassingen voor restwarmte van hoge temperatuur dan lage temperatuur. Het afnemen van restwarmte uit de koelwaterkringloop van een kerncentrale is de eenvoudigste optie, omdat dit minder ingrijpende aanpassingen aan het ontwerp vereist. De restwarmte uit de koelwaterkringloop is geschikt voor het voeden van een laag temperatuur (LT) of een zeer lage temperatuur (ZLT) warmtenet.

Een ZLT warmtenet levert warmte tussen de 10 en 30 graden Celsius, een LT warmtenet levert warmte tussen 30 en 55 graden Celsius. Dit water kan bij de afnemer direct worden ingezet of worden opgewaardeerd. Sommige industriële activiteiten kunnen laagtemperatuur warmte rechtstreeks inzetten, in dat geval is geen opwaardering noodzakelijk. In (Z)LT warmtenet kan voor collectieve of individuele opwaardering gekozen worden om de warmte geschikt te maken voor toepassing.

Om warmte op te nemen uit de kringloop is een warmtewisselaar nodig. Een warmtewisselaar draagt de warmte uit het koelwater over op een ander medium. Dit betekent dat de vloeistoffen niet in direct contact met elkaar komen maar dat er enkel warmteoverdracht is. Er zijn twee soorten warmtewisselaars die ingezet kunnen worden voor het opnemen van warmte uit koelwater: een platenwarmtewisselaar of een shell-and-tube-warmtewisselaar. Het opgewarmde water kan dan in een (Z)LT warmtenet stromen of naar een afnemer getransporteerd worden.

Afstand tot een warmtenet en/of afnemers

De afstand waarover warmte via een warmtenet getransporteerd kan worden, is afhankelijk van de temperatuur van de warmte en het warmteverlies dat plaatsvindt. In theorie bestaat er geen maximum afstand. Transportleidingen kunnen warmte over grotere afstanden transporteren, waarna distributieleidingen het

verdelen over de afnemers via (huis)aansluitingen. Dit systeem is te vergelijken met het elektriciteitssysteem van hoogspanning, middenspanning en laagspanning (*Le pierrès, Luo, Berthiaud & Mazet, 2009*).

Daarom is de locatie van de kerncentrales een belangrijke factor in de vraag of restwarmte benut kan worden. Vanwege onvermijdelijke warmteverlies en de daarmee samenhangende kosten, moet de afstand tussen de afnemer en de reactor goed overwogen worden. Hoe langer de afstand, hoe beter de leidingen die de warmte verplaatsen geïsoleerd moeten zijn. Ook geldt, des te warmer de warmte op het moment van afname uit de kerncentrale, des te groter de afstand is waarover de temperatuur van bepaalde kwaliteit behouden kan worden. De twee langste distributieleidingen die warmte van kerncentrale naar een warmtenet brengen bevinden zich in Rusland (*Opadoun, Tao & Lamb, 2025*). Deze zijn respectievelijk 72 en 55 kilometer lang.

Leveringszekerheid

Leveringszekerheid is een essentiële voorwaarde voor het succesvol inzetten van restwarmte uit kerncentrales in warmtenetten. In tegenstelling tot sommige andere industriële bronnen van restwarmte, zoals afvalverbrandingsinstallaties of datacenters, bieden kerncentrales een relatief stabiele en continue warmteproductie. Dit komt doordat kerncentrales ontworpen zijn voor langdurige, ononderbroken bedrijfsvoering en doorgaans 24 uur per dag, 7 dagen per week elektriciteit en daarmee ook warmte leveren (*Lipka & Rajewski, 2020*).

De betrouwbaarheid van kerncentrales als warmtebron wordt versterkt door hun robuuste ontwerp en strikte veiligheids- en onderhoudsprotocollen. Volgens de Rijksoverheid zijn kerncentrales een bewezen technologie die een constante energievoorziening kunnen garanderen, wat hen tot een betrouwbare bron maakt binnen een mix van duurzame energiebronnen.

Er zijn ook aandachtspunten. Periodiek onderhoud of onvoorziene stilstanden kunnen de beschikbaarheid van restwarmte tijdelijk beïnvloeden. In dergelijke gevallen is het van belang dat het warmtenet beschikt over aanvullende warmtebronnen of buffers om de levering aan eindgebruikers te waarborgen. Dit vraagt om een goede systeemintegratie en flexibiliteit in de warmtevoorziening.

Daarnaast is het juridisch en organisatorisch van belang dat er duidelijke afspraken worden gemaakt over de beschikbaarheid en prioritering van restwarmtelevering, bijvoorbeeld in situaties waarin de elektriciteitsproductie minder is dan wel wordt stilgelegd. Het is noodzakelijk om afspraken te maken over de prioritering van warmtelevering, de beschikbaarheid van back-upbronnen en de rolverdeling tussen producent en warmteleverancier.

De leveringszekerheid van restwarmte door het voornemen is voor alle alternatieven gelijk en wordt daarom niet individueel beoordeeld per regio. Bij leveringszekerheid wordt gefocust op aanwezigheid van andere warmteleveranciers nabij het gebied.

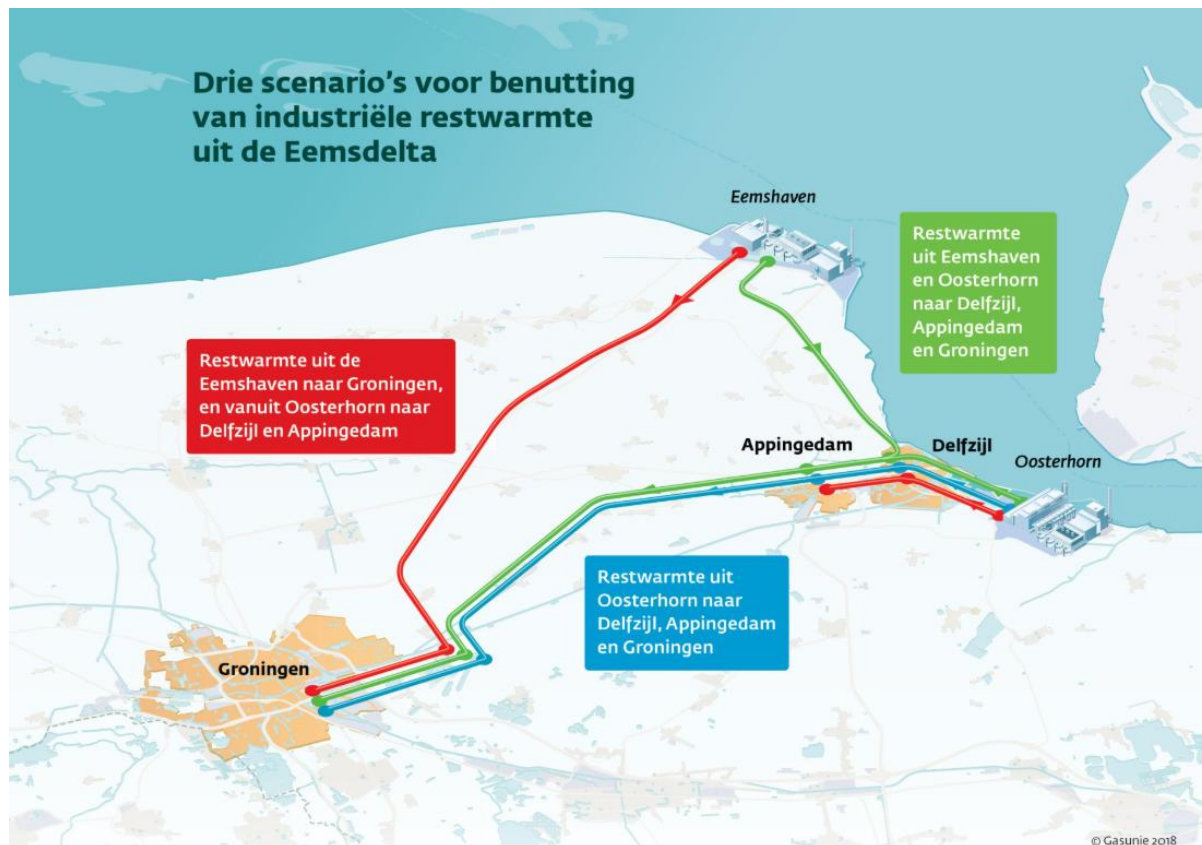
Samenvattend kan restwarmte uit kerncentrales, mits goed ingebed in het warmtesysteem en ondersteund door aanvullende bronnen, een betrouwbare bijdrage leveren aan de collectieve warmtevoorziening.

4.2.2 Eemshaven

Warmte-infrastructuur

In Groningen stad en Zuidhorn zijn in een aantal buurten warmtenetten aanwezig, waarin verschillende warmtebronnen worden gebruikt als bron in de omgeving rondom deze warmtenetten. Om restwarmte van kerncentrales in te zetten aanvullende warmtenetten noodzakelijk, wat investeringen vereist.

De provincie Groningen is bezig met de ontwikkeling van een regionaal Gronings warmtenet op basis van restwarmte uit de Eemsdelta. Dit wordt gedaan in samenwerking met gemeenten Groningen, Eemsdelta en Het Hogeland en WarmteStad, Groningen Seaports, Gasunie en Enpuls (*Provincie Groningen, 2025*). Er zijn scenario's ontwikkeld en er loopt een verdiepende haalbaarheidsstudie. Er zijn geen specifieke bedrijven in de Eemsdelta aangewezen als restwarmte bron. De hoofdzakelijke afnemers lijken, op basis van de scenario's, woningen te zijn.



Figuur 4-3 Scenario's benutting restwarmte Eemshaven (bron: Gasunie)

Temperatuurniveau

De restwarmte uit kerncentrales past niet goed bij de industriële warmtevraag in het gebied door de lage temperatuur van de restwarmte, opwaardering is noodzakelijk. Voor huishoudens is opwaardering nodig voordat het in de woning benut kan worden. Dit kan collectief of individueel gedaan worden.

Afstand tot afnemers

De aanwezigheid van industrie en woningen betekent een continue warmtevraag. De afstand tot grotere woonkernen zoals Groningen-Stad (ca 30 km) kan een uitdaging vormen. Warmteverlies en kosten nemen toe bij lange leidingen. Dichterbij zijn kleinere woonkernen die potentiële afnemers kunnen zijn. De kernen die onderzocht worden voor het regionale warmtenet zijn Uithuizen, Winsum en Bedum en grotere dorpen op deze lijn.



Figuur 4-4 Eemshaven potentiële afnemers restwarmte

Leveringszekerheid

In Eemshaven zijn bedrijven aanwezig die restwarmte kunnen leveren. Door meerdere warmteleveranciers en de kerncentrales samen te koppelen in een collectief warmtenet kan leveringszekerheid van restwarmte worden gegarandeerd.

4.2.3 Maasvlakte II

Warmte-infrastructuur

Er is een uitgebreid warmtenet aanwezig of gepland (WarmtelinQ) op circa 35 km afstand. Integratie in dit bestaande warmtenet is wellicht mogelijk met de aanleg van een transportleiding tot het warmtenet van WarmtelinQ, maar vergt aanvullend onderzoek. Er zijn onderzoeken geweest naar het verbinden van andere bedrijven (bijvoorbeeld van elektrolyser of Enecogen) op Maasvlakte II aan het WarmtelinQ warmtenet op hoog detailniveau (*Royal HaskoningDHV, 2022*). Uit het onderzoek blijkt dat een groot warmtenet met meerdere afnemers (voor inwoners en bedrijven) en meerdere leveranciers organisatorisch uitdagend is, maar haalbaar wanneer wordt gekozen voor een bredere ontwikkeling op gebied van warmte in en rond de Maasvlakte.

Temperatuurniveau

De restwarmte kan worden ingezet voor industriële processen in de regio en via bestaande netten worden opgewaardeerd voor huishoudens of andere industriële doeleinde.

Afstand tot afnemers

De nabijheid van stedelijke gebieden zoals Rotterdam en Den Haag maakt het alternatief geschikt ondanks de afstand tot deze steden (respectievelijke afstanden ca 40 en 60 kilometer), hoofdzakelijk omdat hier al warmte-infrastructuur naar toe wordt aangelegd (WarmtelinQ). In de Transitievisie Warmte van de aangrenzende gemeente Nissewaard wordt ook gesproken van het gebruik van restwarmte uit het havengebied (*Gemeente Nissewaard, 2020*). Daarnaast wordt in het havengebied ingezet op het effectief gebruik van restwarmte en het onderling uitwisselen van energie.



Figuur 4-5 Maasvlakte II potentiële afnemers restwarmte

Leveringszekerheid

De Maasvlakte is robuust qua warmteleveranciers en warmtevraag. De aanwezigheid van andere warmtebronnen met verschillende temperatuurkwaliteit (bijvoorbeeld aquathermie uit waterzuivering) maakt integratie tot een warmtenet met meerdere warmtebronnen en -leveranciers voor de hand liggend, een zogenaamd hybride systeem.

4.2.4 Sloegebied

Warmte-infrastructuur

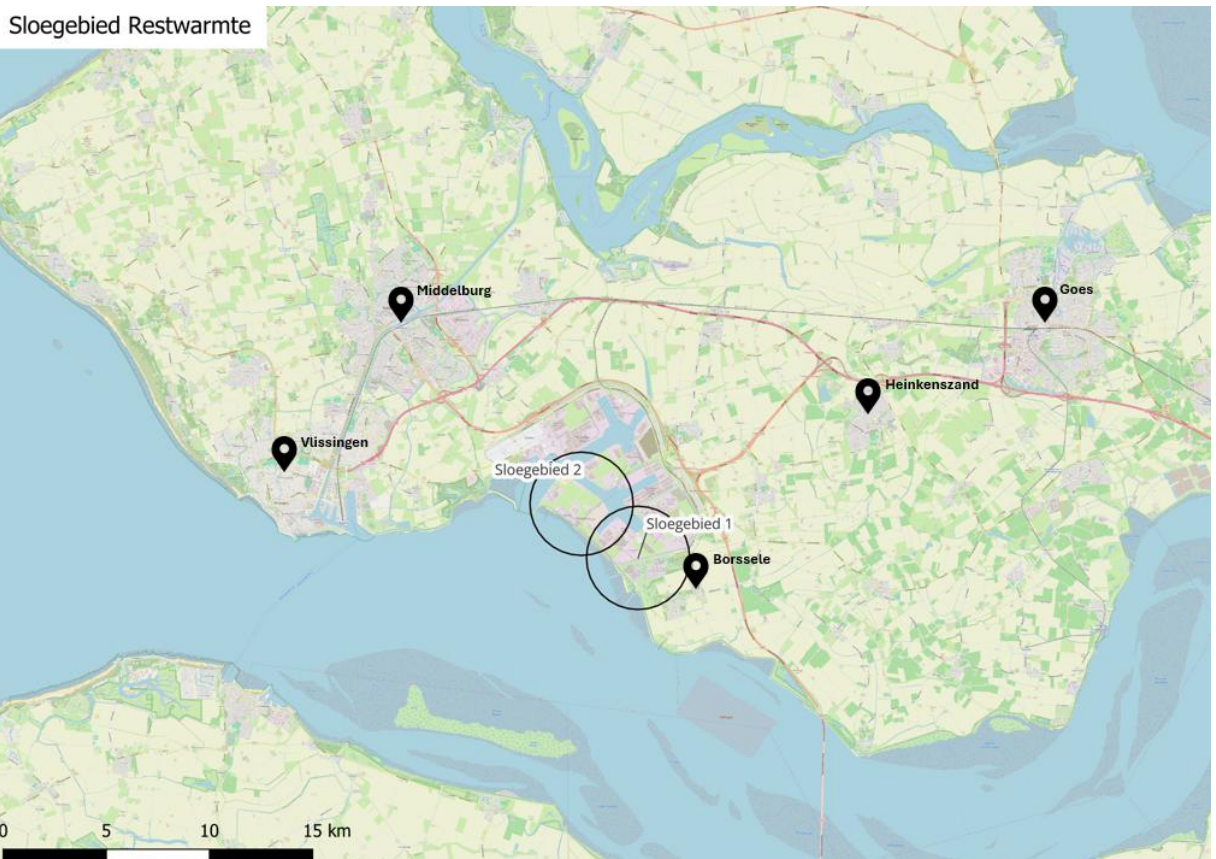
Er is beperkte bestaande infrastructuur voor warmtetransport naar woongebieden, maar het Sloegebied is niet verbonden via een warmtenet met woongebieden in de omgeving.

Temperatuurniveau

De industriële processen in het gebied kunnen profiteren van de constante restwarmte. Lage temperatuur restwarmte kan ingezet worden voor glastuinbouw bijvoorbeeld. Voor huishoudens of andere industriële doeleinde is aanvullende opwaardering van de temperatuur nodig.

Afstand tot afnemers

Vlissingen, Goes en Middelburg liggen in een radius van 30 kilometer, maar grootschalige warmtevraag is beperkt. Voor de dorpen Borssele en Heinkenszand wordt onderzoek gedaan naar de mogelijkheid voor een warmtenet (*Gemeente Borssele, z.d.*).



Figuur 4-6 Sloegebied potentiële afnemers restwarmte

Leveringszekerheid

De ligging van de alternatieven op een industrieterrein geeft kansen voor het koppelen van verschillende restwarmteleveranciers tot een gezamenlijke robuuste warmtebron.

4.2.5 Terneuzen

Warmte-infrastructuur

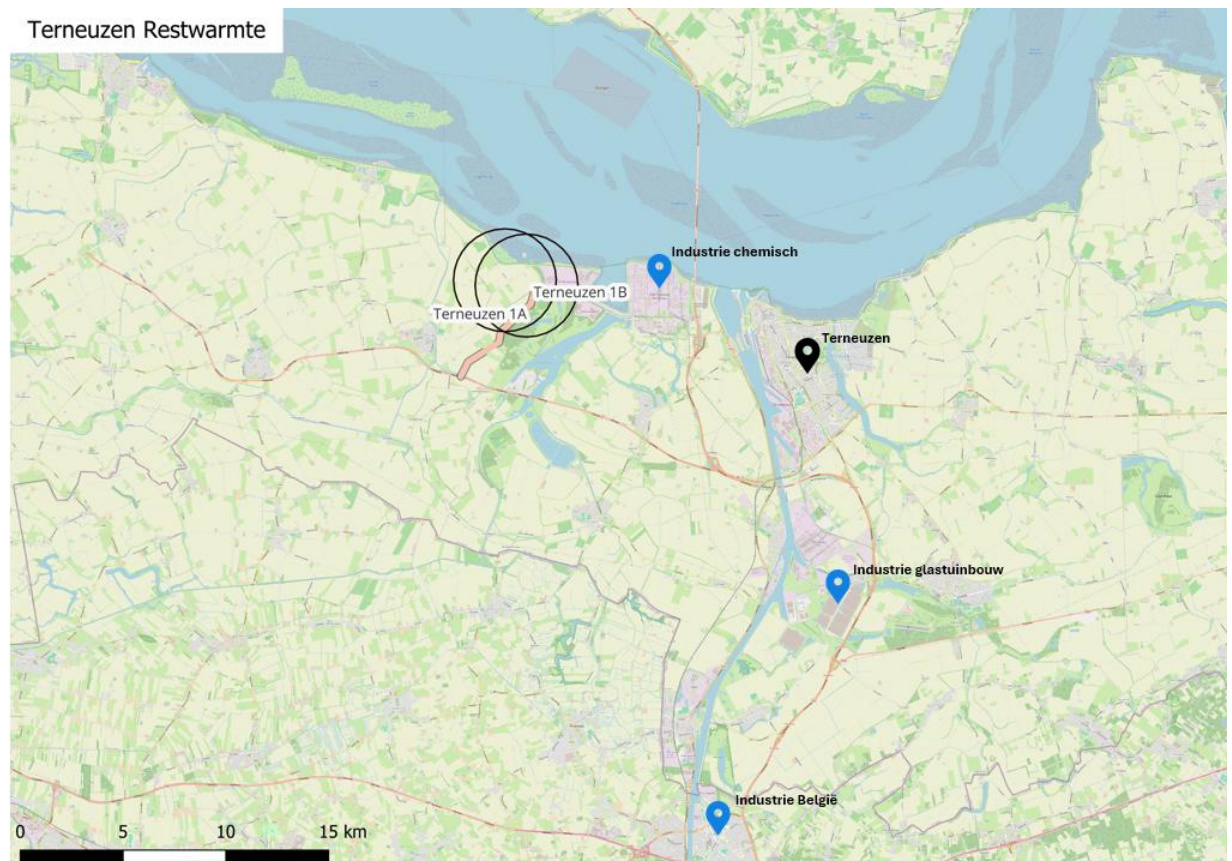
Er lopen onderzoeken voor verschillende warmtenetten, onder andere in samenwerking met Belgische partners. In 2021 is een haalbaarheidsstudie voor een grensoverschrijdende restwarmte warmtenet uitgevoerd (*Brandt, Thijssen, van der Groot, & van Schijndel, 2021*). Hieruit is gebleken dat zowel aparte als grensoverschrijdende warmtenetten mogelijk zijn. Op basis van deze studie worden nadere analyses gemaakt met verschillende belanghebbenden over de mogelijke realisatie van de warmtenetten.

Temperatuurniveau

Naast Terneuzen zijn er enkele woonkernen met warmteafnemers. Voor huishoudens is opwaardering vereist. De chemische industrie kan gebruikmaken van restwarmte mits opgewaardeerd. De glastuinbouw kan mogelijk laagtemperatuur warmte direct benutten.

Afstand tot afnemers

De nabijheid van Terneuzen en de bestaande relatie met Gent biedt kansen voor grensoverschrijdende warmtelevering. Dit kan een grote en stabiele warmtevraag betekenen, mits de afstand en grens overbrugd kan worden. Dichter bij de alternatieven liggen Terneuzen en enkele dorpskernen, waar eveneens sprake is van een warmtevraag. Bedrijfsmatig kan vooral glastuinbouw een geschikte afnemer zijn voor laagtemperatuur warmte.



Figuur 4-7 Terneuzen potentiële afnemers restwarmte

Leveringszekerheid

Er zijn verschillende industrie gebieden aanwezig waar medeleveranciers en afnemers kunnen worden gevonden.

4.3 Leemten in kennis en informatie

Het gebruiken van de restwarmte uit het energieopwekkingsproces vormt een kans voor de nieuwe kerncentrales om bij te dragen aan het lokale of regionale warmte systeem. Wanneer de restwarmte gebruikt wordt moet hiervoor een nieuwe koppeling worden aangelegd tot aan een nieuw of bestaand warmtenet. Het aanleggen van een warmtenet kan ruimtelijke impact en milieueffecten hebben.

In Nederland is restwarmte van kerncentrales nog niet ingezet voor woningverwarming of industriële toepassingen. De mogelijkheden en randvoorwaarden voor het benutten van deze warmte worden sterk bepaald door de specifieke locatie en de aanwezige warmtevraag. Zodra er meer duidelijkheid is over de omgeving en situering van de kerncentrales, is gericht onderzoek mogelijk naar de potentie en haalbaarheid van restwarmtebenutting.

De leveringszekerheid van restwarmte uit een kerncentrale is een aandachtspunt. Bij onderhoud of (ongepande) stilstand moet het warmtenet kunnen terugvallen op alternatieve warmtebronnen, ondersteund door duidelijke juridische en organisatorische afspraken tussen leveranciers en afnemers.

5. CO₂ uitstoot

In dit hoofdstuk is de levenscyclus van een kerncentrale geanalyseerd vanuit het perspectief van de koolstofdioxide uitstoot (CO₂-uitstoot). De analyse bestrijkt alle fasen: van de winning en verrijking van uranium, de bouw van de centrale, het transport van materialen en brandstof, vervoersbewegingen van werknemers, de operationele fase, het beheer van radioactief afval, tot en met de ontmanteling van de centrale aan het einde van de levensduur.

5.1 Huidige situatie en referentiesituatie

Het Klimaatakkoord uit 2019 is een centraal onderdeel van het Nederlandse klimaatbeleid. Een van de belangrijkste doelstellingen hierin is het terugdringen van CO₂-emissies met 49% ten opzichte van het niveau in 1990. Voor 2050 wordt gestreefd naar een reductie van 95% van CO₂-emissies in vergelijking tot het niveau van 1990.

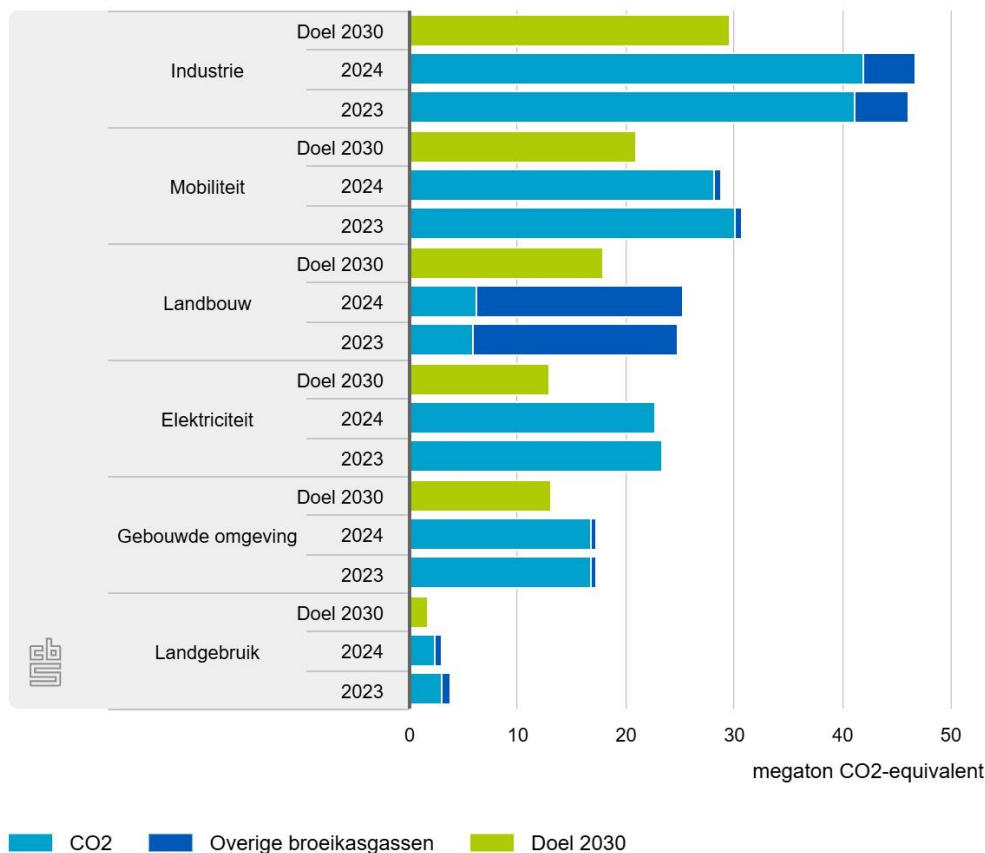
Er vinden activiteiten plaats in het plangebied van de alternatieven, vooral in de industrie en de landbouw, die CO₂ uitstoten.

Industrieën stoten CO₂ uit doordat zij energie gebruiken in hun productieprocessen of activiteiten, en transport. Afhankelijk van de bron van de energie varieert de hoeveelheid geëmitteerde CO₂. Wanneer groene of duurzame energie wordt gebruikt, is de CO₂ uitstoot lager. De Nederlandse industrie heeft met 33 procent veruit het grootste aandeel in de totale uitstoot van broeikasgassen in Nederland (*Nederlandse Emissieautoriteit, 2022*).

In energieopwekkingsprocessen op basis van fossiele brandstof komt CO₂ vrij. Vooral fossiele brandstoffen bevatten veel opgeslagen koolstof en hebben een hoge CO₂ uitstoot.

De landbouw emitteert broeikasgassen, zoals CO₂, methaan (CH₄) en distikstofmonoxide (N₂O, ofwel lachgas). Het gros van de uitstoot uit landbouwactiviteit is afkomstig van herkauwers, vooral rundvee, fermentatie, opslag van mest en bemesting, en aardgas dat in de glastuinbouw gebruikt wordt voor verwarmen (*Boonen, 2018*). Ongeveer een derde van de totale broeikasgassen uitstoot van de landbouwsector bestaat uit CO₂.

Uitstoot broeikasgassen per klimaatakkoordsector



Figuur 5-1 Uitstoot broeikasgassen per klimaatakkoordsector, megaton = 1 miljoen ton (bron: CBS 2025)

Voor alle alternatieven is de huidige jaarlijkse CO₂ uitstoot indicatief berekend op basis van openbaar beschikbare data. Het inschatten van de uitstoot voor toekomstige plannen is lastig omdat de exacte processen in een vroeg stadium vaak nog niet bekend zijn. Mogelijke procesoptimalisaties en de daarmee gepaard gaande vermindering in uitstoot worden vaak door opschaling geneutraliseerd, waardoor het netto-effect beperkt blijft. Daarom is aangenomen dat de jaarlijkse CO₂ uitstoot in de referentiesituatie gelijk blijft aan de huidige situatie.

5.1.1 Eemshaven

Eemshaven 1A

Aan de zuidzijde van de dijk zijn opslagsilo's van Vopak aanwezig met vloeibare en gasvormige chemie- en olieproducten. Deze zijn maatgevend voor de CO₂ uitstoot van Eemshaven 1A. Het vaststellen van de CO₂ uitstoot van opslagsilo's is complex, de uitstoot kan variëren op basis van opslagactiviteiten, type tank en andere operationele processen. Hoewel een tank geen CO₂ emitteert doen gerelateerde activiteiten dat wel, bijvoorbeeld het vullen of legen van de tank of het verwarmen/koelen van de tankinhoud. De aanname is dat er ongeveer 2.236,64 MT kg CO₂-eq wordt uitgestoten door Vopak Terminals Eemshaven.⁴

Er is ook een Permanent Militair Object (PMO) op Eemshaven 1A, aan de Julianahaven. PMO Eemshaven biedt ruimte voor verkeers- en vervoerspecialisten van defensie. Materiaal voor militaire oefeningen en missies ligt hier opgeslagen. Ook kunnen NAVO-bondgenoten gebruik maken van PMO Eemshaven. Opslagloodsen zelf stoten

⁴ Op basis van aanname dat de CO₂-emissies van Vopak evenredig over haar activiteiten in Nederland ontstaan zijn geeft een indicatie van de CO₂-emissies van de Vopak terminals in Eemshaven. In totaal heeft Vopak 7.8 miljoen m³ opslagcapaciteit in Nederland, waarvan 600.000 m³ Vopak terminal Eemshaven zijn. Dit betekent dat Vopak terminal Eemshaven ca 8% van Vopak Nederland is. In totaal heeft Vopak Nederland in 2024 31.952 MT kg CO₂-eq uitgestoten in scope 1 en 2. Op basis van de aanname dat 8% van de bedrijvigheid in Eemshaven plaatsvond, is hier 2.236,64 MT kg CO₂-eq uitgestoten (bron: Vopak Annual Report 2024).

geen grote hoeveelheden CO₂ uit. CO₂ uitstoot kan plaatsvinden door transport van materiaal of vervoer van medewerkers.

Ten westen van de Vopak terminals ligt een zonnepark. Zonneparken zelf stoten geen CO₂ uit. Enige uitstoot kan komen door onderhoud, maar dit is niet een noemenswaardig hoeveelheid.

Op het werkterrein zijn in de huidige situatie landbouwgronden, waaronder graan- en aardappelteelt en zeven windturbines aanwezig. In de referentiesituatie wordt dit terrein als industriegebied beoogd. Omdat niet bekend is welke industrie zich hier zal vestigen wordt in dit rapport de huidige situatie aangehouden voor de effectbeschrijving.

Windturbines stoten geen CO₂ uit. De landbouwgronden zijn voornamelijk akkerbouwgronden. Akkerbouw stoot CO₂ en neemt CO₂ op. Het opnemen van CO₂ door de gewassen is onderdeel van de kortcyclische koolstofkringloop: de door de gewassen opgenomen CO₂ komt na consumptie door planten en dieren binnen een paar maanden of enkele jaren weer vrij en wordt daarom niet meegenomen in de som van CO₂ uitstoot. Per hectare stoot akkerbouwgrond circa 2.300 kg CO₂ per jaar uit (*Wetenschappelijke klimaatraad, 2024*). Het werkterrein beslaat 150 hectare landbouwgrond, dit geeft een CO₂ uitstoot van 345.000 kg CO₂-eq per jaar.

In de huidige en referentiesituatie is de verwachte CO₂ uitstoot van alternatief Eemshaven 1A als volgt:

Tabel 5-1 Verwachte CO₂ uitstoot Eemshaven 1A

Terrein	CO ₂ uitstoot (in kg CO ₂ -eq)
Hoofdterrein	2.236.640
Werkterrein*	345.000
Totaal	2.581.640
<i>* Huidige situatie aangehouden i.v.m. onduidelijkheid referentiesituatie</i>	

Eemshaven 1B

Het hoofdterrein voor Eemshaven 1B ligt ten westen van de Eemshaven buiten het huidige industrieterrein. In de huidige situatie en referentiesituatie is hier circa 115 hectare landbouwgrond gevestigd met onder andere bieten- en graanteelt en lokale wegen. Het werkterrein is gelijk als bij Eemshaven 1A, hierbij wordt ook de huidige situatie aangehouden als bepalend voor de huidige emissies. In de huidige en referentiesituatie is de ongeveer verwachte CO₂ uitstoot per jaar van alternatief Eemshaven 1B als volgt:

Tabel 5-2 Verwachte CO₂ uitstoot Eemshaven 1B

Terrein	CO ₂ uitstoot (in kg CO ₂ -eq)
Hoofdterrein	264.500
Werkterrein*	345.000
Totaal	609.500
<i>* Huidige situatie aangehouden i.v.m. onduidelijkheid referentiesituatie</i>	

Eemshaven 2

In de referentiesituatie zijn er autonome ontwikkelingen gerealiseerd. De RWE-kolencentrale wordt verduurzaamd. De kolencentrale in de Eemshaven is na Tata de grootste CO₂-uitstoter van het land. In de kolencentrale wordt een mix van steenkolen en biomassa gebruikt om energie op te wekken. In totaal heeft de kolencentrale een productiecapaciteit van 1.560 MW verdeeld over twee units. In 2021 had de energiecentrale een uitstoot van 5,3 Mton⁵ kg CO₂-eq (*RWE, s.d.*).

Verder zijn er een groen-staalfabriek, een bovengrondse ringsluiting en een elektrolyser voorzien. De uitstoot van een groene staalfabriek is aanzienlijk lager dan bij traditionele productie, omdat er minder afhankelijkheid is van fossiele brandstoffen. Groen staal wordt geproduceerd met alternatieven, zoals hernieuwbare elektriciteit en waterstofreductie, wat leidt tot een aanzienlijk kleinere CO₂-voetafdruk. Gezien de onduidelijkheid omtrent de omvang van productie en exacte vorm van de groen-staalfabriek is het nu niet mogelijk om een indicatieve CO₂

⁵ 1 Mton (megaton) = 1.000.000 ton (een miljoen ton) = 1.000.000.000 kg (een miljard kilogram).

uitstoot in kaart te brengen. Elektrolyzers stoten in principe geen CO₂ uit. De kolencentrale is maatgevend voor de CO₂-emissies op het hoofdterrein Eemshaven 2.

Het werkterrein bestaat in de huidige situatie uit circa 125 hectare landbouwgrond. In de referentiesituatie wordt dit terrein als industriegebied beoogd. Omdat het niet duidelijk welke industrie zich hier zal vestigen wordt in dit rapport de huidige situatie aangehouden voor de effectbeschrijving. Dit geeft de volgende verwachte jaarlijkse CO₂ uitstoot voor Eemshaven 2:

Tabel 5-3 Verwachte CO₂ uitstoot Eemshaven 2

Terrein	CO ₂ uitstoot (in kg CO ₂ -eq)
Hoofdterrein	5.300.000.000
Werkterrein *	287.500
Totaal	5.300.287.500
<i>* Huidige situatie aangehouden i.v.m. onduidelijkheid referentiesituatie</i>	

Eemshaven 3

Op het perceel van alternatief Eemshaven 3 zijn de ENGIE Eemscentrale en een zonnepark gesitueerd. Een zonnepark stoot geen CO₂ uit. Enige uitstoot kan komen door onderhoud, maar dit is niet een noemenswaardig hoeveelheid. De ENGIE Eemscentrale is een gasgestookte energiecentrale: een type thermische centrale die elektriciteit opwekt door het verbranden van aardgas. De Eemscentrale heeft tussen 2021-2023 gemiddeld 1,3 miljoen ton CO₂ geëmitteerd per jaar. ENGIE is bezig met het installeren van een elektrische stoomboiler, die in 2026 in productie moet gaan (ENGIE, z.d.). Met een elektrische stoomboiler wordt per jaar tussen de 4.500 tot 15.000 ton CO₂ uitstoot bespaard (Ten Brinck, 2024). Hiermee wordt in de referentiesituatie uitgegaan van een verwacht jaarlijkse CO₂ uitstoot van 1.290.250 MT kg CO₂-eq.

Het werkterrein bestaat in de huidige situatie uit ca 125 hectare landbouwgrond, in de referentiesituatie wordt dit terrein als industriegebied beoogd. Omdat niet duidelijk is welke industrie zich hier vestigen wordt in dit rapport de huidige situatie aangehouden voor de effectbeschrijving. Dit geeft de volgende verwachte jaarlijkse CO₂ uitstoot voor Eemshaven:

Tabel 5-4 Verwachte CO₂ uitstoot Eemshaven 3

Terrein	CO ₂ uitstoot (in kg CO ₂ -eq)
Hoofdterrein	1.290.250.000
Werkterrein*	287.500
Totaal	1.290.537.500
<i>* Huidige situatie aangehouden i.v.m. onduidelijkheid referentiesituatie</i>	

5.1.2 Maasvlakte II

Het hoofdterrein ligt aan de zuidwestkant van Maasvlakte II. In de huidige situatie bestaat dit terrein voornamelijk uit braakliggende grond. Er staan opslagloodsen en er zijn geasfalteerde parkeerplaatsen, dit alles beslaat ongeveer 30 hectare. Opslagloodsen stoten geen grote hoeveelheden CO₂ uit. Enige CO₂ uitstoot kan komen door transport van materiaal of vervoer van medewerkers. De CO₂ uitstoot is daarom niet significant. Verkeersbewegingen over wegen worden niet meegenomen in de verwachte jaarlijkse CO₂ uitstoot.

5.1.3 Sloegebied

Sloegebied 1

Het plangebied van Sloegebied 1 omvat een zonnepark, een converterstation in aanbouw, en voorzieningen van de EPZ-kerncentrale (kantoorgebouwen, parkeerplekken, etc.). Het werkterrein strekt zich in zuidelijke richting uit tussen de kerncentrale en het hoogspanningsstation en bestaat grotendeels uit grasland (ca 21 hectare), met daarnaast bovengrondse hoogspanningsverbindingen. Gezien de aard van de aanwezige infrastructuur en het beperkte actieve gebruik van het terrein zijn er geen significante jaarlijkse CO₂-emissies te verwachten.

CO₂-emissies gerelateerd aan de EPZ-kerncentrale worden toegerekend tot het resterende EPZ-terrein dat buiten de grenzen van het plangebied ligt, waar het gros van de activiteiten plaatsvinden. Deze blijven bestaan in de referentiesituatie maar vallen buiten het terrein van Sloegebied 1. De EPZ-kerncentrale gerelateerde voorziening binnen de grenzen van het plangebied emitteren geen noemenswaardige CO₂ uitstoot (*Ministerie van Klimaat en Groene Groei & Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, sd.*).

Sloegebied 2

Ongeveer vijftig hectare van Sloegebied 2 bestaat uit braakliggend grasland, het overige terrein is gevuld met lokale wegen en spoorinfrastructuur. Daarnaast zijn er enkele industriële voorzieningen en een transformatorstation aanwezig. De industriële voorzieningen zijn gerelateerd aan de opslag van materieel. Het opslaan van kolen gebeurt ook op dit terrein, maar veroorzaakt vrijwel geen CO₂ emissies. Gezien het huidige gebruik en de aard van het terrein zijn er geen significante jaarlijkse CO₂-emissies te verwachten.

5.1.4 Terneuzen

Terneuzen 1A

Het hoofdterrein van Terneuzen 1A ligt op de Mosselbanken, ten oosten van de Paulinapolder. Het hoofdterrein bestaat voornamelijk uit gras (ca 33 hectare), een zonnepark en lokale wegen. Geen van deze drie functies stoot CO₂ uit. Enige uitstoot kan komen door onderhoud aan de wegen of zonneparken, maar dit is geen noemenswaardig hoeveelheid.

Het werkterrein ligt aan de zuidoostkant van de Paulinapolder naast de Braakman. Het land wordt in de huidige situatie gebruikt voor landbouw en bedraagt ca 196 hectare. Dit geeft een verwachte jaarlijkse CO₂ uitstoot voor Terneuzen 1A van:

Tabel 5-5 Verwachte CO₂ uitstoot Terneuzen 1A

Terrein	CO ₂ uitstoot (in kg CO ₂ -eq)
Hoofdterrein	Geen relevante uitstoot.
Werkterrein	450.800
Totaal	450.800

Terneuzen 1B

Het hoofd en werkterrein van Terneuzen 1B liggen op landbouwgrond in de Paulinapolder. Het hoofdterrein wordt gerealiseerd op ca 142 hectare landbouwgrond, het werkterrein op ca 102 hectare landbouwgrond. Dit geeft een verwachte jaarlijkse CO₂ uitstoot voor Terneuzen 1B van:

Tabel 5-6 Verwachte CO₂ uitstoot Terneuzen 1B

Terrein	CO ₂ uitstoot (in kg CO ₂ -eq)
Hoofdterrein	326.600
Werkterrein	234.600
Totaal	561.200

5.2 Effectbeschrijving bouwfase

In de bouwfase van de kerncentrales ontstaan CO₂-emissies door materiaalgebruik, bouwactiviteiten, verkeer- en transportbewegingen, etc. Het gros van CO₂-emissies worden geëmitteerd in de bouwfase. In de bedrijfsfase is dit beperkt tot verkeer- en transportbewegingen en het maandelijks proefdraaien van dieselgeneratoren (back-up elektriciteitsvoorziening).

Op basis van de aanlegwerkzaamheden en bijbehorende brandstofverbruik is een indicatie van de CO₂-emissies berekend voor de bouwfase. Dit is gedaan op basis van de aanname dat ca 1 kg stikstofoxiden (NO_x) gelijk staat aan 569 kg CO₂ (*CO2Emissiefactoren.nl, z.d.; Ligterink, Dellaert & van Mensch, 2021*). Op basis van AERIUS-

berekeningen⁶ is vastgesteld dat voor de bouw van kerncentrales volgens het voornemen 2.115 ton stikstofoxiden vrijkomen in totaal. In het piekjaar komt er 261 ton stikstofdioxiden vrij. Dit is voor de bouwwerkzaamheden, niet het bouw materiaal of verkeersbewegingen. De uitstoot stikstofdioxiden in het piekjaar staat gelijk aan 148.509 ton CO₂-eq. Deze CO₂-emissies zijn gelijk voor alle alternatieven.

Bouw materiaal heeft materiaalgebonden emissies. Materiaalgebonden emissie verwijst naar de broeikasgassen die vrijkomen tijdens de productie en het verwerken van materiaal. Bijvoorbeeld voor beton, waarvan voor de nieuwbouw kerncentrales één miljoen kubieke meter nodig is. Uitgaande van een CO₂-eq-emissie op basis van 299 kg CO₂/m³ geeft dat een emissie van 299.000 ton CO₂-eq (*Betonhuis, z.d.*). Het is onduidelijk hoeveel en welke andere materialen gebruikt worden bij de bouw van de kerncentrales, daarvoor moeten de emissies in een latere fase vastgesteld worden.

Daarnaast zijn er voor de meeste alternatieven locatiespecifieke werkzaamheden die moeten plaatsvinden om het alternatief geschikt te maken voor de nieuwe kerncentrales. Bijvoorbeeld het omleggen van een dijk of leidingen of het aanleggen van een toegangsweg. Dit is vastgelegd in het deelrapport Ecologie (*Antea Group, 2025*). In onderstaande tabellen zijn de uitgangspunten per alternatief voor werkzaamheden en de locatiespecifieke CO₂-emissies weergegeven.

⁶ AERIUS-calculator versie 2025. De AERIUS-berekeningen zijn gedaan op basis van de uitgangspunten vastgesteld in overleg met de opdrachtgever voor de bouw- en bedrijfsfase nieuwbouw kerncentrales. Zie hiervoor het deelrapport Ecologie (Antea Group, 2025).

Tabel 5-7 Overzicht locatiespecifieke aanvullende werkzaamheden

Alternatief	Locatiespecifieke werkzaamheden
Eemshaven 1A	<ul style="list-style-type: none"> • Amoveren Vopak (incl. Terminal) • Amoveren zonnepark • Amoveren HS Eemshaven midden • Amoveren windturbines • Ophogen hoofdterrein • Aanleg koelwaterafwatering
Eemshaven 1B	<ul style="list-style-type: none"> • Amoveren Vopak (excl. Terminal) • Amoveren windturbines • Ophogen hoofdterrein • Aanleg koelwaterafwatering
Eemshaven 2	<ul style="list-style-type: none"> • Amoveren Eemshavencentrale (kolencentrale) • Ophogen hoofdterrein • Aanleg koelwaterafwatering
Eemshaven 3	<ul style="list-style-type: none"> • Amoveren Eemscentrale (gascentrale) • Amoveren zonnepark • Amoveren windturbines • Ophogen hoofdterrein • Aanleg koelwaterafwatering
Maasvlakte II	<ul style="list-style-type: none"> • Ophogen hoofdterrein • Aanleg koelwaterafwatering
Sloegebied 1	<ul style="list-style-type: none"> • Amoveren convectorstation • Aanpassingen infrastructuur • Aanpassingen waterkering • Ophogen hoofdterrein • Aanleg koelwaterafwatering
Sloegebied 2	<ul style="list-style-type: none"> • Amoveren OVET (kolenoverslag) • Amoveren windturbines • Verplaatsen HS Vlissingen-Oost (klein station) • Ophogen hoofdterrein • Aanleg koelwaterafwatering
Terneuzen 1A	<ul style="list-style-type: none"> • Amoveren woningen en agrarische bedrijven • Amoveren zonnepark • Ophogen hoofdterrein • Aanleg koelwaterafwatering
Terneuzen 1B	<ul style="list-style-type: none"> • Amoveren woningen en agrarische bedrijven • Ophogen hoofdterrein • Aanleg koelwaterafwatering

De locatiespecifieke aanvullende werkzaamheden benoemd in Tabel 5-7 komen grotendeels overeen. Alternatief Maasvlakte II en Terneuzen 1A kennen naar verwachting de minste aanvullende activiteiten. Voor alternatief Eemshaven 1A en Eemshaven 2 zijn de meeste activiteiten nodig in de bouwfase om hier de kerncentrales te realiseren.

Tabel 5-8 Overzicht CO₂ uitstoot bouwfase kerncentrales per alternatief, afgerond naar ton CO₂-eq

Alternatief	Bouw kerncentrales	Bouwmateriaal	Locatiespecifieke emissies	Totaal
Eemshaven 1A	148.509	299.000	2.994	450.503
Eemshaven 1B	148.509	299.000	2.151	449.660
Eemshaven 2	148.509	299.000	3.243	450.752
Eemshaven 3	148.509	299.000	1.731	449.240
Maasvlakte II	148.509	299.000	521	448.030
Slogebied 1	148.509	299.000	1.362	448.871
Slogebied 2	148.509	299.000	1.471	448.980
Terneuzen 1A	148.509	299.000	1.194	448.703
Terneuzen 1B	148.509	299.000	1.267	448.776

In Tabel 5-8 is zichtbaar dat de totale verwachte CO₂-eq emissies in een range van 3.000 ton liggen van elkaar. Het onderscheid komt door verschil in omvang van de locatiespecifieke bouwactiviteiten.

Tabel 5-9 CO₂-emissies verkeer- en transportbewegingen

Alternatief	Uitstoot verkeer- en transportbewegingen piekjaar bouwfase (ton CO ₂ -eq/j)
Eemshaven 1A	4.146
Eemshaven 1B	4.146
Eemshaven 2	4.910
Eemshaven 3	4.910
Maasvlakte II	3.530
Slogebied 1	2.677
Slogebied 2	4.145
Terneuzen 1A	3.074
Terneuzen 1B	3.074

Naast de CO₂-emissies ontstaan door bouwactiviteiten, emitteren de verkeer- en transportbewegingen ook CO₂-emissies. De verwachte transportbewegingen in de bouwfase zijn gelijk voor alle alternatieven. Verkeersbewegingen van werknemers van en naar de terreinen zijn berekend voor een piekjaar, wanneer er 10.000 werknemers verwacht worden. In de jaren voor en na die piek van de bouwfase zijn de jaarlijkse verwachte CO₂-emissies minder. De afstand naar de alternatieven toe verschilt, wat tot verschillende CO₂-emissies per alternatief leidt zichtbaar in Tabel 5-9. Voor alternatief Slogebied 1 wordt de kleinste hoeveelheid CO₂ uitstoot verwacht door verkeer- en transportbewegingen. Voor alternatief Eemshaven 2 en 3 is de meeste CO₂ uitstoot verwacht.

5.3 Effectbeschrijving bedrijfsfase

Bij het beoordelen van de milieu- en klimaatimpact van energieopwekking is het essentieel om niet alleen te kijken naar de directe emissies tijdens de elektriciteitsproductie, maar ook naar de uitstoot die vrijkomt in de gehele productieketen. In de bedrijfsfase emitteren kerncentrales nauwelijks CO₂-emissies. In andere stappen van de productieketen zijn er wel emissies die bijdragen aan de totale klimaatimpact: de upstream en downstream emissies.⁷ Deze effectbeschrijving bestrijkt alle fasen van productieketen: de winning en verrijking van uranium, het opwekken van energie in de kerncentrale, het verwerken en verplaatsen van radioactief afval. Niet alle ketenstappen vallen onder de scope van dit plan-MER, maar om een accuraat en volledig beeld te geven zijn de verschillende ketenstappen meegenomen in deze effectbeschrijving. Het plan-MER focust op de bouw en bedrijfstelling van de kerncentrales en omvat uitsluitend de energieopwekkingfase van de productieketen. De uiteindelijke effectbeoordeling beperkt zich tot deze fase. In de voorgaande paragraaf zijn de CO₂-emissies in de

⁷ Upstream emissies is uitstoot dat plaatsvindt voor het productieproces, in dit geval voor het winnen en verrijken van de uranium-brandstof. Downstream emissies is uitstoot dat plaatsvindt na het productieproces.

bouwfase beschreven. Het ontmantelen van een kerncentrale zal ook tot CO₂-emissies leiden. Deze fase wordt niet meegenomen maar draagt wel bij aan de totale klimaatimpact. De CO₂-emissies van de kernenergie productieketen zijn gelijk voor alle alternatieven. Enig onderscheid is mogelijk in de afstand waarover uranium vervoerd naar de kerncentrale als brandstof en het afval dat voor verwerking weggebracht wordt. Dit kan over spoor of weg plaatsvinden.

Voor het ketenoverzicht worden de resultaten worden uitgedrukt in gram CO₂-equivalenten per opgewekte kilowattuur elektriciteit (g CO₂-eq/kWh). De volgende informatie geldt voor een gemiddelde bestaande kerncentrale en is gebaseerd op operationele kerncentrales wereldwijd. Vervolgens worden potentiële verschillen per alternatief toegelicht. De volgende cijfers zijn voor één reactor.⁸ Maar wanneer er twee reactoren gerealiseerd worden blijft de g CO₂-eq/kWh gelijk.

CO₂-uitstoot per productieketenstap van een kerncentrale:

1. Uraniumwinning en -verrijking
 - 4–6 g CO₂-eq/kWh
 - Deze fase omvat mijnbouw, transport en verrijking van uranium. Verrijking is energie-intensief, vooral bij oudere technieken zoals gasdiffusie.
2. Energieopwekking (bedrijfsfase)
 - <1 g CO₂-eq/kWh
 - Tijdens de elektriciteitsproductie zelf is de uitstoot vrijwel nihil. Bij het splijten van uranium komt er geen CO₂-uitstoot vrij. Er zijn indirecte emissies door onderhoud en hulpenergie.
3. Afvalverwerking en opslag
 - 1–2 g CO₂-eq/kWh
 - Langdurige opslag en verwerking van radioactief afval vergen energie en infrastructuur.

Totaal over de levenscyclus:

- Gemiddeld: 9 g CO₂-eq/kWh
- Dit is vergelijkbaar met windenergie⁹ en aanzienlijk lager dan fossiele bronnen zoals gas (450 g CO₂-eq/kWh) en kolen (>900 g CO₂-eq/kWh).

Op basis van literatuur en ervaring met bestaande kerncentrales wordt uitgegaan van 8.000 vollasturen (ca 90% van de tijd). Dit geeft een verwachte jaarlijkse CO₂-uitstoot van 26.000.000 kg CO₂-eq op basis van een productiecapaciteit van 3.300 MW. Dit is exclusief de up- en downstream CO₂-uitstoot.

De locatiekeuze van de nieuwe kerncentrales in Nederland beïnvloedt de emissies van het transport van brandstof en afval. Deze brandstof, het verrijkte uranium, wordt wereldwijd ingekocht. Het EPZ publiceert de herkomst van de nieuw ingevoerde brandstof op de website. De afgelopen twintig jaar is de brandstof ingevoerd vanuit Canada, Kazachstan, of is gebruik gemaakt van gerecyclede brandstof of bestaande voorraden (EPZ, z.d.). De locatiekeuze in Nederland heeft dus een te verwaarlozen effect op de CO₂-emissies van het transport van brandstof.

Noodaggregaten

Naast de emissies rond de productie is er sprake van directe emissies voor het jaarlijkse verbruik van noodaggregaten (vier stuks met een verplichte inzet van vier uur per maand). Deze activiteiten zijn allemaal niet locatiespecifiek. Hierbij wordt 70.656 liter diesel verbruikt. Op basis van de WTW van 3,251 kg CO₂-eq per liter diesel, wordt er een additionele 229.702,656 kg CO₂-eq op jaarbasis geëmitteerd.

Dit geeft een jaarlijkse verwachte CO₂-uitstoot gedurende de bedrijfsfase van 26.229.702,656 kg CO₂-eq (afgerond) voor alle alternatief. Hiernaast wordt per alternatief emissies door de verkeersbewegingen van werknemers verwacht, deze verschillen per alternatief. Verwacht wordt dat er 750 werknemers zijn in de bedrijfsfase.

⁸ Bronnen benut voor de cijfers: COVRA (z.d.), European Environmental Agency (2020), IPCC (2014), IAEA (2022), IEA (2020), US department of Energy (2021), Warner & Heath (2012), World Green Building Council (2021), World Nuclear Association (z.d.).

⁹ Windenergie is energie opgewekt door windmolens.

5.3.1 Eemshaven

Eemshaven 1A en 1B leiden tot meer CO₂-emissies ten opzichte van de referentiesituatie. Voor alternatieven 2 en 3 betekent de verandering in functie een aanzienlijke vermindering in CO₂-emissies door saldering met bestaande functies. Saldering met een kolencentrale (Eemshaven 2) leidt tot de grootste afname van CO₂-emissies.

In de volgende tabel zijn de totale emissies van CO₂ weergegeven voor Eemshaven.

Tabel 5-10 De verandering van CO₂-emissies bij de alternatieven in Eemshaven

Alternatief	Jaarlijkse verwachte emissies voornemen (in kg CO ₂ -eq)	Jaarlijks verwachte emissies referentiesituatie (in kg CO ₂ -eq)	Impact op CO ₂ -emissies (in kg CO ₂ -eq)
Eemshaven 1A	26.340.829	2.236.640	+ 24.104.189
Eemshaven 1B	26.358.240	264.500	+ 26.093.740
Eemshaven 2	26.366.718	5.300.000.000	- 5.273.633.282
Eemshaven 3	26.381.398	1.290.250.000	- 1.263.868.602

5.3.2 Maasvlakte II

De Maasvlakte II is een braakliggend terrein zonder significante CO₂-emissies. De komst van kerncentrales heeft een negatief effect op het vlak van CO₂-emissies in vergelijking tot de referentiesituatie.

Tabel 5-11 De verandering van CO₂-emissies bij het alternatief in Maasvlakte

Alternatief	Jaarlijkse verwachte emissies voornemen (in kg CO ₂ -eq)	Jaarlijks verwachte emissies referentiesituatie (in kg CO ₂ -eq)	Impact op CO ₂ -emissies (in kg CO ₂ -eq)
Maasvlakte II	26.318.808	n.v.t.	+ 26.318.808

5.3.3 Sloegebied

Beide alternatieven in het Sloegebied hebben een minimaal jaarlijks verwacht hoeveelheid CO₂-emissies. De komst van kerncentrales heeft een negatief effect op het vlak van CO₂-emissies in vergelijking tot de referentiesituatie.

Tabel 5-12 De verandering van CO₂-emissies bij de alternatieven in Sloegebied

Alternatief	Jaarlijkse verwachte emissies voornemen (in kg CO ₂ -eq)	Jaarlijks verwachte emissies referentiesituatie (in kg CO ₂ -eq)	Impact op CO ₂ -emissies (in kg CO ₂ -eq)
Sloegebied 1	26.296.902	n.v.t.	+ 26.296.902
Sloegebied 2	26.351.185	n.v.t.	+ 26.351.185

5.3.4 Terneuzen

Terneuzen 1A en 1B leiden tot meer CO₂-emissies ten opzichte van de referentiesituatie. Het verschil tussen de alternatieven is verwaarloosbaar.

Tabel 5-13 De verandering van CO₂-emissies bij de alternatieven in Terneuzen

Alternatief	Jaarlijkse verwachte emissies voornemen (in kg CO ₂ -eq)	Jaarlijks verwachte emissies referentiesituatie (in kg CO ₂ -eq)	Impact op CO ₂ -emissies (in kg CO ₂ -eq)
Terneuzen 1A	26.343.446	n.v.t.	+ 26.343.446
Terneuzen 1B	26.307.087	326.600	+ 25.980.487

5.4 Mitigerende maatregelen

Er zijn verschillende mogelijkheden om de CO₂-emissies bij de realisatie van nieuwe kerncentrales te mitigeren:

- Modulaire bouw gebruiken: prefab onderdelen die op het hoofdterrein kunnen worden geassembleerd. Dit leidt tot kortere bouw tijden en minder materiaal verbruik.
- Benutten duurzame bouwmaterialen: innovaties zoals laag-emissie beton of gerecycled staal kunnen bouwemissies verminderen omdat er minder CO₂ vrijkomt in de productie van het bouw materiaal. Het realiseren van de kerncentrales is een complex proces dat moet voldoen aan strenge veiligheids- en wettelijke eisen. Deze vereisten beperken de flexibiliteit om materialen of materieel te vervangen voor duurzamere alternatieven.
- Elektrificatie van bouw wagenpark: inzetten van elektrische vrachtwagens, kranen en andere bouw machines verminderen CO₂-emissies, mits duurzame elektriciteit wordt gebruikt om te laden. Dit vermindert de CO₂-emissies omdat er geen fossiele brandstoffen gebruikt worden zoals diesel en benzine.

5.5 Leemten in kennis en informatie

Rondom het realiseren van een toekomstige kerncentrale zijn onduidelijkheden, ook in relatie tot CO₂-emissies. Ten eerste is in dit rapport gewerkt op basis van het huidige kennisniveau, veelal gebaseerd op aannames en ervaringen uit gelijksoortige projecten. De werkelijke emissies kunnen afwijken van de indicatieve berekeningen in dit deelrapport. Exacte berekeningen kunnen pas gedaan worden wanneer er een hoger detailniveau is over het voornemen.

Ten tweede brengen aankomende ontwikkelingen nieuwe kennis met zich mee. Bijvoorbeeld over de herkomst van brandstof die benut gaat worden in de bedrijfsfase of de hoeveelheid energie die nodig is om de brandstof te winnen. Aan de ene kant zal dat de energie intensiteit van de winning van brandstof toenemen omdat makkelijk beschikbare voorraden opraken. Anderzijds kan door technische en organisatorische ontwikkelingen de emissie intensiteit worden verminderd. Ook kunnen toekomstige ontwikkeling leiden tot optimalisatie in het verrijken en hergebruik van splijtstof leiden tot lagere emissies in de productieketen.

Bijlage 1: Bronvermelding

- Betonhuis. (z.d.). *Beton en CO₂-reductie*. Opgehaald van <https://betonhuis.nl/>: <https://betonhuis.nl/beton-en-co2-reductie#:~:text=De%20gemiddelde%20CO%E2%82%82%20emissie%20van%20Nederlands%20beton%20is%20299%20kg/m3>
- Boonen, J. (2018, februari 7). *CO₂-uitstoot verschilt per akkerbouwbedrijf*. Opgehaald van <https://www.nieuweoogst.nl/>: <https://www.nieuweoogst.nl/nieuws/2018/02/07/co2-uitstoot-verschilt-per-akkerbouwbedrijf>
- Brandt, G., Thijssen, N., van der Groot, M., & van Schijndel, J. (2021). Modelstudie Warmtenet Kanaalzone Terneuzen-Gent. Opgehaald van <https://www.smartdeltaresources.com/sites/default/files/inline-files/Restwarmte%20industrie%20Kanaalzone%20-%20final%20report.pdf>
- CO₂-emissiefactoren. (z.d.). *Brandstoffen voertuigen*. Opgehaald van <https://co2emissiefactoren.nl/>: <https://co2emissiefactoren.nl/factoren/2025/9/brandstoffen-voertuigen/>
- COVRA. (z.d.). Radioactief afval in Nederland. Geraadpleegd op 29 juli 2025, van <https://www.covra.nl>
- ENGIE. (z.d.). *Gascentrale: wel of niet toekomstbestendig?* Opgehaald van <https://www.engie.nl/>: <https://www.engie.nl/over-ons/kennisbank/artikel/gascentrale>
- EPZ. (z.d.). Wat is splijtstof en hoe werkt het? EPZ. Geraadpleegd op 28 augustus 2025, van <https://www.epz.nl/kennis-verdieping/wat-is-splijtstof-en-hoe-werkt-het/>
- European Environment Agency. (2020). Electrification of transport and its impact on emissions. Geraadpleegd van <https://www.eea.europa.eu>
- European Union (via EUR-Lex). (2024). Consolidated text: Directive (EU) 2018/2001 of the European Parliament and of the Council of 11 December 2018 on the promotion of the use of energy from renewable sources (recast). 02018L2001-20240716. Opgehaald van <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A02018L2001-20240716>
- Gemeente Borsele. (z.d.). *Dorpsplannen*. Geraadpleegd op 12 augustus 2025, van <https://www.borsele.nl/dorpsplannen>
- Gemeente Nissewaard. (2020). *Warmtetransitievisie Voorne-Putten*. Geraadpleegd op 12 augustus 2025, van https://www.nissewaard.nl/fileadmin/nissewaard/PDF/Ontoegankelijk/Warmtetransitievisie_Voorne_Putten_2020.pdf
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2014). Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (Annex III: Technology-specific cost and performance parameters). Cambridge University Press. Geraadpleegd via <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg3/chapter/chapter-6/>
- International Atomic Energy Agency (IAEA). (2022). Advances in Small Modular Reactor Technology Developments. Geraadpleegd van <https://www.iaea.org>
- International Energy Agency (IEA). (2020). The Role of Nuclear Power in Clean Energy Systems. Geraadpleegd van <https://www.iea.org>
- Le pierrès, N., Luo, L., Berthiaud, J., & Mazet, N. (2009). Heat transportation from the Bugey power plant. International Journal of Energy Research. <https://doi.org/10.1002/er.1429>

- Ligterink, N. E., Dellaert, S., & van Mensch, P. (2021). *AUB (AdBlue verbruik, Uren, en Brandstofverbruik): een robuuste schatting van NOx en NH3 uitstoot van mobiele werktuigen*. TNO. Opgehaald van <https://publications.tno.nl/publication/34638924/7T4USy/TNO-2021-R12305.pdf>
- Lipka, M., & Rajewski, A. (2020, December). Regress in nuclear district heating. The need for rethinking cogeneration. *Progress in Nuclear Energy*, 130. doi:<https://doi.org/10.1016/j.pnucene.2020.103518>
- Ministerie van Klimaat en Groene Groei; Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat;. (sd). *De kerncentrale in Borssele*. Opgehaald van <https://www.overkernenergie.nl/>:
<https://www.overkernenergie.nl/kernenergie/kernenergie-in-nederland/de-kerncentrale-in-borssele>
- Nationaal Programma Verduurzaming Energie. (z.d.). Gronings industriecluster sneller duurzaam dankzij biostoom én warmte. Opgehaald van <https://verduurzamingindustrie.nl/inspiratie/2904232.aspx?t=Gronings-industriecluster-sneller-duurzaam-dankzij-biostoom-en-warmte>
- Nederlandse Emissieautoriteit. (2022, april 14). *Daling CO2-uitstoot grote bedrijven komt tot stilstand in 2021, steenkool terug van weggeweest*. Opgehaald van <https://www.emissieautoriteit.nl/>:
<https://www.emissieautoriteit.nl/actueel/nieuws/2022/04/14/daling-co2-uitstoot-grote-bedrijven-komt-tot-stilstand-in-2021-steenkool-terug-van-weggeweest>
- Novosel, U., Žvar, M., Ploj, T., & Avsec, J. (2024). An overview of the exploitation of steam in the secondary systems of npp krško. *Journal of Energy Technology*, 8(1), 23–34. <https://doi.org/10.18690/jet.8.1.23-34.2015>
- Opadokun, O., Tao, Y. X., & Lamb, J. (2025, December). A review of waste heat sources for district heating. *Energy Reports*, 14, 1051-1070. doi:<https://doi.org/10.1016/j.egy.2025.07.015>
- Port of Rotterdam. (2022, juli 26). *Grote potentie voor de inzet van lage temperatuur restwarmte uit de haven*. Geraadpleegd op 12 augustus 2025, van <https://www.portofrotterdam.com/nl/nieuws-en-persberichten/grote-potentie-voor-de-inzet-van-lage-temperatuur-restwarmte-uit-de-haven>
- Port of Rotterdam. (z.d.). *Verduurzamen Maasvlakte 2*. Geraadpleegd op 12 augustus 2025, van <https://www.portofrotterdam.com/nl/bouwen-aan-de-haven/duurzame-haven/maasvlakte-2>
- Provincie Groningen. (2025, januari 29). *Nieuwe stap naar regionaal Gronings warmtenet als alternatief voor aardgas*. <https://www.provinciegroningen.nl/actueel/nieuws/nieuwsartikel/nieuwe-stap-naar-regionaal-gronings-warmtenet-als-alternatief-voor-aardgas>
- Provincie Zeeland. (z.d.). *Restwarmte*. Geraadpleegd op 28 augustus 2025, van <https://www.zeeland.nl/energie-en-klimaat/restwarmte#:~:text=Warmtenet%20in%20Midden%2DZeeland,er%20nog%20meer%20restwarmte%20over>
- Royal HaskoningDHV. (2022). *Quickscan potentie voor restwarmte Pernis Effluent en Maasvlakte Electrolyser*. Opgehaald van <https://www.portofrotterdam.com/sites/default/files/2022-07/quickscan-restwarmte-inzet.pdf>
- RWE. (sd). *Eemshaven power plant - facts and figures*. Opgehaald van <https://benelux.rwe.com/>:
<https://benelux.rwe.com/en/locations-and-projects/eemshavencentrale/>
- Ten Brinck, T. (2024, november 27). *Gascentrale bespaart miljoenen kuubs aardgas met e-boiler*. Opgehaald van <https://www.wattisduurzaam.nl/>: <https://www.wattisduurzaam.nl/47799/energie-opwekken/fossiel/gascentrale-bespaart-miljoenen-kuubs-aardgas-met-e-boiler/>

U.S. Department of Energy. (2021). Light Water Reactor Sustainability Program. Geraadpleegd van <https://www.energy.gov>

Vopak. (2024). *Vopak Annual Report 2024*. Opgehaald van <https://www.vopak.com/system/files/Vopak%20Annual%20Report%202024.pdf>

Warmtelinq. (z.d.). *Warmtelinq projectinformatie*. Geraadpleegd op 29 juli 2025, van <https://www.warmtelinq.nl>

Warmtenetwerk. (z.d.). Proeftuin Dauwendaele (Middelburg). Opgehaald van <https://warmtenetwerk.nl/warmtproject/proeftuin-dauwendaele-middelburg/>

Warmtenetwerk. (z.d.). Panoramabuurt Vlissingen. Opgehaald van <https://warmtenetwerk.nl/warmtproject/panoramabuurt-vlissingen/>

Warner, E. S., & Heath, G. A. (2012). Life cycle greenhouse gas emissions of nuclear electricity generation: Systematic review and harmonization. *Journal of Industrial Ecology*, 16(S1), S73–S92. <https://doi.org/10.1111/j.1530-9290.2012.00472.x>

Wetenschappelijke klimaatraad. (2024, december). *Feiten en cijfers over de Nederlandse land-en tuinbouw*. Opgehaald van edepot.wur.nl: <https://edepot.wur.nl/680708>

World Green Building Council. (2021). Bringing Embodied Carbon Upfront. Geraadpleegd van <https://www.worldgbc.org>

World Nuclear Association. (z.d.). Mixed Oxide (MOX) Fuel. Geraadpleegd van <https://www.world-nuclear.org>

World Nuclear Association. (z.d.). Nuclear Fuel Cycle Overview. Geraadpleegd op 29 juli 2025, van <https://www.world-nuclear.org/information-library/nuclear-fuel-cycle/introduction/nuclear-fuel-cycle-overview.aspx>

Over Antea Group

Antea Group is het thuis van 1800 trotse ingenieurs en adviseurs. Samen bouwen wij elke dag aan een veilige, gezonde en toekomstbestendige leefomgeving. Je vindt bij ons de allerbeste vakspecialisten van Nederland, maar ook innovatieve oplossingen op het gebied van data, sensing en IT. Hiermee dragen wij bij aan de ontwikkeling van infra, woonwijken of waterwerken. Maar ook aan vraagstukken rondom klimaatadaptatie, energietransitie en de vervangingsopgave. Van onderzoek tot ontwerp, van realisatie tot beheer: voor elke opgave brengen wij de juiste kennis aan tafel. Wij denken kritisch mee en altijd vanuit de mindset om samen voor het beste resultaat te gaan. Op deze manier anticiperen wij op de vragen van vandaag en de oplossingen voor morgen. Al 70 jaar.

Contactgegevens

Beneluxweg 125
4904 SJ Oosterhout
Postbus 40
4900 AA Oosterhout

Copyright ©

Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd en/of openbaar worden gemaakt door middel van druk, fotokopie, elektronisch of op welke wijze dan ook, zonder schriftelijke toestemming van de auteurs.

De informatie die in dit rapport is opgenomen is uitsluitend bestemd voor geadresseerde(n) en kan persoonlijke of vertrouwelijke informatie bevatten. Gebruik van deze informatie, door anderen dan de geadresseerde(n) en gebruik door hen die niet gerechtigd zijn van deze informatie kennis te nemen, is niet toegestaan. De informatie is uitsluitend bestemd om te worden gebruikt door de geadresseerde, voor het doel waarvoor dit rapport is vervaardigd. Indien u niet de geadresseerde bent of niet gerechtigd bent tot kennisneming, is openbaarmaking, vermenigvuldiging, verspreiding en/of verstrekking van deze informatie aan derden niet toegestaan, tenzij na schriftelijke toestemming door Antea Group en wordt u verzocht de gegevens te verwijderen en direct een melding te maken bij security@anteagroup.nl. Derden, zij die niet geadresseerd zijn, kunnen geen rechten aan dit rapport ontleen, tenzij na schriftelijke toestemming door Antea Group.

www.anteagroup.nl