

Ontwikkelingen
energie-infrastructuur
voor de glastuinbouw



Committed to the Environment

Ontwikkelingen energie-infrastructuur voor de glastuinbouw

Dit rapport is geschreven door:

Marianne Teng, Florian Hesselink, Simone Tanis, Katja Kruit, Lucas van Cappellen, Amanda Bachaus, Marieke Nauta

Delft, CE Delft, november 2024

Publicatienummer: 24.240146.150

Opdrachtgever: Ministerie van LVVN en Ministerie van KGG

Alle openbare publicaties van CE Delft zijn verkrijgbaar via www.ce.nl

Meer informatie over de studie is te verkrijgen bij de projectleider Marianne Teng (CE Delft)

© copyright, CE Delft, Delft

CE Delft

Committed to the Environment

CE Delft draagt met onafhankelijk onderzoek en advies bij aan een duurzame samenleving. Wij zijn toonaangevend op het gebied van energie, transport en grondstoffen. Met onze kennis van techniek, beleid en economie helpen we overheden, NGO's en bedrijven structurele veranderingen te realiseren. Al sinds 1978 werken betrokken en kundige medewerkers bij CE Delft om dit waar te maken.

Dankwoord

Bij het tot stand komen van dit rapport hebben wij dankbaar gebruik gemaakt van de inbreng en expertise van vele betrokkenen.

Wij willen hierbij in het bijzonder de leden van de klankbordgroep bedanken voor hun waardevolle bijdrage tijdens de bijeenkomsten op 12 juni 2024 en 11 september 2024. Jullie inzichten en constructieve feedback hebben geholpen om de inhoud en richting van dit rapport verder te versterken.

Onze dank gaat uit naar:

- Evelien Brederode (Capturam);
- Hans van den Berg (Glastuinbouw Nederland);
- Jessica Hofmann (Alliander);
- Jonas Vollbrandt (PZH);
- Rob van Ruiten (Greenports Nederland);
- Robert Kielstra (ECW Energy);
- Thijmen Vosmer (Capturam).

Daarnaast bedanken we de experts die wij hebben geconsulteerd. Hun expertise op het gebied van ontwikkeling van energie-infrastructuur en warmtebronnen heeft ons geholpen om een dieper inzicht te krijgen in de ontwikkeltijden en uitdagingen. Wij danken:

- Frank Schoof (Nieuwe Warmte Nu) voor zijn input over de ontwikkeltijd van geothermiebronnen;
- Henk Looijen (Waterprof/voormalig Netwerk Aquathermie);
- Mireille Bedeschi en Jarno van Westreenen (Polderwarmte) voor hun expertise over restwarmte uit datacenters;
- Bart Dehue (Vattenfall) voor zijn inzichten over restwarmte uit de industrie;
- Johan van der Zwan (Westland Infra) voor zijn bijdrage over de elektriciteits-infrastructuur ten behoeve van de glastuinbouw;
- Jacob Limbeek (OCAP) voor zijn input over de CO₂-infrastructuur.

Inhoud

	Dankwoord	2
	Samenvatting	5
1	Inleiding	7
	1.1 Aanleiding	7
	1.2 Doel en onderzoeksvragen	7
	1.3 Leeswijzer	8
2	Beleidscontext	9
	2.1 Afspraken over emissiereductie	9
	2.2 Fiscale maatregelen	10
	2.3 Energieprijsontwikkeling	15
	2.4 Rol wkk in het elektriciteitssysteem	16
	2.5 Conclusie	17
3	Rentabiliteit verduurzaming	18
	3.1 Rentabiliteitsmodel verwarmingstechnieken glastuinbouw	18
	3.2 Resultaten	21
	3.3 Conclusie	26
4	Ontwikkeltijden infrastructuur en warmtebronnen	28
	4.1 Elektriciteitsinfrastructuur	28
	4.2 Warmtenetten en -bronnen	31
	4.3 CO ₂ -infrastructuur	38
	4.4 Beschikbaarheid infrastructuur in 2030 en 2040	39
	4.5 Conclusie	41
5	Mogelijke verduurzaming in de glastuinbouwgebieden	42
	5.1 Methode	42
	5.2 Verduurzamingsopties per type gebied	46
	5.3 De glastuinbouwgebieden	47
	5.4 Beschikbare energie-infrastructuur in glastuinbouwgebieden	50
	5.5 Beschikbare verduurzamingsopties en bijbehorende CO ₂ -reductie	52
	5.6 Effect op financiële lasten	56
	5.7 Knelpunten en risico's verduurzamingsopgave	56
	5.8 Conclusie	57
6	Kansrijke gebieden voor nieuwe ontwikkeling glastuinbouw	59
	6.1 Methode	59
	6.2 Gebieden met beschikbaarheid energie-infrastructuur en warmtebronnen	59
	6.3 Conclusie kansrijke gebieden voor uitbreiding glastuinbouwareaal	62



7	Conclusies en aanbevelingen	64
	7.1 Conclusies	64
	7.2 Beleidsaanbevelingen	65
	Bibliografie	66
A	Betrokken partijen	68
	A.1 Klankbordgroep	68
	A.2 Experts gesproken over ontwikkeling infrastructuur	68
B	Fiscale maatregelen	69
	B.1 Huidige situatie: energielasting	69
	B.2 Individuele CO ₂ -heffing	69
	B.3 Belastingplan 2024: aanpassingen energielasting	70
	B.4 EU ETS	72
C	Methodiek en uitgangspunten rentabiliteitsmodel	74
	C.1 Methodiek	74
	C.2 Energieprijzen en fiscale maatregelen	79
	C.3 Technische uitgangspunten	81
	C.4 Warmteprijs wkk	86
	C.5 Energetische uitgangspunten	86
D	Uitgangspunten en methode geografische analyse	87
	D.1 Glastuinbouw gebieden	87
	D.2 Elektriciteit	95
	D.3 Warmtebronnen	96
E	Aanvullende resultaten	98
	E.1 Mogelijke verduurzamingsopties per classificatie	98
	E.2 Warmteoverschot per solitair glastuinbouwgebied	99

Samenvatting

Aanleiding

De verduurzaming van de glastuinbouw is een belangrijk onderdeel van het nationale klimaatbeleid. De Nederlandse glastuinbouwsector streeft ernaar om in 2040 klimaat-neutraal te zijn. Dit is vastgelegd in het Convenant Energietransitie Glastuinbouw 2022-2030. Daarin staat voor de sector als tussendoel om in 2030 de restemissies te beperken tot 4,3 Mton CO₂-equivalenten.

Methode en hoofdconclusie

In deze studie is onderzocht in hoeverre verduurzaming van de glastuinbouwsector mogelijk is in 2030 en 2040, wanneer we rekening houden met de ontwikkeltijden van energie-infrastructuur. We hebben de beleidscontext geschetst. De rentabiliteit van verduurzamingsopties is onderzocht voor verschillende bedrijfstypen. Dit laat zien of een verduurzamingsoptie in totaal tot lagere kosten voor verwarmen leidt dan het fossiele alternatief. Wanneer de verduurzamingsoptie goedkoper is dan het fossiele alternatief, noemen we deze optie rendabel. Ook is onderzocht wat de ontwikkeltijden van energie-infrastructuur en warmtebronnen zijn. Vervolgens is een geografische analyse uitgevoerd die inzicht geeft in welke verduurzamingsopties mogelijk zijn in de verschillende glastuinbouwgebieden in 2030 en 2040. Hiermee beantwoorden we de hoofdvraag, namelijk in hoeverre rendabele en tijdige verduurzaming van de glastuinbouwsector mogelijk is.

Uit het onderzoek blijkt dat het klimaatdoel voor de glastuinbouwsector voor 2030 binnen bereik is, maar alleen onder de meest gunstige omstandigheden. Wanneer de ontwikkeling van energie-infrastructuur niet versnelt, belemmert dit het doelbereik. Om de gestelde doelen en ambities voor de sector te halen, moeten ontwikkeltijden voor energie-infrastructuur worden verkort.

Beleidscontext

Beleidsmaatregelen zoals de CO₂-heffing, afschaffing van het verlaagde belastingtarief voor aardgas in wkk's en subsidies, stimuleren verduurzaming, maar financiële prikkels alleen zijn niet voldoende om de doelen te bereiken. Versnelling van de infrastructuurontwikkeling is cruciaal voor de verduurzaming van de sector. Zonder tijdige beschikbaarheid van de benodigde energie-infrastructuur, moeten bedrijven hogere energiekosten dragen en wordt het CO₂-reductiedoel niet gehaald.

Resultaten

Deze studie laat zien welke verduurzamingsopties rendabel zijn. Dit is een mix van collectieve warmteopties en op warmtepomp gebaseerde systemen. Over het algemeen hebben collectieve warmtebronnen van hogere temperatuur de voorkeur boven lokale warmtebronnen met lagere temperaturen, omdat die moeten worden opgewaardeerd met een warmtepomp. De studie laat zien dat restwarmte en geothermie voor het grootste deel van het glastuinbouwareaal de meest rendabele verduurzamingsoptie is.

Aanvullend op rentabiliteit is de ontwikkeltijd en lokale beschikbaarheid van energie-infrastructuur en warmtebronnen onderzocht. Wanneer we hiermee rekening houden, kan 0,5 tot 2,3 Mton CO₂¹ gereduceerd worden, dit leidt tot 4,4 tot 2,6 Mton restemissies. Daarmee is het klimaatdoel voor 2030 (3,7 Mton CO₂-restemissies) binnen bereik, maar alleen onder gunstige aannames voor de ontwikkeltijd. Een aanzienlijke inzet van geothermie en restwarmte is nodig om de verduurzamingsopgave te behalen. Dit zijn ook de warmtebronnen met de langste ontwikkeltermijnen. Daarnaast is er voldoende capaciteit op het elektriciteitsnet nodig, waarvoor netbeheerders op veel plekken het net moeten verzwaren.

Dus onder gunstige omstandigheden kan de benodigde energie-infrastructuur voor doelbereik in 2030 gereed zijn. Een tragere ontwikkeling van energie-infrastructuur vormt een obstakel voor bedrijven om te verduurzamen.

Factoren voor ontwikkeltijd van infrastructuur

De belangrijkste factoren die de ontwikkeling van de benodigde infrastructuur vertragen, zijn:

- vergunnings- en subsidietrajecten;
- afstemming en afspraken tussen stakeholders;
- uitvoeringscapaciteit voor het oplossen van netcongestie;
- benodigde technische onderzoeken (bij geothermie en aquathermie).

De ontwikkeling van energie-infrastructuur kan onder andere versneld worden door:

- eenvoudigere vergunningstrajecten;
- standaardcontracten voor de afspraken tussen stakeholders;
- prioriteit geven aan het oplossen van netcongestie, daar waar dat het meest urgent is.

Wanneer de ontwikkeltijden niet verkort worden, zullen er tuinders zijn die met hogere energiekosten te maken krijgen, maar geen mogelijkheid hebben om te verduurzamen. Wanneer zij toegang hebben tot MT-restwarmte of geothermie, hebben zij mogelijk zelf opties om de ontwikkeling te versnellen. Wanneer zij alleen de mogelijkheid hebben om door middel van (gedeeltelijke) elektrificatie te verduurzamen, zijn ze hiervoor afhankelijk van de beschikbaarheid van het elektriciteitsnet en het tempo waarop de netbeheerders het elektriciteitsnet verzwaren.

Beleidsaanbevelingen

Op basis van de resultaten van dit onderzoek doen we de volgende beleidsaanbevelingen:

- Zorg voor versnelling van de ontwikkeling van elektriciteitsinfrastructuur en warmtebronnen.
- Zorg er in bredere zin voor dat aan de randvoorwaarden voor verduurzaming in de glastuinbouw wordt voldaan, zodat de financiële prikkels het gewenste effect hebben.

¹ In de berekeningen zijn alleen CO₂-emissies meegenomen. Omdat de methaanemissies gerelateerd zijn aan de CO₂-emissies, is het aannemelijk dat als het CO₂-doel gehaald wordt, ook het totale restemissiedoel gehaald wordt.

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

In het convenant energietransitie glastuinbouw 2022-2030 is de ambitie opgenomen om in 2040 een klimaatneutrale en economisch rendabele glastuinbouwsector te realiseren. In de Voorjaarsbesluitvorming Klimaat is het restemissiedoel voor de glastuinbouw vastgesteld op 4,3 Mton CO₂-equivalenten in 2030. Een samenhangend pakket van maatregelen moet de sector stimuleren om dit doel te bereiken door het gebruik van aardgas onaantrekkelijker te maken en duurzame alternatieven te stimuleren.

De beschikbaarheid van energie-infrastructuur voor de glastuinbouw is van groot belang om de omschakeling naar duurzame energie mogelijk te maken en de doelstellingen te behalen. Als de benodigde infrastructuur niet op tijd kan worden ontwikkeld, worden de bedrijven beperkt in hun mogelijkheden om te verduurzamen. Dit kan resulteren in een verhoging van de (energie-)lasten met mogelijke gevolgen voor de bedrijfsresultaten. In dit rapport onderzoeken we in hoeverre het ontwikkeltempo van energie-infrastructuur verduurzaming van de glastuinbouw faciliteert of belemmert.

1.2 Doel en onderzoeksvragen

In dit onderzoek is onderzocht in hoeverre verduurzaming van de glastuinbouwsector rendabel mogelijk is in 2030 en 2040, wanneer we rekening houden met de ontwikkeltijden van energie-infrastructuur. We onderzoeken hoeveel CO₂-reductie rendabel gerealiseerd kan worden en of dit voldoende is om het doel van 4,3 Mton CO₂-eq. restemissies in 2030 en de ambitie klimaatneutraal in 2040 te halen.

Daarmee maken we ook inzichtelijk hoe de ontwikkelsnelheid van energie-infrastructuur ten behoeve van de glastuinbouw zich tot de ingroeipaden van fiscale maatregelen voor de glastuinbouw verhoudt.

Om deze vragen te beantwoorden hebben we een aantal deelvragen opgesteld:

- Welke afspraken en fiscale maatregelen worden ingezet om de klimaatdoelen in de glastuinbouw te behalen?
- Met welke verduurzamingsopties verwachten we dat het klimaatdoel zal worden behaald/ingevuld?
- Welke ontwikkeling van warmte-, elektriciteits- en CO₂-infrastructuur is nodig om de glastuinbouw te kunnen verduurzamen?
- In hoeverre is de snelheid waarmee deze infrastructuur kan worden ontwikkeld voldoende om de doelstellingen en ambities te behalen in 2030 en 2040?
- Wat is de impact op lastenverzwaring in het geval dat de infrastructuur niet tijdig wordt ontwikkeld?
- Welke gebieden bieden, gezien vanuit de energie-infrastructuur, potentie voor uitbreiding van het glastuinbouwareaal?

We hebben de beleidscontext geschetst en geven een toelichting op een aantal fiscale maatregelen. De rentabiliteit van verduurzamingsopties is onderzocht voor verschillende bedrijfstypen. Dit laat zien of een verduurzamingsoptie in totaal tot lagere kosten voor verwarmen leidt dan het fossiele alternatief. Wanneer de verduurzamingsoptie goedkoper is dan het fossiele alternatief, noemen we deze optie rendabel. Ook is onderzocht wat de

ontwikkeltijden van energie-infrastructuur en warmtebronnen zijn. Vervolgens is een geografische analyse uitgevoerd die inzicht geeft in welke verduurzamingsopties mogelijk zijn in de verschillende glastuinbouwgebieden in 2030 en 2040. Hiermee beantwoorden we de hoofdvraag, namelijk in hoeverre verduurzaming van de glastuinbouwsector mogelijk is.

1.3 Leeswijzer

In dit onderzoek verzamelen we eerst alle benodigde informatie. Vervolgens gebruiken we die informatie om over specifieke gebieden uitspraken te kunnen doen. In **Hoofdstuk 2** brengen we de afspraken over CO₂-reductie en fiscale maatregelen die verduurzaming moeten stimuleren in beeld.

In **Hoofdstuk 3** beschrijven we welke verduurzamingsopties rendabel zijn, om inzicht te krijgen met welke verduurzamingsopties we verwachten dat het klimaatdoel gehaald zal worden. We onderscheiden hiervoor verschillende typen bedrijven. Een bedrijf wordt onder andere getypeerd door de energievraag.

In **Hoofdstuk 4** brengen we de ontwikkeltijden van de benodigde warmtebronnen en energie-infrastructuur in beeld en laten we zien welke opties gerealiseerd kunnen worden voor 2030 en 2040.

In **Hoofdstuk 5** is beschreven welke verduurzaming mogelijk is en of de emissiedoelen daarmee behaald kunnen worden. Daarnaast is beschreven hoeveel bedrijven geen mogelijkheid tot verduurzaming hebben, en wat de effecten daarvan zijn.

Hoofdstuk 6 beschrijft welke gebieden kansrijk zijn voor nieuwe ontwikkeling van glastuinbouwareaal.

De conclusies en aanbevelingen zijn beschreven in **Hoofdstuk 7**.

In het onderzoek is een klankbordgroep betrokken, waar onder andere de glastuinbouwsector in vertegenwoordigd was. De klankbordgroep heeft input geleverd en aannames gevalideerd. Ook zijn gesprekken gevoerd met experts over de ontwikkeling van infrastructuur. Bijlage A geeft een overzicht van de betrokken partijen.

Aanvullende inzichten uit de KEV 2024

Vlak voor het afronden van dit rapport, kwam de KEV 2024 uit. Inzichten uit de KEV 2024 hebben we dus niet mee kunnen nemen in de analyses. Het onderzoek baseert zich op de KEV 2023. Wel hebben we op een aantal plekken in dit rapport een kader toegevoegd met wat toelichting en inzichten vanuit de KEV 2024.



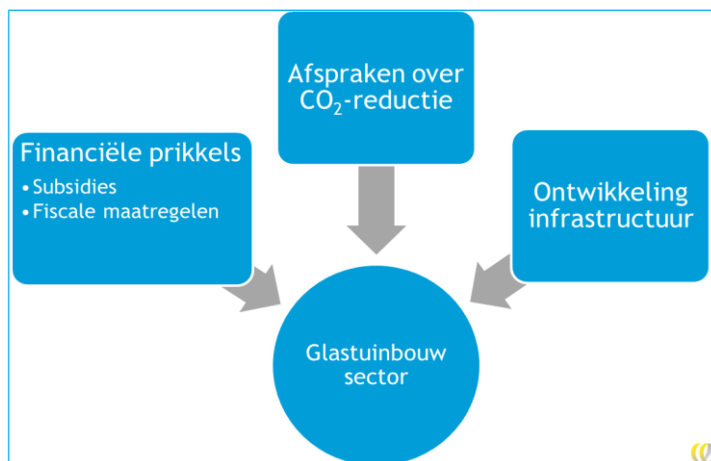
2 Beleidscontext

Hoofdboodschap

De glastuinbouw heeft de ambitie om in 2040 een klimaatneutrale en economisch rendabele sector te zijn. Dit is afgesproken in het Convenant Energietransitie glastuinbouw. Om dit doel te realiseren zijn er financiële prikkels die verduurzaming stimuleren. Het gaat om subsidies, zoals de SDE++, en daarnaast zijn er fiscale maatregelen aangekondigd, met een ingroeipad tussen 2025 en 2035.

De glastuinbouwsector moet verduurzamen om de Nederlandse uitstoot van broeikasgassen te verminderen. Er zijn verschillende aspecten die ervoor zorgen dat de glastuinbouwsector kan en gaat verduurzamen (zie Figuur 1). Er zijn afspraken gemaakt over de emissiereductie van de glastuinbouw met als doel de ambitie om klimaatneutraal te zijn in 2040 te realiseren. Tevens zijn er verschillende financiële prikkels, die verduurzaming aantrekkelijker moeten maken door het zwaarder belasten van aardgas en verstrekken van subsidies. Daarnaast moeten de randvoorwaarden op orde zijn om te kunnen verduurzamen. De infrastructuur die nodig is om te verduurzamen moet beschikbaar zijn of op tijd ontwikkeld kunnen worden.

Figuur 1 - Verschillende aspecten die ervoor zorgen dat de glastuinbouwsector kan en gaat verduurzamen



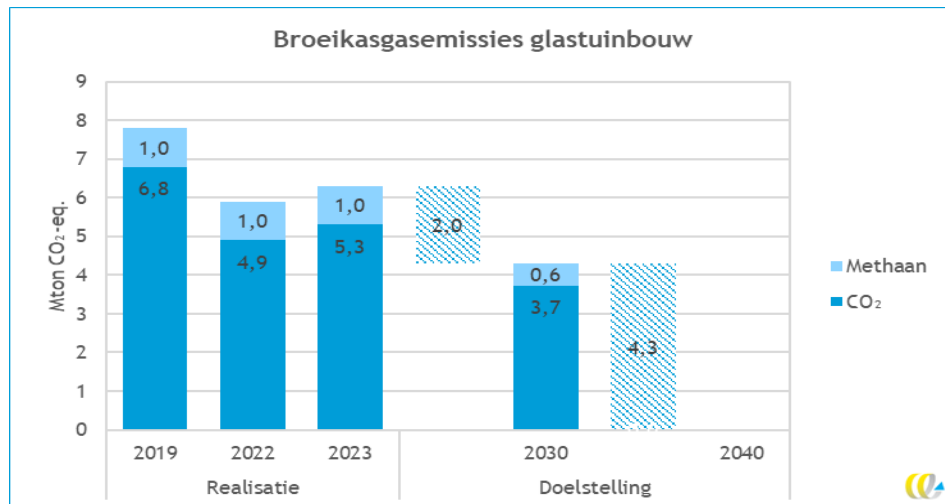
2.1 Afspraken over emissiereductie

In 2022 is het *Convenant Energietransitie Glastuinbouw 2022-2030* (hierna CO₂-convenant) van start gegaan. In dit convenant afspraken zijn gemaakt over de verduurzaming van de glastuinbouw. Het CO₂-convenant noemt de ambitie om in 2040 zowel klimaatneutraal als economisch rendabel te zijn (Ministerie van LNV, 2022). In 2023 is het restemissiedoel vastgesteld op 4,3 Mton CO₂-eq.² (Ministerie van EZK, 2023). Figuur 2 laat de emissies van de glastuinbouwsector zien en toont de benodigde emissiereductie. In 2022 waren de emissies van de glastuinbouwsector flink lager dan in andere jaren, dit kwam niet geheel door verduurzaming, maar ook door andere maatregelen die glastuinders namen vanwege

² Het voorlopige restemissiedoel voor 2030 uit het CO₂-convenant kent een bandbreedte van 4,3 tot 4,8 Mton CO₂-eq.

de hoge gasprijzen. Voorlopige cijfers laten zien dat de emissies uit 2023 weer wat zijn toegenomen.

Figuur 2 - Gerealiseerde emissies, emissiedoelstellingen en benodigde emissiereductie in de glastuinbouw



Methaan en CO₂-emissies

De glastuinbouwsector stoot zowel CO₂ als methaan uit. Beiden worden veroorzaakt door de verbranding van aardgas. Bij de verbranding van aardgas in een wkk, wordt een deel van het gas (methaan) onverbrand met de rookgassen uitgestoten, dit wordt methaanslip genoemd.

In berekeningen in dit rapport beschouwen we alleen de CO₂-emissies. We relateren de emissies in 2030 daarom ook aan het CO₂-restemissiedoel van 3,7 Mton in 2030. Omdat de methaanemissies gerelateerd zijn aan de CO₂-emissies, is het aannemelijk dat als het CO₂-doel gehaald wordt, ook het totale restemissiedoel gehaald wordt.

2.2 Fiscale maatregelen

Er zijn verschillende financiële prikkels die de glastuinbouwsector stimuleren om te verduurzamen, zoals subsidies en fiscale maatregelen. In deze paragraaf gaan we in op de fiscale maatregelen die van toepassing zijn op de glastuinbouw. We richten ons specifiek op:

- individuele CO₂-heffing glastuinbouw;
- afschaffing van het verlaagd tarief energiebelasting;
- beperken vrijstelling elektriciteitsopwekking;

In Bijlage B geven we een uitgebreidere toelichting van bovenstaande fiscale maatregelen.

Huidige situatie: energiebelasting

In 1996 is er in Nederland een energiebelasting ingevoerd. De energiebelasting zit op het volledig elektriciteits- en gasverbruik van huishoudens en bedrijven en sluit aan op de Richtlijn Energiebelastingen van de Europese Commissie. De energiebelasting wordt geheven over verschillende verbruiksschijven met elk zijn eigen tarief. Er is sprake van een

degressief tariefstelsel. Dit houdt in dat het marginaal tarief voor kleinverbruikers hoger is dan voor grootverbruikers. De glastuinbouw zit met name in de marginale derde schijf elektriciteit en eerste drie schijven aardgas. De schijven en bijbehorende tarieven zijn weergegeven in Bijlage B.

Binnen de energiebelasting zijn een aantal specifieke regelingen van toepassing voor de glastuinbouwsector. Zo is aardgas dat wordt gebruikt in wkk-installaties volledig vrijgesteld van de energiebelasting wanneer een elektrisch rendement van ten minste 30% wordt gerealiseerd³. Daarnaast is er een verlaagd tarief voor de eerste twee schijven van aardgas voor de glastuinbouwsector. Dit houdt in dat de sector een lager tarief betaalt dan anderen in dezelfde schijf. Onderstaande tabel geeft de vier schijven, inclusief de verlaagde tarieven voor de eerste twee schijven, in 2024 weer.

Tabel 1 - Schijven en verlaagde tarieven voor de glastuinbouw in 2024 (exclusief btw)

	Schijf	Tarief energiebelasting
Aardgas (€/m ³)	0 tot en met 170.000 m ³	€ 0,09365
	170.001 tot en met 1 miljoen m ³	€ 0,08444
	Meer dan 1 miljoen tot en met 10 miljoen m ³	€ 0,12855
	Meer dan 10 miljoen m ³	€ 0,04886

Bron: [Tabellen tarieven milieubelastingen \(belastingdienst.nl\)](https://belastingdienst.nl/tabellen-tarieven-milieubelastingen)

Individuele CO₂-heffing

Als tegenprestatie voor het verlaagd tarief is er voor de glastuinbouwsector een CO₂-sectorsysteem opgesteld⁴. In het CO₂-convenant is afgesproken dat het huidige collectieve CO₂-sectorsysteem wordt omgezet naar een individueel sectorsysteem dat per 2025 in werking zal treden. In dit systeem worden de CO₂-emissies uit fossiele energie wordt iedere emissie beprijsd en ontstaat er een individuele prikkel om te verduurzamen⁵. Het tarief van de CO₂-heffing wordt gekoppeld aan het restemissiedoel voor 2030 en wordt daarmee zo hoog of laag als nodig om in aanvulling op overig beleid het doel te halen. In Bijlage B gaan we in meer detail in op het collectieve en individuele sectorsysteem.

In het wetsvoorstel Fiscale Maatregelen Glastuinbouw is een voorlopig tarief van € 1,35 per ton CO₂ in 2025 opgenomen, dat lineair oploopt naar € 6,80 in 2030. Dit tariefpad volgt uit een studie van onderzoeksbureaus Berenschot en Kalavasta naar verschillende maatvoeringen van de CO₂-heffing glastuinbouw⁶. Ten behoeve van het Belastingplan 2025 is, door Berenschot, een nieuw tariefstudie uitgevoerd. In deze studie is rekening gehouden met het totale maatregelenpakket in het Voorjaarsbesluit 2023 ten behoeve van de glastuinbouwsector en de introductie van een emissiehandelsysteem voor de gebouwde

³ Het elektrisch rendement van de meeste installaties ligt ruim boven de 30%. Zo is het elektrisch rendement van moderne elektriciteitscentrales circa 55% en van wkk-installaties in de glastuinbouw circa 43%. Alleen installaties bij industriële bedrijven realiseren soms een rendement beneden de 30% en maken daarmee geen aanspraak op de inputvrijstelling.

⁴ Dit moest in het kader van EU-staatssteunregels.

⁵ Methaanemissies van wkk's vallen momenteel, vanwege technische redenen, niet onder de grondslag. Echter, het tariefpad van de CO₂-heffing is gekoppeld aan het restemissiedoel waar methaan wel wordt meegenomen. Hierdoor worden alle broeikasgassen indirect beprijsd.

⁶ Berenschot (Denktank energieagenda 2018-2023), Rekenmodel individueel sectorsysteem glastuinbouw. Onderzoek uitgevoerd in opdracht van het Ministerie van LNV, 2 maart 2023.



omgeving, transport en overige sectoren. Tabel 2 geeft de hoogte van de (nieuwe) tarieven per jaar uit deze tariefstudie weer.

Tabel 2 - CO₂-heffing glastuinbouw € per ton CO₂ uit de tariefstudie

	2025	2026	2027	2028	2029	2030
CO ₂ -heffing glastuinbouw per ton CO ₂	12,25	13,34	14,43	15,52	16,61	17,70

De tariefstudie is input geweest voor het Belastingplan 2025, dat is uitgekomen op Prinsjesdag 2024. Het kabinet heeft het huidige wettelijke tariefpad op basis van de tariefstudie gewogen en heeft besloten om het tarief van 2030 gelijk te houden aan het huidige niveau van de wet. Het tarief in 2025 en daarmee het ingroepad richting 2030 wordt verlaagd, omdat uit de tariefstudie blijkt dat het tarief in 2025 relatief weinig impact heeft op het doelbereik in 2030. Onderstaande tabel geeft daarmee de nieuwe tarieven van de CO₂-heffing weer.

Tabel 3 - CO₂-heffing glastuinbouw € per ton CO₂ uit het Belastingplan 2025

	2025	2026	2027	2028	2029	2030
CO ₂ -heffing glastuinbouw per ton CO ₂	9,50	11,14	12,78	14,42	16,06	17,70

In het voorjaar van 2025 zal de volgende herijking van het tarief voor de CO₂-heffing voor de glastuinbouw plaatsvinden, waarbij de meest recente inzichten van de Klimaat- en Energieverkenning van PBL worden meegenomen. Hierna zal het tarief iedere twee jaar worden herijkt op basis van de meest recente inzichten. Voor de herijking zal de tariefstudie opnieuw uitgevoerd worden.

De individuele CO₂-heffing wordt echter pas in 2027 geïnd, met een tijdvak van twee jaar. De reden hiervoor is dat de Belastingdienst meer tijd nodig heeft om de uitvoerings-systemen gereed te maken.

KEV 2024 over doelbereik glastuinbouw en de individuele CO₂-heffing

Met het vastgestelde en voorgenomen beleid daalt de broeikasgasemissie voor de glastuinbouw, volgens de KEV van 6,3 megaton CO₂-equivalenten in 2023 naar 5,8 [3,8-8,1] megaton CO₂-equivalenten in 2030. Hiermee is de kans op het doelbereik (4,3 Mton restemissies) achteruit gegaan ten opzichte van de KEV 2023. Dit komt o.a. door lagere energieprijzen en de blijvend sterke positie van de wkk. Daardoor stijgt het verwachte aardgasverbruik.

In de KEV 2024 rekende het PBL met het tijdelijke tarief voor de CO₂-heffing dat op zou lopen van 12,25 euro/ton CO₂ in 2025 naar 17,70 in 2030. Dat is hoger dan het tarief dat later uit de tariefstudie (Berenschot en Kalavasta, 2024) kwam en het Belastingplan 2025 (9,50 t/m 17,70). Toch gaat de kans op doelbereik achteruit. Hieruit kunnen we opmaken dat bij de herijking van het tarief in het voorjaar van 2025, het tarief naar verwachting hoger zal worden vastgesteld.

Belastingplan 2024: aanpassingen energiebelasting

In het Belastingplan van 2024 zijn een aantal aanpassingen in de belastingen voor de glastuinbouwsector aangebracht. Het doel is om duurzame warmte- en elektriciteitsbronnen te stimuleren en het gebruik van aardgas te verminderen.

Afschaffing van het verlaagd tarief energiebelasting

Het kabinet wil tussen 2025 en 2035 de verlaagde energiebelastingtarieven op aardgas afschaffen⁷. Het doel is om de tarieven recht te trekken met de andere belastingbetalers. Onderstaande tabel geeft de verhoging per jaar weer.

Tabel 4 - 'Verhoging tarieven energiebelasting glastuinbouw per jaar'

Jaartal	Tarief glastuinbouw Schijf 1	Tarief glastuinbouw Schijf 2
2024	16% van het normale tarief	38% van het normale tarief
2025	23% van het normale tarief	43% van het normale tarief
2026	30% van het normale tarief	48% van het normale tarief
2027	37% van het normale tarief	53% van het normale tarief
2028	44% van het normale tarief	58% van het normale tarief
2029	52% van het normale tarief	64% van het normale tarief
2030	60% van het normale tarief	70% van het normale tarief
2031	68% van het normale tarief	76% van het normale tarief
2032	76% van het normale tarief	82% van het normale tarief
2033	84% van het normale tarief	88% van het normale tarief
2034	92% van het normale tarief	94% van het normale tarief
2035	Normaal tarief	Normaal tarief

Beperken inputvrijstelling elektriciteitsopwekking

Het kabinet heeft tevens voorgesteld om per 1 januari 2025 ook (gasinput voor) warmte en elektriciteit voor eigen gebruik te belasten met energiebelasting. Het voorstel bestaat uit een aantal onderdelen:

- beperking inputvrijstelling tot elektriciteitsopwekking;
- afschaffing outputvrijstelling elektriciteit;
- administratieve behandeling kleinere installaties;
- stapsgewijze beperking inputvrijstelling.

Tabel 5 geeft het ingroeipad van de beperking van de inputvrijstelling weer. In Bijlage B zijn bovenstaande onderdelen in meer detail beschreven.

Tabel 5 - Ingroeipad beperking inputvrijstelling

	2025	2026	2027	2028	2029	Vanaf 2030
Vrijgestelde gasinput per 1 kWh voor grote installaties (≥ 20 MW) en kleine installaties (< 20 MW) bij levering aan net	0,2808	0,2635	0,2467	0,227	0,221	0,18957
Vrijgestelde gasinput per 1 kWh voor kleine installaties (< 20 MW) bij elektriciteitsproductie voor eigen gebruik	0,167	0,1498	0,1329	0,1132	0,0973	0,0758

⁷ www.eerstekamer.nl/behandeling/20231026/stemmingsoverzicht_tweede_kamer_15



EU ETS

ETS1

Sinds 1 januari 2005 heeft de Europese Unie een emissiehandelsstelsel, ofwel het EU-ETS/ETS1⁸ (zie Bijlage B voor meer toelichting). De landbouwsector is uitgezonderd van het EU-ETS1. Dit betekent dat de *directe relevantie* van dit instrument voor de glastuinbouw beperkt is. Studie van CE Delft uit 2021 (CE Delft, 2021b) laat zien dat er circa 10 glastuinbouwbedrijven mee doen aan het EU ETS.

Indirect kan het echter wel van invloed zijn. EU ETS en de CO₂-heffing van de industrie kunnen leiden tot een ongelijke CO₂-beprijzing tussen CCS en CCU. Dit kan een rol spelen in de CO₂-beschikbaarheid voor de glastuinbouw. Dit hangt onder meer af van of de bron die CO₂ levert vergunningplichtig is in het kader van ETS. Afvalverbrandingsinstallaties, als één van de beoogde CO₂-leveranciers aan de glastuinbouw, zijn in Nederland geen deelnemer aan ETS. Echter, de grote industriële bronnen zoals Tata Steel en Shell nemen wel deel.

EU ETS speelt tevens een rol bij de hoogte van de elektriciteitsprijs. Op dit moment noteert de EUa-prijs 70 €/ton. De prijzen van CO₂-emissierechten worden verwerkt in de elektriciteitsstarieven en beïnvloeden dus de energieprijzen die tuinders voor extern ingekochte elektriciteit betalen. Omdat flexibele wkk's bij tuinders doorgaans niet onder EU ETS vallen, werkt de zogenaamde clean spark spread de wkk inzet bij tuinders verder in de hand.

ETS2

De herziening van richtlijn 2003/87/EG voorziet een tweede ETS (ETS2) voor de leveranciers van brandstof. Dit nieuwe emissiehandelsstelsel richt zich op de gebouwde omgeving, wegtransport en de kleine industrie en wordt vanaf 2027 ingevoerd⁹. Er wordt gebruik gemaakt van de opt-in, waarmee alle fossiele brandstoffen in Nederland onder het nieuwe handelssysteem zullen vallen. Dit omvat dus ook het overige brandstoffenverbruik in de landbouw, zoals verwarming van stallen en brandstofverbruik door landbouwwerk- en voertuigen¹⁰. Het kabinet heeft besloten om in het voorjaar van 2025 een definitief besluit te nemen over het betrekken van de glastuinbouw bij de ETS2 opt-in. Bijlage B geeft meer toelichting over het ETS2.

Hoewel de glastuinbouw (nog) niet onder ETS2 valt, zal het wel, via de energieleveranciers, van invloed zijn. Levering van aardgas aan derde partijen met energiesystemen op aardgas (zogenaamde 'Energie BV's'), zoals warmte-krachtkoppeling (wkk) die energie leveren aan glastuinbouwbedrijven, gaat namelijk wel onder ETS-2 vallen. Dit zorgt ervoor dat een deel van het verbruik van de glastuinbouwbedrijven onder de ETS-2 opt-in kunnen gaan vallen. De vraag is of de Energie BV's de kosten van het ETS-2 een-op-een doorrekenen aan de glastuinbouwafnemers of niet. Energiebedrijven hebben namelijk de vrijheid in de manier waarop ze de kosten voor ETS2 doorrekenen, en aan wie.

Er wordt momenteel gewerkt aan een Europese teruggaveregeling voor partijen die ten onrechte ETS2-kosten doorgerekend hebben gekregen. Het is dus mogelijk dat tuinders

⁸ Het huidige ETS1 omvat, op EU-niveau, ongeveer 10.000 bedrijven in de sectoren verwarming en elektriciteitsproductie, energie-intensieve industriële sectoren (bijvoorbeeld raffinaderijen, staalfabrieken, cement-, glas- en papierproductie) en de commerciële luchtvaart binnen de Europese Economische ruimte.

⁹ De administratieve fase gaat al in 2025 van start. Dit houdt in dat de ETS2-plichtingen nog niet hoeven te betalen, maar wel al moeten rapporteren aan de NEa.

¹⁰ De visserij wordt uitgezonderd.



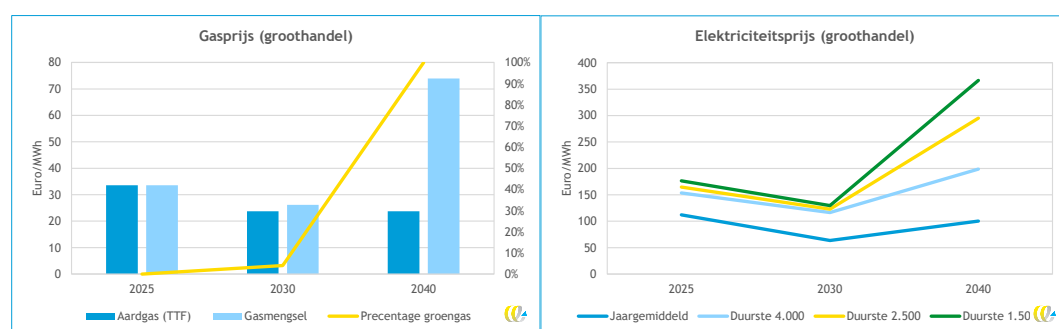
achteraf de heffingskosten kunnen terugvorderen. In het voorjaar van 2025 wordt tevens gekeken naar compensatieregelingen waarmee de additionele lasten van het ETS2 bovenop het prijspad dat nodig is om het 2030-doel te bereiken (i.e. het tarief van de CO₂-heffing) vergoed worden. De verwachting is dus dat ETS2 niet voor een lastenverzwaring zal zorgen ten opzichte van het pad dat met de CO₂-heffing wordt ingezet.

2.3 Energieprijsontwikkeling

Door de bovengenoemde fiscale maatregelen worden de energieprijzen hoger. In deze paragraaf laten we zien hoe de energieprijs ontwikkelt. Deze energieprijs gebruiken we in Hoofdstuk 3 om te onderzoeken welke verduurzamingsopties rendabel zijn.

In Figuur 3 staan de aangenomen groothandelsprijzen voor gas en elektriciteit. Bij gas is het belangrijk op te merken dat we voor 2040 uitgaan van 100% groengas¹¹. In 2030 is dit percentage, conform meest recente doelstellingen omtrent de bijmengverplichting, circa 4%¹². In de elektriciteitsgrafiek zijn ook de duurste 4.000, 2.500 en 1.500 uur geplot, dit zijn de meest gunstige uren voor een wkk om te draaien en elektriciteit in te voeden.

Figuur 3 - Aangenomen groothandelsprijzen voor gas (inclusief bijmenging) en elektriciteit

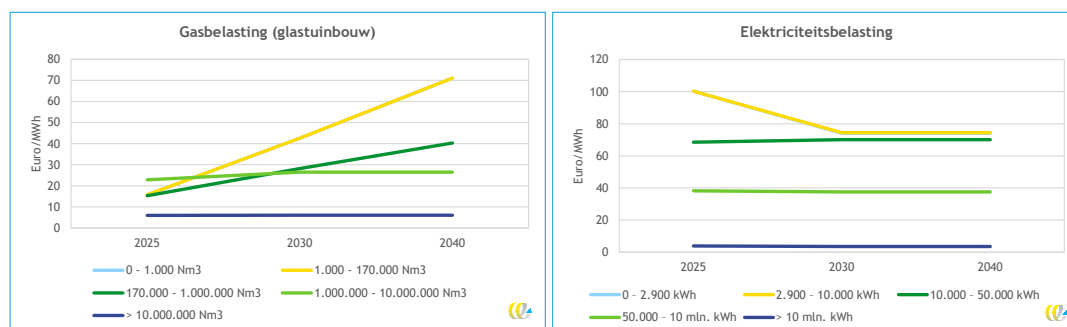


In Figuur 4 staan de energiebelasting schijven waarmee is gerekend, gebaseerd op informatie van het Ministerie van Financiën ontvangen voor dit onderzoek. In de gasbelasting is de afbouw van het glastuinbouwtarief verwerkt.

¹¹ Deze aanname komt voort uit de ambitie van de glastuinbouw sector om in 2040 klimaatneutraal te zijn, dit is alleen haalbaar wanneer het gebruikt gas 100% hernieuwbaar is.

¹² Dit percentage is tot stand gekomen onder de aanname dat het groengas de gemiddelde emissiefactor van gas verlaagd en niet aan een bepaalde sector wordt toegekend.

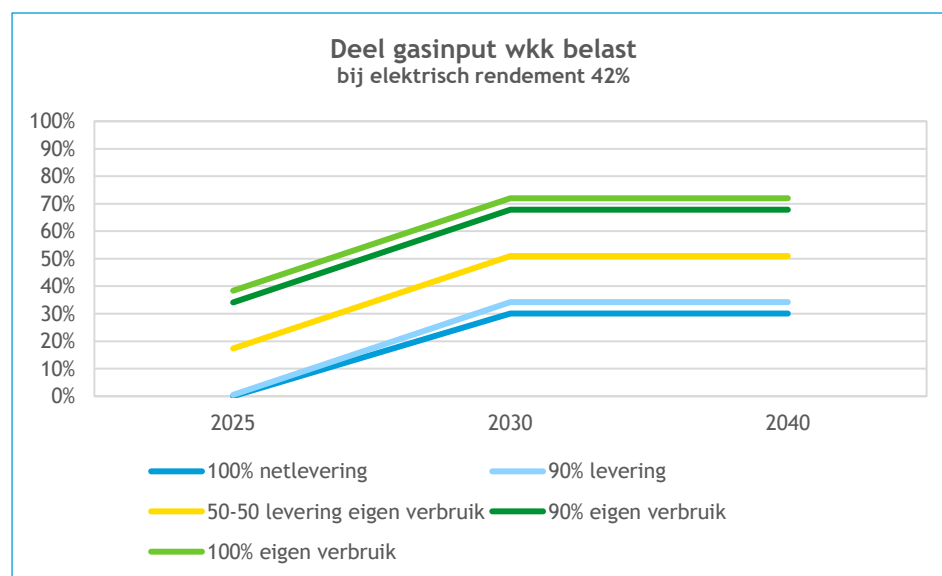
Figuur 4 - Aangenomen ontwikkeling energiebelasting per schijf voor gas en elektriciteit. De belastingtarieven in Schijf 1 (lichtblauw) en Schijf 2 (geel) zijn gelijk, zowel voor gas als elektriciteit



Verdere fiscale maatregelen betreffen het CO₂-sectorsysteem en de afschaffing van de inputvrijstelling van gas in de wkk. Voor de hoogte van de heffing is in hoofdstuk 3 gerekend met de destijds voorlopige tarieven van voordat de 2024 tariefstudie van Berenschot en Kalavasta werd gepubliceerd (Berenschot en Kalavasta, 2024). Voor 2025 gerekend met 12,25 €/ton CO₂, in 2030 met 17,70. De nieuwe prijzen gaan uit van 9,50 €/ton in 2025, voor 2030 is het bedrag gelijk. We verwachten dat dit geen effect op de conclusies zal hebben.

Voor 2040 is aangenomen dat er geen uitstoot meer is, en de heffing dus geen werking meer heeft. De inputvrijstelling is afhankelijk van de wkk en hoe deze gebruikt wordt. Figuur 5 illustreert een aantal varianten voor een wkk met een elektrisch rendement van 42%.

Figuur 5 - Deel van gasinput wkk belast door afschaffing inputvrijstelling wkk. Dit deel is afhankelijk van het installatierendement en het aandeel levering aan het elektriciteitsnet



2.4 Rol wkk in het elektriciteitssysteem

De wkk (warmte-krachtkoppeling) is een belangrijke installatie voor de glastuinbouw. Een wkk verbrandt gas en produceert daarmee elektriciteit, warmte en CO₂. Deze drie

producten worden allemaal nuttig gebruikt door een glastuinder. Daarnaast speelt de wkk een rol in het elektriciteitssysteem. Er is nog geen beleid dat deze rol van de wkk's waarborgt.

Grote onverwachte veranderingen in het aanbod of de afname van elektriciteit kunnen de netbalans verstoren. Om hierop te reageren zet netbeheerder TenneT regelbaar vermogen in. Dit regelbaar vermogen is opgedeeld in vier verschillende types:

1. Primaire reserve.
2. Secundaire reserve.
3. Noodvermogen.
4. Reservevermogen.

Wkk's worden regelmatig als noodvermogen ingezet. Voor bedrijven met belichte teelt past opregelend noodvermogen het best. Zij kunnen de lampen uitzetten of de wkk aanzetten. (BlueTerra, 2024).

Wanneer de glastuinbouw verduurzaamt, zal de wkk minder worden ingezet en op termijn alleen nog met hernieuwbaar gas ingezet worden vervangen worden door een andere duurzame piekvoorziening. Dit betekent dat er alternatief regelbaar vermogen moet komen of dat de wkk's als regelbaar vermogen in stand gehouden moeten worden. In dat laatste geval, kan dit de verduurzaming van de glastuinbouwsector in de weg zitten, tenzij er voldoende hernieuwbaar gas beschikbaar is. We hebben dit in deze studie verder niet onderzocht.

2.5 Conclusie

In 2022 is het Convenant Energietransitie Glastuinbouw 2022-2030 van start gegaan. In dit convenant staat de ambitie om in 2040 zowel klimaatneutraal als economisch rendabel te zijn. Als tussendoel is een restemissiedoel vastgesteld op 4,3 Mton CO₂-eq.

Om dit doel te realiseren is er met name beleid op de financiële kant: financiële prikkers die verduurzaming stimuleren. Het gaat om subsidies, zoals de SDE++, en fiscale maatregelen zoals de individuele CO₂-heffing, glastuinbouw en de afschaffing van het verlaagd tarief energiebelasting. Financiële prikkels alleen zijn niet voldoende om de doelen te bereiken, de randvoorwaarden, namelijk de beschikbaarheid van energie-infrastructuur, moeten ook geregeld zijn.

3 Rentabiliteit verduurzaming

Hoofdboodschap

Uit onze modellering volgt dat het de klimaatdoelen in 2030 gehaald kunnen worden bij inzet van rendabele technieken. Met rendabel bedoelen we dat de warmte van de duurzame techniek goedkoper is dan de warmte uit de fossiele referentie. Het doel wordt ruim gehaald indien de goedkoopste optie voor elk bedrijf beschikbaar is, ook bij minder preferente beschikbare opties is dit het geval. Naast ontwikkeling van de energieprijzen spelen subsidies en CO₂-beprijzing hierin een belangrijke rol. De belasting op energie heeft minder effect op de rendabiliteit van een duurzame techniek, maar vormt wel een prikkel voor energiebesparing.

De technieken die rendabel zijn, zijn een mix van collectieve warmteopties en op warmtepomp-gebaseerde systemen. Dit zijn over het algemeen rendabele opties voor bedrijven met belichte teelt. Voor bedrijven die niet belichten blijft de wkk vaker de goedkopere optie. Hierdoor is overstappen op duurzame alternatieven voor deze bedrijven minder snel financieel interessant. Wel is de kostenverhogende werking van de fiscale maatregelen voor alle bedrijven een sterke prikkel voor energiebesparing.

In dit hoofdstuk beschrijven we hoeveel CO₂-reductie rendabel gerealiseerd kan worden door over te stappen naar duurzame technieken. Dit hebben we onderzocht door de rentabiliteit, het netto kostenverschil tussen fossiele en duurzame opties, integraal te berekenen voor individuele bedrijfsvoeringen en de glastuinbouwsector als geheel.

3.1 Rentabiliteitsmodel verwarmingstechnieken glastuinbouw

Met rentabiliteit van een verwarmingstechniek bedoelen we in dit onderzoek de mate waarin de bedrijfsvoering door middel van duurzame installaties tegen dezelfde of lagere kosten mogelijk is dan bij gebruik van een fossiele referentie-installatie. Om de rentabiliteit te berekenen hebben we een model opgezet. In dit model berekenen we van verschillende samenstellingen van installaties de kosten en baten uit waarmee we de warmteprijs (verdere toelichting in Tekstkader 1) van de glastuinbouwbedrijven bepalen. Samengevat is dit de netto prijs die een tuinder gemiddeld per jaar betaalt per eenheid warmte. In de warmteprijs nemen we geen externe maatschappelijke kosten, bijvoorbeeld voor netverzwaring, mee. Wanneer de warmteprijs bij een fossiele techniek lager ligt dan die van een duurzaam alternatief spreken we van een *onrendabele top*.

Op basis hiervan vergelijken we financiële en CO₂-effecten van referentietechnieken met duurzame opties. Op basis van de modelresultaten is informatie beschikbaar over onder andere:

- meest en minst betaalbare duurzame opties voor tuinders met verschillende bedrijfstypes en -groottes in 2025, 2030 en 2040;
- het energieverbruik per energiedrager;
- de fossiele CO₂-uitstoot, biogene CO₂-uitstoot en de behoefte voor CO₂-inkoop;
- de benodigde vermogensvraag per energiedrager.

Tekstkader 1 - Warmteprijs in dit onderzoek

De warmteprijs, uitgedrukt in €/MWh_{th}, is de eenheid waarmee binnen dit onderzoek verschillende techniekopties vergelijkbaar worden gemaakt. De waarde betreft het jaargemiddelde netto kosten van een glastuinbouwbedrijf om met een combinatie van installaties warmte te produceren voor de teelt.

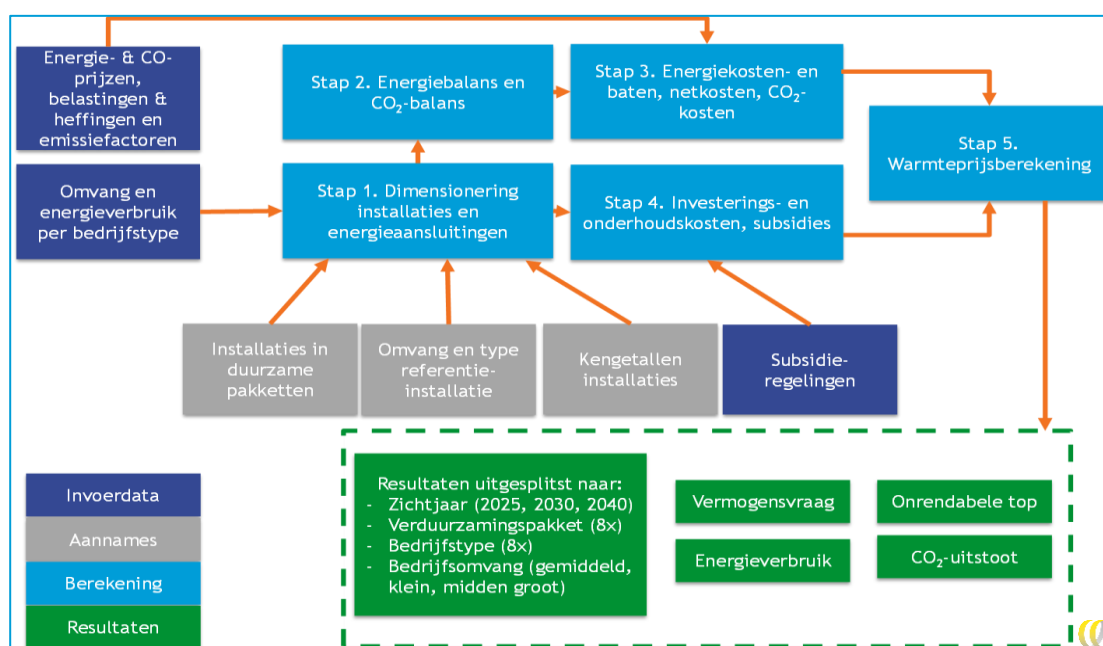
De volgende kosten worden meegenomen in het bepalen van de warmteprijs:

- 1) De verdisconteerde investeringskosten van benodigde installaties.
- 2) Vaste en variabele operationele kosten van benodigde installaties, exclusief energiekosten (transport, distributie en inkoop, zie hiervoor 3 en 4).
- 3) Inkoopprijs van energie, inclusief eventuele belastingen. Het belastingtarief is verbruiksafhankelijk vastgesteld, en in het geval van gas bij een wkk afhankelijk van de mate van teruglevering.
- 4) Kosten voor energie-infrastructuur. Voor gas zijn dit verdisconteerde eenmalige aansluitkosten plus jaarlijkse aansluit- en transportkosten. Voor elektriciteit gaat het om dezelfde kosten type kostenposten, aangezien er geen kosten voor het invoeden van elektriciteit worden gerekend. Voor warmte gaat het om eenmalige aansluitkosten en het jaarlijks vastrecht.
- 5) CO₂-heffing. ETS-kosten zijn buiten beschouwing gelaten, omdat dit slechts voor enkele tuinders van toepassing is.
- 6) Kosten voor CO₂-inkoop die additioneel nodig is door het wegvallen van CO₂ uit rookgassen. Deze wordt alleen in rekening gebracht op de hoeveelheid CO₂ waarin de piekvoorziening niet voorziet.

Baten worden als volgt meegenomen:

- 1) De opwek van elektriciteit met een wkk wordt op twee manieren meegerekend: het gedeelte dat wordt ingevoed in het elektriciteitsnet wordt tegen een hoger-dan-jaargemiddelde elektriciteitsprijs verkocht (afhankelijk van het aantal draaiuren en het zichtjaar). Het gedeelte dat zelf wordt gebruikt voor bijvoorbeeld belichting wordt tegen de inkoopprijs plus belasting als baat meegerekend.
- 2) Subsidies, specifiek de SWiG en SDE++-regeling, drukken de kostprijs van duurzame warmte en worden meegerekend conform de voorwaarden in de regeling. Voor waterstof is uitgegaan dat de productiesubsidie uit de SDE++, tot een subsidie-intensiteit van 400 €/ton CO₂, doorwerkt in de kostprijs.

Figuur 6 - Overzicht opbouw rentabiliteitsmodel glastuinbouw



Figuur 6 geeft een schematisch overzicht van het rentabiliteitsmodel. Het model is gebaseerd op modellering in de onderzoeken ‘Verkenning generieke maatregelen glastuinbouw’ (CE Delft, 2021b) en het ‘Rekenmodel individueel sectorsysteem glastuinbouw’ (Berenschot, 2023). In dit onderzoek zijn, ten opzichte van de modellering in deze onderzoeken, de techniek- en infrastructuurkosten uitgebreider uitgewerkt. Ook zijn de wkk-kosten (referentie-installatie) beter in kaart gebracht en maken we gebruik van de meest recente fiscale maatregelen.

In Bijlage C beschrijven we de invoer en berekeningsstappen van het model. De rekenwaarden zijn ook terug te vinden in Bijlage C.

3.1.1 Verduurzamingsopties

Er zijn verschillende opties mogelijk om de glastuinbouw te verduurzamen. In dit onderzoek beschouwen we acht verduurzamingsopties waarvoor we de rentabiliteit bepalen. Het gaat om de volgende verduurzamingsopties:

- MT-restwarmte: aansluiting op een warmtenet met als bron middentemperatuur (MT)-restwarmte. MT-restwarmte is gedefinieerd als warmte met een aanvoertemperatuur tussen 55 en 70°C. Bij hogere aanvoertemperaturen wordt gesproken van hoge-temperatuur (HT)-warmte (WarmingUp, 2020).
- Geothermie: aansluiting op een geothermie warmtenet.
- LT-warmte met warmtepomp: aansluiting op een lagetemperatuur (LT)-warmtenet met een warmtepomp om de temperatuur op te waarden. LT-restwarmte is gedefinieerd als warmte met een aanvoertemperatuur tussen 25 en 55°C. Bij lagere aanvoertemperaturen wordt gesproken van zeerlagetemperatuur (ZLT)-warmte (WarmingUp, 2020).
- TEO (thermische energie uit oppervlaktewater) met warmtepomp en wko: een systeem van een warmtepomp met Warmte Koude Opslag (wko) dat gebruik maakt van lokaal oppervlaktewater als warmtebron.
- Kaswarmte met warmtepomp en wko: een systeem van een warmtepomp met wko dat gebruik maakt van de warme luchtstroom door opwarming van de lucht in de kas als gevolg van instraling van zonlicht.
- Luchtwarmtepomp: warmtepomp die de buitenlucht als warmtebron gebruikt. We veronderstellen geen seizoensopslag (zoals een wko).
- E-boiler en gas-wkk: elektrische boiler met een gas-wkk voor elektriciteits- en warmteproductie. Een e-boiler en een wkk vullen elkaar goed aan. Wanneer elektriciteit in overvloed beschikbaar is (lage elektriciteitsprijs), is het voordelig de e-boiler aan te zetten. Wanneer elektriciteit schaars is (hoge elektriciteitsprijs), kan de wkk aangezet worden om elektriciteit en warmte te produceren.
- Waterstof-wkk: een brandstofcel (wkk) op waterstof. Er is voor een wkk gekozen in plaats van een waterstofketel in samenspraak met de begeleidingscommissie.

Bij alle verduurzamingsopties, behalve bij de waterstof wkk, nemen we aan dat gebruik gemaakt blijft worden van de huidige installatie om de pieklast mee te voorzien. Afhankelijk van het bedrijfstype is dit een gas-wkk of een gasketel.

3.1.2 Bedrijfstypen

Om de rentabiliteit van de verschillende verduurzamingsopties goed in beeld te brengen, maken we gebruik van de verdeling van de sector in negen bedrijfstypen zoals gedefinieerd in (Berenschot, 2023). Bij de verdeling is gekeken of het intensieve, gemiddelde of extensieve vestigingen zijn en hoeveel en welk type warmte geleverd wordt. Voor gemiddeld-intensieve vestigingen is verder onderscheid gemaakt naar belichte of onbelichte

teelt en de hoogte van de CO₂-vraag. Tussen de bedrijven verschilt de mate van warmtevraag door het jaar, sommige bedrijven hebben slechts enkele perioden in het jaar warmte nodig, anderen jaarrond. De belangrijkste karakteristieken van de bedrijfstypen staan samengevat in Tabel 6.

Tabel 6 - De glastuinbouwsector is verdeeld in negen bedrijfstypen

Bedrijfstype	Toelichting	% van sector (areaal)	Dominante techniek in de referentiesituatie	Verondersteld warmtevraagprofiel door het jaar
YBKW	Zeer intensieve varianten van gemiddeld belicht en intensief belicht	3%	Gas-wkk	Hoge basislastvraag
IBKW	Intensief, belichte kas	7%	Gas-wkk	Hoge basislastvraag
GBhoog	Gemiddelde energievraag, belicht	4%	Gas-wkk	Lage basislast, hogere midden- en pieklast.
GBlaag	Gemiddelde energievraag, belicht	10%	Gas-wkk	Lage basislast, hogere midden- en pieklast.
GOhoog	Gemiddelde energievraag, onbelicht	32%	Gas-wkk	Lage basislast, hogere midden- en pieklast.
GOLAag	Gemiddelde energievraag, onbelicht	9%	Gas-wkk	Lage basislast, hogere midden- en pieklast.
EOK	Energie-extensieve onbelichte kas	15%	Gasketel	Geen basislastvraag
XOK	Zeere energie-extensieve onbelichte kas	7%	Gasketel	Geen basislastvraag
Overig	Overig	13%	Gas-wkk	Lage basislast, hogere midden- en pieklast.

3.2 Resultaten

3.2.1 Onrendabele top per bedrijfstype

We vergelijken de kosten en CO₂-emissies van de referentietechniek met duurzame pakketten. Dit doen we voor de verschillende bedrijfstypen, bedrijfsgroottes en zowel voor 2030 als 2040. De modelresultaten voor 2030 wijzen uit dat voor een deel van de sector het merendeel van collectieve en warmtepomptypes goedkoper zijn dan de referentie. Tabel 7 laat zien dat bedrijfstypes YBKW, IBKW, GBhoog, GBlaag en overig overwegend rendabele alternatieven hebben. Deze typering is van toepassing op 37% van het sectorareaal. Voor onbelichte bedrijven met wkk (41% van de sector) en extensieve bedrijven met gasketel (22%) zijn alternatieven nog niet rendabel.

Tabel 7 - Indicatie onrendabele top per pakket en bedrijfstype (gemiddelde omvang bedrijf) in 2030. Groen = rendabel in 2030, oranje = equivalente kosten (+/- 5 €/MWh), rood = onrendabele top (> 5 €/MWh)

Bedrijfs-type	MT-restwarmte	Geothermie	LT-restwarmte	TEO met wko	Kaswarmte met wko	Lucht-warmtepomp	E-boiler en gas-wkk	Waterstof-wkk
YBKW								
IBKW								
GBhoog								
GBlaag								

Bedrijfs-type	MT-restwarmte	Geothermie	LT-restwarmte	TEO met wko	Kaswarmte met wko	Lucht-warmtepomp	E-boiler en gas-wkk	Waterstof-wkk
GOhoog								
GOLAag								
EOK								
XOK								
Overig								

Gevoeligheidsanalyse gasprijzen

Een gevoeligheidsanalyse met hogere gasprijzen (KEV 2023-midden in plaats van KEV 2023-laag) wijst uit dat verduurzaming bij onbelichte wkk-bedrijven dan wel rendabel wordt. Hogere gasprijzen verlagen de sparkspread¹³ waardoor wkk-warmte minder voordelig wordt.

KEV 2024 over gasprijzen

De KEV 2024 is te laat gepubliceerd om volledig op te nemen in dit onderzoek. We reflecteren nog wel op het verschil in inzicht over de prijs van gas in de versie van 2023 en die van 2024. KEV 2024 gaat in het midden-scenario uit van een gasprijs van 0,23 €/m³ in 2030, circa 26 €/MWh. De in de modellering gehanteerde KEV 2023-laag prijs inclusief groengasbijmenging is tevens 0,23 €/m³. De uitgangspunten komen dus goed overeen met recente verwachtingen van het PBL. Wel plaatst PBL de kanttekening dat, indien de glastuinbouw wordt opgenomen in de implementatie van ETS2, de gasprijzen structureel hoger komen te liggen.

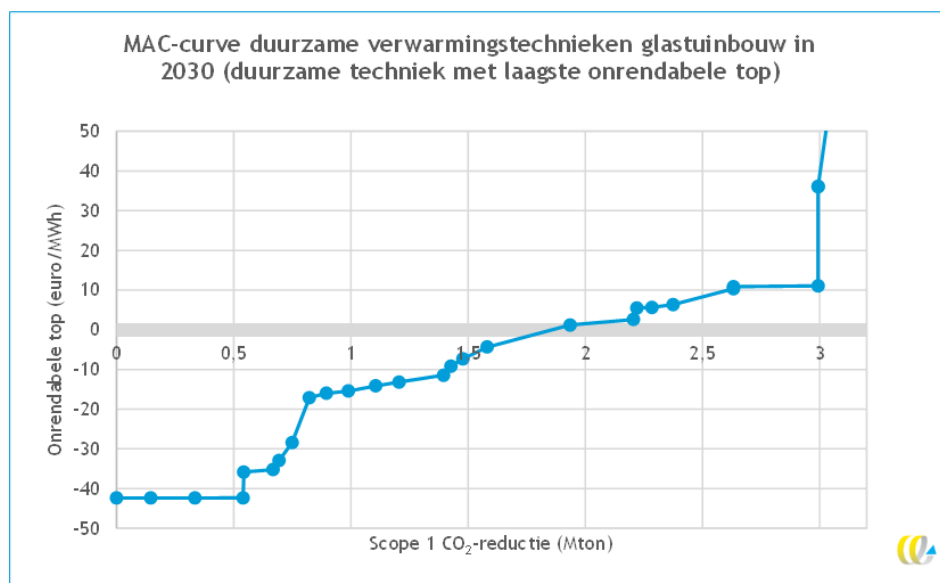
Verduurzaming van extensieve bedrijven met gasketel blijft in de berekening in veel gevallen onrendabel, ook in zichtjaar 2040. Hoewel de warmte uit gasketel duur is, en ook duurder zal worden, zijn investeringen in (kleine) alternatieve systemen relatief zeer CAPEX-intensief. Hierbij merken we wel op dat de pakketten en aangenomen installatie-inzet in mindere mate aansluiten bij 'ketelbedrijven' dan bij wkk-bedrijven. Mogelijk dat bij zeer incidentele warmtevraag een bijvoorbeeld een configuratie met biomassa, of e-boiler in combinatie van flexibel transportvermogen toch voordelig kan blijken. Ook kunnen systeemoptimalisaties met betrekking tot dimensionering van installaties, energiebesparing en opslag de kosten drukken.

Bij relatief lage gasprijzen kan wkk-elektriciteit beter worden gebruikt om de kosten bij varianten met warmtepomp of e-boiler te drukken. Andersom zorgen hoge gasprijzen ervoor dat collectieve opties vaker de meest rendabele verduurzamingsroute worden.

¹³ De verhouding tussen de prijs van elektriciteit en gas. Hoe hoger de sparkspread, hoe meer het produceren van elektriciteit met gas oplevert. De elektriciteitsprijs fluctueert real-time waardoor tuinders hun wkk's aan de hand van de sparkspread aan of uitzetten.

3.2.2 Rendabele CO₂-reductie

Figuur 7 - Marginale kostenreductiecurve (MAC-curve) verduurzaming met goedkoopste optie in 2030



In Figuur 7 is te zien hoeveel CO₂-reductie volgens het rentabiliteitsmodel in 2030 behaald kan worden tegen welke onrendabele top, wanneer de goedkoopste verduurzamingsoptie wordt toegepast. In dit figuur is CO₂-besparing die door verduurzaming van een glastuinbouwsegment behaald kan worden op volgorde gezet van hoe rendabel deze verduurzaming is. We lezen rendabele emissiereductie af tot het punt waar de curve de nullijn kruist.

Op basis van deze analyse schatten we voor 2030 rendabele verduurzaming in van 1,6 tot 2,2 Mton CO₂. Dit is ten opzichte van een situatie in 2030 waarbij alles wat dat nu doet nog met gas-wkk's en ketels verwarmt. Wel is hierbij energiebesparing aangenomen. De rest-emissies in 2030 zijn hierdoor 1,9 tot 2,7 Mton CO₂. Het sectordoel voor 2030 is 3,7 Mton restemissies CO₂ exclusief methaanslip, en wordt dus volgens onze modellering ruim behaald. Dit is wel in de situatie dat alle bedrijven de toegang hebben tot de goedkoopste techniek, wat in de praktijk niet altijd zo zal zijn.

KEV 2024 over emissiereductie in de glastuinbouw

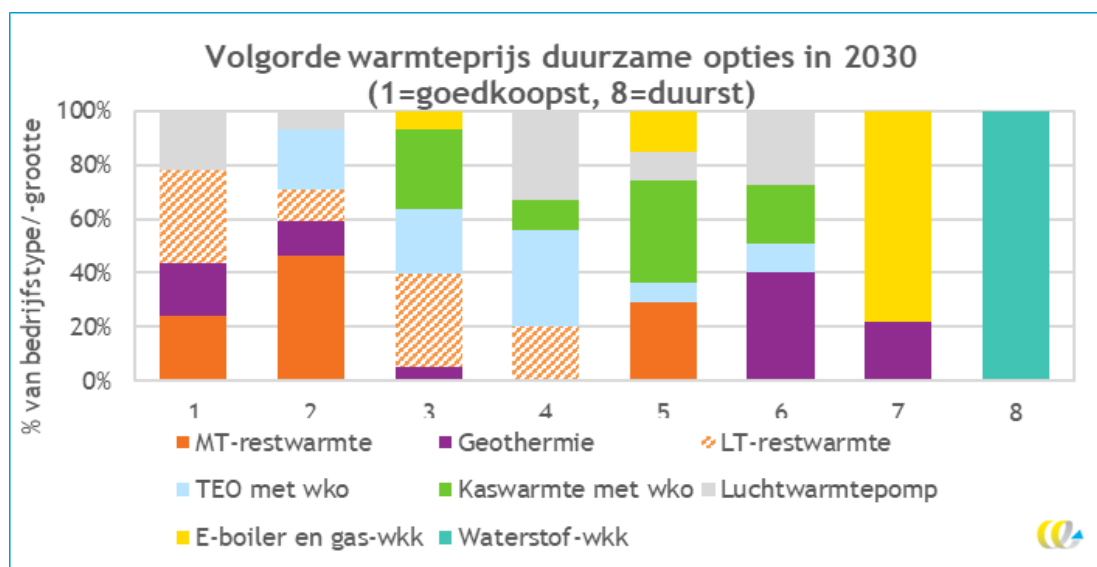
Met het vastgestelde en voorgenomen beleid daalt de broeikasgasemissie voor de glastuinbouw, volgens de KEV van 6,3 megaton CO₂-equivalenten in 2023 naar 5,8 [3,8-8,1] megaton CO₂-equivalenten in 2030. Hiervan is 0,9 Mton afkomstig van methaan emissies. Dat houdt in dat de geraamde CO₂-emissies volgens de KEV 2024 in 2030 4,9 Mton zijn, dit is nog 0,2 Mton hoger dan de bovenkant van de bandbreedte uit deze studie.

Meer rendabele verduurzaming is mogelijk door middel van een hogere individuele CO₂-heffing of een hogere gasprijs. De hoogte van de energiebelasting heeft veel minder impact op of het wel of niet mogelijk is rendabel te verduurzamen. Subsidies (met name SDE++) zijn wel randvoorwaardelijk voor de verduurzamingsdoelen, zonder subsidies zijn de meeste opties niet meer rendabel in 2030.

3.2.3 Volgorde meest rendabele verduurzamingsopties

De goedkoopste optie verschilt per bedrijfstypes- en groottes (intensief/extensief/etc. en klein/middelgroot/groot bedrijf). Figuur 8 biedt inzicht in de kostenvolgorde. Overal wordt ervan uitgegaan dat de optie daadwerkelijk beschikbaar is. Op de y-as staan de bedrijven, naar areaaloppervlakte. In de eerste staafdiagram staat de mix van duurzame technieken met de laagste warmteprijs. We zien hier dat het merendeel van het areaal het goedkoopst uit zou zijn met collectieve (rest)warmte. Voor ongeveer 20% van het areaal is een luchtwarmtepomp de goedkoopste duurzame optie. Collectieve warmte is dus preferent, maar daar schetsen we wel het volgende aandachtspunt bij. Er is gerekend met typische transportkosten. Deze zijn afhankelijk van de afstand tot de bron, en in de praktijk kan dit relatief kort, maar ook zeer ver weg zijn. Hierdoor vallen de kosten voor collectieve opties relatief vaker dan voor individuele opties hoger uit dan is aangenomen.

Figuur 8 - Volgorde prijs duurzame opties in 2030



Een ander resultaat wat blijkt uit het figuur, is dat geothermie voor een deel van het areaal een relatief goedkope vorm van warmte is, maar ook voor een groot deel niet. Dit komt doordat voor geothermie is aangenomen dat dit, meer dan andere technieken, alleen voor de basislast kan worden ingezet. Voor areaal met geen of weinig basislastvraag de geothermie flink moeten worden overgedimensioneerd wat het qua kosten onaantrekkelijker maakt dan veel warmtepomptypes.

Over de warmtepompvarianten concluderen we dat de warmteprijsen over het algemeen in de buurt van elkaar liggen, en dat specifieke omstandigheden op en rond het bedrijf veel uitmaken. In het model is gerekend met vaste investeringskengetallen om de bronnen en opslag van warmte voor de warmtepomp te realiseren. In de praktijk geven zaken als specifieke behoefte voor de teelt, bestaande installaties in en rond de kas en afstanden tot (Z)LT-warmtebronnen de doorslag in de keuze voor een specifieke variant.

Het pakket met e-boiler is voor de meeste bedrijven de op-een-na duurste optie, een waterstof-wkk is altijd de duurste oplossing. Voor de e-boiler schetsen we de kanttekening dat er geen prijs optimalisatie is uitgevoerd om de inzet te berekenen, de e-boiler wordt zo

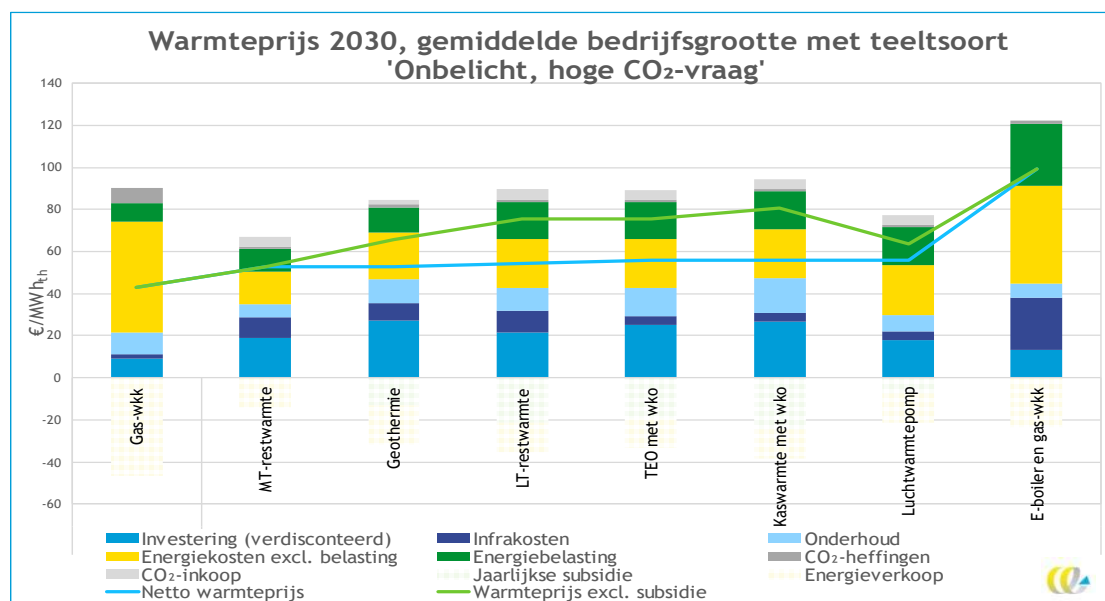
relatief ‘dom¹⁴’ ingezet. Als flexibele installatie kan een e-boiler in hybride opstelling met een gasinstallatie an sich wel rendabel zijn. De doorrekening wijst echter wel uit dat het als eindoplossing (bij veel vollasturen, zonder investering in additionele installaties) geen rendabel pakket vormt.

Waterstof-wkk's (brandstofcellen) hebben door de hoge energiekosten vergeleken met een gas-wkk een heel veel lagere sparkspread. De geproduceerde warmte is daarmee minder interessant voor de tuinder. Door deze zeer hoge prijs zal het aantal rendabele draaiuren ook klein zijn: voor het elektriciteitssysteem zijn alternatieve flexibele voorzieningen voor productie/vraagreductie vaak goedkoper dan elektriciteit uit de brandstofcel.

3.2.4 Opbouw warmteprijs per verduurzamingsoptie

De warmteprijsberekening staat geïllustreerd in Figuur 8 voor een gemiddeld onbelicht bedrijf met een hoge CO₂-vraag, waarbij nu een wkk staat opgesteld. De balken geven de verschillende kostenposten weer, de lijnen tonen de netto warmteprijs (blauw) of de warmteprijs zonder subsidie (groen). Links in het figuur staat de gas-wkk referentie, een warmteprijs van circa 40 €/MWh. We zien dat alle duurzame alternatieven nog een hogere warmteprijs hebben dan gebruik van dan de wkk; Het overgrote deel van de kosten zijn voor de inkoop van energie (gas). Hier staan baten tegenover in de vorm van elektriciteitsverkoop en vermeden inkoop bij eigen verbruik.

Figuur 9 - Voorbeeld warmteprijsvergelijking voor een gemiddeld onbelicht bedrijf met hoge CO₂-vraag (GOhoog) in 2030. Waterstof-wkk is uit het figuur gehouden. Hiervan is de warmteprijs 331 €/MWh door hoge energiekosten



¹⁴ De betreffende modelaannames:

- De e-boiler draait in de praktijk een kleiner aandeel van het volume dan aangenomen in de modellering (50%).
- De e-boiler draait in de praktijk alleen tijdens uren met lage elektriciteitsprijzen. Dit is niet opgenomen in het rentabiliteitsmodel, omdat onduidelijk is hoeveel uren dit zijn.
- Glastuinders gebruiken capaciteitsbeperkende contracten (CBC's), bieden in op GOPACS of contracteren alternatieve transportrechten (ATR's) van netbeheerders om korting te krijgen op transportvermogenskosten. Hiervoor zijn vanuit regionale netbeheerders nog geen standaardkortingsfactoren beschikbaar om op te nemen in het model.

Het warmteprijsfiguur maakt duidelijk dat de duurzame technieken over het algemeen hogere investering- en onderhoudskosten hebben dan een gas-wkk. Ook zijn de kosten voor infrastructuur hoger. Bij de eerste drie duurzame opties betreft dit kosten voor aansluiten op een warmtenet. Voor LT-restwarmte, TEO, kaswarmte, de lucht-WP en met name de e-boiler zijn deze kosten voor een belangrijk deel voor het benodigd elektrisch transportvermogen (afname) voor de warmtepomp en e-boiler. Ook ligt, paradoxaal genoeg, de energiebelasting per eenheid hoger in een situatie met een duurzame basislast. Het regressieve karakter van de energiebelastingen is hiervoor de verklaring. Doordat minder gas wordt afgenomen, valt het overgebleven verbruik in belastingschalen met hogere tarieven. Daarbovenop neemt de elektriciteitsvraag toe, die ook overwegend in de belastingschalen met hogere tarieven valt. De hybridisering van de warmtevoorziening verhoogt zo dus de belastingdruk van de EB.

3.2.5 Effect van SDE++-subsidie

Ten slotte toont het figuur dat veel van de duurzame opties grofweg dezelfde warmteprijs hebben (de blauwe lijn). Dit is in feite het gevolg van de SDE++-subsidie, welke de onderlinge kosten op basis van een vastgestelde correctieformule nivelleert. Als we de duurzame warmteprijsen zonder subsidies beschouwen, zien we in het merendeel van de gevallen dat de referentie-installatie goedkoper is, ondanks de fiscale beprijzingsmaatregelen die niet zijn voorzien in de methodiek van de SDE++. Opties met relatief lage investeringskosten, zoals MT-restwarmte en een luchtwarmtepomp, hebben over het algemeen lagere warmteprijsen dan opties met hogere investeringskosten, zoals opties waarbij opslag nodig is.

3.3 Conclusie

De rentabiliteitsmodellering laat zien dat in 2030 tot ruim onder het sectordoel CO₂ rendabel gereduceerd kan worden. Dit is echter wel onder de aanname dat de goedkoopste optie ook daadwerkelijk beschikbaar is. Beleidsmaatregelen die de rendabiliteit verbeteren zijn een hogere CO₂-heffing en meer subsidies. De energiebelastingen doen relatief weinig voor het verbeteren van de verduurzamingspropositie. Wel vormen ze een prikkel voor investeringen in energiebesparing.

Hoewel specifieke technieken rendabeler zijn dan anderen, zijn er vaak meerdere rendabele opties om uit te kiezen (Tabel 7). Het beeld verschilt wel sterk per bedrijfstype. Bedrijven die nu met een gas-wkk onbelicht telen hebben en behouden een relatief lage warmtekostprijs. Hierdoor zijn duurzame alternatieven minder snel interessant. De lagere warmtekosten kunnen ook aanleiding zijn voor belichte bedrijven om hiermee te stoppen. De prijs van gas en de draaiuren/inkomsten van de wkk zijn in deze dynamiek de belangrijkste variabelen, bij een minder gunstige sparkspread dan aangenomen kan het dat in 2030 ook voor deze bedrijven alternatieven al rendabel zijn.

De technieken die rendabel zijn, zijn een mix van collectieve warmteopties en op warmtepomp-gebaseerde systemen. Over het algemeen zijn collectieve warmtebronnen van hogere kwaliteit preferent boven lokale warmtebronnen met lagere temperaturen welke moeten worden opgewaardeerd met een warmtepomp. In de praktijk variëren kosten van warmtetransport en -distributie sterk per project, daarnaast is haalbaarheid van een dergelijke oplossing afhankelijk van organisatorische aspecten. Hoofdstuk 4 gaat verder in op deze organisatorische aspecten, evenals andere zaken die de ontwikkeltijd van de infrastructuur bepalen.

Voor het halen van de sectordoelstellingen en -ambities maakt de lokale beschikbaarheid van warmtebronnen- en infrastructuur, net als transportcapaciteit voor elektriciteitsafname veel uit.

We concluderen dat, wanneer we naar de rentabiliteit van de verschillende opties kijken, verduurzaming in eerste instantie vaker door middel van collectieve opties zal worden gerealiseerd. Wanneer deze niet beschikbaar zullen de warmtepomp gebaseerde opties worden ingezet. Hoewel e-boilers een deel van de vraag zullen bedienen kennen we hier geen grote vraaginvulling van toe. We interpreteren de resultaten van de waterstofoptie zo dat deze geen rol zal spelen in de toekomstige mix van de glastuinbouw.

4 Ontwikkeltijden infrastructuur en warmtebronnen

Hoofdboodschap

Voor de verduurzaming van de glastuinbouwsector is het nodig dat infrastructuur en warmtebronnen worden ontwikkeld. Deze hebben allemaal verschillende doorlooptijden. Veel van deze infrastructuur en warmtebronnen kunnen alleen in 2030 gereed zijn, maar alleen onder de meest gunstige omstandigheden. De huidige ontwikkeltijden zullen dus verkort moeten worden. Dit kan onder anderen door eenvoudiger vergunningstrajecten, standaard contracten voor de afspraken tussen stakeholders en prioriteit geven aan het oplossen van netcongestie, daar waar dat het meest urgent is.

Om de benodigde infrastructuur en warmtebronnen in 2040 gereed te hebben, is niet de doorlooptijd het knelpunt, maar wanneer de ontwikkeling wordt gestart.

We hebben onderzocht welke fases en doorlooptijden doorgaans nodig zijn voor de ontwikkeling van energie-infrastructuur en warmtebronnen voor de glastuinbouw, op basis van literatuur en gesprekken met experts (zie Bijlage A). De genoemde ontwikkeltijden zijn indicatief en variëren per situatie.

4.1 Elektriciteitsinfrastructuur

Voor het transport van elektriciteit naar een bedrijf zijn twee dingen vereist: een fysieke aansluiting en transportvermogen gecontracteerd bij de netbeheerder. Als er netcongestie is in een gebied, is er geen ruimte op het net voor extra gecontracteerd transportvermogen. Er kan dan wel een grotere netaansluiting gerealiseerd worden, maar die kan niet additioneel gebruikt worden voor transport van elektriciteit. Er zijn contracten in ontwikkeling die, als er netcongestie is, gebruik van het net mogelijk maken op de momenten dat het net niet te vol zit.

Een glastuinbouwbedrijf heeft ook zonder verduurzaming elektriciteit nodig voor belichting, watervoorziening, etc. Daarnaast leveren glastuinbouwbedrijven die gebruik maken van een wkk vaak ook elektriciteit aan het net. Hiervoor is dus al een elektriciteitsaansluiting aanwezig.

Toename transportvermogen vanwege verduurzaming

Wanneer een glastuinbouwbedrijf verduurzaamt, kan door twee oorzaken het elektriciteitsverbruik en het benodigde transportvermogen toenemen:

1. Verduurzaming door middel van elektrificatie met bijvoorbeeld een warmtepomp of e-boiler leidt tot een flinke toename van het elektriciteitsgebruik. In sommige gevallen zal een verzwaring van de huidige aansluiting nodig zijn, in veel gevallen moet meer transportvermogen worden gecontracteerd.
2. Verduurzaming zorgt ervoor dat de wkk niet of minder wordt ingezet. Hierdoor produceert deze ook minder elektriciteit en kan de vraag naar elektriciteit van het net toenemen. In veel gevallen zal hiervoor geen verzwaring van de aansluiting nodig zijn.

Er zijn drie netvlakken voor het elektriciteitsnet:

1. laagspanning (LS): huishoudens en kleine bedrijven zijn aangesloten op het LS-net.
2. middenspanning (MS): dit wordt gebruikt voor distributie naar grotere gebruikers zoals industrie en grote bedrijven. Het MS-net verbindt ook het LS-net met het HS-net.
3. hoogspanning (HS): hoogspanning wordt gebruikt voor langeafstandstransmissie van elektriciteit. Dit bestaat uit het hoogspanningsnet (HS) en extrahoogspanningsnet (EHS) wat verschilt in het voltage dat gehanteerd wordt.

Een glastuinbouwbedrijf zal in de meeste gevallen een aansluiting op de middenspanning (MS) netvlak hebben. Kleine extensieve bedrijven (zonder wkk en belichting) zouden ook op het LS-net kunnen zitten.

Doorlooptijd extra transportvermogen

De doorlooptijd voor het verkrijgen van extra transportvermogen is:

- Voor het verhogen van het gecontracteerd vermogen (mits er netcapaciteit is) is maximaal 1 maand.
- De doorlooptijd voor het vergroten van de netaansluiting naar MS-netvlak is zo'n 1-2 jaar.
- Als er geen netcapaciteit is moet het elektriciteitsnet verzwakt worden voordat de aansluiting van het bedrijf extra belast kan worden. De doorlooptijden zijn afhankelijk van het netvlak dat verzwakt moet worden. Er moet capaciteit zijn op alle netvlakken (alle vinkjes moeten op groen staan) om nieuw transportvermogen te contracteren.

De doorlooptijden zijn (CE Delft, 2021a):

- de doorlooptijd voor het verzwaken van het MS-netwerk is 5-10 jaar (2-5 jaar planning en engineering, 1-3 jaar vergunning en subsidietraject, 1-3 jaar projectfinanciering, constructie en aansluiting);
- de doorlooptijd voor het verzwaken van het HS-netwerk is 7-12 jaar (3-7 jaar planning en engineering, 1-3 jaar vergunning en subsidietraject, 1,5-3,5 jaar projectfinanciering, constructie en aansluiting).

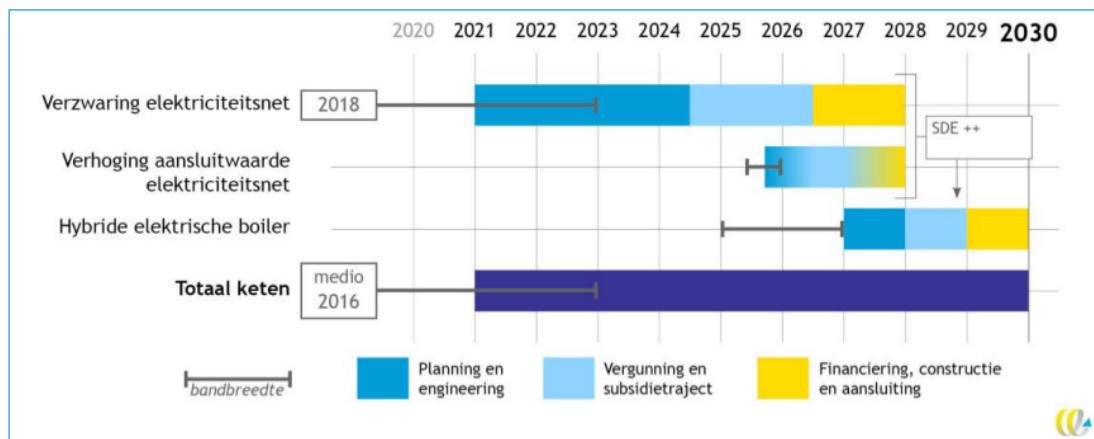
Als er sprake is van een SDE++-subsidieaanvraag voor een installatie aan te sluiten op het elektriciteitsnet, dan dient de aansluiting aangevraagd en goedgekeurd zijn door de netbeheerder alvorens de subsidie aangevraagd wordt. (CE Delft, 2021a) (Netbeheer Nederland, 2019)

Elektrische boiler

In (CE Delft, 2021a) is onderzoek gedaan naar de ontwikkeltijd van een elektrische boiler (e-boilers) en een warmtepomp voor de industrie. Ontwikkeltijden voor e-boilers en warmtepompen voor de glastuinbouw zullen vergelijkbaar zijn.

De tijdlijn voor het ontwikkelen van een e-boiler is weergegeven in Figuur 10. De totale ontwikkeltijd van de e-boiler, exclusief verzwaring van het elektriciteitsnet, is 3 tot 5 jaar. Wanneer aanpassingen van de elektriciteitsinfrastructuur nodig zijn is de totale doorlooptijd 7 tot 16 jaar.

Figuur 10 - Tijdlijn keten realisatie hybride elektrische boiler in 2030



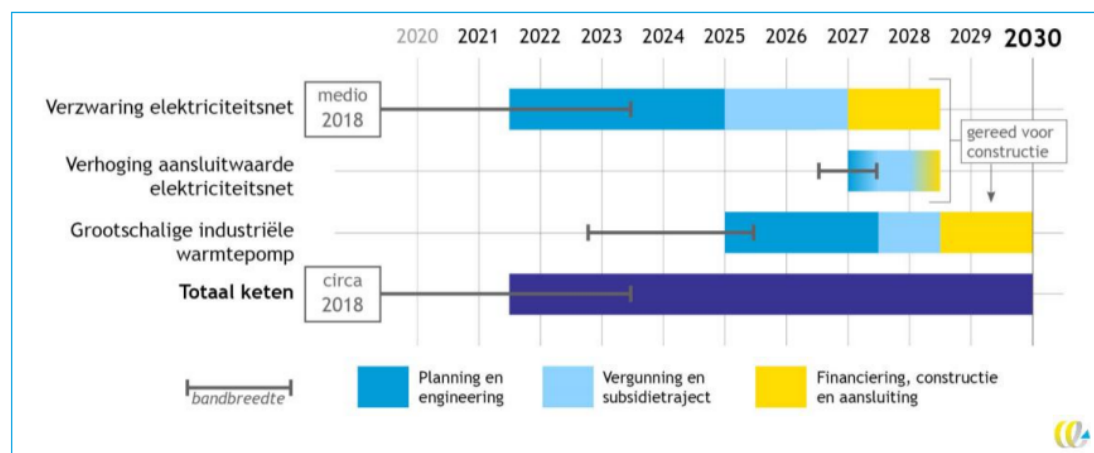
Bron: (CE Delft, 2021a).

Warmtepomp

In (CE Delft, 2021a) is onderzoek gedaan naar de ontwikkeltijd van een elektrische boiler (e-boilers) en een warmtepomp voor de industrie. Ontwikkeltijden voor e-boilers en warmtepompen voor de glastuinbouw zullen vergelijkbaar zijn.

De tijdlijn voor het ontwikkelen van een grootschalige warmtepomp is weergegeven in Figuur 11. De doorlooptijd voor aanpassingen in de infrastructuur is 5 tot 10 jaar. De implementatie van de warmtepomp vereist 4,5 tot ruim 7 jaar. Deze trajecten kunnen deels parallel verlopen. Ervanuit gaande dat netverzwaring nodig is, volgt een totale doorlooptijd van 6,5 tot ruim 12 jaar.

Figuur 11 - Tijdlijn keten realisatie grootschalige industriële warmtepomp in 2030



Bron: (CE Delft, 2021a).

Uitvoeringscapaciteit grootste knelpunt

De netverzwaring kan niet snel genoeg gerealiseerd worden om in de vraag naar transportvermogen te voldoen, voor zowel invoeding als afname van elektriciteit. De grootste knelpunten is de uitvoeringscapaciteit om die netverzwaring te realiseren. De belangrijkste facetten daarin zijn:

- Personeel: Zowel technisch personeel voor het ontwerp van nieuwe infrastructuur als het technisch personeel om de fysieke installaties te realiseren.
- Lange doorlooptijden: De bouw van de netten is slechts een klein gedeelte van de totale bouwtijd. Veel tijd kost het verkrijgen van grond en de vergunningen.
- Materiaal: Er kunnen met dit tempo van netverzwaringen tekorten in materialen ontstaan.

In het Landelijk actieplan netcongestie (LAN) wordt gewerkt in het spoor ‘Sneller bouwen’ aan het sneller uitvoeren van netverzwaring. Daarin wordt gewerkt aan beleid voor het verkorten van doorlooptijden, gebiedsaanpak ontwikkelen, individuele projecten versnellen, aanpassingen in wet- en regelgeving en samenwerking tussen overheden, netbeheerders en uitvoerders versnellen¹⁵.

4.2 Warmtenetten en -bronnen

Wanneer de glastuinbouw verduurzaamt door middel van een warmtenet, moet er zowel warmte-infrastructuur als een warmtebron ontwikkeld worden. De ontwikkeltijd is sterk afhankelijk van het type warmtebron. In deze paragraaf beschrijven we voor een aantal warmtebronnen de verschillende fases voor het ontwikkelen van de warmtebron en de bijbehorende infrastructuur.

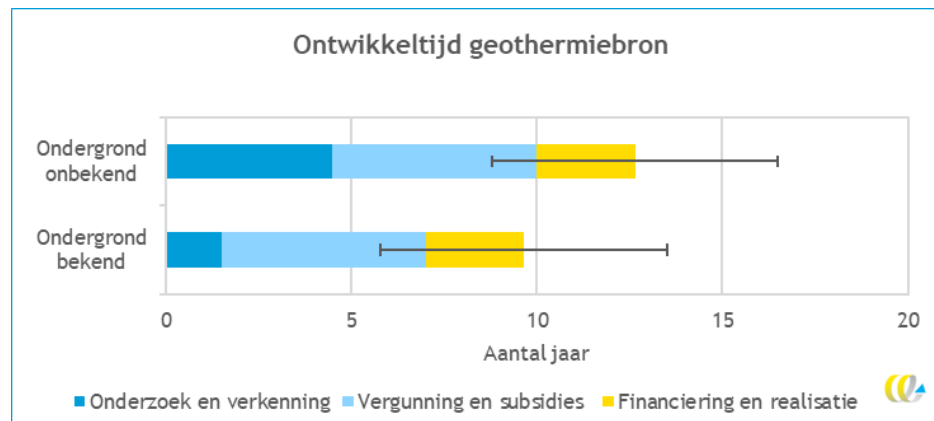
Dit overzicht biedt een algemene indicatie van de fasering en doorlooptijden voor de ontwikkeling van een warmtenet, met de kanttekening dat specifieke projecten kunnen afwijken afhankelijk van lokale omstandigheden en betrokken partijen.

Geothermie

De ontwikkeling van een geothermie bron bestaat uit verschillende fases. Hieronder beschrijven we de fases en geven een indicatie van hoe lang elke fase duurt. De doorlooptijden zijn gebaseerd op gesprekken met experts (zie Bijlage A), de website van het ECW (ECW, 2023) en een notitie van de NVDE (NVDE, 2022) en zijn weergegeven in Figuur 12 en Tabel 8.

¹⁵ Meer informatie op o.a.: <https://actieprogrammanetcongestie.nl/sneller-bouwen-3/>

Figuur 12 - Ontwikkeltijd geothermiebron



Allereerst moet de onderzochte worden op de ondergrond geschikt is voor geothermie, dit is **de onderzoeks- en verkenningsfase**. Hoe lang deze fase duur is sterk afhankelijk van het gebied. In sommige gebieden, bijvoorbeeld in Zuid-Holland, is de ondergrond al voldoende bekend en is geen aanvullend onderzoek nodig. Om een onbekende ondergrond beter in beeld te brengen zijn, afhankelijk van de mate van onbekendheid, seismische onderzoeken en proefboringen nodig. De duur hiervan verschilt afhankelijk van het benodigde onderzoek. In het geval van een klein onderzoek waar alleen nog eventuele breuken beter in beeld gebracht moeten worden, duurt dit minimaal 1 tot 2 jaar. In groter seismisch onderzoek in een gebied waar nog niks bekend is duurt typisch 3 tot 6 jaar, maar kan ook langer duren. Die laatste categorie onderzoeken vinden, vanwege de hoge kosten, in de praktijk alleen 'projectoverstijgend' plaats én worden in de huidige opzet betaald door de overheid. De hier genoemde doorlooptijd is inclusief de zoektocht naar financiers, uitvoerders, etc.

Wanneer een geschikt gebied is gevonden, start **de vergunningsfase**. We gaan ervan uit dat de vergunning wordt aangevraagd voor een glastuinbouwgebied dat in een omgeving ligt waar in principe vergunbare locaties zijn. De eerste stap is het aanvragen en verkrijgen van een Toewijzing Zoekgebied en duurt 0,5 tot 2 jaar. Vervolgens kan begonnen worden met het verkrijgen van een locatie, de afzet moet gecontracteerd worden en de bovengrondse installatie moet ontworpen worden. Dit duurt typisch 2 tot 4 jaar. Daarna kunnen andere vergunningen, zoals de startvergunning en omgevingsvergunning, worden aangevraagd en een boorplan worden opgesteld en een definitieve investeringsbeslissing worden genomen. Dit duurt 0,5 tot 2 jaar, wanneer er geen bezwaren komen. In totaal duurt deze fase 3 tot 8 jaar met extra uitloop als er bezwaren komen.

Als de vergunningen rond zijn kan de **aanlegfase** beginnen. Een boortoren is niet altijd direct beschikbaar, de wachttijd kan oplopen tot 6 maanden. Het voorbereiden van het boorterrein, het boren en het weer verwijderen van de boortoren duurt 4 tot 10 maanden. Vervolgens moet de bovengrondse installatie gebouwd en getest worden. Deze kan na ongeveer 6 tot 12 maanden in gebruik genomen worden. De aanlegfase duurt daarmee in totaal 10 maanden tot 2,5 jaar.

Voor de daadwerkelijke exploitatie van de aardwarmte is een vervolvergunning nodig. Dit garandeert dat de geothermische winning op lange termijn veilig en financieel haalbaar is. De aanvraag van een vervolvergunning duurt ongeveer 1 jaar.

Wanneer we al deze fases bij elkaar optellen komen we op een totaal van 5,8 tot 18 jaar. Dit is een zeer grote banbreedte. Uit (NVDE, 2022) volgt dat de doorlooptijd voor een geothermiebron 3,5 tot 9,5 jaar duurt. Dit komt overeen met onze inschatting voor een gebied waar de ondergrond al enigszins bekend is.

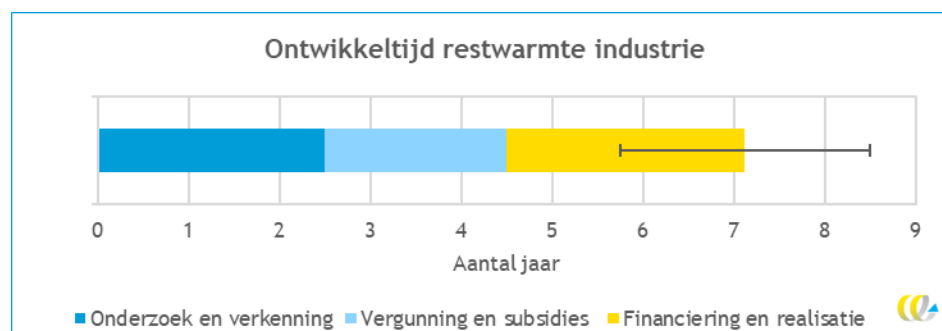
Tabel 8 - Fases en doorlooptijden voor het ontwikkelen van een net met een geothermiebron

Fase	Doorlooptijd
Onderzoeks- en verkenningfase	1 tot 2 jaar (ondergrond al enigszins bekend) 3 tot 6 jaar (ondergrond onbekend)
Vergunningsfase inclusief ontwerp en investeringsbeslissing	3 tot 8 jaar
Aanlegfase	10 maanden tot 2,5 jaar
Vervolgvergunning en exploitatie	1 jaar
Totaal	5,8 tot 13,5 jaar (ondergrond al enigszins bekend) 7,8 tot 18 jaar (ondergrond onbekend)

Restwarmte industrie

De verschillende fases en de bijbehorende doorlooptijd voor het ontwikkelen van een restwarmtebron zijn gebaseerd op informatie van een expert. Het is een grove schatting, en de uitspraken gelden voor algemene ontwikkeling van een restwarmtebron en dus niet specifiek voor de glastuinbouw. Voor meer zekerheid en informatie over welke factoren van invloed zijn op de ontwikkeltijd is meer onderzoek nodig. De ontwikkeltijd is weergegeven in Figuur 13 en Tabel 9.

Figuur 13 - Ontwikkeltijd restwarmte industrie



De ontwikkeling van een restwarmtebron begint met een conceptverkenning, die uiteindelijk leidt tot een intentieverklaring met een partij die restwarmte kan leveren. Deze **verkenningfase** duurt ongeveer 1 jaar.

Vervolgens begint de **ontwerpfase**. De locatie voor het warmtepompgebouw en een elektriciteitsaansluiting wordt zeker gesteld en er wordt een basis ontwerp gemaakt. Dit duurt ongeveer 1 tot 2 jaar. Daarna begint de **vergunningsfase**. Hierin wordt een gedetailleerd ontwerp gemaakt, dat is nodig voor de vergunning. Daarnaast worden onderzoeken gedaan die nodig zijn voor de vergunning. Als die voltooid zijn kan de vergunning aangevraagd en verstrekt worden. Dit duurt ongeveer 2 jaar.

Als de vergunning verstrekt is kan de SDE++ aangevraagd worden. De SDE++ kan maar één keer per jaar aangevraagd worden, dus hoe lang dit duurt is afhankelijk van wanneer de vergunning verleend wordt en of dit net goed uitkomt met de planning van de SDE++. Afhankelijk van of het goed uitkomt duurt het krijgen van de subsidie 3 maanden tot 1 jaar.

Parallel aan de hiervoor genoemde fases moet ook een afspraak met de afnemers, in dit geval de glastuinders, gemaakt worden. Wanneer dit rond is, en de SDE++ is toegekend, kan een definitief investeringsbesluit (FID) genomen worden.

Vervolgens moet de uitkoppeling van warmte en het net gerealiseerd worden. Dit duurt ongeveer 2 jaar.

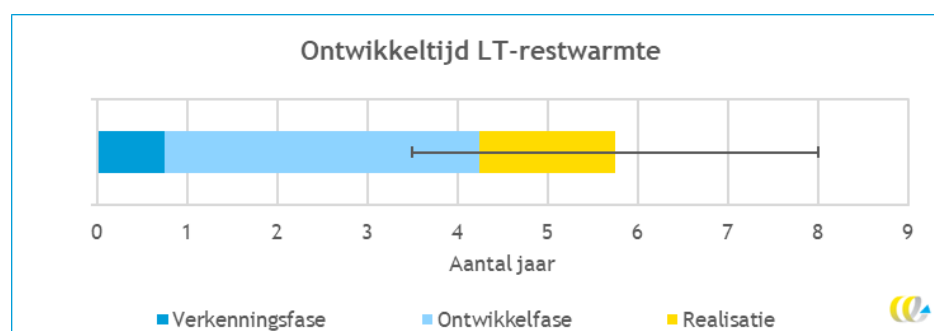
Tabel 9 - Fases en doorlooptijden voor het ontwikkelen van een net met een industriële restwarmtebron

Fase	Doorlooptijd
Verkenningfase	1 jaar
Ontwerpfase	1 tot 2 jaar
Vergunningsfase	2 jaar
Aanvraag subsidie en investeringsbesluit	3 maanden tot 1 jaar
Realisatie	2 jaar
Totaal	6 - 8 jaar

Restwarmte LT-restwarmtebronnen

In deze paragraaf gaan we in op de ontwikkeltijd van een warmtenet dat gevoed wordt door een lagetemperatuurrestwarmtebron, zoals restwarmte uit een datacenter of uit een rioolwaterzuiveringsinstallatie (rwzi). De doorlooptijden zijn met name gebaseerd op ervaringen met restwarmte uit datacenters. We verwachten dat de ontwikkeltijden van een warmtenet met restwarmte uit een rwzi als bron vergelijkbare ontwikkeltijden heeft. Het ontwikkelen van een warmtenet met restwarmte uit een datacenter bestaat grofweg uit fases, deze zijn weergegeven in Figuur 14. Hieronder beschrijven we deze fases en de bijbehorende doorlooptijd.

Figuur 14 - Ontwikkeltijd LT-restwarmte



Allereerst worden de mogelijkheden voor het leveren van koeling aan en het uitkoppelen van warmte bij een datacenter onderzocht. Dit noemen we de **verkenningfase of haalbaarheidsfase**. Er wordt gekeken in een afgeperkt gebied of het mogelijk is om warmte- en koudevraag en -aanbod bij elkaar te brengen. Naar aanleiding van deze

inventarisatie wordt contact gelegd met de belangrijkste stakeholders. Van de datacenters in het gebied wordt gekeken of het technisch mogelijk is om restwarmte uit te koppelen. Dit verschilt per datacenter, sommige datacenters hebben hun koelinstallatie al zo ontworpen dat warmte, technisch gezien, relatief gemakkelijk benut kan worden. Bij andere datacenters vereist dit meer aanpassingen of is het zelfs helemaal niet mogelijk. Daarnaast wordt in deze fase ook gekeken of het economisch rendabel is. Aan het einde van deze fase zijn er potentiële bronnen en afnemers die met elkaar verbonden kunnen worden door middel van een warmtenet. Deze fase duurt ongeveer 6 maanden tot 1 jaar.

Vervolgens kunnen **subsidies en vergunningen** worden aangevraagd. Een veel toegepaste subsidie is de Stimulering Duurzame Energieproductie en Klimaattransitie (SDE++). De SDE++ gaat tegenwoordig één keer per jaar open, dus dat moet goed gepland worden, anders moeten de partijen wachten tot de volgende ronde het jaar erna. Er is doorgaans geen uitgebreide vergunningprocedure noodzakelijk voor de uitkoppeling van warmte en de plaatsing van een warmtepomp. In veel gevallen is het mogelijk dit te realiseren op het terrein van het datacenter en volstaat een vergunning voor de technische bouwactiviteit. Indien dit niet mogelijk is, moet er een stuk grond gevonden worden voor de warmtepomp en moeten de benodigde (bouw)vergunningen aangevraagd worden. Deze fase duurt ongeveer 3 maanden tot 1 jaar.

Na de verkenning en parallel aan het aanvragen van subsidies en vergunningen, kan door worden gegaan naar de **contractfase**. Een warmtebedrijf maakt afspraken met de afnemers (in dit geval glastuinbouwbedrijven) en de warmteleverancier(het datacenter). Hoe lang het duurt om tot een contract met een datacenter te komen, verschilt sterk per datacenter en de mate waarin de betreffende tuinders zich georganiseerd hebben. Het is afhankelijk van hoeveel ervaring het datacenterbedrijf al heeft met het ontkoppelen van warmte. De minderheid (vaak kleine partijen) heeft hier veel ervaring mee, in deze gevallen kan binnen 2 jaar tot een contract gekomen worden. Met andere (vaak grotere) partijen duurt het snel 3 tot 5 jaar om tot een goed evenwicht in de verdeling van verantwoordelijkheden tussen partijen in de warmte- en koude-uitwisseling te kunnen komen. Tegelijkertijd moet ook een afspraak tussen de afnemers (glastuinbouwbedrijven) en het warmtebedrijf tot stand komen over de aansluiting op het warmtenet en de warmtelevering direct aan afnemers of aan een overdrachtpunt. Afhankelijk van de opbouw van het tracé en de gekozen governance structuur zijn verschillende contractvormen en tariefstructuren mogelijk. Dat duurt ongeveer 2 tot 3 jaar. De gekozen governance methode is zeer bepalend voor de duur van deze fase, meer dan de techniek of het tracé. Voor welke mate van onderlinge samenwerking wordt door de glastuinbouwers gekozen? Welke mate van autonomie, zeggenschap over opwek, distributie en levering wordt gekozen? Welke ambitie op het terugdringen van CO₂ wordt nagestreefd? Enzovoort. Bovendien zijn tuinbouwbedrijven over het algemeen grote energiegebruikers en kennen ze elk zo hun eigen complexiteit aan de inrichting van hun bedrijf, de kweek en de energiehuishouding. In deze periode worden ook afspraken gemaakt met eigenaren van grond waar het warmtenet doorheen moet. Dit loopt parallel aan het opstellen van de andere contracten. Deze fase duurt in totaal ongeveer 2 tot 5 jaar.

Als de contracten gereed zijn en de subsidies en vergunningen verstrekt zijn, kan het investeringsbesluit genomen worden en begint de **realisatiefase**. Het plaatsen van de installaties en het aanleggen van het warmtenet duurt ongeveer 1 tot 2 jaar. Omdat sommige fases deels overlappen komen we op een totale ontwikkeltijd van ongeveer 3,5 tot 8 jaar, waarvan 2,5-7 jaar nodig is voor de ontwikkeling en 1-2 jaar voor de realisatie.

Tabel 10 - Fases en doorlooptijden voor het ontwikkelen van een warmtenet met een lagetemperatuur-warmtebron

Fase	Doorlooptijd
Verkenningfase incl. haalbaarheidsstudie	0,5 - 1 jaar
Ontwikkelingsfase, incl. het regelen van subsidies en vergunningen	2 - 5 jaar
Doorontwikkelingsfase, inclusief het regelen van financiering en overeenkomsten tussen alle betrokken partijen	
Realisatie	
Totaal	3,5 - 8 jaar

Factoren die het traject kunnen versnellen of vertragen

Er zijn verschillende factoren die het traject kunnen versnellen of vertragen. Meer ervaring bij de deelnemers (datacenter, glastuinbouwers en warmtebedrijf) zorgt ervoor dat sneller tot een contract gekomen kan worden. Mogelijk dat dit in de toekomst dus sneller zal verlopen. Onderzoek en kleinschalige realisaties kunnen snel gaan, maar opschaling en grootschaligere projecten, kosten aanzienlijk meer tijd.

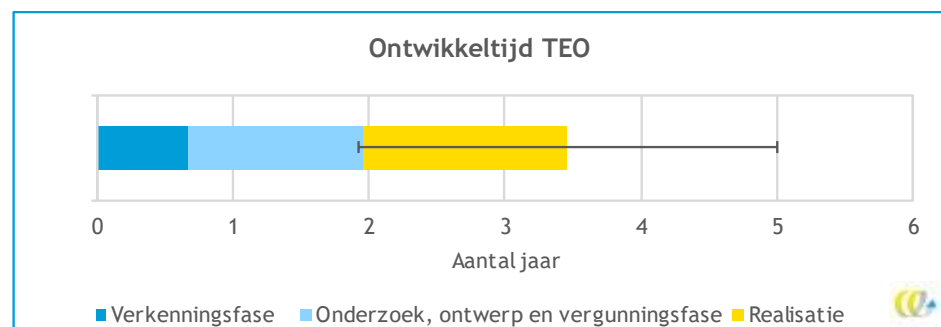
Veranderingen in aangekondigde wet- en regelgeving op het gebied van duurzaamheid en fiscaliteit, kunnen juist voor versnelling zorgen, maar bij aanhoudende onduidelijkheid of uitstel ook tot vertraging leiden (warmtewet, fiscale maatregelen voor de glastuinbouw, etc.). Ook de mate waarin de overheid bereid is in te stappen in dergelijke collectieve oplossingen is van invloed. Warmtebedrijven hebben zekerheid nodig om te kunnen investeren en vragen om overeenkomsten van ongeveer 15 jaar of meer. In de glastuinbouw worden bij voorkeur afspraken gemaakt voor kortere perioden.

Een andere mogelijk vertragende factor is netcongestie. Als een warmtepomp niet geplaatst mag worden vanwege netcongestie in het gebied, kan dit het traject vertragen. De ervaring tot nu toe is dat netbeheerders onderschrijven dat een warmtepomp minder impact op het elektriciteitsnet zal hebben dan wanneer de hele glastuinbouw zou elektrificeren en zijn daarom een warm pleitbezorger van warmtenetten. Niet alleen om netcongestie te voorkomen of te verminderen, ook om deze als buffer in te zetten voor elektriciteitsoverschotten.

Thermische energie uit oppervlaktewater (TEO)

Bij de ontwikkeling van een warmtenet met thermische energie uit oppervlaktewater (TEO) zijn er verschillende fases die doorlopen moeten worden, elk met hun eigen doorlooptijden. De fases zijn weergegeven in Figuur 15. In de rest van de paragraaf wordt een overzicht gegeven van de fases en bijbehorende doorlooptijden.

Figuur 15 - Ontwikkeltijd warmtenet met thermische energie uit oppervlaktewater (TEO)



In de **verkenningsfase** wordt een grove scan gedaan van de potentie, nut, en haalbaarheid van aquathermie voor de beoogde locatie. In deze fase vindt ook de eerste afstemming met betrokken partijen plaats, zoals de afnemers (de glastuinbouwers), een warmtebedrijf en het waterschap. De doorlooptijd is afhankelijk van de complexiteit van de locatie en de betrokkenheid van stakeholders en varieert van ongeveer vier maanden tot een jaar.

Vervolgens begint de **onderzoeksfase**. In deze fase wordt uitvoerig onderzoek naar de potentie van de aquathermiebron. Daarnaast vindt verdere afstemming plaats met het waterschap om de ecologische impact en vergunningvereisten te bepalen. Deze fase duurt minimaal een half jaar, maar kan ook uitlopen tot twee jaar. De duur is afhankelijk van de snelheid van de afstemming met het waterschap en de diepgang van het onderzoek.

Parallel aan de onderzoeksfase loopt de **ontwerpfase**. In deze fase wordt het technische ontwerp gemaakt van het warmtenet, inclusief de benodigde installaties zoals warmte-wisselaars en warmtepompen. Tegelijkertijd wordt een businesscase opgesteld om de economische haalbaarheid te toetsen. Deze fase kan parallel aan de onderzoeksfase plaatsvinden en neemt doorgaans ongeveer vijf maanden in beslag.

Ook kan tegelijkertijd de **vergunningsfase** beginnen. Hierin worden de benodigde vergunningen ingediend, bijvoorbeeld voor de aanleg van de installatie en het onttrekken van warmte uit waterlichamen. Mogelijk moet voor het verkrijgen van een vergunning een ecologische impactstudie gedaan worden, om te bepalen of de installatie negatieve effecten heeft op het milieu. Het traject voor het verkrijgen van vergunningen duurt wettelijk maximaal zes weken, maar in de praktijk kan dit door complexe afstemmingen met meerdere partijen en een eventuele impactstudie aanzienlijk langer duren. We schatten in dat dit ongeveer 4 maanden duurt.

Wanneer alle bovenstaande stappen doorlopen zijn en vergunningen rond zijn, kan de **realisatie** beginnen. De technische componenten, zoals de warmtewisselaar en de warmtepomp, moeten besteld en geïnstalleerd worden. Ook worden eventuele boringen voor warmte-koudeopslag (wko) gedaan en moeten de leidingen van het warmtenet worden gelegd. De realisatie van de fysieke installatie duurt één tot twee jaar, afhankelijk van de levertijden van apparatuur en de complexiteit van de installatie.

De verschillende fases tellen op tot een totale doorlooptijd van ongeveer twee tot vijf jaar. Twee jaar is een optimistisch scenario waar vooral gekeken is naar de technische doorlooptijd. Dit is een realistische inschatting wanneer de omstandigheden eenvoudig zijn, bijvoorbeeld slechts één afnemer. Het is echter goed denkbaar dat de doorlooptijd langer duurt. Dit is vooral het geval wanneer meerdere partijen betrokken zijn, dit maakt het komen tot afspraken en het maken van keuzes ingewikkelder en kan het totale proces vertragen.

Fase	Doorlooptijd
Verkenningsfase	4 maanden - 1 jaar
Onderzoeksfase	7 maanden - 2 jaar
Ontwerpfase	
Vergunningsfase	
Realisatie	1 - 2 jaar
Totaal	2 - 5 jaar

4.3 CO₂-infrastructuur

Gewassen hebben naast warmte en licht ook voedingsstoffen zoals CO₂ nodig om te groeien. Hoewel CO₂ aanwezig is in lucht doseren glastuinders gewassen met extra CO₂ om zo de productie te verhogen. Hoewel CO₂-behoefte anders is dan warmtebehoefte, heeft verduurzaming van warmte-effect op de CO₂-inregeling van een tuinder omdat hiervoor vaak de rookgassen van de eigen verbrandingsinstallatie worden gebruikt. We behandelen daarom naast energie-infrastructuur ook de ontwikkeling van CO₂-infrastructuur.

Op jaarbasis bekeken zit in de rookgassen uit een aardgas- of groengasgestookte verwarmingsinstallatie over het algemeen genoeg CO₂ voor de teeltbehoefte. Met name in de zomermaanden kan er echter een mismatch zijn in vraag en aanbod. In deze maanden groeien de gewassen snel en is er weinig warmte nodig uit de installatie. Om deze reden krijgen veel tuinders vloeibare CO₂ geleverd per as (vrachtwagentransport). Deze wordt vervolgens opgeslagen in tanks op het terrein van de tuinder. De CO₂ is veelal afkomstig uit de industrie of energieopwekkingsinstallaties, zoals afvalverbranders. Daarnaast komt het ook voor dat tuinders de CO₂ via een regionale transportleiding en lokale distributieleiding binnenkrijgen. We onderscheiden vijf routes waarop CO₂ de kas in komt:

1. **Rookgassen:** CO₂-gebruik rookgassen uit de verbrandingsinstallatie.
2. **Transport per as:** Van de CO₂-bron via vrachtwagentransport aflevering bij een tuinder.
3. **Transportleiding:** Van de CO₂-bron via transportleiding ingevoerd op een distributieleiding naar een tuinder.
4. **Minigrid:** Van de CO₂-bron via vrachtwagentransport naar een invoerpunt van een distributieleiding naar een tuinder.
5. **Lokale bron met netwerk:** Van een lokale CO₂-bron via een distributieleiding naar een tuinder.

De CO₂ die nu gebruikt wordt is voornamelijk fossiel van oorsprong, maar zal door energietransitiebeleid op termijn biogeen moeten worden. Een alternatieve CO₂-bron die nog niet wordt toegepast is Direct Air Capture (DAC), waarbij CO₂ uit de lucht wordt gehaald en geconcentreerd. Deze techniek is vooralsnog vele malen duurder dan bestaande routes waardoor er nu niet serieus op wordt ingezet, maar die momenteel wel door de sector wordt onderzocht. Voor biogene CO₂ zal op termijn concurrentie bestaan met andere sectoren (zoals de chemie die koolstof als grondstof gebruikt), daarnaast is het reëel dat ook biogene CO₂ gaat worden afgevangen en opgeslagen om zo negatieve emissies te realiseren. Dat betekent dat de glastuinbouw richting 2040 waarschijnlijk veel minder toegang tot betaalbare CO₂ gaat hebben dan dat nu het geval is.

Wanneer CO₂ uit rookgassen minder of niet meer beschikbaar is, is externe levering nodig. Vloeibare CO₂, geleverd per as, heeft een lage temperatuur die zonder opwarming voor vriesproblemen kan zorgen in de kas. Door vermenging met warme rookgassen is dit nu te verhelpen, maar zonder de rookgassen zal dosering uit tank minder efficiënt zijn dan via leiding.

Het ontwikkelen van CO₂-infrastructuur behandelen we in drie delen: distributie-, transport- en bronontwikkeling. In de regel is er een minimale vraag nodig om de aanleg van infrastructuur economisch interessant genoeg te maken. Op clusterniveau, voor het distributienetwerk, is dit minimaal 10 kton per jaar. De doorlooptijd van het realiseren van een distributienet is typisch twee tot drie jaar, waarbij vergunningen en het vastleggen van een CO₂-bron de meest tijdrovende elementen zijn.

Wat betreft CO₂-transportinfrastructuur is er op dit moment één voorbeeld: de OCAP-transportleiding die van de Rotterdamse haven naar het westelijk havengebied in

Amsterdam loopt en de nabijgelegen tuinders in onder andere Westland, Oostland en Aalsmeer voorziet van CO₂. In de nog te ontwikkelen Delta Rhine Corridor (2032) wordt ook een CO₂-transportleiding voorzien, echter zal deze vooral fossiele CO₂ afvoeren vanuit Duitsland en Chemelot richting lege gasvelden in de Noordzee. Hoewel aftakkingen voor gebruik in de glastuinbouw theoretisch mogelijk zijn, verwachten we dat de opslag van de CO₂ (Carbon Capture & Storage, CCS) de boventoon gaat voeren in deze en andere grote CO₂-leidingen. Verder zijn erop dit moment geen ontwikkelingen op het gebied van nieuwe CO₂-transportleidingen bekend.

Het ontwikkelen van nieuwe CO₂-bronnen lijkt op dit moment het grootste knelpunt te zijn voor de levering van CO₂ aan de glastuinbouw. Fossiele bronnen zullen op termijn verdwijnen door het gevoerde klimaatbeleid, waardoor hiervoor geen langjarige leveringscontracten getekend kunnen worden. Het alternatief zijn biogene bronnen zoals CO₂ uit vergisting of afvalverbranders. Voor het voor langere termijn vastleggen van deze bronnen en het mogelijk maken om de CO₂ naar de tuinders te brengen gaan we ook uit van een ontwikkeltijd van twee tot drie jaar. Het ontwikkelen van een bron en een distributienet kunnen gedeeltelijk parallel gebeuren.

Solitaire glastuinders zullen na verduurzaming overwegend aangewezen zijn op CO₂-levering per as. De productiekostprijs zal door de additionele CO₂-kosten toenemen. Tuinders in clusters kunnen ook per as CO₂ aangevoerd krijgen, of bij voldoende schaal lokale infrastructuur ontwikkelen om de kostenstijging te drukken. Hoewel de kosten en toegang van CO₂ belangrijke aandachtspunten zijn voor de productiviteit van de glastuinbouwsector, is de beschikbaarheid van fysieke CO₂-infrastructuur niet doorslaggevend voor de mogelijkheid voor de sector om te verduurzamen. Daarmee is de ontwikkeltijd van deze infrastructuur niet kritisch voor het halen van het klimaatdoel in 2030 of de ambitie in 2040.

4.4 Beschikbaarheid infrastructuur in 2030 en 2040

Tabel 11 toont de ontwikkeltijden van verschillende warmtebronnen en geeft aan of ze ontwikkeld kunnen worden voor 2030 of 2040. Voor 2030 hanteren we twee scenario's:

1. **Efficiënte ontwikkeling:** in dit scenario is de eerste verkenningsfase al ingezet. Het is aannemelijk dat voor de beschikbare bronnen al haalbaarheidsstudies/verkenningen lopen. Daarnaast loopt de ontwikkeling van infrastructuur soepel en efficiënt. In dit scenario gaan we uit van de onderkant van de bandbreedte min 1 jaar, omdat het traject al opgestart is.
2. **Vertraagde ontwikkeling:** in dit scenario moet de ontwikkeling nog beginnen en loopt het proces vertraging op, waardoor de totale ontwikkeltijd aan bovenkant van de bandbreedte uitkomt. Om te bepalen of ontwikkeling voor 2030 mogelijk is, nemen we aan dat de ontwikkeling in 2025 start.

Alleen de e-boiler kan in beide scenario's voor 2030 ontwikkeld worden, mits er voldoende capaciteit op het elektriciteitsnet beschikbaar is. Restwarmte en geothermie hebben de langste ontwikkeltijd, alleen in het meest optimistische scenario kunnen deze gerealiseerd worden voor 2030. Andere warmtebronnen zoals LT-restwarmte en TEO hebben een kortere ontwikkeltijd. Voor deze bronnen is het goed mogelijk dat ze voor 2030 ontwikkeld kunnen worden, maar indien er veel vertraging optreedt, zal de ontwikkeling voor 2030 niet mogelijk zijn. Voor een warmtepomp bepaalt het feit of er netverzwaring nodig is, voor een groot deel of deze ontwikkeld kan worden voor 2030. In 2040 kunnen alle warmtebronnen ontwikkeld zijn wanneer in 2025 gestart wordt, alleen geothermie en een e-boiler hebben in het meest pessimistische geval een ontwikkeltijd die tot na 2040 doorloopt.

Tabel 11 - Overzicht van ontwikkeltijden per warmtebron en of ze ontwikkeld kunnen worden voor 2030 of 2040.

Warmtebron	Ontwikkeltijd	Kan ontwikkeld worden voor 2030		Kan ontwikkeld worden voor 2040
		Efficiënte ontwikkeling	Vertraagde ontwikkeling	
Restwarmte industrie	6-8 jaar	Ja	Nee	Ja
Geothermie	5,8-13,5 jaar (ondergrond bekend)	Ja	Nee	Ja
	7,8-18 jaar (ondergrond onbekend)	Nee	Nee	Ja (waarschijnlijk)
LT-restwarmte	3-9 jaar	Ja	Nee	Ja
TEO	2-7 jaar	Ja	Nee	Ja
Warmtepomp	4,5-7 jaar (geen verzwaring E-net nodig)	Ja	Nee	Ja
	6,5-12 jaar (verzwaring E-net nodig)	Nee	Nee	Ja
E-boiler	3-5 jaar (geen verzwaring E-net nodig)	Ja	Ja	Ja
	7-16 jaar (verzwaring E-net nodig)	Nee	Nee	Ja (waarschijnlijk)

In het scenario van efficiënte ontwikkeling zijn veel van de warmtebronnen beschikbaar in 2030. Voor sommige bronnen, zoals industriële restwarmte en geothermie, zou echter al een vertraging van slechts één jaar ten opzichte van de kortste ontwikkeltijd betekenen dat ze niet meer in 2030 beschikbaar kunnen zijn. Andere warmtebronnen, zoals laag-temperatuurrestwarmte, thermische energie uit oppervlaktewater (TEO), warmtepompen en e-boilers, kunnen met iets meer vertraging, wel nog voor 2030 gerealiseerd worden. Voor industriële restwarmte en geothermie brengt één jaar uitstel ons dus al in het scenario van vertraagde ontwikkeling, wat betekent dat voor deze bronnen het scenario van vertraagde ontwikkeling waarschijnlijker is. Voor TEO en de warmtepomp is ten opzichte van de bovenkant van de bandbreedte van de ontwikkeltijd maar twee jaar versnelling nodig. Voor deze warmtebronnen is het dus waarschijnlijker dan voor de andere warmtebronnen dat ze in 2030 ontwikkeld kunnen zijn.

Ontwikkeling CO₂-infrastructuur

De ontwikkeling van CO₂-infrastructuur is noodzakelijk voor verduurzaming van de glastuinbouw bij vergelijkbare productieniveaus. Echter verwachten we niet dat de ontwikkeltijd van de CO₂-infrastructuur zelf een knelpunt zal vormen. Indien eventuele leidingen niet op tijd gereed is of niet mogelijk zijn, biedt CO₂-levering per as een uitkomst. Externe levering brengt wel extra kosten met zich mee voor de tuinder.

Factoren ontwikkeltijd

Verschillende factoren zijn van grote invloed op de ontwikkeltijd:

- Vergunnings- en subsidietrajecten: De aanvraag en goedkeuring van vergunningen en subsidies voor nieuwe infrastructuurprojecten kan veel tijd in beslag nemen. Verschillende niveaus van vergunningen (lokale, regionale, nationale) vereisen vaak

langdurige afstemmingen en onderzoeken. Duidelijkheid over en vereenvoudiging van vergunningsprocedures kan dit proces verkorten. Daarnaast is het belangrijk voor ontwikkelaars op het moment van de subsidieaanvraag mee te nemen in de planning.

- Afstemming en afspraken tussen stakeholders: Het op elkaar afstemmen van diverse betrokken partijen (zoals gemeenten, energiebedrijven, netbeheerders en glastuinbouwers) kan leiden tot vertragingen, vooral wanneer belangen uiteenlopen of afspraken over financiering lastig te maken zijn. Het delen van ervaringen, betere organisatie van de glastuinders en standaard contracten kunnen dit proces vergemakkelijken en daarmee versnellen.
- Uitvoeringscapaciteit voor het oplossen van netcongestie: Het gebrek aan beschikbare transportcapaciteit op het elektriciteitsnet is een grote belemmering voor verduurzaming. In veel gebieden is het elektriciteitsnetwerk overbelast, waardoor nieuwe aansluitingen niet direct mogelijk zijn zonder grootschalige netverzwaringen. In het Landelijk Actieplan Netcongestie wordt gewerkt aan het versnellen van netuitbreidingen, maar ondanks dat blijft netcongestie de komende jaren op veel plekken bestaan.
- Technische onderzoeken: Onderzoek naar de ondergrond bij geothermie en benodigde onderzoeken bij aquathermie kunnen veel tijd in beslag nemen. Vooral wanneer niet duidelijk is welke vereisten nodig zijn.
- Gebrek aan beschikbare technische middelen: Zoals in het geval van geothermie, is er een beperkte beschikbaarheid van boorinstallaties en specialistische kennis, wat de aanleg vertraagt.

4.5 Conclusie

Wanneer we uitgaan van het scenario efficiënte ontwikkeling, waarin de ontwikkeling van de warmtebronnen al gestart is, en we de onderkant van de bandbreedte van de ontwikkeling aanhouden, kunnen bijna alle warmtebronnen gereed zijn in 2030. In het scenario vertraagde ontwikkeling, waar we de bovenkant van de bandbreedte van de ontwikkeltijden aanhouden, kan bijna geen enkele warmtebron gerealiseerd zijn.

Restwarmte en geothermie zijn de warmtebronnen met de langste ontwikkeltermijnen. Voor deze warmtebronnen is het zeer onzeker of deze bronnen overal voor 2030 gerealiseerd kunnen worden. Alleen als we de meest gunstige ontwikkeltijd aannemen, is dit mogelijk. Concreet houdt dit in dat voor restwarmte en geothermie de onderzoeks- en verkenningsfase al begonnen moet zijn, om in 2030 gerealiseerd te zijn.

De andere warmtebronnen hebben minder lange ontwikkeltijden. Deze opties kunnen nog gerealiseerd worden als binnen enkele jaren met de ontwikkeling wordt begonnen. Voor deze opties moet voldoende transportcapaciteit op het elektriciteitsnet beschikbaar zijn in 2030.

5 Mogelijke verduurzaming in de glastuinbouwgebieden

Hoofdboodschap

Wanneer we rekening houden met zowel de lokale beschikbaarheid als de ontwikkeltijden van energie-infrastructuur en warmtebronnen, kan tot 2030 36 tot 80% van het glastuinbouwareaal worden verduurzaamd, hiermee kan 0,5-2,3 Mton CO₂ gereduceerd worden. Daarmee is het klimaatdoel voor 2030 (4,3 Mton restemissies, oftewel 1,8 Mton reductie ten opzichte van 2022) binnen bereik, maar alleen onder gunstige omstandigheden.

Het grootste deel van deze verduurzaming wordt ingevuld door MT-restwarmte en geothermie. De rest van de verduurzaming wordt bijna geheel ingevuld door warmtepomp gebaseerde verduurzamingsopties (LT-restwarmte, aquathermie, kaswarmte en buitenlucht warmtepomp).

Dit hoofdstuk laten we zien hoeveel verduurzaming mogelijk is en met welke verduurzamingsopties, wanneer we rekening houden met zowel de lokale beschikbaarheid als de ontwikkeltijden van de energie-infrastructuur.

5.1 Methode

5.1.1 Mogelijke verduurzaming per type gebied

De verduurzamingsopties genoemd in Hoofdstuk 3 kunnen niet zomaar overal toegepast worden. Dit is afhankelijk van verschillende eigenschappen van een gebied. Wij hebben daarom verschillende typen gebieden ('classificaties') opgesteld, bepaald welke opties mogelijk zijn per classificatie en voor alle glastuinbouw bepaald onder welke classificatie ze vallen.

De classificaties zijn gebaseerd op de randvoorwaarden voor de verduurzamingsopties. Zo is geothermie alleen mogelijk in een gebied waar voldoende afname van warmte is. Zonder oppervlaktewater kan geen gebruik worden gemaakt van TEO. En bij onvoldoende capaciteit op het net kan geen luchtwarmtepomp worden ingezet.

5.1.2 Bepaling glastuinbouwgebieden

Voor alle glastuinbouw hebben we bepaald tot welke classificatie ze behoren. Daarvoor hebben we bepaald voor elk glastuinbouwbedrijf of deze tot een cluster behoort, of een solitair bedrijf is. De glastuinbouw in Nederland is op de kaart gezet met behulp van aangewezen concentratiegebieden en gebouwen die zijn aangeduid als kas in Landelijk Grondgebruik Nederland 2023.

Voor elk gebied zijn eigenschappen geschat, waaronder areaal per teeltsoort, aantal bedrijven, warmtevraag, thermisch vermogen, duurzame warmte, elektriciteitsvraag, elektrisch vermogen en CO₂-behoefte. Hiervoor is gebruik gemaakt van CBS-data, enquêteresultaten van Glastuinbouw Nederland en de Energiemonitor van de Nederlandse glastuinbouw van de WUR, de exacte bronnen en methodiek staan nader beschreven in Bijlage D.

Voor de energiekenmerken hebben we steeds een hoge, midden en lage waarde ingeschat. Enerzijds hanteren we deze bandbreedte omdat we met de beschikbare regionale data geen betrouwbare inschatting konden doen van het lokale energieverbruik van tuinders. Anderzijds heeft dit te maken met het feit dat het energieverbruik in de sector de afgelopen jaren sterk in beweging is: in 2022 werd door de hoge gasprijzen fors minder warmte gebruikt en daarmee geproduceerd dan in 2021 (Smit, 2023; Smit & Grootcholten, 2024). In 2023 veerde de productie vermoedelijk voor een groot deel terug, maar in de tussentijd zijn veel energiebesparende maatregelen genomen. Definitieve cijfers voor 2023 zijn nog niet beschikbaar tijdens het uitvoeren van dit onderzoek. We gaan daarom uit van de totale warmtevraag in 2021 als hoge waarde, en 2022 als lage waarde, en nemen het gemiddelde als middenwaarde.

5.1.3 Lokale beschikbaarheid energie-infrastructuur en warmtebronnen

Voor elk gebied hebben we onderzocht welke energie-infrastructuur en warmtebronnen beschikbaar zijn. In deze analyse ligt de focus op de elektriciteits- en warmte-infrastructuur en in mindere mate op CO₂- en waterstofinfrastructuur. CO₂-infrastructuur is essentieel voor de verduurzaming van de glastuinbouw. In dit onderzoek doen we de aanname dat wanneer er geen netwerk is dat CO₂ kan aanleveren, dat de benodigde CO₂ met vrachtwagens (per as) geleverd wordt. We gaan hier verder op in Paragraaf 4.3. Uit de rentabiliteitsanalyse (Hoofdstuk 3) is gebleken dat verduurzaming met waterstof vaak de duurste optie is. Daarnaast is er veel onzekerheid over waar waterstof beschikbaar zal zijn en of er voldoende waterstof zal zijn om deze in de glastuinbouw te kunnen inzetten. We nemen de waterstof infrastructuur daarom niet gelokaliseerd mee in de geografische analyse. We gaan ervan uit dat waterstof in 2025 en 2030 nog geen optie, maar in 2040 wel een optie is.

Beschikbaarheid warmtebronnen

Lokale potentie nieuw warmtebronnen

Voor heel Nederland hebben we in kaart gebracht welke warmtebronnen beschikbaar zijn. De meegenomen bronnen op hoofdlijnen zijn: 1) geothermie, 2) aquathermie en 3) restwarmtebronnen. Daarnaast is de mogelijkheid voor wko meegenomen in de analyse. Voor warmtebronnen die op eigen terrein geplaatst kunnen worden (bijvoorbeeld kas-warmte en warmte uit omgevingslucht), is aangenomen dat dit altijd beschikbaar is. In de kern zijn de meeste datalagen afkomstig uit de Warmteatlas (RVO, lopend-a). Voor elke warmtebron hebben we een leveringsgebied gedefinieerd en bepaald hoeveel warmte de bron kan leveren. Potentie van warmtebronnen die meerdere clusters zouden kunnen bedienen is gecorrigeerd om dubbeltellingen te voorkomen.

Huidige inzet duurzame warmte

Duurzame warmte wordt al jaren op schaal toegepast in de glastuinbouw, bovendien zijn er ook veel projecten in ontwikkeling. We hebben de SDE++-warmteprojecten die gerealiseerd en vergund zijn geografisch vergeleken met de clusterligging. Projecten in en rond clusters zijn meegenomen en aangenomen als behorende bij de glastuinbouw. Deze methode leidt tot een overschatting van de hoeveelheid duurzame energie in een cluster, immers hoeven niet al deze projecten daadwerkelijk voor de glastuinbouw bestemd te zijn. Bovendien zijn er diverse SDE-beschikte projecten wel in beheer, maar niet meer in gebruik zijn, zoals geothermieputten. We hebben hierin zo goed als mogelijk handmatig correcties gedaan, vervolgens het totale vermogen geijkt op het totaal aan het bekende duurzaam warmteverbruik in de sector. Door deze analyse te doen ontstaat een realistischer

uitgangspunt van de huidige situatie van verduurzaming per cluster en de te verwachten ontwikkelingen richting 2030. Figuur 16 laat de SDE++-warmteprojecten zien die dicht bij de glastuinbouwclusters liggen.

Figuur 16 - SDE++-warmte gerelateerde projecten nabij glastuinbouw. Veel biomassaprojecten lopen voor of in 2030 af, veel biogas/groengasprojecten zullen door de bijmengverplichting voor het landelijke net worden benut



Bron: (RVO, 2024).

Beschikbaarheid warmtebronnen

We hebben op basis van de ontwikkeltijden uit Hoofdstuk 4 bepaald of de lokale potentie van een warmtebron beschikbaar is in 2030 en 2040. Voor 2030 hanteren we de twee scenario's uit Paragraaf 4.4, *efficiënte ontwikkeling* en *vertraagde ontwikkeling*. In het scenario *vertraagde ontwikkeling* houden we voor de ontwikkeltijd de bovenkant van de bandbreedte aan, in het scenario *efficiënte ontwikkeling* de onderkant van de bandbreedte min één jaar. Voor bronnen waar al een SDE-beschikking van is gegeven, gaan we ervan uit dat ze voor 2030 gerealiseerd zullen zijn. In Bijlage D.3 staan de aannames en methode in meer detail beschreven.

Elektriciteitsinfrastructuur

De beperkte beschikbaarheid van transportcapaciteit voor elektriciteitsafname op het middenspanningsnet vormt op dit moment het belangrijkste knelpunt om te elektrificeren.

Voor alle glastuinbouwgebieden bepalen we of het mogelijk is te elektrificeren op basis van gegevens van netbeheerders. Netbeheerders ontsluiten in hun investeringsplannen en de capaciteitskaart van Netbeheer Nederland informatie over het beschikbaar komen van nieuwe capaciteit. Overigens is het in praktijk mogelijk om (beperkt) te elektrificeren binnen de huidige aansluiting en transportvermogens. Zie Tekstkader 2 over hoe hiermee is omgegaan.

Tekstkader 2 - Elektrificatiemogelijkheden binnen de huidige aansluiting en gecontracteerde transportvermogens

Glastuinders met gasketel hebben over het algemeen geen grote elektriciteitsaansluitingen, tuinders met een wkk echter wel. Zij beschikken over een relatief zware aansluiting om wkk-electriciteit mee in te voeden. Ook is er al transportcapaciteit gecontracteerd voor invoeding van elektriciteit, genoeg voor het elektrisch productievermogen van de wkk. Met uitzondering van de belichte teelt beschikken bedrijven echter in veel mindere mate over transportvermogen voor afname. Voor invoedvermogen hoeft namelijk niet betaald te worden, voor afnamevermogen wel. Bij gebrek aan nieuwe transportcapaciteit is het echter niet zo dat een tuinder helemaal niet kan elektrificeren.

Wanneer een tuinder de warmtevraag elektrificeert gebeurt dit ofwel met e-boiler, of met een warmtepomp. Door het lage elektrisch rendement van een e-boiler is het maximale installatievermogen wat zonder uitbreiding van transportcapaciteit gerealiseerd kan worden beperkt. Achter bestaande aansluitingen is de potentie hiervoor dus beperkt. Warmtepompen daarentegen hebben een veel hoger rendement, waardoor de bestaande aansluiting vaak wel groot genoeg is voor inpassing van de warmtepomp. Zonder uitbreiding van transportvermogen kan een warmtepomp alsnog meestal niet optimaal worden uitgenut, maar een tuinder kan door inzet van eigen opwek (wkk, zon of wind) en/of opslag (warmtebuffer, batterij) achter de bestaande aansluiting het aantal draaiuren verhogen zonder daarvoor extra transportvermogen voor afname te gebruiken. De mogelijkheden hiervoor, zowel technisch als economisch, lopen zeer sterk uiteen.

Hoewel elektrificatie zonder nieuw transportvermogen voor afname dus mogelijk is, is in dit onderzoek verder geen basisontwikkeling 'elektrificatie zonder transportvermogen' meegenomen. De belangrijkste reden hiervoor is het gebrek aan goede basisaannames, de complexiteit van situaties achter de netaansluiting die sterk bepalend zijn voor de businesscase van een tuinder is te groot. In plaats hiervan is met een grotere bandbreedte gewerkt.

In dit onderzoek is voor 2030 en 2040 een inschatting gemaakt van de beschikbaarheid van transportcapaciteit voor elektriciteitsafname. Voor 2040 nemen we aan dat de netbeheerders de knelpunten hebben opgelost en dat overal in Nederland capaciteit beschikbaar is. Voor 2030 is het capaciteitsbeeld veel minder zeker vast te stellen. Enerzijds komt er vrijwel zeker op veel plekken in het land veel capaciteit bij door investeringen van de netbeheerders. Anderzijds zullen naast de glastuinbouw ook andere sectoren elektrificeren waardoor de beschikbaar gemaakte capaciteit ook vergeven kan worden aan anderen in de wachtrij. Daarnaast is er tijdens¹⁶ dit onderzoek geen actuele geografische vertaling beschikbaar van wanneer knelpunten in het net zullen worden opgelost door de netbeheerders. Aan het ontsluiten van deze informatie in de capaciteitskaarten wordt overigens wel gewerkt door netbeheerders.

Om ondanks de onzekerheid toch een uitspraak te doen voor elektriciteit hanteren we twee 2030 scenario's: *efficiënte ontwikkeling* en *vertraagde ontwikkeling*. In het scenario *vertraagde ontwikkeling* gaan we uit van de huidige beschikbaarheid van transportcapaciteit, in het scenario *efficiënte ontwikkeling* hanteren we de PDOK-informatie over investeringen in middenspanningsstations (PDOK, 2024). Deze informatiebron is niet meer

¹⁶ De netbeheerders werken wel aan het ontsluiten van deze informatie, deze wordt in 2025 verwacht.

actueel (laatste update april 2023), maar bevat wel informatie over investeringsmomenten in de tijd.

5.1.4 Beschikbare verduurzamingsopties

De verduurzamingspotenties in de verschillende gebieden zijn vastgesteld voor de zichtjaren. Vervolgens hebben we op basis van een algemene voorkeursvolgorde, van meest naar minst rendabel bepaald met welke verduurzamingsoptie(s) in elk gebied de verduurzaming plaatsvindt. De generieke voorkeursvolgorde (gebaseerd op resultaten in Hoofdstuk 3 voor brontoewijzing is als volgt: 1) MT-restwarmte, 2) geothermie, 3) LT-restwarmte, 4) luchtwarmtepomp, warmtepomp op aquathermie of warmtepomp met kaswarmte, 5) e-boiler en 6) waterstof.

Voor Westland en Oostland is een uitzondering gemaakt: geothermie wordt hier vóór MT-restwarmte toegewezen. Hiertoe is besloten, in overleg met ervaring van Capturam, de transportkosten vanuit Rotterdam maken dat hier geothermie in de praktijk de goedkopere optie is. Luchtwarmtepomp, aquathermie en kaswarmte zijn gelijkmatig toegekend, lokale omstandigheden en specifieke behoeften kunnen maken dat de ene variant logischer is dan de ander. Hierbij zijn de potenties voor aquathermie en kaswarmte wel beperkt door lokale potenties en mogelijkheden voor wko.

Vervolgens zijn de totale emissies bepaald voor de twee scenario's in 2030 (efficiënte en vertraagde ontwikkeling) en 2040.

5.2 Verduurzamingsopties per type gebied

Classificaties van gebieden

We onderscheiden gebieden waar een cluster van bedrijven zit ten opzichte van gebieden waar slechts één bedrijf zit. Een gebied met een cluster bedrijven zal vaak een grotere warmtevraag hebben dan een enkel bedrijf. Daarnaast typeren we de gebieden op basis van de beschikbaarheid van warmtebronnen en de netcapaciteit. Hiermee komen we tot achttien classificaties. Deze classificaties zijn weergegeven in Tabel 38 in de bijlage.

Vereisten per verduurzamingsopties

Tabel 12 geeft de verschillende vereisten per verduurzamingsoptie. Voor alle verduurzamingsopties met een warmtebron moet deze warmtebron beschikbaar zijn. Voor alle verduurzamingsopties die gebruik maken van een warmtepomp hebben we aangenomen dat een uitbreiding van het transportvermogen nodig is. In de praktijk kan dit verschillen van bedrijf tot bedrijf. We hebben echter geen inzicht in alle individuele aansluitingen per bedrijf. Geothermiebronnen hebben een elektriciteitsaansluiting nodig, deze is aanzienlijk kleiner dan aansluitingen voor warmtepompen of elektrische boilers. We hebben aangenomen dat er geen uitbreiding van transportvermogen nodig is voor geothermie. Voor de opties met wko is het van belang dat een wko is toegestaan in het gebied. Voor de waterstof wkk is waterstof infrastructuur nodig.

Doordat het vermogen van een geothermiebron relatief groot is kan deze alleen worden toegepast bij bedrijven in clusters. Ook voor MT- en LT-restwarmte is een redelijk grote warmtevraag nodig om die te kunnen realiseren, we nemen aan dat deze warmtebronnen alleen voor clusters ontwikkeld worden. Voor grote clusters, meer dan 60 ha, nemen we aan

dat het organisatorisch mogelijk is om (gezamenlijk) een geothermiebron te realiseren om daarmee de basislast en op termijn middenlast te voorzien. We nemen aan dat kleine clusters van meer dan 30 ha MT- en LT-restwarmte kunnen realiseren. Voor tuinders in solitaire gebieden gaan we voor de analyse uit dat het niet mogelijk is om geothermie en MT/LT-restwarmte te benutten. In praktijk zal het bij individuele tuinders wel kunnen voorkomen dat ze aansluiten op een warmtenet dat is aangelegd voor de gebouwde omgeving. Solitaire tuinders zullen in de analyseaannames dus in grotere mate elektrificeren dan tuinders in clusters.

Tabel 12 - Vereisten aan infrastructuur of andere benodigde aspecten per verduurzamingsoptie

Verduurzamingsoptie	Warmtebron	Uitbreiden transportvermogen elektriciteit	Overig
MT-restwarmte(net) + piek	MT-restwarmtebron	-	Redelijke afname warmte nodig
Geothermie(net) + piek	Geothermiebron	-	Grote afname van warmte nodig
LT-warmte(net) met warmtepomp + piek	LT- restwarmtebron	Ja	Redelijke afname warmte nodig
TEO met warmtepomp en wko + piek	Oppervlaktewater	Ja	Wko moet zijn toegestaan
Kaswarmte met warmtepomp en wko + piek	-	Ja	Wko moet zijn toegestaan
Luchtwarmtepomp + piek	-	Ja	-
E-boiler en gas-wkk	-	Ja	-
Waterstof-wkk	-	-	Waterstofinfra-structuur nodig

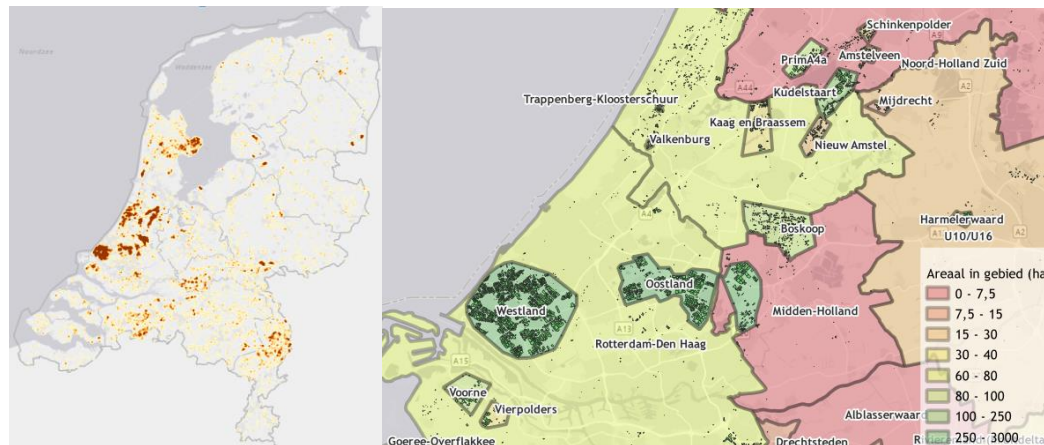
We hebben de voorwaarden uit Tabel 12 toegepast op de classificaties uit Tabel 38 (in de bijlage). Hieruit volgt per gebiedsclassificatie welke verduurzamingsopties mogelijk zijn. De belangrijkste voorwaarden zijn de beschikbaarheid van een warmtebron of voldoende netcapaciteit. Daarnaast nemen we aan dat geothermie en MT/LT-restwarmte alleen kunnen worden toegepast bij een cluster. Een volledig overzicht van de mogelijke verduurzamingsopties met type gebied is weergegeven in Bijlage E.1.

5.3 De glastuinbouwgebieden

Clusters en solitaire bedrijven

Zoals beschreven in de methode onderscheiden tuinbouwclusters (veelal concentratiegebieden) en solitaire tuinders. De solitaire tuinders zijn voor analysedoeleinden op basis van de RES-regio indeling samengevoegd. Dit resulteert in twee typen gebieden: een cluster en een solitair gebied. Figuur 37 geeft deze data weer op de kaart.

Figuur 17 - Heatmap kassen (links) en voorbeeld van cluster- en solitaire gebieden (rechts)



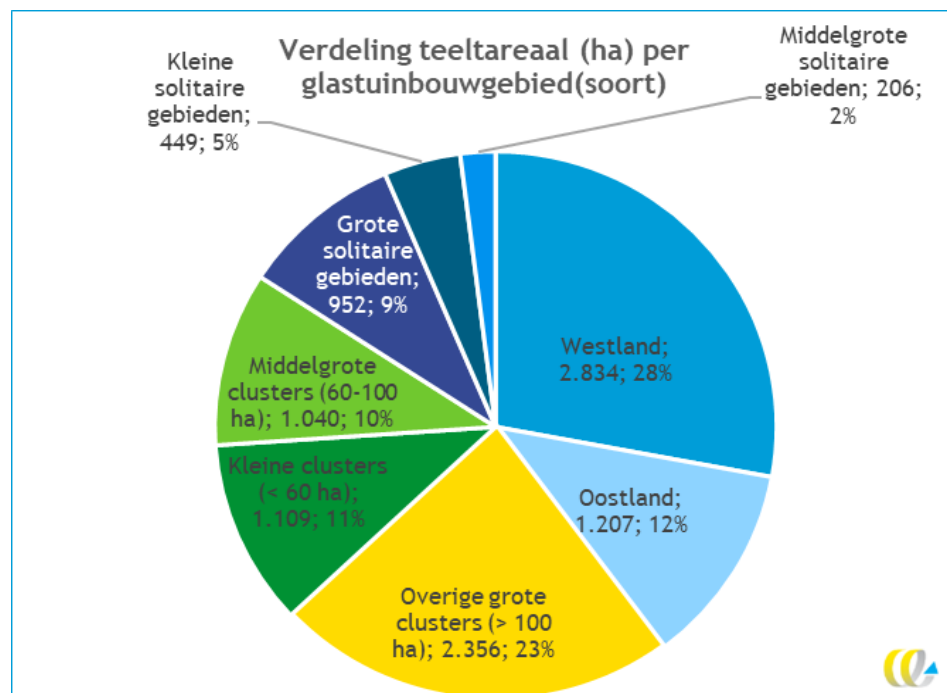
De concentratiegebieden zijn iets aangepast voor deze analyse, zo zijn de deelgebieden in Westland en Oostland samengevoegd en zijn enkele niet geformaliseerde clusters toegevoegd. Op deze wijze zijn er 60 clusters en 30 solitaire gebieden (RES-regio's) vastgesteld. De clusters zijn verder gecategoriseerd¹⁷ als groot (< 100 ha, 15 clusters), middelgroot (60-100 ha, 13 clusters) en klein (< 60 ha, 32 clusters). Dit onderscheid wordt gebruikt om de toepasbaarheid van warmtebronnen te toetsen, omdat verondersteld wordt dat er bij clustering¹⁸ en voldoende schaalgrootte meer organisatiekracht bestaat voor collectieve investeringen. Van de 30 solitaire gebieden is er in 5 gebieden sprake van veel solitaire tuinbouw, dit zijn West-Brabant (380 ha), Noord-Holland Noord (160 ha), Noord- en Midden-Limburg (160 ha), Noordoost-Brabant (130 ha) en Metropoolregio Brabant (125 ha).

In Figuur 18 staat de verdeling van het areaal naar gebiedstype. 40% van het areaal bevindt zich in Westland en Oostland, bijna twee derde van het areaal is onderdeel van een cluster met meer dan 100 ha. In totaal ligt 86% van het areaal binnen een cluster.

¹⁷ Op basis van gesprekken met Glastuinbouw Nederland.

¹⁸ Concentratiegebieden worden aangewezen door gemeenten. Omdat hiervoor geen stelregels bestaan, zijn sommige gebieden zijn meer geconcentreerd dan anderen. Bijvoorbeeld Boskoop (zie figuur) bevat veel areaaloppervlak, maar bestaat uit kleine en over een groot oppervlak verspreide kassen. Clusters als deze met lage dichtheid zijn, wanneer ze als middelgroot of groot werden geclassificeerd, handmatig uitgezonderd voor investeringen in collectieve warmtebronnen.

Figuur 18 - Teeltareaal per glastuinbouwgebiedssoort, Westland en Oostland apart weergegeven



Energie en CO₂-behoefte per gebied

Tabel 13 laat de totale ingeschatte behoeften van verschillende soorten glastuinbouwgebieden zien. De energie-intensiteit verschilt sterk per gebied, hoewel gemiddeld gesteld kan worden dat de energie-intensiteit in clusters iets lager ligt dan in solitaire gebieden. Mogelijk wordt dit verklaard doordat de bedrijfslocaties in clusters over het algemeen recenter en dus moderner zijn dan solitaire locaties. Binnen de clusters zien we veel variatie in energie-intensiteit, zo springen clusters als de Agriport A7 eruit met relatief hoge warmte- en elektriciteitsvraag, en clusters als het eerder genoemde Boskoop eruit met een lage vraag.

Tabel 13 - Totale ingeschatte behoeften glastuinbouwgebieden, middenwaarden. Data gebaseerd op enquêtes van Greenports Nederland en Energiemonitor van de Nederlandse glastuinbouw 2022 (Greenports Nederland, lopend) (Smit, 2023)

Glastuinbouwgebied	Areal (ha)	Warmtevraag	Elektriciteitsvraag	CO ₂ -behoefte
Westland	2.834	19	1.707	391
Oostland	1.207	9	650	245
Overige grote clusters (> 100 ha)	2.356	25	1.663	451
Kleine clusters (< 60 ha)	1.109	9	563	227
Middelgrote clusters (60-100 ha)	1.040	8	470	175
Grote solitaire gebieden (> 100 ha)	952	7	381	193
Kleine solitaire gebieden (< 60 ha)	449	3	179	91
Middelgrote solitaire gebieden (60-100 ha)	206	2	82	41
Totaal	10.151	82	5.696	1.814

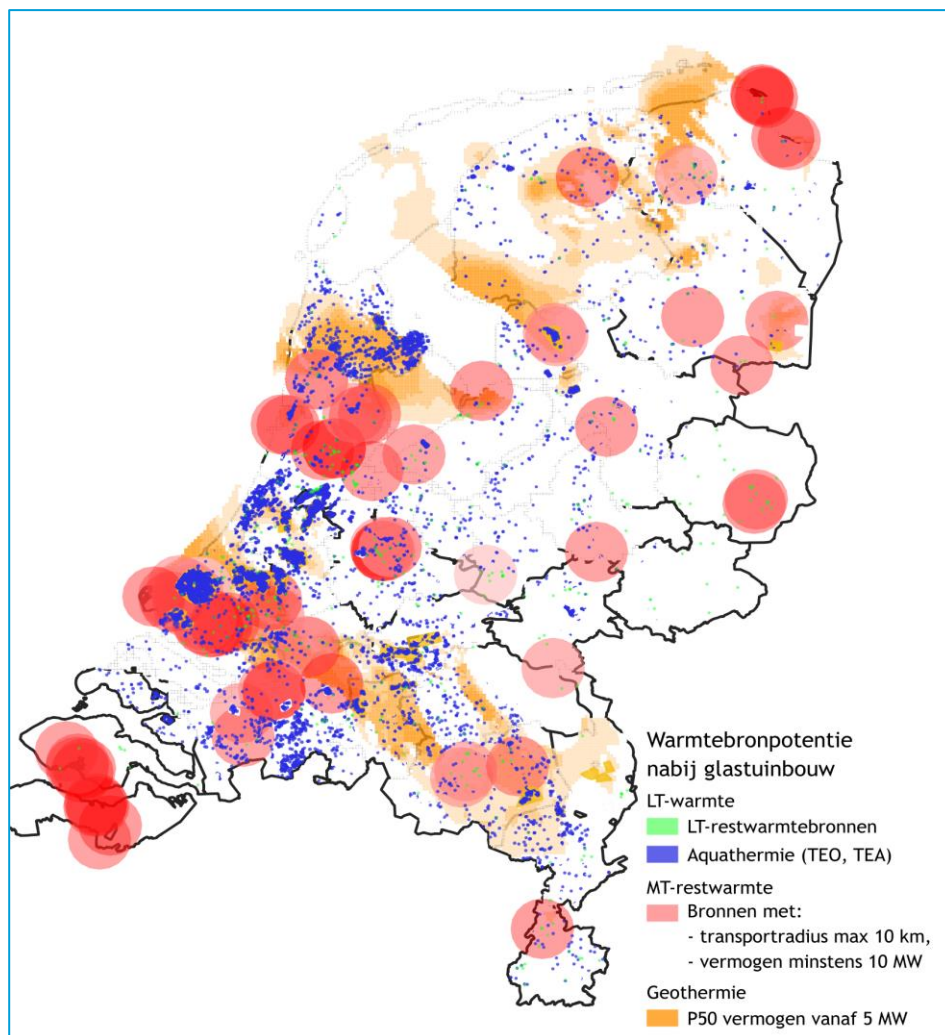
5.4 Beschikbare energie-infrastructuur in glastuinbouwgebieden

Met de eerder beschreven methode hebben we onderzocht welke energie-infrastructuur op welk moment en in welke glastuinbouwgebieden in Nederland beschikbaar is, zodat duidelijk wordt waar en wanneer duurzame energieoplossingen in de glastuinbouwsector kunnen worden toegepast.

5.4.1 Warmtenetten en -bronnen

Figuur 19 laat de beschikbare warmtebronnen voor de glastuinbouw in Nederland zien. Onder restwarmtebronnen zijn zowel HT/MT als LT-warmtebronnen meegenomen. De belangrijkste HT/MT-restbronnen voor glastuinbouw zijn industrie en energiecentrales, de belangrijkste LT-restbronnen datacenters. We erkennen dat nieuwe LT en MT-bronnen, zoals elektrolyzers (met hogere restwarmtetemperatuur dan nu vaak het geval) ook een uitkomst kunnen bieden voor glastuinders. Deze zijn niet meegenomen in de potentie-inschatting.

Figuur 19 - Overzicht warmtebronnen en hun leveringsgebied die meegenomen in analyse, de LT-restwarmtebronnen hebben een relatief klein leveringsgebied, en zijn daarom minder goed zichtbaar



Bron: Eigen analyse op basis van (RVO, lopend-b).

Beschikbaarheid warmtebronnen in 2030 en 2040

Tabel 14 bevat de totale ingeschatte potentie van warmtebronnen per gebiedstype. Let op dat de potentie op twee manieren anders is dan de beschikbaarheid van bronnen, omdat er nog investeringen in infrastructuur nodig zijn deze te benutten. Tabel 11 bevat de uitgangspunten waarmee deze potenties zijn vertaald naar lokale beschikbaarheid in de tijd.

Tabel 14 - Totale ingeschatte totale potentie warmtebronnen, afgezet tegen de ingeschatte warmtevraag.
*aangenomen dat warmtebron geen optie is voor gebiedstype

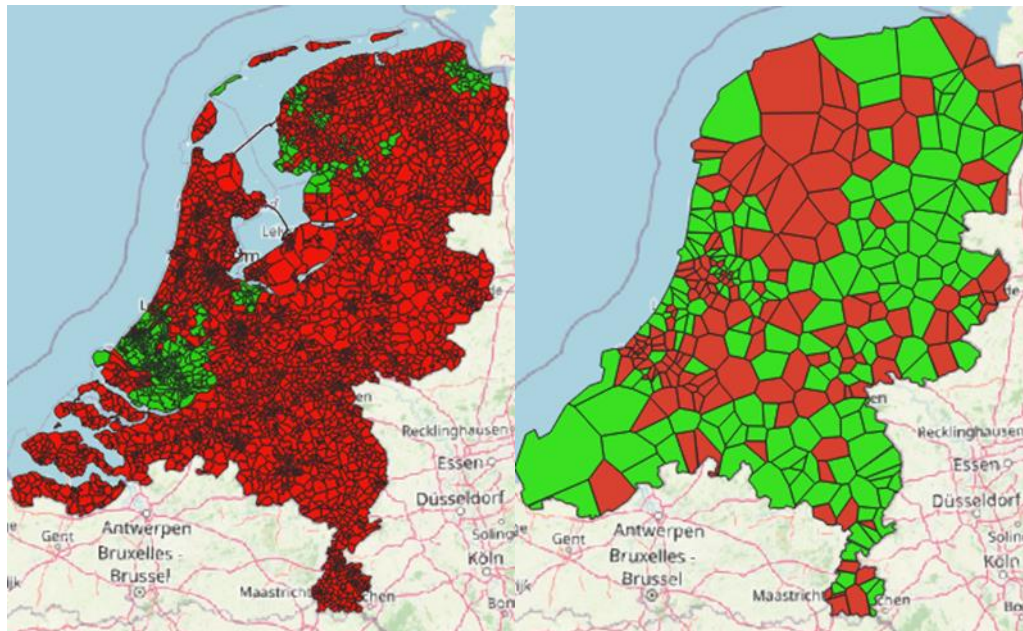
Glastuinbouwgebied	Areaal (ha)	MT-restwarmte-potentie (Oosterveer & Mol)	Geothermie-potentie (Oosterveer & Mol)	LT-restwarmte (Oosterveer & Mol)	Aquathermie i.c.m. wko (Oosterveer & Mol)	Warmtevraag (Oosterveer & Mol)
Westland	2.834	12	14	1	493	19
Oostland	1.207	1	8	0	29	9
Overige grote clusters (> 100 ha)	2.356	17	32	1	964	25
Kleine clusters (< 60 ha)	1.109	26	7	0	164	9
Middelgrote clusters (60-100 ha)	1.040	18	8	1	206	8
Grote solitaire gebieden (> 100 ha)	952	0*	0*	0*	2.187	7
Kleine solitaire gebieden (< 60 ha)	449	0*	0*	0*	782	3
Middelgrote solitaire gebieden (60-100 ha)	206	0*	0*	0*	754	2
Totaal	10.151	74	68	3	5.578	82

In het algemene beeld zien dat er voor aquathermie zeer ruim beschikbaar is, voor LT-restwarmte is de potentie beperkt. Er zijn een aantal aandachtspunten te benoemen bij de gebruikte methode en daaruit volgende resultaten. Ten eerste weten we niet of de beschikbare warmte al voor een ander project voorzien is, terwijl we aannemen dat de volledige potentie van de bronnen binnen het bereik van de tuinders beschikbaar zijn voor de glastuinbouw. Hiermee overschatten we voornamelijk de potentie en dus beschikbaarheid van MT-warmte. Ook is er geen rekening gehouden met het feit dat er al allerlei ontwikkelingen lopen. Veel glastuinders zijn al in gesprek met een warmtebedrijf en/of eigenaar van een warmtebron. Wanneer dat het geval is, is de ontwikkeltijd van een warmtenet korter dan aangegeven in Hoofdstuk 4.

5.4.2 Beschikbaarheid van transportcapaciteit voor elektriciteitsafname

In Figuur 20 staan de aangenomen beschikbaarheid van de transportcapaciteit voor elektriciteitsafname in de twee eerder genoemde scenario's (vertraagde en efficiënte ontwikkeling) op de kaart. De kleurcodering van NbnL en PDOK is versimpeld vertaald zodat: groen beschikbare capaciteit betekent, rood niet. We doen geen aannames over de hoeveelheid beschikbaar vermogen.

Figuur 20 - Beschikbaarheid van transportcapaciteit voor elektriciteitsafname. Links: aanname huidige en 2030 vertraagde ontwikkeling, op basis van capaciteitskaart NBNL. Rechts: aanname 2030 efficiënte ontwikkeling, op basis van investeringsrealisatie MS-stations tussen 2025-2030 uit de PDOK-kaart

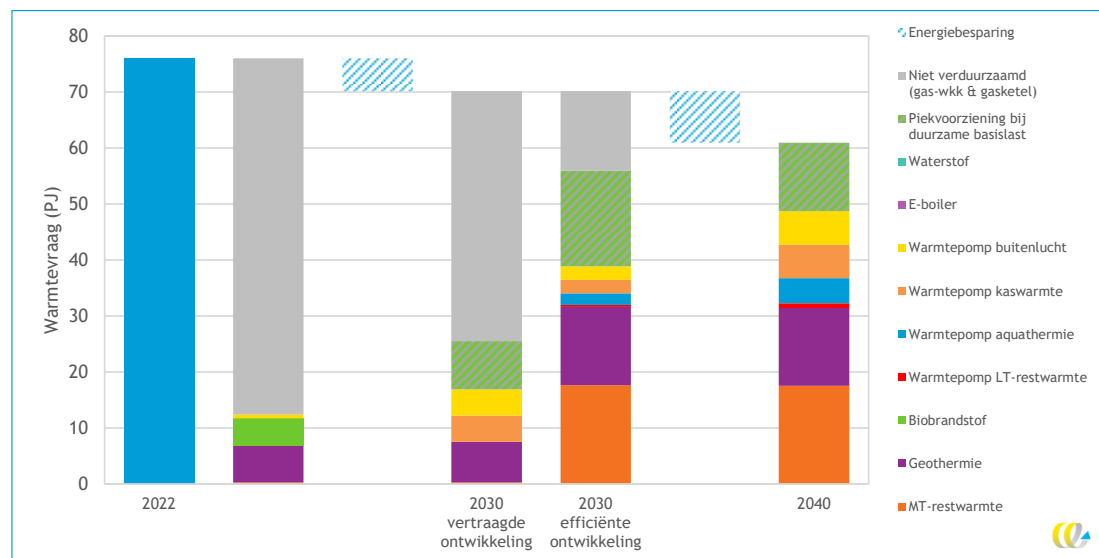


De kaarten laten duidelijk zien dat in Zuid-Holland en daarmee met name Westland en Oostland nog toegang hebben tot capaciteit. Deze beschikbaarheid is een gevolg van verzwaringen die in het verleden zijn gedaan toen er in het gebied sprake was van invoedingscongestie door grootschalige adoptie van wkk's. We nemen aan dat er de komende jaren capaciteit in deze regio beschikbaar blijft voor de energiebehoefte van tuinders. We plaatsen de kanttekening dat het in praktijk mogelijk dat deze capaciteit ook door andere partijen gebruikt gaat worden voor elektrificatie. In het scenario *efficiënte ontwikkeling* is er in grote delen, maar niet overal in Nederland, weer capaciteit beschikbaar.

5.5 Beschikbare verduurzamingsopties en bijbehorende CO₂-reductie

Figuur 21 laat zien welke verduurzamingsopties gerealiseerd kunnen worden in het glastuinbouwareaal in Nederland, rekening houdend met de beschikbaarheid van infrastructuur en toegewezen op basis van de genoemde voorkeursvolgorde (zie methode). Er is rekening gehouden met huidige duurzaam warmtegebruik. Let op dat dit de theoretische invulling van de warmtevraag bepaalt waarbij, maar beperkt rekening is gehouden met of de overstap voor de bedrijven op dat moment rendabel is.

Figuur 21 - Invulling warmtevraag naar techniek, op basis van lokale beschikbaarheid en in volgorde van aantrekkelijkheid. De 'piekvoorziening' is de piekvraag van de bedrijven die hun overige warmtevraag hebben verduurzaamd. Op middellange termijn zullen hiervoor gas-wkk's en ketels gebruikt blijven worden. Op langere termijn is groengas, waterstof of een andere bron nodig voor dit deel van de warmtevraag



Totaalontwikkeling

In het figuur zien we voor 2030 de warmtevraag voor twee scenario's; vertraagde en efficiënte ontwikkeling. Een toename tot ten minste 17 PJ en maximaal 39 PJ duurzame warmte is haalbaar. Dit is 36% tot 80% van de totale warmtevraag in 2030, de piekvoorziening wordt in 2030 nog ingevuld met aardgas. Deze twee kunnen als uiterste bandbreedtes worden beschouwd.

In 2022 was 12,4 PJ (16%) ingevuld met duurzame warmte. In 2040 is het realistisch de gehele warmtevraag te verduurzamen, mits de piekvoorziening duurzaam ingevuld kan worden. De duurzame warmte wordt voor een groot deel ingevuld door MT-restwarmte en geothermie. Ook de warmtepomp gebaseerde verduurzamingsopties vullen een aanzienlijk deel van de warmtevraag in, zeker in 2040.

Merk op dat in 2030 geen biomassa meer wordt aangenomen in het figuur. Dit is het gevolg van de gehanteerde methode waarin we kijken hoe de warmtevraag op langere termijn duurzaam kan worden ingevuld. De meeste biomassaketels die nu zijn opgesteld zijn in of voor 2018 beschikt met een looptijd van 12 jaar, wat betekent dat deze vanaf 2030 waarschijnlijk een veel kleinere rol spelen. Echter staat er naar onze schatting in 2030 ook nog circa 250 MW aan biomassa-installaties met SDE++-beschikking. Deze kunnen 3 tot 4 PJ per jaar kunnen produceren. Hoewel deze in de jaren na 2030 veel minder gaan produceren, kan deze opwekcapaciteit het verschil maken in het behalen van het 2030 sectordoel.

MT-restwarmte

We zien dat restwarmtetoepassing potentieel een grote rol speelt in de invulling van de warmtevraag. De totale potentie van MT-restwarmte rond glastuinbouw is 20 PJ, we zien dat tot 18 PJ toegewezen wordt. Naast Westland en Oostland is er ook veel potentie voor

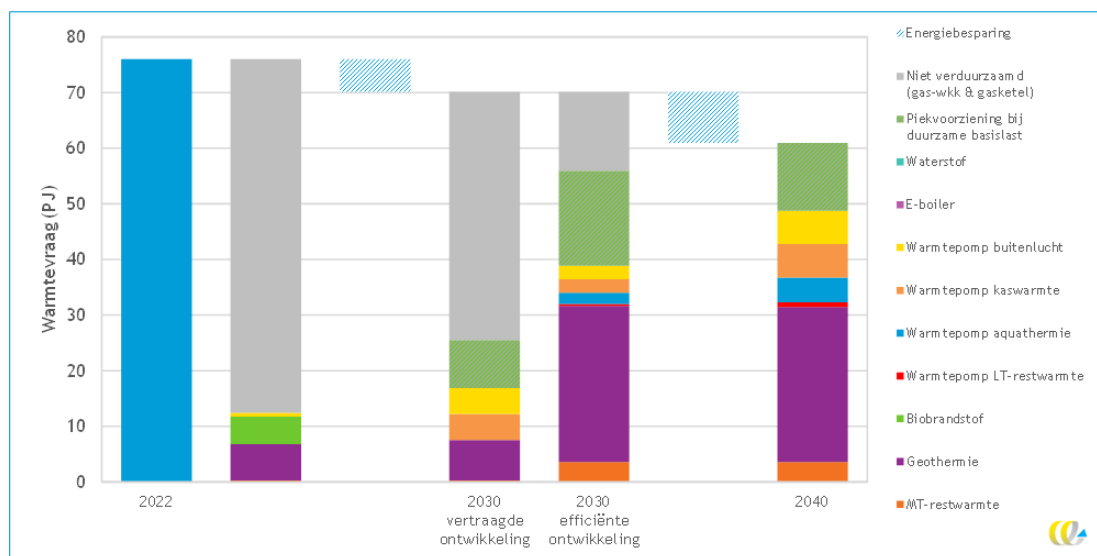
tuinders in Brabant, waar een deel al bediend wordt door het Amernet. Echter vormt deze warmte ook een relatief onzekere bron. Ten eerste is niet vanzelfsprekend dat de warmte beschikbaar is voor glastuinbouw, ten tweede blijkt het in de praktijk uitdagend om leveringsgaranties voor lange termijn te verkrijgen en ten derde is de eventuele ontwikkeling van regionale transportinfrastructuur kostbaar en uitdagend. We verwachten daarom dat niet alle potentie zal worden benut zonder aanvullend stimulerend beleid of veranderende marktomstandigheden.

Geothermie

Vanwege de overwegingen genoemd over restwarmte staat in Figuur 22 een variant waarbij geothermie eerst wordt toegekend in alle gebieden (in Westland deden we dit al). We zien dat geothermie een deel van de verduurzaming van MT-restwarmte kan invullen, maar in alle scenario's blijft MT-restwarmte nodig om de verduurzaming te realiseren.

We zien op basis van lokale beschikbaarheid rond grotere clusters en inzet die alleen geschikt is voor basis- en middenlast een geothermiepotentie-plafond van circa 28 PJ, bijna een derde meer dan de 20 PJ die in voorzien in het NPE (Rijksoverheid, 2023). Dit is grofweg het dubbele van de huidige inzet van aardwarmte in de sector. Uit SDE++-beschikkingen blijkt dat veel van de potentie al in ontwikkeling is. Bij de inschatting van 28 PJ wordt alleen rekening gehouden met lokale geothermieproductie, in theorie is meer geothermiegebruik mogelijk indien de putten ver buiten de clusters worden gerealiseerd, bijvoorbeeld deels ten behoeve van stadsverwarming.

Figuur 22 - Warmte-invulling in variant waarbij geothermie voor MT-warmte wordt toegewezen



LT-restwarmte

De totale potentie van LT-restwarmte die is meegenomen in de analyse bedraagt slechts 2 PJ, en wordt o.a. gerealiseerd in Greenport Aalsmeer waar bestaande datacenter-restwarmte wordt benut. In de analyse is aangenomen dat LT-restwarmte over lange afstanden transporten economisch niet rendabel is (max. 1 km), bovendien hebben veel LT-restwarmtebronnen slechts een beperkt vermogen. Hierdoor is LT-restwarmtetoepassing,

met uitzondering van rond bestaande datacenters, beperkt op grote schaal mogelijk in 2030.

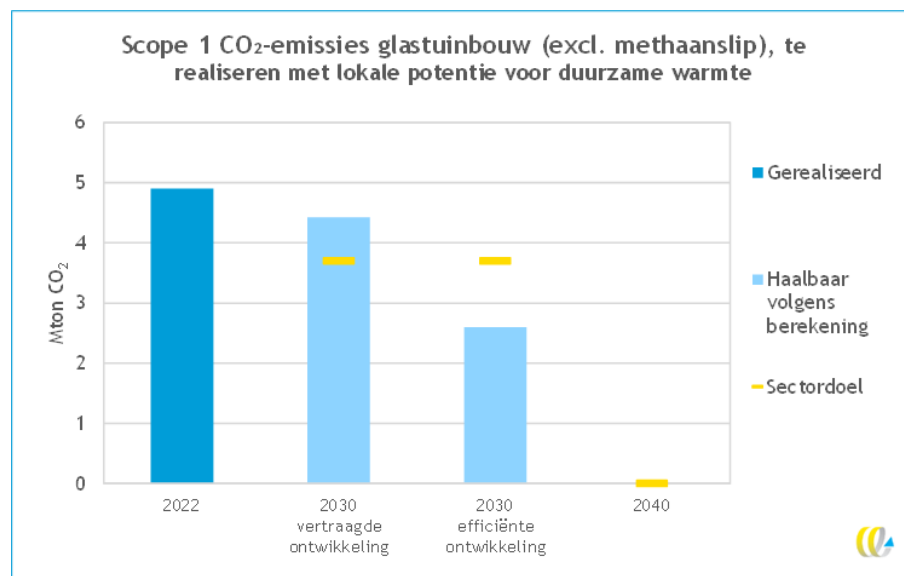
Elektriciteitscapaciteit

Richting 2030 volgt uit de analyse dat er ruimte op het net is voor 9 tot 10 PJ aan elektrificatie van warmtevraag. In het scenario vertraagde ontwikkeling kan dit alleen op specifieke plekken, met name Westland en Oostland. Indien de tuinders in Westland en Oostland ondanks prijsprikkels voorsorteren op collectieve warmteprojecten na 2030 dan ligt de elektrificatie in het meest pessimistische scenario aanzienlijk lager dan de genoemde 9 PJ. Te verwachten valt wel dat een deel van de tuinders, verspreid door het land, door netverzwaringen voor 2030 de mogelijkheid krijgen te elektrificeren. Bovendien zal een deel met het huidige transportvermogen gedeeltelijk kunnen elektrificeren (Tekstkader 2), iets wat niet mee is genomen in deze analyse.

5.5.1 CO₂-reductie

Het 2030 sectordoel van 3,7 Mton scope 1¹⁹ restemissies CO₂²⁰ ligt in het midden van de twee 2030 scenario's, in het meest gunstige scenario is zelfs 2,5 Mton restemissies mogelijk (Figuur 23). Het doel is dus haalbaar, maar daarvoor moeten in de komende vijf jaar nog veel projecten gerealiseerd worden. Zit het tegen met het realiseren van nieuwe collectieve warmteprojecten en beschikbare netcapaciteit, dan is het goed voorstelbaar dat de benodigde energie-infrastructuur niet op tijd beschikbaar is om de doelen voor verduurzaming van de warmtevraag te halen.

Figuur 23 - Ontwikkeling van scope 1 CO₂-emissies glastuinbouw excl. methaan. Het CO₂-sectordoel (3,7 Mton) is gehanteerd in plaats van het sectordoel voor CO₂ en methaan (4,3 Mton)



¹⁹ Emissies toebehorende aan elektriciteitsproductie zijn geen onderdeel van dit doel, net als dat wkk-emissies die kunnen worden toegeerd aan productie van elektriciteit voor het net niet onderdeel zijn van de doelen.

²⁰ Methaanuitstoot is ook onderdeel van het doel, deze uitstoot is vrijwel geheel het gevolg van methaanslip bij het gebruik van een wkk. Deze emissies zijn buiten scope van dit onderzoek gelaten. Daarom hanteren we het CO₂-doel van 3,7 Mton in plaats van het doel van 4,3 Mton voor CO₂ en methaan.

Voor de sectorambitie van een klimaatneutrale glastuinbouw in 2040 zien we vanuit de infrastructuur nu geen technische begrenzingen. We merken we op dat er in grofweg een derde van de clusters geen of beperkt (< 25% basislastvraag) hoogwaardige warmte beschikbaar is. Omdat we verwachten dat biobrandstoffen beperkt beschikbaar gaan zijn en waterstof oneconomisch duur, betekent dit dat veel van tuinders op deze locaties op termijn alleen kunnen verduurzamen door elektrificatie.

5.6 Effect op financiële lasten

Voorgaande analyses hebben uitgewezen welke verduurzamingen met welke warmtebronnen op termijn technisch haalbaar zijn. Hierin is rekening gehouden met invulling van bronnen in een grove volgorde van meest rendabel naar minst rendabele investeringen. Echter geeft het geschetste inzicht geen volledig antwoord op de vraag of de verduurzamingsdoelen voor tuinders zowel haalbaar als betaalbaar zijn. Een warmtepomp kan bijvoorbeeld technisch te realiseren zijn, en tevens goedkoper zijn dan fossiele warmte in 2030. Echter is zowel de fossiele- als warmtepompwarmte in 2030 waarschijnlijk (fors) duurder dan fossiele warmte in 2024. In dit onderzoek is geen analyse gedaan op de concurrentiepositie van tuinders door verhogingen van energiekosten te betrekken op de kostprijs relatief aan producenten in het buitenland. Wel kunnen we reflecteren op de effectiviteit van fiscale maatregelen op verschillende tuinders die wel of juist niet kunnen verduurzamen.

Uit de rentabiliteitsanalyse blijkt dat voor het meest voorkomende type glastuinbouwbedrijf (onbelicht met gemiddelde warmtevraag) verduurzamingsopties in 2030 net niet rendabel zijn bij de gehanteerde uitgangspunten. Scenarioanalyse wees wel uit dat hogere gasprijzen of minder voordelige wkk-inzet op de elektriciteitsmarkt andere technieken net aan equivalent of rendabel kan maken in kosten. Verder verhogen van gasbelasting doet door eerder omschreven dynamiek weinig om dit beeld te veranderen. Een hogere heffing op fossiele CO₂-uitstoot geeft een grotere impuls om te investeren in verduurzaming, echter betekent dat door de ontwikkeltijden niet per se dat deze eerder gerealiseerd kan worden. Wel werken beide maatregelen kostenverhogend voor tuinders. Enerzijds is dit een impuls voor energiebesparing, anderzijds werkt het door in de productieprijzen en het productie-niveau van gewassen. Dit maakt de sector ten opzichte van buitenlandse producenten minder competitief.

Een deel van de glastuinders ondervindt tot 2030 oplopende warmtekosten, maar heeft geen mogelijkheden tot verduurzaming van de verwarmingsinstallatie. In het 2030 scenario *vertraagde ontwikkeling* betreft dit meer dan 60% van de warmtevraag, in het versnelde scenario betreft dit 20%. Uit de resultaten van het rentabiliteitsmodel volgt dat de meest energie-intensieve clusters de grootste prikkel hebben om te verduurzamen. Over het algemeen zijn er in deze clusters voldoende mogelijkheden voor geothermie of restwarmte-benutting, vaak zijn er ook al bestaande projecten hiertoe. In kleinere, minder intensieve clusters en het solitaire gebied zien we minder mogelijkheden tot 2030, deze gebieden zullen pas later kunnen verduurzamen, waarschijnlijk door middel van elektrificatie.

5.7 Knelpunten en risico's verduurzamingsopgave

Geothermie en restwarmte zullen naar verwachting een groot deel van de verduurzaming invullen. Dit zijn tevens de warmtebronnen met de langste ontwikkeltermijnen. Deze bronnen worden op dit moment op veel plekken ontwikkeld, we schatten in dat compleet nieuw op te starten trajecten niet gereed zullen zijn voor 2030. Bestaande trajecten kunnen om allerlei redenen uitlopen of falen. Bij geothermie zijn er financiële aandachts-

punten rond de financiering van doubletten, wat te maken heeft met het risico dat de productiecapaciteit kan tegenvallen. Daarnaast zijn er gebieden waarbij de ondergrond onvoldoende bekend of vertrouwd wordt om grootschalig uit te winnen, hierdoor zijn bijvoorbeeld bestaande productielocaties eerder stilgelegd. Voor restwarmteprojecten blijkt onder andere het voor langere periode contracteren van een bron voor nu uitdagend, wat financiering bemoeilijkt. Voor alle collectieve infrastructuur is ook voldoende organisatie en coördinatie nodig om een warmtenet gerealiseerd te krijgen.

De verduurzamingsmogelijkheden met elektrificatie zijn zeer divers en situatieafhankelijk. Aan de kant van de tuinder is onder andere relevant hoeveel gecontracteerd vermogen er al is, hoe modern de energiesystemen in de kassen zijn, wat de energiebehoefte van de gewassen is en of er seizoensopslag in de ondergrond mogelijk is, etc. In veel gevallen zal additioneel transportvermogen gewenst zijn om over te stappen op een warmtepomp, maar het is ook voorstelbaar dat tuinders binnen de mogelijkheden die ze hebben kiezen voor een hybride route met naast een ketel of wkk een e-boiler, een kleinere warmtepomp of investeringen in andere installaties ter voorbereiding van elektrificatie. Vergeleken met collectieve warmte kunnen dit soort investeringen op kortere termijn gerealiseerd worden. Rijksregelingen als de SDE++ zijn soms, maar niet altijd ingestoken op dit soort gedeeltelijke verduurzaming, de financiële prikkels hiervoor zijn daarom minder sterk dan een volledige overstap.

Grootschalige elektrificatie binnen de sector is vaak pas mogelijk na netverzwaring door de netbeheerder. Vanwege het prioriteringskader voor netcapaciteit is het mogelijk dat vrijgekomen capaciteit door netverzwaring vergeven wordt aan andere partijen dan glastuinders, waarna gewacht moet worden op oplossing van het volgende knelpunt in het net. Een ander risico voor elektrificatie in clusters waar geen andere alternatieven beschikbaar zijn, is dat door de clustering van bedrijvigheid niet alle kassen gebruik kunnen maken van lokaal beperkte bronnen zoals aquathermie en open bodemenergie.

5.8 Conclusie

Rekening houdend met de ontwikkeltijden van de energie-infrastructuur en warmtebronnen en de lokale beschikbaarheid, kan tot 2030 36 tot 80% van het glastuinbouwareaal worden verduurzaamd, hiermee kan 0,5-2,3 Mton CO₂ gereduceerd worden. Daarmee is het klimaatdoel voor 2030 (4,3 Mton restemissies, oftewel 1,8 Mton reductie ten opzichte van 2022) binnen bereik, maar alleen onder gunstige omstandigheden.

Restwarmte en geothermie spelen belangrijke rol in verduurzaming glastuinbouwsector. Samen zouden deze bronnen 81%²¹ van de verduurzaming kunnen invullen als we uitgaan van efficiënte ontwikkeling van de infrastructuur (onderkant bandbreedte ontwikkeltijden). Bij trage ontwikkeling van de infrastructuur kan 45% door deze bronnen ingevuld worden (bovenkant bandbreedte ontwikkeltijden). De rest van de verduurzaming wordt bijna geheel ingevuld door warmtepomp gebaseerde verduurzamingsopties (LT-restwarmte, aquathermie, kaswarmte en buitenlucht warmtepomp).

Een deel van de glastuinders ondervindt tot 2030 oplopende kosten, maar heeft geen mogelijkheden tot verduurzaming van de verwarmingsinstallatie. Als we uitgaan van vertraagde ontwikkeling betreft dit meer dan 60% van het glastuinbouwareaal, maar ook bij

²¹ Dit houdt in dat bij 81% (of 45%) van het glastuinbouwareaal dat kan verduurzamen, de verduurzaming met MT-restwarmte en geothermie kan plaatsvinden. Wanneer de verduurzaming met MT-restwarmte of geothermie plaatsvindt, wordt niet alle warmtevraag ingevuld met deze warmtebronnen, er is namelijk ook een piekvraag.

snelle ontwikkeling is dit nog 20% van het areaal. Om oplopende kosten te beperken kunnen glastuinbouwbedrijven die niet kunnen verduurzamen wel energie besparen of de bedrijfsactiviteiten aanpassen waardoor ze minder gas gebruiken.

6 Kansrijke gebieden voor nieuwe ontwikkeling glastuinbouw

Hoofdboodschap

We hebben onderzocht welke gebieden vanuit beschikbaarheid van energie en energie-infrastructuur kansrijk zijn voor nieuwe ontwikkeling van glastuinbouw. Als meest kansrijke gebieden komen Groningen en Noord-Holland Noord naar voren.

Uit voorgaande resultaten is gebleken dat er bepaalde gebieden zijn die vanuit het oogpunt van beschikbare energie en energie-infrastructuur niet of minder geschikt zijn voor ontwikkeling van duurzame glastuinbouw. We hebben daarom ook gekeken of er gebieden zijn die vanuit dat oogpunt juist wel geschikt zijn voor nieuwe glastuinbouw ontwikkeling.

6.1 Methode

Om geschikte gebieden te identificeren hebben we naar een aantal verschillende aspecten gekeken:

- De verhouding tussen huidige warmtevraag en warmteaanbod, gebieden met zeer veel warmteaanbod zijn geschikt voor nieuwe ontwikkeling van glastuinbouw.
- Ruimte voor elektriciteitsvraag. Gebieden met veel elektriciteitsopwek en weinig vraag bieden kansen. In deze gebieden wordt de elektriciteitsinfrastructuur gebouwd voor de grote hoeveelheden aanbod van elektriciteit, hierdoor is er waarschijnlijk nog ruimte voor elektriciteitsvraag beschikbaar.

We kijken alleen nieuwe gebieden of uitbreiding buiten de bestaande glastuinbouwclusters. Daarom beschouwen we alleen de solitaire glastuinbouwgebieden.

6.2 Gebieden met beschikbaarheid energie-infrastructuur en warmtebronnen

Gebieden met veel aanbod warmte

Voor alle glastuinbouwgebieden hebben we het warmteaanbod en de warmtevraag bepaald. Geschikte gebieden hebben veel meer warmteaanbod dan vraag, deze hebben dus een groot warmteoverschot. Om het warmteoverschot te bepalen hebben we de warmtevraag van de glastuinbouw van het warmteaanbod afgehaald, het resultaat is weergegeven in Figuur 37 in Bijlage E.2. De vijf gebieden met grootste warmte-overschot zijn:

1. Groningen.
2. Friesland.
3. Rotterdam-Den Haag.
4. Noord-Holland Noord.
5. Noord-Holland Zuid.

Hierin is niet de warmtevraag van andere sectoren meegenomen, omdat dit geen onderdeel van deze studie was. We kunnen hier wel kwalitatief iets over zeggen.

De regio Rotterdam-Den Haag valt af als we warmtevraag uit de andere sectoren beschouwen, er zijn veel woningen, bedrijven en industrie in dit gebied. Ook is dit al een

zeer volgebouwd gebied en zijn er al een aantal grote glastuinbouwclusters (Westland, Oostland). Als er ontwikkeling voor de glastuinbouw plaatsvindt in de omgeving van Rotterdam-Den Haag, dan zal dat in waarschijnlijk binnen een bestaand cluster zijn, of is dit een ontwikkeling die al onderzocht wordt, zoals Tinte.

Ook Noord-Holland Zuid valt af als we de andere sectoren meenemen. Er is veel industrie rondom het Noordzeekanaal en er is veel stedelijke bebouwing, bijvoorbeeld Amsterdam en Haarlem. Daarnaast liggen in dit gebied al enkele glastuinbouwclusters, een aantal die bij de Greenport Aalsmeer horen en het cluster Heemskerkduin. We zien Noord-Holland Zuid daarom niet als kansrijk gebied voor het ontwikkelen van een nieuw glastuinbouwcluster.

Noord-Holland Noord lijkt wel kansen te bieden voor verdere ontwikkeling van een glastuinbouw cluster. Het is echter geen volledig nieuw gebied voor glastuinbouw. Er liggen al drie glastuinbouwclusters, waarvan Agriport A7 het grootste cluster is. Daarnaast zijn er ook de gebieden Alton en Grootslag en is er ruim 150 ha aan solitair glastuinbouwareaal in dit gebied.

In Groningen en Friesland is er nog weinig glastuinbouwareaal. In Groningen zijn er geen clusters en is er ca. 70 ha solitair glastuinbouwareaal. In Friesland zijn er drie kleine clusters: Berlicum, Sexbierum, Waadhoeke. Verder is er bijna geen glastuinbouwareaal in Friesland. Deze gebieden bieden kansen voor het ontwikkelen van een nieuw glastuinbouw-gebied.

Aanlandingsplekken wind op zee

Aanlandingsplekken voor wind op zee zijn typisch plekken waar de elektriciteitsinfrastructuur gebouwd wordt om veel aanbod van elektriciteit aan te kunnen. Dit betekent dat deze infrastructuur ook veel vraag aankan. Wanneer deze vraag er nog niet is, is dit een kans voor andere ontwikkeling, bijvoorbeeld een nieuw glastuinbouw gebied. Figuur 24 laat zien naar welke gebieden gekeken wordt voor aanlanding wind op zee. Hieruit komen een aantal locaties als mogelijk interessant voor de glastuinbouw naar voren, dit zijn de locaties waar nog relatief weinig vraag is (van bijvoorbeeld een industrieel cluster). We identificeren vier interessante gebieden.

1. Noord-Holland Noord.
2. Eemshaven.
3. Maasbracht.
4. Graetheide.

Bij Maasbracht en Graetheide zijn wel ook industrie gebieden. Hier moet verder onderzocht worden hoe deze gaan ontwikkelen om vast te stellen of deze gebieden interessant zijn voor de ontwikkeling van nieuwe glastuinbouw.

Figuur 24 - Kaart met windenergie zoekgebieden

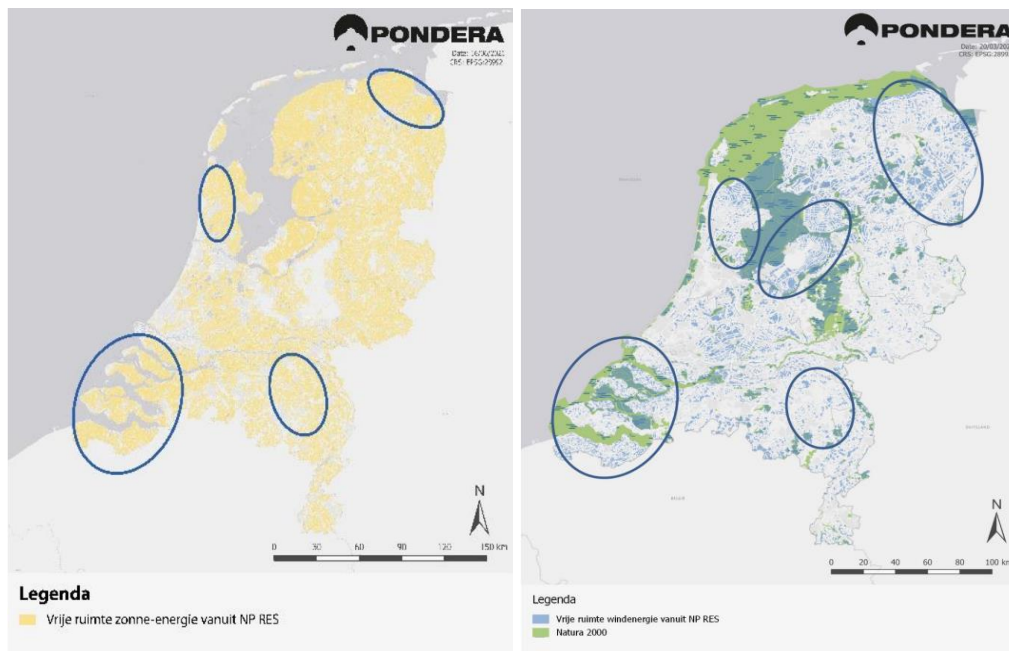


Bron: (Min EZK 2024).

Gebieden met veel opwek op land

Naast locaties voor aanlanding wind op zee, zijn ook gebieden waar veel elektriciteitsopwek op land plaatsvindt mogelijk interessant voor een nieuw glastuinbouwcluster. Figuur 25 geeft clustergebieden voor opwek uit zon en wind op land weer. Er zal naar verwachting relatief veel opwek geplaatst worden in Noord-Holland, Groningen, Noord-Limburg, Zeeland en Flevoland.

Figuur 25 - Clustergebieden zon op water, landbouw en natuurgronden (link) en wind op land (rechts)



Bron: (CE Delft & Pondera, 2023).

6.3 Conclusie kansrijke gebieden voor uitbreiding glastuinbouwareaal

Groningen is een geschikte locatie vanuit alle opzichten. Dit betekent dat er zowel aanbod van warmte is, als dat er veel elektriciteitsopwek verwacht wordt.

Noord-Holland Noord is eveneens geschikt op alle vlakken. Echter, in deze regio is, meer dan in Groningen, sprake van bestaande glastuinbouw. Nieuwe ontwikkelingen in dit gebied zijn mogelijk een uitbreiding van een bestaand cluster.

Friesland heeft weliswaar een groot aanbod aan warmte, maar de opwekking van elektriciteit is hier beperkter. Dit maakt Friesland alleen geschikt als er voldoende ruimte is binnen de elektriciteitsinfrastructuur om aan de vraag te kunnen voldoen.

Zeeland en Noord- en Midden-Limburg zijn interessant vanuit het oogpunt van energie-opwekking, maar in deze gebieden bestaat de mogelijkheid dat er meer focus komt te liggen op de ontwikkeling van industrie of andere sectoren, wat de beschikbaarheid voor glastuinbouw kan beïnvloeden.

Tabel 15 - Overzicht van kansrijke gebieden voor nieuwe glastuinbouw ontwikkeling, gezien vanuit het oogpunt van beschikbare energie en energie-infrastructuur

Potentieel gebied voor nieuwe ontwikkeling glastuinbouw	Warmteaanbod	Aanlanding wind op zee	Opwek op land	Conclusie
Groningen	Veel warmteaanbod	Zoekgebied bij Eemshaven	Wind en zon op land verwacht	Interessant gebied voor nieuwe ontwikkeling.

Potentieel gebied voor nieuwe ontwikkeling glastuinbouw	Warmteaanbod	Aanlanding wind op zee	Opwek op land	Conclusie
Noord-Holland Noord	Veel warmteaanbod	Zoekgebied Noord-Holland Noord	Wind en zon op land verwacht	Interessant gebied voor nieuwe ontwikkeling. Nieuwe ontwikkelingen in dit gebied zijn mogelijk een uitbreiding van een bestaand cluster.
Friesland	Veel warmteaanbod	Nee	Geen clustergebied voor opwek	Alleen geschikt bij voldoende capaciteit in elektriciteitsinfrastructuur
Zeeland	Redelijke hoeveelheid warmteaanbod	Zoekgebied Zeeuws-Vlaanderen	Wind en zon op land verwacht	Mogelijk interessant gebied voor nieuwe ontwikkeling, vooral vanuit opwek gezien.
Noord- en midden-Limburg	Redelijke hoeveelheid warmteaanbod, maar vooral in midden-Limburg	Zoekgebieden Maasbracht en Graetheide	Wind en zon op land verwacht	Mogelijk interessant gebied voor nieuwe ontwikkeling, vooral vanuit opwek gezien, Het warmte-aanbod bevindt zich vooral in midden Limburg.

Voor alle gebieden geldt dat verder onderzoek nodig is voordat bepaald kan worden of het gebied daadwerkelijk kansen biedt voor de uitbreiding van glastuinbouwareaal.

7 Conclusies en aanbevelingen

7.1 Conclusies

Voor de verduurzaming van de glastuinbouwsector en het halen van de klimaatdoelen is het nodig om tijdig energie-infrastructuur, met name warmtebronnen en transportcapaciteit op het elektriciteitsnet, te ontwikkelen. Rekening houdend met de ontwikkeltijden van de energie-infrastructuur en warmtebronnen en de lokale beschikbaarheid, kan tot 2030 36 tot 80% van het glastuinbouwareaal worden verduurzaamd, hiermee kan 0,5-2,3 Mton CO₂ gereduceerd worden. Daarmee is het klimaatdoel voor 2030 (3,7 Mton CO₂-restemissies, oftewel 1,2 Mton CO₂-reductie ten opzichte van 2022) binnen bereik, maar alleen onder gunstige omstandigheden.

Meer nodig dan financiële prikkels

Beleidsmaatregelen zoals de CO₂-heffing, afschaffing van het verlaagde belastingtarief voor aardgas in wkk's en subsidies, stimuleren verduurzaming, maar financiële prikkels alleen zijn niet voldoende om de doelen te bereiken. Versnelling van de infrastructuurontwikkeling is cruciaal voor de verduurzaming van de sector.

Verduurzamingsopties waarmee CO₂-reductie wordt gerealiseerd

Restwarmte en geothermie spelen belangrijke rol in verduurzaming glastuinbouwsector. Deze twee bronnen zijn in het grootste deel van het areaal de meest rendabele verduurzamingsoptie. Samen zouden deze bronnen 81%²² van de verduurzaming kunnen invullen als we uitgaan van efficiënte ontwikkeling van de infrastructuur (onderkant bandbreedte ontwikkeltijden). Bij trage ontwikkeling van de infrastructuur 45% door deze bronnen ingevuld worden (bovenkant bandbreedte ontwikkeltijden). De rest van de verduurzaming wordt bijna geheel ingevuld door warmtepomp gebaseerde verduurzamingsopties (LT-restwarmte, aquathermie, kaswarmte en buitenlucht warmtepomp).

Randvoorwaarden voor tijdige ontwikkeling infrastructuur

Restwarmte en geothermie zijn de warmtebronnen met de langste ontwikkeltermijnen. Het is dus, met de huidige ontwikkeltijden, zeer onzeker of deze bronnen overal voor 2030 gerealiseerd kunnen worden. Alleen als we de meest gunstige ontwikkeltijd aannemen, is dit mogelijk. Concreet houdt dit in dat voor restwarmte en geothermie de onderzoeks- en verkenningsfase al begonnen moet zijn, om in 2030 gerealiseerd te zijn.

Ook voor de andere verduurzamingsopties is het mogelijk, maar onzeker, dat ze voor 2030 gerealiseerd kunnen worden. Voor deze opties moet voldoende transportcapaciteit op het elektriciteitsnet beschikbaar zijn in 2030.

²² Dit houdt in dat bij 81% (of 45%) van het glastuinbouwareaal dat kan verduurzamen, de verduurzaming met MT-restwarmte en geothermie kan plaatsvinden. Wanneer de verduurzaming met MT-restwarmte of geothermie plaatsvindt, wordt niet alle warmtevraag ingevuld met deze warmtebronnen, er is namelijk ook een piekvraag.

Het doel is dus theoretisch haalbaar, maar daarvoor moet in de komende vijf jaar nog veel nieuwe collectieve warmteprojecten en beschikbare netcapaciteit gerealiseerd worden. Zit dit tegen, dan komen de doelen en ambities in het gedrang. Vertraging kan bijvoorbeeld veroorzaakt worden door trage vergunnings- en subsidieprojecten of een lang traject om tot afspraken te komen tussen de verschillende stakeholders.

Zonder beschikbare verduurzamingsopties stijgen de energiekosten

Een deel van de glastuinders ondervindt tot 2030 oplopende kosten, maar heeft geen mogelijkheden tot verduurzaming van de verwarmingsinstallatie. Als we uitgaan van vertraagde ontwikkeling betreft dit meer dan 60% van het glastuinbouwareaal, maar ook bij snelle ontwikkeling is dit nog 20% van het areaal. Om oplopende kosten te beperken kunnen glastuinbouwbedrijven die niet kunnen verduurzamen wel energie besparen of de bedrijfsactiviteiten aanpassen waardoor ze minder gas gebruiken.

Tuinders die toegang hebben tot MT-restwarmte of geothermie, hebben mogelijk zelf opties om de ontwikkeling te versnellen. Wanneer tuinders alleen de mogelijkheid hebben door middel van (gedeeltelijke) elektrificatie te verduurzamen, zijn ze hiervoor afhankelijk van de beschikbaarheid van het elektriciteitsnet en het tempo waarop de netbeheerders de elektriciteit net verzwaren.

Kansrijke gebieden voor uitbreiding glastuinbouwareaal

Bij krappe beschikbaarheid van energie-infrastructuur (PBL et al.) is het ontwikkelen van nieuw glastuinbouwareaal uitdagend. Als we puur vanuit energie-infrastructuur kijken, zijn er mogelijk kansen voor uitbreiding in Groningen, Noord-Holland Noord, Friesland, Zeeland en Noord-Limburg. Van deze gebieden zijn Groningen en Noord-Holland Noord het meest kansrijk voor uitbreiding van glastuinbouwareaal, omdat hier zowel warmtebronnen zijn als transportcapaciteit op het elektriciteitsnet. In de andere gebieden is slechts één van deze randvoorwaarden aanwezig.

7.2 Beleidsaanbevelingen

Op basis van ons onderzoek doen we een aantal beleidsaanbevelingen:

Versnel de ontwikkeling van elektriciteitsinfrastructuur en warmtebronnen. Dit kan onder andere door:

- Het vereenvoudigen van vergunningstrajecten. Duidelijkheid over en vereenvoudiging van vergunningsprocedures kan dit proces verkorten, wat de totale ontwikkeltijd aanzienlijk kan verkorten.
- Zorg dat de tuinders zich organiseren, zodat de vraagkant van de warmtenetten geregeld is.
- Versoepel het traject waarin afspraken tussen stakeholders gemaakt worden. Het delen van ervaringen, betere organisatie van de glastuinders en standaard contracten kunnen dit proces vergemakkelijken en daarmee versnellen.
- De verdere uitrol van concrete acties in het ‘Landelijk actieplan netcongestie’, en dan specifiek het onderdeel over het sneller uitbouwen van het elektriciteitsnet. Dit omvat vergunningen, processen bij netbeheerders en gemeente en personeel.

Zorg er in bredere zin voor dat aan de randvoorwaarden voor verduurzaming in de glastuinbouw wordt voldaan, zodat de financiële prikkels het gewenste effect hebben.

Bibliografie

- Berenschot. (2023). *Rekenmodel individueel sectorsysteem glastuinbouw*.
- Berenschot en Kalavasta. (2024). *Tariefstudie CO₂-heffing glastuinbouw*.
- BlueTerra. (2024). *Marktpositie WKK voorjaar 2024, WKK barometer*.
- CBS. (2023). *Landbouw; gewassen, dieren en grondgebruik naar gemeente*. <https://www.cbs.nl/nl-nl/cijfers/detail/80781ned?q=landbouwtelling>
- CE Delft. (2021a). *Doorlooptijden investeringen elektrificatie : Inzicht in de tijdlijn van het Klimaatakkoord*.
- CE Delft. (2021b). *Verkenning generieke maatregelen glastuinbouw*.
- CE Delft. (2023a). *Correctieformules voor wkk-warmte in de glastuinbouw. Stresstest van SDE++ correctieformules bij wkk-referentie*.
- CE Delft. (2023b). *Vervolgstudie bijmengverplichting groen gas: Haalbaarheid en betaalbaarheid*.
- CE Delft. (2024). *Analyse en doorrekening invoedingstarief*.
- CE Delft, & Pondera. (2023). *Integrale Effectenanalyse - Programma Energiehoofdstructuur 2023 - Ontwikkeling energiehoofdinfrastructuur 2030-2050*.
- CE Delft, & TNO. (2023). *Afnameverplichting groene waterstof*.
- CE Delft, & Witteveen+Bos. (2024). *Elektriciteitsmix en marktdynamiek in 2035 CO₂-vrij elektriciteitssysteem*.
- Denktank energieagenda 2018-2023. (2017). *Eerste eilandelijke energieagenda: Samen op weg naar een energieneutraal Schouwen-Duiveland in 2040. Deel 2: Visiedocument 2018-2023*.
- ECW. (2023). *Mijnbouwwet en jouw rol als gemeente*. <https://www.expertisecentrumwarmte.nl/themas/marktordening+en+financiering/handreiking+geothermie/wettelijke+rol+gemeente/mijnbouwwet+en+jou+w+rol+als+gemeente/default.aspx>
- Greenports Nederland. (lopend). *Tuinbouwgebieden Gebiedsvisie - Ingevulde formats per tuinbouwgebied*. <https://www.greenports-nederland.nl/nl/tuinbouwgebieden-gebiedsvisies>
- Ministerie van EZK. (2023). *Brief van de Minister voor Klimaat en Energie dd 26 april 2023, Kabinetsaanpak Klimaatbeleid, kamerstuk 32 813, nr. 1230*.
- Ministerie van LNV. (2013). *Convenant Energietransitie Glastuinbouw 2013-2020*.
- Ministerie van LNV. (2022). *Convenant energietransitie glastuinbouw 2022-2030*.
- Netbeheer Nederland. (2019). *Basisinformatie over energie-infrastructuur : Opgesteld voor de Regionale Energie Strategieën*. https://www.netbeheernederland.nl/_upload/Files/Basisdocument_ov_er_energie-infrastructuur_143.pdf
- Netbeheer Nederland. (2024). *Capaciteitskaart elektriciteitsnet*. <https://capaciteitskaart.netbeheernederland.nl/>
- NVDE. (2022). *Druk op doorlooptijd*.
- Oosterveer, P., & Mol, A. P. (2010). Biofuels, trade and sustainability: a review of perspectives for developing countries. *Biofuels, Bioproducts and Biorefining: Innovation for a sustainable economy*, 4(1), 66-76.
- PBL. (2024). *Eindadvies Basisbedragen SDE++ 2024*.
- PBL, Breda University of Applied Science, & Nederlands Lucht- en Ruimtevaartcentrum. (2021). *Fuel Tankering in relation to a Dutch CO₂ Ceiling for Aviation : Input to the working group on the development of a CO₂ ceiling convened by the Ministry of Infrastructure and Water Management*. <https://www.pbl.nl/sites/default/files/downloads/pbl-2021-fuel-tankering-in-relation-to-a-dutch-co2-ceiling-for-aviation-4608.pdf>



- PDOK. (2024). *Beschikbare capaciteit elektriciteitsnet*. <https://app.pdok.nl/viewer/#x=167610.65&y=468167.27&z=4.7663&background=BRT-A%20standaard&layers=c650c3ec-6fc7-4222-ba99-e4ddf9e75fe5;IndicatiefVerzorgingsgebied,c650c3ec-6fc7-4222-ba99-e4ddf9e75fe5;Stations>
- PwC. (2021). *De energietransitie en de financiële impact voor netbeheerders*.
- Rijksoverheid. (2023). *Nationaal Plan Energiesysteem (NPE)*.
- RVO. (2024, juli 2024). *Feiten en cijfers SDE(+)(+). SDE-projecten in beheer juli 2024*. <https://www.rvo.nl/subsidies-financiering/sde/aanvragen/feiten-en-cijfers>
- RVO. (lopend-a). *On-line Tool Warmteatlas*. <https://pzh.maps.arcgis.com/apps/MapSeries/index.html?appid=6d2ce193ab7d4bc3a15aaeb5240df0bc>
- RVO. (lopend-b). *Warmteatlas*. <https://rvo.b3p.nl/viewer/app/Warmteatlas/v2>
- Smit, P. (2023). *Energiemonitor van de Nederlandse glastuinbouw 2022*.
- Smit, P. X., & Grootscholten, R. (2024). *Energiebesparing glastuinbouw in actueel perspectief*.
- Strukton Workspheer. (2021). *Energierapportage WKO 2020*.
- WarmingUp. (2020). *Definitie warmtebranche*.
- WENR. (2023). *Landelijk Grondgebruiksbestand Nederland 2023*. <https://lgn.nl/basiskaart>



A Betrokken partijen

A.1 Klankbordgroep

Aanwezigen bij eerste klankbordgroep op 12 juni 2024

- Jessica Hofmann (Alliander);
- Jonas Vollbrandt (PZH);
- Rob van Ruiten (Greenports Nederland);
- Robert Kielstra (ECW Energy);
- Thijmen Vosmer (Capturam);
- Mathijs Veenkant, (EZK);
- Peter Reffeltrath (LNV);
- Simone Tanis (CE Delft);
- Marianne Teng (CE Delft).

Aanwezigen bij tweede klankbordgroep op 11 september 2024

- Jonas Vollbrandt (PZH);
- Hans van den Berg (Glastuinbouw Nederland);
- Rob van Ruiten (Greenports Nederland);
- Evelien Brederode (Capturam);
- Mathijs Veenkant, (EZK);
- Peter Reffeltrath (LNV);
- Florian Hesselink (CE Delft);
- Marianne Teng (CE Delft).

A.2 Experts gesproken over ontwikkeling infrastructuur

Tabel 16 geeft een overzicht van de personen die input hebben geleverd over de ontwikkeling van infrastructuur die nodig is voor de verduurzaming van de glastuinbouw.

Tabel 16 - Overzicht van de personen die we hebben gesproken over de ontwikkeltijden van de infrastructuur

Personen/partijen gesproken	Input geleverd voor:
Frank schoof (nieuwe warmte nu)	Ontwikkeltijd geothermie bronnen
Mireille Bedeschi en Jarno van Westreenen (Polderwarmte)	Ontwikkeltijd restwarmte uit datacenters
Bart Dehue (Vattenfall)	Ontwikkeltijd restwarmte
Johan van der Zwan (Westland Infra)	Elektriciteitsinfrastructuur ten behoeve van glastuinbouw
Jacob Limbeek (OCAP)	CO ₂ -infrastructuur

B Fiscale maatregelen

B.1 Huidige situatie: energielasting

Tabel 17 geeft zowel de verschillende schijven als bijbehorende tarieven in 2024 weer. De glastuinbouw zit met name in de marginale derde schijf elektriciteit en eerste drie schijven aardgas.

Tabel 17 - Schijven en tarieven in 2024 (exclusief btw)

	Schijf	Tarief energielasting
Aardgas (€/m ³)	0 tot en met 170.000 m ³	€ 0,58301
	170.001 tot en met 1 miljoen m ³	€ 0,22378
	Meer dan 1 miljoen tot en met 10 miljoen m ³	€ 0,12855
	Meer dan 10 miljoen m ³	€ 0,04886
Elektriciteit	0 tot en met 10.000 kWh	€ 0,10880
	10.001 tot en met 50.000 kWh	€ 0,9037
	50.001 tot en met 10 miljoen kWh	€ 0,03943
	Meer dan 10 miljoen kWh particulier	€ 0,00254
	Meer dan 10 miljoen kWh zakelijk	€ 0,00188

Bron: [Tabellen tarieven milieubelastingen \(belastingdienst.nl\)](#)

B.2 Individuele CO₂-heffing

Als tegenprestatie voor het verlaagd tarief is er voor de glastuinbouwsector een CO₂-sectorsysteem opgesteld. In het *convenant CO₂-emissieruimte 2013-2020 Glastuinbouw* (Ministerie van LNV, 2013) was afgesproken dat glastuinbouwbedrijven die niet deelnemen aan het EU ETS naar rato van het energieverbruik een verevening betalen indien in één jaar meer CO₂ wordt uitgestoten dan is vastgesteld in de CO₂-emissieruimte. Er was namelijk afgesproken dat de totale CO₂-emissies in de glastuinbouw lineair zou afnemen en er werd per jaar een maximale CO₂-emissieruimte voor de gehele glastuinbouwsector vastgesteld. In dit CO₂-sectorsysteem werd er gekeken naar de totale uitstoot, niet naar de uitstoot van elk individueel bedrijf.

In 2022 is het *Convenant Energietransitie Glastuinbouw 2022-2030* (hierna CO₂-convenant) van start gegaan. In dit convenant is afgesproken dat het collectieve CO₂-sectorsysteem wordt omgezet naar een individueel sectorsysteem dat per 2025 in werking zal treden. Hierbij worden de CO₂-emissies uit fossiele energie beprijsd en ontstaat er een individuele prikkel om te verduurzamen²³. Het tarief van de CO₂-heffing wordt gekoppeld aan het restemissiedoel voor 2030 en wordt daarmee zo hoog of laag als nodig om in aanvulling op overig beleid het doel te halen.

²³ Methaanemissies van wkk's vallen momenteel, vanwege technische redenen, niet onder de grondslag. Echter, het tariefpad van de CO₂-heffing is gekoppeld aan het restemissiedoel waar methaan wel wordt meegenomen. Hierdoor worden alle broeikasgassen indirect beprijsd.

Belastingplichtigen CO₂-heffing glastuinbouw

De glastuinbouwbedrijven, ongeveer 300 ondernemers, zijn belastingplichtig. Deze groep komt grotendeels overeen met de huidige doelgroep van het systeem van kostenverevening. In aanvulling op de huidige doelgroep wordt ook een klein aantal glastuinbouwondernemers betrokken die een zodanig grote installatie exploiteren dat deze onderdeel uitmaakt van het ETS.

Daarnaast worden energiebedrijven belastingplichtig die binding met één of meerdere glastuinbouwbedrijven hebben. In het systeem van kostenverevening telt uitsluitend de warmte die door een glastuinbouwbedrijf van een energiebedrijf voor de glastuinbouw wordt afgenomen mee voor het vaststellen van de CO₂-emissie van het glastuinbouwbedrijf. De emissie van de elektriciteitsproductie van een energiebedrijf voor de glastuinbouw telt niet mee in het systeem van kostenverevening, terwijl deze emissie wel aan de glastuinbouwsector wordt toegerekend.

Glastuinbouwbedrijven en energiebedrijven voor de glastuinbouw met een ETS-installatie worden uitgezonderd voor de CO₂-heffing industrie en minimum CO₂-prijs elektriciteitsopwekking. Hiermee wordt een dubbele CO₂-heffing voorkomen.

B.3 Belastingplan 2024: aanpassingen energiebelasting

In het Belastingplan van 2024 zijn een aantal aanpassingen in de belastingen voor de glastuinbouwsector aangebracht. Het doel is om duurzame warmte- en elektriciteitsbronnen te stimuleren en het gebruik van aardgas te verminderen.

Verhoging van de verlaagde tarieven in de energiebelasting

Het kabinet wil tussen 2025 en 2035 de verlaagde energiebelastingtarieven op aardgas afschaffen²⁴. Het doel is om de tarieven recht te trekken met de andere belastingbetalers. Tabel 18 geeft de verhoging per jaar weer.

Tabel 18 - Tabel verhogen tarieven energiebelasting glastuinbouw

Jaartal	Tarief glastuinbouw schijf 1	Tarief glastuinbouw schijf 2
2024	16% van het normale tarief	38% van het normale tarief
2025	23% van het normale tarief	43% van het normale tarief
2026	30% van het normale tarief	48% van het normale tarief
2027	37% van het normale tarief	53% van het normale tarief
2028	44% van het normale tarief	58% van het normale tarief
2029	52% van het normale tarief	64% van het normale tarief
2030	60% van het normale tarief	70% van het normale tarief
2031	68% van het normale tarief	76% van het normale tarief
2032	76% van het normale tarief	82% van het normale tarief
2033	84% van het normale tarief	88% van het normale tarief
2034	92% van het normale tarief	94% van het normale tarief
2035	Normaal tarief	Normaal tarief

²⁴ https://www.eerstekamer.nl/behandeling/20231026/stemmingsoverzicht_tweede_kamer_15



Beperken inputvrijstelling elektriciteitsopwekking

Het kabinet heeft tevens voorgesteld om per 1 januari 2025 ook (gasinput voor) warmte en elektriciteit voor eigen gebruik te belasten met energiebelasting. Het voorstel bestaat uit een aantal onderdelen:

- beperking inputvrijstelling tot elektriciteitsopwekking;
- afschaffing outputvrijstelling elektriciteit;
- administratieve behandeling kleinere installaties;
- stapsgewijze beperking inputvrijstelling.

Beperking inputvrijstelling tot elektriciteitsopwekking

De 30% rendementseis komt te vervallen en in plaats daarvan wordt 0,18957 Nm³ aardgas per opgewekte kWh elektriciteit vrijgesteld. Deze maatregel zorgt ervoor dat de inputvrijstelling voor de productie van elektriciteit behouden blijft, maar dat voortaan het aardgas voor de productie van warmte wordt belast. In de praktijk komt de maatregel erop neer dat voor installaties die een elektrisch rendement van 60% of hoger realiseren de volledige aardgasinput wordt vrijgesteld. Exploitanten met installaties die een elektrisch rendement lager dan 60% realiseren zullen voortaan over een deel van de aardgasinput energiebelasting betalen.

Afschaffing outputvrijstelling elektriciteit

De beperking van de inputvrijstelling elektriciteitsopwekking zorgt ervoor dat gasinput voor de productie van warmte vanaf 1 januari 2025 is belast en de gasinput voor de opwek van elektriciteit blijft vrijgesteld. Hiermee wordt dubbele energiebelasting op elektriciteit voorkomen. Voor een deel van de geproduceerde elektriciteit geldt echter dat deze niet later in de keten wordt belast met energiebelasting. Het gaat hierbij om de elektriciteit die een exploitant heeft opgewekt met een wkk-installatie en zelf gebruikt. Deze elektriciteit is door toepassing van de zogenoemde outputvrijstelling vrijgesteld van energiebelasting.

Er is daarom voorgesteld om ook de outputvrijstelling elektriciteit per 1 januari 2025 volledig te laten vervallen. Hiermee wordt ook de eigen opgewekte elektriciteit die zelf wordt gebruikt belast. Dit leidt tot een vergelijkbaar belastingtarief bij de eindgebruiker voor de elektriciteit die hij afneemt van het openbare net en elektriciteit die hij zelf opwekt.

Administratieve behandeling kleinere installaties

Het vervallen van de outputvrijstelling elektriciteit leidt tot een toename van het aantal belastingplichtigen, veelal exploitanten van kleinere installaties in de glastuinbouw. Om de stijging van zowel administratieve als uitvoeringslasten te voorkomen wordt een afwijkende systematiek gehanteerd voor kleinere installaties. Zo zal er een meer beperkte inputvrijstelling gelden voor kleinere installaties waarbij uitsluitend rekening wordt gehouden met de elektriciteit die op het distributienet wordt ingevoerd en niet met de elektriciteit voor eigen gebruik. Daarmee wordt de gasinput die in kleinere installaties wordt gebruikt voor de opwek van elektriciteit voor eigen gebruik belast. Tegenover deze meer beperkte inputvrijstelling staat dat de outputvrijstelling voor deze installaties behouden blijft. Daarmee geldt voor kleinere installaties dat elektriciteit voor eigen gebruik onbelast blijft, terwijl de benodigde gasinput wel wordt belast met energiebelasting. De afwijkende systematiek leidt ertoe dat exploitanten van kleinere installaties ook in de nieuwe situatie geen belastingaangifte hoeven te doen.

Er wordt aangesloten bij de grenswaarde die bij het EU-ETS wordt gehanteerd. Hierbij is de grens tussen kleinere en grote installaties een totaal thermisch opgesteld vermogen van 20 megawatt.

Stapsgewijze beperking inputvrijstelling

De inputvrijstelling wordt geleidelijk beperkt tussen 2025 en 2030. In 2025 wordt een vrijstelling gehanteerd van 0,2808 Nm³ aardgas per opgewekte kWh elektriciteit. In de jaren tot 2030 wordt de inputvrijstelling ieder jaar lineair afgebouwd, zodat vanaf 2030 een vrijstelling van 0,18957 Nm³ aardgas per opgewekte kWh elektriciteit geldt. Tabel 19 geeft het ingroeipad weer.

Tabel 19 - Ingroeipad beperking inputvrijstelling

	2025	2026	2027	2028	2029	Vanaf 2030
Vrijgestelde gasinput per 1 kWh voor grote installaties ($\geq$ 20 MW) en kleine installaties ($<$ 20 MW) bij levering aan net	0,2808	0,2635	0,2467	0,227	0,221	0,18957
Vrijgestelde gasinput per 1 kWh voor kleine installaties ($<$ 20 MW) bij elektriciteitsproductie voor eigen gebruik	0,167	0,1498	0,1329	0,1132	0,0973	0,0758

B.4 EU ETS

Wat is het ETS?

Sinds 1 januari 2005 heeft de Europese Unie een emissiehandelsysteem, ofwel het EU-ETS/ETS1. Binnen dit systeem wordt jaarlijks een absoluut emissieplafond voor een aantal sectoren en installaties vastgesteld. Dit is gekoppeld aan de EU-emissierechten (EUa's). Dit zijn koolstofemissierechten waarmee bedrijven die onder dit systeem vallen een bepaalde hoeveelheid CO₂ mogen uitstoten. In het EU-ETS-systeem staat één emissierecht voor de uitstoot van één ton CO₂. Een deel van de emissierechten wordt rechtstreeks toegewezen en een ander deel wordt geveild. De emissierechten kunnen daarna worden verhandeld. Bedrijven hebben de keuze om:

- hun uitstoot te verminderen, waarna ze wellicht een overschot aan emissierechten kunnen opbouwen en verkopen;
- hun uitstoot niet (voldoende) terugdringen en emissierechten op de markt of veilig kopen;
- de variabele marktprijs van de EUa's weerspiegelt de kosten van de emissiereductie.

Wat is het ETS2?

De herziening van richtlijn 2003/87/EG voorziet een tweede ETS (ETS2) voor de leveranciers van brandstof. Dit nieuwe emissiehandelsysteem richt zich op de gebouwde omgeving, wegtransport en de kleine industrie en wordt vanaf 2027 ingevoerd²⁵. Er wordt gebruik gemaakt van de opt-in, waarmee alle fossiele brandstoffen in Nederland onder het nieuwe handelssysteem zullen vallen. Dit omvat dus ook het overige brandstoffenverbruik in de

²⁵ De administratieve fase gaat al in 2025 van start. Dit houdt in dat de ETS2-plichtingen nog niet hoeven te betalen, maar wel al moeten rapporteren aan de NEa.



landbouw, zoals verwarming van stallen en brandstofverbruik door landbouwwerk- en voertuigen²⁶. Het kabinet heeft besloten om in het voorjaar van 2025 een definitief besluit te nemen over het betrekken van de glastuinbouw bij de ETS2 opt-in. Bijlage B geeft meer toelichting over het ETS2.

Hoewel de glastuinbouw niet onder ETS2 valt, kan het wel, via de energieleveranciers, van invloed zijn. Levering van aardgas aan derde partijen met energiesystemen op aardgas (zogenaamde 'Energie BV's'), zoals warmte-krachtkoppeling (wkk) die energie leveren aan glastuinbouwbedrijven, gaat namelijk wel onder ETS-2 vallen. Dit zorgt ervoor dat een deel van het verbruik van de glastuinbouwbedrijven onder de ETS-2 opt-in kunnen gaan vallen. De vraag is of de Energie BV's de kosten van het ETS-2 een-op-een doorrekenen aan de glastuinbouwafnemers of niet. Energiebedrijven hebben namelijk de vrijheid in de manier waarop ze de kosten voor ETS2 doorrekenen, en aan wie.

Er wordt momenteel gewerkt aan een Europese teruggaveregeling voor partijen die ten onrechte ETS2-kosten doorgerekend hebben gekregen. Het is dus mogelijk dat tuinders achteraf de heffingskosten kunnen terugvorderen. In het voorjaar van 2025 wordt tevens gekeken naar compensatieregelingen waarmee de additionele lasten van het ETS2 bovenop het prijspad dat nodig is om het 2030-doel te bereiken (i.e. het tarief van de CO₂-heffing) vergoed worden. De verwachting is dus dat ETS2 niet voor een lastenverzwaring zal zorgen ten opzichte van het pad dat met de CO₂-heffing wordt ingezet.

²⁶ De visserij wordt uitgezonderd.

C Methodiek en uitgangspunten rentabiliteitsmodel

C.1 Methodiek

Input rentabiliteitsmodel

Installaties in duurzame pakketten

De verduurzamingsopties beschreven in Paragraaf 3.1 bestaan uit pakketten waar in elk geval meer dan één installatie nodig is. We gaan ervan uit dat de duurzame warmte-installatie de basislast levert. De referentie-installatie (een gasketel of gas-wkk, afhankelijk van het bedrijfstype), inclusief eventuele warmtebuffer, blijft staan en levert de pieklast. Dit betekent dat we voor alle pakketten een (waterstof)gasaansluiting handhaven. Afhankelijk van de verduurzamingsoptie zijn er een of meer installaties nodig. Tabel 20 geeft weer welke installaties er in welk pakket worden aangenomen. Ook de infrastructuur aanpassingen zijn opgenomen. We nemen aan dat bij een gas-wkk als referentie de bestaande elektriciteitsaansluiting groot genoeg is voor een eventuele warmtepomp. Wel worden extra kosten in rekening gebracht voor transportcapaciteit.

Tabel 20 - Installaties in verduurzamingspakketten

Verduurzamingsoptie	Basislastinstallaties	Pieklastinstallaties	Aanpassingen infrastructuur
MT-restwarmte(net) + piek	MT-restwarmtebron	Gasketel of gas-wkk	Aansluiting MT-warmtenet
Geothermie(net) + piek	Geothermiebron	Gasketel of gas-wkk	Aansluiting MT-warmtenet
LT-warmte(net) met warmtepomp + piek	LT-warmtebron en water-water WP	Gasketel of gas-wkk	Aansluiting LT-warmtenet, transportcapaciteit afname elektriciteit
TEO met warmtepomp en wko + piek	TEO-warmtebron, wko-doublet(ten) en water-water WP	Gasketel of gas-wkk	Distributieleidingen, transportcapaciteit afname elektriciteit
Kaswarmte met warmtepomp en wko + piek	Kasregeneratie-installatie, wko-doublet(ten) en lucht-water WP	Gasketel of gas-wkk	Transportcapaciteit afname elektriciteit
Luchtwarmtepomp + piek	Lucht-water WP	Gasketel of gas-wkk	Transportcapaciteit afname elektriciteit
E-boiler en gas-wkk	E-boiler en gas-wkk	Verzwaren elektriciteitsaansluiting en transportcapaciteit	
Waterstof-wkk	Waterstof-wkk	Aansluiten/ombouwen gas naar waterstof	

Omvang en type referentie-installaties

We nemen aan dat alle bedrijfstypes behalve de (zeer) extensieve teelt een gas-wkk gebruikt. Voor extensieve teelt nemen we een gasketel aan. Over het algemeen liggen de kosten van wkk-warmte lager dan gasketelwarmte. Vervolgens nemen we een aantal vollasturen aan afhankelijk van of de teelt belichte of onbelicht is. Op basis van het aantal vollasturen en de jaarlijkse warmtevraag schatten we het vermogen van de referentie-installatie in. Met behulp van een generiek vraagprofiel bepalen we de vermogens- en volumevraag door het jaar heen.

Kengetallen installaties

De aangenomen kengetallen per installatie zijn afkomstig uit de bronnen in Tabel 21.

Tabel 21 - Bronnen kengetallen installaties

Type	Referentie	Duurzame technieken
Investeringskosten	KWIN 2023	PBL SDE 2024++, KWIN 2023, WarmingUP of Danish Energy Agency
Onderhoud & administratiekosten		
Afschrijvingstermijn		
WACC		
Thermisch en/of elektrisch rendement		

Energie en CO₂-prijzen, emissiefactoren, netkosten, belastingen & heffingen

Op basis van eerder onderzoek van CE Delft, eigen expertise, literatuuronderzoek en input vanuit de klankbordgroep zijn voor aannames over de verschillende energiedragers de bronnen in Tabel 22 gebruikt. Biogas en biomassa zijn niet opgenomen in de modellering. De kosten en beschikbaarheid van waterstof en groengas zijn relatief onzeker.

Tabel 22 - Grondslag energie- en CO₂-prijzen, emissiefactoren, belastingen en heffingen

Stof	Waarde	Bron & motivatie
CO ₂	Individuele CO ₂ -heffing glastuinbouw	Input Ministerie van Financiën
	Inkoopkosten CO ₂	Op basis van WUR , over de tijd constant verondersteld. De behoefte aan CO ₂ voor teelt in de modellering ligt in lijn met het gematigd scenario 2030 van het WUR-onderzoek.
	ETS1 en ETS2-kosten	In overleg met de opdrachtgever en met de klankbordgroep is besloten de ETS-prijzen buiten beschouwing te laten. ETS1 is alleen relevant voor enkele tuinders, ETS2 is nog onduidelijk, maar het CO ₂ -heffingssysteem zou waarschijnlijk hierop aangepast worden, zodat het netto-effect nul is.
Aardgas	Groothandelsprijs (TTF jaargemiddeld)	KEV 2023 laag. In overleg met klankbordgroep besloten, huidige en futureprijzen zijn in lijn met laag in plaats van middenscenario.
	Aansluit- en transportkosten	Huidige kosten op basis van vergelijking tariefbladen 2024, Stedin, Liander en Enexis. Naar de toekomst toe gelijk gehouden op basis van (PwC, 2021).

Stof	Waarde	Bron & motivatie
	Energiebelasting aardgas incl. glastuinbouwtarief	Input Ministerie van Financiën.
	Afbouw inputvrijstelling wkk	Input Ministerie van Financiën.
	Emissiefactor aardgas	Constant verondersteld op basis van huidige emissiefactor.
Groengas	Groengasprijs	Inschattingen CE Delft op basis van (CE Delft, 2023b)
Gasmengsel	Percentage groengasbijmenging	In 2025 aanname 0, in 2030 conform bijmengverplichting, in 2040 100% aangenomen.
Elektriciteits inkoop	Groothandelsprijs (EPEX jaargemiddeld)	Berekend op basis van het PowerFlex -model op basis van scenario's voor (CE Delft & Witteveen+Bos, 2024). We kiezen deze bron boven de KEV omdat we met dit model recente inzichten kunnen opnemen, dispatch en flexibiliteit beter kunnen modelleren en prijzen tot 2040 kunnen inschatten.
	Aansluit- en transportkosten	Inschattingen CE Delft op basis van (CE Delft, 2024).
	Emissiefactor elektriciteitsinkoop	Uitvoer van PowerFlex-model (CE Delft & Witteveen+Bos, 2024).
Elektriciteits verkoop	Groothandelsprijs (EPEX, beste x jaar)	PowerFlex (zie inkoop). Deze informatie is nodig voor het berekenen van de wkk-warmteprijs.
Waterstof	Waterstofprijs (grijs/blauw/groen)	Inschattingen CE Delft op basis van (CE Delft & TNO, 2023)
	Percentage grijze/blauwe/groene waterstof	Inschattingen CE Delft op basis van (CE Delft & TNO, 2023)
	Emissiefactor waterstof	Inschattingen CE Delft op basis van (CE Delft & TNO, 2023)
	Aansluit- en transportkosten	Gelijk aan groengas

Omvang en energieverbruik per bedrijfstype

De omvang en het energieverbruik van glastuinbouwbedrijven is gebaseerd op de waarden in (Berenschot, 2023). De warmtevraag is, conform de besparingsaannames die in het onderzoek worden verondersteld, aangepast naar 2025. In onze modellering laten we verdere energiebesparing of vermindering van CO₂-behoefte buiten beschouwing. Daarmee laten we ook de kosten en baten van energiebesparende maatregelen (niet-gerelateerd aan de verwarmingsinstallatie) buiten beschouwing.

Subsidieregelingen

Glastuinbouwbedrijven kunnen, afhankelijk van de gekozen maatregelen, gebruik maken van verschillende subsidieregelingen:

- Stimulering Duurzame Energieproductie en Klimaattransitie (SDE++-regeling).
- Subsidie Warmte infrastructuur Glastuinbouw (SWiG-regeling).
- Energie-efficiëntie glastuinbouw (EG-regeling).
- Energie-investeringsaftrek (EIA).
- Diverse regionale en innovatiesubsidies.

In het rentabiliteitsmodel worden alleen de baten van de SDE++-regeling en de SWiG-regeling generiek meegenomen. Maatregelen binnen de EG-regeling vallen grotendeels buiten de scope van dit onderzoek (zie omvang en energieverbruik per bedrijfstype). Bepalen van EIA-baten is bedrijfsomzetafhankelijk en bovendien gelden bij combineren van de EIA met andere regelingen soms andere voorwaarden. Regionale- en innovatiesubsidies zijn niet generiek mee te nemen.

De SDE++-regeling is een productiesubsidie voor duurzame warmte. Voor een deel van de pakketten hebben we de productiesubsidie berekend conform categorieën (Tabel 23) uit de 2024-regeling (PBL, 2024). We veronderstellen impliciet dat de SDE++ met dezelfde methodiek tot en met 2040 blijft bestaan, waarbij de prijs van het gasmengsel de basis is voor correctie- en bodembedragen.

Tabel 23 - Referentie categorieën verduurzamingsopties SDE++ 2024

Verduurzamingsoptie	Referentiecategorie SDE++ 2024
Geothermie	Diepe geothermie (basislast); < 12 MWth.
MT-restwarmte	Restwarmtebenutting zonder warmtepomp, lengte-vermogensverhouding $\geq 0,20$ en < 0,30.
LT-restwarmte	Restwarmtebenutting met warmtepomp, lengte-vermogensverhouding $\geq 0,20$ en < 0,30.
Aquathermie (TEO) met wko	Aquathermie - basislast, met wko.
Kaswarmte met wko	Energie uit lucht met warmtepomp, lage temperatuur, glastuinbouw.
Luchtwarmtepomp	Energie uit lucht met warmtepomp, lage temperatuur, glastuinbouw.

De SDE++-regeling subsidieert de productie van groene waterstof, niet het gebruik ervan voor opwekking van warmte. Dit effect is opgenomen in de aangenomen waterstofprijs, gebaseerd op elektrolyse met netaansluiting. Ten slotte worden er geen subsidies voor e-boilers toegepast. E-boilers in de glastuinbouw komen door de temperatuurseis niet in aanmerking voor SDE++-subsidie.

De SWiG-regeling is versimpeld meegenomen door 30% van de aansluitkosten te subsidiëren. In theorie is tot 45% van de aansluitkosten mogelijk, maar daarvoor moet de warmte warmtenet volledig duurzaam zijn en dat is het in praktijk nooit.

Het effect van meenemen van SDE++-subsidies is dat de warmteprijs gelijk wordt getrokken doordat tot en met het correctiebedrag subsidie wordt toegekend. Uitzonderingen zijn gevallen waarbij de kostprijs van duurzame warmte lager is dan het correctiebedrag, of wanneer de subsidie-intensiteit hoger is dan 400 €/ton CO₂. Dit laatste is met de gehanteerde aannames het geval voor waterstofgebruik. Het nivellerende effect van de SDE++-regeling op rentabiliteit vertroebeld het beeld van welke maatregelen meer kosteneffectief zijn voor de glastuinder. We beschouwen daarom zowel de situatie met en zonder subsidies bij de interpretatie van resultaten.

Berekening rentabiliteitsmodel

Het model rekent in vijf stappen de warmteprijs in de referentiesituatie en van de verduurzamingspakketten door. De berekeningen worden gedaan per bedrijfstype, voor een gemiddeld bedrijf van dit type *en* voor een klein, middelgroot en groot bedrijf van het type, voor de jaren 2025, 2030 en 2040.

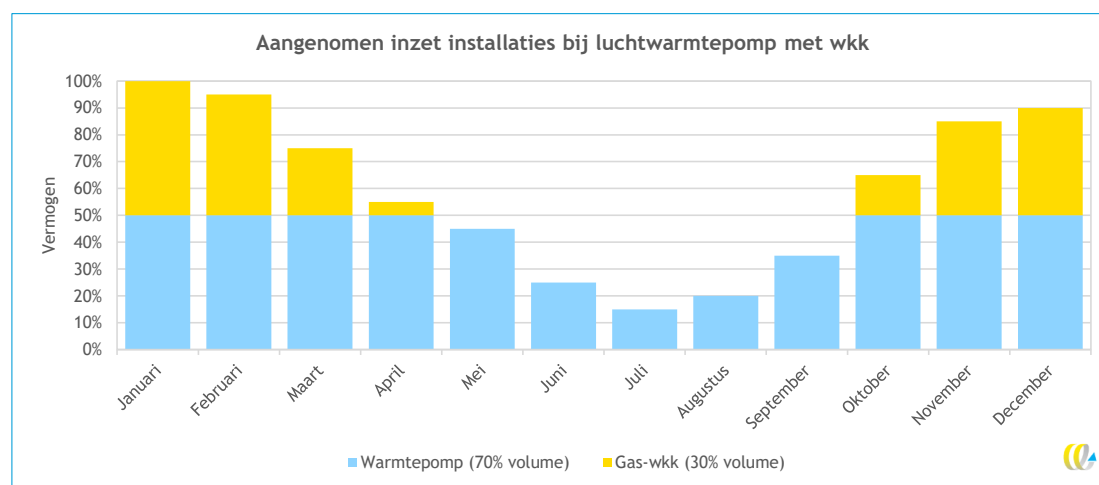
Stap 1. Dimensionering installaties en energieaansluitingen

De dimensionering van de basis- en pieklastinstallaties gebeurt conform vaste stelregels. We leiden het thermisch vermogen af op basis van de jaarlijkse warmtevraag en het aantal draaiuren uit (Berenschot, 2023), daarbij passen we een capaciteitsfactor toe zodat de totale opgestelde vermogens overeenkomen met CBS-cijfers (2021). Aangezien de bestaande verwarmingsinstallatie de pieklastvoorziening wordt houden we het vermogen van deze aansluiting gelijk. In 2040 nemen we aan dat de piekvraag daalt naar 80% van de

huidige vraag. Voor de bestaande elektrische aansluiting nemen we het elektrisch vermogen van de gas-wkk aan, bij belichte teelt nemen we de hogere waarde van dit vermogen en de vermogensvraag van de lampen.

Voor de meeste pakketten gaan we ervan uit dat de basislastinstallatie wordt gedimensioneerd op 50% van het benodigd piekvermogen (gecompenseerd voor een eventueel ander typisch aantal draaiuren van de duurzame installatie). Deze levert 70% van de jaarlijkse warmtevraag. In het geval van geothermie is de basislastinstallatie circa 40% van het benodigd piekvermogen, wat goed is voor circa 60% van de jaarlijkse warmtevraag. Voor de e-boiler nemen we aan dat de verhouding e-boiler/gas-wkk 50/50 is. In het geval van de waterstof-wkk vervangt deze in zijn geheel de gas-wkk.

Figuur 26 - Voorbeeld aangenomen dimensionering installaties



Daar waar een warmtepomp en/of opslag wordt toegepast wordt hiermee rekening gehouden in het dimensioneren van de installaties. Ten slotte worden de aansluitingen gedimensioneerd op de piekvraag van de nodige elektriciteit, gas, warmte of waterstof.

Stap 2. Energiebalans en CO₂-balans

De vermogens- en volumeverhoudingen betrekken we op de rendementen van verschillende installaties. Hieruit volgt de hoeveelheid energie die er per energiedrager wordt verbruikt, verloren en opgewekt. Ditzelfde gebeurt voor de CO₂-balans. Daarin wordt onderscheid gemaakt tussen feitelijke CO₂-uitstoot (voor de teeltbehoefte) en fossiele/niet-biogene CO₂ (voor berekening sectoruitstoot en CO₂-heffing).

Stap 3. Energiekosten- en baten, netkosten en CO₂-kosten

Op basis van de energie- en CO₂-balans berekenen we de kosten en baten van de verduurzamingsopties. Kosten zijn er in de vorm van inkoop (groothandel en leverancierskosten), netkosten (aansluiting en transport) en belastingen & heffingen (de fiscale maatregelen). Baten rekenen we alleen door in de vorm van elektriciteitsverkoop of -benutting van eigen opwek van de wkk. Voor verkoop rekenen we met een hogere elektriciteitsprijs dan benutting van eigen opwek, voor eigen opwek rekenen we ook de vermeden energiebelasting mee als baat. Wanneer de CO₂-balans (uitgestoten CO₂ ten opzichte van benodigde CO₂ voor teelt) negatief is worden inkoopkosten van CO₂ in rekening gebracht.

Stap 4. Investerings- en onderhoudskosten en subsidies

De investering- en onderhoudskosten en de subsidies worden berekend aan de hand van de installatiedimensionering en kostenkengetallen. De investeringskostenkengetallen zijn overwegend gebaseerd op een prijs per kW. Voor een wko en TEO-installatie is ook een vaste kostencomponent meegenomen. Door deze modellering is er slechts een beperkt schaalvoordeel (of nadeel) aangenomen in de kostenkengetallen voor kleine en grote bedrijven.

Stap 5. Warmteprijsberekening

De laatste stap in het model is het samenbrengen van de berekeningen in Stap 3 en 4. De warmteprijs (de prijs per opgewekte eenheid warmte, €/MWh) wordt voor zowel de referentie als de duurzame opties berekend. Uit vergelijking van de referentie en duurzame optie volgt de onrendabele top van een techniek.

C.2 Energieprijzen en fiscale maatregelen

C.2.1 Groothandelsprijzen

Tabel 24 - Overzicht van de waarden en/of bronnen voor de groothandelsprijzen

	Aannames en bron
Groothandelsprijs aardgas	Laag scenario KEV 2023, aanname dat prijs in 2040 gelijk is aan 2030. Dit komt overeen met de aannames van Berenschot en Kalavasta.
Groothandelsprijs elektriciteit	Uurprijzen op basis van PowerFlex (model van CE Delft, de KEV gasprijs is input voor dit model). We wijken af van KEV 2023 zodat we de verkoopprijs van wkk-elektriciteit bij een variabel aantal draaiuren kunnen bepalen. De PowerFlex-simulatie bevat daarnaast recentere inzichten over onder andere wind-op-zee en netverzwaringen.
Groothandelsprijs groengas	2025: 0,75 €/Nm ³ 2030: 0,75 €/Nm ³ 2040: 0,65 €/Nm ³ Bron: gemiddelde SDE++-basisbedragen voor groengas, zelfde aanname als Berenschot, Kalavasta studie https://ce.nl/publicaties/vervolgstudie-bijmengverplichting-groen-gas-haalbaarheid-en-betaalbaarheid/
Groothandelsprijs waterstof	2025: 5,75 €/kg 2030: 5,75 €/kg 2040: 4,69 €/kg Bron: https://ce.nl/wp-content/uploads/2022/03/CE_Delft_210426_50_percent_green_hydrogen_for_Dutch_industry_FINAL.pdf
Inkoopprijs CO ₂	2025: 68,50 €/ton 2030: 80 €/ton 2040: 80 €/ton Bron: https://edepot.wur.nl/479979 , aangenomen dat de gemiddelde kosten gelijk blijven.

C.2.2 Belastingen en heffingen

- Voor het verlaagd tarief van de energiebelasting voor de glastuinbouw hanteren we een afbouwpad tot 2035 (10 jaar). Dit houdt in dat binnen tien jaar (2025-2035) de verlaagde tarieven worden afgebouwd, en dus gelijk worden getrokken met de standaard energiebelastingtarieven. De jaarlijkse belastingtarieven per schijf hebben we van het ministerie van financiën voor deze studie.
- Beperking inputvrijstelling elektriciteitsopwekking:

- De inputvrijstelling wordt geleidelijk tussen 2025 en 2030 beperkt. In deze periode wordt de inputvrijstelling ieder jaar lineair afgebouwd, zodat vanaf 2030 een vrijstelling van 0,18957 Nm³ aardgas per opgewekte kWh elektriciteit geldt. Daarnaast geldt ook een beperking van de inputvrijstelling bij elektriciteitsproductie voor eigen gebruik. (zie Tabel 25)
- De outputvrijstelling voor elektriciteit wordt afgeschaft vanaf 1 januari 2025.
- We gaan uit van de individuele CO₂-heffing uit de nieuwe studie van Berenschot, daarin wordt uitgegaan van een tarief van € 12,25 per ton CO₂ in 2025, dat lineair oploopt naar € 17,70 in 2030:
 - Voor 2040 is geen tarief bepaald, we stellen het tarief in 2040 gelijk aan 2030.
- ETS1: In de modellering nemen we aan dat de glastuinbouw niet onder het EU ETS valt. De landbouwsector is namelijk uitgezonderd van het EU-ETS1. In de praktijk vallen enkele grote glastuinbouwbedrijven (ongeveer 10) wel onder het EU ETS.
- ETS2: Hoewel de glastuinbouw niet onder ETS2 valt kan het wel, via de energieleveranciers, van invloed zijn. Levering van aardgas aan derde partijen met energiesystemen op aardgas (zogenaamde ‘Energie BV’s’), zoals warmtekrachtkoppeling (wkk) die energie leveren aan glastuinbouwbedrijven, gaat namelijk wel onder ETS-2 vallen. Dit zorgt ervoor dat een deel van het verbruik van de glastuinbouwbedrijven onder de ETS-2 opt-in kunnen gaan vallen. De vraag is of de Energie BV’s de kosten van het ETS-2 een-op-een doorrekenen aan de glastuinbouwafnemers of niet. Energiebedrijven hebben namelijk de vrijheid in de manier waarop ze de kosten voor ETS2 doorrekenen, en aan wie. Deze heffingskosten van het ETS-2 opt-in komen boven op andere fiscale maatregelen, zoals de energiebelasting. Daarnaast heeft de opt-in invloed op de hoogte van de CO₂-heffing, waarvan het doel is om het halen van het restemissiedoel te borgen:
 - Omdat het onzeker is of en hoe ETS2 doorberekend wordt aan glastuinbouw bedrijven, gaan we er in de modellering vanuit dat de CO₂-prijs uit het ETS2 niet doorberekend wordt aan de glastuinbouw.

Tabel 25 - Ingroeipad beperking inputvrijstelling

	2025	2026	2027	2028	2029	Vanaf 2030
Vrijgestelde gasinput per 1 kWh voor grote installaties (≥ 20 MW) en kleine installaties (< 20 MW) bij levering aan net	0,2808	0,2635	0,2467	0,227	0,221	0,18957
Vrijgestelde gasinput per 1 kWh voor kleine installaties (< 20 MW) bij elektriciteitsproductie voor eigen gebruik	0,167	0,1498	0,1329	0,1132	0,0973	0,0758

C.2.3 Algemene financiële aannames

- We hanteren een afschrijftermijn afhankelijk van de investering. Voor de meeste installaties is dit 15 jaar, voor infrastructuur langer. We sluiten hierbij aan bij waarden uit de SDE 2024 en KWIN 2023.
- WACC/rentevoeten zijn gebaseerd op een combinatie van KWIN en SDE.

Tabel 26 - afschrijvingstermijnen en WACC

Investering	Afschrijftermijn (jaar)	WACC
Gas-wkk	20	5,8 %
Gasketel	20	5,8 %
Waterstof-wkk	15	7,5 %

Investerings	Afschrijftermijn (jaar)	WACC
Water-water warmtepomp	15	6,6 %
Lucht-water warmtepomp	15	6,6 %
Elektrische boiler	15	6,6 %
Geothermie	15	7,5 %
MT-restwarmtebron	15	7,5 %
LT-warmtebron	15	7,5 %
Aquathermie (TEO)	15	7,5 %
Kaswarmte lucht-water warmtewisselaar	15	6,5 %
Wko	15	7,5 %
Warmtenetaansluiting	30	7,5 %

C.3 Technische uitgangspunten

C.3.1 Uitgangspunten energietechnieken

We gaan uit van twee referentiepakketten (gasketel of gas-wkk), en acht duurzame pakketten waarin een of meer technieken worden gecombineerd. Het referentiepakket (ketel of wkk) is bedrijfsafhankelijk, we maken verder onderscheid in de referentiewarmteprijs bij wkk-inzet voor belichte en onbelichte teelt.

In de verduurzamingspakketten nemen we in veel gevallen aan dat de huidige voorziening als piekvoorziening gebruikt blijft worden. De wkk of ketel zal in 2030 een mix van aardgas en groengas verbruiken, in 2040 volledig groengas.

Tabel 27 - Overzicht energietechnieken in pakketten

Naam	#	Type	Warmtetechniek basislast	Energiedrager en/of warmtebron	Aanvullende piekvoorziening
Gasketel	R1	Referentie	Ketel	2030: aardgas/groengas 2040: groengas	N.v.t.
Gas-wkk	R2	Referentie	Wkk	2030: aardgas/groengas 2040: groengas	N.v.t.
MT-restwarmte(net) + piek	D1	Duurzaam	Warmtelevering	MT-restwarmte	Referentietechniek 2030: aardgas/groengas 2040: groengas
Geothermie(net) + piek	D2	Duurzaam	Warmtelevering	Geothermie	Referentietechniek 2030: aardgas/groengas 2040: groengas
LT-warmte(net) met warmtepomp + piek	D3	Duurzaam	Warmtelevering en warmtepomp	LT-restwarmte	Referentietechniek 2030: aardgas/groengas 2040: groengas
Aquathermie met warmtepomp en Wko + piek	D4	Duurzaam	Warmtepomp	Aquathermie (oppervlaktewater)	Referentietechniek 2030: aardgas/groengas 2040: groengas
Kaswarmte met warmtepomp en Wko + piek	D5	Duurzaam	Warmtepomp	Kaswarmte	Referentietechniek 2030: aardgas/groengas 2040: groengas
Luchtwarmtepomp + piek	D6	Duurzaam	Warmtepomp	Buitenlucht	Referentietechniek 2030: aardgas/groengas 2040: groengas
E-boiler en gas-wkk	D7	Duurzaam	Elektrische boiler	Elektriciteit	Wkk

Naam	#	Type	Warmtetechniek basislast	Energiedrager en/of warmtebron	Aanvullende piekvoorziening
					2030: aardgas/groengas 2040: groengas
Waterstof-wkk	D8	Duurzaam	Wkk	Waterstof	N.v.t.

In de geselecteerde pakketten kiezen we ervoor geen varianten op biomassa of biogas mee te nemen. Qua toepassing concurreren deze varianten met de (groen)gas-wkk -en ketel. Riothermie/TEA hebben we samengevoegd met andere laagtemperatuurwarmtebronnen, zoals datacenters, de varianten delen vergelijkbare brontemperaturen en bronuitkoppeling vereist grofweg dezelfde maatregelen.

Tabel 28 - Overzicht relevante infrastructuurvereisten pakket

Naam	Netcapaciteit - afname	Netcapaciteit - invoeding	Warmte-net	Warmte-bron	Wko	CO ₂ -productie	Waterstof
Gasketel	Nee	Nee	Nee	Nee	Nee	Ja	Nee
Gas-wkk belichte teelt	Nee	Ja	Nee	Nee	Nee	Ja	Nee
Gas-wkk onbelichte teelt	Nee	Ja	Nee	Nee	Nee	Ja	Nee
MT-restwarmte(net) + piek	Nee	Referentie-afhankelijk	Soms	Ja	Nee	Ja	Nee
Geothermie(net) + piek	Beperkt	Referentie-afhankelijk	Soms	Ja	Nee	Ja	Nee
LT-warmte(net) met warmtepomp + piek	Ja	Referentie-afhankelijk	Soms	Ja	Nee	Ja	Nee
Aquathermie met warmtepomp en Wko + piek	Ja	Referentie-afhankelijk	Soms	Ja	Ja	Ja	Nee
Kaswarmte met warmtepomp en Wko + piek	Ja	Referentie-afhankelijk	Nee	Nee	Ja	Ja	Nee
Luchtwarmtepomp + piek	Ja	Referentie-afhankelijk	Nee	Nee	Nee	Ja	Nee
E-boiler en gas-wkk	Ja	Referentie-afhankelijk	Nee	Nee	Nee	Ja	Nee
Waterstof-wkk	Nee	Ja	Nee	Nee	Nee	Nee	Ja

Investeringskosten

- Investeringskosten voor referentie-installaties baseren we op KWIN, voor duurzame installaties en bronnen halen we zo veel mogelijk uit het eindadvies voor de SDE++-regeling 2024. Bedrijfsspecifieke draaiuren zijn geijkt op basis van SDE++-voorbeeldprojecten van referentiecategorieën.
- We rekenen ook subsidies mee in het bepalen van de onrendabele top. Dit zijn onder andere de SDE++ (bijvoorbeeld voor geothermie) en EIA (bijvoorbeeld voor een wko).

Tabel 29 - Investeringskosten

Techniek	Investeringskosten (€/kW)
Gas-wkk	536
Gasketel	75
Waterstof-wkk	391
Water-water warmtepomp	930
Lucht-water warmtepomp	750
Elektrische boiler	200
Geothermie ²⁷	2.000
MT-restwarmtebron	830
LT-warmtebron	240
Aquathermie (TEO)	240
Kaswarmte lucht-water warmtewisselaar	700
Wko	285
Warmtenetaansluiting	1.000

Onderhoudskosten

Onderhoudskosten voor installaties halen we grotendeels uit de Danish Energy Agency (<https://ens.dk/en/our-services/technology-catalogues>), voor duurzame bronnen halen we zo veel mogelijk uit het eindadvies voor de SDE++-regeling 2024.

Tabel 30 - Onderhoudskosten

Techniek	Onderhoudskosten vast (€/kW)	Onderhoudskosten variabel (€/kWh)
Gas-wkk	0	0,0104
Gasketel	0	0,0021
Waterstof-wkk	0	0,0104
Water-water warmtepomp	4,50	0,0023
Lucht-water warmtepomp	26,00	0,0029
Elektrische boiler	4,30	0,0005
Geothermie	68,70	0,0019
MT-restwarmtebron	26,70	0
LT-warmtebron	43,00	0
Aquathermie (TEO)	43,00	0,0019
Kaswarmte lucht-water warmtewisselaar	50,00	0,0019
Wko	25,00	0

Rendementen

Rendementen zijn gebaseerd op de Danish Energy Agency, de KWIN, een webinar van Linthorst Techniek en het eindadvies voor de SDE++-regeling 2024.

²⁷ Gepresenteerde kosten voor geothermie en andere collectieve kosten zijn exclusief kosten voor transport-, distributie en aansluiting.



Tabel 31 - Rendementen

Techniek	Rendement (thermisch tenzij anders vermeld)
Gas-wkk	0,42 elektrisch / 0,50 thermisch
Gasketel	0,94
Waterstof-wkk	0,55 elektrisch / 0,35 thermisch
Water-water warmtepomp	3,55
Lucht-water warmtepomp	3,55
Elektrische boiler	0,99
Geothermie	13,90 (pompenergie)
MT-restwarmtebrons	587 (pompenergie)
LT-warmtebron	587 (pompenergie)
Aquathermie (TEO)	3,76
Kaswarmte lucht-water warmtewisselaar	3,86
Wko	0,76

SDE++-categorieën

De vermogens, vollasturen en basisbedragen van warmtebronnen zijn gebaseerd op de voorbeeldprojecten uit de SDE++ 2024. Tabel 32 geeft de SDE++-categorieën weer waar deze kengetallen voor de technieken vandaan komen.

Tabel 32 - SDE++-categorieën

Techniek	SDE++-categorie
Geothermie	Diepe geothermie (basislast); 12-20 MWth.
MT-restwarmtebron	Restwarmtebenutting zonder warmtepomp, lengte-vermogenverhouding $\geq 0,20$ en $< 0,30$.
LT-warmtebron	Restwarmtebenutting met warmtepomp, lengte-vermogenverhouding $\geq 0,20$ en $< 0,30$.
Aquathermie (TEO)	Aquathermie - basislast, met wko.
Kaswarmte lucht-water warmtewisselaar	Energie uit lucht met warmtepomp, lage temperatuur, glastuinbouw.
Wko	Aquathermie - basislast, met wko.

Kosten gas- en elektriciteitsaansluiting

De kosten voor gas- en elektriciteitsaansluitingen zijn gebaseerd op het overzicht tarievenbladen van regionale netbeheerders Enexis, Liander en Stedin. Projecties voor de ontwikkeling van tarieven zijn overgenomen uit (CE Delft, 2024).

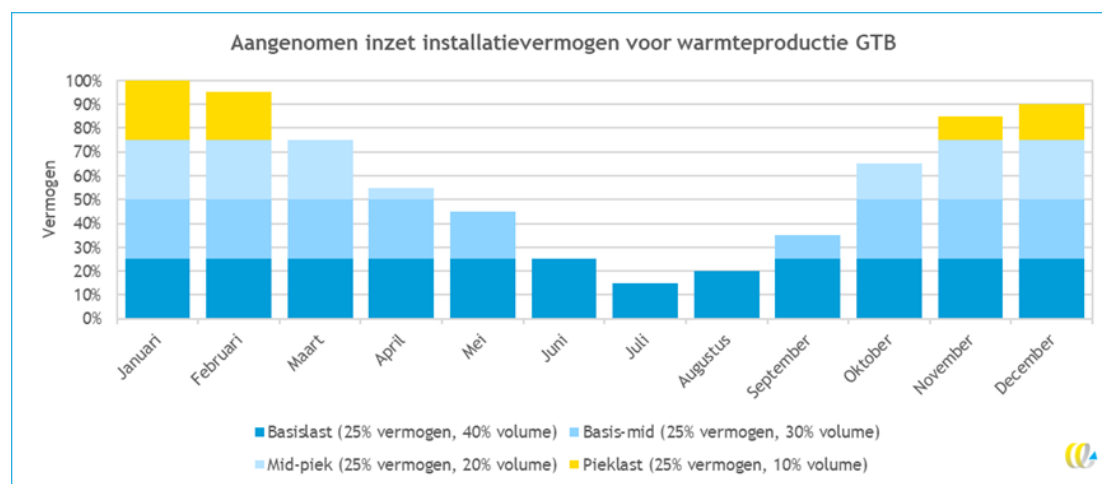
C.3.2 Installatievermogens

Tabel 33 geeft een overzicht van de verdeling van de volumes van de warmtelevering tussen de verschillende technieken in een pakket waarbij gas-wkk de referentie is. Deze verhoudingen worden gehanteerd voor zichtjaren 2025 en 2030. Voor 2040 nemen we aan dat de piekvermogensvraag daalt als gevolg van marktwerking op duurdere piekvoorzieningen. Het vraagprofiel vlakt als het ware uit. Hiervoor nemen we als nieuw piekvermogen 80% van het huidige vermogen aan. Daarnaast vervult de basislastvoorziening in 2040 altijd 80% van de volumevraag. Figuur 27 schetst hoe de volumes en vermogens zich verhouden tot de warmtevraag van een tuinder. Figuur 28 laat zien hoe de warmtevraag vervolgens wordt voldaan bij verduurzaming met warmtepomp.

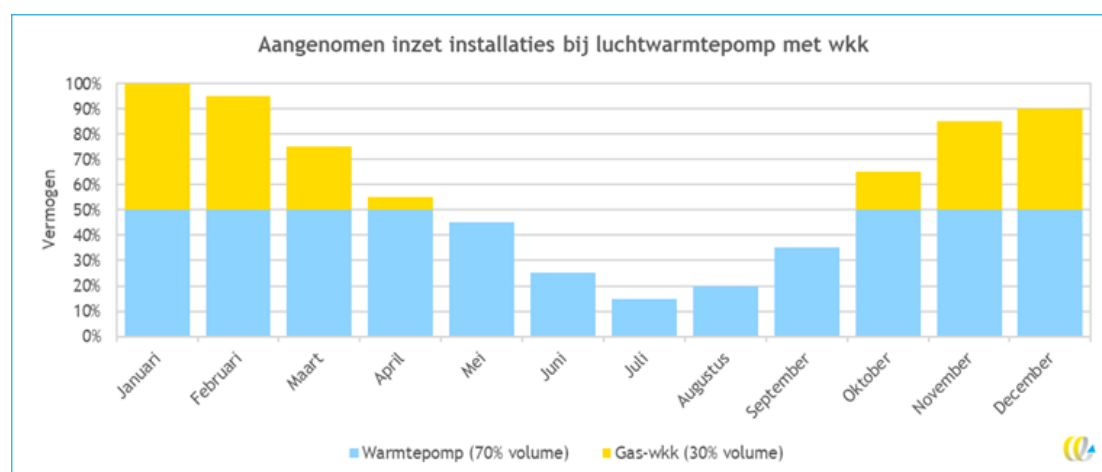
Tabel 33 - Overzicht van de verdeling in volume van de warmtelevering tussen de verschillende technieken.

	Basisvoorziening	Piekvoorziening	Volume basisvoorziening 2025, 2030	Volume piekvoorziening 2025, 2030
Referentie	Gas-wkk		100%	
Duurzaam pakket	1. MT-restwarmte	Gas-wkk	70%	30%
	2. Geothermie	Gas-wkk	60%	40%
	3. LT-restwarmte	Gas-wkk	70%	30%
	4. TEO + wko + WP	Gas-wkk	70%	30%
	5. Kaswarmte + wko + WP	Gas-wkk	70%	30%
	6. L-W WP	Gas-wkk	70%	30%
	7. E-boiler + gas-wkk		50%	50%
	8. Waterstof-wkk		70%	30%

Figuur 27 - Vraagprofiel warmte voor een glastuinbouwbedrijf verdeeld in basis-, midden- en pieklast



Figuur 28 - Inzet van een warmtepomp en een wkk in 2030. De warmtepomp wordt gedimensioneerd op 50% van het totaal nodige vermogen bij een equivalent aantal draaiuren



Voor de extensieve bedrijven waarbij de gasketel de piekvoorziening is, is vaak geen sprake van basislastvraag. Voor deze bedrijven nemen we aan dat de duurzame installatie de volledige warmtevraag voorziet.

C.3.3 Scope emissies

Naast de CO₂-emissies die vrijkomen bij verbranding van aardgas, is er door het weglek-effect bij toepassing van een wkk ook uitstoot door andere broeikasgassen dan CO₂. In een gas-wkk is dit methaan, in een waterstof-wkk waterstof. Deze broeikasgasemissies zijn onderdeel van de nationale emissiereductiedoelstellingen. In deze studie beperken we ons primair tot de emissies die vrijkomen bij verbranding, de Scope 1-emissies.

C.4 Warmteprijs wkk

De warmteprijs van een wkk benaderen we op jaarbasis aan de hand van gemiddelde productiekosten bij een specifiek aantal draaiuren. Deze methode is overgenomen uit een niet openbaar onderzoek in opdracht van Glastuinbouw Nederland waarin diverse SDE++-correctieformules voor wkk-warmte zijn geëvalueerd (CE Delft, 2023a). De warmteprijs van wkk-warmte uit de volgende componenten:

$$\text{Warmteprijs}_{\text{wkk}} = \text{kapitaalkosten} + \text{gaskosten}_{\text{levering, energiebelasting, milieuheffingen}} + \text{machinekosten}_{\text{OPEX}} - \text{elektriciteitsbaten}_{\text{netlevering, eigen verbruik}}$$

Elektriciteitsbaten worden vastgesteld in twee stappen. Het aantal vollasturen wordt vastgesteld op basis van de installatiegrootte (vermogen wat is ingeschat per bedrijfstype en -grootte) en het in het jaar te produceren warmtevolume. Vervolgens wordt met behulp van het generieke vraagprofiel in Figuur 27 (afgeleid uit een samenstelling van teeltgewassen uit KWIN 2023) per maand het aantal te draaien uren bepaald. Dan worden de hoogste gemodelleerde EPEX-prijzen binnen deze periode gebruik om de inkomsten te bepalen. Op deze wijze worden de inkomsten deels overschat omdat de uren met de beste prijzen in de praktijk niet overeenkomen met de momenten waarop voor de bedrijfsvoering warmte nodig is. Daar staat tegenover dat er geen inkomsten uit onbalansmarkten worden gerekend, wat in de praktijk wel voorkomt. Voor wkk's bij belichte teelt zijn de inkomsten op eenzelfde manier vastgesteld, op basis van maandvraagprofielen, de elektriciteitsvraag op jaarbasis, aangenomen belichtingsvermogen (Bijlage C.5) en na uitsluiten van daglichturen.

C.5 Energetische uitgangspunten

Voor de arealen en energiebehoeften van verschillende bedrijfstypen sluiten we vrijwel volledig aan bij de uitgangspunten van Berenschot/Kalavasta (Berenschot, 2023). Hierop zijn twee uitzonderingen. Ten eerste doen we een eigen inschatting van vermogens (basis/midden/peiklast) en draaiuren per bedrijfstype en bedrijfsgrootte. Deze inschattingen zijn gevalideerd door Capturam, en komen neer op 200 tot 600 kW/ha thermisch en 500 kW/ha elektrisch indien belicht. De tweede aanpassing is dat we richting 2040 verdere energiebesparing aannemen, zodat het sectortotaal circa 60 PJ is, conform het Convenant Energietransitie Glastuinbouw 2022-2030 (Ministerie van LNV, 2022).

D Uitgangspunten en methode geografische analyse

D.1 Glastuinbouw gebieden

Voor de geografische analyse van infrastructuurontwikkeling voor de glastuinbouw is informatie verzameld van de ligging en energiehuishouding van glastuinbouwbedrijven. De informatie is bij elkaar verzameld uit verschillende bronnen en voor sommige onderwerpen zijn uitgebreide bewerkingen gedaan. In deze bijlage documenteren we de totstandkoming van de geografische data.

Vaststellen clusters en solitaire gebieden

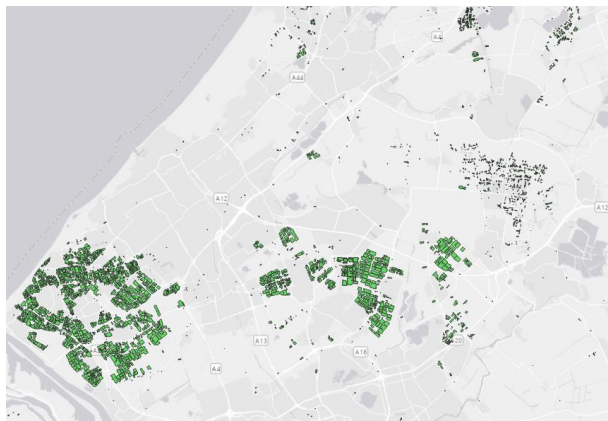
Ministerie van LNV heeft voor deze analyse een kaart beschikbaar gesteld (Figuur 29) met daarin de Nederlandse glastuinbouwconcentratiegebieden. Dit zijn gebieden die door gemeenten zijn aangewezen als huidige of mogelijke groeigebieden voor de glastuinbouw. We hebben er voor gekozen om de gebieden Westland en Oostland (Pijnacker B-Driehoek en de Zuidplaspolder) samen te voegen. De concentratiegebieden als clusters beschouwen kent twee beperkingen. Allereerst valt niet alle geclusterde glastuinbouw in een concentratiegebied. Bijvoorbeeld in Katwijk bestaan clusters van FloraHolland kassen die geen concentratiegebied vormen. In deze gevallen hebben we handmatig clusters bijgetekend. De tweede beperking is dat niet elk concentratiegebied een significant of sterk geconcentreerd cluster aan glastuinbouw bevat. De gebieden kunnen bijvoorbeeld een relatief groot oppervlak beslaan met een relatief klein glasareaal. Boskoop (Zuid-Holland) is hiervan een voorbeeld. We hebben ervoor gekozen om deze gebieden te handhaven in de analyse.

Figuur 29 - Glastuinbouwconcentratiegebieden Nederland. Concentratiegebieden in Westland en Oostland zijn geaggregeerd



De eerder beschreven analyse over de concentratie van kassen is gedaan met behulp van de ligging van kassen is het Landelijk Grondgebruiksbestand Nederland (LGN) van de WUR (Figuur 30). Deze kaart biedt ook een indicatie van de ligging en omvang van solitair glasareaal.

Figuur 30 - Kassen in het Westland en Oostland, volgens LGN2023

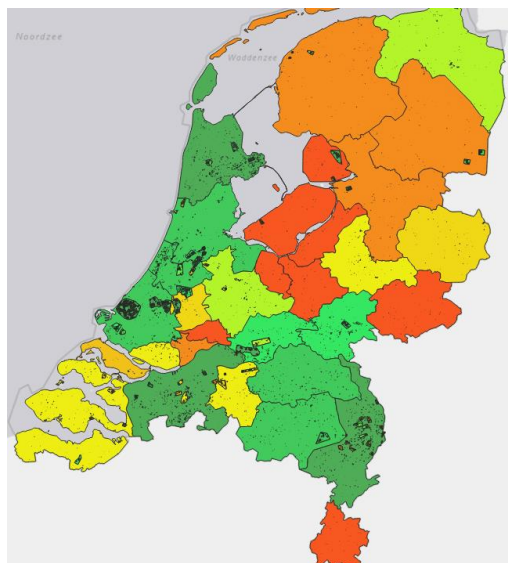


Bron: (WENR, 2023).

Van concentratiegebieden en individuele kassen en creëren we een categorisering ‘cluster’ en ‘solitair gebied’. Het cluster is identiek aan het concentratiegebied, maar voor de solitaire gebieden is het nodig om een aggregatieniveau vast te stellen. We hebben drie niveaus vergeleken, te weten gemeentelijk, RES-regio’s en provincieniveau. Uiteindelijk kiezen we er voor om de RES-regio indeling te gebruiken, zodat er wel binnen provincies onderscheid is, maar het aantal solitaire gebieden behapbaar blijft (er zijn 30 RES-regio’s). Het onderscheid binnen provincies is bijvoorbeeld in Noord- en Zuid-Holland, Noord-Brabant en Limburg relevant omdat ook solitaire glastuinbouw overwegend regionaal is geconcentreerd.

De concentratiegebieden/clusters zijn als uitsnede van RES-regio’s genomen zodat een Nederland-dekkende kaart ontstaat, dit is vanaf nu de ‘glastuinbouwgebiedskaart’. In Figuur 31 staat deze kaart, waarbij de kleuren zijn gekozen op basis van de oppervlakte kasareaal volgens LGN2023. De spikkels die op dit niveau in het figuur zichtbaar zijn, zijn de kasobjecten uit LGN2023. Dit figuur maakt onder andere inzichtelijk dat er veel solitaire kassen staan in Holland, Brabant, Gelderland rond de Maas, en Noord en Midden-Limburg. Verder zijn de concentratiegebieden in met name Zeeland en Noord-Brabant overwegend klein.

Figuur 31 - Glastuinbouwgebiedskaart met clusters en solitaire gebieden. Kleuren o.b.v. kasoppervlak LGN2023



Bron: Bewerking CE Delft op (WENR, 2023).

Toekennen areaal & bedrijven aan clusters en solitaire gebieden

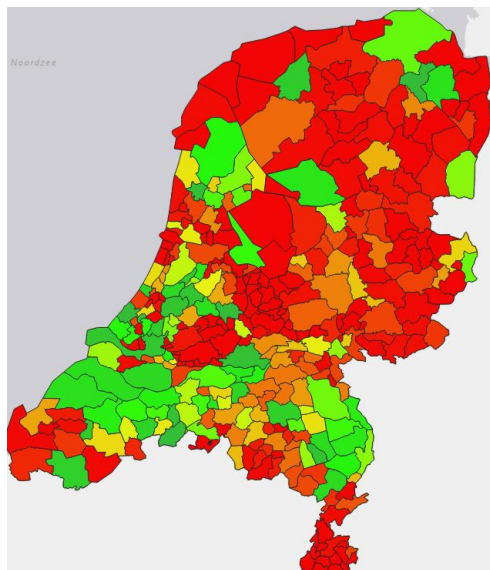
De LGN2023 kassen zijn een benadering op basis van ingeschat landgebruik. Door deze databron te gebruiken lopen we het risico dat de inschatting niet overeen komt met de [landbouwtelling van het CBS](#). In de landbouwtelling is per gemeente-informatie beschikbaar over het huidig areaal (naar teeltsoort) en het aantal bedrijven in de glastuinbouw. Tabel 34 vat de 2023 areaalstatistieken per provincie samen.

Tabel 34 - Glastuinbouwareaal (ha) 2023 per provincie, volgens landbouwtelling CBS

Provincie	Totaalareaal (ha)	Bloemkwekerijge wassen	Boomkwekerijge assen en vaste planten	Fruit onder glas	Glasgroenten
Groningen	7,00	3,94	0,12	0,00	2,94
Fryslân	7,63	0,31	0,21	0,18	6,92
Drenthe	18,70	8,35	1,68	0,03	8,64
Overijssel	17,18	3,29	1,77	0,00	12,12
Flevoland	41,15	14,33	0,39	0,00	26,44
Gelderland	72,93	47,85	4,16	3,02	17,90
Utrecht	8,76	1,90	0,23	0,19	6,44
Noord-Holland	104,53	48,54	2,53	0,23	53,22
Zuid-Holland	468,88	245,36	15,44	0,62	207,46
Zeeland	23,80	2,18	0,06	0,11	21,44
Noord-Brabant	152,88	17,62	15,83	6,22	113,22
Limburg	91,73	14,89	8,15	2,99	65,70
Nederland	1.015,18	408,57	50,57	13,59	542,46

De landbouwteilingdata hebben we op het kleinste niveau data deze beschikbaar is (gemeenteniveau) uitgekoppeld en op de kaart gezet (Figuur 32).

Figuur 32 - Indicatie van glastuinbouwareaal per provincie in 2023. Groen is meer areaal, rood is minder areaal



Bron: (CBS, 2023).

De gekozen indeling voor de glastuinbouwgebiedskaart komt niet overeen met gemeentegrenzen en daarom is een correctie nodig om clusters en solitaire gebieden te matchen met gemeentegrenzen. Deze correctie is handmatig gedaan. In het combineren van een gemeente met een glastuinbouwgebied zijn drie mogelijke situaties denkbaar:

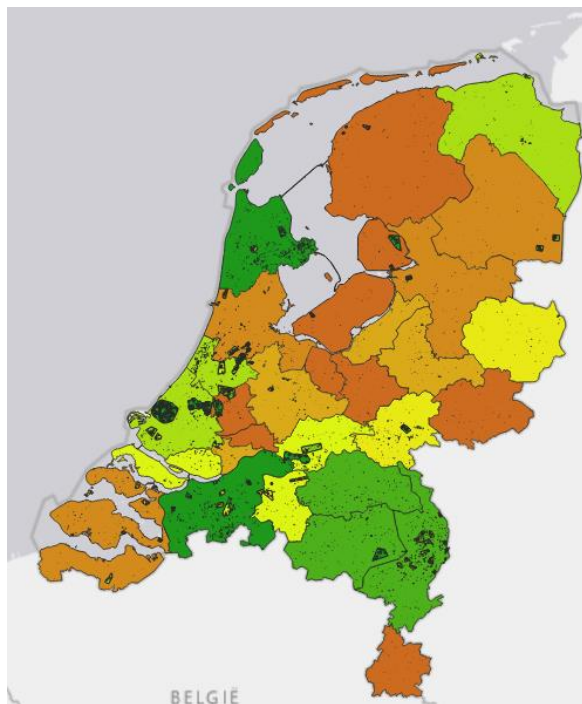
1. **Een gemeente valt geheel binnen een glastuinbouwgebied.** In dit geval worden alle CBS-data toegekend aan het gebied.
2. **In een gemeente vallen meerdere glastuinbouwgebieden.** In dit geval wordt de CBS-data toegekend aan de glastuinbouwgebieden waarbij de LGN2023 kasoppervlaktes als verdeelsleutel zijn gebruikt.
3. **Een glastuinbouwgebied valt in meerdere gemeenten.** In dit geval worden de gemeentedata opgedeeld en naar rato LGN2023 kasoppervlaktes verdeeld onder een of meer clusters en het solitaire gebied.

We corrigeren de arealen in de GTB-gebiedskaart aan de hand van de data per gemeente. Met een paar uitzonderingen liggen clusters in een enkele gemeente, RES-regio-grenzen volgen verder de gemeentegrenzen. Wanneer een cluster in meer dan één gemeenten ligt, is gekeken of er binnen de betreffende gemeentes meer dan één cluster ligt, en hoeveel kassen er volgens LGN2023 verder in betreffende gemeentes liggen. De LGN2023 hectares binnen de gemeente en gebiedsgrenzen zijn vervolgens als verdeelsleutel gebruikt voor het gemeentelijk areaal. Op deze manier zijn 10.152 hectare en 3.334 bedrijven toebedeeld aan de glastuinbouwgebieden. In de kaartlaag is ook een onderverdeling in vier teelt-categorieën opgenomen (groente, fruit, bloem en boom), conform de vier hoofdcategorieën die het CBS hanteert.

Het resultaat van deze stap is weergegeven in Figuur 33. Dit figuur lijkt sterk op het vorige figuur, wanneer we de areaalgetallen tussen gebieden vergelijken zien we echter wel

degelijk significante afwijkingen. We gaan ervan uit dat de CBS-data van betere kwaliteit is dan de LGN2023 kasidentificatie.

Figuur 33 - Glastuinbouwgebiedskaart met clusters en solitaire gebieden. Kleuren op basis van toegekend teeltoppervlak CBS



Bron: Bewerking CE Delft op voorgaande analyses.

Warmte-, elektriciteit- en CO₂-behoefte inschatten

De energie- en CO₂-behoefte van de glastuinbouwgebieden is geen openbaar beschikbare informatie. Ook op andere aggregatieniveaus (gemeenten, provincie, landelijk) is er beperkt informatie beschikbaar. We zetten de ons bekende bronnen van statistiek op een rij:

- **CBS: levering van aardgas en elektriciteit uit het openbare net voor SBI code A Landbouw, bosbouw en visserij** (meest recente jaar 2023). Landelijk, provinciaal en op gemeenteniveau beschikbaar. Op lokaal niveau ontbreekt echter wel vaak data. Hoewel het merendeel van de energie binnen SBI A door de glastuinbouw wordt verbruikt, zitten in deze statistiek ook andere behoeften.
- **Energiemonitor van de Nederlandse glastuinbouw** (meest recente jaar 2022), van Wageningen Economic Research in opdracht van Kas als Energiebron. Cijfers alleen op landelijk niveau beschikbaar. Informatie betreft o.a. totale behoeften en verbruiken.
- **Kwantitatieve Informatie voor de Glastuinbouw** (meest recente jaar 2023), van Wageningen University & research. Cijfers voornamelijk op landelijk niveau beschikbaar. Informatie betreft vooral economische inzet van installaties.

Van deze drie informatiebronnen is alleen de Energiemonitor van de Nederlandse glastuinbouw direct geschikt voor de doeleinden van deze analyse, echter ontbreekt het dan nog steeds aan lokale informatie. Hoewel er geen consistente lokale informatie beschikbaar is, heeft Glastuinbouw Nederland in 2019-2020 [enquêtes](#) uitgezet met vragen over de energievoorziening binnen glastuinbouwgebieden. Hoewel verouderd en deels incompleet, is hieruit informatie beschikbaar voor 37 clusters (hoewel deze clusters niet

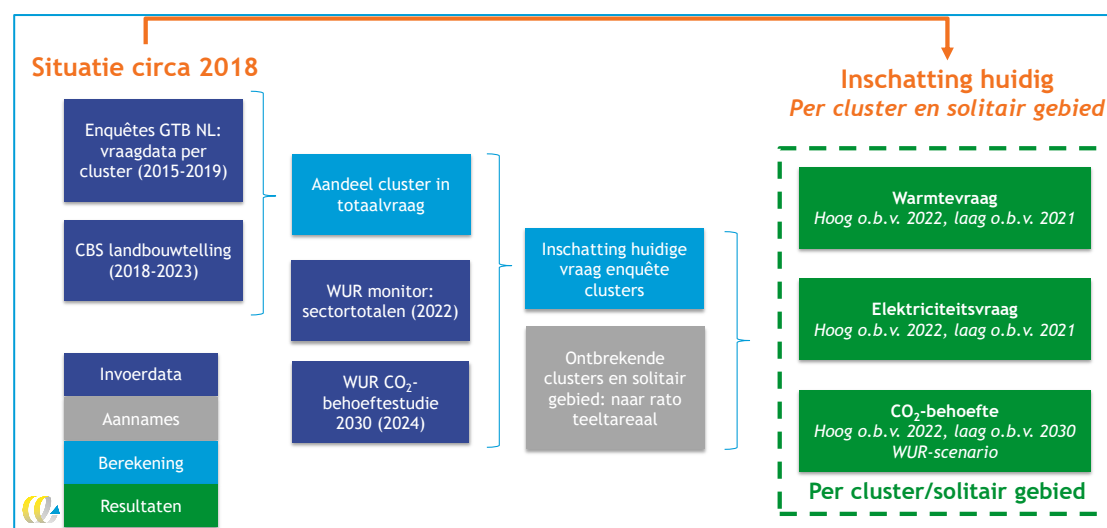
geheel overeen komen met de in dit onderzoek gehanteerd clusterindeling). Informatie is beschikbaar over onder andere:

- areaal, inclusief uitbreidingsverwachtingen en onderscheid in teelt belicht/onbelicht;
- warmtebehoefte, met indicatie welk deel hiervan duurzaam (o.a. geothermie, biomassa, etc.);
- elektriciteitsbehoefte, inclusief welk deel zelf wordt opgewekt;
- CO₂-behoefte, inclusief welk deel extern geleverd wordt.

De 37 enquêteclusters vertegenwoordigen in totaal 7.972 ha, circa 75 tot 80% van het areaal afhankelijk van het jaar waaruit de data afkomstig is. De data is door verschillende Greenports, provincies en gemeenten op andere wijze ingevoerd waardoor we niet kunnen vaststellen dat alle data uit één jaar afkomstig is. Voor onze verdere analyse is deze aanname wel nodig, we hebben daarom aangenomen dat de data destijds ‘indicatief voor de recente situatie’ was en zodoende uit 2018 afkomstig is.

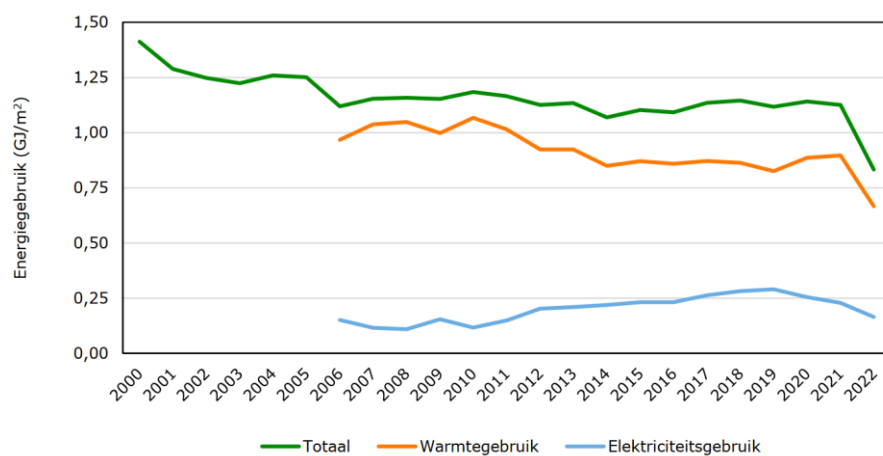
Met behulp van de enquête data hebben we een inschatting gedaan van het huidige verbruik in deze clusters. Hierin nemen we aan dat het aandeel van het energieverbruik van een cluster in 2018 hetzelfde was als het aandeel nu. Daartoe is het Nederlandse totaalareaal en verbruik uit de Energiemonitor gebruikt. Figuur 34 geeft schematisch weer welke informatiebronnen waarvoor zijn gebruikt.

Figuur 34 - Stappen om tot huidige energievraag en CO₂-behoefte per cluster en solitair gebied te komen



We merken op dat 2022 mogelijk een problematisch jaar is als uitgangspunt voor het energieverbruik in de glastuinbouw. Figuur 35 laat zien dat het energieverbruik in 2022 fors daalde nadat deze sinds 2014 lange tijd zeer stabiel was. De reden voor deze verbruiks-daling zijn de hoge energieprijzen.

Figuur 35 - Ontwikkeling gemiddeld energiegebruik glastuinbouw na temperatuurcorrectie



Bron: Energiemonitor Nederlandse glastuinbouw 2022.

We hebben voor het warmte, elektriciteit en CO₂-behoefte een laag-midden-hoog inschatting gedaan. Voor warmte en elektriciteit zijn resp. hoog en laag gebaseerd op 2021 en 2022. Midden is de gemiddelde van deze twee waarden. Voor CO₂-behoefte zijn we voor hoog uitgegaan van de behoefte in 2022. Voor laag gaan we uit van een significant lagere vraag conform het rapport ‘[Actueel inzicht CO₂-behoefte Nederlandse glastuinbouw 2030](#)’ van de WUR (2024). In dit rapport voorziet de WUR als gevolg van nieuwe kennis, plant en markt en hogere CO₂-kosten een forse krimp van de CO₂-behoefte. De middenraming is wederom het gemiddelde van hoog en laag.

Data voor clusters die geen onderdeel waren van de enquêtes en de solitaire gebieden is toebedeeld door de ‘restvraag’ te verdelen.

Tabel 35 - Warmte, elektriciteit en CO₂-behoefte (laag-midden-hoog) van clusters en solitaire gebieden door bewerkingen

Deelgebied	Laag	Midden	Hoog
Warmtevraag (TJ)			
Clusters	59.656	69.451	79.245
Solitaire gebieden	10.494	12.382	14.271
Totaal	70.150	81.833	93.516
Elektriciteitsvraag (MWh)			
Clusters	4.140	5.053	5.966
Solitaire gebieden	206	643	1.080
Totaal	4.346	5.696	7.046
CO₂-behoefte (Strukton Worksphere)			
Clusters	1.028	1.489	1.957
Solitaire gebieden	237	325	414
Totaal	1.265	1.814	2.371

Thermische vermogensvraag per glastuinbouwgebied

Op basis van CBS-statistiek weten we het totale vermogen en de jaarproductie van wkk's en in de landbouwsector. We variëren het aantal verplichte draaiuren per bedrijfstype en schatten op basis van de huidige warmtevraag het vermogen van de huidige installatie. We schatten hiermee dat voor minder intensieve teelt 200 kW/ha staat opgesteld, oplopend tot 600 kW/ha bij de meest intensieve bedrijven. Voor belichte teelt gaan we uit van een gemiddeld kengetal van 500 kW/ha. Deze kengetallen zijn in dit onderzoek voorgelegd en afgestemd met Capturam.

Inschatting lokale duurzame warmteproductie op basis van SDE++

Op landelijk niveau is op basis van de energiemonitor van de Nederlandse glastuinbouw 2022 informatie beschikbaar over hoeveel duurzame warmte er wordt gebruikt in de glastuinbouw. In 2022 werd er 12,8 PJ duurzame energie toegepast in de sector. Hiervan was 44% inkoop van duurzame elektriciteit, gas en warmte van derden. De overige 56% werd zelf opgewekt (33% aardwarmte, 17% biobrandstof en 6% zon). De grootste bron van duurzame energie, specifiek warmte, is dus aardwarmte (geothermie).

We kunnen niet per cluster vaststellen hoeveel van de duurzame energie werd toegepast. Met name over de inkoop kunnen we geen uitspraken doen. Over de eigen opwek kunnen we met behulp van de SDE++-projecten database van RVO wel een inschatting doen van de locatie van huidige en nog te realiseren warmtebronnen. We koppelen gegevens van de SDE aan clusters (niet de solitaire gebieden) door per categorie de maximaal subsidiabele opwek van duurzame warmte (gerealiseerd en nog te realiseren) binnen een straal van 500 meter van een cluster te koppelen. Door deze aanname zal over het algemeen de duurzame energiepotentie te hoog worden ingeschat omdat niet alle SDE++-projecten noodzakelijkerwijs glastuinbouwprojecten zijn. Desalniettemin geeft het bijvoorbeeld voor belangrijke glastuinbouwclusters (zoals Westland, Oostland en de clusters in Noord-Holland Noord) een indicatie van de huidige stand van zaken rond geothermie.

Tabel 36 - SDE++-projecten (gerealiseerd en nog te realiseren) binnen een straal van 1 km van een kas (LGN 2023)



Bron: Bewerking op RVO.

D.2 Elektriciteit

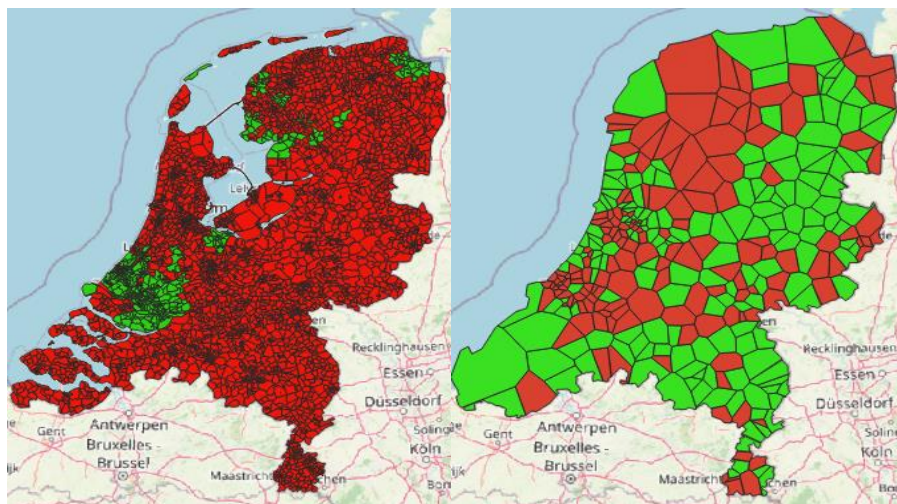
Op dit moment is in grote delen van het land geen transportcapaciteit op het elektriciteitsnet beschikbaar, niet voor afname en niet voor invoeding. Glastuinbouwbedrijven hebben traditioneel gezien een vrij grote aansluiting, die zo gedimensioneerd is dat de wkk maximaal elektriciteit kan invoeden op het net. Dat betekent dat ze vaak al over contracten voor forse hoeveelheid transportcapaciteit voor invoeding beschikken. Voor afname is het gecontracteerd transportvermogen vaak veel lager. Dat betekent dat een glastuinbouwbedrijf dat wil elektrificeren middels warmtepomp of e-boiler transportvermogen tekort komt.

We doen een schatting van waar en wanneer transportcapaciteit weer beschikbaar komt. Echter bestaat er geen eenduidig overzicht van waar en in welk jaar de netcongestiesituatie verholpen zal zijn. Wel zijn de netbeheerders druk bezig met het verbeteren van het inzicht in capaciteitsproblemen. Dit is echter een complexe taak. Behalve dat toekomstige ontwikkelingen in vraag en aanbod onzeker zijn, is het zo dat er knelpunten kunnen zijn op verschillende plekken in het net: op EHS/HS-niveau (TenneT) of op MS/LS-niveau (regionale netbeheerders). Om knelpunten op te lossen dienen nieuwe op de hogere netvlakken extra kabels en vooral nieuwe stations gebouwd te worden. De netbeheerders zijn bezig deze gegevens te verzamelen en combineren om het inzicht te ontsluiten, maar verwachten deze informatie pas voorjaar 2025 te publiceren.

Bij gebrek aan de informatie van de netbeheerders kunnen we gebruik maken van twee informatiebronnen: de huidige capaciteitskaart en de PDOK-kaart voor investeringsmomenten van middenspanningsruimtes. Deze laatste kaart is verouderd, de laatste update was halverwege 2023. Desalniettemin bevat de laag informatie over geplande investeringsmomenten. We gaan als volgt om met deze informatie in de verschillende scenario's:

- 2025: We gaan uit van de gebieden in de huidige netcapaciteitskaart van Netbeheer Nederland, waarbij gebieden gemarkeerd als rood en oranje wordt aangenomen dat er geen capaciteit beschikbaar is.
- 2030 vertraagde ontwikkeling: zelfde als 2025.
- 2030 efficiënte ontwikkeling: Op basis van de MS-stationsinvesteringen, wanneer de geplande investering voor afnamecapaciteit tussen 2024 en 2030 valt.
- 2040: Overall is capaciteit beschikbaar.

Figuur 36 - Huidige transportcapaciteit voor afname (links) en geplande MS-station investeringen 2025-2030 (rechts)



Bronnen: (Netbeheer Nederland, 2024; PDOK, 2024).

Om deze informatie te vertalen naar beschikbaarheid van capaciteit per concentratiegebied hebben wij een aanname gedaan voor de capaciteit in concentratiegebieden waar zowel gebieden met als zonder capaciteit in lagen. Wij hebben aangenomen dat in deze gebieden de helft van de benodigde capaciteit beschikbaar is.

D.3 Warmtebronnen

De bronnen die wij hebben gebruikt voor de potentie van warmtebronnen zijn weergegeven in Tabel 37.

Tabel 37 - Informatiebronnen voor potentie warmte

Warmtebron	Informatiebron	Naam kaartlaag
Geothermie	Nederlands olie- en gasportaal via Warmteatlas (v2.4)	P50 Vermogen van één Aardwarmte-doulet uit Reservoirs (1.5-4.5 km diepte).
TEO	Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer, Unie van Waterschappen, WarmingUp via Warmteatlas (v.24.)	Totaal potentieel Open oppervlakte water in GJ/jaar.
LT restwarmte	CBS, RVO, PBL via Warmteatlas (v.24)	LT WarmteBronnen StartAnalyse Leidraad ECW Potentieel Restwarmte uit RWZI voor LT warmtenetten.
MT restwarmte	PBL via Warmteatlas (v.2.4)	MT WarmteBronnen StartAnalyse Leidraad ECW.
Wko	RVO via Warmteatlas (v.24)	Wko open WarmteOpslag in GJ/(ha*jaar).

We gaan ervan uit dat de volledige potentie van deze bronnen binnen het bereik van de tuinders beschikbaar zijn voor de glastuinbouw. We hebben de potentie van deze warmtebronnen bepaald voor alle glastuinbouwgebieden, zowel clusters als solitaire gebieden. Daarbij nemen we aan dat geothermie en LT- en MT-restwarmte alleen in clusters kan worden ingezet. Voor geothermie moet dit cluster bovendien minstens 30 ha groot zijn. De potentie in solitaire gebieden hebben we bepaald om kansrijke gebieden voor nieuwe ontwikkeling te identificeren.

Geothermie

We hebben de potentie van geothermie binnen een gebied bepaald door de gemiddelde geothermie potentie van een doublet dat binnen een straal van 500 meter van het cluster ligt te vermenigvuldigen met het aantal doubletten dat binnen datzelfde gebied past. We nemen dus aan dat een glastuinbouwgebied elke geothermiebron in een straal van 500 meter kan benutten. We hebben de opwek binnen een gebied gebaseerd op de berekende potentie van geothermie binnen het cluster en het aantal vollasturen voor een geothermie bron zoals aangegeven in de SDE++ (6.000).

TEO

TEO kan worden ingezet in zowel clusters als solitaire gebieden en uitsluitend in combinatie met wko. Daarom nemen wij aan dat de TEO-potentie binnen een gebied gelimiteerd wordt door de wko-potentie. Als de TEO-potentie in een gebied hoger is dan de wko-potentie gaan wij uit van de wko-potentie voor dit gebied.

We hebben de potentie van TEO binnen een glastuinbouwgebied bepaald door de potentie van TEO rondom de kassen te sommeren. Om de potentie rondom een kas te bepalen hebben wij de potentie van TEO-bronnen met een opwek van hoger dan 5.000 GJ binnen een straal van 500 meter rondom de kas gesommeerd. Ten eerste nemen we dus aan dat bedrijven TEO-bronnen zullen benutten vanaf een opwek van 5.000 GJ. Hiermee worden wateren met een lager TEO-potentieel zoals sloten en grachten uitgesloten. Ten tweede nemen we aan dat bedrijven elke bron binnen een straal van 500 meter kunnen benutten.

We hebben de potentie van wko binnen een glastuinbouwgebied bepaald door de wko potentie per hectare binnen dit gebied te vermenigvuldigen met het beschikbare oppervlakte voor wko-opslag. Hierbij nemen we aan dat in clusters de beschikbare oppervlakte het gehele gebied beslaat en in solitaire gebieden alleen het kasoppervlakte. De potentie per hectare binnen het gebied hebben we vastgesteld door de gemiddelde potentie van wko rondom de kassen te sommeren. Om de gemiddelde potentie rondom een kas te bepalen hebben we het gemiddelde genomen van de wko-potentie per hectare vanaf een opwek hoger dan 2.500 GJ/ha binnen een straal van 500 meter rondom de kas. We nemen dus aan dat bedrijven wko-opslag zullen inzetten vanaf een opwek van 2.500 GJ/ha. Dit is gebaseerd op de energievraag van een klein glastuinbouwgebied. We hebben de potentie in MW binnen een gebied gebaseerd op de potentie in GJ en het aantal vollasturen voor wko zoals aangegeven in de SDE++ (6.350).

LT-restwarmte

We hebben de potentie van LT-restwarmte binnen een glastuinbouwgebied bepaald door de potentie van LT-restwarmtebronnen binnen en rondom dit gebied te sommeren. Daarbij nemen we aan dat LT-restwarmte maximaal 500 meter richting een gebied getransporteerd kan worden.

Niet alle typen LT-restwarmtebronnen in de Warmteatlas hebben we meegenomen in dit onderzoek. De LT-bronnen die we wel hebben meegenomen zijn:

- datacentra;
- dienstverlening;
- IJsbanen;
- industrie;
- KoelVries;
- RWZI's (alleen in combinatie met wko);
- voedingsmiddelen, dranken en tabak;
- wasserijen;
- zwembaden.

Verder hebben we de opwek van de bron bepaald door het vermogen van de bron te vermenigvuldigen met het aantal vollasturen voor een LT-restwarmtebron zoals aangegeven in de SDE++ (6.000).

MT-restwarmte

We hebben de potentie van MT-restwarmte binnen een glastuinbouwgebied bepaald door de potentie van MT-restwarmtebronnen binnen en rondom dit gebied te sommeren. Daarbij nemen we aan dat MT-restwarmte 1 km per 2 MW bronvermogen getransporteerd kan worden richting een gebied, met een maximum transportafstand van 10 km. Verder hebben we de opwek van de bron bepaald door het vermogen van de bron te vermenigvuldigen met het aantal vollasturen voor een MT-restwarmtebron zoals aangegeven in de SDE++ (5.500).

E Aanvullende resultaten

E.1 Mogelijke verduurzamingsopties per classificatie

Tabel 38 - Classificaties

Nr.	Ligging/warmtevraag	Warmtebron	Netcapaciteit
1	Solitair (beperkte warmtevraag)	Warmtebron beschikbaar	Netcapaciteit beschikbaar
2			Netcapaciteit binnen x jaar beschikbaar
3			Netcapaciteit niet beschikbaar
4		Warmtebron kan ontwikkeld worden	Netcapaciteit beschikbaar
5			Netcapaciteit binnen x jaar beschikbaar
6			Netcapaciteit niet beschikbaar
7		Geen mogelijkheden voor warmte	Netcapaciteit beschikbaar
8			Netcapaciteit binnen x jaar beschikbaar
9			Netcapaciteit niet beschikbaar
10	Cluster (grote warmtevraag)	Warmtebron beschikbaar	Netcapaciteit beschikbaar
11			Netcapaciteit binnen x jaar beschikbaar
12			Netcapaciteit niet beschikbaar
13		Warmtebron kan ontwikkeld worden	Netcapaciteit beschikbaar
14			Netcapaciteit binnen x jaar beschikbaar
15			Netcapaciteit niet beschikbaar
16		Geen mogelijkheden voor warmte	Netcapaciteit beschikbaar
17			Netcapaciteit binnen x jaar beschikbaar
18			Netcapaciteit niet beschikbaar

Tabel 39 - Mogelijke verduurzamingsopties per classificatie (nee=niet mogelijk, ja=wel mogelijk)

Classificatie nr.	MT-rest-warmte	Geo-thermie	LT-restwarmte	TEO	Kas-warmte	Lucht-wp	E-boiler	Waterstof wkk ²⁸
1	Nee	Nee	Nee	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
2	Nee	Nee	Nee	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
3	Nee	Nee	Nee	Nee	Nee	Nee	Nee	Ja
4	Nee	Nee	Nee	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
5	Nee	Nee	Nee	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
6	Nee	Nee	Nee	Nee	Nee	Nee	Nee	Ja
7	Nee	Nee	Nee	Nee	Ja	Ja	Ja	Ja
8	Nee	Nee	Nee	Nee	Ja	Ja	Ja	Ja
9	Nee	Nee	Nee	Nee	Nee	Nee	Nee	Ja
10	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
11	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
12	Ja	Ja	Nee	Nee	Nee	Nee	Nee	Ja
13	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
14	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
15	Ja	Ja	Nee	Nee	Nee	Nee	Nee	Ja
16	Nee	Nee	Nee	Nee	Ja	Ja	Ja	Ja

²⁸ Beschikbaarheid van waterstof infrastructuur is geen onderdeel van de classificaties, maar wel een vereiste voor deze optie.



Classificatie nr.	MT-rest-warmte	Geo-thermie	LT-restwarmte	TEO	Kas-warmte	Lucht-wp	E-boiler	Waterstof wkk ²⁸
17	Nee	Nee	Nee	Nee	Ja	Ja	Ja	Ja
18	Nee	Nee	Nee	Nee	Nee	Nee	Nee	Ja

E.2 Warmteoverschot per solitair glastuinbouwgebied

Figuur 37 - Warmteaanbod per solitair glastuinbouw gebied

