



Verkenning effectievere stimulering duurzame warmteproductie

Trinomics 



WWW.TRINOMICS.EU

Contract details

Verkenning effectievere stimulering duurzame warmteproductie
Ministerie van Klimaat en Groene Groei (KGG)

Geschreven door

Trinomics B.V.
Mauritsweg 44
3012 JV Rotterdam
Nederland

Auteurs

Long Lam
Joris Moerenhout
Timo van Delzen
Henjo Jagtenberg

Contact persoon

Naam: Long Lam
Tel: +31(0)6 8279 2648
Mail: long.lam@trinomics.eu

Datum

Rotterdam, 25/07/2025

Dit rapport is mede tot stand gekomen door de waardevolle inbreng van verschillende marktpartijen en experts via interviews, schriftelijke inbreng en een expertsessie.

Inhoudsopgave

Managementsamenvatting.....	i
1. Inleiding	1
1.1. Aanleiding van het onderzoek.....	1
1.2. Doel & afbakening	1
1.3. Opbouw van dit rapport.....	2
2. Duurzame warmtetechnieken & de SDE++	3
2.1. Introductie van warmtetechnieken in de SDE++	3
2.1.1. Aquathermie.....	3
2.1.2. Biomassa.....	3
2.1.3. E-boiler.....	4
2.1.4. Geothermie	4
2.1.5. Industriële warmtepomp	4
2.1.6. Lucht-water-warmtepomp.....	5
2.1.7. Restwarmte.....	5
2.1.8. Vergisting	5
2.1.9. Zonthermie.....	6
2.2. Werking van de SDE++ bij warmtetechnieken	6
2.2.1. Algemene werking SDE++	6
2.2.2. SDE++ voor duurzame warmte	7
3. Relevante karakteristieken warmtetechnieken voor werking SDE++	8
3.1. Kosten van duurzame warmteprojecten.....	8
3.2. Inkomsten van duurzame warmteprojecten.....	10
3.3. De bedrijfsvoering van duurzame warmtetechnieken.....	11
3.3.1. Economisch perspectief.....	11
3.3.2. Technisch perspectief	14
3.3.3. Basislast, deellast en flexibele inzet	15
3.3.4. De bedrijfsvoering en de SDE++	15
4. Analyse uitdagingen warmte & SDE++	18
4.1. Uitdaging I – koppeling SDE++ & warmtelevering	18
4.2. Uitdaging II – onzekerheid inkomsten door gasreferentie	20
4.3. Uitdaging III – stijging CAPEX niet meegenomen in SDE++	22
4.4. Uitdaging IV – stijging OPEX niet meegenomen in SDE++	23
4.5. Uitdaging V – verstoring prikkels voor flexibele inzet.....	24

4.6. Uitdaging VI – strikte afbakening van techniekcategorieën kan projecten uitsluiten	26
4.7. Samenvatting uitdagingen en technieken.....	26
5. Mogelijke oplossingsrichtingen	28
5.1. Aanpassingen aan de huidige SDE++	29
5.1.1. Verruimen mogelijkheden behalen maximale subsidiabele vollasturen: uitbreiding banking	29
5.1.2. Nauwkeuriger bepalen van inkomsten of vermeden kosten: het correctiebedrag	29
5.1.3. Corrigeren van subsidiebeschikkingen bij kostenveranderingen	30
5.1.4. Energiesysteem: Flexibele transportcontracten voor elektriciteit bevorderen	30
5.1.5. Aanpassen van techniekcategorieën	31
5.2. Alternatieve steunmaatregelen	32
5.2.1. Vaste subsidie	32
5.2.2. Financiële garantieregeling.....	32
6. Verdiepende analyse vaste subsidie	34
6.1. Vormgeving van een vaste subsidie in deze verkenning.....	34
6.2. Beoordeling vaste subsidie	36
6.2.1. Beoordelingskader	36
6.2.2. Doeltreffendheid.....	37
6.2.3. Doelmatigheid	40
6.2.4. Bijdrage aan systeemefficiëntie	43
6.2.5. Administratieve complexiteit	45
7. Conclusies & verdere overwegingen.....	47
7.1. Uitdagingen bij duurzame warmteprojecten en de SDE++.....	47
7.2. Mogelijke oplossingsrichtingen voor de uitdagingen.....	49
7.3. Overwegingen voor beleidsmakers.....	53
Bijlage A – Analyse per techniek.....	55
A.1. Aquathermie.....	55
A.2. Biomassa.....	56
A.3. E-boiler	57
A.4. Geothermie.....	59
A.5. LW-WP en industriële warmtepomp	59
A.6. Restwarmte.....	63
A.7. Vergisting	65
A.8. Zonthermie	66
A.9. Conclusie op de techniegroepen voor verdere analyse.....	68
Bijlage B Subsidie duurzame warmte in omliggende landen	70
B.1. België (Vlaanderen)	70
B.2. Verenigd Koninkrijk.....	71
B.3. Duitsland	72

B.4. Vergelijking SDE++ en subsidies omringende landen.....	73
Bijlage C – Geconsulteerde marktpartijen voor deze studie	74
Bijlage D – Ontwerpoverwegingen vaste subsidie van marktpartijen.....	75
D.1. Minimum aantal vollasturen	75
D.2. Langetermijnprijs (correctiebedrag).....	75
D.3. Beschikt opwekkingsvermogen	75
D.4. Implementatie van de vaste subsidie.....	76

Managementsamenvatting

Het uitbreiden van hernieuwbare warmteproductie is een essentieel onderdeel van de energietransitie. Een groot deel van het Nederlandse energiegebruik bestaat uit warmte; ongeveer 38% van het totale finale energiegebruik in Nederland is bestemd voor de verwarming van woningen, gebouwen en industriële processen.¹ Verduurzaming van de warmteproductie is dus essentieel voor een succesvolle energietransitie.

In Nederland wordt duurzame² warmteproductie via de Stimuleringsregeling Duurzame Energieproductie en Klimaattransitie (SDE++) ondersteund. De SDE++ is een generiek en technologieneutraal instrument met als doel effectief en efficiënt bij te dragen aan CO₂-reductie. Met deze subsidieregeling worden bedrijven en organisaties gestimuleerd om duurzame energie op te wekken. De SDE++ is een exploitatiesubsidie; projecten krijgen subsidie op basis van de werkelijke hoeveelheid opgewekte duurzame energie of de werkelijke hoeveelheid gereduceerde CO₂.

De SDE++ en haar voorgangers hebben bijgedragen aan de snelle opschaling van hernieuwbare elektriciteitsopwekking en, in zekere mate, duurzame warmteproductie. Dit blijkt uit verschillende evaluaties^{3,4} waarin de SDE++ positief wordt beoordeeld, maar waar ook wordt benoemd dat de effectiviteit van de SDE++ bij warmteprojecten lager is. Dit komt onder meer doordat de inkomsten en kosten van warmteprojecten minder goed vooraf te voorspellen zijn dan bij elektriciteitsprojecten. Zo is de afzet bij warmteprojecten minder zeker. Daarnaast geldt dat warmte locatie-gebonden is en er (mede) daardoor veel meer variatie zit in het type en de karakteristieken van projecten. Deze grotere spreiding zorgt ervoor dat generieke instrumenten (zoals de SDE++) minder goed aansluiten dan bij elektriciteit. Het Ministerie van Klimaat en Groene Groei (KGG) is daarom een traject gestart om te verkennen in hoeverre aanpassingen in de ondersteuning tot beter passende stimulering van duurzame warmteprojecten kan leiden.

Uitdagingen duurzame warmteproductie in de SDE++

In dit onderzoek worden zes mogelijke uitdagingen omtrent de SDE++ en duurzame warmte behandeld. Dit is op basis van input uit literatuur, marktpartijen, de begeleidingscommissie, en onze eigen ervaring en expertise gedaan. De focus ligt op het uitdagingen voor de opschaling van duurzame warmte. Ook mogelijke uitdagingen voor het energiesysteem worden meegenomen:

- Uitdaging I** De afhankelijkheid van de subsidie van de warmtelevering zorgt voor onzekere subsidie-inkomsten bij warmteprojecten: als de productie onverwacht lager uitvalt dan is de subsidie lager;
- Uitdaging II** De onzekerheid over het correctiebedrag op basis van de gasboiler of WKK zorgt voor onzekere warmte-inkomsten per GJ, waarbij de kosten van een gasboiler en WKK steeds minder goed aansluiten bij de marktprijs voor warmte in de praktijk;
- Uitdaging III** Veranderingen in de investeringskosten (CAPEX) leiden niet tot andere subsidiebedragen, waardoor de SDE++ ontoereikend kan zijn bij CAPEX-stijgingen tussen het moment van vaststelling van het basisbedrag en investeringsbeslissing;⁵
- Uitdaging IV** Veranderingen in de operationele kosten (OPEX) leiden niet tot andere subsidiebedragen, waardoor de SDE++ ontoereikend kan zijn bij OPEX-stijgingen (bij veel warmteprojecten zijn de OPEX substantieel en lastig te voorspellen);⁵
- Uitdaging V** De koppeling van de uitkering SDE++ en warmtelevering kan marktprikkels voor flexibele inzet verstoren;

¹ CBS (2024). [Energiebalans; aanbod, omzetting en verbruik](#).

² Dit verwijst naar 'hernieuwbare en CO₂-arme warmte'; voor de leesbaarheid wordt 'duurzame warmte' gebruikt.

³ Trinomics (2021). [Evaluatie van de SDE+](#)

⁴ Trinomics (2023). [Tussentijdse evaluatie SDE++](#)

⁵ Dit werkt twee kanten op. Bij een verlaging van de CAPEX of OPEX is de subsidie eigenlijk te ruim. Vanwege de focus op uitdaging m.b.t. opschaling van hernieuwbare warmte richten we ons enkel op CAPEX- en OPEX-stijgingen.

Uitdaging VI De strikt afgebakende techniekcategorieën leiden ertoe dat de SDE++ geen passende stimulering is voor sommige duurzame warmteprojecten en kan er zelfs toe leiden dat sommige projecten niet in aanmerking komen voor de SDE++.

De mate waarin de uitdagingen relevant zijn voor verschillende warmteprojecten hangt af van de warmtetechniek, warmtetoepassing en andere eigenschappen. In de PBL-eindadviezen voor SDE++ 2025 zijn er 81 verschillende subcategorieën voor hernieuwbare en CO₂-arme warmteprojecten. Een analyse van de subcategoriedata wijst uit dat de kostenstructuur allereerst verschilt tussen warmtetechnieken (zoals e-boilers vs. geothermie). Daarnaast is de aanwezigheid van een warmtepomp een onderscheidende karakteristiek. Ten slotte is bij warmtepompen de Coëfficiënt of Performance (COP) een doorslaggevende factor, waarbij industriële warmtepompen met een open systeem een significant hogere COP hebben van gemiddeld 14 ten opzichte van de COP van andere warmtepompen tussen 2,5 en 4. De duurzame warmteprojecten zijn op basis van de meest onderscheidende karakteristieken in de techniekgroepen gegroepeerd⁶ (zie Tabel 0-1).

Tabel 0-1 De relevantie van de uitdagingen per techniekgroep in deze verkenning

Uitdagingen	Relevantie per techniekgroep								
	Aqua-thermie	E-boiler	Geo-thermie met WP	Geo-thermie zonder WP	Industriële WP, open systeem	Industriële WP, overig	LW-WP	Rest-warmte met WP	Rest-warmte zonder WP
I: Onzekerheid inkomsten (afhankelijk van warmtelevering)	+	/	++	++	/	+	++	+	/
II: Onzekerheid inkomsten €/GJ (afhankelijk van gasreferentie)	Relevantie vooral afhankelijk van de toepassing in plaats van de techniekgroep ⁷								
III: CAPEX-stijging niet meenemen	+	/	+	++	+	+	+	+	+
IV: OPEX-stijging niet meenemen	+	++	+	/	/	+	+	+	/
V: Verstoring flexibele inzet	+	+	/	/	/	/	+	/	/
VI: Strikte afbakening SDE++	++	/	++	+	+	+	+	++	+

++: zeer relevant, +: relevant, /: beperkt relevant; WP = warmtepomp, LW-WP = lucht-water-warmtepomp.

De karakteristieken van de techniekgroepen voor duurzame warmteproductie bepalen grotendeels de mate van relevantie van de uitdagingen. Daarnaast zijn bij veel uitdagingen ook de toepassingen relevant (bijvoorbeeld de inzet van een warmtepomp bij een warmtenet of in de industrie). Bij **Uitdaging II** (onzekerheid inkomsten €/GJ door de afhankelijkheid van de gasreferentie) is de toepassing een meer relevante karakteristiek dan de techniekgroep. De mate waarin een gasboiler of warmte-kracht-koppeling (WKK) representatief is voor de vermeden kosten of warmte-inkomsten bepaalt namelijk de relevantie. Voor de andere uitdagingen geldt:

- **Uitdaging I** (onzekerheid inkomsten door de afhankelijkheid van de warmtelevering) is het meest relevant voor techniekgroepen met (1) dominante vaste kosten (CAPEX en vaste OPEX) en (2) een hoge onrendabele top, waardoor deze veel afzet (met een positieve marge) moeten hebben om de vaste kosten terug te verdienen. Bij het nemen van de investeringsbeslissing is de afzet onzeker.
- **Uitdaging III** (CAPEX-stijgingen niet meenemen) is het meest relevant bij techniekgroepen met (1) een hoge onrendabele top die (2) vooral wordt verklaard door hoge CAPEX, met name bij technieken waar een lange tijd tussen de beschikking en de investeringsbeslissing zit.

⁶ Daarnaast vallen de warmtetechnieken "biomassa, vergisting en zonthermie" ook onder de SDE++. Op basis van een analyse van de relevante karakteristieken van deze technieken is echter samen met KGG besloten om niet als aparte techniekgroep verder te analyseren in deze verkenning.

⁷ Ook bij andere uitdagingen geldt dat de toepassing belangrijk is voor de relevantie van een uitdaging. De inschatting is dat dit het meest geldt voor Uitdaging II. Daarom zijn andere uitdagingen wel per techniekgroep weergegeven.

- **Uitdaging IV** (OPEX-stijgingen niet meenemen) is het meest relevant bij technieken met (1) een hoge onrendabele top die (2) vooral wordt verklaard door hoge variabele kosten (met name door elektriciteitskosten en nettarieven).
- **Uitdaging V** (verstoring flexibele inzet) speelt alleen bij technieken met een aanzienlijk elektriciteitsverbruik en waarbij de SDE++ de inzet beïnvloedt, oftewel: e-boilers en in mindere mate technieken met een warmtepomp waar flexibele inzet mogelijk is. Echter, zelfs bij deze technieken is de relevantie van deze uitdaging beperkt, omdat er al een prikkel is om deze projecten in te zetten bij lage elektriciteitsprijzen door (1) de elektriciteitskosten en (2) de limiet op het aantal subsidiabele vollasturen.
- **Uitdaging VI** (strikte afbakening SDE++) is het meest relevant bij technieken met uiteenlopende schaalgroottes, toepassingen, inpassingskosten, temperatuurniveaus en projectcomponenten (zoals warmtepompen en warmtekoudeopslag). Dit speelt bij projecten waarbij een ensemble van technieken gebruikt kan worden om een project modulair op te bouwen en gedurende een aantal jaren uit te breiden (zoals bij aquathermie, geothermie en restwarmte). Hierdoor zijn de subcategorieën niet altijd geschikt met als gevolg over- of onderstimulering, of zelfs uitsluiting van de SDE++.

Mogelijke oplossingsrichtingen voor de geïdentificeerde uitdagingen

Er is geen oplossingsrichting geïdentificeerd die alle uitdagingen oplost. Tabel 0-2 geeft een overzicht van de onderzochte oplossingsrichtingen (deels door KGG en marktpartijen aangedragen).

Tabel 0-2 Onderzochte oplossingsrichtingen met de geïdentificeerde uitdagingen die ze aanpakken

	Uitdagingen					
	I: Onzekere inkomsten (warmte-levering)	II: Onzekere inkomsten (gas-referentie)	III: CAPEX-stijging niet mee-genomen	IV: OPEX-stijging niet mee-genomen	V: Verstoring flexibele inzet	VI: Strikte afbakening SDE++
Aanpassingen in de huidige SDE++						
Uitbreiding van banking bij onderproductie						
Nauwkeuriger bepalen correctiebedrag						
Subsidie corrigeren voor CAPEX-verandering						
Subsidie corrigeren voor OPEX-verandering						
Flexibele transportcontracten bevorderen						
Techniekcategorieën aanpassen						
Alternatieve steunmaatregelen						
Vaste subsidie						
Financiële garantieregeling						

Groene vlakken geven aan welk(e) alternatief (aanpassing) bijdraagt aan het oplossen van een uitdaging.

Sommige individuele uitdagingen kunnen worden aangepakt door aanpassingen in de SDE++:

- **Uitbreiding van banking onder de SDE++ bij onderproductie** (forward banking) van maximaal één jaar na het einde van de subsidielooptijd naar meerdere jaren zou **Uitdaging I** kunnen beperken. Het is echter twijfelachtig in hoeverre deze oplossing de uitdaging daadwerkelijk vermindert. Ten eerste is de verbetering van de business case mogelijk beperkt, omdat de subsidie-inkomsten pas later dan beoogd binnen komen. Ten tweede is er slechts een beperkte mogelijkheid om de onderproductie in te halen als de technische levensduur van een project niet veel langer is dan de subsidielooptijd. Ook zou de overheid langer subsidie moeten reserveren (een nadeel vanuit overheidsperspectief).
- **Nauwkeuriger bepalen van het correctiebedrag** door een betere benadering van de daadwerkelijke inkomsten en vermeden kosten van een warmteproject zou **Uitdaging II** deels kunnen oplossen. Dit leidt echter tot hogere uitvoeringslasten, omdat locatie-specifieke referentie-installaties vastgesteld moeten worden, of projectontwikkelaars hun daadwerkelijke verkregen inkomsten moeten rapporteren.
- **Het corrigeren van de subsidiebeschikking voor CAPEX- en OPEX-veranderingen** zou respectievelijk **Uitdagingen III en VI** oplossen. Dit zou ook betekenen dat bij eventuele

kostendalingen de subsidie daalt. Deze oplossingsrichtingen verleggen dus risico's van warmteprojecten van projectontwikkelaars naar de overheid, wat de risicoblootstelling van de overheid vergroot. Dit is niet wenselijk voor alle CAPEX- en/of OPEX-veranderingen, met name voor de risico's die efficiënter kunnen worden beheerst door de projectontwikkelaars. Bovendien kan dit de uitvoeringslasten aanzienlijk verhogen.

- **Flexibele transportcontracten voor elektriciteit bevorderen** of verplichten kan **Uitdaging V** deels oplossen. Voor de 2025 ronde van de SDE++ worden deze flexibele contracten voor e-boilers al sterk gestimuleerd. Dit zou daarom vooral toevoegde waarde hebben bij sommige warmteprojecten binnen techniekgroepen aquathermie en LW-WP. Deze lopen echter al tegen Uitdaging I aan, waarbij sommige projecten onvoldoende warmtelevering realiseren om de vaste kosten terug te verdienen. Flexibele transportcontracten kunnen dit probleem verergeren, terwijl Uitdaging V slechts beperkt relevant is.
- **Het aanpassen van de techniekcategorieën** onder de SDE++ kan **Uitdaging VI** op verschillende manieren verminderen:
 - i. Via de huidige geleidelijke manier door het aantal **subcategorieën** in de SDE++ verder **uit te breiden**. Dit brengt echter extra complexiteit met zich mee. Bovendien blijven er warmteprojecten bestaan die niet in de subcategorieën vallen.
 - ii. Het **samenvoegen** van **categorieën** met minder strenge eisen, zodat projectontwikkelaars voor projecten die niet goed in een bepaalde categorie passen ook subsidie kunnen aanvragen. Dit is een afweging tussen effectiviteit en efficiëntie; de strikte afbakening in de SDE++ beperkt de ruimte voor overstimulering. Een afname van het aantal categorieën en eisen vergroot de kans op overstimulering.
 - iii. Een **andere indeling** van de **categorieën**. Op basis van de gebruikte techniekgroepen in deze verkenning zou mogelijk de stimulering van de warmtebron (geothermie, restwarmte en aquathermie) en de warmtepomp binnen een project kunnen worden losgekoppeld. Dit zou ook betekenen dat warmte-koudeopslag (WKO) en integratie met zonthermische installaties afzonderlijk binnen een warmteproject gestimuleerd kan worden. Er is onderzoek nodig naar de voor- en nadelen, bijvoorbeeld om vast te stellen of dit uitvoerbaar is, of het leidt tot dubbele subsidiëring, en of sommige projectonderdelen tussen wal en schip vallen.

Uitdagingen kunnen ook worden aangepakt door een alternatief instrument te introduceren. De twee alternatieve instrumenten die zijn verkend kunnen meerdere uitdagingen tegelijkertijd aanpakken, maar pakken niet alle problemen aan en introduceren nieuwe uitdagingen:

- **Een vaste subsidie** zou een alternatief zijn voor de SDE++ waarbij het totale subsidiebedrag na subsidiebeschikking vast staat (mits de aanvrager aan bepaalde voorwaarden voldoet). Bij een vaste subsidie is het uit te keren bedrag net als bij de SDE++ gemaximeerd tot de onrendabele top. De subsidie is echter niet meer afhankelijk van de warmtelevering, waarmee **Uitdaging I** is opgelost. Ook pakt een vaste subsidie **Uitdaging II** aan doordat het uit te keren subsidiebedrag vooraf bekend is. Hiermee verhoogt een vaste subsidie met name de investeringszekerheid van techniekgroepen met hoge vaste kosten die door veel warmtelevering terugverdiend moeten worden, zoals in projecten bij geothermie zonder WP, restwarmte zonder WP en industriële warmtepomp open systeem. Een deel van het vollooprisk wordt van projectontwikkelaars naar de overheid verschoven. Daartegenover staat dat het prijsrisico van de overheid naar projectontwikkelaars verschuift; de borging dat duurzame warmte-installaties zelfs bij lage gasprijzen concurrerend zijn met fossiele alternatieven verdwijnt. Warmteprojecten worden dus volledig blootgesteld aan marktprikkels, waardoor **Uitdaging V** per definitie verdwijnt. Dit verlaagt vooral de inzet en de investeringszekerheid van techniekgroepen met hoge variabele kosten zoals e-boilers, en in mindere mate aquathermie en de andere techniekgroepen met een warmtepomp.
- **Een financiële garantieregeling** voor warmteprojecten zou een aanvullende steunmaatregel naast de SDE++ kunnen zijn. De garantieregeling vult de inkomsten alleen aan als de marktinkomsten en SDE++-uitkering lager uitvallen dan verwacht door te weinig warmteafzet, en de investering niet terugverdiend kan worden. Hiermee wordt **Uitdaging I**

opgelost in het geval dat de gerealiseerde warmtelivering lager uitvalt dan oorspronkelijk beoogd en **Uitdaging II** doordat de aanvullende inkomsten een minimale inkomstenstroom garanderen. De financiële garantieregeling zou vooral positief kunnen bijdragen aan de investeringszekerheid van warmtetechnieken met onzekere warmtelevering, een hoge vaste kosten en een hoge onrendabele top zoals geothermie, aquathermie en techniekgroepen met een warmtepomp. Net als bij een vaste subsidie neemt de overheid met een garantieregeling een deel van het volumerisico op zich. Omdat de SDE++ bij deze oplossingsrichting wel in stand blijft, ligt het marktprijsrisico nog steeds bij de overheid.

Conclusies en aanbevelingen

Iedere oplossingsrichting introduceert nieuwe nadelen, met als belangrijkste nadeel een verschuiving van risico's van de markt naar de overheid. Dit geldt met name voor individuele oplossingsrichtingen om subsidiebeschikkingen voor CAPEX- of OPEX-veranderingen te corrigeren. Ook bij een vaste subsidie en een financiële garantieregeling wordt een deel van het volumerisico naar de overheid verschoven. Deze verschuiving heeft als nadeel dat de kosten aanzienlijk hoger kunnen uitvallen voor de overheid door een verhoogde risicoblootstelling.

Bij sommige kostenrisico's is een verschuiving naar de overheid verdedigbaar, maar andere kostenrisico's kunnen marktpartijen efficiënter beheersen. Voor CAPEX-stijgingen geldt dat risico's kunnen worden beperkt door een goede inkoopstrategie. Bovendien kunnen projectontwikkelaars kostenrisico's tot op zeker hoogte inprijsen door meer SDE++-subsidie aan te vragen. Ook zouden projectontwikkelaars prijsstijgingen in de elektriciteitsmarkt met financiële instrumenten zoals *Power Purchase Agreement* kunnen beperken. Als deze risico's bij de overheid komen te liggen, neemt dit de prikkels weg bij projectontwikkelaars om deze kostenstijgingen te mitigeren. Dit is voor de meeste risico's onwenselijk. Voor sommige kostenrisico's die niet te voorkomen en/of te voorspellen zijn door marktpartijen is het verdedigbaar om projectenontwikkelaars (deels) te compenseren. Hierbij gaat het voornamelijk over veranderingen in nettarieven, en eventueel belastingen. Ook dit kent nadelen, zoals extra complexiteit en precedentwerking. Bovendien is het gangbaar dat deze risico's deels bij marktpartijen liggen.

Oplossingsrichtingen waarin het volumerisico deels naar de overheid schuift betekenen echter niet dat dit risico bij de marktpartijen volledig wordt weggenomen. Aan de ene kant zullen marktpartijen beter dan de overheid in staat zijn om het volumerisico gerelateerd aan het vollooprisko te mitigeren. Ze kunnen veelal beter inschatten wat de mogelijke warmtevraag zal zijn en hebben daardoor een sterkere prikkel om een zo veel mogelijk robuuste warmtevraag te contracteren. Door het volumerisico volledig bij de marktpartijen te leggen ondervinden deze ook een prikkel om warmtetechnieken te kiezen waarmee ze op een betrouwbare wijze aan de warmtevraag kunnen voldoen. Dit is een argument voor het behoud van de SDE++ als stimulering voor duurzame warmteproductie. Tegelijkertijd verschuift niet het gehele volumerisico bij een vaste subsidie of financiële garantieregeling naar de overheid. De subsidie dekt namelijk enkel de onrendabele top, dus blijft een deel van het volumerisico bij de projectontwikkelaar.

De analyses laten zien dat de effectiviteit en relevantie van oplossingsrichting verschillen per techniek en toepassing. Op basis van een verdiepende analyse (op basis van de SDE++ eindadviezen) van een vaste subsidie is een voorzichtig onderscheid te maken tussen categorieën:

- Geothermie zonder WP, waarbij een verschuiving van het volumerisico naar de overheid met een vaste subsidie tot meer investeringszekerheid leidt en daarmee mogelijk tot meer warmteprojecten, en dus een meer doeltreffende en doelmatige stimulering dan de SDE++. Een kanttekening is dat als het volumerisico zich materialiseert en de warmtelevering minder is dan beoogd, dit de doelmatigheid verlaagt.
- Restwarmte zonder WP en industriële warmtepomp open systeem, waarbij een vaste subsidie in theorie zoals bij geothermie zonder WP ook tot meer investeringszekerheid kan leiden. Echter is de subsidie-intensiteit van de meeste subcategorieën deze techniekgroepen negatief (geen verwachte onrendabele top). Bij een vaste subsidie die alleen de onrendabele

top dekt zullen de meeste projecten in deze techniegroepen geen subsidie ontvangen. Tegelijkertijd vervalt ook de rol van de SDE++ als verzekering tegen lagere inkomsten. Voor de meeste projecten in deze techniegroepen zal een vaste subsidie dus tot een slechtere business case leiden ten opzichte van de SDE++.

- E-boilers, waarbij het volumerisico minder relevant is voor de investeringszekerheid en warmteproductie ten opzichte van de borgende werking van de SDE++. Volgens één marktpartij laten simulaties van dispatchbeslissingen zien dat technieken met relatief hoge variabele kosten (e-boilers), bij een vaste subsidie (vrijwel) niet meer worden ingezet. Een vaste subsidie zou dus bij e-boilers tot een verminderde doeltreffendheid en doelmatigheid kunnen leiden dan de SDE++.
- De overige techniegroepen met een warmtepomp (ofwel aquathermie, geothermie met WP, industriële warmtepompen overig, LW-WP en restwarmte met WP). Voor deze techniegroepen kan niet worden geconcludeerd of een vaste subsidie beter is dan SDE++. De aanwezigheid van een warmtepomp bij de meeste projecten verhoogt niet alleen de vaste kosten, maar voornamelijk de variabele kosten. Hoewel de vaste subsidie goed aansluit bij de hoger vaste kosten, sluit deze minder goed aan bij de hogere variabele kosten. Het grootste nadeel is dat zonder een productiesubsidie zoals de SDE++ minder vaak rendabel zal zijn om warmte op te wekken.

Een meer verfijnde stimulering is mogelijk een effectievere manier om duurzame warmteproductie te stimuleren. Sommige oplossingen kunnen binnen de SDE++ gevonden worden om zoveel mogelijk warmteprojecten in aanmerking te laten komen zonder dat dit tot overstimulering leidt, bijvoorbeeld via de huidige geleidelijke manier van subcategorieën en projecteisen (zoals een flexibele transportcontract) evalueren en verbeteren. Voor andere uitdagingen zijn echter aanpassingen aan de SDE++ nodig, of alternatieve instrumenten. Daarnaast is in dit onderzoek alleen een vaste subsidie ten opzichte van de SDE++ onderzocht, maar is een combinatie van de SDE++ en een vaste subsidie is ook denkbaar.

Een verdere verfijning en differentiatie in het subsidie-instrumentarium gaat wel gepaard met hogere uitvoeringskosten. Meer ingrijpende aanpassingen aan de SDE++ kunnen de uitvoerbaarheid van de regeling aantasten, en technieken uit de SDE++ halen zouden het voordeel van een generieke regeling, zoals lagere uitvoeringskosten, verminderen.

Er wordt daarom enkel aanbevolen om de volgende potentiële oplossingsrichtingen verder te onderzoeken:

1. **Andere indeling van techniekcategorieën:** naast de huidige geleidelijke manier in de SDE++ door subcategorieën uit te breiden (en weinig gebruikte subcategorieën te schrappen of samen te voegen), kan een andere indeling de SDE++ ook effectiever maken. Een mogelijke onderzoeksrichting is het loskoppelen van de stimulering van de warmtebron en andere projectonderdelen zoals warmtepompen en WKO's. Meer onderzoek is dan nodig hoe dit in de praktijk het beste vormgegeven kan worden, bijvoorbeeld door projectonderdelen als aparte subcategorieën in de SDE++ op te nemen.
2. **Vaste subsidie (geheel of gedeeltelijk):** van de onderzochte techniegroepen waren voor de voordelen voor geothermie zonder WP het grootst ten opzichte van de SDE++. Indien bij geothermieprojecten met een warmtepomp de stimulering van de warmtebron van de warmtepomp wordt losgekoppeld (zoals voorgesteld voor verder onderzoek in het eerste punt), zou een vaste subsidie voor het warmtebrondeel ook grote voordelen kunnen opleveren. Voor aquathermie en de overige techniegroepen met een warmtepomp (LW-WP, geothermie met WP, industriële warmtepompen overig en restwarmte met WP) kan een vaste subsidie ook vele voordelen bieden. Het is echter onvoldoende helder of deze opwegen tegen de nadelen om ze volledig uit de SDE++ te halen en met een alternatief instrument te stimuleren. Voor deze techniegroepen zou een gedeeltelijke vaste subsidie dus mogelijk wel een goede uitkomst zijn. Hoe dit in de praktijk vormgegeven zou moeten

worden vergt verder onderzoek, waarbij de uitvoerbaarheid door de extra complexiteit een belangrijk aandachtspunt is.

3. **Subsidiebeschikking (deels) corrigeren voor OPEX-veranderingen:** enkel voor nettarieven en belastingen, wat kosten zijn die moeilijk door projectenontwikkelaars te voorkomen en/of te voorspellen zijn.

De oplossingsrichtingen dienen in samenhang met ander beleid te worden onderzocht, wat niet in deze verkenning is niet gedaan. De SDE++ is namelijk niet het enige instrument in Nederland ter stimulering van duurzame warmte (vooral voor de gebouwde omgeving en geothermie). Voor geothermie zijn er bijvoorbeeld ook specifieke regelingen zoals de Nationale Deelneming Warmte door EBN.

De andere oplossingsrichtingen worden minder belangrijk geacht om verder te onderzoeken, omdat de voordelen daarvan te onzeker en/of te gering zijn. De meeste andere oplossingsrichtingen gaan vooral gepaard met extra uitvoeringskosten of zijn gerelateerd aan risico's die marktpartijen efficiënter kunnen managen.

1. Inleiding

1.1. Aanleiding van het onderzoek

De productie van duurzame energie wordt in Nederland al jaren gestimuleerd. Waar subsidies zich eerst enkel op hernieuwbare *elektriciteit* waren gericht is dit later verbreed naar duurzame energie (inclusief warmte). Sinds de invoering van de Stimuleringsregeling Duurzame Energieproductie en Klimaattransitie (SDE++) worden hernieuwbare elektriciteit (zoals zon en wind), hernieuwbare en CO₂-arme warmte (zoals warmtepompen en geothermie) en andere CO₂-reducerende technieken (zoals CO₂-afvang en -opslag – CCS) in één instrument ondersteund. De SDE++ is dus een generiek en technologie-neutraal instrument met als doel effectief en efficiënt bij te dragen aan CO₂-reductie in Nederland.

De SDE++ is een eenzijdige *Contract for difference* (CfD) en is met name voor hernieuwbare elektriciteit effectief geweest; de SDE++ heeft de uitrol van zon en wind significant versneld. Dit blijkt uit verschillende evaluaties^{8,9} waarin de SDE++ positief wordt beoordeeld. De systematiek van CfD's sluit goed aan bij de kenmerken van zon en wind, met name vanwege de voorspelbare productie enerzijds en relatief nauwkeurige inschatting van de kosten en inkomsten anderzijds.

De SDE++ heeft ook bijgedragen aan **de opschaling van CO₂-arme en hernieuwbare warmteproductie, alleen is dit minder effectief gebleken** dan bij hernieuwbare elektriciteitsopwekking.⁸ Dit komt onder meer doordat de inkomsten en kosten van warmteprojecten minder goed vooraf te voorspellen zijn dan bij elektriciteitsprojecten. Zo is de afzet bij warmteprojecten minder zeker dan bij elektriciteit. Daarnaast geldt dat warmte locatie-gebonden is en er (mede) daardoor veel meer variatie is in het type en de karakteristieken van projecten. Ook hebben warmteprojecten te maken met volloop- en ketenrisico's.¹⁰ Dit leidt tot extra financiële onzekerheid bij projectontwikkelaars en daarmee ook de bereidheid om te investeren in duurzame warmteprojecten.

Om deze redenen is het Ministerie van Klimaat en Groene Groei (KGG) een traject gestart om te verkennen in hoeverre aanpassingen in de ondersteuning tot beter passende stimulering van CO₂-arme en hernieuwbare warmteprojecten kan leiden.¹¹

1.2. Doel & afbakening

Het **doel** van dit onderzoek is het verkennen van **verschillende oplossingsrichtingen** voor een meer passende stimulering van projecten voor hernieuwbare en CO₂-arme (oftewel: duurzame)¹² warmteproductie. Onderdeel van deze verkenning is een verdiepende analyse naar subsidie die in grotere mate vooraf vaststaan, vormgegeven als **een vaste subsidie**. Hiertoe heeft KGG een conceptontwerp van een vaste subsidie voorgelegd. Deze verkenning vergelijkt ook de voor- en nadelen van deze vaste subsidie met de SDE++.

In deze verkenning staan de volgende **onderzoeksvragen** centraal:

1. Wat zijn de belangrijkste **karakteristieken** die de werking van de SDE++ bij warmteprojecten beïnvloeden?

⁸ Trinomics (2021). *Evaluatie van de SDE+*

⁹ Trinomics (2023). *Tussentijdse evaluatie SDE++*

¹⁰ Vollooprisko verwijst naar het risico dat een warmtebron na realisatie minder wordt benut dan beoogd, waardoor de bron niet op volledige capaciteit kan draaien en de inkomsten dus lager dan verwacht. Ketenrisico verwijst naar het risico dat first-movers in nieuwe of uitgebreide warmtenetten lopen om de ontwikkeling van warmtenetten op gang te laten komen en daarmee als eerste financiële middelen daaraan moeten committeren.

¹¹ KGG (2024). *Kamerbrief: toekomst van de SDE++*.

¹² In het vervolg van dit rapport verwijzen we voor de leesbaarheid naar 'duurzame warmte' in plaats van 'hernieuwbare en CO₂-arme warmte'.

2. Wat zijn de **uitdagingen** omtrent de SDE++ en duurzame warmte?
3. Wat zijn **mogelijke oplossingsrichtingen** voor de geïdentificeerde uitdagingen?
4. In hoeverre is een **vaste subsidie** een verbetering ten opzichte van de SDE++?

Hierbij zijn de onderzoeksvragen verkend vanuit drie verschillende perspectieven: **de projectontwikkelaar, de overheid** (en indirect de maatschappij) en het **energiesysteem**, omdat de mate van geschiktheid afhangt van al deze perspectieven. In deze verkenning is gebruik gemaakt van de data uit het PBL OT-model voor SDE++ 2025, inzichten uit de literatuur, van marktpartijen en de begeleidingscommissie, en van het onderzoeksteam. De resultaten dienen KGG te ondersteunen bij de toekomstige vormgeving van het stimuleringsbeleid voor hernieuwbare en CO₂-arme warmte.¹³

1.3. Opbouw van dit rapport

Dit rapport is als volgt opgebouwd:

- Hoofdstuk 2 **Duurzame warmtetechnieken & de SDE++** bevat een beknopte uitleg van de verschillende typen duurzame warmtetechnieken die in deze verkenning worden beschouwd. Ook wordt de werking van de SDE++ bij warmtetechnieken toegelicht.
- Hoofdstuk 3 **Relevante karakteristieken warmtetechnieken voor werking SDE++** bespreekt hoe kenmerken als kostenstructuur, inkomstenbronnen en operationele inzet de werking en effectiviteit van de SDE++ beïnvloeden. Op basis van techniek analyses zijn enkele warmtetechnieken voor de rest van het onderzoek buiten de scope geplaatst.
- Hoofdstuk 4 **Analyse uitdagingen warmte & SDE++** behandelt mogelijk (veronderstelde) problemen en uitdagingen van de SDE++ in relatie tot duurzame warmte.
- Hoofdstuk 5 **Mogelijke oplossingsrichtingen** beschrijft verschillende oplossingsrichtingen die voor de geïdentificeerde problemen van de SDE++ met duurzame warmteprojecten.
- In Hoofdstuk 6 **Verdiepende analyse vaste subsidie** wordt de vaste subsidie vergeleken met de SDE++. De opzet bouwt voort op de logica van de SDE++ en verkent de verschillen en aandachtspunten ten opzichte van de bestaande regeling. Vervolgens wordt een vaste subsidie met de huidige SDE++ vergeleken aan de hand van een beoordelingskader die de drie perspectieven (projectontwikkelaars, de overheid en het energiesysteem) omvat.
- Hoofdstuk 7 **Conclusies & verdere overwegingen** sluit het rapport af met de conclusies uit de verschillende analyses.

Naast de hoofdstukken bevat het rapport ook bijlagen. **Bijlage A** bevat de analyse per warmtetechniek. **Bijlage B** beschrijft een aantal subsidies voor duurzame warmte in omringende landen. **Bijlage C** geeft een overzicht van de marktpartijen die schriftelijke input hebben geleverd en/of zijn geïnterviewd, evenals een overzicht van aanvullende sessies met marktpartijen en experts waaruit relevante inzichten zijn verkregen. **Bijlage D** vat ontwerpoverwegingen samen die door marktpartijen zijn meegegeven voor een mogelijke vaste subsidie.

¹³ In het vervolg van dit rapport verwijzen we voor de leesbaarheid naar 'duurzame warmte' in plaats van 'hernieuwbare en CO₂-arme warmte'.

2. Duurzame warmtetechnieken & de SDE++

2.1. Introductie van warmtetechnieken in de SDE++

Warmtetechnieken in de SDE++ hebben uiteenlopende eigenschappen en toepassingen. In de eindadviezen voor SDE++ 2025 van het Planbureau voor de Leefomgeving (PBL) zijn de warmtetechnieken in 81 subcategorieën onderverdeeld.¹⁴ In dit hoofdstuk worden de warmtetechnieken geïntroduceerd, waarbij de volgende groepen worden aangehouden: **aquathermie, biomassa, e-boilers, geothermie, industriële warmtepompen, lucht-water-warmtepomp, restwarmte, vergisting en zonthermie**.

2.1.1. Aquathermie

Bij aquathermie wordt warmte gewonnen uit water (oppervlaktewater of afvalwater), waarbij warmtewisselaars worden gebruikt om de thermische energie uit water te onttrekken. Hierin kan aquathermie op twee manieren worden toegepast: via **directe levering** aan individuele warmtepompen of via een collectieve warmtepomp gekoppeld aan een **warmtenet**. De eerste variant is geschikt voor goed geïsoleerde woningen met lage temperatuurverwarming, maar vereist aanvullende opwarming voor tapwater. Bij de tweede variant word een collectieve warmtepomp gebruikt om warmte op te waarden tot circa 75 °C en is toepasbaar in bestaande of nieuwe warmtenetten bij matig tot goed geïsoleerde gebouwen.

Aquathermie wordt gecombineerd met **warmtepompen** om de relatief lage temperatuurwarmte op te waarden tot een geschikt niveau voor ruimteverwarming of warmtenetten. In combinatie met **warmte-koudeopslag (WKO)** kan in de zomer warmte uit oppervlaktewater worden opgeslagen en in de winter worden benut. Eventuele integratie met **fotovoltaïsche en thermische panelen**, die zowel stroom als warmte leveren, versterkt de flexibiliteit.

2.1.2. Biomassa

Biomassatechnologieën op basis van **verbranding** en **vergassing** worden toegepast om warmte, stoom, groen gas of waterstof te produceren uit vaste of vloeibare organische reststromen. Bij verbranding wordt biomassa (zoals houtpellets of vloeibare biobrandstoffen) direct ingezet in ketels voor industriële warmtevoorziening of stoomproductie. Vergassing, een proces waarbij biomassa of afval onder zuurstofarme omstandigheden wordt omgezet in een synthesesgas, kan worden gebruikt om groen gas of waterstof op te wekken.

De technieken variëren in schaalgrootte en toepassing: van stoomketels op houtpellets tot de directe inzet van houtpellets in industriële processen. Bij vergassing en de productie van hernieuwbare gassen wordt vaak gewerkt met huishoudelijk restafval. Deze toepassingen vereisen geavanceerde technologieën en zijn vooral relevant in sectoren met een continue warmtevraag, zoals industrie en afvalverwerking. Laagwaardige toepassingen, zoals kleine warmteketels op houtige biomassa en gebruik in de glastuinbouw, zijn technologisch mogelijk, maar worden steeds minder toegepast. Ze leveren relatief weinig broeikasgasemissiereductie (BKG-emissiereductie) op en zijn beleidsmatig uitgefaseerd. De huidige inzet van biomassatechnologieën richt zich daarom op efficiënte en **grootschalige industriële toepassingen** die bijdragen aan de energietransitie.

¹⁴PBL (2025). *Eindadviezen basisbedragen SDE++ 2025*. Het aantal subcategorieën in de SDE++, inclusief voor warmtetechnieken, kan elk jaar veranderen door het toevoegen van nieuwe subcategorieën of samenvoegen van bestaande subcategorieën op basis van ervaring nieuwe inzichten uit analyses en input van de markt.

2.1.3. E-boiler

E-boilers produceren warmte uit **elektriciteit**. Ze zijn beschikbaar in verschillende maten met kleinschalige toepassingen van zo'n 10 kW tot grootschalige systemen van meer dan 10 MW. Hierdoor zijn e-boilers geschikt voor **uiteenlopende industriële processen**.¹⁵ E-boilers zijn met name geschikt voor industriële processen waarbij hoge temperaturen nodig zijn, tot ongeveer 180-220 °C bij een druk van 10-20 bar. De **efficiëntie** van een warmtetechniek die elektriciteit gebruiken wordt uitgedrukt in de **Coëfficiënt of Performance (COP)**. De COP geeft aan hoeveel warmte een systeem genereert per eenheid gebruikte elektriciteit. Met een COP van ongeveer 1 zijn e-boilers minder efficiënt dan veel andere technieken. E-boilers kunnen hogere temperaturen bereiken en (deels daardoor) eenvoudiger fossiele ketels vervangen zonder ingrijpende aanpassingen aan bestaande processen. In veel gevallen hebben bedrijven een grotere elektriciteitsaansluiting nodig bij gebruik van een e-boiler. Dit wordt bemoeilijkt door de problematiek omtrent transportschaarste. Ook zijn de kosten voor een aansluiting substantieel.

De BKG-emissiereductie van e-boilers hangt sterk af van de **CO₂-intensiteit van de gebruikte elektriciteit**. Naarmate de elektriciteitsmix verder verduurzaamt, neemt het emissiereductiepotentieel van e-boilers toe. Bij inzet op momenten waarop hernieuwbare elektriciteit de marginale bron is, kunnen e-boilers effectief bijdragen aan de elektrificatie van industriële warmtevraag.

E-boilers zijn vooral aantrekkelijk in industriële processen waar **flexibiliteit** in warmtevraag mogelijk is, zoals bij productie in afzonderlijke productierondes, ondersteunend stroomvoorziening of in hybride opstellingen met een gasgestookte ketel. Door hun snelle op- en afschakeltijd zijn ze ook geschikt om in te spelen op **prijsschommelingen of tijdelijke overschotten aan duurzame elektriciteit**. Deze kenmerken maken e-boilers tot een steeds relevanter instrument in een energiesysteem dat in toenemende mate wordt gevoed door wind- en zonne-energie.

2.1.4. Geothermie

Geothermie maakt gebruik van **aardwarmte** uit diepere grondlagen om warmte te transporteren, waarbij een geothermische doublet water oppompt, warmte onttrekt en het afgekoelde water weer terug injecteert in dezelfde laag. Afhankelijk van de diepte (ondiepe geothermie, diepe geothermie of ultradiepe geothermie) kunnen temperaturen van minimaal 25 °C voor ondiepe geothermie tot maximaal 140 °C voor ultradiepe geothermie worden bereikt die geschikt zijn voor uiteenlopende toepassingen, variërend van middelgrote **stadsverwarming** tot hoge temperatuur **warmtenetten**. Geothermie wordt ook gebruikt in de **glastuinbouw**.

Wanneer de temperatuur van het opgepompte water onvoldoende is voor directe toepassing in warmtenetten, wordt geothermie vaak gecombineerd met een **warmtepomp** om de temperatuur op te waarden. Dit geldt met name voor diepe geothermie bij levering aan een hoog temperatuur warmtenet.

2.1.5. Industriële warmtepomp

Er zijn twee typen industriële warmtepompen te onderscheiden. Een industriële warmtepomp met **een gesloten systeem** is in staat laagwaardige warmte (< 100 °C) op te waarden naar een hogere temperatuur (> 100 °C). Industriële warmtepompen met **open systemen**, zoals mechanische damprecompressie (MVR), worden toegepast om verdampingsprocessen te elektrificeren.

Industriële warmtepompen hebben doorgaans een COP **tussen 2,5 en 6**, afhankelijk van het type installatie, de vereiste temperatuurlift en het gebruiksprofiel. In technisch gunstige configuraties kunnen warmtepompen zelf COP's hoger dan 10 behalen. De variatie weerspiegelt de invloed van systeemontwerp en toepassing op de efficiëntie. Door de hoge COP van warmtepompen kan met 1 kWh elektriciteit meer dan 1 kWh warmte worden geproduceerd, hierdoor leidt het vervangen van

¹⁵ Agora industry (2024). [Direct electrification of industrial process heat – An assessment of technologies, potentials and future prospects for the EU](#)

een gasboiler met een warmtepomp al tot BKG-emissiereductie, ook als deze elektriciteit is opgewekt in een gascentrale. De emissiereductie stijgt toe naarmate de CO₂-intensiteit van de elektriciteitsmix daalt.

Industriële warmtepompen worden in de **industrie** ingezet voor het opwaarderen van rest- en proceswarmte. **Gesloten systemen** worden gebruikt voor het hergebruik van laagwaardige warmte op de eigen locatie, zoals restwarmte uit koel- of vriesinstallaties, die met behulp van een warmtepomp wordt verwarmd tot een hogere temperatuur voor directe toepassing in het proces. **Open systemen** worden juist ingezet in bestaande verdampingsinstallaties. Hierin wordt warmte teruggewonnen en opnieuw benut binnen hetzelfde proces. Daarnaast worden **proces geïntegreerde warmtepompen** ingezet in de industriële verdampingsprocessen, waarbij verdampingswarmte wordt teruggewonnen voor hergebruik binnen dezelfde proceslijn. Dit betreft bestaande verdampingssystemen waarin aanpassingen aan het proces nodig zijn om warmtepompen efficiënt te integreren.

2.1.6. Lucht-water-warmtepomp

Bij een lucht-water-warmtepomp (**LW-WP**) wordt warmte uit de buitenlucht gebruikt als bron voor verwarming. Deze technologie zet met behulp van een warmtepomp lage temperatuurwarmte om in warmte op een bruikbaar temperatuurniveau, doorgaans 75 tot 80 °C in de **gebouwde omgeving** en 45 tot 55 °C in de **glastuinbouw**. Deze techniek is breed toepasbaar.

In de gebouwde omgeving worden LW-WP vooral toegepast in bestaande gebouwen met matige tot goede isolatie, waarbij beperkte aanpassingen aan het afgiftesysteem nodig zijn. In de glastuinbouw worden ze gebruikt om warmte te leveren op een lagere temperatuur, passend bij het klimaatsysteem in kassen. Doordat de benodigde temperatuurlift kleiner is, zijn investerings- en onderhoudskosten lager en is de efficiëntie in de glastuinbouw hoger. De efficiëntie van een LW-WP wordt uitgedrukt in de **Seasonal Coëfficiënt of Performance (SCOP)**¹⁶. Gemiddeld ligt de SCOP in de gebouwde omgeving rond de 3 en in de glastuinbouw rond de 4.

2.1.7. Restwarmte

Bij restwarmte wordt warmte die vrijkomt uit diverse processen **nuttig ingezet** bij andere processen. Restwarmte komt bijvoorbeeld vrij bij industriële processen, datacenters, afvalverwerkingsinstallaties (AVI's) en energiecentrales. In de industrie komt warmte bijvoorbeeld vrij bij chemische reacties, staalproductie of raffinage. In datacenters komt restwarmte vrij door de koeling van servers. Bij AVI's en energiecentrales ontstaat warmte bij verbranding of elektriciteitsopwekking.

Restwarmteprojecten kunnen worden onderscheiden op basis van het temperatuurprofiel en de warmtebron. Hoge-temperatuur restwarmte (> 100 °C), is vaak direct geschikt voor **industriële processen**, terwijl lage-temperatuur restwarmte (< 100 °C) met behulp van **warmtepompen** kan worden opgewaardeerd. De efficiëntie en haalbaarheid van een project hangen sterk af van de nabijheid van de warmtebron tot het afnemende warmtenet, evenals de benodigde infrastructuur.

Restwarmte vormt een belangrijke bron voor het verduurzamen van warmtevoorzieningen in sectoren als **gebouwde omgeving**, **glastuinbouw** en **industrie**.

2.1.8. Vergisting

Vergisting refereert naar een biologische techniek waarbij biogas wordt geproduceerd uit organische reststromen zoals dierlijke mest of slib. Het resulterende biogas kan worden ingezet voor de productie van hernieuwbaar gas of omgezet worden naar warmte en/of elektriciteit. Binnen de SDE++ worden bij de warmtetechnieken onderscheid gemaakt tussen **allesvergisting**, **monomestvergisting** (vergisting van uitsluitend dierlijke mest), **slibvergisting** (bij

¹⁶ COP is de efficiëntie van een warmtepomp weer onder standaardomstandigheden, terwijl de SCOP de gemiddelde COP over een jaar is.

waterzuiveringsinstallaties), **warmte uit compostering van biomassa** en **levensduurverlenging van bestaande biomassavergisting**.

2.1.9. Zonthermie

Zonthermische systemen wekken warmte op door gebruik te maken van **zonnecollectoren** of **concentrerende spiegels**. De opgewekte warmte wordt opgeslagen in een buffervat voor later gebruik. De techniek wordt vooral gebruikt als ondersteuning in warmtelevering, bijvoorbeeld bij **warmtenetten**. Daarnaast zijn er ook kleine zonthermie-installaties waarvan de warmte vooral wordt ingezet voor verwarming van kraanwater bij grotere verbruikers. Momenteel zijn maar weinig partijen die hun volledige warmtevoorziening uit zonthermie halen.

Combinaties van zonthermie met **warmtepompen** en thermische opslag zijn technisch goed mogelijk, waarbij de warmtepomp de warmte van zonnecollectoren opwaardeert en WKO voor seizoenbuffering zorgt.

2.2. Werking van de SDE++ bij warmtetechnieken

2.2.1. Algemene werking SDE++

De SDE++ is een eenzijdige CfD met als doel effectief en efficiënt bij te dragen aan CO₂-reductie in Nederland. Het idee is dat de technieken met een ontoereikend verwacht rendement subsidie ontvangen voor de '**onrendabele top**' zodat er (meer) in deze technieken wordt geïnvesteerd. De onrendabele top is het verschil tussen de minimale rendementseis voor een positieve investeringsbeslissing en het verwachte rendement uit marktinkomsten.

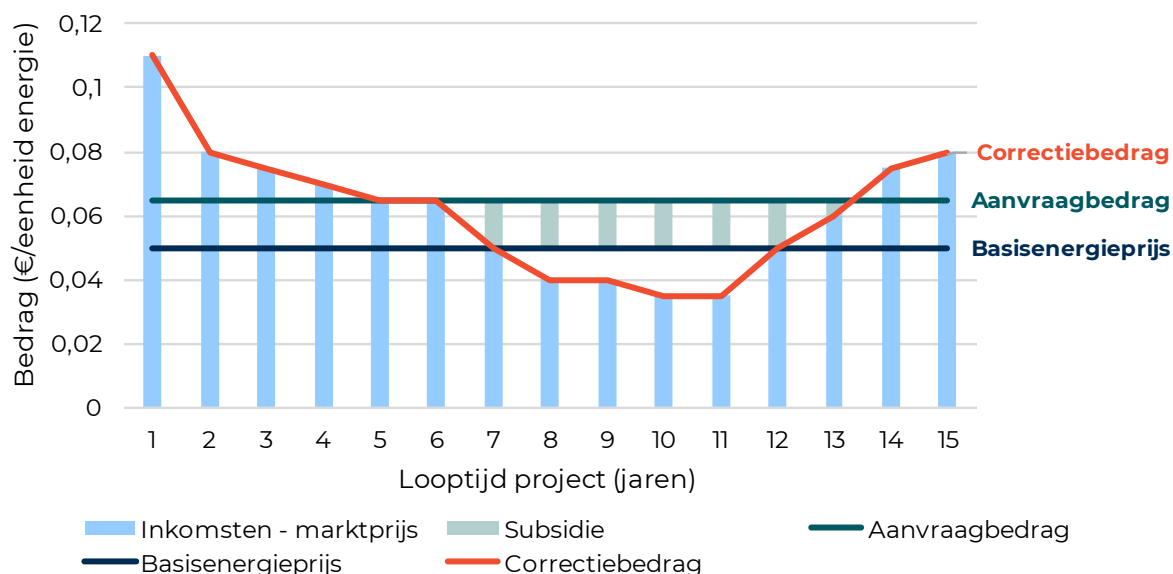
Hoewel de SDE++ 206 subcategorieën bevat, waarvan 81 gerelateerd aan warmte, is het een **generiek instrument**.¹⁷ Dit betekent dat de onrendabele top voor een **gangbaar project** wordt geraamd per subcategorie en niet voor ieder project individueel. De geraamde kostprijs per eenheid geproduceerde energie¹⁸ wordt het **basisbedrag** genoemd. De hoogte van het **aanvraagbedrag** voor de subsidie wordt gelimiteerd door het basisbedrag; er kan niet meer subsidie worden aangevraagd dan de subsidie die bij het basisbedrag past. Bovendien worden aanvragers gestimuleerd om lager aan te bieden dan het basisbedrag doordat de totale subsidiepot te krap dient te zijn om aan alle aanvragen subsidie te verstrekken.

Als een project wordt 'beschikt' (en dus wordt ondersteund door de SDE++) dan krijgt het project aan het begin van ieder jaar een **voorschot** uitgekeerd voor het komende jaar op basis van de verwachte onrendabele top van dat jaar van de specifieke subcategorie. Hierbij wordt gebruik gemaakt van het **voorlopige correctiebedrag**. Deze vertegenwoordigt de verwachte marktinkomsten per eenheid geleverde energie. Het aanvraagbedrag minus het correctiebedrag bepaalt het **uitgekeerde subsidiebedrag** per eenheid geleverde energie. Na afloop van dat jaar wordt per subcategorie berekend wat de (generieke) marktinkomsten waren gedurende dat jaar, waarmee het **definitieve correctiebedrag** wordt afgeleid. Op basis van het verschil tussen het voorschot en het definitieve correctiebedrag dient een project geld terug te betalen, of ontvangt het extra geld. Hierbij kan het correctiebedrag niet lager zijn dan de **basisenergieprijs** die het subsidiebedrag maximeert. Het achteraf vaststellen van het definitieve correctiebedrag zorgt ervoor dat de onrendabele top op transparante wijze en op basis van daadwerkelijke data berekend wordt. Figuur 2-1 illustreert de verschillende begrippen binnen de SDE++.

¹⁷ PBL (2025). *Onrendabele top model eindadvies SDE 2025*

¹⁸ Voor carbon capture (utilisation) & storage (CCS/CCU)-technieken in de SDE++ is dit per ton CO₂ vermeden kosten.

Figuur 2-1 Illustratie van de verschillende begrippen binnen de SDE++



Bron: Trinomics (2023). [Tussentijdse evaluatie SDE++ \(2020-2022\)](#).

2.2.2. SDE++ voor duurzame warmte

Voor **duurzame warmte** wordt in de SDE++ een **referentietechnologie** gebruikt om de **inkomsten** of de **vermeden kosten** te bepalen. Dit is de fossiele techniek die de duurzame warmte hypothetisch vervangt, meestal een warmte-krachtkoppelingsinstallatie (WKK). De jaarlijkse kosten van deze referentietechnologie worden vastgesteld op basis van de gasprijs, en voor ETS-installaties ook de vermeden ETS-kosten. De onrendabele top wordt berekend als het verschil tussen de kosten van de referentietechnologie en die van het duurzame warmteproject.

Deze aanpak verschilt van elektriciteitsprojecten, waarbij de inkomsten direct worden vastgesteld op basis van de elektriciteitsprijs en de gerealiseerde productie. Hier komt geen referentietechnologie aan te pas.

3. Relevante karakteristieken warmte-technieken voor werking SDE++

De werking van de SDE++ en de effectiviteit om warmteprojecten te stimuleren wordt beïnvloed door verschillende eigenschappen van de onderliggende warmtetechnieken. Ook de mate waarin eventuele alternatieve instrumenten warmte effectiever en efficiënter kan stimuleren hangt grotendeels af van deze karakteristieken. Daarom worden in dit hoofdstuk de **belangrijkste kenmerken** van en verschillen tussen duurzame warmtetechnieken beschreven. De **kosten, inkomsten en bedrijfsvoering** (flexibele inzet en rol SDE++) worden geschetst. De analyses in dit hoofdstuk zijn gebaseerd op data uit het PBL OT-model voor SDE++ 2025 en publieke RVO-data.

In Bijlage A worden de details van de analyses op techniekniveau weergegeven. Op basis van deze analyses is in overleg met KGG besloten om een aantal technieken niet verder mee te nemen in deze verkenning: biomassa, vergisting en zonthermie. Daarnaast wordt een extra onderscheid gemaakt bij geothermie (met/zonder warmtepomp), restwarmte (met/zonder warmtepomp) en industriële warmtepomp (open systeem/overig). De redenen hiervoor worden toegelicht in Bijlage A.

3.1. Kosten van duurzame warmteprojecten

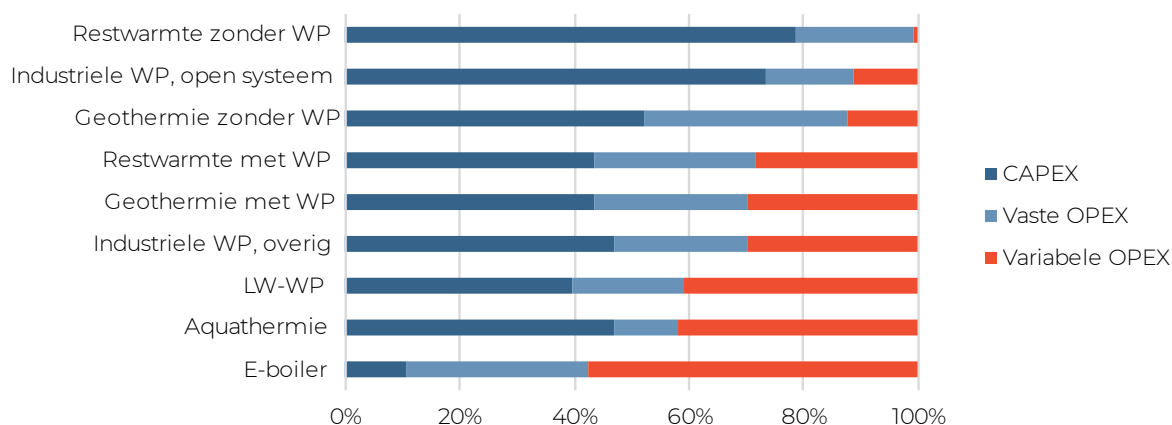
De kosten van een warmteproject kunnen worden onderverdeeld in:

- **Vaste kosten** die niet (of slechts beperkt) stijgen als de productievolumes stijgen; en
- **Variabele kosten** die sterk stijgen naarmate de productievolumes stijgen.

In de kostenanalyse onderscheiden we twee typen vaste kosten: **investeringskosten (CAPEX)** en **vaste operationele kosten (OPEX)**. De CAPEX bestaan bijvoorbeeld uit de materiaal en-installatiekosten om een nieuw warmteproject te realiseren. De vaste OPEX bestaan uit onder anderen loonkosten, onderhoudskosten en netwerkkosten. De variabele kosten zijn de variabele OPEX, bestaande uit de inkoop van elektriciteit en de energiebelasting, bijvoorbeeld.

Om de operationele kosten goed te kunnen vergelijken met de investeringskosten wordt gekeken naar de **kosten over de levensduur**. Omdat de operationele kosten over deze levensduur plaatsvinden worden deze verdisconteerd om tot een goede vergelijking te komen. Figuur 3-1 laat het aandeel van de verschillende kostentypen per techniek zien.

Figuur 3-1 Percentage vaste kosten (CAPEX + vaste OPEX) en variabele kosten (variabele OPEX) over de levensduur van een project, gerangschikt op vaste kosten (ongewogen gemiddelde van subcategorieën per techniekgroep)



Bron: Trinomics o.b.v. PBL OT-berekeningen voor basisbedrag SDE++ ronde 2025.

Op basis van de figuur kunnen drie groepen worden geschetst:

- **Vaste kosten zeer dominant** (>80% vaste kosten). In de techniegroep restwarmte zonder warmtepomp, industriële warmtepomp open systeem en geothermie zonder warmtepomp is het aandeel vaste kosten in de kosten over de levensduur zeer hoog (>80%). Bij industriële warmtepompen is dit gerelateerd aan de inpassingskosten, bij restwarmte aan de aanleg van de infrastructuur en bij geothermie aan de hoge kosten voor boringen. Het aandeel variabele kosten is gemiddeld laag, vooral omdat de elektriciteitskosten relatief laag zijn.
- **Variabele kosten dominant** (vaste kosten <50%). De techniegroep e-boilers heeft een laag aandeel vaste kosten. Dit is gerelateerd aan de relatief lage aanschafprijs en de relatief eenvoudige installatie en inpassing.
- **Geen dominante kosten** (vaste kosten 50-80%): Het merendeel van de techniegroepen valt tussen beide uitersten in. Hieronder vallen alle techniegroepen met een warmtepomp, omdat de warmtepomp tot hogere variabele kosten leidt (hieronder verder toegelicht). Bij de techniegroepen restwarmte en geothermie met warmtepomp en de industriële warmtepomp (overig) varieert het aandeel vaste kosten tussen 70% en 72%. Het gemiddelde aandeel vaste kosten van techniegroepen LW-WP en aquathermie bedraagt 59%.

Naast de variatie in (en hoogte van) investeringskosten blijkt op basis van de analyse in Bijlage A (en zoals weergegeven in Figuur 3-1) dat de **elektriciteitskosten** bepalend zijn voor de kostenstructuur. De hoogte van het aandeel variabele kosten wordt namelijk vooral beïnvloed door de elektriciteitskosten. Bij de geanalyseerde technieken met laag elektriciteitsverbruik is het aandeel variabele kosten laag. Het elektriciteitsverbruik is substantieel bij e-boilers en bij technieken waarbij gebruik wordt gemaakt van een warmtepomp. Verschillende technieken kunnen worden gecombineerd met een warmtepomp, bijvoorbeeld geothermie en restwarmte. Bij technieken met substantieel elektriciteitsverbruik worden de verschillen in elektriciteitskosten vooral bepaald door:

- **COP:** Het rendement van een warmtepomp is hoger dan het rendement van een e-boiler. Hierdoor gebruikt een e-boiler meer elektriciteit dan een warmtepomp. De COP van verschillende typen warmtepompen varieert ook aanzienlijk. De COP van de warmtepomp varieert in de meeste techniegroepen tussen 2,5 en 4. De industriële warmtepomp open systeem is hierop een uitzondering met een COP van 14 (daarom wordt deze als aparte techniegroep behandeld). De verschillen in rendement hebben een grote invloed op het elektriciteitsverbruik, de elektriciteitskosten en het aandeel variabele kosten.
- **Flexibiliteit:** Elektriciteitskosten worden bepaald door het elektriciteitsverbruik en de kosten per kWh. Een relevant onderscheid is of technieken flexibel worden ingezet, of dat ze minder goed kunnen inspelen op de elektriciteitsmarkt (bijvoorbeeld omdat ze basislast draaien, of omdat de vraag seizoensafhankelijk is).

Kader 3-1 vat de belangrijkste verschillen tussen de warmtetechnieken op het gebied van kosten en kosten gerelateerde onzekerheden samen.

Kader 3-1 Belangrijke verschillen tussen technieken op het gebied van kosten

Het onderscheid tussen de hoogte, variatie en onzekerheid van investerings- en operationele kosten per techniek is gebaseerd op het eindadvies basisbedragen SDE++ 2025 van PBL:

- **E-boilers** hebben zeer lage en voorspelbare CAPEX in vergelijking met andere technieken. Door de lage COP zijn variabele kosten hoog. Er zit onzekerheid in de variabele kosten, omdat deze grotendeels worden bepaald door ontwikkelingen in de elektriciteitssector (prijzen) en -beleid (belastingen en nettarieven).¹⁹
- Bij **restwarmte** variëren de CAPEX door de locatie van de bron t.o.v. de afnemer. Daarnaast stijgen de CAPEX als restwarmte wordt gecombineerd met een warmtepomp. Zonder warmtepomp zijn de variabele kosten relatief erg laag. Met warmtepomp stijgen de variabele kosten en ook hier geldt onzekerheid omtrent de elektriciteitsprijs (hoewel deze een minder grote impact heeft op de variabele kosten dan bij e-boilers).²⁰
- Bij **geothermie** is het beeld vergelijkbaar als bij restwarmte: relatief hoge CAPEX (hoger i.c.m. warmtepomp), lage variabele kosten zonder warmtepomp (vooral elektriciteitskosten voor pompen en installaties die het

¹⁹ Hoofdstuk 11; Elektrificatie van PBL (2025), [Eindadvies basisbedragen++ 2025](#)

²⁰ Hoofdstuk 12; Benutting restwarmte uit industrie en datacenters van PBL (2025), [Eindadvies basisbedragen++ 2025](#)

warme water naar de oppervlakte brengen). De onzekerheid omtrent investeringskosten wordt verklaard doordat de boorkosten hoger/lager kunnen uitvallen door geologische of technische tegen- of meevallers.²¹

- **Industriële warmtepompen** kennen een relatief hoge CAPEX door kosten gerelateerd aan systeem-integratie. Variatie wordt o.a. verklaard door de benodigde infrastructuur en de COP van de warmtepomp (hogere COP, hoger CAPEX). Open systemen behalen hogere COP's en kunnen daardoor lagere variabele kosten realiseren. De CAPEX is in vergelijking met procesgeïntegreerde en open systemen hoog vanwege de omvang en complexiteit van het warmtepompsysteem. Ondanks de hogere COP t.o.v. e-boilers zijn de variabele kosten vaak toch substantieel. Dit komt vooral doordat industriële warmtepompen slechts beperkt flexibel ingezet worden. De onzekerheid omtrent de variabele kosten is vergelijkbaar als bij (restwarmte en geothermie met) warmtepompen. Open systemen verschillen van gesloten en proces geïntegreerde systemen doordat zij rechtstreeks gebruikmaken van de werkzame warmtebron als overdracht medium, waardoor ze een zeer hoge COP kunnen halen en daarmee een lage variabele kosten hebben.²²
- Bij **lucht-waterwarmtepompen** zijn de belangrijkste verschillen t.o.v. industriële warmtepompen dat ze breder inzetbaar zijn zonder ingrijpende systeemintegratie. Ook produceren ze warmte op lagere temperaturen, dus worden ze toegepast in de gebouwde omgeving en glastuinbouw. Doordat LW-WP's de buitenlucht als warmtebron gebruiken, hebben ze ook een lagere efficiëntie voor hogere eindtemperaturen en/of lagere buitentemperaturen.²³
- Bij **aquathermie** zijn de CAPEX lager dan bij geothermie (en vaak bij restwarmte), maar hoger dan bij e-boilers. De variatie wordt vooral verklaard door locatieafhankelijke factoren, zoals de benodigde infrastructuur (pompen, warmtewisselaars) en integratie in het warmtenet. De variabele kosten zijn relatief hoog (elektriciteit voor pompen en warmtewisselaars om warmte uit oppervlaktewater of afvalwater te halen) en variatie wordt verklaard door o.a. de brontemperatuur. De onzekerheid omtrent de variabele kosten is vergelijkbaar als bij (restwarmte en geothermie met) warmtepompen.²³

3.2. Inkomsten van duurzame warmteprojecten

In tegenstelling tot elektriciteit wordt warmte niet verkocht op een groothandelsmarkt, maar veelal direct ingezet (dicht)bij het bedrijf waar de installatie staat. Dit wordt onder andere verklaard doordat warmte **locatiegebonden** is (vanwege de verliezen bij transport). De waarde van warmte en de inkomsten van warmteprojecten zijn hierdoor minder eenvoudig vast te stellen. Sommige bedrijven hebben meerdere warmte-installaties (ook in combinatie met opslag). Op momenten dat een duurzame warmtebron wordt ingezet vervangt deze de inzet van een andere warmtebron. In dit geval gaat het niet om directe inkomsten, maar om **vermeden kosten**. Dit zijn kostenbesparingen door de inzet van duurzame warmtebronnen ten opzichte van andere warmtebronnen. Andere bedrijven verkopen warmte aan derden. In dat geval zijn er wel om directe inkomsten, maar ook dan geldt dat deze warmte niet op een centrale markt wordt verhandeld.

De inkomsten verschillen ook per toepassing en **sector**:

- **Huishoudens:** De tarieven voor warmtenetten die leveren aan huishoudens zijn gereguleerd. Op dit moment mag het leveringstarief niet hoger zijn dan de kosten voor warmte-opwek met een Cv-ketel via het **Niet Meer dan Anders** (NMDA-)principe. De tariefstructuur wordt herzien en kan ingrijpend worden gewijzigd door het wetsvoorstel *Wet Collectieve Warmte*. Hierin worden de tariefvaststelling gefaseerd omgevormd naar een tarief dat is gebaseerd op efficiënte kosten van het warmtenet.
- **Niet-huishoudens:** De tarieven voor warmtelevering aan andere gebruikers zijn niet gereguleerd via het NMDA-principe. Hierbij gaat het bijvoorbeeld over de levering warmte uit geothermie, warmtenetten, of restwarmte aan industriële gebruikers of de glastuinbouw. De tarieven worden onderling afgesloten en in de meeste gevallen zijn deze contracten **gekoppeld aan de gasprijs**. Als de gasprijs stijgt, stijgt ook het leveringstarief. Bij veel grotere afnemers wordt het tarief vier keer per jaar aangepast (frequenter dan bij huishoudens).

Kader 3-2 vat de belangrijkste verschillen tussen de warmtetechnieken op het gebied van inkomsten en daaraan gerelateerde onzekerheden samen.

²¹ Hoofdstuk 7; Geothermie van PBL (2025), [Eindadvies basisbedragen++ 2025](#)

²² Hoofdstuk 11; Elektrificatie van PBL (2025), [Eindadvies basisbedragen++ 2025](#)

²³ Hoofdstuk 4; Energie uit water en lucht van PBL (2025), [Eindadvies basisbedragen++ 2025](#)

Kader 3-2 Verschillen tussen techniekengroepen op het gebied van inkomsten²⁴

- **E-boilers** worden veelal ingezet ter vervanging van gasgestookte installaties in de industrie. De tarieven zijn dus niet gereguleerd. De vermeden kosten zijn representatief (want vervangt gasinzet). Onzekerheid heeft vooral te maken met het aantal draaiuren per jaar (waarbij vooral de elektriciteitsprijs relevant is).
- **Restwarmte** wordt vooral ingezet in de gebouwde omgeving en glastuinbouw. In de gebouwde omgeving zijn de leveringstarieven gereguleerd. De representativiteit van de vermeden kosten verschilt per toepassing. De belangrijkste onzekerheid is het volume, omdat het volume warmte afhangt van de warmte die beschikbaar is vanuit de warmtebron (industriële processen of datacenters).
- Bij **geothermie** is het beeld qua inzet per sector, tariefregulering en representativiteit van de vermeden kosten vergelijkbaar als bij restwarmte. De belangrijkste onzekerheid is het volume, omdat het vooraf onzeker is hoe veel warmte een put daadwerkelijk kan leveren. De daadwerkelijke warmte die kan worden gewonnen kan hoger of lager uitvallen door aquifereigenschappen (zoals de poreusheid, permeabiliteit en homogeniteit van de aardlaag), de werkelijke bron- en retourtemperatuur en de dikte van de aardlaag. Hierdoor is het onzeker wat het gerealiseerd vermogen zal zijn.
- **Industriële warmtepompen** worden in de industrie gebruikt. Tarieven zijn dus niet gereguleerd en de gaskosten zijn representatief voor de vermeden kosten.
- **Lucht-waterwarmtepompen** en **aquathermie** worden veel gebruikt in warmtenetten en de glastuinbouw. Leveringstarieven zijn deels gereguleerd en gaskosten zijn beperkt representatief voor de vermeden kosten.

3.3. De bedrijfsvoering van duurzame warmtetechnieken

3.3.1. Economisch perspectief

Net als andere assets wordt een warmtebron ingezet als de **marginale inkomsten** groter zijn dan de **marginale kosten** (de kosten/inkomsten bij de productie van één extra eenheid). Voor de verwachte gemiddelde marginale inkomsten is gebruik gemaakt van de langetermijnprijs uit het PBL SDE++ 2025 OT-model van elke subcategorie, wat is gebaseerd op het 15-jaars gemiddelde van de verwachte toekomstige marktprijs voor warmte. Voor de gemiddelde verwachte marginale kosten zijn aangenomen dat deze hetzelfde als de variabele OPEX (variabele kosten). De marginale inkomsten en kosten bepalen samen of het vanuit een economisch perspectief rendabel is om warmte te leveren, ook de dekkingsbijdrage genoemd.

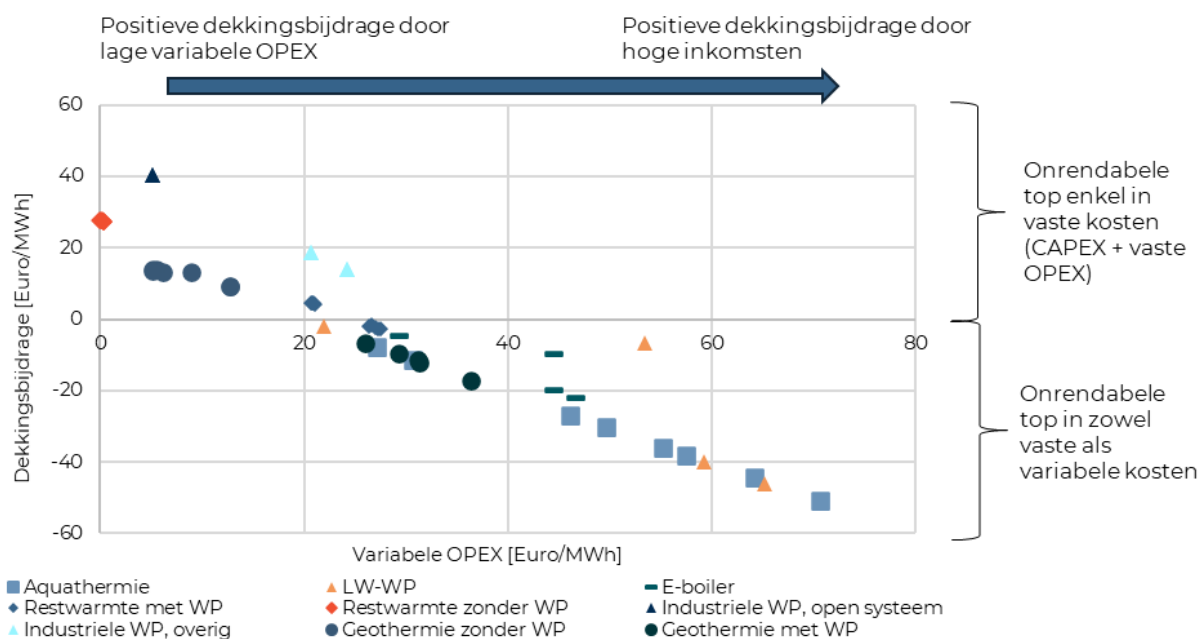
Figuur 3-2 plot de gemiddelde **dekkingsbijdrage** (= de verwachte gemiddelde marginale inkomsten - verwachte gemiddelde marginale kosten) op de verticale as van alle subcategorieën van de relevante techniekengroepen.²⁵ Dit is tegenover de **variabele OPEX** (verwachte gemiddelde marginale kosten) op de horizontale as gezet om te laten zien in welke mate de gemiddelde dekkingsbijdrage wordt beïnvloed door de verwachte gemiddelde marginale kosten. Subcategorieën boven de horizontale as hebben naar verwachting een gemiddeld positieve dekkingsbijdrage. Dit betekent dat de gemiddelde marginale inkomsten naar verwachting hoger zijn dan de gemiddelde marginale kosten. Onder de verwachte gemiddelde marktomstandigheden is het voor deze subcategorieën dus vanuit bedrijfseconomisch perspectief gewenst om **zelfs zonder de SDE++ zoveel mogelijk warmte te leveren**. Dit betekent niet dat projecten van deze technieken zonder de SDE++ rendabel zijn; technieken kunnen nog altijd een onrendabele top hebben door de vaste kosten (CAPEX en vaste OPEX).

Figuur 3-2 is gebaseerd op gemiddelde waarden voor de marginale kosten en inkomsten die zijn gebruikt om de basisbedragen en verwachte subsidie-intensiteit (hoogte van de onrendabele top) te bepalen. **In de praktijk variëren de kosten en inkomsten echter per uur**, waarbij de variatie in de groothandelsprijs voor elektriciteit de belangrijkste factor is.

²⁴ De tarieven in dit kader verwijst naar de tarieven voor warmteafnemers, en niet tarieven die warmtebronhouders aan warmteleveranciers rekenen wanneer deze niet onder eenzelfde bedrijf vallen. Dit rapport gaat niet in op de verschillen tussen projecten waar bronhouders en warmteleveranciers dezelfde partij of andere partijen zijn, omdat dit per project verschilt.

²⁵ Subcategorieën zoals in de SDE++ ronde 2025.

Figuur 3-2 De gemiddelde dekkingsbijdrage (marginale inkomsten – marginale kosten)



Bron: Trinomics o.b.v. PBL OT-berekeningen voor basisbedrag SDE++ ronde 2025.

Tabel 3-1 laat daarom de inschatting van de dekkingsbijdrage per techniegroep zien bij verschillende groothandelsprijsen (met andere aannames onveranderd). De gebruikte groothandelsprijsen zijn puur indicatief: ²⁶ 0-30 €/MWh is representatief voor periodes met overschotten van hernieuwbare elektriciteit, 30-65 €/MWh voor periodes met onder andere flexibele inzet (import, opslag, kernenergie), 65-150 €/MWh voor periodes waarin gascentrales prijszettend zijn, 150-200 voor periodes met hele hoge vraag waardoor minder efficiënte centrales draaien en periodes > 200€/MWh voor periodes met zeer hoge prijzen door (zeer) hoge vraag in combinatie met periodes zonder hernieuwbare productie. Naast de groothandelsprijs bestaat de elektriciteitsprijs onder andere uit de energiebelasting. Bij de verschillende subcategorieën varieert de gemiddelde energiebelasting op elektriciteit tussen 7 en 101 €/MWh, waardoor de totaalprijs dus (ruim) boven 0 ligt. De range in Tabel 3-1 bij een bepaalde prijs geeft de range in dekkingsbijdrage van de SDE++-subcategorieën die onder de techniegroep vallen. **Groen** betekent dat de dekkingsbijdrage voor alle subcategorieën binnen de techniegroep bij die grondhandelsprijs positief is en **rood** negatief. Wit betekent dat de dekkingsbijdrage voor sommige subcategorieën in de techniegroep positief is en sommigen negatief.

Tabel 3-1 Dekkingsbijdrage (€/MWh) bij een variërende groothandelsprijs voor elektriciteit

Techniegroep	Groothandelsprijs elektriciteit				
	0 €/MWh	30 €/MWh	65 €/MWh	150 €/MWh	200 €/MWh
Aquathermie	0 — 10	-13 — 1	-28 — -11	-65 — -22	-87 — -55
E-boiler	13 — 18	-18 — -13	-53 — -48	-88 — -83	-193 — -184
Geothermie met WP	4 — 13	-6 — 3	-17 — -9	-29 — -21	-62 — -55
Geothermie zonder WP	14 — 16	12 — 14	9 — 13	7 — 11	-1 — 6
Industriële WP, open systeem	16	14	12	9	2
Industriële WP, overig	8 — 16	-1 — 7	-11 — -3	-21 — -13	-50 — -42
LW-WP	1 — 31	-11 — 21	-25 — -10	-39 — -1	-79 — -34
Restwarmte met WP	10 — 16	2 — 5	-9 — -8	-22 — -18	-60 — -47
Restwarmte zonder WP	19	19	19	19	18 — 19

Bron: Trinomics op basis van parameters uit het PBL SDE++ 2025 OT-model bij verschillende groothandelsprijzen voor elektriciteit (inclusief een energiebelasting van 7–101 €/MWh).

²⁶ De indicatieve prijzen zijn mede tot stand gekomen op basis van de elektriciteitsprijsscenario's voor Nederland uit Tennet (2023). [Adequacy Outlook](#).

De relevante techniegroepen kunnen dus vanuit een economisch perspectief grofweg verdeeld worden over drie groepen:

1. Techniegroepen met een **positieve dekkingsbijdrage door relatief lage marginale kosten**: dit zijn geothermie zonder WP, restwarmte zonder WP en industriële WP open systeem. Dit zijn warmtetechnieken met (1) een relatief laag elektriciteitsverbruik en/of (2) een hele hoge COP, en daarmee relatief lage marginale kosten. De simulatie van de dekkingsbijdrage bij verschillende elektriciteitsprijzen bevestigt dat bij variaties in marginale kosten en inkomsten zeer beperkt invloed hebben op de warmteproductie bij deze technieken. Er zijn veel uren per jaar dat de marginale kosten lager zijn dan de marginale inkomsten, waardoor vanuit bedrijfseconomisch perspectief zo veel mogelijk warmte wordt geproduceerd (om aan de vraag te voldoen).
2. Techniegroep met een **negatieve dekkingsbijdrage door relatief hoge marginale kosten**: dit betreft enkel e-boilers. De simulatie van de dekkingsbijdrage bij verschillende elektriciteitsprijzen laat zien dat de dekkingsbijdrage bij relatief lage elektriciteitsprijzen (van 30 €/MWh) al negatief is. Bij e-boilers wordt de onrendabele top dus vooral verklaard door de variabele kosten. Voor projecten in deze groep geldt dat het voor een groot deel van de tijd niet rendabel is om warmte te produceren. Alleen op momenten met hele lage variabele kosten is (uren met hele lage of zelfs negatieve elektriciteitsprijzen) is warmteproductie rendabel (of de marginale inkomsten moeten substantieel stijgen, bijvoorbeeld door inkomsten uit de onbalansmarkt).
3. Techniegroepen met een **positieve of negatieve dekkingsbijdrage**, afhankelijk van de groothandelsprijs. Dit zijn techniegroepen met een warmtepomp die warmte afkomstig uit de lucht, water of uit een duurzame warmtebron opwaardeert naar een hogere temperatuur, oftewel industriële WP overig, aquathermie, LW-WP, restwarmte met WP en geothermie met WP. Of de inzet van de technieken in deze groep rendabel is, zal dus sterk afhangen van de marginale kosten en inkomsten.

De verschillen in de marginale kosten en inkomsten per techniek zijn echter niet de enige factoren die de **bedrijfsvoering** van de warmtebronnen beïnvloeden. In tegenstelling tot hernieuwbare elektriciteitsprojecten kunnen duurzame warmteprojecten namelijk niet op alle rendabele momenten ingezet worden:

- Bij hernieuwbare **elektriciteitsprojecten** geldt dat de marginale kosten in vergelijking met andere elektriciteitsopwekking laag zijn. Hierdoor zijn de marginale inkomsten al bij lage elektriciteitsprijzen hoger dan marginale kosten en kunnen hernieuwbare elektriciteitsprojecten veel uren per jaar een positief rendement halen (met uitzondering van periodes met zeer lage of negatieve prijzen). In de praktijk leveren hernieuwbare elektriciteitscentrales dus elektriciteit aan het net als de weersomstandigheden gunstig zijn (wind en zon), de elektriciteitsprijs positief is en de netcapaciteit het toelaat.
- Bij duurzame **warmteprojecten** verschilt de inzet per techniek en toepassing. Zoals besproken in Sectie 3.1 kunnen de variabele kosten en inkomsten sterk uiteenlopen en zijn ze onderhevig aan verschillende onzekerheden. Daarnaast zullen niet alle warmte-installaties met hogere marginale inkomsten dan marginale kosten ingezet kunnen worden, maar alleen de installaties met het laagste marginale kosten om aan de warmtevraag te voldoen.²⁷ Bij veel industriële processen is er een grotere kans dat de installatie wordt ingezet er vaak slechts één of twee installaties zijn. Bij grote warmtenetten zullen warmte-installaties echter met elkaar moeten concurreren. Daarnaast wordt de warmtevraag veelal bepaald door externe factoren en warmteopslag is slechts in beperkte mate mogelijk.

²⁷ Bij bedrijven die een Warmtekrachtkoppeling (WKK) gebruiken (of warmte inkopen van een partij met een WKK) zijn de elektriciteitsinkomsten ook een relevante factor.

Bij elektriciteitsinstallaties geldt ook dat de verschillen in de marginale kosten relevant zijn voor de inzet. Echter, doordat de verschillen tussen de marginale kosten voor hernieuwbare installaties klein zijn is de impact van marginale kostenverschillen op de inzet lager.

De combinatie van de **warmtevraag** en het **sector (toepassing)** zijn dus ook bepalende factoren welke installaties wanneer wordt ingezet. Dit wordt in Kader 3-3 verder besproken.

Kader 3-3 Mogelijkheid tot flexibele inzet van duurzame warmtetechnieken vanuit de afzetkant

De mogelijkheid tot flexibele inzet hangt niet alleen af van de flexibiliteit aan de opwekkant, maar ook van de flexibiliteit aan de afzetkant. Zo zit er een verschil in de flexibiliteit van de warmtevraag afhankelijk van de sector. Des te flexibeler de warmtevraag in te vullen is, des te meer ruimte om in te spelen op prijsprikkels op de elektriciteitsmarkt. Dit verschilt per sector:

- **Warmtenetten:** de warmtevraag bij warmtenetten is voor een groot deel seizoensgebonden gezien het in Nederland vooral gebruikt wordt voor de verwarming van de gebouwde omgeving en kassen. Warmte moet snel geleverd worden aan huishoudens of kassen en de mogelijkheden om warmtebronnen flexibel in te zetten is beperkt, hoewel dit ook afhangt van **warmtebuffers-** en opslag in het warmtesysteem en prijsprikkels die de afnemers ervaren. Bij grotere warmtenetten met **meerdere en gediversifieerde warmtebronnen** neemt de flexibiliteit toe, doordat er meer keuzeruimte is om de warmteopwekking aan te passen aan prijssignalen. Deze factoren zullen voornamelijk de inzet van **aquathermie, geothermie, LW-WP en restwarmte** beïnvloeden. Daarnaast is het relevant om onderscheid te maken tussen bestaande en nieuwe warmtenetten. **Nieuwe warmtenetten** hebben doorgaans te maken met een hoger volloopprijsico, doordat het aantal aangesloten afnemers in de beginfase nog beperkt en onzeker is (en daardoor ook de warmtevraag). Bij **bestaande netten** is de warmtevraag vaak stabiel, wat zorgt voor meer zekerheid over afzet en daarmee ook meer ruimte voor een flexibele inzet van duurzame bronnen. Het volloopprijsico bij bestaande netten is dus beperkt. Daarentegen ligt het risico bij bestaande netten volgens marktpartijen bij de warmtebron, oftewel of er voldoende warmte geleverd kan worden (zie Kader 3-2). Wel kan er sprake zijn van volloopprijsico bij een uitbreiding van bestaande netten zoals bij nieuwe warmtenetten.
- **Industrie:** de meeste industriële processen draaien op dit moment in basislast, hoewel dit in de toekomst mogelijk flexibeler wordt. De ramingen over het potentieel voor flexibiliteit lopen uiteen.²⁸ Hoewel de warmtevraag in de industrie momenteel grotendeels inflexibel is, betekent dit niet dat de toegepaste technieken, zoals **e-boilers** en **industriële warmtepompen**, ook in basislast draaien. Integendeel, e-boilers worden juist gestuurd op momenten met lage elektriciteitsprijzen en draaien daardoor slechts een beperkt aantal vollasturen. Binnen de SDE++ krijgen e-boilers bovendien alleen subsidie voor de goedkoopste uren, waardoor het economisch juist niet aantrekkelijk is om deze technieken in basislast in te zetten. Voor flexibele technieken is echter wel een voldoende sterke prijsprikkel nodig om rendabel ingezet te worden. De huidige SDE-uitkering is daarbij mogelijk niet toereikend om dit verschil volledig te overbruggen.
- **Glastuinbouw:** de glastuinbouw heeft een seizoensgebonden warmtevraag. De vraag is over het algemeen flexibeler dan in de gebouwde omgeving bij huishoudens, omdat de glastuinbouw meer prijsprikkels en meer kunde heeft om op flexibele wijze de benodigde temperatuur te behouden in de kas. De ruimte voor flexibiliteit kan vergroot worden door warmtebuffers- en opslag, waarbij de business case ook afhangt van de te besparen elektriciteitskosten. Daarnaast zou een gasgestookte WKK of ketel als back-up of pieklevering voor warmte behouden kunnen worden, wat de flexibiliteit voor warmteopwekking vergroot. **LW-WP, geothermie en restwarmte** zijn de technieken waar dit relevant voor is. Indien de glastuinbouw aangesloten is op een warmtenet geldt bovenstaande analyse voor warmtenetten.

3.3.2. Technisch perspectief

De mate waarin een techniek geschikt is voor flexibele inzet wordt niet alleen bepaald door bedrijfseconomische kenmerken, maar ook door technische eigenschappen. De technische geschiktheid van een techniek voor flexibele inzet wordt bepaald door de mogelijkheid om **snel op- en af te schakelen**, de **afhankelijkheid van externe warmtebronnen** en de mate waarin **infrastructuur het toelaat om de warmteproductie aan te passen**.

Zo zijn e-boilers zeer geschikt voor flexibiliteit vanwege hun vermogen om snel te reageren op veranderende omstandigheden. Restwarmte en geothermie zijn juist minder goed in staat om flexibel te opereren: de inzet is hier deels afhankelijk van de beschikbaarheid van een warmtebron en in hoeverre deze beschikbare warmte regelbaar is. Daarnaast speelt ook de technische configuratie van de installatie een rol. Bij warmtenetten bijvoorbeeld kan de levering slechts beperkt worden aangepast zonder de warmtevraag in gevaar te brengen. Ten slotte hebben toepassingen in de gebouwde omgeving of bij warmtenetten vaak een seizoensgebonden warmtevraag, wat leidt tot natuurlijke beperkingen in jaarlijkse vollasturen²⁹.

²⁸ TKI topsector (2022). **INDUSTRIËLE FLEXIBILITEIT: DE COMPLEXE OPGAVE VAN DE FLEX**

²⁹ Vollasturen verwijzen naar het aantal uren per jaar dat een installatie theoretisch op volledig vermogen zou draaien om dezelfde energieproductie te behalen als in de praktijk. Dit wordt berekend als de jaarlijkse energieproductie gedeeld door het nominale vermogen van de installatie. Draaiuren zijn de daadwerkelijke uren waarin een installatie in bedrijf is, ongeacht of deze op vol vermogen draait of niet.

3.3.3. Basislast, deellast en flexibele inzet

Samengevat kan er onderscheid tussen **drie type warmte-installaties qua bedrijfsvoering** worden gemaakt, rekening houdend met technische mogelijkheden, bedrijfseconomische parameters en vraagprofielen van de afnemers:³⁰

- Installaties die bij **basislast** (zo'n 6 000 – 8 000 vollasturen) opereren. Inzet als basislast vindt bijvoorbeeld plaats bij industriële processen met constante warmtevraag. Daarnaast hebben deze warmte-installaties relatief lage gemiddelde variabele kosten, zodat ze ook vanuit bedrijfseconomisch perspectief veel vollasturen kunnen maken. **Industriële warmtepompen** kunnen bijvoorbeeld voor de basislast worden ingezet door een constante warmtevraag. Ook voor **aquathermie, geothermie en restwarmte** geldt dat deze veelal als basislast worden ingezet met, hoewel ze in de regel de warmtelevering (en dus vollasturen) onzekerder zijn door de warmtevraag minder zeker is, en bij geothermie en restwarmte de beschikbaarheid van een warmtebron en hoe regelbaar de warmte is die daaruit komt.
- Installaties voor **deellast** worden ingezet (zo'n 3 000 – 6 000 vollasturen). Als resultaat van reguliere seizoens- of dagfluctuaties kan de warmtevraag variëren. Om aan deze extra vraag te voldoen worden bronnen ingezet die als deellast functioneren. Installaties die voor deellast worden gebruikt hebben veelal hogere gemiddelde variabele kosten dan installaties voor basislast. De meeste duurzame technieken vallen hieronder, zoals **aquathermie, LW-WP** maar ook **industriële warmtepompen** kunnen als deellast worden gebruikt.
- Tot slot zijn er installaties die geschikt zijn voor **flexibele** inzet (minder dan 3 000 vollasturen per jaar).³¹ Installaties die flexibel worden ingezet hebben veelal hoge gemiddelde variabele kosten en zijn technisch in staat snel op en af te schakelen. De flexibele inzet kan de balanshandhaving op het elektriciteitsnet ondersteunen door piekbelasting op het net te verminderen. Historische data van 2018 tot 2022 laten zien dat inzet voor balanshandhaving kan leiden tot een relatieve kostenbesparing van ongeveer 20% op de jaarlijkse inkoopkosten voor elektriciteit.³² Dit betekent dat bedrijven inkomsten kunnen genereren door actief deel te nemen aan de onbalansmarkt en hun warmte-installatie flexibel inzetten op basis van netbehoeften. Hierdoor kunnen ook **e-boilers**, maar **aquathermie** en **LW-WP** op sommige momenten flexibel worden ingezet (zie Kader 3-3).

3.3.4. De bedrijfsvoering en de SDE++

Invloed van de SDE++ op de inzet

Warmteprojecten die worden ondersteund door de SDE++ ontvangen extra inkomsten bovenop de marktinkomsten (als het definitieve correctiebedrag lager is dan het aangevraagde subsidiebedrag). Dit is in Kader 3-4 verder toegelicht. De mate waarin de SDE++ de inzet van installaties beïnvloedt verschilt echter per techniek en toepassing. Dit is grotendeels gerelateerd aan het economisch perspectief van de bedrijfsvoering, oftewel de dekkingsbijdrage (zie Sectie 3.3.1):

- Bij technieken en toepassingen waar de marginale inkomsten tijdens een groot aantal uren per jaar hoger is dan de variabele kosten (de **dekkingsbijdrage** is **positief**) en de variabele kosten laag zijn, heeft de **SDE++ weinig invloed** op de **inzet** van de installatie. Omdat het overgrote deel van de tijd de dekkingsbijdrage zonder SDE++ positief is, dient de SDE++ vrijwel geheel als een **extra inkomstenbron** om de vaste kosten terug te verdienen en beïnvloedt de inzet niet. Dit is het geval voor de techniegroepen **geothermie zonder WP, industriële WP open systeem** en **restwarmte zonder WP**.
- Bij technieken en toepassingen waar de marginale inkomsten niet of slechts een kleiner aantal uren per jaar hoger zijn dan de variabele kosten (de **dekkingsbijdrage** is **negatief**) en de variabele kosten hoog zijn, heeft de **SDE++ veel invloed** op de **inzet** van de installatie. De SDE++ verhoogt de marginale inkomsten, waardoor de inzet van de installatie op meer uren

³⁰ Op basis van inzichten uit PBL (2020), [Eindadvies basisbedragen++ 2020](#) en PBL (2025), [Eindadvies basisbedragen++ 2025](#).

³¹ Op basis van SDE++ categorieën.

³² PBL (2024). <https://open.overheid.nl/documenten/1057d419-e925-432e-9481-0ceeb2247adc/file>

rendabel is met meer duurzame warmteproductie als gevolg. Doordat de subsidie ook nog eens meebeweegt met de gasprijs, borgt de SDE++ dat de duurzame warmteprojecten zelfs bij lagere gasprijzen concurrerend blijven ten opzichte van een gasketel of gasgestookte WKK. De SDE++ kan bij deze technieken dus gezien worden als productiesubsidie die de **variabele kosten effectief verlaagt**, zodat duurzame warmteopwekking concurrerend is met fossiele alternatieven.³³ Dit is de voornaamste rol van de SDE++ bij **e-boilers**.

Voor overige techniekengroepen **aquathermie, geothermie met WP, industriële WP overig, LW-WP** en **restwarmte met WP** dient de SDE++ als een extra inkomstenbron om de vaste kosten te dekken en ter verlaging van de variabele kosten. De mate waarin de SDE++ de inzet van de technieken beïnvloed zal minder sterk zijn dan bij bijvoorbeeld e-boilers, maar speelt alsnog een belangrijke rol om de bedrijfsvoering.

Kader 3-4 Inkomsten uit de SDE++ per warmtetechniek

Het correctiebedrag in de SDE++ is een schatting van de marktwaaarde van de opgewekte warmte, oftewel de verwachte inkomsten (zoals uitgelegd in Sectie 2.2.2). Dit bedrag wordt berekend op basis van referentieprijzen die verschillen per techniek. Bij warmtetechnieken gaat het meestal om een afgeleide van de gasprijs (TTF), vermenigvuldigd met een bepaald percentage:

- Voor technieken zoals **e-boilers** wordt als referentie een **flexibele WKK** gebruikt, waarbij het correctiebedrag gelijk is aan 90% van de TTF-gasprijs. Voor vrijwel alle techniekgroepen met **warmtepompen** wordt juist een **must-run WKK** als referentie genomen, waarbij een correctiebedrag van 70% van de TTF-prijs wordt gebruikt. Ook bij **geothermie** en **restwarmte** wordt aangenomen dat deze een gasgestookte WKK vervangt, waardoor het correctiebedrag is vastgesteld op 70% van de TTF-gasprijs. De **gasketel** wordt in de huidige systematiek alleen nog als referentie gebruikt bij zonthermie, vergisting met warmtelevering en vloeibare biomassa³⁴.
- Daarnaast neemt het correctiebedrag ook ETS-voordelen (vermeden inkoop of opbrengsten uit de verkoop van ETS-rechten) mee. Dit ETS-voordelen verschillen niet alleen tussen de technieken, maar kunnen ook per subcategorie binnen een techniek verschillen. Dit hangt van de techniek (restwarmte, e-boilers of andere warmtetechnieken), voornaamste toepassing (warmteopwekking bij een ETS-installatie, warmtelevering aan stadsverwarming of andere toepassingen) en de aanwezigheid van een warmtepomp.³⁵

SDE++ als subsidie vs. SDE++ als garantie

De SDE++ vervult twee rollen die beide meer investeringszekerheid bieden:

1. **Het dekken van de onrendabele top:** Bij veel technieken in de SDE++ zijn de verwachte marktinkomsten onvoldoende voor een positieve business case. Dit zijn technieken met een onrendabele top (wat zich vertaalt naar positieve subsidie-intensiteit). De SDE++ dient tot extra inkomsten te leiden waardoor de combinatie van subsidie- en -marktinkomsten voldoende is om minstens alle projectkosten te dekken en het project rendabel te maken.
2. **Garantie/derisking:** Bij technieken zonder een verwachte onrendabele top (en dus een negatieve subsidie-intensiteit) is de verwachte subsidie-inkomsten vanuit de SDE++ nul. Voor deze technieken geldt de SDE++ vooral als verzekering tegen mogelijk lagere inkomsten (of vermeden kosten) als de marktwaaarde van de geleverde warmte lager is dan geraamd in de business case. De SDE++ dient hiermee als een minimale garantie voor inkomsten, waardoor de SDE++ het risico van onverwachte inkomstendalingen afdekt (en verplaatst naar de overheid) en daarmee de financieringskosten verlaagt.

Bij techniekcategorieën met een onrendabele top vervult de SDE++ twee rollen (dekken onrendabele top en *derisken*). Bij techniekcategorieën zonder onrendabele top vervult de SDE++ alleen de tweede (*derisking*) rol. Tabel 3-2 laat zien dat van de relevante techniekgroepen in deze verkenning, de SDE++ voor sommige subcategorieën van industriële WP open systeem en restwarmte zonder WP vooral

³³ Bij daadwerkelijke marktinkomsten (zoals bij warmtenetten waar meerdere warmtebronnen op zijn aangesloten) betreft dit de directe concurrentie met fossiele warmtebronnen in de levering van warmte. Bij vermeden kosten (zoals in de industrie of glastuinbouw) gaat dit om de concurrentie van bedrijven met hernieuwbare warmteopwekking met andere producenten die fossiele warmtebronnen gebruiken.

³⁴ Voor meer details, zie hoofdstuk 16; Correctiebedragen en basisprijzen van PBL (2025), [Eindadvies basisbedragen++ 2025](#).

³⁵ Voor meer details, zie Bijlage 4: Beslisboom ETS-voordeel van PBL (2025), [Eindadvies basisbedragen++ 2025](#).

de rol van *derisken* vervult. Bij andere techniegroepen wordt de SDE++ ook gebruikt om de onrendabele top te dekken.

Tabel 3-2 Parameters ter indicatie onrendabele top per relevante techniegroep o.b.v. SDE++ 2025

Relevante techniegroepen	Range basisbedrag [EUR/kWh]	Range lange termijn prijs [EUR/kWh]	Range subsidie-intensiteit [EUR/tCO ₂]
Aquathermie	0,073 – 0,190	0,019 – 0,020	294 – 1 008
E-boiler	0,066 – 0,093	0,025 – 0,035	183 – 303
Geothermie met WP	0,089 – 0,204	0,019 – 0,020	192 – 507
Geothermie zonder WP	0,038 – 0,167	0,019 – 0,022	42 – 336
Industriële WP, open systeem	0,030 – 0,069	0,046	-74 – 110
Industriële WP, overig	0,053 – 0,110	0,038 – 0,040	73 – 384
LW-WP	0,064 – 0,176	0,019 – 0,047	230 – 903
Restwarmte met WP	0,059 – 0,126	0,025	181 – 577
Restwarmte zonder WP	0,013 – 0,041	0,028 – 0,046	-68 – 60

Bron: PBL OT-berekeningen voor basisbedrag SDE++ ronde 2025. De range geeft de gehanteerde waarden in de PBL OT-berekeningen weer van de subcategorieën die onder de relevante techniegroep vallen.

4. Analyse uitdagingen warmte & SDE++

Dit hoofdstuk verkent verschillende (veronderstelde) uitdagingen omtrent de SDE++ en duurzame warmte. Sommige uitdagingen zijn gedurende het onderzoek geïdentificeerd, andere uitdagingen zijn aangedragen door KGG.³⁶ De uitdagingen zijn vanuit drie perspectieven benaderd:

1. Uitdagingen vanuit het perspectief van de **projectontwikkelaar** of **eigenaar**, waarbij vooral naar uitdagingen omtrent de business case wordt gekeken.
2. Uitdagingen vanuit het perspectief van de **overheid**, waar een beperkte effectiviteit van de SDE++ voor duurzame warmte ook een uitdaging is (o.a. voor het behalen van de klimaatdoelen). Mogelijke oplossingen voor geïdentificeerde uitdagingen kunnen vervolgens voor nieuwe problemen zorgen vanuit overheidsperspectief, bijvoorbeeld wat betreft het risico op overstimulering. Deze mogelijke nieuwe problemen worden in Hoofdstuk 5 besproken (en voor een vaste subsidie in Hoofdstuk 6).
3. Uitdagingen vanuit **energiesysteem perspectief**, waarbij naar mogelijk ongewenste prikkels wordt gekeken.

Iedere uitdaging wordt eerst in het algemeen behandeld, waarbij in sommige gevallen de vergelijking wordt gemaakt met elektriciteitsprojecten onder de SDE++ ter verduidelijking. Daarna wordt de relevantie voor de verschillende techniegroepen besproken.

4.1. Uitdaging I – koppeling SDE++ & warmtelevering

Uitdaging I – De koppeling van de totale subsidie met de warmtelevering zorgt voor onzekere subsidie-inkomsten bij warmteprojecten: als de productie onverwacht lager uitvalt dan is de subsidie lager

De SDE++ is een **exploitatiesubsidie**, waarbij subsidie wordt uitgekeerd op basis van de geproduceerde energie (of de vermeden BKG-uitstoot). De hoogte van de subsidie is dus afhankelijk van de afzet of de **productievolumes**, waardoor volumerisico's relevant zijn:

- Voor **hernieuwbare elektriciteit** zijn de **volumerisico's** (het risico dat de afzet lager is dan verwacht) relatief **laag**. Elektriciteit wordt in het algemeen aan het net geleverd (waardoor de afname voorspelbaar is). Bovendien zijn de variabele kosten van hernieuwbare elektriciteit zeer laag, waardoor deze produceren als het weer, de balans en de netcapaciteit het toelaten en als de prijs positief is. De jaarlijkse productie is daarmee voorspelbaar en het risico op een lagere afzet beperkt.
- Bij veel **warmteprojecten** is het risico dat de warmteproductie en/of -levering lager uitvalt dan verwacht groter dan bij elektriciteit (**volumerisico's zijn hoger**): warmtelevering wordt onder andere beïnvloed door de warmtevraag. Bij warmtenetten is deze bijvoorbeeld onzeker vanwege onzekerheid over het aantal aansluitingen op lange termijn (vollooprisico). Bovendien verschilt bij meerdere technieken en toepassingen in de gebouwde omgeving en glastuinbouw de warmtevraag per seizoen, waarbij de temperatuur in de winter een belangrijke factor is in het jaarlijkse warmtevraag. In de industrie is de totale warmtevraag minder afhankelijk van het weer, en zijn volumerisico's vooral het gevolg van fluctuerende productieniveaus.

³⁶ Marktpartijen die voor deze verkenning zijn geraadpleegd hebben ook andere uitdagingen met warmtetechnieken in de SDE++ benoemd, waaronder dat de basisbedragen te laag zijn of dat de duurdere warmtetechnieken onvoldoende aan bod komen in de SDE++. Deze aspecten relateren echter aan de inherente ontwerpkeuzes van de SDE++ ter bevordering van de doelmatigheid van de SDE++ en worden daarom in deze verkenning niet verder behandeld.

Doordat de SDE++ een exploitatiesubsidie is (waarbij de totale subsidie afhangt van de productie), zijn zorgt eventuele lagere warmtelevering niet alleen voor lagere marktinkomsten, maar ook voor lagere subsidie-inkomsten. Door de grotere volumerisico's bij verschillende warmtetechnieken en toepassingen (in vergelijking met elektriciteit) is de koppeling tussen de subsidie-uitgaven en de productie/levering bij warmteprojecten een relevantere uitdaging dan bij elektriciteitsprojecten.

Impact Uitdaging I per techniek en toepassing

De **impact** van **volumerisico's** op de business case van een warmteproject **stijgt** naarmate (1) de **hoeveelheid warmtelevering die nodig is om de vaste kosten terug te verdienen stijgt**. Dit is het geval bij technieken en toepassingen met een hoog aandeel vaste kosten. Daarnaast stijgt de relevantie naarmate (2) de **onzekerheid** over de warmtelevering stijgt en naarmate (3) de **onrendabele top** (afhankelijkheid van de SDE++) toeneemt.

Wat betreft **1)** de hoeveelheid warmtelevering om vaste kosten terug te verdienen:

- Voor de technieken en toepassingen met **dominante vaste kosten** (zoals de techniekgroepen geothermie en restwarmte zonder warmtepomp, en de industriële warmtepomp open systeem) bestaat meer dan driekwart van de kosten over de levensduur van het project uit vaste kosten. Dit betekent dat deze projecten veel warmte moeten leveren (met een positieve marge) om de vaste kosten terug te verdienen. Bij deze techniekgroepen is Uitdaging I zeer relevant. Als de warmtelevering onverwacht lager uitvalt dan is er minder subsidie beschikbaar om de vaste kosten terug te verdienen.
- Voor technieken en toepassingen met **dominante variabele kosten** (zoals de techniegroep e-boilers) bestaat iets meer dan 40% van de levensduurkosten uit vaste kosten (zo'n 10% CAPEX en zo'n 30% vaste OPEX). Er zijn dus slechts een beperkte volume warmteafzet (met een positieve marge) nodig om de vaste kosten (en zeker de CAPEX) terug te verdienen. Het risico dat de warmtelevering dusdanig laag uitvallen dat de SDE++ niet voldoende is om de investering terug te verdienen is daarmee klein (en daarmee de relevantie van Uitdaging I).
- Voor technieken en toepassingen **zonder dominante kosten** (zoals de techniekengroepen met warmtepompen) ligt de gemiddelde variabele kosten relatief dicht bij de gemiddelde marginale inkomsten ligt. De prikkel die de SDE++ biedt voor deze middengroep hangt af van de verhouding tussen de marginale inkomsten en de totale OPEX. Wanneer het correctiebedrag hoger is dan de OPEX, is er een sterke prikkel om zoveel mogelijk warmteafzet te realiseren om de CAPEX terug te verdienen en draagt de SDE++ hieraan toe. Als het correctiebedrag dichterbij of zelfs onder de OPEX ligt, wordt de subsidiehoogte bepalend of dit voldoende is om de OPEX te dekken en de techniek dus in te zetten.

Wat betreft **2)** onzekerheid in de warmtelevering:

- Bij geothermie en restwarmteprojecten is de onzekerheid omtrent het vermogen (warmteproductie) relatief groot: het vooraf inschatten van het vermogen in een geothermieput is uitdagend en de hoeveelheid restwarmte is afhankelijk van de processen waar de warmte vrij komt.
- Bij projecten met hogere (variatie in) variabele kosten en veel elektriciteitsgebruik zijn de vollasturen ook onzeker, omdat deze afhangen van de toekomstige elektriciteitsprijs. Dit is wel een ander type onzekerheid, omdat elektriciteitsprijzen kunnen worden geraamd.
- Onzekere warmtevraag zorgt ook voor onzekerheid in de warmtelevering.

Wat betreft **3)** onrendabele top geeft Tabel 3-2 in Sectie 2.2.2 de range van de geschatte subsidie-intensiteit weer van de verschillende subcategorieën per techniegroep op basis van de eindadviezen van PBL in 2025. Dit is een indicatie van de onrendabele top. De tabel laat vooral een grote spreiding zien. Toch valt een grove verdeling te maken:

- Techniegroepen met een **mogelijk hoge onrendabele top** (en/of grote spreiding) zijn: aquathermie met een subsidie-intensiteit per subcategorie variërend van €294/tCO₂ tot

€1008/tCO₂, LW-WP (€230–903/tCO₂), geothermie met WP (€192–507/tCO₂), en restwarmte met WP (€181–577/tCO₂). Dit benadrukt de relevantie van Uitdaging I bij geothermie met WP.

- Techniekgroepen met een **middel onrendabele top** zijn: e-boiler (€183–303/tCO₂), industriële WP overig (€73–384/tCO₂) en geothermie zonder WP (€42–336/tCO₂).
- Techniekgroepen met een **lage of geen onrendabele top** zijn: restwarmte zonder WP (€68–60/tCO₂) en industriële WP open systeem (€74–110/tCO₂).

Tabel 4-1 geeft de inschatting van de relevantie van Uitdaging I weer per techniekgroep als een combinatie van de inzichten hierboven.

Tabel 4-1 Relevantie van Uitdaging I per techniekgroep

Aqua-thermie	E-boiler	Geothermie met WP	Geothermie zonder WP	Industriële WP, open systeem	Industriële WP, overig	LW-WP	Restwarmte met WP	Restwarmte zonder WP
++	/	++	++	/	+	++	+	/

++: zeer relevant, +: relevant, /: beperkt relevant

4.2. Uitdaging II – onzekerheid inkomsten door gasreferentie

Uitdaging II - De onzekerheid over het correctiebedrag op basis van de gasboiler of WKK zorgt voor onzekere warmte-inkomsten per GJ, waarbij de kosten van een gasboiler en WKK steeds minder goed aansluiten bij de marktprijs voor warmte in de praktijk

Bij alle SDE++-projecten zijn de totale subsidie-inkomsten niet alleen afhankelijk van de werkelijke warmtelevering, maar ook van de geschatte inkomsten (of vermeden kosten) die na afloop van een productiejaar worden bepaald door middel van het **correctiebedrag**. Deze bepaalt immers mede de hoogte van de subsidie per geproduceerde of geleverde eenheid warmte:

- Voor **elektriciteit** wordt het correctiebedrag vastgesteld op basis van de totale productie en de (day-ahead) elektriciteitsprijs (en een correctie voor de profiel- en onbalanskosten). Deze prijs sluit vrij goed aan bij de prijs die partijen daadwerkelijk ontvangen. **Hierdoor biedt de SDE++ elektriciteitsprojecten een gegarandeerde minimale inkomstenstroom** in €/MWh (marktinkomsten + subsidie-inkomsten, waarbij de SDE++-inkomsten de marktinkomsten aanvullen bij lage marktprijs).³⁷
- Duurzame warmteproductie leidt niet altijd tot directe inkomsten. Bij sommige toepassingen zorgt duurzame warmteproductie voor een kostenbesparing, omdat een andere warmtebron wordt afgeschakeld.³⁸ In dit geval is er sprake van vermeden kosten. Bij toepassingen wordt warmte verkocht. In dit geval is er sprake van directe inkomsten. Bij warmteprojecten is het correctiebedrag daarom niet alleen een inschatting van de directe inkomsten, maar ook van de **vermeden kosten**. Deze worden geschat ten opzichte van een hypothetische referentie-installatie (zie Sectie 2.2). Doordat het correctiebedrag van warmte-installaties wordt bepaald aan de hand van de vermeden kosten van de hypothetische referentie-installatie **biedt de SDE++ warmteprojecten geen gegarandeerde minimale inkomstenstroom** per eenheid geproduceerde warmte. Ook is het inschatten van de daadwerkelijke vermeden kosten complex, omdat warmte **locatiegebonden** is, waardoor de waarde per project verschilt.

³⁷ Tenzij de marktprijs onder de basisenergieprijs zakt. Onder dat niveau vergoedt de SDE++ het additionele prijsverschil niet meer om de risicoblootstelling (en budgetreservering) van de overheid te beperken.

³⁸ In andere gevallen wordt de warmte wel verkocht aan derden en worden er wel directe inkomsten gegenereerd.

Met andere woorden: waar de SDE++ bij elektriciteitsprojecten het **prijsrisico** grotendeels dekt van elektriciteitsprojecten, is de SDE++ slechts beperkt in staat dit bij warmteprojecten te doen.

Naast het feit dat de referentie-installatie en de locatiegebondenheid ervoor zorgen dat de inkomsten moeilijk generiek te bepalen zijn en er daardoor geen minimale inkomsten per eenheid geleverde warmte kunnen worden geboden, sluit de **gasboiler** en **WKK** als **referentietechniek** niet altijd goed aan op de praktijk.

Zoals besproken in Kader 3-4 in Sectie 3.3 wordt bij alle technieken een **gasboiler** of **WKK** als referentietechniek gebruikt. Er wordt dus aangenomen dat iedere duurzame warmte-installatie een investering in (of inzet van) een gasboiler of WKK uit de markt drukt. Echter, de inzet van gasboilers en WKK's daalt en het aantal uren per jaar dat het inschakelen van een duurzame bron een andere (duurzame) bron vervangt in plaats van een gasboiler of WKK stijgt. Deze bron heeft andere kosten dan de gasboiler of WKK, waardoor de inschatting van de vermeden kosten **steeds minder representatief** is. Hierdoor is het definitieve correctiebedrag niet altijd (en waarschijnlijk steeds minder vaak) een goede inschatting van de daadwerkelijke inkomsten of vermeden kosten per eenheid geleverde warmte.

Kader 4-1 legt uit dat het gebruik van de gasprijs als benadering van de huidige warmteprijs nog verdedigbaar is. Echter, voor nieuwe warmteprojecten (met SDE++) is de warmteprijs voor de komende 15 jaar relevant. Door de warmtetransitie zal de gasprijs in deze termijn steeds minder representatief zijn voor de warmteprijs bij een groter deel van de projecten, waardoor dit voor nieuwe projecten al wel een relevante uitdaging kan zijn. Het vaststellen van een beter alternatief is complex en buiten scope van dit onderzoek.

Kader 4-1 Gasprijs als benadering van de warmteprijs

Hoewel de koppeling van het correctiebedrag met de gasprijs als benadering van de warmteprijs vaak benoemd wordt als een uitdaging, is het benaderen van de warmteprijs met de gasprijs op dit moment nog verdedigbaar, omdat:

- **Koppeling correctiebedrag aan gasprijs zorgt voor zekerheid dat investering goedkoper zal zijn dan het fossiele alternatief:** Als een bedrijf voor de keuze staat om de warmte-opwek te verduurzamen of om door te gaan met de huidige techniek (die gebruikt maakt van fossiele energie, zoals een gasboiler) vergroot de koppeling met de gasprijs de kans dat duurzame productie (met subsidie) zelfs bij lage gasprijzen even duur (of zelfs goedkoper) is dan productie met een gasboiler.
- **Verkoopcontracten zijn vaak gekoppeld aan de aardgasprijs:** vooral in energie-intensieve sectoren kunnen de verkoopcontracten van het eindproduct gekoppeld zijn aan gasprijzen, waardoor het risico van variërende gasprijzen verschoven wordt naar de afnemer. Dit is bijvoorbeeld gangbaar in de glastuinbouw waarbij energie voor een groot deel de verkoopprijs van het eindproduct bepaalt. Indien de gasprijs (en dus de verkoopprijs) daalt stijgen de subsidie-inkomsten. Bestaande contracten zijn volgens marktpartijen veelal voor de lange termijn, dus zal de koppeling tussen de warmteprijs en gasprijs nog vele jaren in de toekomst gelden en is deze uitdaging minder relevant. Bij nieuwe warmtecontracten waar rekening is gehouden met de warmtetransitie is deze uitdaging wel belangrijk.
- **Bij warmtenetten zijn tarieven voor huishoudens (voorlopig) nog gekoppeld aan de gasprijs:** warmtenettarieven voor levering aan huishoudens zijn gemaximeerd op basis van de kosten voor verwarming met aardgas (NMDA-principe). Het correctiebedrag (o.b.v. aardgas) verlaagt het prijsrisico: een lage aardgasprijs zorgt voor lagere marktinkomsten (door lagere maximumtarieven), maar dit wordt gecompenseerd door hogere subsidies.

Bij SDE++-technieken waarvan de variabele kosten indirect gekoppeld zijn aan de gasprijs (bijvoorbeeld de elektriciteitsprijs voor e-boilers en warmtepompen) kan de koppeling met de gasprijs er echter ook toe leiden dat deze technieken minder concurrerend worden. Wanneer de gasprijs stijgt daalt immers de uitkering door het correctiebedrag, terwijl het subsidiebedrag niet wordt verhoogd door hogere variabele kosten. Andersom geldt dat bij een lagere gasprijs de SDE++ extra inkomsten biedt. Dit wordt behandeld bij Uitdaging IV.

Impact Uitdaging II per techniek en toepassing

De **impact** van het gebruik van de gasboiler en WKK als referentie-installatie stijgt naarmate de correlatie tussen de daadwerkelijke vermeden kosten of inkomsten en de kosten van gasboiler en WKK daalt. In de praktijk betekent dit dat de verkoopprijs meer afwijkt van de gasprijs. Dit is vooral het geval bij technieken en toepassingen die concurreren met andere warmtebronnen dan gasboilers en WKK's, bijvoorbeeld bij warmtenetten. Bij partijen die warmte verkopen aan derden is de warmteprijs in contracten vaak gekoppeld aan de gasprijs. Hierbij geldt dus dat eventuele dalingen in de gasprijs leiden tot lagere marktinkomsten, maar ook tot hogere subsidie-inkomsten.

In dit geval is het prijsrisico in de SDE++ beter gedekt dan bij partijen met een lagere correlatie met de gasprijs. De betere dekking geldt ook voor partijen die de warmte zelf gebruiken (niet verkopen) als de duurzame warmte wel een gasboiler (of WKK) vervangt.

De mate waarin een gasboiler of WKK representatief is voor de vermeden kosten **verschilt** vooral **per toepassing** (en minder per techniek). Dit is vaker het geval bij warmtenetten, waarbij de inkomsten voor levering aan huishoudens nu nog zijn gebaseerd op de aardgaskosten, maar vanaf ongeveer 2028-2030 op basis van de daadwerkelijke kosten. Deze daadwerkelijke kosten zullen in toenemende mate afwijken van de aardgaskosten. In de industrie is het inschatten van de vermeden kosten op basis van een gasboiler of WKK verdedigbaar, omdat de duurzame bron in de regel gasinzet vervangt en omdat warmteprijzen veelal zijn gekoppeld aan gasprijzen. Dit laatste geldt ook voor de glastuinbouw. Het is onduidelijk hoe lang warmtecontracten gekoppeld zullen blijven aan de gasprijs. Aangezien de relevantie van deze uitdaging voornamelijk verschilt per toepassingen en niet per techniek is geen verder onderscheid gemaakt in Tabel 4-2.

Tabel 4-2 Relevantie van Uitdaging II per techniegroep

Aqua-thermie	E-boiler	Geothermie met WP	Geothermie zonder WP	Industriële WP, open systeem	Industriële WP, overig	LW-WP	Restwarmte met WP	Restwarmte zonder WP
Relevantie vooral afhankelijk van de toepassing in plaats van de techniegroep								

4.3. Uitdaging III – stijging CAPEX niet meegenomen in SDE++

Uitdaging III – Veranderingen in de CAPEX leiden niet tot andere subsidiebedragen, waardoor de SDE++ ontoereikend kan zijn bij CAPEX-stijgingen tussen het moment van vaststelling van het basisbedrag en investeringsbeslissing.

Projectontwikkelaars vragen subsidie aan tijdens de projectontwikkelingsfase. Het aangevraagde subsidiebedrag kan niet hoger zijn dan het basisbedrag (de geraamde kostprijs per eenheid geproduceerde energie). Dit basisbedrag wordt jaarlijks bepaald door PBL op basis van de meest recente gegevens en wordt enkele maanden voor de aanvraagperiode gepubliceerd. Nadat de aanvragen voor de desbetreffende SDE++-ronde zijn beschikt, ligt het maximale SDE++-subsidiebedrag dat per aanvraag uitgekeerd kan worden vast.

Er zit ruim tijd tussen het moment waarop PBL de kosten inschat en het moment waarop het project daadwerkelijk wordt gebouwd. Hierdoor kunnen de **kosteninschattingen verouderd zijn**. Eventuele kostenstijgingen en -dalingen worden in deze periode worden niet meegenomen in de subsidie-uitgaven, en zijn risico's voor projectontwikkelaars. Als de CAPEX is gestegen sinds vaststelling van het basisbedrag of de beschikking, dan kan het basisbedrag (de maximale subsidie) dus onvoldoende zijn om de onrendabele top te dekken. In dit geval kunnen projectontwikkelaars besluiten het project toch niet te realiseren.

Impact Uitdaging III per techniek en toepassing

De impact van deze uitdaging is het meest relevant voor projecten met een **groot aandeel CAPEX** in de kosten over de levensduur. Ook is de onzekerheid omtrent de CAPEX relevant, de tijd tussen de beschikking en de investeringsbeslissing en de hoogte van de onrendabele top:

- De SDE++ categorieën met het hoogste aandeel investeringskosten zijn **restwarmte** zonder warmtepomp en **industriële warmtepomp** open systeem. Hier is de impact relatief groot.
- Ook voor geothermie zijn de investeringskosten relatief hoog. Enkele geconsulteerde marktpartijen bevestigden deze uitdaging, met name voor **geothermieprojecten**. Volgens

hen zijn de kosten in de afgelopen jaren sterk opgelopen en zou het basisbedrag of beschikte aanvraagbedrag niet meer passend is. Door de gestegen kosten zouden projectontwikkelaars hun business case, zelfs met subsidie, niet meer rond kunnen krijgen.

- De toegestane realisatietermijn voor SDE++-projecten is momenteel uniform op **zes jaar** gesteld, mede naar aanleiding van vertragingen door **netcongestie**. In de praktijk varieert de realisatietijd echter per techniek. Bij **geothermie** en andere complexe technieken zorgt de lange voorbereidingstijd ervoor dat het verschil tussen het beschikte subsidiebedrag en daadwerkelijke investeringskosten verder kunnen oplopen.

Ook de hoogte van de onrendabele top is van belang. Hoe hoger de onrendabele top, des te belangrijker de uitdaging. Zoals toegelicht bij Uitdaging I (Sectie 4.1) en in Sectie 3.3.4 is de onrendabele top bij geothermie relatief hoog, terwijl deze bij restwarmte met WP en de industriële warmtepomp open systeem relatief laag is. Tabel 4-3 geeft de relevantie van Uitdaging III weer per techniegroep.

Tabel 4-3 Relevantie van Uitdaging III per techniegroep

Aqua-thermie	E-boiler	Geothermie met WP	Geothermie zonder WP	Industriële WP, open systeem	Industriële WP, overig	LW-WP	Restwarmte met WP	Restwarmte zonder WP
+	/	+	++	+	+	+	+	+

++: zeer relevant, +: relevant, /: beperkt relevant

4.4. Uitdaging IV – stijging OPEX niet meegenomen in SDE++

Uitdaging IV – OPEX-stijgingen leiden niet tot hogere subsidiebedragen, terwijl bij veel warmteprojecten de operationele kosten substantieel zijn

Via het correctiebedrag tracht de SDE++ rekening te houden met fluctuaties in de inkomsten en vermeden kosten over de looptijd van een project en het prijsrisico grotendeels af te dekken. Echter, in de SDE++ zit geen vergelijkbare correctie voor fluctuaties in de **variabele kosten**:

- Bij hernieuwbare elektriciteit is het risico op substantieel hogere OPEX dan voorspelt klein en is de impact van eventuele stijgingen beperkt (vanwege het lage aandeel OPEX in de kosten over de levensduur).
- Bij duurzame warmte is dit het risico wel substantieel bij bepaalde technieken en toepassingen. Deze risico's voor stijgingen in de kosten gedurende looptijd van een project liggen dus volledig bij het project en worden niet gedekt via de SDE++.

Impact uitdaging IV per techniek en toepassing

De **impact** van deze uitdaging stijgt naarmate het aandeel OPEX (vast en variabel) in de kosten over de levensduur stijgt. Daarnaast is de hoogte van de onrendabele top relevant. Vooral de **elektriciteitskosten** spelen een belangrijke rol. Enerzijds omdat de fluctuaties in de groothandelsprijs groot zijn. Anderzijds geven marktpartijen aan dat ze ook een grote onzekerheid ondervinden rondom **toekomstige netwerktarieven**. Dit zorgt voor een relatief groot risico voor warmteprojecten bij hogere elektriciteitsprijzen.

Een onverwachte stijging van de elektriciteitskosten kan leiden tot een lagere warmtelevering dan voorzien. De impact op de levering is het meest substantieel bij de techniek met het grootste aandeel variabele kosten: e-boilers. Ook is deze uitdaging relevant bij andere technieken met een substantieel aandeel variabele kosten in de onrendabele top (aquathermie, geothermie met WP, industriële WP overig, LW-WP en restwarmte met WP). Tabel 4-4 geeft de relevantie van Uitdaging IV weer per techniegroep.

Tabel 4-4 Relevantie van Uitdaging IV per techniegroep

Aqua-thermie	E-boiler	Geothermie met WP	Geothermie zonder WP	Industriële WP, open systeem	Industriële WP, overig	LW-WP	Restwarmte met WP	Restwarmte zonder WP
+	++	+	/	/	+	+	+	/

++: zeer relevant, +: relevant, /: beperkt relevant

4.5. Uitdaging V – verstoring prikkels voor flexibele inzet

Uitdaging V – De koppeling van SDE++ en warmtelevering verstoort mogelijk marktprikkels voor flexibele inzet

Omdat het verkrijgen van SDE++-subsidie afhangt van de inzet van een installatie *kan* de SDE++ marktverstoring werken door het geven van ongewenste prikkels. Zo zorgt de SDE++ bij elektriciteitsprojecten (die zijn gegund voor de regel werd ingevoerd dat de SDE++ niet wordt uitgekeerd tijdens uren met negatieve elektriciteitsprijzen) voor een prikkel om elektriciteit te produceren op het moment dat de marktwaarde nul (of zelfs negatief) is. Dit werkt marktverstoring en is ongewenst vanuit systeem perspectief.

In theorie kan de SDE++ ook ongewenste prikkels geven bij warmteprojecten. Dit wordt ook als mogelijke uitdaging genoemd in een kamerbrief uit december 2024.³⁹ Echter, marktverstoring treedt bij warmteprojecten minder snel op, omdat een deel van de technieken en toepassingen om bijvoorbeeld technische redenen en de warmtevraag niet (of beperkt) geschikt voor flexibele inzet (zoals besproken in Sectie 3.3.3). Hierdoor hebben prijsprikkels een minder grote impact op de inzet van warmtebronnen. Dit geldt ook voor de verstoring van prikkels door de SDE++.

Naast de prikkels vanuit de elektriciteitsprijs voor flexibele inzet is er ook een relatie met transportschaarste, of specifiek afnamecongestie. Zoals uitgelegd in Kader 4-2 is dit echter een breder probleem en niet alleen gerelateerd aan de verstoring van prikkels voor flexibele inzet door de SDE++.

Ten slotte kan, los van het moment van inzet, extra inzet (meer vollasturen) van duurzame warmte wel de vraag naar andere warmte (en indirect naar bijvoorbeeld aardgas) verminderen. Dit kan ook een (klein) effect hebben op prijzen en kan dus worden gezien als marktverstoring, maar dit heeft geen grote impact op het energiesysteem en wordt daarom niet verder behandeld.

Kader 4-2 Duurzame warmte en afnamecongestie

De problematiek omtrent transportschaarste is in het algemeen minder relevant⁴⁰ voor warmtetechnieken omdat warmte beter en langer kan worden opgeslagen en omdat er niet één groot warmtenet is (in tegenstelling tot elektriciteit). Een uitzondering is afnamecongestie bij e-boilers, waarbij (in totaal) een groot vermogen aan e-boilers wordt ingeschakeld op momenten van lage elektriciteitsprijzen. Dit kan op deze momenten tot afnamecongestie leiden (meer vraag dan het net op dat moment aan kan). Dit is echter geen probleem dat uitsluitend wordt veroorzaakt door de SDE++: ook zonder SDE++ zouden deze e-boilers immers worden ingezet bij lage elektriciteitsprijzen. Wel zorgt de SDE++ ervoor dat er meer momenten zijn waarop de e-boiler rendabel kan draaien en dus vaker afnamecongestie *kan* veroorzaken.

Impact Uitdaging V per techniek en toepassing

De enige manier waarop de SDE++ via warmteprojecten suboptimaal is voor het energiesysteem is via mogelijke prikkels voor **elektriciteitsgebruik** op **ongewenste momenten** (dus op momenten met weinig aanbod of momenten van afnamecongestie). Dit speelt alleen bij technieken met (l)

³⁹ Ministerie KGG (2024). *Stimulering duurzame energieproductie*. Pagina 3.

⁴⁰ Minder relevant betekent echter niet dat het niet voor kan komen. Transportschaarste bij warmte kan bijvoorbeeld ontstaan bij een uitbreiding van afnemers zonder een uitbreiding van het warmtenetcapaciteit en/of warmtebronnen.

aanzienlijk elektriciteitsverbruik en (2) waarbij de SDE++ de inzet beïnvloedt - dus technieken en toepassingen die flexibel (kunnen) worden ingezet. Dit geldt voor e-boilers en in minder mate voor de techniegroepen aquathermie en LW-WP:

- **E-boilers:** Bij e-boilers verhoogt de SDE++ het aantal vollasturen door warmteopwekking op momenten dat de variabele kosten hoger zijn dan de marginale inkomsten (dus op momenten met hogere elektriciteitsprijzen) rendabel te maken. Tot op zekere hoogte is dit marktverstoring. Echter zullen e-boilers nog altijd afschakelen op momenten van zeer hoge elektriciteitsprijzen wanneer de SDE++ op die de variabele kosten niet voldoende kan verlagen. Dit sluit aan bij de observaties bij de analyse in Figuur 3-2 en Tabel 3-1 in Sectie 3.3, waarin duidelijk wordt dat de dekkingsbijdrage van de gemiddelde e-boilers zelfs bij een groothandelsprijs van 30 €/MWh al negatief is (enkel rekening houdend met de vermeden kosten en de kosten voor de groothandelsprijs en energiebelasting). De SDE++ verlaagt wilswaar de onrendabele top en maakt productie bij hogere elektriciteitsprijzen rendabeler, maar zullen nog vooral worden ingezet tijdens uren met lage elektriciteitsprijzen (of hoge marginale inkomsten). De limiet van 3 000 vollasturen per jaar versterkt dit effect, doordat het de prikkel vergroot om de installaties alleen in te zetten tijdens de economisch meest aantrekkelijke uren.
- **Aquathermie en LW-WP:** Bij deze technieken kan de SDE++ ook worden gebruikt om het aantal vollasturen te verhogen. Ook hier geldt echter dat marktprikkels er in principe voor zorgen dat het aantrekkelijk is om te produceren bij lage elektriciteitsprijzen (voor zover technisch mogelijk). In sommige gevallen worden aquathermieprojecten echter als basislast ingezet en niet flexibel, ongeacht de SDE++. Daarnaast zijn, net als bij e-boilers, het aantal subsidiabele vollasturen gelimiteerd, waardoor er een prikkel is om de projecten in te zetten bij lage elektriciteitsprijzen. Vanuit klimaatperspectief kan het wel gewenst zijn dat de SDE++ de inzet beïnvloedt, zoals toegelicht in Kader 4-3.
- **Geothermie en restwarmte** (met en zonder warmtepomp) worden om technische redenen niet/minder flexibel ingezet. De relevantie van deze mogelijke uitdaging op die technieken is dus zeer beperkt. Dit geldt ook voor **industriële warmtepompen** die door de inflexibele warmtevraag niet (eenvoudig) op- en afgeschaald kunnen worden.

Ook is het maar de vraag of het wenselijk is om duurzame warmteproductie beter aan te laten sluiten op marktprikkels. Juist door het verlagen van de variabele kosten van duurzame warmte vergroot de SDE++ de inzet van duurzame warmte-installaties en dit leidt tot meer emissiereductie (zie Kader 4-3). Tabel 4-5 geeft de relevantie van uitdaging V weer per techniegroep.

Tabel 4-5 Relevantie van Uitdaging V per techniegroep

Aqua-thermie	E-boiler	Geothermie met WP	Geothermie zonder WP	Industriële WP, open systeem	Industriële WP, overig	LW-WP	Restwarmte met WP	Restwarmte zonder WP
+	+	/	/	/	/	+	/	/

++: zeer relevant, +: relevant, /: beperkt relevant

Kader 4-3 Positieve klimaatimpact warmtepomp, ook bij elektriciteitsproductie met aardgas

In hoeverre het vanuit klimaatperspectief wenselijk is om elektrificatie aan te moedigen hangt af van de (1) de elektriciteitsemissies, (2) de emissies bij gebruik van een gasboiler of WKK, (3) de efficiëntie van warmteproductie op basis van elektrische opties en (4) de efficiëntie van warmteproductie op basis van gasboilers of WKK:

- Voor e-boilers geldt dat de efficiëntie (COP) relatief laag is (1). Hierdoor leidt een **e-boiler alleen tot BKG-emissiereductie op momenten dat de elektriciteit een lage emissiefactor heeft** (op momenten dat de inzet van een e-boiler niet tot extra elektriciteitsproductie met een gascentrale leidt). Het zou daarom onwenselijk zijn als de SDE++ ertoe leidt dat e-boilers wel op deze momenten zou worden ingezet. Dit risico is echter grotendeels ondervangen door het maximaal aantal subsidiabele uren.
- Voor technieken met een hogere efficiëntie, zoals aquathermie, LW-WP en industriële warmtepompen geldt dit niet. **Zelfs als de inzet van een warmtepomp tot extra inzet van een gascentrale leidt voor elektriciteitsproductie is er sprake van BKG-emissiereductie**, omdat de warmtepomp meer warmte produceert per m³ gas dan een gasboiler of WKK. Hierdoor is het vanuit klimaatperspectief dus juist

nuttig om het aantal uren dat deze technieken worden ingezet te vergroten, ook op momenten dat de elektriciteitsmix relatief grijs is.

4.6. Uitdaging VI – strikte afbakening van techniekcategorieën kan projecten uitsluiten

Uitdaging VI – De strikt afgebakende techniekcategorieën leiden ertoe dat de SDE++ geen passende stimulering biedt voor sommige duurzame warmteprojecten en leidt er zelfs toe dat sommige projecten niet in aanmerking komen voor de SDE++

Warmteprojecten hebben grote verschillen, bijvoorbeeld in de afzet, schaalgrootte, toepasingsgebieden, inpassingskosten en temperatuurniveaus. In de SDE++ wordt de onrendabele top per subcategorie bepaald op basis de karakteristieken van één (gangbaar) project. Zoals besproken in Sectie 2.2 kent de SDE++ in 2025 206 subcategorieën, waarvan 81 gerelateerd aan warmte. Door de strikte afbakening van subcategorieën biedt de SDE++ geen passende stimulering voor sommige projecten en komen sommige projecten zelfs niet in aanmerking voor de SDE++. Onder andere daarom worden ieder jaar nieuwe subcategorieën gemaakt. Nieuwe (sub)categorieën worden bijvoorbeeld toegevoegd op basis van interesse vanuit de markt, of om overstimulering tegen te gaan. Ook worden veelal extra eisen gesteld bij nieuwe categorieën om overstimulering te voorkomen. Kortom: het aantal (sub)categorieën en eisen stijgt geleidelijk. Beide maken de uitvoering lastiger en de extra eisen kunnen ervoor zorgen dat projecten niet in aanmerking komen voor subsidie.

Impact Uitdaging VI per techniek en toepassing

Het belang van Uitdaging VI stijgt naarmate de variatie in kosten en inkomsten van projecten groter wordt, waardoor verschillen in de onrendabele top binnen projecten ook groter wordt. De **variatie** in kosten zal groter zijn bij projecten met complexe inpassing (zoals industriële warmtepompen) en waarbij meerdere technieken en/of installaties gebruikt kunnen worden om een project modulair op te bouwen en gedurende een aantal jaren uit te breiden (zoals bij aquathermie, geothermie en restwarmte, waar warmtepompen en WKO's aan toegevoegd kunnen worden). Bij installaties die eenvoudiger zijn te integreren (e-boilers) wordt deze uitdaging minder relevant geacht.

Tabel 4-6 Relevantie van uitdaging VI per techniekgroep

Aqua-thermie	E-boiler	Geothermie met WP	Geothermie zonder WP	Industriële WP, open systeem	Industriële WP, overig	LW-WP	Restwarmte met WP	Restwarmte zonder WP
++	/	++	+	+	+	+	++	+

++: zeer relevant, +: relevant, /: beperkt relevant

4.7. Samenvatting uitdagingen en technieken

Tabel 4-7 geeft een overzicht van de relevantie van elke uitdaging per relevante techniekgroep. Hieruit is op te maken dat de relevantie van de uitdagingen voor elke techniekgroep anders is. Dit is een indicatie dat er geen oplossingsrichting zal zijn die voor alle techniekgroepen even geschikt of relevant zal zijn. Voor veel uitdagingen geldt dat de relevantie niet alleen verschilt per categorie, maar ook per toepassing. Dit is het meest relevant voor Uitdaging II.

Tabel 4-7 De relevantie van de uitdagingen per techniekgroep

Relevantie per techniekgroep

Uitdaging	Aqua-thermie	E-boiler	Geo-thermie met WP	Geo-thermie zonder WP	Industriële WP, open systeem	Industriële WP, overig	LW-WP	Rest-warmte met WP	Rest-warmte zonder WP
I: Onzekerheid inkomsten (afhankelijk van warmtelevering)	++	/	++	++	/	+	++	+	/
II: Onzekerheid inkomsten €/GJ (afhankelijk van gasreferentie)	Relevantie vooral afhankelijk van de toepassing in plaats van de techniegroep								
III: CAPEX-stijging niet meenemen	+	/	+	++	+	+	+	+	+
IV: OPEX-stijging niet meenemen	+	++	+	/	/	+	+	+	/
V: Verstoring flexibele inzet	+	+	/	/	/	/	+	/	/
VI: Strikte afbakening SDE++	++	/	++	+	+	+	+	++	+

++: zeer relevant, +: relevant, /: beperkt relevant

5. Mogelijke oplossingsrichtingen

Dit hoofdstuk presenteert de onderzochte oplossingsrichtingen. Deze oplossingsrichtingen zijn deels meegegeven door KGG en deels door de geraadpleegde marktpartijen.⁴¹ Tabel 5-1 toont de onderzochte oplossingsrichtingen en in hoeverre deze aansluiten op de geïdentificeerde uitdagingen in Hoofdstuk 4. De oplossingsrichtingen zijn verdeeld in twee categorieën:

1. **Aanpassingen in de huidige SDE++:** dit omvat oplossingsrichtingen waarin één specifiek aspect wordt gewijzigd in de huidige SDE++.⁴² Elke oplossing pakt slechts **één uitdaging** aan.
2. **Alternatieve steunmaatregelen:** dit zijn oplossingsrichtingen die op andere wijze dan de SDE++ duurzame warmteprojecten financieel ondersteunen. Deze oplossingsrichtingen kunnen vaak **meerdere uitdagingen tegelijkertijd** oplossen. In dit rapport zijn alleen een vaste subsidie en een financiële garantieregeling als alternatieve maatregelen onderzocht.

In Tabel 5-1 is te zien dat geen enkele oplossingsrichting alle geïdentificeerde uitdagingen in de SDE++ aanpakt. Om alle uitdagingen aan te pakken zal dus een combinatie van oplossingsrichtingen nodig zijn. Dit vergroot echter weer de complexiteit van de SDE++, kan leiden tot extra uitvoeringskosten voor de overheid en/of hogere administratieve kosten voor de projectontwikkelaar en kan mogelijk nieuwe problemen introduceren. Ook is het de vraag of sommige oplossingsrichtingen tot een wenselijke risicoverdeling tussen de projectontwikkelaars en de overheid leiden. Elk van de oplossingsrichtingen brengt dus weer nadelen met zich mee, waarvan de belangrijkste nadelen in dit hoofdstuk worden beschouwd.

Sectie 5.1 presenteert de oplossingsrichtingen gerelateerd aan aanpassingen in de SDE++. Sectie 5.1.5 gaat in op een vaste subsidie en financiële garantieregeling als oplossingsrichting.

Tabel 5-1 Onderzochte oplossingsrichtingen met de geïdentificeerde uitdagingen die ze aanpakken

	Uitdaging I Onzekerheid inkomsten (warmte- levering)	Uitdaging II Onzekerheid inkomsten (gas- referentie)	Uitdaging III CAPEX-stijging niet meegenomen	Uitdaging IV OPEX-stijging niet meegenomen	Uitdaging V Verstoring flexibele inzet	Uitdaging VI Strikte afbakening SDE++
Aanpassingen in de huidige SDE++						
Uitbreiding van banking bij onderproductie						
Nauwkeuriger bepalen van het correctiebedrag						
Subsidiebeschikking corrigeren voor CAPEX-stijgingen						
Subsidiebeschikking corrigeren voor OPEX-stijgingen						
Flexibele transportcontracten voor elektriciteit bevorderen						
Verruimen van techniekcategorieën						
Alternatieve steunmaatregelen						
Vaste subsidie						
Financiële garantieregeling						

⁴¹ De onderzochte oplossingsrichtingen zijn wat KGG en/of marktpartijen als meest relevant beschouwen om te onderzoeken om de stimulering van warmtetechnieken in de SDE++ te verbeteren. Dit hoofdstuk moet dus niet beschouwd worden als een volledig overzicht van alle denkbare oplossingsrichtingen.

⁴² Naast de onderzochte oplossingsrichtingen in deze sectie stelde een marktpartij voor om een deel van het beschikte SDE++ van tevoren uit te keren in jaar 0, zonder dat dit invloed heeft op de uitkeringssystematiek. De subsidie wordt dus nog steeds bepaald o.b.v. de werkelijke warmtelevering en een jaarlijks correctiebedrag. Dit betekent dat de uitgekeerde subsidie mogelijk terugbetaald moet worden wanneer de werkelijke uit te keren SDE++ subsidie minder is dan wat al in jaar 0 is uitgekeerd. Deze oplossingsrichting adresseert echter geen enkel van de geïdentificeerde uitdagingen en wordt dus niet besproken in deze sectie.

5.1. Aanpassingen aan de huidige SDE++

5.1.1. Verruimen mogelijkheden behalen maximale subsidiabele vollasturen: uitbreiding banking

Uitdaging I is opgelost als (1) de subsidie niet meer afhankelijk is van de warmtelevering (en dus de vollasturen), of (2) als er meer flexibiliteit is om het maximaal subsidiabele vollasturen te behalen.⁴³ Optie 1 is niet mogelijk zonder fundamentele aanpassingen aan de vormgeving van de SDE++, maar optie 2 wel. Zo wordt het behalen van de maximaal subsidiabele vollasturen mogelijk door bijvoorbeeld een **uitbreiding van banking onder de SDE++ bij onderproductie** (forward banking) toe te staan. In de SDE++ is het al mogelijk om bij onderproductie de productie in de latere jaren in te halen, waardoor het mogelijk is om de volledig beschikte SDE++-subsidie te krijgen.⁴⁴ Echter, de SDE++ staat alleen toe om de gemiste productie maximaal één jaar na het einde van de subsidielooptijd in te halen.

Als het aantal jaren na het einde van de subsidielooptijd om onderproductie in te halen wordt verlengd, hebben projecten langer de tijd om hun volledig beschikte SDE++-subsidie te behalen. Het is echter twijfelachtig in hoeverre deze oplossing de uitdaging daadwerkelijk vermindert. De verbetering van de financierbaarheid en business case van het project is beperkt, omdat de subsidie-inkomsten later dan beoogd binnen komen. Daarnaast blijft er een risico dat de warmtelevering nog steeds niet plaatsvindt en dus de subsidie alsnog niet wordt uitgekeerd; als de **technische levensduur** van een project niet veel langer is dan de subsidielooptijd, dan is er maar een beperkte mogelijkheid om de onderproductie in te halen. Ook zou de overheid voor een langere periode na de subsidielooptijd van een project de **beschikte subsidie moeten reserveren**, wat onwenselijk kan zijn.

5.1.2. Nauwkeuriger bepalen van inkomsten of vermeden kosten: het correctiebedrag

Uitdaging II is opgelost als (1) er geen jaarlijks correctiebedrag meer nodig is die de subsidie bepaalt, of als (2) de daadwerkelijke inkomsten en vermeden kosten van een warmteproject **nauwkeuriger worden bepaald**, waardoor het verschil in de daadwerkelijke inkomsten en de geschatte inkomsten via het jaarlijkse correctiebedrag lager is (en daarmee de onzekerheid). Hiermee kan vooraf meer zekerheid worden geboden over de SDE++-inkomsten per eenheid geproduceerde of geleverde warmte. Optie 1 is niet mogelijk zonder grote aanpassingen in de SDE++, maar optie 2 wel:

- Er zou bijvoorbeeld een **locatiegebonden referentie-installatie** gebruikt kunnen worden zodat er rekening gehouden kan worden met projecten waar de marktprijs voor warmte niet door een gasboiler of WKK wordt bepaald. Dit zou dus verder gaan dan het huidige onderscheid in de referentie-installatie tussen gasboilers en WKK's en of deze wel/niet onder het EU-ETS valt.
- Nog een stap verder is het correctiebedrag baseren op een **rapportage van de daadwerkelijke verkregen inkomsten**. Dit is echter niet mogelijk bij warmteprojecten waar het correctiebedrag de vermeden kosten vertegenwoordigen.

Beide oplossingsrichtingen leiden ook tot (veel) **hogere administratieve kosten**, omdat er (veel) meer referentie-installaties vastgesteld moeten worden of hogere rapportagelasten. Bovendien laat Kader 4-1 zien dat de gasprijs momenteel nog een vrij goede basis voor het correctiebedrag van warmteprojecten is en dit pas in de toekomst een uitdaging kan zijn voor installaties die warmte aan het warmtenet leveren. Ten slotte voegen de oplossingsrichtingen extra onzekerheid toe het bepalen van de overheidsuitgaven. Deze factoren leiden ertoe dat dit vooralsnog geen gewenste oplossingsrichtingen lijken te zijn.

⁴³ Een andere oplossingsrichting is het geheel loslaten van de koppeling tussen de SDE++-uitkering en de gerealiseerde vollasturen. Dit stapt echter weg van de SDE++ als een exploitatiesubsidie, dus oplossingsrichtingen die leiden tot het loslaten van de koppeling worden als een alternatieve steunmaatregel in besproken in Sectie 5.1.5.

⁴⁴ Voor e-boilers geldt wel een limiet aan het aantal productie-uren per jaar, waardoor het aantal vollasturen wordt beperkt dat in een jaar ingehaald kan worden.

5.1.3. Corrigeren van subsidiebeschikkingen bij kostenveranderingen

Probleem III en IV zijn opgelost als de subsidiebeschikkingen worden gecorrigeerd voor respectievelijk stijgingen in CAPEX en OPEX. Een generieke correctie voor stijgen en dalingen van zowel de CAPEX als OPEX is in principe uitvoerbaar in de huidige SDE++; de CAPEX en OPEX worden immers al door PBL geraamd. Dit kan in de vorm van een generieke inflatie-indicator of een specifieke correctie op bepaalde parameters die de CAPEX en OPEX bepalen.

Corrigeren voor kostenveranderingen gaat echter gepaard met **extra uitvoeringskosten voor de overheid**, omdat de methode voor de correctie bepaald en toegepast moet worden op projecten na beschikking. Ook **verleggen** deze oplossingsrichtingen kostenrisico's van warmteprojecten van projectontwikkelaars naar de overheid. Dit is niet wenselijk voor alle kosten, en met name niet voor de risico's die efficiënter kunnen worden beheerst door de projectontwikkelaars (en onderdeel zijn van het **ondernemersrisico**):

- Voor **CAPEX** geldt dat stijgingen kunnen worden beperkt door een goede inkoopstrategie en de benodigde materialen zo snel mogelijk na subsidiebeschikking vastleggen. Als het risico op CAPEX-stijgingen volledig bij de overheid komt te liggen, neemt dit de prikkels weg bij projectontwikkelaars om deze kosten te beperken. Bovendien kunnen projectontwikkelaars kostenrisico's deels inprijzen door een hoger aanvraagbedrag in te dienen dan nodig is,⁴⁵ al is dit gemaximeerd door het basisbedrag van de techniek en verkleint dit de kans op een subsidiebeschikking. Daarnaast zouden projectontwikkelaars ook maatregelen kunnen nemen om het risico op kostenstijgingen te beperken.
- Onverwachte stijgingen in **OPEX** zijn moeilijker om rekening mee te houden die bij warmteprojecten. Volgens de geïnterviewde marktpartijen is dit met name gerelateerd aan elektriciteitskosten — de **elektriciteitsprijs** en **nettarieven**. Projectontwikkelaars zouden prijsstijgingen in de elektriciteitsmarkt echter met financiële instrumenten zoals *Power Purchase Agreements* (PPA's) kunnen afdekken. Dergelijke instrumenten bestaan echter niet voor nettarieven omdat deze tarieven door netbeheerders worden bepaald en worden gereguleerd door de ACM. Voor de stijgingen in nettarieven kan dus worden gesteld dat projectontwikkelaars hier moeilijk rekening mee kunnen houden. Dit is namelijk een gevolg van beleid (van netbeheerders) en de mogelijkheden om dit kostenrisico omtrent nettarieven te beheersen zijn zeer beperkt. Dit kan een argument zijn om de subsidiebeschikkingen **voor veranderingen in nettarieven te corrigeren**. Ditzelfde argument zou dan ook gelden voor eventuele onverwachte **veranderingen in belastingen** aangezien deze ook door beleid wordt bepaald.

5.1.4. Energiesysteem: Flexibele transportcontracten voor elektriciteit bevorderen

Uitdaging V is opgelost als de SDE++ geen marktprikkels meer verstoort bij warmteprojecten. De analyse in Sectie 4.5 laat zien dat de verstoring van marktprikkels voor flexibele inzet slechts bij een aantal technieken relevant is (vooral bij e-boilers, en in mindere mate technieken bij met een warmtepomp waar flexibele inzet mogelijk is zoals aquathermie en LW-WP). Voor de andere warmtetechnieken is flexibele inzet technisch niet mogelijk en/of leidt de SDE++ niet of nauwelijks tot verstoringen (in beide gevallen is er dus geen probleem).

Een mogelijke oplossingsrichting om flexibele inzet bij e-boilers, aquathermie en LW-WP te bevorderen is het stimuleren of zelfs verplichten van **flexibele transportcontracten voor de elektriciteit**. Deze contracten staan ook bekend als alternatieve transportrechten (ATR85). Dit type transportcontract geeft afnemers het recht om niet 100% van de tijd gegarandeerd elektriciteit van het net af te nemen of in te voeden, maar slechts 85% van de tijd.⁴⁶ Tijdens de overige 15% kan de netbeheerder een (gedeeltelijke) beperking opleggen op de transportcapaciteit van de aansluiting,

⁴⁵ Trinomics (2023). *Tussentijdse evaluatie SDE++ 2020-2022*.

⁴⁶ Tennet (2025). *Tijdsduurgebonden transportrecht (TDTR)*.

bijvoorbeeld bij verwachte piekmomenten. Als tegenprestatie kunnen afnemers met een ATR85 contract een korting op de transporttarieven krijgen die kan oplopen tot 65%.

Onder de SDE++ worden ATR85 contracten momenteel gestimuleerd doordat de SDE++ 2025 **basisbedragen voor e-boilers** uitgaan van de korting op het nettatarief die onder de ATR85 geldt.⁴⁷ In combinatie met het uitgangspunt dat de e-boiler enkel warmte produceert tijdens uren met relatief lage elektriciteitsprijzen, zal de SDE++ naar verwachting onvoldoende zijn om de onrendabele top te dekken als er geen ATR85 wordt afgesloten (vanwege de hogere transporttarieven bij reguliere contracten). Hierdoor worden projectontwikkelaars impliciet verplicht om een ATR85 af te sluiten.

Het expliciet verplichten van een flexibel contract zou nog een stap verder gaan. Dit is mogelijk relevant voor aquathermie en LW-WP; een verplichting heeft namelijk geen toegevoegde waarde voor e-boilers als deze in de praktijk alleen bij een ATR85 contract een subsidieaanvraag kunnen indienen. Warmteprojecten in aquathermie en LW-WP lopen echter al tegen Uitdaging I aan waarbij sommige projecten onvoldoende warmtelevering realiseren om de vaste kosten terug te verdienen. Flexibele transportcontracten kunnen dit verergeren, terwijl Uitdaging V maar beperkt relevant is.

5.1.5. Aanpassen van techniekcategorieën

In plaats van gedetailleerde subcategorieën zou een oplossingsrichting voor **Uitdaging VI** zijn **om de techniekcategorieën onder de SDE++ aan te passen**. Dit kan op verschillende manieren:⁴⁸

- I. Via de huidige geleidelijke manier door het aantal **subcategorieën** in de SDE++ verder **uit te breiden**, zodat meer projecten in aanmerking komen voor de SDE++ en beter rekening gehouden kan worden schillen in kosten en risico's tussen projecten. Hiermee zou bijvoorbeeld ook beter rekening gehouden kunnen worden de verschillende risico's tussen een project aan een bestaand en nieuw warmtenet (zie Kader 3-2 en Kader 3-3).⁴⁹ Het uitbreiden van de subcategorieën is wat elk jaar al onder de SDE++ plaatsvindt op basis van analyses van het PBL en input uit de marktconsultatie als onderdeel van de eindadviezen basisbedragen SDE++. Dit brengt echter extra complexiteit met zich mee omdat voor meer subcategorieën de benodigde SDE++-parameters vastgesteld moeten worden. Deels kan dit worden gemitigeerd door bepaalde subcategorieën waar geen gebruik van wordt gemaakt te schrappen of samen te voegen met andere subcategorieën, wat momenteel ook al gebeurt. Echter blijven er warmteprojecten bestaan die niet in de subcategorieën vallen.
- II. Het **samenvoegen van categorieën** met minder strenge eisen, zodat projectontwikkelaars voor projecten die niet goed in een bepaalde categorie passen ook subsidie kunnen aanvragen. Dit zorgt voor meer flexibiliteit voor projectontwikkelaars om voor warmteprojecten die momenteel niet goed in een bepaalde categorie passen subsidie aan te vragen. In eerste instantie kan dit ook de complexiteit voor overheid (uitvoerder) verminderen, omdat er minder basisbedragen bepaald moeten worden. De complexiteit zal echter zitten in het goed vaststellen van basis- en correctiebedragen. Als de basisbedragen te hoog zijn, kan dit leiden tot overstimulering bij relatief goedkope technieken. Als de basisbedragen echter te laag worden vastgesteld, blijven de projecten van sommige duurdere technieken zelfs met de SDE++ onrendabel. Uit de evaluatie van de SDE+⁵⁰ is juist gebleken dat de specificering van de SDE++ naar meerdere afgebakende subcategorieën ertoe hebben geleid dat overwinsten worden beperkt en een groter potentieel aan projecten is ontsloten. De strikte afbakening van techniekcategorieën binnen de SDE++ draagt dus juist bij aan de doeltreffendheid en de doelmatigheid van de SDE++.
- III. Een **andere indeling van de categorieën**. Op basis van de techniekgroepen in deze verkenning zou bijvoorbeeld de stimulering van de warmtebron (geothermie, restwarmte en

⁴⁷ PBL (2025). *Eindadviezen basisbedragen SDE++ 2025*.

⁴⁸ Daarnaast had een geconsulteerde marktpartij voorgesteld een 'open' categorie te creëren waarin verschillende type projecten SDE++-subsidie kunnen aanvragen die niet in een bepaalde subcategorie passen. Dit heeft vergelijkbare voor- en nadelen als het samenvoegen van categorieën met minder strenge eisen en is dus niet apart besproken.

⁴⁹ In de SDE++ is er al een aparte subcategorie voor aquathermieprojecten in bestaande warmtenetten, alleen wordt in de subcategorie enkel een onderscheid gemaakt in de kosten van projectonderdelen.

⁵⁰ Trinomics (2021). *Evaluatie van de SDE+*.

aquathermie) en de warmtepomp binnen een project los te koppelen. Ook zouden warmte-oudeopslag (WKO) en integratie met zonthermische installaties afzonderlijk binnen een warmteproject gestimuleerd kunnen worden. Er is onderzoek nodig naar de voor- en nadelen, bijvoorbeeld om vast te stellen of dit uitvoerbaar is, of het en niet leidt tot dubbele subsidiëring, of dat sommige projectonderdelen tussen wal en schip zullen vallen.

5.2. Alternatieve steunmaatregelen

5.2.1. Vaste subsidie

Een **vaste subsidie** is een veel gebruikte vorm in andere landen om duurzame warmteprojecten financieel te ondersteunen (zie Bijlage B). Het belangrijkste kenmerk van een vaste subsidie is dat het **totale subsidiebedrag vast staat** na subsidiebeschikking zolang de aanvrager aan bepaalde voorwaarden voldoet. De subsidie is echter niet meer afhankelijk van de warmtelevering, waarmee **Uitdaging I** is opgelost. Ook pakt een vaste subsidie **Uitdaging II** aan doordat het uit te keren subsidiebedrag vooraf bekend is. De inkomsten uit de subsidie veranderen namelijk niet meer bij veranderingen in de gas- en ETS-prijs (via het correctiebedrag). Ten slotte worden projecten bij vaste subsidie volledig blootgesteld aan marktprikkels, dus is er per definitie geen sprake van een verstoring van marktprikkels in de operatie. Door de SDE++ te vervangen door een vaste subsidie verdwijnt **Uitdaging V**.

Het uitkeringsbedrag van een vaste subsidie kan op verschillende manieren worden bepaald. In de omringende landen zijn vaste subsidies veelal beperkt tot een **investeringssubsidie** waarbij het uitkeringsbedrag gemaximaliseerd is tot een percentage van de CAPEX. Echter, een vaste subsidie zou net als de SDE++ ook de **onrendabele top van de OPEX te dekken**. Hoofdstuk 6 gaat hier verder in detail op in, inclusief de voor- en nadelen van een vaste subsidie ten opzichte van de huidige SDE++.

5.2.2. Financiële garantieregeling

Een **financiële garantieregeling** voor warmteprojecten zou een aanvullende steunmaatregel in aanvulling op SDE++ kunnen zijn.⁵¹ Hierbij wordt uitgegaan van een financiële garantieregeling die de inkomsten alleen aanvult als de marktinkomsten en SDE++-uitkering lager uitvallen dan verwacht door te weinig warmteafzet, en de investering niet terugverdiend kan worden. Deze garantieregeling lost **Uitdaging I** op in het geval dat de warmtelevering lager uitvalt dan oorspronkelijk beoogd. Hiermee worden zowel het **volumerisico** aan de productiekant als afzetkant (vollooprisico) verschoven van de projectontwikkelaar naar de overheid. Ook pakt deze garantieregeling **Uitdaging II** aan doordat de aanvullende inkomsten een minimale inkomstenstroom garanderen.

De financiële garantieregelingen zou vooral positief kunnen bijdragen aan de investeringszekerheid van warmtetechnieken met onzekere warmtelevering, hoge vaste kosten en een hoge onrendabele top zoals **geothermie**,⁵² **aquathermie en andere techniekgroepen met een warmtepomp**. Bij deze technieken is de business case met de SDE++ sterk afhankelijk van de gerealiseerde warmtelevering om de vaste kosten terug te verdienen. Net als bij een vaste subsidie neemt de overheid met een garantieregeling het volumerisico op zich, wat mogelijk onwenselijk is; een deel van deze risico's kunnen namelijk beschouwd worden als het **ondernemersrisico** en bepaalde maatregelen zouden getroffen kunnen worden om een deel van de risico's te mitigeren. Zoals benoemd in Sectie 5.1.3 zouden projectontwikkelaars tot op een zekere hoogte een hoger subsidiebedrag onder de SDE++ kunnen aanvragen om hun risico van lagere inkomsten te mitigeren. Zoals bij nettarieven in Sectie 5.1.3 zijn er echter ook grote onzekerheden die die door overheidsbeleid beïnvloed worden en moeilijk gemitigeerd kunnen worden; voor specifieke projecten waarvan de business case sterk afhankelijk is

⁵¹ Het vervanging van de SDE++ door een financiële garantieregeling wordt niet in dit rapport besproken, omdat dit geen enkel van de geïdentificeerde problemen oplost. Daarnaast zou een financiële garantieregeling enkel de rol van de SDE++ vervangen als een inkomstengarantie dient bij onverwachte dalingen van marktinkomsten, en niet het dekking van de onrendabele top. Daarvoor is namelijk een aanvullende subsidie nodig.

⁵² Voor geothermieprojecten is er weliswaar al een garantieregeling genaamd de **RNES Aardwarmte**, maar dit is enkel voor misboringen. De RNES dekt dus alleen situaties waarbij het gerealiseerd vermogen van het geothermieproject lager uitvalt dan voorzien. De RNES dekt dus enkel het volumerisico aan de productiekant, maar niet aan de afzetkant (vollooprisico). Daarnaast moeten projecten aan bepaalde voorwaarden voldoen om van de RNES gebruik te kunnen maken, waardoor de RNES niet voor alle geothermieprojecten gebruikt kan worden.

van overheidsbeleid kan een financiële garantieregeling verdedigbaar zijn. De overheid moet dan wel voor een lange periode budget voor de garantieregeling reserveren, omdat in sommige gevallen pas tegen het einde van de economische levensduur van een project bepaald kan worden of de investering is terugverdiend. De extra complexiteit van een financiële garantieregeling zou dus in ogenschouw genomen moeten worden met de doelmatigheid voor het bevorderen van duurzame warmteproductie.

6. Verdiepende analyse vaste subsidie

Dit hoofdstuk presenteert een verdiepende analyse op een vaste subsidie, omdat KGG een vaste subsidie eerder had geïdentificeerd als mogelijk alternatief voor de huidige SDE++. Deze zou mogelijk **beter passen** bij sommige warmtetechnieken.⁵³ Uit Hoofdstuk 5.2 blijkt ook dat een vaste subsidie mogelijk **meerdere uitdagingen** in de SDE++ gerelateerd aan warmtetechnieken kan oplossen. Tegelijkertijd brengt een vaste subsidie **nadelen en risico's** met zich mee ten opzichte van de huidige SDE++. Deze zijn deels afhankelijk van de vormgeving van een vaste subsidie.

Sectie 6.1 zet eerst de **vormgeving** van een vaste subsidie zoals deze is meegegeven door KGG voor deze verkenning uiteen. Vervolgens worden de voor- en nadelen en risico's van een vaste subsidie ten opzichte van de huidige SDE++ in kaart gebracht in Sectie 6.2. Dit is gedaan aan de hand van een **beoordelingskader** met de analyses uit de eerdere hoofdstukken en inzichten van marktpartijen. Hierbij is waar relevant een onderscheid gemaakt tussen de verschillende techniekcategorieën.

6.1. Vormgeving van een vaste subsidie in deze verkenning

Bij een vaste subsidie staat het **totale uitkeringsbedrag** voor de **looptijd** van de subsidie vast na beschikking. De subsidie wordt daarmee losgekoppeld van de daadwerkelijke productie, net als bij de *capability-based CfDs* die in het kader van subsidies voor hernieuwbare elektriciteit worden besproken.⁵⁴

Het **uitgangspunt** van de vaste subsidie in deze verkenning is dat het zoveel mogelijk voortbouwt op de huidige systematiek van de SDE++. Het doel van de vaste subsidie is dus de **onrendabele top** in dezelfde mate te dichten als de SDE++. De subsidie kan hierbij dus zowel een mogelijke onrendabele top van de investeringskosten (CAPEX) als operationele kosten (OPEX) dekken. Om enkel de onrendabele top te subsidiëren, wordt het aanvraagbedrag gecorrigeerd voor de verwachte marktinkomsten (opbrengsten en/of vermeden kosten van de referentietechniek). Dit is het **verwachte correctiebedrag**. Vervolgens wordt het **totale uitkeringsbedrag** als volgt berekend:

$$\text{Totale uitkeringsbedrag} =$$

$$(\text{aanvraagbedrag} - \text{verwachte correctiebedrag}) \times \text{verwachte productie per jaar} \times \text{looptijd subsidie}$$

Het totale uitkeringsbedrag wordt dus niet bepaald door de werkelijke productievolumes en een jaarlijkse inschatting van de marktinkomsten (het correctiebedrag dat jaarlijks wordt bepaald) zoals in de SDE++, maar een **vooraf gestelde verwachting** daarvan. De marktinkomsten (correctiebedrag) en productie moeten dus vooraf worden geraamd en vastgelegd. In principe kan bij de bepaling van deze parameters worden voortgebouwd op de SDE++:

- Om de kans op oversubsidiëring te verkleinen dient een **maximum aanvraagbedrag** te worden vastgesteld, waarbij het **basisbedrag** van de SDE++ kan worden gebruikt;
- Voor het **verwachte correctiebedrag** kan de **langetermijnprijs** van een referentietechniek uit de SDE++ worden gebruikt. De langetermijnprijs is gebaseerd op het 15-jaars gemiddelde van de verwachte toekomstige marktprijs gerelateerd aan de verwachte opbrengsten. De langetermijnprijs is dus het verwachte gemiddelde correctiebedrag over de gehele looptijd van de SDE++-subsidie en zou onder een vaste subsidie op eenzelfde manier gebruikt kunnen worden. Bij CO₂-arme warmte is de referentietechniek om de meeste gevallen een WKK en soms een gasketel (afhankelijk van de warmtetechniek). Bij een gasketel/WKK is de langetermijnprijs dus gebaseerd op de gemiddelde verwachte gasprijs, eventueel met een verwachte prijs voor emissierechten (ETS-prijs) als de techniek voornamelijk van toepassing is voor ETS-bedrijven.

⁵³ KGG (2024). *Kamerbrief: toekomst van de SDE++*.

⁵⁴ Zie bijvoorbeeld: Trinomics (2024). *Design principles for 2-way CfDs for solar-PV and onshore wind*.

- De **verwachte productie** kan worden bepaald op basis van het nominale opwekkingsvermogen en verwachte vollasturen. Het nominale opwekkingsvermogen wordt in het project van tevoren bepaald en ligt vast na realisatie, terwijl de vollasturen fluctueren. In de SDE++ is een **maximumaantal vollasturen per techniek** vastgesteld waar subsidie voor ontvangen kan worden. Deze maximaal subsidiabele vollasturen worden ook gebruikt om het basisbedrag te bepalen. Bij een vaste subsidie zouden ook de maximaal subsidiabele vollasturen gebruikt kunnen worden in de vorm van **referentievollasturen** om aan te sluiten bij het gebruik van het basisbedrag in het bepalen van het vaste uitkeringsbedrag.

Het totale uitkeringsbedrag onder de vaste subsidie kan vervolgens omschreven worden naar:

Totale uitkeringsbedrag over de looptijd van de subsidie =

$$(aanvraagbedrag - langetermijnprijs) \times \text{nominaal opwekkingsvermogen} \times \text{referentievollasturen} \times \text{looptijd subsidie}$$

Het gebruik van het maximaal subsidiabele vollasturen per techniek sluit aan op **beoogde beschikkingwijze van de vaste subsidie** om voort te bouwen op de huidige systematiek van de SDE++. Projectontwikkelaars dienen een subsidieaanvraag met een aanvraagbedrag tot maximaal het basisbedrag in openstellingsrondes met een beperkt subsidiebudget. De gehanteerde langetermijnprijs, looptijd van de subsidie en maximaal subsidiabele vollasturen per techniek worden van tevoren vastgesteld door het PBL. Het nominaal opwekkingsvermogen wordt door de projectontwikkelaars van tevoren vastgesteld. Door ook de vollasturen onder de vaste subsidie van tevoren vast te leggen, is de enige parameter waarin projectontwikkelaars met elkaar concurreren hun aanvraagbedrag. Dit sluit direct aan op de beschikkingssystematiek van de SDE++, waar bij budgetoverschrijding aanvragen worden gerangschikt op basis van hun aanvraagbedrag. Hierdoor worden projectontwikkelaars gestimuleerd om een aanvraagbedrag in te dienen dat lager is dan het basisbedrag, net als in de SDE++.

Bij de vaste subsidie moeten dus minstens even veel (en dezelfde) parameters per techniek worden berekend als in de SDE++. Daarnaast is het wenselijk om een **minimumaantal vollasturen** dat gehaald moet worden vast te stellen als **voorwaarde** om subsidie te ontvangen. In de SDE++ is dit niet nodig, omdat de subsidie is gekoppeld aan de warmteproductie, waardoor partijen worden gestimuleerd zo veel mogelijk warmte te produceren en er alleen subsidie wordt uitgekeerd als er daadwerkelijk wordt geproduceerd. Deze prikkel (vanuit de subsidie) vervalt bij een vaste subsidie. Een minimumaantal vollasturen verlaagt het risico dat projecten worden gesubsidieerd die veel minder warmte produceren dan beoogd. Ook maakt het minimumaantal vollasturen het mogelijk om onderscheid te maken tussen categorieën voor basislast en niet-basislast warmteprojecten. Het minimumaantal vollasturen voor basislastprojecten moet dan wel hoger zijn dan de referentievollasturen van de categorieën voor niet-basislastprojecten. Om rekening te houden met onvoorziene omstandigheden zou dit gecombineerd kunnen worden met de mogelijkheid om het minimumaantal vollasturen in een aansluitend jaar in te halen (vergelijkbaar met forward banking onder de SDE++).

Tot slot kunnen **verschillende momenten van de subsidie-uitkering** overwogen worden. Het subsidiebedrag zou **evenredig verspreid over de looptijd** van de subsidie uitgekeerd kunnen worden, of volledige subsidiebedrag zou **direct na realisatie** van het project uitgekeerd kunnen worden.⁵⁵ In het laatste geval zal het subsidiebedrag gecorrigeerd worden voor het voordeel bij uitbetaling direct na realisatie, zodat de netto contante waarde van het totale subsidiebedrag gelijk is aan een gespreide uitkering over de looptijd van de subsidie. Ook is een **hybride vorm** denkbaar, waarbij een deel direct na realisatie en een deel jaarlijks over de looptijd wordt uitgekeerd.

Kader 6-1 geeft een fictief rekenvoorbeeld hoe een vaste subsidie in de praktijk zal werken.

⁵⁵

Kader 6-1 Fictief rekenvoorbeeld ter illustratie van de vaste subsidie

Een projectontwikkelaar wil subsidie aanvragen voor een warmtepomp. Het maximale aanvraagbedrag (basisbedrag) is 100 EUR/MWh geleverde warmte, op dezelfde wijze berekend als nu bij de SDE++ door het PBL. De subsidie die de projectontwikkelaar onder de vaste subsidie zal ontvangen wordt dan als volgt berekend:

1. De projectontwikkelaar dient een subsidieaanvraag in met een aanvraagbedrag dat (bijvoorbeeld) gelijk is aan het basisbedrag (dus tegen het maximale aanvraagbedrag): 100 EUR/MWh geleverde warmte.
2. De gehanteerde langetermijnprijs (verwachte prijs van de referentietechniek gasketel) is 50 EUR/MWh geleverde warmte.
3. De verwachte onrendabele top is $100 - 50 = 50$ EUR/MWh geleverde warmte, vergelijkbaar als in de SDE++.
4. De referentie voor de subsidiebepaling is 3 000 vollasturen met een opwekkingscapaciteit van $3 \text{ MW}_{\text{th}} = 9 \text{ 000 MWh productie/jaar}$.
5. Het maximale subsidiebedrag is dan: onrendabele top x referentieproductie. Oftewel $(100 - 50) \times 3 \text{ 000}$ vollasturen $3 \text{ MW} = 450 \text{ 000 EUR/jaar}$ voor periode van 12 jaar.
6. De uitbetaling van de subsidie is vervolgens als volgt afhankelijk van de gekozen uitkeringsvorm:
 - a. Bij een jaarlijkse uitkering zou de uitbetaling 450 000 EUR per jaar zijn, onafhankelijk van de daadwerkelijke productie en gasprijs (want het uitkeringsbedrag staat vast).
 - b. Bij een uitkering direct na realisatie ontvangt de projectontwikkelaar $450 \text{ 000} \times 12 = 5,4$ miljoen EUR bij aanvang van warmtelevering, minus een correctie voor het voordeel bij uitbetaling in direct na realisatie.

Een eventuele vaste subsidie zal in de toekomst in meer detail uitgewerkt moet worden – onder meer op basis van de analyses in deze studie. De ontwerpelementen die hierboven zijn beschreven kunnen dus mogelijk anders worden vormgegeven. Hierbij zou ook de input op het ontwerp van een vaste subsidie die marktpartijen in het kader van dit onderzoek hebben meegegeven in overweging genomen kunnen worden (zie Bijlage D).

6.2. Beoordeling vaste subsidie

Om te beoordelen of een vaste subsidie een beter passende subsidie is voor de stimulering van duurzame warmte moet in ieder geval gekeken worden in welke mate deze **de geïdentificeerde uitdagingen onder de SDE++** met duurzame warmteprojecten oplost. Daarnaast is het belangrijk om te toetsen in hoeverre een vaste subsidie bijdraagt aan de doelstellingen van de SDE++: **grootschalig duurzame warmtelevering en een vermindering van CO₂-uitstoot** te stimuleren.

In deze sectie wordt eerst het beoordelingskader gepresenteerd voor de toetsing van een vaste subsidie ten opzichte van de huidige SDE++. Vervolgens wordt een kwalitatieve beoordeling van de vaste subsidie met de SDE++ gegeven, waarin de relatieve voor- en nadelen worden benoemd. Ook wordt in de beoordeling **onderscheid gemaakt tussen de verschillende onderzochte warmtetechniekgroepen** waar dit van toepassing is. In de beoordeling is een positieve impact op het criterium ten opzichte van de huidige SDE++ **groen** gekleurd en een negatieve impact **rood**. Criteria waarbij we vrijwel geen verschil met de huidige SDE++ verwachten, een onzekere impact hebben of tot een combinatie van positieve en negatieve impacts zijn **geel** gekleurd. Een belangrijke kanttekening hierbij is dat in de beoordeling niet is gekeken naar de samenhang met of invloed van ander beleid.

6.2.1. Beoordelingskader

Tabel 6-1 geeft het beoordelingskader in de criteria weer op basis waarvan de vaste subsidie is getoetst. De criteria zijn onderverdeeld in categorieën.

Tabel 6-1 Beoordelingskader voor de toetsing van de vaste subsidie t.o.v. de huidige SDE++

Categorie	Criterium	Beschrijving
Doeltreffendheid	Investeringszekerheid	Mate waarin de subsidie zekerheid biedt projectontwikkelaar en het makkelijker maakt om de investeringsbeslissing te nemen, wat daarmee leidt tot meer warmteprojecten.
	Volume duurzame warmte & BKG-reductie	Mate waarin de subsidie leidt tot meer opwek van duurzame warmte en dus ook reductie van de BKG-uitstoot.

Doelmatigheid	Risico op over- of onderstimulering ⁵⁶	Risico's waarop de subsidie, gegeven de verschillende financiële risico's, uiteindelijk tot overstimulering of onderstimulering van projecten leidt.
	Risicoverdeling projectontwikkelaars en overheid	Types financiële risico's die bij de projectontwikkelaars en bij de overheid liggen. De financiële risico's die bij de overheid komen te liggen beïnvloeden namelijk de doelmatigheid van de subsidie. ⁵⁷
	Risico op gaming ⁵⁸	Mate waarin voorkomen kan worden dat subsidie onrechtmatig wordt aangevraagd en "gebruikt" door partijen die geen intentie hebben om duurzame warmte te produceren.
	BKG-reductie tegen de laagste kosten	Inzet van het subsidieontwerp op zo groot mogelijke BKG-reductie per euro subsidie.
Bijdrage aan systeem-efficiëntie	Interactie subsidie en marktprikkels	Mate waarin marktprikkels die via energieprijswisselingen gegeven worden interacteren met de subsidie.
	Bevorderen flexibele inzet technieken	Mate waarin de subsidie een flexibele inzet van technieken ondersteunt waarbij technieken bijdragen aan de technische en financiële efficiëntie van het energiesysteem. ⁵⁹
Administratieve complexiteit	Voor projectontwikkelaars	Mate van complexiteit van de regeling voor projectontwikkelaars, rekening houdend met administratieve lasten die ze ondervinden bij zowel de aanvraag als nadat het project is gerealiseerd.
	Voor overheid	Relatieve mate van uitvoerbaarheid van de regeling en bijbehorende administratieve lasten voor de overheid.

6.2.2. Doeltreffendheid

Investeringszekerheid

Een vaste subsidie **garandeert de hoeveelheid uit te keren subsidie**. Hierdoor wordt de business case van het duurzame warmteproject minder afhankelijk van de hoeveelheid geleverde warmte. Een vaste subsidie geeft dus zekere en voorspelbare subsidie-inkomsten. Onder de SDE++ zijn de subsidie-inkomsten afhankelijk van de hoeveelheid geleverde warmte en het jaarlijks bepaalde correctiebedrag, wat samen tot volume- en prijsrisico's leidt en daarmee onzekere subsidie-inkomsten. Sommige geconsulteerde marktpartijen stellen daarom dat ze slechts **een deel van verwachte subsidie-inkomsten uit de SDE++ in hun business case meenemen**, vanwege de onzekerheid over de uiteindelijke subsidie-inkomsten.

In het algemeen verlaagt een vaste subsidie het risicoprofiel en **verhoogt daarmee de investeringszekerheid** t.o.v. de SDE++. Het lagere risicoprofiel vertaalt zich namelijk in lagere minimale rendementseis. Dit leidt daarnaast tot lagere financieringskosten. Deze positieve effecten van een vaste subsidie worden door vrijwel alle geconsulteerde marktpartijen bevestigd. Zij geven aan dat een vaste subsidie de investeringszekerheid van warmteprojecten in principe verbetert en de investeringsbeslissing voor projectontwikkelaars vergemakkelijkt, mits deze minstens gelijk is aan het maximale subsidiebedrag die ze onder de SDE++ zouden ontvangen.

De **uitkeringsvorm** waarbij een deel van de vaste subsidie **direct na realisatie** uitbetaald wordt zal de grootste positieve impact hebben op de investeringszekerheid en de financieringskosten het meest verlagen, met name voor technieken met een hoge CAPEX en hoge financieringskosten. Een

⁵⁶ Strikt genomen is onderstimulering geen onderdeel is van doelmatigheid maar heeft juist invloed op de doeltreffendheid, maar het wordt onder doelmatigheid behandeld omdat het direct gerelateerd is aan de risico's die ook relevant zijn voor overstimulering.

⁵⁷ Risico van de projectontwikkelaars kunnen invloed hebben op de financieringskosten en daarmee de doeltreffendheid van de subsidie, en zijn daarom onder Investeringszekerheid besproken.

⁵⁸ Gaming heeft betrekking op toekenning van subsidies aan partijen die de intentie hebben om het systeem te misbruiken, dus niet de intentie hebben om bij te dragen aan de doelstelling van de subsidie. Overstimulering heeft betrekking op toekenning van subsidies aan partijen die bijdragen aan het beoogd resultaat, maar waarbij de subsidie economisch niet noodzakelijk is.

⁵⁹ We nemen aan dat blootstelling aan marktprikkels gelijk staat aan flexibele inzet van technieken. In de realiteit zijn het huidige elektriciteitsmarktontwerp en de gerelateerde marktprikkels niet optimaal ingericht om flexibiliteit te bevorderen en netcongestie te beperken, maar dat valt buiten de scope van dit onderzoek.

snelle uitkering zorgt namelijk voor meer inkomsten in een vroege fase, waardoor leningen sneller terugbetaald kunnen worden (en dus ook minder rente betaald hoeft te worden), wat zorgt voor een betere business case. Dit wordt ook door de geraadpleegde marktpartijen bevestigd. Tegelijkertijd verwachten sommige marktpartijen dat de impact van de uitkeringsvorm op de financieringskosten beperkt is. Deze partijen geven aan dat het moment van uitkering minder relevant is voor de financieringskosten dan de mate van zekerheid van de uitkering.

Een vaste subsidie, zoals vormgegeven in Sectie 6.1, introduceert ook **andere onzekerheden** in de business case:

- **De warmtelevering (en daarmee de marktinkomsten), is moeilijker te voorspellen.** De SDE++ verlaagt als de ware de variabele kosten voor warmteproductie, waarbij het SDE++-bedrag stijgt bij een dalende gasprijs. Op deze wijze borgt de SDE++ dat de duurzame warmteprojecten concurrerend blijven ten opzichte van een gasketel of WKK, zelfs in situaties met lagere gasprijzen (zie ook Sectie 3.3.4). Bij een vaste subsidie zijn de duurzame warmteprojecten volledig blootgesteld aan marktprikkels, waardoor de warmtelevering afhankelijk zal zijn van of de duurzame warmtebron kan concurreren met fossiele alternatieven.
- Door het **minimumaantal vereiste vollasturen** onder een vaste subsidie zouden duurzame warmteprojecten mogelijk ook **warmte moeten produceren in periodes waar het niet rendabel** om de subsidie te behouden. Hoewel dit risico deels wordt gemitigeerd door de mogelijkheid om de vereiste vollasturen in een later jaar in te halen, zal met deze onzekerheid ook rekening gehouden moeten worden in de investeringsbeslissing.
- Een vaste subsidie is niet in staat de andere rol van de SDE++ te vervullen als verzekering tegen mogelijk lagere inkomsten (of vermeden kosten) zoals in Sectie 3.3.4 in beschreven. De hoeveelheid subsidie staat namelijk na beschikking vast. De functie van de subsidie om investeringen aan de inkomstenkant te **derisken verdwijnt** dus. Voor projecten die **geen verwachte onrendabele top** hebben (oftewel een negatieve subsidie-intensiteit) zal het uitkeringsbedrag dus nul zijn, en **vermindert een vaste subsidie juist de investeringszekerheid**. Deze verminderde investeringszekerheid geldt mogelijk ook voor projecten met een hele lage verwachte onrendabele top, waarbij de functie van derisken belangrijker kan zijn dan de zekerheid qua subsidie-inkomsten.

Ten slotte benoemden sommige marktpartijen ook een ont koppeling van de actuele gasprijzen in een vaste subsidie prijsrisico's met zich meebrengt door de **huidige koppeling van warmtepijzen (en dus inkomsten) aan gasprijzen**. Dit geldt voor zowel voor leveringen aan huishoudens door de huidige NMDA-principe als aan niet-huishoudens in bestaande warmtecontracten. Deze risico's zijn echter in principe van **tijdelijke aard**. Bij een overstap naar kostengebaseerde tarieven zoals voorzien in het wetvoorstel *Wet Collectieve Warmte* zouden deze risico's met een vaste subsidie voor leveringen aan huishoudens via warmtenetten verminderd kunnen worden. Voor niet-huishoudens hangt dit af van de looptijd van de warmtecontracten. Een vaste subsidie kan namelijk warmtepijzen ont koppelen van de gasprijs, duurzame bronnen met lage variabele kosten stimuleren en afnameafspraken vereenvoudigen.

De mate waarin de bovenstaande onzekerheden bij een vervanging van de SDE++ met een vaste subsidie zich voordoen hangt voornamelijk af de **kostenkarakteristieken** van de techniek:

- Voor technieken met een **relatief hoge vaste kosten** (met name een hoge CAPEX) **en lage variabele kosten** zal een vaste subsidie een **positieve impact** hebben op de investeringszekerheid. Dit gaat voornamelijk om **geothermie zonder WP, industriële WP open systeem** en **restwarmte zonder WP**. Door de lage variabele kosten zijn deze warmtebronnen zonder subsidie grotendeels al concurrerend met fossiele alternatieven (zie de dekkingsbijdrage in Sectie 3.3.1), waardoor de andere onzekerheden zoals hierboven zijn besproken geen rol spelen.
 - Voor projecten waar de verwachte subsidie-intensiteit negatief is, en mogelijk ook bij projecten met een lage subsidie-intensiteit, zal een vaste subsidie **negatief**

uitpakken voor de business case. Dit geldt voor projecten die vallen in de subcategorieën van restwarmte zonder WP met een lage lengte-vermogensverhouding en industriële WP open systeem met hoge vollasturen. Voor deze subcategorieën is in de SDE++ geraamd dat de verwachte marktinkomsten en vermeden kosten voldoende zijn om de projectkosten dekken. Onder een vaste subsidie die enkel de verwachte onrendabele top dekt krijgen projecten in deze subcategorieën geen subsidie terwijl ook de rol van de SDE++ als verzekering tegen mogelijk lagere inkomsten verdwijnt.

- Voor technieken met **relatief hoge vaste kosten** en **relatief hoge variabele kosten** biedt een vaste subsidie meer zekerheid dat de vaste kosten (deels) worden gedekt, maar worden de andere onzekerheden in de business case negatief beïnvloed. Dit speelt vooral bij **aquathermie, geothermie met WP, LW-WP, industriële WP overig** en **restwarmte met WP**. Aan de ene kant zorgt de vaste subsidie voor meer zekerheid over subsidie-inkomsten, wat de investeringszekerheid verbetert. Aan de andere kant zullen deze technieken naar verwachting een kleiner deel van de tijd concurrerend zijn met fossiele alternatieven bij een vaste subsidie met volledige blootstelling aan marktprikkels (zie Sectie 3.3.1). Hiermee leidt een vaste subsidie tot minder warmtelevering bij deze technieken en daarmee lagere marktinkomsten, wat de investeringszekerheid verslechtert.
- Voor technieken met **relatief lage vaste kosten** en **hoge variabele kosten** zal een vaste subsidie grotendeels **een negatieve impact** op de investeringszekerheid hebben. Voor deze technieken is de dekking van de vaste kosten van minder belang voor de investeringszekerheid, en de borgende werking van de SDE++ juist belangrijker. Van de relevante techniegroepen in deze verkenning gaat dit om **e-boilers**.

Tabel 6-2 vat de verwachte impact van een vaste subsidie ten opzichte van de SDE++ op de investeringszekerheid samen. Dit komt overeen met de input van de geraadpleegde marktpartijen, waarin werd benoemd dat een vaste subsidie vooral een positieve impact zal hebben op geothermie, maar minder goed op de subsidiebehoeften van e-boilers zal aansluiten in vergelijking met de SDE++.

Tabel 6-2 Beoordeling vaste subsidie t.o.v. de huidige SDE++: investeringszekerheid

Criteria	Techniegroep	Vaste subsidie t.o.v. de SDE++
Investerings-zekerheid	• Geothermie zonder WP	Positief vanwege relatief hoge vaste kosten en lage variabele kosten
	• Industriële WP, open systeem • Restwarmte zonder WP	Positief voor projecten door relatief hoge vaste kosten en lage variabele kosten, maar negatief voor projecten met een verwachte negatieve subsidie-intensiteit (subsidie = 0)
	• Aquathermie • Geothermie met WP • Industriële WP, overig • LW-WP • Restwarmte met WP	Positief vanwege relatief hoge vaste kosten, maar ook negatief door relatief hoge variabele kosten
	• E-boiler	Negatief door relatief lage vaste kosten (met name lage CAPEX) en hoge variabele kosten

Opwekking duurzame warmte en BKG-reductie

De verbeterde investeringszekerheid bij een vaste subsidie ten opzichte van de huidige SDE++ bij sommige technieken kan aan de ene kant tot meer investeringen in warmteprojecten leiden. Dit vergroot de **capaciteit van duurzame warmteproductie**. Aan de andere kant verdwijnt de borgende werking van de SDE++ dat de warmteproductie van de duurzame warmteprojecten concurrerend is ten opzichte van het fossiele alternatief. Dit kan leiden tot **minder duurzame warmteproductie** per project. De inzet van de duurzame warmtebron wordt bij een vaste subsidie namelijk volledig bepaald door de marginale marktinkomsten en de variabele kosten van warmteproductie (de dekkingsbijdrage). De verminderde warmteproductie wordt wel deels gemitigeerd door het minimumaantal vereiste vollasturen.

In welke mate een vaste subsidie tot minder warmteproductie is dus grotendeels afhankelijk van de dekkingsbijdrage van de techniek. Op basis van de **verwachte dekkingsbijdrage** in Sectie 3.3.1 voor de techniekgroepen gesteld worden dat:

- Techniekgroepen met **een positieve dekkingsbijdrage gedurende het overgrote deel van het jaar en lage variabele kosten** hebben een laag risico op verminderde productie, omdat de technieken ook zonder productiesubsidie zoals de SDE++ (grotendeels) concurrerend met fossiele warmtebronnen. Voor deze techniekgroepen leidt een toename in projecten door de verbeterde investeringszekerheid ook tot meer warmteproductie op systeemniveau. Dit gaat om **geothermie zonder WP, industriële WP open systeem** en **restwarmte zonder WP**.
- Voor projecten in de techniekengroepen met een **negatieve dekkingsbijdrage gedurende een overgrote deel van het jaar en hoge variabele kosten** zal het in de meeste uren van het jaar zonder een productiesubsidie zoals de SDE++ niet rendabel zijn om warmte op te wekken. Hierdoor zal de totale warmteproductie uit deze techniekgroepen plaatsvinden substantieel dalen, wat zich op systeemniveau vertaalt tot minder duurzame warmteproductie. Dit geldt voor **e-boilers**.
- Het effect van een vaste subsidie op de totale warmteproductie van projecten in de andere techniekgroepen zal gemengd zijn. Dit betreft **aquathermie, geothermie met WP, industriële WP overig, LW-WP** en **restwarmte met WP**. Op projectniveau zullen er minder uren zijn waarin het duurzame warmteproject concurrerend is met fossiele alternatieven, wat leidt tot minder duurzame warmteopwekking. Deels kan deze afname op projectniveau gecompenseerd worden door een toename van duurzame warmteprojecten zijn. Zoals hierboven besproken kan een vaste subsidie ook weer andere onzekerheden introduceren die investeringszekerheid verslechteren. Of een vaste subsidie uiteindelijk op systeemniveau tot meer of minder duurzame warmteproductie leidt voor deze techniekgroepen (in vergelijking met de SDE++) is dus erg onzeker en hangt van de toekomstige marktontwikkelingen af.

Tabel 6-3 vat de verwachte impact samen op opwekking duurzame warmte en BKG-reductie. De geconsulteerde marktpartijen onderschrijven het risico dat een vaste subsidie tot minder duurzame warmteproductie kan leiden voor technieken met hoge variabele kosten. **Volgens één van de marktpartijen laten hun simulaties van dispatchbeslissingen zien dat duurzame warmtetechnieken met relatief hoge variabele kosten bij een vaste subsidie (vrijwel) niet meer worden ingezet.** Hierbij werden e-boilers veelal benoemd, maar ook techniekgroepen met een WP.

Tabel 6-3 Beoordeling vaste subsidie en de huidige SDE++: Opwekking duurzame warmte en CO₂-reductie

Criteria	Techniekgroep	Vaste subsidie t.o.v. de SDE++
Opwekking duurzame warmte en CO ₂ -reductie	• Geothermie zonder WP • Industriële WP, open systeem • Restwarmte zonder WP	Positief door meer warmteprojecten, beperkte of geen verminderde inzet door verwachte positieve dekkingsbijdrage grotendeels van de tijd en lage variabele kosten
	• Aquathermie • Geothermie met WP • Industriële WP, overig • LW-WP • Restwarmte met WP	Onzeker doordat verbeterde investeringszekerheid tot meer projecten kan leiden, maar wel minder warmteproductie per project
	• E-boiler	Negatief doordat warmteopwekking met deze techniekgroepen voor de meeste tijd niet rendabel zal zijn

6.2.3. Doelmatigheid

Risico op over- of onderstimulering

Er is sprake van **overstimulering** als het uitgekeerde subsidiebedrag hoger is dan de subsidiebehoefte. Dit kan doordat er meer subsidie is aangevraagd dan nodig, of als de werkelijke kosten lager uitvallen dan oorspronkelijk geraamd. Ook is er sprake van overstimulering als de

warmteprijsen uiteindelijk hoger zijn dan geraamd, en dus de marktinkomsten of vermeden kosten ook hoger zijn. **Onderstimulering** treedt op als de aangevraagde subsidie te laag is doordat de werkelijke kosten hoger uitvallen en/of de uiteindelijke inkomsten juist te laag zijn.

Bij een vaste subsidie is er een **groter risico** op over- en onderstimulering door **warmteprijsen** die uiteindelijk anders zijn dan geraamd; de SDE++ corrigeert hier namelijk jaarlijks voor in het correctiebedrag. Tegelijkertijd **vermindert** een vaste subsidie het **risico op onderstimulering** dat optreedt in de SDE++ bij te weinig warmtelevering, waardoor het totale subsidiebedrag lager uitvalt (**Uitdaging I**). De andere risico's op over- en onderstimulering zijn in zowel een vaste subsidie en de huidige SDE++ even groot aanwezig.

Het risico op **over- en onderstimulering** gerelateerd **aan warmteprijsen is in alle projecten aanwezig**, ongeacht de toegepaste warmtetechniek. Wel treedt het risico op **onderstimulering** voornamelijk op bij technieken waar een hoog aantal vollasturen nodig is om de vaste kosten terug te verdienen. De verwachte impact van een vaste subsidie ten opzichte van de SDE++ in Tabel 6-4 is daarom ook direct gerelateerd aan de mate waarin Uitdaging I relevant is voor een techniegroep.

Tabel 6-4 Beoordeling vaste subsidie en de huidige SDE++: Risico op over- of onderstimulering

Criteria	Techniegroep	Vaste subsidie t.o.v. de SDE++
Risico op over- of onderstimulering	• Aquathermie • Geothermie met WP • Geothermie zonder WP • Industriële WP, overig • LW-WP • Restwarmte met WP	Negatief vanwege toename risico op over- en onderstimulering gerelateerd aan warmteprijsen; positief doordat het risico op onderstimulering door te weinig gerealiseerde vollasturen wordt verlagen
	• E-boiler • Industriële WP, open systeem • Restwarmte zonder WP	Negatief vanwege toename risico op over- en onderstimulering gerelateerd aan warmteprijsen; beperkt relevant voor onderstimulering door beperkte subsidieafhankelijkheid om vaste kosten terug te verdienen

Risicoverdeling projectontwikkelaars en overheid

Bij een vaste subsidie zal een deel van **het volumerisico bij de overheid** komen te liggen. Door het loskoppelen van de subsidie-uitkering en de warmtelevering verschuift namelijk een deel van het vollooprisko van projectontwikkelaars naar de overheid. Dit kan er tevens toe leiden dat marktpartijen technieken te kiezen die mogelijk rendabeler zijn maar minder betrouwbaar, waardoor een deel van de risico's gerelateerd aan techniekekeuzes bij de overheid komt te liggen. Echter, niet het gehele vollooprisko verschuift naar de overheid; de subsidie dekt namelijk enkel de onrendabele top, dus is het behalen van voldoende marktinkomsten ook voor een positieve business case van belang. Ook moeten projectontwikkelaars aan het vereiste minimumaantal vollasturen voldoen, waardoor er tot aan dit minimum nog steeds een prikkel is voor projectontwikkelaars om voldoende warmteafnemers te contracteren en technieken te kiezen om op een betrouwbare wijze aan de warmtevraag te voldoen.

Door het maximaal subsidiabele vollasturen onder de SDE++ als referentievollasturen te gebruiken voor de hoogte van de vaste subsidie, is **de uit te keren vaste subsidie gelijk aan het maximale uitkeringsbedrag onder de SDE++** (bij dezelfde aanvraag- en correctiebedragen). Omdat niet alle projecten het maximaal subsidiabele vollasturen zullen halen, en dus ook niet het maximale uitkeringsbedrag onder de SDE++ krijgen, zal een vaste subsidie naar verwachting **in totaal tot hogere subsidie-uitgaven voor de overheid** leiden.

Tegelijkertijd zijn er enkele **mitigerende factoren** die de stijging in de totale subsidie-uitgaven onder een vaste subsidie mogelijk beperken ten opzichte van de huidige SDE++. Echter, deze factoren zullen waarschijnlijk niet opwegen tegen de stijging in subsidie-uitgaven door het verschuiven van het volumerisico:

- Projectontwikkelaars zouden mogelijk een **lager subsidiebedrag aanvragen** dan onder de SDE++ doordat het vollooprisko deels is gemitigeerd en daardoor de financieringskosten

lager zijn. Dit wordt gedreven door de generieke prikkel in de SDE++-systematiek (wat hetzelfde is onder de vaste subsidie) om subsidie tegen een zo laag mogelijk bedrag aan te vragen om de kans op beschikking te vergroten. Dit kan **de stijging in subsidie-uitgaven wat drukken**.

- Een vaste subsidie **verschuift het prijsrisico** dat onder de huidige SDE++ bij de overheid ligt naar projectontwikkelaars. Dit betreft de borgende werking van de SDE++, waarbij het correctiebedrag dat dalen in inkomsten door lage warmteprijsen (gekoppeld aan gasprijsen) aanvult met hogere subsidiebedragen. Dit prijsrisico werkt echter twee kanten op, waarbij de uitgaven onder de SDE++ ook weer dalen bij hoge warmteprijsen (hoge gasprijsen). Het is dus **onzeker of dit effect in hogere of lagere totale subsidie-uitgaven zal resulteren**.

Ten slotte worden de financiële projectrisico's bij een vaste subsidie ook deels naar de overheid geschoven als de **uitkeringsvorm** wordt gekozen waarbij het volledige subsidiebedrag **direct na realisatie** uitbetaald wordt. Indien projecten niet aan het minimumaantal vollasturen voldoen of voortijdig stop worden gezet, moet de overheid de subsidie namelijk terugvorderen, wat in de praktijk niet altijd zal lukken. Door de subsidie **(deels) gespreid** over de subsidie looptijd uit te keren, kan de overheid dit risico mitigeren. Tegelijkertijd zorgt een gespreide uitkering ervoor dat projectontwikkelaars zelf een groter deel van de CAPEX moeten dekken, en daardoor een groter belang hebben om het project zo snel mogelijk te realiseren (zoals in de SDE++ het geval is).

De verschuiving van risico's zijn inherent aan de vormgeving van de vaste subsidie en vindt plaats voor alle technieken. In Tabel 6-5 is daarom ook **geen onderscheid gemaakt tussen de verschillende techniegroepen**. De omvang van de risico's die verschuiven zal wel per techniek en per project anders zijn, wat invloed heeft op de investeringszekerheid en in Sectie 6.2.2 is besproken.

Tabel 6-5 Beoordeling vaste subsidie en de huidige SDE++: Risicoverdeling projectontwikkelaars en overheid

Criteria	Techniegroep	Vaste subsidie t.o.v. de SDE++
Risicoverdeling project-ontwikkelaars en overheid	Alle relevante techniegroepen	Verschuiving van een deel van het vollooprisko van projectontwikkelaars naar de overheid, wat hoogstwaarschijnlijk tot hogere totale subsidie-uitgaven zal leiden

Risico op gaming

Doordat een vaste subsidie niet meer gekoppeld is aan de hoeveelheid geleverde warmte, zouden partijen die geen intentie hebben om duurzame warmte te produceren of veel minder duurzame warmte verwachten te produceren dan ze opgeven in hun aanvraag in theorie onrechtmatig subsidie kunnen krijgen. Dit risico wordt deels gereduceerd door de vereiste dat alle projecten aan een **minimumaantal vollasturen**. Partijen moeten namelijk minstens een bepaalde hoeveelheid duurzame warmte moeten produceren om subsidie voor hun project te krijgen. Dit risico kan nog verder worden ingeperkt door **niet de volledige vaste subsidie direct na realisatie uit te keren**. Dit verkleint namelijk de kans dat de subsidie teruggevorderd moet worden indien de projectontwikkelaar niet het minimumaantal vereiste vollasturen niet haalt.

Echter, zelfs met deze maatregelen is het risico op gaming nog steeds **hoger** dan onder de huidige SDE++. Het minimumaantal vollasturen dient als ondergrens, maar voorkomt niet dat partijen bewust een overschatting van hun warmteproductie in hun aanvraag opgeven. Daarnaast is er onder de SDE++ geen risico dat partijen onrechtmatig subsidie krijgen door te weinig duurzame warmteproductie, omdat de uitkering van de subsidie gekoppeld is de productie. Zoals in Tabel 6-6 is te zien is het risico naar verwachting hetzelfde voor alle technieken.

Tabel 6-6 Beoordeling vaste subsidie en de huidige SDE++: Risico op gaming

Criteria	Techniegroep	Vaste subsidie t.o.v. de SDE++
Risico op gaming	Alle relevante techniegroepen	Hoger risico dan de SDE++. Een doordat het verhoogd risico op gaming wordt

		gemitigeerd door de vereiste van een minimumaantal vollasturen
--	--	--

BKG-reductie tegen de laagste kosten

Of een vaste subsidie tot een hogere of lagere BKG-reductie per euro subsidie leidt ten opzichte van de huidige SDE++ hangt van meerdere factoren af die onder de eerdere criteria zijn besproken:

- Een vaste subsidie kan tot **een hogere CO₂-reductie per euro subsidie** leiden doordat de vaste subsidie de minimale rendementseisen financieringskosten kan verlagen (zie *Investeringszekerheid* in Sectie 6.2.2). Hierbij daalt de subsidiebehoefte van het project, wat kan leiden tot lagere aanvraagbedragen en ook lagere subsidie-uitkeringen dan in de SDE++. Naar verwachting zal dit vooral plaatsvinden bij projecten met **relatief hoge vaste kosten** (met name een hoge CAPEX) en waar **geen of een beperkte daling van de warmteproductie** wordt verwacht (zie *Opwekking duurzame warmte en BKG-reductie* in Sectie 6.2.2). Dit gaat naar verwachting vooral om projecten in **geothermie zonder WP, industriële WP open systeem** en **restwarmte zonder WP**. Tegelijkertijd kan de warmteproductie door volumerisico's lager uitvallen, wat weer kan leiden tot minder warmteproductie beoogd bij en daarmee een **lagere CO₂-reductie per euro subsidie**.
- Een vaste subsidie zal bij sommige techniegroepen juist tot minder duurzame warmteproductie leiden (zie *Opwekking duurzame warmte en BKG-reductie*). Dit resulteert dus ook direct tot minder BKG-reductie. Tegelijkertijd zal de subsidie-uitkering per project hoogstwaarschijnlijk omhoog gaan (zie *Risicoverdeling projectontwikkelaars en overheid*). De combinatie van deze effecten leidt ertoe dat de **CO₂-reductie per euro subsidie omlaag** gaat. Dit zal naar verwachting vooral plaatsvinden bij projecten in **aquathermie, e-boilers, geothermie met WP, industriële WP overig, LW-WP** en **restwarmte met WP**.

Tabel 6-7 vat de verwachte impact van een vaste subsidie ten opzichte van de SDE++ op BKG-reductie tegen de laagste kosten voor de overheid samen.

Tabel 6-7 Beoordeling vaste subsidie en de huidige SDE++: BKG-reductie tegen de laagste kosten

Criteria	Techniegroep	Vaste subsidie t.o.v. de SDE++
BKG-reductie tegen de laagste kosten	• Geothermie zonder WP • Industriële WP, overig • Restwarmte zonder WP	Positief vanwege lagere financieringskosten, waardoor de subsidiebehoefte daalt; negatief als er sprake is van minder warmteproductie per project dan beoogd.
	• Aquathermie • E-boiler • Geothermie met WP • LW-WP • Industriële WP, open systeem • Restwarmte met WP	Negatief door een daling van warmteproductie per project; beperkt effect van verlaagde financieringskosten op het aanvraagbedrag door onzekerheid rondom variabele kosten

6.2.4. Bijdrage aan systeemefficiëntie

Interactie marktprikkels en subsidie

Een vaste subsidie heeft, in tegenstelling tot de SDE++ als exploitatiesubsidie, in principe geen invloed op de marktprikkels. De prikkel van de SDE++ om zoveel mogelijk warmte te produceren (tot aan de maximaal gesubsidieerde vollasturen) verdwijnt. Ook verdwijnt het effect waarbij de SDE++ effectief de variabele kosten van de duurzame warmteproject verlaagt en daarmee de marktprikkels voor de operationele inzet van het project beïnvloedt (zie Sectie 3.3.4). Bij een vaste subsidie worden duurzame warmteprojecten dus **volledig blootgesteld aan marktprikkels**. Een kanttekening hierbij is dat warmteprojecten bij volledige blootstelling aan marktprikkels het minimumaantal vereiste vollasturen onder een vaste subsidie halen. Anders geeft de vaste subsidie alsnog een prikkel om warmte te produceren in periodes die niet consistent zijn met marktprikkels, al zal dit veel minder zijn dan onder de SDE++.

Vanuit **het perspectief van het energiesysteem** zijn deze prikkels van de SDE++, in het geval van warmteprojecten, suboptimaal wanneer ze tot **elektriciteitsverbruik op ongewenste momenten** leiden (zie **Probleem V** in Sectie 4.5). Tegelijkertijd is het vanuit **de energietransitie** wenselijk dat **fossiele warmteproductie zoveel mogelijk wordt vervangen door duurzame warmte**. Om dit te bereiken is voor technieken met relatief hoge variabele kosten juist een verstoring van marktprikkels nodig om bij te dragen aan het doel.

In beide gevallen betreft dit technieken met een relatief **hoog elektriciteitsverbruik**, omdat de variabele kosten voornamelijk door elektriciteitskosten worden bepaald. Dit gaat dus vooral om **e-boilers**—en in mindere mate **aquathermie, geothermie met WP, industriële WP overig, LW-WP** en **restwarmte met WP**. Omdat een vaste subsidie geen prikkel geeft om zoveel mogelijk warmte te produceren, kan de warmteopwekking zo gepland worden dat het elektriciteitsgebruik minder op ongewenste momenten plaatsvindt (voor zover mogelijk, zie *Bevorderen flexibele inzet technieken*). Tegelijkertijd zullen de projecten met deze technieken bij volledige blootstelling aan marktprikkels minder vaak ingezet worden (zie *Opwekking duurzame warmte en BKG-reductie* in Sectie 6.2.2). Voor de andere techniekgroepen met lage variabele kosten (**geothermie zonder WP, industriële WP open systeem** en **restwarmte zonder WP**) is de verstoring van marktprikkels door de SDE++ op de operationele inzet zeer beperkt, dus blijft de situatie vrijwel onveranderd onder een vaste subsidie.

Tabel 6-8 vat de verwachte impact van een vaste subsidie ten opzichte van de SDE++ de interactie van de subsidie met marktprikkels samen.

Tabel 6-8 Beoordeling vaste subsidie en de huidige SDE++: Interactie subsidie en marktprikkels

Criteria	Techniekgroep	Vaste subsidie t.o.v. de SDE++
Interactie subsidie en marktprikkels	• Aquathermie • E-boiler • Geothermie met WP • LW-WP • Industriële WP, overig • Restwarmte met WP	Positief door vermindering van het risico van elektriciteitsverbruik op ongewenste momenten; negatief door verdwijnen gewenste verstoring van marktprikkels voor operationele inzet
	• Geothermie zonder WP • Industriële WP, open systeem • Restwarmte zonder WP	Vrijwel geen impact omdat de SDE++ een zeer beperkte invloed had op marktprikkels en de operationele inzet

Bevorderen flexibele inzet technieken

Een vaste subsidie heeft op zichzelf geen invloed op het bevorderen van de flexibele inzet van technieken. Echter, een vervanging van de SDE++ door een vaste subsidie leidt er echter wel toe dat marktprikkels voor flexibele inzet niet meer worden verstoord. Een kanttekening hierbij is wel dat het minimumaantal vereiste vollasturen de flexibele inzet niet verstoord. Zoals besproken in *Interactie marktprikkels* speelt de verstoring van de SDE++ alleen bij technieken die aanzienlijk elektriciteitsverbruik hebben en waarbij de SDE++ de inzet beïnvloedt. Daarnaast moeten de technieken technisch wel flexibel ingezet kunnen worden om flexibele inzet te bevorderen.

Zoals benoemd in **Probleem V** in Sectie 4.5 vindt de verstoring van de SDE++ op marktprikkels voor flexibele inzet vooral plaats bij **e-boilers** en in mindere mate **aquathermie** en **LW-WP**. Geothermie, industriële warmtepompen en restwarmte worden om technische en economische redenen niet/minder flexibel ingezet, dus heeft de SDE++ ook geen invloed gehad op de flexibele inzet van deze technieken. Dit is samengevat in Tabel 6-9.

Tabel 6-9 Beoordeling vaste subsidie en de huidige SDE++: Bevorderen flexibele inzet technieken

Criteria	Techniekgroep	Vaste subsidie t.o.v. de SDE++
	• Aquathermie • E-boiler	Positief doordat de verstoring van de SDE++ op flexibele inzet wordt weggenomen

Bevorderen flexibele inzet technieken	• LW-WP	
	• Geothermie met WP • Geothermie zonder WP • Industriële WP, open systeem • Industriële WP, overig • Restwarmte met WP • Restwarmte zonder WP	Geen effect op het bevorderen flexibele inzet doordat de SDE++ geen invloed had op flexibele inzet

6.2.5. Administratieve complexiteit

Projectontwikkelaars

Door voort te bouwen op de systematiek van de SDE++, zal de administratieve complexiteit voor projectontwikkelaars bij het **voorbereiden en indienen van subsidieaanvragen hetzelfde zijn** als onder de SDE++. Nadat het project is gerealiseerd, blijft ook de **rapportagelast hetzelfde**. Projectontwikkelaars moeten namelijk alsnog hun vollasturen bijhouden en rapporten om te valideren dat ze aan het **minimumaantal vereiste vollasturen** voldoen. Ook is het nodig om de vollasturen bij te houden in het geval dat ze in een bepaald jaar vereiste minimumaantal niet bereiken en in een later jaar moeten inhalen. Hierbij is er geen verschil tussen technieken. Dit is samengevat in Tabel 6-10.

Tabel 6-10 Beoordeling vaste subsidie en de huidige SDE++: 6.2.5. Administratieve complexiteit voor projectontwikkelaars

Criteria	Techniekgroep	Vaste subsidie t.o.v. de SDE++
Voor project-ontwikkelaars	Alle relevante techniekgroepen	Geen verandering bij de subsidieaanvraag of rapportagelast na projectrealisatie

Overheid

De administratieve complexiteit voor de overheid zal **in zowel het voorbereiden van een subsidieronde als het beschikken van subsidies vrijwel hetzelfde** zijn tussen een vaste subsidie en de SDE++. Zoals de vaste subsidie is vormgegeven in Sectie 6.10 moeten namelijk dezelfde parameters worden bepaald als onder de SDE++. Wel moet daarbovenop ook het minimumaantal vereiste vollasturen per subcategorie worden bepaald.

Voor projecten die al gerealiseerd zijn zal **de uitvoering** van een vaste subsidie wel **substantieel simpeler** zijn. Het is namelijk niet meer nodig om elk jaar correctiebedragen vast te stellen. Ook hoeven de uitkeringsbedragen van elk project niet meer elk jaar berekend en aangepast te worden op basis van de nieuwe correctiebedragen en werkelijke vollasturen.

Aan de andere kant kan een vaste subsidie weer extra complexiteit voor de overheid kan toevoegen wanneer een *clawback* mechanisme voor projecten die niet aan het aantal minimum vollasturen voldoen of voortijdig stop worden gezet. Of een *clawback* mechanisme nodig is zal afhangen van de keuze van de **uitkeringsvorm**. Bij een uitkeringsvorm waarbij het gehele subsidiebedrag direct na realisatie wordt uitgekeerd zal een *clawback* mechanisme zeker nodig, bij een evenredige spreiding van de subsidie-uitkering over de subsidielooptijd niet.

De toename in administratieve complexiteit door een *clawback* mechanisme zit vooral bij het opzetten ervan, hoewel in de uitvoering mogelijk maatwerk nodig is afhankelijk van de specifieke situatie van de projectontwikkelaar (terugvordering zal complexer zijn bij bijvoorbeeld faillissementen). In welke mate de administratieve complexiteit bij een *clawback* mechanisme toeneemt is dus onzeker.

De lagere administratieve lasten in de uitvoering en mogelijke toename in administratieve complexiteit door een *clawback* mechanisme zal voor alle technieken en projecten hetzelfde zijn en is samengevat in Tabel 6-11.

Tabel 6-11 Beoordeling vaste subsidie en de huidige SDE++: Administratieve complexiteit voor de overheid

Criteria	Techniekgroep	Vaste subsidie t.o.v. de SDE++
Voor de overheid	Alle relevante techniekgroepen	Substantieel lagere administratieve lasten doordat subsidie-uitkeringen niet elk jaar opnieuw berekend te hoeft te worden; toename extra administratieve complexiteit bij een <i>clawback</i> mechanisme.

7. Conclusies & verdere overwegingen

De SDE++ is een generiek en technologie-neutraal instrument met als doel effectief en efficiënt bij te dragen aan CO₂-reductie in Nederland. Uit verschillende evaluaties^{60, 61} is gebleken dat de SDE++ en haar voorgangers hebben bijgedragen aan **de snelle opschaling van hernieuwbare elektriciteitsopwekking en, in zekere mate, ook van hernieuwbare warmteproductie**. In deze evaluaties is echter ook benoemd dat de effectiviteit van de SDE++ bij warmteprojecten lager is. Aanpassingen in de huidige ondersteuning zouden tot beter passende stimulering voor duurzame warmteprojecten kunnen leiden. Tegelijkertijd kunnen ingrijpende aanpassingen aan de SDE++ de uitvoerbaarheid van de regeling verminderen, en technieken uit de SDE++ halen zou het voordeel van een generieke regeling, zoals concurrentie tussen technieken, verminderen.

Dit hoofdstuk presenteert de conclusies over de uitdagingen bij duurzame warmteprojecten in de huidige SDE++, gevolgd door conclusies over de onderzochte oplossingsrichtingen voor deze uitdagingen en overwegingen voor beleidsmakers.

7.1. Uitdagingen bij duurzame warmteprojecten en de SDE++

Er zijn verschillende uitdagingen voor de opschaling van duurzame warmte. Een deel van deze uitdagingen wordt verklaard door de **kenmerken** van **warmteprojecten** die opschaling van duurzame warmte per definitie uitdagender maken in vergelijking met de opschaling van hernieuwbare elektriciteit. Zo zit er meer spreiding in de kenmerken van warmteprojecten dan bij elektriciteit, waardoor de kosten en de inkomsten meer variëren en lastiger vooraf te voorspellen zijn. Dit wordt onder andere verklaard doordat warmte locatiegebonden is en de marktprijs en waarde sterk kunnen verschillen tussen projecten. Mede hierdoor is het uitdagend om via instrumenten als de SDE++ vooraf zekerheid te bieden over de totale inkomsten, hetgeen beter mogelijk is voor elektriciteitsprojecten.

De uitdagingen bij duurzame warmteprojecten in de huidige SDE++ komen voort uit de manier waarop de SDE++ deze projecten ondersteunt, in combinatie met de kenmerken van warmteprojecten (zie Tabel 7-1):

- Uitdaging I** De **afhankelijkheid** van de subsidie van de **warmtelevering** zorgt voor **onzekere subsidie-inkomsten** bij warmteprojecten: als de productie onverwacht lager uitvalt dan is de subsidie lager. Dit verlaagt de investeringszekerheid. Deze uitdaging is het meest relevant voor techniegroepen met dominante vaste kosten (CAPEX en vaste OPEX) en een hoge onrendabele top, waardoor deze veel afzet (met een positieve marge) moeten hebben om de vaste kosten terug te verdienen. Op het moment van de investeringsbeslissing is het onzeker hoe veel warmte een installatie daadwerkelijk zal leveren.
- Uitdaging II** De **onzekerheid** over het **correctiebedrag** op basis van de gasboiler of WKK zorgt voor **onzekere warmte-inkomsten per GJ**, waarbij de kosten van een gasboiler en WKK steeds minder goed aansluiten bij de marktprijs voor warmte in de praktijk. Hierbij is de toepassing (bijvoorbeeld gebouwde omgeving vs. industrie) een meer relevante karakteristiek dan de techniegroep. De mate waarin een gasboiler of WKK representatief is voor de vermeden kosten of warmte-inkomsten bepaalt namelijk de relevantie van deze uitdaging. Daarnaast is de gasreferentie op dit moment nog verdedigbaar, omdat de gasprijs een goede referentie is voor de huidige warmte-inkomsten. Echter, voor nieuwe warmteprojecten (met SDE++) is de warmteprijs voor de komende 15 jaar relevant. Het lijkt waarschijnlijk dat de gasprijs op deze termijn steeds minder representatief zal zijn voor de warmteprijs,

⁶⁰ Trinomics (2021). *Evaluatie van de SDE+*

⁶¹ Trinomics (2023). *Tussentijdse evaluatie SDE++*

waardoor dit nu al een relevante uitdaging is. Het vaststellen van een beter alternatief is complex en buiten scope van dit onderzoek.

Uitdaging III **Veranderingen** in de investeringskosten (**CAPEX**) **leiden niet tot andere subsidiebedragen**, waardoor de SDE++ ontoereikend kan zijn bij CAPEX-stijgingen tussen de vaststelling van het basisbedrag en de investeringsbeslissing.⁶² Dit geldt voor alle projecten in de SDE++ (niet alleen warmte) en de relevantie is niet hoger bij warmteprojecten. Wel zit er een substantieel verschil tussen de verschillende warmteprojecten, en is deze uitdaging het meest relevant bij techniegroepen met (1) een hoge onrendabele top die (2) vooral wordt verklaard door hoge CAPEX.

Uitdaging IV **Veranderingen** in de operationele kosten (**OPEX**) **leiden niet tot andere subsidiebedragen**, waardoor de SDE++ ontoereikend kan zijn bij OPEX-stijgingen doordat bij veel warmteprojecten de operationele kosten substantieel en moeilijk vooraf te voorspellen zijn.⁶² Ook dit geldt voor alle projecten in de SDE++. Echter, bij veel warmteprojecten hebben de OPEX een substantieel aandeel in de kosten over de levensduur. Deze uitdaging is met name relevant bij technieken met (1) een hoge onrendabele top die (2) vooral wordt verklaard door hoge variabele kosten (met name door elektriciteitskosten en nettarieven).

Uitdaging V De **koppeling** van de uitkering **SDE++** en **warmtelevering** verstoort **marktprikkels** voor **flexibele inzet**. Dit komt doordat er momenten zijn waarop de installatie geen warmte zou leveren zonder de SDE++, maar wel warmte levert als gevolg van de SDE++. Hier verstoort de SDE++ dus marktprijsprikkels. In de praktijk is de uitdaging beperkt relevant, omdat dit speelt alleen bij technieken met een aanzienlijk elektriciteitsverbruik en waarbij de SDE++ de inzet beïnvloedt, oftewel: e-boilers en in mindere mate technieken met een warmtepomp waar flexibele inzet mogelijk is. Daarnaast is er al een prikkel om deze projecten in te zetten bij lage elektriciteitsprijzen door de limiet op het aantal subsidiabele vollasturen.

Uitdaging VI De **strikt afgebakende techniekcategorieën** leiden ertoe dat de SDE++ **geen passende stimulering** is voor sommige hernieuwbare warmteprojecten of leidt er zelfs toe dat sommige projecten niet in aanmerking komen voor de SDE++. Deze uitdaging is het meest relevant bij technieken waar uiteenlopende schaalgroottes, toepassingen, inpassingskosten, temperatuurniveaus en projectcomponenten (zoals warmtepompen en warmtekoeldeopslag) mogelijk zijn. Dit speelt bij projecten waar een ensemble van technieken gebruikt kan worden om een project modulair op te bouwen en gedurende een aantal jaren uit te breiden (bij aquathermie, geothermie en restwarmte).

Tabel 7-1 De relevantie van de uitdagingen per techniegroep in deze verkenning

Uitdaging	Relevantie per techniegroep								
	Aqua-thermie	E-boiler	Geo-thermie met WP	Geo-thermie zonder WP	Industriële WP, open systeem	Industriële WP, overig	LW-WP	Rest-warmte met WP	Rest-warmte zonder WP
I: Onzekerheid inkomsten (afhankelijk van warmtelevering)	++	/	++	++	/	+	++	+	/
II: Onzekerheid inkomsten €/GJ (afhankelijk van gasreferentie)	Relevantie vooral afhankelijk van de toepassing in plaats van de techniegroep								
III: CAPEX-stijging niet meenemen	+	/	+	++	+	+	+	+	+

⁶² Dit werkt twee kanten op. Bij een verlaging van de CAPEX of OPEX is de subsidie eigenlijk te ruim. Vanwege de focus op uitdaging m.b.t. opschaling van hernieuwbare warmte richten we ons enkel op CAPEX- en OPEX-stijgingen.

IV: OPEX-stijging niet meenemen	+	++	+	/	/	+	+	+	/
V: Verstoring flexibele inzet	+	+	/	/	/	/	+	/	/
VI: Strikte afbakening SDE++	++	/	++	+	+	+	+	++	+

++: zeer relevant, +: relevant, /: beperkt relevant; WP = warmtepomp, LW-WP = lucht-water-warmtepomp.

Concluderend zijn **Uitdagingen I** (onzekerheid inkomsten door afhankelijkheid warmtelevering) en **VI** (strikte afbakening SDE++) het **meest relevant** voor de doeltreffendheid van de SDE++ bij warmteprojecten, maar de **relevantie verschilt per techniegroep** en **toepassing**. Verder is **II** (onzekerheid inkomsten door afhankelijkheid gasreferentie) weliswaar ook belangrijk, alleen niet één die een significante invloed heeft op de doeltreffendheid van de SDE++ en dus op korte termijn opgelost moet worden. Daarnaast **IV** (OPEX-stijgingen niet meegenomen) ook belangrijk, maar vooral voor e-boilers. Verder is **III** ook relevant voor bepaalde warmtetechnieken, maar geldt ten minste net zo zwaar bij niet-warmtetechnieken in de SDE++ en oplossingen zouden niet enkel beperkt moeten worden tot warmtetechnieken. **V** (verstoring flexibele inzet) wordt slechts beperkt relevant beschouwd en wordt ook door marktpartijen niet als een belangrijke uitdaging gezien.

7.2. Mogelijke oplossingsrichtingen voor de uitdagingen

Er is **geen oplossingsrichting** geïdentificeerd die **alle uitdagingen oplost**. Wel zijn er meerdere individuele aanpassingen die ieder één uitdaging (deels) oplossen. Echter, individuele aanpassingen kunnen ook nieuwe uitdagingen introduceren:

- **Uitbreiding van banking onder de SDE++ bij onderproductie** (forward banking) van maximaal één jaar na het einde van de subsidielooptijd naar meerdere jaren zou **Uitdaging I** kunnen beperken. Het is echter twijfelachtig in hoeverre deze oplossing de uitdaging daadwerkelijk oplost. Ten eerste is de verbetering van de business case mogelijk beperkt, omdat de subsidie-inkomsten pas laat binnenkomen. Ten tweede is er slechts een beperkte mogelijkheid om de onderproductie in te halen als de technische levensduur van een project niet veel langer is dan de subsidielooptijd. Ook zou de overheid voor een langere periode subsidie moeten reserveren, wat een nadeel is vanuit overheidsperspectief.
- **Nauwkeuriger bepalen van het correctiebedrag** door een betere benadering van de daadwerkelijke inkomsten en vermeden kosten van een warmteproject zou **Uitdaging II** deels kunnen oplossen. Dit leidt echter tot hogere uitvoeringslasten, omdat locatie-specifieke referentie-installaties vastgesteld moeten worden, of projectontwikkelaars hun daadwerkelijke verkregen inkomsten moeten rapporteren.
- **Het corrigeren van de subsidiebeschikking voor CAPEX- en OPEX-veranderingen** zou respectievelijk **Uitdagingen III en VI** oplossen. Dit zou echter ook betekenen dat bij eventuele kostendalingen de uitgekeerde subsidie daalt. Deze oplossingsrichtingen verleggen dus risico's van warmteprojecten van projectontwikkelaars naar de overheid. Hoewel dit kan bijdragen aan de investeringszekerheid gaat het ook gepaard met wezenlijke nadelen. Ten eerste vergoot het de risicoblootstelling van de overheid, omdat de subsidie wordt verhoogd bij hogere CAPEX/OPEX. Weliswaar geldt dit ook andersom (lagere subsidie bij lagere CAPEX/OPEX), maar dit laat onverlet dat de risicoblootstelling van de overheid stijgt. Bovendien verlaagt het de prikkel voor projecten om kostenrisico's te mitigeren, terwijl bepaalde kostenrisico's efficiënter kunnen worden beheerst door de projectontwikkelaars (en onderdeel zijn van het ondernemersrisico). Tot slot kan dit de uitvoeringslasten en complexiteit van de regeling aanzienlijk verhogen.
- **Flexibele transportcontracten voor elektriciteit bevorderen** of verplichten kan **Uitdaging V** deels oplossen. Voor de 2025 openstellingsronde van de SDE++ worden deze flexibele contracten al voor e-boilers gestimuleerd. Dit zou daarom vooral een toevoegde waarde hebben bij sommige warmteprojecten binnen techniegroepen aquathermie en LW-WP.

Deze lopen echter al tegen Uitdaging I aan waarbij sommige projecten onvoldoende warmtelevering realiseren om de vaste kosten terug te verdienen. Flexibele transportcontracten kunnen dit verergeren, terwijl Uitdaging V maar beperkt relevant is.

- **Het aanpassen van de techniekcategorieën** kan **Uitdaging VI** deels verminderen, maar het volledig oplossen van deze uitdaging in de SDE++ kan niet zonder wezenlijke nadelen. Het aantal categorieën en de striktheid zijn namelijk altijd een afweging is tussen effectiviteit en efficiëntie. De huidige geleidelijke manier door het aantal subcategorieën in de SDE++ verder uit te breiden is een optie, maar brengt extra complexiteit met zich mee en sommige warmteprojecten zullen alsnog buiten de subcategorieën vallen. Het samenvoegen van categorieën met minder strenge eisen is een andere optie, maar vergroot weer de kans op overstimulering. Ten slotte kan voor een andere indeling van de categorieën worden gekozen. Op basis van de gebruikte techniekgroepen in deze verkenning zou bijvoorbeeld de stimulering van de warmtebron (geothermie, restwarmte en aquathermie) en de warmtepomp binnen een project wordt losgekoppeld. Warmte-koudeopslag (WKO) en integratie met zonthermische installaties zouden dan afzonderlijk binnen een warmteproject gestimuleerd kunnen worden. Verder onderzoek is echter nodig om vast te stellen of een andere indeling uitvoerbaar is, of het leidt tot dubbele subsidiëring, en of sommige projectonderdelen tussen wal en schip vallen.

Sommige uitdagingen kunnen ook worden opgelost door een alternatief instrument te introduceren, zoals een vaste subsidie of een financiële garantieregeling. In deze studie is enkel **een verdiepende analyse** voor een **vaste subsidie** gedaan, waaruit blijkt dat deze **een aantal uitdagingen tegelijkertijd oplost**:

- Een vaste subsidie namelijk lost **Uitdaging I** volledig op, omdat de subsidie niet afhankelijk is van de daadwerkelijke warmtelevering. Hierdoor is er vooraf zekerheid over de totale subsidie, wat de investeringszekerheid te goede komt.
- Ook lost een vaste subsidie **Uitdaging II** deels op. Hoewel de inkomsten nog altijd worden geschat op basis van de referentie-installatie (en dus gasprijs), vindt er geen jaarlijkse correctie plaats op basis van de gasprijs. De totale subsidie is dus vooraf bekend en gegarandeerd (mits aan het minimumaantal vereiste vollasturen wordt voldaan). Ook dit kan de investeringszekerheid verbeteren.
- Ten slotte heeft een vaste subsidie in principe geen invloed op de inzet van het warmteproject en verdwijnt daarmee **Uitdaging V** per definitie. Dit is wel onder de veronderstelling dat warmteprojecten de minimumaantal vereiste vollasturen halen zonder dat ze warmte moeten produceren in periodes die niet consistent zijn met de marktprikkels.

Een **vaste subsidie introduceert ook weer nieuwe uitdagingen** en is dus niet per definitie een verbetering ten opzichte van de SDE++, met de grootste uitdagingen als volgt:

- Bij een vervanging van de SDE++ met een vaste subsidie vervalt **de borgende werking van de SDE++** die ervoor zorgt dat de inzet van de duurzame warmte-installaties vaker concurrerend is met fossiele alternatieven. Er is dus een verschuiving van het marktprijsrisico van de overheid naar projectontwikkelaars. Dit maakt het moeilijker voor projectontwikkelaars om de afzet en daarmee de marktinkomsten te voorspellen, omdat de warmtelevering afhankelijk zal zijn van of de duurzame warmtebron kan concurreren met fossiele alternatieven. Dit kan weer leiden tot een lagere investeringszekerheid.
- Vanuit het **overheidsperspectief** gaat een vaste subsidie gepaard met nieuwe risico's. Zo wordt een deel van het volloopprijs van projectontwikkelaars naar de overheid verschoven. Er is dus een risico dat een installatie minder warmte produceert en levert dan mogelijk en gewenst, omdat de subsidie wordt uitgekeerd onafhankelijk van de afzet. Hierdoor kunnen subsidie-uitgaven aanzienlijk hoger uitvallen voor de overheid, zonder dat daar meer duurzame warmteproductie (en dus BKG-emissiereductie) tegenover staat. Dit leidt tot een verminderde doelmatigheid van de regeling. In de praktijk kan dit risico deels worden

gemitigeerd door het minimumaantal vereiste vollasturen om in aanmerking te komen voor de subsidie.

Door een verschil in relevantie van de huidige uitdagingen met de SDE++ en belang van nieuwe uitdagingen per techniek en/of toepassing **verschilt ook de geschiktheid van een vaste subsidie** ten opzichte van de SDE++. Wel is een voorzichtig onderscheid te maken is tussen de onderzochte techniegroepen (zie Tabel 7-2):

- Voor projecten met een **hoog aandeel vaste kosten** en **hoge onrendabele top** kan een vaste subsidie geschikt zijn. Op basis van de data uit PBL-adviezen geldt dit vooral voor projecten bij **geothermie zonder warmtepomp**. De zekerheid die een vaste subsidie biedt kan de investeringszekerheid verhogen. Risico's op minder warmteproductie zijn laag, omdat het produceren van zo veel mogelijk warmte belangrijk blijft voor de business case en de SDE++ de inzet slechts beperkt beïnvloed.
- Voor projecten met een **hoog aandeel vaste kosten**, maar een **beperkte of negatieve onrendabele top**, is een vaste subsidie in theorie ook geschikt. De vaste subsidie past goed bij het grote aandeel vaste kosten in deze groep. Tegelijkertijd is de rol van de SDE++ als verzekering tegen mogelijk lagere inkomsten belangrijk voor de investeringszekerheid van deze groep projecten. Dit laatste vervalt bij een vaste subsidie, terwijl deze projecten weinig of zelfs geen subsidie ontvangen bij een vaste subsidie, wat dus uiteindelijk leidt tot een slechtere business case. Op basis van de data uit PBL-adviezen geldt dit voor het merendeel van de projecten bij **industriële WP open systeem** en **restwarmte zonder WP**.
- Voor projecten met een **laag aandeel vaste kosten** is de vaste subsidie het minst geschikt. Op basis van de data uit PBL-adviezen geldt dit vooral voor projecten met **e-boilers**. Voor e-boilers is het volumerisico minder relevant is voor de investeringszekerheid ten opzichte van de borgende werking van de SDE++. Door de relatief hoge variabele kosten zullen e-boilers bij een vaste subsidie naar verwachting bijna niet meer worden ingezet. Bovendien is het belangrijkste mogelijke nadeel in de SDE++ (marktverstoring) al grotendeels ondervangen met het stimuleren of zelfs verplichten van een flexibel transportcontract.
- Voor projecten met een **belangrijk aandeel in zowel vaste als variabele kosten** en heeft een vaste subsidie voor- en nadelen. Op basis van de data uit PBL-adviezen geldt dit vooral voor projecten bij de **techniegroepen met een warmtepomp (aquathermie, geothermie met WP, restwarmte met WP, LW-WP en industriële warmtepompen overig)**. De aanwezigheid van de warmtepomp verhoogt niet alleen de vaste kosten, maar vooral de variabele kosten. Hoewel de vaste subsidie goed aansluit bij de hogere vaste kosten, sluit deze minder goed aan bij de hogere variabele kosten. Het grootste nadeel is dat zonder een productiesubsidie zoals de SDE++ minder vaak rendabel zal zijn om warmte op te wekken.

Tabel 7-2 Beoordeling vaste subsidie t.o.v. de huidige SDE++

Categorie	Criterium	Aqua-thermie	E-boiler	Geothermie met WP	Geothermie zonder WP	Industriële WP, open systeem	Industriële WP, overig	LW-WP	Rest-warmte met WP	Rest-warmte zonder WP
Doeltreffendheid	Investerings-zekerheid									
	Volume duurzame warmte & BKG-reductie									
Doelmatigheid	Risico op over- of onderstimulering									
	Risicoverdeling project-ontwikkelaars en overheid									
	Risico op gaming									
	BKG-reductie tegen de laagste kosten									
Bijdrage aan systeem-efficiëntie	Interactie subsidie en marktprikkels									
	Bevorderen flexibele inzet technieken									
Administratieve complexiteit	Voor project-ontwikkelaars									
	Voor overheid									

Groen = positieve impact van een vaste subsidie ten opzichte van de huidige SDE++

Rood = negatieve impact van een vaste subsidie ten opzichte van de huidige SDE++

Groen/ Rood = een positieve impact van een vaste subsidie ten opzichte van de huidige SDE++ voor sommige subcategorieën in de techniegroep, negatief voor anderen

Geel = geen verschil tussen een vaste subsidie en de huidige SDE++, een onzekere impact, of een combinatie van positieve en negatieve impacts

7.3. Overwegingen voor beleidsmakers

Iedere **oplossingsrichting** introduceert **nieuwe uitdagingen**, met als belangrijkste uitdaging een verschuiving van bepaalde risico's van de markt naar de overheid. Dit geldt met name voor de oplossingsrichtingen om subsidiebeschikkingen voor CAPEX- of OPEX-veranderingen van projecten te corrigeren. Ook bij een vaste subsidie en een financiële garantieregeling wordt een deel van het volumerisico naar de overheid geschoven. Deze verschuiving heeft als nadeel dat de kosten aanzienlijk hoger kunnen uitvallen voor de overheid zonder dat hier gegarandeerd extra CO₂ voor wordt gereduceerd.

Sommige risico's kunnen **marktpartijen efficiënter beheersen**, maar bij andere risico's is een **verschuiving naar de overheid te rechtvaardigen**. Met name kostenrisico's die moeilijk te voorkomen en/of te voorspellen zijn door marktpartijen is het verdedigbaar om projectenontwikkelaars (deels) te compenseren. Dit kent echter nadelen, zoals **extra complexiteit en mogelijke precedentwerking**. Bovendien is het gangbaar dat deze risico's (deels) bij marktpartijen liggen.

Daarnaast betekent een gedeeltelijke verschuiving van risico's naar de overheid **niet altijd dat dit risico bij de marktpartijen volledig verdwijnt**. Dit geldt voor het volumerisico bij een vaste subsidie, omdat de subsidie enkel de onrendabele top dekt. Een deel van het volumerisico blijft dus bij de projectontwikkelaar. Een projectontwikkelaar blijft dus een prikkel behouden om zo veel mogelijk robuuste warmtevraag te contracteren en warmtetechnieken te kiezen waarmee ze op een betrouwbare wijze aan de warmtevraag kunnen voldoen. De prikkel is wel minder sterk dan bij de SDE++, wat een argument kan zijn voor het behoud van de SDE++ als stimulering voor duurzame warmteproductie.

Uit de verdiepende analyse van een vaste subsidie blijkt dat bij sommige projecten (en techniekgroepen) een vaste subsidie effectiever kan zijn dan de SDE++, vooral bij geothermie zonder WP. Voor andere projecten is een regeling als de SDE++ effectiever, wat voor projecten met e-boilers geldt. Voor een groot aantal techniekgroepen met zowel een substantieel aandeel in vaste als variabele kosten kan echter **niet worden geconcludeerd of een vaste subsidie beter is dan SDE++**. Dit geldt vooral voor projecten bij de techniekgroepen met een warmtepomp.

Mogelijk is **verfijning en differentiatie in het subsidie-instrumentarium** voor warmteproductie daarom gepast. Door de grote spreiding van karakteristieken tussen projecten is het een grotere uitdaging om met één generiek instrument warmte even doeltreffend en doelmatig te stimuleren als elektriciteit.

In dit onderzoek is alleen een vaste subsidie ten opzichte van de SDE++ onderzocht, maar **combinatie van de SDE++ en een vaste subsidie** is ook denkbaar, wat op verschillende manieren kan:

- Door een **andere indeling van de techniekcategorieën** toe te passen zou de stimulering van de warmtebron en andere projectonderdelen zoals warmtepompen en WKO's losgekoppeld kunnen worden. Vervolgens zou er gekozen kunnen worden om de warmtebron (groot aandeel vaste kosten) uit de SDE++ te halen en met een vaste subsidie te ondersteunen.
- Een andere optie ter overweging is om in de huidige subcategorieën de **subsidie op te splitsen in een vast deel en variabel deel**. Het vaste deel geeft meer zekerheid over het deel van de vaste kosten dat gedekt wordt, terwijl het variabele deel de vorm van de SDE++ zou kunnen aannemen om duurzame warmtetechnieken concurrerend houdt met fossiele alternatieven. Dit reflecteert ook de visie van meerdere marktpartijen.

In beide gevallen leidt dit wel tot **meer complexiteit** in de uitvoering voor zowel projectontwikkelaars als de overheid, omdat of subsidies of projecten opgesplitst moeten worden. Daarnaast zou het stimuleren van bepaalde (onderdelen van) projecten met een vaste subsidie het technologie-neutrale karakter van de SDE++ aantasten. Er wordt daarom enkel aanbevolen om de volgende potentiële oplossingsrichtingen in meer detail te onderzoeken:

1. **Andere indeling van techniekcategorieën:** naast de huidige geleidelijke manier in de SDE++ door subcategorieën uit te breiden (en weinig gebruikte subcategorieën te schrappen of samen te voegen), kan een andere indeling de SDE++ ook effectiever maken. Een mogelijke onderzoeksrichting is het loskoppelen van de stimulering van de warmtebron en andere projectonderdelen zoals warmtepompen en WKO's. Meer onderzoek is dan nodig hoe dit in de praktijk het beste vormgegeven kan worden, bijvoorbeeld door projectonderdelen als aparte subcategorieën in de SDE++ opnemen.
2. **Vaste subsidie (geheel of gedeeltelijk):** van de onderzochte techniekgroepen waren voor de voordelen voor geothermie zonder WP het grootst ten opzichte van de SDE++. Indien bij geothermieprojecten met een warmtepomp de stimulering van de warmtebron van de warmtepomp wordt losgekoppeld (zoals voorgesteld voor verder onderzoek in het eerste punt), zou een vaste subsidie voor het warmtebrondeel ook grote voordelen kunnen opleveren. Voor techniekengroepen met een warmtepomp kan een vaste subsidie ook vele voordelen bieden. Het is echter onvoldoende helder of deze opwegen tegen de nadelen om ze volledig uit de SDE++ te halen en met een alternatief instrument te stimuleren. Voor deze techniekgroepen zou een gedeeltelijke vaste subsidie mogelijk wel een goede uitkomst zijn. Hoe dit in de praktijk vormgegeven zou moeten worden vergt verder onderzoek, waarbij de uitvoerbaarheid door de extra complexiteit een belangrijk aandachtspunt is.
3. **Subsidiebeschikking (deels) corrigeren voor OPEX-veranderingen:** enkel voor nettarieven en belastingen, wat kosten zijn die moeilijk door projectenontwikkelaars te voorkomen en/of te voorspellen zijn.

Daarnaast dienen de oplossingsrichtingen **in samenhang met ander beleid** te worden onderzocht, wat niet in deze verkenning is niet gedaan. De SDE++ is namelijk niet het enige instrument in Nederland ter stimulering van duurzame warmte (vooral voor de gebouwde omgeving en geothermie). Voor geothermie zijn er bijvoorbeeld ook specifieke regelingen zoals de Nationale Deelneming Warmte door EBN.

De andere oplossingsrichtingen worden **minder belangrijk** geacht om verder te onderzoeken. De meeste andere oplossingsrichtingen gaan vooral gepaard met extra uitvoeringskosten of zijn gerelateerd aan risico's die marktpartijen efficiënter kunnen managen, terwijl de voordelen daarvan te onzeker en/of te gering zijn.

Bijlage A – Analyse per techniek

In het kader van dit onderzoek is het belangrijk om inzicht te krijgen in de economische karakteristieken van verschillende duurzame warmte technieken. Deze analyse is uitgevoerd om per technologie de belangrijkste kostencomponenten en onzekerheden in kaart te brengen. Daarbij is met name gekeken naar factoren die significante impact hebben op de kostenstructuur van een techniek.

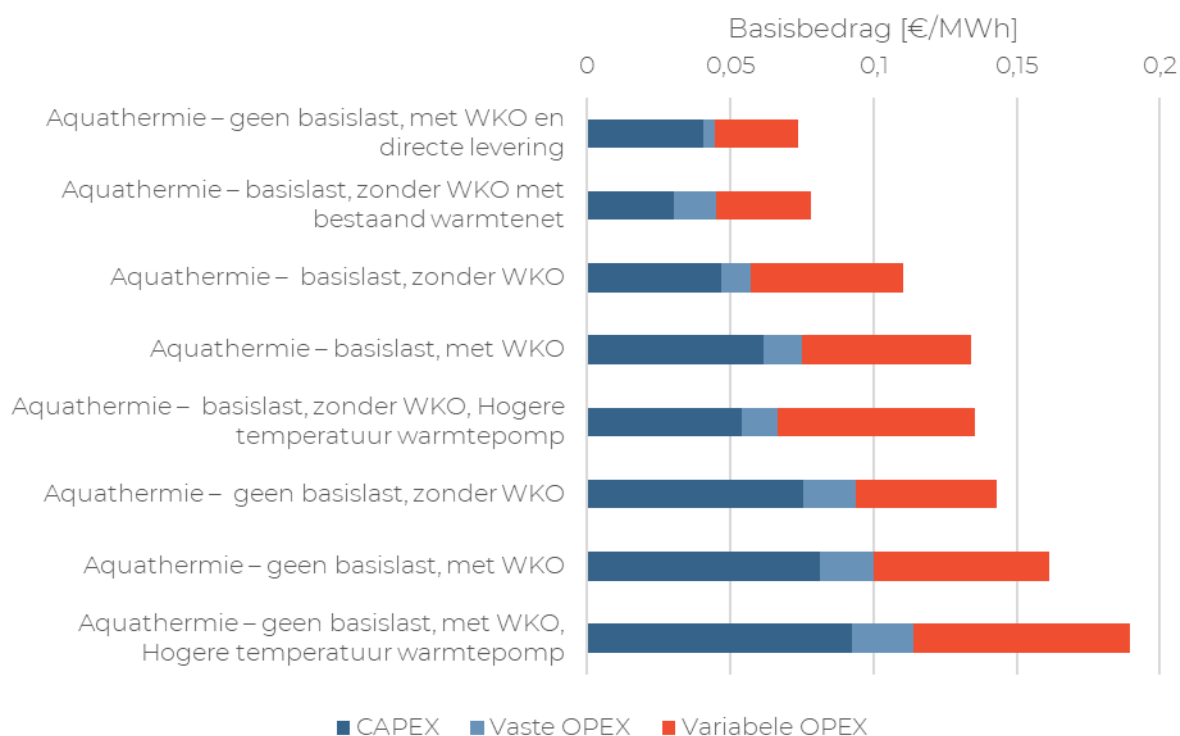
A.1. Aquathermie

Figuur A-1 en Figuur A-2 geven de CAPEX, vaste OPEX en variabele OPEX in het basisbedrag en het aandeel hiervan in het basisbedrag. De lange termijn prijs voor warmte is vrijwel gelijk voor alle subcategorieën, waardoor een vergelijkbare grafiek voor de subsidie-intensiteit er identiek uit zou zien. Deze ligt tussen de 294 en 1008 euro per ton CO₂. Voor alle subcategorieën. Is de verwachte dekkingsbijdrage negatief, wat aangeeft dat geen van de categorieën zichzelf volledig kan terugverdienen zonder aanvullende subsidie.

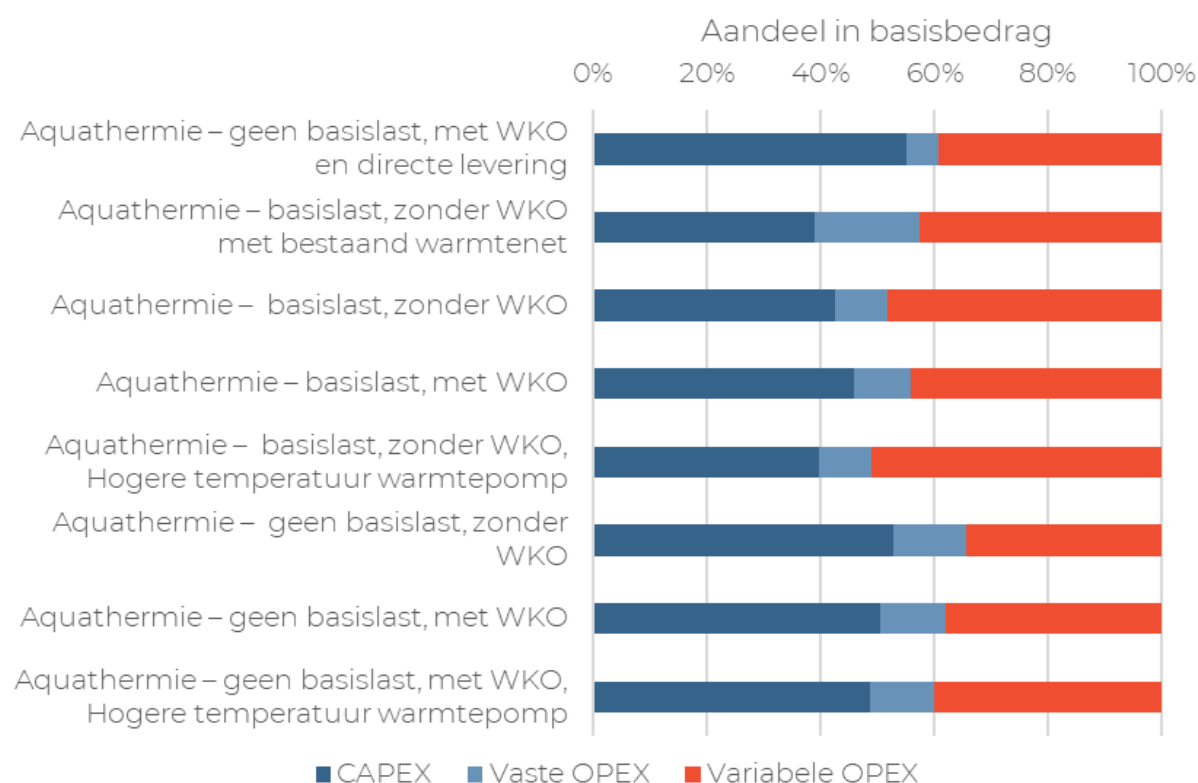
Het onderscheid tussen basislast en geen basislast resulteert slechts in een beperkt verschil in de verdeling tussen vaste en variabele kosten. De aanwezigheid van een warmtepomp en thermische opslag leidt tot hogere basisbedragen, en daarmee ook een hogere subsidie-intensiteit, maar veroorzaakt geen wezenlijk verschil in typen kosten.

Conclusie: vanuit kostenperspectief kunnen de problemen en oplossingsrichtingen voor aquathermie als één techniekgroep geanalyseerd worden.

Figuur A-1 Aquathermie: Basisbedrag



Figuur A-2 Aquathermie: aandeel in basisbedrag



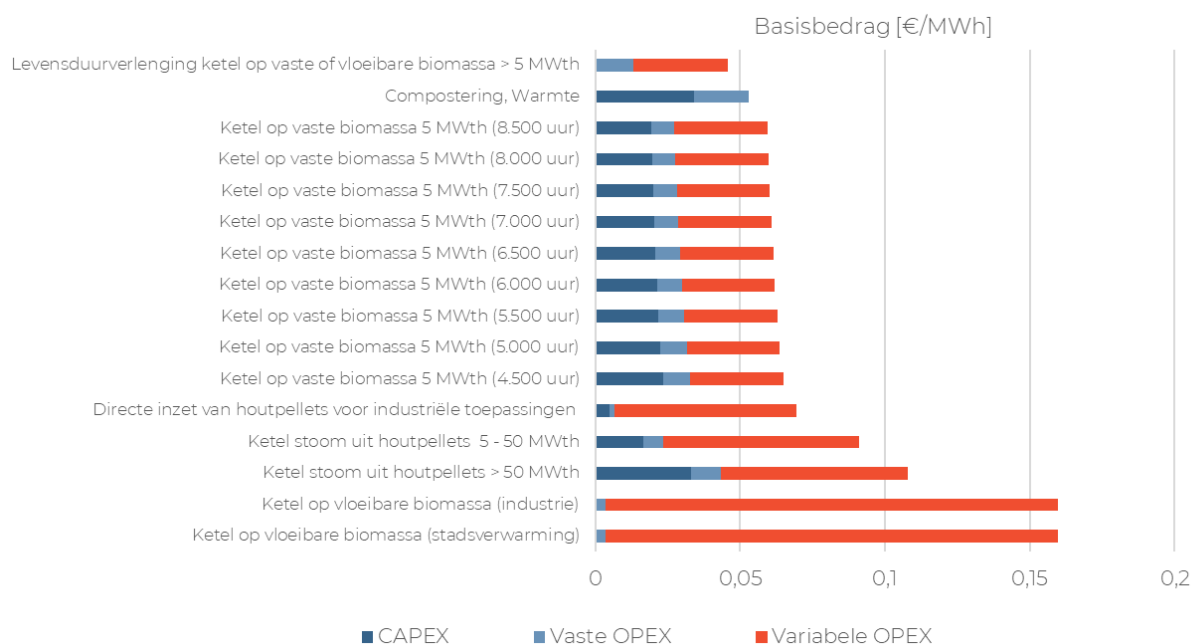
A.2. Biomassa

Figuur A-3 toont het basisbedrag per subcategorie voor biomassa subcategorieën verdeeld over CAPEX, vaste OPEX en variabele OPEX. Figuur A-4 toont vervolgens ook het aandeel van deze verschillende kostenposten in het basisbedrag. Uit deze gegevens blijkt dat vollasturen slechts een beperkte invloed hebben op het aandeel vaste kosten in het basisbedrag van ketels. Verder zijn sommige subcategorieën duidelijk gericht op ondersteuning van operationele kosten, terwijl compostering juist relatief sterk leunt op vaste kostencomponenten.

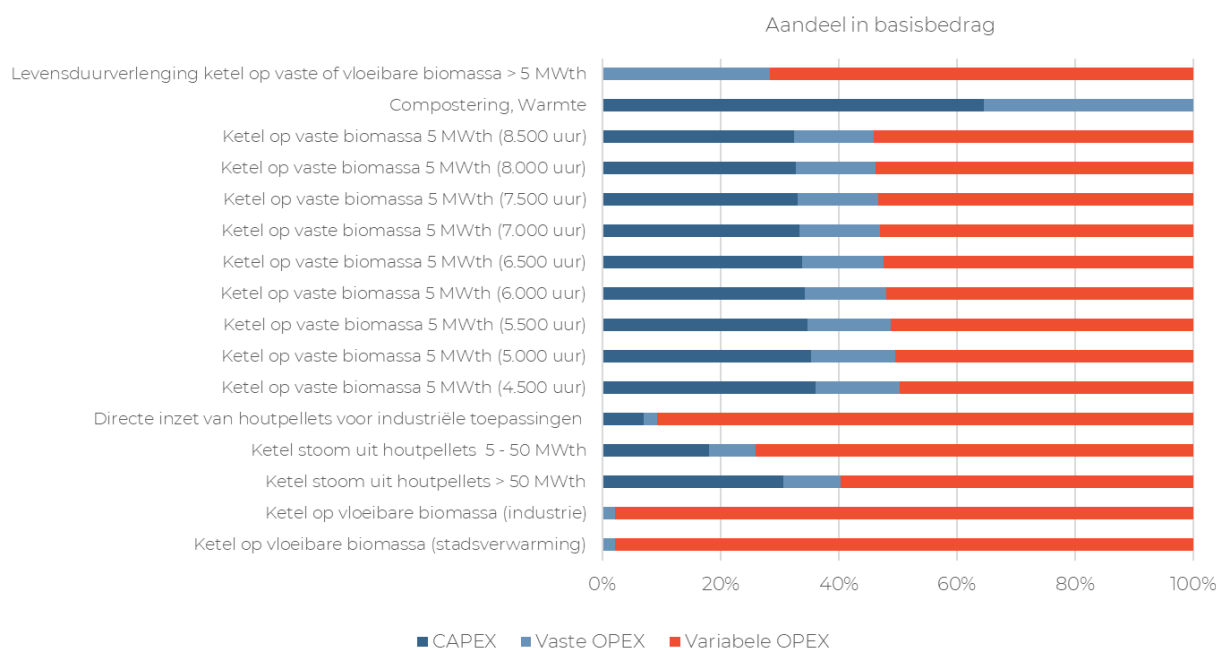
De subsidie-intensiteit vertoont een vergelijkbaar patroon, met waarden tussen 111 en 489 euro per ton CO₂ voor de meeste subcategorieën. Uitzonderingen hierop zijn de directe inzet van houtpellets in de industrie, die door de ETS correctie een negatieve subsidie-intensiteit van -4 euro per ton CO₂ kent, en compostering met 27 euro per ton CO₂ door relatief hoge inkomsten. Verwachte dekkingsbijdrage is ook alleen positief voor deze twee subcategorieën en negatief voor de andere.

Conclusie: Ketels op vaste biomassa en houtpellets vertonen vergelijkbare kostenkarakteristieken en kunnen als één techniegroep worden behandeld. De overige subcategorieën zijn voornamelijk gericht op OPEX en hebben een negatieve of hebben een negatieve of lage subsidie-intensiteit, maar vertonen voldoende gelijkenis om eveneens als één aparte techniegroep te worden geanalyseerd. De uitzondering hierop is compostering van warmte, die een heel ander kostenkarakteriek heeft dan alle andere subcategorieën.

Figuur A-3 Biomassa: Basisbedrag



Figuur A-4 Biomassa: Aandeel in basisbedrag



A.3. E-boiler

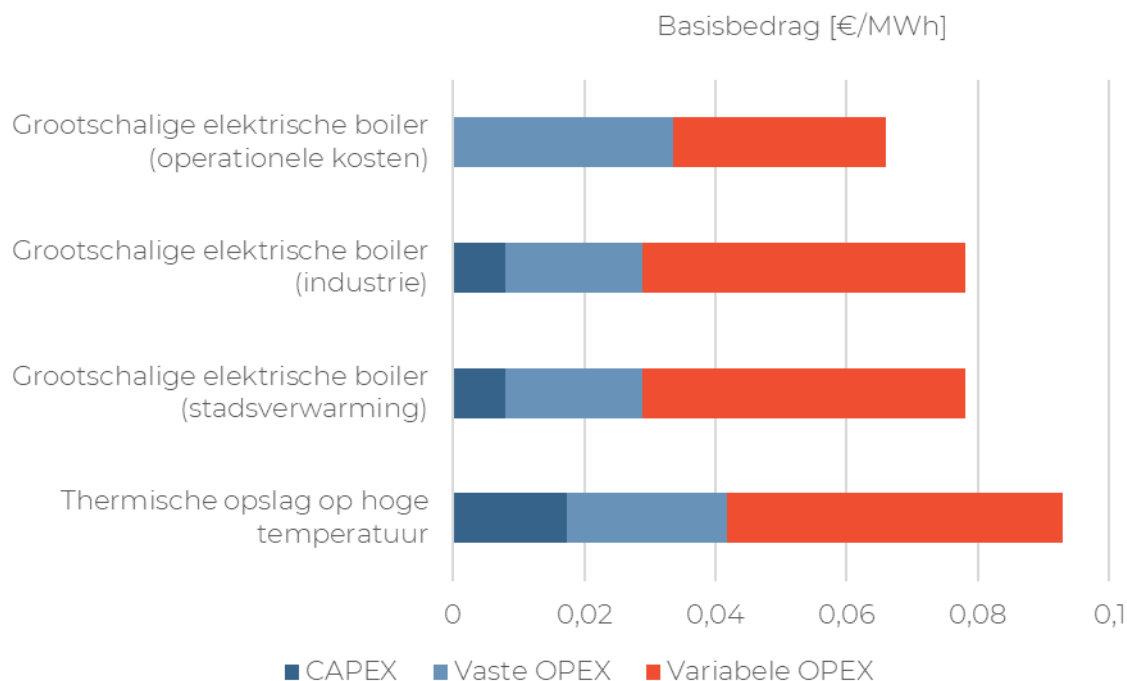
Figuur A-5 weergeeft de CAPEX, vaste OPEX en variabele OPEX in het basisbedrag. Figuur A-6 weergeeft het aandeel van deze verschillende kostenposten in het basisbedrag. De bevindingen tonen aan dat vrijwel alle subcategorieën van e-boilers vergelijkbare karakteristieken vertonen. Er is sprake van een hoog aandeel OPEX, voornamelijk gerelateerd aan elektriciteitsverbruik, met vaste OPEX voor de netwerkaansluiting en variabele OPEX afhankelijk van de elektriciteitsprijs. In alle subcategorieën is de dekkingsbijdrage negatief.

De subsidie-intensiteit vertoont ook een vergelijkbaar patroon, met waarden tussen 183 en 303 euro per ton CO₂. De subcategorie e-boiler voor stadsverwarming wijkt enigszins af met een lagere

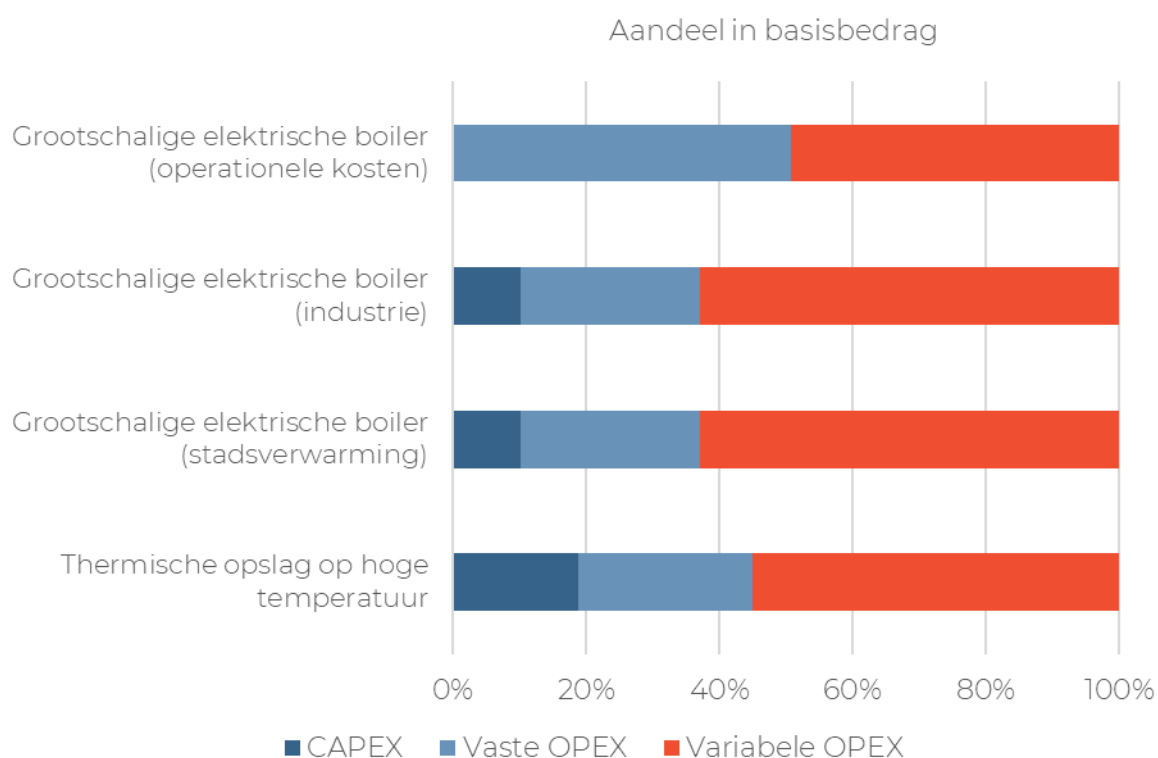
subsidie-intensiteit, wat samenhangt met een relatief hogere ETS-correctie en hogere warmte-inkomsten.

Conclusie: E-boilers vertonen vergelijkbare kostenkarakteristieken en kunnen als één techniegroep worden behandeld.

Figuur A-5 E-boiler: Basisbedrag



Figuur A-6 E-boiler: aandeel in basisbedrag



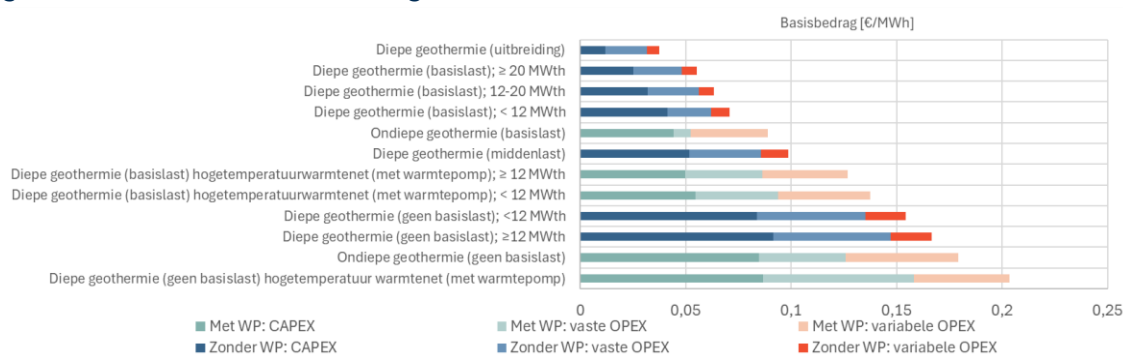
A.4. Geothermie

Figuur A-7 toont de CAPEX, vaste OPEX en variabele OPEX in het basisbedrag voor de subcategorieën binnen geothermie. Daarbij is een onderscheid gemaakt tussen subcategorieën met en zonder warmtepomp. Figuur A-8 laat de verhouding tussen vaste en variabele kosten zien, uitgezet tegenover de verwachte dekkingsbijdrage, opnieuw met onderscheid tussen technieken met en zonder WP.

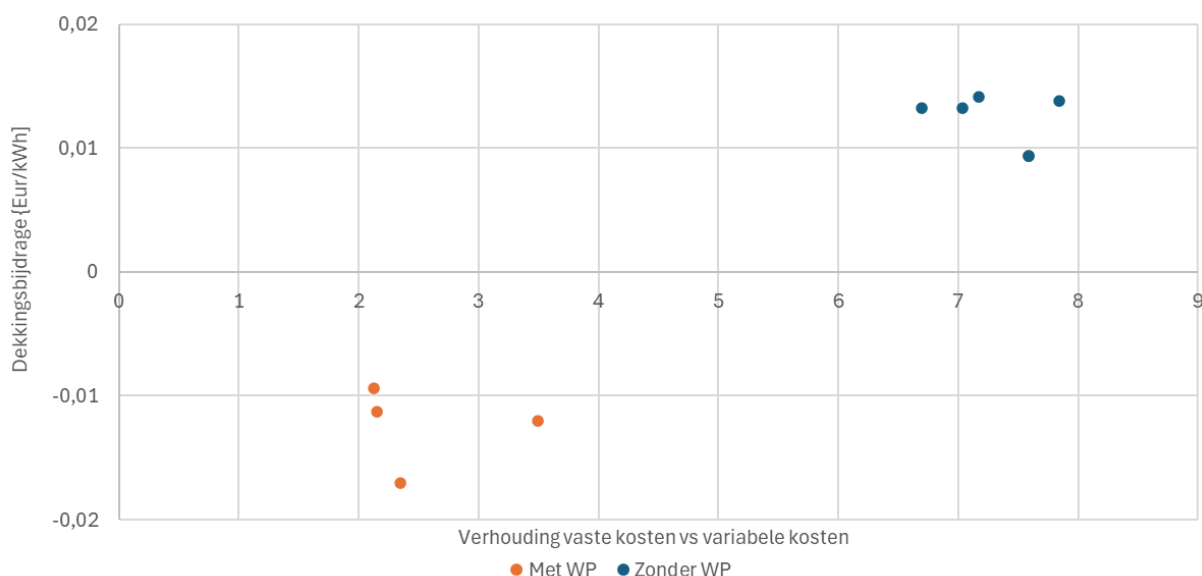
Bevindingen zijn dat het verschil tussen basislast en geen basislast slechts een beperkt effect heeft op de verhouding tussen vaste en variabele kosten. De aanwezigheid van een warmtepomp blijkt daarentegen doorslaggevend te zijn voor zowel de kostenverdeling als de hoogte van de dekkingsbijdrage.

Conclusie: Er kunnen twee geothermiegroepen worden onderscheiden voor verdere analyse. De groep zonder warmtepomp kenmerkt zich door lage variabele OPEX ten opzichte van vaste kosten. De groep met warmtepomp kent hogere vaste en variabele OPEX, voornamelijk als gevolg van benodigde netverzwaring en elektriciteitskosten.

Figuur A-7 Geothermie: Basisbedrag



Figuur A-8 Dekkingsbijdrage tegenover Verhouding vaste kosten versus variabele kosten (met en zonder WP)

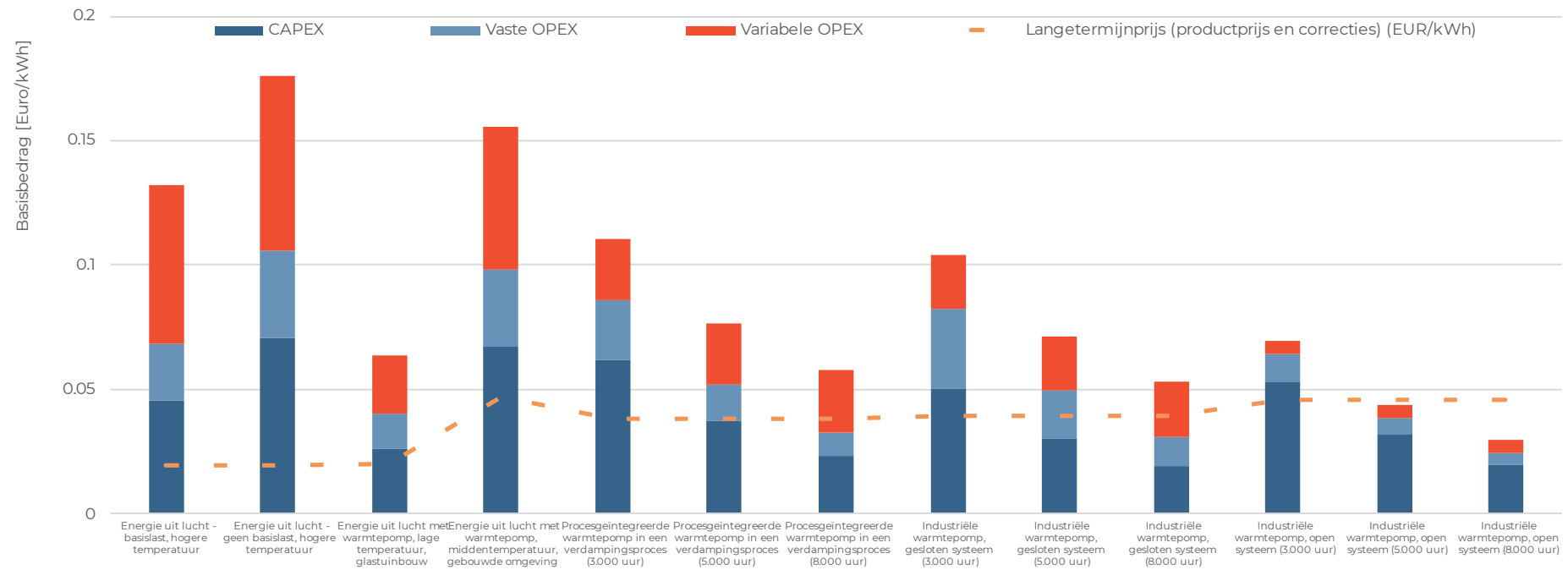


A.5. LW-WP en industriële warmtepomp

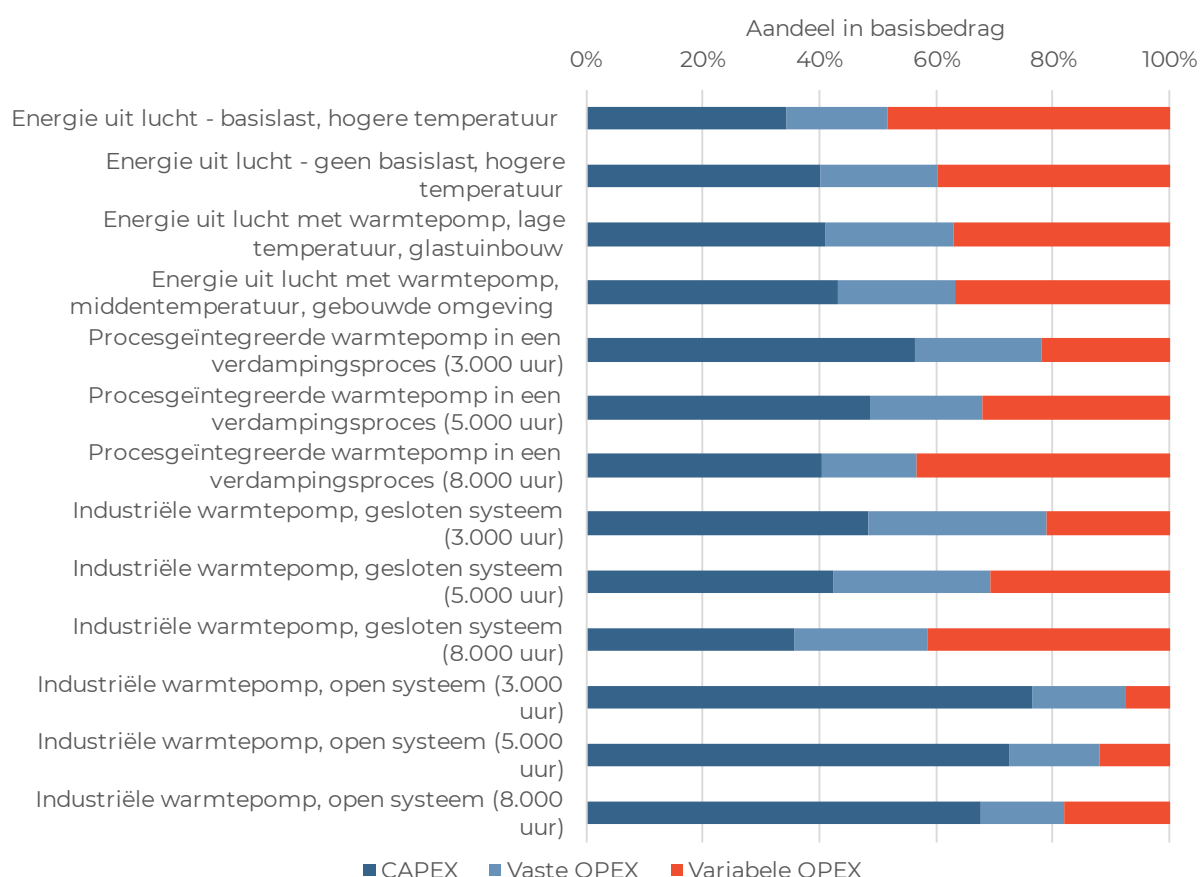
Figuur A-9 toont de opbouw van het basisbedrag per techniek opgedeeld in drie componenten: de CAPEX, vaste OPEX en variabele OPEX. Daaraan toevoegend is ook de lange termijn prijs weergegeven. Figuur A-10 laat vervolgens het relatieve aandeel van elk van deze kostencomponenten binnen het basisbedrag zien, wat helpt bij het duiden van verschillen tussen technieken.

Binnen de deze warmtepompgroep zijn vier verschillende categorieën: lucht-water warmtepompen (LW-WP), proces geïntegreerde warmtepompen, industriële warmtepompen met een gesloten systeem en industriële warmtepompen met een open systeem. Deze technieken vertonen onderling duidelijke verschillen. Zo hebben Lucht-Water warmtepompen hogere basisbedragen, voornamelijk door kosten voor netverzwaring en het feit dat ze vaak buiten de industrie worden toegepast. De vaste kosten binnen het basisbedrag blijken bovendien sterk bepaald te worden door het aantal vollasturen. Industriële warmtepompen met een open systeem kennen bij hoge vollasturen zelfs een negatieve subsidie-intensiteit, en hebben een veel lager aandeel variabele OPEX in het basisbedrag dan andere warmtepompcategorieën.

Figuur A-9 LW-WP en industriële WP: Basisbedrag



Figuur A-10 LW-WP en industriële warmtepomp -> aandeel in basisbedrag



Figuur A-11 toont de verhouding tussen vaste en variabele kosten tegenover de dekkingsbijdrage (boven) en de COP tegenover de dekkingsbijdrage (onder) voor vier categorieën warmtepompen: LW warmtepompen, industriële warmtepompen met een open systeem, industriële warmtepompen met een gesloten systeem en proces geïntegreerde warmtepompen in een verdampingsproces.

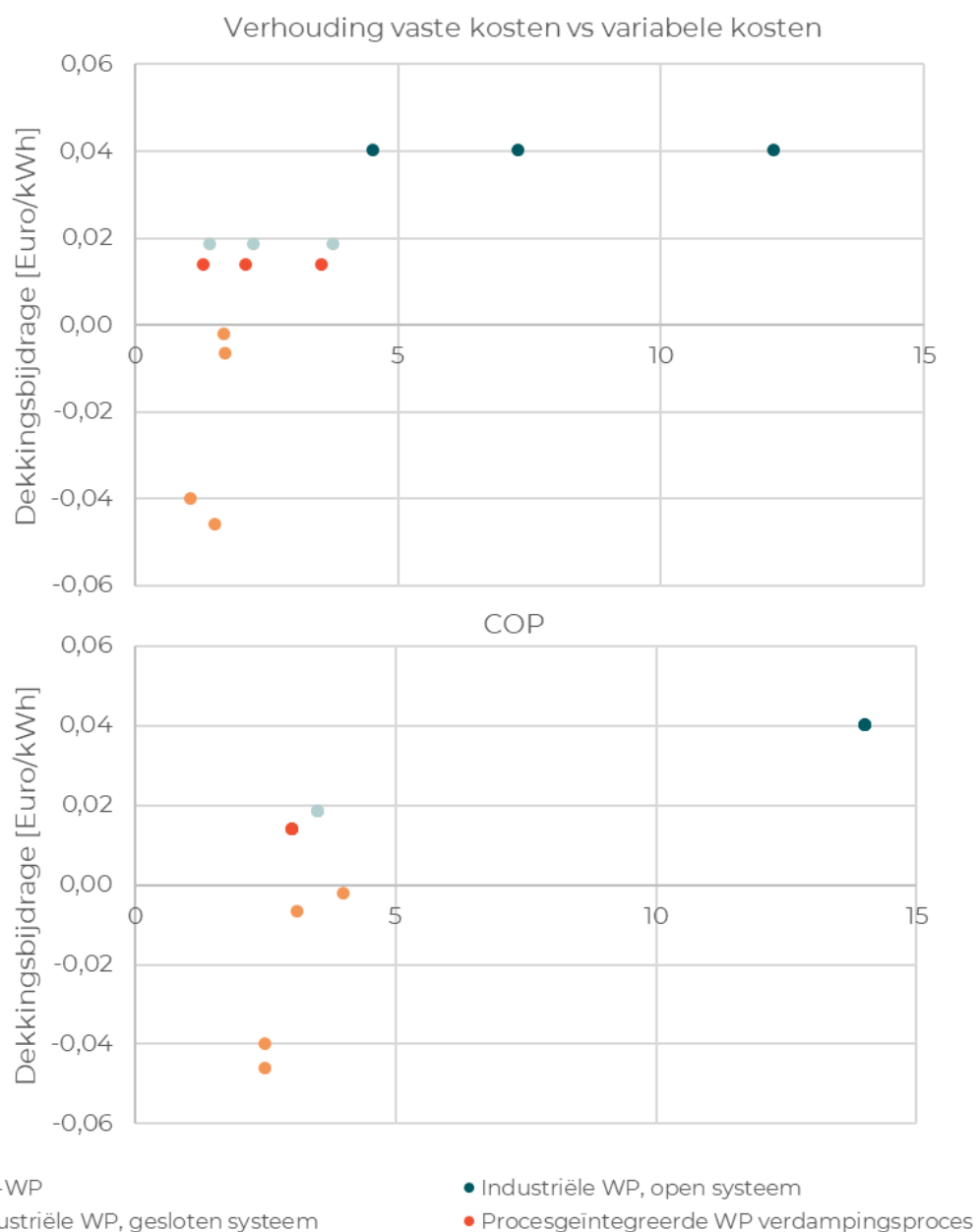
De LW warmtepompen hebben een negatieve dekkingsbijdrage en laat een brede spreiding zien. In de glastuinbouw is variabele OPEX relatief laag, terwijl toepassingen in de gebouwde omgeving, vanwege de hogere lange termijn prijs, een dekkingsbijdrage laten zien die dicht bij nul ligt. De LW warmtepompen kenmerken zich door relatief hoge variabele kosten, een lage COP en beperkte of afwezige inkomsten uit vermeden ETS-kosten.

De industriële warmtepomp met een open systeem scoort het best qua dekkingsbijdrage: deze is relatief hoog. Dit komt mede doordat het systeem zeer hoge COP-waarden combineert met aanzienlijk hogere vaste kosten ten opzichte van variabele kosten.

De industriële warmtepomp met een gesloten systeem en de proces geïntegreerde warmtepomp in een verdampingsproces vertonen een vergelijkbaar profiel. Beide kennen een positieve dekkingsbijdrage, maar combineren dat met een relatief lage COP. Het aandeel variabele kosten is in deze categorieën aanzienlijk en vergelijkbaar met dat van de LW warmtepomp.

Conclusie: Drie groepen zijn te onderscheiden qua kostenkarakteristieken, namelijk LW warmtepompen, industriële warmtepompen met een open systeem en industriële warmtepompen die onder de overige categorieën vallen (gesloten systeem en proces geïntegreerd).

Figuur A-11 LW-WP en industriële warmtepomp -> Verhouding vaste kosten vs variabele kosten & COP



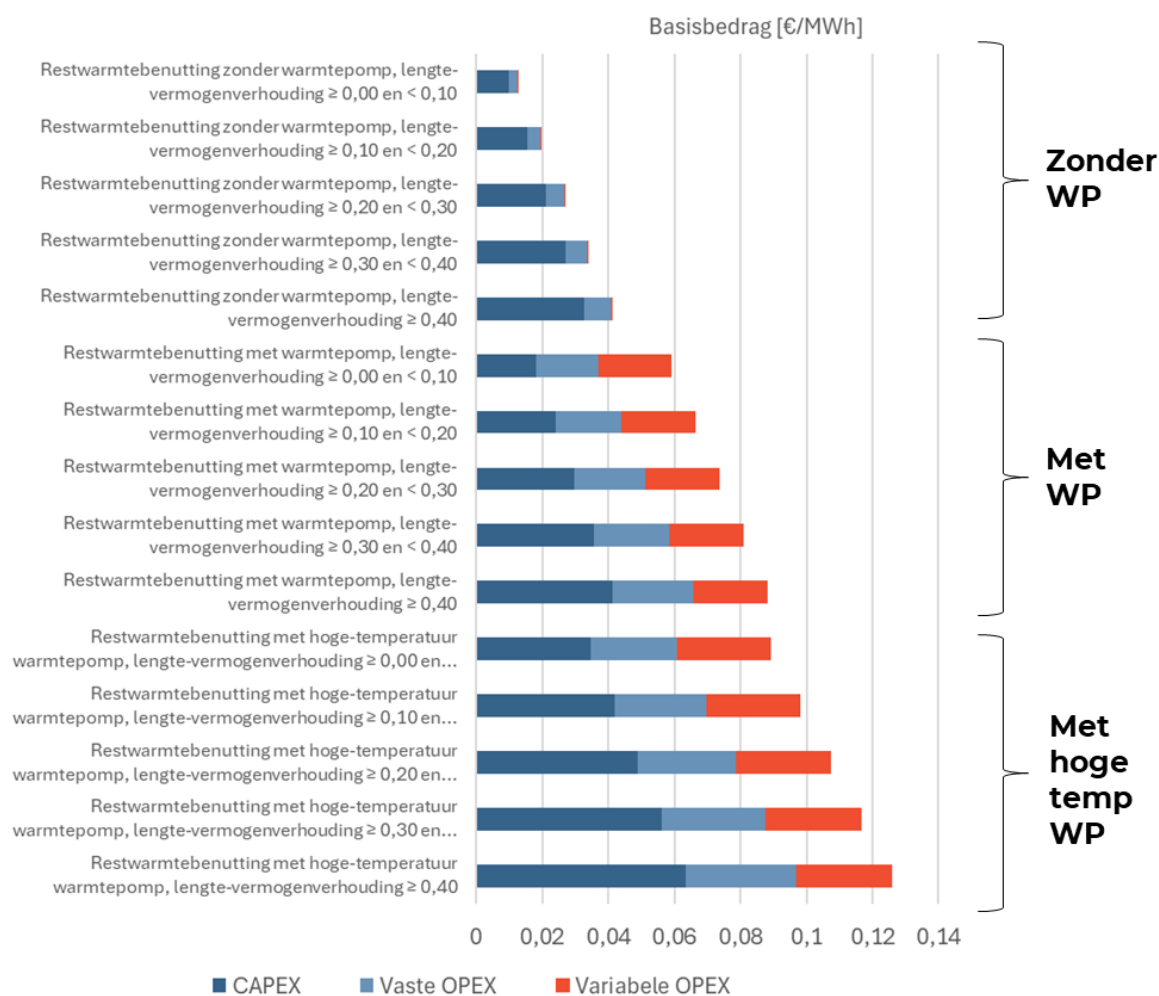
A.6. Restwarmte

Figuur A-12 toont het basisbedrag per subcategorie voor restwarmte, verdeeld over CAPEX, vaste OPEX en variabele OPEX. Er is hierbij onderscheid gemaakt tussen technieken mét en zonder warmtepomp, inclusief de toepassing van hoge-temperatuurwarmtepompen. Figuur A-13 is vervolgens de dekingsbijdrage afgezet tegen de verhouding tussen vaste en variabele kosten, waarbij eveneens onderscheid is gemaakt naar de aanwezigheid van een warmtepomp.

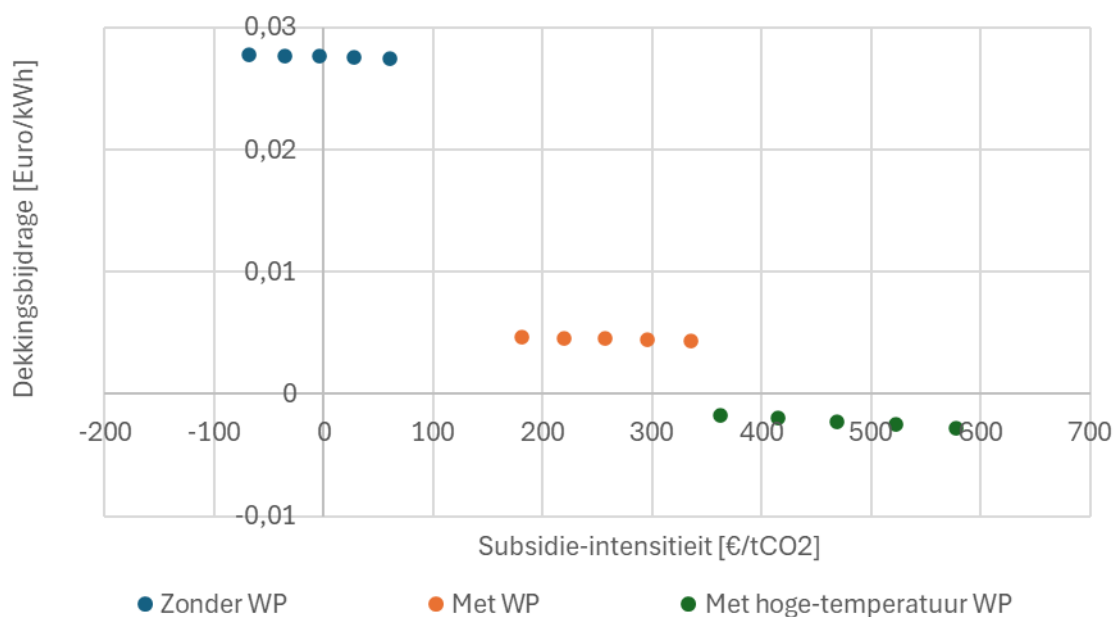
De bevindingen laten zien dat de aanwezigheid van een warmtepomp bepalend is voor zowel de dekingsbijdrage als de subsidie-intensiteit. Andere kenmerken, zoals de lengte-vermogensverhouding of het gebruik van een hoge-temperatuurwarmtepomp, leiden niet tot wezenlijk andere kostenkarakteristieken. Wel zien we dat een grotere lengte-vermogensverhouding gepaard gaat met beperkt hogere CAPEX en vaste OPEX, en dat toepassingen met een hoge-temperatuurwarmtepomp in alle kostenposten hoger uitvallen.

Conclusie: er zijn twee groepen te onderscheiden op basis van kostenkenmerken. Subcategorieën zonder warmtepomp laten een positieve dekkingsbijdrage en een subsidie-intensiteit rond nul zien, terwijl de subcategorieën met warmtepomp een dekkingsbijdrage tonen die rond nul ligt.

Figuur A-12 Restwarmte -> Basisbedrag



Figuur A-13 Restwarmte -> Dekkingsbijdrage vs subsidie-intensiteit



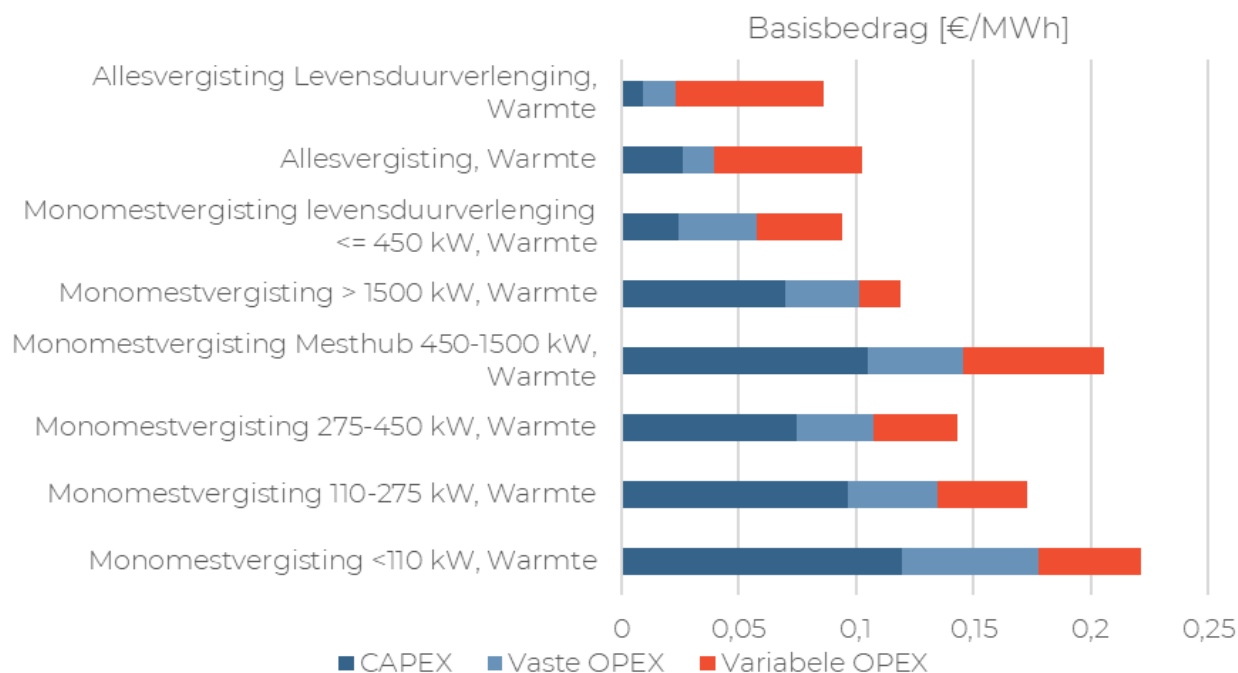
A.7. Vergisting

Figuur A-14 toont het basisbedrag per subcategorie voor vergisting, onderverdeeld naar CAPEX, vaste OPEX en variabele OPEX. In Figuur A-15 is het aandeel van deze kostencomponenten in het basisbedrag weergegeven. Figuur A-16 laat de verhouding tussen de vaste en variabele kosten zien ten opzichte van de dekkingsbijdrage, met een onderscheid tussen monomestvergisting en allesvergisting.

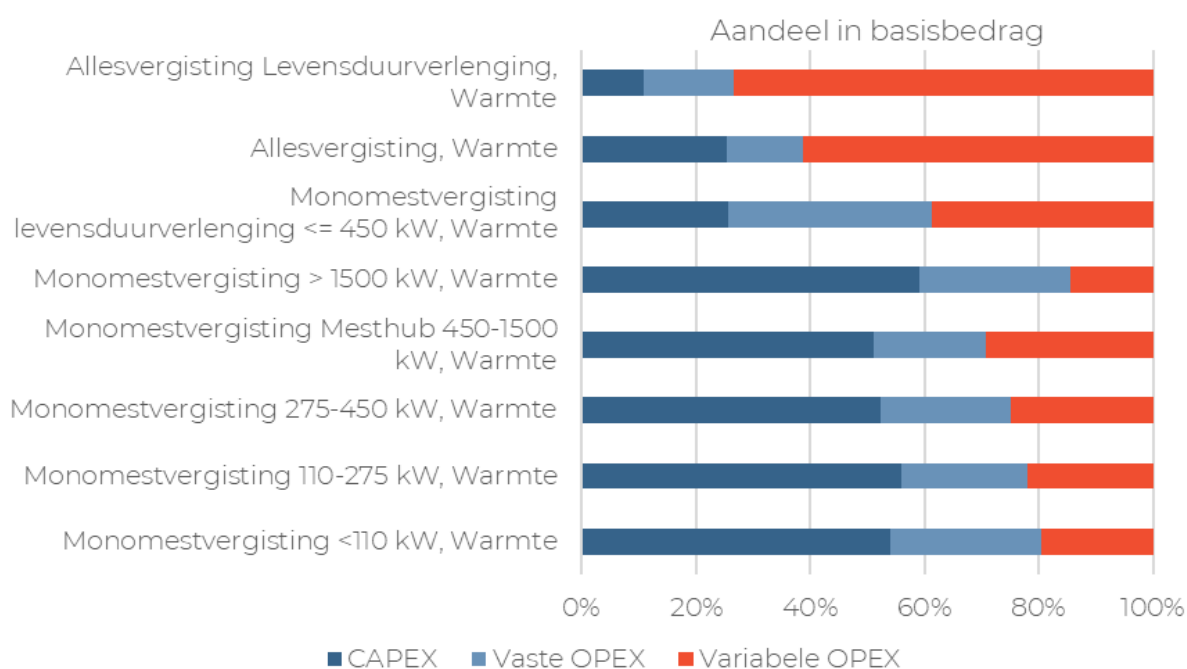
De analyse laat zien dat monomestvergisting over het algemeen wordt gekenmerkt door hoge vaste kosten en positieve dekkingsbijdrage. Allesvergisting vertoont daarentegen een kostenstructuur met relatief hoge variabele kosten en een negatieve dekkingsbijdrage. Een uitzondering vormt de subcategorie 'Monomestvergisting Mesthub', die zowel hoge vaste als variabele kosten kent, maar desondanks een negatieve dekkingsbijdrage heeft. Daarbij komt dat vergisting als techniek mogelijk samenhangt met de inzet van hernieuwbaar gas en WKK, wat invloed kan hebben op de interpretatie van de kostenstructuur.

Conclusie: Vergisting kent een complexe wisselwerking met andere technieken zoals hernieuwbaar gas en WKK en een analyse van deze warmtecategorie vergt een analyse dat verder gaan dan mogelijk in deze verkenning.

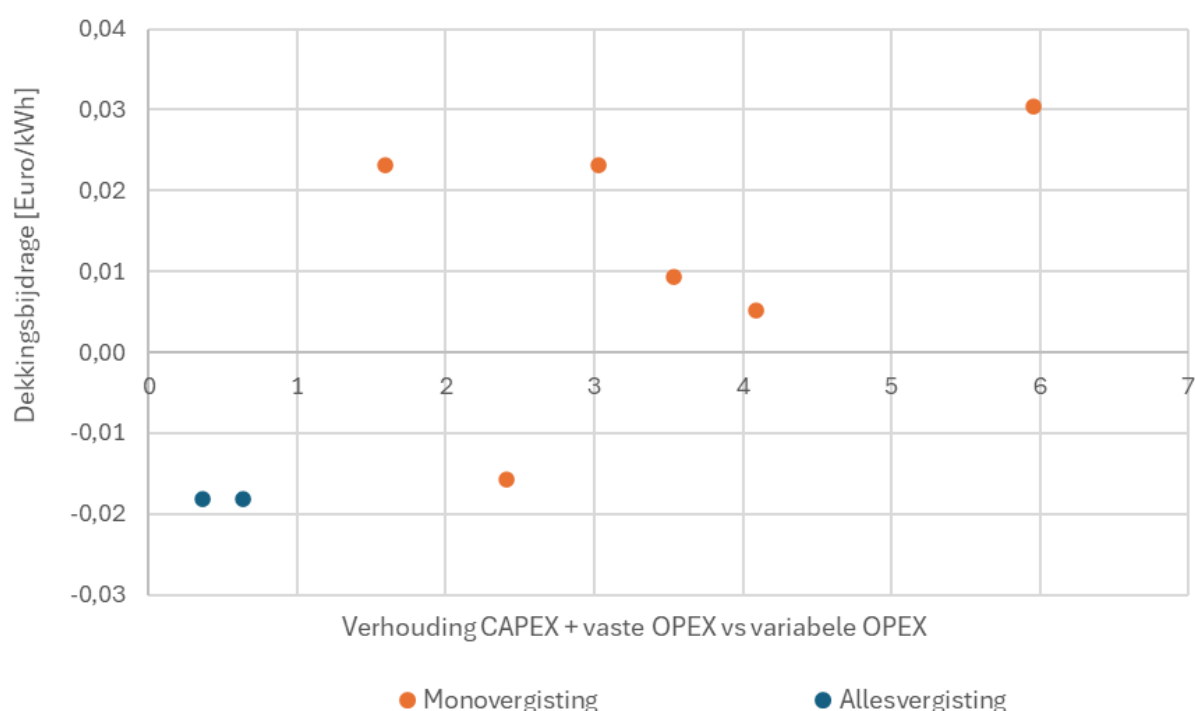
Figuur A-14 Vergisting: Basisbedrag



Figuur A-15 Vergisting: Aandeel in basisbedrag



Figuur A-16 Vergisting -> Verhouding CAPEX + vaste OPEX vs variabele OPEX tegenover Dekkingsbijdrage (Monomestvergisting en Allesvergisting)



A.8. Zonthermie

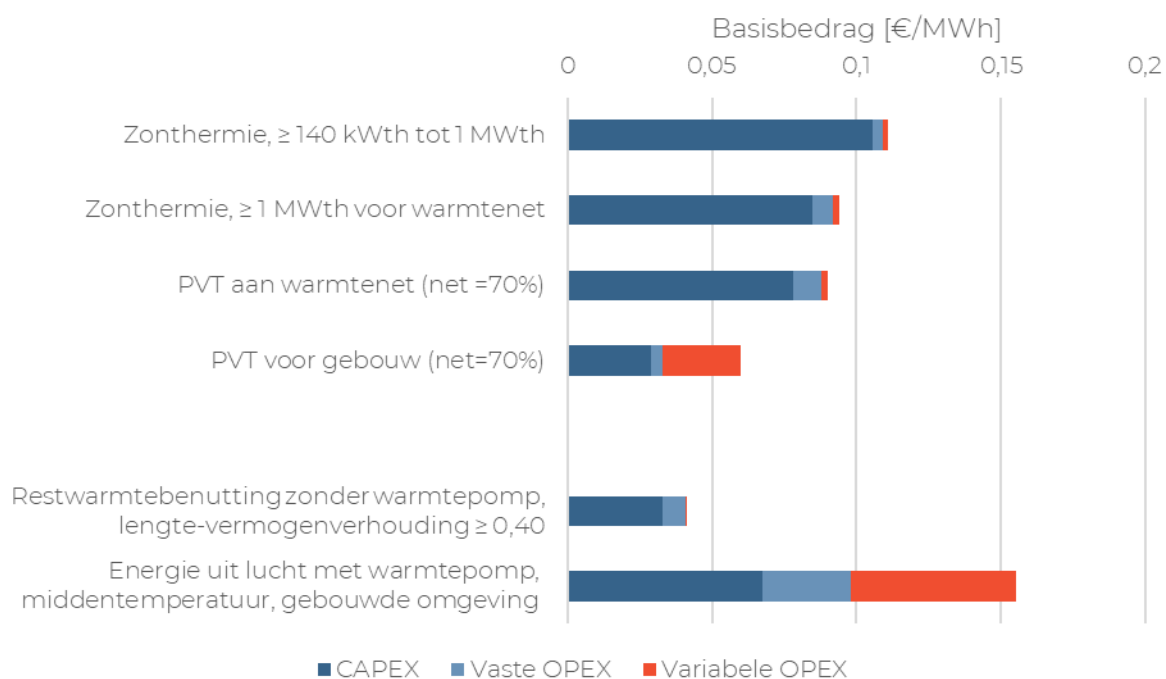
Figuur A-17 toont het basisbedrag per subcategorie voor zonthermie, uitgesplitst naar CAPEX, vaste OPEX en variabele OPEX. Figuur A-18 laat vervolgens het aandeel van deze kostenposten in het basisbedrag zien. In Figuur A-19 is de dekkingsbijdrage afgezet tegen de subsidie-intensiteit, waarbij zonthermie is vergeleken met restwarmte zonder warmtepomp en met LW warmtepompen.

De analyse laat zien dat zonthermie, met uitzondering van PVT-installaties voor gebouwen, qua kostenstructuur veel overeenkomsten vertoont met restwarmte zonder warmtepomp. Het verschil zit met name in een hogere subsidie-intensiteit, die voortkomt uit een hoger basisbedrag. PVT voor

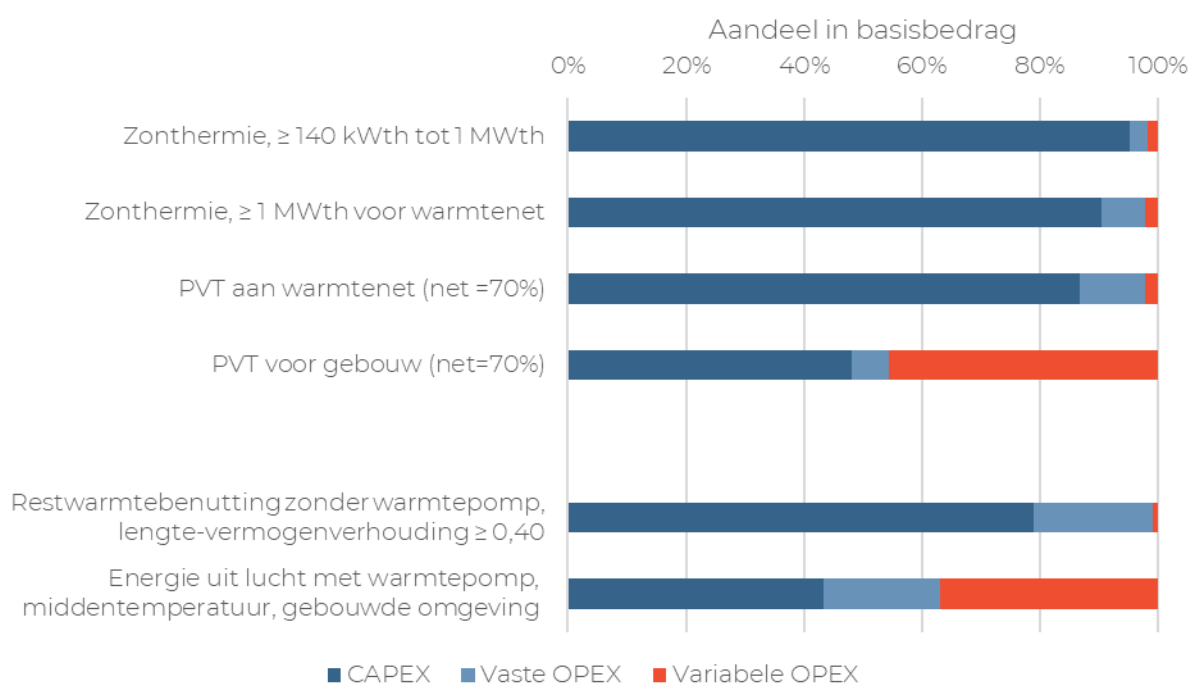
gebouw toont een kostenstructuur die sterk lijkt op die van de LW-WP, waarbij ook uitsluitend negatieve dekkingsbijdragen worden gerealiseerd als gevolg van hoge OPEX. Verder blijkt dat zonthermie in de praktijk nog een relatief beperkte techniek is qua aantal projecten, opgesteld vermogen en totale subsidieomvang.

Conclusie: zonthermie niet verder als aparte techniegroep te analyseren; de bevindingen van technieken met vergelijkbare kostenstructuur (zoals restwarmte zonder WP en LW-WP) kunnen ook op zonthermie worden toegepast.

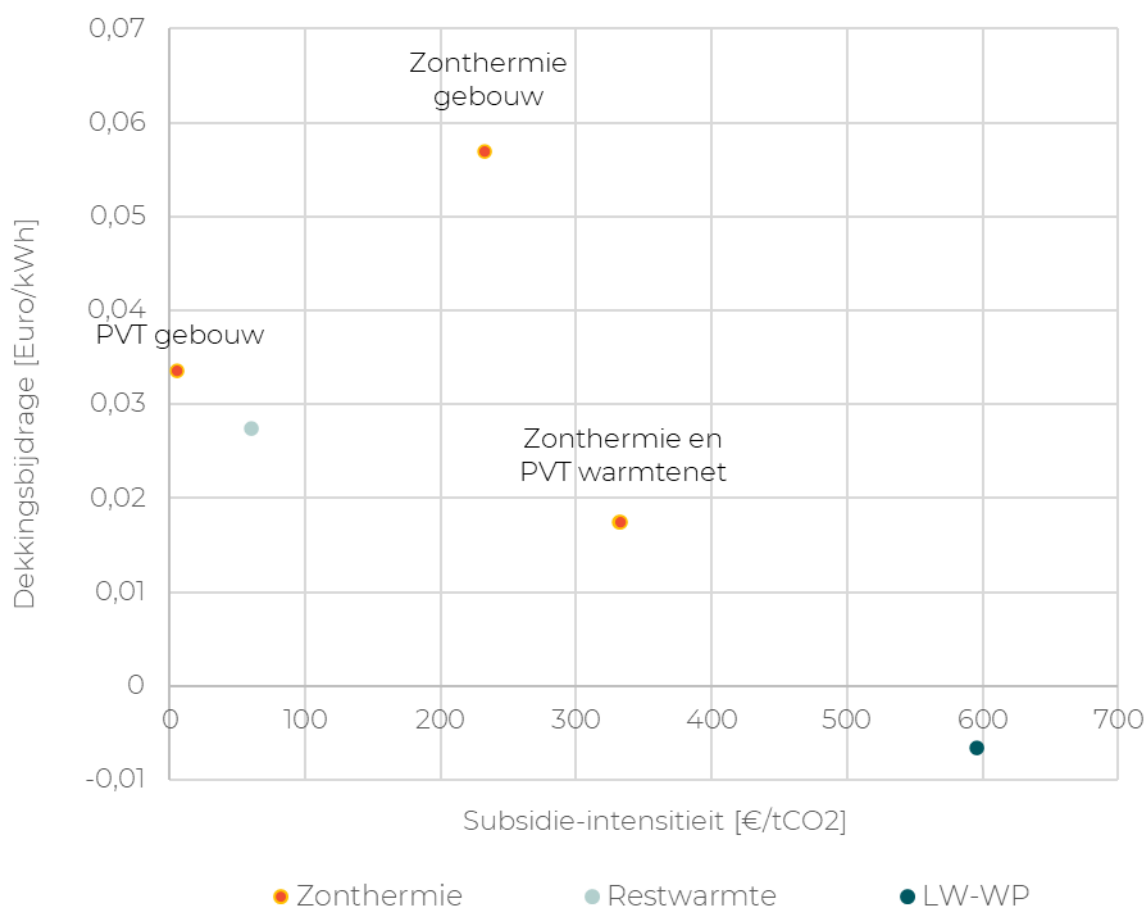
Figuur A-17 Zonthermie: Basisbedrag



Figuur A-18 Zonthermie -> Aandeel in basisbedrag



Figuur A-19 Zonthermie, Restwarmte en LW-WP -> Dekkingsbijdrage tegenover subsidie-intensiteit



A.9. Conclusie op de techniegroepen voor verdere analyse

Er is duidelijke spreiding tussen technieken wat betreft het aandeel vaste (CAPEX + vaste OPEX) en variabele kosten (variabele OPEX). Sommige technieken worden gedomineerd door vaste kosten (zoals geothermie), terwijl andere juist gekenmerkt worden door hoge variabele kosten (zoals LW-WP en e-boiler). Binnen techniegroepen zelf is bovendien ook aanzienlijke spreiding zichtbaar. Bij technieken waarbij warmtepompen onderdeel zijn van het systeem (zoals geothermie met WP, restwarmte met WP en aquathermie), is de aanwezigheid van de warmtepomp vaak doorslaggevend voor het aandeel variabele kosten, voornamelijk door het elektriciteitsverbruik. Tegelijkertijd blijkt dat vollasturen en het toepassingsgebied (zoals industrie, glastuinbouw of gebouwde omgeving) wel enige invloed hebben op de kostenstructuur, maar niet voldoende onderscheidend zijn om de techniegroepen fundamenteel anders te moeten behandelen.

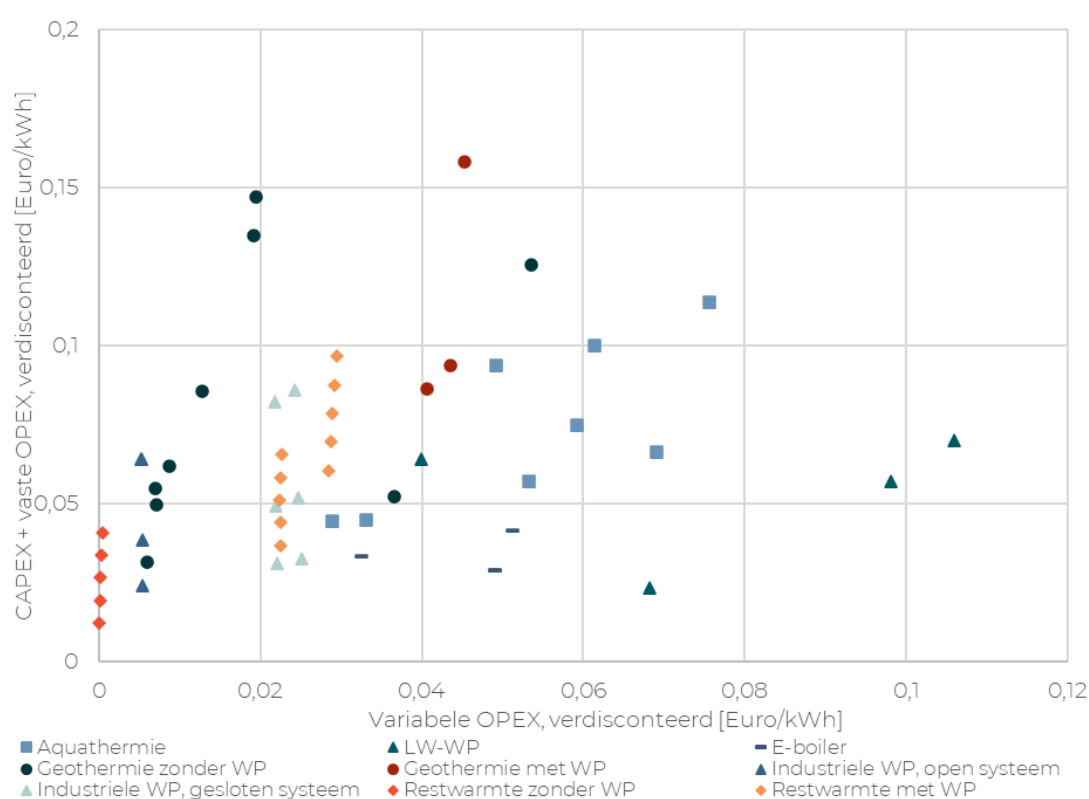
Gezien de bovenstaande analyse zijn negen techniegroepen in samenspraak met KGG gekozen voor verdere analyse op basis van hun kostenkarakteristieken, namelijk:

1. Aquathermie
2. E-boiler
3. Geothermie met WP
4. Geothermie zonder WP
5. Industriële WP, open systeem
6. Industriële WP, overig
7. LW-WP
8. Restwarmte met WP
9. Restwarmte zonder WP

Technieken als zonthermie, vergisting en biomassa worden in dit onderzoek niet als aparte techniegroep geanalyseerd. Zonthermie kent in de huidige SDE++ een relatief beperkt aandeel en vertoont qua kostenstructuur veel gelijkenis met restwarmte zonder WP en LW-WP. Vergisting kent een complexe wisselwerking met andere technieken zoals hernieuwbaar gas en WKK, waardoor nadere uitwerking buiten de scope van dit onderzoek valt. Biomassa, is primair gericht op ondersteuning van variabele OPEX en kent andere uitdagingen dan de geïdentificeerde problemen in de kamerbrief uit december 2024 dat de aanleiding is voor deze verkenning.⁶³

De spreiding in type kosten van de geselecteerde techniegroepen voor verdere analyse wordt samenvattend weergegeven in Figuur A-20. Hierin is voor alle subcategorieën de verhouding tussen CAPEX + vaste OPEX en variabele OPEX inzichtelijk is gemaakt. Dit figuur bevestigt visueel dat de meeste geselecteerde technieken relatief geclusterd zijn in termen van kostenkarakteristieken en daardoor als één groep behandeld kunnen worden.

Figuur A-20 CAPEX + vaste OPEX tegenover Variabele OPEX voor alle subcategorieën binnen de technieken



⁶³ KGG (2024). *Kamerbrief: toekomst van de SDE++*.

Bijlage B Subsidie duurzame warmte in omringende landen

Ervaringen uit het buitenland geven inzicht in de effectiviteit van andere subsidievormen. In deze bijlage geven we daarom een beknopt overzicht van een aantal relevante subsidies in omringende landen,⁶⁴ waarbij één of meerdere technieken in scope van dit onderzoek gesubsidieerd worden.

Enkele subsidies in België (Vlaanderen) (sectie B.1), Duitsland (sectie 0) en het Verenigd Koninkrijk (sectie B.2) zijn hieronder beschreven. Per land beschrijven we de technieken in scope, de kenmerken van de subsidie, de relevantie voor deze studie en enkele kenmerkende voor- en nadelen. Sectie B.4 geeft een vergelijking van de beschreven subsidies met de SDE++.

B.1. België (Vlaanderen)

In Vlaanderen zijn twee relevante subsidies voor duurzame warmte beschreven: de Ecologiepremie+ en de Call groene warmte, restwarmte en energie-efficiënte stadsverwarming. Beide subsidies zijn een **investeringssubsidie** en kunnen niet gecombineerd worden.

Tabel B-1 Overzicht van de Ecologiepremie+ voor geothermische warmte in Vlaanderen

Ecologiepremie+	
Technieken in scope	Toekenning op basis van een "limitatieve technologieënlijst" ⁶⁵ , waaronder "geothermische warmte voor klimatisatie", en voor "geothermische warmte voor proceswarmte" (geothermie)
Kenmerken van de subsidie	Het netto steunpercentage wordt voor elke technologie van de limitatieve technologieënlijst vooraf vastgesteld op basis van o.a. de vermelde meerkosten van de essentiële componenten, het type investering en de grootte van de onderneming. De meerkosten (ook wel 'extra investering' genoemd) worden berekend door de duurzame investering te vergelijken met een standaardinvestering die technisch vergelijkbaar is en dezelfde productiecapaciteit heeft, maar niet dezelfde milieuvoordelen biedt als de ecologie-investering. Bij de bepaling van de subsidie wordt ook rekening gehouden met de brede duurzaamheid op basis van een levenscyclusanalyse en de beleidsprioriteit. De netto subsidie voor geothermische warmte voor proceswarmte bedraagt 41,25% voor een MKB en 33,75% voor een grote onderneming. Voor geothermische warmte voor klimatisatie is dat 22,5% en 11,25% respectievelijk. ⁶⁶ Als de gemaakte kosten lager uitvallen dan de beschikte subsidie, zal de steun pro rata herberekend worden in verhouding tot de aangetoonde steunbare kosten. De beschikte subsidie wordt niet verhoogd als de gemaakte kosten hoger uitvallen. Een onderneming kan tot 1 miljoen euro ontvangen voor een periode van drie jaar.
Relevantie voor deze studie	Dit gaat om een a priori vaste investeringssubsidie voor o.a. duurzame opwek van warmte voor ondernemingen. Het bedrag is bepaald voor elke technologie op basis van een benadering die vergelijkbaar is met de benadering van de onrendabele top , met name vergelijking tussen een duurzame technologie en een gangbare niet-duurzame technologie.
Kenmerkende voor- en nadelen	Voordelen: rechtszekerheid en transparantie omdat vooraf duidelijk is hoeveel de steun precies zal bedragen Nadelen: beperkte lijst aan technologieën, beperkte maximale steun per bedrijf (tot 1 miljoen euro per onderneming per 3 jaar), en dekt enkel investeringskosten en geen operationele kosten.

Tabel B-2 Kenmerken van de Call groene warmte, restwarmte en energie-efficiënte stadsverwarming in Vlaanderen

Call groene warmte, restwarmte en energie-efficiënte stadsverwarming

⁶⁴ Voor een uitgebreid overzicht van subsidies in Europa voor hernieuwbare warmte (industriële warmtepompen), zie EHPA (2024), [Subsidies for industrial heat pumps in Europe](#).

⁶⁵ VLAIO, Limitatieve technologieën, op 18/12/2024 geraadpleegd op: https://www.vlaio.be/nl/subsidies-financiering/limitatieve-technologieen?f%5B0%5D=Itl_thema%3A694

⁶⁶ VLAIO, Welke kosten worden aanvaard en wat is het steunpercentage?, op 18/12/2024 geraadpleegd op: <https://www.vlaio.be/nl/subsidies-financiering/ecologiepremie/welke-kosten-worden-aanvaard-en-wat-is-het-steunpercentage>

Technieken in scope	- Nieuwe installaties voor duurzame warmte met een bruto thermisch vermogen van meer dan 300 kW_{th} (of uitbreidingen van meer dan 300 kW_{th}) voor technologieën zoals biomassa-installaties, grootschalige zonneboilers, warmtepompen, diepe geothermie, etc. - Projecten waarbij restwarmte wordt benut (bijvoorbeeld met een additionele warmtepomp) als het gaat om nieuwe of vernieuwde installaties waarbij de warmte afkomstig is van proceswarmte die vrijkomt uit specifieke industriële processen. - Investeringsprojecten in energie-efficiënte stadsverwarming (en koeling) (bv. met additionele boosterwarmtepompen) bij gebruik van specifieke warmtebronnen.
Kenmerken van de subsidie	De subsidie is een investeringssubsidie. Het subsidiabel bedrag wordt bepaald als het verschil tussen de totale kosten van de investering en de kosten van een niet-duurzame referentie-installatie. Het netto steunpercentage wordt vervolgens bepaald door het type installatie en de grootte van de onderneming. Het steunpercentage varieert tussen de 30% en de 65% van de meerkosten ⁶⁷ . Als de werkelijk gemaakte kosten lager zijn dan het beschikte subsidiebedrag, dan wordt het steunpercentage toegepast op de werkelijk gemaakte kosten. Een onderneming kan tot 1 miljoen euro ontvangen per investeringsproject voor installaties en benutting van restwarmte, en tot 2 miljoen euro voor energie-efficiënte stadsverwarming. Voor 2024 was 21 miljoen beschikbaar, waarbij projectaanvragen geselecteerd worden op basis van een rangschikking van kostenefficiëntie en de CO ₂ -besparing.
Relevantie voor deze studie	Vergelijkbaar met de ecologiepremie+, gaat het hier ook om een vaste investeringssubsidie met een a priori bekende grootte voor productie van groene warmte t.b.v. warmtenetten. Ook hier is het subsidiebedrag bepaald voor elke technologie op basis van een benadering die vergelijkbaar is met de benadering van de onrendabele top , met name vergelijking tussen een duurzame technologie en een gangbare niet-duurzame technologie.
Kenmerkende voor- en nadelen	Voordelen: rechtszekerheid en transparantie omdat vooraf duidelijk is hoeveel de steun precies zal bedragen Nadelen: denkt enkel investeringskosten en houdt geen rekening met exploitatiekosten en -baten.

B.2. Verenigd Koninkrijk

Tabel B-3 Kenmerken van de IETF-subsidie voor industriële warmtetechnieken in het VK

Verenigd Koninkrijk: Industrial Energy Transformation Fund (IETF)	
Technieken in scope	Technieken met TRL 7 en hoger, voor warmte gaat dit o.a. om warmte-pompen , waarbij of restwarmte benut wordt, of omgevingswarmte. Ook geothermie wordt tot omgevingswarmte gerekend. ⁶⁸
Kenmerken van de subsidie	De IETF is een zuivere investeringssubsidie, er is geen bijdrage voor operationele kosten. De subsidie is van toepassing op haalbaarheidsstudies, en projecten die leiden tot een verbeterde energie-efficiëntie en vermindering van CO ₂ -uitstoot (in ton CO ₂ -equivalenten). Bedrijven kunnen enkel deelnemen indien het project zonder subsidie niet financieel haalbaar is (m.a.w. het gaat om een vorm van onrendabele top). Aanvragers moeten dit zelf bewijzen. Daarnaast moet de aanvrager de besparing in energie (in MWh) of CO ₂ -reductie beschrijven, van toepassing op de locatie van het project. Projecten kunnen deelnemen vanaf 75.000 pond, voor projecten van 5 miljoen pond of meer moeten een voorafgaande haalbaarheidsstudie voorleggen. Ook is er een maximumbudget per project toegekend mag worden, met het maximum afhankelijk van het type project. De subsidie wordt in rondes toegekend, met een maximumbudget per ronde en op basis van een "eerst komt, eerst maalt"-principe. Uitbetaling van de subsidie vindt plaats o.b.v. werkelijk gemaakte kosten, gemaximaliseerd op het beschikte subsidiebedrag.

⁶⁷ VLAIO, Groene warmte, restwarmte en energie-efficiënte stadsverwarming (call groene warmte), op 18/12/2024 geraadpleegd op: <https://www.vlaio.be/nl/subsidies-financiering/subsidi databank/groene-warmte-restwarmte-en-energie-efficiënte-stadsverwarming-call-groene-warmte>

⁶⁸ Department for Energy Security & Net Zero, January 2024, Industrial Energy Transformation Fund - Phase 3: Spring 2024 Guidance, op 20/12/2024 online geraadpleegd op: <https://assets.publishing.service.gov.uk/media/65aa946375154600107b4a54/ietf-phase-3-spring-2024-guidance.pdf>

Relevantie voor deze studie	Deze subsidie is een zuivere investeringssubsidie die al meerdere rondes gekend heeft (in 2024 vond ronde 3 plaats). De manier waarop de bewijslast bij aanvragers gelegd wordt is een interessant gegeven voor dit project. Er zijn door de overheid ook consultaties uitgevoerd. ⁶⁹ Op basis van de laatste ronde feedback heeft de overheid van het VK besloten de IETF door te zetten met een aantal aanpassingen zoals een verlaagde ondergrens voor projecten (van 100.000 naar 75.000 pond).
Kenmerkende voor- en nadelen	Voordelen: Breed toepasbare subsidie inclusief haalbaarheids- als implementatiestudies. Toepasbaarheid voor technieken vanaf TRL 7 betekent dat ook innovatieve technieken gesubsidieerd kunnen worden. Nadelen: alleen beschikbaar tijdens vaste periodes in het jaar volgens het “eerst komt, eerst maalt”-principe, en dekt enkel investeringskosten en geen operationele kosten.

B.3. Duitsland

In Duitsland zijn er meerdere subsidies om duurzame warmteprojecten te stimuleren. De meeste zijn in de vorm van investeringssubsidies net als in België en het Verenigd Koninkrijk.⁷⁰ In 2023 heeft Duitsland daarnaast de “Klimaschutzverträge”. De *Klimaschutzverträge* is een zogenaamde *Carbon Contract for Difference*, waarbij de uitkering van de subsidie voor warmteprojecten op een vergelijkbare wijze zoals de SDE++ wordt bepaald, maar dan op basis van CO₂-reductie.

Tabel B-4 Structuur en voorwaarden van de Duitse Klimaschutzverträge voor warmteprojecten

Klimaschutzverträge (Carbon Contracts for Difference)	
Technieken in scope	De subsidie is vooral gericht op de energie-intensieve industrie met een jaarlijkse uitstoot van minsten 10.000 ton CO ₂ , waarbij kleinere bedrijven consortia kunnen vormen. Alleen projecten met een totale financierings-bedrag van meer dan 15 miljoen euro komen in aanmerking. De subsidie is gedefinieerd op basis van processen (zoals warmte-productie) en in termen van emissiereductie. Voor warmtetechnieken moet de specifieke warmtebehoefte per ton product worden gekwantificeerd bij de subsidieaanvraag en omgerekend worden naar per ton CO ₂ -reductie gebaseerd zijn op openbare bronnen. ⁷¹
Kenmerken van de subsidie	De subsidie is een dubbelzijdige contract-for-difference. Elke toegekende subsidie is 15 jaar geldig en dekt zowel de vaste kosten van investeringen in nieuwe productiecapaciteiten (CAPEX) als de lopende operationele kosten (OPEX). Aan de subsidie is een eis voor emissiereductie gekoppeld: ten minste 60% reductie na drie jaar en 90% na vijftien jaar. Bedrijven vragen een subsidie aan voor een bedrag per ton CO ₂ -emissiereductie. De subsidie wordt vervolgens uitgekeerd per ton daadwerkelijk vermeden CO ₂ -uitstoot, gecorrigeerd voor de ETS-prijs en gratis emissierechten, wanneer de referentiemethoden voor productie inclusief ETS-correctie winstgevend zijn. Echter, indien de milieuvriendelijke productie echter goedkoper is dan de referentiemethoden inclusief ETS-correctie, zijn de bedrijven verplicht om het bedrag boven hun aanvraagbedrag terug te betalen. Het is mogelijk dat deze bedragen het ontvangen subsidiebedrag overstijgen.
Relevantie voor deze studie	Deze subsidie is een hybride vorm waarbij zowel CAPEX als OPEX gesubsidieerd worden zoals de SDE++. De uitkering van de subsidie vindt plaats o.b.v. behaald emissiereducties en een ETS-correctie, wat vergelijkbaar met de SDE++ o.b.v. productie van duurzame energie/ CO ₂ -reductie en het correctiebedrag. In tegenstelling tot de SDE++ bevat deze subsidie echter ook een component voor terugbetaling. De subsidie is pas in 2024 ingevoerd, er is één call geweest. Er is dus nog relatief weinig praktijkinformatie over de toepassing van de subsidie.

⁶⁹ Department for Energy Security and Net Zero, Consultation outcome Future of the Industrial Energy Transformation Fund, op 20/12/2024 online geraadpleegd op: <https://www.gov.uk/government/consultations/future-of-the-industrial-energy-transformation-fund>

⁷⁰ Voor een overzicht, zie EHPA (2024), *Subsidies for industrial heat pumps in Europe*.

⁷¹ Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz, 1st funding call for the bidding process for Carbon Contracts for Difference, op 20/12/2024 geraadpleegd op: https://www.klimaschutzvertraege.info/lw_resource/datapool/systemfiles/elements/files/f03e2bb2-6eaa-11ef-80a9-a0369fe1b6c9/current/document/240613_EN_F%C3%B6rderung.pdf

Kenmerkende voor- en nadelen	Voordelen: ondersteunt de onrendabele top tegen de laagste kosten per ton CO ₂ -reductie. Nadelen: Mogelijk hoge kosten voor de staat door onzekerheid over marktontwikkeling en snelheid van kostendaling van duurzame technieken.
-------------------------------------	---

B.4. Vergelijking SDE++ en subsidies omringende landen

De subsidievormen die in omringende landen wordt om duurzame warmte te stimuleren kunnen verdeeld worden in twee categorieën:

- **Investeringssubsidie** waarbij enkel een deel van de investeringskosten zijn gedekt zoals de beschreven subsidies in België (Vlaanderen) en het Verenigd Koninkrijk. De investeringssubsidies worden o.b.v. van de werkelijke investeringskosten bepaald, gemaximaliseerd op het beschikte subsidiebedrag. Het risico van kostenstijgingen ligt dus bij de projectontwikkelaar, terwijl voordelen uit kostendalingen voor de overheid zijn. De onderzochte investeringssubsidies dekken echter geen OPEX. Deze subsidies zullen dus warmteprojecten met een onrendabele top in de OPEX zoals e-boilers en aquathermie onvoldoende stimuleren.
- **Contracts-for-Difference** waarbij de volledige onrendabele top gedekt wordt zoals in de beschreven CCfD subsidie in Duitsland. De systematiek van de CCfD is echter vergelijkbaar met de SDE++. Subsidie wordt uitbetaald o.b.v. werkelijk behaalde emissiereducties en een ETS-correctie. Ook wordt de subsidie gecorrigeerd met de vermeden kosten van een referentie-installatie of techniek. De problemen bij een CCfD zullen dus voor duurzame warmtetechnieken vergelijkbaar zijn aan de van de SDE++.

Hieruit kan dus geconcludeerd worden dat de subsidievormen die in omringende landen wordt gebruikt onvoldoende zijn om de geïdentificeerde problemen met de SDE++ voor duurzame warmtetechnieken op te lossen.

Bijlage C – Geconsulteerde marktpartijen voor deze studie

Voor deze studie is input verkregen van 14 marktpartijen, waarvan 10 schriftelijk en de rest (deels) via interviews:

- Avebe
- EBN Nederland
- Eneco
- Ennatuurlijk
- Geothermie Nederland
- Glastuinbouw Nederland
- HVC
- Industriewerkgroep SDE++ (bestaande uit meerdere industriële marktpartijen)
- Linthorst
- NVDE
- Vattenfall

Daarnaast zijn ook relevante inzichten en reflecties uit twee aanvullende sessies meegenomen:

- De *Stakeholdersessie financieel instrumentarium collectieve warmte: SDE++ en toekomstige stimulering warmtebronnen* die KGG met marktpartijen op 15 januari 2025 had georganiseerd.
- De *expertsessie Verkenning stimulering duurzame warmte* die KGG in het kader van deze studie met een beperkt aantal expert van de overheid en bedrijven op 24 juni 2025 had georganiseerd.

Bijlage D – Ontwerpoverwegingen vaste subsidie van marktpartijen

Als onderdeel van de stakeholder consultatie hadden verschillende marktpartijen ontwerpoverwegingen meegegeven voor een mogelijke vaste subsidie. Deze zijn hieronder per ontworpelement samengevat om in de toekomst in overweging te nemen indien een vaste subsidie verder wordt uitgewerkt.

D.1. Minimum aantal vollasturen

Marktpartijen wijzen erop dat het instellen van een minimumaantal vollasturen vinnen bij een vaste subsidie risico's met zich meebrengt. Verkeerd ingestelde eisen kunnen de verduurzaming en netwerkontwikkeling belemmeren en marktprikkels verstoren.

Een marktpartij geeft aan dat bij technologieën zoals e-boilers, een vollasturen verplichting zelfs kan leiden tot hogere CO₂-emissies als er geen CO₂-vrije elektriciteit beschikbaar is en de flexibiliteit van bedrijven kan beperken.

Daaraan toevoegend is volgens een marktpartij een verplicht minimum niet per se nodig, omdat bedrijven hun e-boilers vanzelf zullen gebruiken; anders zouden ze deze niet installeren. Een lichte verplichting zou wellicht acceptabel zijn om misbruik te voorkomen, maar zonder veel complexiteit, omdat dit het investeringsrisico verhoogt. Verder wordt vanuit de industrie benadrukt dat de subsidie alleen de onrendabele top dekt, waardoor bedrijven verlies lijden als ze niet produceren, wat al voldoende prikkel biedt om de installatie daadwerkelijk te benutten.

D.2. Langetermijnprijs (correctiebedrag)

Marktpartijen geven aan dat er zorgen zijn over investeringsrisico's door fluctuaties in gas- en CO₂-prijzen en onzekerheden in toekomstige netwerktarieven. De langetermijnprijs onder een vaste subsidie moet daarom ruim worden genomen. Dit kan bijvoorbeeld door van de basisenergieprijs in de SDE++ te gebruiken om het risico op onderfinanciering te beperken. Dit kan weliswaar tot oversubsidiering leiden, maar tegelijkertijd nemen de inkomstenrisico met een vaste langetermijnprijs ook toe. Dit zou dan gereflecteerd moeten worden in een ruimer correctiebedrag.

Marktpartijen menen dat de koppeling van het correctiebedrag aan de gasprijs nog steeds het meest logisch en minst slechte optie is. Een volledige loskoppeling van de gasprijs krijgt minder steun, omdat dit het concurrentievoordeel van duurzame technieken ten opzichte van fossiele alternatieven kan verminderen.

Verder gaf een enkele marktpartij aan dat veel bronnen voor warmtenetten hebben in verkoopcontract een correctie voor het correctiebedrag staan. Bij vaste subsidie zouden dit soort contracten moeten aangepast worden.

D.3. Beschikt opwekkingsvermogen

Marktpartijen geven aan dat de wijze waarop het opwekkingsvermogen bij geothermieprojecten in een vaste subsidie wordt bepaald een aandachtspunt is. Bij geothermieprojecten is het daadwerkelijke vermogen onzeker omdat het niet zeker is hoeveel warmte er uiteindelijk uit een geothermische put zal komen. Onder de huidige SDE++ staat uiteindelijk een maximum totale subsidie vast als vermogen x maximale vollasturen. Het kan dus zo zijn dat geothermiebron minder opwekkingsvermogen heeft dan verwacht, maar door meer draaiuren te maken alsnog het totale subsidiebedrag onder de SDE++ kan behalen. Bij een vaste subsidie niet langer afhankelijk van draaiuren, wat dus mogelijk ook invloed op de hoogte en structuur van de subsidie. Dit probleem lijkt minder te zijn bij bijv. e-boilers of warmtepompen.

D.4. Implementatie van de vaste subsidie

Eén van de marktpartijen stelt voor om een vaste subsidie naast de SDE++ in te voeren voor een subsidieronde. Een ander stelt voor om ook overstapmogelijkheden te bieden voor bestaande projecten. Dit zorgt voor flexibiliteit en maakt het mogelijk om te kijken wat marktpartijen het aantrekkelijkst vinden.



Trinomics B.V.
Mauritsweg 44
3012 JV Rotterdam
Nederland

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

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