# Aanpassingen SDE++ voor lagere netimpact

## Achtergrondrapport

CE Delft

*Committed to the Environment*

# Aanpassingen SDE++ voor lagere netimpact

## Achtergrondrapport

Dit rapport is geschreven door:
Lucas van Cappellen, Florian Hesselink, Marieke Nauta en Frans Rooijers

Delft, CE Delft, oktober 2023

Publicatienummer: 23.220508.081a

Opdrachtgever: Netbeheer Nederland

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

Meer informatie over de studie is te verkrijgen bij de projectleider Lucas van Cappellen (CE Delft)

© copyright, CE Delft, Delft

**CE Delft**
Committed to the Environment

CE Delft draagt met onafhankelijk onderzoek en advies bij aan een duurzame samenleving. Wij zijn toonaangevend op het gebied van energie, transport en grondstoffen. Met onze kennis van techniek, beleid en economie helpen we overheden, NGO's en bedrijven structurele veranderingen te realiseren. Al meer dan 40 jaar werken betrokken en kundige medewerkers bij CE Delft om dit waar te maken.

# Inhoud


| | | |
|---|---|---|
| 1 | Inleiding | 3 |
| 2 | Methode | 4 |
| | 2.1 Methode op hoofdlijnen | 4 |
| | 2.2 Criteria beoordeling voorwaarden | 4 |
| 3 | Zon-pv | 6 |
| | 3.1 NFA- of CBC-verplichting | 6 |
| | 3.2 Nieuw gecombineerde zon/wind | 15 |
| | 3.3 Lagere aansluitwaarde | 17 |
| | 3.4 Realisatie binnen bestaande aansluiting | 20 |
| | 3.5 Andere oriëntatie | 22 |
| | 3.6 Aanpassen transportindicatie | 23 |
| | 3.7 Voorwaarden buiten scope | 25 |
| 4 | Wind op land | 27 |
| | 4.1 Kleine windmolens ‘achter de meter’ | 27 |
| | 4.2 Wind bij bestaande zon | 29 |
| | 4.3 Gedeeltelijke NFA of CBC | 31 |
| | 4.4 Nieuw gecombineerde wind/zon | 34 |
| | 4.5 Warmteproductie met directe lijn | 37 |
| | 4.6 Maatregelen met geen/beperkt potentieel | 38 |
| 5 | Industriële warmte | 43 |
| | 5.1 Gecascadeerde en/of procesgeïntegreerde warmtepompen | 44 |
| | 5.2 Elektrische boilers minder subsidiëren via de SDE++ | 46 |
| | 5.3 Elektrische boilers alleen in combinatie met duurzame boiler/ketel | 49 |
| | 5.4 NFA- of CBC-verplichting | 50 |
| | 5.5 Realisatie met warmteopslag | 53 |
| | 5.6 Realisatie met elektriciteitsopslag | 54 |
| | 5.7 Maatregelen met geen/beperkt potentieel | 56 |
| 6 | Referenties | 58 |

# 1 Inleiding

Dit document omvat het achtergrondrapport bij de studie ‘Aanpassingen SDE++ voor lagere netimpact’. Dit rapport bestaat uit:

- Hoofdstuk 2: Beschrijving van de methode, de gehanteerde criteria en analyses.
- Hoofdstuk 3: De voorwaarden en beleidsmaatregelen voor zon-pv.
- Hoofdstuk 4: De voorwaarden en beleidsmaatregelen voor wind op land.
- Hoofdstuk 5: De voorwaarden en beleidsmaatregelen voor industriële boilers en warmtepompen.

Het kernrapport is te vinden op deze website.

# 2 Methode

## 2.1 Methode op hoofdlijnen

In deze eerste studie zijn aanpassingen in de SDE++ in kaart gebracht. Hiervoor zijn de volgende projectstappen ondernomen:

1. **Situatieschets:** de huidige opzet van de SDE++ is in kaart gebracht. Vervolgens is de relatie van de SDE++ met netimpact (nieuwe aansluitingen en netuitbreidingen voor netcongestie) beschreven.
2. **Interviews relevante stakeholders:** er hebben interviews plaatsgevonden met Holland Solar, NPRES, NVDE, PBL, werkgroep Duurzaam op Land van Netbeheer Nederland en het ministerie van EZK. Daarin is input opgehaald voor de overige activiteiten.
3. **Inpassing in SDE++:** naast de voorwaarden voor de SDE++ is het van belang hoe de systematiek in de SDE++ vormgegeven moet worden. In dit werkpakket zijn de verschillende mogelijkheden in kaart gebracht en beoordeeld.
4. **Uitwerking en beoordeling maatregelen:** de maatregelen voor zon zijn uitgewerkt en globaal beoordeeld. Hiervoor zijn verschillende criteria in kaart gebracht met de stakeholders, beschreven in Paragraaf 2.2.
5. **Voorlopige conclusies:** gebaseerd op de analyses en interviews zijn eerste conclusies getrokken over welke maatregelen potentie bieden.

In de vervolgstudie (verwachte publicatie september 2023) worden de maatregelen voor zon in meer detail uitgewerkt. Daarnaast wordt ditzelfde proces doorlopen voor wind en elektrificatie van de industriële warmtevraag.

## 2.2 Criteria beoordeling voorwaarden

De maatregelen zijn globaal beoordeeld op tien criteria voor de onderbouwing van uiteindelijke keuzes. Deze criteria zijn weergegeven in Tabel 1.

**Tabel 1 - Overzicht criteria**

| Criteria | Beschrijving |
|---|---|
| Netimpact: netcongestie | Effect van de voorwaarde op de mate van netcongestie (toename, afname, of gelijkblijvend) |
| Netimpact: nieuwe aansluitingen | Effect van de voorwaarde op de vraag naar nieuwe aansluitingen (toename, afname, of gelijkblijvend) |
| Businesscase aangeslotenen | Effect van de voorwaarde op de businesscase van aangeslotenen, welke de jaarlijkse kosten en baten omvat en daarnaast effect op financierbaarheid |
| Technisch potentieel | Effect van de voorwaarde op de implementatiesnelheid van de beschouwde duurzame techniek |
| Maatschappelijkekosteneffectiviteit | Effect van de voorwaarde op maatschappelijke kosten/baten |
| Hoeveelheid duurzame productie/$CO_2$-reductie | Effect van de voorwaarde op verwachte gerealiseerde $CO_2$-reductie |

| Criteria | Beschrijving |
|---|---|
| Draagvlak stakeholders | Effect van de voorwaarde op het draagvlak van verschillende stakeholders (aangeslotenen, netbeheerders, EZK, ?) |
| Uitvoerbaarheid (belemmeringen/snelheid implementatie en uitvoering SDE++) | Uitvoerbaarheid van de maatregel, welke enerzijds belemmeringen op het niveau van (Europese/Nederlandse) wetgeving omvat en anderzijds de snelheid van implementatie en uitvoering in de SDE++ |
| Ruimtelijke impact | Effect op de ruimtelijke inpassing van het project in totaliteit |
| Overige maatschappelijke effecten | Effect van de voorwaarde op overige maatschappelijke criteria (draagvlak burgers?) |

De beleidsmaatregelen zijn beoordeeld op deze criteria met een score van zeer negatief (--) tot zeer positief (++). De mogelijke beoordelingen zijn opgenomen in Tabel 2.

**Tabel 2 – Beoordeling voor de criteria**

| Beoordeling | Toelichting |
|---|---|
| -- | Zeer negatief effect of beoordeling |
| - | Negatief effect of beoordeling |
| ± | Effect onzeker of neutraal |
| + | Goede beoordeling |
| ++ | Zeer goede beoordeling |
| | Geen effect/beoordeling |

# 3 Zon-pv

Gebaseerd op literatuur en interviews, zijn in totaal dertien mogelijke maatregelen in kaart gebracht. Daarvan zijn er negen uitgewerkt en vier niet verder onderzocht in deze studie (cursief gedrukt):

1. NFA- of CBC-verplichting:
   a Volledige NFA-verplichting zonder aanpassing subsidie.
   b NFA-verplichting voor gedeelte van transportvermogen.
   c CBC-verplichting.
2. Lagere aansluitwaarde dan 50%.
3. Realisatie binnen bestaande aansluiting.
4. Andere oriëntatie zon-pv.
5. Aanpassen transportindicatie.
6. Nieuwe gecombineerde zon/wind.
7. *Zon zonder transportvermogen.*
8. *Bonus op subsidie-intensiteit voor aanvraag met lagere netimpact.*
9. *Batterijen bij zon-pv in SDE++.*
10. *Intensivering bij bestaande zon of wind.*

## 3.1 NFA- of CBC-verplichting

NFA staat voor non-firm-aansluit- en transportovereenkomst (ATO). De netbeheerders hebben een eerste voorstel uitgewerkt voor een NFA, wat naar verwachting in 2023 wordt ingevoerd. In dit voorstel kan de netbeheerder het toegestane transportvermogen voor de aankomende dag beperken (CBC) of capaciteit vrijgeven (NFA). Dit betekent dat een aangeslotene minder of geen elektriciteit kan afnemen van, of invoeden op de elektriciteitsnetten op momenten dat netcongestie (naar verwachting) ontstaat. In ruil daarvoor hoeft een aangeslotene geen kW-contracttariefcomponent te betalen. De netbeheerders werken, samen met marktpartijen en de toezichthouder, ook nog aan verschillende andere varianten die meer zekerheid bieden voor aangeslotenen. Mogelijkheden zijn bijvoorbeeld een NFA met vaste tijdsblokken of een ‘maximaal aantal uur per jaar’-beperking. Een volledige of gedeeltelijke NFA zou kunnen worden toegepast bij nieuwe zon-pv-projecten. Binnen de SDE++ kan het subsidiebedrag aangepast worden, waardoor een partij extra subsidie ontvangt bij een NFA, en dan draagt de subsidieverstrekker (en dus de belastingbetaler) eventuele extra kosten. Ook kan de systematiek niet aangepast worden; het subsidiebedrag blijft gelijk, en dan draagt de zonneparkontwikkelaar de kosten en het risico.

Een alternatief is om zon-pv aan te sluiten met een capaciteitsbeperkingop scontract (CBC); één van de twee producten binnen congestiemanagement. Dit kan zowel binnen als buiten congestiegebieden afgesloten worden. Het belangrijkste verschil is dat bij een CBC een partij een firm-aansluiting heeft die wordt beperkt tijdens momenten met netcongestie. Bij een NFA heeft een partij een non-firm-aansluiting, en mag de aansluiting gebruikt worden buiten momenten met netcongestie. CBC is een bestaand product, terwijl er voor NFA’s nu nog concrete voorstellen voor implementatie ontwikkeld worden en nog aanpassingen in regelgeving nodig zijn.

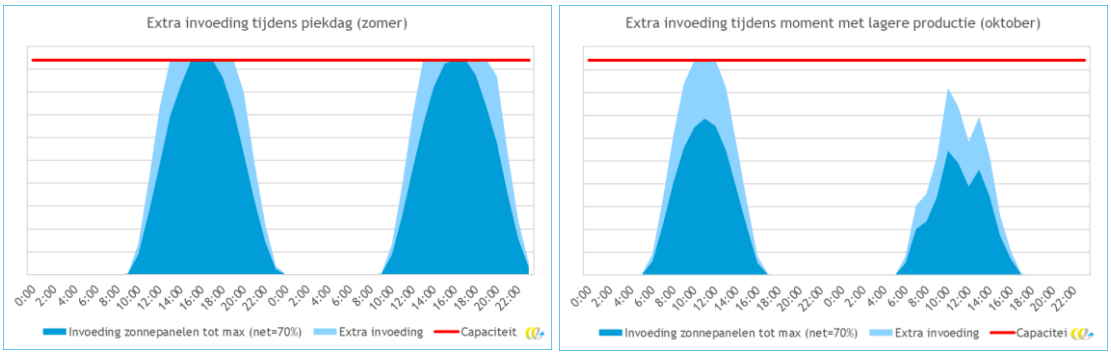
In deze studie onderzoeken we drie varianten van een verplichting:

1. Volledige NFA-verplichting zonder aanpassing subsidie in Paragraaf 3.1.1.
2. NFA-verplichting voor gedeelte van transportvermogen in Paragraaf 3.1.2.
3. CBC-verplichting in Paragraaf 3.1.3.

In deze studie maken we geen keuze tussen een NFA of een CBC, want beide zijn mogelijk om op te nemen als verplichting voor SDE++-projecten. Belangrijk daarbij is dat de netbeheerder kosten maakt om partijen met een CBC te compenseren. In deze beleidsmaatregel onderzoeken we het toevoegen van een NFA zonder verdere aanpassing van de subsidie. Voor een non-firm-verplichting van een gedeelte van het transportvermogen, wat meer in detail is onderzocht, analyseren we het verschil met een uitwerking via een NFA of CBC in Paragrafen 3.1.1, 3.1.2 en 3.1.3.

Een NFA- of CBC-verplichting maakt het mogelijk om extra zon in te voeden buiten de piek, zonder dat dit leidt tot extra netbelasting, zoals weergegeven in Figuur 1. Zonder een CBC of NFA is het niet mogelijk om extra in te voeden als partijen geen firm-aansluiting meer kunnen krijgen. In het figuur is er geen ruimte voor additionele firm-capaciteit; het netwerk is tijdens de productiepieken in de zomer al vol. Buiten de productiepieken is echter nog veel ruimte op het netwerk, zowel buiten de piekuren in de zomer als tijdens momenten met lagere productie tijdens bijvoorbeeld de lente en herfst. In dit voorbeeld is een willekeurig voorbeeld opgenomen voor het extra bijplaatsen van 50% van de originele capaciteit.

**Figuur 1 - Voorbeeld extra invoeding met additionele zonnepanelen; aanname dat er op het volle elektriciteitsnetwerk nog 50% extra zon ten opzichte van de netcapaciteit wordt aangesloten**




De netbeheerder verkrijgt met een CBC- of NFA-verplichting binnen de SDE++ de mogelijkheid om zeker te weten dat de installaties na vijftien jaar een firm-aansluiting op 50 of 70% van de capaciteit dienen te verkrijgen. De netbeheerder kan in haar verzwaringsplannen anticiperen op het verruimen van de transportmogelijkheden voor zonneparken na vijftien jaar. Bij een CBC draagt de netbeheerder direct de kosten en kan er, eventueel, daardoor een keuze gemaakt worden om eerder in de tijd te verzwaren als dat lagere kosten met zich meebrengt. Met een NFA hoeft een netbeheerder zeker geen netverzwaring te doen, maar draagt de aangeslotene of SDE++-subsidie dus de kosten. Met zowel een NFA als CBC kunnen verzwaringen die nu al gepland worden ook effectiever uitgerold worden, daar ze gelijk rekening kunnen houden met een concreter toekomstig gevraagd transportvermogen.

### 3.1.1 Volledige NFA-verplichting zonder aanpassing subsidie

De NFA kan verplicht worden voor alle zon-pv-projecten in de SDE++ of kan als additionele categorie worden toegevoegd aan de SDE++. Voor deze eerste variant gaan we uit van een variant waarbij er geen aanpassing in de SDE++-systematiek plaatsvindt. Een partij krijgt dus minder subsidie op het moment dat er minder kWh ingevoed worden. Een NFA zonder additionele zekerheden, zoals nu het eerste voorstel van de netbeheerders is, biedt geen investeringszekerheid voor zon-pv-exploitanten. Om de zekerheid te vergroten, zou een NFA vormgegeven kunnen worden waarbij vooraf inzicht is in het netbelastingprofiel nu

en in de toekomst (drie, vijf en/of tien jaar vooruit). De zekerheid voor aangeslotenen kan verder versterkt worden door garanties af te geven, bijvoorbeeld over de 'maximaal aantal uren per jaar'-beperking. Dit betekent echter wel dat de zekerheid voor de netbeheerder afneemt dat met de NFA-netcongestie daadwerkelijk voorkomen kan worden, al kan resterende ontstane netcongestie ook verder opgelost worden met congestiemanagement.

In de praktijk betekent dit dat een NFA aantrekkelijk is in gebieden waarbij het belastingprofiel afwijkt van het zonprofiel. Dit kunnen gebieden zijn met veel elektriciteitsproductie uit andere bronnen (wind, wkk's, gascentrales).

## Beoordeling: NFA-verplichting

Een verplichte NFA (zonder aanpassing subsidie) wordt door de stakeholders als onwenselijk gezien. Er is geen investeringszekerheid bij een verplichting, tenzij dit risico wordt overgenomen door het te subsidiëren in de SDE++. Er kunnen met een verplichte NFA echter installaties gebouwd worden waarbij er maar zeer beperkt ingevoed kan worden. Deze kans is voor zon extra groot, omdat het productieprofiel gelijk is aan de productie van andere installaties in de buurt. Potentieel wordt er dan dus veel gesubsidieerd, ruimte ingenomen en grondstoffen gebruikt voor zonnepanelen die beperkt duurzame elektriciteit invoeden. Deze studie is daarom verder gericht op een verplichting voor een NFA (of CBC) voor een gedeelte van de transportcapaciteit.

**Tabel 3 - Beoordeling NFA-verplichting**

| Criteria | | Beoordeling |
|---|---|---|
| Netuitbreiding voor netcongestie | ++ | Een NFA kan de netuitbreiding voor zon volledig minimaliseren. Dit is wel afhankelijk van het exacte ontwerp. |
| Realisatie nieuwe aansluitingen | | Er is geen effect op het aantal nieuwe aansluitingen. |
| Economisch potentieel extra zon (businesscase aangeslotenen) | - | De businesscase zal minder goed worden, sterk afhankelijk van de beperkingen die voor de partij binnen de NFA opgelegd worden en die afhankelijk is van de lokale netsituatie.<br>Zonder aanpassingen zal het niet mogelijk zijn nog zon-pv-projecten te financieren. |
| Technisch potentieel extra zon | + | Er kan in potentie veel meer zon ingevoed worden, vooral buiten de piekuren. |
| Kosteneffectiviteit | ± | De maatregel reflecteert de daadwerkelijke netwerkkosten, en is vanuit netbeheerdersperspectief dus kosteneffectief. De baten voor de maatschappij worden echter vergaand geminimaliseerd, doordat er naar verwachting veel minder zon gerealiseerd wordt. |
| Draagvlak | -- | Er is geen draagvlak in de zonnesector voor deze maatregel, vanwege de onzekerheid die het creëert voor de inkomsten. |
| $CO_2$-reductie | + | In potentie kan er additionele $CO_2$ gereduceerd worden, doordat er extra zon ingevoed wordt op momenten dat er geen pieken zijn van zon-pv-invoeding. Hiervoor is dan wel veel extra zon-pv-vermogen nodig. |
| Uitvoerbaarheid in SDE++ | ± | Dit kan als voorwaarde goed toegevoegd worden aan de SDE++.<br>Een uitdaging is nog het vaststellen van de subsidie-intensiteit vooraf, maar hier kan wel een schatting voor gemaakt worden. |
| Ruimtelijke impact | | Er is geen effect op de ruimtelijke impact. |
| Overige maatschappelijke effecten | | Geen overige effecten. |

### 3.1.2 Gedeeltelijke NFA-verplichting met aanpassing SDE++

We concluderen in Paragraaf 3.1.1 dat een verplichte NFA voor het volledige vermogen onwenselijk is voor ontwikkelaars. Een mogelijkheid zou zijn om een gedeelte van de aansluiting firm te maken en een gedeelte non-firm. De ontwikkelaar heeft dan garanties dat het een gedeelte van de energieproductie zeker kan invoeden en in potentie, als er ruimte is op het elektriciteitsnetwerk, om extra in te voeden. Dit zou daarmee ook in plaats kunnen komen van het huidige maximale aansluitvermogen van 50%.

Deze maatregel betekent dat zon-pv-installaties, net zoals in de huidige situatie, alleen in gebieden zonder netcongestie gerealiseerd kunnen worden. De NFA-verplichting is voor een gedeelte van het vermogen, maar een gedeelte van het transportvermogen is ook firm. Daardoor kan dit alleen gerealiseerd worden als er nog netcapaciteit beschikbaar is.

#### Inschatting potentieel extra aansluiten

We hebben een inschatting gemaakt van de hoeveelheid elektriciteit die additioneel ingevoed kan worden met een gedeeltelijke NFA. Deze analyse is nu globaal uitgevoerd en zou voor verschillende onderstations uitgevoerd moeten worden om een nauwkeuriger beeld te vormen. Voor deze analyse gaan we uit van een firm-transportvermogen van 20 tot 40% van het piekvermogen van de zonne-installatie en een non-firm-vermogen tot in totaal 70% van de firm-capaciteit. Er kan een afweging gemaakt worden om het totale firm- en non-firm-vermogen tot 70% in te vullen of tot 50%. Met 70% kan er meer ingevoed worden. Met een aansluiting tot 50% hoeft de netbeheerder gemiddeld minder werk uit te voeren voor het realiseren van de aansluiting, aangezien het vermogen lager is.

We nemen een netvlak van 40 MW aan, met op dit moment in totaal 50 MW zonneparken, met een netaansluiting van 70%. Daarmee is het piekvermogen op het net 70%. We baseren de vrije ruimte per uur gebaseerd op het jaarlijkseproductieprofiel.[1] Voor deze analyse is een profiel gebruikt met alleen zon-pv-invoeding. Dit betekent dat er dus geen afname is. Voor een station met afname kan er dus meer zon ingevoed worden. De hier weergegeven cijfers zijn dus een minimum.

Tabel 4 toont de resultaten voor dit netvlak en hoeveel zon-pv er maximaal aangesloten kan worden met gedeeltelijke firm-aansluiting. We modelleren dat er altijd 5 MW firm-netcapaciteit beschikbaar is. Als er wordt aangesloten op 30%, betekent dit dat er met 5 MW netcapaciteit nog 16,67 MW-piek zon-pv maximaal gerealiseerd kan worden. We gaan er voor dit voorbeeld van uit dat er altijd tot 70% vermogen in totaal wordt aangesloten.

[1] We houden voor het profiel voor NFA-aansluitingen een voorspelfout van 5% aan, oftewel: dat het vermogen mogelijk 5% hoger uitvalt dan de gemeten waarde. Dit omdat de netbeheerder het profiel van een NFA een dag vooruit moet afgeven en het dan nog onzeker is hoe hard de zon exact gaat schijnen. Voor zon-pv is één gemiddeld profiel aangehouden uit een andere studie (CE Delft, 2021).

**Tabel 4 - Potentieel invoeding zon-pv maximale zon-pv-installatie met verschillende gedeeltelijke NFA-aansluitingen bij 5 MW vrije netcapaciteit. In dit voorbeeld zijn we uitgegaan van een netvlak met alleen maar zon-pv. Op een netvlak met ook afname, kan er meer elektriciteit ingevoed worden.**

| Firm-capaciteit (%) | Non-firm-capaciteit (%) | Totaal ingevoede elektriciteit via 5 MW (MWh) | Relatieve ingevoede elektriciteit (MWh/MW-piek) |
|---|---|---|---|
| 50% (huidig) | 0% | 8.400 MWh | 840 MWh/MW |
| 50% | 20% | 8.600 MWh (+2%) | 860 MWh/MW (+2%) |
| 40% | 30% | 10.500 MWh (+25%) | 840 MWh/MW (+0%) |
| 30% | 40% | 13.600 MWh (+60%) | 810 MWh/MW (-3%) |
| 20% | 50% | 19.250 MWh (+130%) | 770 MWh/MW (-8%) |

Uit Tabel 4 blijkt dat er met een gedeeltelijke NFA veel extra zonne-energie het netwerk ingevoed kan worden. Daarbij is het wel essentieel dat er ook daadwerkelijk extra zon gerealiseerd wordt. Als er voor een lager vermogen zon gerealiseerd wordt, zal er echter ook via de NFA additionele ruimte gegeven worden en kan het beperkte vermogen extra invoeden. Uit de analyses blijkt dat het aansluiten op 40% firm en 30% non-firm resulteert in indicatief 25% extra zoninvoeding en geen effect heeft op de productie per MW-piek (oftewel: de baten) ten opzichte van een 50% firm-vermogen. Aansluiten met een nog lager firm-vermogen maakt het mogelijk extra vermogen zon aan te sluiten, al kan er dan per zon-pv-installatie minder uren per jaar ingevoed worden.

Het is belangrijk om in de afweging mee te nemen dat er ook veel extra potentieel aangesloten kan worden met congestiemanagement. Met een NFA wordt tijdens piekmomenten het vermogen teruggeregeld. In Paragraaf 3.1.4 onderzoeken we deze vergelijking verder.

## Uitwerking in SDE++

In de SDE++ kan als algemene voorwaarden opgenomen worden dat een gedeelte van de transportcapaciteit firm is (bijvoorbeeld 30 of 20% van het zon-pv-piekvermogen) en een gedeelte non-firm (aanvullend tot in totaal 70% van het zon-pv-piekvermogen).
Dit betekent echter dat het vooraf onzeker is hoeveel kWh een project gaat invoeden, en dat dit per locatie en per jaar zal verschillen. Een project dat vanwege een gemiddeld hoge netbelasting veel kWh produceert, zou in de huidige systematiek meer subsidie krijgen, want de subsidie is gekoppeld aan het aantal geproduceerde kWh. De kosten blijven echter gelijk voor een project, dus bij een lagere hoeveelheid ingevoede kWh neemt het basisbedrag (kosten per kWh) toe en zou de subsidie dus ook hoger moeten zijn. Hiervoor is een werkbare oplossing binnen de SDE++-systematiek geïdentificeerd. Vooraf kan een formule of staffel bepaald worden, waarbij het basisbedrag afhangt van het aantal ingevoede kWh, oftewel: hoeveel kWh ingevoed konden worden met de NFA. Het aantal ingevoede kWh wordt in de nacalculatie gebruikt om het basisbedrag te bepalen, waardoor gewaarborgd wordt dat de kosten gedekt worden en eventuele onder- of oversubsidiëring zoveel mogelijk wordt voorkomen. Een aandachtspunt daarbij is dat er dan geen of een beperkte prikkel is om zoveel mogelijk te produceren, als het totale subsidiebedrag toch ongeveer gelijk blijft. Een aandachtspunt voor eventuele staffels is daarnaast dat er mogelijk gaming kan plaatsvinden, waarin partijen proberen te zorgen dat ze binnen een bepaalde staffel opereren.

Het uitwerken van de staffels of een formule kan vrij eenvoudig gebeuren. Daarnaast is het natuurlijk ook essentieel dat de contractvormen voor CBC en NFA volledig uitgewerkt en gestandaardiseerd zijn. Dit vereist een verdere actie van netbeheerders, ACM en marktpartijen. Daarnaast is handhaving door RVO nog een aandachtspunt, net zoals dat nu nodig is voor de 50% aansluitwaarde.

Met een aansluiting van 30% firm-vermogen kan er bij een aangenomen productie van 950 kWh ongeveer 730 kWh gegarandeerd ingevoed worden. Vervolgens kan met een formule of staffel bepaald worden hoe hoog het subsidiebedrag is bij verschillende hoeveelheden ingevoede elektriciteit. In Tabel 5 is als voorbeeld weergegeven hoe dit eruit zou kunnen zien. Het is aan het PBL om hier een nauwkeurige berekening en methodiek voor op te stellen, maar dit is naar verwachting al mogelijk voor de SDE++-ronde van 2024.

**Tabel 5 - Methode voor bepalen basisbedrag: dit is slechts een indicatieve schatting als voorbeeld**

| Invoeding elektriciteit (kWh/kW, oftewel: vollasturen) | Voorbeeldberekening basisbedrag |
|---|---|
| 950 | € 0,0633* |
| 900-950 | € 0,0650 |
| 850-900 | € 0,0687 |
| 800-850 | € 0,0729 |
| 750-800 | € 0,0776 |
| 700-750 | € 0,0829 |

* Dit is het basisbedrag voor 'Fotovoltaïsche zonnepanelen, 1-20 MWp, grondgebonden (net = 70%)' in de berekening van PBL voor SDE++ 2023 (PBL, 2023).

Naast een staffel is het ook goed mogelijk een formule op te stellen waarbij het basisbedrag afhankelijk is van de hoeveelheid ingevoede elektriciteit in dat jaar. Dit verkleint het risico op gaming.

Deze methodiek kan ook toegepast worden voor een NFA-verplichting voor een volledig vermogen. Dat lijkt ons echter onwenselijk, omdat er dan ook zon-pv-projecten gerealiseerd kunnen worden in gebieden met zeer veel netcongestie, oftewel: met een zeer hoog vermogen zon-pv ten opzichte van de netcapaciteit. Er zouden dan extra parken gecreëerd kunnen worden die zeer beperkte elektriciteit kunnen invoeden. De subsidie, het materiaalgebruik en ruimtegebruik per kWh is dan erg hoog.

## Beoordeling: gedeeltelijke NFA-verplichting

We zien een gedeeltelijke NFA als mogelijke potentievolle maatregel. Het maakt het mogelijk om wel investeringszekerheid te realiseren voor aangeslotenen en met meer garantie voor de looptijd van de subsidie om de netimpact van projecten te verminderen.

**Tabel 6 - Beoordeling: gedeeltelijke NFA-verplichting**

| Criteria | | Beschrijving |
|---|---|---|
| Netimpact: netcongestie | + | De netimpact kan significant gereduceerd worden met een verplichte gedeeltelijke NFA. Dit potentieel kan wellicht ook gerealiseerd worden met congestiemanagement. Echter is er dan geen verplichting, waardoor de netbeheerder niet langjaarlijkse zekerheid heeft. De netbeheerder hoeft niet te verzwaren voor een NFA, al is de kans groot dat na de SDE++ een zon-pv-eigenaar alsnog een grotere aansluiting aanvraagt. |
| Netimpact: nieuwe aansluitingen | | Geen effect. |

| Criteria | | Beschrijving |
|---|---|---|
| Businesscase aangeslotenen | + | De businesscase zou, met een goed ontwerp, gelijk moeten blijven voor aangeslotenen. Ondanks de onzekerheid van een NFA blijft er zekerheid over de inkomsten door de vormgeving van het vaststellen van het basisbedrag. |
| Technisch potentieel | + | Er kunnen veel zon-pv-projecten aangesloten worden, en met de beschikbare netcapaciteit kunnen daarmee ook significant extra parken gerealiseerd worden. Er kunnen wel alleen parken gerealiseerd worden als er netcapaciteit vrij is. Als er helemaal geen netcapaciteit vrij is, kan met deze maatregel een park niet aangesloten worden. |
| Maatschappelijkekosteneffectiviteit | + | Er hoeven geen extra investeringen gedaan te worden, al zal er mogelijk voor zon-pv-projecten die beperkt kunnen invoeden, een hoger bedrag per kWh betaald moeten worden. De additionele kosten hangen af van de netbelasting. |
| Hoeveelheid duurzame productie/ $CO_2$-reductie | + | Er kan extra zon-pv aangesloten worden. Buiten piekuren wordt het met de NFA/CBC mogelijk om extra zon in te voeden ten opzichte van algemene lagere aansluitwaarden. |
| Draagvlak stakeholders | + | Stakeholders zijn positief over deze maatregel, maar de uitwerking is wel belangrijk. |
| Uitvoerbaarheid (belemmeringen/ snelheid implementatie en uitvoering SDE++) | - | Dit kan als voorwaarde goed toegevoegd worden aan de SDE++, al maakt het de SDE++ wel complexer. Het lijkt ons uitvoerbaar met een staffel of formule om achteraf het jaarlijkse subsidiebedrag vast te stellen. Een uitdaging is nog het vaststellen van de subsidie-intensiteit vooraf, maar hier kan wel een schatting voor gemaakt worden. |
| Ruimtelijke impact | ± | Er worden op locaties mogelijk extra zon-pv-projecten gerealiseerd, omdat er meer ruimte op het net is. Dit resulteert in meer ruimtelijke imapct. |
| Overige maatschappelijke effecten | | Geen overige effecten. |

### 3.1.3 CBC-verplichting

Sinds eind 2022 is congestiemanagement volledig geïmplementeerd in de Nederlandse regelgeving en de afgelopen maanden hebben netbeheerders congestiemanagement verder uitgewerkt en geoperationaliseerd. Tot nu toe wordt congestiemanagement, zoals nu geïmplementeerd, nog relatief beperkt toegepast, maar de komende maanden wordt hier een toename in verwacht.

Elektriciteitproducerende partijen zijn verplicht om deel te nemen aan congestiemanagement door biedingen te doen op de redispatchcongestiemarkt. Dit kan via een capaciteitsbeperkingscontract of de redispatchmarkt. Een CBC is een contract die een partij kan opzeggen. De netbeheerder heeft dan een probleem, want er is dan minder gecontracteerde capaciteit. De implicaties voor de marktpartij hangen af van de gemaakte afspraken, maar dit zou kunnen betekenen dat er niet meer ingevoed kan worden. Netbeheerders zijn daarom huiverig met congestiemanagement, vanwege deze onzekerheid. Deze onzekerheid neemt mogelijk de komende jaren af met bredere toepassing van congestiemanagement. Een verplichting voor een CBC in de SDE++ vergroot de zekerheid. Een partij zou geen subsidie meer krijgen als de CBC wordt stopgezegd door de exploitant. Alleen als een partij een voordeligere businesscase heeft zonder SDE++, bijvoorbeeld vanwege een voordelig contract met een afnemer, zou de CBC dan alsnog opgezegd kunnen worden. Een partij is ook dan nog verplicht om deel te nemen aan bieding op de redispatchcongestiemarkt.

Een CBC-verplichting betekent dat ook partijen buiten congestiegebieden verplicht zijn om deel te nemen. Om congestie op te lossen in een gebied, is de tegengestelde verandering van elektriciteitsverbruik of -productie vereist in een ander gebied om zo de balans van vraag en aanbod te handhaven. Oftewel: als er minder ingevoed wordt in een congestiegebied door congestiemanagement, moet er ergens ander meer geproduceerd worden. Verplichte deelname aan CBC kan dus ook helpen congestie op te lossen door energie te balanceren. Daarnaast zorgt de verplichting ervoor dat als een gebied wel in netcongestieregime komt, er snel geschakeld kan worden.

## Beoordeling: CBC-verplichting

We zien een CBC-verplichting als mogelijke potentievolle maatregel. Het maakt het mogelijk om wel investeringszekerheid te realiseren voor aangesloten en gegarandeerd voor de looptijd van de subsidie de netimpact van projecten te minimaliseren.

**Tabel 7 - Beoordeling: CBC-verplichting**

| Criteria | | Beschrijving |
|---|---|---|
| Netimpact: netcongestie | + | De netimpact kan significant gereduceerd worden met een verplichte NFA of CBC. Dit potentieel kan wellicht ook gerealiseerd worden met congestiemanagement. Echter is er dan geen CBC-verplichting, waardoor de netbeheerder niet langjaarlijkse zekerheid heeft. |
| Netimpact: nieuwe aansluitingen | | Geen effect. |
| Businesscase aangeslotenen | + | De businesscase blijft gelijk, de aangeslotenen worden gecompenseerd voor niet-ingevoede kWh door de netbeheerder. |
| Technisch potentieel | ++ | Er kunnen veel zon-pv-projecten aangesloten worden, zowel in gebieden met als zonder netcongestie. |
| Maatschappelijkekosteneffectiviteit | + | Er hoeven geen extra investeringen gedaan te worden; projecten die niet kunnen invoeden, moeten wel gecompenseerd worden door netbeheerders. |
| Hoeveelheid duurzame productie/ $CO_2$-reductie | + | Er kan extra zon-pv aangesloten worden. Buiten piekuren wordt het met de CBC mogelijk om extra zon in te voeden ten opzichte van een algemene lagere aansluitwaarde. |
| Draagvlak stakeholders | + | Stakeholders zijn positief over deze maatregel, maar de uitwerking is wel belangrijk. |
| Uitvoerbaarheid (belemmeringen/ snelheid implementatie en uitvoering SDE++) | + | De maatregel kan ingepast worden in de SDE++. De uitvoerbaarheid ligt meer bij de netbeheerder. |
| Ruimtelijke impact | ± | Er worden op locaties mogelijk extra zon-pv-projecten gerealiseerd, omdat er meer ruimte op het net is. Dit resulteert in extra ruimtelijke impact. |
| Overige maatschappelijke effecten | | Geen overige effecten. |

### 3.1.4 Conclusie en afwegingen

Er liggen nog verschillende vraagstukken die verder onderzocht moeten worden voor een verplichting voor een (gedeeltelijke) NFA of CBC. De komende maanden hopen we daar in het verdiepende onderzoek verder richting aan te geven. De vraagstukken zijn:

- Analyse van de toegevoegde waarde van de verplichting voor NFA of CBC na concretisering congestiemanagement. De meest concrete toegevoegde waarde is in potentie dat een verplichting de netbeheerder additionele zekerheid geeft over de toepassing van flexibel vermogen, waardoor er additionele netverzwaring uitgesteld kan worden. Netverzwaring kan daarmee voor de looptijd van de SDE++ uitgesteld of lager geprioriteerd worden, waardoor de acute problematiek afneemt.
- Verder uitwerken van de contractvormen (zowel NFA en CBC) en inpassing in SDE++. Daarbij is een aandachtspunt of er een prikkel ingebouwd kan worden om additionele invoeding te belonen. In de systematiek wil je dat partijen idealiter relatief meer inkomsten hebben als ze in een gebied vestigen met minder netcongestie, en dus meer kunnen invoeden.
- Afweging tussen een totale transportcapaciteit (firm en non-firm gezamenlijk) van 50 of 70%. Met 70% kan er extra duurzame energie ingevoed worden. Na de afronding van de SDE++, zullen veel partijen voor het volledige vermogen van de netaansluiting een firmvermogen afnemen. De netimpact van een 70%-aansluiting is dan groter dan van een 50%-aansluiting.

De keuze voor een NFA of CBC is een afweging/keuze van de volgende factoren:

- De zekerheid die het de netbeheerder biedt dat investeringen uitgesteld kunnen worden, zodat de werkzaamheden op andere gebieden gericht kunnen worden. Dit kan mogelijk gelijk zijn bij NFA of CBC, maar dient verder afgestemd te worden.
- De keuze waar de kosten komen te liggen voor energie die niet ingevoed kan worden. Kosten niet vergoeden, waardoor de exploitant ze moet dragen, is onwenselijk, aangezien er dan geen zon meer gerealiseerd wordt. Dit past ook niet binnen de SDE++-systematiek, aangezien daadwerkelijke onrendabele top gesubsidieerd moet worden. Met een NFA (inclusief aanpassing in de SDE++-systematiek, zoals beschreven in Paragraaf 3.1.2) worden de kosten gecompenseerd door de SDE++. Bij een CBC worden de kosten gedragen door de netbeheerder.
- Een gedeeltelijke NFA kan alleen in gebieden zonder netcongestie, aangezien er ook een gedeeltelijke firm-aansluiting vereist is. In gebieden met netcongestie kan met een CBC wel extra zon gerealiseerd worden, in lijn met hoe congestiemanagement nu werkt.
- NFA geeft altijd ruimte op het net, in tegenstelling tot een CBC. Daardoor komt dat netwerk pas op een later moment in een congestieregime. Dit biedt ruimte voor andere aangeslotenen. In geval van opwek zijn dit echter ook vaak zon en wind.
- Een NFA is pas vanaf 2024 beschikbaar, terwijl een CBC nu al gerealiseerd kan worden.
- De NFA kent meer complexiteit met het inpassen in de SDE++-systematiek. Een CBC kan geëist worden, waarna de netbeheerder verantwoordelijk is voor de uitvoering en financiële compensatie.
- Bij een verplichte CBC wordt de netbeheerder verplicht om een interactie aan te gaan, terwijl het een afweging is vanuit de subsidieverstrekker.
- Bij een CBC kan de netbeheerder een toets doen of de CBC wenselijk is. Dit kan namelijk niet wenselijk zijn omdat er bijvoorbeeld veel netcongestie is en de netbeheerder dus veel compensatie moet uitkeren. De toets vergroot de kans dat alleen projecten met veel potentiële invoeding doorgang vinden.
- Bij een CBC liggen de kosten bij de netbeheerder, de partij die verantwoordelijk is voor de netverzwaring. Mogelijk kan de netbeheerder een andere keuze maken over verzwaring in geval van een CBC ten opzichte van een NFA.

We concluderen dat het nog te vroeg is deze maatregel aan te bevelen. Additionele dialoog tussen de stakeholders is nodig om de wenselijkheid en effecten te onderzoeken. De verschillende stakeholders hebben aangegeven dit gesprek verder aan te gaan.

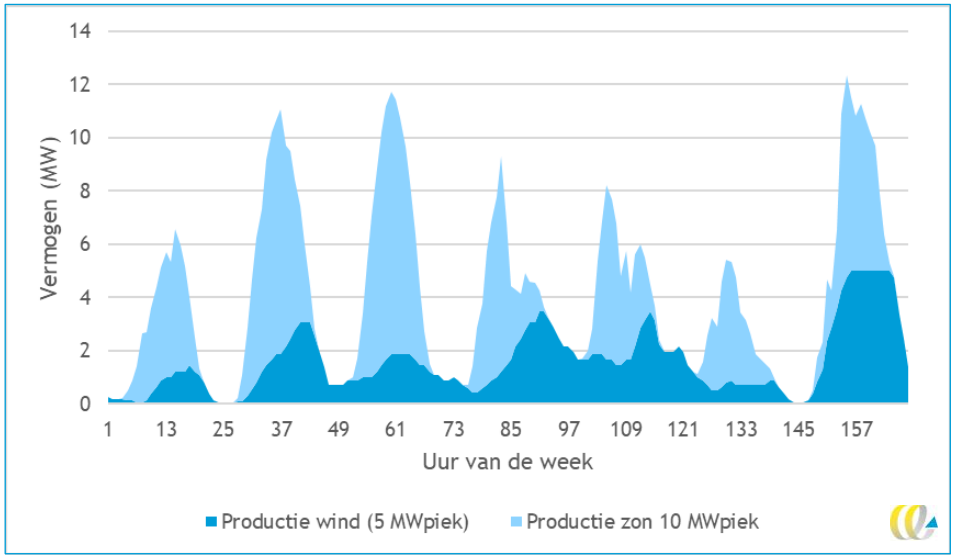
## 3.2 Nieuw gecombineerde zon/wind

Het opwekprofiel van zon-pv varieert erg over de tijd, zowel met de seizoenen als met het moment van de dag. Zo kan op een zonnige zomerdag veel elektriciteit geproduceerd worden, terwijl er 's nachts niets geproduceerd wordt. De hoeveelheid elektriciteits-productie ten opzichte van de maximaal mogelijke productie (de capaciteitsfactor) is over het jaar gemiddeld dan ook slechts zo'n 10%. Dit houdt in dat als de aansluitcapaciteit van het net gelijk is aan het piekvermogen van een zonnepark, het net over het jaar heen gemiddeld voor 10% van de aansluitcapaciteit gebruikt wordt.

Het net kan efficiënter benut worden als de invoer van zon gecombineerd wordt met de invoer van wind. Dit heeft voor een deel te maken met het feit dat de profielen voor een deel complementair zijn. Dit kan inzichtelijk gemaakt worden met een concreet voorbeeld. Indien men een zonnepark met een capaciteit van 10 MW heeft met een netcapaciteit van 5 MW, wordt een deel van de opgewekte energie gecurtaild. Stel dat hiernaast een wind-park gelegen is met een vermogen van 5 MW en een aansluiting van 5 MW, wordt van deze windenergie niets gecurtaild, maar de aansluiting wordt ook niet altijd volledig benut. Indien beide parken samen op een aansluiting van 10 MW zitten, kan meer energie ingevoed worden omdat er minder gecurtaild hoeft te worden.

Dit is geïllustreerd in Figuur 2, waarin voor een zonnige week in juni de opgewekte energie voor beide parken weergegeven is in een gestapelde grafiek. De opgewekte zonne-energie overschrijdt in veel uren de 5 MW; energie die bij een aansluiting van 5 MW niet getranspor-teerd had kunnen worden, maar bij de gecombineerde aansluiting van 10 MW voor het grootste deel wel, bijvoorbeeld tussen uur 85 en 97.

**Figuur 2 - Gestapeld profiel van wind (5 MW) en zon (10 MW), in een zonnige week in juni**



Hoewel de aansluiting op 10 MW gunstig is voor de hoeveelheid elektriciteit die getransporteerd kan worden, maakt het voor de netbeheerder weinig verschil of er twee aansluitingen van 5 MW of één van 10 MW gerealiseerd moet worden. Wat echter wel helpt, is een kleinere aansluiting. Zoals in Figuur 2 ook zichtbaar is, is het oppervlak in de lijn onder 5 MW groter dan die tussen 5 en 10 MW. Dat betekent dat een aansluiting van 5 MW voor een groter aandeel gebruikt wordt dan een aansluiting van 10 MW. Met andere woorden, de systeemefficiëntie van deze optie is hoger.

In Tabel 8 staat voor de verschillende opties weergegeven hoeveel energie er vervoerd kan worden, hoeveel gecurtaild wordt en hoe groot de systeemefficiëntie is. De systeemefficiëntie is dus het grootst wanneer wind en zon samen op een kleine aansluiting zitten. In dat geval wordt echter ook meer energie gecurtaild dan bij de andere opties.

**Tabel 8 - Effect van verschillende aansluitcombinaties op afgeleverde energie aan net**

| | Energie ingevoed (MWh) | Energie gecurtaild (MWh) | Systeemefficiëntie |
|---|---|---|---|
| 5 MW wind, 5 MW-aansluiting | 14.680 | 0 | 34% |
| 10 MW zon, 5 MW-aansluiting | 10.268 | 1.476 | 13% |
| 5 MW wind, 10 MW zon, 10 MW-aansluiting | 26.097 | 327 | 30% |
| 5 MW wind, 10 MW zon, 5 MW-aansluiting | 22.051 | 4.373 | 50% |

### 3.2.1 Uitwerking: nieuw gecombineerde zon/wind

Binnen de SDE++ zou de aanvraag voor zon-pv gecombineerd kunnen worden met de aanvraag voor wind. Het net zal in dit geval efficiënter gebruikt worden doordat ten eerste de profielen van wind en zon-pv voor een deel complementair zijn, en ten tweede doordat de capaciteitsfactor van wind groter is dan die van zon-pv.

De gecombineerde aanvraag van zon-pv en wind, heeft gevolgen voor de berekening van het basisbedrag. Voor de berekening van het basisbedrag dient namelijk de verhouding van de vermogens van zon-pv en wind bekend te zijn, simpelweg omdat deze het basisbedrag beïnvloedt. Naar verwachting zullen er verschillende verhoudingen gewenst zijn voor verschillende ontwikkelaars. Een mogelijkheid is om in de berekening van het basisbedrag rekening te houden met een paar verschillende vaste verhoudingen. Dit resulteert dus in een aantal verschillende basisbedragen (een staffel).

De aanvraag van zon-pv en wind zou op verschillende manieren gecombineerd kunnen worden. We zien daarbij twee mogelijkheden:

1. Een volledig gecombineerde aanvraag in een categorie ‘gecombineerde zon-pv en wind’, en in de staffel dus beide technieken mee te nemen.
2. De aanvraag van bijvoorbeeld wind gelijk te houden aan hoe deze nu is, en een aparte categorie ‘zon bij wind’ toe te voegen, en hierin gebruik te maken van een staffel.

Een mogelijk nadeel van staffels is dat partijen de projecten zo gaan ontwerpen dat ze net binnen een bepaalde staffel vallen en daar een kostenvoordeel uit halen. Dit kan echter wel leiden tot zeer veel categorieën. PBL heeft hier voor elektrolyse met een directe lijn een oplossing voor gevonden. De meest kostentechnisch optimale configuratie is doorgerekend en daarvoor is het basisbedrag vastgesteld. Een minder optimale configuratie kan ook SDE++ aanvragen, maar zal dus (beperkt) onder gesubsidieerd worden. Door zo voor enkele categorieën de optimale verhouding te bepalen kan het aantal vereiste categorieën beperkt blijven.

### 3.2.2 Beoordeling: nieuwe gecombineerde zon/wind

Deze maatregel heeft een positieve impact op de hoeveelheid en/of grootte van de benodigde aansluitingen en kan daarmee zorgen voor een lagere netimpact van de projecten die gerealiseerd worden. De implementatie van de maatregel zal naar verwachting relatief makkelijk kunnen gaan, hoewel er mogelijk lokale weerstand vanwege de ruimtelijke inpassing is. Daarnaast is het technisch potentieel mogelijk beperkt, doordat er maar een beperkt aantal locaties zijn waar een gelijktijdige aanvraag gedaan kan worden van zon-pv en wind voor de SDE++.

**Tabel 9 - Beoordeling: nieuwe gecombineerde zon/wind**

| Criteria | | Beschrijving |
|---|---|---|
| Netimpact: netcongestie | + | Netcongestie kan voorkomen worden als projecten achter een kleinere aansluiting meer opwek plaatsen. |
| Netimpact: nieuwe aansluitingen | + | Positieve impact op hoeveelheid/grootte van benodigde aansluitingen. |
| Businesscase aangeslotenen | ± | De businesscase zal mogelijk beperkt slechter worden, afhankelijk van de grootte van de aansluiting en van hoe de combinatie van zon-pv en wind meegenomen wordt in de berekening van basisbedragen. Hiervoor wordt een hoger SDE++-bedrag per kWh subsidie gegeven. |
| Technisch potentieel | - | Het technisch potentieel is mogelijk beperkt. |
| Maatschappelijkekosteneffectiviteit | ± | Mogelijk negatief effect op hoeveelheid bruikbare hernieuwbare elektriciteit. Mogelijk positief effect op netkosten welke gesocialiseerd worden. |
| Hoeveelheid duurzame productie/ $CO_2$-reductie | + | De hoeveelheid invoeding van duurzame elektriciteit per project zal afnemen, maar de mate waarin is sterk afhankelijk van de grootte van de aansluiting. Mogelijk kunnen er echter wel meer projecten gerealiseerd worden met een beperkte netcapaciteit. |
| Draagvlak stakeholders | + | Draagvlak van de netbeheerders en ontwikkelaars is mogelijk positief. Bij invoering in de vorm van categorie (in plaats van voorwaarde), zal er vermoedelijk ook draagvlak vanuit de sector zijn. |
| Uitvoerbaarheid (belemmeringen/ snelheid implementatie en uitvoering SDE++) | - | Zou ingevoerd kunnen worden in de systematiek van SDE++ bij gebruik van staffels in de verhouding zon/wind, al is dit wel een uitdaging. Een mogelijke belemmering in de praktijk kan zijn dat de aanvraag voor de subsidie voor wind en zon gelijktijdig dient plaats te vinden. |
| Ruimtelijke impact | - | Leidt mogelijk tot weerstand van gemeenten en lokale belangen, in verband met ruimtelijke impact. |
| Overige maatschappelijke effecten | | Geen overige effecten. |

## 3.3 Lagere aansluitwaarde

Bij een lager aansluitvermogen dan het piekvermogen kan de zonnestroom die in de piek wordt opgewekt, niet worden ingevoed op het net. Hoewel een deel van de opwek hierdoor niet wordt benut, ontstaat er een vlakker opwekprofiel over de dag en worden de systeemkosten beperkt. Zo kan er per beschikbare netcapaciteit meer hernieuwbare energie worden opgewekt. Zon-pv werd tot 2021 doorgaans aangesloten op 70% van het piekvermogen, omdat opwek in de laatste 30%-piek in Nederland weinig voorkomt en deze baten niet opwegen tegen de kosten van een grotere omvormer en netaansluiting.

Het aansluitvermogen voor zon-pv is in 2022 beperkt tot 50% van het piekvermogen. TNO en DNV onderzochten voor PBL het effect van aansluiting tussen 70 en 40% (Beurskens et al., 2022). Het verlagen van de aansluitwaarde heeft drie effecten op de SDE++- methodiek:

1. Verlaging van basisbedrag, doordat de netaansluiting goedkoper is en de benodigde omvormercapaciteit in beperkte mate kleiner wordt.
2. Verhoging van het basisbedrag, doordat er minder elektriciteit kan worden afgezet.
3. Verhoging van het correctiebedrag, doordat onbalanskosten dalen.

Het dominante effect is dat de kleinere elektriciteitsafzet leidt tot lagere marktopbrengsten. De SDE compenseert de grotere onrendabele top, waardoor de subsidiekosten voor zon-pv stijgen.

### 3.3.1 Uitwerking: lagere aansluitwaarde

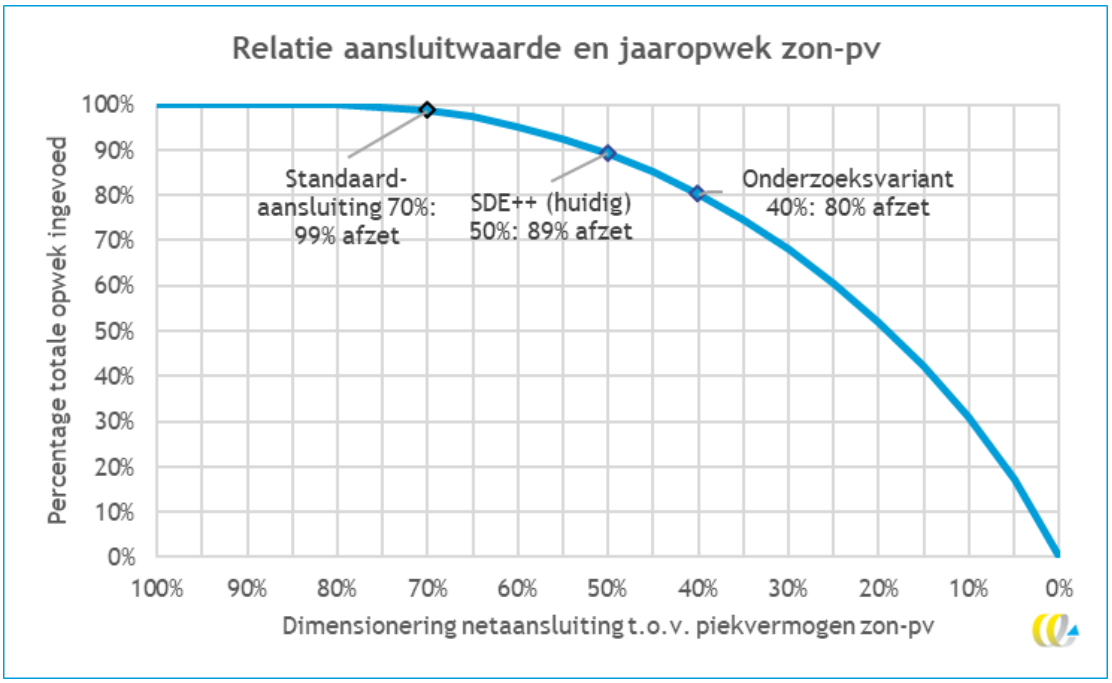
Een lagere aansluitwaarde is al een voorwaarde binnen de SDE++-regeling: niet-zonvolgende zon-pv-projecten groter dan 1 MW-piek krijgen maximaal een teruglevercapaciteit van 50% van het piekvermogen. Een verdere verlaging zou op dezelfde manier in de regeling kunnen worden opgenomen. Overigens zijn projecten kleiner dan 1 MW-piek ontzien, omdat hier vaak eigen verbruik aan gekoppeld is, en hebben zonvolgende systemen (oost-westoriëntatie) een vlakker opwekprofiel.

Verdere reductie van het aansluitvermogen heeft als gevolg dat de opbrengst daalt en het basisbedrag stijgt. Beurskens et al., (2022) vergeleek de relatieve stijging van het basisbedrag met de relatieve minderopbrengst en concludeerde dat het optimum voor alle zon-pv-categorieën tussen 45 en 50% ligt (Beurskens et al., 2022). Hierbij ligt het optimum voor kleinere systemen hoger, en voor grotere systemen lager. Wij overwegen in deze studie projecten met hoge netimpact en kiezen daarom voor een variant met een maximale aansluitwaarde van 40%.

### 3.3.2 Beoordeling: maximale aansluitwaarde van 40%

Een verdere verlaging van de aansluitwaarde verlaagt de netimpact van nieuwe zon-pv, terwijl er wel theoretisch meer hernieuwbare energie kan worden aangesloten en opgewekt. Daar staat tegenover dat de investering voor ontwikkelaars minder interessant wordt, doordat ze minder elektriciteit kunnen wegzetten op het net. In Figuur 3 laten we zien hoeveel van de jaaropwek kan worden ingevoed bij welke aansluitwaarde. Het beperken van de aansluitwaarde tot maximaal 40% van het piekvermogen betekent dat circa 10% van de jaaropwek minder kan worden ingevoed. Deze stap is ongeveer even groot als de beperking van 70 tot 50%.

**Figuur 3 - Relatie maximale aansluitwaarde en jaaropwek zon-pv**




Als generieke voorwaarde kan dit ook projecten onnodig limiteren. Op plekken en momenten waarop wel voldoende transportcapaciteit aanwezig is, kan een zonnepark door de beperkte aansluiting immers niet invoeden. Wel vormt een lagere aansluitwaarde een prikkel om projecten te realiseren in combinatie met afname. Verder stijgt de kostprijs per kWh van de geleverde energie als gevolg van de lagere aansluitwaarde, waardoor ook het basisbedrag in de SDE++ toeneemt.

**Tabel 10 - Beoordeling: lagere aansluitwaarde**

| Criteria | | Beschrijving |
|---|---|---|
| Netimpact: netcongestie | + | De netimpact neemt af, in lijn met de verlaging van de aansluitwaarde. |
| Netimpact: nieuwe aansluitingen | ± | Er is geen impact op het aantal nieuwe aansluitingen. |
| Businesscase aangeslotenen | ± | Hoewel basisbedragen stijgen, zal de businesscase door de lagere afzet waarschijnlijk verslechteren. Met aanpassing van de subsidie blijft de businesscase gelijk. |
| Technisch potentieel extra zon | + | Er kan in potentie meer zon worden ingevoed buiten piekuren. |
| Maatschappelijkekosteneffectiviteit | - | De voorwaarde verhoogt de prijs per kWh die gesubsidieerd moet worden, doordat er per project minder ingevoed kan worden. Het beperkt de maatschappelijke kosten, doordat er minder verzwaring nodig is. |
| Hoeveelheid duurzame productie/ $CO_2$-reductie | + | Meer projecten kunnen worden aangesloten en voeden zonnestroom in op momenten waarop dit $CO_2$ reduceert. |

| Criteria | | Beschrijving |
|---|---|---|
| Draagvlak stakeholders | - | De businesscase is recent al sterk veranderd door de aanpassing tot 50%, waardoor het draagvlak in de zonnesector laag is. Door de kleinere aansluiting wordt er immers op sommige momenten onnodig duurzame stroom weggegooid. Verder wil het kabinet dat er in de toekomst minder subsidie nodig is voor zon, terwijl de verhoging van basisbedragen tot verhoging leidt. |
| Uitvoerbaarheid (belemmeringen/ snelheid implementatie en uitvoering SDE++) | ++ | Aanpassing van een bestaande voorwaarde. |
| Ruimtelijke impact | | De aanpassing heeft geen directe ruimtelijke impact. |
| Overige maatschappelijke effecten | | Geen overige effecten. |

## 3.4 Realisatie binnen bestaande aansluiting

Realiseren van opwek binnen een bestaande aansluiting betekent dat de netbeheerder geen nieuwe aansluiting realiseert of een bestaande aansluiting uitbreidt. De opwek wordt dus ingepast op locaties met bestaande afname en/of invoeding. Een voorbeeld van nieuwe opwek bij bestaande afname is zon-pv bij kantoorpanden of laadpleinen. Hoewel vraag- en opwekprofielen niet altijd goed op elkaar zijn afgestemd, krijgen projectontwikkelaars wel een hoger SDE++-bedrag voor gebruik achter de meter. Hierdoor is er een prikkel tot afstemming, bijvoorbeeld in de vorm van opslag en slim laden.

Het intensiveren van een bestaande aansluiting kan in sommige gevallen wel betekenen dat een netbeheerder de bestaande aansluiting moet vernieuwen. Bestaande aansluitingen zijn niet altijd ontworpen op continue netbelasting en maximale teruglevering, wat betekent dat een netbeheerder toch werk heeft aan projecten die binnen een bestaande aansluiting worden gerealiseerd. Daar staat tegenover dat het openen van een bestaand tracé meestal de voorkeur heeft ten opzichte van een nieuwe aansluiting, en dat de kosten door de klant worden gedragen.

Bij bestaande opwek kan zon bij bestaande wind worden geplaatst, of bijvoorbeeld bij bestaande zonnedaken of -velden die in eerdere SDE-ronden op 70% zijn aangesloten. In beide gevallen scheelt dit in aansluitkosten en in het geval van wind zijn de opwek-profielen voor een deel complementair. Ook in combinatie met cable pooling is deze variant mogelijk, zodat je met meerdere locaties ‘achter bestaande aansluiting’ stroom kunt opwekken.

### 3.4.1 Uitwerking: realisatie binnen bestaande aansluiting

Deze voorwaarde als algemene SDE-voorwaarde stellen is onwenselijk. Op plekken waar nog ruimte is voor nieuwe aansluitingen zou dan immers geen nieuwe opwek kunnen worden gerealiseerd. Als nieuwe categorie zijn er twee varianten denkbaar. Binnen een bestaande aansluiting nieuwe opwek realiseren kan zowel voor een aansluiting met huidige afname als huidige opwek.
Bij bestaande afname hoeft de SDE-methodiek eigenlijk niet te worden aangepast, aangezien er geen algemene structurele kostenverschillen zijn ten opzichte van bestaande categorieën. Sterker nog, als het gebrek aan aansluitkosten wordt meegewogen in de berekening van het basisbedrag, zou realisatie bij bestaande afname negatiever uitvallen dan nu het geval is (oftewel: dan zou een partij minder subsidie krijgen dan nu).

We beperken ons daarom verder tot realisatie bij bestaande opwek. Dit kan bijvoorbeeld in de vorm van ‘zon bij zon’ of ‘zon bij wind’. De implementatiemethode hiervoor zou gelijk zijn aan de methodes omschreven in Paragraaf 3.2.

Een potentieel nadeel van deze aparte categorie binnen de SDE++-systematiek is dat je mogelijk te maken krijgt met een grote spreiding aan subsidiebehoefte van project-ontwikkelaars. Dit heeft ermee te maken dat er voor sommige projecten geldt dat deze ook al zonder extra waardering vanuit de SDE++ bij een bestaand zonnepark gerealiseerd zouden zijn (vanwege lagere aansluitkosten). Voor andere projectontwikkelaars geldt dit niet en is plaatsing bij een bestaand zonnepark alleen interessant bij ontvangst van een bepaalde subsidie. Daarmee zit er een risico op een freeriderseffect in deze optie, en is het basisbedrag voor sommige projecten niet representatief.

### 3.4.2 Beoordeling: bij bestaande opwek als aparte categorie

De categorie laat ontwikkelaars vrij om ruimte op te zoeken binnen bestaande aansluit-capaciteit. Het is onduidelijk hoeveel technisch en economisch potentieel er is.
Het is denkbaar dat het aansluiten van extra zon op veel bestaande opweklocaties op weerstand stuit.

**Tabel 11 - Beoordeling: binnen bestaande aansluiting**

| Criteria | | Beschrijving |
|---|---|---|
| Netimpact: netcongestie | + | Er kan extra duurzame opwek gerealiseerd worden, die geen of beperkte extra netimpact heeft. |
| Netimpact: nieuwe aansluitingen | ++ | Binnen deze categorie hoeven geen nieuwe aansluitingen te worden gerealiseerd. |
| Businesscase aangeslotenen | + | Als nieuwe categorie biedt het de markt mogelijk ruimte om projecten die voorheen niet rendabel waren, nu wel te realiseren. |
| Technisch potentieel extra zon | ± | De voorwaarden stimuleert nieuwe opwek binnen de bestaande ruimte op het net. Hoe groot die ruimte technisch (en economisch) is, is onbekend. Voor sommige partijen is de huidige categorie van zon al voldoende om rendabel extra zon bij te plaatsen. Het is onzeker hoeveel extra potentieel deze categorie toevoegt. |
| Maatschappelijkekosteneffectiviteit | + | In tegenstelling tot andere opwek, is er geen of beperkte additionele netimpact. Daarbij stimuleert het de afstemming van vraag en opwek. De prijs per kWh is wel beperkt hoger. |
| Hoeveelheid duurzame productie/ $CO_2$-reductie | + | Door vraag en opwek of diverse opwek complementair te maken, bieden projecten in deze categorie ruimte voor meer consumptie van duurzame stroom. |
| Draagvlak stakeholders | + | Er is naar verwachting draagvlak om deze optie te realiseren. Combinatie van zon en wind kan tot minder draagvlak leiden bij omwonenden. |
| Uitvoerbaarheid (belemmeringen/ snelheid implementatie en uitvoering SDE++) | - | Mogelijk grote spreiding van subsidiebehoefte, wat resulteert in dat het basisbedrag niet volledig representatief is en een mogelijk free-riderseffect. |
| Ruimtelijke impact | - | Op bestaande locaties wordt extra zon gerealiseerd. De ruimtelijke impact is op die locaties dus groter, maar de ruimtelijke impact ten opzichte van nieuwe locaties is mogelijk kleiner. |
| Overige maatschappelijke effecten | | Geen overige effecten. |

## 3.5 Andere oriëntatie

Het aanleggen van zon-pv-installaties met een oriëntatie anders dan 20 tot 50° op het zuiden gericht, (zonvolgend, oost-west, plat of verticaal) resulteert in een opwekprofiel met meer constante opwek over de dag en (in geval van oost-west, plat en verticaal) een lagere piek. Hoewel de absolute hoeveelheid opwek met een zuidgeoriënteerde installatie profiel maximaal is, is door overaanbod de marginale waarde van zonnestroom rond de middaguurpiek laag of negatief. Bijvoorbeeld een oost-westopstelling produceert meer stroom in de ochtenden en avonden, waarop er nu geen sprake is van overaanbod. Omdat de zonne-intensiteit tijdens deze uren lager is dan 's-middag ligt de piek ook lager, waardoor een lager aansluitvermogen nodig is.

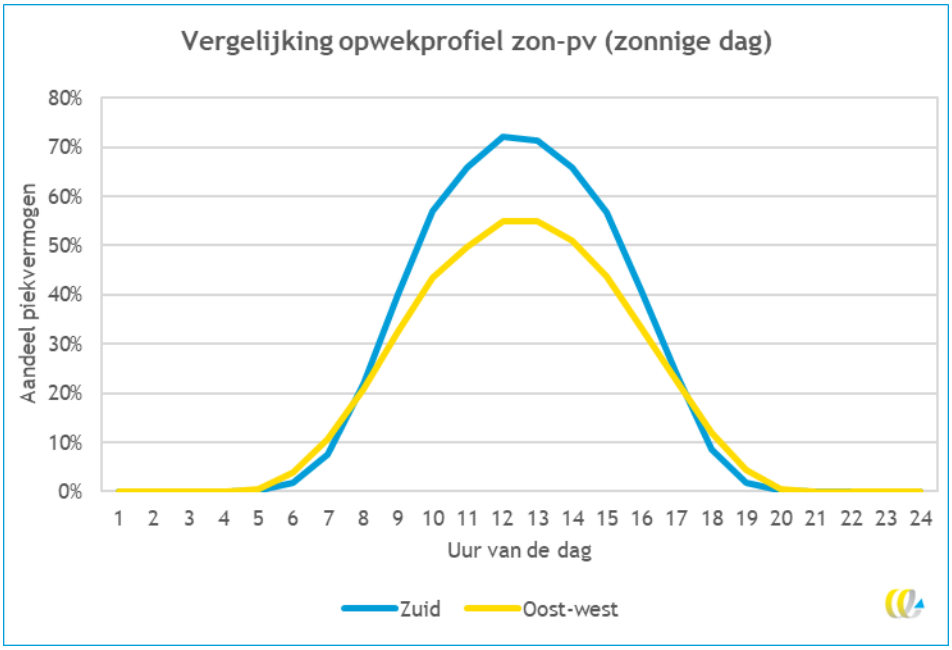
### 3.5.1 Uitwerking: andere oriëntatie

Zon-pv aanleggen met een andere oriëntatie kan als voorwaarde of aparte categorie worden meegenomen in de SDE++. Als algemene voorwaarde voor alle zonprojecten achten we een andere oriëntatie te beperkend; een andere oriëntatie zal immers niet overal nodig of überhaupt mogelijk zijn. Op veel daken is een oost-westopstelling bijvoorbeeld niet mogelijk. Zonvolgende installaties zijn al als aparte categorie meegenomen in de SDE (en zijn ontzien van de 50%-aansluitbeperking, vanwege het vlakkere opwekprofiel). We werken de andere oriëntatie uit als aparte categorie voor een oost-westopstelling. In het vervolg beschouwen we ook een verticale oriëntatie.

### 3.5.2 Beoordeling: oost-westoriëntatie als aparte categorie

Een eerste beoordeling van de nieuwe categorie doen we in Tabel 12. Hoewel deze zowel binnen de SDE++ als voor de zonnesector haalbaar lijkt, verwachten we dat de meerwaarde beperkt is. In Figuur 4 staat een vergelijking tussen de oost-westoriëntatie en de zuid-oriëntatie. We zien dat de opwekpiek een stuk lager ligt bij een oost-westoriëntatie. In de ochtend- en avonduren wekt de oost-westoriëntatie weliswaar meer stroom op, maar het verschil ten opzichte van zuidgeoriënteerd is marginaal.

**Figuur 4 - Opwekprofielvergelijking zuid en oost-westoriëntatie**



De oost-westoriëntatie zal netcongestie in brede zin niet doen afnemen en de inzet voor netbeheerders niet noemenswaardig doen afnemen. Een oost-westoriëntatie stuit verder op praktische bezwaren: op dak is men afhankelijk van de oriëntatie van het gebouw, waardoor dit niet altijd mogelijk is, en op veld heeft het mogelijk negatieve gevolgen voor biodiversiteit. Omwonenden zijn verder veelal negatiever over de uitstraling van de oost-west-'dakopstelling'.

**Tabel 12 - Beoordeling: oost-westoriëntatie als aparte categorie**

| Criteria | | Beschrijving |
|---|---|---|
| Netimpact: netcongestie | ± | Zon-pv met oost-westoriëntatie wekt zonnestroom voor slechts een klein deel op buiten piekuren. Deze opstellingen kunnen wel uit met een lagere aansluitwaarde en veroorzaken minder netcongestie. |
| Netimpact: nieuwe aansluitingen | | Netbeheerders zullen nog altijd nieuwe aansluitingen moeten plaatsen. |
| Businesscase aangeslotenen | ± | Voor de businesscase maakt de oriëntatie niet veel uit voor absolute opwek in relatie tot tijd en prijs. |
| Technisch potentieel extra zon | ± | In uitvoering zijn de werkzaamheden om aan te leggen niet anders dan conventioneel. Potentieel kan er wel meer zon ingevoed worden buiten piekuren. De markt legt in de huidige situatie al regelmatig oost-west. |
| Maatschappelijkekosteneffectiviteit | ± | De maatschappelijke waarde van zon-pv buiten piekuren om is hoger dan zon-pv tijdens piekmomenten. Een deel van de productie blijft echter simultaan en is dus additioneel aan bestaande piekproductie. |
| Hoeveelheid duurzame productie/ $CO_2$-reductie | ± | Zie maatschappelijkekosteneffectiviteit. |
| Draagvlak stakeholders | ± | Voor de businesscase maakt de oriëntatie niet veel uit voor absolute opwek in relatie tot tijd en prijs. |
| Uitvoerbaarheid (belemmeringen/ snelheid implementatie en uitvoering SDE++) | + | Hoewel er handhaving nodig is om te zorgen dat parken daadwerkelijk oost-west aangelegd worden, is het opnemen van een aparte categorie met OT-berekening relatief eenvoudig. |
| Ruimtelijke impact | - | Een pv-opstelling met 'dakjes' wordt door omwonenden negatiever ervaren dan een schuin veld. |
| Overige maatschappelijke effecten | - | Zon-pv in veld aanleggen in oost-westopstelling lijdt tot een overkapping, waardoor geen zon de bodem bereikt. Dit heeft negatieve gevolgen voor lokale ecologie. Hoewel dit voorkomen kan worden door een grotere afstand tussen panelen te hanteren, daalt hierdoor de opbrengst per vierkante meter. |

## 3.6 Aanpassen transportindicatie

Binnen de huidige SDE++-regeling is een voorwaarde opgenomen, zodat in een vroeg stadium van een projectontwikkeling bekeken kan worden of er netcongestie is, waardoor projecten niet gerealiseerd kunnen worden. Bij de aanvraag van de SDE++ moet namelijk een transportindicatie opgeleverd worden, welke door de netbeheerder wordt afgegeven indien er geen sprake is van netcongestie die niet binnen de realisatietermijn is opgelost. Voor projecten groter dan 1 MW geldt daarnaast dat het aansluitvermogen voor terug-levering maximaal 50% van het piekvermogen van zonnepanelen mag zijn, en daardoor kan ook enkel voor dit vermogen een transportindicatie aangevraagd worden. Deze transport-indicatie is nog geen garantie dat er inderdaad energie teruggeleverd kan gaan worden aan het net. Hiervoor moet op een later moment nog apart een aanvraag gedaan worden voor

de aansluiting zelf. De periode tussen het afgeven van de transportindicatie en de daadwerkelijke aanvraag voor een aansluiting duurt ongeveer één jaar. Het kan dus gebeuren dat een partij met een positieve transportindicatie op een later moment alsnog geen netaansluiting kan krijgen.

Op dit moment wordt er bepaald of een transportindicatie wordt afgegeven op basis van een vrij simpele procedure. Voor congestiegebieden is bekend welke postcodes vallen onder een station met congestie, zie als voorbeeld Liander, (2021). Als er netcongestie op een locatie niet binnen de realisatietermijn wordt opgelost, krijgt een partij geen positieve transportindicatie. Er wordt bij het afgeven van de indicatie niet gekeken naar transportindicaties die reeds zijn afgegeven voor een bepaalde locatie of voor projecten die mogelijk op korte termijn gerealiseerd worden. Wel wordt er rekening gehouden met netverzwaring die gerealiseerd wordt binnen de realisatietermijn van de SDE++, wat anderhalf tot drie jaar is voor zon-pv. Voor projecten die geen teruglevercapaciteit nodig hebben, wordt overigens altijd een transportindicatie afgegeven.

Omdat de netbeheerder en marktpartijen willen voorkomen dat projecten geen subsidie kunnen krijgen terwijl er mogelijk toch nog (beperkte) ruimte op het net is, wordt de indicatie toch afgegeven als het net bijna vol is. Enkel de projecten waarvan absoluut zeker is dat ze niet aangesloten kunnen worden, krijgen geen indicatie.

### 3.6.1 Uitwerking: aanpassen transportindicatie

Om middels de transportindicatie beter te kunnen anticiperen op toekomstige netcongestie, dient een geavanceerdere methode ontwikkeld te worden waarmee wordt bepaald of een indicatie afgegeven wordt. Daarin zou bijvoorbeeld meegenomen kunnen worden op welk onderstation een postcode is aangesloten, de ontwikkeling van de hoeveelheid vrije capaciteit, de lopende aanvragen en de wachtrij voor stations waar netcongestie is, maar die verzwaard worden.

Een geavanceerdere transportindicatie zorgt op zichzelf echter niet voor een lagere netimpact. Projecten die met de huidige methode wel, maar met een geavanceerdere methode geen indicatie krijgen, zouden namelijk volgens de huidige methode uiteindelijk ook al geen aansluiting krijgen. In de huidige situatie zouden die parken nu wel een positieve indicatie krijgen, maar worden bij de daadwerkelijke aanvraag voor een aansluiting toch afgewezen.

Wat wel zou kunnen, is via de transportindicatie SDE++-aanvragers meer inzicht geven in de locaties waar het net relatief vol zit en waar het net minder vol zit. Dit zou kunnen door bijvoorbeeld inzicht te geven in de wachtrij en in de capaciteit die op een onderstation is gereserveerd. Daarnaast zouden (vroegtijdig) tips gegeven kunnen worden over locaties waar nog veel ruimte op het net is, om ontwikkelaars te inspireren hun project op bepaalde locaties op te zetten. Hierbij zou gebruik gemaakt kunnen worden van tools, zoals de *Capaciteitskaart* van Netbeheer Nederland (Netbeheer Nederland, 2023a). Op deze manier kunnen ontwikkelaars zelf keuzes maken en wordt de druk op het net mogelijk beter verdeeld. Hoe meer gedetailleerde informatie openbaar is, hoe betere keuzes projectontwikkelaars maken en sturing op locatie plaatsvindt.

Wat hiernaast een optie is, is een extra transportindicatie afgeven vóórdat door RVO bepaald is dat er een SDE++-aanvraag gedaan kan worden. Dit helpt niet direct tegen netcongestie, maar kan wel iets meer zekerheid aan de exploitant geven en voorkomen dat SDE++-subsidie gereserveerd wordt voor projecten die uiteindelijk toch niet door kunnen gaan.

### 3.6.2 Beoordeling: aanpassen transportindicatie

Het aanpassen van de transportindicatie heeft op zichzelf weinig effect op de meeste beoordelingscriteria. Zo is er geen directe impact op netcongestie, op het aantal aangevraagde aansluitingen, op de businesscase van aangeslotenen en ook niet op het technisch potentieel of de hoeveelheid duurzame elektriciteitsproductie. Mocht een geavanceerdere methode gebruikt worden om mogelijke exploitanten beter inzicht te geven in mogelijke netcongestie, kunnen er wel (beperkt) positieve effecten zijn op de hiervoor genoemde criteria.

**Tabel 13 - Beoordeling: aanpassen transportindicatie**

| Criteria | | Beschrijving |
|---|---|---|
| Netimpact: netcongestie | ± | Het aanpassen van de transportindicatie heeft op zichzelf weinig tot geen effect op de mate van netcongestie. |
| Netimpact: nieuwe aansluitingen | ± | Het aanpassen van de transportindicatie heeft weinig effect op het aantal aanvragen voor aansluitingen. |
| Businesscase aangeslotenen | ± | Er is geen directe invloed op de businesscase. |
| Technisch potentieel | ± | Er is geen directe invloed op het technisch potentieel van zon-pv-projecten. |
| Maatschappelijkekosteneffectiviteit | ± | Er is geen directe invloed op de maatschappelijkekosteneffectiviteit. |
| Hoeveelheid duurzame productie/ $CO_2$-reductie | ± | Er is geen directe invloed op de hoeveelheid duurzame productie. |
| Draagvlak stakeholders | ± | Het geavanceerder maken van de methode voor het vaststellen van de transportindicatie heeft veel voeten in de aarde voor de netbeheerder. Voor exploitanten is meer zekerheid of een project door kan gaan prettig. |
| Uitvoerbaarheid (belemmeringen/ snelheid implementatie en uitvoering SDE++) | + | Deze maatregel kan zonder aanpassing van de SDE++-systematiek ingevoerd worden, wat een mogelijk snellere implementatie kan betekenen. |
| Ruimtelijke impact | | Geen direct effect op ruimtelijke inpassing. |
| Overige maatschappelijke effecten | | Geen overige effecten. |

## 3.7 Voorwaarden buiten scope

Enkele voorwaarden zijn geïdentificeerd, maar zijn niet verder uitgewerkt vanwege verschillende argumenten in de SDE++:

- **Subsidie voor batterijen bij zon in SDE++:** subsidiering van batterijen bij zon is onderdeel van het Interdepartementaal Beleidsonderzoek (IBO) naar additionele klimaatmaatregelen. Eerder heeft het PBL geconstateerd dat de SDE++ niet het geschikte instrument is om batterijen bij zonneparken te subsidiëren (PBL, 2020). Dit komt doordat de inkomsten van batterijen niet te bepalen zijn, doordat volgens hun schatting deze techniekcategorie duurder zou zijn dan het maximumbedrag (€ 300/ton $CO_2$), inkomstenstromen niet transparant vast te stellen zijn en de grootte van de batterij en het zonnepark niet eenduidig zullen zijn per project. In de verdere uitwerking van de IBO-maatregelen

(waaronder verschillende onderzoeken) wordt ook voornamelijk gekeken naar een investeringssubsidie, wat dus buiten de SDE++ om zal gaan. Daarom blijft 'batterijen bij zonneparken' in deze studie buiten beschouwing.

- **Zon zonder transportvermogen**: deze maatregel zou beteken dat een project geen transportvermogen mag contracteren voor invoeding, oftewel nooit één kWh aan het net mag leveren. Dit is een extremere vorm van de maatregel 'Realisatie bij bestaande aansluiting' in Paragraaf 0. Deze maatregel wordt als onhaalbaar gezien doordat profielen vaak niet matchen. Daarnaast is invoeding die niet resulteert ook niet een probleem en zou dus ook niet per se voorkomen moeten worden.
- **Bonus op subsidie-intensiteit voor aanvraag met lagere netimpact:** de bonus is een vast bedrag, bijvoorbeeld € 50/ton $CO_2$, die wordt verrekend met de subsidie-intensiteit als wordt vastgesteld dat een project een lage netimpact heeft. Het aanpassen van de subsidie-intensiteit op deze manier kan waarschijnlijk niet volgens de staatsteunregels, maar werd ook als relatief complex en niet-transparant gezien. Het is daarom niet wenselijk.
- **Intensivering bij bestaande zon en wind:** voor het techniekneutraal realiseren van de aanpassingen en om de potentiële extra categorieën te beperken, is gekozen om de voorwaarden 'Realisatie bij bestaande aansluiting' op te nemen. Dit kan dan zowel bij bestaande afname als bij bestaande opwek zijn. Deze maatregel is uitgewerkt in Paragraaf 3.5.

# 4 Wind op land

Voor wind op land zijn er in totaal twaalf maatregelen in kaart gebracht, op basis van literatuur en interviews. Hiervan zijn vijf maatregelen verder onderzocht en zeven zijn enkel globaal onderzocht in deze studie, omdat bleek dat daar geen of beperkt potentieel voor is. Het gaat om de volgende maatregelen (waarvan de cursief gedrukte enkel globaal zijn onderzocht):

1. Kleine windmolens 'achter de meter'.
2. Wind bij bestaande opwek (wind/zon).
3. Gedeeltelijke NFA.
4. Nieuw gecombineerde wind/zon.
5. Conversie naar warmte.
6. *Aanpassing transportindicatie.*
7. *Lagere aansluitwaarde.*
8. *Volledige NFA.*
9. *Batterijen bij wind.*
10. *Conversie naar waterstof.*
11. *Minimumaantal vollasturen voor windmolens.*
12. *Realisatie alleen bij bestaande afname.*

De globaal onderzochte maatregelen zijn toegelicht in Paragraaf 4.6.

## 4.1 Kleine windmolens 'achter de meter'

Vanuit bedrijventerreinen en industrieclusters bestaat er een vraag naar windmolens. Dit gaat meestal om relatief kleine windmolens, gezien de beperkte ruimte die er op deze terreinen vaak is. Plaatsing van turbines op/bij dit soort terreinen kan ervoor zorgen dat elektriciteit maximaal achter de meter gebruikt kan worden. Hiermee wordt de netbelasting van de windmolens zeer beperkt of wellicht volledig voorkomen. In praktijk wordt het potentieel van windturbines bij bijvoorbeeld bedrijventerreinen echter maar beperkt benut. De oorzaak hiervoor is onzeker, maar duidelijk is dat de onrendabele top significant hoger is dan die van een grote windturbine. Zo zijn de investeringskosten al snel een paar honderd euro per kW hoger (RVO, 2016) in vergelijking met een turbine van een paar MW.

Een aandachtspunt voor deze aanpassing binnen de SDE++ is de wet- en regelgeving over veiligheidsnormen, slagschaduw en geluid. Voor deze verschillende aspecten bestaat er vanuit de nationale overheid wet- en regelgeving. Wat betreft plaatsing bij industriële clusters bestaat voor kleine windturbines (< 1 MW) geen nationale wet- en regelgeving voor veiligheid, maar wordt door gemeentes en provincies zelf regelgeving vastgesteld en mogelijk gebruik gemaakt van de regelgeving voor grote turbines. Hiervoor geldt dat voor categoriale inrichtingen per type een risicocontour is vastgesteld (Faasen et al., 2014).

Bovenstaande kan inzichtelijk gemaakt worden met een concreet voorbeeld. Daarbij dient opgemerkt te worden dat dit een grove inschatting is, en uiteindelijk zijn beperkingen afhankelijk van de gebiedsspecifieke kenmerken. Men kan als voorbeeld de WES 39/250-windturbine nemen: deze heeft een vermogen van 250 kW. De ashoogte is 39 meter en de rotordiameter is 30 meter (WES, 2023).

- Veiligheid: uitgaande van regelgeving voor turbines van > 1 MW, geldt een minimale afstand tot kwetsbare objecten van ashoogte + een halve rotordiameter. Dit komt voor dit concrete voorbeeld neer op 54 meter. Onder kwetsbare objecten vallen

voornamelijk woningen en gebouwen waarin gedurende een relatief groot gedeelte van de dag mensen aanwezig zijn. Daarnaast gelden nog regels wat betreft afstand tot andere objecten zoals buisleidingen, waterwegen en wegen (Faasen et al., 2014).
- Geluid: het gemiddelde geluidsniveau op 100 meter afstand van de voorbeeldturbine is bij 8 m/s zo'n 45 dB. Volgens regelgeving dient de Lden (gewogen gemiddelde) maximaal 47 dB te zijn en de Lnight (gewogen gemiddelde in de nacht) maximaal 41 dB op de gevel van gevoelige gebouwen (WUR, 2020).
- Slagschaduw: indien een gevoelig object binnen 12 keer de rotordiameter staat en er daarnaast voor gemiddeld meer dan 17 dagen per jaar gedurende 20 minuten per dag sprake is van dat de schaduw door het raam valt. In praktijk is het zo dat kleine windturbines een dusdanig hoge omwentelsnelheid hebben dat slagschaduw vaak geen probleem is (WUR, 2020).

Afhankelijk van de gebiedsspecifieke kenmerken, zouden de voorbeeldwindturbine en vergelijkbare turbines waarschijnlijk voornamelijk beperkt worden door geluidsnormen, tenzij er dichtbijgelegen infrastructuur is die de mogelijkheden belemmert.

### 4.1.1 Uitwerking: kleine windmolens 'achter de meter'

De SDE++-regeling is op dit moment zodanig ingericht dat de algemene categorie niet representatief is voor kleine installaties. De algemene categorie gaat (voor 2023) uit van een referentie-installatie van 20 MW (welke meerdere turbines omvat). Typisch zijn de kosten per kWh voor een kleinere installatie met een relatief kleiner vermogen van turbines groter dan voor een grote turbine. Daarmee is het basisbedrag van de algemene categorie in veel gevallen te laag voor mogelijke projectontwikkelaars.

Op dit moment is er een categorie 'Wind met hoogtebeperking', welke een kleinere referentieinstallatie kent dan de algemene categorie. Echter, deze categorie is enkel geldig voor turbines die te maken hebben met beperkingen vanuit wet- en regelgeving in de hoogte die ze mogen hebben, in verband met luchthavens. Industrieclusters en bedrijventerreinen hebben over het algemeen niet te maken met deze beperkingen en komen dus niet in aanmerking voor deze categorie.

Een mogelijkheid is om een aparte categorie toe te voegen aan de SDE++-regeling, specifiek voor kleine windturbines. De kosten van een kleine referentie-installatie zullen meer representatief zijn voor potentiële aanvragers, waardoor de SDE++-regeling aantrekkelijker wordt voor hen. In praktijk zal het erop neerkomen dat turbines met name bij industriële clusters en bedrijventerreinen in aanmerking komen, omdat de SDE++-subsidie niet beschikbaar is voor particulieren.

We hebben een (ruwe) inschatting gedaan van het basisbedrag van kleine windmolens in de SDE++. Hierbij hebben we gebruik gemaakt van het onrendabele topmodel voor de SDE++, dat door PBL gebruikt wordt bij de berekening van basisbedragen. We hebben kostenkengetallen en installatiekenmerken van de categorie 'Windenergie – grootverbruikersaansluiting' uit de SCE gebruikt (PBL, 2022b). Uitgaande van een referentie-installatie van 1000 kW en geen gebruik achter de meter, resulteert een basisbedrag van € 0,14/kWh voor de categorie 7,5–8,0 m/s. Het genoemde basisbedrag is slechts een indicatie. Het relevante vermogen van de referentieinstallatie, de grootte van de windmolens, en de verschillende kostenkengetallen zouden nader onderzocht moeten worden en hebben allen invloed op het basisbedrag. Bovendien zal gebruik achter de meter het basisbedrag verlagen.

Inpassing in de SDE++-systematiek is mogelijk door een aparte categorie toe te voegen voor kleine windmolens. Belangrijk hierbij is dat er een duidelijke afbakening van de categorie komt, waarbij er een eenduidige methode is om vast te stellen bij welke categorie welk project hoort. Als het gebruik (volledig) achter de meter is, zorgt dit voor een verlaging van netkosten en energiebelasting en daarmee ook voor het benodigde subsidiebedrag voor het gebruik van het net.

### 4.1.2 Beoordeling: kleine windmolens 'achter de meter'

Een extra categorie binnen de SDE++ voor kleine windturbines zorgt potentieel voor een toename van aanvragen voor wind ten opzichte van de huidige situatie, waardoor het effect op netcongestie puur door windturbines niet direct afneemt. Wel is het zo dat er wind op nieuwe plekken gerealiseerd kan worden en daarmee bijgedragen wordt aan doelstellingen voor hernieuwbare energie, met beperkte netimpact. Een punt van aandacht is dat de mogelijke gespreide plaatsing van windmolens ervaren kan worden als landschappelijke verrommeling.

We beoordelen de maatregel daarom als *oranje*.

**Tabel 14 - Beoordeling: kleine windmolens 'achter de meter'**

| Criteria | | Beschrijving |
|---|---|---|
| Netimpact: netcongestie | + | Er kan extra wind op land gerealiseerd worden met beperkte netimpact. |
| Netimpact: nieuwe aansluitingen | - | Toevoeging van deze categorie resulteert vermoedelijk in een toename van het aantal aanvragen voor aansluitingen voor invoeding. |
| Businesscase aangeslotenen | + | Toevoeging van deze categorie kan zorgen voor een interessante businesscase voor mogelijke projectontwikkelaars. |
| Technisch potentieel extra wind | ± | Toevoeging van deze categorie kan zorgen voor extra technisch potentieel voor windprojecten. Echter, dit potentieel wordt beperkt door wetgeving omtrent veiligheid, geluid en slagschaduw. Een uitgebreide potentieelinschatting was in deze studie niet mogelijk. |
| Maatschappelijkekosteneffectiviteit | ± | Kleinere windmolens zijn duurder, maar kunnen wel bijdragen aan verduurzaming van de elektriciteitssector. |
| Hoeveelheid duurzame productie/ $CO_2$-reductie | + | Mogelijk positief effect op hoeveelheid hernieuwbare elektriciteit in Nederland. |
| Draagvlak stakeholders | + | Vermoedelijk is er draagvlak onder potentiële projectontwikkelaars. |
| Uitvoerbaarheid (belemmeringen/ snelheid implementatie en uitvoering SDE++) | + | Mogelijk om in te voeren als aparte categorie binnen SDE++ systematiek. |
| Ruimtelijke impact | - | Er worden op nieuwe locaties windprojecten gerealiseerd. Dit resulteert in extra ruimtelijke impact en mogelijk weinig draagvlak omwonenden. |
| Overige maatschappelijke effecten | | Geen overige effecten. |

## 4.2 Wind bij bestaande zon

De optie 'wind bijplaatsen bij bestaande opwek' kan ofwel gaan over het bijplaatsen van wind bij bestaande windprojecten, ofwel over het bijplaatsen van wind bij bestaande zonprojecten. In de meeste gevallen zal de aansluiting van een bestaand windpark gedimensioneerd zijn op het vermogen van de turbines. Dat wil zeggen dat er bij plaatsing van extra

turbines ofwel extra aansluitcapaciteit aangevraagd zal moeten worden, ofwel de aansluiting ondergedimensioneerd zal zijn ten opzichte van het totale vermogen dat erop aangesloten is. We hebben in Paragraaf 4.6.2 geconcludeerd dat een lagere aansluitwaarde bij windparken financieel gezien zeer onaantrekkelijk is. Daarmee zien we wind bij wind plaatsen niet als een kansrijke manier om netcongestie te voorkomen.

Wind bij zon bijplaatsen is echter een relevante aanpassing om te onderzoeken in de vorm van een aparte categorie. Dit heeft ermee te maken dat wind deels complementair is aan zon en eerdere aansluitingen van zon(neparken), ofwel op het volledige piekvermogen, ofwel op 70% daarvan. In dit soort gevallen kan efficiënter gebruik gemaakt worden van het net, zonder een significant deel van de opgewekte elektriciteit te moeten weggooien.

### 4.2.1 Uitwerking: wind bij bestaande zon

Zoals ook onderzocht in Paragraaf 3.4, is het toevoegen van een categorie voor realisatie van zon bij bestaande wind mogelijk een kansrijke aanpassing binnen de SDE++-regeling. Andersom geldt dat realisatie van wind bij bestaande zonprojecten mogelijk ook kansrijk is. Fysiek een aansluiting delen is sinds 2020 mogelijk door een wetswijziging van de Elektriciteitsverordening van 1998 (Ministerie van EZK, 2020).

Overigens is het bijplaatsen van wind bij zon om netcongestie te voorkomen alleen kansrijk bij de wat grotere zonprojecten, aangezien een windmolen al snel een aantal MW vermogen heeft. Het aandeel zon-pv-projecten waarbij realistisch gezien een windmolen geplaatst kan worden zonder de capaciteit van de aansluiting uit te breiden, is daarom beperkt. Ter indicatie: van door SDE++ gesubsidieerde projecten in beheer (voor zon-pv) sinds 2008 (t/m 2021) heeft een aandeel van 1,5% een vermogen van 5 MW of meer. Dit zijn iets meer dan 500 projecten in totaal. Overigens gaat het qua vermogen om 51% van het totale vermogen waarvoor subsidie is aangevraagd. Het grootste zonnepark waarvoor subsidie is aangevraagd, heeft een vermogen van 175 MW. De meeste projecten hebben een vermogen van een paar honderd kW.

Een aandachtspunt bij deze maatregel voor de inpassing in de SDE++-systematiek is dat er gebruik gemaakt moet worden van staffels, omdat er verschillende verhoudingen zullen zijn tussen het vermogen van het windproject en het bestaande zonproject. Doordat er binnen een bepaalde staffel met een bepaalde verhouding en basisbedrag ingediend dient te worden, kan het zijn dat projectontwikkelaars bewust binnen een bepaalde staffel indienen om een gunstig basisbedrag te krijgen, terwijl het project maar net binnen deze staffel valt qua verhouding (gaming). PBL heeft hiervoor voor elektrolyse met een directe lijn een oplossing gevonden. De meest kostentechnisch optimale configuratie is doorgerekend en daarvoor is het basisbedrag vastgesteld. Een minder optimale configuratie kan ook SDE++ aanvragen, maar zal dus (beperkt) ondergesubsidieerd worden. Door zo voor enkele categorieën de optimale verhouding te bepalen, kan het aantal vereiste categorieën beperkt blijven.

### 4.2.2 Beoordeling wind bij bestaande zon

Rekening houdend met de voorwaarde dat een windmolen/windpark enkel bijgeplaatst kan worden bij relatief grote zon-pv-projecten, is het de vraag wat het technisch potentieel is van deze aanpassing. Naast het technisch potentieel spelen zaken als maatschappelijke acceptatie en mogelijkheden binnen bestaande kaders van wet- en regelgeving ook een rol. Zo gelden er voor windmolens regels omtrent de afstand tot objecten, vanwege veiligheid, slagschaduw en geluid.

We beoordelen de maatregel daarom als *oranje*.

**Tabel 15 - Beoordeling: wind bij zon**

| Criteria | | Beschrijving |
|---|---|---|
| Netimpact: netcongestie | + | Er kan extra duurzame opwek gerealiseerd worden die geen of beperkte extra netimpact heeft, mits er geen grotere aansluiting aangevraagd wordt, zodat de netcapaciteit wordt gedeeld. |
| Netimpact: nieuwe aansluitingen | ++ | Binnen deze categorie hoeven geen nieuwe aansluitingen te worden gerealiseerd. |
| Businesscase aangeslotenen | + | Als nieuwe categorie biedt het de markt mogelijk ruimte om projecten die voorheen niet rendabel waren, nu wel te realiseren. |
| Technisch potentieel extra wind | - | De categorie stimuleert nieuwe opwek binnen de bestaande ruimte op het net. Hoe groot die ruimte technisch (en economisch) is, is onbekend. |
| Maatschappelijkekosteneffectiviteit | ± | In tegenstelling tot andere opwek, is er geen of beperkte additionele netimpact. De prijs per kWh is wel beperkt hoger. |
| Hoeveelheid duurzame productie/ $CO_2$-reductie | + | Door diverse opwek complementair te maken, bieden projecten in deze categorie ruimte voor meer consumptie van duurzame stroom. |
| Draagvlak stakeholders | + | Er is naar verwachting draagvlak om deze optie te realiseren. Combinatie van zon en wind kan wel tot minder draagvlak leiden bij omwonenden. |
| Uitvoerbaarheid (belemmeringen/ snelheid implementatie en uitvoering SDE++) | - | Ingewikkeld om tot effectieve generieke waarderingsmethodiek te komen in een nieuwe categorie, maar de optie is verder goed inpasbaar. |
| Ruimtelijke impact | - | Locaties waar projecten ontwikkeld worden, zullen groot zijn, en daarmee is de lokale ruimtelijke impact ook groot. |
| Overige maatschappelijke effecten | | Geen overige effecten. |

## 4.3 Gedeeltelijke NFA of CBC

In Paragraaf 3.1.24.3 is een beschrijving opgenomen van een gedeeltelijke NFA voor zon, de uitwerking van deze gedeeltelijke NFA voor wind is hetzelfde als voor zon. De netaansluiting wordt beperkt op momenten dat er opweknetcongestie is in een gebied. Het windpark mag dan niet invoeden. Op momenten dat er wel ruimte is, kan het windpark invoeden en dat kan resulteren in extra $CO_2$-reductie. Voor wind behandelen we opnieuw de optie om een gedeeltelijke NFA te implementeren, oftewel: een gedeelte van het vermogen van de netaansluiting is firm en een gedeelte is non-firm. Een CBC is ook een mogelijke methode om dit te realiseren, zoals beschreven in Paragraaf 3.1. Een afweging tussen NFA of CBC is ook hier beschreven.

In de meeste gebieden in Nederland is de netbelasting voor opwek sterk afhankelijk van de hoeveelheid zon-pv-productie. Netcongestie ontstaat dus vooral tijdens momenten met veel zon-pv. Het profiel van wind en zon is behoorlijk complementair. Dit betekent dat de wind vaak het hardste waait als de zon minder of niet schijnt. Daarmee zal de elektriciteit die is geproduceerd uit windenergie voor een groot deel van het jaar wel gewoon ingevoed kunnen worden, zolang qua vermogen de geïnstalleerde hoeveelheid zon-pv de hoeveelheid wind op land sterk overtreft. Windenergie heeft ongeveer 3.000 tot 3.500 vollasturen per jaar. We schatten in dat het windpark zo'n 100 tot 200 uur per jaar beperkt hoeft te

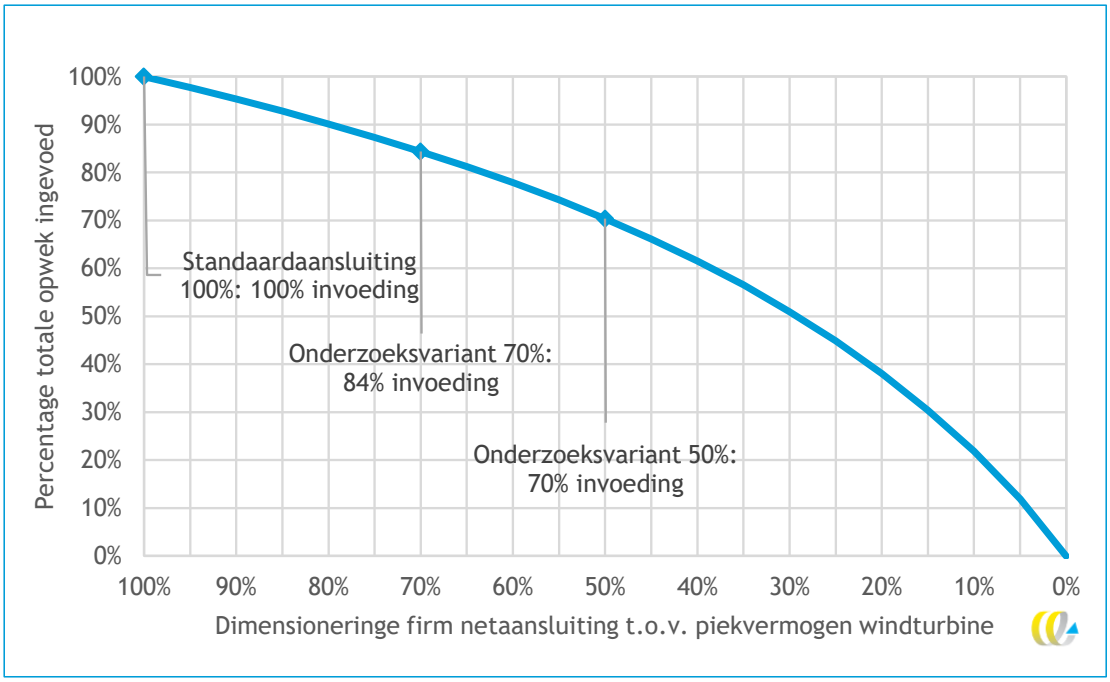
worden in een gebied met veel zon.[2] Dit zijn momenten dat er én veel zonne-energie beschikbaar is én veel windenergie. Vaak zullen er dan al overschotten van duurzame energie zijn en een lage energieprijs. Er zal dus geen of een beperkt effect zijn van deze maatregel op energieprijzen of $CO_2$-reductie. Indien een windproject echter gerealiseerd wordt in een gebied met veel bestaande wind, zal het profiel nauwelijks complementair zijn en zal er relatief vaak afgeschakeld moeten worden. Dit heeft een negatief effect op de businesscase en de hoeveelheid elektriciteit die niet ingevoed kan worden.

## Uitwerking: gedeeltelijke NFA of CBC

Een windpark wordt aangesloten op 100% van het vermogen. In Figuur 5 is weergegeven hoeveel energie er ingevoed kan worden bij een lagere firm-netaansluiting. Bij een 50%-firm-netaansluiting kan er ongeveer 70% van de geproduceerde energie ingevoed worden. Indien de overige 50% van het vermogen non-firm is aangesloten, kan er extra windenergie ingevoed worden. We schatten in dat de NFA maximaal 100 tot 200 uur beperking hoeft op te leggen voor wind, mits het gebied vooral zon-pv kent. Dit zou betekenen dat met een gedeeltelijke NFA de netbelasting 50% gereduceerd wordt en er maximaal zo rond de 5% minder duurzame energie kan worden ingevoed.

Als voorbeeld is berekend wat dit betekent voor de categorie ‘wind op land’, windsnelheid tussen 7,5 en 8 m/s. Deze categorie kent 3.157 vollasturen en een basisbedrag van 0,0585 €/kWh. Bij 100 vollasturen per jaar beperking stijgt het basisbedrag naar 0,0601 €/kWh (+3% kosten) en bij 200 uur beperking naar 0,0617 €/kWh (+5,5%). Met een beperkte kosten-stijging kan er dus veel meer extra duurzame opwek aangesloten worden in geval van schaarse netcapaciteit.

**Figuur 5 - Invoeding windpark bij lagere firm-netaansluiting**




[2] Bron: CE Delft. (Publicatie Q4 2023). *Beleidsmaatregelen voor grootschalige batterijen en opweknetcongestie*.

Zoals beschreven voor zon, kan deze maatregel geïmplementeerd worden in de SDE++, maar zijn er wel enkele factoren complex:

1. Jaarlijks vaststellen van subsidiebedrag: de beperking in de NFA verschilt per jaar en per gebied. Vooraf is dit niet vast te stellen. Het is mogelijk om dit risico volledig bij de exploitant te leggen. Het kan echter ook onderdeel worden van de SDE++ door het subsidiebedrag af te laten hangen van de hoeveelheid geproduceerde energie in het jaar. Dit betekent dat als er meer beperkingen zijn opgelegd via de NFA, er meer subsidie per kWh wordt uitgekeerd. Deze methode kan vooraf vastgesteld worden, zodat deze wel objectief en transparant is.
2. Vooraf vaststellen van subsidie-intensiteit: in de SDE++ worden projecten gegund in volgorde van subsidie-intensiteit. Vooraf is het lastig vast te stellen wat de subsidie-intensiteit over vijftien jaar is, omdat de NFA-beperking zal verschillen per gebied en per jaar, ook afhankelijk van de ontwikkeling van de netbelasting en netuitbreidingen. Uit een data-analyse van gegevens van de netbeheerders denken we dat er een goede inschatting is te maken van de gemiddelde beperking van de NFA. Voor afname is dit zeer complex, maar voor opwek is de productie veel beter te voorspellen, aangezien dit gebaseerd is op het weer. In sommige gevallen zal dit in de praktijk anders uitvallen, maar grofweg geeft dit een goede waardering hoeveel windenergie er ingevoed kan worden over de periode van vijftien jaar.

Er zijn nu nog geen NFA-contracten, maar deze worden medio 2024 wel verwacht. Het is een voorwaarde dat NFA's beschikbaar zijn voordat deze eis opgenomen kan worden in de SDE++. Nu zou het al mogelijk zijn om een vrijwillige aanpassing in de aansluit- en transportovereenkomst (ATO) op te nemen, maar er kan over een korte periode dus ook aangesloten worden bij universele producten van de netbeheerder. De afweging tussen een CBC en NFA is hetzelfde als voor zon, zoals beschreven in Paragraaf 3.1.

## Beoordeling: gedeeltelijke NFA-verplichting

We zien een gedeeltelijke NFA als mogelijk potentievolle maatregel. Het maakt het mogelijk om investeringszekerheid te realiseren voor aangeslotenen en met meer garantie voor de looptijd van de subsidie de netimpact van projecten te verminderen. Er kunnen daarmee meer projecten aangesloten worden. Zeker voor wind geldt dat dit tegen beperkte lagere kosten kan, omdat het aantal uren beperking laag is ten opzichte van het totaal aantal uren met productie.

We beoordelen de maatregel daarom als *oranje*.

**Tabel 16 - Beoordeling: gedeeltelijke NFA-verplichting**

| Criteria | | Beschrijving |
|---|---|---|
| Netimpact: netcongestie | + | De netimpact kan significant gereduceerd worden met een verplichte gedeeltelijke NFA. Dit potentieel kan wellicht ook gerealiseerd worden met congestiemanagement. Echter is er dan geen verplichting, waardoor de netbeheerder niet langjaarlijkse zekerheid heeft. De netbeheerder hoeft niet te verzwaren voor een NFA, al is de kans groot dat na de SDE++ de windparkeigenaar alsnog een grotere aansluiting aanvraagt. |
| Netimpact: nieuwe aansluitingen | | Geen effect. |

| Criteria | | Beschrijving |
|---|---|---|
| Businesscase aangeslotenen | + | De businesscase zou, met een goed ontwerp, gelijk moeten blijven voor aangeslotenen. Ondanks de onzekerheid van een NFA, blijft er zekerheid over de inkomsten door de vormgeving van het vaststellen van het basisbedrag, mits het bedrag op die manier vastgesteld wordt. |
| Technisch potentieel | ± | Er kunnen alleen parken gerealiseerd worden als er netcapaciteit vrij is. Als er helemaal geen netcapaciteit vrij is, kan met deze maatregel een park niet aangesloten worden. |
| Maatschappelijkekosteneffectiviteit | + | Er hoeven geen extra netinvesteringen gedaan te worden gedurende de looptijd van SDE++. Voor wind geldt dat er relatief minder uren per jaar een beperking is, waardoor de kosten slechts beperkt toe-nemen. |
| Hoeveelheid duurzame productie/$CO_2$-reductie | + | Er kan extra wind of zon aangesloten worden op de resterende net-capaciteit. Buiten piekuren wordt het met de NFA/CBC mogelijk om extra wind in te voeden ten opzichte van een algemene lagere aansluitwaarde. |
| Draagvlak stakeholders | + | Stakeholders zijn positief over deze maatregel, maar de uitwerking is wel belangrijk. |
| Uitvoerbaarheid (belemmeringen/ snelheid implementatie en uitvoering SDE++) | - | Dit kan als voorwaarde goed toegevoegd worden aan de SDE++, al maakt het de SDE++ wel complexer. Het lijkt ons uitvoerbaar met een staffel of formule om achteraf het jaarlijkse subsidiebedrag vast te stellen. Een uitdaging is nog het vaststellen van de subsidie-intensiteit vooraf, maar hier kan wel een schatting voor gemaakt worden. Daarnaast moet een NFA beschikbaar zijn. |
| Ruimtelijke impact | ± | Er worden op locaties mogelijk extra windparken gerealiseerd, omdat er meer ruimte op het net is. Dit betekent een grotere ruimtelijke impact. |
| Overige maatschappelijke effecten | | Geen overige effecten. |

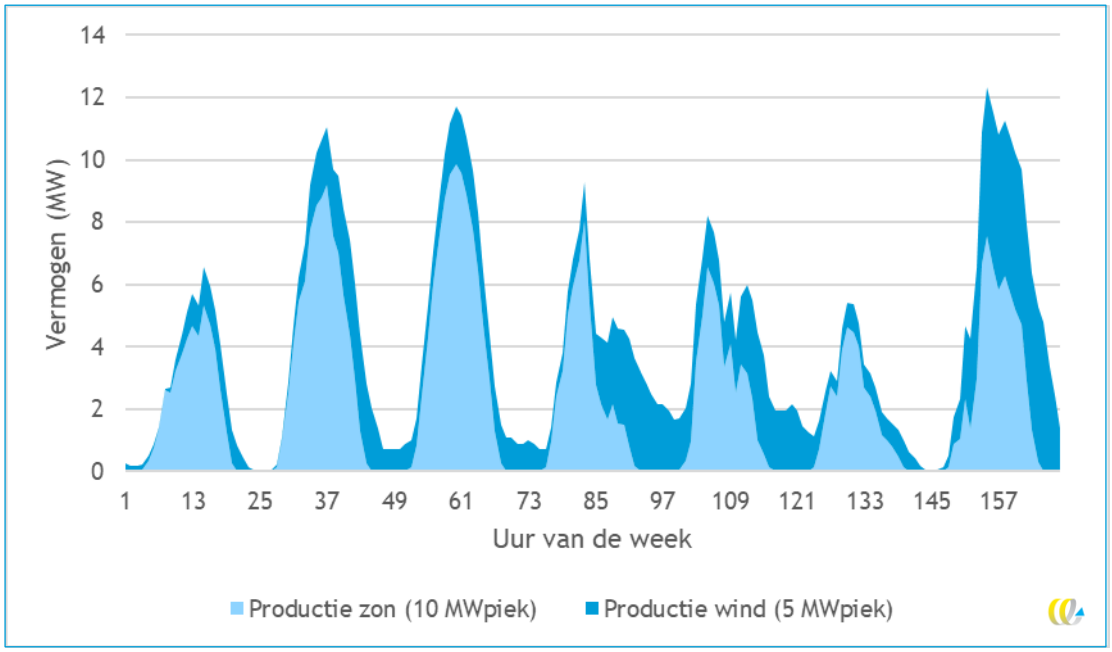
## 4.4 Nieuw gecombineerde wind/zon

Wind bijplaatsen bij zon is interessant door de fluctuatie van het profiel van zon-pv; deze fluctuatie zorgt er namelijk voor dat er maar op relatief weinig uren sprake zal zijn van dat de wind niet ingevoed kan worden. Deze maatregel is ook beschreven in Paragraaf 3.2, als mogelijke aanpassingen in de SDE++ voor zon. In feite komt de aanpassing voor wind op hetzelfde neer.

Het net kan efficiënter benut worden als de invoer van zon gecombineerd wordt met de invoer van wind. Dit heeft voor een deel te maken met het feit dat de profielen voor een deel complementair zijn. Dit kan inzichtelijk gemaakt worden met een concreet voorbeeld. Indien men een zonnepark met een capaciteit van 10 MW heeft, met een netcapaciteit van 5 MW, wordt een deel van de opgewekte energie gecurtaild. Stel dat hiernaast een wind-park gelegen is met een vermogen van 5 MW en een aansluiting van 5 MW, wordt van deze windenergie niets gecurtaild, maar de aansluiting wordt ook niet altijd volledig benut. Indien beide parken samen op een aansluiting van 10 MW zitten, kan meer energie vervoerd worden, omdat de zonne-energie op momenten van weinig wind toch aan het net geleverd kan worden in plaats van dat het gecurtaild wordt.

Dit is geïllustreerd in Figuur 6, waarin voor een zonnige week in juni de opgewekte energie voor beide parken weergegeven is in een gestapelde grafiek. In dit voorbeeld kan 7 MWh niet ingevoed worden. Als dit volledig van wind gecurtaild zou worden, komt dat neer op ongeveer 2,5% van de totale productie van wind. Dat is meer dan als de wind aangesloten was op een eigen aansluiting van 5 MW, maar het is nog steeds maar een beperkte hoeveelheid.

**Figuur 6 - Gestapeld profiel van zon (10 MW) en wind (5 MW), in een zonnige week in juni**




Zoals aangegeven in Tabel 8, heeft een lagere aansluitwaarde effect op de systeemefficiëntie, evenals op de hoeveel energie die niet ingevoed kan worden. Een lagere aansluitwaarde op enkel een windpark is ongunstig voor de businesscase, maar indien gecombineerd met zon op dezelfde aansluiting, is het negatieve effect op de businesscase minder groot (doordat het totale profiel richting dat van zon gaat).

### 4.4.1 Uitwerking: nieuw gecombineerde wind/zon

Binnen de SDE++ zou de aanvraag voor wind op land gecombineerd kunnen worden met de aanvraag voor zon-pv. Het net zal in dit geval netto efficiënter gebruikt worden, doordat profielen van wind en zon-pv voor een deel complementair zijn. Fysiek een aansluiting delen is sinds 2020 mogelijk door een wetswijziging van de Elektriciteitsverordening van 1998 (Ministerie van EZK, 2020).

De gecombineerde aanvraag van zon-pv en wind heeft gevolgen voor de berekening van het basisbedrag. Voor de berekening van het basisbedrag dient namelijk de verhouding van de vermogens van zon-pv en wind bekend te zijn, simpelweg omdat deze het basisbedrag beïnvloedt. Naar verwachting zullen er verschillende verhoudingen gewenst zijn voor verschillende ontwikkelaars. Een mogelijkheid is om in de berekening van het basisbedrag rekening te houden met een paar verschillende vaste verhoudingen. Dit resulteert dus in een aantal verschillende basisbedragen (een staffel). Om het aantal verhoudingen in een dergelijke staffel beperkt te houden, kan bij het vaststellen hiervan rekening gehouden

worden met kostenoptimaliteit. Dit betekent dat de verhouding met de laagste kosten (en dus vereiste subsidie) als uitgangspunt wordt gehanteerd. Daarnaast kan een beperkt aantal andere (minder kostenoptimale) verhoudingen worden aangeboden, waarop ook ingediend kan worden, om een variëteit aan projecten te kunnen dienen. Het uitgangspunt van kostenoptimalisatie wordt op dit moment ook gebruikt voor het vaststellen van de verhouding in de categorie 'elektrolyse met directe lijn'.

De aanvraag van zon-pv en wind zou op verschillende manieren gecombineerd kunnen worden. We zien daarbij twee mogelijkheden:

1. Een volledig gecombineerde aanvraag in een categorie 'gecombineerde zon-pv en wind', en in de staffel dus beide technieken meenemen.
2. De aanvraag van bijvoorbeeld zon gelijk houden aan hoe deze nu is, en een aparte categorie 'wind bij zon' of 'zon bij wind' toevoegen, en hierin gebruik maken van een staffel.

Het gebruik van staffels is iets dat op dit moment ook al bij verschillende categorieën in de SDE++-regeling gebeurt. Er kleeft echter wel een nadeel aan het gebruik van staffels. Doordat er namelijk binnen een bepaalde staffel met een bepaalde verhouding en basisbedrag ingediend dient te worden, kan het zijn dat projectontwikkelaars bewust binnen een bepaalde staffel indienen om een gunstig basisbedrag te krijgen, terwijl het project maar net binnen deze staffel valt qua verhouding (gaming).

### 4.4.2 Beoordeling: nieuw gecombineerde wind/zon

Deze maatregel heeft een positieve impact op de hoeveelheid en/of grootte van de benodigde aansluitingen en kan daarmee zorgen voor een lagere netimpact van de projecten die gerealiseerd worden. De implementatie van de maatregel zal naar verwachting relatief makkelijk kunnen gaan, hoewel er mogelijk lokale weerstand is, vanwege de ruimtelijke inpassing. Daarnaast is het technisch potentieel mogelijk beperkt, doordat er maar een beperkt aantal locaties zijn waar een gelijktijdige aanvraag gedaan kan worden van zon-pv en wind voor de SDE++.

We beoordelen de maatregel daarom als *oranje*.

**Tabel 17 - Beoordeling: nieuw gecombineerde zon/wind**

| Criteria | | Beschrijving |
|---|---|---|
| Netimpact: netcongestie | + | Netcongestie kan voorkomen worden als projectontwikkelaars achter een kleinere aansluiting meer opwek plaatsen. |
| Netimpact: nieuwe aansluitingen | + | Positieve impact op hoeveelheid/grootte van benodigde aansluitingen. |
| Businesscase aangeslotenen | ± | De businesscase zal mogelijk beperkt slechter worden, afhankelijk van de grootte van de aansluiting en van hoe de combinatie van zon-pv en wind meegenomen wordt in de berekening van basisbedragen. Hiervoor wordt een hoger SDE++-bedrag per kWh subsidie gegeven. |
| Technisch potentieel | - | Het technisch potentieel is mogelijk beperkt. |
| Maatschappelijkekosteneffectiviteit | ± | De kosten per kWh zullen beperkt hoger zijn dan wanneer er los een wind- en zonnepark wordt aangesloten. De netkosten zijn echter lager. |
| Hoeveelheid duurzame productie/$CO_2$-reductie | + | Met deze maatregelen kunnen er meer projecten gerealiseerd worden met een beperkte netcapaciteit. De hoeveelheid invoeding van duurzame elektriciteit per project zal afnemen, maar de mate waarin is sterk afhankelijk van de grootte van de aansluiting. |

| Criteria | | Beschrijving |
|---|---|---|
| Draagvlak stakeholders | + | Draagvlak van de netbeheerders is naar verwachting positief. Bij invoering in de vorm van categorie (in plaats van voorwaarde), zal er vermoedelijk ook draagvlak vanuit de sector zijn. |
| Uitvoerbaarheid (belemmeringen/ snelheid implementatie en uitvoering SDE++) | - | Zou ingevoerd kunnen worden in de systematiek van SDE++ bij gebruik van staffels, al is dit wel een uitdaging. Een mogelijke belemmering in de praktijk kan zijn dat de aanvraag voor de subsidie voor wind en zon gelijktijdig dient plaats te vinden. |
| Ruimtelijke impact | - | Locaties waar projecten ontwikkeld worden zullen groot zijn, en daarmee is de lokale ruimtelijke impact ook groot. |
| Overige maatschappelijke effecten | | Geen overige effecten. |

## 4.5 Warmteproductie met directe lijn

Elektriciteit van windenergie kan ingezet worden voor warmteproductie met een elektrische boiler of warmtepomp. Hiermee wordt de hoeveelheid elektriciteit die in het net ingevoed wordt, beperkt. Wind met als eis warmteconversie kan als categorie worden toegevoegd aan de SDE++.

### 4.5.1 Uitwerking: warmteproductie met directe lijn

In de SDE++ kan wind met conversie naar warmte als aparte categorie worden toegevoegd. Zowel wind als warmteproductie worden al gesubsidieerd door de SDE++. Waar deze categorie zich in zou onderscheiden, is de koppeling tussen deze twee technieken en de eis dat de windmolens niet bijdragen aan netcongestie. Hierna lichten we de relevantie voor elektrische boilers en warmtepompen daarin toe.

Een warmtepomp is een dure investering, maar heeft een enorm hoge efficiëntie (400% bijvoorbeeld, afhankelijk van de warmtepomp). Dit maakt dat inzet rendabel is, ook bij relatief hoge elektriciteitsprijzen. Een elektrische boiler is daarentegen een relatief goedkope investering, en de efficiëntie is relatief hoog, maar vergeleken met een warmtepomp nog altijd laag (rond de 99%). Dat maakt dat een elektrische boiler in principe alleen ingezet wordt op uren met lage elektriciteitsprijzen. Een elektrische boiler is vaak wel een aantrekkelijke investering voor ondernemers, omdat er een back-up in de vorm van een gasboiler nodig is, wat meer zekerheid biedt.

De elektrische boiler kan dus zonder afnameaansluiting functioneren, aangezien er een gasboiler als back-up is. Echter, in dat geval valt het te betwijfelen of de categorie bijdraagt aan verduurzaming, aangezien de gasboiler altijd gebruikt moet worden op momenten dat de wind niet waait. Daarnaast geeft een non-firm-ATO naar verwachting een hoger aantal vollasturen dan een windturbine, en is dit daarom mogelijk een (financieel) aantrekkelijkere optie in een gebied met netcongestie.

De warmtepomp heeft normaal gesproken geen back-up en moet daarom naast aansluiting op een windturbine ook nog een netaansluiting voor afname hebben. In gebieden waar opwekcongestie is, maar geen afnamecongestie, kan de combinatie van windturbine en warmtepomp daarmee een interessante zijn. Wel is warmtetransport duur, waardoor deze aanpassing zich vanuit financieel oogpunt beperkt naar locaties waar de warmte lokaal gebruikt kan worden. Daarmee kun je denken aan bepaalde bedrijventerreinen of een woonwijk met warmtenet bijvoorbeeld.

Binnen de SDE++ zou een categorie toegevoegd kunnen worden ‘Warmtepomp met directe lijn’, analoog aan de bestaande categorie ‘Elektrolyse met directe lijn’. Daarvoor zou een bepaalde verhouding aangenomen moeten worden voor het vermogen van de windturbine en het vermogen van de warmtepomp, wat een vrij arbitraire keuze is. Daarnaast moet vastgesteld worden of ofwel de kWh elektrisch gesubsidieerd worden, ofwel de kWh thermisch.

### 4.5.2 Beoordeling: warmteproductie met directe lijn

Een categorie waarbij wind direct gecombineerd wordt, lijkt niet wenselijk. In sommige situaties kan een directe lijn een uitkomst zijn, maar deze gevallen zijn niet beperkt tot warmteproductie. Het technisch potentieel van een directe lijn met warmteproductie is mogelijk beperkt, aangezien de warmte lokaal gebruikt zal moeten worden om de investering rendabel te maken en er bovendien, bijvoorbeeld voor woonwijken, afstandsregels gelden voor de plaatsing van windturbines.

We beoordelen deze maatregel daarom als *rood*.

**Tabel 18 - Beoordeling: warmteproductie met directe lijn**

| Criteria | | Beschrijving |
|---|---|---|
| Netimpact: netcongestie | + | Netcongestie kan voorkomen worden als projecten duurzame elektriciteit direct gebruiken ten behoeve van warmteproductie |
| Netimpact: nieuwe aansluitingen | + | Positieve impact op hoeveelheid/grootte van benodigde aansluitingen voor invoeding |
| Businesscase aangeslotenen | ± | Er ontstaat mogelijk een nieuwe businesscase bij toevoeging van deze categorie in de SDE++-regeling. |
| Technisch potentieel | - | Het technisch potentieel is mogelijk beperkt. |
| Maatschappelijkekosteneffectiviteit | + | Mogelijk positief effect op netkosten welke gesocialiseerd worden. |
| Hoeveelheid duurzame productie/ $CO_2$-reductie | + | De hoeveelheid duurzaam geproduceerde warmte zal toenemen. |
| Draagvlak stakeholders | + | Bij invoering in de vorm van categorie (in plaats van voorwaarde), zal er mogelijk draagvlak vanuit de sector zijn. |
| Uitvoerbaarheid (belemmeringen/ snelheid implementatie en uitvoering SDE++) | ± | Uitvoerbaar in SDE++-systematiek, maar de keuze tussen de verhouding van het vermogen van een windturbine en een warmtepomp is vrij arbitrair. |
| Ruimtelijke impact | - | Er worden op nieuwe locaties windprojecten gerealiseerd. Dit resulteert in extra ruimtelijke impact en mogelijk weinig draagvlak omwonenden. |
| Overige maatschappelijke effecten | | Geen overige effecten. |

## 4.6 Maatregelen met geen/beperkt potentieel

### 4.6.1 Aanpassing transportindicatie

Bij aanvraag van de SDE++-subsidie dient een transportindicatie aangeleverd te worden. Deze indicatie geeft de netbeheerder af in het geval dat er geen netcongestie is die niet binnen de realisatietermijn van het project is opgelost. De transportindicatie is echter geen garantie op een aansluiting; hiervoor dient op een later moment nog apart een aanvraag gedaan te worden. Op dit moment wordt de transportindicatie in vrij veel gevallen afgegeven, hoewel op een later moment alsnog kan blijken dat er geen ruimte op het net

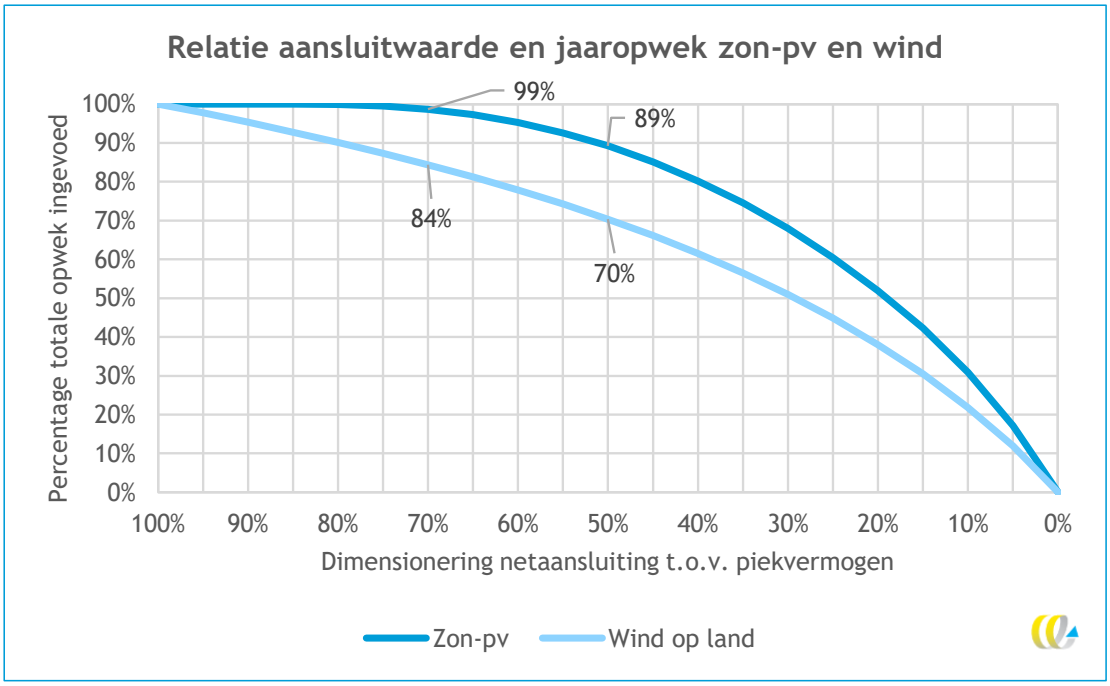
is. Het aanpassen van de transportindicatie heeft op zichzelf echter weinig effect op netcongestie; hoogstens kan, als de indicatie geavanceerder wordt gemaakt, al op een eerder moment worden aangegeven dat er geen aansluiting mogelijk is. Wat wel zou kunnen, is exploitanten in een vroeg stadium beter informeren over mogelijke netcongestie, waardoor zij geïnspireerd kunnen worden om hun project op een bepaalde locatie op te zetten. Maar dit zou geen directe aanpassing van de transportindicatie betekenen. Daarom wordt deze maatregel niet uitgebreider meegenomen in dit onderzoek.

### 4.6.2 Lagere aansluitwaarde

Een lagere aansluitwaarde is een aanpassing die op dit moment in de SDE++-regeling al doorgevoerd is voor zon-pv. Dit is voor zon-pv vanuit netefficiëntie gezien een interessante keuze, omdat de productie van zon-pv een relatief grote fluctuatie in de tijd kent en met een lagere aansluitwaarde het gebruik van het net efficiënter is. Daarnaast is de hoeveelheid elektriciteit die niet ingevoed kan worden maar beperkt en heeft deze slechts een kleine invloed op de businesscase. Op dit moment geldt als algemene voorwaarde voor zon-pv een aansluitwaarde van 50%.

De redenering achter het doorvoeren van een lagere aansluitwaarde, houdt echter niet direct ook stand voor wind op land. Het profiel van wind is anders dan het profiel van zon; het kent minder fluctuatie en bij een aansluitwaarde gelijk aan het piekvermogen, wordt het net efficiënter benut dan bij zon-pv. Dit is zichtbaar gemaakt in Figuur 7; er wordt duidelijk dat er bij wind op land bij een lagere aansluitwaarde relatief meer wordt weggegooid dan bij zon-pv. Voor een ontwikkelaar zou het financieel gezien bij een lagere aansluitwaarde aantrekkelijker zijn om het vermogen van de aan te schaffen turbine te verlagen (de turbines zijn een grote kostenpost), dan om een lagere aansluitwaarde te hebben. We concluderen dat een lagere aansluitwaarde geen wenselijke aanpassing binnen de SDE++ is.

**Figuur 7 - Relatie maximale aansluitwaarde en jaaropwek zon-pv en wind op land**



### 4.6.3 Volledige NFA

Een volledige NFA is een maatregel die zowel als voorwaarde of als categorie toegevoegd kan worden aan de SDE++-regeling. Het biedt de netbeheerder dusdanig veel zekerheid dat deze zelfs in gebieden met relatief veel netcongestie toch nieuwe of grotere aansluitingen kan realiseren. Ten opzichte van zon kent wind op land bovendien een paar voordelen. Wind heeft veel meer vollasturen dan zon-pv, dus heeft een beperking van een aantal uren relatief minder effect op de businesscase. Ook is het zo dat er in Nederland veel meer zon-pv-vermogen is geïnstalleerd dan wind op land (~20 GW versus 6 GW). Indien een wind-project in een gebied wordt geplaatst met veel zon-pv, betekent dat dat het profiel relatief complementair is aan de bij elkaar opgetelde profielen voor invoeding op een bepaald station. Daarmee zal de elektriciteit geproduceerd uit windenergie voor een groot deel van het jaar wel gewoon ingevoed kunnen worden. Indien een windproject echter gerealiseerd wordt in een gebied met veel bestaande wind, zal het profiel nauwelijks complementair zijn en zal er relatief vaak afgeschakeld moeten worden.

Een nadeel van een volledige NFA is dat deze weinig investeringszekerheid biedt. Deze financiële onzekerheid kan logischerwijs opgevangen worden door de verminderde invoeding mee te nemen in de berekening van het basisbedrag van de SDE++. Een risico hiervan is echter dat er windprojecten gerealiseerd kunnen gaan worden in gebieden met veel netcongestie, wat een hoog basisbedrag en dus ook hoge maatschappelijke kosten met zich mee kan brengen. Bovendien neemt het windpark ruimte en materialen in, die mogelijk nuttiger ingezet kunnen worden. Daarnaast zijn NFA-contracten op dit moment wettelijk nog niet mogelijk, al wordt dit medio 2024 wel verwacht. We nemen deze maatregel niet verder mee in het onderzoek.

### 4.6.4 Batterijen bij wind

Een batterij kan een financieel interessante keuze zijn voor een ontwikkelaar van wind op land, om verschillende redenen. Een batterij kan ingezet worden op de elektriciteitsmarkt. Het gebruik van een batterij voor uitgestelde levering is op zichzelf niet winstgevend, maar kan ervoor zorgen dat er meer duurzame elektriciteit in het net ingevoed kan worden, zodat het gebruik van fossiele elektriciteit verdrongen wordt (CE Delft, 2023). Daarnaast kan de batterij ingezet worden voor netcongestiemanagement. Dit is echter niet het doel van de SDE++, dat is immers $CO_2$-reductie. Daarom focussen we in deze beleidsmaatregel op de inzet voor uitgestelde levering.

De SDE++ kan in theorie een middel zijn om het gebruik van batterijen voor uitgestelde levering te waarderen. Het PBL heeft hier in 2021 onderzoek naar gedaan, en is gekomen tot de conclusie dat de hoogte van het subsidiebedrag moeilijk vast te stellen is, doordat de inkomsten door andere diensten (bijvoorbeeld inzet op elektriciteitsmarkten) lastig vast te stellen is. Daarnaast is de dimensionering van de batterij ten opzichte van de hernieuwbare productie-installatie niet eenduidig, terwijl deze dimensionering wel gedaan moet worden voor het vaststellen van het basisbedrag (PBL et al., 2021).

Het PBL heeft in 2022 opnieuw gekeken naar de optie van uitgestelde levering, en heeft een schatting gemaakt van de kosten per vermeden ton $CO_2$ bij toepassing van een batterij bij zon-pv. Uit deze analyse blijkt dat deze kosten significant hoger zijn dan het subsidieplafond van de SDE++. Volgens het PBL zijn de kosten voor wind vermoedelijk nog hoger, omdat de variabiliteit van windenergie minder uitgesproken is dan voor zon. De lage variabiliteit van wind zorgt voor situaties dat de wind lange periodes achter elkaar waait, maar dat de batterij niet groot genoeg is om al deze elektriciteit op te vangen en deze daardoor alsnog verloren gaat. Andersom zullen er ook periodes zijn met weinig wind, waardoor de batterij niet gebruikt wordt. De hoge kosten van het gebruik van een batterij voor

uitgestelde levering, maken dat deze aanpassing in de SDE++-regeling niet wenselijk is. Kosten worden namelijk doorberekend aan de maatschappij en zorgen daarmee voor hoge maatschappelijke kosten (PBL, 2022a).

In Tabel 19 is weergegeven hoeveel energie een batterij kan opslaan van een windpark als dit op een lager vermogen wordt aangesloten. Er is een voorbeeld uitgewerkt van een 1 MW-windpark met 0,5 MW netaansluiting en 0,5 MW batterij. Met het toevoegen van een 2 MWh-batterij kan er slechts 170 MWh extra energie opgeslagen worden en later worden ingevoed. Dit is zeer beperkt. Je zou dus een erg grote batterij nodig hebben om een substantieel deel van de anders gecurtailde elektriciteit op te slaan. Dit resulteert in erg hoge kosten, evenals een hoge subsidiebehoefte.

**Tabel 19 - Extra windenergie invoeden met batterij**

| Netaansluiting | Batterij omvang | Ingevoede wind-elektriciteit | Curtailment elektriciteit |
|---|---|---|---|
| 1 MW windpark, 0,5 MW – 50% | Geen batterij | 1.930 MWh | 770 MWh |
| | 0,5 MW/2 MWh batterij | 2.100 MWh | 600 MWh |
| | 0,5 MW/4 MWh batterij | 2.200 MWh | 500 MWh |

Batterijen bij wind zijn dus niet een logische combinatie gericht op het voorkomen van netcongestie en realiseren van uitgestelde levering. De batterijen kunnen maar beperkt extra windenergie opslaan en zijn daarom een dure oplossing. Toepassing van batterijen bij zon-pv wordt verder onderzocht in verschillende andere studies.

### 4.6.5 Conversie naar waterstof

Om netcongestie te voorkomen, zou elektriciteit (tijdelijk) omgezet kunnen worden in waterstof. Waterstof is op zichzelf een gas dat nuttige duurzame toepassingen kent, en kan daarnaast ook dienen als opslagmedium voor elektriciteit. Elektriciteit omzetten naar waterstof vindt plaats met een elektrolyser. Vervolgens kan die waterstof gebruikt worden in bijvoorbeeld een industrieel proces of voor uitgestelde levering:

- Waterstofproductie voor gebruik: een elektrolyser kan gebruikt worden voor de productie van waterstof, dat lokaal gebruikt wordt of aan het (toekomstige) waterstofnetwerk afgeleverd wordt. De geproduceerde waterstof is groen en kan daarmee gezien worden als vervanging van grijze waterstof.
- Uitgestelde levering: het gebruik van een elektrolyser ten behoeve van uitgestelde levering houdt in dat er waterstofproductie plaatsvindt en op een later moment elektriciteitsproductie vanuit deze waterstof. De elektrolyser functioneert dus als een batterij.

Het PBL heeft reeds binnen de SDE++-regeling een categorie ‘Waterstof via elektrolyse, directe lijn’ opgenomen, die bedoeld is voor elektrolysers die direct op een wind- of zonnepark aangesloten zijn. Ontwikkelaars kunnen dus subsidie aanvragen voor een elektrolyser die direct aangesloten zit op een windpark. In dat geval kunnen zij echter geen subsidie meer aanvragen voor de elektriciteit die het windpark produceert.

De businesscase van een elektrolyser die op een windpark zit aangesloten, is afhankelijk van het aantal vollasturen van de elektrolyser. Bij lager vermogen van de elektrolyser ten opzichte van het windpark geldt een hoger aantal vollasturen en daarmee een gunstigere businesscase. Om deze reden kent de categorie ‘Waterstof via elektrolyse, directe lijn’ een referentie-installatie met een vermogen significant lager dan het vermogen van het windpark (in de ronde van 2023 gaat dit om 25%) (PBL, 2023). Hoewel deze lage verhouding

gunstig is voor de businesscase, helpt het maar in beperkte mate om netcongestie te voorkomen. We zien een categorie ‘Wind naar waterstof’ niet als een kansrijke maatregel, aangezien het basisbedrag significant hoog moet zijn, wil het toevoegen van de elektrolyser een significante invloed hebben op mogelijke netcongestie.

### 4.6.6 Minimumaantal vollasturen

Een manier om de efficiëntie van het gebruik van het net te vergroten, is het aantal vollasturen te vergroten. Hiermee wordt namelijk gemiddeld over het jaar gezien een groter deel van de capaciteit van het net gebruikt. Dit kan door alleen nog parken te subsidiëren die een hoger aantal vollasturen kunnen realiseren.

Een minimumaantal vollasturen (als voorwaarde of als aparte categorie) zorgt er in de praktijk voor dat alleen windprojecten in aanmerking komen op locaties met een relatief hoge windsnelheid. Dit komt neer op gebieden aan de kust, of als alternatief in het binnenland met een minimale tiphoogte (aangezien windsnelheden toenemen met de hoogte) (RVO, 2021). Deze tweede optie kent overigens wel de voorwaarde dat er referentie-installaties met verschillende tiphoogtes meegenomen worden in de SDE++-systematiek.

Locaties met hoge windsnelheden komen niet per definitie overeen met locaties met een mindere mate van netcongestie. Sterker nog, hoge windsnelheden komen voornamelijk voor in het noordwesten van het land, en in die gebieden is op dit moment relatief veel netcongestie voor invoeding (Netbeheer Nederland, 2023a). Bovendien zal er mogelijk clustering van windprojecten zijn in bepaalde gebieden, wat netcongestie in dat gebied kan verergeren. Daarmee is deze maatregel niet erg effectief en zien we het niet als een kansrijke maatregel binnen de SDE++-regeling.

### 4.6.7 Bij bestaande afname

Een optie is om een aparte SDE++-categorie op te nemen, waarbij een projectontwikkelaar ervoor moet zorgen dat er directe afname is van de elektriciteit die geproduceerd wordt. Hiermee hoeft een bepaalde hoeveelheid elektriciteit niet meer in het net ingevoed te worden, omdat deze immers direct gebruikt wordt. Echter, er bestaat een grote variëteit aan manieren om de afname te realiseren (met een bepaald productieproces, met een batterij, of anderszins), waardoor er geen algemene structurele kostenverschillen bestaan met bestaande categorieën. Daarom nemen we deze maatregel als aparte categorie verder niet mee in het onderzoek. Wel hebben we, zoals uitgewerkt in Paragraaf 4.1, een aparte categorie onderzocht voor het plaatsen van kleine windmolens bij bedrijventerreinen.

# 5 Industriële warmte

Voor industriële warmte richten we ons op SDE-categorieën voor grootschalige elektrische boilers en warmtepompen. In industriële warmte zien we een andere dynamiek en andere belangen dan bij opwekinstallaties, het afschakelen van vraag heeft over het algemeen een groter effect dan het afschakelen van duurzame opwek. Toch bestaat er ook in de productieprocessen van industriële bedrijven een mate van flexibiliteit, die aangewend zou kunnen worden om het net te ontlasten. We kijken om deze reden bijvoorbeeld niet naar grootschalige elektrische warmte-installaties voor warmtenetten: het afschakelen van deze (vaak piek)installaties heeft immers gevolgen voor de leveringszekerheid in een warmtenet.

Het elektrificeren van industriële warmte kent een aantal relevante onderscheidende eigenschappen vergeleken met zon en wind. Ten eerste worden deze projecten vaak gerealiseerd op een bestaande locatie achter een bestaande netaansluiting. Anders dan vaak het geval is bij zon- en wind, wordt de aansluiting waarschijnlijk voor meer toepassingen gebruikt dan alleen de gesubsidieerde installatie. Wel is het gecontracteerd vermogen, en soms de aansluiting zelf, vaak niet toereikend voor de installatie. Extra vermogen en de bijkomende netimpact is in de meeste gevallen dus noodzakelijk.

De voorgestelde aanpassingen in deze studie zijn naast een breder perspectief of subsidiering van industriële warmte in de SDE++. Energiebesparing is altijd van belang en is essentieel voordat elektrificatie plaatsvindt. Daarnaast geldt de energiebesparingsplicht voor maatregelen die een terugverdientijd onder de vijf jaar kennen. Mogelijk valt een gedeelte van de elektrificatie dus binnen deze verplichting en is SDE++-subsidie dus in die gevallen een vorm van oversubsidiëring. In deze studie bekijken we aanpassingen in het geval dat de SDE++-subsidie wordt ingezet, ervan uitgaande dat de subsidie binnen deze context past.

Ten tweede is er met industriële warmte, vergeleken met zon- en wind, meer pluriformiteit in configuraties denkbaar, terwijl er tot dusver veel minder industriële warmteprojecten zijn beschikt dan zon en wind. Over het algemeen hebben de meeste industriële partijen veel interne kennis van warmte (met gas), maar dus nog maar beperkt ervaring met elektriciteit. Dit maakt dat ingrijpende voorstellen voor beperking van de SDE++ een groter risico hebben om verduurzaming van de sector te remmen. Dit speelt overigens in mindere mate voor elektrische boilers dan voor warmtepompen. Boilers hebben lagere investeringskosten en nemen minder ruimte in beslag dan warmtepompen, maar vragen hogere vermogens. Daarnaast kunnen ze snel aan of uit worden gezet. Dit maakt elektrische boilers aantrekkelijk om naast de bestaande gasketel te zetten, en aan te zetten wanneer elektriciteitsprijzen laag zijn. We zien dan ook dat er de afgelopen jaren voor elektrische boilers vaker subsidie is aangevraagd dan voor warmtepompen. De boiler wordt vaak in relatief korte tijd terugverdiend en afgeschreven.

De hoofdaanname en randvoorwaarde om industriële warmte aan striktere SDE-voorwaarden te onderwerpen, is dat er sprake is van flexibiliteit. Binnen flexibiliteit onderscheiden we twee typen technische flexibiliteit: flexibele inzet van de installatie en flexibiliteit in het proces. Zo kan een elektrische boiler snel aan- en uitgezet worden en kan deze moduleren. Bij een warmtepomp is dit technisch ook mogelijk, maar duurt de start/stop langer en heeft moduleren grotere gevolgen voor efficiëntie. Binnen een proces is het soms mogelijk om de installatie af te schakelen of tijdelijk te onderbreken, zonder negatieve gevolgen voor productie. Bijvoorbeeld: een koelproces dat een uur lang kan worden onderbroken zonder dat de temperatuur stijgt tot onacceptabele niveaus. Door het benutten van bestaande warmtebuffers, of het toevoegen van nieuwe warmtebuffers, kan de warmte-opwekinstallatie

efficiënt blijven worden benut. In sommige gevallen kan een bedrijf ook op volledig andere momenten haar processen draaien, bijvoorbeeld ’s nachts. De mogelijkheid en wenselijkheid hiervan is echter wel sterk bedrijf- en procesafhankelijk. Regelmatig draaien processen bijvoorbeeld sowieso al continu of in korte campagnes (zoals rond het oogstseizoen).

We hebben op basis van interviews en literatuur in totaal acht mogelijke maatregelen in kaart gebracht voor industriële warmte. Daarvan hebben we er twee met een vergelijkbare redenatie als voor zon-pv of wind negatief beoordeeld (*schuingedrukt*). De maatregelen zijn:

1. Gecascadeerde en/of procesgeïntegreerde warmtepompen.
2. Elektrische boilers minder subsidiëren via de SDE++, meerdere manieren:
   - hogere temperatuurgrens;
   - beperkt tot specifieke processen;
   - buiten hekje plaatsen;
   - categorie schrappen uit regeling.
3. Elektrische boilers alleen in combinatie met duurzame boiler/ketel.
4. NFA- of CBC-verplichting:
   - bij warmtepomp;
   - bij elektrische boiler.
5. Realisatie met warmteopslag.
6. Realisatie met elektriciteitsopslag.
7. *Zonder transportvermogen en/of bij bestaande afname.*
8. *In combinatie met opwek.*

## 5.1 Gecascadeerde en/of procesgeïntegreerde warmtepompen

Gecascadeerde warmtepompen zijn meerdere in serie geschakelde warmtepompen waarmee efficiënt een groot temperatuurbereik wordt overbrugd. Procesgeïntegreerde warmtepompen maximaliseren efficiëntie binnen een proces door restwarmte terug te winnen en nuttig op te waarderen. Toepassing van gecascadeerde en/of procesgeïntegreerde warmtepompen is processpecifiek en brengt door complexe inpassing vaak hogere kosten met zich mee. De huidige SDE++-categorieën voor warmtepompen houden beperkt of geen rekening met deze hogere kosten, waardoor de regeling deze toepassing van warmtepompen niet stimuleert.

### 5.1.1 Uitwerking: gecascadeerde en/of procesgeïntegreerde warmtepompen

Gecascadeerde en/of procesgeïntegreerde warmtepompen zouden als aparte categorieën kunnen worden opgenomen in de SDE++, waarbij rekening wordt gehouden met de hogere projectkosten. Echter is de categorie lastig samen te vatten in een referentieberekening, omdat er beperkt informatie beschikbaar is over de dimensionering van het systeem binnen diverse processen en de denkbare spreiding van projectkosten. In de marktconsultatie van 2023 is het opnemen van gecascadeerde warmtepompen reeds voorgesteld (PBL, 2023). PBL en EZK geven aan op basis van de beschikbare informatie geen generieke categorie binnen de SDE te kunnen formuleren. Zij onderzoeken daarom of een alternatieve systeembenadering kan worden toegepast, waardoor dit soort warmtepompen wel apart kunnen worden gestimuleerd. Daartoe is EZK op dit moment bezig met het organiseren van expertsessies. De resultaten van dit onderzoek worden in 2024 verwacht.

### 5.1.2 Beoordeling: gecascadeerde en/of procesgeïntegreerde warmtepompen

Hoewel we in dit onderzoek geen gedetailleerde inpassingsvorm voor de SDE++ hebben onderzocht, benadrukken we wel dat het subsidiëren van gecascadeerde en proces-geïntegreerde warmtepompen vanuit het oogpunt van systeemefficiëntie, en daarmee ook netimpact, zeer gewenst is. Hoewel de implementatie binnen de regeling nog een obstakel is, beoordelen we de maatregel als *groen*.

**Tabel 20 - Beoordeling: procesgeïntegreerde warmtepomp**

| Criteria | | Beschrijving |
|---|---|---|
| Netimpact: netcongestie | + | Het toevoegen van extra vermogensvraag aan het net verergert mogelijk netcongestie, echter hebben procesgeïntegreerde warmtepompen een relatief lage energiebehoefte ten opzichte van elektrische boilers en sommige andere warmtepompen, waarmee het een lagere netimpact heeft ten opzichte van alternatieven. |
| Netimpact: nieuwe aansluitingen | ± | Waarschijnlijk zullen op de meeste locaties nieuwe/verzwaarde netaansluitingen moeten komen om processen te elektrificeren. Vergeleken met het alternatief van een elektrische boiler, is de kans dat een zwaardere aansluiting nodig is wel kleiner. |
| Businesscase aangeslotenen | ++ | De categorie maakt het mogelijk voor industriële partijen om complexe en/of hogetemperatuursprocessen te elektrificeren, die in de huidige regeling te duur zijn, omdat er te weinig rekening wordt gehouden met overige projectkosten. |
| Technisch potentieel | + | Er zijn vermoedelijk veel locaties, zoals voedingsmiddelenfabrieken, waarbij deze warmtepompen een rol zouden kunnen spelen. |
| Maatschappelijkekosteneffectiviteit | + | Levert mogelijk relatief veel energie- en $CO_2$-besparing tegen redelijke kosten. Er is op dit moment nog wel een risico door de hoge systeemcomplexiteit en beperkte kosteninformatie; een overhaaste implementatie kan leiden tot over- (of onder)subsidiëring. |
| Hoeveelheid duurzame productie/ $CO_2$-reductie | + | Ten opzichte van een proces met gasketel of hybride in combinatie met een elektrische boiler zijn de emissies van procesgeïntegreerde warmtepompen veel lager. |
| Draagvlak stakeholders | + | Marktpartijen hebben meermaals aangegeven deze categorie in de SDE++ opgenomen te willen zien worden. |
| Uitvoerbaarheid (belemmeringen/ snelheid implementatie en uitvoering SDE++) | - | PBL heeft het implementeren van gecascadeerde warmtepompen eerder overwogen en geconcludeerd dat dit niet mogelijk was, omdat er voldoende informatie is over de kosten van nodige systeemaanpassingen en verschillen tussen processen. |
| Ruimtelijke impact | ± | Niet in de openbare ruimte, maar warmtepompen zijn groter dan gasketels en vereisen een herontwerp van het productiesysteem en mogelijk een uitbreiding van een fabriek. |
| Overige maatschappelijke effecten | | Geen overige effecten. |

## 5.2 Elektrische boilers minder subsidiëren via de SDE++

Elektrische boilers zijn minder efficiënt en hebben grotere aansluitingen nodig dan warmtepompen. Er is om die reden op dit moment al een temperatuurseis in het toepassen van de techniek, waarbij elektrische boilers niet mogen worden ingezet voor temperaturen tot 100 C. Voor elektrische boilers in warmtenetten is mogelijk een aparte categorie vereist en dient het ontwerp en de wenselijkheid apart onderzocht te worden.

In veel industriële processen is het vanuit efficiëntie bekeken wenselijk en technisch gezien ook mogelijk om een warmtepomp te installeren. Er zijn echter ook processen (met name boven de 200 °C tot maximaal 400 °C) waarbij een elektrische boiler wel de gewenste temperaturen kan bereiken, maar er geen warmtepompen op de markt zijn die dat kunnen.

### 5.2.1 Uitwerking

Om de genoemde redenen is beleid wenselijk dat zich erop richt om elektrificatie van industriële warmte zoveel mogelijk met een warmtepompinstallatie te doen. Dit kan op meerdere manieren via de SDE++. We hebben vier opties overwogen:

1. Hogere temperatuurgrens.
2. Beperkt tot specifieke processen.
3. Buiten hekje plaatsen.
4. Categorie schrappen uit regeling.

#### Hogere temperatuurgrens

Op dit moment wordt geen subsidie verleend aan elektrische boilers die ingezet worden voor toepassingen onder de 100°C. Deze grens zou periodiek kunnen worden opgehoogd, bijvoorbeeld met 20°C per jaar, tot uiteindelijk 200°C. Hierdoor wordt de warmtepomp geleidelijk aan de norm voor de meeste processen. Dit geeft tijd voor de warmtepomptechniek om zich verder te ontwikkelen en voor de sector als geheel om meer vertrouwd te raken met warmtepompen voor processen met hogere temperaturen.

#### Beperkt tot specifieke processen

In plaats van een grens op basis van temperatuur, kan ook in meer detail voorgeschreven worden voor welke processen een elektrische boiler wel of niet mag worden ingezet (om gesubsidieerd te worden). Dit is vergelijkbaar met de aanpak voor CCS in de SDE++ met een zeef. Hierdoor kan in het uitsluiten van de elektrische boiler beter (vergeleken met de temperatuurgrens) rekening worden gehouden met de mate waarin een elektrische boiler, dan wel een warmtepomp, de beste fit vormen. Dit vergt wel meer onderzoekswerk aan de voorkant om verschillende processen te categoriseren en beoordelen.

#### Buiten hekje plaatsen

Binnen het SDE-hekje/domein ‘Hogetemperatuurwarmte’ vallen zowel de elektrische boiler als de (open) industriële warmtepomp. In 2022 werd voor circa tien keer meer vermogen subsidie aangevraagd voor elektrische boilers dan voor warmtepompen (RVO, lopend). Door de elektrische boiler buiten het domein te plaatsen, blijft er meer budget beschikbaar voor (onder andere) warmtepompen. Afhankelijk van de aanvragen in een jaar, kan dit ertoe leiden dat er minder elektrische boilers een beschikking krijgen, wat bedrijven mogelijk stimuleert voor de warmtepomp te kiezen als zekerder alternatief.

### Categorie schrappen uit regeling

Ten slotte kunnen de ‘elektrische boiler’-categorieën ook volledig uit de SDE worden geschrapt. Hierdoor is in de meeste gevallen de gesubsidieerde warmtepomp het enige alternatief waarmee een positieve businesscase kan worden bereikt, ook al is de investering aan de voorkant hoger. Het is niet ondenkbaar dat sommige partijen alsnog in een elektrische boiler investeren, omdat er middels de onbalansmarkt alsnog inkomsten te genereren zijn. Veel partijen die dit nu al doen, worden daarbij gesubsidieerd met de SDE++. De huidige temperatuurgrens kan ieder jaar worden opgehoogd totdat een maximum bereikt is.

## 5.2.2 Beoordeling

Voordat we de varianten beoordelen, eerst een noot over de rol van de elektrische boiler in emissiereductie. De vaak prijsgestuurde inzet van een elektrische boiler zal op veel momenten zorgen voor emissiereductie (door vervanging van de gasboiler). Daarnaast kan het een rol hebben in het beperken van invoedingscongestie (door goedkope lokale hernieuwbare stroom af te nemen) en afnamecongestie (door af te schakelen). Het kan pieken echter ook verergeren door deelname op energie- en balanceringsmarkten. Hoewel een elektrische boiler een grotere netaansluiting vereist, is het plaatsen van een elektrische boiler een besparingsmaatregel die partijen nu al doen.

### Hogere temperatuurgrens

Deze variant bestaat al in de huidige SDE en is daarmee relatief eenvoudig te implementeren en biedt (afhankelijk van de uitwerking) een mate van zekerheid over de regeling voor industriële partijen die overwegen te elektrificeren. De netimpact van elektrische boilers met betrekking tot benodigd vermogen zal met een aantal jaar zijn beperkt, omdat voor de meeste toepassingen alleen een warmtepomp nog subsidiabel is, waardoor steeds meer partijen daarvoor zouden kiezen. Dit biedt ook nog enige tijd voor het verder ontwikkelen van industriële warmtepomptechniek- en ervaring. Er moet nog wel een keuze worden gemaakt over wanneer welke temperatuurgrens zal worden gehanteerd, hiervoor is verder onderzoek nodig. Dit kan gedaan worden op basis van de bij PBL beschikbare informatie uit eerdere subsidieaanvragen. We beoordelen deze maatregel groen.

### Beperkt tot specifieke processen

Deze variant verzekerd dat de warmtepomp zo veel mogelijk, waar mogelijk, wordt verkozen boven de warmtepomp. Voordat dit zo werkt is het echter nodig te onderzoeken in welke gevallen de elektrische boiler wel of niet noodzakelijk is. Daarnaast is handhaving mogelijk ook ingewikkelder omdat RVO gedetailleerde informatie over een proces moet ophalen en controleren. Vergeleken met beperking middels de simpelere temperatuurgrens beoordelen we deze variant daarom minder positief. In zijn algemeenheid beoordelen we de variant oranje.

### Buiten hekje plaatsen

Door elektrische boilers buiten het domein ‘Hoge temperatuur warmte’ te plaatsen, vormt de warmtepomp een zekerder alternatief. Het is door onder-uitputting van de SDE alsnog mogelijk dat deze maatregel geen effect heeft op hoeveel aanvragen een beschikking krijgen. Een verder risico van deze maatregel is dat processen die niet met een warmtepomp kunnen elektrificeren, mogelijk geen SDE-beschikking meer kunnen krijgen.

We beoordelen de maatregel daarom rood, mits er met andere maatregelen gewaarborgd wordt dat de elektrische boiler alleen ingezet wordt als elektrificatie met een warmtepomp niet mogelijk is.

## Categorie schrappen uit regeling

Hoewel er veel situaties denkbaar zijn waarbij een warmtepomp een maatschappelijk wenselijker alternatief is, zijn er, zoals in de inleiding van deze paragraaf beschreven, ook situaties waarbij de elektrische warmtepomp kan bijdragen aan verduurzaming. Verder bestaan er processen waarbij een warmtepomp niet toereikend is, waardoor het schrappen van de elektrische boiler verduurzaming van een proces op korte tot middellange termijn bemoeilijkt. Verschillende marktpartijen hebben verder ook aangegeven tegen het schrappen van de elektrische boiler te zijn. We beoordelen deze maatregel daarom als rood.

We concluderen dat categorisch schrappen van elektrische boilers niet de voorkeur heeft, maar dat het strenger selecteren op welke processen in aanmerking komen voor een elektrische boiler wel gewenst is. Dit gebeurt in beperkte mate al met de temperatuursgrens en zou kunnen worden verscherpt door het verhogen van deze grens of door het voorschrijven van in aanmerking komende processen.

In Tabel 21 hebben we de maatregel ‘minder subsidiëren van elektrische boilers’ generiek beoordeeld.

**Tabel 21 – Beoordeling: elektrische boilers minder subsidiëren met de SDE++**

| Criteria | | Beschrijving |
|---|---|---|
| Netimpact: netcongestie | + | In gebieden met afnamecongestie is het plaatsen van een elektrische boiler strikt gezien minder wenselijk dan een warmtepomp. In gebieden met invoedingscongestie is dat vanuit netcongestieperspectief soms, maar niet altijd, het geval. |
| Netimpact: nieuwe aansluitingen | + | De elektrificatie die gebeurt met een warmtepomp in plaats van een elektrische boiler, heeft een lager vermogen nodig en dus ook minder vaak en zwaardere aansluiting. |
| Businesscase aangeslotenen | - | De investeringsbeslissing voor een elektrische boiler is anders dan die voor een warmtepomp, waarbij de warmtepomp een veel ingrijpender aanpassing is. |
| Technisch potentieel | ± | Een deel van de industriële processen kan waarschijnlijk niet zonder elektrische boilers elektrificeren, afhankelijk van de variant, en dit is daarom ongewenst. Echter kan beperking ook een reden zijn voor veel projecten om toch in een warmtepomp te investeren. |
| Maatschappelijke kosteneffectiviteit | ± | Positief effect met betrekking tot netcongestie, waardoor mogelijk meer elektrificatie kan plaatsvinden. Mogelijk negatief effect doordat partijen pas later elektrificieren, waardoor er op korte termijn minder emissiereductie is. |
| Hoeveelheid duurzame productie/$CO_2$-reductie | ± | Afhankelijk van specifieke inzet en de investeringsbeslissing van de industriële partij in keuze voor elektrische boiler of warmtepomp. |
| Draagvlak stakeholders | - | Industriepartijen willen elektrische boilers als optie behouden binnen hun verduurzamingsstrategie en mogelijke verdienmodel (onder andere middels onbalansmarkt en benutten van eigen verbruik). |

| Criteria | | Beschrijving |
|---|---|---|
| Uitvoerbaarheid (belemmeringen/ snelheid implementatie en uitvoering SDE++) | + | Afhankelijk van de variant. De preferente varianten - verhogen van de temperatuurgrens of het verwijderen van een categorie uit de SDE++ - is eenvoudig door EZK/PBL te realiseren. |
| Ruimtelijke impact | ± | Geen effect voor nabije omgeving, wel is er meer ruimte nodig voor warmtepompen dan voor elektrische boilers in de fabriekshal. |
| Overige maatschappelijke effecten | | Geen overige effecten. |

## 5.3 Elektrische boilers alleen in combinatie met duurzame boiler/ketel

Elektrische boilers worden alleen gesubsidieerd wanneer het gehele verwarmingssysteem op een locatie verduurzaamt, waardoor het niet meer als hybride tussenoplossing mag worden ingezet. Dit zou kunnen in combinatie met technieken als een bio- of waterstofketel/wkk. Het grootste voordeel van deze maatregel in relatie tot netcongestie is dat er bij een productiebeperking, via bijvoorbeeld een NFA, een duurzaam alternatief beschikbaar is. In de huidige situatie wordt dan een gasketel ingezet, maar met een duurzaam back-up-alternatief wordt er dan alsnog $CO_2$-reductie bewerkstelligd.

### 5.3.1 Uitwerking: elektrische boilers

Een elektrische boiler wordt in de praktijk vaak neergezet in een hybride opzet, naast een bestaande gasboiler of wkk. De inzet van de elektrische boiler wordt vervolgens bepaald door de elektriciteitsprijs: is elektrischeboilerwarmte goedkoper dan het gas- of wkk-alternatief, dan wordt deze aangezet. Op deze momenten is de elektriciteitsproductie uit het net meestal $CO_2$-arm of -vrij, waardoor de inzet emissies bespaart. Indien de afname in de buurt van opwek gebeurt, ontstaat hierdoor geen netcongestie, maar als de hernieuwbare elektriciteit van ver moet komen, kunnen hierdoor wel congestieproblemen ontstaan.

Marktpartijen noemen de elektrische boiler vaak als nuttige tussenoplossing, omdat er hierdoor toch minder fossiele inzet nodig is dan niets doen, en omdat men er ervaring met elektrificatie mee opdoet. De investeringskosten zijn relatief laag, waardoor de investeringsbeslissing sneller wordt genomen. Bij verplichting in combinatie met een duurzaam alternatief moet vaak gelijk worden geïnvesteerd in een tweede installatie. Als partijen dat zouden doen, is het proces weliswaar $CO_2$-vrij, maar zijn ze ook *locked-in* met een installatie die veel minder efficiënt is dan een warmtepomp. In de meeste toepassingen is een elektrische boiler door de relatief hoge vermogensvraag een maatschappelijk onwenselijke eindoplossing in vergelijking met een warmtepomp.

### 5.3.2 Beoordeling: elektrische boilers

Op zichzelf is er door deze maatregel geen effect op netcongestie. Mocht je deze opstelling combineren met een NFA, dan zal het beperken van de elektrische warmte-installatie niet leiden tot extra gasverbruik, wat een voordeel is. Echter, er is onder het merendeel van gesproken partijen geen draagvlak voor een dergelijke maatregel. Naast dat het van bedrijven vraagt om veel risico's te aanvaarden, kan dit leiden tot anderzijds onwenselijke lock-ins. Daarom beoordelen we de maatregel als rood.

**Tabel 22 - Beoordeling: elektrische boilers alleen in combinatie met duurzame back-up**

| Criteria | | Beschrijving |
|---|---|---|
| Netimpact: netcongestie | ± | Er is geen verschil ten opzichte van een elektrische boiler in combinatie een gasketel of wkk. De elektrische boiler kan met de juiste financiële prikkel aangezet worden op momenten waarop er genoeg nabije duurzame opwek is, waardoor geen congestie wordt veroorzaakt. |
| Netimpact: nieuwe aansluitingen | ± | Er is geen verschil ten opzichte van een elektrische boiler in combinatie met een gasketel of wkk. |
| Businesscase aangeslotenen | - | Een duurzaam alternatief vereist in de meeste gevallen een extra investering. Partijen investeren doorgaans in elektrische boilers om deze in te zetten op momenten met lage elektriciteitsprijzen. De drempel hiervoor wordt door deze eis sterk verhoogd. |
| Technisch potentieel | ± | Vrijwel overal technisch toepasbaar, hoewel een duurzaam alternatief wel voorzien moet worden van biomassa of een (op dit moment schaars) duurzaam gas. |
| Maatschappelijkekosteneffectiviteit | - | Als er toch extra geïnvesteerd moet worden, kan men beter voor een efficiëntere warmtepomp kiezen. |
| Hoeveelheid duurzame productie/ $CO_2$-reductie | + | Het volledige proces wordt bij deze investering emissiearm of -vrij. |
| Draagvlak stakeholders | - | Gegeven het effect op de businesscase, is deze laag. Daarnaast ziet men een elektrische boiler als snelle emissiereductie en mogelijkheid om ervaring op te doen met elektrificatie. Een duurzame back-up is een grote extra voorwaarde om dit te gaan doen. |
| Uitvoerbaarheid (belemmeringen/ snelheid implementatie en uitvoering SDE++) | + | De controle op aanwezigheid van de back-upinstallatie is uitvoerbaar. |
| Ruimtelijke impact | ± | Mogelijk meer ruimte nodig, al zal dit beperkt zijn en bij partijen achter de meter. |
| Overige maatschappelijke effecten | | Geen overige effecten. |

## 5.4 NFA- of CBC-verplichting

Net als bij zon- en windopwek kan een voorwaarde of categorie worden toegevoegd dat de elektrische boiler of warmtepomp met een flexibel contract wordt aangesloten. Dit heeft een verplichtend karakter: via een NFA of een CBC. Een partij kan dan bijvoorbeeld een elektrische boiler niet gebruiken tijdens piekmomenten in de avonduren. In Paragraaf 3.1 is een uitgebreidere beschrijving opgenomen van beide contractvormen en een beschouwing op een keuze tussen de twee. Hierna vatten we deze beschouwing samen.

Er zijn verschillende contractvormen denkbaar voor flexibel contractvermogen. Zo kan een deel van het benodigde vermogen voor de installatie vast (firm) zijn, en een ander deel flexibel (non-firm). Ook kan het gehele benodigde vermogen flexibel (non-firm) worden gecontracteerd. We bespreken beide varianten.

Qua contractvorm bestaat er de CBC, waarbij de netbeheerder een regeling treft met een gecontracteerde partij om capaciteit te beperken, en de NFA, waarbij een gecontracteerde partij toegang krijgt tot capaciteit op specifieke momenten. De werking van de CBC en NFA staan in het hoofdstuk over zon in meer detail omschreven. De netbeheerders hebben verschillende varianten voor NFA's voorgesteld, zoals het afspreken van tijdsblokken of een dynamische flexibiliteit op basis van beschikbaarheid (Netbeheer Nederland, 2023b).

Afhankelijk van het specifieke industriële proces zal een bepaald type NFA werkbaarder zijn voor de bedrijfsvoering. Een keuze tussen een NFA of CBC is een beleidskeuze die afhankelijk is van waar de kosten gelegd worden (bij NFA in de SDE++ en bij een CBC bij de netbeheerder), de beschikbaarheid van de contractvormen en de uitvoerbaarheid in de SDE++. Deze keuze wordt niet in deze studie gemaakt maar in onze ogen zijn beide mogelijk.

Het verschil tussen een gedeeltelijke of volledige NFA/CBC is ten opzichte van elektriciteitsopwekking meer contextspecifiek voor industriële warmte. Vaak zal de bestaande elektriciteitsaansluiting al worden gebruikt voor industriële processen en is het onwenselijk om ook deze processen te beperken met een flexibel contract. In gevallen waar de aansluiting voornamelijk voor een elektrische boiler wordt gebruikt, kan een volledig flexibel transportvermogen ook. De elektrische boiler wordt immers vaak voor 100% gebruikt voor het productieproces op momenten dat de elektriciteitsprijzen laag zijn. Dit ligt anders bij een warmtepomp, die vanuit economische argumenten (hoge investering, optimale efficiëntie) vaker in basislast draait. Technisch is een warmtepomp echter ook flexibel, en is een volledige of gedeeltelijke vermogensbeperking in te passen, indien het productieproces dat toelaat. In combinatie met de aanwezigheid van een warmtebuffer is er verder flexibiliteit mogelijk.

### 5.4.1 Uitwerking: NFA- of CBC-verplichting

De uitwerking in de SDE kan op eenzelfde manier als voor opwek met een productiebeperkingsstaffel. Afhankelijk van hoeveel de inzet van de verwarmingsinstallatie wordt beperkt, wordt middels een nacalculatie het subsidiebedrag vastgesteld.

De uitwerking met een CBC is vrij eenvoudig: er dient een contract opgesteld te worden met de netbeheerder en die dient de partij te volgen. Dit kan goed gecontroleerd worden door de overheid. Voor een NFA dient eerst deze contractvorm verder ontwikkeld te worden, wat naar verwachting eind 2023 zo zal zijn. De NFA resulteert in een wisselende beperking, wat het aantal vollasturen en de businesscase van de aangeslotenen raakt. Daarom is een uitwerking voorgesteld waarbij het basisbedrag afhangt van het aantal gerealiseerde vollasturen in het jaar. Dit voorstel is verder uitgewerkt in Paragraaf 3.1 over zon-pv. Met deze uitwerking heeft de projectontwikkelaar wel een zekere businesscase.

De uitvoering voor PBL/RVO van flexibel transportvermogen is waarschijnlijk ingewikkelder dan bij opwek. Met een netaansluiting van een fabriek worden immers ook andere processen voorzien. Bijvoorbeeld: wanneer een fabriek uitbreidt, kan het ingewikkeld worden om toe te zien of het transportvermogen volgens afspraak wordt gebruikt. Dit zou mogelijk met een aparte (virtuele) meter of aansluiting kunnen worden bijgehouden, maar ook hierop is toezicht nodig.

### 5.4.2 Beoordeling: NFA- of CBC-verplichting

We beoordelen deze maatregel apart voor elektrische boilers en warmtepompen:

- Groen voor elektrische boilers. In combinatie met een elektrische boiler kan de gelijktijdigheid tussen lage prijzen en netcongestie volledig worden afgestemd. Hoewel er minder emissies worden gereduceerd met één installatie, maakt dit het wel mogelijk dat er meerdere installaties kunnen worden geplaatst. De SDE subsidieert de kosten van het niet inzetten op momenten zonder transportvermogen, waardoor dit voor marktpartijen acceptabel zou moeten zijn.
- Oranje voor warmtepompen. Voor warmtepompen is een gedeeltelijke vermogensbeperking alleen logisch in combinatie met andere ingrepen, zoals warmtebuffer. Indien deze buffer een investering vergt die anders niet noodzakelijk was, zal dit de businesscase voor de warmtepomp doen verslechteren.

**Tabel 23 - Beoordeling: NFA- of CBC-verplichting voor industriële warmte**

| Criteria | | Beschrijving |
|---|---|---|
| Netimpact: netcongestie | + | Met een flexibel contract kan de netbeheerder lokale netcongestie managen. |
| Netimpact: nieuwe aansluitingen | ± | Er zullen door de maatregel niet minder nieuwe aansluitingen komen. |
| Businesscase aangeslotenen | ± | **Voor elektrische boilers:** De inzet van elektrische boilers is nu gebaseerd op elektriciteits-prijzen. Door toevoeging van NFA/CBC zou vermoedelijk op veel van de momenten dat prijzen laag zijn ook netcapaciteit beschikbaar zijn. Het beperkingseffect is daarom beperkt tot momenten waarop prijzen en lokale congestie niet in balans zijn, zoals op momenten met veel wind op zee en weinig elektriciteitsvraag. Daar staat wel tegenover dat de nettarieven met een NFA lager zijn dan met firm-vermogen, wat een kostenvoordeel brengt. |
| | - | **Voor warmtepompen:** Uren waarop geen vermogen beschikbaar is, zullen moeten worden overbrugd met een energiebuffer en/of afschalen van het proces. Afhankelijk van of dit mogelijk is, vormt deze voorwaarde een beperking. Zowel investering in een buffer als productiereductie hebben een negatief financieel gevolg, en dus verslechtert het de businesscase. |
| Technisch potentieel | + | Het merendeel van processen kan met flexibel transportvermogen omgaan door gebruik te maken van energiebuffers, energie-opwekking, een niet-elektrische back-upinstallatie, flexibiliteit in het proces en/of het tijdelijk afschalen van het proces. |
| Maatschappelijkekosteneffectiviteit | ± | De inzeturen van de verwarmingsinstallatie worden beperkt, waar-door de subsidie-intensiteit stijgt. Op momenten van capaciteits-beperking springt mogelijk een gasboiler bij. Daar staat tegenover dat door de beperking meer partijen kunnen elektrificeren, omdat het elektriciteitsnet effectiever wordt gebruikt. Hierdoor kunnen er meer emissies worden gereduceerd. |
| Hoeveelheid duurzame productie/ $CO_2$-reductie | ± | Zie maatschappelijkekosteneffectiviteit. |
| Draagvlak stakeholders | ± | Hoewel partijen liever niet beperkt worden, dekt de SDE de kosten en het kostenrisico grotendeels af. Daar staat tegenover dat partijen relatief vaker kunnen elektrificeren dan wanneer er geen tijdelijke contracten worden opgelegd. |
| Uitvoerbaarheid (belemmeringen/ snelheid implementatie en uitvoering SDE++) | - | De maatregel kan theoretisch gezien ingepast worden in de SDE++, al voegt het wel extra complexiteit toe. Het toezien op naleving van de voorwaarde ligt wel ingewikkeld en vergt additionele inspanning van RVO. Een CBC kan mogelijk eenvoudiger ingepast worden. |
| Ruimtelijke impact | | Geen effect verwacht. |
| Overige maatschappelijke effecten | | Geen effect verwacht. |

## 5.5 Realisatie met warmteopslag

Met warmteopslag kan een industrieel proces flexibeler en mogelijk efficiënter worden, doordat (rest)warmte beter kan worden benut. Het plaatsen van een elektrische boiler of (liever een) warmtepomp in combinatie met warmteopslag is zo'n mogelijkheid om flexibiliteit in te bouwen en daarmee de netimpact te verlagen.

### 5.5.1 Uitwerking: realisatie met warmteopslag

Er zijn veel verschillende vormen van warmteopslag voor industriële toepassingen, zoals in vaste stoffen en thermochemische materialen, of zoals vaker voorkomend in de bodem, warmwatertanks of een stoomnet (Ministerie van EZK, 2023). Een voorwaarde voor realisatie met warmteopslag zouden we technologieneutraal definiëren als een performance-eis in termen van uren thermische buffer. Dit brengt meerkosten met zich mee in een project. Hierin zal veel verschil bestaan: de hoogte van meerkosten zijn onder andere afhankelijk van de kwaliteit van de warmte en de gewenste omvang van de buffer. Voor zover bij ons bekend, is er op dit moment alleen via de EIA ondersteuning voor opslag van warmte, dan wel in de ondergrond (minimaal 30°C) of wanneer deze ten minste 400°C is (RVO, 2023).

Het meesubsidiëren van opslag voor elektrische boilers via de SDE++ is iets wat al op de SDE-groslijst van 2023 staat (PBL, 2023). PBL is momenteel bezig met onderzoek over het opnemen van warmteopslag in de businesscase. Daarin zijn het bepalen van het aantal vollasturen voor en de implementatievorm (losse of gecombineerde categorie) de belangrijkste discussiepunten. We zien ook potentieel bij warmtepompen, juist omdat die minder flexibel zijn, omdat ze vaak de primaire warmtebron voor een proces zijn.

Hoewel energieopslag het mogelijk maakt dat netcapaciteit beter wordt gebruikt, is het geen garantie dat dit ook daadwerkelijk gebeurt. Installatie-inzet op basis van lage elektriciteitsprijzen kan er nog steeds toe leiden dat er netcongestie wordt veroorzaakt.
Het handelingsperspectief van de eigenaar moet in lijn zijn met netcongestieproblematiek, bijvoorbeeld door energieopslag te combineren met flexibel contractvermogen (andere opties zijn ook mogelijk). Over het algemeen verwachten we dat warmteopslag vaker benut zal worden voor procesefficiëntie dan elektriciteitsopslag (volgende maatregel).

### 5.5.2 Beoordeling: realisatie met warmteopslag

Warmteopslag maakt flexibiliteit bij industriële processen extra mogelijk. Dit kan erin resulteren dat het energiesysteem efficiënter wordt, bijvoorbeeld door extra vraag op momenten met duurzame overschotten en minder vraag tijdens tekorten van duurzame elektriciteit. Daarnaast kan netcongestie voorkomen worden door warmte te gebruiken uit de warmteopslag op momenten van netcongestie.

We beoordelen deze maatregel als groen.

**Tabel 24 - Beoordeling: realisatie industriële warmte met warmteopslag**

| Criteria | | Beschrijving |
|---|---|---|
| Netimpact: netcongestie | ± | Warmteopslag kan lokale netcongestie verergeren als de verwarmingsinstallatie aanslaat op momenten van lage prijzen. Het handelingsperspectief van de eigenaar moet in lijn zijn met netcongestieprikkels om netcongestie te ontlasten. Er kan echter wel veel meer flexibiliteit ontwikkeld worden, wat nuttig ingezet kan worden om netcongestie te voorkomen. |
| Netimpact: nieuwe aansluitingen | ± | Geen impact op het aantal nieuwe aansluitingen. |
| Businesscase aangeslotenen | ± | Afhankelijk van of warmteopslag wordt gesubsidieerd middels de SDE++ of een ander instrument. |
| Technisch potentieel | + | Bij heel veel processen toepasbaar. |
| Maatschappelijkekosteneffectiviteit | + | Nieuwe verwarmingsinstallaties die gerealiseerd zijn in combinatie met warmteopslag maken efficiënter gebruik van energie en net-capaciteit. Mogelijk kunnen hierdoor op middelkorte termijn ook meer locaties elektrificeren. |
| Hoeveelheid duurzame productie/ $CO_2$-reductie | + | Zie maatschappelijkekosteneffectiviteit. |
| Draagvlak stakeholders | ± | Als algemene voorwaarde is dit mogelijk beperkend wanneer er geen fysieke ruimte is om opslag te realiseren in of rond een fabriekshal. Indien de ruimte wel beschikbaar is, blijft het draagvlak afhankelijk van subsidie. |
| Uitvoerbaarheid (belemmeringen/ snelheid implementatie en uitvoering SDE++) | + | Redelijk uitvoerbaar; een partij moet aantonen dat er bij de gesubsidieerde installatie een warmteopslag met bepaalde specificaties aanwezig is en deze gekoppeld is aan de warmtevraag in het proces. |
| Ruimtelijke impact | ± | Warmteopslag, afhankelijk van de techniek, omvang en fabrieks-locatie kunnen een negatieve ruimtelijke impact hebben op de locatie. Met warmteopslag zijn er minder kabels en transformators nodig, waardoor daar juist een positieve impact is. |
| Overige maatschappelijke effecten | | Geen overige effecten. |

## 5.6 Realisatie met elektriciteitsopslag

Met elektriciteitsopslag kan een warmtepomp of elektrische boiler onafhankelijk van beschikbaar transportvermogen voorzien in de vermogensvraag. Hiermee ontstaat flexibiliteit in de aansluiting, waarmee de netimpact kan worden verlaagd.

### 5.6.1 Uitwerking: realisatie met elektriciteitsopslag

Net als voor warmte zijn er meerdere mogelijke vormen van elektriciteitsopslag, waarvan bijvoorbeeld Li-ion batterijen en flowbatterijen geschikt zouden kunnen zijn in industriële setting (Ministerie van EZK, 2023). Net als voorgesteld voor ‘warmte’, zou de voorwaarde voor realisatie met elektriciteitsopslag technologieneutraal worden gedefinieerd met een bepaald vermogen en bepaalde capaciteitsverhouding ten opzichte van de installatie.

Zoals behandeld bij ‘warmte’ is het meesubsidiëren van opslag via de SDE++ iets wat al op de SDE-groslijst van 2023 staat (PBL, 2023). Ten opzichte van warmteopslag is de complexiteit van elektriciteitsopslag (in de vorm van batterijen) hoger, omdat er veel verschillende verdienmodellen mogelijk zijn. Het PBL heeft hierom eerder negatief geadviseerd over het opnemen van batterijen in de regeling.

### 5.6.2 Beoordeling: realisatie met elektriciteitsopslag

Elektriciteitsopslag kan een nuttige toevoeging zijn op een industrielocatie, maar de koppeling met de warmtevoorziening is vaak minder logisch dan bij warmteopslag. Elektriciteitsopslag is duurder dan warmteopslag, en warmteopslag kan vaak in het proces worden geïntegreerd, waar elektriciteit meestal eerst geconverteerd moet worden naar warmte, voordat het nuttig kan worden gebruikt. Daarnaast kan elektriciteitsopslag afhankelijk van de inzet van de opslag door de eigenaar (voor handelen op de elektriciteitsmarkt of voorzien in vermogensvraag) ook netcongestie verergeren. Mede door de verschillende mogelijke inzetstrategieën, is het generiek opnemen van de batterij in de SDE++-berekeningen erg complex. We beoordelen de maatregel daarom rood.

**Tabel 25 - Beoordeling: realisatie industriële warmte met elektriciteitsopslag**

| Criteria | | Beschrijving |
|---|---|---|
| Netimpact: netcongestie | ± | Een batterij kan lokale netcongestie verergeren als deze oplaadt op momenten van lage prijzen. Als deze wordt ingezet om vermogen te leveren op momenten zonder transportcapaciteit, kan deze congestieproblemen vermijden. Het handelingsperspectief van de eigenaar moet in lijn zijn met netcongestieprikkels om netcongestie te ontlasten. |
| Netimpact: nieuwe aansluitingen | | Geen impact op het aantal nieuwe aansluitingen. |
| Businesscase aangeslotenen | ± | Afhankelijk van of elektriciteitsopslag wordt gesubsidieerd middels de SDE++ of een ander instrument. |
| Technisch potentieel | + | Op veel locaties toepasbaar. |
| Maatschappelijke kosteneffectiviteit | - | Warmteopslag is in de meeste gevallen goedkoper dan elektriciteitsopslag en levert een vergelijkbare mate van flexibiliteit op. Indien een batterij alleen op momenten met goedkope elektriciteit wordt gebruikt, kan dit netcongestie verergeren. |
| Hoeveelheid duurzame productie/$CO_2$-reductie | + | Mogelijk kunnen hierdoor op middelkorte termijn ook meer locaties elektrificeren, en daarmee $CO_2$ reduceren. |
| Draagvlak stakeholders | ± | Elektriciteitsopslag heeft hogere investeringskosten dan warmteopslag en is daarmee minder logisch voor de sector. Indien de batterij gesubsidieerd wordt, is dit een minder groot probleem, aangezien het bedrijven ook in staat stelt om de batterij voor andere doeleinden in te zetten. |
| Uitvoerbaarheid (belemmeringen/ snelheid implementatie en uitvoering SDE++) | + | Praktisch redelijk uitvoerbaar, een partij moet aantonen dat er bij de gesubsidieerde installatie elektriciteitsopslag met bepaalde specificaties aanwezig is. Het definiëren van een representatieve referentiesituatie is door PBL eerder al negatief beoordeeld. |
| Ruimtelijke impact | | Waarschijnlijk geen grote impact. |
| Overige maatschappelijke effecten | ± | Batterijen gemaakt van schaarse grondstoffen kunnen vanuit maatschappelijk perspectief mogelijk beter elders worden ingezet wanneer een warmteopslag ook van toepassing zou kunnen zijn. |

## 5.7 Maatregelen met geen/beperkt potentieel

### 5.7.1 Zonder transportvermogen of bij bestaande afname

De netbeheerder realiseert geen nieuw transportvermogen voor de elektrificatie van industriële warmte. De subsidieaanvrager moet de inpassing van de installatie achter de aansluiting doen. Dat zou kunnen bij flexibele inzet in combinatie met eigen opwek en energieopslag, of in het geval dat er al voldoende transportvermogen beschikbaar is, op de aansluiting.

In de uitwerking wordt industriële warmte alleen door de SDE++ gesubsidieerd als daarvoor geen nieuw transportvermogen hoeft worden aangevraagd. RVO controleert dit met de netbeheerders. Dit zou als algemene voorwaarde of als aparte categorie kunnen worden opgenomen.

De vermogensvraag voor elektrificatie van industriële warmte is doorgaans zo groot dat dit niet achter een bestaande aansluiting is te realiseren. Er is vermoedelijk op erg weinig plekken genoeg transportvermogen beschikbaar om dit in te passen, en als dat er al was dan zouden deze gevallen al gebruik kunnen maken van de huidige SDE++.
Het achter de aansluiting oplossen door middel van flexibele inzet, opslag en opwek kan in specifieke casussen vermoedelijk wel, maar vergt grote inspanning van bedrijven en brengt bedrijfsrisico met zich mee. Dat maakt ook dat het investeringsrisico hoog wordt, waardoor bedrijven mogelijk afzien van investeren.

Ten slotte zijn er meestal andere elektriciteitsbehoeften achter de aansluiting dan proceswarmte. De toekomstige ontwikkeling hiervan wordt ook geraakt en beperkt door deze voorwaarde.

We beoordelen deze maatregel om bovenstaande punten rood.

### 5.7.2 Combinatie met opwek als voorwaarde

In deze voorwaarde wordt industriële warmte alleen door de SDE++ gesubsidieerd als achter dezelfde aansluiting een minimale hoeveelheid eigen opwek staat. Indien deze opwek gesubsidieerd is met de SDE, kan RVO dit controleren met haar eigen database. Zo niet, dan moet de subsidieaanvrager demonsteren dat de installatie er staat. De inzet zou kunnen worden beperkt tot de eigen opwek; in dat geval zou de uitwerking hetzelfde zijn als een situatie zonder transportvermogen. We bespreken de maatregel hier verder in de situatie dat er wel additioneel vermogen mag worden aangevraagd. Dit zou moeten worden beperkt doordat het vermogen van de opwekinstallatie een minimaal vermogen, verwachte jaaropwek of percentage eigen verbruik moet realiseren om gesubsidieerd te worden.

De prijs van elektriciteit voor het berekenen van het subsidiebedrag in deze variant wordt bijgesteld met een hoog percentage (of 100%) eigen verbruik (zoals dat voor zon reeds gebeurt in de regeling). Hierdoor daalt de onrendabele top van het project, en daarmee de beschikbaar gestelde subsidie. Wel zal het potentieel voor nieuwe verwarmingsinstallaties beperkt worden door de lokale potentie voor hernieuwbare opwek.

Deze maatregel maakt het in theorie mogelijk dat vraag en aanbod beter met elkaar zijn verbonden, waardoor er zowel minder afname- als invoedingcongestie voorkomt. Echter zal het opwekprofiel van de lokale opwek maar beperkt gelijktijdig zijn met de inzet van de verwarmingsinstallatie. Dat betekent dat de installatie op niet-gelijktijdige momenten gebruik moet maken van een netaansluiting.

Deze optie is mogelijk interessant in combinatie met cable pooling of meerdere energie-leveranciers op één aansluiting (MLOEA-concepten). De eis zou een prikkel kunnen zijn om energiehubs te stimuleren. Echter geeft de huidige SDE++-methodiek al ruimte en voordeel aan het combineren met afname bij opwek.

Ten slotte is qua uitvoering de controle van de beide installaties mogelijk een uitdaging. We beoordelen de maatregel rood.

# 6 Referenties


**Beurskens, L., Lemmens, J. & Van der Welle, A.,** 2022. *Fotovoltaïsche zonne-energie op een kleinere netaansluiting,* Den Haag: PBL.

**CE Delft,** 2021. *Elektrifricatie en Vraagprofiel 2030 - Rapport experttraject TenneT E-Top,* Delft: CE Delft.

**CE Delft,** 2023. *Beleid voor grootschalige batterijen en afnamenetcongestie*.

**Faasen, C. J., Franck, P. A. L. & Taris, A. M. H. W.,** 2014. *Handboek Risicozonering Windturbines,* Utrecht: RVO.

**Liander,** 2021. *Congestiegebied Zaandam West*, Liander, 30 augustus 2021.

**Ministerie van EZK,** 2020. Wet van 10 juni 2020 tot wijziging van de Elektriciteitswet 1998 en Gaswet (implementatie wijziging Gasrichtlijn en een aantal verordeningen op het gebied van elektriciteit en gas).

**Ministerie van EZK,** 2023. *Routekaart Energieopslag*.

**Netbeheer Nederland,** 2023a. *Capaciteitskaart invoeding elektriciteitsnet*, Netbeheer Nederland, https://capaciteitskaart.netbeheernederland.nl/.

**Netbeheer Nederland,** 2023b. *Position paper Alternatieve Transportrechten*, Netbeheer Nederland, https://www.netbeheernederland.nl/_upload/RadFiles/New/Documents/Position%20paper%20Alternatieve%20Transportrechten%20v1.0%20-%20augustus%202023.pdf.

**PBL,** 2020. *Conceptadvies SDE++ 2021,* Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving (PBL).

**PBL,** 2022a. *Eindadvies Basisbedragen SDE++ 2022,* Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving (PBL).

**PBL,** 2022b. *Subsidieregeling Coöperatieve Energieopwekking Eindadvies 2023*.

**PBL,** 2023. *Eindadvies basisbedragen SDE++*: PBL.

**PBL, TNO, DNV GL, Guidehouse & Witteveen & Bos,** 2021. *Eindadvies basisbedragen SDE++ 2021,* Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving (PBL).

**RVO,** 2016. Windmolens voor de industrie.

**RVO,** 2021. *Windsnelheid per gemeente SDE++ en SCE*, Rijksdienst voor Ondernemend Nederland (RVO), https://www.rvo.nl/sites/default/files/2021/02/Windkaart%20windsnelheid%20per%20gemeente%20versie%20februari%202021.pdf.

**RVO,** 2023. *Subsidies & Financiering, EIA, Opslag van overtollige warmte [W]*, Rijksdienst voor Ondernemend Nederland, https://data.rvo.nl/subsidies-regelingen/milieulijst-en-energielijst/eia/opslag-van-overtollige-warmte-w 31-8-2023.

**RVO,** lopend. *SDE++ Projecten in beheer*, 4 juli 2022 https://www.rvo.nl/subsidies-financiering/sde/feiten-en-cijfers.

**WES,** 2023. *WES WES250*, https://en.wind-turbine-models.com/turbines/923-wes-wes250#spareparts.

**WUR,** 2020. *Kansen voor kleine windturbines bij waterschappen*.