

Een nationaal doel voor energiebesparing en streefwaarden voor sectoren

TNO 2024 R10997 – 28 mei 2024

Een nationaal doel voor energiebesparing en streefwaarden voor sectoren

Auteurs	Marijke Menkveld, Joost van Stralen, Martin Scheepers, Joost Gerdes, met bijdragen van Sam Lamboo, Koen Smekens en Hein de Wilde
Rubricering rapport	TNO Publiek
Aantal pagina's	62 (excl. voor- en achterblad)
Aantal bijlagen	2
Opdrachtgever	Ministerie van EZK
Programmanaam	Kennis voor energiebeleid programma
Projectnaam	Subdoel energiebesparing
Projectnummer	060.52945

Alle rechten voorbehouden

Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van TNO.

© 2024 TNO

Samenvatting

Aanleiding

In 2023 heeft de Europese Commissie de Energy Efficiency Directive (EED) herzien, waarbij de energiebesparingsdoelen zijn aangescherpt. Artikel 4 uit de EED bevat een doelstelling voor besparing op het totale Europese energieverbruik in 2030 die moet worden behaald door bijdrages van de lidstaten. Het kabinet heeft ervoor gekozen om voor het realiseren van haar bijdrage aan artikel 4 van de EED een nationale besparingsdoelstelling vast te stellen met een doorvertaling naar streefwaarden per sector.

Het kabinet kiest ervoor om sterk in te zetten op energiebesparing. Energie die we niet gebruiken, hoeven we ook niet op te wekken, te betalen, te importeren of te transporteren. Energiebesparing draagt daardoor direct bij aan de betaalbaarheid, vermindert de behoefte (en houdt daarmee rekening met schaarste) aan duurzame energie in de transitie, vermindert onze afhankelijkheid van andere landen en beperkt de transportuitdagingen zoals netcongestie. Hierdoor zorgt energiebesparing er voor dat de uitdaging van de energietransitie kleiner wordt, evenals de impact van het energiesysteem op Nederland (zoals het ruimtebeslag) (Nationaal Plan Energiesysteem EZK, 2023).

Het ministerie van Economische Zaken en Klimaat (EZK) heeft TNO gevraagd wat de besparingsopgave uit de EED voor Nederland betekent, hoe deze besparingsopgave kosteneffectief over verschillende sectoren kan worden verdeeld en of er naast efficiencyverbetering ook andere mogelijkheden zijn om het energieverbruik te verminderen.

Onderzoeksvragen

In dit onderzoek richten we ons op de volgende onderzoeksvragen:

1. Hoeveel extra besparing is nodig om de EED-doelstelling uit artikel 4 voor vermindering van het energieverbruik in 2030 te realiseren bovenop de besparing die bij huidig beleid wordt verwacht?
2. Hoe kan deze besparingsopgave tegen zo laag mogelijke nationale kosten worden ingevuld en verdeeld over sectoren met energiebesparende maatregelen die de energie-efficiency verbeteren?
3. Wat zijn naast efficiencyverbetering andere mogelijkheden voor vermindering van het energieverbruik, via een andere invulling of vermindering van bepaalde activiteiten in sectoren?

Methode

Voor Nederland betekent artikel 4 uit de EED een doel om het finaal energieverbruik door eindgebruikers te verminderen naar 1609 PJ in 2030 en een streefwaarde voor vermindering van het totale primair energieverbruik naar 1935 PJ in 2030. Uit de vergelijking van de raming van het verwachte energieverbruik bij huidig beleid uit de Klimaat- en energieverkenning (KEV) 2023 met deze doelen uit de EED volgt de extra besparing die nodig is en die door aanvullend beleid zal moeten worden gerealiseerd.

Het finaal energieverbruik zoals gedefinieerd in de EED is het energieverbruik door eindverbruikers in de sectoren industrie, gebouwde omgeving, landbouw en mobiliteit inclusief de internationale luchtvaart. De omgevingswarmte die wordt gebruikt door warmtepompen wordt in de EED niet meegeteld in het finaal energieverbruik. Ook het non-

energetisch verbruik van energiedragers als grondstof in productieprocessen in de industrie wordt niet meegenomen. Het primair energieverbruik is het totaal energieverbruik en bestaat uit het finaal energieverbruik plus het eigen verbruik en de omzettings- en distributieverliezen in de energiesector. De energiesector bestaat uit de (centrale en decentrale) elektriciteitsproductie, raffinaderijen, cokesfabrieken, hoogovens, afvalverbrandingsinstallaties, olie- en gaswinning en stadsverwarming.

Voor de verdeling van de besparingsopgave naar sectoren zijn berekeningen met het OPERA-model gemaakt voor het zichtjaar 2030. Dit model berekent hoe het energiesysteem, de inzet van technologie en de bijbehorende energieverbruik en emissies eruit zouden kunnen zien, gegeven bepaalde doelen, tegen de laagst mogelijke nationale kosten. De doelen betreffen in dit onderzoek een combinatie van een klimaatdoel voor reductie van broeikasgassen en de doelen voor energiebesparing uit de EED. Voorafgaand aan de modelberekeningen is het beschikbare besparingspotentieel in 2030 per sector in het OPERA-model door TNO-experts bepaald. Het OPERA-model berekent welke energiebesparende maatregelen uit het beschikbare besparingspotentieel nodig zijn om de besparingsdoelen in combinatie met het klimaatdoel in 2030 te realiseren tegen de laagst mogelijke nationale kosten. De verdeling van het energieverbruik over sectoren is het resultaat van de modelberekening.

Omdat de doelstelling in de EED gericht is op vermindering van het energieverbruik, maar het OPERA-model hoofdzakelijk energie efficiency maatregelen meeneemt, hebben we ook een inventarisatie gemaakt van andere mogelijkheden voor energiebesparing, via een andere invulling of vermindering van activiteiten. De inventarisatie is gemaakt door sectorexperts van TNO.

In deze samenvatting presenteren we eerst de conclusies en aanbevelingen en daarna bespreken we de beantwoording per onderzoeksvraag.

Conclusies

Op basis van dit onderzoek trekken we de volgende conclusies:

1. Met het huidige beleid is de kans klein dat het EED-doel voor finaal energieverbruik van 1609 PJ in 2030 wordt gerealiseerd, omdat dit doel maar net binnen de bandbreedte van de KEV 2023-raming valt (1566 tot 1818 PJ). Het EED-doel voor primair energieverbruik van 1935 PJ in 2030 is buiten bereik, dit doel ligt buiten de bandbreedte van de KEV 2023 -raming (1951 tot 2323 PJ). Ten opzichte van het midden van de bandbreedte van de KEV 2023-raming is circa 83 PJ extra besparing op finaal energieverbruik en circa 202 PJ extra besparing op primair energieverbruik nodig om de EED-doelen te halen. Er is aanvullend beleid nodig om deze extra energiebesparing te realiseren.
2. Het EED-doel voor vermindering van finaal energieverbruik is wel haalbaar met het beschikbare besparingspotentieel van energiebesparende maatregelen zoals in dit onderzoek is bepaald (zie hoofdstuk 3). De toepassing van die maatregelen is ook nodig om de klimaatdoelstelling te realiseren. De verdeling van het beoogde finaal energieverbruik in 2030 over sectoren wordt daarom bepaald door de beoogde sectorale restemissies in het kader van de klimaatdoelstelling.
3. Het EED-doel voor vermindering van primair energieverbruik is ambitieuzer dan het doel voor vermindering van finaal energieverbruik in combinatie met de klimaatdoelstelling. Vanwege emissiereductie zullen elektrificatie, productie van biobrandstoffen en groen gas en CCS (CO₂-afvang en opslag) richting 2030 op grotere schaal worden toegepast. De conversieverliezen in de elektriciteitsproductie en industrie nemen daardoor toe en daarmee ook het totaal primair energieverbruik. Import van groene energiedragers kan

helpen het primair energieverbruik te verminderen, maar verschuift een deel van de opgave naar het buitenland.

4. Uit de inventarisatie blijkt dat er meer besparingspotentieel is dan alleen die van energie-efficiëntie maatregelen: er is ook een besparingspotentieel door verandering of vermindering van activiteiten. Het gaat dan bijvoorbeeld om het importeren van halffabricaten in industrie, of het beter inregelen van installaties in gebouwen. In de glastuinbouw kan meer besparing worden gerealiseerd door een andere teeltwijze, kortere teeltcycli en CO₂-levering of de keuze voor teelt van andere producten. In de sector mobiliteit kan wijziging van modal split (meer gebruik van fiets in plaats van auto en trein in plaats van vliegtuig), verjonging van het wagenpark, het sturen op auto's met een lager gewicht, 100 km per uur ook in avond en nacht op snelwegen en vermindering van het aantal vluchten het energieverbruik verminderen. De totale omvang van dat besparingspotentieel is in dit onderzoek niet precies becijferd. Ook hebben we niet in kaart gebracht welke (mogelijk ongewenste) gevolgen deze maatregelen kunnen hebben voor bijvoorbeeld de brede welvaart van bepaalde groepen in de samenleving.

Aanbevelingen

Op basis van dit onderzoek hebben we de volgende aanbevelingen geformuleerd:

1. Houd bij de verdeling van de doelstelling uit de EED voor finaal energieverbruik naar streefwaarden per sector rekening met het huidige energieverbruik per sector en de beoogde restemissies per sector vanwege het klimaatdoel. De streefwaarden voor finaal energieverbruik per sector kunnen worden gebaseerd op de berekeningsvariant 1 uit dit onderzoek (Tabel S.2).
2. Compenseer aan de voorkant voor mogelijke tegenvallers vanwege factoren als weer en energieprijzen met overprogrammering in beleid, bij voorkeur door beleid gericht op maatregelen die energieverbruik vermijden (zie aanbeveling 3).
3. Geef meer prioriteit aan emissiereductie-opties die energieverbruik vermijden, zodat klimaatbeleid en energiebesparing hand in hand gaan. Na-isolatie van bestaande woningen is een goed voorbeeld, maar ook besparing op warmte- of elektriciteitsvraag in glastuinbouw en industrie door efficiëntieverbetering in productieprocessen.
4. Zorg voor een goede monitoring van achterliggende trends die de ontwikkeling van het finaal en primair energieverbruik verklaren om tijdig te kunnen bijsturen en om een verklaring te kunnen geven voor een energieverbruik dat hoger ligt dan de doelstelling.

Samenvatting per onderzoeksvraag

Onderzoeksvraag 1 Hoeveel extra besparing is nodig?

De herziene EED verplicht lidstaten hun gezamenlijk finaal en primair energieverbruik te verminderen met 11,7 procent ten opzichte van de prognoses voor het energieverbruik in 2030 zoals die zijn bepaald in het zogeheten EU-referentiescenario uit 2020. De bijdrage van lidstaten aan het EED-doel voor de EU wordt door de EC berekend, waarbij rekening wordt gehouden met verschillen tussen lidstaten (early energy saving actions, BNP per hoofd van de bevolking, energie-intensiteit en kosteneffectief besparingspotentieel). Dit leidt tot een bovengrens voor het finaal en primair energieverbruik in 2030.

Op Europees niveau is het doel voor finaal energieverbruik bindend en levert iedere lidstaat een bijdrage. Op Europees niveau is het doel voor primair energieverbruik indicatief, maar lidstaten wordt wel gevraagd een streefwaarde te formuleren om een bijdrage aan dit doel te leveren en te rapporteren over hun voortgang.

Voor Nederland betekent artikel 4 uit de EED een doel om het finaal energieverbruik bij eindverbruikers te verminderen naar 1609 PJ in 2030 en een streefwaarde voor vermindering van het totale primair energieverbruik naar 1935 PJ in 2030. Uit de vergelijking van het verwachte energieverbruik in 2030 bij huidig beleid volgens de raming uit de Klimaat- en energieverkenning (KEV) 2023 met deze doelen uit de EED volgt de extra besparing die nodig is en die door aanvullend beleid zal moeten worden gerealiseerd.

Tabel S.1 geeft een vergelijking tussen deze EED-doelen en het verwachte energieverbruik uit de KEV2023-raming. Ter vergelijking staat ook het energieverbruik in de jaren 2020, 2021 en 2022 erbij. Het finaal en primair energieverbruik in 2023 is nog niet bekend. De verdeling van energieverbruik volgens EED-definitie naar klimaatkkoordsectoren in historische cijfers zal door CBS worden gemaakt in het kader van monitoring energiebesparing, maar is op dit moment nog niet beschikbaar.

Tabel S.1 Extra besparing nodig voor realisatie doelen vermindering finaal en primair energieverbruik EED in 2030 in vergelijking met het verwachte energieverbruik bij huidig beleid volgens de raming uit de Klimaat- en energieverkenning 2023 in PJ

	2020	2021	2022	KEV2023 raming voor 2030	Doel EED 2030	Extra besparing nodig voor realisatie doel EED t.o.v. midden bandbreedte KEV2023-raming
Finaal energieverbruik	1849	1895	1762	1566-1818	1609	ca. 83
Primair energieverbruik	2459	2555	2359	1951-2323	1935	ca. 202

In de KEV 2023-raming wordt een finaal energieverbruik verwacht dat in 2030 ligt tussen 1566 en 1818 PJ. Dat betekent dat het aangescherpte doel van 1609 PJ binnen de bandbreedte van de raming ligt, maar dat dit alleen haalbaar is als alles meezit, waaronder niet-stuurbare invloeden zoals energieprijzen en het weer. Ten opzichte van het midden van de bandbreedte is circa 83 PJ extra besparing nodig om het EED-doel voor finaal energieverbruik te realiseren. De KEV 2023-raming verwacht voor 2030 een primair

energieverbruik tussen 1951 en 2323 PJ. Dat betekent dat het aangescherpte besparingsdoel voor primair energieverbruik buiten de bandbreedte ligt. Ten opzichte van het midden van de bandbreedte is circa 202 PJ extra besparing nodig om het EED-doel voor primair energieverbruik te realiseren.

De bandbreedte uit de KEV 2023 geeft de onzekerheid in de raming weer, wat betekent dat de extra besparing ook groter of kleiner zou kunnen zijn wanneer we de EED doelen met de boven- of onderkant van de bandbreedte van de KEV-raming zouden vergelijken. Door de EED-doelen te vergelijken met het midden van de bandbreedte uit de KEV-raming geven we een inschatting van orde grootte van de besparingsopgave.

Onderzoeksvraag 2: Verdeling doelstelling finaal energieverbruik naar sectoren

Voor de verdeling van de besparingsopgave naar sectoren zijn berekeningen met het OPERA-model gemaakt voor het zichtjaar 2030. Dit model berekent hoe het energiesysteem, de inzet van technologie en de bijbehorende energieverbruik en emissies eruit zouden kunnen zien, gegeven bepaalde doelen, tegen de laagst mogelijke nationale kosten. De doelen betreffen in dit onderzoek een combinatie van doelen voor reductie van broeikasgassen en doelen voor energiebesparing. Voor het klimaatdoel wordt de beoogde restemissie per sector in 2030 uit de klimaatnota aan het OPERA-model als randvoorwaarde aan het OPERA-model meegegeven en wordt de beoogde sector overschrijdende emissiereductie verdeeld naar sectoren.

Voor de besparingsdoelen zijn drie berekeningsvarianten uitgewerkt:

1. Sturen op vermindering finaal energieverbruik: Bij deze minimale variant wordt exact gestuurd op het doel uit de EED voor finaal energieverbruik. Er wordt geen rekening gehouden met de gevolgen voor het primair energieverbruik. We noemen deze variant **1 EED-doel finaal energieverbruik**.
2. Sturen op finaal doel inclusief maatregelen om primair energieverbruik te beperken. In deze variant wordt gestuurd op het finale doel. Dit doel wordt opgehoogd door in kaart te brengen wat er finaal moet worden bespaard om ook het ambitieuzere primaire gebruiksdoel uit de EED te halen. We noemen deze variant **2 EED-doel primair energieverbruik**.
3. Een doel voor vermindering van finaal energieverbruik dat 5% lager is dan het door de EED voorgeschreven maximum aantal PJ finaal in 2030. Het doel daarvan is het verkrijgen van inzicht in opties voor overprogrammering van beleid zodat ook als niet alles meezit het EED-doel kan worden gerealiseerd. We noemen deze variant **3 5% lager finaal energieverbruik dan EED doel**.

Ter vergelijking is ook een variant met alleen een klimaatdoel, zonder besparingsdoelen doorgerekend, we noemen deze variant **0 Alleen klimaatdoel**. Ook voor het behalen van het klimaatdoel in 2030 zal energiebesparing nodig zijn. Uit de vergelijking met deze variant kunnen conclusies worden getrokken welk deel van de toepassing van besparingsmaatregelen toch al nodig is voor de klimaatdoelstelling.

Voorafgaand aan de modelberekeningen is het beschikbare besparingspotentieel in 2030 per sector in het OPERA-model door TNO-experts bepaald en besproken met de verschillende beleidsdepartementen. Het OPERA-model berekent welke energiebesparende maatregelen uit het beschikbare besparingspotentieel nodig zijn om de besparingsdoelen in combinatie met het klimaatdoel in 2030 te realiseren tegen de laagst mogelijke nationale kosten. De verdeling van het energieverbruik over sectoren is het resultaat van de modelberekening. In tabel S.2 schetsen we de resultaten voor de verdeling van het finaal energieverbruik naar sectoren voor de verschillende berekeningsvarianten.

Tabel S.2 Finaal energieverbruik per sector in 2030 in PJ in verschillende berekeningsvarianten

Sector	OPERA- berekening variant 0 Alleen een klimaatdoel	OPERA- berekening variant 1 Doel EED finaal energieverbruik	OPERA- berekening variant 2 Doel EED primair energieverbruik	OPERA- berekening variant 3 5% lager finaal energieverbruik dan doel EED
Industrie	485	479	468	438
Gebouwde omgeving	476	476	467	476
Landbouw	93	93	80	84
Mobiliteit	561	561	539	541
Extra besparing t.o.v. beschikbaar potentieel in OPERA-model	0	0	-10	-10
Totaal finaal energieverbruik	1615	1609	1543	1529
Doel EED-finaal energieverbruik	1609			

Vermindering finaal energieverbruik haalbaar met beschikbare besparingspotentieel

De berekeningsvariant 1 **EED doel finaal energieverbruik** laat zien dat het doel uit de EED voor vermindering van het finaal energieverbruik naar 1609 PJ in 2030 haalbaar is met het beschikbare besparingspotentieel zoals in dit onderzoek door TNO -experts is bepaald. Belangrijke besparingsopties zijn: zuinig stoken, na-isolatie, warmtepompen, elektrische auto's, minder autorijden, warmte- en elektriciteitsbesparing in de industrie en glastuinbouw en recycling van plastics. Om dat besparingspotentieel te kunnen realiseren zal naar verwachting wel aanvullend beleid nodig zijn.

Realisatie van het EED-doel voor vermindering van het primair energieverbruik in berekeningsvariant 2 vereist ook een verdere vermindering van finaal energieverbruik met dezelfde opties en extra inzet van warmtepompen in de gebouwde omgeving

Verdeling finaal energieverbruik over sectoren wordt bepaald door beoogde restemissie

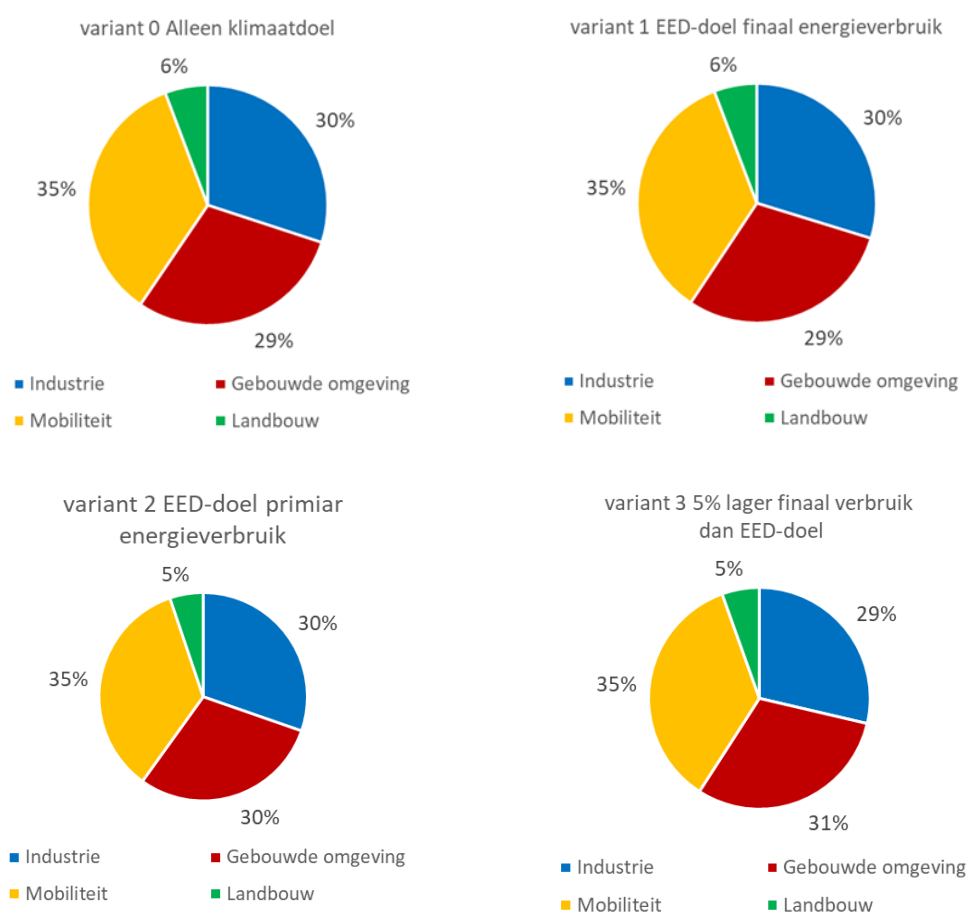
In berekeningsvariant 0 **Alleen klimaatdoel** komen we uit op een finaal energieverbruik dat bijna gelijk is aan het EED-doel voor vermindering van finaal energieverbruik. Ook de klimaatdoelstelling vereist de toepassing van energiebesparende maatregelen en die maatregelen zijn bijna voldoende om het EED-doel voor vermindering van finaal energieverbruik te realiseren. Hoewel het totale finaal energieverbruik in de verschillende berekeningsvarianten varieert, blijft de verdeling over sectoren nagenoeg gelijk. In berekeningsvariant 1 **EED-doel finaal energieverbruik** gaat 30% van het energieverbruik naar de industrie, 29% naar gebouwde omgeving, 35% naar mobiliteit en 6% naar landbouw. In de andere berekeningsvarianten is dat soms een procent meer of minder (zie Figuur S.1). Hieruit maken we op dat de verdeling van het doel voor finaal energieverbruik voornamelijk wordt bepaald door de klimaatdoelstelling en beoogde restemissie per sector.

Overprogrammering vereist extra besparingspotentieel

Wanneer besloten wordt om met het beleid te streven naar verdere vermindering van finaal energieverbruik om ook als niet alles meezit het EED-doel te realiseren, is meer besparingspotentieel nodig (variant 3 **5% lager finaal energieverbruik dan doel EED**). Bij een streven naar een finaal energieverbruik dat 5% lager is dan het EED-doel van 1609 PJ is

80 PJ meer energiebesparing nodig dan bij streven naar het EED-doel. De modelberekening laat zien dat voor deze extra energiebesparing voor een groot deel nog ruimte is binnen het beschikbare besparingspotentieel in 2030. Voor een klein deel van die extra besparing kiest het OPERA model voor relatief dure opties zoals het grootschalig elektrificeren van binnenvaartschepen. We denken dat het logischer is om voor circa 10 PJ besparing (van de 80 PJ extra besparing) te zoeken naar andere, goedkopere besparingsopties die niet in het beschikbare besparingspotentieel in het OPERA model zijn meegenomen. Daarbij kan gedacht worden aan besparingsmaatregelen door een andere invulling van of een vermindering van bepaalde activiteiten in verschillende sectoren (zie resultaat onderzoeksvraag 3). In Tabel s.2 is deze 10 PJ besparing vermeld als “extra besparing t.o.v. beschikbaar potentieel in OPERA-model”, we hebben deze extra besparing niet toebedeeld aan een specifieke sector.

In berekeningsvariant 3 wordt in alle sectoren meer besparingsmaatregelen toegepast dan in berekeningsvariant 1. Het betreft dezelfde besparingsopties als in variant 1, maar voor een groter deel van het potentieel. Het gaat om meer inzet van warmtepompen in de industrie, meer warmtebesparing door isolerende schermen in de glastuinbouw en elektriciteitsbesparing door LED belichting in de glastuinbouw en meer elektrische auto's in de mobiliteit. Daarnaast wordt in variant 3 minder CCS (CO₂-afvang en opslag) bij eindverbruikers in de industrie ingezet dan in variant 1.



Figuur S.1: Verdeling finaal energieverbruik 2030 naar sectoren in verschillende berekeningsvarianten

Primair energieverbruik is hoger dan EED-doel

Tabel S.3 laat het door het OPERA-model berekende primair energieverbruik zien uitgesplitst naar sectoren. Als resultaat van de OPERA-berekening variant **1 EED-doel finaal energieverbruik**, komt het totaal primair energieverbruik circa 200 PJ hoger uit dan het EED-doel voor primair energieverbruik. Dit komt onder andere doordat er elektrificatie wordt ingezet. Dit zorgt voor een lager finaal energieverbruik, maar leidt tot hogere omzettingsverliezen in de sector elektriciteit, doordat de hogere elektriciteitsvraag niet alleen met zonnepanelen en windenergie, maar deels ook met fossiele elektriciteitscentrales moet worden geproduceerd. De groei van hernieuwbare elektriciteitsproductie benut het potentieel van zonnepanelen en windenergie in 2030 maximaal en kan de groei van de elektriciteitsvraag niet bijbenen. Daarnaast leiden CCS (CO₂-afvang en opslag) en de productie van groen gas en biobrandstoffen (die worden ingezet voor reductie van broeikasgassen) tot hogere omzettingsverliezen. Tabel S.4 laat het primair energieverbruik zien uitgesplitst naar finaal eindverbruik plus omzettingsverliezen in de energiesector. In deze tabel laten we zien dat een lager finaal energieverbruik in de berekeningsvarianten 1 en 3 (ten opzichte van berekeningsvariant 0 met alleen een klimaatdoel) deels wordt gecompenseerd door hogere omzettingsverliezen, waardoor het primair energieverbruik uiteindelijk hoger is dan het EED-doel.

Er is voorberekeningsvariant 2, die gericht is op realisatie van het EED-doel voor primair energieverbruik, een berekening met het OPERA-model gemaakt met een halvering van de export van elektriciteit, verdubbeling van de import van biobrandstoffen, 20 PJ import van groene waterstof en halvering van de productie van groen gas om daarmee conversieverliezen te verminderen en zo het doel van minder primair energieverbruik wel te kunnen realiseren. Maar sturen op vermindering van export van elektriciteit is in een vrije elektriciteitsmarkt onmogelijk en met het sturen op meer import van groene energiedragers verschuift de opgave naar het buitenland. Toch is deze berekening gemaakt om beleidsmakers inzicht te geven in wat er nodig is om het EED-doel voor vermindering van primair energieverbruik te realiseren.

Tabel S.3 Primair energieverbruik per sector in 2030 in PJ

Sector	OPERA-berekening Variant 0 Alleen een klimaatdoel	OPERA-berekening Variant 1 Doel EED finaal energieverbruik	OPERA-berekening Variant 2 Doel EED primair energieverbruik	OPERA-berekening Variant 3 5% lager finaal verbruik dan doel EED
Industrie	880	881	777	858
Gebouwde omgeving	476	476	467	476
Landbouw	97	97	83	87
Mobiliteit	561	561	539	541
Elektriciteit	134	138	79	153
Extra besparing t.o.v. beschikbaar potentieel in OPERA-model			-10	-10
Totaal primair energieverbruik	2148	2152	1935	2104
Doel EED primair energieverbruik	1935			

Tabel S.4 Primair energieverbruik in 2030 in PJ eindverbruik en energiesector

	OPERA-berekening Variant 0 Alleen een klimaatdoel	OPERA-berekening Variant 1 Doel EED finaal energieverbruik	OPERA-berekening Variant 2 Doel EED primair energieverbruik	OPERA-berekening Variant 3 5% lager finaal verbruik dan doel EED
Finaal energieverbruik	1615	1609	1543	1529
Eigen verbruik, distributie en omzettingsverliezen energiesector	533	543	392	576
Totaal primair energieverbruik	2148	2152	1935	2104
Doel EED primair energieverbruik	1935			

Onderzoeksvraag 3: Besparingspotentieel door vermindering of een andere invulling van activiteiten

Omdat de doelstelling in de EED gericht is op vermindering van het energieverbruik, maar het OPERA model hoofdzakelijk efficiency maatregelen meeneemt, hebben we ook een inventarisatie gemaakt van andere mogelijkheden voor energiebesparing, via een andere invulling of vermindering van activiteiten. De inventarisatie is gemaakt door sectorexperts van TNO.

In de industrie gaat het dan om het importeren van halffabricaten of een scenario waarin sommige energie-intensieve industrie in Nederland verdwijnt. In de gebouwde omgeving kan worden bespaard door beter benutten van bestaande woningen en gebouwen via woningdelen of multifunctioneel gebruik, de bouw van kleinere gestapelde woningen en het beter inregelen van installaties voor verwarming, koeling, ventilatie en verlichting. In de glastuinbouw kan meer besparing worden gerealiseerd door een andere teeltwijze, kortere teeltcycli en CO₂-levering of de keuze voor teelt van andere producten. In de sector mobiliteit kan wijziging van modal split (meer gebruik van fiets in plaats van auto en trein in plaats van vliegtuig), verjonging van het wagenpark, het sturen op auto's met een lager gewicht, 100 km per uur ook in avond en nacht op snelwegen en vermindering van het aantal vluchten het energieverbruik verminderen.

De inventarisatie laat zien dat er in alle sectoren meer mogelijkheden zijn om energie te besparen dan alleen energie-efficiëntie maatregelen. De totale omvang van dat besparingspotentieel is in dit onderzoek niet precies becijferd. Ook hebben we niet in kaart gebracht welke (mogelijk ongewenste) gevolgen deze maatregelen kunnen hebben voor bijvoorbeeld de brede welvaart van bepaalde groepen in de samenleving.

Inhoudsopgave

Samenvatting.....	3
Inhoudsopgave.....	3
1 Inleiding.....	4
1.1 Aanleiding.....	4
1.2 Onderzoeksvragen.....	4
1.3 Methode.....	5
1.4 Leeswijzer.....	7
2 EED-doel en restopgave.....	8
3 Verdeling EED-doelen naar sectoren.....	10
3.1 Werkwijze en berekeningsvarianten.....	10
3.2 Beschikbaar besparingspotentieel in 2030.....	12
3.3 Resultaten berekeningen met het OPERA-model.....	17
3.4 Resultaten berekeningen per sector.....	23
3.4.1 Industrie.....	23
3.4.2 Gebouwde omgeving.....	27
3.4.3 Landbouw.....	30
3.4.4 Mobiliteit.....	32
3.4.5 Sector elektriciteit.....	34
4 Een andere invulling of vermindering van activiteiten.....	36
5 Conclusies en aanbevelingen.....	40
Referenties.....	45
Bijlagen	
Bijlage A: Bijdrage Nederland EED artikel 4	55
Bijlage B: Welk energieverbruik delen we toe aan welke sector?	58

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

In 2023 heeft de Europese Commissie de Energy Efficiency Directive (EED) herzien, waarbij de energiebesparingsdoelen zijn aangescherpt. (EC, 2023). Artikel 4 uit de EED bevat een doelstelling voor besparing op het totale Europese energieverbruik in 2030 die moet worden behaald door bijdrages van de lidstaten. De herziene EED verplicht lidstaten hun gezamenlijk finaal en primair energieverbruik te verminderen met 11,7 procent ten opzichte van de prognoses voor het energieverbruik in 2030 zoals die zijn bepaald in het EU-referentiescenario uit 2020 (EC 2020).

In april 2023 heeft het kabinet in de voorjaarsnota 2023 (EZK, 2023) een aanvullend pakket maatregelen voor klimaatbeleid gepresenteerd. De vraag is of het huidige beleid inclusief dat aanvullend beleidspakket voldoende is om ook de EED-doelstelling uit artikel 4 voor het verminderen van energieverbruik te realiseren.

Het kabinet wil de EED-doelen vertalen naar een nationaal doel voor energiebesparing en sectorale streefwaarden voor vermindering van het energieverbruik per sector, gelijk aan de klimaatakkoord sectoren. Daartoe heeft EZK een proces ingericht met een werkgroep en stuurgroep met vertegenwoordigers van de verantwoordelijke beleidsdepartementen en een overleg met stakeholders.

TNO heeft door middel van berekeningen met het OPERA-model onderzoek gedaan naar een verdeling van de besparingsopgave over de sectoren tegen de laagst mogelijke nationale kosten. Het OPERA-model neemt daarbij de ontwikkeling van economische activiteiten richting 2030 uit de KEV 2022-raming (KEV 2022) als uitgangspunt. Omdat de doelstelling in de EED gericht is op vermindering van het energieverbruik, maar het OPERA-model hoofdzakelijk efficiëntie maatregelen meeneemt, heeft EZK TNO ook gevraagd een inventarisatie te maken van andere mogelijkheden om het energieverbruik te verminderen, via een andere invulling of vermindering van activiteiten. Het gaat dan bijvoorbeeld om meer gebruik van fiets en trein in plaats van auto en vliegtuig.

1.2 Onderzoeksvragen

We richten ons in dit onderzoek op de volgende onderzoeksvragen:

1. Hoeveel extra besparing is nodig om de EED-doelstelling uit artikel 4 voor vermindering van het energieverbruik in 2030 te realiseren bovenop de besparing die bij huidig beleid wordt verwacht?
2. Hoe kan deze besparingsopgave tegen zo laag mogelijke nationale kosten worden ingevuld en verdeeld over sectoren met energiebesparende maatregelen die de energie-efficiency verbeteren?
3. Wat zijn naast efficiencyverbetering andere mogelijkheden voor vermindering van het energieverbruik, via een andere invulling of vermindering van bepaalde activiteiten?

1.3 Methode

Restopgave

De verbruiksdoelen voor finaal en primair energieverbruik voor de Europese Unie als geheel worden berekend door zowel het finaal als het primair energieverbruik in 2030, zoals geraamd in het EU-referentiescenario, met 11,7 procent te verlagen. Voor lidstaten geldt een aangepaste methode, omdat rekening wordt gehouden met verschillen tussen de lidstaten ten aanzien van al gerealiseerde energiebesparing, het bruto nationaal product per hoofd van de bevolking, energie-intensiteit en het kosteneffectief besparingspotentieel. Dit leidt tot een bovengrens voor het finaal en primair energieverbruik van Nederland in 2030. TNO heeft de berekening van de Europese Commissie voor Nederland nagerekend.

Door deze bovengrens te vergelijken met de raming van het energieverbruik inclusief het aanvullend klimaatbeleidspakket uit de voorjaarsnota 2023 uit de KEV 2023 is de restopgave berekend.

Finaal en primair energieverbruik

Het finaal energieverbruik zoals gedefinieerd in de EED is het energieverbruik door eindverbruikers in de sectoren industrie, gebouwde omgeving, landbouw en mobiliteit inclusief de internationale luchtvaart. Verliezen door energieomzettingen in deze sectoren (veelal WKK) vallen buiten het finaal verbruik. De omgevingswarmte die wordt gebruikt door warmtepompen wordt in de EED niet meegeteld in het finaal energieverbruik. Ook het non-energetisch verbruik van energiedragers als grondstof in productieprocessen in de industrie wordt niet meegenomen. Het primair energieverbruik zoals gedefinieerd in de EED bestaat uit het finaal energieverbruik plus het eigen verbruik en omzettings- en distributieverliezen van wat Eurostat “energiesector” noemt. De energiesector bestaat uit de (centrale en decentrale) elektriciteitsproductie, raffinaderijen, cokesfabrieken, hoogovens, afvalverbrandingsinstallaties, olie- en gaswinning en stadsverwarming. Ook de omzettingsverliezen van verkochte elektriciteit en warmte uit decentrale WKK-installaties in de industrie en landbouw worden alleen in het primair energieverbruik meegenomen en niet in het finaal energieverbruik.

Verdeling besparingsopgave naar sectoren

Bij de verdeling van de besparingsopgave over sectoren is van belang welk energieverbruik meetelt bij welke sector. De EED geeft een definitie van het energieverbruik dat meetelt voor het totale finaal en primair energieverbruik op nationaal niveau. De toedeling naar sectoren is een eigen keuze. EZK heeft TNO gevraagd een toedeling van het energieverbruik te maken, die zoveel mogelijk gelijk is aan de toedeling van broeikasgasemissies naar klimaatkoördinatie sectoren, zodat departementen voor energiebesparing verantwoordelijk zijn voor dezelfde activiteiten als in het klimaatbeleid. Bijlage B geeft een beschrijving van welk energieverbruik meetelt bij welke sector.

Voor de verdeling van de besparingsopgave naar sectoren zijn berekeningen met het OPERA-model gemaakt voor het zichtjaar 2030. Dit model berekent hoe het energiesysteem, de inzet van technologie en de bijbehorende energieverbruik en emissies eruit zouden kunnen zien, gegeven bepaalde doelen en randvoorwaarden, tegen de laagst mogelijke nationale kosten.

De doelen betreffen in dit onderzoek een combinatie van doelen voor reductie van broeikasgassen en doelen voor energiebesparing.

Voor het klimaatdoel wordt de beoogde restemissie per sector in 2030 uit de klimaatnota aan het OPERA-model als randvoorwaarde aan het OPERA-model meegegeven en wordt de beoogde sector overschrijdende emissiereductie verdeeld naar sectoren.

Voor de besparingsdoelen zijn drie berekeningsvarianten uitgewerkt:

1. Sturen op vermindering finaal energieverbruik: Bij deze minimale variant wordt exact gestuurd op het doel uit de EED voor finaal energieverbruik. Er wordt geen rekening gehouden met de gevolgen voor het primair energieverbruik. We noemen deze variant 1 **EED-doel finaal energieverbruik**.
2. Sturen op finaal doel inclusief maatregelen om primair energieverbruik te beperken. In deze variant wordt gestuurd op het finale doel. Dit doel wordt opgehoogd door in kaart te brengen wat er finaal moet worden bespaard om ook het ambitieuzere primaire gebruiksdoel uit de EED te halen. We noemen deze variant 2 **EED-doel primair energieverbruik**.
3. Een doel voor vermindering van finaal energieverbruik dat 5% lager is dan het door de EED voorgeschreven maximum aantal PJ finaal in 2030. Het doel daarvan is het verkrijgen van inzicht in opties voor overprogrammering van beleid zodat ook als niet alles meezit het EED-doel kan worden gerealiseerd. We noemen deze variant 3 **5% lager finaal verbruik dan EED doel**.

Ter vergelijking is ook een variant met alleen een klimaatdoel, zonder besparingsdoelen doorgerekend, we noemen deze variant 0 **Alleen klimaatdoel**. Uit de vergelijking met deze variant kunnen conclusies worden getrokken welk deel van de toepassing van besparingsmaatregelen toch al nodig is voor de klimaatdoelstelling.

Het resultaat van de berekeningen is een verdeling van het energieverbruik over sectoren. Om de resultaten te kunnen duiden, vergelijken we de verdeling met de resultaten uit de KEV ramingen. We gebruiken bij die vergelijking zowel de ramingen uit de KEV 2022 als die uit de KEV 2023. In de KEV 2023 is alleen het effect van aanvullend beleid ten opzichte van de KEV 2022 ingeschat en dit levert alleen een bandbreedte voor het verwachte energieverbruik per sector in 2030 op. De KEV 2022 was een volledige integrale doorrekening en geeft ook een verdeling van energieverbruik naar energiedragers per sector.

OPERA-model

Het OPERA-model beschrijft het volledige Nederlandse energiesysteem: het energetisch verbruik van energiedragers in de sectoren energieproductie, industrie, transport, gebouwde omgeving, agrarische sector, bunkerbrandstoffen voor internationale lucht- en scheepvaart, het niet-energetisch gebruik van koolwaterstoffen en alle broeikasgasemissies (ook niet-CO₂ broeikasgassen), inclusief de emissies door landgebruik. Het model houdt rekening met de samenhang tussen energieverbruik en broeikasgasemissies en de relatie tussen het finaal energieverbruik van eindgebruikers en het primair energieverbruik van het totale energiesysteem. OPERA houdt rekening met energie-uitwisseling met het buitenland, met uurgebaseerde profielen voor vraag en aanbod van energie en er wordt rekening gehouden met infrastructuurbepkeringen in energietransport tussen verschillende regio's in Nederland. Zie voor een uitgebreidere beschrijving van het OPERA-model Scheepers et al., 2020 en <https://www.pbl.nl/modellen/opera>.

Vermindering energieverbruik door vermindering of andere invulling activiteiten

Het overzicht van de mogelijkheden voor vermindering van het energieverbruik door vermindering van of een andere invulling van activiteiten in verschillende sectoren is gemaakt door sectorexperts van TNO en met departementen besproken.

1.4 Leeswijzer

In dit rapport schetsen we in Hoofdstuk 2 eerst de doelen voor Nederland in het kader van artikel 4 uit de EED voor vermindering van finaal en primair energieverbruik en de restopgave bij huidig beleid. Vervolgens beschrijven we in Hoofdstuk 3 de berekeningen met het OPERA-model voor een verdeling van de EED-doelen over sectoren. Daarna benoemen we in Hoofdstuk 4 de mogelijkheden voor energiebesparing door een andere invulling van of minder activiteiten in verschillende sectoren. Tot slot formuleren we in Hoofdstuk 5 de conclusies en aanbevelingen van dit onderzoek.

2 EED-doel en restopgave

In dit hoofdstuk schetsen we de vertaling van het EED-doel naar streefwaarden voor vermindering van het energieverbruik in Nederland en vergelijken die met de raming uit de Klimaat en energieverkenning 2023 om de restopgave te berekenen.

De verbruiksdoelen voor finaal en primair energieverbruik voor de EU27 als geheel worden berekend door zowel het finaal als het primair energieverbruik in 2030, zoals geraamd in het Referentiescenario 2020, met 11,7% te verlagen. Eind 2023 is dit EU-referentiescenario nog herzien; maar lidstaten mogen kiezen of ze het oude of nieuwe scenario willen gebruiken. Nederland heeft gekozen voor gebruik van het Referentiescenario uit 2020.

Voor lidstaten geldt een aangepaste methode, omdat rekening wordt gehouden met verschillen tussen de lidstaten (early energy saving actions, BNP per hoofd van de bevolking, energie-intensiteit en kosteneffectief besparingspotentieel). Bijlage A beschrijft deze methode. Dit vertaalt zich in een bovengrens voor het finaal energieverbruik van Nederland van 1.609 PJ in 2030 en een bovengrens voor primair energieverbruik van 1.935 PJ in 2030. Op Europees niveau is het doel voor finaal energieverbruik bindend en levert ieder lidstaat een bijdrage. Op Europees niveau is het doel voor primair energieverbruik indicatief, maar lidstaten wordt wel gevraagd een streefwaarde te formuleren om een bijdrage aan dit doel te leveren en te rapporteren over hun voortgang.

Tabel 2.1 geeft een vergelijking tussen deze EED-doelen en het verwachte energieverbruik uit de KEV2023-raming. Ter vergelijking staat ook het energieverbruik in de jaren 2020, 2021 en 2022 erbij.

Het finaal energieverbruik daalde van 1.895 PJ in 2021 naar 1.762 PJ in 2022. In 2020 was het finaal energieverbruik 1849 PJ, lager dan in 2021 door de gevolgen van de Corona pandemie (Eurostat, 2024). Het finaal energieverbruik in 2023 is nog niet bekend. In de KEV 2023 wordt met de klimaatplannen uit het voorjaarspakket 2023, waarvan een effectinschatting kon worden gemaakt, een finaal energieverbruik verwacht van 1.566 tot 1.818 PJ in 2030. Dat betekent dat het aangescherpte doel van 1.609 PJ binnen de bandbreedte van de raming ligt, maar dat dit alleen haalbaar is als alles meezit, waaronder niet-stuurbare invloeden zoals energieprijzen en het weer. Ten opzichte van het midden van de bandbreedte is circa 83 PJ extra besparing nodig om het EED-doel voor finaal verbruik te realiseren.

Het primair energieverbruik daalde ook van 2.555 PJ in 2021 naar 2.359 PJ in 2022. Het primair energieverbruik in 2020 was 2459 PJ, ook lager dan in 2021. (TNO berekening op basis van Eurostat data). Het primair energieverbruik in 2023 is nog niet bekend. In de KEV 2023-raming wordt een primair energieverbruik verwacht van 1.951 tot 2.323 PJ in 2030. Dat betekent dat het aangescherpte besparingsdoel voor primair energieverbruik buiten de bandbreedte ligt. Door extra klimaatplannen groeit het elektriciteitsverbruik harder, dan de groei van hernieuwbare elektriciteitsproductie kan bijbenen. Daarom moeten gascentrales vaker worden ingezet en nemen de omzettingsverliezen in de energiesector toe en daarmee het primair energieverbruik. Ten opzichte van het midden van de bandbreedte is circa 202 PJ extra besparing nodig om het doel voor primair energieverbruik te realiseren.

De bandbreedte uit de KEV 2023 geeft de onzekerheid in de raming weer, wat betekent dat de extra besparing ook groter of kleiner zou kunnen zijn wanneer we de EED doelen met de boven- of onderkant van de bandbreedte van de KEV-raming zouden vergelijken. Door de EED-doelen te vergelijken met het midden van de bandbreedte uit de KEV-raming geven we een meest waarschijnlijke inschatting van orde grootte van de restopgave.

Tabel 2.1: Extra besparing nodig voor realisatie doelen vermindering finaal en primair energieverbruik EED in 2030 in vergelijking met het verwachte energieverbruik bij huidig beleid volgens de raming uit de Klimaat- en energieverkenning 2023 in PJ

	2020	2021	2022	KEV2023 raming voor 2030	Doel EED	Extra besparing nodig voor realisatie doel EED t.o.v midden bandbreedte KEV2023- raming
Finaal energieverbruik	1849	1898	1762	1566-1818	1609	ca. 83
Primair energieverbruik	2459	2555	2359	1951-2323	1935	ca. 202

3 Verdeling EED-doelen naar sectoren

Om de tweede onderzoeksvraag over de meest kosteneffectieve verdeling van het energieverbruik over sectoren te beantwoorden zijn berekeningen gedaan met het OPERA-model. Dit model berekent hoe het energiesysteem en de bijbehorende emissies en energieverbruik eruit zou zien, gegeven bepaalde doelen en randvoorwaarden, tegen de laagste nationale kosten. De doelen betreffen in dit onderzoek sectorale doelen voor emissiereductie en nationale doelen voor energiebesparing.

In dit hoofdstuk beschrijven we de berekeningen met het OPERA-model en de resultaten voor de verdeling van de EED-doelen over sectoren. In paragraaf 3.1 beschrijven we de werkwijze en de berekeningsvarianten. In paragraaf 3.2 beschrijven we de input voor het model voor het beschikbare besparingspotentieel in 2030. In paragraaf 3.3 presenteren we de resultaten van de berekeningen voor het nationaal energieverbruik en de verdeling naar sectoren. In paragraaf 3.4 bespreken we de resultaten per sector.

3.1 Werkwijze en berekeningsvarianten

Berekening zichtjaar 2030 en niveau activiteiten KEV 2022

In dit onderzoek hebben we alleen berekeningen uitgevoerd met het OPERA-model voor de invulling van het energiesysteem voor het zichtjaar 2030. Daarbij is het niveau van activiteiten uit de KEV 2022-raming overgenomen. Dit betreft bijvoorbeeld de fysieke productie in de industrie, de woning- en gebouwvoorraad, het aantal voertuigkilometers en het areaal glastuinbouw en de bijbehorende energievraag. Het OPERA-model berekent een energiesysteem waarmee aan deze energievraag kan worden voldaan met bijbehorende energiedragers en technologie tegen de laagst mogelijke nationale kosten.

Het beeld dat het OPERA model berekent voor het energiesysteem zal qua inzet van energiedragers en technologie verschillen van de KEV-raming. De KEV schetst een verwacht beeld op basis van trends en beleid om te kunnen evalueren in hoeverre de klimaatdoelen worden gerealiseerd met het huidige beleid. Het OPERA-model berekent inzet van technologie en energiedragers met de laagst mogelijke nationale kosten om de klimaat- en energiebesparingsdoelen te realiseren die als input aan het model worden meegegeven.

Klimaatdoel en energiebesparingsdoelen

In de modelberekeningen hanteren we als klimaatdoel de beoogde restemissies per sector in 2030 uit de Klimaatnota (EZK, 2023). In die Klimaatnota wordt ook beoogde emissiereductie door sectoroverstijgende maatregelen benoemd die niet wordt toegerekend aan sectoren. Dat betreft de bijmengverplichting groen gas en wijzigingen in de energiebelasting. Omdat politieke besluitvorming over de toerekening van de emissiereductie van sectoroverstijgende maatregelen naar sectoren nog moet plaatsvinden, heeft TNO daar een eigen keuze in gemaakt. Omdat deze emissiereductie voornamelijk wordt gerealiseerd door het bijmengen van groen gas is de emissiereductie naar rato van het aardgasverbruik in 2030 uit de KEV 2022-raming verdeeld over sectoren. Tabel 3.1 geeft

de emissiedoelen per sector weer die in de modelberekeningen zijn gebruikt. De doelstelling voor groen gas is in de kamerbrief van 9 februari 2024 verlaagd van 1,6 naar 1,1 miljard m³ groen gas in 2030. Deze aanpassing kwam te laat voor dit onderzoek, toen waren de berekeningen al gereed. Bij de conclusies in Hoofdstuk 5 staan we stil bij de gevoeligheid van de resultaten voor deze aannames.

Tabel 3.1: Klimaatdoel per sector als input voor modelberekeningen

Sector	Restemissie in 2030 volgens Klimaatnota 2023 in Mton CO ₂ -equivalenten	Input modelberekeningen restemissie 2030 in Mton CO ₂ -equivalenten
Industrie	29,1	27,9
Gebouwde omgeving	13,2	12,1
Landbouw	17,9	17,6
Mobiliteit	21	21
Elektriciteit	13	12,5
Landgebruik	1,8	1,8
Sectoroverschrijdend	-3,2	0
Totaal	93	93

Voor de besparingsdoelen zijn drie berekeningsvarianten uitgewerkt:

1. Sturen op vermindering finaal energieverbruik: Bij deze minimale variant wordt exact gestuurd op het doel uit de EED voor finaal energieverbruik. Er wordt geen rekening gehouden met de gevolgen voor het primair energieverbruik. We noemen deze variant **1 EED-doel finaal energieverbruik**.
2. Sturen op finaal doel inclusief maatregelen om primair energieverbruik te beperken. In deze variant wordt gestuurd op het finale doel. Dit doel wordt opgehoogd door in kaart te brengen wat er finaal moet worden bespaard om ook het ambitieuzere primaire gebruiksdoel uit de EED te halen. We noemen deze variant **2 EED-doel primair energieverbruik**.
3. Een doel voor vermindering van finaal energieverbruik dat 5% lager is dan het door de EED voorgeschreven maximum aantal PJ finaal in 2030. Het doel daarvan is het verkrijgen van inzicht in opties voor overprogrammering van beleid zodat ook als niet alles meezit het EED-doel kan worden gerealiseerd. We noemen deze variant **3 5% lager finaal energieverbruik dan EED doel**.

Ter vergelijking is ook een variant met alleen een klimaatdoel, zonder besparingsdoelen doorgerekend, we noemen deze variant **0 Alleen klimaatdoel**. Uit de vergelijking met deze variant kunnen conclusies worden getrokken welk deel van de toepassing van besparingsmaatregelen toch al nodig is voor de klimaatdoelstelling.

Tabel 3.2 geeft een overzicht van de doelen voor energiebesparing die zijn meegenomen in de berekeningen met het OPERA-model. In variant 0 “Alleen klimaatdoel” worden geen besparingsdoelen meegenomen, maar alleen de beoogde restemissies per sector voor de klimaatdoelstelling. In variant 1 “EED-doel finaal energieverbruik” nemen we naast de restemissies per sector ook het EED-doel voor vermindering van finaal energieverbruik mee. In variant 3 “5% lager finaal energieverbruik dan EED-doel” rekenen we met een EED doel dat 5% lager is. In variant 2 “EED -doel primair energieverbruik” nemen we naast de restemissies per sector het EED-doel voor vermindering van primair energieverbruik mee.

Tabel 3.2: Overzicht doelen energiebesparing in verschillende berekeningsvarianten met OPERA-model

Berekeningsvariant	Finaal energieverbruik	Primair energieverbruik
Variant 0 Alleen klimaatdoel	Geen doel als input modelberekening, het finaal energieverbruik is een resultaat van de berekening	Geen doel als input van modelberekening, het primair energieverbruik is een resultaat van de berekening
Variant 1 EED-doel finaal energieverbruik	Doelstelling 1.609 PJ als input modelberekening	Geen doel als input modelberekening, het primair energieverbruik is een resultaat van de berekening
Variant 2 EED-doel primair energieverbruik	Geen doel als input modelberekening, het finaal energieverbruik is een resultaat van de berekening	Doelstelling 1.935 PJ als input modelberekening
Variant 3 5% lager finaal verbruik dan EED-doel	Doelstelling 1.529 PJ als input modelberekening	Geen doel als input modelberekening, het primair energieverbruik is een resultaat van de berekening

3.2 Beschikbaar besparingspotentieel in 2030

Het OPERA-model wordt gebruikt voor scenariostudies richting 2050. Omdat we nu alleen rekenen voor het zichtjaar 2030 moeten we aan het model als input meegeven tot welk besparingspotentieel het model verschillende technologieën mag inzetten voor dit zichtjaar 2030. Deze veronderstellingen over het beschikbaar besparingspotentieel in 2030 zijn door TNO-experts gemaakt en voorafgaand aan de berekeningen met de verantwoordelijke beleidsdepartementen besproken. Dit beschikbare besparingspotentieel wordt als input aan het OPERA-model meegegeven voor de berekeningen. Het OPERA-model berekent vervolgens welke deel van het beschikbare besparingspotentieel nodig is om de klimaat en energiebesparingsdoelen te realiseren met de laagst mogelijke nationale kosten.

Sector industrie

Voor de sector industrie zijn uitgangspunten vastgelegd voor het beschikbare potentieel in 2030 voor CCS, de inzet van direct reduced iron (DRI) in de staalindustrie, geothermie, de import van methanol en ammoniak, recycling van plastics, elektrolyse en import van waterstof en groen gas (zie Tabel 3.3).

Tabel 3.3: Beschikbaar besparingspotentieel 2030 sector industrie

Optie	Uitgangspunt	Toelichting
CCS	Max 17 Mton waarvan 2 Mton bij AVI's	Op basis van de CESsen, maar dat is wel inclusief AVI's
DRI in staalindustrie	3 megaton staal uit DRI	Volgens plannen Tata. Hoogoven 7 sluiten. Dan blijft er 3 megaton staalproductie aan hoogovencapaciteit over, de resterende 4 megaton staalproductie wordt ingevuld door DRI en EAF. Tata wil het aandeel schroot naar 30% verhogen. Op basis van MIDDEN lijkt er dan 2 megaton schroot per jaar nodig te zijn, 1 megaton meer dan nu. Als die extra schroot bij de EAF ingevoerd wordt is er zo'n 3 megaton staalproductie DRI per jaar nodig en 4 megaton EAF.
Geothermie	0,5 PJ	Maximaal 1 project
Import ammoniak kunstmest	15%	Import vult 15% van de vraag naar ammoniak in. Deze aanname is gebaseerd op de aanname dat Yara Sluiskil beperkt ammoniak zal importeren en OCI rond de 40% van de ammoniakproductie vervangt door geïmporteerde ammoniak.
Methanolproductie in Nederland	0	Methanolproductie ligt stil in Nederland en alle methanol wordt geïmporteerd
Recycling plastics	6% van olefinen	Van het plastic afval wordt 44% gescheiden ingezameld, daarvan gaat 45% naar mechanische recycling en 55% naar AVI's. De mechanische recycling leidt tot 340 kton olefinen uit gerecycled plastic op een totaal van 5505 kton olefinen voor kunststofproductie, dat is 6%.
Groene waterstof uit elektrolyse en import	Minimaal 3,65 PJ	Minimum uit KEV 2022
Import biobrandstoffen	11 PJ import	11 PJ correspondeert met het bio-ethanol/bio-benzine gebruik volgens de KEV 2022 waarbij de aanname is dat dit volledig import is. De overige productie van biobrandstoffen vindt in de modelberekeningen in Nederland plaats.
Groen gas	20 PJ	39% aandeel in gasvraag in KEV 2022-raming 2030 maal 50 PJ groen gas (1,6 miljard m ³) die is verondersteld in sector overschrijdende emissiereductie

Sector gebouwde omgeving

Voor de sector gebouwde omgeving zijn uitgangspunten vastgelegd voor het beschikbare besparingspotentieel in 2030 voor zuinig stoken, na-isolatie, warmtepompen en zonnepanelen. In de berekeningen is 18 PJ groen gas meegenomen voor de gebouwde omgeving als bijdrage aan de sector overschrijdende emissiereductie.

Tabel 3.4: Beschikbaar besparingspotentieel 2030 sector gebouwde omgeving

Optie	Uitgangspunt	Toelichting
Zuinig stoken	5% lagere warmtevraag in 2030 dan in de KEV 2022 raming	Gelijk aan onderkant bandbreedte emissieraming KEV 2023
Lagere ketel temperatuur en inregelen installaties diensten	Niet meegenomen in berekeningen met het OPERA-model in dit onderzoek	Samen met zuinig stoken mogelijk een te optimistische inschatting van vermindering energievraag.
Na-isolatie	Maximaal 9 PJ reductie warmtevraag woningen en 8PJ reductie warmtevraag dienstensector ten opzichte van KEV 2022-raming	Gebaseerd op onderkant emissieraming KEV 2023. In de KEV 2023 wordt circa 4 PJ extra gasbesparing bovenop de KEV 2022 raming door na-isolatie meegenomen door uitfasering slechte labels huurwoningen en prestatieafspraken sociale huur. Maar ook in koopwoningen is aanvullend potentieel mogelijk door na-isolatie. Grofweg een maximum van 10 PJ gasbesparing en 9 PJ warmtevraagreductie.
Warmtepompen	Gebruik omgevingswarmte is maximaal 45 PJ in woningen en 21 PJ in dienstensector.	In de KEV 2022 raming 21 PJ in 2030. In de KEV 2023 raming maximaal 14 PJ meer door normering warmtepompen in eengezinswoningen totaal 35PJ. Wanneer ook in meergezinswoningen meer warmtepompen worden toegepast is meer mogelijk. Met huidige groei tempo is een verviervoudiging mogelijk. De 21 PJ in de dienstensector past bij de bovenkant van de bandbreedte van de KEV 2023. In de energiebesparingsplicht is een hybride warmtepomp een erkende maatregel.
Zonnepanelen	Maximaal 43 PJ huishoudens en 14 PJ in de dienstensector	Gelijk aan onderkant bandbreedte emissieraming KEV 2023
Groen gas	18 PJ	35% aandeel in gasvraag in KEV 2022 raming 2030 maal 50 PJ groen gas (1,6 miljard m ³) die is verondersteld in sector overschrijdende emissiereductie

Sector mobiliteit

Voor de sector mobiliteit zijn uitgangspunten vastgelegd voor het aantal voertuigkilometers dat met elektrisch vervoer kan worden ingevuld en is ervoor gekozen ook een besparingspotentieel door Betalen naar gebruik mee te nemen. Betalen naar gebruik is in de modelberekeningen vertaald naar minder autokilometers. Betalen naar gebruik is als beleidsmaatregel door de Tweede Kamer controversieel verklaard en over invoering heeft nog geen politieke besluitvorming plaats gevonden. Dat maakt dit besparingspotentieel onzeker, maar het besparingspotentieel kan mogelijk ook via andere beleidsmaatregelen worden gerealiseerd. Er zijn meer mogelijkheden om het energieverbruik in de sector mobiliteit te verminderen, wijziging van modal split (meer gebruik van fiets en trein in plaats van auto en vliegtuig), verjonging van het wagenpark, het sturen op auto's met een lager gewicht, 100 km per uur ook in avond en nacht op snelwegen en vermindering van het aantal vluchten, maar we hebben deze opties in de berekeningen met het OPERA model niet meegenomen, omdat het geen onderdeel is van het huidige beleid. In hoofdstuk 4 komen we wel op deze opties terug. Het bunkerverbruik in de luchtvaart is afhankelijk van het aantal vluchten. In de modelberekeningen sluiten we aan bij de KEV 2022 raming, maar dat kan anders uitpakken. De inzet van biobrandstoffen laten we vrij, is een modelresultaat van combinatie emissiereductie en inzet elektrisch vervoer.

Tabel 3.5: Beschikbaar besparingspotentieel 2030 sector mobiliteit

Optie	Uitgangspunt	Toelichting
Personenauto's	118,6 miljard voertuigkilometers waarvan max 40 miljard elektrisch en 0 waterstof	Totaal voertuigkilometers gelijk aan KEV 2022, aandeel elektrisch max 34%
Bestelauto's	21,4 miljard voertuigkilometers waarvan max 6,4 elektrisch en 0 waterstof	Totaal voertuigkilometers gelijk aan KEV 2022, aandeel elektrisch max 30%
Bussen	0,7 miljard voertuigkilometers waarvan max 0,42 elektrisch en 0 waterstof	Totaal voertuigkilometers gelijk aan KEV 2022, max 60% elektrisch vooral stadsvervoer.
Vrachtwagens	8,3 miljard voertuigkilometers vrachtwagens waarvan max 1,25 elektrisch en 0,5 waterstof	Totaal voertuigkilometers gelijk aan KEV 2022, max 15% elektrisch vooral stadsvervoer en 6,6% waterstof (10.000 vrachtwagens).
Mobiele werktuigen	Max 3 PJ elektriciteitsverbruik door elektrificatie	Inschatting TNO
Bunkers luchthavens	159 PJ waarvan 6,8 PJ biokerosine en 2 PJ E-fuels (6% conform ReFuelEU verordening)	Bunkerverbruik gelijk aan KEV 2022 raming, die uitgaat van 430.000 vluchten op Schiphol en 490.000 totaal op 6 luchthavens in 2030
Minder autokilometers	14 PJ besparing bij personen- en bestelauto's	Uitgaande van een variant van Betalen naar Gebruik die circa 1 Mton reductie oplevert als midden van de bandbreedte die PBL schetst in de KEV 2023. In de berekeningen is de besparing verwerkt als vermindering van het aantal voertuigkilometers van personen- en bestelauto's

Sector landbouw

Het energieverbruik in de sector landbouw vindt voornamelijk plaats in de glastuinbouw. Voor de sector glastuinbouw is een emissiereductie beoogd naar een restemissie van 4,3 megaton CO₂-equivalenten in 2030. Uitgangspunt is dat de overige emissiereductie die nodig is om een beoogde restemissie van 17,6 megaton CO₂-equivalenten in de landbouw als totaal in 2030 te realiseren verder in de overige landbouw moet plaatsvinden door emissiereductie van overige broeikasgassen. In de berekeningen wordt daarom aan het OPERA-model een minimale emissiereductie van overige broeikasgassen in de veeteelt meegegeven. Daarmee voorkomen we dat naar verhouding teveel emissiereductie in de glastuinbouw moet plaatsvinden om de restemissie van de landbouw als totaal te realiseren en daardoor teveel energiebesparing aan de sector wordt toegerekend.

Het OPERA-model geeft er in de berekeningen de voorkeur aan de gasgestookte WKK-productie te minimaliseren. Er is daarom een minimum opgenomen omdat het met huidig beleid niet de verwachting is dat de inzet van WKK op termijn van 2030 veel zal verminderen.

TNO heeft het beschikbare besparingspotentieel in de glastuinbouw geschat op basis van een eerdere analyse van Wageningen Universiteit (WUR, 2017) en cijfers uit subsidieaanvragen in de EG regeling over realisatie in de afgelopen jaren. Een deel van de besparing wordt al in de KEV 2022 raming gerealiseerd, maar er is naar schatting 23 PJ extra gasbesparing mogelijk door o.a. isolerende tweede en derde schermen. Daarnaast is ingeschat dat 9 PJ extra besparing op elektriciteitsverbruik in de glastuinbouw mogelijk is door onder andere de toepassing van LED belichting.

Omdat in de streefwaarden voor restemissies in 2030 per sector de beoogde sectoroverstijgende emissiereductie zijn toegekend aan de sectoren, is ook een deel van de bijmengverplichting groen gas naar rato van het gasverbruik in 2030 in de KEV 2022-raming toegerekend aan de sector landbouw.

Tabel 3.6: Beschikbaar besparingspotentieel 2030 sector landbouw

Optie	Uitgangspunt	Toelichting
Emissiereductie overige broeikasgassen overige landbouw (met name veeteelt)	Maximaal 12,4 Mton emissie overige broeikasgassen	17,6 megaton CO ₂ -eq. als doel restemissie landbouw totaal minus 4,3 megaton CO ₂ -eq als doel voor glastuinbouw minus 0,6 megaton CO ₂ -emissie door energieverbruik overige landbouw en minus 0,3 megaton indirecte CO ₂ -emissies overige landbouw.
WKK glastuinbouw	Minimaal 56 PJ warmte plus elektriciteitsproductie	Dit is 92% van de inzet in de KEV 2022. De reductie is afgestemd op de boogde restemissie van de glastuinbouw.
Warmtelevering via warmtenetten	Tussen 5,4 en 8,9 PJ	Gebaseerd op inventarisatie plannen uitbreiding warmtelevering
Geothermie glastuinbouw	Tussen 12 en 16,9 PJ	Inventarisatie projecten
Productie groen gas door mestvergisting	Tussen 4 en 10 PJ	Minimum gelijk aan productie in 2022 maximum is gelijk aan KEV 2022 raming
Inzet biogas uit mestvergisting in WKK	0 tot 5,6 PJ	Maximum gelijk aan KEV 2022
Groen gas verbruik	4,5 PJ	9% aandeel in gasvraag in KEV 2022 raming maal 50 PJ groen gas (1,6 miljard m ³) die is verondersteld als sectoroverschrijdende emissiereductie
Zon PV	7,3 PJ	Gelijk aan raming KEV 2022 en KEV 2023
Omgevingswarmte warmtepompen	Minimaal 2,3 PJ	Gelijk aan raming KEV 2022
Warmtebesparing glastuinbouw door o.a. tweede en derde schermen	Max 23 PJ	Inschatting TNO op basis van cijfers WUR, 2017 en cijfers uit EG-regeling
Elektriciteitsbesparing glastuinbouw door o.a. LED belichting	Max 9 PJ	Inschatting TNO op basis van cijfers WUR, 2017 en cijfers uit EG-regeling

Sector elektriciteit

Voor de sector elektriciteit zijn uitgangspunten vastgesteld voor het beschikbare besparingspotentieel van wind en zonne-energie, CCS en import en opties voor verduurzaming van stadsverwarming in 2030.

Tabel 3.7: Beschikbaar besparingspotentieel 2030 sector elektriciteit

Optie	Uitgangspunt	Toelichting
Wind op zee	Max 16 GW en 268 PJ	Gelijk aan KEV 2022 en KEV 2023-raming
Wind op land	Max 9,1 GW en 91 PJ	Gelijk aan monitor RES
Zonneweides	Tussen 7 en 16 GW en tussen 25 en 57 PJ	minimum gelijk aan KEV 2022 en max gelijk aan bovenkant KEV 2023 inclusief zon op zee
CCS	2 Mton	CCS bij gasgestookte of biomassa gestookte elektriciteitscentrales
Kernenergie	35,5 PJ verbruik uranium	energieverbruik Borssele 2030 volgens de KEV 2022 raming
Kolencentrales	0 PJ	Verbod kolenstook vanaf 2030
Groen gas	8 PJ	16% aandeel in gasvraag in KEV 2022-raming maal 50 PJ groen gas (1,6 miljard m ³) die is verondersteld in sector overschrijdende emissiereductie
Elektriciteitsexport	33,86 TWh	Gelijk aan KEV 2022-raming
Elektriciteitsimport	9,61 TWh	Gelijk aan KEV 2022-raming
Biomassa warmteproductie stadsverwarming	8 PJ	Gelijk aan KEV 2022-raming
Geothermie warmteproductie stadsverwarming	2 tot 4 PJ	maximum gelijk aan KEV 2022-raming
Omgevingswarmte en aquathermie warmteproductie stadsverwarming	1 tot 2,7 PJ	maximum gelijk aan KEV 2022-raming
Elektrische boilers warmteproductie stadsverwarming	1 tot 2,8 PJ	maximum gelijk aan KEV 2022-raming

3.3 Resultaten berekeningen met het OPERA-model

In deze paragraaf bespreken we de resultaten van de berekeningen met het OPERA-model voor het nationaal energieverbruik en de verdeling naar sectoren. In paragraaf 3.4 wordt ingezoomd op de resultaten per sector.

Resultaten finaal energieverbruik

In Tabel 3.8 schetsen we de resultaten voor de verdeling van het finaal energieverbruik naar sectoren voor de verschillende berekeningsvarianten. De berekeningsvariant 1 EED doel finaal energieverbruik laat zien dat het EED-doel voor vermindering van finaal energieverbruik naar 1609 PJ in 2030 haalbaar is met het beschikbare besparingspotentieel. Belangrijke besparingsopties zijn: zuinig stoken, na-isolatie, warmtepompen, elektrische auto's, minder autorijden, warmte- en elektriciteitsbesparing in de industrie en glastuinbouw en recycling van plastics in de industrie. Om dat besparingspotentieel te kunnen realiseren zal naar verwachting wel aanvullend beleid nodig zijn.

In berekeningsvariant 0 met alleen een klimaatdoel komen we uit op een finaal energieverbruik dat bijna gelijk is aan het EED-doel voor vermindering van finaal energieverbruik. Hoewel het totaal finaal energieverbruik in de verschillende berekeningsvarianten varieert, blijft de verdeling over sectoren nagenoeg gelijk. In berekeningsvariant 1 EED-doel finaal energieverbruik gaat 30% van het energieverbruik naar de industrie, 29% naar gebouwde omgeving, 35% naar mobiliteit en 6% naar landbouw. In de andere berekeningsvarianten is dat soms een procent meer of minder (Figuur 3.1). Hieruit maken we op dat de verdeling van het doel voor finaal energieverbruik voornamelijk wordt bepaald door de klimaatdoelstelling en beoogde restemissie per sector. Ook de klimaatdoelstelling vereist de toepassing van energiebesparende maatregelen en die maatregelen zijn bijna voldoende om het EED-doel voor vermindering van finaal energieverbruik te realiseren.

Wanneer besloten wordt om met het beleid te streven naar verdere vermindering van finaal energieverbruik om ook als niet alles meezit het EED-doel te realiseren (variant 3), is meer besparingspotentieel nodig. Bij een streven naar een finaal energieverbruik dat 5% lager is dan het EED-doel van 1609 PJ is 80 PJ meer energiebesparing nodig dan bij streven naar het EED-doel. De modelberekening laat zien dat voor deze extra energiebesparing voor een groot deel nog ruimte is binnen het beschikbare besparingspotentieel. Voor een klein deel van die extra besparing gaat het OPERA model relatief dure opties zoals het grootschalig elektrificeren van binnenvaartschepen inzetten. We denken dat het logischer is om voor circa 10 PJ besparing (van de 80 PJ extra besparing) te zoeken naar andere, goedkopere besparingsopties die nu nog niet in het beschikbare besparingspotentieel van het OPERA model zijn meegenomen. Daarbij kan gedacht worden aan besparingsmaatregelen door een andere invulling van of een vermindering van bepaalde activiteiten in verschillende sectoren (zie resultaat onderzoeksvraag 3). In tabel 3.8 is deze 10 PJ besparing vermeld als “extra besparing t.o.v. beschikbaar potentieel in OPERA-model”, we hebben deze extra besparing niet toebedeeld aan een specifieke sector.

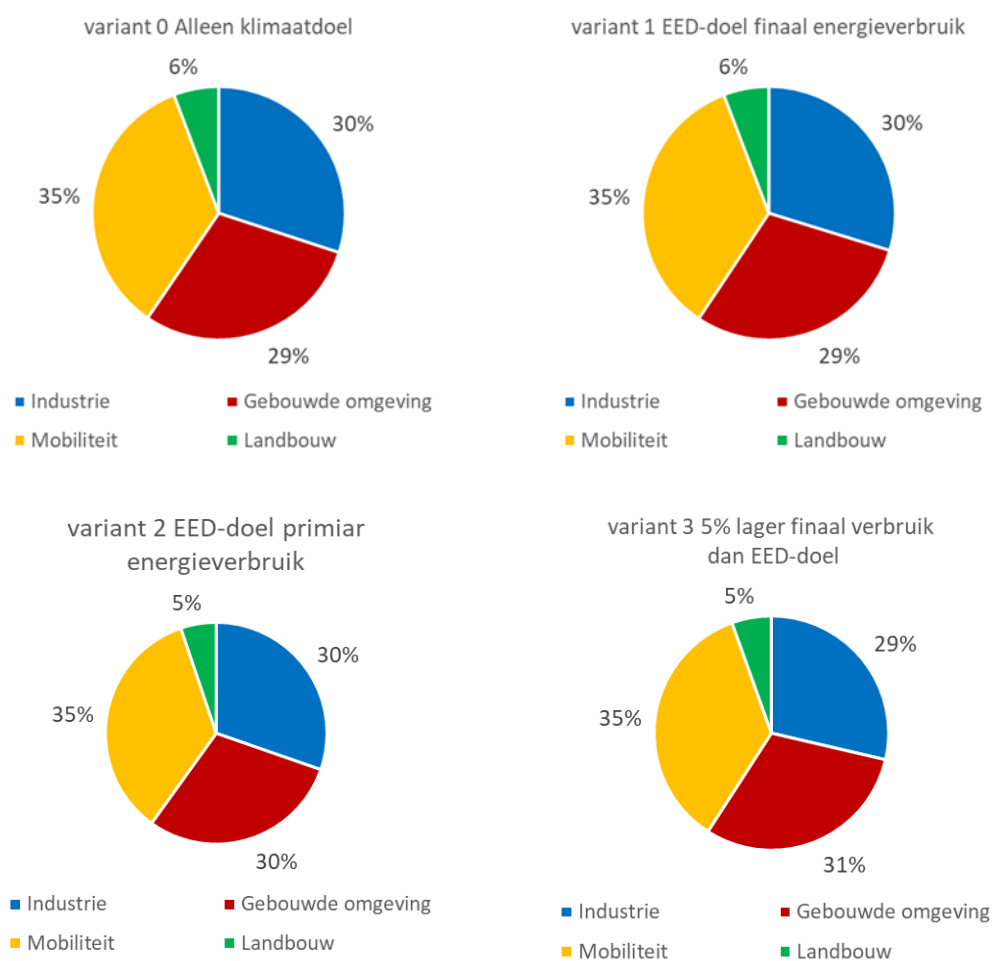
In variant 3 wordt in alle sectoren meer besparingsmaatregelen toegepast dan in variant 1. Het betreft dezelfde besparingsopties als in variant 1, maar voor een groter deel van het potentieel. Het gaat om meer inzet van warmtepompen in de industrie, meer warmtebesparing door isolerende schermen en elektriciteitsbesparing door LED verlichting in de glastuinbouw en meer elektrische auto's in de mobiliteit. Daarnaast wordt in variant 3 minder CCS bij eindverbruikers in de industrie ingezet dan in variant 1.

In berekeningsvariant 2, waarin gestuurd wordt op een finaal energieverbruik dat voldoende is om het EED-doel voor vermindering van primair energieverbruik te realiseren, zien we een aanzienlijk lager finaal energieverbruik dan wanneer alleen gestuurd wordt op het EED doel voor vermindering van finaal energieverbruik. In berekeningsvariant 2 wordt maximaal ingezet op besparing van energieverbruik in gebouwde omgeving, landbouw en mobiliteit. Het energieverbruik in de industrie is hoger dan in berekeningsvariant 3, dit komt doordat in berekeningsvariant 2 meer CCS wordt ingezet in subsectoren van de industrie die onder finaal energieverbruik vallen en waar de capture rate hoog is, waar veel zuivere CO₂ beschikbaar is, waardoor minder energie nodig is om CO₂ af te vangen. Dat is bijvoorbeeld bij de kunstmestindustrie zo. In variant 2 wordt geen CCS ingezet bij AVI's want dat kost veel energie.

Figuur 3.1 laat ook zien dat het totale finaal energieverbruik in de verschillende berekeningsvarianten varieert, maar de verdeling over sectoren nagenoeg gelijk blijft. In berekeningsvariant 1 gaat 30% naar de industrie, 29% naar gebouwde omgeving, 35% naar mobiliteit en 6% naar landbouw. In de andere berekeningsvarianten is dat soms een procent meer of minder

Tabel 3.8: Finaal energieverbruik in 2030 in PJ

Sector	OPERA-berekening Variant 0 Alleen een klimaatdoel	OPERA-berekening Variant 1 Doel EED finaal energieverbruik	OPERA-berekening Variant 2 Doel EED primair energieverbruik	OPERA-berekening Variant 3 5% lager finaal verbruik dan doel EED
Industrie	485	479	468	438
Gebouwde omgeving	476	476	467	476
Landbouw	93	93	80	84
Mobiliteit	561	561	539	541
Extra besparing t.o.v. beschikbaar potentieel in OPERA-model	0	0	-10	-10
Totaal finaal energieverbruik	1615	1609	1543	1529
Doel EED-finaal energieverbruik	1609			


Figuur 3.1: Verdeling finaal energieverbruik 2030 naar sectoren in verschillende berekeningsvarianten

Resultaten primair energieverbruik

Tabel 3.9 laat het door het OPERA model berekende primair energieverbruik zien uitgesplitst naar sectoren. Als resultaat van de OPERA-berekening variant **1 EED-doel finaal energieverbruik**, komt het totaal primair energieverbruik circa 200 PJ hoger uit dan het EED-doel voor primair gebruik. Dit komt onder andere doordat er vanwege emissiereductie meer elektrificatie wordt ingezet. Dit zorgt voor een lager finaal energieverbruik, maar leidt tot hogere omzettingsverliezen in de sector elektriciteit, doordat de hogere elektriciteitsvraag niet alleen met zonnepanelen en windenergie, maar deels ook met fossiele elektriciteitscentrales moet worden geproduceerd. De groei van hernieuwbare elektriciteitsproductie benut het potentieel van zonnepanelen en windenergie maximaal en kan de groei van de elektriciteitsvraag niet bijbenen. Daarnaast leiden CCS en de productie van groen gas en biobrandstoffen (die worden ingezet voor reductie van broeikasgassen) tot hogere omzettingsverliezen in de sector industrie.

Tabel 3.10 laat het primair energieverbruik zien uitgesplitst naar finaal eindverbruik plus eigen verbruik, distributie- en omzettingsverliezen energiesector. In deze tabel zien we dat een lager finaal energieverbruik in de berekeningsvarianten 1 en 3 ten opzichte van berekeningsvariant 0 leidt tot hogere omzettingsverliezen, waardoor het primair energieverbruik hoger is dan het EED-doel.

Voor berekeningsvariant 2 zijn de uitgangspunten bij de modelberekeningen verruimd om het primair energieverbruik te verminderen. Er is gezocht naar mogelijkheden om de conversieverliezen in de energiesector te beperken. De volgende uitgangspunten zijn aangepast:

- De export van elektriciteit gehalveerd van 34 TWh naar 17 TWh
- De import van biobrandstoffen verdubbeld van 11 naar 22 PJ
- 20 PJ import van groene waterstof verondersteld in plaats van 0 PJ.
- Productie van groen gas gehalveerd van 50 PJ naar 25 PJ¹

We doen deze aanpassing van de uitgangspunten om beslisinformatie aan beleidsmakers te geven hoe een scenario eruit kan zien waarin het doel voor primair energieverbruik uit de EED wordt gerealiseerd. Maar sturen op vermindering van export van elektriciteit is in een vrije elektriciteitsmarkt onmogelijk en met het sturen op meer import van groene energiedragers wordt een deel van de opgave afgewenteld op het buitenland.

¹ In de OPERA berekeningen in varianten 0,1 en 3 komt van de 50 PJ groen gas circa 6 PJ uit mestvergisting, 16 PJ uit overige vergisting en 28 PJ uit vergassing. In variant 2 wordt 25 PJ groen gas bijgemengd in het aardgasnet en is slechts 3 PJ vergassing nodig.

Tabel 3.9: Primair energieverbruik per sector in 2030 in PJ

Sector	OPERA-berekening Variant 0 Alleen een klimaatdoel	OPERA-berekening Variant 1 Doel EED finaal energieverbruik	OPERA-berekening Variant 2 Doel EED primair energieverbruik	OPERA-berekening Variant 3 5% lager finaal verbruik dan doel EED
Industrie	880	881	777	858
Gebouwde omgeving	476	476	467	476
Landbouw	97	97	83	87
Mobiliteit	561	561	539	541
Elektriciteit	134	138	79	153
Extra besparing t.o.v. beschikbaar potentieel in OPERA-model			-10	-10
Totaal primair energieverbruik	2148	2152	1935	2104
Doel EED primair energieverbruik	1935			

Tabel 3.10: Primair energieverbruik in 2030 in PJ eindverbruik en energiesector

	OPERA-berekening Variant 0 Alleen een klimaatdoel	OPERA-berekening Variant 1 Doel EED finaal energieverbruik	OPERA-berekening Variant 2 Doel EED primair energieverbruik	OPERA-berekening Variant 3 5% lager finaal verbruik dan doel EED
Finaal energieverbruik	1615	1609	1543	1529
Eigen verbruik, distributie en omzettingsverliezen energiesector	533	543	392	576
Totaal primair energieverbruik	2148	2152	1935	2104
Doel EED primair energieverbruik	1935			

Resultaten broeikasgasemissies

In berekeningsvariant 1 EED-doel finaal energieverbruik en berekeningsvariant 3 5% lager dan EED-doel finaal energieverbruik worden de beoogde restemissies per sector uit Tabel 3.1 gerealiseerd en is de totale nationale broeikasgasemissie 93 megaton . In berekeningsvariant 2 EED-doel primair energieverbruik wordt het primair energieverbruik zoveel verminderd, dat de restemissie van de sector elektriciteit in 2030 daalt naar 6,8 megaton en de totale nationale broeikasgasemissies dalen naar 86,5 megaton.

Resultaten systeemkosten

De benodigde inzet van extra besparingsopties om het EED-doel te halen, leiden tot hogere nationale kosten dan wanneer alleen op het klimaatdoel wordt gestuurd. De extra nationale kosten in 2030 bedragen in variant 1 circa 1,4 miljard euro per jaar, in variant 2 circa 10,2

miljard euro per jaar en in variant 3 circa 3,7 miljard euro per jaar. Qua omvang zijn die extra nationale kosten in variant 3 dus vergelijkbaar met de overheidsuitgaven in de SDE++ subsidieregeling die circa 3 miljard euro per jaar zijn.

De systeemkosten bestaan uit geannualiseerde investeringskosten (kapitaalskosten) plus operationele kosten en kosten voor inkoop van fossiele energie en biomassa. In de hogere systeemkosten (ten opzichte van de meest kosteneffectieve invulling van het klimaatdoel) zitten hogere kapitaals- en operationele kosten van meer investeringen (in bijvoorbeeld warmtepompen en isolatie), maar zijn er ook extra baten door minder energieverbruik en lagere kapitaals- en operationele kosten van infrastructuur door een lagere energievraag. Ook zijn er baten vanwege minder kapitaals- en operationele kosten in energieproductie.

In de systeemkosten zitten dus alleen de kosten voor het energiesysteem. Energiebesparende maatregelen kunnen ook leiden tot maatschappelijke kosten en baten buiten het energiesysteem. Bijvoorbeeld omdat een energiezuinig huis ook gezondheidswinst oplevert of omdat door elektrisch laden de reistijd met een elektrische auto toeneemt. Dergelijke kosten en baten zijn niet meegenomen in dit onderzoek.

Vergelijking met de KEV 2023 raming

Ter vergelijking laten we in Tabel 3.11 de verdeling naar sectoren van het energieverbruik in de KEV 2023-raming. Het finaal energieverbruik van de sectoren industrie en mobiliteit bevindt zich in alle berekeningsvarianten binnen de bandbreedte van de ramingen in de KEV 2023. Ook al komt het finaal energieverbruik van die sectoren in de onderkant van de bandbreedte uit de KEV 2023 lager uit dan in de OPERA-berekeningen, betekent dat niet dat in de KEV raming meer energiebesparing is meegenomen. De bandbreedte in de KEV raming is afhankelijk van beleidseffecten, maar schetst ook de onzekerheid in het energieverbruik vanwege de omvang van de productie en het aantal voertuigkilometers afhankelijk van economische groei, bevolkingsgroei en energieprijzen. Bij de vergelijking tussen de OPERA resultaten en de KEV is het belangrijk te realiseren dat de KEV bandbreedte onzekerheden meeneemt in het niveau van activiteiten terwijl OPERA slechts 1 scenario heeft berekend, uitgaande van de middenwaarde uit de KEV-raming.

Het finaal energieverbruik van de sectoren gebouwde omgeving en landbouw in de berekeningsvarianten in dit onderzoek bevindt zich buiten de bandbreedte van de KEV 2023 raming en is lager dan die raming. In deze sectoren wordt in de OPERA berekeningen meer besparing ingezet dan in de KEV raming. Dat betekent dat ook aanvullend beleid nodig is om die extra besparing te realiseren. Het primair energieverbruik van de sector landbouw bevindt zich wel binnen de bandbreedte van de KEV-raming omdat deze wat ruimer is dan de bandbreedte voor finaal energieverbruik.

Tabel 3.11: Energieverbruik per sector 2030 in KEV 2023-raming

	Finaal energieverbruik	Primair energieverbruik
Industrie	385-582	644-853
Gebouwde omgeving	491-569	487-549
Landbouw	101-117	90-122
Mobiliteit	522-610	524-606
Totaal	1566-1818	1951-2323

3.4 Resultaten berekeningen per sector

3.4.1 Industrie

Tabel 3.12 geeft het finaal energieverbruik van de sector industrie en Tabel 3.15 het primair energieverbruik van de sector industrie voor de verschillende varianten naar energiedrager. De industrie omvat de klimaatakkoordsectoren Nijverheid en Industriële activiteiten in de energiesector. Het finaal energieverbruik in de industrie betreft alleen energetisch verbruik, het non-energetisch verbruik van energiedragers als grondstof voor productieprocessen wordt niet meegenomen in het finaal energieverbruik. Het is het energetisch energieverbruik van de nijverheid, zoals de chemie, de voedingsindustrie, de papierindustrie, de bouwmaterialen, de basismetaal en de overige industrie. In het primair energieverbruik worden daar het energieverbruik van raffinaderijen, cokesovens en AVI's en olie- en gaswinning en de omzettingsverliezen van elektriciteit- en warmteproductie met WKK voor levering aan derden bij opgeteld.

Finaal energieverbruik

Het finaal energieverbruik van de industrie was in 2021 ruim boven de 500 PJ en ligt in de KEV 2022 raming voor 2030 ongeveer op hetzelfde niveau (PBL, 2022). In de OPERA berekening is het finaal energieverbruik van de sector industrie in variant 1 circa 50 PJ lager dan het energieverbruik in de KEV 2022-raming voor 2030. Dit komt door de import van ammoniak, het wegvallen van methanolproductie in Nederland en recycling van plastics, het wegvallen van aluminiumproductie, besparing op warmte en elektriciteitsvraag, een keuze voor efficiëntere processen, warmtepompen, elektrische boilers en minder CCS (Tabel 3.13).

Er is weinig verschil tussen variant 0 en variant 1. In variant 2 en 3 is het energieverbruik 11 PJ en respectievelijk 31 PJ lager dan in variant 1 door nog meer elektrificatie via warmtepompen en elektrische boilers.

Het finaal energieverbruik steenkool betreft koleninput voor het staalproductieproces dat wordt gebruikt voor de interne warmtevrage van het proces. Alle energieverbruik in de hoogovens zelf telt alleen mee bij primair energieverbruik. Er is wel finaal energieverbruik in de ijzer- en staalindustrie, maar dat is dan finaal energieverbruik van andere onderdelen van het staalproductieproces buiten de hoogovens. Het finaal verbruik van steenkool is bijvoorbeeld voor de warmbandwalserij om de plakken staal op te warmen voor het walsen. Het gaat hierbij vooral om restgassen uit de hoogovens als steenkoolproduct.

Het grootste deel van het finaal oliegebruik in de industrie betreft het gebruik van nafta in de nafta krakers. Het gaat hier ook om het deel van de nafta dat niet in olefinen en aromaten beland, maar om de interne warmtevrage van het proces te dekken.

Het finaal verbruik biomassa in de industrie betreft alleen het biomassaverbruik voor warmteproductie. Het biomassaverbruik voor de productie van biobrandstoffen wordt alleen meegenomen bij het primair energieverbruik.

Tabel 3.14 geeft een overzicht van de inzet van verschillende technologieopties in de varianten. De inzet van CCS in de industrie is in variant 1 zo'n 13 megaton. Het Porthos project in Rotterdam betreft 2,5 megaton CO₂-opslag per jaar. Het gaat hier dus om 5 van dergelijke projecten van dezelfde omvang. De productie van biobrandstoffen in variant 1 is 68 PJ, in 2022 was dat circa 46 PJ (NEA, 2023). De elektrolyser van 200 MW op de tweede

Maasvlakte van Shell produceert 60.000 kg waterstof per dag (3 PJ per jaar). In variant 1 gaat het om 10 van dit soort projecten.

Het finaal energieverbruik voor warmte in de industrie is circa 400 PJ en daalt in de KEV 2022 raming voor 2030 naar 380 PJ. Tot nu toe werd die warmte vooral met aardgas geproduceerd. In de KEV 2022 raming wordt een elektriciteitsverbruik van 18 petajoule geraamd voor warmte (5% van het totaal energieverbruik voor warmte), waarvan 10 petajoule voor warmtepompen en 8 petajoule voor elektrische boilers. In de berekeningsvarianten 0 en 1 is dat vergelijkbaar met de raming maar in varianten 2 en 3 verdubbeld of verdrievoudigd dat. Een elektrische boiler van 20 MWth levert met 3300 vollasturen een productie van 0,2 PJ warmte per jaar. Een elektrische warmtepomp van 2,8 MWth met 8000 vollasturen levert een productie van 0,08 PJ warmte en verbruikt circa 0,02 PJ elektriciteit. In de openstellingsronde van de SDE++ in 2023 waren er 31 aanvragen voor elektroboilers, maar die kwamen deels ook van stadsverwarmingsbedrijven en 2 aanvragen voor industriële warmtepompen.

In de OPERA berekeningen valt het finaal energieverbruik van de industrie binnen de bandbreedte van de raming uit de KEV 2023, die loopt van 385 tot 582 PJ in 2030. In die bandbreedte wordt echter ook de onzekerheid over de omvang van de productie in de industrie meegenomen, terwijl de OPERA berekeningen uitgaan van het niveau van productie uit de KEV 2022 raming in 2030.

Tabel 3.12: Finaal energieverbruik industrie in 2030 in PJ

Energiedrager	KEV 2022	OPERA-berekening variant 0 Alleen klimaatdoel	OPERA-berekening variant 1 Doel EED finaal energieverbruik	OPERA-berekening variant 2 Doel EED primair energieverbruik	OPERA-berekening variant 3 met 5% lager finaal verbruik dan doel EED
Aardgas	177	62	77	61	33
Elektriciteit	167	178	180	189	204
Olie	124	150	123	136	115
Steenkool	25	21	21	20	20
Warmte	25	0	14	8	8
Biomassa (Houtpellets en houtchips)	8	48	39	47	11
Groen gas	1,4	18	18	3	18
Geothermie	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5
Waterstof	0	7	7	0	28
Zonthermie	0	0	0	3	0
Totaal	529	485	479	468	438

Tabel 3.13: Vergelijking verschillen OPERA berekening variant 1 met de KEV 2022 raming

Besparingsmaatregel	Besparing t.o.v. KEV 2022 raming in 2030 in PJ
Import methanol, ammoniak en recycling	-21
Geen aluminiumproductie	-5
Warmte besparingsopties (zoals isolatie, procesoptimalisatie)	-11
Elektriciteit besparingsopties	-5
Efficiëntere processen	-3
Warmtepompen	-1
Elektrische boilers	-1
Minder CCS	-3
Totaal	-50

Tabel 3.14: Verschillen tussen de varianten

	KEV 2022	OPERA-berekening variant 0 Alleen klimaatdoel	OPERA-berekening variant 1 Doel EED finaal energieverbruik	OPERA-berekening variant 2 Doel EED primair energieverbruik	OPERA-berekening variant 3 met 5% lager finaal verbruik dan doel EED
CCS	4 Mton CO ₂ waarvan 1 bij AVI's	12 Mton CO ₂ waarvan 2 bij AVI's	13 Mton CO ₂ waarvan 2 bij AVI's	10 Mton CO ₂ waarvan 0 bij AVI's	15 Mton CO ₂ waarvan 2 bij AVI's
Binnenlandse productie biobrandstoffen en import	39 PJ productie 11 import	68 PJ productie 11 PJ import	68 PJ productie 11 PJ import	21 PJ productie 22 PJ import	44 PJ productie 6 PJ import
Waterstof uit elektrolyse/import	4 PJ 0 PJ import	31 PJ 0 PJ import	31 PJ 0 PJ import	0 PJ 20 J import	27 PJ 0 PJ import
Elektriciteitsverbruik warmtepompen	10 PJ	10,5 PJ	10,5 PJ	17,5 PJ	19 PJ
Elektriciteitsverbruik Elektrische boilers	8 PJ	11 PJ	10 PJ	27 PJ	31 PJ

Primair energieverbruik

Het primair energieverbruik van de industrie ligt in de KEV 2022 raming op 850 PJ. In de berekeningsvarianten 0 en 1 is het primair verbruik hoger dan in de KEV raming (Tabel 3.15). Dat wordt veroorzaakt door meer productie van biobrandstoffen en groene waterstofproductie, waardoor de conversieverliezen toenemen.

In Tabel 3.15 is te zien dat het primair verbruik van biomassa een factor 4 hoger is dan in de KEV 2022 raming. Het grootste deel van dit biomassaverbruik is voor de productie van biobrandstoffen. Het finaal energieverbruik van biomassa in Tabel 3.12 is een stuk lager en betreft het biomassaverbruik voor warmte in ketels. Het biomassaverbruik voor biobrandstoffen productie is het verschil tussen het primair en finaal energieverbruik van biomassa in de industrie. Waar het finaal biomassagebruik in berekeningsvariant 1 voor warmteproductie gelijk is aan circa 40 PJ, is het primair biomassagebruik gelijk aan 260 PJ,

het verschil circa 220 PJ is biomassaverbruik voor biobrandstoffenproductie. Daarvan bestaat 15 PJ uit frituurvet en olie en circa 200 PJ uit houtpellets en chips, die voor driekwart geïmporteerd worden uit het buitenland.

In variant 2 en 3 wordt meer ingezet op elektrificatie en minder op de inzet van biobrandstoffen. Ook worden meer biobrandstoffen geïmporteerd. In variant 2 wordt CCS alleen daar ingezet waar de capture rate hoog is, daar waar veel zuivere CO₂ beschikbaar is, waardoor het energieverbruik laag is. Dat is bijvoorbeeld het geval bij de kunstmestindustrie. In variant 2 wordt geen CCS ingezet bij AVI's omdat dat juist relatief veel energie kost. Bij de berekening in variant 3 wordt juist wel CCS in AVI's ingezet; in deze variant is het doel gericht op vermindering van finaal energieverbruik, het extra energieverbruik van CCS bij AVI's komt terecht in het primair energieverbruik.

In variant 3 is minder biobrandstoffenproductie nodig dan in variant 1 omdat de sector mobiliteit in deze berekeningsvariant verder elektrificeert. In variant 2 worden meer biobrandstoffen geïmporteerd, zo'n 22 PJ, in plaats van 11 PJ in variant 1; in variant 3 is dat 6 PJ. In variant 2 is ook sprake van 20 PJ waterstof import in plaats van 0 PJ in variant 1 en 3.

Het primair energieverbruik in de OPERA berekeningen is hoger dan de raming uit de KEV 2023. De KEV 2023- raming voor industrie geeft een bandbreedte van 644 tot 853 PJ in 2030. Dat hogere primair energieverbruik in de industrie komt ook doordat in de berekeningen met het OPERA-model het restemissiedoel van verschillende sectoren wel wordt gehaald, waar dat in de KEV raming aan de bovenkant van de bandbreedte voor primair energieverbruik niet het geval is. Het OPERA-model zet voor het realiseren van de restemissiedoelen meer biomassa in voor biobrandstoffenproductie, meer CCS en meer groene en blauwe waterstofproductie dan in de KEV raming. Deze emissiereductie maatregelen leiden tot hogere conversieverliezen en een hoger primair energieverbruik

Tabel 3.15: Primair energieverbruik industrie in 2030 in PJ (negatieve getallen zijn energiedragers die door de industrie aan andere sectoren worden geleverd)

Energiedrager	KEV 2022	OPERA-berekening variant 0 Alleen klimaatdoel	OPERA-berekening variant 1 Doel EED finaal energieverbruik	OPERA-berekening variant 2 Doel EED primair energieverbruik	OPERA-berekening variant 3 met 5% lager finaal verbruik dan doel EED
Aardgas	245	186	196	64	150
Elektriciteit	143	213	218	186	241
Olie	277	265	265	265	265
Steenkool	71	58	60	57	68
Warmte	7	-31	-33	-11	-39
Biomassa (houtpellets en houtchips plus biogene deel afval)	58	275	261	185	196
Afval (niet biogeen)	29	28	28	27	28
Groen gas	15	-6	-6	2	-6
Geothermie	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5
Waterstof	0,3	-41	-41	15	-5
Zonthermie	0		0	3	0
Biobrandstoffen	0		-68	-21	-44
E-fuels	0	0	-7	-3	-3
Zon-PV	7	7	7	7	7
Totaal	853	880	881	777	858

3.4.2 Gebouwde omgeving

Tabel 3.16 geeft het finaal energieverbruik van de sector gebouwde omgeving naar energiedrager voor de verschillende varianten. In Tabel 3.17 en Tabel 3.18 is dit opgesplitst naar huishoudens en diensten. Het primair energieverbruik in de gebouwde omgeving is gelijk aan het finaal energieverbruik. Finaal energieverbruik van de gebouwde omgeving bestaat uit het aardgasverbruik (of deels groen gasverbruik), de geleverde warmte uit stadsverwarming, het elektriciteitsverbruik, het verbruik van hout voor kachels en haarden en gebruik van zonnewarmte via zonneboilers. Het elektriciteitsverbruik betreft het totale verbruik, waarbij het niet uitmaakt of dit zelf is geproduceerd met zonnepanelen of uit het net is geleverd. Het elektriciteitsverbruik inclusief het elektriciteitsverbruik van warmtepompen. Het gebruik van omgevingswarmte door warmtepompen wordt conform de definitie in de EED niet in het finaal energieverbruik meegenomen.

Het finaal energieverbruik in de gebouwde omgeving is in 2021 ca. 630 PJ en daalt in de KEV 2022 raming naar 550 PJ, met name door een daling van het aardgasverbruik. In de OPERA berekening is het finaal energieverbruik van de gebouwde omgeving in variant 1 nog 74 PJ lager dan de KEV 2022-raming voor 2030. Dit komt door zuinig stoken, na-isolatie en extra

inzet van warmtepompen (Tabel 3.19). Het energieverbruik in variant 2 is nog eens 9 PJ lager door meer inzet van warmtepompen in de dienstensector.

In de OPERA-berekening is het finaal energieverbruik gebouwde omgeving 476 PJ in 2030; dat is lager dan de raming van de KEV 2023 die een range van 491-569 PJ geeft. In de OPERA-berekening wordt het besparingspotentieel voor zuinig stoken, na-isolatie, warmtepompen maximaal ingezet. De bandbreedte in de KEV houdt rekening met onzekerheden in exogene factoren zoals energieprijzen en het weer.

Tabel 3.16: Finaal energieverbruik gebouwde omgeving in 2030 in PJ

Energiedrager	KEV 2022	OPERA-berekening variant 0 alleen klimaatdoel	OPERA-berekening variant 1 Doel EED finaal energieverbruik	OPERA-berekening variant 2 Doel EED primair energieverbruik	OPERA-berekening variant 3 met 5% lager finaal verbruik dan doel EED
Aardgas	304	201	201	192	201
Elektriciteit	195	205	205	206	205
Warmte	26	37	37	33	37
Hout	18	15	15	15	15
Zonthermie	1	1	1	1	1
Groen gas	0	18	18	18	18
Olie	1	0	0	3	3
Totaal	550	476	476	467	476

Tabel 3.17: Finaal energieverbruik huishoudens in 2030 in PJ

Energiedrager	KEV 2022	OPERA-berekening variant 0 alleen klimaatdoel	OPERA-berekening variant 1 Doel EED finaal energieverbruik	OPERA-berekening variant 2 Doel EED primair energieverbruik	OPERA-berekening variant 3 met 5% lager finaal verbruik dan doel EED
Aardgas	235	166	166	165	165
Elektriciteit	80	88	88	87	88
Warmte	18	18	18	18	18
Hout	16	13	13	13	13
Zonthermie	1	1	0	0	0
Groen gas	0	14	14	14	14
Olie	1	0	0	0	0
Totaal	350	300	299	296	298

Tabel 3.18: Finaal energieverbruik diensten in 2030 in PJ

Energiedrager	KEV 2022	OPERA-berekening variant 0 alleen klimaatdoel	OPERA-berekening variant 1 Doel EED finaal energieverbruik	OPERA-berekening variant 2 Doel EED primair energieverbruik	OPERA-berekening variant 3 met 5% lager finaal verbruik dan doel EED
Aardgas	69	35	35	27	32
Elektriciteit	116	116	116	119	116
Warmte	9	19	19	15	19
Hout	2	2	2	2	2
Zonthermisch	0,5	1	1	1	1
Groen gas	0	4	4	4	4
Olie	5,5	0	0	3	3
Totaal	201	177	177	171	177

Het OPERA model werkt met energiestromen in petajoules. Om toch een beeld te krijgen van de aantallen warmtepompen of woningen op stadsverwarming kunnen we het energieverbruik daarvan in de berekeningen in 2030 vergelijken met het huidig energieverbruik.

Het gebruik van omgevingswarmte door warmtepompen in woningen was 11 PJ in 2022 en groeide naar 21 PJ in de KEV 2022 raming. In de OPERA berekeningen verviervoudigt dit naar 45 PJ in 2030 (Tabel 3.179). Dit betreft zowel toepassing in bestaande en nieuwbouwwoningen. Het aantal warmtepompen in 2022 in woningen was volgens CBS circa 400 duizend (bodem en lucht water warmtepompen), dat zou dan moeten groeien naar 1,6 miljoen. Het precieze aantal warmtepompen is afhankelijk van de warmtevraag van de woningen en de verhouding tussen hybride en all -electric woningen. In 2023 werden circa 150 duizend warmtepompen geplaatst, waarvan 110 duizend in de bestaande bouw (Vereniging warmtepompen, 2024), in dat tempo zouden er in de periode 2023-2030 zo'n 1,2 miljoen bijkomen en zou de verviervoudiging haalbaar kunnen zijn. In de dienstensector groeit het gebruik van warmtepompen in de KEV 2022 raming al van 9 PJ in 2022 naar 13 PJ in 2030. In de OPERA berekeningen groeit dit naar 14 PJ in 2030 in variant 1 en 3 en naar 20 PJ in variant 2. Dat komt overeen met de bovenkant van de bandbreedte uit de KEV 2023 raming waarin rekening is gehouden met hybride warmtepompen als erkende maatregel in de energiebesparingsplicht. Het aantal warmtepompen in utiliteitsbouw was circa 32 duizend in 2022 (bodem en lucht water warmtepompen).

Bij zuinig stoken is verondersteld dat 5% minder warmtevraag kan worden gerealiseerd dan in de KEV 2022 raming door de thermostaat lager te zetten en minder te stoken bij afwezigheid en in de nacht. Dit levert een besparing van 21 PJ (15 PJ bij huishoudens en 6 PJ in de dienstensector). Door hoge energieprijzen werd al minder gestookt door huishoudens in 2022 en 2023 (PBL, 2022).

De warmtelevering via stadsverwarming was in 2022 circa 22 PJ (RVO, 2023) en 492 duizend aansluitingen. Dat is levering aan de gebouwde omgeving en ook aan glastuinbouw. De warmtelevering aan de glastuinbouw in 2022 is 3,5 PJ. Voor gebouwde omgeving gaat het dus om circa 20 PJ. De KEV2022 raming verwachtte 27 PJ warmtelevering aan de gebouwde omgeving in 2030, waarvan 18 PJ aan huishoudens en 9 PJ aan de dienstensector. We zien dat in de OPERA berekeningen de totale warmtelevering in 2030 hoger ligt, op 37 PJ om

emissiereductiedoel te realiseren (een extra groei van 10 PJ, meer dan 200 duizend aansluitingen). In de berekeningen van het OPERA-model worden alle nieuwe aansluitingen gedaan bij de dienstensector omdat dat het goedkoopst is. In werkelijkheid is het beleid gericht op aansluiting van woningen en de utiliteitsbouw in de wijk en zal de verdeling tussen huishoudens en diensten meer lijken op de huidige verdeling van warmtelevering.

Tabel 3.19: Vergelijking verschillen OPERA berekening variant 1 met de KEV 2022 raming voor gebouwde omgeving

Besparingsmaatregel	Besparing t.o.v. de KEV 2022 raming voor 2030 in PJ
Zuinig stoken huishoudens	-15
Zuinig stoken diensten	-6
Na-isolatie woningen	-8
Na-isolatie gebouwen dienstensector	-9
Warmtepompen woningen	-27
Warmtepompen diensten	-2
Minder inzet houtkachels	-1
Warmtelevering	-2
Niet verklaard,	-4
Totaal	-74

Tabel 3.20: Verschillen tussen varianten

	KEV 2022	OPERA-berekening variant 0 Alleen klimaatdoel	OPERA-berekening variant 1 Doel EED finaal energieverbruik	OPERA-berekening variant 2 Doel EED primair energieverbruik	OPERA-berekening variant 3 met 5% lager finaal verbruik dan doel EED
Gebruik omgevingswarmte warmtepompen woningen (in PJ)	21	45	45	45	45
Gebruik omgevingswarmte warmtepompen dienstensector (in PJ)	13	14	14	20	14

3.4.3 Landbouw

Tabel 3.21 geeft het finaal energieverbruik van de sector landbouw voor de verschillende varianten naar energiedrager. Het primair energieverbruik in de landbouw is iets hoger dan het finaal energieverbruik door omzettingsverliezen bij elektriciteitsproductie met WKK-installaties (zie tabel 3.9). Het finaal energieverbruik van de landbouw bestaat uit het aardgasverbruik (deels groen gasverbruik), de geleverde warmte uit stadsverwarming, het elektriciteitsverbruik, het verbruik van biomassa en gebruik van aardwarmte (geothermie). Er zijn ook omzettingsverliezen van WKK die meetellen voor het primair verbruik.

Ten opzichte van het energieverbruik in de KEV 2022-raming voor 2030 is het energieverbruik van de sector landbouw in de berekeningen circa 18 PJ lager door inzet van warmtebesparende opties zoals isolatieschermen. Het energieverbruik in variant 2 is 32 PJ lager door: warmtebesparing en elektriciteitsbesparing door o.a. LED belichting (tabel 3.20). In variant 3 is het energieverbruik 28 PJ lager.

TNO heeft het beschikbare besparingspotentieel in de glastuinbouw geschat op basis van een eerdere analyse van Wageningen Universiteit (WUR, 2017) en cijfers uit subsidieaanvragen in de EG regeling over realisatie in de afgelopen jaren. Een deel van de besparing wordt al in de KEV 2022 raming gerealiseerd, maar er is naar schatting 23 PJ extra gasbesparing mogelijk door isolerende tweede en derde schermen, extra isolatie van bedrijfsruimte, warmteopslagtank en warmtedistributieleidingen en door toepassing van lage temperatuurverwarming, nieuwbouwkassen, selectief ventileren en principes van het nieuwe telen. Daarnaast is ingeschat dat 9 PJ extra besparing op elektriciteitsverbruik in de glastuinbouw mogelijk is door toepassing van LED belichting, maar ook door een efficiëntere verdeel en schakeltechniek en meet-en regelsoftware, efficiëntere koelwatervoorziening met buffers, nevelinstallaties en selectieve koeling. De helft van deze extra aardgasbesparing komt door tweede en derde schermen. Van de elektriciteitsbesparing is 80% het effect van LED belichting. Deze maatregelen worden momenteel ondersteund door subsidie in de EG-regeling.

In variant 2 zien we door sturing op primair energieverbruik, minder geothermie vanwege het elektriciteitsverbruik van pompen.

In de berekeningen is de productie door WKK, warmtelevering en inzet van warmtepompen in de glastuinbouw gelijk aan de uitgangspunten zoals geschetst in paragraaf 3.1.

Het finaal energieverbruik van de sector landbouw is lager dan de KEV 2023-raming, die uitkomt op een bandbreedte van 101 tot 117 PJ. Dit komt doordat de OPERA berekeningen uitgaan van meer besparing op warmte door o.a. tweede en derde schermen.

Tabel 3.21: Finaal energieverbruik landbouw in 2030 in PJ

Energiedrager	KEV 2022	OPERA-berekening variant 0 allen klimaatdoel	OPERA-berekening variant 1 Doel EED finaal energieverbruik	OPERA-berekening variant 2 Doel EED primair energieverbruik	OPERA-berekening variant 3 met 5% lager finaal verbruik dan doel EED
Aardgas	53	30	30	30	30
Elektriciteit	35	36	36	28	28
Warmte	3	5	5	5	5
Biomassa	5	2	2	0	0
Geothermie	12	16	16	12	15
Groen gas	3	5	5	5	5
Totaal	111	93	93	80	84

Tabel 3.22: Vergelijking varianten landbouw, besparing in PJ tov KEV 2022 raming

	OPERA-berekening variant 0 Alleen klimaatdoel	OPERA-berekening variant 1 Doel EED finaal energieverbruik	OPERA-berekening variant 2 Doel EED primair energieverbruik	OPERA- berekening variant 3 met 5% lager finaal verbruik dan doel EED
Warmte besparende opties, zoals isolerende schermen	-18	-18	-23	-20
Elektriciteit besparende opties, zoals LED belichting	0	0	-9	-7
Totaal	-18	-18	-32	-27

3.4.4 Mobiliteit

Tabel 3.23 geeft het finaal energieverbruik van de sector mobiliteit voor de verschillende varianten naar energiedrager. Het primair energieverbruik in de mobiliteit is gelijk aan het finaal energieverbruik, omdat alle energieverbruik bij eindverbruikers plaats vindt. Het finaal energieverbruik van de sector mobiliteit bestaat uit verbruik van benzine, diesel, LPG, elektriciteit, biobrandstoffen, kerosine, waterstof, en e-fuels voor wegverkeer, binnenvaart, mobiel werktuigen en de luchtvaart.

Hoe hoger de ambitie is om het energieverbruik te verminderen hoe meer elektrificatie plaatsvindt. In variant 2 en 3 worden meer elektrische auto's ingezet dan in variant 1. Een gevolg van meer elektrificatie is dat minder biobrandstoffen nodig zijn.

Ten opzichte van het energieverbruik in de KEV 2022-raming voor 2030 is het energieverbruik van de sector mobiliteit circa 52 PJ lager in variant 1 door Betalen naar gebruik, elektrificatie en efficiëntere personenauto's, bestelauto's, vrachtwagens, elektrische bussen en elektrische mobiele werktuigen (tabel 3.24). In variant 2 en 3 is het energieverbruik nog eens 20 PJ lager door nog meer elektrische personenauto's, bestelauto's en vrachtwagens, richting het maximum zoals gedefinieerd in de uitgangspunten (Tabel 3.25).

Betalen naar gebruik is als beleidsmaatregel controversieel verklaard en er is nog geen politiek besluit over genomen. Wanneer de beleidsmaatregel niet wordt ingevoerd, zou gezocht kunnen worden naar andere manieren om dezelfde energiebesparing te realiseren.

Het resultaat van de modelberekeningen ligt qua finaal energieverbruik binnen de bandbreedte van de KEV 2023 van 522 tot 610 PJ.

Tabel 3.23: Finaal energieverbruik mobiliteit in 2030 in PJ

Energiedrager	KEV 2022	OPERA-berekening variant 0 alleen klimaatdoel	OPERA-berekening variant 1 Doel EED finaal energieverbruik	OPERA-berekening variant 2 Doel EED primair energieverbruik	OPERA-berekening variant 3 met 5% lager finaal verbruik dan doel EED
Aardgas	3	2	2	2	2
Elektriciteit	35	46	46	57	55
Olieproducten (benzine en diesel)	376	284	284	284	283
Biobrandstoffen binnenlands transport	40	65	65	31	37
Waterstof	0,3	0	0	4	4
E-fuels binnenlands transport	0	5	5	1	1
Luchtvaartbunkers- (inclusief biobrandstoffen)	159	159	159	159	159
Totaal	613	561	561	539	541

Tabel 3.24: Vergelijking verschillen OPERA berekening variant 1 met de KEV 2022 raming

Besparingsmaatregel	Besparing t.o.v. de KEV 2022 raming voor 2030 in PJ
Minder autokilometers (bijvoorbeeld via Betalen naar gebruik)	-14
Elektrificatie en efficiëntere personenauto's	-21
Elektrificatie en efficiëntere bestelauto's	-8
Elektrische bussen	-2
Elektrificatie en efficiëntere vrachtwagens	-5
Elektrische mobiele werktuigen	-5
Overige verschillen	+4
Totaal	-52

Tabel 3.25: Verschillen tussen de varianten

	KEV 2022	OPERA-berekening variant 0 Alleen klimaatdoel	OPERA-berekening variant 1 Doel EED finaal energieverbruik	OPERA-berekening variant 2 Doel EED primair energieverbruik	OPERA-berekening variant 3 met 5% lager finaal verbruik dan doel EED
Elektrische personenauto's	PM	21% van de voertuigkilometers	21% van de voertuigkilometers	34% van de voertuigkilometers	34% van de voertuigkilometers
Elektrische bestelauto's	PM	23% van de voertuigkilometers	23% van de voertuigkilometers	27% van de voertuigkilometers	23% van de voertuigkilometers
Elektrische bussen	PM	62% van de voertuigkilometers	62% van de voertuigkilometers	62% van de voertuigkilometers	62% van de voertuigkilometers
Elektrische vrachtwagens	PM	9% van de voertuigkilometers	9% van de voertuigkilometers	15% van de voertuigkilometers	15% van de voertuigkilometers

3.4.5 Sector elektriciteit

Tabel 3.26 geeft het primair energieverbruik van de sector elektriciteit naar energiedragers voor de verschillende varianten. In de sector elektriciteit is geen finaal energieverbruik, want in de sector zitten geen eindverbruikers. De klimaatakkoord sector elektriciteit beslaat meer dan alleen de centrale elektriciteitsproductie, het betreft ook de stadsverwarming. De sector elektriciteit betreft de productie en distributie van en handel in elektriciteit, aardgas, warmte, stoom en gekoelde lucht (SBI 35). Naast de grootschalige elektriciteit en warmteproductie gaat het in deze sector ook om de elektriciteit en warmteproductie bij bedrijven in eigendom van energiebedrijven of van een joint venture tussen meerdere bedrijven. De elektriciteit en warmteproductie die volledig in eigendom is van een ander bedrijf wordt meegenomen in de sector waar dat andere bedrijf toe behoort.

Bij sturing op vermindering van finaal energieverbruik in varianten 1 en 3 zien we in de eindverbruikssectoren meer elektrificatie en daardoor een hoger elektriciteitsverbruik. Omdat wind en zon al tot aan het maximum worden ingezet, wordt dat extra elektriciteitsverbruik met gascentrales geproduceerd en leidt dit tot extra omzettingsverliezen en dus tot extra primair energieverbruik. In variant 2 is de export van elektriciteit gehalveerd tot 17 TWh; dat scheelt 61 PJ elektriciteitsproductie. In variant 2 wordt geen CCS in de elektriciteitssector toegepast vanwege sturing op vermindering primair energieverbruik.

In de KEV 2023 is de raming van de elektriciteitsvraag in 2030 zo'n 138-159 TWh; dat is 496-572 PJ. De bandbreedte voor het primair energieverbruik in 2030 van de sector elektriciteit is in de KEV 2023 raming 84 tot 309 PJ. De berekeningen met het OPERA-model in variant 1 en 3 vallen in die range. In variant 2 hebben we de export van elektriciteit gehalveerd en is daarom minder elektriciteitsproductie nodig. Het primair energieverbruik valt daarom buiten de range van de KEV2023-raming.

Tabel 3.26: Primair energieverbruik sector elektriciteit in 2030 in PJ (negatieve getallen zijn energiedragers die door de sector elektriciteit aan andere sectoren worden geleverd)

Energiedrager	KEV 2022	OPERA-berekening variant 1 Doel EED finaal energieverbruik	OPERA-berekening variant 2 Doel EED primair energieverbruik	OPERA-berekening variant 3 met 5% lager finaal verbruik dan doel EED
Elektriciteit	-408	-512	-412	-525
Warmte	-36	-9	-27	-3
Aardgas	134	181	73	217
Uranium	37	35	35	35
Cokesovengas	9	9	11	0
Wind	327	364	337	358
Zon	25	52	52	52
Geothermie	4	2	2	2
Biomassa vast	9	8	9	8
Groen gas	0	8	0	8
Totaal	100	138	79	153

4 Een andere invulling of vermindering van activiteiten

Dit hoofdstuk gaat over de derde onderzoeksvraag: Wat zijn naast efficiencyverbetering andere mogelijkheden voor vermindering van het energieverbruik, via een andere invulling of een vermindering van activiteiten? Voor het beantwoorden van deze vraag hebben TNO-experts een inventarisatie gemaakt voor de verschillende eindverbruikssectoren. Dit zijn volume- en structuurmaatregelen, die niet zijn meegenomen in de modelberekeningen omdat die zich richten op efficiëntieverbetering. Dit potentieel kan ook worden benut om energiebesparing te realiseren en biedt inzicht in additionele of alternatieve besparingsopties. We hebben niet precies becijferd hoe groot het totale besparingspotentieel is. Ook hebben we niet in kaart gebracht welke (mogelijk ongewenste) gevolgen deze maatregelen kunnen hebben voor bijvoorbeeld de brede welvaart van bepaalde groepen in de samenleving.

Sector industrie

Voor de sector industrie hebben we alleen gekeken naar energie-intensieve subsectoren, zoals de staalindustrie en de kunstmestindustrie. De mogelijkheden om energie te besparen door een andere invulling van activiteiten betekent de inzet van een ander, energiebesparend productieproces of de import van grondstoffen of halffabricaten. Volume maatregelen in de industrie betekenen dat energie-intensieve industrie in Nederland verdwijnt of verminderd bijvoorbeeld door hoge energieprijzen, zoals nu al gebeurt in de aluminiumproductie. Ook zou minder energieverbruik in de industrie mogelijk zijn wanneer de vraag naar bepaalde industriële producten verminderd. Denk aan olieraffinaderijen door de toename van het aantal elektrische auto's.

De staalproductie heeft een groot aandeel in het totale energieverbruik van de industrie in Nederland, het gaat om 73 PJ finaal energieverbruik en 118 PJ primair energieverbruik inclusief omzettingsverliezen in de hoogovens. Het energieverbruik zou verminderd kunnen worden door import van schroot en/of de import van ruw ijzer in de vorm van hot briquetted iron. De import van cokes (voor de hoogoven die niet naar DRI direct reduced iron wordt omgebouwd) is ook een optie, maar betekent een afwenteling van emissies naar het buitenland. De inzet van DRI is al meegenomen in de berekeningen in de omvang volgens ons bekende plannen Tata eind 2023.

Met halffabricaten vervang je het energie-intensieve deel van de productie in de industrie. Import van methanol en ammoniak zijn de meest realistische opties vanwege de al bestaande importcapaciteit. Complete vervanging van ammoniak levert ~60 PJ besparing op. Voor de productie van kunstmest is ammoniak nodig. Door de hoge aardgasprijzen hebben kunstmestfabrikanten de afgelopen jaren al ammoniak geïmporteerd. Er is een energiebesparing mogelijk van 12 PJ zonder grote aanpassingen tot 60 PJ waarbij wel aanpassingen aan het proces nodig zijn (PBL, 2024 CE Delft, 2023). Met de import van halffabricaten wordt het energieverbruik afgewenteld op het buitenland.

In de kunststofindustrie kan recycling energie besparen, eventueel ook door import van kunststofrecycalaat. In de berekeningen gaan we er van uit dat alleen plastics in Nederlands afval wordt gerecycled en in Nederland wordt gebruikt in de kunststofindustrie. Meer

gebruik van recycled plastics heeft pas effect op energieverbruik als de krakers in Nederland minder nieuw plastic maken.

We zien dat de methanolproductie stil ligt in Nederland, ten opzichte van eerdere jaren scheelt dat 18 PJ energieverbruik. Ook aluminiumproductie is stilgelegd door hoge energieprijzen (NOS Nieuws, 2022), dat scheelt 5 PJ.

Ook bij groene waterstof maakt het voor het energieverbruik in Nederland veel uit of we die groene waterstof in Nederland produceren of importeren uit het buitenland. Dit is met name relevant voor het doel voor vermindering van het primair energieverbruik vanwege de ermee gepaard gaande omzettingsverliezen. Bij gebruik van circa 35 PJ waterstof (doel REDIII voor 2030 volgens CE Delft & TNO, 2023) is de maximale besparing bij complete import circa 70 PJ elektriciteit. Hier komt mogelijk wel wat extra energieverbruik bij voor het kraken van geïmporteerde ammoniak.

Sector gebouwde omgeving

In de sector gebouwde omgeving kan bij “minder” activiteiten ten eerste worden gedacht aan minder woningen en gebouwen. Het kabinet wil 900.000 nieuwe woningen realiseren. De KEV 2022 ging uit van 669.000 nieuwbouwwoningen 2022-2030 door vertraging in nieuwbouw vanwege vergunningen. Bij betere benutting van de bestaande voorraad is minder nieuwbouw nodig. Betere benutting kan door woningdelen, transformatie en multifunctioneel gebruik. Ook zouden kleinere of gestapelde woningen kunnen worden gebouwd. Als 100.00 appartementen worden gebouwd in plaats van rijtjeswoningen dan kan dat ca 1,5 PJ energieverbruik besparen. Ook zouden minder datacenters en distributiecentra kunnen worden gebouwd. De KEV 2022 gaat voor de periode 2024-2030 uit van 32 miljoen m² nieuwbouw in de dienstensector. Met een energieverbruik van 270 MJ/m² is dit circa 9 PJ energieverbruik. Valt de uitbreiding 20% lager uit dan betekent dat 2 PJ besparing.

Een andere optie is zuinig stoken. Dit betekent 1) niet het hele huis verwarmen, 2) de thermostaat niet hoger dan 19 graden en 3) 's nachts en als er overdag niemand thuis de thermostaat op 15 graden (Milieucentraal, 2024). De verwachting is dat gemiddeld 10% bespaard kan worden op het aardgasverbruik van woningen. In de KEV-raming 2022 en 2023 is al 5% besparing door zuinig stoken verondersteld met een bandbreedte van 0 tot 10%. Deze waarde is gebaseerd op daling van het aardgasverbruik van huishoudens door gedragsverandering in reactie op de hoge energieprijzen in 2022 ten opzichte van 2021 (CBS, 2024) In de OPERA-berekeningen hebben we dit besparingspotentieel van maximaal een 10% lagere warmtevraag al meegenomen.

Daarnaast zou meer aandacht besteed kunnen worden aan het inregelen van installaties. Zo kan de stooktemperatuur van ketels worden verlaagd. Vaak is die afgesteld op 80, soms zelfs 90 graden, terwijl een temperatuur van 60 graden in een redelijk tot goed geïsoleerd huis meestal volstaat. Een hoge aanvoertemperatuur zorgt voor een hoge 'retourtemperatuur' van het CV-water dat bij de ketel terugkomt. Hierdoor wordt hoogrendementsprincipe niet benut en verbruikt je zo'n 10% meer energie.

In grote gebouwen is ook veel energie te besparen door het beter inregelen van installaties. Het gaat er dan om dat verwarming, ventilatie, koeling en verlichting niet buiten gebruikstijd aan blijven staan. Maar ook een weersafhankelijke regeling of het instellen van de stooklijn kan energie besparen. Een stooklijn is de verhouding tussen de buitentemperatuur en de aanvoertemperatuur van het verwarmingswater.. Ook moet worden voorkomen dat een gebouw gelijktijdig wordt gekoeld en verwarmd door een koelmachine pas vanaf een bepaalde buitentemperatuur te laten draaien en een temperatuurverschil aan te houden ten opzichte van de verwarmingsketel. We weten uit de praktijk dat in de meeste gebouwen

de installaties niet goed ingeregeld zijn, goed inregelen kan een gasbesparing opleveren van 2 m³ per vierkante meter gebouw. Met 400 miljoen m² gebouwen in de dienstensector gaat dat om 25 PJ.

Sector mobiliteit

Minder autorijden en een overstap van de auto naar de fiets of trein is al meegenomen in de OPERA-berekeningen als een effect van betalen naar gebruik. Betalen naar gebruik is een heffing per kilometer voor personen- en bestelauto's. Voor de vormgeving zijn verschillende varianten in kaart gebracht, maar tot de implementatie van een specifieke variant is nog niet besloten. De beleidsmaatregel is controversieel verklaard en besluitvorming is aan een volgend kabinet. Wanneer de beleidsmaatregel Betalen naar Gebruik niet wordt ingevoerd kan gezocht worden naar andere beleidsopties om meer gebruik van auto en fiets te bevorderen. Onderzoek van het Kennisinstituut voor Mobiliteit laat zien dat maximaal 3,4% van de autoritten gemeten in verplaatsingen en 7,8% gemeten in afgelegde afstand van het dagelijkse aantal autoverplaatsingen met effectieve beleidsmaatregelen kan verschuiven naar de combinatie van fiets en openbaar vervoer (KIM, 2024)

Energiebesparing bij het wegverkeer is ook mogelijk door minder hard te rijden. Op Nederlandse snelwegen geldt overwegend een maximumsnelheid van 100 km/h. Maar in de avond en nacht (tussen 19.00 en 06.00 uur) mag op veel plekken 130 worden gereden. 130 rijden in plaats van 100 veroorzaakt een extra CO₂-uitstoot van zo'n 40 g/km (ongeveer 1,7 liter brandstof per 100 km). Op snelwegen wordt ongeveer 50% van alle kilometers gereden. Zo'n 17% van deze "snelwegkilometers" wordt gereden bij 130 km/h. Het permanent en overal invoeren van een 100 km/h snelheidslimiet op autosnelwegen zou resulteren in een jaarlijkse besparing van ruim 3 PJ brandstof. Deze maatregel zou snel ingevoerd kunnen worden als de politiek daarvoor zou kiezen.

Ook is energiebesparing mogelijk door aanschaf van efficiëntere auto's in het wegverkeer te stimuleren. Auto's met verbrandingsmotoren worden elk jaar ruwweg 2% zuiniger. Tegelijkertijd wordt het Nederlandse autopark ieder jaar ouder, vooral vanwege import van jong gebruikte (vaak relatief onzuinige) auto's uit het buitenland en daardoor minder nieuwverkoop. Het verlagen van de gemiddelde leeftijd van het Nederlandse wagenpark met 1 jaar kan leiden tot een circa 2% zuiniger autopark. Dit resulteert in een CO₂-reductie van 2% van de totale parkuitstoot van 20 Mton, ofwel 0,4 Mton door ongeveer 5,5 PJ minder brandstofverbruik. Om dit te realiseren zou beleid gericht kunnen worden op beperking van de import van gebruikte auto's.

Personenauto's zijn de afgelopen jaren continu zwaarder geworden. De jaarlijkse gewichtstoename voor hetzelfde type auto betreft grofweg 13 kg. Elke kilogram extra gewicht aan een auto leidt globaal tot een extra CO₂-uistoot van 0,1 g per afgelegde km. Die 13 kg gewichtstoename per jaar veroorzaakt dus zo'n 1,3 g CO₂ per km extra, overeenkomend met ongeveer 1% extra emissie. Het Nederlandse personenautopark stoot jaarlijks zo'n 20 Mton CO₂ uit (ongeveer 274 PJ brandstof). Een daling van het gemiddelde gewicht van het personenautopark met 13 kg zou kunnen leiden tot een CO₂-reductie van 1% van de totale parkuitstoot, ofwel 0,2 Mton en 2,74 PJ minder brandstofverbruik. Met een gewichtsafname van 130 kg per auto zou op jaarbasis zelfs 2 Mton CO₂ (27,4 PJ brandstof) vermeden kunnen worden.

Sector landbouw

Het grootste deel van het energieverbruik in de landbouw vindt plaats in de glastuinbouw. Meer energiebesparing is mogelijk door aanpassingen bij energie-intensieve teelt die verwarmd en belicht worden door andere teelttechnieken, kortere teeltcycli of door besparing op gasverbruik voor CO₂-bemesting door levering van externe CO₂. Daarnaast zou

energiebesparing mogelijk zijn door een switch naar producten met een extensievere teeltwijze.

5 Conclusies en aanbevelingen

In dit hoofdstuk bediscussiëren we de resultaten van het onderzoek en formuleren we conclusies en aanbevelingen.

Restopgave doelen EED

In de herziening van de EED in 2023 zijn de doelen voor vermindering van het energieverbruik aangescherpt. De herziene EED verplicht lidstaten hun gezamenlijk finaal en primair energieverbruik te verminderen met 11,7 procent ten opzichte van de prognoses voor het energieverbruik in 2030 zoals die zijn bepaald in het zogeheten EU-referentiescenario uit 2020. Dit leidt tot een bovengrens voor het finaal en primair energieverbruik in 2030.

Op Europees niveau is het doel voor finaal energieverbruik bindend en levert iedere lidstaat een bijdrage. Op Europees niveau is het doel voor primair energieverbruik indicatief, maar lidstaten wordt wel gevraagd een streefwaarde te formuleren om een bijdrage aan dit doel te leveren en te rapporteren over hun voortgang.

Voor Nederland betekent artikel 4 uit de EED een doel om het finaal energieverbruik bij eindverbruikers te verminderen naar 1609 PJ in 2030 en een streefwaarde voor vermindering van het totale primair energieverbruik naar 1935 PJ in 2030. Uit de vergelijking van de raming uit de Klimaat- en energieverkenning (KEV) 2023 met deze doelen uit de EED voor Nederland volgt de restopgave die door additioneel beleid zal moeten worden gerealiseerd.

In de KEV 2023-raming wordt een finaal energieverbruik verwacht dat in 2030 ligt tussen 1566 en 1818 PJ. Dat betekent dat het aangescherpte doel van 1609 PJ binnen de bandbreedte van de raming ligt, maar dat dit alleen haalbaar is als alles meezit, waaronder niet-stuurbare invloeden zoals energieprijzen en het weer. Ten opzichte van het midden van de bandbreedte gaat het om een restopgave van circa 83 PJ extra besparing. De KEV 2023-raming verwacht voor 2030 een primair energieverbruik tussen 1951 en 2323 PJ. Dat betekent dat het aangescherpte besparingsdoel voor primair energieverbruik buiten de bandbreedte ligt. Ten opzichte van het midden van de bandbreedte gaat het om een restopgave van circa 202 PJ extra besparing.

De bandbreedte uit de KEV 2023 geeft de onzekerheid in de raming weer, wat betekent dat de restopgave ook groter of kleiner zou kunnen zijn wanneer we de EED doelen met de boven- of onderkant van de bandbreedte van de KEV-raming zouden vergelijken. Door de EED-doelen te vergelijken met het midden van de bandbreedte uit de KEV-raming geven we een meest waarschijnlijke inschatting van orde grootte van de restopgave.

Verdeling doelstelling finaal energieverbruik naar sectoren

Er zijn berekeningen uitgevoerd met het OPERA-model waarbij, tegen de laagst mogelijke kosten, zowel het klimaatdoel als de doelen uit de EED voor vermindering van het finaal en primair energieverbruik worden gerealiseerd. Daaruit blijkt dat realisatie van het EED-doel voor vermindering van het finaal energieverbruik haalbaar is binnen het beschikbare besparingspotentieel zoals in dit onderzoek door TNO-experts bepaald (zie paragraaf 3.2). De verdeling van energieverbruik over de sectoren wordt voornamelijk bepaald door de klimaatdoelstelling en beoogde restemissie in 2030 per sector doordat deze

klimaatdoelstelling ook een inzet op energiebesparende maatregelen vereist en die maatregelen bijna voldoende zijn om het EED doel te realiseren.

Overprogrammering vereist aanvullend besparingspotentieel

Wanneer besloten wordt om met het beleid te streven naar verdere vermindering van finaal energieverbruik om ook als niet alles meezit het EED-doel te realiseren (variant 3 5% lager finaal energieverbruik dan doel EED), is meer besparingspotentieel nodig. Bij een streven naar een finaal energieverbruik dat 5% lager is dan het EED-doel van 1609 PJ is 80 PJ meer energiebesparing nodig dan bij streven naar het EED-doel. De modelberekening laat zien dat voor deze extra energiebesparing voor een groot deel nog ruimte is binnen het beschikbare besparingspotentieel in 2030. Voor een klein deel van die extra besparing kiest het OPERA model voor relatief dure opties zoals het grootschalig elektrificeren van binnenvaartschepen. We denken dat het logischer is om voor circa 10 PJ besparing (van de 80 PJ extra besparing) te zoeken naar andere, goedkopere besparingsopties die niet in het beschikbare besparingspotentieel in het OPERA model zijn meegenomen. Daarbij kan gedacht worden aan besparingsmaatregelen door een andere invulling van of een vermindering van bepaalde activiteiten in verschillende sectoren (zie resultaat onderzoeksvraag 3). In Tabel s.2 is deze 10 PJ besparing vermeld als “extra besparing t.o.v. beschikbaar potentieel in OPERA-model”, we hebben deze extra besparing niet toebedeeld aan een specifieke sector.

In variant 3 wordt in alle sectoren meer besparingspotentieel ingezet dan in variant 1. Het betreft dezelfde besparingsopties als in variant 1, maar deze opties worden voor een groter deel van het potentieel ingezet. Het gaat om meer inzet van warmtepompen in de industrie, meer warmtebesparing door isolerende schermen en elektriciteitsbesparing door LED verlichting in de glastuinbouw en meer elektrische auto's in de mobiliteit. Daarnaast wordt in variant 3 minder CCS bij eindverbruikers in de industrie ingezet dan in variant 1. Realisatie van het EED doel gericht op vermindering van primair energieverbruik vereist ook een verdere vermindering van finaal energieverbruik (variant 2) met dezelfde opties en extra inzet van warmtepompen in de gebouwde omgeving.

Primair energieverbruik hoger dan EED-doel door hogere omzettingsverliezen

Als resultaat van de OPERA-berekeningen gericht op vermindering van finaal energieverbruik is het primair energieverbruik veel hoger dan het EED-doel. Elektrificatie en in beperkte mate CCS leiden tot hogere omzettingsverliezen in de sector elektriciteit. Daarnaast leiden CCS en de productie van groen gas en biobrandstoffen tot hogere omzettingsverliezen in de sector industrie. Met een OPERA-berekening waarbij een halvering van de export van elektriciteit, verdubbeling van de import van biobrandstoffen, 20 PJ import van groene waterstof en halvering van de productie van groen gas is aangenomen, kan het doel wel worden gerealiseerd. Maar sturen op vermindering van export van elektriciteit is in een vrije elektriciteitsmarkt onmogelijk en het sturen op meer import van groene energiedragers is onwenselijk omdat we de opgave daarmee afwentelen op het buitenland.

Sturen op een lager primair energieverbruik is alleen mogelijk door meer te kiezen voor emissiereductieopties in eindverbruiksectoren die daadwerkelijk energieverbruik vermijden. Daarbij komen ook de reserveopties in beeld die zich richten op vermindering van bepaalde activiteiten in een sector of een andere invulling van activiteiten. Dat zal waarschijnlijk niet voldoende zijn om de streefwaarde voor vermindering van primair energieverbruik te halen. Wanneer dat komt door export van elektriciteit of de inzet van opties als CCS en elektrolyse voor groene waterstof kan worden beoogd dat dit nodig is voor de energietransitie in Europa. Het is dan wel van belang de trends in primair energieverbruik goed te monitoren en te kunnen verklaren.

Besparingspotentieel

Het EED-doel voor minder finaal energieverbruik is haalbaar bij de uitgangspunten voor het besparingspotentieel zoals afgestemd met de departementen. Belangrijke besparingsopties zijn: zuinig stoken, na-isolatie, warmtepompen, elektrische auto's, minder rijden door betalen naar gebruik, warmte- en elektriciteitsbesparing in de industrie en glastuinbouw en recycling van plastics in de industrie.

Als aanvullend besparingspotentieel kan ook worden gekeken naar een andere invulling of vermindering van activiteiten. In de industrie gaat het dan om het importeren van halffabricaten of een scenario waarin sommige energie-intensieve industrie in Nederland verdwijnt. In de gebouwde omgeving kan worden bespaard door betere benutting van de bestaande woning- en gebouwenvoorraad door woning delen en multifunctioneel gebruik, de bouw van kleinere gestapelde woningen en het beter inregelen van installaties voor verwarming, koeling, ventilatie en verlichting. In de glastuinbouw kan meer besparing worden gerealiseerd door een andere teeltwijze, kortere teeltcycli en CO₂-levering of de keuze voor teelt van andere producten. In de sector mobiliteit kan verjonging van het wagenpark, het sturen op auto's met een lager gewicht en langzamer rijden op snelwegen in de avond en nacht het energieverbruik verminderen.

Onzekerheden van de modelberekeningen

Zoals bij elke modelberekening zijn de uitkomsten van de OPERA-berekeningen gevoelig voor onzekerheden in de inputvariabelen. Er is geen uitgebreide gevoeligheidsanalyse uitgevoerd. Het hoofddoel van de berekeningen is het bepalen van een kosteneffectieve verdeling van het besparingsdoel over de verschillende sectoren. De berekeningen laten zien dat voor het halen van het finale doel een groot deel van het besparingspotentieel moet worden ingezet en dat, om het finale energieverbruik 5% onder het EED-doel te laten uitkomen, extra besparingspotentieel nodig is. Dat laat zien dat de speelruimte om het EED-doel te halen beperkt is. Er zijn geen andere oplossingen mogelijk met vrijwel dezelfde kosten (near-cost optimum). Als de kosten van besparingsopties hoger zijn dan bij de modelberekeningen is verondersteld, zullen vrijwel alle besparingsopties toch moeten worden ingezet. Dat zal de kostenoptimale verdeling nauwelijks doen veranderen. Wel kan verandering van de ingeschatte potentiëlen tot een andere verdeling leiden. Maar potentiëlen zijn als uitgangspunten voor de berekeningen afgestemd met de beleidsdepartementen. Voor de modelberekeningen is de KEV-raming als basis gebruikt. Ook de KEV-raming kent onzekerheden, bijvoorbeeld ten aanzien van volumegroei van sectoren en energie-import en -export. Deze onzekerheden kunnen worden opgevangen door overprogrammering in het beleid.

Gevoeligheid voor uitgangspunt rond restemissies sectoren en groen gas

De modelberekeningen hanteren als klimaatdoel de beoogde restemissies per sector in 2030 uit de Klimaatnota 2023. In die Klimaatnota wordt ook beoogde emissiereductie van sectoroverstijgende maatregelen benoemd, maar die wordt niet toegerekend aan sectoren. Dat betreft de bijmengverplichting groen gas en wijzigingen in de energiebelasting. Omdat politieke besluitvorming over de toerekening van de emissiereductie van sectoroverstijgende maatregelen naar sectoren nog moet plaatsvinden, heeft TNO een eigen keuze gemaakt om deze sectoroverstijgende emissie naar rato van het aardgasverbruik in 2030 uit de KEV 2022-raming te verdelen over sectoren. Inclusief deze sectoroverstijgende maatregelen rekenen we dus met een lagere beoogde restemissie per sector dan in de Klimaatnota 2023.

Uitgaande van de restemissies per sector uit Klimaatnota 2023, hoeven sectoren minder emissiereductiemaatregelen te nemen dan nu in de berekeningen is verondersteld en zou het energieverbruik per sector hoger kunnen zijn. Maar het EED doel voor vermindering van finaal energieverbruik zou dan toch extra besparingsmaatregelen vereisen. Mogelijk zouden

die extra energiebesparende opties een andere verdeling over sectoren laten zien, bijvoorbeeld meer in de industrie en minder in de gebouwde omgeving en landbouw. Maximaal zou dat effect in de sector landbouw 5 PJ meer gasverbruik en in de gebouwde omgeving 18 PJ meer gasverbruik kunnen betekenen (gelijk aan de bijdrage van groen gas), wanneer die besparing in andere sectoren kosteneffectiever kan worden gerealiseerd. Dat is 5% van het energieverbruik van landbouw en gebouwde omgeving zoals in variant 1 met het OPERA model is berekend. Maar waarschijnlijker is het dat de kosteneffectieve verdeling van het energieverbruik niet veel verschilt van de andere berekeningsvarianten zoals in Figuur 3.1 is geschetst.

Conclusies

Op basis van dit onderzoek trekken we de volgende conclusies:

1. Met het huidige beleid is de kans klein dat het EED-doel voor finaal energieverbruik van 1609 PJ in 2030 wordt gerealiseerd, omdat dit doel maar net binnen de bandbreedte van de KEV 2023-raming valt (1566 tot 1818 PJ). Het EED-doel voor primair energieverbruik van 1935 PJ in 2030 is buiten bereik, dit doel ligt buiten de bandbreedte van de KEV 2023 -raming (1951 tot 2323 PJ). Ten opzichte van het midden van de bandbreedte van de KEV 2023-raming is circa 83 PJ extra besparing op finaal energieverbruik en circa 202 PJ extra besparing op primair energieverbruik nodig om de EED-doelen te halen. Er is aanvullend beleid nodig om deze extra energiebesparing te realiseren.
2. Het EED doel voor vermindering van finaal energieverbruik is wel haalbaar met het beschikbare besparingspotentieel van energiebesparende maatregelen zoals in dit onderzoek is bepaald (zie hoofdstuk 3). De toepassing van die maatregelen is ook nodig om de klimaatdoelstelling te realiseren. De verdeling van het beoogde finaal energieverbruik in 2030 over sectoren wordt daarom bepaald door de beoogde sectorale restemissies in het kader van de klimaatdoelstelling.
3. Het EED doel voor vermindering van primair energieverbruik is ambitieuzer dan het doel voor vermindering van finaal energieverbruik in combinatie met de klimaatdoelstelling. Vanwege emissiereductie zullen elektrificatie, productie van biobrandstoffen en groen gas en CCS richting 2030 op grotere schaal worden toegepast. De conversieverliezen in de elektriciteitsproductie en industrie nemen daardoor toe en daarmee ook het totaal primair energieverbruik. Import van groene energiedragers kan helpen het primair energieverbruik te verminderen, maar dat verschuift een deel van de opgave naar het buitenland.
4. Uit de inventarisatie blijkt dat er meer besparingspotentieel is dan alleen die van energie-efficiëntie maatregelen: er is ook een besparingspotentieel door verandering of vermindering van activiteiten. Het gaat dan bijvoorbeeld om het importeren van halffabricaten in industrie, of het beter inregelen van installaties in gebouwen. In de glastuinbouw kan meer besparing worden gerealiseerd door een andere teeltwijze, kortere teeltcycli en CO₂-levering of de keuze voor teelt van andere producten. In de sector mobiliteit kan wijziging van modal split (meer gebruik van fiets in plaats van auto en trein in plaats van vliegtuig), verjonging van het wagenpark, het sturen op auto's met een lager gewicht, 100 km per uur ook in avond en nacht op snelwegen en vermindering van het aantal vluchten het energieverbruik verminderen. De totale omvang van dat besparingspotentieel is in dit onderzoek niet precies becijferd. Ook hebben we niet in kaart gebracht welke (mogelijk ongewenste) gevolgen deze maatregelen kunnen hebben voor bijvoorbeeld de brede welvaart van bepaalde groepen in de samenleving.

Aanbevelingen

Op basis van dit onderzoek hebben we de volgende aanbevelingen geformuleerd:

1. Houd bij de verdeling van de doelstelling uit de EED voor finaal energieverbruik naar streefwaarden per sector rekening met het huidige energieverbruik per sector en de

beoogde restemissies per sector vanwege het klimaatdoel. De streefwaarden voor finaal energieverbruik per sector kunnen worden gebaseerd op de berekeningsvariant 1 uit dit onderzoek (Tabel s.2).

2. Compenseer aan de voorkant voor mogelijke tegenvallers vanwege factoren als weer en energieprijzen met overprogrammering in beleid, bij voorkeur door beleid gericht op maatregelen die energieverbruik vermijden (zie aanbeveling 3) .
3. Geef meer prioriteit aan emissiereductie-opties die energieverbruik vermijden, zodat klimaatbeleid en energiebesparing hand in hand gaan. Na-isolatie van bestaande woningen is een goed voorbeeld, maar ook besparing op warmte- of elektriciteitsvraag in glastuinbouw en industrie door efficiëntieverbetering in productieprocessen..
4. Zorg voor een goede monitoring van achterliggende trends die de ontwikkeling van het finaal en primair energieverbruik verklaren om tijdig te kunnen bijsturen en om een verklaring te kunnen geven voor een energieverbruik dat hoger ligt dan de doelstelling.

Referenties

CBS, 2024 [Gasverbruik Nederland opnieuw lager | CBS](#)

CE Delft 2023 Afnameverplichting waterstof https://ce.nl/wp-content/uploads/2023/10/CE_Delft_230209_Afnameverplichting-waterstof_def.pdf

KIM, 2024 Modal shift van auto naar combinatie fiets-ov <https://www.kimnet.nl/publicaties/notities/2024/04/25/modal-shift-van-auto-naar-de-combinatie-fiets-ov>

NEA, 2023 Rapportage hernieuwbare energie voor vervoer in Nederland 2022, [Rapportage hernieuwbare Energie voor Vervoer in Nederland 2022 | Publicatie | Nederlandse Emissieautoriteit](#)

Milieucentraal, 2024 [Bespaartips verwarming | Milieu Centraal](#)

NOS Nieuws, 2022, [Groningse aluminiumfabriek stopt productie vanwege hoge energieprijzen \(nos.nl\)](#)

PBL, 2024: PBL-2024 report decarbonization options fertiliser industry https://www.pbl.nl/system/files/document/2024-02/pbl-2024-update-report-decarbonisation-options-for-the-dutch-fertiliser-industry_5449_0.pdf

RVO, 2023 Duurzaamheidsrapportage 2022 [Duurzaamheidsrapportage 2022 \(rvo.nl\)](#)

Scheepers, M.J.J., Gamboa Palacios, S., Jegu, E., Pupo Nogueira, L.P., Rutten, L.W., van Stralen, J., Smekens, K.E.L. en West, K.J. TNO 2020 P10338; Towards a sustainable energy system for the Netherlands in 2050; [Towards a sustainable energy system for the Netherlands in 2050 \(tno.nl\)](#)

Vereniging warmtepompen, 2024, [2023 topjaar voor warmtepompen ondanks stagnatie groei in vierde kwartaal | Vereniging Warmtepompen \(warmte-pompen.nl\)](#)

WUR, 2017 Nico van der Velden Pepijn Smit, Effect intensivering, extensivering en energiebesparing op CO₂-emissie Nederlandse Glastuinbouw, Wageningen Universiteit en Research [417478 \(wur.nl\)](#)

Bijlage A

Bijdrage Nederland EED artikel 4

Berekeningsmethode verbruiksdoelen EED per lidstaat

De verbruiksdoelen voor finaal en primair energieverbruik voor de EU27 als geheel worden berekend door zowel het finaal als het primair energieverbruik in 2030 zoals geraamd in het Referentiescenario met 11,7% te verlagen. Voor lidstaten geldt een aangepaste methode, omdat rekening wordt gehouden met verschillen tussen de lidstaten. Voor lidstaten beschrijft Annex I van de EED een methode om per lidstaat een factor te berekenen waarmee de 11,7% wordt vermenigvuldigd. Die factor is verschillend voor het finaal en het primair energieverbruik. Als eerste stap voor het berekenen van het de verbruiksdoelen worden het primair en finaal energieverbruik van een lidstaat in 2030 uit het EU-Referentiescenario verminderd met deze aangepaste percentages. Het reductiedoel van 11,7% voor het primair en finaal energieverbruik van de EU27 als totaal moet echter wel gerealiseerd worden, ook na de aanpassing van de 11,7% per lidstaat. Daarom worden de primaire en finale verbruiksdoelen van de lidstaten zoals berekend met behulp van de methode uit Annex I bij elkaar opgeteld en worden deze totalen vergeleken met de verbruiksdoelen van de EU27 als geheel. Daaruit rolt een EU-correctiefactor voor de primaire en finale verbruiksdoelen van de lidstaten die voor alle lidstaten gelijk is. Als tweede stap worden de doelen voor primair en finaal verbruik uit stap 1 vermenigvuldigd met de EU-correctiefactor.

Lidstaatspecifieke factoren voor reductiedoelen energieverbruik

De berekeningsmethode van de lidstaat-specifieke factoren voor finaal en primair energieverbruik omvat vier deelfactoren die ieder voor 25% meetellen in de totale factor. De vier deelfactoren betreffen: 1 - early energy saving actions, 2 - BNP per hoofd van de bevolking, 3 - energie-intensiteit en 4 - het kosteneffectief besparingspotentieel.

1. Early energy saving actions

De factor voor early energy saving actions is voor Nederland gelijk aan 0,914 voor primair energieverbruik en 0,5 voor finaal energieverbruik.

Deze early action factor hangt ten eerste af van de vermindering van het energieverbruik in Nederland over een periode van 10 jaar vergeleken met de vermindering van het verbruik in de EU27 over dezelfde periode. Daarvoor wordt het gemiddelde verbruik in de jaren 2007 t/m 2009 vergeleken met het gemiddelde verbruik in de jaren 2017 t/m 2019. Als de besparing in een lidstaat in die periode groter was dan in de EU27 als geheel komt de deelfactor uit op een waarde kleiner dan 1. Daarnaast is bepaald dat deze waarde niet kleiner mag zijn dan 0,5 en niet groter dan 1. In Nederland komt het gemiddelde primair energieverbruik in de jaren 2017 t/m 2019 6,7% lager uit dan het gemiddelde primair energieverbruik in de jaren 2007 t/m 2009. Voor finaal verbruik is dat 6,3%. Voor de EU27 was de daling van het primair energieverbruik 6,1% en van finaal energieverbruik 5%. Daarmee komen de tussenresultaten voor Nederland voor verbruiksvermindering op 0,914 voor primair en op 0,402 voor finaal verbruik. Vanwege de begrenzing komt het tussenresultaat voor finaal uiteindelijk op 0,5.

De factor voor early action hangt ten tweede af van de verandering van de energie-intensiteit (het energieverbruik gedeeld door het BNP). De energie-intensiteit is in de

EU27 op basis van zowel primair als finaal verbruik meer gedaald dan in Nederland. Met de berekeningsmethode die is voorgesteld komt deze correctie voor Nederland voor zowel finaal als primair op een waarde groter dan 1 uit, maar omdat is bepaald dat deze waarde niet kleiner mag zijn dan 0,5 en niet groter dan 1 geldt voor Nederland in beide gevallen een waarde van 1.

2. Bruto Nationaal Product per hoofd van de bevolking

De factor voor het Bruto Nationaal Product per hoofd van de bevolking is voor Nederland gelijk aan 1,286. Deze factor is gelijk voor primair en finaal verbruik. Deze factor is gebaseerd op de vergelijking van het BNP per hoofd van de bevolking van Nederland en de EU27 gemiddeld over de periode 2017-2019. Hoe hoger het BNP/hoofd van een lidstaat, hoe hoger de deelfactor, en hoe meer de factor een verhogend effect heeft op de besparingsopgave. Voor Nederland is deze factor groter dan 1.

3. Energie-intensiteit

Deze factor is voor zowel finaal als primair energieverbruik gebaseerd op een vergelijking van het energieverbruik gedeeld door het BNP van Nederland en de EU27. Voor Nederland is deze factor gelijk aan 0,9468 voor primair energieverbruik en 1,006 voor finaal energieverbruik. Als de energie-intensiteit van een lidstaat gemiddeld over de periode 2017-2019 lager is dan van de EU27 als geheel dan is de factor kleiner dan 1.

4. Kosteneffectief besparingspotentieel

Het kosteneffectief besparingspotentieel wordt berekend met behulp van de procentuele energiebesparing die volgt uit een vergelijking van de primaire en finale energieverbruiken van Nederland in 2030 uit het Referentiescenario uit 2020 met die uit het MIX-scenario. Het Referentiescenario gaat uit van het belangrijkste beleid zoals geformuleerd in de INEK van 2019, het MIX-scenario gaat uit van een uitbreiding van het ETS-systeem naar gebouwen en wegtransport en een intensivering van het beleid voor de energiesector en transport. De verhouding tussen het energieverbruik van lidstaten in 2030 uit het MIX-scenario en het energieverbruik uit het Referentiescenario wordt gezien als maat voor het kosteneffectief besparingspotentieel. Deze factor wordt vervolgens gedeeld door het EU-besparingsdoel van 11,7%. Als het potentieel van een lidstaat kleiner is dan die 11,7% komt de deelfactor uit op een waarde kleiner dan 1. Voor Nederland komt het kosteneffectief besparingspotentieel voor zowel primair als finaal verbruik uit op een waarde kleiner dan 0,5. Omdat de deelfactor is begrensd tot waarden tussen de 0,5 en 1,5 zijn de deelfactoren begrensd op 0,5.

Totale lidstaat-specifieke correctiefactor Nederland

De vier verschillende correctiefactoren tellen ieder voor 25% mee in de totale lidstaat-specifieke factor. Door die lidstaat-specifieke factor te vermenigvuldigen met 11,7% wordt het reductiepercentage voor Nederland berekend. Dit is 10,67% voor primair energieverbruik en 9,63% voor finaal energieverbruik. Deze reductiepercentages worden toegepast op het geraamde primair en finaal energieverbruik van Nederland in 2030 in het EU-Referentiescenario 2020.

EU-correctiefactor

Wanneer voor alle lidstaten met bovenstaande methode en correctiefactoren de lidstaat-specifieke verbruiksdoelen worden berekend en bij elkaar opgeteld is dat net niet voldoende om op EU-niveau de 11,7% besparing te realiseren. De lidstaat-specifieke verbruiksdoelen worden daarom gecorrigeerd met een (voor ieder lidstaat gelijke) EU-correctiefactor. Die correctiefactor is 0,989 voor primair energieverbruik en 0,9845 voor finaal energieverbruik.

5. Verbruiksdoelen voor Nederland

De verbruiksdoelen voor Nederland worden berekend door het geraamde primair en finaal energieverbruik voor Nederland in 2030 uit het EU-Referentiescenario 2020 te vermenigvuldigen met de lidstaat-specifieke reductiepercentages voor primair en finaal en die vervolgens te vermenigvuldigen met de EU-correctiefactoren voor primair en finaal. De resulterende verbruiksdoelen voor Nederland in 2030 zijn 1.609 PJ voor finaal en 1.935 PJ voor primair energieverbruik.

Bijlage B

Welk energieverbruik delen we toe aan welke sector?

Bij de verdeling van de besparingsopgave voor de EED over sectoren is van belang welk energieverbruik meetelt bij welke sector. De EED geeft een definitie van het energieverbruik dat meetelt voor het totale finaal en primair energieverbruik op nationaal niveau. Het toedelen aan sectoren is een eigen keuze. EZK heeft TNO gevraagd een toedeling van energieverbruik naar sectoren te maken die zoveel mogelijk gelijk is aan de toedeling van broeikasgasemissies naar klimaatakkoordsectoren zoals die worden gebruikt in de Klimaat- en energieverkenning (KEV), zodat departementen voor energiebesparing verantwoordelijk zijn voor dezelfde activiteiten als in het klimaatbeleid.

Definitie EED finaal en primair energieverbruik

Het finaal energieverbruik zoals gedefinieerd in de EED is het energieverbruik door eindverbruikers in de sectoren industrie, gebouwde omgeving, landbouw en mobiliteit inclusief de internationale luchtvaart. Het primair energieverbruik zoals gedefinieerd in de EED bestaat uit het finaal energieverbruik plus het eigen verbruik en omzettings- en distributieverliezen van wat Eurostat “energiesector” noemt. De energiesector bestaat uit de (centrale en decentrale) elektriciteitsproductie, raffinaderijen, cokesfabrieken, hoogovens, afvalverbrandingsinstallaties, olie- en gaswinning en stadsverwarming. Ook de omzettingsverliezen van elektriciteit en verkochte warmte uit decentrale WKK in de industrie en glastuinbouw tellen alleen mee bij het primair energieverbruik en niet in het finaal energieverbruik.

Daarbij kent de definitie van het finaal en primair energieverbruik in de EED een paar specifieke aandachtspunten:

- Bij het finaal energieverbruik telt alleen het energetisch verbruik mee en niet het non-energetisch verbruik als grondstof voor productieprocessen in de industrie zoals het gebruik van olie voor het maken van plastics.
- Een deel van het energieverbruik door decentrale WKK (Warmte/Kracht-Koppeling) installaties in glastuinbouw en industrie wordt bij het finaal energieverbruik geteld. Het gaat om de inzet van energiedragers in decentrale WKK voor zover deze toegerekend kan worden aan de zelf gebruikte warmte uit WKK. De omzettingsverliezen van energiedragers bij decentrale WKK voor elektriciteitsproductie en levering van warmte aan derden (verkochte warmte) tellen alleen mee bij het primair energieverbruik van de eindverbruiksectoren met WKK.
- Het eigen verbruik en de omzettingsverliezen in de hoogovens tellen niet mee bij het finaal energieverbruik, maar wel bij het primair energieverbruik van de staalsector die valt onder de klimaatakkoordsector industrie
- In zowel het finaal als het primair energieverbruik wordt het gebruik van omgevingswarmte door warmtepompen niet meegenomen.
- In het finaal energieverbruik wordt het direct eigen verbruik of de teruglevering van zonnestroom niet verrekenend, wat bij de gebouwde omgeving betekent dat het elektriciteitsverbruik van apparaten en verlichting telt alsof er geen zonnepanelen zijn.

- In zowel het finaal als primair energieverbruik wordt het verbruik van de internationale luchtvaart meegenomen.

Toedeling finaal en primair energieverbruik aan klimaatakkoord sectoren

Bij de toedeling aan klimaatakkoordsectoren sluiten we aan bij de verdeling van emissies, maar worden energiedragers die geen directe emissies in de sector veroorzaken toch toegerekend aan het energieverbruik van de sector. Zo worden al het elektriciteitsverbruik en de aangeleverde warmte van de klimaatakkoordsectoren bij het energieverbruik daar meegenomen, ook al valt het grootste deel van de broeikasgasemissies onder de klimaatakkoordsector elektriciteit. Bij de klimaatakkoordsectoren worden de omzettingsverliezen van decentrale WKK meegenomen bij het primair verbruik van de eindverbruikssectoren. Net als bij de broeikasgasemissies nemen we alle energieverbruik van mobiele werktuigen mee bij de sector mobiliteit. Het energieverbruik van hoogovens valt in de klimaatakkoordindeling onder de industrie. De toedeling staat in Tabel b.1.

Deze toedeling van energieverbruik wijkt af van de toedeling van energieverbruik in Eurostat gegevens naar sector. De toedeling is zo gekozen dat departementen voor energiebesparing verantwoordelijk zijn voor dezelfde activiteiten als in het klimaatbeleid.

Tabel B.1: Toedeling finale en primaire energieverbruik naar klimaatkoördinatie sectoren

Klimaatkoördinatie sector	Klimaatkoördinatie subsector	Subsectoren in klimaatkoördinatie (sub)sector	Finale energieverbruik	Primaire energieverbruik
Elektriciteit		Productie en distributie van en handel in elektriciteit, aardgas, stoom en gekoelde lucht	Geen, al het verbruik in de sector Elektriciteit is primair omdat er geen eindverbruikers in de sector zijn.	Omzettingsverliezen in de centrale elektriciteits- en warmteproductie, eigen verbruik in alle genoemde subsectoren, distributieverliezen elektriciteit en warmte. De omzettingsverliezen van decentrale WKK worden <u>niet</u> in primaire energieverbruik sector elektriciteit meegenomen, deze tellen mee bij de eindverbruik sectoren.
Industrie	Industriële activiteiten in de energiesector	Raffinaderijen, winningsbedrijven olie en gas, cokesfabrieken, in de toekomst waarschijnlijk ook elektrolyzers	Geen, alle energieverbruik in deze subsectoren is primair energieverbruik	Omzettingsverliezen en eigen verbruik in alle genoemde subsectoren (inclusief omzettingsverliezen decentrale WKK in deze subsectoren)
		Waterbedrijven en afvalbeheer	Finale energetisch verbruik inclusief de brandstofinzet bij decentrale WKK voor zelf gebruikte WKK-warmte	Finale energetisch verbruik inclusief de brandstofinzet bij decentrale WKK voor zelf gebruikte WKK-warmte. Daarnaast worden in het primaire energieverbruik ook de omzettingsverliezen voor productie van elektriciteit met decentrale WKK en voor productie van verkochte warmte met decentrale WKK meegenomen

Klimaatakkoordsector	Klimaatakkoord subsector	Subsectoren in klimaatakkoord (sub)sector	Finaal energieverbruik	Primair energieverbruik
	Nijverheid	Chemische industrie, ijzer- en staalindustrie, voedselindustrie, overige industrie en bouwnijverheid	Het finaal energetisch verbruik in alle genoemde subsectoren inclusief de brandstofinzet bij decentrale WKK voor zelf gebruikte WKK-warmte. Het energieverbruik mobiele werktuigen (die vallen onder sector mobiliteit) en het eigen verbruik en omzettingsverliezen in de hoogovens (die vallen alleen onder primair verbruik) tellen <u>niet</u> mee bij finaal energieverbruik	Het finaal energetisch verbruik in alle genoemde subsectoren inclusief de brandstofinzet bij decentrale WKK voor zelf gebruikte WKK-warmte. Daarnaast worden in het primair energieverbruik ook de omzettingsverliezen voor productie van elektriciteit met decentrale WKK en voor productie van verkochte warmte met decentrale WKK, en het verbruik voor andere omzettingen en eigen verbruik en omzettingsverliezen in de hoogovens meegenomen
Mobiliteit		Wegverkeer	Finaal energetisch verbruik	Finaal energetisch verbruik
		Railverkeer, binnenvaart, visserij	Finaal energetisch verbruik	Finaal energetisch verbruik
		Mobiele werktuigen uit de Nijverheid, Bouw, Diensten en Landbouw	Finaal energetisch verbruik	Finaal energetisch verbruik
		Internationale luchtvaart	Luchtvaartbunkers	Luchtvaartbunkers
Gebouwde Omgeving	Diensten	O.a. kantoren, winkels, zorginstellingen, onderwijs, sportaccommodaties en MKB-bedrijven in de dienstensector (SBI-codes G t/m S en U)	Het finaal energetisch verbruik inclusief de brandstofinzet bij decentrale WKK voor zelf gebruikte WKK-warmte. Het energieverbruik van mobiele werktuigen (die vallen onder Mobiliteit) en omgevingswarmte tellen niet mee.	Het finaal energetisch verbruik inclusief de brandstofinzet bij decentrale WKK voor zelf gebruikte WKK-warmte. Daarnaast worden in het primair energieverbruik ook de omzettingsverliezen voor productie van elektriciteit met decentrale WKK en voor productie van verkochte warmte met decentrale WKK meegenomen
	Huishoudens	Woningen	Het finaal energetisch verbruik behalve omgevingswarmte.	Het finaal energetisch verbruik behalve omgevingswarmte.

Klimaataakkoordsector	Klimaataakkoord subsector	Subsectoren in klimaataakkoord (sub)sector	Finaal energieverbruik	Primair energieverbruik
Landbouw		Glastuinbouw	Het finaal energetisch verbruik inclusief de brandstofinzet bij decentrale WKK voor zelf gebruikte WKK-warmte. Het energieverbruik van mobiele werktuigen (die vallen onder Mobiliteit) en omgevingswarmte tellen niet mee.	Het finaal energetisch verbruik inclusief de brandstofinzet bij decentrale WKK voor zelf gebruikte WKK-warmte. Daarnaast worden in het primair energieverbruik ook de omzettingsverliezen voor productie van elektriciteit met decentrale WKK en voor productie van verkochte warmte met decentrale WKK meegenomen
		Akkerbouw en veeteelt	Het finaal energetisch verbruik. Het energieverbruik van mobiele werktuigen (die vallen onder Mobiliteit) en omgevingswarmte tellen niet mee.	Het finaal energetisch verbruik. Het energieverbruik van mobiele werktuigen (die vallen onder Mobiliteit) en omgevingswarmte tellen niet mee.

Energy & Materials Transition

Radarweg 60
1043 NT Amsterdam
www.tno.nl