

Klimaat- en Energieverkenning 2021



Planbureau voor de Leefomgeving



Rijksinstituut voor Volksgezondheid
en Milieu
*Ministerie van Volksgezondheid,
Welzijn en Sport*



Rijksdienst voor Ondernemend
Nederland

TNO innovation
for life

 **WAGENINGEN**
UNIVERSITY & RESEARCH

Klimaat- en Energieverkenning 2021

Colofon

Klimaat- en Energieverkenning 2021

© Planbureau voor de Leefomgeving (PBL)

Den Haag, 2021

PBL-publicatienummer: 4681

Eindverantwoordelijkheid

Planbureau voor de Leefomgeving (PBL)

Projectcoördinatie

Pieter Hammingh, Marijke Menkveld, Bert Daniëls en Paul Koutstaal

Contact en website

kev@pbl.nl

www.pbl.nl/kev

Auteurs, projectteam en inhoudelijke bijdragen

PBL: Marian Abels-van Overveld, Dieuwert Blomjous, Pieter Boot, Gert Jan van den Born, Corjan Brink, Evert-Jan Brouwer, Bert Daniëls, Eric Drissen, Dick van Dam, Gerben Geilenkirchen, Pieter Hammingh, Michiel Hekkenberg, Mathijs Harmsen, Hans Hilbers, Maarten 't Hoen, Marit van Hout, Olga Ivanova, Andrew Keys, Robert Koelemeijer, Paul Koutstaal, Sander Lensink, Jordy van Meerkerk, Jelle van Minnen, Marieke Nauta, Özge Özdemir, Jeroen Peters, Marian van Schijndel, Marc Schouten, Heleen van Soest, Kim Stutvoet-Mulder, Michel Traa, Gabriëlle Uitbeijerse, Paul Vethman, Cees Volkers, Anneke Vries, Detlef van Vuuren en Emma van der Zanden.

CBS: Reinoud Segers, Sander Brummelkamp, Arthur Denneman, Julius Hage, Krista Keller, Anne Miek Kremer, Manon van Middelkoop, Niels Schoenaker, Sjoerd Schenau, Robbie Vrenken, Jurrien Vroom, Bart van Wezel en Rutger Woolthuis.

TNO EnergieTransitie: Marijke Menkveld, Joost Gerdes, Renee Kooger, Peter Mulder, Arjan Plomp, Koen Smekens, Joost van Stralen, Casper Tigchelaar, Omar Usmani, Wouter Wetzels en Kira West.

RIVM: Margreet van Zanten en Erik Honig.

RVO.nl: Verschillende experts van RVO.nl.

Adviesgroep

Dominique Crijns (EZK), Frans Duijnhouwer (EZK), Jan van Beuningen (BZK), Martin Bottema (BZK), Ave Jallai (FIN), Bas Straathof (FIN), Niels Achterberg (IenW), Paul Rijkse (IenW), Annemiek van der Zande (LNV), Monique Remmers (LNV), Wouter Timmerman (RvS), Charald Aal (RvS), Alexander van der Vooren (Voortgangsoverleg Klimaatakkoord), Marc Londo (Voortgangsoverleg Klimaatakkoord), Pieter Boot (PBL), Corry Brooijmans (RIVM), Martin Scheepers (TNO EnergieTransitie), Bert Stuij (RVO.nl) en Henk Verduin (CBS).

Figuren

Beeldredactie PBL

Eindredactie

Uitgeverij PBL

Opmaak

OBT Opmeer, Den Haag

Fotoverantwoording

Omslagfoto: TripleAVisualz/ANP/2020; Hoofdstuk 1: Laurens van Putten/HH/ANP/2020; Hoofdstuk 2: Kees van de Veen/ANP/HH/2021; Hoofdstuk 3: Frans Lemmens/ANP/HH/2021; Hoofdstuk 4: Your Captain Luchtfotografie/ANP/2019; Hoofdstuk 5: Lex van Lieshout/ANP/HH/2021; Referenties: Kim van Dam/HH/ANP/2020; Bijlagen: Olaf Kraak/ANP/2020

U kunt deze publicatie downloaden. Delen uit deze publicatie mogen worden overgenomen op voorwaarde van bronvermelding: PBL, TNO, CBS en RIVM (2021), *Klimaat- en Energieverkenning 2021*. Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving.

Deze publicatie is vervaardigd naar aanleiding van de Klimaatwet.

Het KEV-consortium

De Klimaat- en Energieverkenning 2021 is tot stand gekomen door samenwerking tussen het Planbureau voor de Leefomgeving (PBL), TNO EnergieTransitie, het Centraal Bureau voor de Statistiek (CBS), de Rijksdienst voor Ondernemend Nederland ([RVO.nl](https://www.rvo.nl)) en het Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM). Daarnaast stelt Wageningen University and Research (WUR) in opdracht van het PBL de ramingen op voor de veeteelt en akkerbouw en het landgebruik. Het PBL huurt ook kennis in bij Significance (luchtvaart) en Revnext (ontwikkeling elektrische personenauto's).

De Klimaat- en Energieverkenning (KEV) is een gezamenlijk project van het PBL, CBS, TNO EnergieTransitie, RIVM en [RVO.nl](https://www.rvo.nl), en ook de WUR levert een bijdrage. In deze publicatie zijn de geïntegreerde resultaten opgenomen, waardoor de bijdragen van elk instituut afzonderlijk niet meer te herleiden zijn. Desalniettemin heeft elk instituut zijn eigen verantwoordelijkheid; we lichten die hierna toe.

Het PBL heeft als projectcoördinator de eindverantwoordelijkheid voor de hele KEV. Het PBL draagt bij aan vrijwel elk onderdeel van de KEV en beheert een belangrijk deel van het KEV-rekeninstrumentarium. Ook levert het PBL de meer beschouwende analyses, bijvoorbeeld over de ontwikkelingen in het buitenland of over de voortgang in het kader van het Klimaatakkoord. Het PBL is tot slot als enige verantwoordelijk voor de beleidsevaluatieve uitspraken die in de KEV staan.

Het CBS levert en beschrijft de energiegerelateerde data die het CBS ook zelf samenstelt. Dit zijn onder andere gegevens uit de energiestatistieken, prijzenstatistieken en economische statistieken.

TNO EnergieTransitie ondersteunt het PBL bij het vaststellen en duiden van de ramingen. Daarnaast brengt TNO EnergieTransitie voor verschillende thema's van de KEV kennis in, waaronder de gebouwde omgeving, de industrie, de gas- en oliewinning en de glastuinbouw.

Het RIVM levert naast alle monitoringscijfers uit de emissieregistratie ook een bijdrage aan de ramingen van niet-CO₂-broeikasgassen zoals methaan, lachgas en F-gassen uit de industrie.

[RVO.nl](https://www.rvo.nl) levert informatie die is verkregen door verschillende beleidsinstrumenten te monitoren op het gebied van energie-efficiëntie, hernieuwbare energie (zoals de SDE++ en ISDE) en energie-innovatie. Dit betreft informatie over de trends in de afgelopen jaren, gerealiseerde projecten en, waar mogelijk, over voorgenomen activiteiten.

Wageningen University and Research (WUR) stelt in opdracht van het PBL de ramingen op voor de veehouderij en akkerbouw en het landgebruik.

Het PBL hecht veel waarde aan de toegankelijkheid van zijn producten. Deze publicatie voldoet evenwel op onderdelen niet aan de wettelijke toegankelijkheidseisen. Mocht u problemen ervaren bij het lezen ervan, dan kunt u contact opnemen via info@pbl.nl. Vermeld daarbij svp de naam van de publicatie.

Voorwoord

Klimaatverandering is steeds meer tastbaar. Bijna overal op aarde is het nu gemiddeld warmer dan voor de industriële revolutie. Uitgaande van de huidige ontwikkelingen kan volgens het IPCC (2021) de temperatuurstijging van 1,5°C in de komende 5-25 jaar worden bereikt. Dit toont eens te meer de noodzaak van het tegengaan van klimaatverandering en van het aanpassen aan de gevolgen ervan. Deze urgentie is ook terug te zien in het recente Europese klimaatbeleid. Zo heeft de Europese Unie in juni 2021 wettelijk vastgelegd dat er in 2050 netto geen broeikasgassen meer mogen worden uitgestoten. Ook heeft de Europese Commissie in juli 2021 voorstellen gedaan om de broeikasgasemissies tot en met 2030 te verminderen met 55 procent ten opzichte van 1990. In deze Klimaat- en Energieverkenning (KEV) lichten we de Europese voorstellen toe en vergelijken we waar mogelijk de ontwikkelingen in de KEV met de door de Commissie voorgestelde doelen.

Zelf is Nederland ondertussen bezig met de uitvoering van het Klimaatakkoord. Hiermee wil het kabinet voldoen aan het in de Klimaatwet opgenomen nationale streefdoel om de uitstoot van broeikasgassen in 2030 met 49 procent te hebben verminderd ten opzichte van 1990. Uit deze KEV blijkt dat de concrete uitwerking van het Klimaatakkoord in een aantal sectoren op koers is en in een aantal andere sectoren nog niet. Daardoor is het nationale streefdoel voor 2030 naar verwachting nog niet binnen bereik. Aanvullend analyseren we in deze KEV de mogelijke toekomstige bijdrage van geagendeerd beleid: beleidsplannen en beleidsintenties die op dit moment nog niet concreet zijn uitgewerkt. De extra miljarden voor klimaatbeleid uit de Miljoenennota 2022 konden in deze KEV nog niet worden meegenomen vanwege het te korte tijdsbestek.

Daarnaast vraagt de ontwikkeling van broeikasgasemissies op zowel de kortere als de langere termijn onze aandacht. De emissiereductie in 2020 ten opzichte van 1990 komt uit rond het Urgenda-doel, dat is 25 procent emissiereductie over deze periode. In 2021 komt dit doel naar verwachting echter weer buiten bereik te liggen. Daarna volgen enkele jaren waarin er nog een risico blijft bestaan dat Nederland niet aan dit doel voldoet. Om in 2050 te kunnen voldoen aan het doel van de Klimaatwet dat Nederland dan ruwweg klimaatneutraal is, is het nu al nodig ook voorbij 2030 naar deze grote transitieopgave te kijken. Om dat denkproces te ondersteunen, presenteren we in deze KEV een indicatief beeld van de emissieontwikkelingen tot 2040. Dat beeld wordt vooralsnog in sterke mate bepaald door autonome of exogene ontwikkelingen, omdat er nog maar weinig beleid is uitgewerkt voor na 2030. Daarmee is het beeld voor 2040 bruikbaar om er de effecten van nieuw beleid voor na 2030 tegen af te zetten.

De KEV is tot stand gekomen in nauwe samenwerking tussen het Planbureau voor de Leefomgeving (PBL), TNO, het Centraal Bureau voor de Statistiek (CBS) en het Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM). Ook de Rijksdienst voor Ondernemend Nederland ([RVO.nl](https://www.rvo.nl)) en Wageningen University and Research (WUR) werkten mee aan deze KEV. Het PBL was projectcoördinator en draagt daarmee de eindverantwoordelijkheid. De andere instituten zijn verantwoordelijk voor hun eigen inbreng in de KEV, die voor het CBS in overeenstemming is met zijn wettelijke taak. We willen alle betrokkenen zeer bedanken voor hun bijdrage.

Hans Mommaas (Directeur PBL)
Ton de Jong (Managing Director TNO EnergieTransitie)
Angélique Berg (Directeur-Generaal CBS)
Hans Brug (Directeur-Generaal RIVM)

Samenvatting

In de Klimaat- en Energieverkenning (KEV) worden de ontwikkelingen van de broeikasgasemissies en het energiesysteem in Nederland in het verleden, het heden en de toekomst geschetst. Daarbij lichten we ook toe wat de bijdrage van het nationale klimaat- en energiebeleid aan die ontwikkelingen is, en houden we rekening met relevante ontwikkelingen binnen andere beleidsthema's en ontwikkelingen buiten Nederland. Eens in de twee jaar stellen we in het kader van de KEV ook ramingen op voor de luchtverontreinigende stoffen (inclusief stikstof); de volgende keer is eind 2022. De KEV is opgesteld door het Planbureau voor de Leefomgeving (PBL), TNO EnergieTransitie, het Centraal Bureau voor de Statistiek (CBS), het Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM) en met bijdragen van de Rijksdienst voor Ondernemend Nederland ([RVO.nl](https://www.rvo.nl)) en Wageningen University and Research (WUR).

Aanleiding voor dit rapport is de Klimaatwet (mei 2019). Deze biedt een kader voor de ontwikkeling van het beleid waarmee het kabinet de broeikasgasemissies in Nederland wil terugdringen tot een niveau dat in 2050 95 procent lager ligt dan in 1990, met een streefdoel van 49 procent reductie in 2030. In 2019 kwam ook het Klimaatakkoord tot stand waarmee het kabinet invulling gaf aan het doel voor 2030. De focus van de KEV ligt daarmee op de periode tot 2030. Wel schetst deze KEV ook een beeld van emissietrends tussen 2030 en 2040 omdat inzichten in de ontwikkelingen na 2030 nu al van belang zijn bij de vormgeving van het klimaatbeleid.

Welk beleid is meegenomen in deze KEV?

De KEV-ramingen zijn gebaseerd op het vastgestelde en voorgenomen beleid. Hierbij gaat het om al het beleid dat op 1 mei 2021 openbaar was,

dat officieel was medegedeeld en dat op die datum concreet genoeg was uitgewerkt. In aanvulling op de ramingen gaan we in deze KEV ook in op geagendeerd beleid. Dit zijn beleidsplannen, -intenties of -contouren uit met name het Klimaatakkoord die op 1 mei wel officieel bekendgemaakt waren, maar nog onvoldoende concreet waren uitgewerkt om door te kunnen rekenen op toekomstige effecten. We gaan op hoofdlijnen na wat de voortgang is van de uitwerking van de meest substantiële geagendeerde maatregelen en geven aan welke denkbare effecten deze zouden kunnen opleveren in 2030. Deze denkbare effecten kunnen niet precies worden opgeteld bij de raming met het vastgestelde en voorgenomen beleid, maar geven wel een ordegrootte weer van de bijdrage die ze aan de resterende opgaven voor 2030 kunnen leveren. De recente klimaatmaatregelen uit de Miljoenennota 2022 konden we in deze KEV niet meenemen vanwege het te korte tijdsbestek. De KEV besteedt op hoofdlijnen wel aandacht aan de klimaat- en energievoorstellen uit het *Fit for 55*-pakket van de Europese Commissie (EC) van 14 juli 2021. Dit Europese pakket heeft als doel om de broeikasgasemissie in 2030 in de Europese Unie met 55 procent te reduceren. Het pakket betreft voorstellen die in de politieke besluitvorming nog flink kunnen wijzigen. Waar mogelijk spiegelen we de door de Commissie voorgestelde doelen aan de ontwikkelingen in de KEV om een indicatie te geven van de mogelijke consequenties voor Nederland. In de studie *Nederland Fit for 55? Mogelijke gevolgen van het voorgestelde EU-klimaatbeleid* (PBL 2021) wordt de betekenis van het Europese pakket voor het Nederlandse beleid in meer detail toegelicht.

Vanwege de grotere nadruk op onzekerheden nu alleen een bandbreedte voor de nationale emissieraming

De KEV 2021 geeft de geraamde ontwikkelingen van de nationale emissie alleen nog weer met een bandbreedte, waar de vorige KEV nog

een puntwaarde gaf met een bandbreedte. We hebben de puntwaarde losgelaten vanwege de grote onzekerheden in de ramingen voor de Nederlandse elektriciteitssector, waar het niet mogelijk is een goede puntwaarde te ramen. De activiteiten in deze sector hangen daarvoor namelijk te sterk af van de ontwikkelingen in de vraag en het aanbod in het buitenland waarmee de Nederlandse sector zo sterk is verbonden. Om deze substantiële afhankelijkheid van het buitenland in de KEV een aparte plek te geven, werken we voor de emissie uit de elektriciteitssector met een bereik in plaats van met een puntwaarde. Voor de overige sectoren industrie, gebouwde omgeving, mobiliteit, landbouw en het landgebruik hebben we voor de raming wel puntwaarden voor de emissie gebruikt. De verwachte trends in die sectoren zijn in het algemeen robuuster dan die voor de elektriciteitssector. In deze KEV wijzen we overigens wel op de relatief grote onzekerheid bij de verwachte beleidseffecten voor de industrie. Voor alle sectoren (inclusief elektriciteit) zijn ook onzekerheidsbandbreedtes bepaald waarin alle geïdentificeerde onzekerheden in binnen- en buitenland zijn meegenomen. De bandbreedte voor de nationale emissie is gebaseerd op al deze sectorale bandbreedtes.

Structuur samenvatting

In deze samenvatting komen we tot acht bevindingen en presenteren we de jaarlijkse kerntabel en de kernfiguur (figuur 1) met de ontwikkeling van de broeikasgasuitstoot tot en met 2030 in relatie tot de (streef)doelen. De bevindingen hebben betrekking op de belangrijkste klimaat- en energiedoelen van Nederland. Het gaat om doelen voor de broeikasgasreductie, energiebesparing en hernieuwbare energie. Dit jaar hebben we de belangrijkste klimaat- en energiedoelen ook aan de kerntabel gevoegd.

Bevindingen

1) Klimaatdoel 2030 vergt uitwerking geagendeerde plannen en nieuw beleid

In 2030 zijn de emissies naar verwachting gedaald met 38-48 procent ten opzichte van 1990, uitgaande van het concrete vastgestelde en voorgenomen beleid (zie figuur 1, kerntabel, hoofdstuk 3). De restopgave tot het streefdoel van 49 procent in 2030 bedraagt daarmee nog 1-11 procentpunt, ofwel 3-25 megaton CO₂-equivalenten. De vermelde bandbreedte omvat onzekerheden in bijvoorbeeld de mate van import of export van elektriciteit, de economische groei, het weer, technologische ontwikkelingen en de verwachte beleidseffecten. De onzekerheden ten aanzien van de verwachte beleidseffecten omvatten onder andere de manier waarop en de mate waarin beleidsmaatregelen gedrag of investeringen van burgers en bedrijven beïnvloeden. Een belangrijk deel van de genoemde onzekerheden is slechts in beperkte mate te verminderen (stuurbaar) door overheidsbeleid. Om in 2030 op het maximale reductie-effect uit te komen moeten alle stuurbare en niet-stuurbare onzekerheden gunstig uitvallen. Gelet op de weerbarstigste praktijk kan daar niet op voorhand op worden gerekend.

De geraamde emissiereductie is nu fors groter dan in de KEV 2020, die uitkwam op een reductie van 30-40 procent. Dat komt met name doordat enkele beleidsinstrumenten in het afgelopen jaar concreet zijn uitgewerkt en daardoor in deze KEV konden worden meegenomen. Het gaat dan vooral om de CO₂-heffing in de industrie in combinatie met de verbrede SDE++-regeling. Bij mobiliteit gaat het om de verplichting tot het gebruik van meer hernieuwbare energie, het terugsluizen van de opbrengsten uit de vrachtautoheffing en de nulmissiezones voor de stadslogistiek. In aanvulling op de genoemde beleidseffecten valt de

emissieraming voor 2030 in deze KEV voor de Nederlandse elektriciteitssector wat lager uit. De verwachting is namelijk dat er minder elektriciteitsexport zal plaatsvinden doordat de groeiverwachtingen voor hernieuwbare elektriciteit buiten Nederland naar boven zijn bijgesteld.

Een deel van de genoemde restopgave kan mogelijk worden ingevuld wanneer enkele geagendeerde maatregelen uit het Klimaatakkoord concreet en tijdig worden uitgewerkt. Het gaat dan om de normstelling utiliteitsbouw, de aardgasvrije wijken, een normstellende regeling voor werkgerelateerd verkeer, een stimuleringsregeling voor nul-emissievrachtauto's, een extra investeringssubsidie voor emissiearme stallen met een bijbehorende aanscherping van de normstelling, en de landelijke beëindigingsregeling veehouderijen. Met dit geagendeerde beleid is een extra emissiereductie denkbaar van ruwweg 2-4 megaton CO₂-equivalenten in 2030. Een ander deel van de genoemde restopgave is mogelijk in te vullen door de recente klimaatmaatregelen uit de Miljoenennota 2022.

Het is nog moeilijk in te schatten welke bijdrage de recente Europese klimaatvoorstellen uit *Fit for 55* zullen leveren aan de toekomstige emissiereducties. Ten eerste gaat het om voorstellen die nog aanzienlijk kunnen wijzigen. Ten tweede moeten de lidstaten de voorstellen in veel gevallen vertalen naar de nationale wetgeving of (aanvullend) beleid opstellen voor de beoogde doelstellingen. Hoe dat er uiteindelijk uit komt te zien, is vooralsnog niet bekend. Zo leidt de aanscherping van het huidige Europese emissiehandelssysteem voor de elektriciteit en de grote industrie, en de uitbreiding ervan met de scheepvaart, tot hogere CO₂-prijzen, al leidt dat in Nederland waarschijnlijk niet tot substantiële extra emissiereducties tot en met 2030. Het effect van de voorstellen die

ingrijpen op de beprijzing van energiegebruik en CO₂-emissies in de gebouwde omgeving en het wegtransport, zoals het invoeren van een emissiehandelssysteem en de herziening van de energiebelastingrichtlijn, hangt af van de uiteindelijke inpassing in het bestaande Nederlandse belastingraamwerk. De voorgestelde strengere normen voor de uitstoot van licht wegverkeer kunnen in 2030 een beperkte extra emissiereductie betekenen ten opzichte van de raming met het concrete vastgestelde en voorgenomen beleid. De Europese voorstellen voor hogere ambities voor energiebesparing en hernieuwbare energie impliceren in Nederland maatregelen die ook extra emissiereducties met zich meebrengen. Hoe dit er nationaal uit gaat zien, is echter nog niet bekend. Voor een uitgebreidere analyse van de mogelijke gevolgen van het pakket aan voorstellen verwijzen we naar de PBL-policy brief Nederland *Fit for 55?* Mogelijke gevolgen van het voorgestelde EU-klimaatbeleid (PBL 2021).

Gelet op de restopgave van 3-25 megaton CO₂-equivalenten in 2030, de beperkte bijdrage van het geagendeerde beleid en een nog onduidelijke bijdrage van de klimaatmaatregelen uit de Miljoenennota 2022 en de *Fit for 55*-voorstellen, is duidelijk dat Nederland de komende jaren voor een forse opgave staat. Het gaat er daarbij om de uitvoering van het bestaande beleid voortvarend op te pakken en zowel de bestaande nationale klimaatdoelen als de nog verdergaande Europese klimaatambities binnen acht jaar daadwerkelijk in te vullen. Nieuw beleid dat in dit kader voor 2030 wordt ontwikkeld, zal ook in steeds sterkere mate rekening moeten houden met de langetermijntransitie als Nederland in 2050 klimaatneutraal wil zijn. Hierbij is het van belang om de samenhang met andere beleidsrelevante thema's (bijvoorbeeld de stikstofproblematiek en het ruimtegebruik) en de maatschappelijke

gevolgen van het beleid (zoals de betaalbaarheid voor burgers en bedrijven) goed in het oog te houden.

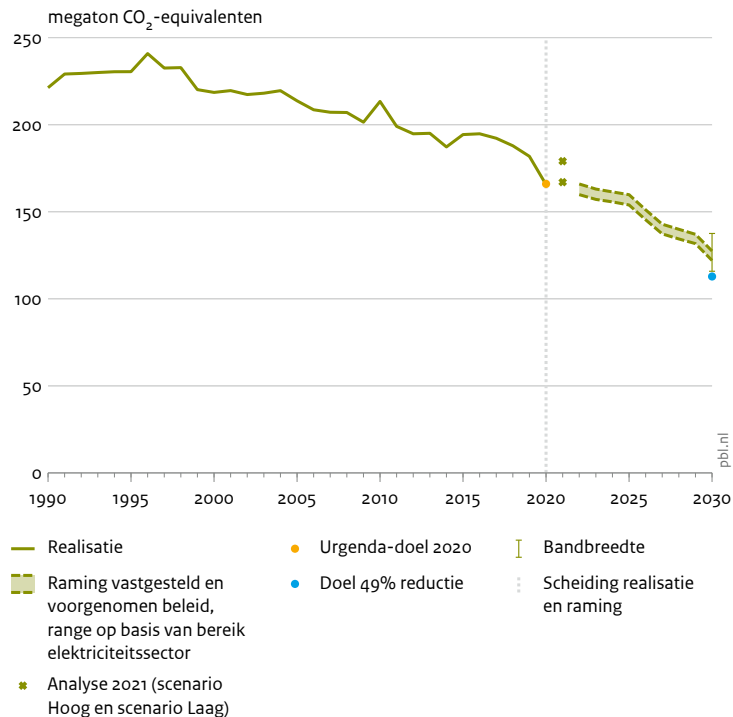
2) Huidig doel ESR-sectoren haalbaar, maar nieuw Europees voorstel betekent forse extra opgave

De Europese Effort Sharing Decision (ESD) en Effort Sharing Regulation (ESR) reguleren de emissies voor Nederland voor de activiteiten die buiten het Europese emissiehandelssysteem (ETS) voor de grote energie-intensieve industrie en de elektriciteitssector vallen. Het gaat om de emissies in de kleine niet-energie-intensieve industrie, de gebouwde omgeving, de mobiliteit en de landbouw; dit noemen we hier de ESR-sectoren. Voor 2020 moest Nederland de emissies met 16 procent hebben gereduceerd ten opzichte van 2005 (ESD). Voor 2030 geldt nu nog een reductiedoelstelling van 36 procent ten opzichte van 2005 (ESR). De ESD en ESR stellen bovendien per lidstaat een jaarlijks (in de tijd aflopend) emissieplafond vast, waartussen uitmiddeling mogelijk is. De bindende opgaven voor de lidstaten bestaan daarmee de facto uit een cumulatieve opgave in de genoemde periode.

Uit deze KEV volgt dat het cumulatieve ESD-doel voor de periode 2013-2020 (à 921 megaton CO₂-equivalenten) ruim bereikt is, want de gerealiseerde cumulatieve ESD-emissies komen voor die periode uit op maar 798 megaton CO₂-equivalenten (kerntabel, hoofdstuk 3). Ook het huidige cumulatieve ESR-doel voor de periode 2021-2030 (à 903 megaton CO₂-equivalenten) is binnen bereik (zie kerntabel). De geraamde cumulatieve ESR-emissie komt voor deze periode namelijk uit op circa 903 megaton CO₂-equivalenten, volgens het vastgestelde en voorgenomen beleid. Deze cumulatieve raming voor de ESR-sectoren valt in deze KEV circa 36 megaton lager uit dan in de KEV 2020. Ruim de helft van deze 36 megaton hangt samen met een formele wijziging van de

Figuur 1

Emissie broeikasgassen exclusief landgebruik



Bron: Emissieregistratie (realisatie); KEV-raming 2021

Europese Unie waardoor de te hanteren ESR-emissie in het basisjaar 2005 voor Nederland omhoog is gegaan. Minder dan de helft van die

36 megaton hangt enerzijds samen met emissiereducties door mobiliteitsbeleid dat is geconcretiseerd, een formele boekhoudkundige aanpassing in de kunstmestsector en wat kleinere nieuwe inzichten in methoden en statistieken, en anderzijds met een wat hogere emissie in de landbouw ten opzichte van de KEV 2020.

Als onderdeel van het *Fit for 55*-pakket stelt de Europese Commissie voor om de Nederlandse ESR-reductieopgave te verhogen van 36 naar 48 procent in 2030 ten opzichte van 2005. Dat betekent dat de emissies in de ESR-sectoren in het zichtjaar 2030 met zo'n 15 megaton CO₂-equivalenten meer moeten zijn afgenomen dan volgens de huidige doelstelling. Op basis van het Europese voorstel kan voorlopig een cumulatieve opgave voor de periode 2021-2030 worden afgeleid van 841 megaton CO₂-equivalenten. Ten opzichte van de KEV-raming met het vastgestelde en voorgenomen beleid resteert er dan naar verwachting een opgave van cumulatief 62 megaton CO₂-equivalenten tussen 2021 en 2030.

De voorgestelde aanscherping betekent dus dat er een significante aanvullende beleidsopgave ligt. Wel is er een aantal beleidsontwikkelingen die aan deze aanvullende opgave zouden kunnen bijdragen. Het hiervoor benoemde nationaal geagendeerde beleid – dat geheel binnen de ESR-sectoren plaatsvindt – zou de ESR-emissies in 2030 met 2-4 megaton CO₂-equivalenten kunnen verminderen, als het concreet wordt uitgewerkt. De cumulatieve aard van de doelstelling betekent dat hoe eerder geagendeerde maatregelen worden uitgewerkt en geïmplementeerd, hoe meer zij bijdragen aan het doelbereik. Bij snelle besluitvorming en invoering is dan een cumulatieve reductie tussen 2022 en 2030 denkbaar met een ordegrootte van 10-20 megaton

CO₂-equivalenten. Ook de klimaatmaatregelen uit de Miljoenennota 2022 kunnen nog bijdragen aan deze opgave.

Op basis van de huidige Europese regelgeving mag Nederland een deel van de ESR-opgave compenseren met emissiecredits uit het landgebruik over dezelfde periode. De omvang van deze landgebruikscredits komt volgens deze KEV-raming met het vastgestelde en voorgenomen beleid uit op cumulatief circa 11 megaton CO₂-equivalenten voor de periode 2021-2030. De recente Europese klimaatvoorstellen in *Fit for 55* ten aanzien van landgebruik leiden er waarschijnlijk toe dat de omvang van deze credits wat lager uitkomt, namelijk rond de 7-8 megaton CO₂-equivalenten (cumulatief). Zoals hiervoor al is aangegeven, is nog moeilijk in te schatten in welke mate andere recente voorstellen uit het Europese *Fit for 55*-pakket aan de toekomstige emissiereducties in Nederland zullen bijdragen.

Gelet op het bovenstaande ziet Nederland zich voor de ESR-sectoren voor de periode 2021-2030 voor een forse extra opgave gesteld. Aan die opgave kunnen de geagendeerde Klimaatakkoordplannen, de klimaatmaatregelen uit de Miljoenennota 2022 en het Europese *Fit for 55*-pakket bijdragen als deze concreet worden uitgewerkt. Hoe groot hun bijdrage kan zijn, is op dit moment nog niet duidelijk. Voor de ESR-doelstelling is het van belang dat hoe eerder in de tijd de maatregelen plaatsvinden, hoe meer ze bijdragen aan dit cumulatieve doel. De ervaring van de afgelopen jaren leert echter dat het niet eenvoudig is om in de ESR-sectoren snelle en grote emissiereducties te realiseren.

3) Uitstoot in 2020 rond Urgenda-doel, in 2021 waarschijnlijk erboven; risico op overschrijding blijft bestaan tot 2025

Uitgaande van de voorlopig beschikbare emissiestatistieken, komt de emissiereductie in Nederland in 2020 uit op 25 [24-26] procent ten opzichte van 1990 (zie figuur 1, kerntabel). De emissiereductie ligt daarmee rond het Urgenda-doel, dat vereist dat Nederland de broeikasgasemissies tussen 1990 en eind 2020 met minimaal 25 procent heeft verminderd. Begin 2022, als de statistieken over 2020 definitief worden gemaakt, kan echt worden vastgesteld of Nederland het Urgenda-doel heeft gehaald. De forse emissiedaling in 2020 van ruim 16 megaton CO₂-equivalenten ten opzichte van 2019 komt deels door ontwikkelingen in de energiesector, zoals het uitvallen van de kolencentrale van Riverstone, ongunstige marktomstandigheden voor de andere kolencentrales, een toename van hernieuwbare elektriciteit en deels door een aan COVID-19 gerelateerde emissiedaling in met name de mobiliteitssector. De verwachting voor 2021 is echter dat de emissiereductie weer kleiner is dan het Urgenda-doel vereist. Dat heeft onder meer te maken met de lagere temperaturen in de eerste helft van 2021 ten opzichte van 2020, en het hogere activiteitsniveau in de industrie en de elektriciteitssector. In een verkenning voor de tweede helft van 2021, met behulp van twee emissiescenario's, komt de reductie in 2021 ten opzichte van 1990 uit op 19 procent in het scenario Hoog en 24,5 procent in het scenario Laag. De extreem hoge gasprijzen van medio oktober 2021 konden in deze analyse niet meer worden meegenomen, maar voornamelijk zijn er geen duidelijke aanwijzingen dat deze een nog grotere impact op de emissies hebben dan al verondersteld in het scenario Laag.

Tussen 2022 en 2025 nemen de broeikasgasemissies met het huidige vastgestelde en voorgenomen beleid in meerdere sectoren gestaag af,

maar deze ramingen zijn onzeker. Gelet op alle onzekerheden is de inschatting in deze KEV dat er tot en met 2025 nog een, steeds kleiner wordend, risico blijft bestaan dat het Urgenda-doel wordt overschreden. In hoeverre de klimaatmaatregelen uit de Miljoenennota 2022 al op de termijn tot 2025 kunnen bijdragen aan emissiereducties, kon in deze KEV niet worden geanalyseerd.

4) Huidige verplichte Europese besparingsdoel mogelijk in beeld, nieuw voorstel betekent forse extra opgave

Het energiebesparingsdoel van artikel 7 uit de energie-efficiëntie-richtlijn (EER) is mogelijk in beeld (paragraaf 4.1.3). Dit doel verplicht Nederland ertoe om met gespecificeerde nationale besparingsmaatregelen 924 petajoule finale besparing te realiseren, cumulatief over de periode 2021-2030. Dit doel ligt binnen de geraamde bandbreedte voor de finale besparing, die uitkomt op 814-994 petajoule. Daarbij is uitgegaan van het vastgestelde en voorgenomen beleid. Vooral de CO₂-heffing in de industrie draagt met elektrificatie en een extra finale besparing bij aan de hogere besparing ten opzichte van de vorige KEV. In het *Fit for 55*-pakket stelt de Europese Commissie voor om het verplichte doel van artikel 7 voor Nederland te verhogen. Uit een indicatieve berekening blijkt dat Nederland een extra opgave kan krijgen van circa 400 petajoule bovenop het huidige doel. Gelet op de geraamde energiebesparing voor deze periode, zijn er dan dus extra gespecificeerde nationale besparingsmaatregelen noodzakelijk om aan deze nieuwe verplichting te kunnen voldoen.

Waar de nationale CO₂-heffing aan de ene kant tot extra besparingen leidt, leidt deze ook tot maatregelen waardoor het energieverbruik stijgt. Voorbeelden waarbij het energieverbruik stijgt, zijn de afvang en opslag van CO₂ en de productie van groene waterstof. Deze laatste

maatregel gaat naar verwachting pas na 2030 een rol spelen. Voor de verplichtingen onder artikel 7 maakt dat echter niet uit, omdat deze alleen gaan over de extra reductie door een set aan gespecificeerde besparingsmaatregelen. Voor artikel 3 van de EER maakt het wel wat uit. Hiervoor gelden streefwaarden voor het totale finale en primaire energieverbruik. Lidstaten hebben deze streefwaarden zelf moeten kiezen. Met het vastgestelde en voorgenomen beleid haalt Nederland deze streefwaarden niet, bij zowel het primaire als het finale verbruik. De Europese *Fit for 55*-plannen omvatten ook aanscherpingen van de doelen voor artikel 3, maar wat deze voor de individuele lidstaten gaan betekenen is nog niet precies duidelijk. Alhoewel het voor de lidstaten om niet-bindende streefwaarden gaat, kan de Europese Unie bij een Europees breed tekort de lidstaten wel via een borgingsmechanisme aanspreken om hun bijdrage aan te scherpen.

5) *Huidige doelen hernieuwbare energie binnen bereik, toename hernieuwbare warmte onvoldoende*

Nederland kan het Europese doel voor het aandeel hernieuwbare energie in het bruto finale verbruik, 14 procent in 2020, formeel halen. Binnenlands is er in 2020 een aandeel hernieuwbare energie bereikt van iets meer dan 11 procent (zie kerntabel). Voor de resterende opgave, bijna 3 procent, heeft Nederland met Denemarken een overeenkomst gesloten voor een zogenoemde statistische overdracht. Deze statistische overdracht moet uiterlijk 31 december 2021 bij de Europese Commissie zijn gemeld. Eind 2021 zullen de statistieken voor hernieuwbare energie over 2020 definitief zijn. Het aandeel hernieuwbare energie stijgt volgens het vastgestelde en voorgenomen beleid van iets meer dan 11 procent in 2020 naar ruim 16 procent in 2023, circa 20 procent in 2025 en 26 [23-28] procent in 2030. Het doel uit het Energieakkoord van 16 procent hernieuwbare energie in 2023 blijft daarmee, net als in de

KEV 2020, in beeld. De raming voor het aandeel hernieuwbare energie ligt dichtbij de indicatieve doelen die Nederland in Europees kader nastreeft, te weten minimaal 19,6 procent in 2025 en 27,0 procent in 2030. Indien het kabinet meer zekerheid wil dat het deze indicatieve doelen gaat halen, dan zal het eventuele beleidsaanpassingen tijdig moeten inzetten. De ervaring rondom de doelstelling voor hernieuwbare energie voor 2020 leert dat het al gauw enkele jaren kan duren voordat beleidseffecten zichtbaar worden.

De toename van het gebruik van hernieuwbare energie zet dus na 2020 door. Deze toename is grotendeels te verklaren door een toename van hernieuwbare elektriciteit, al wordt die wel afgeremd doordat er beperkingen zijn om met name zonnepanelen (zon-pv) aan te sluiten op de regionale elektriciteitsnetten. Het aandeel hernieuwbare elektriciteit stijgt van circa 26 procent in 2020 naar circa 75 procent in 2030. Het aandeel hernieuwbare warmte stijgt veel minder en neemt naar verwachting toe van 8 procent in 2020 naar 12 procent in 2030. Dit aandeel is lager dan in de KEV 2020 doordat er ten opzichte daarvan minder warmte uit biomassa wordt geproduceerd. Het geraamde groeipercentage voor hernieuwbare warmte ligt met 0,4 procentpunt per jaar veel lager dan de indicatieve doelstelling uit de Richtlijn Hernieuwbare Energie van 1,1 procentpunt per jaar, of 1,3 procentpunt per jaar wanneer ook restwarmte wordt meegeteld.

De snel groeiende inzet van warmtepompen draagt dan wel bij aan de toename van hernieuwbare warmte, maar deze toename wordt afgeremd door de trage uitrol van warmtenetten in de bestaande gebouwde omgeving en de glastuinbouw en door de beperkte bijmenging van groen gas in het gasnet. De raming van de verduurzaming van warmtenetten is bovendien onzeker, omdat het kabinet een

uitfasering van SDE++-subsidie voor warmteproductie uit biomassa voor gebouwen heeft aangekondigd, maar nog geen concreet tijdspad heeft vastgesteld. Bij uitfasering zal er naar alternatieven moeten worden uitgeweken zoals geothermie en aquathermie. Deze technologieën zijn duurder, innovatiever en kleinschaliger dan biomassa, waardoor verduurzaming mogelijk duurder wordt of meer tijd kost dan in de huidige KEV-raming wordt geschetst.

Het werkelijke (fysieke) aandeel hernieuwbare energie in de mobiliteit neemt toe van 6 procent in 2020 naar 14 procent in 2030. Dit komt door de verwachte toename in het verbruik van biobrandstoffen en door de verwachte toename van elektrisch vervoer waarvoor de benodigde elektriciteit deels hernieuwbaar is. In de KEV is verondersteld dat de brandstofleveranciers gaan voldoen aan hun verplichtingen onder de Nederlandse regelgeving voor hernieuwbare energie in het vervoer. Brandstofleveranciers zijn verplicht om een steeds groter deel van de geleverde energie aan vervoer hernieuwbaar te maken; dit deel neemt toe van 16,4 procent in 2020 naar 27,1 procent in 2030. Dat deze percentages hoger liggen dan het hiervoor genoemde fysieke aandeel, heeft ermee te maken dat voor de Nederlandse regelgeving (boekhouding) sommige biobrandstoffen dubbel mogen meetellen en hernieuwbare elektriciteit met een factor 4 meetelt. De nieuwe jaarverplichting voor hernieuwbare energie in het vervoer wordt in de periode 2022-2030 voor een steeds groter deel ingevuld met hernieuwbare elektriciteit. In de KEV is verondersteld dat de laad- en tankinfrastructuur geen noemenswaardige belemmering vormt voor de uitrol van nulmissievoertuigen. Maar als bijvoorbeeld het aanbod aan elektrische laadpalen achterblijft, kan dit de toename van het aantal elektrische voertuigen afremmen. Of de uitwerking van de afspraken uit

de Nationale Agenda Laadinfrastructuur (NAL) leidt tot een voldoende aantal laadvoorzieningen, is nog onderwerp van onderzoek.

In het *Fit for 55*-pakket stelt de Europese Commissie voor om op Europees niveau de bindende doelstelling voor het aandeel hernieuwbare energie in 2030 te verhogen van 32 naar 40 procent. Hieruit volgt geen directe verplichting voor lidstaten, maar deze moeten zelf aangeven welke bijdrage ze aan dat nieuwe doel willen gaan leveren. De Commissie noemt een aandeel hernieuwbare energie van 36 procent in Nederland als kostenefficiënte bijdrage. Gezien het in deze KEV verwachte aandeel van 26 [23-28] procent in 2030, blijft er dus nog een aanzienlijke extra opgave over. Alhoewel het hier om een niet-bindende bijdrage gaat, kan de Commissie bij een Europees breed tekort lidstaten wel via een borgingsmechanisme aanspreken om hun bijdrage aan te scherpen. In het *Fit for 55*-pakket staan ook voorstellen voor enkele bindende kwantitatieve subdoelen voor het gebruik van hernieuwbare energie. Zo wordt een bindende verplichting voorgesteld voor het gebruik van ten minste 50 procent groene waterstof in het waterstofgebruik van de industrie in 2030 en om het gebruik van hernieuwbare energie voor verwarming en koeling te laten stijgen met 1,1 procentpunt per jaar (zie de eerder genoemde PBL-policy brief). Deze verplichtingen impliceren nieuw beleid dat ook een ophoging van het totale aandeel hernieuwbare energie in Nederland kan inhouden.

6) Trendbreuk: nationale CO₂-heffing en SDE++ zetten industrie aan tot CO₂-afvang en -opslag en elektrificatie

Het nieuwe beleid voor de grote industrie zorgt voor een trendbreuk in de verwachte broeikasgasemissie door de industrie. Het gaat hierbij om de nieuwe CO₂-heffing voor de industrie in combinatie met de

Stimuleringsregeling duurzame energieproductie en klimaattransitie (SDE++). Waar de CO₂-heffing fungeert als een stok achter de deur, houdt de SDE++ bedrijven een wortel voor.

Met de introductie van de CO₂-heffing per 1 januari 2021 biedt het Nederlandse beleid voor het eerst een forse generieke prikkel om de industriële broeikasgasemissies te reduceren. De CO₂-heffing legt een minimumprijs voor de uitstoot van broeikasgassen op aan industriële bedrijven onder het ETS, en aan een aantal bronnen daarbuiten. Die minimumprijs loopt tussen 2021 en 2030 op van 30 naar 125 euro per ton CO₂-equivalenten. Jaarlijks krijgen bedrijven een bepaalde hoeveelheid vrijgestelde uitstootruimte, de dispensatierechten. In 2021 starten bedrijven met dispensatierechten voor 120 procent van de uitstoot die hoort bij hun ETS-benchmarks, en dat aandeel loopt lineair af naar 68,9 procent in 2030. Bedrijven mogen dispensatierechten onderling verhandelen.

Flankerend aan de heffing, dekt de SDE++ de onrendabele top van emissiereductieprojecten. Voor ETS-bedrijven zijn dit de meerkosten ten opzichte van de CO₂-prijs in het Europese emissiehandelssysteem. Voor niet-hernieuwbare reductieopties in de industrie geldt een maximum aan de SDE++-kasuitgaven van 550 miljoen euro per jaar in 2030. Bij een hogere ETS-prijs is het subsidiebedrag per project lager, en is de kans kleiner dat het kasuitgavenplafond het aantal projecten beperkt dat SDE++-subsidie kan krijgen.

De verwachte extra reducties bij bedrijven die onder de CO₂-heffing vallen, liggen tussen 9 en 16 megaton CO₂-equivalenten in 2030 ten opzichte van de situatie zonder CO₂-heffing en SDE++. CO₂-afvang en -opslag (CCS) heeft hierin het grootste aandeel (5-11 megaton), gevolgd

door elektrificatie (2-4 megaton), energiebesparing (1-2 megaton) en reducties bij N₂O-emissies (circa 1 megaton). De onzekerheden zijn echter groot. Lange doorlooptijden van projecten, vergunningstrajecten en het al dan niet tijdig beschikbaar zijn van infrastructuur spelen hierbij een belangrijke rol. Een andere onzekerheid komt voort uit de aansluiting van de CO₂-heffing bij de ETS-regels, waardoor bedrijven ook buitenlandse groengascertificaten mogen inzetten om aan hun reductieverplichtingen te voldoen. Inzet van die certificaten leidt echter niet tot een emissiereductie in Nederland. De CO₂-emissies in de elektriciteitssector uit de restgassen van de staalsector vallen ook onder de CO₂-heffing. Toepassing van CCS bij deze restgassen leidt vooral tot een emissiereductie bij de elektriciteitssector en veel minder bij de industrie.

7) Voortgang Klimaatakkoord verschilt per sector: van voortvarend tot beperkt

De voortgang bij de uitvoering van het Klimaatakkoord verschilt per sector. In deze KEV is deze voortgang op hoofdlijnen gezien en afgezet tegen de indicatieve restemissies per sector die in 2019 bij het ontwerp van het Klimaatakkoord het startpunt vormden. Alhoewel deze restemissies geen formele status hebben, en ook niet helemaal optellen tot het streefdoel van 49 procent in 2030, bieden ze wel enig houvast om inzicht te krijgen in de voortgang van het Klimaatakkoord. Zo zien we dat de uitwerking van het concrete vastgestelde en voorgenomen beleid in de elektriciteitssector en de industrie het meest gevorderd is. Met de elektriciteitssector was al voordat het Klimaatakkoord in 2019 formeel werd vastgesteld, een afbouwpad uitgewerkt voor het stoken van kolen. Daarnaast zijn er concrete afspraken gemaakt om ná 2025 te stoppen met de stimulering van hernieuwbare elektriciteitsproductie. In de industrie is per 1 januari 2021 de CO₂-heffing wettelijk ingevoerd in combinatie met de verbrede SDE++-subsidie. Hierdoor worden richting

2030 ook in de industrie forse emissiereducties verwacht. Van zowel de elektriciteitssector als de industrie komen naar verwachting de indicatieve restemissies (12,4 megaton voor de elektriciteitssector en 39,9 megaton voor de industrie) voor 2030 in zicht. De onzekerheden in de verwachte emissiereductie in beide sectoren zijn echter aanzienlijk.

Ook in de mobiliteitssector is het afgelopen jaar voortgang geboekt met de concrete uitwerking van Klimaatakkoordbeleid voor het verplichten van meer hernieuwbare energie, het terugsluizen van de opbrengsten uit de vrachtautoheffing en de nulemissiezones voor de stadslogistiek. De indicatieve restemissie (25 megaton) voor de mobiliteit komt daardoor naar verwachting wel dichterbij maar nog niet binnen bereik. Het Klimaatakkoord vermeldde al dat er rond 2024 zou moeten worden nagedacht over extra beleid voor het stimuleren van nulemissie-personenauto's ná 2025. In de sectoren gebouwde omgeving en landbouw is het afgelopen jaar slechts beperkt voortgang geboekt met de concrete uitwerking van de hiervoor bedoelde maatregelen uit het Klimaatakkoord. Er zijn al wel diverse onderzoeken en pilots gestart waarvan de uitkomsten moeten gaan bijdragen aan de uitwerking van maatregelen. De beperkte voortgang leidt er toe dat sommige eerdere inschattingen voor mogelijke emissiereducties van Klimaat-akkoordplannen naar beneden moeten worden bijgesteld. Zo is het doel van 1,5 miljoen verduurzaamde bestaande woningen en gebouwen in 2030 niet meer realistisch doordat de uitvoering van het beleidspakket aardgasvrije wijken vertraging heeft opgelopen. De indicatieve restemissies voor de gebouwde omgeving (15,3 megaton) en de landbouw (22,2 megaton) komen met het concrete vastgestelde en voorgenomen beleid naar verwachting nog niet binnen bereik. In de sectoren mobiliteit, gebouwde omgeving en landbouw is er, zoals hiervoor benoemd, ook nog geagendeerd beleid waarmee – indien

concreet en tijdig uitgewerkt – extra emissiereducties in 2030 denkbaar zijn. Ook daarmee worden de indicatieve restemissies voor die sectoren waarschijnlijk nog niet bereikt.

Het landgebruik kent een bijzondere positie in het Klimaatakkoord: de sector telt niet mee onder de reductiedoelstelling van 49 procent en heeft een taakstellende opgave gekregen om in 2030 1,5 megaton aan broeikasgasemissie te hebben verminderd door nieuw beleid. De meeste van de Klimaatakkoordafspraken en -plannen zijn echter nog niet voldoende concreet uitgewerkt en worden in deze KEV onder het geagendeerde beleid beschouwd. Wanneer dit beleid concreet wordt uitgewerkt, zou de taakstellende reductieopgave echter in zicht kunnen komen.

8) Situatie op gasmarkt verandert drastisch, leveringszekerheid punt van aandacht

De Nederlandse gasmarkt verandert sterk. In 2010 was de nationale gasproductie (81 miljard kubieke meter) nog anderhalf maal zo groot als het nationale verbruik, in 2018 werd Nederland netto-gasimporteur en in 2030 is de verwachte productie (7 miljard kubieke meter) minder dan een kwart van het verwachte verbruik. De omslag van netto-exporteur naar netto-importeur maakt Nederland afhankelijk van andere landen, met risico's voor leveringszekerheid en betaalbaarheid.

De gasproductie neemt niet alleen af doordat de productie in het Groningerveld wordt afgebouwd, maar ook doordat de productie in zogeheten kleine velden op zee en land afneemt. De afname van de gasproductie wordt voor een deel gecompenseerd door een afname van het gasverbruik. Tussen 2020 tot 2030 neemt het totale aardgasverbruik in Nederland af met 6-16 miljard kubieke meter, terwijl de gasproductie

uit Nederlandse bodem afneemt met 14 miljard kubieke meter. De toename van de Nederlandse productie van biogas of waterstof voor de gasvoorziening is met het vastgestelde en voorgenomen beleid tot 2030 verwaarloosbaar ten opzichte van de totale gasvraag. De ontwikkeling van hernieuwbare alternatieven voor de vraag naar gas is een belangrijk onderdeel van een klimaatbeleid dat naar klimaatneutraliteit streeft. Voor de periode waarin er in Nederland nog onvoldoende hernieuwbare alternatieven zijn en we voor aardgas afhankelijk zijn van gasimport, is het zaak goed te doordenken hoe de leveringszekerheid en de betaalbaarheid van aardgas geborgd kunnen blijven.

Kerntabellen Klimaat- en Energieverkenning 2021 (vastgesteld en voorgenomen beleid)¹

Kerntabel 1: Prijzen en energie

	2005	2015	2020 ²	2030
BBP (index 2019=100) ³	85	95	100	118 [107-129]
Olieprijs (US\$/vat) ⁴	70	57	43	78 [61-126]
Gasprijs (€/m ³) ⁴		22	13	22 [16-32]
Kolenprijs (€/ton) ⁴	69	63	57	64 [50-92]
CO ₂ -prijs (€/ton) ⁴		8	25	62 [32-98]
Groothandelsprijs elektriciteit (€/MWh) ⁴	54	43	32	[32-68]
Gaswinning (miljard Nm ³) ⁵	68	50	21	7
Gasvraag (miljard Nm ³)	47	38	41	[25-35]

Kerntabel 2: Hernieuwbare energie en besparing

	2005	2015	2020 ²	2030
Aandeel hernieuwbare energie (%)	2,5	5,7	11,1	26 [23-28]
(Streef)doelen aandeel hernieuwbare energie (%)			14	27
Hernieuwbare energie (PJ)	57	117	220	526 [455-557]
Bruto finaal energieverbruik (PJ)	2.304	2.071	1.981	2.001 [1.749-2.226]
Energiebesparing EU Artikel 7 cumulatief (PJ) ⁶				[814-994]
EU-doel Artikel 7 cumulatief (PJ)				924

1 Bandbreedtes worden binnen vierkante haken weergegeven.

2 Voorlopige gegevens CBS.

3 Prognoses BBP-bronnen: CPB, Centraal Economisch Plan 2021 (CEP); CPB, Actualisatie Verkenning middellange termijn 2022-2025 (MLT).

4 Constante prijzen 2020.

5 Bron: realisaties Nlog.nl, projectie Gasunie Transport Services (GTS). De eenheid Nm³ is normaal kubieke meter, dat is een kubieke meter aardgas bij 1 bar en 15 graden Celsius.

6 Energiebesparing conform artikel 7 betreft de gecumuleerde besparing over de jaren 2021-2030.

Kerntabel 3: Broeikasgasemissies totaal en sectoren (AR5)⁷

Emissies	1990	2015	2020 ⁸	2030
Reductie totale broeikasgasemissies ten opzichte van 1990 excl. landgebruik (%)	0	12	25 [24-26] ⁹	[38-48]
Doel (%)			25	49
Broeikasgasemissies totaal (Mton CO ₂ -eq.)				
Totaal excl. landgebruik	221	194	166	[116-138]
Totaal incl. landgebruik	227	199	170	[119-141]
Totaal CO ₂ excl. landgebruik	163	165	138	[91-113]
Totaal OBKG ¹⁰ excl. landgebruik	59	30	28	[24-25]
Broeikasgasemissies per sector (Mton CO ₂ -eq.)				
Elektriciteit	39,6	53,1	32,9	[8-21]
Industrie	86,4	54,7	53,5	40 [34-46]
Gebouwde omgeving	29,9	24,4	21,6	19 [16-22]
Mobiliteit	32,2	34,5	30,7	29 [25-32]
Landbouw	33,1	27,5	27,0	26 [23-26]
Landgebruik	6,1	4,9	4,4	3,5 [2,9-3,9]

7 De broeikasgasemissies zijn in de KEV 2021 bepaald met behulp van de opwarmingspotentiëlen uit het AR5-rapport (IPCC 2014); zie hoofdstuk 1 en 3. In de getallenbijlage 4b zijn ook de broeikasgasemissies opgenomen die zijn bepaald met behulp van de opwarmingspotentiëlen uit het AR4-rapport (IPCC 2007).

8 Voorlopige gegevens RIVM/Emissieregistratie.

9 De bandbreedte van afgerond [24-26] procent is berekend met behulp van de AR5-opwarmingspotentiëlen (hoofdstuk 1 en 3). Op basis van de AR4-opwarmingspotentiëlen komt deze bandbreedte uit op afgerond [24-27] procent.

10 OBKG zijn de overige broeikasgassen zoals methaan, lachgas en F-gassen.

Kerntabel 4: Broeikasgasemissies ETS- en ESD-/ESR-sectoren¹¹

	2005	2015	2020 ⁸	2030
Emissie ETS-sectoren (Mton CO ₂ -eq.)	80,3	94,1	74,1	[35-52]
Emissie ESD-/ESR-sectoren (Mton CO ₂ -eq.)	133,4	100,3	91,5	84 [77-89]
Emissie cumulatief ESD-/ESR-sectoren (Mton CO ₂ -eq.) ¹²			798	903
EU-doel emissie cumulatief ESD-/ESR-sectoren (Mton CO ₂ -eq.)			921	903

¹¹ ETS staat voor het Emission Trading System, oftewel het Europese emissiehandelssysteem voor de grote industrie en de elektriciteitssector. ESD en ESR staan voor de activiteiten en emissies die buiten dit emissiehandelssysteem plaatsvinden. Het gaat om de sectoren: niet-energie-intensieve industrie, de gebouwde omgeving, de mobiliteit en de landbouw.

¹² De gerealiseerde ESD-emissies uit de periode 2013-2020 zijn opgeteld en worden vermeld onder 2020. De geraamde ESR-emissies over de periode 2021-2030 zijn opgeteld en worden vermeld onder 2030. Het EU-doel voor 2021-2030 is bepaald uitgaande van de huidige ESR-doelstelling voor Nederland van 36 procent reductie ten opzichte van 2005.

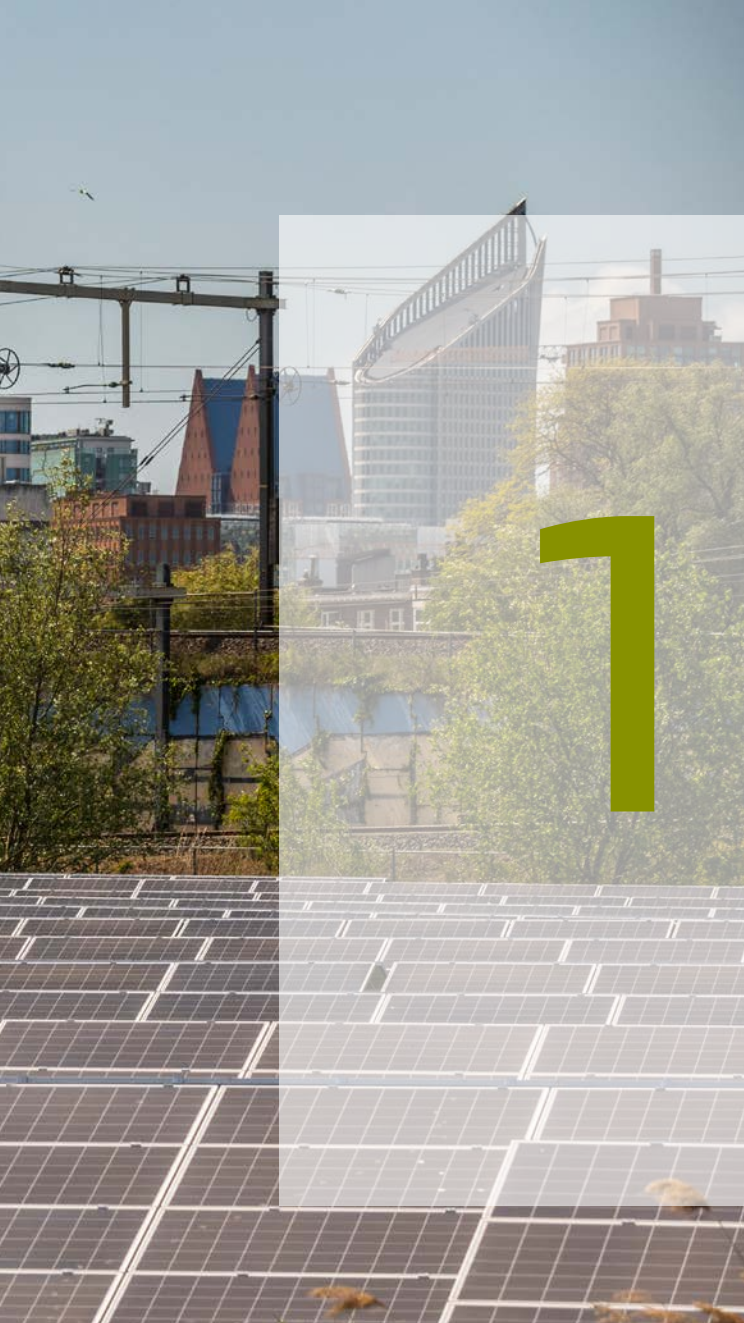
Inhoud

Voorwoord	6	4	Nationale ontwikkelingen in energie	97		
Samenvatting	7	4.1	Energieverbruik	98		
1	Inleiding	23	4.2	Energievoorziening	104	
1.1	Aanleiding en doelstelling	24	5	Sectorale ontwikkelingen en broeikasgas-	emissies	123
1.2	Actuele ontwikkelingen en nieuwe onderwerpen	26	5.1	Elektriciteit	124	
1.3	Algemene aanpak en beleidsvarianten	29	5.2	Industrie	126	
1.4	Algemene uitgangspunten en definities	36	5.3	Gebouwde omgeving	140	
1.5	Leeswijzer	37	5.4	Landbouw	154	
2	Internationale ontwikkelingen	39	5.5	Landgebruik	166	
2.1	Energiemarkten en CO ₂ -emissiehandel	40	5.6	Mobiliteit	170	
2.2	Ontwikkelingen in de West-Europese elektriciteitsmarkt	44	5.7	Bunkerbrandstoffen internationale lucht- en scheepvaart	181	
2.3	Mondiaal en Europees klimaatbeleid	45	Referenties	189		
2.3.2	Europees klimaatbeleid	48	Bijlagen	203		
2.3.3	Lessen uit buurlanden	56				
2.4	Klimaatverandering	59				
3	Broeikasgasemissies	65				
3.1	Nationale broeikasgasemissies	66				
3.2	Nationale broeikasgasemissies in het emissiehandelssysteem (ETS)	78				
3.3	Nationale broeikasgasemissies van de ESD- en ESR-sectoren	79				
3.4	Denkbare effecten van geagendeerd beleid	82				
3.5	Voortgang Klimaatakkoord	86				
3.6	Indicatief beeld nationale emissies 2030-2040	90				

Introductie en methode

In hoofdstuk 1 bespreken we de aanleiding en doelstelling van de Klimaat- en Energieverkenning 2021 (KEV). Aan bod komen ook de actuele ontwikkelingen en nieuwe onderwerpen, de algemene aanpak, de beleidsuitgangspunten en enkele relevante definities.





1

Inleiding

1.1 Aanleiding en doelstelling

Kennisbasis voor het maatschappelijke debat en het beleid

De Klimaat- en Energieverkenning (KEV) geeft elk jaar een actueel overzicht van de ontwikkelingen op het gebied van broeikasgasemissies en energie. De focus ligt daarbij op het in beeld brengen van de verwachte toekomstige effecten van het klimaat- en energiebeleid in Nederland (zie ook tekstkader 1.1).¹ Hierbij bezien we ook relevante beleidsontwikkelingen in andere beleidsdossiers op neveneffecten voor de broeikasgasramingen. Het gaat vooral om de dossiers op het gebied van stikstof, luchtkwaliteit, natuur en circulaire economie. Eens in de twee jaar worden er in het kader van de KEV ook emissieramingen opgesteld voor de luchtverontreinigende stoffen, de volgende keer is eind 2022. In de KEV duiden we de trends in de emissies en het energiegebruik en bespreken we de onderliggende verklaringen daarbij. Uiteraard besteden we ook aandacht aan wat met het beleid tot nu toe is bereikt. Daarnaast bekijken we in hoeverre Nederland met zijn beleid aan belangrijke doelstellingen kan voldoen. Deze actuele en onafhankelijke informatie is bedoeld als kennisbasis voor het maatschappelijke en politieke debat over de klimaat- en energietransitie en voor het maken van beleidskeuzes.

De wettelijke status van de KEV

De Klimaatwet geeft de KEV een wettelijke status als verantwoordingsinstrument van het klimaat- en energiebeleid. De KEV wordt jaarlijks op een in de Klimaatwet vastgestelde datum naar de Tweede Kamer gestuurd. Het kabinet stuurt jaarlijks een klimaatnota en vijfjaarlijks een klimaatplan naar de Tweede Kamer. De Raad van State voorziet de

klimaatnota van een advies aan de Tweede Kamer, en kan daarbij gebruikmaken van de informatie uit de KEV. Als bijlage bij de klimaatnota brengt het ministerie van Economische Zaken en Klimaat (EZK) ook jaarlijks een Monitor Klimaatbeleid uit. Daarin presenteert het ministerie relevante monitoringsinformatie over de voortgang van het klimaatbeleid en de afspraken in het Klimaatakkoord in het afgelopen jaar.

De klimaat- en energiedoelen van Nederland

De huidige klimaat- en energiedoelen van Nederland staan in de Nederlandse Klimaatwet en er zijn ook diverse doelen vanuit de Europese Unie. Met de Klimaatwet uit 2019 streeft het kabinet ernaar de uitstoot van broeikasgassen vanaf Nederlands grondgebied in 2030 met 49 procent te hebben teruggebracht ten opzichte van 1990. Voor 2050 is het reductiedoel 95 procent (Staatsblad 2019). In het Klimaatakkoord van 2019 zijn de plannen beschreven hoe dit streven voor 2030 te halen (EZK 2019). Het Klimaatakkoord is ook bedoeld om te voldoen aan het Europese emissiedoel voor de Nederlandse ESR-sectoren (kleine industrie, gebouwde omgeving, mobiliteit en landbouw) en aan de Europese (streef)doelen voor het Nederlandse aandeel hernieuwbare energie en energiebesparing. Na het uitkomen van het Klimaatakkoord in juni 2019 is het nationale klimaatbeleid op diverse fronten geactualiseerd; deze actualisaties zijn in deze KEV al meegenomen of worden toegelicht. De Europese Commissie heeft recent klimaatvoorstellen gedaan om de broeikasgasemissie in 2030 in de Europese Unie met 55 procent te reduceren (EC 2021a). Welke gevolgen de ambitieuze voorstellen uit Brussel gaan hebben voor de huidige Nederlandse doelen is nog niet duidelijk. Waar relevant en mogelijk gaan we in deze KEV in op de mogelijke implicaties van deze Europese voorstellen.

¹ Niet inbegrepen zijn de overzeese gebieden van het Koninkrijk der Nederlanden.

1.1 De KEV rekt beleid door, maar de KEV is geen scenario- of optiestudie

De KEV heeft als hoofddoel om de verwachte toekomstige effecten in beeld te brengen van het concreet uitgewerkte klimaat- en energiebeleid. In deze KEV krijgen voor het eerst ook beleidsplannen of -intenties die nog niet concreet zijn uitgewerkt meer aandacht. De KEV is echter geen studie waarin beleidsinstrumenten (opties)

worden uitgedacht of waarin beleidspakketten of scenario's worden samengesteld waarmee aan bepaalde doelen kan worden voldaan. Tevens bevat de KEV als zodanig geen evaluatie van de doelmatigheid en kostenefficiëntie van het beleid.

Centraal in de KEV: het concreet uitgewerkte vastgestelde en voorgenomen beleid

De KEV-ramingen voor de energie- en emissieontwikkelingen zijn gebaseerd op het vastgestelde plus voorgenomen beleid dat per 1 mei 2021 concreet was uitgewerkt. Daar waar de ontwikkelingen op basis van alleen het vastgestelde beleid substantieel afwijken, lichten we dat toe. In aanvulling op deze ramingen gaan we in deze KEV voor het eerst ook in op beleidsplannen of -intenties die tussen 1 mei en het zomerreces (9 juli 2021) nog niet concreet waren uitgewerkt. In de KEV noemen we dit het geagendeerde beleid (zie verder paragraaf 1.2).

Informatiebron voor nationale en internationale rapportageverplichtingen

Over de energiehuishouding en de broeikasgasemissies moet Nederland ook internationaal rapporteren. De KEV voorziet in de informatie voor verschillende rapportages aan de Europese Commissie en voor rapportages aan de Verenigde Naties en het Internationaal Energieagentschap (IEA). De cijfers in de KEV kunnen soms wel afwijken van cijfers in de internationale rapportages. Deze laatste hanteren namelijk soms afwijkende definities en vereisen vaak het gebruik van definitief vastgestelde statistieken, terwijl voor de KEV ook de recentste voorlopige statistieken worden gebruikt.

Vergelijking met de vorige KEV

In de KEV 2021 besteden we expliciet aandacht aan veranderingen sinds de KEV 2020, en herhalen we ongewijzigde inzichten alleen als deze relevant zijn voor het totaalbeeld. Zo biedt deze KEV meer ruimte om nieuwe inzichten en ontwikkelingen te duiden. De KEV 2021 is opgezet als zelfstandig leesbare rapportage. In eerdere edities van de KEV zijn gedetailleerde duidingen van al langer bekende ontwikkelingen terug te vinden.

KEV-producten

Naast dit hoofdrapport zijn enkele andere producten onderdeel van de KEV. Zo is een gedetailleerde set aan gegevens beschikbaar via de tabellenbijlage achter in deze KEV en online. Al het beleid dat in de KEV is meegenomen, wordt online overzichtelijk weergegeven in de zogeheten beleidslijsten. Van een groot deel van de beleidsmaatregelen is online een factsheet beschikbaar, waarin de maatregel wordt toegelicht en wordt aangegeven hoe deze in de KEV is meegenomen. Verder zijn er achtergrondrapporten over de klimaat- en energiebeleidsontwikkelingen in de omringende landen (Boot 2021), de ramingen in de landbouw (Vonk et al. 2021) en het landgebruik (Arets et al. 2021),

ontwikkelingen in de energierekening tot en met 2030 (PBL 2021a) en over de overige broeikasgassen uit de overige sectoren (Honig 2021).

1.2 Actuele ontwikkelingen en nieuwe onderwerpen

COVID-19-pandemie

De COVID-19-pandemie had in 2020 een substantiële impact op het Nederlandse energiesysteem. De uitstoot daalde ineens sterker dan voorheen doordat er minder werd gereden en gevlogen, en in sommige bedrijfstakken namen de activiteiten af, zoals bij de raffinaderijen (CBS 2021). Ook in 2021 en latere jaren zal de COVID-19-pandemie naar verwachting een impact blijven hebben. Zo verwacht het Centraal Planbureau dat de toekomstige omvang van de Nederlandse economie structureel wat kleiner blijft ten opzichte van pre-COVID-19 verwachtingen (CPB 2021a,b). De bijzondere omstandigheden vanwege COVID-19 maken dat we ook in deze KEV speciaal aandacht besteden aan de emissieontwikkelingen in 2020 en 2021. Dat is van extra belang omdat Nederland vanaf 2020 moet blijven voldoen aan de Urgenda-doelstelling (25 procent reductie van de broeikasgasuitstoot ten opzichte van 1990).

In Europa naar 55 procent reductie in 2030

In het Europese klimaatbeleid zijn in het afgelopen jaar verdergaande stappen gezet op weg naar een klimaatneutrale economie in 2050. Op 17 september 2020 publiceerde de Europese Commissie het Europese Klimaatplan-2030 (EC 2020a). Daarin stelt ze voor om het doel voor de reductie van broeikasgasemissies in 2030 te verhogen van 40 naar ten minste 55 procent ten opzichte van 1990. Dat plan was opgesteld in het

kader van de Europese Klimaatwet waarin zowel het reductiedoel van ten minste netto 55 procent in 2030 is vastgelegd als 'klimaatneutraliteit in 2050'. Deze wet is na goedkeuring door de Europese Raad en het Europese Parlement op 24 juni 2021 bindend geworden (EC, 2021b). In juli 2021 presenteerde de Europese Commissie vervolgens het zogenoemde *Fit for 55*-pakket, waarin zij aangeeft hoe zij denkt de ambities voor 2030 te verwezenlijken (EC 2021a). In paragraaf 2.3.2 geven we een overzicht van de nieuwe Commissievoorstellen. Welke gevolgen de ambitieuze voorstellen uit Brussel gaan hebben voor de huidige Nederlandse doelen is nog niet precies duidelijk. Waar relevant en mogelijk gaan we in deze KEV in op de mogelijke implicaties van deze Europese voorstellen.

Een nieuwe beleidsvariant: het geagendeerde beleid

In het afgelopen jaar hebben het kabinet, ministeries en andere verantwoordelijken verder gewerkt aan het concretiseren van de afspraken uit het Klimaatakkoord, en ook aan ander beleid dat substantiële neveneffecten kan hebben op broeikasgasemissies, zoals de structurele aanpak stikstof. In de KEV rekenen we weliswaar alleen het vastgestelde en voorgenomen beleid door dat op 1 mei 2021 voldoende concreet was uitgewerkt en openbaar was, maar er zijn ook beleidsintenties of -contouren die zijn geagendeerd door het kabinet, maar die nog niet concreet genoeg zijn uitgewerkt om door te kunnen rekenen op toekomstige effecten. Voor de discussie over eventueel noodzakelijk extra beleid ten behoeve van restopgaves is het evenwel relevant om, voor zover mogelijk, inzicht te hebben in de voortgang van het geagendeerde beleid, alsook in de denkbare effecten van dat beleid in 2030. Daarom gaan we in deze KEV 2021 ook in op het geagendeerde beleid, maar alleen voor het meest substantiële beleid en op hoofdlijnen. Ook beperken we ons tot de effecten op broeikasgassen.

In deze KEV is het geagendeerde beleid beschouwd waarover in openbare stukken is gecommuniceerd in de periode tot het zomerreces van de Tweede Kamer op 9 juli 2021. De meest recente klimaatplannen van het kabinet in het kader van Prinsjesdag 2021 (FIN 2021) en het recente Europese klimaatpakket *Fit for 55* (EC 2021a) konden gezien het korte tijdsbestek in deze KEV niet meer worden beoordeeld als onderdeel van het geagendeerde beleid. In hoofdstuk 2 geven we in deze KEV wel een toelichting op de inhoud van de Europese voorstellen. Ook gaan we waar mogelijk in op implicaties voor Nederland van met name de voorstellen voor aanscherpingen van verschillende bindende en indicatieve doelstellingen. In een recente policy brief van het PBL (2021d) wordt uitvoeriger ingegaan op de mogelijke gevolgen van het voorgestelde *Fit for 55*-pakket voor Nederland.

Indicatief beeld 2030-2040

De ambities uit het Europese en nationale energie- en klimaatbeleid tot en met 2050, en de daaruit volgende noodzakelijke beleidsvoorbereidingen, vragen in toenemende mate om inzichten in de Nederlandse energie- en emissieontwikkelingen na 2030. Om de mogelijke ontwikkelingen tot 2050 en verder in beeld te krijgen, zouden deze ontwikkelingen het beste binnen de context van verschillende scenario's worden geschetst. De KEV-methodiek kenmerkt zich echter door het gebruik van slechts één referentiep道 voor de verwachte ontwikkelingen voor exogene factoren (zoals ontwikkelingen in demografie, macro-economie en de energieprijzen). Deze methodiek is daarom minder geschikt om het bredere scala aan mogelijke verre toekomstontwikkelingen tot 2050 te beschrijven. In deze KEV beperken we ons daarom tot het doortrekken van de ramingen tot 2040. In een andere studie verkent het PBL momenteel de mogelijke trajecten naar klimaatneutraliteit in 2050. De resultaten daarvan worden eind volgend

jaar verwacht. Voor het indicatieve beeld dat we in deze KEV voor de periode 2030-2040 schetsen, maken we voor de macro-economische ontwikkeling na 2030 gebruik van een actualisatie van de studie Welvaart en Leefomgeving (WLO) in Ritsema van Eck et al. (2020).

Het geschetste beeld voor de periode 2030-2040 heeft qua beleid een *business-as-usual*-karakter. Bij het opstellen ervan gaan we uit van het bestaande vastgestelde en voorgenomen beleid. Dat beleid wordt na 2030 voortgezet (zoals de SDE++), maar niet aangescherpt, tenzij een aanscherping al is vastgelegd zoals binnen het huidige Europese emissiehandelssysteem (ETS). Voor de ESR-sectoren² is er na 2030 vooralsnog weinig beleid dat voorziet in een aanscherping. Ook is nagegaan of voortzetting van de bestaande beleidsuitgangspunten na 2030 nog wel houdbaar is. Naast beleid spelen veronderstellingen over de ontwikkelingen in exogene factoren en autonome ontwikkelingen (bijvoorbeeld in technologieën) een rol in het indicatieve beeld van de emissie-ontwikkelingen na 2030. Op de termijn van 2040 zijn onzekerheden nog belangrijker dan voor 2030, en deze zullen dan ook de bijbehorende aandacht krijgen.

Lessen uit omringende landen

Net als Nederland ontwikkelen omringende landen ook klimaatbeleid. Daarom is het interessant om eens beter te bekijken hoe zij dat doen en wat Nederland daarvan zou kunnen leren. In deze KEV is in paragraaf 2.3.3 een samenvatting opgenomen van de lessen daarover uit een achtergrondrapport bij de KEV (zie Boot 2021).

2 Het gaat om de emissies van de kleine industrie, gebouwde omgeving, mobiliteit en landbouw.

Klimaatverandering

Alhoewel klimaatverandering de aanleiding is voor het bestaan van klimaatbeleid en daarmee van de KEV, zijn we tot op heden in KEV-verband nauwelijks op dat onderwerp ingegaan. We geven daarom in deze KEV in paragraaf 2.4 een samenvatting van de kennis die er nu is over de effecten van klimaatverandering, van mondiale tot nationale schaal.

Voor de raming van het nationale emissietotaal alleen nog een bandbreedte

Tot nu toe gaven we in de KEV altijd een zogenoemde punt- of middenwaarde voor de geraamde nationale emissietotaal in 2030, met daarbij een onzekerheidsbandbreedte. Vanaf de KEV 2021 presenteren we voor het geraamde nationale emissietotaal in 2030 alleen nog maar een bandbreedte, de ‘puntwaarde’ vervalt dus. Deze keuze is gemaakt omdat steeds duidelijker wordt dat er voor één van de sectoren (namelijk de Nederlandse elektriciteitssector) geen robuuste puntwaarde voor 2030 is te bepalen. Dit heeft ermee te maken dat de activiteiten in de Nederlandse elektriciteitssector – veel sterker dan in de andere sectoren – afhankelijk zijn van ontwikkelingen buiten Nederland, zoals de brandstof- en CO₂-prijzen en de vraag naar en het aanbod van elektriciteit in de andere Europese landen. Door de goede verbindingen van het Nederlandse elektriciteitsnetwerk met omringende landen zijn grote en snelle variaties in de import en export van elektriciteit mogelijk. Om die reden geven we in deze KEV voor de toekomstige ontwikkelingen in de elektriciteitssector in plaats van de puntwaarde alleen nog maar een bereik (range) (zie ook paragraaf 4.1). Dit bereik omvat alleen de onzekerheid in de buitenlandse ontwikkelingen. Het bereik bij elektriciteit wordt net als bij de andere sectoren aangevuld met een onzekerheidsbandbreedte. In die onzekerheidsbandbreedte

zijn naast de onzekerheden in het buitenland ook de onzekerheden binnen Nederland verdisconteerd.

Voor de andere sectoren, buiten de elektriciteitssector, zijn de ramingen robuuster en blijven we een puntwaarde presenteren voor de emissieraming tot en met 2030, gegeven de veronderstelde economische groei, de energie- en CO₂-prijzen en het beleid (zie ook paragraaf 1.3). Naast de puntwaarde geven we voor deze sectoren uiteraard ook weer de onzekerheidsbandbreedtes waarin de belangrijkste onzekerheden voor de betreffende sectoren zijn verdisconteerd.

Het ontbreken van een puntwaarde voor de elektriciteitssector heeft als gevolg dat de raming voor de nationale totale emissies ook alleen met een onzekerheidsbandbreedte kan worden gegeven. Deze bandbreedte voor het nationale totaal is afgeleid van de onzekerheidsbandbreedtes van de individuele sectoren, waarbij er rekening is gehouden met interacties tussen onzekerheden. Dit is de reden waarom de bandbreedtes per sector niet optelbaar zijn tot de bandbreedte voor de nationale totale emissie. In paragraaf 1.3 lichten we meer in detail toe hoe de onzekerheidsbandbreedtes worden bepaald.

Nieuwe opwarmingspotentiëlen

In de KEV 2021 is ervoor gekozen om nu al over te stappen naar de nieuwste opwarmingspotentiëlen voor broeikasgassen (*Global Warming Potentials* ofwel GWP-waarden); het gaat hierbij om de wijze waarop andere niet-CO₂-broeikasgassen worden omgerekend in CO₂. De nieuwste waarden staan in het zogenoemde AR5-rapport van het IPCC uit 2014. Hoewel het gebruik van deze nieuwe opwarmings-

potentiëlen voor (inter)nationale klimaatrapportages³ formeel pas vanaf 2023 verplicht is, passen we deze nieuwe waarden nu al toe omdat de belangrijke emissiedoelen uit het huidige Europese klimaatbeleid voor de periode 2021-2030 ook al zijn bepaald met de opwarmingspotentiëlen uit het AR5-rapport (EC 2020b). Ook zullen bij de uitwerking van het Europese doel richting 55 procent reductie in 2030 alle emissiecijfers worden gebaseerd op de opwarmingspotentiëlen uit het AR5-rapport. Door nu in de KEV al de nieuwe opwarmingspotentiëlen toe te passen, sluiten we dus optimaal aan bij de Europese klimaatbeleidsontwikkeling. In paragraaf 3.1 lichten we de overgang naar de nieuwe opwarmingspotentiëlen en de implicaties daarvan voor de emissies verder toe. Ook is in de online tabellenbijlage bij de KEV een emissietabel opgenomen met daarin de gerealiseerde en geraamde emissies die zijn bepaald met de eerdere opwarmingspotentiëlen uit het AR4-rapport (IPCC 2007). De emissieregistratie geeft de emissie-statistieken tot 2023 op basis van de voorgeschreven AR4-opwarmingspotentiëlen. Vanwege de overgangssituatie zal de emissieregistratie ook statistieken ter beschikking stellen uitgaande van de AR5-opwarmingspotentiëlen.

1.3 Algemene aanpak en beleidsvarianten

Algemene aanpak en planning

De KEV wordt binnen een looptijd van circa tien maanden opgesteld (figuur 1.1). In de eerste vier maanden vinden de voorbereidingen plaats: het inventariseren en selecteren van beleid, het actualiseren van

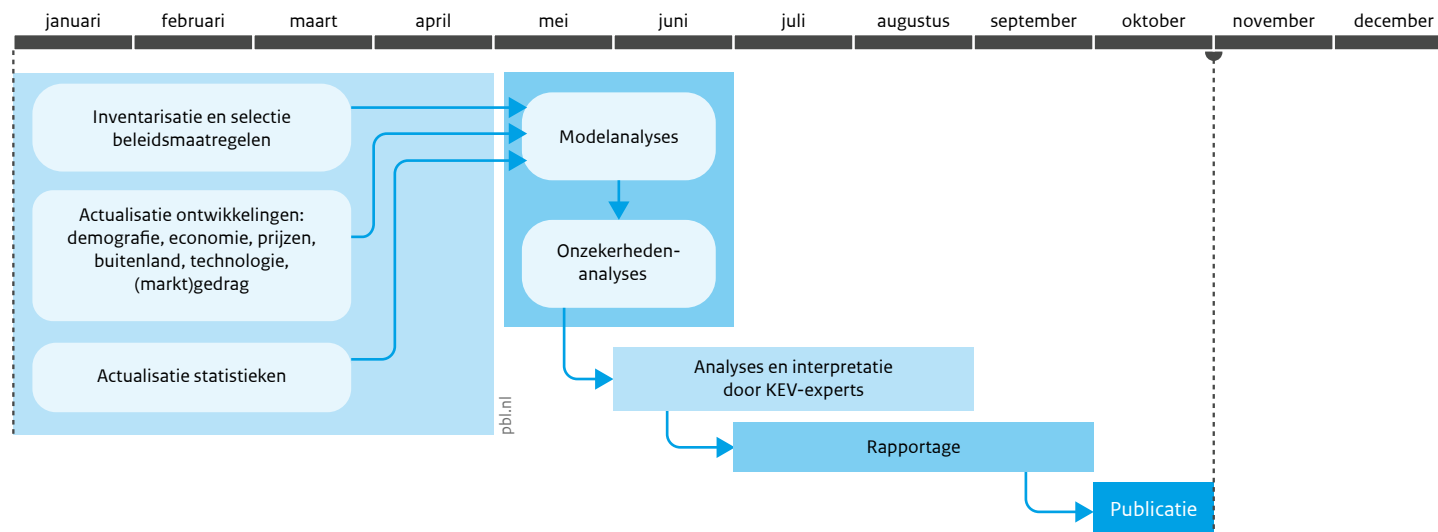
relevante projecties voor exogene factoren en het actualiseren van statistieken. Vervolgens worden de ramingen gemaakt met de KEV-rekenmodellen en worden onzekerheidsanalyses uitgevoerd. In aansluiting op de berekeningen analyseren en interpreteren de KEV-experts trends in de raming, beleidseffecten en vergelijkingen met doelstellingen. Tegelijkertijd wordt begonnen met het opstellen van de rapportage. De datum voor publicatie (de vierde donderdag van oktober) is vastgelegd in de Klimaatwet. Het onderhoud aan en de ontwikkeling van de KEV-modellen vindt deels binnen en deels buiten deze tien maanden plaats.

Actualisatie beleid en beleidsvarianten

Het energie- en klimaatbeleid beïnvloedt de ontwikkeling van de broeikasgasemissies. Het kabinet stelt dit beleid regelmatig bij om de ontwikkelingen in de gewenste richting te sturen. Daarom actualiseert de KEV elk jaar de beleidsinzichten in de periode februari tot en met april. De KEV-sectorexpersten hebben hiertoe zogeheten domeingesprekken gevoerd met vertegenwoordigers van de ministeries en andere relevante betrokkenen. Naast het compleet maken van het overzicht van nieuw beleid en beleidswijzigingen is het doel van die gesprekken om de uitwerking, financiering en timing van beleidsmaatregelen helder te krijgen. Dan wordt er ook gekeken naar wie de maatregel gaat uitvoeren, monitoren, waarborgen en handhaven. Verder wordt er ook gelet op overlap met andere maatregelen. Is de uitwerking van een beleidsmaatregel helemaal compleet, dan is deze in principe door te rekenen. Daarna wordt het beleid ingedeeld bij de beleidsvarianten ‘vastgesteld beleid’ of ‘voorgenomen beleid’. In deze KEV komt daar zoals hiervoor al is aangegeven een nieuwe variant bij, het zogenoemde geagendeerde beleid. We omschrijven de beleidsvarianten als volgt:

3 Het gebruik van de nieuwe opwarmingspotentiëlen geldt formeel vanaf 2023 voor zowel rapportages over de gerealiseerde emissies (statistieken) als rapportages over projecties.

Figuur 1.1
Aanpak en planning KEV



Bron: PBL

- ‘vastgesteld beleid’ omvat de beleidsmaatregelen die de Rijksoverheid of de Europese Unie uiterlijk op 1 mei 2021 heeft gepubliceerd of de afspraken van marktpartijen, maatschappelijke organisaties en andere overheden die op of voor die datum concreet zijn uitgewerkt en bindend zijn vastgelegd;
- ‘voorgenomen beleid’ betreft beleidsvoornemens van de Rijksoverheid, de Europese Unie, marktpartijen, maatschappelijke organisaties en andere overheden die voor of op 1 mei 2021 openbaar waren, officieel waren medegedeeld en die concreet genoeg waren

- uitgewerkt. De voornemens moeten alleen nog bindend worden vastgelegd;
- ‘geagendeerd beleid’ omvat beleidsplannen, -intenties of -contouren die voor het zomerreces op 9 juli 2021 openbaar waren, officieel waren medegedeeld, maar die op 1 mei nog onvoldoende concreet waren uitgewerkt om standaard te kunnen doorrekenen in de KEV.

De resultaten van de beleidsactualisatie tot 1 mei 2021 zijn ook te vinden in de online beleidslijsten en factsheets van beleidsmaatregelen

(PBL 2021b). Tabel 1.1 geeft een overzicht van de belangrijkste beleidswijzigingen en nieuwe maatregelen. In hoofdstuk 2 lichten we de belangrijkste veranderingen in het Europese en mondiale beleid toe, in de andere hoofdstukken bespreken we vooral het nationale beleid in meer detail. Zoals eerder aangegeven konden we gezien het korte tijdsbestek de meest recente klimaatplannen van het kabinet in het kader van Prinsjesdag 2021 en het recente Europese klimaatpakket *Fit for 55* in deze KEV niet meenemen als onderdeel van geagendeerd beleid.

Het doorrekenen van vastgesteld en voorgenomen beleid

Om de effecten van nieuw of gewijzigd beleid op de uitstoot van broeikasgassen in beeld te kunnen brengen, wordt er allereerst een actueel referentiep pad opgesteld. Het referentiep pad moet een plausibel beeld opleveren van alle relevante kwantitatieve ontwikkelingen binnen en buiten Nederland die van invloed zijn op de Nederlandse energiehuishouding en de nationale broeikasgasemissies. Daarvoor worden eerst alle relevante energie- en emissiestatistieken geactualiseerd, welke het nieuwe startpunt vormen van het referentiep ad. Deze statistieken komen van het CBS en het RIVM. [RVO.nl](https://www.rvo.nl) levert een raming van de ontwikkeling van hernieuwbare energie voor de jaren tot en met 2022 op basis van informatie uit onder meer de SDE++-regeling.

Vervolgens worden de verwachte ontwikkelingen voor de relevante exogene factoren geactualiseerd, meestal op basis van de meest recente literatuur, soms met eigen aanvullende analyses. De exogene factoren omvatten onder andere de verwachte ontwikkelingen in de economie (CPB 2021a,b), demografie, brandstof- en CO₂-prijzen en technologie. Daarbij worden ook de inzichten geactualiseerd in de verwachte ontwikkelingen in de energiesystemen van omringende landen. Deze zijn van belang voor de ontwikkelingen in het Nederlandse energiesysteem vanwege allerlei verbindingen, zoals de elektriciteits-

netwerken. Deze actualisaties van externe factoren worden met name in de periode januari tot en met april uitgevoerd.

Met de nieuwe inzichten in de statistieken, de exogene factoren en het beleid wordt vervolgens een kwantitatief beeld (de raming) opgesteld voor de verwachte ontwikkelingen van de relevante activiteiten in Nederland. Dit gebeurt met behulp van computermodellen die waar nodig aan elkaar zijn gekoppeld. Daardoor kan uiteindelijk een integraal en consistent beeld worden verkregen van de effecten van de beleidswijzigingen op de verwachte uitstoot van broeikasgassen.

Het kwantitatieve beeld wordt in stappen opgebouwd. Het begint met de verwachte ontwikkelingen in activiteiten zoals die van de productie in de industrie, de woning- en bouwvoorraad, het aantal gereden kilometers, het aantal stuks vee en de verwachte ontwikkeling van het areaal aan glastuinbouw. Met deze fysieke ontwikkelingen kunnen we ook de bijbehorende energievraag, zoals de elektriciteitsvraag, gasvraag of brandstoffenvraag, berekenen. Daarna wordt bepaald hoe in die energievraag kan worden voorzien. Bijvoorbeeld, de warmtevraag van huishoudens wordt ingevuld met gasketels naast warmtenetten en warmtepompen. Aan de elektriciteitsvraag kan worden voldaan met binnenlandse of buitenlandse fossiele, nucleaire dan wel hernieuwbare opwekking. Zoals eerder aangegeven, bepalen we, specifiek voor de elektriciteitssector, een bereik (range) aan mogelijke toekomstpaden waarmee aan de elektriciteitsvraag kan worden voldaan. Dit omdat de activiteiten in de Nederlandse elektriciteitssector – veel sterker dan in de andere sectoren – afhankelijk zijn van ontwikkelingen buiten Nederland, zoals de brandstof- en CO₂-prijzen en de vraag naar en aanbod van elektriciteit in de andere Europese landen. Dit bereik omvat dus alleen de onzekerheid in de buitenlandse ontwikkelingen.

Tabel 1.1**De belangrijkste beleidswijzigingen en nieuw beleid gericht op 2030**

Vastgesteld beleid	Voorgenomen beleid	Geagendeerd beleid
Elektriciteit		
Subsidieregeling Coöperatieve Energieopwekking (SCE); Zonnepanelen op rijksdaken.	Beperking inzet kolen in elektriciteitscentrales voor de eerstkomende jaren (Urgenda); Omvormen salderingsregeling voor zonnepanelen vanaf 2023.	
Industrie		
De CO ₂ -heffing in de industrie; SDE++: industriële emissiereductieopties; Programma Infrastructuur Duurzame Industrie.	Verbreding energiebesparingsplicht naar milieuvergunningplichtige bedrijven.	Nationale Investeringsregeling Klimaatprojecten Industrie (NIKI).
Gebouwde omgeving		
Verbreding ISDE-regeling naar aansluiting warmtenet en specifiek budget voor zonnepanelen en windturbines zakelijke aanvragers; Extra budget Regeling Vermindering Verhuurdersheffing voor woningcorporaties t/m 2025; Ontzorging verduurzaming maatschappelijk vastgoed.	Verbreding energiebesparingsplicht naar milieuvergunningplichtige bedrijven; MKB verduurzamingsregeling; standaard en streefwaarden isolatie bestaande woningen.	Het beleidspakket aardgasvrije wijken; Eindnorm 2050 utiliteitsbouw.
Mobiliteit		
Deel Uitvoeringsagenda Zero Emissie Stadslogistiek (inclusief aanschafsubsidie voor nulmissiebestelauto's); Deel Versnellen (regionale) uitrol laadinfrastructuur; Vliegbelasting; CORSIA.	Deel Versnellen (regionale) uitrol laadinfrastructuur; Implementatie REDII in Nederlandse wet- en regelgeving, inclusief het doel van 27 petajoule voor hernieuwbare brandstoffen in wegverkeer uit het Klimaatakkoord; Uitbreiding jaarverplichting hernieuwbare energie naar binnenvaart; Terugsluis opbrengsten vrachtautoheffing naar de logistiek sector voor verduurzaming; Rijkswagenpark nulmissie in 2028; Stimulering groen bouwverkeer en nulmissie-bouwmachines.	Deel Uitvoeringsagenda Zero Emissie Stadslogistiek (incl. subsidie nulmissievrachtauto's); Stimuleren logistieke laadinfrastructuur; Stimuleringsprogramma voor nulmissievrachtauto's 2021-2025; Uitvoeringsstrategie en convenant waterstofmobiliteit; Normering werkgerelateerde mobiliteit; Klimaatneutraal en circulair aanbesteden bij grond-, weg- en waterbouwprojecten (GWW); CO ₂ -plafond voor luchtvaart in Nederland; Bijmengverplichting luchtvaart.

Vastgesteld beleid	Voorgenomen beleid	Geagendeerd beleid
Landbouw – energieverbruik (vooral glastuinbouw)		
SDE++: aquathermie glastuinbouw.	Uitbreiding Regeling Energie-efficiëntie en Hernieuwbare glastuinbouw (EG): LED, verneveling; Extra CO ₂ -levering aan de glastuinbouw (SDE++/CCU) (Klimaatakkoord).	Individueel CO ₂ -systeem 2021-2030, onderdeel nieuw sectorconvenant.
Landbouw – veeteelt en akkerbouw (procesemissies)		
Saneringsregeling varkenshouderijen (Srv): uitbreiding budget uit Urgenda-pakket (60 miljoen euro) en structurele aanpak stikstof (275 miljoen euro). Interim Omgevingsverordening Noord-Brabant: specifiek beleid emissiearme stallen; Wet verbod pelsdierhouderij per 8-1-21; Subsidierегeling brongerichte verduurzaming stal- en managementmaatregelen (Sbv) – innovatiemodule en investeringsmodule: Klimaatakkoord; Vrijwillige opkoopregeling kalverhouderij- en provincie Gelderland.	Beleidsinstrumenten structurele aanpak stikstof: gerichte uitkoop piekbelasters veehouderij.	Beleidsinstrumenten structurele aanpak stikstof: extra investeringssubsidie integraal emissiearme stallen vanaf 2023 inclusief de bijbehorende aanscherping van de normstelling voor ammoniakemissie uit stallen; Beleidsinstrumenten structurele aanpak stikstof: landelijke beëindigingsregeling veehouderijlocaties; Beleidsinstrumenten structurele aanpak stikstof: vrijwillige maatregelen (afsprakenkader) melkveesector voor: implementatie van hemelwateropvang voor verdunnen mest bij bemesten met zodenbemester, stimulering vergroten aantal uren weidegang en stimuleren van verlaging eiwitgehalte in rantsoenen in melkveehouderij en het omschakelprogramma duurzame landbouw.
Landgebruik		
100 miljoen euro impuls gelden voor transitie in veenweidegebieden; Nationaal Programma Landbouwbodems.	Regionale veenweidestrategie voor Friesland.	Regionale veenweidestrategie overige veenprovincies; Uitrol van veenweidemaatregelen; Vergroten koolstofvastlegging via bestaande bossen, natuur en landschapselementen; Uitbreiding bos en landschap.

Nadat de ontwikkelingen in toekomstige activiteiten zijn geraamd, kan de broeikasgasuitstoot van die activiteiten worden berekend en opgeteld. Naast energiegerelateerde emissies zijn er ook procesgerelateerde emissies zoals die uit de industrie, de veehouderij en akkerbouw en het landgebruik. In het landgebruik is sprake van processen die leiden tot broeikasgasuitstoot (zoals bij veenweides), maar ook van processen die leiden tot opnames van CO₂ (zoals bij bossen).

De belangrijkste modelberekeningen vinden plaats in mei en juni. Op de KEV-website van het PBL staat meer informatie over de gebruikte modellen (PBL 2021b).

Aanpak geagendeerd beleid

De informatie over het geagendeerde beleid is hoofdzakelijk tegelijk verzameld met de beleidsactualisaties voor het vastgestelde en voorgenomen beleid. Die informatie werd vergaard tijdens de zogeheten domeingesprekken tot 1 mei (zie hiervoor). Voor het geagendeerde beleid was er vervolgens tot het zomerreces (9 juli 2021) nog tijd voor ministeries of andere partijen om aanvullende informatie aan te leveren aan het KEV-team.

Het geagendeerde beleid is vervolgens bezien op de voortgang ervan en de denkbare effecten ervan in 2030. We hebben ons hierbij beperkt tot de meer substantiële plannen met een denkbaar effect dat boven de 0,5 megaton CO₂-equivalenten zou kunnen uitkomen. Omdat geagendeerd beleid per definitie nog onvoldoende is uitgewerkt, moeten de KEV-sectorexperts nog extra aannames maken over toekomstige ontwikkelingen of verwachte gedragsreacties voordat een effectbepaling mogelijk is. De denkbare effecten van het geagendeerde beleid kunnen vervolgens worden bepaald met behulp van partiële

modelberekeningen of expertinschattingen. Deze denkbare effecten worden meestal gegeven met een bandbreedte. Als analyses partieel van aard zijn, wil dat zeggen dat de effecten per beleidsplan zijn geanalyseerd en dat alleen op hoofdlijnen rekening is gehouden met overlap met andere plannen en samenhang met de KEV. Daarom kan het denkbare effect van een individueel geagendeerd plan binnen de context van een integraal beleidspakket (bijvoorbeeld vastgesteld of voorgenomen beleid) anders uitpakken. Er is bij deze analyses ook gebruikgemaakt van eerdere analyses van het PBL, bijvoorbeeld in het kader van het Klimaatakkoord (PBL 2019a,b), de analyse van de leefomgevingseffecten van de verkiezingsprogramma's 2021-2025 (PBL 2021c) en de analyse van de stikstof-bronmaatregelen (Van den Born et al. 2020).

Aanvullende analyses en interpretatie

Tijdens en na de berekeningen worden allerlei aanvullende analyses uitgevoerd. De modeluitkomsten worden dan geanalyseerd, geïnterpreteerd en geraamde trends worden geduid. Ook worden de diverse indicatoren dan bepaald. De bijdragen van de verschillende sectoren worden opgeteld voor energie en emissies en geraamde ontwikkelingen worden vergeleken met gestelde doelen. Dit is een proces dat plaatsvindt in juni en juli.

Onzekerheden en bandbreedtes

In de KEV maken we gebruik van onzekerheidsbandbreedtes rondom de ramingen in 2030. De ramingen in de KEV komen tot stand door middel van verschillende en gekoppelde modelberekeningen, die samen een integraal consistent beeld opleveren van de verwachte ontwikkeling van de uitstoot van broeikasgassen. Bij dit soort berekeningen spelen diverse onzekerheden die voor de KEV ook in kaart worden gebracht.

Zo kennen de gebruikte modellen onzekerheid omdat modellen per definitie de werkelijkheid vereenvoudigen. Ook de invoergegevens van modellen hebben een bepaalde mate van onzekerheid. Het gaat dan bijvoorbeeld om onzekerheden in de veronderstelde ontwikkelingen in de economie, demografie, brandstof- en CO₂-prijzen en technologie. In aanvulling daarop worden in de KEV ook onzekerheden bepaald voor de verwachte effectiviteit van energie- en klimaatbeleidsmaatregelen. Zo kan de vormgeving van instrumenten ruimte overlaten voor interpretatie of is de respons van actoren op een bekende beleidsprikkel nog onzeker. Waar mogelijk en relevant bepalen we ook onzekerheden voor verschillende ontwikkelingen in het buitenland.

Nadat de bovengenoemde onzekerheden voor elke sector zijn geïnventariseerd, worden de kwantitatieve effecten van de individuele onzekerheden bepaald met (model)berekeningen of expert-inschattingen. Met behulp van een statistische techniek (Monte Carlo) wordt er vervolgens een samengesteld effect bepaald van alle voor een sector relevante onzekerheden; daarbij wordt rekening gehouden met interacties tussen onzekerheden. Van der Welle et al. (2017) geven een gedetailleerde toelichting op de rekenmethode van de onzekerheidsanalyse. De onzekerheidsanalyse is in deze KEV aangepast bij de elektriciteitssector. Zoals hiervoor al is aangegeven (paragraaf 1.2), is de activiteit van deze sector sterk afhankelijk van ontwikkelingen buiten Nederland, zoals brandstof- en CO₂-prijzen en de vraag naar en het aanbod van elektriciteit in de andere Europese landen. Deze 'buitenzekerheid' wordt in deze KEV uitgedrukt met een bereik (range) voor de geraamde ontwikkelingen in de elektriciteitssector. Dit bereik vervangt daarmee de puntwaarde voor de geraamde ontwikkelingen die tot nu toe voor deze sector in de KEV werd gegeven. Het bereik bij elektriciteit wordt overigens net als bij de andere sectoren aangevuld

met een onzekerheidsbandbreedte. In die onzekerheidsbandbreedte zijn naast de onzekerheden in het buitenland (bereik) ook de onzekerheden binnen Nederland verdisconteerd.

De hiervoor toegelichte rekenmethode is geschikt voor het bepalen van onzekerheden op de langere termijn, waarbij trendmatige ontwikkelingen de hoofdrol spelen in de ontwikkeling van de broeikasgasemissies. De rekenmethode is minder geschikt om een bandbreedte te bepalen voor de hele korte termijn, vooral wanneer er bijzondere, incidentele gebeurtenissen zijn, zoals COVID-19. In de KEV 2020 is daarom een specifieke aanpak ontwikkeld voor de korte termijn. Die methode wordt ook in deze KEV toegepast om daarmee de bandbreedte te bepalen voor de verwachte broeikasgasemissie in 2021; we lichten die methode hierna in meer detail toe.

Aparte aanpak kortetermijnraming vanwege COVID-19

De aanpak van de KEV-ramingen zoals hiervoor geschetst is vooral gericht op de structurele ontwikkelingen op de langere termijn die het energiegebruik en de broeikasgasemissies beïnvloeden. Voor de korte termijn moeten we echter ook rekening houden met meer incidentele factoren. Voorbeelden hiervan zijn fluctuaties in het weer (buitentemperatuur, windsnelheid, uren zonneschijn) en de invloed van brandstofprijzfluctuaties op de elektriciteitsmarkt. Door de COVID-19-pandemie is de rol van incidentele factoren in 2020 en 2021 veel groter dan normaal. Daarom hanteren we ook in deze KEV een afwijkende aanpak voor de raming voor het jaar 2021. We hebben daarbij voor het eerste halfjaar gebruikgemaakt van de beschikbare maandstatistieken voor bijvoorbeeld energie van het CBS en de gegevens over het weer van het KNMI. Voor het tweede halfjaar van 2021 is een raming met een bandbreedte gemaakt voor de te verwachten ontwikkeling van het

energiegebruik, hernieuwbare energie en emissies. Dit doen we op basis van verschillende denkbare ontwikkelingen rond de COVID-19-pandemie, rond het weer en rond de situatie bij de elektriciteitsproductie.

De resultaten van de actualisatie voor 2021 staan in hoofdstuk 3 van deze KEV. De specifieke aanpak voor de kortetermijnraming is eerder gepubliceerd in Daniëls en Koutstaal (2021).

Rapportage en publicatie

In de periode van juli tot en met september wordt het KEV-rapport geschreven en gereviewd. De review wordt uitgevoerd door verschillende ministeries en door het KEV-consortium. Soms worden derden met een specifieke expertise gevraagd om bij te dragen aan de review. In september en oktober vindt de redactie en opmaak plaats en wordt de publicatie van de KEV voorbereid. De KEV wordt op de vierde donderdag van oktober gepubliceerd, tenzij deze dag in een reces valt. In dat geval wordt de KEV in de week na het reces gepubliceerd. De KEV vormt na afronding een uitgangspunt waartegen de effecten van nieuw beleid kunnen worden afgezet.

1.4 Algemene uitgangspunten en definities

Interpretatie 'doelbereik'

Voor de Nederlandse energiehuishouding en de emissies zijn bepaalde doelen afgesproken in nationaal en Europees kader. In de KEV maken we inzichtelijk of deze doelen worden bereikt en betrekken daarbij voor zover beschikbaar de informatie over de onzekerheidsbandbreedtes. Indien een doel binnen de verwachte onzekerheidsbandbreedte ligt, dan blijft er een risico bestaan dat het doel niet wordt gehaald. Het kan wel uitmaken voor een boodschap of een doel midden in een

bandbreedte ligt of meer aan de randen. Ligt een doel buiten de onzekerheidsbandbreedte, dan is het doelbereik of waarschijnlijk of niet waarschijnlijk. De verwachtingen in de KEV over het doelbereik kunnen dienen als basis voor het politiek-maatschappelijke debat over het klimaatbeleid en voor beleidskeuzes daarin. De mogelijke politieke interpretatie van deze verwachtingen en de eventuele gevolgtrekkingen daaruit vallen buiten het domein van deze studie.

Zoveel mogelijk aansluiting bij nationale en Europese definities

In de KEV sluiten we zoveel mogelijk aan bij de definities van energieverbruik, energiebesparing en broeikasgasemissies in het nationale of Europese energie- en klimaatbeleid. Voor het vaststellen van de definities van broeikasgassen (de opwarmpotentiëlen) zijn we, zoals hiervoor al toegelicht, in de KEV 2021 uitgegaan van de richtlijnen van het IPCC uit 2014. De definitie van de sectoren in de KEV volgt de indeling van de klimaattafels van het Klimaatakkoord: elektriciteit, industrie, gebouwde omgeving, landbouw en landgebruik, en mobiliteit (EZK 2019). De methode waarmee we het aandeel hernieuwbare energie in het bruto-eindverbruik berekenen, volgt de Europese richtlijn hernieuwbare energie (EC 2018; RVO.nl & CBS 2015).

Methodiek correctie voor weersinvloeden

Koudere of warmere seizoenen hebben een forse invloed op het energieverbruik van huishoudens, diensten en de glastuinbouw. Dit is terug te vinden in de grafieken over de gerealiseerde emissies en het energieverbruik van huishoudens en diensten; deze grafieken worden zowel met als zonder correctie voor temperatuur getoond (hoofdstuk 5). De gerealiseerde broeikasgasemissies van de afgelopen jaren worden internationaal en nationaal zonder temperatuurcorrectie gerapporteerd. Bij de bepaling van het gerealiseerde aandeel hernieuwbare energie in

de afgelopen jaren geldt het niet voor temperatuur gecorrigeerd finaal eindverbruik. Alle emissieprojecties voor toekomstige jaren gaan uit van een verwachte gemiddelde temperatuur in het betreffende jaar, rekening houdend met de trend van stijgende temperaturen (KNMI 2015). De mogelijke jaar-op-jaar-afwijkingen door temperatuureffecten worden in de bandbreedtes meegenomen.

KEV 2021: prijspeil 2020

Alle bedragen in de KEV 2021 worden weergegeven volgens het gemiddelde prijspeil in 2020, tenzij anders vermeld. Historische bedragen zijn voor inflatie gecorrigeerd via de Europees geharmoniseerde inflatiecorrectiemethode (HICP).


aandacht aan energiebesparing en hernieuwbare energie. Ook beschrijven we in dit hoofdstuk de ontwikkelingen in de energievoorziening van elektriciteit, warmte, aardgas, motorbrandstoffen en bunkerbrandstoffen. Hoofdstuk 5 ten slotte, gaat in meer detail over de energie- en emissieontwikkelingen binnen de sectoren elektriciteit, industrie, gebouwde omgeving, landbouw en landgebruik en mobiliteit.

De cijfermatige resultaten zijn te raadplegen in de tabellenbijlage bij deze KEV. De uitgebreide tabellenbijlage is te vinden op de KEV-pagina op de PBL-website (www.pbl.nl/kev).

1.5 Leeswijzer

In hoofdstuk 2 beschrijven we de exogene en omgevingsfactoren die van invloed zijn op de ontwikkeling van de Nederlandse energiehuis-houding, zoals de ontwikkeling van de energie- en CO₂-prijzen. We gaan ook in op het beleid in de omringende landen dat is gericht op de elektriciteitsvoorziening en het (inter)nationale klimaatbeleid in relatie tot de doelstelling van het Parijsakkoord. Tevens lichten we beknopt toe wat de stand van zaken is inzake klimaatverandering. Hoofdstuk 3 laat zien hoe de broeikasgasemissies van Nederland zich tot 2030 ontwikkelen en gaat op hoofdlijnen in op de ontwikkeling binnen de verschillende sectoren. In dat hoofdstuk bespreken we ook het geagendeerde beleid, de voortgang onder het Klimaatakkoord en het indicatieve beeld voor de verwachte emissies in 2030-2040.

In hoofdstuk 4 behandelen we de ontwikkeling van de energievraag en de energievoorziening op nationaal niveau. Daarbij besteden we

A photograph of a large industrial facility, likely a refinery or chemical plant, featuring a complex network of large, silver-colored metal pipes and structures. A worker in an orange safety suit is visible on a metal staircase in the lower center of the frame. The background is a clear blue sky.

Belangrijkste bevindingen

- Steeds meer landen wereldwijd verbinden zich aan het doel van netto-nulbroeikasgasemissies, vaak rond 2050. Daarnaast heeft een aantal grote broeikasgasuitstoters (waaronder China en de Verenigde Staten) voortgang geboekt met de implementatie van klimaatbeleid. Desondanks blijft de wereldwijde uitstoot van broeikasgassen in de tussentijd stijgen en moet er nog veel gebeuren om de opwarming van de aarde te beperken.
- De Europese Unie heeft een omvangrijk maatregelenpakket voorgesteld (*Fit for 55*) om de reductieopgave voor broeikasgasemissies in 2030 te verhogen van 40 naar ten minste 55 procent ten opzichte van 1990. Over de voorstellen moet weliswaar nog worden onderhandeld, maar duidelijk is al wel dat deze voorstellen ook in Nederland tot extra beleid en aangescherpte doelen voor emissiereducties zullen leiden.
- Het energiesysteem wordt steeds meer gekenmerkt door onzekerheid en volatiliteit. Brandstof- en CO₂-prijzen kunnen in korte tijd fors veranderen, zoals ook sinds april 2021 weer is gebleken. En met de toename van het aandeel wind- en zonne-energie in de elektriciteitsproductie neemt de impact van wisselende weersomstandigheden ook sterk toe.



2

Internationale
ontwikkelingen

De Nederlandse energietransitie vindt plaats in een dynamische internationale omgeving. De ontwikkelingen van de afgelopen twee jaar laten zien hoe een onvoorziene gebeurtenis als de coronapandemie ertoe leidde dat overheden wereldwijd maatregelen moesten nemen om de verspreiding van het virus tegen te gaan. Maatregelen die tijdelijk hebben geleid tot een sterke daling van de economische activiteit, met gevolgen voor het energiesysteem. In dit hoofdstuk schetsen we de relevante internationale ontwikkelingen op de energiemarkten en in het beleid. We besteden daarbij ook aandacht aan de voorstellen van de Europese Commissie voor verdergaande emissiereducties in het zogenoemde *Fit for 55*-pakket dat half juli 2021 is gepubliceerd. Tot slot gaan we ook in op de stand van zaken met betrekking tot klimaatverandering.

2.1 Energiemarkten en CO₂-emissiehandel

Ontwikkelingen op de markten voor brandstoffen en CO₂-emissierechten spelen een grote rol bij het functioneren van het energiesysteem. Door de uitbraak van coronapandemie daalden de brandstofprijzen in april 2020 sterk. Hierdoor weken de kortetermijnprijsverwachtingen in de KEV 2020 sterk af van de verwachtingen in de KEV 2019. In de loop van 2020 is het energieverbruik wereldwijd weer aangetrokken. De prijsverwachtingen voor de korte termijn die in deze KEV zijn meegenomen, vallen daarom al fors hoger uit dan die in de KEV 2020. Nadat de KEV-berekeningen in mei 2021 van start waren gegaan, zijn de energie- en CO₂-prijzen nog verder opgelopen (zie ook tekstkader 2.1). Voor 2030 vallen de veronderstelde prijzen, die zijn gebaseerd op het *Stated Policies*-scenario van de *World Energy Outlook 2020* (IEA 2020), iets lager uit dan de prijzen in de KEV 2020.

De vraag naar fossiele brandstoffen neemt in 2021 fors toe

De wereldwijde vraag naar fossiele brandstoffen is weer aan het herstellen na de sterke daling door de uitbraak van de coronapandemie in 2020. Zo is de verwachting dat de vraag naar aardolie eind 2022 weer op het pre-COVID-19-niveau uitkomt (ICE 2021a; figuur 2.1). De olieprijs had in april 2021 ook weer het niveau bereikt van de prijs in de zomer van 2019. Wel kan de wereldwijde vraag naar benzine en diesel achterblijven ten opzichte van het pre-COVID-19-niveau door een toename van telewerken – vooral in de ontwikkelde landen – en een toename van het aandeel elektrische voertuigen. De vraag naar kerosine zal vergeleken met pre-COVID-19-ramingen waarschijnlijk minder toenemen. Het aanbod van fossiele brandstoffen zal naar verwachting toenemen door een stijging van de productie in onder andere de Verenigde Staten en een hogere productie in de OPEC-landen. Als de sancties tegen Iran worden opgeheven, kan er nog extra aanbod op de markt komen.

In 2020 nam de vraag naar gas in Europa met bijna 3 procent af als gevolg van de coronapandemie en het milde weer in het eerste kwartaal. De daling van de vraag deed zich zowel voor bij de elektriciteitsopwekking als bij de industrie (IEA 2021a). Hierdoor daalde de gasprijs fors, naar een niveau dat sinds 2005 niet meer is gezien (figuur 2.2). In de elektriciteitsopwekking nam de vraag in de loop van het jaar evenwel weer toe, mede vanwege de lage gasprijs waardoor gas aantrekkelijker was dan kolen. Hierdoor bleef de afname van de vraag naar gas voor de elektriciteitsproductie relatief beperkt.

In 2021 heeft de vraag zich hersteld en zou deze mogelijk boven het niveau van 2019 kunnen uitkomen (IEA 2021b). Wereldwijd neemt vooral in de industrie de gasvraag toe. De vraag naar gas in de elektriciteits-

2.1 De volatiliteit van de brandstof- en CO₂-prijzen

De brandstof- en CO₂-prijzen voor de eerstkomende jaren zijn vastgesteld vóór de start van de berekeningen voor de KEV, in mei 2021. De prijzen zijn gebaseerd op de verwachtingen op de termijnmarkten voor olie, kolen, gas en CO₂-emissierechten in de periode van half maart 2021 tot half april 2021. In de periode daarna zijn de prijzen van fossiele brandstoffen en CO₂ fors gestegen. De gemiddelde jaarprijzen voor 2021 zullen hierdoor hoger uitvallen dan de in de KEV gehanteerde prijzen. De ontwikkelingen sinds april 2021 illustreren de grote onzekerheid en volatiliteit van de brandstof- en CO₂-prijzen. Een onzekerheid die nog groter is voor de jaren na 2021. Vanwege de forse onzekerheid rond deze prijzen hanteren we in de

KEV een bandbreedte voor de energie- en CO₂-prijzen en rekenen we daarmee in de onzekerhedenanalyses. In het achtergronddocument bij de vorige KEV (Schure & Vethman 2020) zijn we ingegaan op de manier waarop we de bandbreedtes bij de prijsverwachtingen voor brandstoffen en CO₂ afleiden voor de KEV.

De specifieke raming van de nationale broeikasgasemissies in 2021 in hoofdstuk 3 is gebaseerd op analyses die in september 2021 zijn gedaan. Hierin zijn de prijsontwikkelingen en -verwachtingen tot en met begin september meegenomen, al geldt ook voor die prijzen dat ze een maand later weer een ander beeld kunnen laten zien.

opwekking in Europa staat onder druk vanwege de minder gunstige condities voor gas, in vergelijking met kolen, en de toenemende concurrentie van hernieuwbare elektriciteit (IEA 2021b). Door de toegenomen vraag zijn de prijzen op de gasmarkt in april 2021 op een niveau van circa 18 cent per kubieke meter beland (ICE 2021b).

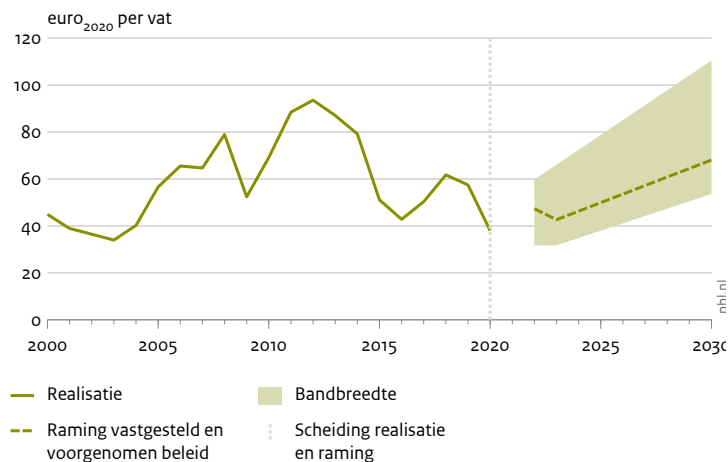
In 2020 daalde de vraag naar kolen wereldwijd sterk vanwege de coronapandemie en de lage gasprijzen in vooral Europa en de Verenigde Staten, waardoor er in de elektriciteitsopwekking een verschuiving plaatsvond van kolen naar gas. De prijs van kolen bereikte hierdoor in april 2020 een dieptepunt van 56 euro per ton (figuur 2.3). Door de aantrekkende economie neemt de vraag naar kolen weer toe; de verwachting is dat de vraag in 2021 boven het niveau van 2019 uitkomt (IEA 2021c). Dit komt onder andere door de sterke toename van elektriciteitsproductie met kolen in Azië in 2021. Daarnaast is de inzet

van kolen in de elektriciteitsproductie toegenomen door de gestegen gasprijzen in Europa en de Verenigde Staten. De kolenprijs was in april 2021 gestegen tot rond de 57 euro per ton (ICE 2021c).

Onstuimige ontwikkeling CO₂-prijs

De Europese markt voor CO₂-emissierechten heeft in 2020 en 2021 een onstuimige ontwikkeling doorgemaakt. In maart 2020 daalde de prijs voor emissierechten in korte tijd als gevolg van de coronapandemie, van rond de 25 euro per ton naar ruim 16 euro per ton. Toen duidelijk werd dat de coronacrisis voor de Europese Commissie geen reden was om de aanscherping van de klimaatambities uit te stellen, herstelde deze markt zich echter al vrij snel. Gedurende de zomer van 2020 was de CO₂-prijs teruggekeerd naar niveaus tussen 25 en 30 euro per ton.

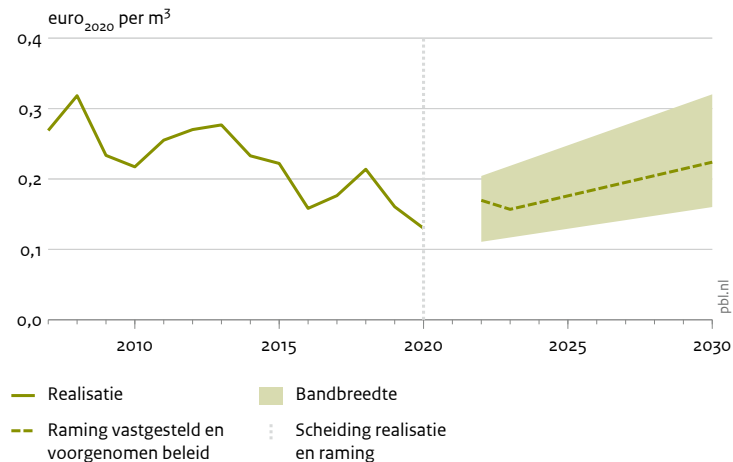
Figuur 2.1
Jaargemiddelde aardolieprijs



Bron: CBS (realisatie); ICE Brent, IEA WEO 2020, WLO 2015 (raming)

Sinds het laatste kwartaal van 2020 is de prijs in een half jaar tijd verdubbeld tot boven 50 euro per ton in de maanden mei en juni 2021. Een belangrijke verklaring voor deze sterke prijsstijging is dat marktpartijen anticiperen op een aanscherping van het Europese emissiehandelssysteem (ETS), overeenkomstig het nieuwe klimaatdoel voor 2030 van 55 procent emissiereductie ten opzichte van 1990. Eind september 2020 kwam de Europese Commissie met een doorrekening van de mogelijke gevolgen van deze voorgestelde aanscherping van de klimaatambitie (EC 2020) en in december 2020 stemden alle lidstaten in met dit nieuwe reductiedoel van 55 procent in 2030. Concrete voor-

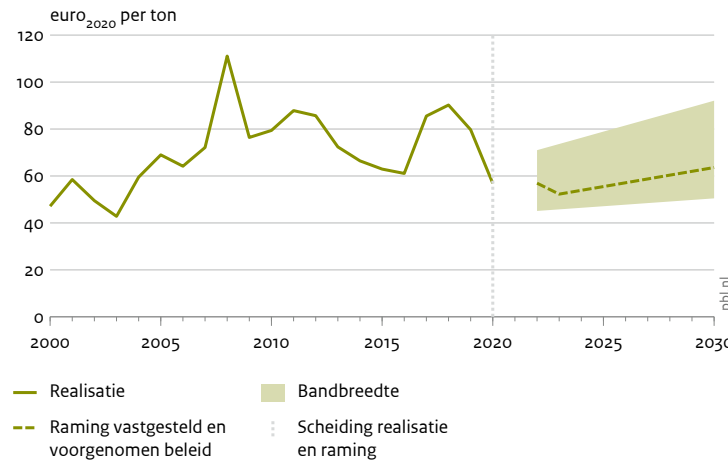
Figuur 2.2
Jaargemiddelde groothandelsprijs aardgas



Bron: CBS (realisatie); ICE TTF, IEA WEO 2020, WLO 2015 (raming)

stellen voor de herziening van de Europese beleidsinstrumenten in dit kader volgden onder de noemer *Fit for 55* op 14 juli 2021 (EC 2021). Hoewel de aanpassingen in het Europese klimaatbeleid in de komende tijd nog volop onderwerp van discussie zullen zijn en de politieke besluitvorming nog moet plaatsvinden – met alle daarmee gepaard gaande onzekerheden –, is de algemene verwachting dat de hogere doelen in de komende jaren voor grotere schaarste zullen zorgen op de markt voor emissierechten en dat dit zal leiden tot een hogere ETS-prijs.

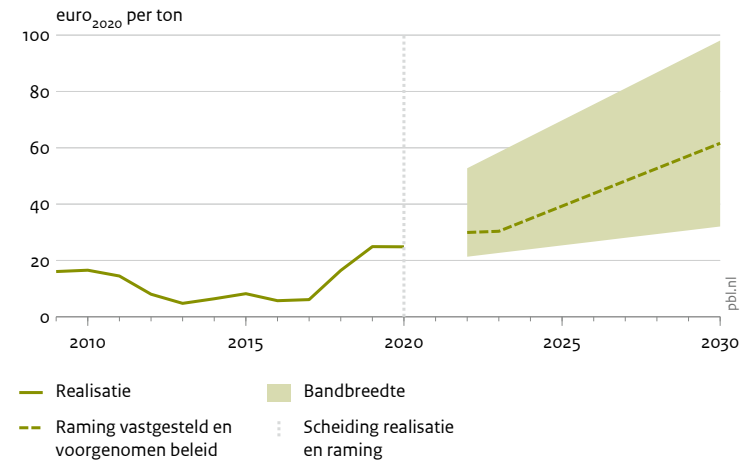
Figuur 2.3
Jaargemiddelde steenkoolprijs



Bron: CBS (realisatie); ICE ARA, IEA WEO 2020, WLO 2015 (raming)

De onzekerheden in de ontwikkeling van de ETS-prijs zijn groot en hangen ook nauw samen met de onzekerheid over de ontwikkelingen in het beleid, zowel in de Europese Unie als mondiaal (zie ook tekstkader 2.1). We houden daar in deze KEV in de projectie van de jaargemiddelde CO₂-prijs rekening mee. We doen dat door de prijs voor 2021 te baseren op de gemiddelde prijsverwachting voor 2021 op de termijnmarkt voor CO₂-emissierechten, in een periode van twaalf maanden voorafgaand aan het moment waarop deze projectie is vastgesteld (half april 2021). Tussen 2021 en 2030 stijgt de jaargemiddelde CO₂-prijs van 30 naar 62 euro per ton in de puntwaarde (figuur 2.4). Door verder toenemende

Figuur 2.4
Jaargemiddelde CO₂-prijs



Bron: CBS (realisatie); KEV-raming 2021

schaarste stijgt de prijs ook na 2030 door naar 93 euro per ton in 2035, en 139 euro per ton in 2040. Vanwege de grote onzekerheden hanteren we in de KEV een ruime bandbreedte rond de projectie van de CO₂-prijs, in 2030 van 32 tot 98 euro per ton CO₂, wat niet uitsluit dat de prijs ook hoger zou kunnen uitvallen.

2.2 Ontwikkelingen in de West-Europese elektriciteitsmarkt

De Nederlandse elektriciteitsmarkt is sterk geïntegreerd in de Europese markt. Voor de ontwikkelingen in deze markt, zoals de productie binnen Nederland, de import en export en de prijs van elektriciteit, zijn – naast de verhoudingen tussen de prijzen van kolen, aardgas en emissierechten – ook de technologische ontwikkelingen en de beleidsontwikkelingen van groot belang, vooral in de omliggende landen.

Aandeel hernieuwbare bronnen in de Europese elektriciteitsproductie in 2020 hoger dan aandeel fossiel

In 2020 was het aandeel van hernieuwbare bronnen in de elektriciteitsproductie in de Europese Unie met 38 procent voor het eerst hoger dan dat van fossiele brandstoffen, met een aandeel van 37 procent (Agora 2021). Een van de redenen was de sterke toename van hernieuwbare opwekking – windenergie nam toe met 9 procent en zonne-energie met 15 procent ten opzichte van 2019. Daarnaast nam de vraag naar elektriciteit af vanwege de coronapandemie.

De productie uit fossiele bronnen nam af, het sterkst bij kolen: een daling van 20 procent ten opzichte van 2019. Deze daling is het gevolg van de afname van de vraag, de toename van hernieuwbare opwekking en de stijging van de CO₂-prijs. De productie uit gas daalde slechts gering, met 4 procent ten opzichte van 2019, mede omdat door de gestegen CO₂-prijs gas concurrerender was dan kolen.

Ontwikkeling opwekkingscapaciteit in Noordwest-Europa kent forse onzekerheid

De ontwikkelingen op de Noordwest-Europese markt zijn gebaseerd op analyses van de organisatie van samenwerkende beheerders van het Europese transmissienet (ENTSO-E). Voor de periode tot en met 2030 is dit de *Midterm Adequacy Forecast* voor de jaren 2025 en 2030 (ENTSO-E 2020a) en voor de langere termijn het *Ten-Year Network Development Plan* (ENTSO-E 2020b). In deze studies zijn verschillende scenario's (*National Trends*, *Decentral Energy* en *Global Ambition*) en verschillende klimaatjaren doorgerekend. De informatie uit de ENTSO-E-studies is aangevuld met recente informatie uit landen die voor de Nederlandse elektriciteitsmarkt belangrijk zijn, zoals Duitsland, Frankrijk en België, en met informatie uit modelanalyses over (des)investeringen in de opwekkingscapaciteit (zie Schure & Vethman 2020 voor een toelichting op de methodiek). Daarnaast zijn er gevoeligheidsanalyses gedaan met verschillende aannames, bijvoorbeeld voor de brandstof- en CO₂-prijzen, voor opgesteld vermogen in het buitenland en voor de productie van elektriciteit uit zon en wind. Op basis van de informatie uit deze analyses is de bandbreedte opgesteld voor de ontwikkelingen in de elektriciteitssector (zie paragraaf 4.2.1).

In het algemeen geldt dat het beleid een grote invloed heeft op de opwekkingscapaciteit. Zo hebben in Nederland de stimulering van hernieuwbare energie via de SDE++-regeling en de sluiting van de kolencentrales grote invloed op het opgestelde vermogen. In Duitsland hebben de in 2011 besloten *Atomausstieg*, het stimuleringsbeleid voor hernieuwbare energie, en de wettelijk vastgelegde uitfasering van kolencentrales grote invloed op het opgestelde vermogen. België besloot de kerncentrales in 2025 te sluiten en koos voor een capaciteitsmechanisme om dit verlies aan opwekkingscapaciteit op te vangen.

In Frankrijk, ten slotte, is niet helder hoe de nucleaire opwekkingscapaciteit zich in de komende decennia zal ontwikkelen.

De ontwikkeling in de opwekkingscapaciteit wordt in West-Europa sterk beïnvloed door politieke interventies. Dit creëert onzekerheid in de markt. Zo is vooralsnog onzeker in welke mate de wegvallende capaciteit van steenkool-, bruinkool- en kerncentrales vervangen gaat worden door andere capaciteit en of landen een gericht capaciteitsbeleid gaan voeren, bijvoorbeeld in de vorm van capaciteitsmechanismen. De hernieuwbare capaciteit van zonne- en windenergie zal verder toenemen, maar ook daar laten de scenario's van ENTSO-E verschillende ontwikkelingen zien. Om de leveringszekerheid te garanderen, is daarnaast elektriciteitsproductie nodig die op elk gewenst moment kan leveren. De capaciteit van gascentrales neemt naar verwachting toe, maar in welke mate is onzeker. Dit kan aanzienlijke consequenties hebben voor de import en export van elektriciteit in Duitsland en België, en daarmee voor de productie van Nederlandse centrales.

Ontwikkeling netwerkverbindingen in Noordwest-Europa

Een belangrijk aspect van de geïntegreerde elektriciteitsmarkt is de ontwikkeling in netwerkverbindingen tussen landen: de interconnecties. Momenteel heeft Nederland verbindingen met Duitsland, België, Groot-Brittannië, Denemarken en Noorwegen. De verbindingen met Duitsland en België worden in de komende jaren nog verder uitgebreid. Dit komt grotendeels overeen met de in de KEV 2020 geschetste ontwikkeling.

Sinds 2015 zijn de markten in Centraal- en West-Europa verbonden door middel van het *Flow-Based-Market-Coupling*-mechanisme. Dit mechanisme verdeelt de capaciteit van de netwerkverbindingen van uur tot uur

(Greunsvan 2020). Hierdoor varieert de beschikbare capaciteit van de interconnecties van uur tot uur en was de beschikbaar gestelde capaciteit in 2019 en 2020 gedurende naar schatting zes maanden van het jaar regelmatig lager dan de standaardcapaciteit (*Net Trading Capacity*). Dit is deels meegenomen in de analyse (zie voor de gehanteerde methodiek Schure & Vethman 2020).

2.3 Mondiaal en Europees klimaatbeleid

2.3.1 Mondiaal klimaatbeleid

Netto-nulemissiedoelen brengen mondiaal klimaatbeleid weer op gang

Steeds meer landen verbinden zich aan het doel van netto-nulbroeikasgasemissies, vaak rond 2050. Ondanks het uitstel van de internationale klimaatconferentie (COP26) in Glasgow met een jaar, tot november 2021, hebben landen nieuwe mitigatiedoelstellingen voor 2030 ingediend of voorgesteld (*Nationally Determined Contributions*, NDC's, die elke vijf jaar moeten worden geactualiseerd). In veel gevallen zijn die aangescherpt (zoals in de Europese Unie, het Verenigd Koninkrijk, Argentinië, de Verenigde Staten, China en Japan), maar in sommige gevallen zijn ze onveranderd of de facto afgezwakt (bijvoorbeeld in Australië en Brazilië) (Climate Action Tracker 2021). Die doelen voor 2030 laten bij elkaar opgeteld wel een emissiereductie zien ten opzichte van de eerste NDC's (ongeveer 3 gigaton CO₂-equivalenten), maar passen volgens de meeste analyses (bijvoorbeeld UNFCCC 2021) nog steeds niet bij een emissiereductiepad dat in de richting gaat van de in het Parijsakkoord neergelegde ambitie: het beperken van de mondiale temperatuurstijging tot ruim onder 2°C en bij voorkeur tot 1,5°C.

2.2 Koolstofbudgetten als basis voor klimaatbeleid

Het koolstofbudget is een schatting van de maximale uitstoot van koolstofdioxide om aan een bepaald temperatuurdoel te voldoen. Het Parijsakkoord beoogt de stijging van de mondiale temperatuur te beperken tot ruim onder de 2°C, en indien mogelijk tot 1,5°C. Het koolstofbudget waarmee naar schatting de stijging met twee derde kans onder de 2°C blijft is 1.050 gigaton CO₂ vanaf begin 2020 en voor 1,5°C 400 gigaton CO₂ (500 gigaton CO₂ voor een 50 procent kans) (IPCC 2021). In vergelijking met de huidige wereldwijde emissies van rond de 40-43 gigaton CO₂ zijn dit bijzonder kleine budgetten. Ter illustratie, wanneer de emissies vanaf vandaag in een rechte lijn naar nul worden gebracht, zouden de emissies voor het doel van maximaal 1,5°C net na 2035 op nul uit moeten komen. Voor het doel van maximaal 2°C zou dit

in 2070 moeten zijn. In werkelijkheid is er wat meer onzekerheid over dit netto-nuljaar. Door emissies op korte termijn sneller te reduceren, kan dat jaar worden uitgesteld (anderzijds leiden langzamere reducties juist tot een eerder netto-nuljaar). Daarnaast bestaat er, in beperkte mate, de mogelijkheid van compensatie met behulp van zogenoemde negatieve emissies (zoals herbebossing of bio-energie met CO₂-afvang en -opslag). Ten slotte is het netto-nuljaar voor het totaal aan broeikasgassen iets later dan voor CO₂ alleen. Daartegenover staat dat op basis van rechtvaardigheidscriteria verwacht kan worden dat rijkere landen het voortouw gaan nemen en de mogelijke de netto-nulemissies eerder willen bereiken.

Naast NDC's hebben meer dan 100 landen echter beloofd de broeikasgasuitstoot op de lange termijn tot netto-nul te reduceren, waarmee ze zich een maximaal uit te stoten hoeveelheid CO₂ of broeikasgassen opleggen (zie tekstkader 2.2). De meeste van die beloftes lijken wel in lijn met wat nodig is om de opwarming tot ruim onder de 2°C of zelfs 1,5°C te beperken (Van Soest et al. 2021). Maar aangezien niet alle landen een netto-nuldoel hebben geformuleerd beperken ze naar verwachting de temperatuurstijging tot 2-2,4°C (Höhne et al. 2021). De status van de doelen verschilt daarnaast ook per land. In sommige landen is het doel bijvoorbeeld onderdeel van de langetermijnstrategie onder het Parijsakkoord, in andere een politieke belofte. Een kleine 30 landen hebben momenteel een langetermijnstrategie ingediend. Omdat de Europese Unie verdragspartij is bij het Parijsakkoord, doet Nederland via de Unie mee aan de mondiale klimaatonderhandelingen, en worden

Nederlandse doelen ook mede ingegeven door Europees beleid (zie paragraaf 2.3.2).

Naast meer ambitie krijgt ook de implementatie van klimaatbeleid een boost

Een aantal 'grote uitstoters' heeft voortgang geboekt met de implementatie van klimaatbeleid. Zo heeft China een emissiehandelssysteem geïntroduceerd dat groter is dan het Europese ETS (ICAP 2021). De Verenigde Staten hebben zich onder president Biden direct weer aangesloten bij het Parijsakkoord, en stappen gezet om de onder Trump doorgevoerde afzwakkingen van het klimaatbeleid terug te draaien. Daarnaast is er een voorgesteld pakket aan investeringen in de Amerikaanse infrastructuur, dat onder andere inzet op het reduceren van CO₂ via verduurzaming van transport (The White House 2021). De Europese Unie heeft met de *European Green Deal* en het *Fit for 55*-pakket ook niet stilgezeten (zie paragraaf 2.3.2). De meest recente doorrekening van

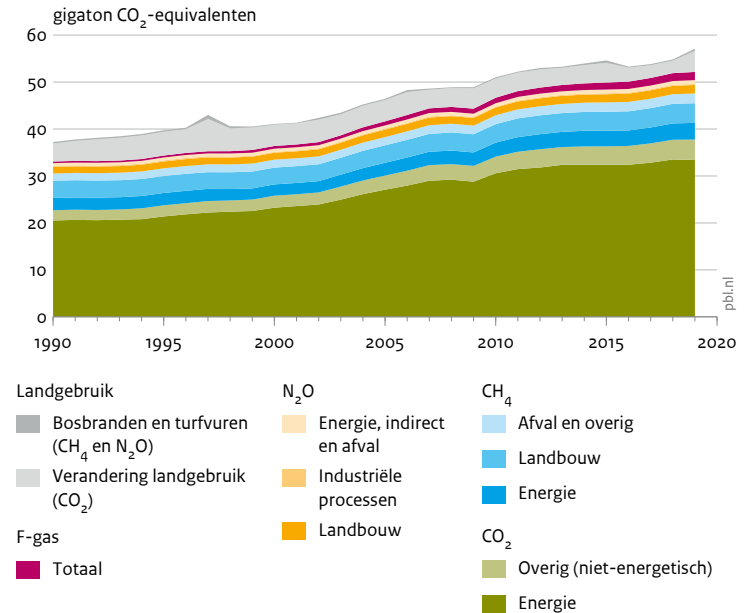
het huidige klimaatbeleid van 26 grote uitstoters wereldwijd (vooral G20-landen) laat dan ook zien dat ongeveer de helft van deze landen op weg is de nationale mitigatiedoelstelling te halen, inclusief bijvoorbeeld China, India en Zuid-Afrika (NewClimate Institute et al. 2021).

Maatregelen die in het beleid van veel landen terugkomen, zijn het sluiten van kolencentrales en het stimuleren van hernieuwbare energie. Daarnaast zetten landen bijvoorbeeld in op de toename van het aandeel elektrische auto's en de ontwikkeling van de bijbehorende infrastructuur. Een steeds groter aantal landen introduceert verder een vorm van CO₂-beprijzing (vaak een emissiehandelssysteem). Een studie naar wereldwijd klimaatbeleid over de afgelopen vijftien jaar laat zien dat het aantal klimaatwetten en strategiedocumenten is toegenomen en dat meer bronnen van emissies gedekt worden door reductiedoelen. Ook beleid om hernieuwbare energie te stimuleren is wijdverbreid geraakt. Volgens een studie waarin naar 'succesvol' klimaatbeleid is gekeken, hebben China, de Europese Unie, Japan, India en de Verenigde Staten effectief beleid voor hernieuwbare energie, personenauto's en bosbouw (Fekete et al. 2021). Het kopiëren van zulke maatregelen in andere landen zou kunnen leiden tot een wereldwijde emissiereductie van 20 procent in 2030, ten opzichte van een huidig beleid-scenario.

Intussen blijft de uitstoot van broeikasgassen stijgen, met een tijdelijke dip door COVID-19

De mondiale emissie van broeikasgassen is tussen 1990 en 2019 vrijwel constant gestegen (figuur 2.5). Ook na 2019 blijft de wereldwijde uitstoot van broeikasgassen stijgen, alle ontwikkelingen in beleid en goede bedoelingen ten spijt. In 2020 was er echter wel een tijdelijke 'dip' in de wereldwijde CO₂-emissies van ongeveer 7 procent (ten opzichte van

Figuur 2.5
Mondiale emissie broeikasgassen per gas en bron



2019) als gevolg van COVID-19 (Le Quéré et al. 2021), maar de verwachting is dat die in 2021 alweer teniet wordt gedaan. Het Internationaal Energie Agentschap schatte in april 2021 dat de wereldwijde CO₂-emissies in 2021 met bijna 5 procent gaan toenemen ten opzichte van 2020, voornamelijk door een toename in de vraag naar kolen, en dan met

name voor elektriciteitsopwekking in Azië (IEA 2021d). Als gevolg van de stijgende uitstoot is de CO₂-concentratie in de atmosfeer gestegen naar gemiddeld 410 ppm in 2019 en 412 ppm in 2020 (Friedlingstein et al. 2020; NOAA 2021). Ook op de langere termijn is er naar verwachting geen blijvend effect van de COVID-19-crisis op wereldwijde broeikasgasemissies, omdat de afname in 2020 maar heel beperkt het gevolg was van structurele veranderingen (Dafnomilis et al. 2021). Figuur 2.5 laat de historische mondiale broeikasgasemissies zien per gas en bron. De figuur loopt tot en met 2019, aangezien de data voor niet-CO₂-broeikasgassen alleen tot dit jaar beschikbaar zijn. Uit een studie van het Internationaal Energie Agentschap blijkt echter al dat er in ieder geval voor methaanemissies uit de fossiele energie-industrie een met CO₂ vergelijkbare dip in mondiale emissies is te zien, vanwege een lagere energieproductie (IEA 2021e).

2.3.2 Europees klimaatbeleid

Fit for 55-pakket zal nog veel onderhandelingen vragen

Op 17 september 2020 presenteerde de Europese Commissie het Europese Klimaatplan-2030 (EC 2020). Daarin stelt ze voor om het doel voor de reductie van broeikasgasemissies in 2030 te verhogen van 40 naar ten minste 55 procent ten opzichte van 1990. Dat plan was opgesteld in het kader van de Europese Klimaatwet waarin zowel het reductiedoel van ten minste netto 55 procent in 2030 is vastgelegd als 'klimaatneutraliteit in 2050'. Deze wet is na goedkeuring door de Europese Raad en het Europese Parlement op 28 juni 2021 bindend geworden. Het Klimaatplan schetst ook de mogelijkheden waarmee dit aangescherpte doel voor 2030 kan worden gehaald, ondersteund door een uitvoerige effectrapportage. Concrete voorstellen voor de herziening van de Europese beleidsinstrumenten volgden onder de

noemer *Fit for 55* op 14 juli 2021 (EC 2021). Het *Fit for 55*-pakket bestaat uit een aantal samenhangende voorstellen met een overkoepelend doel, die in tabel 2.1 zijn samengevat. Waar de namen eenvoudig in het Nederlands vertaald kunnen worden is dat gedaan, waar in het spraakgebruik de Engelse naam wordt gebruikt, is die aangehouden. In wezen gaat het om drie soorten voorstellen:

1. Voorstellen om bepaalde doelen op Europese schaal of voor lidstaten aan te scherpen.
2. Voorstellen voor het aanscherpen van de bestaande Europese beleidsinstrumenten ten aanzien van normering en beprijzing van emitterende activiteiten, en voorstellen voor nieuwe onderwerpen in dat instrumentarium.
3. Voorstellen (of onderdelen daarvan) die bedoeld zijn om de benodigde randvoorwaarden te creëren voor het kunnen doen slagen van de transformatie die voor het bereiken van de klimaatdoelen nodig is.

In deze paragraaf vatten we de voorstellen samen en noemen we enkele aandachtspunten die in het vervolgproces zijn te verwachten. Aangezien het om voorstellen gaat waarover binnen Europa nog moet worden besloten, zijn deze niet meegenomen in de analyses in de KEV. In een recent verschenen PBL-policy brief wordt uitvoeriger ingegaan op dit *Fit for 55*-pakket en de mogelijke effecten daarvan voor Nederland (PBL 2021).

In het vierde kwartaal volgt een herziening van de richtlijn over energieprestaties van gebouwen (EPBD) en van het derde energiepakket voor gas dat een concurrerende markt voor duurzame gassen reguleert.

Hier lichten we de belangrijkste wijzigingsvoorstellen kort toe. Hoewel het een samenhangend pakket is, zullen ze elk apart in de Europese

Raad en het Europese Parlement worden behandeld. De Europese Commissie stelt daarom dat afzwakking van voorgestelde ambities alleen mogelijk is als elders meer ambitie wordt getoond, omdat het wettelijk bindende klimaatdoel vastligt. Het gaat nu om voorstellen waar uiteindelijk veranderingen in komen. Behandeling kan veel tijd vergen. In de meeste gevallen kan in de Raad met een gekwalificeerde meerderheid besloten worden, maar bij de richtlijn voor de energiebelasting is unanimititeit vereist.

Herziening van het Europese emissiehandelssysteem (ETS)

De emissiehandel wordt aangescherpt voor de bestaande sectoren en uitgebreid met nieuwe sectoren. De internationale scheepvaart wordt aan het 'oude' ETS toegevoegd en voor emissies van de gebouwde omgeving en mobiliteit komt er een nieuw separaat handelssysteem. Het 'oude' ETS-plafond gaat omlaag van -43 procent naar -61 procent ten opzichte van de emissies in 2005. De aanscherping van de handel in de 'oude' sectoren (elektriciteit, grote industrie) komt tot stand door een eenmalige verlaging van het plafond (*rebase*) en een aanscherping van de jaarlijkse factor waarmee het aantal emissierechten vermindert dat elk jaar beschikbaar komt (het jaarlijkse plafond): van 2,2 naar 4,2 procent per jaar. Daarnaast wordt de reserve – die wordt ingeroepen wanneer de verhouding tussen ter beschikking gestelde en nodige rechten zeer hoog of laag is – aangepast. Het aandeel rechten dat gratis ter beschikking wordt gesteld daalt, en wordt sterker afhankelijk van investeringen in emissiereductie. Voor sectoren waarvoor een grensmechanisme (CBAM, zie hieronder) geldt, verdwijnt het aandeel gratis rechten op termijn geheel. Dit gaat in eerste instantie om de productie van ijzer, staal, kunstmest en elektriciteit. Het ETS wordt vanaf 2026, na een overgang van drie jaar, uitgebreid met de internationale scheepvaart. Hiervoor bestond nog geen Europees klimaatbeleid,

terwijl de internationale aanpak volgens de Europese Commissie geen uitzicht biedt op het behalen van de Europese doelen. Inkomsten van dit 'oude' ETS komen deels ten goede aan een Europees innovatiefonds.

Hiernaast wordt de emissiehandel vanaf 2026 uitgebreid naar een separaat emissiehandelssysteem voor de gebouwde omgeving en het wegtransport. De hoeveelheid emissierechten voor deze sectoren wordt in 2026 bepaald op grond van de emissies in 2024 en 2025 en moet vanaf dat moment jaarlijks scherp dalen (met eerst 5,15 procent per jaar vanaf 2016-18 en vanaf 2028 met 5,45 procent), zodat de emissies uit deze sectoren op Europees niveau aansluiten bij het ESR-doel. De verplichting komt te liggen bij brandstofleveranciers, die zo ook aangemoedigd worden schonere brandstoffen te leveren. Deze sectoren zijn dan zowel onderdeel van een nationaal doel (ESR) als een Europees beleidsinstrument waarvan het doelbereik is vastgelegd. De Europese Commissie vindt dit noodzakelijk, omdat de huidige reducties in deze sectoren onvoldoende zijn. Daarnaast wordt een inkomstenbron gecreëerd door verkoop van de rechten.

Deze inkomsten hebben verschillende vastgelegde bestemmingen. Een deel gaat naar een Europees moderniseringsfonds voor armere lidstaten. Een ander deel van de inkomsten kan in het eigen land worden besteed aan efficiëntieverbeteringen en duurzame investeringen bij mensen met lage inkomens met behulp van een nieuw sociaal klimaatfonds (SKF). Dit SKF wordt een Europees instrument ter grootte van een kwart van de veilingopbrengst van het nieuwe ETS, waarbij de lidstaten de omvang moeten verdubbelen om er gebruik van te kunnen maken. Nederland ontvangt relatief weinig van dit SKF, omdat de verdeling van de in totaal 72,2 miljard euro afhankelijk is van onder andere het inkomen van de inwoners van de lidstaten, het aantal

Tabel 2.1**Overzicht en aandachtspunten van nieuwe Europese klimaatbeleidsvoorstellen (Fit for 55)**

	Oude regel	Voorgestelde regel	Aandachtspunten	Extra aandachtspunten voor Nederland
Herziening Europees emissiehandelssysteem	Plafond 43% 2030/2005.	Oude ETS: Plafond 61%; lineaire reductiefactor naar 4,2% per jaar; uitbreiding naar internationale scheepvaart. Nieuwe ETS GO/wegtransport vanaf 2026, met 25% veilingopbrengst in nieuw EU-sociaal klimaatfonds.	Oude ETS Exportpositie industrie. Nieuwe ETS Samenhang met ESR; verdelingseffecten.	Oude ETS: kan plafond niet wat hoger en ESR lager? Nieuwe ETS: hoe wordt terugsluis veilingopbrengst georganiseerd?; nieuwe EU inkomsten gewenst?
Carbon Border Adjustment Mechanism (CBAM)		Start met import van staal, ijzer, elektriciteit, kunstmest – stapsgewijs 2023-26; Commissie kan later producten toevoegen.	Uitfasering vrije allocatie voor producenten van CBAM-producten.	Concurrentiepositie exporterende sectoren.
Effort Sharing Regulation (ESR) voor niet-ETS	Gem. -30% t.o.v. 2005 (NL-36%).	Gem. 40% t.o.v. 2005 (NL-48%)	Samenhang bindend doel ESR en plafond mobiliteit en gebouwde omgeving.	Grote opgave. Verdeling over sectoren (geen EU-prijs voor [glas]landbouw).
Herziening richtlijn energiebelasting (ETD)	Vrijstellingen lucht- en scheepvaart.	Ook voor luchtvaart- en zeescheepvaartbunkers. Heffing niet meer op volume maar op energie-inhoud. Degressiviteit verdwijnt. Gelijke tarieven voor gelijke energie-inhoud. Vaster rangorde in tariefstelling.	Alleen ingevoerd bij unanimiteit.	NL-tarieven al boven minimum; bij afschaffing degressiviteit tarief kleinverbruik omlaag of grootverbruik omhoog; verhouding accijns diesel/benzine. NL grote leverancier van bunkers.

	Oude regel	Voorgestelde regel	Aandachtspunten	Extra aandachtspunten voor Nederland
Amendering richtlijn hernieuwbare energie (RED)	32% finale vraag in 2030 (niet bindend per land).	40% finale energievraag (verdeeld over sectoren); landen geven bijdrage aan; strengere eisen biomassa, w.o. einde subsidies elektriciteitsproductie per 2027.	Criteria biomassa streng genoeg?	Waarom nodig, als broeikasgasdoel? SDE++ elektriciteitsproductie loopt t/m 2028.
Amendering richtlijn energie-efficiëntie (EED)	-32,5% vraag van 2005; per land besparing 0,8% per jaar.	- 36% vraag van 2005 (in 2030 9% lager dan referentie); nationale; jaarlijkse nationale besparing eindverbruik 1,5%.		Forse nationale opgave. Waarom nodig, als broeikasgasdoel? Nat. doel 1,5% haalbaar?
Herziening richtlijn broeikasgasemissies door landgebruik, verandering van landgebruik en bossen (LULUCF)	No-debit-regel; flexibiliteit met ESR.	Hoger doel opname EU (310 Mton CO ₂ eq); landen moeten steviger plannen maken; vanaf 2035 klimaatneutraal incl. landbouw.	Sterk verschillende omstandigheden per land.	NL weinig ruimte voor veel extra landgebruik en strakke vertaling EU 2035-doel naar lidstaten.
Herziening richtlijnen alternatieve brandstoffen (ReFuel, FuelEU Maritime en Altern. Fuels Infrastr. Directive)		2%(2025) – 5% (2030); 63% duurzame luchtvaartbrandstof; CO ₂ -intensiteit scheepsbrandstof daalt met 2% 2025, 6% 2030, 75% 2050; verplicht elektriciteit aan wal; verplichte doelen laadpunten.		NL grote brandstofbunker, maar in lijn met beleid; NL heeft al veel laadpalen.
Herziening richtlijn CO ₂ -standaarden voor nieuwe personen- en bestelauto's	2030 -37,5% voor auto's en -31% voor bestelauto's.	-55% 2030 en -100% in 2035 voor personenauto's en -50% in 2030 voor bestelauto's tov 2021.	Autoproducerende landen vinden het veel.	'Hoe meer des te beter'.

mensen dat in energiearmoede leeft, de CO₂-emissies per huishouden en het aandeel mensen in rurale gebieden. Nederland scoort laag op deze indicatoren; België bijvoorbeeld ontvangt daardoor met een kleinere bevolking dan Nederland meer dan het dubbele. Nederland ontvangt in totaal voor de periode 2025-2032 ruim 800 miljoen euro. De lidstaten moeten voor de besteding hiervan sociale plannen aan de Commissie voorleggen. De besteding van deze plannen moet toegekend worden aan bijvoorbeeld isolering en hernieuwbare energie in gebouwen en kleine bedrijven (met minder dan 10 werknemers en met een jaarlijkse omzet van minder dan 2 miljoen euro). Bij wegtransport gaat het om mensen en regio's die relatief sterk door de prijsverhoging worden getroffen. De lidstaten moeten hun sociale plannen in samenhang met nieuwe nationale energie- en klimaatplannen indienen.

De Commissie rekent in 2030 in dit aparte systeem met een CO₂-prijs van 48 euro (gelijk aan de prijs van het 'oude' ETS), hoewel in de effectrapportage 50-70 euro wordt geïndiceerd. In een handelssysteem staat het doelbereik vast, maar de prijs niet. De Commissie heeft verschillende manieren voorgesteld om de prijs te stabiliseren. Om prijsvolatiliteit in de beginfase te voorkomen, start het systeem direct met een reserve die voor prijsstabiliteit ingezet kan worden. De Commissie besteedt veel aandacht aan de sociale gevolgen van de nieuwe CO₂-prijs. Voor de gebouwde omgeving komt deze nieuwe CO₂-prijs vooral terecht bij huishoudens met de laagste inkomens, voor het wegtransport ook bij huishoudens met een middeninkomen. De gevolgen in Nederland zijn relatief gering, omdat hier al verhoudingsgewijs een hoge belasting op gas voor kleinverbruikers en accijns op benzine en diesel is. Het staat Nederland daarnaast vrij om de bestaande energiebelasting en accijns te verlagen, zodat burgers niets van de lastenverzwaring merken – maar dat heeft budgettaire gevolgen.

De Commissie presenteert dit als 'meewind' voor het nationale beleid. Niet alle Europese lidstaten en alle fracties van het Europese Parlement vinden de combinatie van een nationaal ESR-doel en een Europees beprijzingsinstrument goed gekozen; een tweede vraag is hoe zij oordelen over een nieuwe geldstroom voor een EU-fonds voor de armere lidstaten.

Carbon Border Adjustment Mechanism (CBAM)

De Europese Commissie stelt voor geleidelijk een grensmechanisme (*Carbon Border Adjustment Mechanism*, CBAM) in te voeren voor sectoren die last hebben van import van producten waarvoor in de Europese Unie een CO₂-prijs geldt in de situatie waarin andere landen zo'n prijs niet hebben. Op deze wijze wordt een concurrentienadeel aangepakt. Het aantal producten waarvoor de prijs in de beginsituatie wordt geheven is beperkt (maar de emissieomvang bedraagt de helft van die van het 'oude' ETS), waardoor slechts een beperkt aantal aan de Europese Unie grenzende landen ermee te maken krijgt. Het aantal vrij geschonken emissierechten in het ETS verdwijnt stapsgewijs in de sectoren die door de CBAM worden beschermd. Sommige bedrijven ageren hiertegen, omdat hun export naar buiten de Europese Unie nu nog wel wordt belemmerd. De Commissie acht dit noodzakelijk om een te verwachten procedure bij de Wereldhandelsorganisatie (WTO) succesvol te kunnen afronden.

Effort Sharing Regulation (ESR)

Lidstaten van de Europese Unie kennen een verplichte reductie in sectoren die buiten de Europese emissiehandel vallen, de zogenoemde ESR-sectoren. In de toekomst krijgen deze sectoren (gebouwde omgeving, mobiliteit, landbouw en de kleine industrie) deels wel met een Europese beprijzing te maken (zie hiervoor). Dat geldt echter niet

voor de landbouw omdat, zo stelt de Commissie, deze met wegleffecten buiten de Europese Unie te maken zou kunnen krijgen. De glastuinbouw komt in het *Fit for 55*-pakket noch bij de toekomst van landgebruik/landbouw aan de orde, noch bij de nieuwe beprijzing.

De opgave voor de ESR-sectoren is lager dan voor de ETS-sectoren omdat emissiereductie in de laatste goedkoper is. Of de uiteindelijke verhouding van de doelen optimaal is zal onderwerp van discussie worden. De wijze van verdeling van de ESR-taakstelling is ongewijzigd gebleven in het nieuwe voorstel van de Commissie. Voor de Europese Unie gaat de niet-ETS-reductiedoelstelling omhoog van -30 (-29 vanwege de Brexit) naar -40 procent ten opzichte van 2005. Rijke landen moesten al meer doen en dat uitgangspunt blijft gehandhaafd. De rijkste landen met een groot reductiepotentieel hebben nu een taakstelling van 50 procent. Nederland zit in de groep daaronder, en ziet zich geconfronteerd met het voorstel om de opgave van 36 naar 48 procent aan te scherpen. In paragraaf 3.3 gaan we nader in op de implicaties van deze aanscherping voor Nederland.

Herziening richtlijn voor energiebelasting (ETD)

De Europese Commissie heeft al eerder, in 2011 en 2015, getracht de richtlijn voor de energiebelasting (ETD) aan te passen. Dat was niet onbegrijpelijk, want deze belasting zit soms op producten die niet meer verkocht mogen worden (zoals loodhoudende benzine), de tarieven zijn al bijna twintig jaar niet meer voor inflatie gecorrigeerd en er gelden vrijstellingen voor brandstoffen waarvan het verbruik snel toeneemt (zoals kerosine). Omdat voor aanpassing van de ETD unanimititeit van de lidstaten vereist is, is dit tot nog toe niet gelukt. De Commissie verwacht dat een aanpassing nu meer kans maakt, omdat deze onderdeel vormt van een groter beleidspakket. Het gaat daarbij onder andere om het

aanpakken van vrijstellingen voor de zeescheepvaart en de luchtvaart. Door de belasting niet langer op volume maar op energie-inhoud te laten rusten, wordt het verbruik van koolstofarme brandstoffen gestimuleerd. Voor Nederland zouden enkele onderdelen van het voorstel grote gevolgen hebben: het afschaffen van degressiviteit, waardoor de hoogste tarieven omlaag of de laagste omhoog moeten; de eis dat gelijke tarieven voor gelijk gebruik geheven moeten worden, waardoor de dieselaccijns omhoog of de benzineaccijns omlaag moet; en de voorgestelde vaste rangorde van de tariefstelling, waardoor de belasting op elektriciteit lager zou worden.

Amendering richtlijn voor hernieuwbare energie (RED)

Het Europese doel voor hernieuwbare energie, dat in de richtlijn (RED) wordt vastgelegd, gaat van 32 naar 40 procent van het finaal energieverbruik in 2030. Hierbij zijn op Europees niveau subdoelen vastgelegd voor hernieuwbare warmte en koeling en transportbrandstoffen. De lidstaten moeten in hun voortgangsverslagen van de nationale energie- en klimaatplannen laten zien wat hun ambities zijn, zodat de Commissie kan beoordelen of de Unie adequaat op weg is; de eerste hiervan worden uiterlijk 15 maart 2023 verwacht. Omdat naar schatting 60 procent van de hernieuwbare energie in 2030 uit biomassa bestaat en er zorgen zijn over de duurzaamheid hiervan, krijgt biomassa in het voorstel veel aandacht. De duurzaamheidscriteria worden aangepast; ook kleine installaties (vanaf 5 megawatt) waarin biomassa wordt gebruikt moeten aan de criteria voldoen en vanaf 2026 is het niet meer mogelijk biomassa te subsidiëren in elektriciteitscentrales, behalve in combinatie met CO₂-afvang en -opslag (CCS). Onduidelijk lijkt wat de vraag naar biobrandstoffen zal zijn. In de effectrapportage bestaat in 2030 18 procent van het Europees primair energieverbruik uit biomassa, bijna evenveel als aardgas (20 procent) en anderhalf maal zoveel als alle

andere hernieuwbare energie (12 procent). In het amendingsvoorstel van de RED wordt voorgesteld dat in 2030 50 procent van de door de industrie ingezette waterstof (exclusief waterstof ingezet voor productie van transportbrandstoffen) moet zijn verduurzaamd met inzet van groene waterstof of inzet van uit groene waterstof geproduceerde energiedragers.

Amendering richtlijn voor energie-efficiëntie (EED)

Het doel voor energiebesparing in de gewijzigde richtlijn voor energiebesparing (EED) is verhoudingsgewijs weinig aangescherpt, omdat de meeste EU-lidstaten het oude doel nog niet binnen bereik hadden. Er was in de voornemens van de lidstaten al een besparings-tekort geraamd van 2,8 procent voor primaire energie of 3,1 procent voor finale energie. In de effectrapportage wordt gesteld dat vooral het voor landen bindende artikel 7¹ van de EED een zinvol beleidsinstrument blijkt te zijn. In de andere artikelen van de EED overheerst de vrijwilligheid, zo wordt geconstateerd. De nationale besparingsverplichting voor het eindverbruik is aangescherpt van 0,8 naar 1,5 procent per jaar, wat volgens de Commissie neerkomt op 9 procent minder verbruik in 2030. Dit is een aanzienlijke verscherping, omdat alleen nationaal beleid meeteelt om aan de verplichting te voldoen. De meeste andere EU-lidstaten doen hierbij een beroep op de mogelijkheid artikel 7 geheel of ten dele in te vullen door de introductie van energiebesparingsverplichtingen voor energiebedrijven, maar Nederland kent dit instrument niet. In de publieke sector moet jaarlijks 3 procent van het vloeroppervlak worden gerenoveerd. Sommige landen hechten veel waarde aan de richtlijnen ter bevordering van energiebesparing en toepassing van hernieuwbare energie, omdat zij zelfstandige doelen voor energieverbruik en hernieuwbare energie

hebben. In Nederland is dat niet het geval, hier is een reductie van de broeikasgasemissies het overkoepelende doel.

Herziening richtlijn voor broeikasgasemissies door landgebruik, verandering van landgebruik en bossen (LULUCF)

Kern van de huidige aanpak van het landgebruik (LULUCF) is dat de situatie per land niet mag verslechteren. Er is daarbij een constructie mogelijk waarin een tekort in het landgebruik uit de ESR gehaald mag worden, landen onderling in landgebruiksrechten mogen handelen zolang het EU-doel maar binnen bereik blijft, en extra opbrengsten (credits) uit landgebruik in beperkte mate ten gunste mogen komen aan de ESR-sectoren. De Commissie ziet echter dat de opname van broeikasgasemissies door landgebruik in de laatste jaren achteruitgaat en wil deze trend keren. Haar voorstellen inzake landgebruik zijn stapsgewijs. Overkoepelende aanpak is dat het nettodoel van broeikasgasopname door landgebruik in 2030 wordt verhoogd naar 310 megaton CO₂-equivalenten. Dit kan door aanscherping van het doel per land, waarin is vastgelegd wat de som is van de nettobroeikasgasopnames en -uitstoot. De verplichting om per land geïntegreerde plannen voor de landsector te maken wordt ook aangescherpt, waarbij de invloed van die plannen op biodiversiteit en bio-energie meegenomen moet worden. Parallel aan de landgebruiksrichtlijn is een bossenstrategie gepresenteerd, die een aanplant van 3 miljard nieuwe bomen in de Europese Unie beoogt. In de aangepaste richtlijn wordt ook voorgesteld om vanaf 2035 het geheel van niet-CO₂-uitstoot van de landbouw en opname van CO₂ door landgebruik op nul te stellen en daarna per saldo emissies op te nemen. De Commissie denkt dat een dergelijke integratie tot betere resultaten en een simpeler administratief systeem kan leiden. De effectrapportage laat zien dat voor de Unie als geheel zowel de aanscherping in 2030 als de uitbreiding

¹ In de uiteindelijke nieuwe richtlijn gaat dit artikel 8 heten.

in 2035 relatief zeer kosteneffectief is. Nederland is met Denemarken en Ierland een van de drie landen waarin dit landgebruiksdoel voor 2030 een netto-uitstoot van broeikasgassen bevat (het doel voor Nederland in 2030 is 4,5 megaton uitstoot).

Herziening richtlijnen voor alternatieve brandstoffen (ReFuel, FuelEU Maritime en Alternative Fuels Infrastructure Directive)

De herziening van de brandstofrichtlijnen betreft voornamelijk de zeescheepvaart en de luchtvaart. De zeescheepvaart is vooral belangrijk voor de handel: driekwart van het externe handelsvolume komt zo de Europese Unie binnen. De brandstoffen zijn hier momenteel bijna geheel fossiel. De Commissie wil hier stapsgewijs verandering in brengen. Onderbrenging van de zeescheepvaart in het ETS is dan volgens de Commissie noodzakelijk, maar niet genoeg. Stapsgewijs zal conform de *FuelEU Maritime*-richtlijn de CO₂-intensiteit per eenheid brandstof verminderen: van 2 procent per 1 januari 2025, via 6 procent in 2030 naar uiteindelijk 75 procent in 2050. Container- en passagiersschepen zullen daarnaast, als ze in EU-havens zijn gemeerd, van de daar aan te bieden elektriciteit of anderszins van nulemissiebrandstoffen gebruik moeten maken. In de effectrapportage berekent de Commissie dat de kosten van deze verplichting beperkt zijn en het risico van weglek (omdat schepen buiten de Unie gaan tanken) niet groot is. De voorgestelde verplichting voor de luchtvaart is verwoord in de *ReFuel*-richtlijn. De Commissie wil hier tegengaan dat de lidstaten verschillende aanpakken kiezen en stelt dat een EU-brede aanpak tot een meer gelijk speelveld leidt. Zowel het aandeel duurzame brandstoffen als dat van de synthetische brandstoffen die daar deel van uitmaken, moet toenemen. Op 1 januari 2025 zullen de synthetische brandstoffen 2 procent moeten zijn, oplopend naar 5 procent in 2030 en uiteindelijk 63 procent in 2050. In 2050 zal dan 28 procent van het totale volume synthetische brandstof moeten zijn.

Hierdoor zullen de broeikasgasemissies zo'n 60 procent lager uitkomen dan in het referentiebeeld. Traditionele biomassa als toepassing is uitgesloten. De richtlijn voor een infrastructuur van alternatieve brandstoffen, ten slotte, verplicht oplaadpunten voor elektrisch vervoer en waterstof op de zogeheten TEN-T-routes. Voor Nederland zijn dat de twee verbindingen vanuit Amsterdam via Enschede of Arnhem naar Duitsland, en via Rotterdam naar België.

Herziening richtlijn voor CO₂-standaarden voor nieuwe personen- en bestelauto's

De Europese Commissie ziet een aanscherping van de emissie-standaarden voor auto's als hoofdinstrument van koolstofreductie van het transport. Dat is begrijpelijk, want de prijselasticiteit van deze sector is relatief laag. Hoe strenger de standaarden, des te minder nationale ondersteuning nodig is om koolstofarme auto's te bevorderen. Nieuwe personenauto's moeten in 2030 55 procent minder uitstoten dan nu en in 2035 100 procent – dan zijn de CO₂-emissies dus nul. Ze zullen dan elektrisch of met waterstof aangedreven moeten zijn of voor 100 procent op duurzame biobrandstoffen moeten rijden. Nieuwe bestelbusjes moeten in 2030 hun uitstoot per kilometer halveren en mogen in 2035 ook niets meer uitstoten om aan dezelfde norm te voldoen. Landen met een grote auto-industrie, zoals Duitsland, hebben zich lang verzet tegen een aanscherping van de standaarden. Nu Duitsland juist een exportkans ziet in elektrische auto's, hoopt de Commissie dat overeenstemming over de standaarden gemakkelijker zal zijn. Nederland heeft geen eigen auto-industrie en is altijd een groot voorstander van strenge standaarden geweest.

2.3.3 Lessen uit buurlanden

Net als Nederland ontwikkelen omliggende landen ook klimaatbeleid. Hoe doen zij dat en wat zou Nederland daarvan kunnen leren? Boot

(2021) beschrijft enkele voorbeelden van klimaat- en energiebeleid en bestuurlijke aspecten in België, Denemarken, Duitsland, Frankrijk, het Verenigd Koninkrijk en Zweden. In deze achtergrondstudie bij de KEV is ook gekeken naar een aantal landspecifieke karakteristieken die gebruikt kunnen worden om te bekijken of beleid van elders ook in Nederland toepasbaar is.

Decarbonisatie elektriciteitsvoorziening elders eerder begonnen

Landen als Zweden, Denemarken, Duitsland en het Verenigd Koninkrijk zijn al eerder dan Nederland begonnen met het decarboniseren van hun elektriciteitsvoorziening. In vergelijking met de decarbonisatie in andere sectoren is dit relatief eenvoudig en goedkoop. Niemand hoeft er zijn of haar gedrag voor aan te passen. In de toekomst zal de elektriciteitsvraag verder toenemen, omdat elektrificatie een belangrijke technologie is om in 2050 klimaatneutraliteit te bereiken. Ook die elektriciteit zal schoon moeten worden opgewekt. Nu de kosten voor het opwekken van schone elektriciteit sterk aan het dalen zijn, is het de vraag of het daarbij mogelijk is subsidies voor schone vormen van elektriciteit zonder meer af te schaffen. In de meeste onderzochte landen wordt nagedacht over nieuwe vormen van marktconforme beleidsondersteuning in de elektriciteitssector. Afstemming van Nederland met omringende landen is daarbij belangrijk.

Breed maatschappelijk en politiek draagvlak onder ambitieus en consistent beleid

Zweden en Denemarken – en op een andere wijze het Verenigd Koninkrijk – laten zien dat het de consistentie van het beleid bevordert als naast de (coalitie)regering ook het parlement een eigen verantwoordelijkheid neemt inzake het klimaatbeleid. Zo kan er voor het klimaatbeleid een brede politieke coalitie worden gevormd. Nederland heeft een andere bestuurscultuur dan deze landen, maar een zo breed

mogelijk akkoord zal de beleidsconsistentie voor de lange termijn ten goede komen. De klimaattransitie komt niet tot stand zonder een maatschappelijk draagvlak. Frankrijk en het Verenigd Koninkrijk laten bijvoorbeeld zien dat het waardevol kan zijn als daarbij op goed georganiseerde wijze burgers betrokken worden, hoewel deelnemers teurgesteld kunnen worden in de uiteindelijke beleidsopbrengst.

Met forse tussentijdse doelen op weg naar de klimaatdoelen in 2050

Het is belangrijk om goed te weten waar een land heen wil en dit consistent uit te werken. Zo nam het Verenigd Koninkrijk al in 2008 een Klimaatwet aan met als doelstelling een emissiereductie van 80 procent in 2050 en hanteerde het land dit als het belangrijkste uitgangspunt voor beleid. Het heeft die doelstelling in 2019 aangescherpt tot nettoneulemissies in 2050. Volgens de aanscherping uit 2019 zou de jaarlijkse emissiereductie tot 2035 anderhalf maal zo groot moeten zijn als in 2035-2050, omdat de laatste reducties het moeilijkst zullen zijn. Het Verenigd Koninkrijk vertaalt dat in een reductiedoel van 78 procent in 2035 ten opzichte van 1990. Veel andere landen stellen ook dat er in 2030 al veel gereduceerd moet zijn, dat geeft dan meer tijd om het laatste en lastigste deel van de emissiereducties voor elkaar te krijgen. In Denemarken is het tussendoel -70 procent emissiereductie binnen de landsgrenzen in 2030, in Zweden -63 procent en -75 procent in 2030 indien maatregelen in het buitenland en extra opname van emissies door binnenlands landgebruik worden meegeteld. In geen van de onderzochte landen blijkt het halen van tussentijdse doelstellingen gemakkelijk. Nergens zijn de reeds afgesproken doelen voor de middellange termijn al volledig in zicht met het huidige beleid. Het te verwachten doelbereik lijkt meer afhankelijk te zijn van de vasthoudendheid van het gevoerde beleid dan van het ambitieniveau. Maar het helpt als de contouren bekend zijn. Vooral het Verenigd Koninkrijk, Denemarken en

Zweden geven daarvan voorbeelden, mede door de richtinggevende kaders van hun Klimaatwetten. Alleen zo weten investeerders – die vaak van elkaar afhankelijk zijn, zoals industrie en netwerkbedrijven – met welke randvoorwaarden ze kunnen reageren. Die contouren zullen niet vanaf het begin in detail gegeven kunnen worden, maar bijvoorbeeld het inzicht dat de elektriciteitsvoorziening voorop moet lopen is al behulpzaam. Ook heeft het Verenigd Koninkrijk indicatoren voor de transitiepaden benoemd, zoals het vooraf vastleggen van momenten waarop koolstofemitterende apparaten of voertuigen niet meer mogen worden verkocht.

Ook in de gebouwde omgeving is verregaande emissiereductie mogelijk

Ook in de gebouwde omgeving zijn er enkele inspirerende voorbeelden van landen die hun broeikasgasemissies vanaf 1990 verregaand hebben gereduceerd en waar nog maar weinig restemissies zijn overgebleven. Zweden en in mindere mate Denemarken zijn daarvan de duidelijkste voorbeelden. Doorgaans bestaat het beleid – in samenhang met isolatie – daar uit drie opties: warmtenetten, elektrische warmtepompen en biomassa. Landen met warmtenetten hebben deze vaak al lang en die werden niet vanwege het klimaatvraagstuk gerealiseerd. Zweden en Denemarken hebben niet net als Nederland de beschikking over een landsdekkend gasnet, dat ook voor duurzame gassen gebruikt kan worden.

De beleidsondersteuning om de hiervoor genoemde duurzame opties in Zweden en Denemarken te bevorderen verschilt. Bij warmtenetten is er tot op zekere hoogte een keuze mogelijk tussen nadruk op strenge regulering (zoals in Denemarken) of keuzevrijheid voor consumenten (zoals in Zweden). De relatie tussen warmtepompen en warmtenetten vraagt een onderling afgestemd fiscaal beleid. In de Scandinavische landen is biomassa een aantrekkelijke koolstofreducerende bron voor

warmtenetten. Ook daar woedt een debat over de duurzaamheid van biomassa en de beste toepassing daarvan. Echter, zonder de optie voor biomassa en zonder goede alternatieven gereed te hebben wordt het een stuk moeilijker om de warmtevraag in de gebouwde omgeving te decarboniseren. Makkelijke oplossingen bestaan nergens.

Aandacht voor klimaatbeleid en huishoudens met lagere inkomens van belang

De bestudeerde landen hebben op verschillende manieren ervaren dat de verdelingsvraag van de energietransitie niet veronachtzaamd kan worden. Energiebesparingsverplichtingen voor energiebedrijven hebben in de landen waarin ze voor een langere periode zijn toegepast (zoals Frankrijk, Denemarken en het Verenigd Koninkrijk) tot een forse besparing geleid, terwijl het doorgaans ook goed gelukt is huishoudens met lagere inkomens extra te ondersteunen. Vrijwel altijd is dat in samenhang met andere beleidsinstrumenten gebeurd.

Europabreed daalt de rol van aardgas in duurzame scenario's

In Europa bestaan verschillende beelden over de rol van aardgas in het beleid richting klimaatneutraliteit in 2050. In de elektriciteitsvoorziening is gas uiteraard een koolstofarm alternatief voor kolen. België is de enige van de onderzochte landen waar de bouw van gascentrales nog met subsidies wordt gestimuleerd. De landen die de rol van aardgas als overbruggingsbrandstof benadrukken, letten meer op het doortrekken van de huidige langetermijntrends dan op de duurzame scenario's die een forse afname voorzien op de kortere termijn en een zeer sterke afname op langere termijn. De mate waarin duurzame gassen deze rol deels overnemen is nog onduidelijk. Voor de middellange termijn zal aardgas nog wel een belangrijke rol spelen in de industrie. In Nederland is het aandeel aardgas in de brandstofmix meer dan anderhalf maal zo groot als het Europese gemiddelde. Het is daarom

begrijpelijk dat Nederland als één van de eerste landen een brede strategie formuleert om ‘van het aardgas af te gaan’, want dat is nog een relatief lange weg.

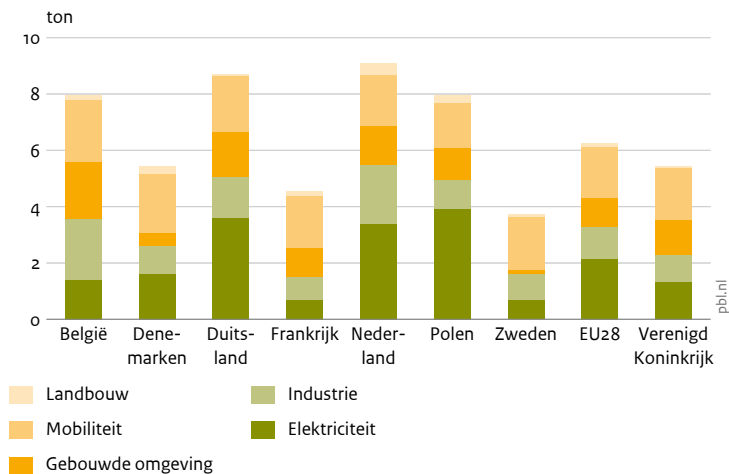
Voor verregaande reductie heeft Nederland nog een langere weg te gaan

De Nederlandse emissiereductie was in 1990-2019 relatief gering. In het Verenigd Koninkrijk was deze reductie in diezelfde periode driemaal zo groot, in Duitsland, Denemarken en Zweden het dubbele of meer. Dat maakt dat de huidige opgave voor Nederland – om in 2050 klimaatneutraliteit te bereiken – relatief groot is. Ook op andere wijze is dat zichtbaar. De energiegerelateerde CO₂-emissies per hoofd van de bevolking zijn in Nederland in 2018 de helft hoger dan het gemiddelde van de Europese Unie en ruim het dubbele van die in Zweden (figuur 2.6). Dit hangt samen met de relatief grote omvang van de energie-intensieve industrie in Nederland.

Omdat de emissiereductie in Nederland tot nu toe relatief gering is, is het naar verwachting ook nog wat makkelijker om voor 2030 nog wat grote stappen te maken, die in andere landen al zijn gerealiseerd. Zo nam de emissie van de elektriciteitsproductie vanaf 1990 in Nederland toe, waar deze in de andere landen juist afnam. Tot 2030 zal de emissie uit deze sector in Nederland echter ook flink gaan dalen door de toename van koolstofvrije elektriciteit. Maar de ‘moeilijke stappen’ die ook de andere landen nog voor de boeg hebben, zijn in Nederland net zo moeilijk. De emissies van het transport namen in de bestudeerde landen doorgaans toe.

In vergelijking met een aantal andere landen zien we in Nederland tot nu toe dus een relatief geringe emissiereductie. De verklaringen hiervoor zijn het relatief later op gang komen van het klimaatbeleid,

Figuur 2.6
Energiegerelateerde CO₂-emissie per hoofd van bevolking, 2018



Bron: IEA 2019

een relatief hoge economische groei en gemiddelde bevolkings-toename. We zien in Nederland wel een meer dan gemiddelde verbetering van de energie-intensiteit (emissie per eenheid bruto binnenlands product). De afname van de koolstofintensiteit (emissie per eenheid verbruikte energie) was tot en met 2018 echter gering. Grosso modo is de ontwikkeling van de energie-intensiteit in de beschouwde periode en voor de genoemde landen indicatief voor die van de efficiëntie van het energieverbruik, maar is er voor Nederland enig verschil. Het is niet helemaal duidelijk waardoor dit komt, wellicht

omdat de Nederlandse energie-intensieve industrie het relatief goed doet, of omdat de gemiddelde woning groter werd.

2.4 Klimaatverandering

Inleiding

De kennis over het klimaat, de verandering en effecten hiervan is enorm in ontwikkeling. Veranderingen in het klimaat zijn recent nog samengevat in het rapport *Climate Change 2021* van het IPCC (2021). Een van de conclusies in dat rapport is dat het nu feitelijk vast is komen te staan dat broeikasgasemissies als gevolg van menselijk handelen hebben bijgedragen aan de klimaatverandering in de afgelopen honderd jaar, en dat er het nodige nog zal veranderen gedurende de rest van deze eeuw. Het toont de noodzaak van klimaatmitigatie en -adaptatie. Hoe verandert bijvoorbeeld de kwetsbaarheid van de nieuwe energie-infrastructuur in relatie tot klimaatverandering en weersextremen? In deze paragraaf vatten we enkele recente bevindingen uit dit IPCC-rapport en andere literatuur samen.

Mondiaal is het sinds 1900 1,1°C warmer geworden, +2°C mogelijk binnen 25 jaar overschreden bij ongewijzigd beleid

Bijna overal op aarde wordt het warmer, mede door de broeikasgasuitstoot door mensen. Zo is de wereldgemiddelde temperatuur aan het aardoppervlak intussen 1,1 [0,9-1,2] °C hoger dan pre-industrieel (=1850-1900 gemiddeld) (IPCC 2021). Boven het landoppervlak was de temperatuurstijging 1,6 [1,3-1,8] °C, kortom 45 procent hoger dan de wereldgemiddelde stijging. Dit komt omdat land sneller opwarmt dan de oceanen die een grote warmtebuffer hebben. In de laatste jaren volgde het ene klimaatrecord na het andere. Zo was 2020 mondiaal

gezien het warmste jaar sinds het pre-industriële tijdperk, gevolgd door vele jaren in de afgelopen tien jaar. De gemiddelde temperatuur in de afgelopen tien jaar was hoger dan in afgelopen 125.000 jaar.

De verwachting is dat de temperatuurstijging in de toekomst doorzet. De mate waarin zal veel afhangen van het gevoerde klimaatbeleid. De verwachte temperatuurstijging tot 2100 ligt in de range van 1,4°C (in het lage SPP1-1.9-scenario) tot 4,4°C (in het hoge SSP5-8.5-scenario), wederom ten opzichte van het pre-industriële tijdperk. In het Parijsakkoord is afgesproken om de opwarming op aarde te beperken tot onder de 2°C, liefst in de buurt van 1,5°C. Uitgaande van de huidige ontwikkelingen kan de temperatuurstijging van 1,5°C in de komende 5-25 jaar bereikt worden. De +2°C-grens zou tussen 2040 en 2050 overschreden kunnen worden, uitgaande van een hoog emissiescenario (SSP5-8.5), maar het zou ook kunnen uitblijven bij extreem lage scenario's (SSP1-1.9).

Samen met de mondiale temperatuurstijging zijn ook andere klimatologische veranderingen waargenomen die gerelateerd kunnen worden aan de emissies van broeikasgassen (IPCC 2021). Hierbij gaat het om jaartotale neerslag-, weers- en klimaatextremen, zoals de frequentie en intensiteit van droogtes, hittegolven, extreme neerslag en hoog water. De verwachting is dat veel van deze extremen vaker zullen voorkomen. Voor de waargenomen trends en verdere verwachte ontwikkelingen verwijzen we naar het IPCC-rapport.

Mondiale zeespiegelstijging vertoont versnelling, nog meer richting 2100

Er is een versnelling waargenomen in de mondiale gemiddelde zeespiegelstijging (Dangendorf et al. 2019; IPCC 2021). Tussen 1901 en 2018 is de zeespiegel rond 20 centimeter gestegen, waarbij de snelheid is toegenomen van 1,4 millimeter per jaar tussen 1901 en 1990 naar

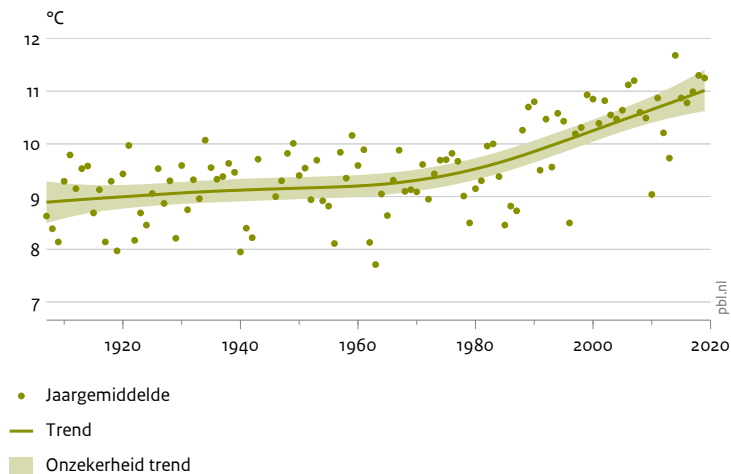
gemiddeld 3 millimeter per jaar tussen 1993 en 2018. Binnen deze periode, tussen 2006 en 2018, is een stijging te zien van gemiddeld bijna 4 millimeter per jaar. Deze versnelling is daarbij niet gelijkmatig verdeeld over de oceanen in de wereld. De geringste versnelling vertoont de Atlantische oceaan, de Noordzee vertoont een niet-significante versnelling. De belangrijkste oorzaken van de zeespiegelstijging zijn het afsmelten van gletsjers en ijskappen (verantwoordelijk voor respectievelijk 41 en 29 procent van de stijging), en opwarmende oceanen (38 procent). Wel is er meer water vastgehouden op land, wat een compenserend effect heeft op de zeespiegel (een daling van -8 procent) (IPCC 2021).

De mondiale zeespiegel zal naar verwachting verder blijven stijgen, al verschilt volgens de scenario's de mate waarin. Tot 2100 is de verwachte range tussen de 40 centimeter voor het lage SSP1-1.9-scenario en 80 centimeter voor het hoge SSP5-8.5-scenario (ten opzichte van het gemiddelde in 1995–2014). En na 2100 gaat het naar verwachting sneller (2150: 60 tot 140 centimeter ten opzichte van dat gemiddelde). Bij deze projecties is geen rekening gehouden met minder waarschijnlijke gebeurtenissen zoals het veel sneller afsmelten van ijskappen. Gebeurt dat wel, dan kan de zeespiegel tot 2150 wel 2 tot 5 meter stijgen (IPCC 2021).

Temperatuur in Nederland stijgt bijna twee keer zo hard als mondiaal, het aantal graaddagen is sinds 1950 met 17 procent gedaald

Ook in Nederland is het in de laatste decennia steeds warmer geworden. Tussen 1907 en 2020 is de jaargemiddelde temperatuur in Nederland met 2,1°C toegenomen (figuur 2.7), oftewel bijna twee keer zoveel als de mondiale temperatuur. Enerzijds komt dit doordat landoppervlak meer opwarmt dan water. Anderzijds heeft Nederland – net als andere delen van West-Europa – sinds 1950 te maken met meer (zuid)westenwind in

Figuur 2.7
Jaartemperatuur op vijf KNMI-hoofdstations



Bron: KNMI 2020

de late winter en het vroege voorjaar, stijgende temperaturen van het Noordzeewater en een toename van de hoeveelheid zonnestraling (door schonere lucht) (CLO 2020a).

De opwarming is verschillend verdeeld over de seizoenen. De sterkste opwarming vindt plaats in de zomer, namelijk 2,8°C over de periode 1906-2020. De winters zijn in dezelfde periode gemiddeld 1,8°C warmer geworden (CLO 2020a).²

² Zie ook: www.knmi.nl/klimaatdashboard.

Deze waargenomen temperatuurstijging heeft onder andere een effect op de koelte- en warmtebehoefte door het jaar. De warmtebehoefte kan beschreven worden aan hand van het aantal graaddagen. Het CBS (2019) definieert de graaddagen als de som per jaar van de daggemiddelde temperatuur beneden de stookgrens van 18°C. Een daggemiddelde temperatuur van 10°C levert dan 18-10 = 8 graaddagen op voor die ene dag. Het is een belangrijke indicator voor het energieverbruik door huishoudens, diensten en de glastuinbouw. Dit aantal graaddagen is gemiddeld in De Bilt sterk gedaald, van gemiddeld 3.206 rond 1950 tot 2.676 over laatste tien jaar, oftewel een daling van 17 procent.

Het aantal koeldagen is een maat voor de hoeveelheid energie die nodig is om een huis te koelen. Spononi et al. (2015) en EEA (2017) definiëren het aantal koeldagen als 'de som van afwijkingen ten opzichte van 22°C voor alle dagen met een gemiddelde temperatuur van 22°C of meer'.³ Met een daggemiddelde temperatuur van bijvoorbeeld 25°C neemt het aantal koeldagen dus met 3 toe voor die ene dag.⁴ In het verleden was het aantal koeldagen beperkter. Intussen is het gemiddelde over 26 stations in Nederland gestegen naar 9 (het gemiddelde van 1981-2020).

Nederland wordt ook natter

De jaarlijkse neerslaghoeveelheid in Nederland is in de periode 1910-2019 gestegen van 692 naar 873 millimeter, oftewel een toename van 26 procent in 110 jaar. Daarbij is de toename in neerslaghoeveelheden niet gelijk verdeeld over Nederland. De neerslag langs de Nederlandse kust nam tussen 1910 en 2019 met 30-35 procent toe, terwijl

3 De 22°C is een hogere grens dan eerder is gebruikt om de behoefte aan daadwerkelijke koeling aan te geven.

4 Zie ook: <https://www.klimaat-effectatlas.nl/nl/het-wordt-heter> voor een brede toepassing.

de stijging langs de oostgrens en het zuidoosten beperkt bleef tot 10-25 procent (CLO 2020b). Mogelijke oorzaken van deze ruimtelijke differentiatie zijn een stijging van de watertemperatuur in de Noordzee, het reliëf in Nederland, en een grotere stijging rondom stedelijke bebouwing, die vooral in het westen van Nederland voorkomt (Buishand et al. 2013). Maar meer onderzoek is nodig.

Extremen nemen toe sinds 1906

In lijn met het mondiale plaatje zien we ook in Nederland dat (extreme) hitte in de zomer toeneemt en (extreme) koude in de winter juist afneemt. Zo is het aantal zomerse dagen⁵ gemiddeld over Nederland opgelopen van gemiddeld 9 dagen in 1907 naar gemiddeld 25 dagen rond 2020, terwijl het aantal ijsdagen⁶ is gedaald van 8 naar 2 ijsdagen gedurende dezelfde periode, en de jaarlijkse kans op een Elfstedentocht is gedaald van 20 naar 6 procent (zie CLO 2020d). Hierbij vertonen de temperatuurextremen een oost-westgradiënt, dat wil zeggen dat de strengste kou voorkomt in het noordoosten van Nederland en de grootste hitte in het zuidoosten. Dit hangt samen met de invloed van de Noordzee.

Ook neerslagextremen komen nu vaker voor dan een eeuw geleden (CLO 2020c). Dit geldt zowel voor periodes met (extreem) veel neerslag (soms leidend tot wateroverlast en economische schade) als voor periodes met weinig neerslag/droogtes (in het binnenland). Zo was de zomer van 2018 extreem droog, vooral in het binnenland. En medio juli 2021 had Limburg (en delen van België, Luxemburg en Duitsland) te maken met zeer zware neerslag, die leidde tot ernstige overstromingen met grote economische schade en menselijk leed. De kans op dergelijke gebeurtenissen neemt verder toe met klimaatverandering (KNMI 2021).

5 Het aantal dagen met een maximumtemperatuur van minimaal 25°C.

6 Het aantal dagen met een maximumtemperatuur onder het vriespunt.

Afgelopen 129 jaar gelijkmatige stijging van de zeespiegel langs de Nederlandse kust
Klimaatverandering heeft een effect op de zeespiegel, ook langs de Nederlandse kust. Maar de trend hier is niet gelijk aan de mondiale ontwikkeling door gebiedsspecifieke omstandigheden, zoals verschillen in luchtdruk, windvelden, zeewatertemperaturen, zwaartekrachtsvelden en stromingsprofielen, en de beperkte diepte van de Noordzee (Deltares 2019). Daarnaast draagt bodemdaling langs de Nederlandse kust bij aan de (relatieve) zeespiegelstijging. De zeespiegel langs de Nederlandse kust is in de afgelopen 129 jaar gelijkmatig gestegen met circa 24 centimeter, oftewel een toename met 1,9 millimeter per jaar. Hiermee is de stijging lager dan het mondiale gemiddelde en er is tot op heden geen versnelling geconstateerd (ook al kunnen de jaarlijkse variaties groot zijn) (CLO 2020e; Deltares 2019). De verwachting is dat in de toekomst ook de zeespiegel in de Noordzee versneld zal stijgen, omdat deze in open verbinding staat met de oceanen. Echter, hoe die versnelling afwijkt van het wereldgemiddelde zal aan de gebiedsspecifieke omstandigheden liggen.

Klimaatverandering zet door in Nederland

De wereld inclusief Nederland wordt ook in de toekomst warmer. Hier wordt ook al rekening mee gehouden in de ramingen van het energieverbruik en de broeikasgasemissies van met name huishoudens, de dienstensector en de glastuinbouw (zie hoofdstuk 5). Volgens de klimaatscenario's van het KNMI⁷ zal de jaargemiddelde temperatuur in Nederland rond 2085 tussen 1,3 en 3,7°C hoger zijn dan in de periode 1981-2010 (zie figuur 2.8).

⁷ Dat zijn nu nog de scenario's van 2014 (de zogenoemde KNMI'14-scenario's). In 2023 worden deze vervangen door de KNMI'23-klimaatscenario's (zie: <https://www.knmi.nl/kennis-en-datacentrum/uitleg/knmi-klimaatscenario-s>).

De waargenomen ruimtelijke differentiatie voor de neerslag in Nederland is ook terug te vinden in de neerslagprojecties tot het einde van deze eeuw. De jaargemiddelde neerslag zal rond 2085 naar verwachting 5 tot 7 procent toenemen ten opzichte van de periode 1981-2010. De toename in het oosten zal kleiner zijn. Omdat de temperatuur ook stijgt, zal kans op droogte in de laatste scenario's ook toenemen (tot 50 procent).

Voor energiegebruik zijn onder meer de scenario-uitkomsten voor stook- en koeldagen relevant.⁸ De stookbehoefte daalt naar verwachting tot 2085 met 15 tot 37 procent (gemiddeld over Nederland), terwijl de behoefte aan koeling sterk kan gaan stijgen (een verdubbeling tot vertienvoudiging ten opzichte van de periode 1981-2010).

Relevant voor de elektriciteitsproductie zijn de mogelijke veranderingen in zonnestraling en wind. Volgens de KNMI-scenario's en ook andere studies zal klimaatverandering vooral een effect hebben op de opbrengsten van zonnepanelen en windenergie als dit gepaard gaat met ook veranderingen in de luchtstroming. Zonder dergelijke veranderingen neemt de zonnestraling in de zomer tot 2085 naar verwachting toe met 1 tot 4 procent ten opzichte van de periode 1981-2010, en zullen de gemiddelde windsnelheid en het gemiddelde windpotentieel licht kunnen gaan dalen. Met een veranderende luchtstroming kan de zonnestraling 6 tot 10 procent toenemen tot 2085, en kunnen de gemiddelde windsnelheden en windpotentiëlen stijgen. Verder is in het kader van de energieproductie ook van belang of er vaker momenten van net veel of net weinig wind en zon zullen zijn.

⁸ Zie hiervoor voor de definities van stook- en koeldagen.

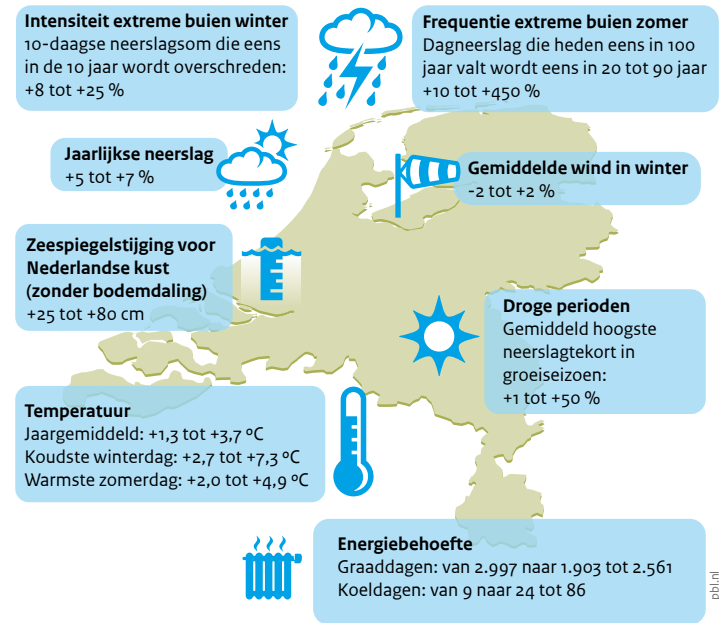
Projecties van mogelijke veranderingen in weersextremen zijn onzekerder dan die voor gemiddelden. Maar alle KNMI scenario's geven voor Nederland wel een toename van de warmte-extremen, terwijl koude-extremen verder afnemen. En in alle scenario's nemen de frequentie en intensiteit van de extreme regenbuien toe, ook in de zomer als de gemiddelde neerslag daalt.

Voor de energievraag in Nederland is onder meer relevant wat het verwachte effect van de temperatuurstijging is op de koelte- en warmtebehoefte door het jaar. Dit kan beschreven worden aan hand van eerder gedefinieerde koel- en graaddagen. Het aantal graaddagen in Nederland zal naar verwachting verder dalen van 2.997 (gemiddeld in de periode 1981-2010) naar 1.903 tot 2.561 graaddagen (rond 2085). Tegelijk is de verwachting dat het aantal koeldagen flink zal toenemen, van 9 naar 24 tot 86 graaddagen.⁹

Ook de zeespiegel langs de Nederlandse kust zal naar verwachting blijven stijgen. Daarbij zal het tempo sterk afhangen van de wereldwijde temperatuurstijging. Als de wereld tot 2100 rond de 4°C opwarmt, zal de zeespiegel hier mogelijk met 45 tot 80 centimeter stijgen ten opzichte van het gemiddelde over de periode 1981-2010 (volgens de KNMI'14-scenario's). Als de temperatuurstijging beperkt blijft tot rond 2°C, zal ook de zeespiegel langs de Nederlandse kust nog met 25 tot 60 centimeter stijgen. Hierbij is wel uitgegaan van geen grote onomkeerbare processen, zoals het grootschalig afsmelten van de ijskappen. Als die wel optreden, dan zal de zeespiegel ook langs de Nederlandse kust sneller stijgen, mogelijk tot 2 meter in 2100 (met een bandbreedte van 80-300 centimeter) (Haasnoot et al. 2018).

⁹ Zie ook: <https://www.klimaat-effectatlas.nl/nl/het-wordt-heter>.

Figuur 2.8
Mogelijke klimaatveranderingen rond 2085 ten opzichte van 1981 – 2010, volgens KNMI'14-scenario's



Bron: KNMI

Belangrijkste bevindingen

- De emissiereductie komt tussen 1990 en 2020 in de buurt van de 25 procent en ligt daarmee rond het Urgenda-doel (minimaal 25 procent minder broeikasgassen ten opzichte van 1990). Het Urgenda-doel ligt in 2021 waarschijnlijk weer buiten bereik. Richting 2025 nemen de kansen op overschrijding van dit doel af.
- De nationale broeikasgasemissie ligt in 2030 naar verwachting 38 tot 48 procent lager dan in 1990. Tot aan het doel voor 2030 (49 procent minder broeikasgassen dan in 1990) resteert een beleidsopgave van 3 tot 25 megaton CO₂-equivalenten. Met geagendeerd beleid kan hiervan mogelijk nog 2 tot 4 megaton worden ingevuld.
- We verwachten dat het huidige doel voor 2030 van -36 procent (ten opzichte van 2005) voor de emissies die onder de Effort Sharing Regulation (ESR) vallen bij benadering wordt gehaald. Een Europees voorstel voor aanscherping van dit doel (-48 procent) levert over de periode 2021-2030 een resterende cumulatieve beleidsopgave op van minimaal 62 megaton CO₂-equivalenten.
- Het indicatieve beeld voor de emissieontwikkelingen tussen 2030-2040 laat zien dat de broeikasgasemissies ook na 2030 blijven dalen, maar in een lager tempo dan vóór 2030.



3

Broeikasgas-
emissies

In dit hoofdstuk beschrijven we de nationale ontwikkelingen in de broeikasgasemissies. We gaan in op de emissies (statistiek) van 1990 tot aan de voorlopige cijfers over 2020. Daarna behandelen we de emissieramingen tot en met 2030. Ook geven we een indicatief beeld van de verwachte ontwikkelingen tussen 2030 en 2040.

In deze KEV is ervoor gekozen om al over te stappen naar de nieuwste opwarmingspotentiëlen voor broeikasgassen (*Global Warming Potentials* oftewel GWP-waarden) uit het zogenoemde AR5-rapport van het IPCC uit 2014 (zie ook paragraaf 1.2). In tekstkader 3.1, aan het einde van paragraaf 3.1, gaan we nader in op het gebruik van de nieuwe GWP-waarden, alsook op het effect ervan op de nationale broeikasgasemissies.

In paragraaf 3.1 bespreken we de totale broeikasgasemissies op nationaal niveau voor de periode 1990 tot en met 2030. We besteden daarbij apart aandacht aan de emissieontwikkelingen in het lopende jaar 2021 vanwege de verwachte effecten van COVID-19 en in verband met het Urgenda-doel. Bij de ramingen tot en met 2030 geven we een bandbreedte (en dus geen puntwaarde), vooral vanwege de grote onzekerheden over ontwikkelingen in de elektriciteitssector (zie ook de toelichting in paragraaf 4.2.1). We gaan in deze paragraaf niet in op de emissies die zijn gerelateerd aan de verkochte bunkerbrandstoffen voor de lucht- en zeevaart, aangezien deze niet formeel onderdeel zijn van de rapportages over de nationale broeikasgasemissies; vanwege het belang voor het klimaat lichten we de verwachte ontwikkelingen in de bunkerbrandstoffen en de daaraan gerelateerde emissies wel toe in paragraaf 5.7. In paragraaf 3.2 behandelen we vervolgens de nationale broeikasgasemissies die tot en met 2030 onder het Europese emissiehandelssysteem (ETS) vallen. Ook hier geven we alleen een bandbreedte

vanwege de onzekerheden in de elektriciteitssector. In paragraaf 3.3 komen de nationale broeikasgasemissies aan bod van de sectoren die vallen onder de Europese *Efford Sharing Decision* (ESD) en *Effort Sharing Regulation* (ESR): de niet-energie-intensieve industrie buiten het ETS, gebouwde omgeving, mobiliteit en landbouw. Voorheen noemden we deze sectoren de niet-ETS-sectoren. We geven ook eerste inzichten in de mogelijke gevolgen van de nieuwe klimaatvoorstellen van de Europese Commissie voor de ESR-emissiedoelstelling (EC 2021a, *Fit for 55*, zie ook paragraaf 2.3.2). In paragraaf 3.4 gaan we in op de voortgang in en de denkbare emissie-effecten van het geagendeerde beleid tot 2030. In paragraaf 3.5 bespreken we de voortgang van het klimaatbeleid en de afspraken in het Klimaatakkoord. In paragraaf 3.6 ten slotte geven we een indicatief beeld van de ontwikkelingen in de nationale broeikasgasemissies tussen 2030-2040, uitgaande van beleid zoals dat ook in de rest van de KEV 2021 is meegenomen (dat wil zeggen geen additioneel beleid).

3.1 Nationale broeikasgasemissies

Broeikasgasemissies in Nederland dalen verder; in 2020 liggen de emissies rond het Urgenda-doel

In 2019 bedroegen de broeikasgasemissies in Nederland, exclusief de emissies uit landgebruik¹, 182 megaton CO₂-equivalenten² (RIVM 2021)

- 1 De nationale totale emissie moet worden bepaald zonder de emissies uit het landgebruik. Deze landgebruiksemissies maken geen onderdeel uit van het nationale streefdoel: een emissiereductie van 49 procent in 2030 ten opzichte van 1990. Er zijn in het Klimaatakkoord en in Europese richtlijnen wel klimaatdoelen gesteld voor het landgebruik.
- 2 Uitgaande van de GWP-waarden voor overige broeikasgassen uit het AR5-rapport van het IPCC (2014).

(figuur 3.1, tabel 3.1). Dat is circa 39 megaton (18 procent) minder dan in het basisjaar 1990 (toen 221 megaton CO₂-equivalenten). Voorlopige cijfers voor 2020 laten een verdere daling zien naar 166 megaton CO₂-equivalenten. De sterke daling in 2020 van ruim 16 megaton CO₂-equivalenten (-9 procent) ten opzichte van 2019 wordt verklaard door meer incidentele gebeurtenissen, zoals in de energiesector (bijvoorbeeld het uitvallen van de kolencentrale van Riverstone, de gas- en kolenprijzen en dergelijke; zie hoofdstuk 4), en een aan COVID-19 gerelateerde daling in met name de mobiliteitssector. De daling in 2020 naar 166 megaton CO₂-equivalenten betekent een reductie van 25 [24-26]³ procent (totaal -56 megaton) ten opzichte van het basisjaar 1990. Hiermee ligt de emissiereductie in 2020, op basis van voorlopige cijfers, rond de Urgenda-doelstelling van minimaal 25 procent emissiereductie in de periode 1990-2020. Begin 2022 komen de definitieve statistieken van de emissieregistratie beschikbaar en kan het bereiken van het Urgenda-doel worden vastgesteld.

De emissiedaling in 2019 en 2020 ten opzichte van 1990 komt voor een groot deel door een vermindering van de uitstoot van de overige (niet-CO₂-)broeikasgassen, die zowel in 2019 als in 2020 ongeveer 31 megaton CO₂-equivalenten (-53 procent) onder het niveau van 1990 ligt (tabel 3.1). Substantiële reducties van overige broeikasgassen komen voor rekening van de industrie (-25 megaton ten opzichte van 1990, waarvan bijna de helft bij de afvalverwerking) en in mindere mate de landbouw (-6 megaton). De nationale emissie van alleen CO₂ is in 2019 en 2020 – met respectievelijk 9 en 23 megaton CO₂-equivalenten – gedaald ten opzichte van 1990.

3 De bandbreedte van [24-26] procent is berekend op basis van AR5. Op basis van AR4 komt deze bandbreedte uit op [24-27] procent.

De trends in de totale broeikasgasemissies verschillen per sector, al zien we in 2020 voor het eerst dat de emissies in alle sectoren onder het niveau van 1990 liggen (figuur 3.2, tabel 3.1). De waargenomen emissiereductie van nationale broeikasgasemissies tussen 1990 en 2020 (-56 megaton CO₂-equivalenten) wordt vooral verklaard door een daling van 33 megaton CO₂-equivalenten in de industrie (vooral overige broeikasgassen). Ook in de elektriciteitssector is er met bijna 7 megaton CO₂-equivalenten sprake van een forse reductie in de periode 1990-2020, terwijl de daling bij mobiliteit beperkt is gebleven tot bijna 2 megaton (tabel 3.1).

De daling van de totale broeikasgasemissie in 2019 en 2020 is een versnelling op de daling die in eerdere jaren al was ingezet (figuur 3.1). Ten opzichte van 2018 waren de emissies in 2019 ruim 6 megaton CO₂-equivalenten lager, in 2020 is dat ruim 22 megaton. De extra daling in 2020 wordt voornamelijk veroorzaakt door een daling van de CO₂-emissies in de elektriciteitssector (-12 megaton ten opzichte van 2018, -7 megaton ten opzichte van 2019). Deze sterke daling had verschillende oorzaken. Zo is er meer aardgas ingezet in plaats van kolen (door het afschakelen van kolencentrales, een lage gasprijs en hogere CO₂-prijzen), werd er meer hernieuwbare elektriciteit opgewekt, en nam, vanwege COVID-19, de totale elektriciteitsvraag in Nederland en erbuiten af (zie voor details paragraaf 4.2.1). Bij mobiliteit daalden de emissies in 2020 met bijna 5 megaton CO₂-equivalenten (-13 procent) ten opzichte van 2019. Ook al zijn er bij mobiliteit enkele structurele effecten (bijvoorbeeld meer elektrische auto's), maar deze daling is voor een deel ook aan de coronapandemie gerelateerd (zo nam het personenautoverkeer in 2020 zo'n 20 procent in omvang af) en is dan ook deels maar tijdelijk van aard.

Urgenda-doel in 2021 waarschijnlijk buiten bereik, kansen op overschrijding doel nemen af richting 2025

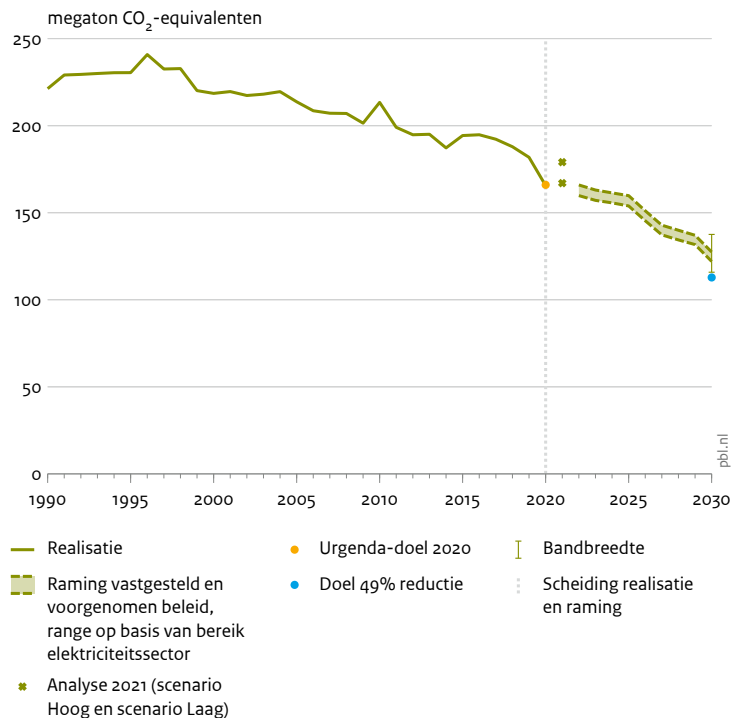
Zoals al aangegeven moet Nederland vanwege de rechterlijke uitspraak in het kader van de Urgenda-zaak de uitstoot van broeikasgassen eind 2020 met minimaal 25 procent hebben verminderd ten opzichte van 1990. Dit doel is ook relevant voor de jaren na 2020 (Rijksoverheid 2021). Daarom bevat deze KEV ook een aparte analyse waarin we eerst terugblikken op de eerste helft van 2021. Daarna verkennen we de mogelijke ontwikkeling van de emissies in de tweede helft van 2021, en tot slot blikken we vooruit op de jaren vanaf 2022. De gehanteerde methodiek voor deze kortetermijnraming is gebaseerd op Daniëls en Koutstaal (2020).

In deze KEV laten we alle emissiecijfers zien volgens de nieuwe AR5-opwarmingspotentiëlen (of GWP-waarden; zie paragraaf 1.2, tekstkader 3.1), maar formeel gelden nog de AR4-GWP-waarden voor de periode waarop het Urgenda-doel betrekking heeft (1990-2020). Desondanks gebruiken we ook voor deze kortetermijnanalyse de AR5-GWP-waarden; waar nodig geven we in een voetnoot ook de relevante jaarcijfers volgens de AR4-opwarmingspotentiëlen. In tabel 3.2 staan enkele belangrijke emissiecijfers, zowel op basis van de GWP-waarden uit het AR5- als het AR4-rapport.

Broeikasgasemissies zijn in de eerste helft van 2021 5 megaton hoger dan in de eerste helft van 2020

Na de sterke daling van de emissie in 2020, die grotendeels door incidentele factoren kwam, laat de eerste helft van 2021 een heel ander beeld zien (CBS 2021a en b). Ook in die periode spelen incidentele factoren weer een belangrijke rol. De nationale broeikasgasemissies lagen in die periode 5 megaton hoger dan in de eerste helft van 2020.

Figuur 3.1
Emissie broeikasgassen exclusief landgebruik

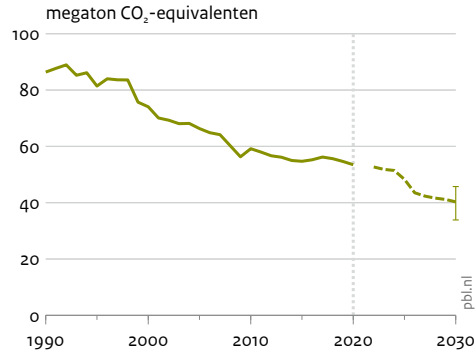


Bron: Emissieregistratie (realisatie); KEV-raming 2021

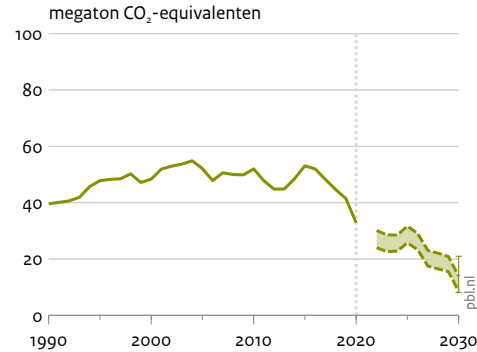
Figuur 3.2

Emissie broeikasgassen

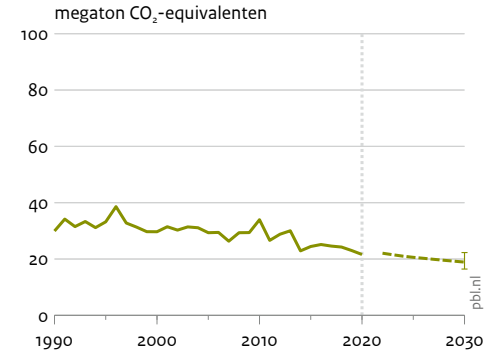
Industrie



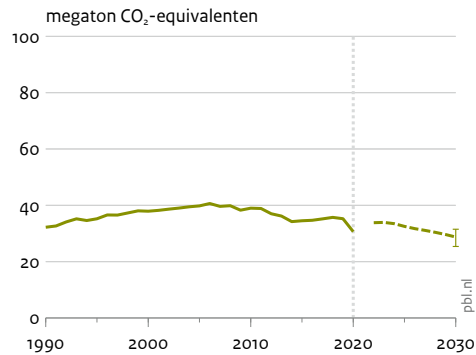
Elektriciteit



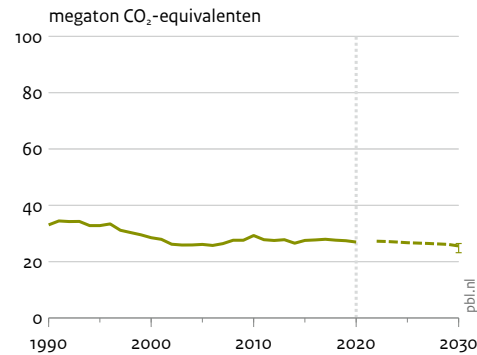
Gebouwde omgeving



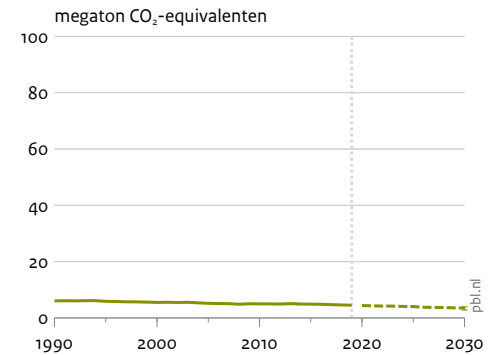
Mobiliteit



Landbouw



Landgebruik



— Realisatie (niet gecorrigeerd voor temperatuur)
 - - - Raming vastgesteld en voorgenomen beleid
 Raming vastgesteld en voorgenomen beleid, range op basis van bereik elektriciteitssector
 Bandbreedte
⋮ Scheiding realisatie en raming

Bron: Emissieregistratie (realisatie); KEV-raming 2021

Tabel 3.1

Emissies van broeikasgassen per sector volgens het vastgestelde en voorgenomen beleid, 1990-2030

Sector	Broeikasgas ³	Emissies [megaton CO ₂ -equivalenten] ¹			
		Statistiek ²			Raming
		1990	2019	2020 ⁴	2030
Elektriciteit ⁵	Totaal	39,6	41,5	32,9	[8-21] ⁷
	CO ₂	39,5	41,3	32,7	[8-21]
	OBKG	0,1	0,2	0,2	[0,2]
Industrie	Totaal	86,4	54,6	53,5	40 [34-46]
	CO ₂	54,4	47,4	46,8	36
	OBKG	32,0	7,2	6,7	5
Gebouwde omgeving	Totaal	29,9	23,0	21,6	19 [16-22]
	CO ₂	29,1	22,5	21,1	18
	OBKG	0,9	0,5	0,5	1
Mobiliteit ⁶	Totaal	32,2	35,3	30,7	29 [25-32]
	CO ₂	31,9	34,6	30,0	28
	OBKG	0,3	0,7	0,6	0,4
Landbouw	Totaal	33,1	27,4	27,0	26 [23-26]
	CO ₂	8,0	7,8	7,5	6
	OBKG	25,1	19,6	19,4	19
Totaal [megaton]	Totaal	221,2	181,8	165,6	[116-138] ^{7,8}
	CO ₂	162,7	153,6	138,1	[91-113]
	OBKG	58,5	28,2	27,5	[24-25]
Reductie vanaf 1990 [procent]	Totaal		17,8%	25,1%	[38%-48%] ⁹
				[24%-27%]	

Alleen de uitstoot van de mobiliteitssector (-0,3 megaton) lag nog iets lager dan in de eerste helft van 2020, wat samenhangt met de coronamaatregelen in de eerste helft van 2021. In alle andere sectoren lagen de emissies hoger. In de gebouwde omgeving (+2,4 megaton) ligt dit vooral aan de lagere buitentemperaturen in 2021. Deze lagere

temperaturen speelden ook een rol in de landbouw (+0,8 megaton), evenals het geringere aantal zonuren dat leidde tot extra inzet van WKK-installaties voor belichting in de glastuinbouw. De stijging in de industrie (+1,4 megaton) is vooral terug te voeren op een hoger activiteitsniveau door het snelle economische herstel. De stijging in de

Sector	Broeikasgas ³	Emissies [megaton CO ₂ -equivalenten] ¹			
		Statistiek ²			Raming
		1990	2019	2020 ⁴	2030
Landgebruik	Totaal	6,1	4,5	4,4	3,5 [2,9-3,9]
	CO ₂	6,0	4,4	4,3	3,4
	OBKG	0,1	0,1	0,1	0,1
Totaal inclusief landgebruik [megaton]	Totaal	227,3	186,3	170,0	[119-141]
	CO ₂	168,7	158,0	142,4	[95-116]
	OBKG	58,6	28,3	27,6	[24-25]

- 1) Door afrondingen kunnen kleine verschillen ontstaan tussen totalen en onderliggende cijfers.
- 2) Niet gecorrigeerd voor temperatuur (RIVM 2021).
- 3) Er wordt onderscheid gemaakt tussen CO₂ en de overige broeikasgassen (OBKG) methaan (CH₄), lachgas (N₂O) en F-gassen; bij OBKG is rekening gehouden met GWP-waarden uit het AR5-rapport (IPCC 2014).
- 4) Voorlopige emissies (RIVM 2021).
- 5) Hier elektriciteit en (rest)warmteproductie.
- 6) Inclusief mobiele werktuigen.
- 7) Geen puntwaarde mogelijk vanwege bereik/bandbreedte in elektriciteitssector, zie hoofdstuk 1 en 4.
- 8) De sectorale bandbreedtes zijn niet een-op-een bij elkaar op te tellen tot de nationaal totale bandbreedte, vanwege de toegepaste statistische methodiek welke rekening houdt met interacties tussen onzekerheden in sectoren (zie hoofdstuk 1).
- 9) Reductiepercentage is gebaseerd op totale bandbreedtes die samenhangen met onzekerheden.

elektriciteitssector (0,8 megaton) is het gevolg van een iets hogere elektriciteitsproductie. De brandstofmix van de elektriciteitsproductie was wel anders dan in de eerste helft van 2020, met in 2021 meer kolen en hernieuwbare energiebronnen en minder aardgas, maar per saldo heeft dit slechts een beperkt effect gehad op de emissies.

Emissie komt in 2021 waarschijnlijk uit boven Urgenda-doel

De kortetermijnraming voor de tweede helft van 2021 is evenals in de vorige KEV berekend voor een Hoog en een Laag emissiescenario (Daniëls & Koutstaal 2021). De scenario's zijn niet opgezet als een

Tabel 3.2

De voorlopige emissies, het Urgenda-doel en het reductiepercentage 1990-2020 bij AR5- en AR4-opwarmingspotentiëlen

Indicator	AR5	AR4
Emissie in 1990 [megaton CO ₂ -equivalenten]	221,2	220,5
Voorlopige emissie in 2020 [megaton CO ₂ -equivalenten]	165,6	164,5
Urgenda-doel 2020 [megaton CO ₂ -equivalenten]	165,9	165,4
Reductiepercentage 1990-2020 [procent]	25,1	25,4

bandbreedte, maar schetsen de mogelijke ontwikkeling van de emissies in de tweede helft van het jaar. Beide scenario's bouwen voort op de CBS-ramingen voor de eerste twee kwartalen, en alleen de emissies in de tweede helft van het jaar verschillen dus.

In scenario Hoog liggen de buitentemperaturen in de tweede helft van het jaar relatief laag, blijft de industriële productie op een hoog niveau en neemt de mobiliteit verder toe doordat het thuiswerken na het afbouwen van de coronamaatregelen snel verder afneemt. Bij de elektriciteitsproductie blijven de omstandigheden voor wind- en zonne-energie ongunstig, terwijl de Europese elektriciteitsvraag wat hoger ligt. Scenario Laag is hier het spiegelbeeld van, met relatief hoge buitentemperaturen, een wat lagere industriële productie die samenhangt met bijvoorbeeld logistieke problemen bij de aanvoer van materialen, en het stilleggen van productiecapaciteit door de hoge gasprijzen en conjuncturele factoren. De mobiliteit neemt in scenario Laag minder snel toe doordat het thuiswerken vooralsnog op een hoger niveau blijft. In de elektriciteitssector zorgt een winderige tweede helft van het jaar in dit scenario voor een groter aanbod van windenergie. Het aantal zonuren speelt laat in de herfst geen grote rol meer. De (Europese) elektriciteitsvraag ligt wat lager dan in scenario Hoog en er is een iets lagere beschikbaarheid van capaciteit in het buitenland verondersteld. In beide scenario's blijven de hoge gasprijzen een rol spelen.

Hoewel de scenario's voor de afzonderlijke sectoren niet de meest extreem denkbare situaties schetsen, zijn de veronderstelde ontwikkelingen wel in alle sectoren tegelijk óf gunstig óf ongunstig,

en de kans dat dat gebeurt is klein.⁴ Zoals tabel 3.3 laat zien, liggen de emissies (AR5) voor 2021 ook in scenario Laag boven het Urgenda-doel, en dat is ook zo wanneer we rekenen met de AR4-opwarmingspotentiëlen.⁵ De kans dat het Urgenda-doel in 2021 wordt gehaald, lijkt daarmee klein.

Kansen op het niet nakomen van het doel van -25 procent nemen af richting 2025

Voor 2022 en daarna is het samenspel tussen structurele emissiedalingen en toevallige fluctuaties bepalend voor het halen van het Urgenda-doel. Belangrijke structurele oorzaken van de daling tot 2025 zijn de toename van het opgestelde vermogen voor hernieuwbare energie, de verdere toename van het aantal elektrische voertuigen, de verduurzaming van gebouwen, en reducties bij de industrie door andere projecten gericht op de overige broeikasgassen. De structurele factoren zorgen tot 2025 voor een daling van gemiddeld ruwweg 2 megaton per jaar, uitgaande van het vastgestelde en voorgenomen beleid in deze KEV (zie ook figuur 3.1).

Belangrijke toevallige fluctuaties – door omstandigheden die een jaar of zelfs een maand van tevoren nog niet te voorspellen zijn – hangen samen met de invloed van de buitentemperatuur op de emissies door verwarming, de (toenemende) invloed van windaanbod en zonneinstraling in binnen- en buitenland op de elektriciteitsmarkt en andere

4 Dit is wezenlijk anders dan bij de bandbreedtes voor 2030. Die komen tot stand op basis van random combinaties van onzekerheden. Deze bandbreedtes kunnen extremere situaties omvatten, maar vallen toch relatief kleiner uit doordat verschillende extreme situaties meestal niet tegelijk optreden en plussen en minnen daardoor meer tegen elkaar wegvallen.

5 De emissie in 2021 bedraagt volgens AR4 in het Hoog scenario 178 megaton (reductie 19,4 procent), en in het Laag scenario 166 megaton (reductie 24,8 procent), bij een doel van 165,4 megaton.

Tabel 3.3**De gerealiseerde emissies voor 2018-2020 en de emissieraming voor 2021 (AR5)**

	Elektriciteit	Industrie	Gebouwde omgeving	Mobiliteit	Landbouw	Totaal	Daling t.o.v. 1990 [procent]
2018	44,6	55,6	24,2	35,7	27,6	187,9	15,1
2019	41,5	54,6	23,0	35,3	27,4	181,8	17,8
2020	32,9	53,5	21,6	30,7	27,0	165,6	25,1
2021 Hoog	33,9	56,7	27,0	33,0	28,4	179,1	19,1
2021 Laag	29,3	55,1	23,8	31,1	27,8	167,0	24,5
Urgenda-doel						165,9	25,0

incidentele ontwikkelingen bij het elektriciteitsaanbod, en de conjuncturele schommelingen in industrie en mobiliteit. Het maximale verschil tussen de emissies voor een heel jaar bij gunstige dan wel ongunstige toevallige omstandigheden ligt naar schatting rond de 20 megaton op jaarbasis. Tussen 2022 en 2024 is dat verschil wat kleiner, omdat er dan een beperking op de inzet van kolen in elektriciteitscentrales geldt die uitschieters van de emissies naar boven wat indamt. Deze beperking wordt volgens het huidige beleid in 2025 weer losgelaten.

Bij de raming in de KEV op basis van het huidige vastgestelde en voorgenomen beleid blijft er in elk geval tot en met 2025 nog elk jaar een kans dat de emissies boven het Urgenda-doel uitkomen, hoewel die kans wel elk jaar kleiner wordt. Na 2025 versnelt de verwachte jaarlijkse emissiereductie in de KEV-raming, en wordt de kans op overschrijding snel verwaarloosbaar. In deze KEV was er geen tijd meer om te onderzoeken of en in welke mate er een bijdrage kan worden verwacht van het recente klimaatpakket uit de Miljoenennota 2022.

Of het voorgestelde Europese *Fit for 55*-pakket op de korte termijn al een bijdrage kan leveren is maar zeer de vraag.

Emissie in 2025: halverwege in de tijd naar 2030, maar niet in emissiereductie

Naar verwachting zullen de nationale broeikasgasemissies tot 2025 maar beperkt dalen (figuur 3.1 en 3.2; zie ook de tabellenbijlage). Een emissiereductie wordt vooral in de elektriciteitssector verwacht (maximaal 7 megaton CO₂-equivalenten). In andere sectoren is de verwachte daling kleiner. In de industriële sector, bijvoorbeeld, verwachten we voor 2025 nog geen grote emissiereducties als gevolg van de CO₂-heffing in combinatie met de SDE++-subsidie.

Broeikasgasemissie in 2030: 38-48 procent reductie ten opzichte van 1990, vooral door CO₂-heffing

In deze KEV presenteren we als gezegd voor het geraamde nationale emissietotaal in 2030 alleen nog maar een bandbreedte; de 'puntwaardes' voor 2030, zoals die in eerdere versies van de KEV werden gepresenteerd, vervallen dus. Deze keuze is gemaakt omdat steeds

duidelijker wordt dat er voor één van de sectoren (namelijk de Nederlandse elektriciteitssector) geen robuuste puntwaarde voor 2030 is te bepalen (zie paragraaf 1.2). Voor de overige sectoren zijn wel puntwaardes voor de emissies in 2030 geraamd, in combinatie met een bandbreedte. De vermelde bandbreedte voor de nationale emissie omvat diverse onzekerheden, zoals de mate van import of export van elektriciteit (buitenlandse onzekerheden), de economische groei, het weer en ook onzekerheden in verwachte beleidseffecten. Deze onzekerheden zijn maar beperkt stuurbaar.

De nationale emissies van broeikasgassen zullen naar verwachting tussen 2025 en 2030 sterk gaan dalen. De emissies, exclusief de landgebruiks-emissies, komen met het voorgenomen beleid in 2030 uit op 116-138 megaton CO₂-equivalenten⁶ (figuur 3.1, tabel 3.1). Dit is een reductie van 84-105 megaton (oftewel rond 38-48 procent) ten opzichte van de emissie in 1990. Daarmee ligt de geraamde reductie tussen 1990 en 2030 1-11 procentpunt lager dan het doel van 49 procent uit de Klimaatwet. Er resteert dan nog een beleidsopgave van ongeveer 3-25 megaton CO₂-equivalenten ten opzichte van het reductiedoel van 49 procent.

De verwachte daling van de broeikasgasemissies in de periode 2020-2030 wordt voor een groot deel verklaard door emissiereducties in de elektriciteitssector en de industriële sector. De emissies in de elektriciteitssector dalen in deze periode naar verwachting met 8-21 megaton CO₂-equivalenten (tabel 3.1), wat een reductie is van 36-75 procent. Deze brede range komt door de onzekere (markt) omstandigheden in deze sector, vooral wat betreft de prijsontwikkeling

6 Hierbij de notie dat de bandbreedte groter kan worden als de brandbreedtes voor alle sectoren worden meegenomen, niet alleen de elektriciteitssector.

van brandstoffen in het buitenland. Toch zijn er ook een aantal consistente factoren die leiden tot een emissiedaling: een sterke toename van de hernieuwbare elektriciteitsproductie, een daling van de kolen- en met name gasinzet bij de elektriciteitsproductie, en een kleinere inzet van restgassen uit de industrie. En in 2030 wordt er een forse daling van ruim 5 megaton CO₂-equivalenten verwacht door de geplande sluiting van de laatste drie kolencentrales in Nederland. Het verlies in elektriciteitsproductie van deze centrales wordt naar verwachting beperkt opgevangen door een extra inzet van gas, maar vooral door een afname van de elektriciteitsexport in 2030 ten opzichte van 2029 (voor meer details zie paragraaf 4.2.1 en 5.1).

De jaarlijkse broeikasgasemissies vanuit de industrie dalen tussen 2020 en 2030 naar verwachting met ruim 13 megaton CO₂-equivalenten. Daarbij dalen vooral de CO₂-emissies (rond 11 megaton CO₂-equivalenten), de daling bij de overige broeikasgassen lijkt in die periode beperkt (rond 2 megaton CO₂-equivalenten). Dit komt vooral door de nieuwe CO₂-heffing voor de industrie, in combinatie met de SDE++-subsidie. Hierdoor worden opties als CO₂-afvang en -opslag (CCS) en elektrificatie van het productieproces – inclusief blauwe waterstof⁷ – naar verwachting ook (deels) geïmplementeerd (zie paragraaf 5.2).

Met het voorgenomen beleid zullen naar verwachting ook de broeikasgasemissies vanuit de andere sectoren verder dalen tussen 2020 en 2030, maar die dalingen zijn kleiner (tabel 3.1, zie ook hoofdstuk 5). Bij de gebouwde omgeving – waar de emissies vrijwel volledig worden bepaald door ruimteverwarming, warmwaterbereiding en koken – gaat het om een daling van ongeveer 3 megaton CO₂-equivalenten (-13 procent).

7 Waterstof gemaakt op basis van fossiele brandstoffen, in combinatie met de afvang en opslag van CO₂.

3.1 Nieuwe waarden voor het opwarmingspotentieel van broeikasgassen

Voor het berekenen van de totale klimaatimpact van emissies van broeikasgassen wordt gebruikgemaakt van het opwarmingspotentieel (Global Warming Potential GWP) van individuele gassen. Met GWP-waarden kunnen we de emissies van andere niet-CO₂-broeikasgassen zoals methaan en lachgas omrekenen naar CO₂-equivalenten en zo hun bijdrage bepalen aan de nationale totale emissie (in CO₂-equivalenten). Het GWP-concept is ontwikkeld door het IPCC. De GWP-waarden worden periodiek herzien in IPCC-rapporten, gebruikmakend van de laatste stand van wetenschap. In de KEV 2021 is er als gezegd voor gekozen om over te stappen naar de GWP-waarden uit het zogeheten AR5-rapport van het IPCC uit 2014. De GWP-waarden zoals gebruikt in eerdere verkenningen als de KEV 2020 komen uit het AR4-rapport van het IPCC uit 2007. Hoewel het gebruik van deze nieuwe cijfers in het (inter)nationale klimaatbeleid formeel pas vanaf 2023 verplicht is, kiezen we er in deze KEV toch voor om deze nieuwe waarden nu al toe te passen. De reden hiervoor is dat de belangrijke emissiedoelen uit

het huidige Europese klimaatbeleid voor de periode 2021-2030 ook al zijn bepaald met de opwarmingspotentiëlen uit het AR5-rapport (EC 2020). Ook zullen bij de uitwerking van het Europese doel richting 55 procent reductie in 2030 alle emissiecijfers worden gebaseerd op de opwarmingspotentiëlen uit het AR5-rapport.

Gevolgen nieuwe opwarmingspotentiëlen voor de nationale broeikasgasemissies

Het effect van de overstap naar de nieuwe GWP-waarden op de totale broeikasgasemissies is beperkt. Door het gebruik van de AR5-waarden komt de broeikasgasemissie in Nederland voor alle jaren iets hoger te liggen, en gaan de reductiepercentages in 2020 en 2030, ten opzichte van 1990, iets omlaag (tabel 3.4). In aanvulling op de twee tabellen in dit tekstkader zijn in de tabellenbijlage twee tabellen opgenomen met daarin de sectorale emissies gebaseerd op de GWP-waarden uit het AR5- en AR4-rapport van het IPCC.

Tabel 3.4

De nationale broeikasgasemissies (exclusief landgebruik) gebaseerd op de oude en nieuwe opwarmingspotentiëlen (GWP100), 1990-2030

	1990	2005	2019	2020	2030	Reductie 1990-2020 (%)	Reductie 1990-2030 (%)
Totaal							
AR4	221	213	181	165	115-136	25,4	38-48
AR5	221	214	182	166	116-138	25,1	38-48
N-ETS							
AR4	nvt	133	97	90	83		
AR5	nvt	133	98	92	84		

Nadere beschouwing van opwarmingspotentiëlen of GWP-waarden

Er zijn verschillende broeikasgassen die bijdragen aan de opwarming van de aarde, zoals koolstofdioxide (CO₂), lachgas (N₂O), methaan (CH₄) en een groot aantal fluorhoudende gassen (F-gassen). Deze gassen leveren vanwege hun verschillende fysische eigenschappen alle een eigen bijdrage (per kilogram uitgestoten gas) aan de opwarming van de aarde. Het opwarmingspotentieel van een broeikasgas is gedefinieerd als de mate waarin een gas gedurende een afgesproken periode (meestal 100 jaar) bijdraagt aan de opwarming van de aarde. Daarbij wordt het opwarmingspotentieel van een broeikasgas relatief gesteld

ten opzichte van CO₂, het belangrijkste broeikasgas (tabel 3.5). Door dit relatief te stellen, kunnen we de broeikasgasemissies onderling vergelijken en ook optellen om tot een totale emissie te komen. Deze drukken we dan uit in megatonnen CO₂-equivalenten. Een voorbeeld: methaan heeft in het AR5-rapport een GWP₁₀₀ van 28. Dat betekent dat 1 kilogram methaan in de atmosfeer over een periode van 100 jaar 28 keer meer aan het broeikas effect bijdraagt dan 1 kilo CO₂, oftewel dat de emissie gelijkstaat aan 28 kilogram CO₂-equivalenten. De tabel laat zien dat de opwarmingspotentiëlen van F-gassen (zeer) groot kunnen zijn, wat komt door het feit dat deze maar zeer langzaam worden afgebroken in de atmosfeer.

Tabel 3.5

Opwarmingspotentiëlen van de belangrijkste broeikasgassen voor 100 jaar (GWP₁₀₀) volgens de AR4- en AR5-rapporten

	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	HFK ₂₃	HFK ₃₂	HFK _{134a}	HFK _{143a}	HFK ₁₂₅	PFK ₁₄ (CF ₄)	PFK ₁₁₆	SF ₆
AR4	1	25	298	14.800	675	1.430	4.470	3.500	7.390	12.200	22.800
AR5	1	28	265	12.400	677	3.710	4.800	3.170	6.630	11.100	23.500

Bron: IPCC 2007, 2014

Hoewel het aantal huishoudens stijgt, dalen naar verwachting het energiegebruik en de bijbehorende emissies voor ruimteverwarming, warm water, koken en verlichting (zie paragraaf 5.3). Dit onder meer door isolatie, efficiëntere verwarmingssystemen en het aardgasvrij maken van woningen (elektrificering, warmtenetten) en klimaatverandering (waardoor de stookbehoefte kleiner wordt). De verwachting voor de mobiliteitssector is dat de emissies tussen 2020 en 2030 met bijna 2 megaton CO₂-equivalenten dalen (-6 procent), ondanks stijgende

emissies in de beginperiode door met name herstel na COVID-19. De daling is vooral het gevolg van een verwachte toename van het aantal elektrische auto's en het gebruik van meer hernieuwbare brandstoffen. In de land- en tuinbouwsector zullen de emissies in deze periode naar verwachting met ruim 1 megaton CO₂-equivalenten (oftewel 5 procent) dalen. In de glastuinbouw verwachten we dat de inzet van fossiele brandstoffen in gas-WKK-installaties tot 2030 afneemt, vooral door financiële prikkels. Belangrijke factoren die bijdragen aan de

onzekerheid in de emissieraming zijn de areaalontwikkeling bij zowel de glastuinbouw als de landbouw, en het aantal dieren.

Met alleen het vastgestelde beleid dalen de totale nationale broeikasgasemissies exclusief landgebruik tot 119-141 megaton CO₂-equivalenten in 2030, een reductie van 36-46 procent ten opzichte van 1990. De emissies zijn hiermee in 2030 rond 3 megaton CO₂-equivalenten hoger in vergelijking met de raming met het voorgenomen beleid. Dit verschil komt voor het overgrote deel door de extra voorgenomen maatregelen in de mobiliteitssector.

Emissieraming in de KEV 2021 fors lager dan in de KEV 2020, vooral door industrie

De geraamde emissiereductie in deze KEV (38-48 procent in 2030) is groter dan die in de KEV 2020 (30-40 procent). Dit komt grotendeels door concretisering van enkele beleidsinstrumenten, een boekhoudkundige aanpassing bij de industrie en een methodewijziging en deels nieuwe inzichten (extra jaar realisatie als basis voor ramingen).

In de KEV 2021 is richting 2030 de bandbreedte van broeikasgasemissies vanuit de elektriciteitssector 3-4 megaton CO₂-equivalenten lager dan in de KEV 2020 (8 tot 21 megaton versus 11 tot 25 megaton). Dit heeft vooral te maken met een naar boven bijgestelde verwachting van de hernieuwbare elektriciteitsproductie in Europa, waardoor er minder vraag vanuit het buitenland is en dus minder elektriciteitsopwekking uit gas. Deze verwachte daling wordt deels tenietgedaan door een verwachte toename van de binnenlandse elektriciteitsvraag. Een kanttekening hierbij blijft dat de ramingen voor de elektriciteitssector een inherent grotere onzekerheid kennen dan die voor andere sectoren. Dit hangt samen met de grote gevoeligheid van de Nederlandse

electriciteitssector voor ontwikkelingen in het buitenland en voor brandstof- en CO₂-prijzontwikkelingen (zie ook paragraaf 4.2.1).

Als we kijken naar de opgetelde emissies van alle sectoren behalve die van de elektriciteitssector, dan valt het geraamde subtotaal in deze KEV (ongeveer 114 megaton CO₂-equivalenten) ruim 14 megaton CO₂-equivalenten lager uit dan dat in de KEV 2020 (128 megaton). De belangrijkste verklaring hiervoor is een sterk naar beneden bijgestelde raming van de emissies vanuit de industriële sector. Waar in de KEV 2020 voor de industrie nog was uitgegaan van een beperkte daling tussen 2020 en 2030, is in deze KEV een daling geraamd van bijna 13 megaton CO₂-equivalenten. Dit komt vooral door de CO₂-heffing in combinatie met de verbrede SDE++-regeling, waardoor onder andere meer CO₂-afvang en -opslag (CCS) als maatregel wordt toegepast (paragraaf 5.2). Ook is er een boekhoudkundige herziening van de emissierapportage gekomen (na een internationale review), waardoor een deel van de emissies door kunstmestproductie niet meer wordt meegenomen bij het nationale totaal (in de KEV 2020 was dat voor 2030 rond 1,3 megaton).⁸

Ook in de mobiliteitssector is er tussen de KEV 2021 en KEV 2020 een substantieel verschil in verwachte emissies. Voor 2030 is de verwachte emissie nu bijna 3 megaton CO₂-equivalenten lager. Dit heeft diverse oorzaken, grotendeels beleidsgelateerd. Zo is er de introductie van 'nulemissiezones' voor stadslogistiek en het extra bijmengen van biobrandstoffen, en gaat de introductie van elektrisch vervoer en de

⁸ Emissies door kunstmest moeten voortaan verrekend worden bij het gebruik (bijvoorbeeld in de landbouw) en niet meer bij de productie. Door export van kunstmest hoeft een deel niet meer te worden meegenomen in het nationale totaal.

bijdrage hiervan aan het totale autokilometrage sneller dan verwacht in KEV 2020. Maar ook is het aantal verwachte aantal gereden kilometers (en dus ook de emissies) van personenautoverkeer naar beneden bijgesteld, onder meer door de verwachting dat er ook na COVID-19 meer structureel zal worden thuisgewerkt (zie hoofdstuk 5 voor details).

De verwachte broeikasgasemissies vanuit de landbouw- en tuinbouwsector zijn in de KEV 2021 rond 1 megaton CO₂-equivalenten hoger, vooral door het gebruik van nieuwe GWP-waarden (zie tekstkader 3.1), maar deels ook door meer inzet van warmte-krachtkoppeling in de glastuinbouw, het meenemen van mestscheiding bij mestverwerkers en een boekhoudkundige herziening. De verwachte broeikasgasemissies vanuit de sector gebouwde omgeving zijn vergelijkbaar met die van vorig jaar.

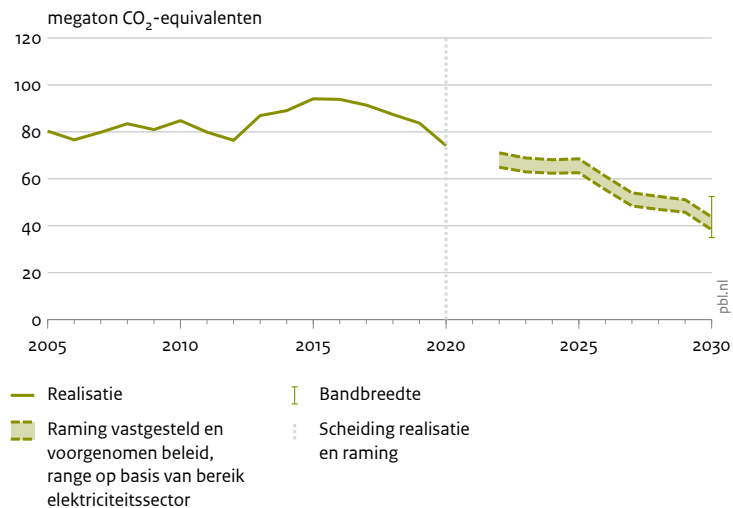
3.2 Nationale broeikasgasemissies in het emissiehandelssysteem (ETS)

Een belangrijk deel van de totale Nederlandse broeikasgasemissies valt onder het Europese emissiehandelssysteem (ETS). Het gaat daarbij vooral om de elektriciteitsproductie en grote industriële bedrijven.

De CO₂-uitstoot van Nederlandse ETS-bedrijven is in recente jaren gedaald, met name in 2020

Bij de broeikasgasemissies van Nederlandse bedrijven die deelnemen aan het ETS gaat het vrijwel uitsluitend om CO₂. Deze ETS-emissies stegen tussen 2013 en 2015 naar 94 megaton CO₂-equivalenten, en daalden vervolgens tot 84 en 74 megaton CO₂-equivalenten in respectievelijk 2019 en 2020 (figuur 3.3). Deze daling in ETS-emissies

Figuur 3.3
Emissie broeikasgassen door ETS-sectoren



Bron: Emissieregistratie (realisatie); KEV-raming 2021

richting 2020 is vooral veroorzaakt door afnemende emissies in de elektriciteitssector (van 53 megaton in 2015 naar 34 megaton in 2020). Voor deze trend zijn er diverse redenen, zoals eerder in dit hoofdstuk toegelicht, vooral door meer gebruik van hernieuwbare energie en een kleinere elektriciteitsproductie uit kolen. De ETS-emissies uit de Nederlandse industrie zijn tussen 2013 en 2019 min of meer gelijk gebleven, ongeveer 41 megaton CO₂-equivalenten. In 2020 daalden deze vervolgens naar 39 megaton CO₂-equivalenten.

Richting 2025 en 2030 dalen de ETS-emissies naar verwachting fors

Naar verwachting dalen de ETS-emissies na 2020 (figuur 3.3, tabellen-bijlage, tabel 4). Hierbij geven we wederom alleen een bandbreedte vanwege de aanzienlijke onzekerheid over ontwikkelingen in de elektriciteitssector. Inclusief het voorgenomen beleid komen de ETS-emissies in 2030 naar verwachting uit op 35-52 megaton CO₂-equivalenten, een daling van 22-39 megaton, oftewel 29-53 procent ten opzichte van 2020. Het overgrote deel van deze daling (14-27 megaton CO₂-equivalenten) komt voor rekening van de elektriciteitssector. De reductie in ETS-emissies vanuit de industrie daalt met 9 [5-15] megaton. De raming voor de ETS-emissie in 2030 met alleen het vastgestelde beleid is min of meer hetzelfde als de raming inclusief het voorgenomen beleid.

De verwachte ETS-uitstoot richting 2030 met voorgenomen beleid valt in deze KEV substantieel lager (ongeveer 14 megaton CO₂-equivalenten in 2030) uit dan in de KEV 2020. Vooral in de industrie zijn de verwachte emissies in deze KEV een stuk lager (9-11 megaton in 2030), voornamelijk als gevolg van de CO₂-beprijzing en de SDE++-subsidie. Voor de elektriciteitssector komen de verwachte ETS-emissies voor 2030 in deze KEV 3-4 megaton CO₂-equivalenten lager uit dan in de KEV 2020.

3.3 Nationale broeikasgasemissies van de ESD- en ESR-sectoren

In Europa zijn nationale doelen afgesproken voor de broeikasgasemissies die onder de Europese richtlijnen *Effort Sharing Decision* (ESD) en *Effort Sharing Regulation* (ESR) vallen. Het gaat daarbij om alle emissies die buiten het Europese emissiehandelssysteem (ETS) voor de grote

industrie en de energiesector vallen. Dus om emissies die voortkomen uit mobiliteit, vrijwel alle emissies uit de gebouwde omgeving en de landbouw, en de emissie uit de niet-energie-intensieve industrie. De emissies uit landgebruik (LULUCF, zie paragraaf 5.6) vallen niet onder de ESD en ESR. Er is wel een connectie tussen de twee: op basis van de Europese LULUCF-verordening mogen eventuele landgebruikscredits worden gebruikt om de reductieopgaven voor de ESR-emissies deels te compenseren (zie ook CAP Reform 2019). Omgekeerd, mocht er een beleidstekort worden geconstateerd in de Nederlandse landgebruiksemisies, dan mag dit tekort ook (deels) worden gecompenseerd met aanvullende reducties binnen de Nederlandse ESD- en ESR-sectoren.

Omdat vrijwel alle emissies van overige broeikasgassen⁹ onder de ESD en ESR vallen, is het van belang welke opwarmingspotentiëlen (GWP-waarden) van individuele gassen worden gebruikt bij het optellen van de emissies tot een nationaal totaal (in CO₂-equivalenten). Zoals eerder gesteld, is er in de KEV 2021 voor gekozen om de GWP-waarden uit het A5-rapport (IPCC 2014) te gebruiken (zie verder tekstkader 3.1).

Doelen voor twee periodes: 2013-2020 en 2021-2030

Voor de periode 2013 tot en met 2020 zijn de doelen en regelgeving voor elke Europese lidstaat vastgelegd in de ESD. Daarin is voor Nederland een emissiereductieopgave vastgelegd van 16 procent in 2020 ten opzichte van 2005. Onder de ESD moet Nederland voor de emissie uit 2005 rekenen met een door de Europese Commissie vastgestelde waarde van 122,8 megaton CO₂-equivalenten (EEA 2016). Voor de periode

⁹ Onder het ETS vallen alleen de emissies van lachgas (N₂O) bij de salpeterzuurproductie vanaf 2008 en de emissies van methaan (CH₄) bij aluminiumproductie vanaf 2013.

2021-2030 staan de opgaven in de ESR. Voor Nederland is er een emissiereductieopgave van 36 procent in 2030 ten opzichte van 2005. Onder de ESR moet Nederland voor de emissie uit 2005 rekenen met een door de Europese Commissie vastgestelde waarde van 128,1 megaton CO₂-equivalenten (EC 2020). Aan de hand van deze twee reductieopgaven zijn twee reeksen (2013-2020 en 2021-2030) afgeleid, met jaarlijks dalende emissieplafonds. Door deze jaarlijkse plafonds vervolgens per periode op te tellen, volgt een cumulatieve doelstelling per periode (zie voor de methodiek ook ECN & PBL 2016).

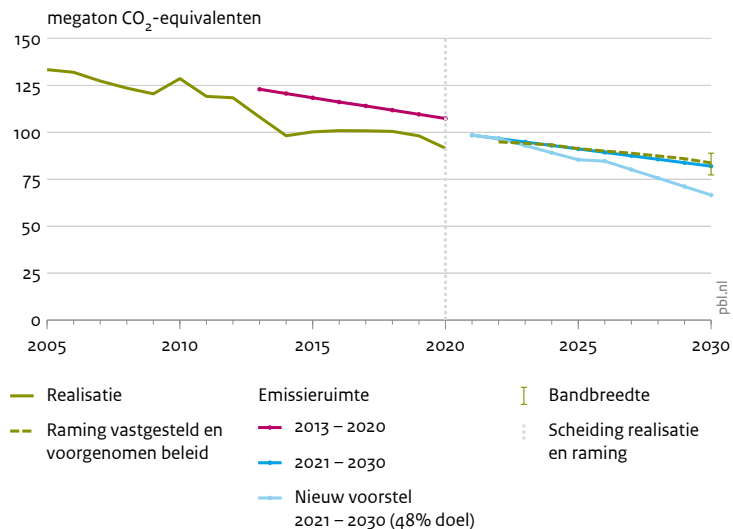
Verder heeft de Europese Commissie recent (14 juli 2021) nieuwe voorstellen gedaan voor een aanscherping van de ESR-doelen (EC 2021a). Voor Nederland is er een voorstel gedaan om de reductieopgave te verhogen naar 48 procent ten opzichte van 2005. Hoewel nog niet alles duidelijk is uitgewerkt, geven we aan het einde van deze paragraaf een eerste duiding van de mogelijke consequenties hiervan.

ESD-emissies daalden tot en met 2020 vooral in de industrie

In de periode 2005-2020 daalden de ESD-emissies in Nederland van circa 133 megaton CO₂-equivalenten naar bijna 92 megaton CO₂-equivalenten (figuur 3.4, tabellenbijlage, tabel 4).¹⁰ Vooral de emissies uit de industrie daalden, met bijna 19 megaton CO₂-equivalenten. Dat kwam deels door een administratieve herallocatie in 2008 en 2013 van ESD-activiteiten (met bijbehorende emissies) naar het ETS, deels door daadwerkelijke emissiereductie, vooral bij de afvalverwerking. Verder was er in de periode 2005-2020 ook een emissiereductie in de sectoren elektriciteits-

Figuur 3.4

Emissie broeikasgassen door ESD- en ESR-sectoren



Bron: Emissieregistratie (realisatie); KEV-raming 2021

productie¹¹ (7 megaton, ook vooral door herallocatie), gebouwde omgeving (8 megaton) en mobiliteit (9 megaton). Bij mobiliteit was er een grote daling tussen 2019 en 2020 (van bijna 5 megaton), deels als gevolg van COVID-19 (zie paragraaf 5.6).

¹⁰ De ESD-emissie voor 2013 wordt niet in de KEV gerapporteerd, maar staat wel op de website van de emissieregistratie (RIVM 2019).

¹¹ In 2005 viel nog circa 3,5 megaton CO₂-equivalent in de elektriciteitssector onder de ESD/ESR.

EU-verplichting voor ESD voor 2013-2020 ruim gehaald

De emissies uit de ESD-sectoren daalden tussen 2013 en 2020 met bijna 17 megaton CO₂-equivalenten. Die daling komt vooral voor rekening van de gebouwde omgeving (ruim 8 megaton) en mobiliteit (bijna 6 megaton) (zie ook paragraaf 5.3 en 5.6).

De maximaal toegestane cumulatieve ESD-emissie voor Nederland voor de periode 2013-2020 bedraagt 921 megaton CO₂-equivalenten. Daadwerkelijk komen de cumulatieve geraamde ESD-emissies voor die periode uit op 798 megaton CO₂-equivalenten.¹² Hiermee blijven de emissies ruim onder het verplichte cumulatieve emissieplafond (figuur 3.4).

EU-verplichting van -36 procent voor ESR voor 2021-2030 binnen bereik

Naar verwachting dalen tussen 2020 en 2030 de geraamde emissies uit de ESR-sectoren met het voorgenomen beleid met bijna 8 [3-14] megaton CO₂-equivalenten tot bijna 84 [77-89] megaton (figuur 3.4). Dit komt door dalende emissies in alle betrokken sectoren (gebouwde omgeving bijna 3 megaton, mobiliteit bijna 2 megaton, landbouw en industrie beide ruim 1 megaton).

Eind 2020 heeft de Europese Commissie de jaarlijkse emissieruimte voor de lidstaten voor de periode 2021-2030 opnieuw vastgesteld (EC 2020). Hiermee komt de maximaal toegestane emissie in het jaar 2030 neer op bijna 82 megaton CO₂-equivalenten (9 megaton minder ten opzichte van 2020), en de cumulatieve emissie in de periode 2021-2030 voor Nederland op net onder 903 megaton CO₂-equivalenten. Uitgaande van het voorgenomen beleid, komt de verwachte cumulatieve geraamde

ESR-emissie voor 2021-2030 uit op 903 megaton CO₂-equivalenten. Er resteert een klein beleidstekort van cumulatief 0,5 megaton CO₂-equivalenten.

Met alleen het vastgestelde beleid komen de cumulatieve ESR-emissies voor 2021-2030 uit op 919 megaton CO₂-equivalenten, en resteert er een beleidsopgave van cumulatief ruim 16 megaton CO₂-equivalenten. Deze opgave is 16 megaton hoger dan bij de ramingen inclusief het voorgenomen beleid. In de context van deze verwachte beleidsopgave onder de ESR is, zoals eerder gemeld, ook de ontwikkeling van de landgebruiksemissies (LULUCF) relevant. Nederland kan er namelijk voor kiezen om eventuele landgebruikscredits over de periode 2021-2030 te gebruiken om deze opgaven deels te compenseren (zie paragraaf 5.6). Onder de bestaande LULUCF-regelgeving kunnen de credits van ongeveer 11 megaton CO₂-equivalenten volledig ingezet worden.

Met bijna 84 megaton CO₂-equivalenten voor 2030 is de geraamde nationale ESR-emissie in deze KEV ruim 3 megaton lager dan die in de KEV 2020. Ook het geraamde kleine cumulatieve beleidstekort in deze KEV (0,5 megaton) staat in contrast met de eerder geraamde beleidsopgave in de KEV 2020 (36 megaton). Dit heeft een aantal oorzaken. Voor een groot deel wordt de afname van dat cumulatieve beleidstekort verklaard door een door de Europese Commissie voorgeschreven wijziging in de te hanteren ESR-emissies voor het basisjaar 2005. Begin 2020 (en in de KEV 2020) moest Nederland de cumulatieve opgave nog uitrekenen tegen 122,8 megaton emissies voor 2005, en in 2021 (en deze KEV) is dat gestegen naar 128,1 megaton. Deze wijziging in basisjaar alleen verklaart een afname van het cumulatieve beleidstekort met bijna 20 megaton vergeleken met de KEV 2020. Een ander deel van de verklaring ligt bij de lagere emissies in de periode

¹² In de berekening zijn de emissies voor 2020 gebaseerd op voorlopige statistieken.

2020-2030 door nieuw beleid en post-COVID-19-effecten in (vooral) de mobiliteitssector (in 2030 bijna 3 megaton), een boekhoudkundige aanpassing in de industrie (na review van de Nederlandse methode, waarna emissies vanuit de kunstmestsector moesten worden aangepast, ruim 1 megaton lager), een methodewijziging en nieuwe inzichten (een extra jaar realisatie als basis voor ramingen, rond 1 megaton lager). In deze KEV vallen de emissies in de landbouw daarentegen wat hoger uit dan in de KEV 2020 (rond 1 megaton hoger in 2030).

Nieuw Europees ESR-voorstel van -48 procent voor Nederland leidt tot fors hoger beleidstekort

Op 14 juli 2021 heeft de Europese Commissie een voorstel gedaan om de reductiepercentages van de ESR-emissies in lidstaten aan te scherpen (EC 2021a). Dit als onderdeel van de Green Deal en de Europese Klimaatwet. Voor Nederland ligt er nu een voorstel om de ESR-emissies in 2030 met 48 procent te verlagen ten opzichte van 2005, in plaats van de huidige 36 procent (zie figuur 3.4). Ook is er een voorstel gedaan voor een pad tussen 2021 en 2030 om uiteindelijk op deze 48 procent reductie in 2030 uit te komen. Deze voorstellen moeten nog worden uitgewerkt en besproken. Maar uitgaande van het huidige voorstel komt de toegestane emissie in 2030 voor Nederland naar verwachting neer op 67 megaton CO₂-equivalenten. Dat betekent dat de emissies in de ESR-sectoren in 2030 met zo'n 15 megaton CO₂-equivalenten verder moeten afnemen dan volgens de huidige doelstelling. De cumulatieve emissieruimte voor de periode 2021-2030 komt neer op 841 megaton CO₂-equivalenten. Uitgaande van de geraamde cumulatieve emissies inclusief voorgenomen beleid (903 megaton, zie hiervoor) resteert er dan een beleidsopgave van 62 megaton CO₂-equivalenten. Ten opzichte van de emissieraming met alleen het vastgestelde beleid (cumulatief 919 megaton, zie hiervoor) resteert er dan nog een opgave van 78 megaton.

In de nieuwe EU-voorstellen blijft het ook mogelijk om landgebruiks-credits in te zetten als een land niet voldoet aan het ESR-doel (zie paragraaf 5.6; Vonk et al. 2021). Voor Nederland houden de voorstellen in dat er 4,3 megaton CO₂-equivalenten landgebruikcredits voor 2021-2025 en 3-4 megaton voor de periode 2026-2030 (samen 7-8 megaton) gebruikt kunnen worden om een evenredig deel van de resterende ESR-beleidsopgave mee te compenseren.

3.4 Denkbare effecten van geagendeerd beleid

Geagendeerd beleid kan 1,8 tot 3,9 megaton extra broeikasgasreductie opleveren in 2030

Zoals in paragraaf 3.1 is aangegeven, is het nationale streefdoel (van 49 procent reductie van broeikasgasemissies ten opzichte van 1990) in de KEV-raming nog niet in zicht met het concrete vastgestelde en voorgenomen beleid. Ten opzichte van dit streefdoel blijft er in 2030 naar verwachting een resterende beleidsopgave over van 1 tot 11 procent, oftewel een emissiereductie van 3 tot 25 megaton CO₂-equivalenten.

Voor sommige sectoren is er naast het vastgestelde en voorgenomen beleid ook nog geagendeerd beleid. Dit zijn (pijplijn)plannen, intenties of beleidscontouren die voor het zomerreces op 9 juli 2021 openbaar waren, officieel waren medegedeeld, maar die op 1 mei 2021 nog onvoldoende concreet waren uitgewerkt om de toekomstige effecten te kunnen doorrekenen (zie ook paragraaf 1.3). We gaan hier op hoofdlijnen in op de voortgang van de geagendeerde maatregelen per sector, en geven aan welke denkbare effecten deze in 2030 zouden kunnen opleveren. We beschouwen daarbij alleen substantiële beleids-

maatregelen met een reductiepotentieel van meer dan 0,5 megaton CO₂-equivalenten. In paragraaf 1.3 is de aanpak van de partiële analyse van het geagendeerde beleid beschreven. Daarbij is eveneens een overzicht gegeven van het belangrijkste geagendeerde beleid (zie tabel 1.1). Het gaat vooral om plannen uit het Klimaatakkoord, maar er zijn ook geagendeerde plannen uit andere beleidsvelden beschouwd die mogelijk significante neveneffecten op broeikasgasemissies hebben, zoals de structurele aanpak stikstof. De meest recente klimaatplannen van het kabinet in het kader van Prinsjesdag 2021 (FIN 2021) en het recente Europese klimaatpakket *Fit for 55* (EC 2021a) konden beide in deze KEV niet meer worden beoordeeld als onderdeel van het geagendeerde beleid gezien het korte tijdsbestek. In hoofdstuk 2 geven we in deze KEV wel een toelichting op de inhoud van de Europese voorstellen. Ook gaan we waar mogelijk in op implicaties voor Nederland van de voorstellen voor aanscherping van verschillende bindende en indicatieve doelstellingen. In een recente PBL-policy brief (2021a) wordt uitvoeriger ingegaan op de mogelijke gevolgen van het voorgestelde *Fit for 55*-pakket voor Nederland.

We zien het geagendeerde beleid terug in de sectoren gebouwde omgeving, mobiliteit, landbouw en landgebruik; de emissies en reductiemaatregelen bij het landgebruik tellen niet mee onder het nationale streefdoel van 49 procent reductie. Er is geen substantieel geagendeerd beleid terug te zien in de sectoren elektriciteit en industrie. De denkbare emissiereductie in 2030 voor het geagendeerde beleid per sector is:

- 0,5 tot 1,7 megaton in de sector gebouwde omgeving;
- 0,5 tot 1,5 megaton in de sector mobiliteit;
- circa 0,7 megaton in de sector landbouw;

- 0,8 tot 1,7 megaton in de sector landgebruik (die dus niet meetellen voor het streefdoel van 49 procent).

Met het geagendeerde beleid in de sectoren gebouwde omgeving, mobiliteit en landbouw zou ruwweg 1,8 tot 3,9 megaton CO₂-equivalenten extra kunnen worden gereduceerd, mits dit beleid concreet wordt uitgewerkt. Er is in deze KEV voor gekozen om deze denkbare emissiereductie-effecten van het geagendeerde beleid niet te combineren met de eerder benoemde bandbreedte voor de restopgave van 3 tot 25 megaton CO₂-equivalenten. Dit vanwege de veel grotere onzekerheid in de status en de uitwerking van het geagendeerde beleid, en omdat we de interacties tussen geagendeerd beleid en vastgesteld en voorgenumen beleid slechts oppervlakkig in beeld hebben. Het is wel duidelijk dat met het geagendeerde beleid slechts een klein deel van de resterende beleidsopgave zou kunnen worden gecompenseerd. We gaan hierna per sector kort in op de voortgang in en de denkbare effecten van het geagendeerde beleid.

Electriciteit en industriector: meeste beleid al concreet uitgewerkt

De uitwerking van het Klimaatakkoordbeleid is voor de elektriciteitssector en de industrie relatief ver gevorderd (zie ook paragraaf 3.5). In de elektriciteitssector is er nu geen substantieel geagendeerd beleid bekend. In de sector industrie bestaat het geagendeerde beleid alleen uit de Nationale Investeringsregeling Klimaatprojecten Industrie (NIKI) en een opschalingsregeling Groene Waterstof. Deze regelingen gaan een snellere uitrol van een breder palet aan technieken stimuleren naast CO₂-afvang en -opslag (CCS), bijvoorbeeld van elektrisch kraken, groene chemie en waterstof door ondersteuning van grote demonstratieprojecten. Het budget en de vormgeving van de regelingen zijn nog niet bekend. In de KEV-raming van de emissies vanuit de industrie is al een

emissiereductie verondersteld als effect van de CO₂-heffing in combinatie met verbreding van de SDE+-regeling. De KEV-raming kent een grote onzekerheid vanwege het wel of niet doorgaan van grote projecten. De NIKI-regeling en de opschalingsregeling Groene Waterstof zullen die onzekerheid verkleinen en ertoe leiden dat de industriële emissies in 2030 naar verwachting lager uitkomen binnen de in de KEV-raming gegeven bandbreedte.

In de gebouwde omgeving is in 2030 een extra emissiereductie denkbaar van 0,5-1,7 megaton

De wijkgerichte aanpak in de sector gebouwde omgeving is een complex geheel van verschillende instrumenten die alle noodzakelijk zijn voor het slagen ervan. Veel beleidsinstrumenten die onderdeel zijn van het beleidspakket voor aardgasvrije wijken zijn nog niet of slechts ten dele uitgewerkt. Aan de wijkgerichte aanpak is daarom in deze KEV geen effect toegekend. Zo loopt de uitvoering van de Startmotor aardgasvrije wijken door tot en met 2027 in plaats van 2022, zijn er voor de periode tot 2030 nog geen afspraken met woningcorporaties gemaakt, en is er binnen het ondersteuningsprogramma Renovatieversneller, gericht op kostendaling en opschaling, nog geen enkel project gestart. De Warmtewet is vertraagd en de wettelijke mogelijkheid om woningen van het aardgas af te sluiten is niet geregeld. Ook worstelen gemeenten nog met de participatie van bewoners. Gelet op al deze vertraging is de inschatting dat de maatregelen uit het Klimaatakkoord bij huur- en koopwoningen samen niet meer dan 0,5 tot 1,4 megaton CO₂-reductie opleveren in plaats van de in het akkoord beoogde 1,1 tot 2,4 megaton.

De wettelijke eindnorm voor de energieprestatie van de bestaande utiliteitsbouw moet nog worden vastgelegd, maar zal vergelijkbaar zijn met de eisen voor bijna energieneutrale gebouwen (BENG) voor

nieuwbouw. De vraag is echter of dit voor gebouweigenaren van de bestaande utiliteitsbouw betaalbaar en te financieren is. Als 20 procent van de gebouwen (exclusief bedrijfshallen) al voor eind 2030 wordt verbeterd naar nieuwbouwniveau, dan zou dat in 2030 maximaal 0,3 megaton extra CO₂ reductie kunnen opleveren. De aardgasvrije wijkenaanpak en de eindnorm voor utiliteitsbouw samen kunnen in 2030 een extra emissiereductie opleveren van 0,5 tot 1,7 megaton CO₂-reductie.

In de sector mobiliteit is in 2030 een extra emissiereductie denkbaar van 0,5-1,5 megaton

In de sector mobiliteit kan het geagendeerde beleid in 2030 0,5 tot 1,5 megaton extra emissiereductie opleveren. Het gaat onder meer om een normstellende regeling voor werkgerelateerd verkeer. Ook wordt er gewerkt aan een stimuleringsregeling voor nulmissievrachtauto's vanaf 2022. In de KEV-raming zijn in het concrete vastgestelde en voorgenomen beleid al 20 van de beoogde 30 à 40 nulmissiezones voor stadslogistiek meegenomen. Wanneer het aantal nulmissiezones toeneemt naar de beoogde 40 zones, dan heeft dat in 2030 naar verwachting een additioneel effect van minder dan 0,5 megaton reductie. Bij mobiliteit wordt er ook nog gewerkt aan het stimuleren van waterstof als brandstof en het klimaatneutraal aanbesteden van grond-, weg- en waterbouwprojecten. Maar aan deze maatregelen kan op dit moment geen denkbaar effect in 2030 worden gekoppeld.

In de landbouw is in 2030 een extra emissiereductie denkbaar van 0,7 megaton

Onder het geagendeerde beleid voor de landbouw vallen verschillende maatregelen die onderdeel zijn van de structurele aanpak stikstof. In de landbouw kan geagendeerd beleid in 2030 circa 0,7 megaton extra emissiereductie opleveren door de extra investeringssubsidie voor

emissiearme stallen en de bijbehorende aanscherping van de normstelling en de landelijke beëindigingsregeling voor veehouderijen. De extra investeringssubsidie voor emissiearme stallen en de bijbehorende aanscherping van de normstelling moeten nog concreet vorm krijgen. De vermindering van de methaanemissie door investeringen in emissiearme stallen is in de analyse van de verkiezingsprogramma's van het PBL (2021b) geschat op circa 0,4 megaton CO₂-equivalenten. De landelijke beëindigingsregeling voor veehouderijen is een subsidieregeling gericht op het definitief sluiten van productielocaties voor de veehouderij die eraan bijdraagt dat de depositie van stikstof op Natura 2000-gebieden afneemt. Op dit moment is de regeling nog niet concreet uitgewerkt, maar de verwachting is dat deze eind 2021 wordt gepubliceerd. In de analyse van verkiezingsprogramma's heeft het PBL (2021b) het reductie-effect van deze maatregel in 2030 geraamd op circa 0,3 megaton CO₂-equivalenten, uitgaande van een budget van 750 miljoen euro in de eerste tranche.

Naast de bovenstaande geagendeerde maatregelen, zijn er ook nog geagendeerde maatregelen waaraan nog geen denkbare effecten kunnen worden gekoppeld. In de structurele aanpak stikstof gaat het hierbij om subsidies die zijn gericht op het verdunnen van mest op zandgronden, het stimuleren van het aantal uren weidegang, het verlagen van het ruw eiwitgehalte in het krachtvoer voor melkvee en het Omschakelprogramma duurzame landbouw. De eerste drie maatregelen (dus zonder het Omschakelprogramma) zijn voor ammoniak wel gekwantificeerd (Van den Born et al. 2020; CDM 2021). De verwachting is dat deze drie maatregelen een beperkt effect op de reductie van broeikasgassen zullen hebben (bij elkaar opgeteld veel minder dan 0,5 megaton CO₂-equivalenten). In de glastuinbouw wordt gewerkt aan een nieuw individueel CO₂-systeem voor de periode 2021-2030, als

onderdeel van een nieuw sectorconvenant. De verwachting is dat er eind 2021 een nieuw sectorconvenant ligt met daarin een CO₂-doel voor 2030. Een denkbaar toekomstig effect hiervan is op dit moment niet in te schatten.

In het landgebruik is in 2030 een extra emissiereductie denkbaar van 0,8-1,7 megaton, maar dit telt niet mee bij de reductiedoelstelling van 49 procent
Bij landgebruik is er geagendeerd beleid voor het veenweidegebied, bomen, bossen en natuur. Het geagendeerde beleid voor het veenweidegebied bestaat uit de regionale veenweidestrategieën van een zestal provincies en de uiteindelijke uitrol van maatregelen. In de door de provincie Friesland uitgewerkte strategie is de voorgenomen emissiereductie geschat op 0,25 tot 0,4 megaton CO₂-equivalenten in 2030. Extrapolatie van dit plan naar alle veenweidegebieden zou met de huidige inzichten kunnen leiden tot een bandbreedte van 0,35 tot 0,9 megaton CO₂-equivalenten in 2030. De emissiereductie van geagendeerde maatregelen ter vergroting van de koolstofvastlegging via bestaande bossen, natuur en landschapselementen en de uitbreiding van bos en landschap is in 2030 geraamd op 0,4-0,8 megaton CO₂-equivalenten. Er zijn geen geagendeerde beleidsmaatregelen gericht op het vergroten van de vastlegging van koolstof in landbouw-bodems. Via het onderzoeksprogramma Slim Landgebruik wordt wel gewerkt aan kennisontwikkeling voor deze opgave. Hoewel een additionele emissiereductie bij het landgebruik een bijdrage levert aan de reductie van de Nederlandse broeikasgasemissie, kan deze sector geen bijdrage leveren aan het streefdoel van 49 procent reductie omdat deze doelstelling specifiek is gericht op de binnenlandse emissies zonder landgebruik.

3.5 Voortgang Klimaatakkoord

Voortgang Klimaatakkoord verschillend per sector

Het Klimaatakkoord is meer dan twee jaar geleden gesloten, in 2019 (EZK 2019). Het streefdoel van 49 procent reductie voor de nationale uitstoot ten opzichte van 1990 wordt met concreet vastgesteld en voorgenomen beleid naar verwachting nog niet gehaald (paragraaf 3.1). Ook wanneer het geagendeerde beleid in 2030 concreet zou zijn uitgewerkt, blijft de kans groot dat deze streefwaarde niet wordt gehaald (paragraaf 3.4).

Los van de verwachte voortgang op nationaal niveau is het nuttig om te bezien hoe de voortgang is per sector. We bespreken die voortgang hier aan de hand van de ramingen uit deze KEV (met vastgesteld en voor-

genomen beleid) en spiegelen die ook aan de indicatieve restemissies per sector voor 2030 (zie tabel 3.6 en tekstkader 3.2). Hoewel deze indicatieve restemissies een belangrijk startpunt waren bij het opstellen van het Klimaatakkoord, hebben ze geen formele status. De enige formele nationale doelstelling voor broeikasgasreducties in 2030 is het streefdoel van 49 procent in 2030. De indicatieve restemissies bieden wel enig houvast als we inzicht willen krijgen in de voortgang van het klimaatbeleid en de afspraken in het Klimaatakkoord.

Uit de vergelijking van de KEV-ramingen met de indicatieve restemissies (tabel 3.6) blijkt dat de uitwerking van de maatregelen uit het Klimaatakkoord in de elektriciteitssector en de industrie in een vergevorderd stadium zijn. De indicatieve restemissies komen daarmee in zicht; een kanttekening daarbij is dat de onzekerheid in de geraamde emissie bij

Tabel 3.6

Indicatieve opgave Klimaatakkoord en de KEV-raming (in megatonnen CO₂-equivalenten)

Sector	Gerealiseerde emissie 2020 ¹	Emissieraming 2030 met vastgesteld en voorgenomen beleid	Indicatieve restemissies 2030, startpunt bij Klimaatakkoord ²
Elektriciteit	32,9	[8-21]	12,4
Industrie	53,5	40 [34-46]	39,9 (35,7)
Gebouwde omgeving	21,6	19 [16-22]	15,3
Mobiliteit	30,7	29 [25-32]	25,0
Landbouw	27,0	26 [23-26]	22,2
Totaal excl. landgebruik	165,6	[116-138]	114,8 (110,6)
Landgebruik	4,4	3,5 [2,9-3,9]	- ³

1) Op basis van voorlopige statistieken.

2) EZK 2018; PBL 2019.

3) Bij landgebruik is geen indicatieve restemissie meegegeven als startpunt bij de vormgeving van het Klimaatakkoord. In het akkoord is wel een taakstellende reductieopgave van 1,5 megaton CO₂-equivalenten voor 2030 geformuleerd.

deze twee sectoren relatief groot is. Ook in de mobiliteitssector is in het afgelopen jaar voortgang geboekt met de uitwerking van maatregelen uit het akkoord. Het voorlopige beeld is desondanks dat de indicatieve restemissie van 25 megaton nog niet in zicht is. Van belang hierbij is dat in het akkoord al is aangegeven dat er vanaf 2024 verder moet worden nagedacht over extra beleid voor het stimuleren van nulemissie-personenauto's voor na 2025. In de sectoren gebouwde omgeving, landbouw en landgebruik is in 2020 beperkt voortgang geboekt met de uitwerking van de in het akkoord genoemde maatregelen. Er zijn al wel diverse onderzoeken en pilots gestart, maar daaruit is nog geen beeld af te leiden voor toekomstige emissiereducties. Daarmee zijn de indicatieve restemissies in die sectoren nog niet in beeld. Hierna bespreken we per sector de voortgang van de Klimaatakkoord-maatregelen op hoofdlijnen.

Elektriciteitssector: uitwerking afspraken Klimaatakkoord voortvarend van start gegaan

De elektriciteitssector is voortvarend van start gegaan met uitvoering van het Klimaatakkoord. Het verbod op het stoken van kolen was zelfs al concreet uitgewerkt voordat het akkoord in juni 2019 formeel werd vastgesteld. Als onderdeel van het akkoord waren er afspraken gemaakt om de hernieuwbare elektriciteitsproductie te blijven stimuleren, waardoor de productie van fossiel opgewekte elektriciteit verder zou dalen. Met deze vastgestelde en voorgenomen maatregelen ramen we dan ook dat de emissie uit de elektriciteitssector tot en met 2030 fors zal dalen. De indicatieve restemissie uit het Klimaatakkoord ligt daarmee binnen de bandbreedte voor de geraamde emissie in 2030. De kans is echter groot dat de uitstoot in 2030 hoger uitkomt dan de indicatieve restemissie vanwege de onzekerheid in de import en export van elektriciteit. Er is voor de elektriciteitssector geen substantieel

geagendeerd beleid bekend dat kan worden beschouwd op denkbare extra reductie-effecten in 2030 (paragraaf 3.4).

Industrie: afspraken Klimaatakkoord grotendeels concreet uitgewerkt

Als uitwerking van het Klimaatakkoord voor de industrie heeft het kabinet per 1 januari 2021 de CO₂-heffing wettelijk ingevoerd voor de grote bedrijven. Dat is een nationale CO₂-prijs voor emissies boven een dalende benchmark. Deze heffing wordt geflankeerd door een onrendabele-topsubsidie vanuit de SDE++-regeling voor belangrijke technologische opties, waaronder nu ook niet-hernieuwbare CO₂-emissiereducerende technieken. Dit beleid wordt gaandeweg uitgewerkt en gecombineerd met een versterking van de energie-infrastructuur, een essentiële voorwaarde voor de feitelijke reducties in de industrie. Ook buiten de ETS-sector is het beleid geïntensiveerd. Met de vastgestelde heffing en subsidies verwachten we richting 2030 forse reducties. De indicatieve restemissie uit het Klimaatakkoord ligt binnen de bandbreedte voor de geraamde emissie in 2030. De grote bandbreedte bij de industrie geeft aan dat de onzekerheden in de verwachte emissiereductie door de heffing aanzienlijk zijn. Er is voor de industrie-sector geen substantieel geagendeerd beleid bekend dat kan worden beschouwd op denkbare extra reductie-effecten in 2030 (paragraaf 3.4).

Gebouwde omgeving: afspraken Klimaatakkoord nog niet concreet uitgewerkt

De indicatieve restemissie die de minister van EZK aan de gebouwde omgeving meegaf was in omvang relatief bescheiden, omdat emissiereductie hier relatief duur is. Het idee achter de opgave was dat er een robuust begin moest worden gemaakt met de benodigde emissiedaling in de decennia daarna. Om die reden is in het Klimaatakkoord ook een grote rol toebedeeld aan gemeenten, die plannen moeten maken voor de te zetten stappen per wijk. In de praktijk is de aanpak in de gebouwde

omgeving relatief lastig. Het gaat hier immers niet om een relatief gering aantal actoren, zoals in de elektriciteits- of industriector, maar om vele miljoenen mensen die ieder hun eigen afwegingen maken. Dan blijkt dat energiebesparing maar tot op zekere hoogte kosten-effectief is en dat decarbonisatieopties vaak duurder zijn dan de vertrouwde cv-ketel, waardoor die miljoenen mensen niet vanzelfsprekend voor de schoonste opties kiezen. Ook is nog niet altijd duidelijk wat, per individuele woning of kantoor, of per wijk, de goedkoopste opties zijn, en als gemeenten dan weten wat ze willen, beschikken ze vaak niet over het beleidsinstrumentarium om tot daden over te gaan. De combinatie van relatief dure maatregelen, onzekerheid en een weinig afgestemd beleidsinstrumentarium leidt ertoe dat de in omvang relatief geringe indicatieve opgave naar verwachting niet wordt gehaald met het vastgestelde en voorgenomen beleid (paragraaf 5.3). Wanneer het geagendeerde beleid voor aardgasvrije wijken en de streefnorm voor de utiliteitsbouw concreet zouden zijn uitgewerkt, zou in 2030 een extra reductie denkbaar zijn van 0,5-1,7 megaton CO₂-equivalenten (paragraaf 3.4). Ook daarmee is het voorlopige beeld dat de indicatieve restemissie van de gebouwde omgeving van 15,3 megaton in 2030 nog niet in zicht komt.

Mobiliteit: afspraken Klimaatakkoord grotendeels concreet uitgewerkt, beleid na 2025 wacht op nadere uitwerking

In veel Europese landen is emissiereductie in de sector mobiliteit moeilijk te realiseren en dalen de emissies er relatief langzaam. Ook in Nederland is de emissiedaling in de mobiliteitssector tot nu toe beperkt. Het aantal elektrische auto's nam in de afgelopen jaren echter al wel toe. We verwachten dat die trend zich doorzet, onder andere door het stimuleringsbeleid uit het Klimaatakkoord. In 2020 heeft het kabinet daarnaast een aantal andere belangrijke plannen uit dit akkoord

uitgewerkt, die in 2030 tot extra emissiereducties moeten leiden. Het gaat dan om de zogeheten nulemissiezones voor de stadslogistiek en de hogere verplichting voor de inzet van hernieuwbare energie in vervoer. Verder zijn er nog enkele geagendeerde maatregelen die, indien verder uitgewerkt, in 2030 een extra reductie van 0,5-1,5 megaton CO₂-equivalenten zouden kunnen opleveren. Op basis van de KEV-raming (tabel 3.6) en de denkbare bijdrage van het geagendeerde beleid (paragraaf 3.4), is het voorlopige beeld dat de indicatieve restemissie van 25 megaton in 2030 nog niet in zicht komt. Van belang hierbij is dat in het Klimaatakkoord het stimuleringsbeleid voor nulemissiepersonenauto's tot en met 2025 is vormgegeven. In het akkoord is ook al aangegeven dat er rond 2024 verder moet worden nagedacht over aanvullend beleid voor het stimuleren van nulemissievoertuigen voor na 2025. In 2024 is een evaluatie voorzien van de laatste ontwikkelingen binnen de automarkt, die daar dan bij gebruikt moet gaan worden (EZK 2019).

Landbouw: afspraken Klimaatakkoord beperkt concreet, neveneffecten stikstofbeleid potentieel belangrijk

De emissies in de landbouwsector zijn afkomstig van het energieverbruik van de glastuinbouw (vooral CO₂) en de veehouderij en de akkerbouw (vooral methaan en lachgas). Voor de gehele sector geldt dat de beoogde plannen uit het Klimaatakkoord nog maar beperkt concreet zijn uitgewerkt. Zo staan in de glastuinbouw anno 2021 de afspraken omtrent de verduurzaming van de warmtevraag onder druk vanwege de gunstige marktpositie voor de aardgas-WKK-installaties. Ook zijn door de verbreding van de SDE+ naar de SDE++ de duurzame warmteopties, voor onder andere de glastuinbouw, lager in de rangschikking komen te staan, waardoor ze moeilijker een beschikking kunnen krijgen. In de veehouderij is er sprake van beleid voor de

dossiers Klimaatakkoord, de uitvoering van het Urgenda-vonnis, geurbeleid en de structurele aanpak stikstof. Al deze beleidsdossiers zetten in op een vermindering van de varkensstapel. Dit gebeurt via de Subsidieregeling sanering varkenshouderijen (Srv) en de regeling Gerichte opkoop piekbelasters veehouderij. Deze laatste maatregel komt uit het stikstofbeleid, is niet specifiek gericht op de varkenshouderij, en leidt in 2030 ook tot een lichte daling van het aantal melkkoeien en bijbehorend jongvee (circa 1 procent). In de KEV-raming leidt de daling van de varkensstapel in de periode 2019-2030 tot een emissiereductie in de orde van grootte van 0,2 megaton CO₂-equivalenten (paragraaf 5.4.2). Daarnaast verwachten we een verschuiving van covergisting naar monovergisting (van met name varkensmest) vanwege onder meer de stijgende kosten van cosubstraten en de verbreding van de SDE++. Deze verschuiving leidt tot een extra emissiereductie van circa 0,1 megaton CO₂-equivalenten in 2030. Andere Klimaatakkoordmaatregelen zijn op dit moment vooral gericht op nader onderzoek, pilots en investeringen in zogeheten first movers, zoals de Subsidieregeling Brongerichte Verduurzaming stal- en managementmaatregelen (Sbv) en de Meerjarige Missiegedreven Innovatieprogramma's (MMIP). Deze innovatieprogramma's zijn onder andere gericht op een geïntegreerde aanpak van methaan en ammoniak via het voer- en dierspoor. Omdat de uitkomsten van de onderzoeken, pilots en programma's nog niet bekend zijn, is een emissie-effect van deze maatregelen op de termijn tot en met 2030 nog niet te bepalen.

De geagendeerde maatregelen in de landbouw (zie paragraaf 3.4) bestaan op dit moment vooral uit beleidsplannen vanuit de structurele aanpak stikstof, die als neveneffect in beperkte mate ook broeikasgassen verminderen. Op basis van de KEV-raming (tabel 3.6) en de denkbare bijdrage van het geagendeerde beleid, is het voorlopige beeld

dat de indicatieve restemissie van de landbouw (22,2 megaton) in 2030 nog niet in zicht komt. Het is hierbij van belang om twee zaken te vermelden. Allereerst dat de landbouwsector in het Klimaatakkoord een nog hogere ambitie nastreeft (EZK 2019). Deze zou daarmee op een indicatieve restemissie van rond de 20 megaton CO₂-equivalenten uitkomen. Ten tweede speelt een rol dat de indicatieve restemissies gebaseerd zijn op de toen geldende rekenmethodieken voor de opwarmingspotentiëlen (GWP-waarden, zie ook tekstkader 3.1 en 3.2). Wanneer de nieuwe opwarmingspotentiëlen ook zouden zijn verwerkt in de indicatieve restemissies, dan zouden deze voor de landbouw circa 0,8 megaton CO₂-equivalenten hoger komen te liggen. Dat zou de vergelijkbaarheid met deze KEV verbeteren, aangezien deze ook al uitgaat van de nieuwe opwarmingspotentiëlen.

Landgebruik: Klimaatakkoord grotendeels nog niet concreet uitgewerkt

Het landgebruik heeft in het Klimaatakkoord een enigszins aparte plaats, omdat de klimaatmaatregelen bij het landgebruik geen onderdeel uitmaken van de opgave van 49 procent reductie uit het Regeerakkoord van 2017. Daarom is er bij de vormgeving van het Klimaatakkoord aan de landgebruikssector ook geen indicatieve restemissie meegegeven. Er is in het akkoord wel voor 2030 een taakstellende reductieopgave van 1,5 megaton CO₂-equivalenten geformuleerd, en er zijn afspraken gemaakt en plannen opgesteld. De meeste van deze afspraken en plannen worden in deze KEV onder het geagendeerde beleid beschouwd (paragraaf 3.4). Wanneer deze maatregelen concreet zouden worden uitgewerkt, zou de taakstellende reductieopgave in zicht kunnen komen.

Binnen de Europese Unie is er voor het landgebruik voorslagnog een weinig ambitieus doel: de emissiesituatie mag niet verslechteren.

3.2 Herkomst indicatieve restemissies per sector onder het Klimaatakkoord

De indicatieve restemissies per sector zijn in 2018 door de minister van EZK geformuleerd als startpunt voor het proces voor het Klimaatakkoord (EZK 2018). Ze zijn opgesteld op basis van de *Nationale Energieverkenning 2017* (ECN 2017) en de verwachte kosten van emissiereductie, rekening houdend met de opgaven die ook na 2030 nodig zijn. De opgaven waren afgeleid van de opdracht die in het Regeerakkoord van 2017 was vermeld (een reductie van 49 procent ten opzichte van 1990). Deze opdracht is later vastgelegd als tussentijds streefcijfer in de Klimaatwet van 2019, die een emissiereductie van 95 procent in 2050 ten opzichte van 1990 als doel heeft. In 2019 is de indicatieve opgave voor de restemissie van de industrie door de minister bijgesteld van 35,7 naar 39,9 megaton CO₂-equivalenten (PBL 2019). Die bijstelling had te maken met wijzigingen in het referentiepado voor de industrie waartegen de gestelde reductieopgave van 14,3 megaton CO₂-equivalenten werd afgezet. Dit ging samen met de aankondiging van de minister van EZK dat een beleidsinstrumentarium

ontworpen zou worden dat volledig uitzicht zou bieden op het behalen van dit doel in de industrie. Deze bijstelling leidde er wel toe dat wanneer alle indicatieve restemissies werden opgeteld, dit uitkwam op 114,8 megaton CO₂-equivalenten. Dat was hoger dan de maximaal toegestane 113 megaton CO₂-equivalenten die toen overeenkwam met een reductie van 49 procent ten opzichte van 1990.

De indicatieve restemissies zijn in 2018 geformuleerd, waarbij gerekend werd met de toenmalige voorgeschreven opwarmingspotentiëlen (GWP-waarden) voor de niet-CO₂-broeikasgassen. Inmiddels rekenen we in de KEV 2021 met een nieuwe set aan opwarmingspotentiëlen (zie ook tekstkader 3.1). Met deze nieuwe opwarmingspotentiëlen zouden de indicatieve restemissies voor de landbouw en de industrie met een ordegrrootte van 0,8 respectievelijk 0,2 megaton CO₂-equivalenten hoger komen te liggen.

Uit deze KEV-raming blijkt dat Nederland ruimschoots aan die Europese doelstelling voldoet en dat het lukt de netto-uitstoot door landgebruik te verminderen. Nederland behoort tot een kleine groep Europese landen waar het landgebruik netto-CO₂ uitstoot in plaats van netto-CO₂ opneemt.

3.6 Indicatief beeld nationale emissies 2030-2040

Indicatief beeld van de emissieontwikkelingen na 2030

Voor de jaren 2030-2040 geven we als gezegd een indicatief beeld van de verwachte ontwikkelingen in de broeikasgasemissies, met specifieke aandacht voor de ontwikkelingen binnen de sectoren. Die verwachte ontwikkelingen zijn gebaseerd op de voortzetting van het bestaande vastgestelde en voorgenomen beleid per 1 mei 2021. We betrekken hierbij dus niet het geagendeerde beleid, en lopen ook niet vooruit op

nieuw Nederlands beleid en de nieuwe Europese plannen. Daarmee vormt dit beeld vooral een startpunt voor de verkenning van verdergaande doelen en beleid, en niet zozeer een ‘voorspelling’ van wat er werkelijk gaat gebeuren. Naast beleid spelen uiteraard ook andere ontwikkelingen een belangrijke rol, zoals ontwikkelingen in exogene factoren (bijvoorbeeld oplopende energie- en CO₂-prijzen) en autonome ontwikkelingen (bijvoorbeeld kostendalingen bij bepaalde technieken). Op de termijn tot 2040 zijn de onzekerheden nog groter dan voor 2030, de belangrijkste lichten we toe. Hoewel de indicatieve energie- en emissiecijfers voor de jaren 2035 en 2040 wel in de online tabellenbijlage zijn opgenomen, is deze paragraaf vooral kwalitatief van aard vanwege het indicatieve karakter van deze doorkijk.

Het bestaande vastgestelde en voorgenomen beleid tot en met 2030 omvat meestal geen aanscherpingen of aanpassingen voor na 2030, met als belangrijke uitzondering het Europese emissiehandelssysteem (ETS). In dat systeem is een voortgaande daling van het aantal beschikbare uitstootrechten voorgeschreven, die tot een stijging van de CO₂-prijs leidt. We gaan ervan uit dat de SDE++-regeling na 2030 doorloopt en dat er jaarlijks 3,5 miljard euro beschikbaar blijft voor de stimulering van CO₂-emissiereductie. Daarbij is echter niet verondersteld dat de SDE++ opengesteld wordt voor (nieuwe) technieken die nu (nog) niet voor de SDE++ in aanmerking komen. Voor de ESR-sectoren is er na 2030 weinig bestaand beleid dat voorziet in een verdere aanscherping of aanpassing. Een belangrijk gevolg van het ontbreken van aanscherpingen is dat bepaalde technieken die een prominente rol spelen in toekomstvisies en plannen van overheid en bedrijven, nog niet of nauwelijks voorkomen in de doorkijk tot 2040. Voorbeelden zijn de productie van groene waterstof, de toepassing van biomassa-CCS en de productie van synthetische brandstoffen.

De broeikasgasemissies in Nederland dalen tussen 2030 en 2040, maar het tempo neemt af

Ondanks het grotendeels ontbreken van extra beleidsprykkels blijven in alle sectoren de broeikasgasemissies na 2030 wel dalen. De emissie daalt van de geraamde 116-138 megaton in de periode 2030-2040 met het huidige vastgestelde en voorgenomen beleid nog met maximaal enkele tientallen megatonnen. De verwachte daling is na 2030 minder groot dan de daling tussen 2020 en 2030. Dat komt vooral door de verwachte geringere daling in de industrie en elektriciteitssector na 2030, sectoren die tot 2030 juist het grootste deel van de nationale emissiedaling voor hun rekening nemen (zie hierna). Bij de gebouwde omgeving, mobiliteit, landbouw en landgebruik is de trendmatige daling na 2030 vergelijkbaar met die tussen 2020 en 2030. In geen enkele sector treedt een substantiële versnelling van de daling op.

Emissies vanuit de elektriciteitssector dalen na 2030 verder door meer import

De verdere verduurzaming van de elektriciteitsopwekking in Nederland stagneert na 2030, in weerwil van de verder stijgende CO₂-prijzen in het ETS. Dat hangt samen met het ontbreken van ander stimulerend en faciliterend beleid. Zo is er geen verdere uitbreiding van windenergie op zee na 2030 verondersteld, omdat er (peildatum 1 mei 2021) nog geen nieuwe gebieden zijn aangewezen voor de uitrol voor deze vorm van windenergie. Verder zijn er vanaf 2025 geen nieuwe SDE++-beschikkingen voor hernieuwbare elektriciteit, en dat wordt vanaf 2030 zichtbaar in een lichte afname van de hoeveelheid windenergie op land. Afgedankte windturbines worden dan vaak niet meer vervangen. Alleen het aantal zonnepanelen neemt nog toe na 2030. Kostendalingen compenseren hierbij de afbouw van de salderingsregeling en na 2030 zullen beperkingen in de groei vanwege onvoldoende capaciteit van elektriciteitsnetten worden opgelost.

De elektriciteitsvraag stijgt wel fors na 2030; de nettogroei is groter dan tussen 2020 en 2030. De stijging komt door elektrificatie in verschillende sectoren, zoals een toename van elektrische voertuigen, van warmtepompen in de gebouwde omgeving en van omzetting van elektriciteit in warmte (power-to-heat) in de industrie. Groene waterstof, waterstof op basis van duurzame elektriciteit, speelt in Nederland tot 2040 nog geen rol van betekenis, omdat het beleid en de marktomstandigheden nog ontoereikend zijn om groene waterstof rendabel te maken.

In de extra elektriciteitsvraag wordt in deze KEV-doorrekening vooral voorzien door meer import, en daardoor daalt de broeikasgasemissie in Nederland. Die netto-import neemt ook toe doordat de productie van hernieuwbare energie buiten Nederland sterk toeneemt en die de productie door Nederlandse gascentrales verdringt. Zoals hiervoor al is aangegeven, stagneert binnen Nederland de verduurzaming van de elektriciteitsopwekking na 2030. Als de hernieuwbare elektriciteitsproductie wel extra zou toenemen (bijvoorbeeld omdat er wel nieuwe gebieden voor windenergie op zee worden aangewezen), dan zal dat voor een belangrijk deel ten koste zal gaan van de import van elektriciteit. Hierdoor zal het effect op de Nederlandse broeikasgasemissies niet groot zijn. Bij een elektriciteitsvoorziening met (internationaal) veel meer hernieuwbare energie is het belangrijk dat de vraag voldoende flexibel is en zich kan aanpassen aan het wisselende aanbod. Ook flexibiliteit van andere opties, zoals opslag in bijvoorbeeld batterijen en goede netwerkverbindingen tussen en binnen landen, zal nodig zijn. Op dit moment is nog niet duidelijk in hoeverre de markt kan zorgen voor de vereiste flexibiliteit, en in hoeverre daar extra beleid voor nodig is.

Hoogte CO₂-prijs en aanleg infrastructuur bepalen na 2030 emissiereductie in de industrie

Ook in de industrie biedt het bestaande Nederlandse beleid na 2030 maar beperkte prikkels voor verdergaande verduurzaming. Het aantal dispensatierechten onder de CO₂-heffing daalt na 2030 niet verder, waardoor de heffing geen prikkel biedt voor verdere emissiereductie. Ook gaan we er in deze KEV van uit dat het plafond voor de hoeveelheid CCS die vanuit de SDE++ wordt gesubsidieerd in stand blijft. Het Europese beleid biedt wel extra prikkels: stijgende CO₂-prijzen in het ETS door de voortgaande daling van het emissieplafond, zetten druk op de energie-intensieve industrie om de broeikasgasemissies in de periode 2030-2040 verder te laten dalen. De onzekerheid rond de hoogte van de CO₂-prijzen is wel erg groot: we gaan voor 2040 uit van een bandbreedte van 45 tot 155 euro per ton. Aan de onderkant van de bandbreedte is de prikkel voor emissiereductie ontoereikend voor bijna alle belangrijke additionele reductieopties, aan de bovenkant zijn wel forse verdere reducties te verwachten, bijvoorbeeld door extra CCS (inclusief blauwe waterstof) en verdere elektrificatie. Een randvoorwaarde is dat de markt en de overheid de aanleg van de benodigde infrastructuur kunnen waarborgen. Voor groene waterstof is de CO₂-prijs ook aan de bovenkant van de bandbreedte waarschijnlijk nog te laag, en biedt de SDE++ geen volledige compensatie van de onrendabele top.

Er is veel onzekerheid over de economische en maatschappelijke ontwikkelingen, de toekomstige vraag naar industriële producten en de concurrentiepositie van de Nederlandse industrie. De langetermijndoelen voor klimaat en circulariteit vereisen grote veranderingen in industriële processen, productieketens en infrastructuur, en de industriële sector heeft duidelijkheid nodig over de lange termijn om de

juiste koers te kunnen bepalen. Beleidskeuzes op nationaal en Europees niveau en technologische innovatie zullen van grote invloed zijn op de richting waarin en het tempo waarmee deze veranderingen plaatsvinden.

Zonder aanvullend beleid geen trendbreuk in de ontwikkeling van emissies vanuit de gebouwde omgeving, landbouw en landgebruik

Voor de gebouwde omgeving is de verwachting dat de dalende trend in gasverbruik en emissies die tot 2030 zichtbaar is zich ook na 2030 voortzet. Deze trend wordt voornamelijk veroorzaakt door voortgaande klimaatverandering (met warmere winters als gevolg), sloop van woningen, aardgasvrije nieuwbouw en reguliere verbeteringen in de bestaande woning- en gebouwenvoorraad. Het vastgestelde en voorgenomen beleid heeft zowel voor 2030 als na 2030 slechts een beperkt versnellend effect op deze trends. De afspraken over de aardgasvrije wijkaanpak en de normstelling voor utiliteitsbouw uit het Klimaatakkoord hebben in de uitvoering vertraging opgelopen of zijn nog niet uitgewerkt. Zonder aanvullend beleid zal de verduurzaming van de bestaande bouw niet versnellen.

Voor de sectoren landbouw en landgebruik geldt een vergelijkbare conclusie. Zonder aanvullende beleidsmaatregelen zullen de broeikasgasemissies tot 2040 slechts licht dalen. De CO₂-emissies uit gasverbruik door de glastuinbouw nemen af door het verder uitfaseren van gasketels, terwijl aardgas-WKK-installaties naar verwachting blijven standhouden door de situatie op de energiemarkt en doordat de gecombineerde opwekking van elektriciteit, warmte en CO₂ voor plantbemesting goed aansluit bij de behoeftes van de glastuinbouw. De methaanemissies uit de veehouderij dalen door een verwachte hogere melkproductie per koe, gecombineerd met een verdere daling

van het aantal stuks melkvee om binnen de sectorplafonds voor mestproductie te blijven. De lachgasemissies dalen door afname van het (kunst)mestgebruik vanwege een kleiner landbouwareaal. De relatieve daling van de emissies is in de landbouw na 2030, evenals tot 2030, het kleinst van alle sectoren. Ook bij landgebruik is de verwachting dat de netto-emissies na 2030 verder zullen dalen. Net als in de periode tot 2030 is dit het effect van een afnemend areaal landbouwgrond, een toenemend areaal grasland dat koolstof vastlegt en een autonome afname van het areaal veen- en moerige gronden. Daarnaast beginnen nieuwe bossen, bijvoorbeeld aangeplant in het kader van het Klimaatakkoord, richting 2040 ook substantieel CO₂ vast te leggen. De verwachte emissie door landgebruik is onzeker omdat het beleid voor 2030 en daarna nog nauwelijks is uitgewerkt.

Daling emissies in de sector mobiliteit door toename elektrische auto's

De uitstoot van broeikasgassen door de sector mobiliteit neemt na 2030 naar verwachting verder af. De belangrijkste reden voor die daling is de instroom van elektrische auto's in het wagenpark die na 2030 doorzet. Tot 2030 stijgt het marktaandeel van elektrische auto's in de nieuwverkopende relatief snel, maar blijft het aandeel in het totale wagenpark nog bescheiden. Hoewel er voor deze KEV-raming enkel nog Europees bronbeleid is vastgesteld tot en met het jaar 2030, is de verwachting dat het marktaandeel van elektrische auto's ook zonder nieuw bronbeleid na 2030 blijft toenemen.

Het tempo waarin het aantal elektrische voertuigen verder toeneemt is onzeker. En de onzekerheden over de beschikbaarheid van laadinfrastructuur (paragraaf 5.6) gelden des te meer voor de periode na 2030. Bij deze doorkijk naar 2040 is verondersteld dat de laadvoorziening meegroeit met de verkoop van elektrische auto's en geen remmende

factor is. Overigens is de verwachting dat door nieuw Europees bronbeleid de instroom van elektrische auto's tot 2040 nog veel sneller zal (moeten) gaan dan in deze KEV is geraamd. Dit nieuwe beleid is echter nog niet in deze KEV opgenomen.

De jaarverplichting voor hernieuwbare energie in het vervoer geldt tot en met het jaar 2030. Voor de periode daarna is nog niets vastgelegd. In de doorkijk naar 2040 is verondersteld dat de jaarverplichting op het niveau blijft van het jaar 2030. Door de verdere toename van het aantal elektrische auto's wordt na 2030 een steeds groter deel van die jaarverplichting ingevuld met elektrisch vervoer. Dat maakt dat de inzet van biobrandstoffen in de mobiliteitssector tot 2040 snel afneemt en dat de daling van de uitstoot van broeikasgassen wat minder snel gaat. Overigens is een dalende inzet van biobrandstoffen in het wegtransport wel in lijn met de adviezen uit het duurzaamheidskader van de SER (2020) voor de inzet van biograndstoffen.

Emissies door lucht- en scheepvaartbunkers blijven na 2030 licht stijgen

De uitstoot van broeikasgassen uit de in Nederland gebunkerde brandstoffen voor de internationale lucht- en scheepvaart stijgt bij huidig beleid naar verwachting licht tussen 2030 en 2040. Dit geldt zowel voor de lucht- als voor de zeescheepvaart. Voor de luchtvaart wordt tot 2035 een verdere groei voorzien, waarna de luchtvaart tegen zijn grenzen aanloopt van wat in Nederland nog op een veilige manier kan worden afgehandeld. Voor een verdere groei zou nieuw beleid nodig zijn, wat in deze KEV niet is voorzien. Na 2035 is daarom een stagnatie verondersteld van het aantal vluchten en daarmee ook van de uitstoot van broeikasgassen.

De mondiale uitstoot van broeikasgassen door de zeescheepvaart blijft bij huidig beleid tot 2040 verder toenemen (IMO 2020). In de KEV is aangenomen dat de dalende trend in het aandeel van Nederland in de mondiale bunkermarkt zich ook na 2030 doorzet, waardoor de uitstoot van broeikasgassen na 2030 per saldo licht toeneemt. Voor zowel de lucht- als de zeescheepvaart geldt dat internationaal doelen zijn afgesproken om de uitstoot van broeikasgassen te beperken. Het beleid dat daarvoor nodig is, wordt momenteel uitgewerkt en is dus nog niet in deze KEV meegenomen. Dat maakt dat we in deze doorkijk tot 2040 een lichte toename van de uitstoot verwachten onder invloed van de verdere groei van de economie en de bevolking.



Belangrijkste bevindingen

- Meer dan de helft van het finaal energieverbruik is voor warmte, en het grootste deel daarvan is ook in 2030 nog steeds aardgas. Het aandeel elektriciteit stijgt door elektrificatie.
- De energiebesparing in de KEV-raming voor 2030 zou mogelijk toereikend kunnen zijn voor de besparingsdoelstelling uit artikel 7 van de Europese energie-efficiëntierichtlijn. Bij de voorgestelde doelstelling in het *Fit for 55*-pakket is extra beleid noodzakelijk om het doel te halen.
- De onzekerheden bij de elektriciteitsproductie zijn te groot om hiervoor een betekenisvolle puntwaarde te kunnen geven. Op de lange termijn zijn meerdere scenario's voor de opwekkingscapaciteit in het buitenland en brandstof- en CO₂-prijzen denkbaar, en die bepalen in hoge mate de netto-import of -export van elektriciteit, en daarmee de Nederlandse productie. Op de korte termijn fluctueert de Nederlandse elektriciteitsproductie sterk door schommelingen in de brandstofprijzen, de weersomstandigheden die de Europese productie van elektriciteit uit wind, zon en waterkracht bepalen, en door andere incidentele factoren.
- Nederland wordt steeds afhankelijker van de import van aardgas.
- Het aandeel hernieuwbare energie nadert de indicatieve doelstellingen voor 2025 en 2030, maar hernieuwbare warmte blijft achter bij de verduurzaming van de elektriciteitsproductie.



4

Nationale ontwikkelingen in energie

In dit hoofdstuk beschrijven we de ontwikkelingen in het energieverbruik op nationaal niveau. Energieverbruik en energiebesparing komen aan de orde in paragraaf 4.1. Paragraaf 4.2 gaat over het energieaanbod.

4.1 Energieverbruik

Deze paragraaf gaat over het Nederlandse energieverbruik, inclusief én exclusief de voor de uiteindelijk energievraag benodigde energiedragers aan de aanbodzijde. De optelling van het energetisch verbruik door alle eindgebruikers staat bekend als het finaal (energetisch) energieverbruik (zie paragraaf 4.1.1). Naast dit finaal energieverbruik zijn er ook andere vormen van energieverbruik die ontstaan door omzettingsverliezen bij de omzetting van energiedragers in andere energiedragers, het gebruik voor niet-energetische toepassingen (bijvoorbeeld als grondstof in de industrie), het eigen verbruik van bedrijven in de energiesector en distributieverliezen. De optelling van al deze vormen van energieverbruik is het primair energieverbruik. Dit primair energieverbruik en de zogenoemde nationale energiemix komen aan de orde in paragraaf 4.1.2. Paragraaf 4.1.3 gaat over de Europese doelen die gelden voor het Nederlandse energieverbruik en verbetering van de energie-efficiëntie. Bunkerbrandstoffen – het gebruik van energie door de internationale lucht- en zeescheepvaart – vallen buiten de energieverbruikscijfers in dit hoofdstuk, maar komen wel aan bod in paragraaf 5.6 van het volgende hoofdstuk.

4.1.1 Ontwikkeling van het energieverbruik door eindgebruikers
Het finaal energieverbruik bestaat uit het energieverbruik binnen de sectoren gebouwde omgeving, nijverheid, landbouw en mobiliteit.

De nijverheid omvat het grootste deel van de industrie. Industriële activiteiten in de energiesector, zoals raffinaderijen, vallen voor het overgrote deel niet onder het finaal energieverbruik. Het finaal energieverbruik betreft het energieverbruik voor warmte, het elektriciteitsverbruik en het verbruik van transportbrandstoffen. In deze paragraaf gaan we in op de ontwikkeling van het nationale energieverbruik op hoofdlijnen, als optelling van de sectortotalen. De duiding van de specifieke ontwikkelingen binnen de eindverbruikssectoren komt aan de orde in hoofdstuk 5.

De meeste energie wordt gebruikt voor warmte

In 2020 bestond meer dan de helft van het finaal energieverbruik uit energieverbruik voor warmte. Een kwart van het verbruik bestond uit motorbrandstofverbruik en iets meer dan een vijfde betrof elektriciteitsverbruik.

Finaal energieverbruik stijgt tijdelijk na laagste punt sinds de eeuwwisseling

Het finaal energieverbruik is tussen 2005 en 2015 relatief sterk gedaald. Het verbruik voor warmte daalde in deze periode met 16 procent het sterkst, dat van motorbrandstoffen met 9 procent iets minder en het elektriciteitsverbruik veranderde nauwelijks (zie figuur 4.1). Tussen 2015 en 2018 zorgde de aantrekkende economie voor een stijging van het verbruik, maar in 2020 daalde het weer sterk door de coronacrisis.

Het finaal energieverbruik wordt beïnvloed door drie onderliggende ontwikkelingen. Als eerste door toe- of afnemende activiteitsniveaus (volume-effecten, bijvoorbeeld samenhangend met economische groei of bevolkingsgroei). Een tweede effect bestaat uit verschuivingen tussen subsectoren of deelactiviteiten (structureffecten, zoals een verschuiving naar producten waarvan het productieproces minder energie-intensief is,

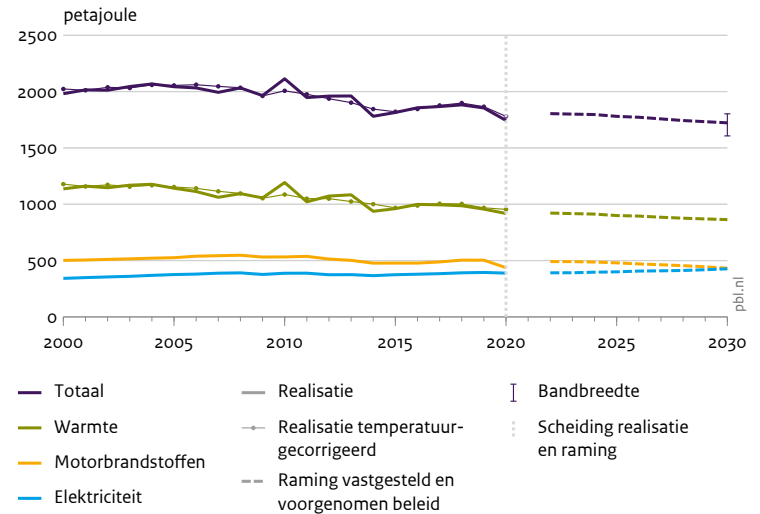
of een verschuiving naar andere vervoermiddelen). Het derde effect zit in verbeteringen van de energie-efficiëntie (energiebesparing: hetzelfde doen met minder energie). Dat het energieverbruik vanaf 2000 is gedaald terwijl de economie en de bevolking zijn gegroeid, maakt duidelijk dat structureffecten en energiebesparing samen de toename van activiteiten meer dan compenseren. In hoofdstuk 5 gaan we in op de ontwikkelingen per sector.

Daling van het finaal energieverbruik zet in gematigd tempo door

Bij voorgenomen beleid zal de dalende trend voor het finaal energieverbruik naar verwachting doorzetten in een gematigder tempo, naar 1.723 [1.607-1.803] petajoule in 2030. Het verschil tussen vastgesteld beleid en vastgesteld inclusief voorgenomen beleid blijft beperkt tot rond de 8 petajoule. Dit komt omdat het vastgestelde beleid slechts weinig verschilt van het voorgenomen beleid. Binnen de onzekerheidsbandbreedte is het overigens mogelijk dat het verbruik zowel sterker afneemt als stijgt. De grootste onzekerheid daarbij is de omvang van de economische activiteiten.

De geraamde daling van het finaal energieverbruik tot 2030 ten opzichte van 2020 komt vooral voor rekening van een verdere daling van het energieverbruik voor warmte in de gebouwde omgeving van ruim 50 petajoule. Het energieverbruik van de nijverheid ligt in 2030 naar verwachting op ongeveer hetzelfde niveau als in 2020. Het verbruik van motorbrandstoffen zal in 2030 met 4 petajoule zijn gedaald ten opzichte van – de door de coronapandemie relatief lage waarde in – 2020.

Figuur 4.1
Finaal energieverbruik per gebruikstype



Bron: CBS, bewerking PBL (realisatie); KEV-raming 2021

Maar door een toename van het verbruik van elektriciteit met 17 petajoule, stijgt het verbruik door mobiliteit per saldo met 13 petajoule.¹

Het aandeel van elektriciteit in het finaal energieverbruik stijgt van 22 procent in 2020 tot 25 procent in 2030. Dit hangt samen met de toenemende elektrificatie van het verbruik in de nijverheid en de

¹ Ten opzichte van 2019, waarin het effect van de coronapandemie geen rol speelt, is de daling van het brandstoffenverbruik meer dan 70 petajoule, en de totale daling van de energievraag ongeveer 50 petajoule.

mobiliteit. In de gebouwde omgeving is er ook elektrificatie door toepassing van elektrische warmtepompen voor verwarming, maar het elektriciteitsverbruik in de gebouwde omgeving stijgt niet door besparing op het overige elektriciteitsverbruik.

4.1.2 Primair energieverbruik en de energiemix

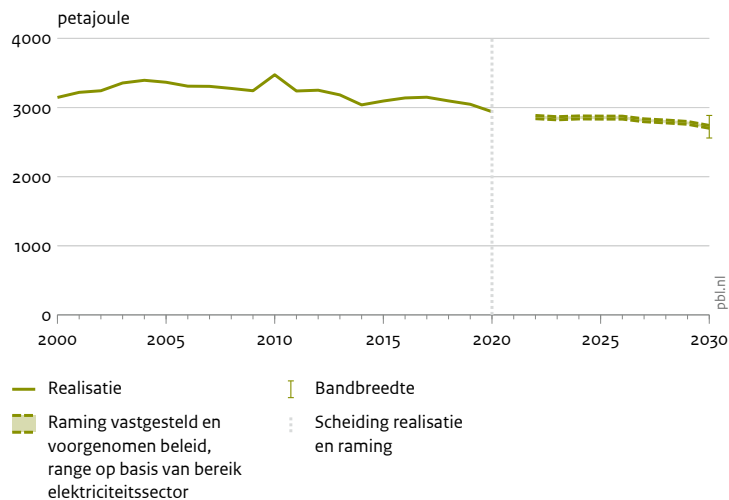
Primair energieverbruik laat in recente jaren een licht dalende trend zien

Het primair energieverbruik vertoont sinds 2005 een licht dalende trend. Dat verbruik daalde van 3.394 petajoule in 2004 naar 2.940 petajoule in 2020 (figuur 4.2). De grootste absolute verandering sinds 2000 is te zien bij het aardgasverbruik, dat afnam van 1.476 petajoule in 2000 naar 1.307 petajoule in 2020 (figuur 4.3). Dit komt vooral door de afname van het finaal energieverbruik voor warmte. Olie en olieproducten blijven, met een relatieve bijdrage van 37 procent in 2020, een belangrijke energiedrager. Olie en olieproducten worden vooral gebruikt in de sector mobiliteit en als grondstof voor de petrochemische industrie.

Verbruik hernieuwbare energie passeert het steenkoolverbruik

Het kolenverbruik is na de ingebruikname van drie nieuwe kolencentrales tussen 2013 en 2015 met ruim een derde gestegen, en daarna flink gedaald, tot minder dan 200 petajoule in 2020. De eerste fase van deze daling was een gevolg van de sluiting van vijf oudere kolencentrales. Daarna speelde de verslechterde concurrentiepositie van de kolencentrales ten opzichte van de gascentrales een rol (zie paragraaf 4.2.1), en (vooral in 2020) de toename van het meestoken van biomassa en het stilliggen van de kolencentrale van Riverstone door een storing. Het verbruik van hernieuwbare energiebronnen is sinds 2000 toegenomen met een factor vijf. Met een primair verbruik van 300 petajoule in 2020 is hernieuwbare energie nu steenkool ruim voorbij in de energievoorziening.

Figuur 4.2
Primair energieverbruik



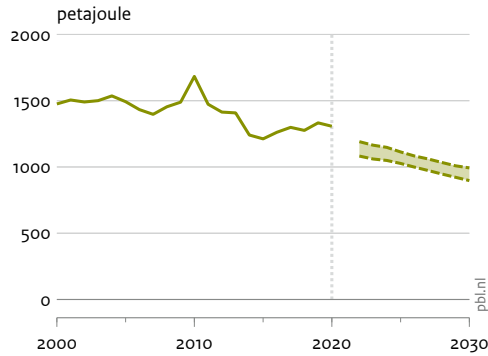
Bron: CBS (realisatie); KEV-raming 2021

In de komende jaren daalt het primair energieverbruik verder

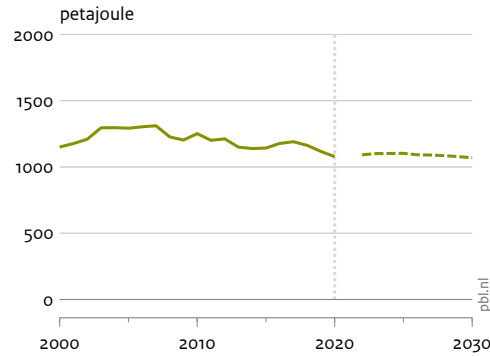
Bij voorgenomen beleid zal het primair energieverbruik in de komende jaren naar verwachting verder dalen, naar 2.700 tot 2.741 petajoule in 2030 (figuur 4.2). Voor 2030 geven we geen puntwaarde maar een bereik vanwege de grote onzekerheden in de elektriciteitssector (zie paragraaf 4.2.1). Het primair energieverbruik daalt door daling van het aardgasverbruik en de toename van hernieuwbare energie. Wat hier meespeelt, is dat de conventionele elektriciteitsproductie en daarmee de conversieverliezen afnemen door de toename van de hernieuwbare

Figuur 4.3
Primair energieverbruik per energiebron

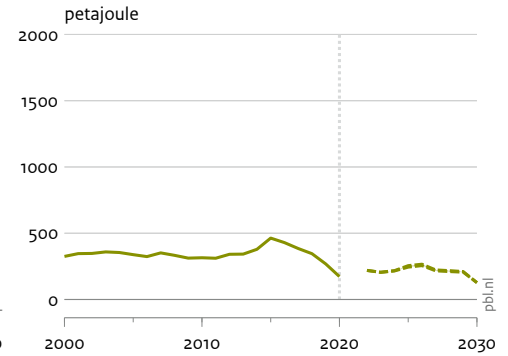
Aardgas



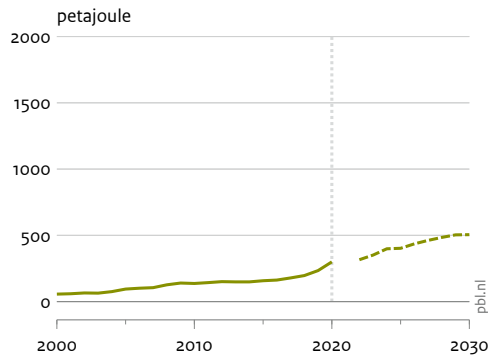
Olie



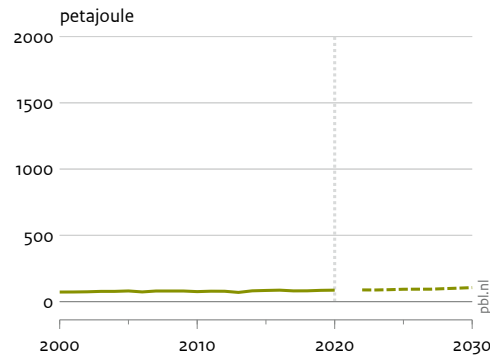
Steenkool



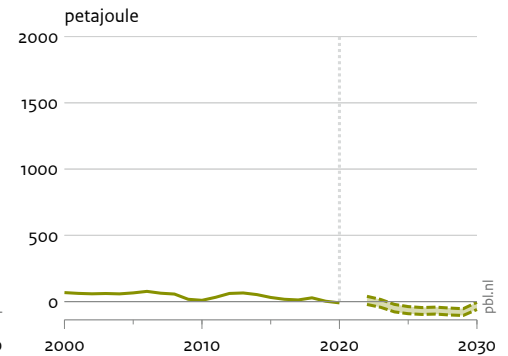
Hernieuwbaar



Overig



Netto fysieke import



— Realisatie - - - Raming vastgesteld en voorgenoemen beleid ■ Raming vastgesteld en voorgenoemen beleid, range op basis van bereik elektriciteitssector ····· Scheiding realisatie en raming

Overig is kernenergie, niet-biogene afval, reststroom en waterstof (alleen in projecties)

Bron: CBS (realisatie); KEV-raming 2021

elektriciteitsproductie uit zon en wind.² De toename van elektriciteit uit wind en zon levert daardoor een belangrijke bijdrage aan de daling van het primair energieverbruik.

Aardgasverbruik neemt verder af, steenkoolverbruik voor elektriciteitsopwekking stopt in 2030, verbruik hernieuwbare energie blijft toenemen

Tot 2030 zijn er enkele belangrijke verschuivingen in de energievoorziening, maar desondanks blijven olie en aardgas de energievoorziening domineren (figuur 4.3). Wel daalt het aardgasverbruik het komende decennium verder naar 897 tot 993 petajoule in 2030, doordat het finale gebruik voor warmte en de inzet van aardgas bij (vooral decentrale) elektriciteitsproductie met warmte-krachtkoppeling in de industrie blijven afnemen.

Door het productieplafond voor kolencentrales, dat de productie tot en met 2024 beperkt tot 35 procent van de opwekkingscapaciteit, en de hoge CO₂-prijs in het Europese emissiehandelssysteem (ETS) zal het kolenverbruik in de komende jaren lager uitvallen dan in 2019, maar hoger dan in 2020. In 2020 was de inzet van kolen voor elektriciteitsopwekking extra laag door de zeer lage aardgasprijs. Ook de meestook van biomassa zal het kolenverbruik in de komende jaren drukken. Het kolenverbruik zal in 2030 sterk afnemen, omdat er met ingang van dat jaar geen elektriciteit meer mag worden opgewekt met behulp van steenkool. Wat aan steenkoolverbruik overblijft (5 procent van het primaire verbruik), komt voor het grootste deel op het conto van de staalindustrie.

2 Dit komt doordat – in overeenstemming met internationale conventies – de productie van elektriciteit uit wind, zon en waterkracht niet gepaard gaat met conversieverliezen, terwijl er wel conversieverliezen zijn bij de productie van elektriciteit uit aardgas en steenkool.

Het verbruik van olie neemt bij het voorgenomen beleid ten opzichte van 2020 tot 2030 licht af. Het verbruik van olieproducten in de sector mobiliteit neemt af, terwijl het gebruik van olie als grondstof in de chemie naar verwachting ongeveer evenveel toeneemt (zie paragraaf 5.2). De bijdrage van hernieuwbare bronnen in de energiemix zal in de komende jaren sterk stijgen, vooral door de toename van hernieuwbare elektriciteit (zie paragraaf 5.1).

4.1.3 Energieverbruiksdoelen

Voor Nederland zijn er doelen voor het energieverbruik en de energie-efficiëntie, vanuit de in 2018 herziene Europese energie-efficiëntierichtlijn (EED). De KEV rapporteert voor Nederland over artikel 3 en artikel 7 van deze richtlijn.

Energieverbruik voor artikel 3 van de Europese energie-efficiëntierichtlijn

De EU-lidstaten moeten volgens artikel 3 van de Europese efficiëntierichtlijn (EED) indicatieve streefwaarden voor hun nationale energieverbruik in 2030 vaststellen. Opgeteld moeten deze verbruiken voldoende zijn om in 2030 op Europees niveau 32,5 procent minder energie te gebruiken ten opzichte van de door Primes³ voor 2030 geraamde verbruiken in de referentiescenario's uit 2007. Voor artikel 3 gelden de definities van Eurostat voor het energieverbruik van voor de wijziging in 2019⁴ (Eurostat-definitie '2020-2030'), omdat de doelen ook op basis daarvan vastgesteld zijn. Nederland streeft – volgens deze

-
- 3 Primes is het energiemodel dat ten behoeve van de Europese Unie wordt gebruikt, bijvoorbeeld om referentiewaarden voor beleidsdoelen vast te stellen.
 - 4 Een belangrijk verschil is dat in de oude definitie de door warmtepompen geconsumeerde omgevingswarmte niet telt als verbruik, terwijl die in de nieuwe definitie wel telt als verbruik.

EED-definitie – naar een primair energieverbruik van 1.950 petajoule in 2030. Dit is vertaald naar een finaal energieverbruik van 1.837 petajoule in 2030 (INEK 2019).

Het primair energieverbruik in 2030 voor artikel 3 ligt in deze KEV in het bereik tussen 2.296 en 2.338 petajoule, met een bandbreedte van 2.154 tot 2.481 petajoule.⁵ Op basis van het doorgerekende beleid in de KEV haalt Nederland de streefcijfers voor primair energieverbruik dus waarschijnlijk niet. Het finaal energieverbruik ligt in 2030 naar verwachting op 2.003 [1.887-2.083] petajoule. De Europese plannen voor *Fit for 55* (EC 2021) omvatten ook aanscherpingen van de doelen voor artikel 3, maar wat dit voor de individuele lidstaten betekent is nog niet duidelijk.

Energiebesparing voor artikel 7 van de Europese energie-efficiëntierichtlijn

Artikel 7 verplicht Nederland tot 924 petajoule energiebesparing, cumulatief voor de periode 2021-2030. Alleen besparingen die toe te schrijven zijn aan Nederlands beleid tellen mee voor artikel 7. Cumulatief betekent dat het om de over de jaren heen opgetelde besparingen gaat, en dat de bijdrage van beleid groter is naarmate de besparing eerder optreedt.

Het in deze KEV doorgerekende beleid – waarin nog niet al het beleid uit het Klimaatakkoord is opgenomen – zou mogelijk toereikend kunnen zijn om de doelstelling van 924 petajoule voor de periode 2021-2030 te halen. De bandbreedte van de verwachte energiebesparing is 814 tot 994 petajoule (tabel 4.1). Aan de bovenkant van die bandbreedte wordt de

⁵ Omdat er voor de elektriciteitsproductie en netto-import van elektriciteit geen puntwaarde is, is die ook niet te geven voor het primair verbruik.

doelstelling gehaald, maar aan de onderkant van de bandbreedte niet. Die besparing moet in de komende jaren ook nog via monitoring worden aangetoond. In het *Fit for 55*-pakket stelt de Europese Commissie voor om het verplichte doel van artikel 7 voor Nederland te verhogen. Uit een indicatieve berekening blijkt dat Nederland een extra opgave kan krijgen van circa 400 petajoule boven op het huidige doel. Gelet op de geraamde energiebesparing voor deze periode, zoals hiervoor genoemd, zal extra beleid noodzakelijk zijn om aan de nieuwe verplichting te gaan voldoen. De totale op te voeren EED-besparingen⁶

Tabel 4.1

Bandbreedte mogelijke bijdrage per sector aan de doelstelling voor artikel 7 van de EED in de periode 2021-2030

Sector	Petajoule cumulatief
Huishoudens	208-245
Diensten	237-296
Industrie	238-401
Verkeer en vervoer	68-90
Landbouw	0-24
Totaal	814-994

⁶ Nederland kan er – bijvoorbeeld vanwege de uitvoeringskosten en administratieve lasten bij de monitoring – voor kiezen om bij de monitoring niet van alle beleidsmaatregelen de besparingen op te voeren voor de doelstelling. In dat geval vallen de besparingen die Nederland aan de Europese Commissie rapporteert lager uit dan de hier vermelde maximaal op te voeren besparingen. Ook zal de Europese Commissie de door Nederland opgevoerde besparingen moeten goedkeuren.

bij de raming voor vastgesteld en voorgenomen beleid liggen duidelijk hoger dan in de KEV 2020 (dat was 751 tot 918 petajoule). Dit komt vooral door de CO₂-heffing voor de industrie. Lang niet alle door dit beleid gestimuleerde emissiereductieopties leiden tot efficiëntieverbetering, maar veel elektrificatieopties, zoals industriële warmtepompen, doen dat wel en leveren een belangrijke bijdrage. Daartegenover staan ook sectoren die lagere cumulatieve besparingen realiseren dan in de KEV 2020. Bij de huishoudens komt dat doordat in het kader van de Startmotor aardgasvrije wijken minder hybride warmtepompen worden toegepast (zie paragraaf 5.3.1), en bij de diensten speelt het later optreden van effecten van de Wet milieubeheer een rol (zie paragraaf 5.3.2). De besparingen bij verkeer en vervoer vallen iets lager uit door onder andere een latere introductie van de vrachtautoheffing (zie paragraaf 5.6).

4.2 Energievoorziening

In deze paragraaf beschrijven we de ontwikkelingen in het aanbod van energie, opgesplitst naar de elektriciteitsvoorziening, warmtevoorziening, de gasvoorziening en de voorziening van motorbrandstoffen en bunkerfuels. We sluiten de paragraaf af met een totaalbeeld van de ontwikkelingen in hernieuwbare energie.

4.2.1 Elektriciteitsvoorziening

Verdere afname van de kolencapaciteit

De conventionele productiecapaciteit⁷ daalt sinds 2014, onder andere doordat vijf oude kolencentrales zijn gesloten (als gevolg van het besluit ‘Rendement kolencentrales’). Daarmee is invulling gegeven aan de afspraken die in het Energieakkoord over deze centrales zijn gemaakt. Eind 2019 werd de Hemwegcentrale gesloten, waardoor er vanaf 2020 zo’n 600 megawatt minder kolenvermogen beschikbaar was. In 2020 is de Riverstonecentrale een groot deel van het jaar buiten bedrijf geweest, waardoor gedurende die maanden de beschikbare kolencapaciteit ruim 700 megawatt lager was.

Betere marktpositie van gascentrales, maar op termijn afname van gasgestookt vermogen

De vooruitzichten op de markt voor zowel de centrale als de decentrale gascentrales zijn de laatste jaren aanmerkelijk verbeterd. Naar verwachting bedraagt het centrale gasgestookte vermogen in 2021 ruim 11 gigawatt. Er zijn verschillende oorzaken voor de betere marktpositie van de gascentrales. Er komt ten eerste meer ruimte voor elektriciteit uit gascentrales met het verbod op kolenstook in Nederland (voor de Hemwegcentrale met ingang van 2020, de Amercentrale in 2025 en de Rotterdamcentrale, de Eemshavencentrale en de Riverstonecentrale in 2030). Ten tweede heeft de overheid bepaald dat de kolencentrales in Nederland tot en met 2024 maximaal 35 procent van hun capaciteit mogen gebruiken om elektriciteit uit kolen te produceren. Deze maatregel maakt deel uit van een pakket maatregelen om de Urgenda-doelstelling te halen. Tot slot is de concurrentiepositie van gascentrales

7 Onder conventionele productiecapaciteit verstaan we de productiecapaciteit op basis van fossiele brandstoffen.

op de Noordwest-Europese markt sterk verbeterd door de sterk gestegen CO₂-prijs.⁸

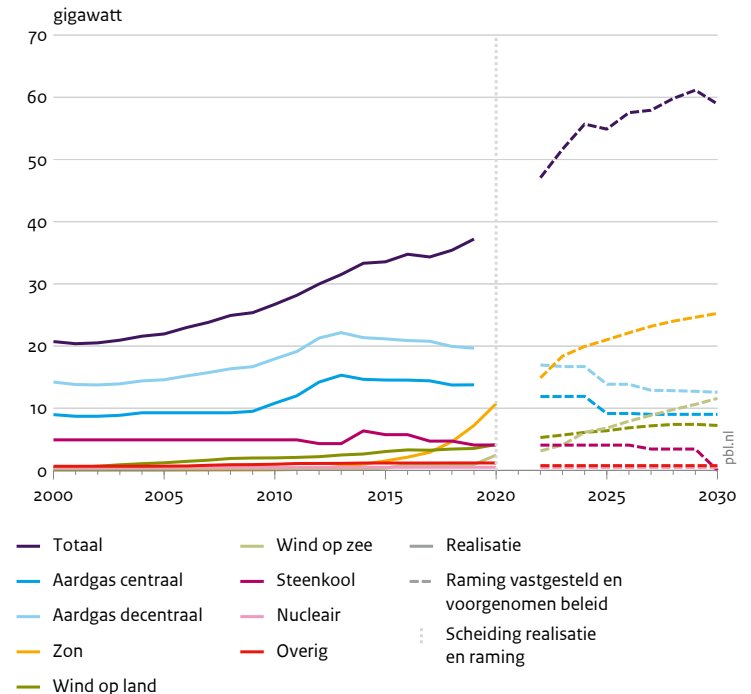
Op de langere termijn neemt het gasvermogen naar verwachting af doordat het aandeel hernieuwbare energie in de elektriciteitsopwekking verder stijgt en daarmee gas uit de markt prijst. Het wind- en zonvermogen neemt sterk toe (figuur 4.4). Daarnaast neemt de flexibiliteit uit andere bronnen toe, zoals bij de vraag naar elektriciteit voor elektrische voertuigen of voor warmte in de industrie en door opslag in batterijen. De mate waarin het gasvermogen afneemt, is echter wel onzeker, omdat het ook zal afhangen van de ontwikkeling van de conventionele capaciteit in de rest van Europa.

In 2020 sterke toename van de elektriciteitsproductie uit hernieuwbare energie

De elektriciteitsproductie nam in 2020 toe met 1 terawattuur (figuur 4.5), ondanks een lagere binnenlandse elektriciteitsvraag in 2020 van 2 terawattuur ten opzichte van 2019 vanwege de maatregelen tegen het coronavirus (CBS 2021a). Nederland ging in 2020 netto-elektriciteit exporteren, terwijl er in 2019 nog een netto-import was (figuur 4.6). Een belangrijke reden hiervoor was de forse toename van het opgestelde wind- en zonvermogen, onder andere door de realisatie van het windmolenpark op zee bij Borssele. De (feitelijke, dus niet genomaliseerde) productie van elektriciteit uit wind en zon nam daardoor toe met ongeveer 6,5 terawattuur, een stijging van 39 procent vergeleken met 2019.

8 De concurrentiepositie van gascentrales kan van maand tot maand wijzigen. Medio 2021 waren bijvoorbeeld de aardgasprijzen zo hoog dat ondanks de hoge CO₂-prijzen de concurrentiepositie van aardgascentrales ten opzichte van steenkoolgestookte centrales veel minder gunstig was dan eerder in 2021.

Figuur 4.4
Opgesteld elektrisch vermogen



Overig bestaat uit afvalverbranding, waterkracht, biomassa standalone en gasexpansie

Realisatie is inclusief centrales die tijdelijk zijn stilgelegd

Bron: CBS (realisatie); KEV-raming 2021

Een andere reden voor de stijging van de Nederlandse productie is de gunstige marktpositie van moderne gascentrales ten opzichte van de oude kolencentrales in omliggende landen. De gasprijs was in 2020 laag en de CO₂-prijs hoog, waardoor Nederlandse gascentrales goedkoper konden produceren dan de oude Duitse kolencentrales. Bovendien was de kolencentrale van Riverstone in Nederland in 2020 als gezegd grotendeels buiten gebruik. De elektriciteitsproductie uit gas in Nederland steeg van 70 terawattuur in 2019 naar 72 terawattuur in 2020; de elektriciteitsproductie uit steenkool nam juist sterk af, met 10 terawattuur tot 7,6 terawattuur in 2020, het laagste niveau sinds 1998. Hierbij speelt ook dat het aandeel meegestookte biomassa in de elektriciteitsproductie door kolencentrales steeg van ongeveer 10 procent in 2019 naar 39 procent in 2020 (CBS 2021b).

Nederland voor het eerst sinds 1981 netto-exporteur van elektriciteit in 2020

Door de gunstige positie van de Nederlandse gascentrales op de Noordwest-Europese markt en de toenemende productie van elektriciteit uit zon en wind, exporteerde Nederland voor het eerst sinds 1981 meer elektriciteit dan het importeerde uit het buitenland. De netto-export van elektriciteit kwam in 2020 uit op 2,7 terawattuur.

Raming elektriciteitsproductie kent niet één specifiek meest waarschijnlijke scenario

Voor de elektriciteitssector zijn er meerdere mogelijke toekomstige ontwikkelingen denkbaar, er is niet één specifiek scenario dat het meest waarschijnlijk is. Een reden hiervoor is de grote onzekerheid die onder andere afhangt van de ontwikkeling van de vraag naar en het aanbod van elektriciteit in het buitenland (zie ook hoofdstuk 2). Daarnaast is de ontwikkeling van de brandstof- en CO₂-prijzen onzeker; wijzigingen in de relatieve prijzen (ook op de korte termijn) kunnen een forse impact

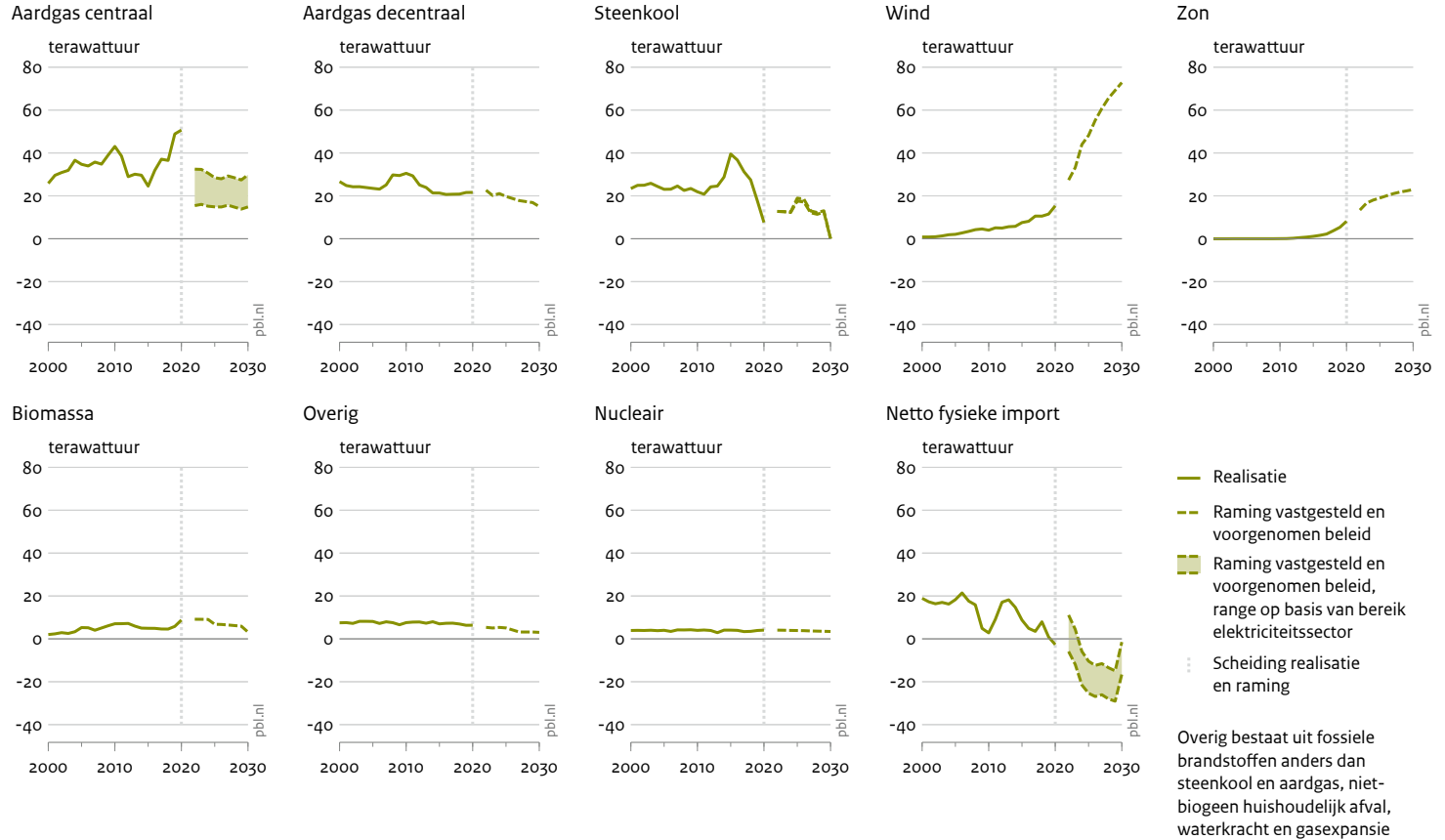
Figuur 4.5
Elektriciteitsproductie



Bron: CBS (realisatie); KEV-raming 2021

hebben op de marktpositie van de Nederlandse kolen- en gascentrales en daarmee op de import en export van elektriciteit. Bovendien hebben incidentele ontwikkelingen, zoals de uitval van centrales en de invloed van het weer op waterkracht en elektriciteit uit wind- en zonne-energie, eveneens een grote impact op de handel in elektriciteit tussen landen, en daarmee op de elektriciteitsopwekking in Nederland.

Figuur 4.6
Elektriciteitsproductie per herkomst



Bron: CBS (realisatie); KEV-raming 2021

Om deze redenen laten we in deze KEV geen puntwaarde zien voor de ontwikkeling van de elektriciteitsproductie, maar geven we slechts een bereik aan dat gebaseerd is op mogelijke toekomstige ontwikkelingen in het buitenland en in de brandstof- en CO₂-prijzen (figuur 4.5).⁹

Afname van elektriciteitsopwekking uit kolen en gas is op de lange termijn robuust

Ondanks de onzekerheid over de toekomstige elektriciteitsproductie zijn er wel enkele trends aan te wijzen. Een eerste trend is dat de opwekking van elektriciteit uit kolen en gas op de lange termijn over de hele bandbreedte afneemt (figuur 4.6). De belangrijkste redenen voor deze dalende trend zijn het verbod op kolen in de elektriciteitsproductie in 2030 en de toename van hernieuwbare elektriciteitsopwekking in zowel Nederland als in andere landen. Daarnaast neemt de transportcapaciteit tussen Nederland en omliggende landen toe, waardoor er meer ruimte is voor de uitwisseling van elektriciteit tussen landen. Dit leidt ertoe dat er in een land minder conventionele productie nodig is om periodes met een lage hernieuwbare productie op te vangen, omdat deze periodes en de vraagpieken niet in alle verbonden landen tegelijk vallen. De geraamde toename van de hernieuwbare elektriciteitsopwekking leidt ertoe dat in 2025 rond de 60 procent en in 2030 rond de 75 procent van het Nederlandse bruto-elektriciteitsverbruik wordt opgewekt uit hernieuwbare energie in Nederland.

9 Naast de onzekerheid over de ontwikkelingen in het buitenland en de brandstof- en CO₂-prijzen, zijn er ook onzekerheden binnen Nederland over bijvoorbeeld de elektriciteitsvraag of het aanbod van elektriciteit uit zon en wind. Dit heeft ook effect op de elektriciteitsproductie in Nederland. Deze onzekerheden worden meegenomen in de bandbreedte op basis van de onzekerheidsanalyse voor 2030, die in hoofdstuk 3 en 5 worden toegelicht.

Nederland wordt naar verwachting structureel netto-exporteur

Op hoofdlijnen is de ontwikkeling van de import en export van elektriciteit in Nederland bij het voorgenomen beleid vergelijkbaar met die in de vorige edities van de KEV: op de langere termijn zal Nederland naar verwachting op jaarbasis netto-exporteur zijn. Dit komt onder andere omdat in Duitsland en België nucleaire elektriciteitscentrales uit productie worden genomen en in Duitsland ook de capaciteit van kolen- en bruinkoolcentrales wordt afgebouwd. Hoe de import en export van elektriciteit zich in de komende jaren zullen ontwikkelen, zal vooral afhangen van de ontwikkeling van de capaciteit in het buitenland en van de brandstof- en CO₂-prijzen. De kans is groter dat Nederland netto-exporteur blijft als de marktomstandigheden gunstig zijn voor de Nederlandse gascentrales. De beperking van de productie van kolen-centrales tot en met 2024 (als onderdeel van de Urgenda-maatregelen) zal in die jaren vermoedelijk tot minder netto-export (of meer netto-import) leiden.

Ontwikkeling elektriciteitsprijs kent forse bandbreedte

De gemiddelde elektriciteitsprijs was in 2020 laag vergeleken met 2019, met een gemiddelde day-ahead-prijs¹⁰ van 32 euro per megawattuur. Die lage prijs heeft te maken met de sterke daling van de gas- en kolenprijzen en de daling van de elektriciteitsvraag als gevolg van de coronacrisis (zie hoofdstuk 2). Ook de toename van hernieuwbaar opgewekte elektriciteit heeft bijgedragen aan de lagere prijzen. Evenals nu wordt ook in de toekomst de hoogte van de elektriciteitsprijs voor een belangrijk deel bepaald door de brandstof- en CO₂-prijzen. De onzekerheid over de prijsontwikkeling daarvan is dan ook terug te zien in de onzekerheid over de elektriciteitsprijs. Ook het beeld van de afgelopen jaren laat zien dat de prijzen sterk kunnen variëren (zie figuur 4.7).

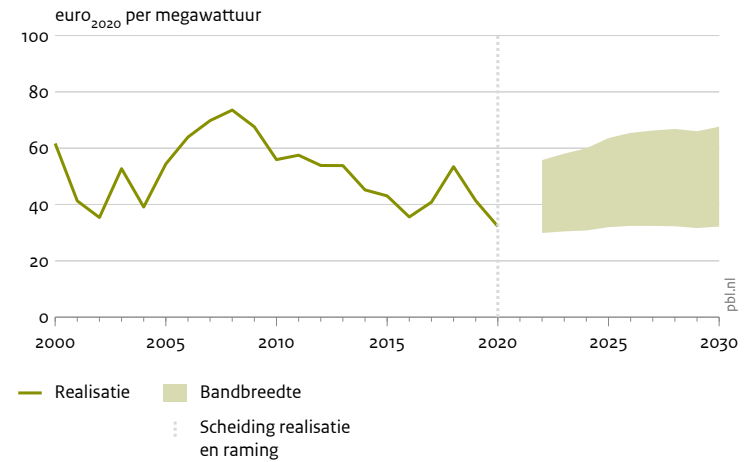
10 Marktprijs voor de levering van energie op de dag volgend op de handelsdag.

Voor het bepalen van de bandbreedte van de elektriciteitsprijs is uitgegaan van lage en hoge brandstof- en CO₂-prijzen. Deze lage en hoge prijzen zijn gelijk aan de onder- en bovenkant van de bandbreedte voor de kolen-, gas- en CO₂-prijzen zoals geschetst in hoofdstuk 2. Bij hoge brandstof- en CO₂-prijzen kan de elektriciteitsprijs richting 2030 uitkomen op iets onder de 70 euro per megawattuur. Bij lage brandstof- en CO₂-prijzen is een prijs mogelijk van ongeveer 32 euro per megawattuur (figuur 4.7). De sterke stijging van de brandstof- en CO₂-prijzen sinds half april laat zien hoe onzeker en volatiel deze prijzen zijn. De marges laten de gemiddelde jaarprijzen zien, gegeven de analyses over de brandstofprijzen en CO₂-prijzen die dateren van april 2021.

Investerings in elektriciteitsnetwerk zijn randvoorwaarde voor toename wind- en zonne-energie

Met de toenemende productie van elektriciteit uit zon en wind en de toenemende vraag naar elektriciteit door elektrificatie in de industrie, de gebouwde omgeving en de sector mobiliteit neemt ook de vraag toe naar de capaciteit voor het transport van elektriciteit. Daarnaast is er op zee meer infrastructuur nodig om de sterk toenemende hoeveelheid elektriciteit uit windenergie op zee naar het land te kunnen transporteren. Voor de toename van vraag en aanbod zijn investeringen nodig op alle niveaus: in de interconnectie met het buitenland, het hoogspanningsnetwerk en de distributienetwerken van de regionale netbeheerders (Den Ouden et al. 2020). Investerings in de netwerken kennen lange doorlooptijden én een lange levensduur van tientallen jaren. Om de vraag naar en het aanbod van elektriciteit richting 2030 en daarna op te kunnen vangen, zijn in de komende jaren investeringen noodzakelijk; de netbeheerders zijn hier ook al mee begonnen. Het PBL brengt zelf de ontwikkelingen van de netwerken niet in beeld, maar naar verwachting passen de in deze KEV geraamde ontwikkelingen van het elektriciteits-

Figuur 4.7
Groothandelsprijs elektriciteit



Bron: CBS (realisatie); KEV-raming 2021

aanbod binnen de ontwikkelingen van de netwerken zoals de netbeheerders die voorzien voor de periode tot en met 2030 (Netbeheer Nederland 2021).

4.2.2 Warmtevoorziening

Deze paragraaf gaat over het energieverbruik voor warmte. Warmte is nodig voor de ruimteverwarming van woningen, gebouwen en kassen en voor processen in de industrie.

De helft van het finaal energieverbruik is voor warmte

Figuur 4.1 liet zien dat de helft van het finaal energieverbruik naar warmte gaat. In 2020 was dat 918 petajoule en dit daalt in de raming met voorgenomen beleid naar 864 petajoule in 2030. Dit is berekend als het totale finaal energieverbruik in de gebouwde omgeving, de industrie en de land- en tuinbouw minus het finale elektriciteitsverbruik in die sectoren. Bijna de helft (46 procent) van het finaal energieverbruik voor warmte komt op het conto van de gebouwde omgeving, 42 procent op dat van de industrie, 11 procent op dat van de landbouw en 1 procent op dat van de waterbedrijven en het afvalbeheer. Deze verdeling naar sectoren van het finaal energieverbruik voor warmte verandert niet tot 2030.

Grootste deel finaal energieverbruik voor warmte bestaat nog steeds uit aardgas

Het finaal energieverbruik voor warmte is voor het grootste deel (twee derde) afkomstig uit aardgas. Het gaat dan voor een groot deel om het verbranden van aardgas in ketels voor eigen verbruik, maar ook om warmte afkomstig uit warmte-krachinstallaties van de warmteverbruiker of van derden. Het finale aardgasverbruik voor warmte daalt in de raming met voorgenomen beleid van circa 611 petajoule in 2019¹¹ (CBS & TNO 2020) naar 557 petajoule in 2030 door meer gebruik van hernieuwbare energie en elektriciteit. Overige energiedragers – zoals restgassen uit aardolie en steenkool en het niet-biogene deel van afval en restwarmte die in de industrie met warmtepompen wordt opgevaardeerd – zijn goed voor ongeveer een zesde deel van het finaal energieverbruik voor warmte: 129 petajoule in 2019 en 148 petajoule in 2030. Daarnaast gaat de industrie over op het gebruik van waterstof voor de warmtevoorziening. Dit is in 2030 31 petajoule.

11 Dit specifieke getal is niet voor 2020 beschikbaar.

Aandeel hernieuwbare warmte stijgt beperkt in de periode 2020-2030

Hernieuwbare energie was in 2019 goed voor circa 7 procent van de warmtevoorziening en in 2020 was dit circa 8 procent. Dit aandeel stijgt in de raming met voorgenomen beleid naar 12 procent¹² in 2030 conform de Europese richtlijn voor hernieuwbare energie (RED). Dit betreft warmte uit biomassa, geothermie, aquathermie, zonthermie, omgevingswarmte warmtepompen en groen gas. Dit betreft 84 petajoule in 2020 en 124 petajoule in 2030.

In de RED is in artikel 23 als indicatief doel opgenomen dat lidstaten ernaar streven het aandeel hernieuwbare warmte met 1,1 procentpunt per jaar te laten toenemen, of met 1,3 procentpunt indien ze ervoor kiezen restwarmte ook mee te tellen. In de raming stijgt het aandeel hernieuwbare warmte tussen 2020 en 2030 met 0,4 procentpunt per jaar. De hoeveelheid restwarmte uit de industrie die aan stadsverwarmingsnetten wordt geleverd, is in 2019 nog beperkt. Wat in de toekomst de bijdrage is van restwarmte uit de industrie is onzeker. Die hangt ervan af of een koppeling tot stand kan komen van de industrie aan warmtenetten, zoals via WarmtelinQ in Zuid-Holland. In de raming is verondersteld dat de leiding van Vlaardingen naar Den Haag en van de Rotterdamse haven naar Vlaardingen (als onderdeel van WarmtelinQ) doorgaat, hoewel de formele investeringsbeslissing door Gasunie nog niet is genomen. De levering van restwarmte uit de industrie naar de gebouwde omgeving neemt dan toe van circa 1 petajoule in 2019 naar

12 De 164 petajoule hernieuwbare energie gedeeld door 864 petajoule totaal finaal energieverbruik voor warmte levert een aandeel hernieuwbare warmte van 14 procent op. Het aandeel hernieuwbare warmte volgens definities uit de RED is 12 procent. Dit komt andere door de wijze van omgaan met niet-verkochte warmte uit warmte-krachtkoppeling, omzettingen bij de hoogovens en het al dan niet meenemen van de mobiele werktuigen bij de sector warmte.

3,5 petajoule in 2030, plus levering aan de glastuinbouw in het Westland van circa 1,6 petajoule in 2030. In de industrie wordt via warmtelevering al restwarmte geleverd aan andere industrie, maar hoeveel is niet bekend. Het expliciet meetellen van restwarmte voor Europese doelen is nieuw en over de praktische uitwerking lopen nog discussies.

Forse stijging van elektriciteitsverbruik voor warmte

Een deel van het elektriciteitsverbruik zou ook bij het finaal energieverbruik voor warmte kunnen worden gerekend, zoals het elektriciteitsverbruik voor warmtepompen, elektrische boilers en cv-pompen in de gebouwde omgeving. Voor deze methode is gekozen in de *Warmtemonitor 2019* (CBS & TNO 2020). Het elektriciteitsverbruik voor warmte in de gebouwde omgeving was in 2020 13 petajoule en stijgt naar 26 petajoule in 2030. In 2019 bestond dit elektriciteitsverbruik uit 7 petajoule voor warmtepompen, 3 petajoule voor elektrische boilers en 4 petajoule voor cv-pompen. In 2030 stijgt het verwachte elektriciteitsverbruik voor warmtepompen in de gebouwde omgeving naar 17 petajoule. Voor warmte in de industrie is de raming in 2030 een elektriciteitsverbruik van 9 petajoule, waarvan 7 petajoule voor warmtepompen en 2 petajoule voor elektrische boilers. In de landbouw wordt in 2030 een elektriciteitsverbruik voor warmte verwacht van enkele petajoules voor verbruik bij geothermie, inclusief warmtepompen die nodig zijn om de warmte uit geothermie op de benodigde temperatuur te brengen en warmtepompen om de retour verder uit te koelen en zodoende het thermisch doubletvermogen te vergroten.

Warmtepompen in 2030 goed voor 11 procent van energieverbruik voor warmte in gebouwen

De warmte uit warmtepompen in de gebouwde omgeving komt niet alleen uit de elektriciteit die deze verbruiken, maar vooral uit de warmte

die ze uit de bodem of buitenlucht halen. Deze gewonnen warmte telt mee als hernieuwbare energie. In 2020 was dit 13 petajoule en volgens de raming stijgt dit naar 31 petajoule in 2030. Inclusief de warmte uit de bodem en buitenlucht stijgt het finaal energieverbruik van warmtepompen in 2030 naar 48 petajoule; dat is 11 procent van het totale finaal energieverbruik voor warmte in de gebouwde omgeving. Daarmee 'verdringen' warmtepompen de stadsverwarming als de een na belangrijkste manier om in de warmtevraag van de gebouwde omgeving te voorzien.

Warmtelevering uit warmtenetten stijgt

Een deel van het finaal energieverbruik voor warmte bestaat uit warmtelevering via warmtenetten, ook wel stadsverwarming genoemd. De warmtelevering uit warmtenetten aan eindgebruikers stijgt in de raming met voorgenomen beleid van circa 24 petajoule in 2020 naar 32 petajoule in 2030. Het gaat hierbij alleen om stadsverwarming, dus exclusief stoomleveringen aan de industrie. De warmtelevering uit warmtenetten bestaat in 2030 uit 20 petajoule warmtelevering aan huishoudens, 8 petajoule aan diensten en ruim 4 petajoule aan de landbouw. De toename van de warmtelevering aan de gebouwde omgeving is het gevolg van aardgasvrije nieuwbouw en het plan Startmotor aardgasvrije wijken. De omvang van deze warmtelevering is in Nederland beperkt, en bedraagt enkele procenten van het totale finaal energieverbruik voor warmte.

Aandeel hernieuwbare warmte voor stadsverwarming stijgt snel

De raming van de verduurzaming van stadsverwarmingsnetten is gebaseerd op verwachte ontwikkelingen zoals geschetst in de eerder genoemde *Warmtemonitor 2019* (CBS & TNO 2020) en publieke informatie over recente subsidieaanvragen in de SDE++-regeling. In het aanbod van

warmte zijn fossiel gestookte warmte-krachtkoppelingssystemen dominant. Wel neemt de bijdrage van deze centrales steeds verder af. De warmte voor warmtelevering kwam in 2019 voor circa 30 procent uit hernieuwbare bronnen (CBS & TNO 2020). In de raming stijgt dat aandeel naar 62 procent in 2030, of 68 procent inclusief restwarmte uit industrie en elektrische boilers. De warmteproductie door afvalverbrandingsinstallaties (AVI's) blijft ongeveer constant op 5 petajoule, waarvan ongeveer de helft telt als hernieuwbare warmte. De warmteproductie uit biomassa stijgt naar verwachting van 6 petajoule in 2019 naar circa 14 petajoule in 2030. Daarnaast neemt de warmteproductie uit geothermie en aquathermie in de raming toe naar circa 6 petajoule in 2030. Verder is rekening gehouden met 0,5 petajoule warmtelevering uit warmte- en koudeopslag (WKO). Samen is dat 20 petajoule hernieuwbare warmteproductie. Bovendien neemt de warmteproductie uit restwarmte toe, van circa 1 petajoule in 2019 naar circa 2,5 petajoule in 2030. En ook de warmteproductie met elektrische boilers neemt toe naar circa 2,8 petajoule in 2030. In totaal gaat het dus om 26 petajoule warmteproductie zonder directe CO₂-emissie. Na aftrek van het warmteverlies in het net blijft hiervan circa 20 petajoule over voor warmtelevering.

De verduurzaming van warmtenetten wordt in deze KEV-raming dus voor een groot deel gerealiseerd met warmte uit biomassa. De raming is onzeker, omdat het kabinet een uitfasering van SDE++-subsidie voor warmteproductie uit biomassa voor gebouwen heeft aangekondigd na het SER-advies *Biomassa in balans* uit juli 2020 (SER 2020) maar nog geen concreet tijdspad heeft vastgesteld. Bij uitfasering zullen voor verduurzaming van de warmteproductie meer projecten met geothermie en aquathermie moeten worden ontwikkeld. Deze technologieën zijn duurder, innovatiever en kleinschaliger dan biomassa, waardoor

verduurzaming mogelijk duurder wordt of meer tijd kost dan in deze raming is geschat. Ook meer gebruik van restwarmte vanuit de industrie is een mogelijke optie voor verduurzaming van warmtenetten, maar dit gebruik is in deze KEV-raming conservatief ingeschat vanwege de onzekerheid over de realisatie van de benodigde infrastructuur.

In de industrie gebeurt stoomlevering ook via warmtenetten

Niet alleen warm water voor de gebouwde omgeving maar ook stoom voor de industrie kan via leidingen van de producent naar een of meer verbruikers worden getransporteerd. Stoom is veel lastiger over grote afstanden te transporteren dan warm water en de lengte van stoompijpen is doorgaans hooguit een paar kilometer. Onder de Europese definitie van stadsverwarming (*district heating*) valt naast warmtelevering voor gebouwen ook levering van stoom indien deze verloopt via een net met twee of meer afnemers. Stoomnetten bevinden zich in Nederland bij grote industriële clusters, zoals Chemelot in Geleen of het industriegebied bij Delfzijl. Ook in de Rotterdamse haven zijn een paar industrieclusters waar stoomuitwisseling plaatsvindt.

De totale warmtelevering aan de industrie (inclusief raffinaderijen) was in 2019 82 petajoule, waarvan 41 petajoule stoom geleverd via stoomnetten. Net als bij warmte geleverd via warmtenetten komt de meeste geleverde stoom uit warmte-krachtkoppelingssystemen die worden gestookt op fossiele brandstoffen, vaak aardgas maar ook restgassen. Afvalverbrandingsinstallaties leverden in 2019 zo'n 8 petajoule stoom aan de industrie, waarvan de helft als hernieuwbaar telt. Stoomlevering uit biomassa was in dat jaar 3 petajoule. De stoomlevering aan de industrie (exclusief raffinaderijen) bedroeg ongeveer 70 petajoule in 2019 en kwam dus voor ongeveer 10 procent uit hernieuwbare bronnen. In de KEV-raming wordt gekeken naar de ontwikkeling van het energie-

verbruik van de sector industrie en subsectoren. De uitwisseling van warmte en stoom tussen individuele industriële bedrijven onderling wordt daarin niet berekend, waardoor we geen uitspraken kunnen doen over het aandeel stoomlevering uit hernieuwbare bronnen in 2030.

De toename van het gebruik van hernieuwbare bronnen, elektriciteit en waterstof bij eigen warmte- en stoomproductie in de industrie wordt beschreven in paragraaf 5.2.

4.2.3 Gasvoorziening

Medio 2022 kan de gasproductie in Groningen nihil zijn

In zijn kamerbrief van 19 september 2019 kondigde de minister van Economische Zaken en Klimaat aan dat, volgens de meest recente prognoses van de Gasunie Transport Services (GTS), de gaswinning uit Groningen al vanaf medio 2022 nihil kan zijn in een qua weersomstandigheden gemiddeld jaar (EZK 2019). Vanwege het aardbevingsrisico in Groningen is besloten de winning uit het Groningenveld zo snel te beëindigen als verantwoord is. Dit plan geldt nog steeds, waarbij elk jaar de winningshoeveelheid wordt vastgesteld. Het betekent niet dat het veld al meteen in 2023 kan worden gesloten. Het is namelijk niet uit te sluiten dat gaswinning in Groningen ook na 2022 nodig blijft, bijvoorbeeld om op een koude winterdag te kunnen voorzien in de dan hoge gasvraag. Om de geplande afbouw van de winning van laagcalorisch aardgas uit Groningen te realiseren, zijn maatregelen genomen om meer laagcalorisch gas te produceren uit hoogcalorisch gas en dit tijdelijk ondergronds op te slaan, om de export van laagcalorisch gas af te bouwen (zo wordt in België, in het Brussels Gewest, de conversie vervroegd van 2023 naar 2022) en om grootverbruikers om te laten schakelen naar hoogcalorisch gas.

Nederland van exporteur naar importeur van aardgas

De aardgasvoorziening in Nederland was jarenlang volledig gedekt door binnenlandse winning. In 2010 was de binnenlandse winning nog goed voor ongeveer 81,4 miljard normaal kubieke¹³ meter (Nlog.nl 2021a), ruim anderhalf keer zoveel als de totale binnenlandse vraag (figuur 4.8). Voor het gasjaar¹⁴ 2020-2021 heeft het ministerie van EZK op 21 september 2020 de productie uit Groningen vastgesteld op maximaal 8,1 miljard kubieke meter (EZK 2020). De totale gaswinning in Nederland in het kalenderjaar 2020 inclusief kleine velden en winning op zee bedroeg 21,3 miljard kubieke meter (Nlog.nl 2021a).

Nederland is sinds 2018 veranderd van een netto-exporteur in een netto-importeur van aardgas. Nederland importeerde in 2020 47,6 miljard kubieke meter gasvormig aardgas (CBS 2021c). Dit aardgas komt Nederland binnen via diverse pijpleidingen uit Duitsland, België, het Verenigd Koninkrijk en Denemarken (Eurostat 2021). De uiteindelijke oorsprong van dit gas is niet precies bekend. Het is wel duidelijk dat het meeste gas dat via Duitsland Nederland binnenkomt, oorspronkelijk uit Noorwegen en Rusland komt. Nederland exporteerde in 2020 ook 37,0 miljard kubieke meter aardgas. De import van vloeibaar aardgas (Ing) nam toe: in 2020 werd ongeveer 9,1 miljard kubieke meter vloeibaar gas ingevoerd, tegenover 2,1 miljard kubieke meter in 2017 (CBS 2021c). Driekwart van die import komt uit Noorwegen, Rusland en de Verenigde Staten. Nederland voert jaarlijks ook ongeveer 1 miljard kubieke meter Ing door. Daarmee is Nederland wat aardgas betreft een doorsnee Europees land geworden.

¹³ Het gaat in deze paragraaf bij kubieke meter in alle gevallen om *normaal* kubieke meter, dat is een kubieke meter aardgas bij 1 bar en 15 graden Celsius.

¹⁴ Een gasjaar loopt van 1 oktober tot en met 30 september.

De gasopslag in Nederlandse bodem bedroeg in 2020 8,5 miljard kubieke meter en er werd 8,0 miljard kubieke meter uit teruggeleverd ([Nlog.nl 2021b](#)). Nederland bezit twee ondergrondse locaties voor opslag van hoogcalorisch gas (Bergermeer en Grijskerk) en drie voor laagcalorisch gas (Norg, Zuidwending en Alkmaar). De totale ondergrondse gasopslag in Nederland heeft een volume van 14,7 miljard kubieke meter, waarbij Norg de grootste opslag is, met een maximale opslagcapaciteit van 6 miljard kubieke meter. In 2020 is er een vijfde caverne in Zuidwending in gebruik genomen ([Nlog.nl 2021b](#)).

De projecties voor de gaswinning uit Groningen volgen het scenario van Gasunie Transport Services (GTS) en laten vergeleken met de KEV 2020 een iets snellere afbouw zien. De gaswinning uit Groningen is vanaf 2023 op nul gesteld. Ook de projecties uit de andere velden, zowel op land als offshore, zijn op basis van de recentste projecties van het ministerie van EZK (2020) bijgesteld ten opzichte van de KEV 2020. In deze projecties wordt rekening gehouden met de economische exploitatiebaarheid van de toekomstige velden. In 2030 wordt naar verwachting 7,3 miljard kubieke meter aardgas gewonnen uit Nederlandse bodem.

De binnenlandse gasvraag daalt volgens deze raming van 41,3 miljard kubieke meter in 2020 naar 28,3 tot 31,4 miljard kubieke meter in 2030, met een bandbreedte van 25 tot 35 miljard kubieke meter.

Omdat de gebouwde omgeving, de landbouw en een deel van de industrie naar verwachting laagcalorisch gas blijven gebruiken, de binnenlandse gasproductie afneemt en geïmporteerd gas meestal hoogcalorisch is, zal er ook meer stikstof nodig zijn om het geïmporteerde gas via kwaliteitsconversie om te zetten naar laagcalorisch gas. Om dit te

kunnen doen, is besloten in Zuidbroek een nieuwe stikstofproductiefaciliteit te bouwen; deze wordt naar verwachting in het eerste helft van 2022 in gebruik genomen. Daarnaast draaiden in 2019 en 2020 de bestaande conversiefaciliteiten op vol vermogen.

In Nederland wordt ook biogas geproduceerd: tot 2030 is dit volgens de raming van deze KEV vrij constant, namelijk ongeveer 0,5 tot 0,6 miljard kubieke meter aardgasequivalenten. De inzet verandert wel over de jaren heen: in 2020 is ongeveer 37 procent omgezet naar aardgas-kwaliteit en in het gasnet geïnjecteerd, in 2025 wordt dit naar verwachting 40 procent en in 2030 loopt dit aandeel volgens deze raming op naar 60 procent. Het overige biogas wordt naar verwachting direct gebruikt in ketels, met een afnemend aandeel van 11 procent in 2019 tot 4 procent in 2030, of in warmte-krachtkoppeling op de biogasproductielocatie. In 2020 was het geïnjecteerde biogas (groen gas) goed voor 0,4 procent van de binnenlandse gasvraag, in 2030 is dit naar verwachting 1,3 procent.

4.2.4 Voorziening motorbrandstoffen en bunkerfuels

Afname olieconsumptie in Europa na een aantal jaren van constante vraag

De consumptie van aardolieproducten in Europa was in de afgelopen jaren stabiel (Eurostat 2019). In 2020 is de Nederlandse olieconsumptie gedaald door de coronacrisis (CBS Statline 2020). Daarnaast is er vergeleken met de productmix van de Nederlandse raffinaderijen relatief veel vraag naar diesel in verhouding tot de vraag naar benzine, wat resulteert in dieselimport en benzine-export. Tot op heden is de belangrijkste afzetmarkt voor benzine Noord-Amerika en de westkust van Afrika (CBS Statline 2020). Deze afzetmogelijkheden voor benzine zijn van groot belang voor de rentabiliteit van Europese raffinaderijen.

De toekomstige ontwikkeling van deze afzetmogelijkheden is onzeker (IEA 2013).

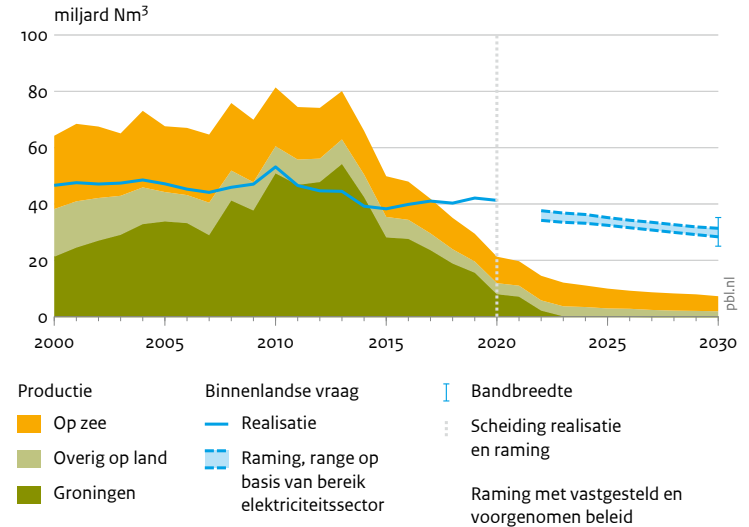
Volgens de laatste *World Energy Outlook*s van het Internationaal Energieagentschap (IEA) neemt de vraag naar olieproducten in Europa naar verwachting verder af, zowel volgens het *Stated Policies*-scenario als het *Sustainable Development*-scenario (IEA 2013, 2020). Dit zal waarschijnlijk ook gevolgen gaan hebben voor de Nederlandse raffinagesector (Van den Berg et al. 2016; Plomp et al. 2015).

Gedeeltelijke sluiting destillatiecapaciteit in de Nederlandse raffinagesector

Gunvor heeft in 2015 een raffinaderij overgenomen in de Rotterdamse haven. Sindsdien zijn delen van deze raffinaderij gesloten en heeft Gunvor zijn belang in de Maasvlakte Olie Terminal verkocht aan Aramco. De destillatiecapaciteit van deze raffinaderij is recent definitief gesloten, ondanks eerdere investeringsplannen en een geplande turnaround (Oil & Gas Journal 2020a). De faciliteit van Gunvor omvat nu alleen nog installaties voor ontzwaveling en productie van benzine (Gunvor 2021).

Daarnaast zijn er gedurende recente jaren substantiële investeringen gedaan bij de raffinaderijen van Shell, Esso en Zeeland (onderdeel van Total en Lukoil). Deze investeringen omvatten geen uitbreiding van de destillatiecapaciteit, maar hebben als doel om minder residuale olie te produceren en meer destillaten (Oil & Gas Journal 2016-2019). Verdere mogelijke investeringen zijn stilgelegd (zoals een hydrocracker bij de raffinaderij van BP) of niet publiekelijk bekend (Energeia 2019; Oil & Gas Journal 2020b).

Figuur 4.8
Nederlandse aardgasproductie en aardgasvraag



Bron: Nlog.nl, CBS (realisatie); kamerbrief EZK, KEV-raming 2021

Productie raffinaderijen neemt verder af

In 2020 nam de doorzet van de raffinaderijen sterk af door de coronacrisis, met circa 10 procent ten opzichte van 2019. In de projectie ligt de doorzet van olie in 2021 marginaal hoger dan in 2020, en krimpt daarna tot 2030 met circa 10 procent ten opzichte van dat niveau. Dat de doorzet niet terugkeert tot een niveau vergelijkbaar met dat van voor de coronapandemie, is ingegeven door de hiervoor genoemde sluiting van destillatiecapaciteit. Hoewel deze krimp richting 2030 resulteert in een afname van het energieverbruik van de Nederlandse raffinagesector,

verandert ook het productportfolio van aardolieproducten, wat weer tot meer energieverbruik per eenheid geproduceerde brandstof leidt. De productportfolio van aardolieproducten verandert doordat stookolie voor scheepvaartbunkers sinds 2020 moet voldoen aan strengere zwavel-eisen van de Internationale Maritieme Organisatie (IMO). De laatste paar jaar was reeds een toename zichtbaar van de geproduceerde hoeveelheid laagzwavelige stookolie, en in 2020 is de productie van hoogzwavelige stookolie sterk afgenomen ten opzichte van 2019. Naar verwachting zal een steeds groter deel van deze brandstof worden ontzwaveld. Het is daarnaast echter ook mogelijk dat zeeschepen aan boord rookgas gaan ontzwavelen met een scrubber. In de projectie is dan ook aangenomen dat niet alle brandstof zal voldoen aan de zwaveleisen, maar een groot deel wel.

CO₂-emissie raffinagesector daalt beperkt, effect emissiereductie door technologie deels gecompenseerd door hoger energieverbruik van ander productportfolio

De Nederlandse raffinagesector zal naar verwachting in de toekomst gebruik gaan maken van mogelijkheden om de CO₂-emissie omlaag te brengen, vooral gedreven door de CO₂-heffing en de SDE++-regeling. Deze financiële instrumenten voor CO₂-reducerende technologie zijn van toepassing voor de sector industrie als geheel.

De CO₂-emissie van de raffinagesector zal daarom naar verwachting dalen, van zo'n 10 à 11 megaton gedurende recente jaren naar circa 8,5 megaton in 2030. De verklaring voor deze relatief beperkte daling is dat een afnemende olieproductie en het effect van emissiereductiemaatregelen deels worden gecompenseerd door een toenemend energieverbruik door een ander productportfolio met meer laagzwavelige stookolie.

FAME en bio-ethanol meest gebruikte biobrandstoffen

De Nederlandse Emissieautoriteit (NEa) stelt jaarlijks rapportages op over de hoeveelheden en typen biobrandstoffen, die worden gebruikt om te voldoen aan de verplichting tot het realiseren van een bepaald aandeel hernieuwbare energie in het vervoer. Het NEa-rapport van 2021 laat zien dat de hoeveelheid biobrandstoffen die aan de Nederlandse markt is geleverd, is toegenomen. In 2020 is 65,7 petajoule hernieuwbare energie geleverd. Dat is 16,5 procent van de benzine- en dieselleveringen waar de jaarverplichting op rust. Dit is inclusief een dubbel telling van biobrandstoffen die zijn geproduceerd op basis van afvalstromen en residuen (NEa 2021).¹⁵ De fysieke hoeveelheid hernieuwbare energie van de leveringen (dus zonder dubbel telling) bedroeg in 2020 36,5 petajoule.

De omvang van de biobrandstoffen wordt meer en meer bepaald door de dubbel tellende biobrandstoffen, vooral voor dieselveervanging. Net als in voorgaande jaren is FAME (Fatty acid methyl ester, een type biodiesel) veruit de belangrijkste biobrandstof, met een omvang van 42,6 petajoule in 2020. Dit type dieselolie is vooral afkomstig van gebruikt frituurvet en mag voor het grootste deel dubbel meetellen. Kenmerkend voor 2020 is de levering van met name FAME aan de zeevaart, als alternatief voor het (duurdere) bijmengen van biobrandstoffen voor wegvervoer.

Bio-ethanol is, met 10,6 petajoule, de tweede biobrandstof qua ingezet volume in 2020; hierbij gaat het om een significante bijdrage van zowel enkel tellend als dubbel tellend bio-ethanol. Belangrijke grondstoffen

¹⁵ De dubbel telling telt alleen voor de 10 procent-transportdoelstelling van de richtlijn voor hernieuwbare energie (RED), maar niet voor de totale doelstelling van 14 procent hernieuwbare energie voor 2020.

voor bio-ethanol zijn maïs, laagwaardige zetmeelslurry en tarwe. Het gebruik van afvalstromen voor de productie van bio-ethanol is een ontwikkeling die sinds 2018 is ingezet: in de periode ervoor werd bio-ethanol vrijwel volledig van gewassen gemaakt. Vooral de inzet van laagwaardige zetmeelslurry is met een aandeel van ruim 20 procent substantieel.

De grondstoffen voor biobrandstoffen zijn vooral afkomstig uit China, Maleisië en de Verenigde Staten. Duitsland, Nederland, België en Frankrijk zijn direct daarna de belangrijkste leveranciers van grondstoffen voor biobrandstoffen. Gebruikt frituurvet is voor het overgrote deel afkomstig van buiten Europa (met name Azië) en maïs komt voor het grootste deel uit de Verenigde Staten, terwijl tarwe en laagwaardige zetmeelslurry voornamelijk uit Europa afkomstig zijn.

In Nederland staat een tiental fabrieken voor de productie van biobrandstoffen. Deze fabrieken produceren net als de aardolieraffinaderijen niet alleen voor de Nederlandse markt, maar (vooral) voor de buitenlandse markt. Statistieken van het CBS laten zien dat er vooral informatie is over de productiecapaciteit voor biodiesel: er is in 2020 ruim vijfmaal zoveel biodiesel geproduceerd als dat er binnenlands is verbruikt (CBS Statline 2021). Daarmee is het belang van export duidelijk, hoewel de binnenlandse afzet wel lager ligt dan in 2019. Dat komt door de coronacrisis, maar ook doordat bedrijven aan hun bijmengverplichting voldoen door biodiesel aan de zeescheepvaart te leveren (zie ook paragraaf 5.5. en 5.6). De productie van biobenzine is niet in beeld in de statistieken.

Voor meer informatie over het biobrandstoffenbeleid en de jaarverplichting hernieuwbare energie voor het vervoer, zie paragraaf 5.6.

4.2.5 Totaalbeeld hernieuwbare energie

Aandeel hernieuwbare energie is in 2020 fors gestegen

Het aandeel hernieuwbare energie is in de afgelopen jaren gestegen. Het aandeel van hernieuwbare energie was 8,8 procent in 2019 en 11,1 procent in 2020. De Europese richtlijn voor hernieuwbare energie (RED) bevat voor Nederland een bindende doelstelling van 14 procent hernieuwbare energie in 2020. Voor het behalen van deze doelstelling mag gebruik worden gemaakt van administratieve overdracht door het 'kopen' van hernieuwbare energie van landen die meer hernieuwbare energie produceren dan zij nodig hebben voor de doelstelling uit de RED. Nederland sloot vorig jaar al een overeenkomst met Denemarken om tussen de 8 en 16 terawattuur energie te kopen, voor 100 tot 200 miljoen euro. Met de maximale hoeveelheid erbij zou het aandeel hernieuwbare energie in Nederland precies op 14 procent uitkomen. Van belang is nog wel dat de 11,1 procent voor 2020 nog een voorlopig cijfer is, wat in het najaar van 2021 nog iets (naar verwachting maximaal 0,2 procentpunt) naar boven of naar beneden bijgesteld zou kunnen worden.

Aandeel hernieuwbare energie nadert indicatieve doelstelling

Voor de komende jaren zit de onzekerheid niet zozeer in de vraag óf maar vooral hoe snel het aandeel stijgt. Het verwachte aandeel hernieuwbare energie komt volgens het vastgestelde en voorgenomen beleid uit op circa 16,2 procent in 2023, op circa 19,8 procent in 2025 en stijgt verder naar 26,3 [22,7-28,2] procent in 2030 (figuur 4.9). Het doel van 16 procent hernieuwbare energie uit het Energieakkoord blijft daarmee in beeld, net als in de KEV 2020. In het *Integraal Nationaal Energie- en Klimaatplan 2021-2030* (EZK 2021) dat Nederland heeft ingediend bij de Europese Commissie, is een indicatief traject opgenomen waarin

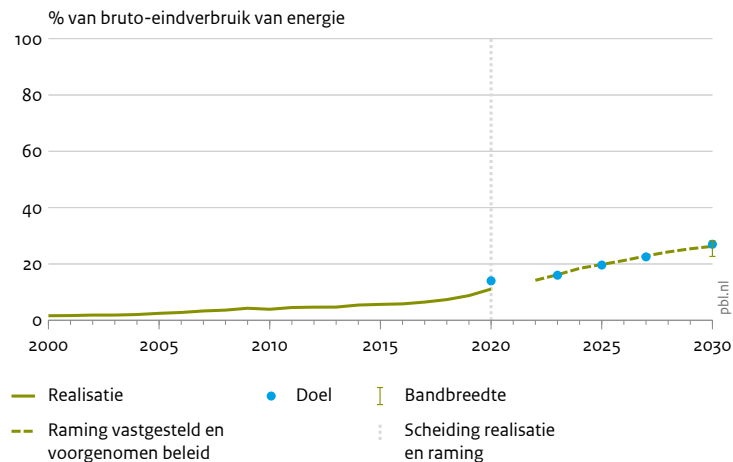
de bijdrage van hernieuwbare energie in 2025 minimaal 19,6 procent bedraagt en in 2030 27,0 procent. Het verschil tussen de raming met het indicatieve doel is gering en het indicatieve doel valt ook binnen de bandbreedte. Om het doel met meer zekerheid te halen, zullen eventuele beleidsaanpassingen evenwel tijdig ingezet moeten worden. De ervaring rondom de doelstelling voor hernieuwbare energie voor 2020 leert dat het zo enkele jaren kan duren voordat beleidseffecten zichtbaar worden.

In het *Fit for 55*-pakket stelt de Europese Commissie voor om de bindende doelstelling voor het aandeel hernieuwbare energie in 2030 op Europees niveau te verhogen van 32 naar 40 procent. Het totaalaandeel omvat geen directe verplichting voor lidstaten, maar deze moeten wel aangeven welke bijdrage ze aan het doel zullen leveren. Wanneer de optelsom van lidstaatbijdragen tekortschiet, treedt een borgingsmechanisme in werking, waarmee de Commissie lidstaten kan aansporen hun bijdrage te verhogen. De Commissie rekent voor Nederland als een kostenefficiënte bijdrage met een aandeel hernieuwbare energie van 36 procent. In deze KEV-raming is het aandeel bij voorgenomen beleid in 2030 op 26 procent geraamd. Om het aandeel tot de genoemde kostenefficiënte bijdrage op te hogen, zou dus een aanzienlijke extra inspanning nodig zijn (PBL 2021).

Vooraf toename hernieuwbare elektriciteit

In 2030 bedraagt het aandeel hernieuwbare elektriciteit in de elektriciteitsproductie 66 tot 73 procent. De nettoproductie van hernieuwbare elektriciteit ligt dan naar verwachting op 99 terawattuur. Hiervan is 50 terawattuur afkomstig van windenergie op zee en 22 terawattuur van windenergie op land en 23 terawattuur van zonne-energie. Het aandeel hernieuwbare warmte stijgt naar verwachting van

Figuur 4.9
Aandeel hernieuwbare energie



Bron: CBS (realisatie); KEV-raming 2021

8 procent in 2020 naar 12 procent in 2030. Dit is lager dan in de KEV 2020 door minder warmteproductie uit biomassa ten opzichte van de vorige KEV. Het aandeel biobrandstoffen in de transportbrandstoflevering neemt toe van 5 procent in 2020 naar 10 procent in 2030. Het aandeel hernieuwbare energie voor vervoer dat is berekend in de Europese richtlijn is veel groter, onder andere omdat voor die richtlijn sommige biobrandstoffen dubbel mogen tellen.

De eerstkomende jaren gestage toename hernieuwbare energie, na 2025 vertraagt de groei

In de periode tot en met 2025 neemt het verbruik van hernieuwbare energie in Nederland fors toe, van 220 petajoule in 2020 tot 411 petajoule in 2025 (figuur 4.10). Er is een sterke toename bij windenergie, zowel op zee als op land, en bij zonne-energie. Daarnaast stijgt het gebruik van biobrandstoffen in de raming met voorgenomen beleid fors door de aangescherpte jaarverplichting voor hernieuwbare energie in vervoer (zie paragraaf 5.6).

Na 2025 zwakt de groei af (figuur 4.10), in 2030 is de hoeveelheid hernieuwbare energie 526 petajoule. Hier zijn verschillende oorzaken voor, zoals geen toename van windenergie op zee omdat er nog geen nieuwe windgebieden op zee zijn aangewezen voor die periode, en een kleinere toename van zonne-energie vanwege beperkingen in de distributienetwerken voor het aansluiten van nieuwe zonnepanelen-installaties (Netbeheer Nederland 2021).

De inzet van biomassa in elektriciteitscentrales en de industrie neemt af

De meestook van biomassa in kolencentrales zal in de periode tussen 2025 en 2030 worden beëindigd. De vraag naar biomassa voor inzet in warmteketels in de industrie neemt ook af, in tegenstelling tot de ontwikkeling die in de KEV 2020 werd geschetst. De Sociaal-Economische Raad heeft een afwegingskader ontwikkeld voor de productie en toepassingen van biograndstoffen (SER 2020). Bedrijven lijken vanwege de maatschappelijke discussie hierover terughoudend om in te zetten op biomassa. Om die reden neemt de inzet van vaste en vloeibare biomassa in elektriciteitscentrales en de industrie af, van 48 petajoule in 2020 naar 35 petajoule in 2030. De inzet van biogas voor elektriciteits-

warmteproductie of levering aan het gasnet neemt daarentegen toe, van 14 petajoule in 2020 naar 16 petajoule in 2030.

Meer windenergie en biobrandstoffen in de raming dan in de vorige KEV

Het bruto-eindverbruik van hernieuwbare energie in 2030 is in de raming met vastgesteld en voorgenomen beleid in deze KEV circa 28 petajoule hoger dan in de vorige KEV. Voor verschillende hernieuwbare bronnen komt de raming hoger uit: windenergie op land (20 petajoule), biobrandstoffen (12 petajoule), windenergie op zee (8 petajoule) en bodemenergie en buitenluchtwarmte via warmtepompen (7 petajoule). Volgens de *Monitor Wind op Land* (RVO 2021) wordt tot en met 2023 meer windenergie op land verwacht. Verondersteld is dat de trend in de ontwikkeling van nieuwe projecten doorzet richting 2030. Bij windenergie op zee is gerekend met een hoger aantal vollasturen. De raming van biobrandstoffen is hoger dan in de vorige KEV doordat nieuwe regelgeving voor hernieuwbare energie in het vervoer voor de periode 2022-2030 is meegenomen. De hogere raming van bodem- en buitenluchtwarmte komt door de toename van zogenoemde lucht-luchtwarmtepompen (vaste airco's) bij huishoudens die voor een beperkt aantal uren per jaar voor verwarming worden gebruikt, meer toepassing van warmtepompen in de glastuinbouw en een toenemend gebruik van aquathermie. Daarentegen komt de raming 14 petajoule lager uit voor biomassa, 4 petajoule lager voor geothermie en 2 petajoule lager voor zonnestroom. De verwachtingen voor biomassa zijn lager door de discussie over biomassa en minder biomassaketels in de industrie. De raming voor geothermie in de glastuinbouw is lager door de sterke positie van warmte-krachtkoppeling en de concurrentie met goedkopere CO₂-reductieopties in de SDE++. De raming voor zonnestroom is lager door beperkingen in de netwerkcapaciteit.

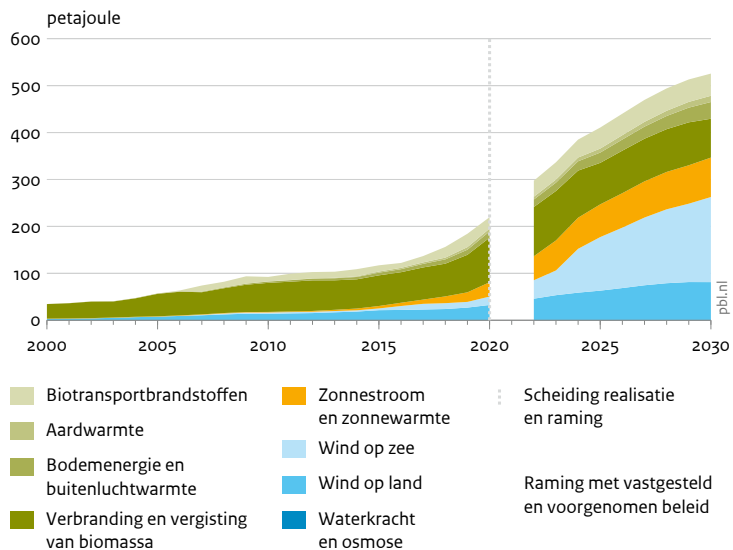
Beleid loopt tegen andere grenzen aan dan budget

In de KEV raming wordt het beschikbare SDE++-budget niet volledig benut; er blijft gemiddeld ongeveer 450 miljoen euro per jaar over. Een conclusie die daaruit kan worden getrokken, is dat de inzet van hernieuwbare energie niet sneller kan toenemen dan is geraamd onder het huidige beleid. Er zijn beperkingen, zoals bij de netwerkinfrastructuur, die een toename van met name grootschalige inzet van zonnepanelen begrenzen. Een andere reden waarom er budget overblijft, is de hoge CO₂-prijs in de KEV raming, waardoor de beschikbare subsidie voor de CO₂-emissiereductie in de industrie niet wordt uitgeput (zie hoofdstuk 5).

De SDE++-regeling biedt ruimte voor duurdere opties zoals de inzet van waterstof en groen gas. Deze opties hebben echter tijd nodig, de inzet van groen gas uit vergassing van biomassa neemt naar verwachting vooral na 2035 toe. Daarbij is het wel onzeker hoeveel binnenlandse of buitenlandse biomassastromen beschikbaar komen voor vergassing op een schaal van enkele miljarden kubieke meters per jaar. Voor waterstof is het huidige beleidsinstrumentarium onvoldoende voor grootschalige uitrol.

Figuur 4.10

Bruto-eindverbruik hernieuwbare energie per technologie



Bron: CBS (realisatie); KEV-raming 2021

Belangrijkste bevindingen

- De emissies in de sector elektriciteit dalen vooral door meer inzet van hernieuwbare energie en minder inzet van kolen, maar de omvang van die daling is onzeker.
- De CO₂-emissie door de sector industrie daalt naar verwachting fors, vooral door reductiemaatregelen die het effect zijn van de CO₂-heffing in combinatie met een verbreding van de SDE++-regeling.
- Doordat het beleid voor de aardgasvrije wijkenaanpak en de eindnorm voor de utiliteitsbouw vertraagd is, is er slechts een beperkte daling geraamd van de CO₂-emissies door de sector gebouwde omgeving.
- De aanpassing van de Opslag Duurzame Energie (ODE), de sterke positie van warmte-krachtkoppeling en de ongunstige positie van hernieuwbare warmte in de SDE++-regeling belemmeren de emissiereductie binnen de glastuinbouw.
- De methaanemissies door de landbouw dalen beperkt door een verwachte krimp van de veestapel als effect van het beleid, maar met beperkte invloed vanuit het Klimaatakkoord.
- De emissies als gevolg van landgebruik dalen doordat het areaal grasland dat koolstof vastlegt stijgt, terwijl het areaal veengronden dat CO₂ emitteert autonoom afneemt.
- Na herstel van de coronacrisis wordt in de sector mobiliteit een structurele daling van de broeikasgasemissies geraamd. Dat is een trendbreuk.





5

Sectorale
ontwikkelingen
en broeikasgas-
emissies

In dit hoofdstuk gaan we per sector dieper in op de in hoofdstuk 3 besproken sectorale ontwikkelingen en de gerealiseerde en geraamde broeikasgasemissies. In de KEV hanteren we dezelfde sectorindeling als die in het Klimaatakkoord. Het gaat om de sectoren elektriciteit, industrie, gebouwde omgeving, landbouw, landgebruik en mobiliteit. In de laatste paragraaf van dit hoofdstuk lichten we de broeikasgasemissies toe uit afgezette bunkerbrandstoffen voor de internationale lucht- en scheepvaart. Deze emissies worden beleidsmatig niet aan Nederland toegerekend.

We beginnen de paragrafen telkens met een beschrijving van de ontwikkelingen in de sectorale broeikasgasemissies. Daarna behandelen we de onderliggende relevante ontwikkelingen binnen een sector, zoals het kolenverbruik door elektriciteitscentrales, het aardgasverbruik door huishoudens, of de ontwikkeling in het aantal elektrische auto's in de sector mobiliteit. Als laatste onderdeel van de paragrafen verklaren we de belangrijkste verschillen met de vorige KEV-raming.

5.1 Elektriciteit

In deze paragraaf beschrijven we de ontwikkelingen in de broeikasgasemissies van de elektriciteitssector tot en met 2030. Omdat de ontwikkelingen in het gebruik van fossiele brandstoffen voor de elektriciteitsproductie al in paragraaf 4.2.1 uitgebreid aan de orde zijn geweest, lichten we deze hier alleen op hoofdlijnen toe.

De sector elektriciteit omvat de elektriciteits- en warmteproductie van de elektriciteitsproductiebedrijven en die van de joint ventures. De productie van elektriciteit en warmte door warmte-krachtkoppelings-

installaties (WKK-installaties) die in volledig eigendom zijn van andere bedrijven, wordt meegenomen bij de sectoren waar deze installaties staan. Enkele industriële activiteiten die internationaal gezien onder de energiesector vallen (zoals raffinaderijen), zijn in het Nederlandse Klimaatakkoord bij de sector industrie geplaatst; deze komen daarom niet hier, maar in paragraaf 5.2 aan bod.

5.1.1 Broeikasgasemissies

Sterke daling emissies in de elektriciteitssector in 2020

Tussen 2000 en 2015 variëren de emissies van broeikasgassen in de elektriciteitssector rond de 50 megaton, afhankelijk van de omvang van de netto-import van elektriciteit en de rol van de kolen- en gascentrales in die jaren (zie paragraaf 4.2.1). Na 2015 dalen de emissies, met een sterke afname van 41,5 megaton in 2019 naar 32,9 megaton in 2020. Een belangrijke oorzaak hiervoor is de sluiting van de Hemwegkolencentrale eind 2019 en de uitval van de Riverstonekolencentrale die gedurende een groot deel van dat jaar buiten bedrijf was. Daarnaast maakten de hoge CO₂-prijs en de lage gasprijs dat de marktomstandigheden voor de andere kolencentrales ongunstig waren. De toename van de productie van hernieuwbare bronnen zoals zon en wind droeg ook bij aan de afname van de CO₂-uitstoot. Een laatste oorzaak voor de daling van de emissies is de afname in 2020 van de vraag naar elektriciteit in Europa als gevolg van de coronacrisis.

Grote onzekerheid toekomstige broeikasgasemissies elektriciteitssector

De Nederlandse elektriciteitsmarkt is onderdeel van de grotere Noordwest-Europese elektriciteitsmarkt. Elektriciteit wordt daar geproduceerd waar de productiekosten het laagst zijn, rekening houdend met de capaciteit van de netwerkverbindingen tussen landen.

De concurrentiepositie van de kolen- en gascentrales in Nederland hangt onder andere af van de brandstof- en CO₂-prijzen, van de beschikbare capaciteit in andere landen én van het weer dat de productie van elektriciteit uit wind, zon en waterkracht bepaalt. De raming van de broeikasgasemissies in de elektriciteitssector kent daardoor een inherent grote onzekerheid. Een meest waarschijnlijk middenscenario voor de raming in de KEV van de elektriciteitsproductie is niet aan te wijzen, maar meerdere scenario's zijn denkbaar. Daarom geven we alleen een bereik voor de toekomstige ontwikkeling van de broeikasgasemissies in de elektriciteitssector, rekening houdend met de onzekerheid over de ontwikkelingen in het buitenland en de prijzen van brandstoffen en CO₂. Onzekerheid over de ontwikkelingen binnen Nederland zijn alleen meegenomen in de bandbreedte voor 2030 die is gebaseerd op de onzekerheidsanalyse.

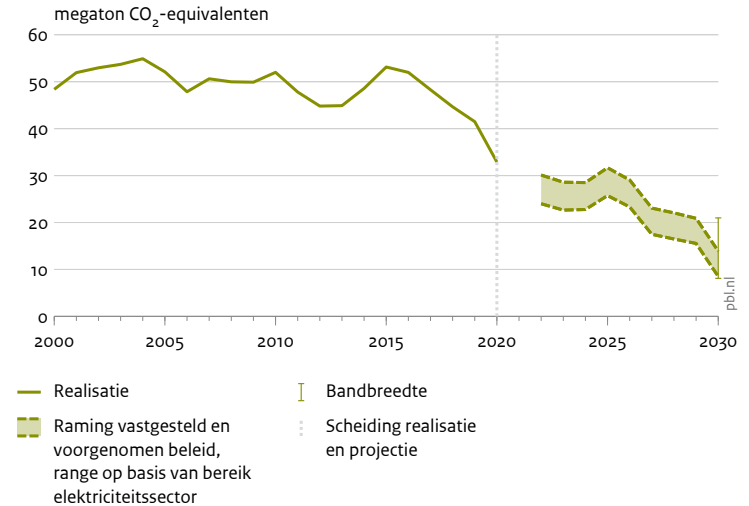
Dalende trend emissies door toename productie hernieuwbare elektriciteit in Europa

Tot en met 2024 geldt een wettelijke beperking van de productie van elektriciteit uit kolen. In de raming voor 2023 en 2024 is daarom een daling van de emissies te zien. Daarna zouden de emissies weer kunnen stijgen, afhankelijk van de marktomstandigheden voor kolencentrales vanaf 2025 en afhankelijk van de wijze waarop vraag en aanbod buiten Nederland zich ontwikkelen.

Na 2025 vertonen de emissies een dalende trend (figuur 5.1). Een belangrijke reden hiervoor is de toename van de elektriciteitsproductie uit zon en wind richting 2030. Hierdoor daalt de productie uit kolen en gas (figuur 5.2), en daarmee de emissie van broeikasgassen. Daarnaast worden in de Velsencentrale minder restgassen ingezet, doordat de levering daarvan fors afneemt als gevolg van het Everest-project bij Tata Steel voor de afvang en opslag van CO₂. Hierdoor dalen de emissies in de

Figuur 5.1

Emissie broeikasgassen door sector elektriciteit



Bron: Emissieregistratie (realisatie); KEV-raming 2021

electriciteitssector met een kleine 5 megaton. Tot slot dalen de emissies in 2030 door de geplande sluiting van de laatste drie kolencentrales in Nederland. De emissies dalen naar verwachting naar een bereik tussen 9 en 14 megaton CO₂-equivalenten in 2030, mits het Everest-project doorgaat; het is echter niet zeker of dat project daadwerkelijk doorgang vindt. De emissies in de elektriciteitssector zouden daarom beduidend hoger kunnen uitvallen, zoals aangegeven in het bandbreedte in figuur 5.1. De bandbreedte inclusief onzekerheden in de Nederlandse situatie bedraagt 8-21 megaton in 2030.

De emissies dalen dus, hoewel de vraag naar elektriciteit in Nederland stijgt van 117 terawattuur in 2020 naar 132 [125-140] terawattuur in 2030.

Verschillen met de KEV 2020

De bandbreedte voor de broeikasgasemissies van de elektriciteitssector ligt in deze KEV lager dan die in de KEV 2020, namelijk 8 tot 21 megaton in plaats van 11 tot 25 megaton. Een van de redenen hiervoor is dat de productie van elektriciteit uit zon en wind in Europa sneller toeneemt dan eerder was verwacht. Hierdoor dalen de export van elektriciteit en de elektriciteitsopwekking uit gas sterker dan in de KEV 2020 is verondersteld. Deze dalende trend wordt echter deels tenietgedaan doordat in de KEV 2021 een hogere elektriciteitsvraag is verondersteld dan in de KEV 2020. Netto resulteert er daarom een beperkte daling van de bandbreedte.

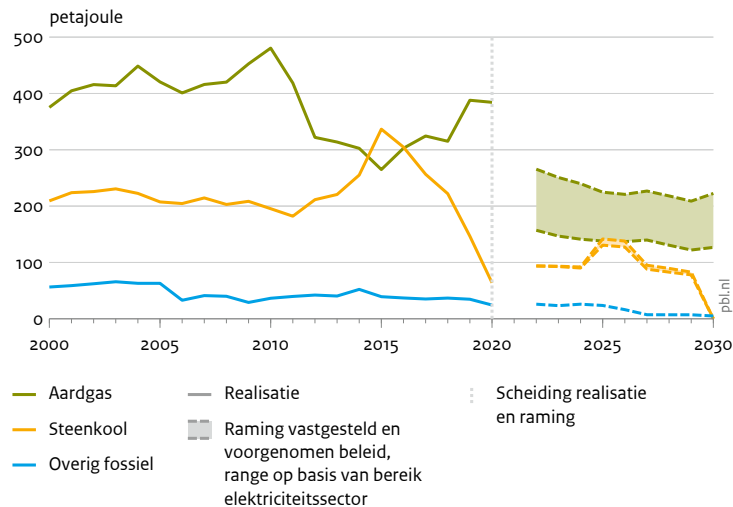
Net als in de KEV 2020 is in deze KEV de onzekerheid rond het Everest-project bij Tata Steel in de bandbreedte meegenomen. Aan de bovenkant vallen de emissies bijna 5 megaton hoger uit, aan de onderkant van de bandbreedte is ervan uitgegaan dat het project doorgang vindt en is de emissiereductie wel meegenomen (zie ook paragraaf 5.2 voor meer informatie over dit project).

5.2 Industrie

In deze paragraaf staat de sector industrie centraal: hoe ontwikkelen de broeikasgasemissies en het energieverbruik zich daar? De sector industrie omvat de voedings- en genotmiddelenindustrie, de basismetaalindustrie, de chemische industrie, de papier- en kartonindustrie, de bouwmaterialenindustrie, de overige industrie, de bouwnijverheid, de

Figuur 5.2

Verbruik fossiele brandstoffen door sector elektriciteit



Bron: CBS (realisatie); KEV-raming 2021

raffinaderijen, de cokesfabrieken, de winning, het transport en de distributie van energie, afvalbeheer (inclusief afvalverbrandingsinstallaties en stortplaatsen), en waterbedrijven. Mobile werktuigen in deze sector komen aan de orde bij de sector mobiliteit (paragraaf 5.6).

5.2.1 Broeikasgasemissies

Daling broeikasgassen tot 2020 vooral gerealiseerd bij overige broeikasgassen

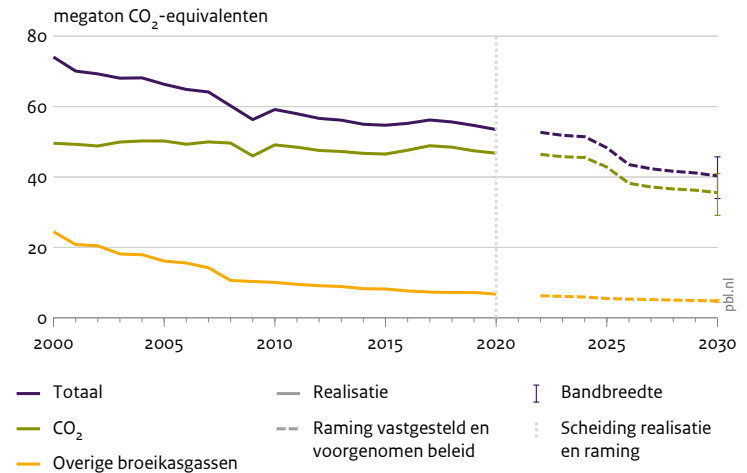
De emissie van broeikasgassen door de industrie is gedaald, van 74 megaton in 2000 naar 53 megaton in 2020 (figuur 5.3). Dit is vooral het gevolg van een daling in de uitstoot van overige broeikasgassen van 24 megaton CO₂-equivalenten in 2000 naar 7 megaton in 2020. De CO₂-uitstoot van de industrie daalde slechts beperkt, van 50 megaton in 2000 naar 47 megaton in 2020. Het effect van de kredietcrisis is duidelijk zichtbaar in de periode van 2007 tot en met 2009. Opvallend is dat de coronacrisis maar een beperkt effect heeft gehad op de broeikasgasemissies van de energie-intensieve industrie.

CO₂-emissie industrie daalt naar verwachting richting 2030, vooral door CO₂-heffing en SDE++

Naar verwachting daalt de broeikasgasemissie van de industrie naar 40,3 [34-46] megaton in 2030, waarvan 35,5 [29-41] megaton CO₂ en 4,8 [4,4-5,1] megaton overige broeikasgassen. De CO₂-emissies dalen vooral doordat de industrie in emissiereducerende maatregelen investeert. De grootste beleidsimpuls voor het nemen van deze maatregelen gaat uit van de nieuwe CO₂-heffing voor de industrie, in combinatie met de Stimuleringsregeling Duurzame Energietransitie (SDE++). Ook de emissie van overige broeikasgassen neemt af, onder andere doordat bedrijven maatregelen nemen om industriële lachgasemissies (N₂O) te beperken. De beleidsontwikkelingen bespreken we verderop in deze paragraaf.

De reductiedoelstelling voor de industrie, zoals afgesproken in het Klimaatakkoord, houdt in dat de broeikasgasemissie door de industrie in 2030 maximaal 39,9 megaton CO₂-equivalenten mag zijn (zie

Figuur 5.3
Emissie broeikasgassen door industrie



Bron: Emissieregistratie (realisatie); KEV-raming 2021

paragraaf 3.5). De centrale raming komt uit in de buurt van dat doel, maar de onzekerheid over de emissies in 2030 is groot. Reductiemaatregelen bij de bedrijven die onder de CO₂-heffing vallen, leiden naar verwachting tot een afname van tussen 9 en 16 megaton CO₂-equivalenten ten opzichte van de situatie zonder CO₂-heffing en SDE++. CO₂-afvang en -opslag (CCS) – inclusief CCS voor de productie van blauwe waterstof en CCS bij de emissies van restgassen van Tata Steel – heeft hierin naar verwachting het grootste aandeel (5-11 megaton), gevolgd door elektrificatie (2-4 megaton), energiebesparing (1-2 megaton) en reducties bij lachgasemissies (circa 1 megaton). De onzekerheden –

ook wat betreft de technische invulling – zijn groot, onder meer omdat veel projecten een lange doorlooptijd hebben en afhankelijk zijn van het tijdig realiseren van infrastructuur voor CO₂, elektriciteit of waterstof. Ook door vergunningstrajecten (stikstof) kan vertraging ontstaan. Bij vertraging of het uiteindelijk niet doorgaan van grote (CCS-)projecten die een broeikasgasreductie van meerdere megatonnen opleveren, is het de vraag of andere projecten tijdig het gat kunnen vullen en, zo ja, welke projecten dat zijn. Bovendien is het voor bedrijven vooral in dergelijke gevallen aantrekkelijk om hun toevlucht te nemen tot de (tijdelijke) inzet van groengascertificaten (zie ook paragraaf 5.2.2). Andere bronnen van onzekerheid zijn of het SDE+-budget in samenhang met de ETS-prijs toereikend is, de kosten van reductieopties en de sectorale groei (Koelemeijer et al. 2020).

De industrie staat onder grote druk om snel te veranderen

Een trendbreuk is nodig om de emissiereductiedoelstelling uit het Klimaatakkoord te halen. In de *Kamerbrief Visie basisindustrie 2050* (EZK 2020b) heeft het kabinet geschetst hoe het de basisindustrie wil behouden en verduurzamen. Vanwege de Urgenda-doelstelling heeft het kabinet ook diverse beleidsinstrumenten ingezet om op korte termijn een emissiereductie te realiseren. De druk op de industrie wordt ook opgevoerd door de hogere ambities van de Europese Unie. De rechtbank in Den Haag heeft in mei 2021 reductieverplichtingen opgelegd aan Royal Dutch Shell. De industrie heeft veel plannen ontwikkeld voor grote projecten, zoals Porthos, Everest en H-Vision. De industriële clusters hebben hun verduurzamingsplannen voor 2030-2050 gepubliceerd in de zogenoemde koplopersprogramma's (RVO 2021a) en hun behoefte aan infrastructuur hebben ze aangegeven in Cluster Energie Strategieën (CES-en) (EZK 2021a).

Industriële productie neemt toe

Uitgangspunt in de raming is dat de economische groei zich na de coronarecessie herstelt. De economische groei van de energie-intensieve industrie is gebaseerd op een studie van CE Delft (zie Vergeer et al. 2021). CE Delft verwacht dat de Nederlandse industrie op lange termijn blijft groeien met maximaal dezelfde trend als het bruto binnenlands product, met uitzondering van de sector basismetaal (die op langere termijn stabiel blijft) en de raffinage (die te maken krijgt met krimp). Voor een aantal sectoren zijn we in deze KEV afgeweken van het beeld uit de studie van CE Delft om rekening te kunnen houden met actuele ontwikkelingen in diverse sectoren, waaronder de basismetaal, de anorganische basischemie, de cementindustrie en de raffinagesector. Hiervoor hebben we informatie gebruikt die afkomstig is uit contacten met diverse bedrijven. Voor de branches binnen de voedingsindustrie waarin vooral producten uit de Nederlandse landbouw (aardappel-zetmeel, melkproducten, suiker) worden verwerkt, is de raming in lijn gebracht met de door het PBL geraamde ontwikkelingen in de relevante landbouwsectoren.

Minder warmte-krachtkoppeling in de industrie

In de raming neemt het gebruik van warmte-krachtkoppeling (WKK) in de industrie steeds verder af. De inzet daarvan daalt van 215 petajoule in 2020 naar 126 petajoule in 2030. Deze daling vindt vooral plaats bij aardgasgestookte WKK-installaties en verlaagt de directe CO₂-emissie van de industrie. Factoren die hierin een rol spelen zijn de brandstof-, CO₂- en elektriciteitsprijzen en de opkomst van concurrerende opties, zoals warmtepompen en elektrische boilers. Zo stijgen de aardgas-prijzen in de periode 2020-2030 harder dan de elektriciteitsprijzen, wat ongunstig is voor de positie van warmte-krachtkoppeling.

Fossiele WKK-installaties passen niet goed in een toekomstbeeld van een klimaatneutrale industrie, dus daarom wordt er minder geherinvesteerd.

De warmtelevering door WKK-installaties die in eigendom zijn van energiebedrijven (of joint ventures) aan de industrie neemt ook af. Dit laatste kan juist leiden tot extra CO₂-emissie in de industrie, wanneer bedrijven met aardgasketels in hun warmte gaan voorzien.

De oliedoorzet van de raffinaderijen daalt richting 2030

Door een afgenomen vraag naar olieproducten is de oliedoorzet in de Nederlandse raffinagesector in 2020 gedaald ten opzichte van 2019. De coronacrisis in combinatie met de sluiting van destillatiecapaciteit heeft erin geresulteerd dat de doorzet van ruwe olie met circa 10 procent is afgenomen. Hoewel er voor 2021 een relatief sterk economisch herstel wordt verwacht, ook voor de Nederlandse raffinagesector, zal de oliedoorzet naar verwachting maar zeer beperkt stijgen ten opzichte van 2020, en vervolgens dalen richting 2030 en daarna (zie ook paragraaf 4.2.4). Het effect hiervan is dat het verbruik van fossiele brandstoffen door de raffinaderijen zal afnemen en dat ook de CO₂-emissie zal dalen. Deze daling wordt beperkt doordat de verwachte verandering van het productportfolio van de raffinaderijen leidt tot een hoger energieverbruik per eenheid geproduceerde brandstof.

Olie- en gaswinning heeft methaanemissies verminderd

De broeikasgasemissies door de olie- en gaswinningsbedrijven zijn gedaald van 2,8 megaton CO₂-equivalenten in 2000 tot 2,0 megaton in 2020 en blijven naar verwachting tot 2030 min of meer stabiel rond dit niveau. Het aandeel van emissies uit winning neemt af, dat van emissies uit transport en distributie neemt toe. De broeikasgasemissies van de

winningsbedrijven zijn van diverse oorsprong: er komt CO₂ vrij bij het energetisch inzetten van gas in de productie-installaties en bij het affakkelen van gas (flaring) en er komen methaanemissies vrij uit lekken in het transport- en distributienetwerk van gas en bij het afblazen van ruw gas op productielocaties (venting), voornamelijk op zee. Er wordt enerzijds een afname in de emissies verwacht door een daling van de gaswinning, maar anderzijds is er per eenheid gewonnen gas meer gas nodig. De methaanemissies dalen doordat er minder lekkages zijn en het afblazen van ruw gas wordt beperkt, dit laatste mede door het Convenant Offshore Methaan Emissiereductie 2019-2020 (NOGEPa 2021).

ESR-emissies industrie dalen richting 2030

De broeikasgasemissie van de niet-energie-intensieve industrie die onder de ESD- en ESR-richtlijnen¹ vallen bedroeg in 2020 12² megaton

¹ De *Effort Sharing Directive* (ESD) is van toepassing op de periode 2013-2020 en de *Effort Sharing Regulation* (ESR) is van toepassing op de periode 2021-2030 (zie hoofdstuk 3).

² De KEV-raming voor de industriële ESR-emissie voor 2020 is onder andere gebaseerd op een voorlopige emissiestatistiek van de Emissieregistratie (ER) en deze kwam in eerste instantie uit op circa 14 megaton. Omdat er aanwijzingen waren dat deze waarde te hoog was, is er voor de ramingen van de KEV een inschatting gemaakt van de geschatte afwijking. De onzekerheden rond deze afwijking zijn ook in de bandbreedte voor de industrie verwerkt. De voorlopige emissies zijn echter later nog bijgesteld door de ER. Daaruit bleek dat de afwijking nog wat groter was dan eerder ingeschat, maar dit kon niet meer verwerkt worden in de puntwaarde van de raming. Een gevolg hiervan is dat de raming voor de ESR-emissies bij de industrie in 2030 waarschijnlijk iets te hoog ligt en in de elektriciteitssector iets te laag (het gaat om een post van bijna 1 megaton op basis van huidige inzichten). De bijstellingen door de ER hebben alleen betrekking op verschuivingen in ESR-aandelen tussen sectoren, en daarom zijn er geen gevolgen voor de totale Nederlandse ESR-emissie.

CO₂-equivalenten. Naar verwachting dalen deze ESR-emissies naar 11 [8-13] megaton in 2030. De methaanemissie uit stortplaatsen is gedaald en deze daling zet tot 2030 door, onder meer vanwege een verwachte halvering van het te storten materiaal vanaf 2020 (Honig 2021). Ook voor het gehalte aan afbreekbare koolstof per ton gestort afval wordt een halvering verwacht. Verder leiden de maatregelen tegen lachgas-emissies, de vermindering van lekkage van koudemiddelen en de vermindering van de import van afval tot lagere ESR-emissies.

5.2.2 Ontwikkelingen in het beleid

Nationale CO₂-heffing voor de industrie ingevoerd in 2021

Sinds 1 januari 2021 legt de CO₂-heffing industrie een minimumprijs voor de uitstoot van broeikasgassen op aan industriële bedrijven die onder het ETS vallen en aan een aantal bronnen buiten het ETS, zoals de afvalverbrandingsinstallaties. De minimumprijs loopt op van 30 euro per ton CO₂-equivalenten in 2021 naar 125 euro per ton CO₂-equivalenten in 2030, uitgaande van het prijspeil van 2020 (Rijksoverheid 2021a). Jaarlijks wordt aan de bedrijven een bepaalde hoeveelheid vrijgestelde uitstootruimte toegekend. Ze krijgen hiervoor dispensatierechten. In 2021 krijgen bedrijven dispensatierechten voor 120 procent van de uitstoot die hoort bij hun ETS-benchmarks vermenigvuldigd met hun activiteitsniveau's. Het aandeel loopt lineair af naar 68,7 procent in 2030 (NEa 2021b). Bedrijven mogen dispensatierechten onderling verhandelen.

Voor de CO₂-heffing gelden de emissieregels van het ETS, tenzij expliciet anders aangegeven in de Wet CO₂-heffing industrie. Dat betekent bijvoorbeeld dat CCS bij biomassa (en dus ook het biogene deel van de opgeslagen CO₂ van afvalverbrandingsinstallaties) niet telt als

emissiereductie, dat bedrijven ook groengascertificaten in kunnen zetten om aan hun verplichtingen te voldoen en dat fossiele CO₂ die aan de glastuinbouw wordt geleverd, blijft meetellen als emissie bij de industrie.

SDE++-regeling open voor niet-hernieuwbare emissiereducerende technieken

Naast de prijsprikkel vanuit de CO₂-heffing kunnen bedrijven voor emissiereducerende maatregelen ook een onrendabele-topsubsidie krijgen vanuit de SDE++. De SDE++ is met ingang van 2020 opengesteld voor niet-hernieuwbare CO₂-emissiereducerende technieken. Bij de eerste openstellingsronde in 2021 gaat het voor de industrie om de benutting van restwarmte, elektrische boilers, industriële warmtepompen, CCS, CO₂-afvang en -gebruik (CCU), en waterstofproductie via elektrolyse. In de najaarsronde is hier de CO₂-arme productie van hernieuwbare brandstoffen aan toegevoegd, maar deze is niet meegenomen in deze KEV-raming. Porthos – een samenwerking tussen Havenbedrijf Rotterdam, Gasunie en Energie Beheer Nederland – ontwikkelt een project om CO₂ van de industrie te transporteren en op te slaan in lege gasvelden onder de Noordzee. Porthos werkt samen met vier potentiële klanten, die een SDE++-beschikking hebben gekregen voor CO₂-afvang en -opslag (Porthos 2021). De infrastructuur van Porthos is ontworpen om circa 5 megaton CO₂ per jaar te kunnen afvoeren en opslaan. In de eerste fase zou naar verwachting circa 2,5 megaton CO₂ per jaar worden opgeslagen (Royal HaskoningDHV 2020). Met de recent aangekondigde koerswijziging van Tata Steel (Tata Steel Europe 2021) is het Everest-project van de baan. Dit wordt in tekstkader 5.1 nader toegelicht.

De SDE++ dekt de onrendabele top van projecten, voor ETS-bedrijven ten opzichte van de ETS-kosten, en rekent de vermeden CO₂-heffing

hierbij niet mee als opbrengst. Voor niet-hernieuwbare reductieopties in de industrie geldt een maximum aan de SDE++-kasuitgaven van 550 miljoen euro per jaar. Doordat het subsidiebedrag per project bij een lagere ETS-prijs hoger is, is de kans bij een lage ETS-prijs groter dat het maximum aan de kasuitgaven beperkend is voor het aantal projecten dat SDE++-subsidie kan krijgen. Bij de ETS-prijs die we in de KEV hanteren, lijkt de kans hierop echter beperkt.

De subsidiëring van CO₂-opslag is begrensd. In het Klimaatakkoord is afgesproken dat totaal maximaal 10,2 megaton CO₂-opslag in aanmerking komt voor SDE++-subsidie, waarvan 7,2 megaton bij de industrie en 3 megaton bij de elektriciteitssector, in het bijzonder de restgassen van de staalsector die nu naar de elektriciteitssector gaan.³

De combinatie van de CO₂-heffing en de SDE++-subsidie zorgt voor een sterke prikkel om emissies te reduceren. Voor besparing op het eindverbruik van energie is de stimulans minder sterk omdat dat meestal niet in aanmerking komt voor de SDE++. Voor energiebesparing bestaan wel andere beleidsinstrumenten, zoals de regeling Versnelde klimaatinvesteringen in de industrie (VEKI) en de Energie-investeringsaftrek (EIA).

Emissies onder de CO₂-heffing vallen deels onder de klimaattafel Elektriciteit

De vormgeving van de CO₂-heffing is erop gericht te waarborgen dat de reductiedoelstelling voor de industrie, zoals afgesproken in het Klimaatakkoord, wordt gerealiseerd. Als de bedrijven onder de heffing in 2030 gezamenlijk minder uitstoten dan de hoeveelheid dispensatie-

³ De juridische bepalingen die aangeven onder welk subsidieplafond een CO₂-opslagproject valt, lijken niet altijd aan te sluiten bij de sector – industrie of elektriciteit – waar de feitelijke emissiereductie plaatsvindt.

rechten én ze individuele overschotten en tekorten onderling verhandelen, gaat er van de heffing geen prikkel tot verdere emissiereductie uit. Als de bedrijven binnen de vrijgestelde uitstootruimte blijven, is dat echter geen garantie dat ook de reductiedoelstelling voor de industrie wordt gehaald. Dat komt doordat ook emissies onder de heffing vallen die niet onder de klimaattafel Industrie vallen, maar onder de klimaattafel Elektriciteit (Koelemeijer et al. 2020). Het gaat dan in het bijzonder om de emissies die ontstaan door restgassen uit de staalindustrie in te zetten voor elektriciteitsproductie door de Velsencentrales. Grote reducties bij die emissies verkleinen daarmee paradoxaal genoeg de kans om het doel voor de klimaattafel Industrie te halen. Het gaat hierbij op basis van de huidige inzichten om circa 5 megaton potentiële emissiereductie buiten de klimaattafel Industrie. In tekstkader 5.1 lichten we dit nader toe.

Risico's op carbon leakage bij het huidige beleidsinstrumentarium naar verwachting beperkt

Als de emissiereductie onvoldoende is om het reductiedoel te halen of als het SDE++-subsidiebudget ontoereikend is, kunnen individuele bedrijven voor aanzienlijke meerkosten komen te staan, die buitenlandse concurrenten niet hebben. In de raming is verondersteld dat het nationale beleidsinstrumentarium voor de industrie er niet toe leidt dat de Nederlandse industrie haar activiteiten en emissies naar elders gaat verplaatsen. De onzekerheid rond de risico's op *carbon leakage*, het verplaatsen van emissies over de grens, is echter groot. De risico's op dergelijke weglekeffecten worden bij het huidige beleidsinstrumentarium als beperkt ingeschat. Deze inschatting is gebaseerd op de opgelopen ETS-prijs en de verwachte verdere stijging tot 2030, en op het gekozen tariefpad voor de CO₂-heffing, de beschikbaarheid van dispensatierechten, de beschikbaarheid van

5.1 Emissiereductie bij de staalindustrie of in de elektriciteitsopwekking?

In het Klimaatakkoord zijn plafonds vastgelegd voor de bijdrage aan de emissiereductie van CO₂-afvang en -opslag (CCS) die in aanmerking komt voor SDE++-subsidie, namelijk jaarlijks 7,2 megaton als onderdeel van de reductieopgave voor de industrie en 3 megaton voor de reductieopgave voor de elektriciteitsopwekking. Die plafonds zijn ook vertaald in plafonds in de Aanwijzingsregeling van de SDE++ (Overheid.nl 2020). Toch is er in de puntwaarde van de KEV verondersteld dat CCS bij de staalindustrie leidt tot een reductie van een kleine 5 megaton CO₂-emissie in de elektriciteitssector. Dat lijkt strijdig met elkaar. In dit tekstkader leggen we uit hoe dit kan, en gaan we ook kort in op de mogelijke gevolgen van de recent gewijzigde plannen van Tata Steel voor de emissiereductie.

Emissies uit de basismetaalsector en bij de elektriciteitsopwekking
De hoogovens van Tata Steel gebruiken kolen en cokes om ijzererts om te zetten in vloeibaar ruwijzer. Daarbij komen grote hoeveelheden restgassen vrij, en het grootste deel daarvan wordt verbrand voor elektriciteitsopwekking in de installaties van de Velsencentrale (Velsen-24, Velsen-25 en IJmond-1). Ongeveer de helft van de CO₂-uitstoot die is terug te voeren op de koleninzet bij de staalproductie, komt uiteindelijk vrij via de schoorstenen van die centrales. Dit zijn emissies die formeel aan de elektriciteitssector worden toegerekend.

De herkomst van het plafond van 3 megaton

Toen het Klimaatakkoord tot stand kwam, was het plan van Tata om een deel van de restgassen te gaan gebruiken voor een andere toepassing, het zogeheten Everest-project. Hierbij zou de koolstof in de restgassen gebruikt worden om nafta van te maken, waarbij er 3 megaton CO₂

onder de Noordzee zou worden opgeslagen. De omgezette restgassen zijn dan niet meer beschikbaar voor de Velsencentrales, waardoor er een emissiereductie van ongeveer 3 megaton optreedt bij die centrales, dus in de elektriciteitssector. Het plafond van 3 megaton CCS bij de elektriciteitssector is gebaseerd op dit plan.

Meer CCS in de basismetaalsector

Later voerde Tata Steel de ambities op (Provincie Noord-Holland 2021; Rijksoverheid 2021b), en was het plan om met het Everest-project een nog grotere hoeveelheid restgassen van de hoogovens om te zetten, en ditmaal in waterstof in plaats van nafta. Daarbij zou bijna 5 megaton CO₂ afgevangen worden voor opslag onder de Noordzee. Daardoor zou de hoeveelheid restgassen richting de centrales nog sterker dalen, waardoor de elektriciteitssector niet 3 maar mogelijk bijna 5 megaton CO₂ minder zou uitstoten.

Meer reductie dan het plafond toelaat?

Dit lijkt strijdig met het plafond van 3 megaton gesubsidieerde CCS bij de elektriciteitssector. Toch is het mogelijk en dat komt door de manier waarop in de Aanwijzingsregeling van de SDE++ de plafonds zijn vastgelegd. Waar de plafonds in het Klimaatakkoord gaan over de sector waar de emissiereductie plaatsvindt, gaan de plafonds in de Aanwijzingsregeling over de hoeveelheid te subsidiëren CO₂-opslag op basis van de economische activiteit waarvan de CO₂ afkomstig is, aan de hand van de SBI-code van de economische activiteit van de subsidieaanvrager. Bij het Everest-project wordt de CO₂ niet afgevangen bij de rookgassen van de centrales, maar bij de restgassen die afkomstig zijn van de staalproductie.

Omdat de CO₂ niet enkel wordt afgevangen bij de activiteit van elektriciteitsproductie maar bij de activiteiten rondom staalproductie, kan het project gebruikmaken van de ruimte onder het industriep plafond van 7,2 megaton. Maar ook kan het project gebruikmaken van de ruimte onder het elektriciteitsplafond van 3 megaton, omdat bij projecten waar emissies worden verminderd bij activiteiten in zowel de elektriciteits- als de staalproductie, voor de subsidietoekenning eerst het elektriciteitsplafond opgevuld wordt, en daarna het industriep plafond. In de nationale CO₂-boekhouding zal het project echter tot een reductie leiden die vooral meetelt bij de elektriciteitssector.

Gevolgen van de nieuwe plannen

Met de recent aangekondigde koerswijziging van Tata Steel (Tata Steel Europe 2021) is het Everest-project van de baan. Uiteindelijk wil Tata Steel voor de staalproductie over op het gebruik van waterstof

in plaats van kolen. Met het nieuwe plan wordt nu in eerste instantie gebruikgemaakt van aardgas, zolang er nog niet voldoende (groene) waterstof is. Hiermee is veel van het bovenstaande niet meer relevant, maar wat wel hetzelfde blijft, is dat ook bij de uitvoering van dit nieuwe plan een groot deel van de emissiereductie plaats gaat vinden bij de elektriciteitssector. Er zullen namelijk ook bij de nieuwe processen minder – en op de lange termijn geen – restgassen geproduceerd worden die bij de Velsentrale tot CO₂-emissies leiden. Voor het nationale streefdoel van 49 procent emissiereductie maakt het uiteraard niet uit bij welke schoorsteen een project in de industrie voor lagere emissies zorgt.

De recente plannen konden niet meer worden opgenomen in de puntwaarde van de KEV, maar de effecten vallen wel ruim binnen de bandbreedtes van deze KEV voor de emissies van de industrie en de elektriciteitssector. Het beeld op hoofdlijnen verandert daarmee niet.

subsidie middelen, de facilitering van de benodigde infrastructuur, de mogelijkheden voor handel in dispensatierechten en de mogelijkheid om zogeheten Garanties van Oorsprong voor groen gas in te zetten als emissiereductieoptie (zie tekstkader 5.2). Deze inschatting sluit aan bij de eerdere analyse van de verkiezingsprogramma's die het PBL uitbracht (PBL 2021a), waarbij geen *carbon leakage* werd verondersteld bij partijvoorstellen die vergelijkbaar waren met de huidige beleidsaanpak. Desalniettemin kunnen er bedrijven zijn waarvoor er een risico bestaat op *carbon leakage*; dit zijn vooral bedrijven die niet zelf over goedkope emissiereductieopties beschikken (PwC 2020).

Beleidskader versnelling realisatie energie-infrastructuur is in ontwikkeling

Het realiseren van energie-infrastructuur voor de industriector is complex en stuit op knelpunten. Zo faalt de coördinatie en zijn er financieringsknelpunten. Om te komen tot een aanzienlijke vermindering van de broeikasgasemissies door de industrie moeten veel verschillende partijen omvangrijke investeringen doen (energieproducenten, energieverbruikers en netbedrijven), die zij ook onderling moeten afstemmen. Tegelijkertijd moeten veel processtappen worden doorlopen, bijvoorbeeld rond het verkrijgen van vergunningen en het doorlopen van ruimtelijke procedures. Op onderdelen moet de wetgeving worden aangepast. Door de onderlinge afhankelijkheden ontstaan risico's die marktpartijen moeilijk kunnen dragen (EZK 2020a; TIKI 2020).

De kern van het coördinatieprobleem is dat beslissingen van veel verschillende partijen van elkaar afhankelijk zijn, met grote financiële, sociaaleconomische en ruimtelijke consequenties. Dit besluitvormingsproces kan alleen stapsgewijs en iteratief worden doorlopen, waarbij partijen steeds verdergaande afspraken maken. Dit proces kan stilvallen indien onduidelijk is wie hierin het voortouw neemt. Om deze knelpunten op te lossen, heeft het kabinet besloten een Nationaal Programma Infrastructuur Duurzame Industrie (PIDI) op te richten. Dit programma heeft als doel de besluitvorming te versnellen over de infrastructuur die nodig is om de emissiereductie in de industrie te realiseren. In het PIDI zijn industriële bedrijven, netbeheerders, energieproducenten, decentrale overheden en het Rijk vertegenwoordigd (EZK 2021a). In het kader van het PIDI hebben de industriële clusters aan Cluster Energiestrategieën (CES-en) gewerkt, waarin ze hun infrastructuurbehoefte aangeven. Voorstellen voor infrastructuurprojecten uit de CES-en die van nationale betekenis zijn en waarvoor versnelling van belang is, kunnen worden opgenomen in het Meerjarenprogramma Infrastructuur Energie en Klimaat (MIEK). In dit meerjarenprogramma moeten diverse studies stapsgewijs leiden tot meer helderheid over nut en noodzaak, eigenaarschap, juridische vastlegging, financiering en de ruimtelijke inpassing van de infrastructuur voor energie en klimaat.

Hiernaast heeft het kabinet besloten de ontwikkeling van een waterstoftransportnet in gang te zetten, onder andere door Gasunie te vragen het transportnet voor waterstof te ontwikkelen (EZK 2021b). Het kabinet werkt aan de marktordening voor waterstof, waaronder het reguleren van de tariefstructuur en de voorwaarden rondom het beheer van het waterstoftransportnet.

SDE++-subsidie is niet toereikend voor opschaling van waterstof uit elektrolyse

Bij de productie van waterstof uit elektrolyse is de SDE++-subsidie niet toereikend om de hele onrendabele top te compenseren. Voor de opschaling van deze vorm van waterstofproductie wordt een instrument ontwikkeld. Vanaf 2022 wordt een subsidieregeling opengesteld met een cumulatief budget van 250 miljoen euro. Ook uit het Nationaal Groeifonds komen waarschijnlijk middelen beschikbaar om toepassingen van groene waterstof versneld mogelijk te maken. Door deze ondersteuning komen we in de raming met voorgenomen beleid tot een groenewaterstofproductie in 2030 van circa 1 petajoule bij een elektrolyservermogen van circa 100 megawatt. De ambitie van het waterstofprogramma uit het Klimaatakkoord is om in 2030 3 tot 4 gigawatt aan geïnstalleerd vermogen aan elektrolyzers te hebben gerealiseerd.

Projecten die met het opschalingsinstrument groene waterstof worden gestimuleerd kunnen, zolang dat past binnen alle subsidievoorwaarden en de Europese staatssteunkaders, ook een bijdrage ontvangen vanuit andere regelingen of fondsen, zoals de Milieu-investeringsaftrek (MIA), het Nationaal Groeifonds, of EU-fondsen zoals de faciliteit voor herstel en veerkracht (*Recovery and Resilience Facility*, RRF). Subsidie uit het opschalingsinstrument kan niet gecombineerd worden met SDE++-subsidie.

Bedrijven nemen maatregelen tegen industriële lachgasemissies

De productie van salpeterzuur, caprolactam en acrylonitril zijn belangrijke emissiebronnen van lachgas. De lachgasemissies zijn tussen 2000 en 2008 sterk gedaald. Deze daling heeft vooral te maken met reductiemaatregelen bij de productie van salpeterzuur, die zijn gestimuleerd door deze met ingang van de tweede handelsperiode (in 2008) onder het Europese ETS te brengen. In het kader van de uitvoering

5.2 Mogelijke effecten van inzet Garanties van Oorsprong voor groen gas

Vanaf 2022 wordt het onder voorwaarden mogelijk om binnen het ETS Garanties van Oorsprong voor gecertificeerd groen gas in te zetten (EC 2020; NEa 2021c). ETS-bedrijven kunnen met dergelijke garanties aantonen dat een deel van het aardgas dat zij verbruiken, is vervangen door groen gas. De bedrijven hoeven voor het deel van hun broeikasgasemissie dat is afgedekt met Garanties van Oorsprong, geen CO₂-emissierechten af te dragen. Voorwaarden hiervoor zijn dat de afnemer en de producent van het gas op hetzelfde gasnet zijn aangesloten en er geen dubbeltelling plaatsvindt. Omdat gasnetten internationaal verbonden zijn, is internationale handel in Garanties van Oorsprong toegestaan.

De systematiek van de nationale CO₂-heffing voor de industrie sluit zoveel mogelijk aan bij die van het ETS. De inzet van Garanties van Oorsprong zal daarom naar verwachting ook worden gehonoreerd onder de nationale CO₂-heffing. Een bedrijf dat onder de CO₂-heffing valt, kan ervoor kiezen om garanties te kopen in plaats van de CO₂-heffing te betalen of dispensatierechten te kopen van andere bedrijven. Dit kan vooral een rol spelen bij bedrijven die niet beschikken over voldoende rendabele reductiemogelijkheden, of als het SDE++-budget niet toereikend is voor de benodigde reducties.

Of het kopen van Garanties van Oorsprong voor bedrijven aantrekkelijk is, hangt af van de prijs ervan. Verwacht mag worden dat de ETS-prijs

een ondergrens zal vormen voor de prijs van dergelijke garanties. Mogelijk kan die prijs hoger uitvallen dan de ETS-prijs, indien er bijvoorbeeld vanuit andere sectoren (gebouwde omgeving, transport) bereidheid is om een hogere prijs te betalen voor oorsprongs garanties of groen gas. De huidige prijzen voor de garanties in Nederland en omliggende landen liggen omgerekend op ongeveer 50 tot 75 euro per ton CO₂. Als de prijs van de garanties aanzienlijk lager ligt dan het tarief van de CO₂-heffing, kan dit de prikkel die uitgaat van de CO₂-heffing om reductiemaatregelen toe te passen, verminderen.

De mogelijkheid tot aankoop van Garanties van Oorsprong vermindert daarom de kans dat de emissiereductiedoelstelling voor de industrie uit het Klimaatakkoord wordt gehaald. Als groen gas in het buitenland wordt geproduceerd, en daarover een garantie wordt afgegeven die een Nederlands bedrijf inzet, dalen de fysieke emissies (conform de IPCC-systematiek) in Nederland immers niet. Het effect van de inzet van Garanties van Oorsprong is in deze KEV onderdeel van de onzekerheid rond de industriële broeikasgasemissie. In de centrale raming is verondersteld dat er in het ETS geen oorsprongs garanties voor groen gas worden ingezet. De mogelijkheid tot aankoop van dergelijke garanties – voor een prijs lager dan de CO₂-heffing – verkleint de kans dat bedrijven de CO₂-heffing moeten betalen, en vermindert daarmee risico's op *carbon leakage*.

van het Urgenda-vonnis is bij de caprolactamproductie een technische reductiemaatregel voor lachgas genomen. In de KEV-raming is

verondersteld dat vanwege de CO₂-heffing vanaf 2025 ook reductiemaatregelen worden genomen bij de productie van acrylonitril.

De lachgasemissies van de industrie dalen zo tussen 2020 en 2030 naar verwachting van 1,5 megaton CO₂-equivalenten naar 0,9 megaton CO₂-equivalenten.

Bedrijven lijken terughoudend ten aanzien van biomassa

De Sociaal-Economische Raad (SER) heeft een afwegingskader ontwikkeld voor de productie en toepassing van biograndstoffen (SER 2020). Bedrijven lijken terughoudend om in te zetten op biomassa vanwege de maatschappelijke discussie hierover. Wanneer het maximum aan de SDE++-kasuitgaven van 550 miljoen euro voor de opties voor niet-hernieuwbare emissiereductie niet beperkend is, zijn de nieuwe investeringen in hernieuwbare opties zoals biomassa in de industrie naar verwachting bescheiden. Maar als het kasuitgavenplafond wel beperkend is, hebben bedrijven op korte termijn waarschijnlijk niet zo veel andere rendabele mogelijkheden dan biomassa in te zetten.

Convenantsperiode MEE en MJA3 geëindigd

De convenantsperiode van de Meerjarenaafspraken Energie-efficiëntie ETS-ondernemingen (MEE) en de Meerjarenaafspraken Energie-efficiëntie 2001-2020 (MJA3) is geëindigd op 1 januari 2021. Met de industrie is gesproken over eventuele opvolgers van de convenanten, maar deze zijn niet verlengd. Zo is er een einde gekomen aan de reeks van convenanten die sinds 1992 zijn gebruikt als beleidsinstrument om energiebesparing in de industrie te stimuleren. Volgens de resultatenbrochure van de convenanten (RVO 2021b) hebben de MEE-bedrijven in 2020 door procesefficiëntie 3,7 petajoule (0,7 procent) bespaard, en de MJA3-bedrijven 3,1 petajoule (1,3 procent). Maatregelen in de binnenlandse productieketen hebben binnen het MEE-convenant een besparing opgeleverd van 1,0 petajoule, en binnen het MJA3-convenant een besparing van 0,5 petajoule. Een bedrijf kan een teruggave van de

energiebelasting en de Opslag Duurzame Energie vragen als het bedrijf meer dan 10 miljoen kilowattuur verbruikt en een meerjarenaafpraak met de overheid heeft afgesloten om de energie-efficiëntie te verbeteren. Hoewel deze teruggaveregeling nog wel bestaat, kunnen de bedrijven er geen gebruik meer van maken omdat de convenanten zijn afgelopen.

Looptijd van het Addendum MEE met een jaar verlengd, maar doelstelling van 9 petajoule niet binnen bereik

In 2017 is het Addendum Meerjarenaafspraken Energie-efficiëntie ETS-ondernemingen (MEE) in werking getreden, dat erop is gericht de ETS-ondernemingen samen 9 petajoule additionele finale energiebesparing te laten realiseren. Elk MEE-bedrijf heeft een aanvullende besparingsopgave gekregen die proportioneel is met zijn energieverbruik. De ETS-ondernemingen hebben zich verplicht tot een compensatie van 12 euro per gigajoule, indien, en voor zover, zij geen invulling geven aan hun besparingsopgave. De Rijksdienst voor Ondernemend Nederland (RVO) monitort de voortgang van de opgave.

De minister van Economische Zaken en Klimaat (EZK) heeft op basis van de monitoring tot en met 2019 geconcludeerd dat de gezamenlijke doelstelling waarschijnlijk niet binnen de looptijd van het Addendum wordt gerealiseerd. Dit heeft ertoe geleid dat het Addendum met een jaar is verlengd tot 31 december 2021. Ondernemingen die hebben aangegeven dat hun projecten door de coronapandemie zijn vertraagd, krijgen zo een extra jaar de tijd om hun besparingsprojecten te realiseren.

Op basis van de meest actuele monitoringscijfers van de RVO komt de prognose voor het eindtotaal van de besparing per 31 december 2021 uit op 8,5 petajoule en wordt de gezamenlijke doelstelling dus niet gehaald. In deze KEV sluiten we aan bij die prognose. Door tegenvallers kan het eindtotaal lager uitkomen. Tot en met eind 2020 is slechts 5,2 petajoule besparing gerealiseerd, terwijl in 2018 plannen voor 9,7 petajoule aan extra besparingsmaatregelen zijn goedgekeurd.

De import van afval daalt

Bij de verbranding van afval door afvalverwerkingsinstallaties komt energie vrij die voor een deel nuttig wordt toegepast voor levering van elektriciteit of warmte. Het afvalaanbod – deels geïmporteerd – is een bepalende factor voor de CO₂-emissies van de afvalverwerkingsinstallaties. Als onderdeel van de Urgenda-maatregelen heeft de overheid per 1 januari 2020 geïmporteerd afval onder de afvalstoffenbelasting gebracht. In de periode 2015-2019 werd er jaarlijks ongeveer 1,5 megaton afval geïmporteerd, vooral uit het Verenigd Koninkrijk. In 2020 daalde de import, waarschijnlijk onder invloed van de belasting op buitenlands afval. De prognose voor de korte termijn is dat de import daalt. Op basis van de ontwikkelingen tot het voorjaar van 2021 is een import die stabiliseert naar een niveau van ongeveer 500-700 kiloton per jaar, het meest waarschijnlijk (RWS 2021). In de KEV-raming veronderstellen we een stabilisatie van de import van afval tot en met 2030 op het niveau van 550 kiloton per jaar, met een bandbreedte van 0 tot 700 kiloton per jaar. Voor het binnenlandse aanbod van afval zijn de ontwikkelingen en het beleid rond recycling en circulariteit van invloed, maar het is onzeker welk effect die hebben op het aanbod.

Hoewel de afvalverwerkingsinstallaties niet onder het ETS vallen, vallen ze wel onder de CO₂-heffing. De vrijgestelde uitstootruimte wordt

bepaald aan de hand van historische emissies en gaat naar verwachting in de laatste jaren voor 2030 knellen, zodat de afvalverwerkingsinstallaties dispensatierechten moeten opkopen van sectoren die een overschot hebben of de CO₂-heffing moeten betalen. CO₂-afvang en -opslag (CCS) bij afvalverwerkingsinstallaties is mogelijk, maar het opslaan van biogene CO₂ wordt niet als negatieve emissie meegerekend.

De energiebesparingsplicht wordt verbreed

De Wet milieubeheer verplicht bedrijven ertoe energiebesparende maatregelen te nemen die zich binnen vijf jaar terugverdienen. Om naleving van de Wet milieubeheer in de industrie en de dienstensector te ondersteunen, is in 2019 de informatieplicht geïntroduceerd en wordt de handhaving versterkt met een ondersteuningsregeling. Dit leidt naar verwachting tot een aardgasbesparing van 2 [1-5] petajoule en een elektriciteitsbesparing van 2 [1-4] petajoule.

Per 1 januari 2023 wordt de energiebesparingsplicht opgelegd aan niet-complexe milieuvergunningplichtige bedrijven (Rijksoverheid 2020a). Ook wordt de energiebesparingsplicht aangevuld met de verplichting om – naast energiebesparende maatregelen – ook andere CO₂-reducerende maatregelen te nemen waarvan de terugverdientijd binnen de vijf jaar valt. De voorgenomen verbreding van de energiebesparingsplicht leidt naar verwachting tot een extra besparing van 2 [1-4] petajoule aardgas en 1 [1-2] petajoule elektriciteit in 2030. Meer toelichting over deze maatregel staat in paragraaf 5.3.

Koudemiddelen met fluorkoolwaterstoffen mogen steeds minder worden gebruikt

In de industrie worden in koelinstallaties koudemiddelen gebruikt die fluorkoolwaterstoffen (HFK's) bevatten, zoals HFK₂₃ en HFK_{134a}. Emissies van fluorkoolwaterstoffen zijn het gevolg van lekkage bij het

bijvullen en aftappen van installaties, en uit de werkende installaties zelf. Op 1 januari 2015 is een EU-verordening (EC 2014) in werking getreden die voorschrijft dat de hoeveelheid op de markt gebrachte koudemiddelen met fluorkoolwaterstoffen in de Europese Unie tussen 2015 en 2030 met 79 procent moet dalen. In de raming is van deze reductie uitgegaan. De totale HFK-emissies dalen tussen 2015 en 2030 met circa 18 procent. Er mogen ieder jaar minder koudemiddelen met fluorkoolwaterstoffen worden gebruikt voor het (bij)vullen van koelinstallaties, maar er blijven emissies vrijkomen bij lekkage van koudemiddelen in bestaande koelinstallaties. De emissies van diverse andere bronnen van overige broeikasgassen worden behandeld in een achtergronddocument (Honig 2021).

5.2.3 Energie

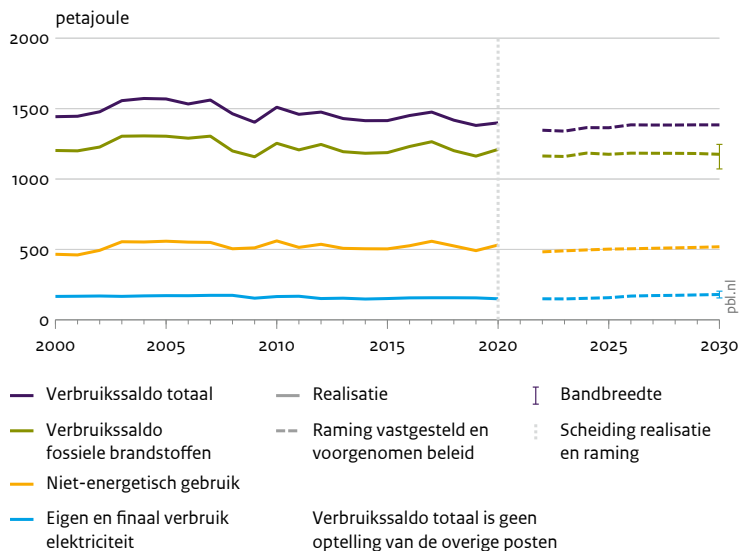
Finaal elektriciteitsverbruik industrie neemt toe, gebruik warmtekrachtkoppeling neemt af

In figuur 5.4 is weergegeven hoe het energieverbruik door de industrie zich in de afgelopen decennia heeft ontwikkeld. Het totale verbruikssaldo is de hoeveelheid energie die de industrie in die jaren verbruikt. Dit betreft voornamelijk verbruik van fossiele brandstoffen. Het totale verbruikssaldo van de industrie is in 2020 circa 1.400 petajoule, waarvan circa 1.200 petajoule verbruik betreft van fossiele brandstoffen. Naar verwachting is het totale verbruikssaldo ook in 2030 circa 1.400 petajoule, waarvan circa 1.200 [1.100-1.270] petajoule verbruik van fossiele brandstoffen. De mutaties zijn dus relatief gering.

Een belangrijk deel van deze fossiele brandstoffen wordt gebruikt als grondstof. Gebruik van energie als grondstof (zogenoemd niet-energetisch gebruik) vindt bijna uitsluitend plaats in de petrochemie,

Figuur 5.4

Energieverbruik en niet-energetisch gebruik door industrie



Bron: CBS, bewerking PBL (realisatie); KEV-raming 2021

de kunstmestindustrie of de industriële gassenindustrie. Het niet-energetisch verbruik van energiedragers is de laatste jaren gemiddeld genomen ruim 500 petajoule. Fluctuaties hangen vaak samen met groot onderhoud, zoals in 2019. In 2030 is het niet-energetisch gebruik naar verwachting nog steeds rond de 500 petajoule.

De figuur laat daarnaast zien hoeveel elektriciteit de industrie benut voor energetische toepassingen (het eigen en finaal verbruik van

elektriciteit). Het eigen en finaal verbruik van elektriciteit neemt naar verwachting toe van 149 petajoule in 2020 naar 180 [156-204] petajoule in 2030. Dit hangt onder meer samen met elektrificatie van de warmte-opwekking, toename van de industriële productie en extra elektriciteitsverbruik voor CCS en waterstofproductie. De productie en de opgestelde capaciteit van WKK-installaties in de industrie gaan naar verwachting aanzienlijk afnemen, zodat de elektriciteitsproductie door WKK-installaties daalt van 49 petajoule in 2020 naar 23 petajoule in 2030. De daling vindt vooral plaats bij fossiel gestookte WKK-installaties, zoals beschreven in paragraaf 5.2.1.

Het verbruik van biomassa in de industrie was 70 petajoule in 2020. Meer dan de helft hiervan betreft het biogene deel van afval dat wordt verbrand in afvalverbrandingsinstallaties. Daarnaast zijn er grotere installaties voor de verbranding van specifieke biomassastromen, zoals gebruikt hout, afvalvetten en slib. Biogas wordt vaak geproduceerd in kleinere installaties. Het verbruik van biomassa in 2030 is naar verwachting 58 petajoule.

Energieverbruik winningsbedrijven neemt af door daling gaswinning

Het fossiele energieverbruik van de winningsbedrijven bestaat voor het merendeel uit de directe inzet van aardgas om compressoren, pompen en turbines op offshore-installaties aan te drijven. Het aardgasverbruik van de winningsbedrijven neemt af doordat de gaswinning afneemt, vooral door de sluiting van het Groningenveld. Omdat velden uitgeput raken, is er echter ook een trend dat er per eenheid gewonnen gas steeds meer energie wordt verbruikt. De winningsbedrijven gebruiken elektriciteit om productie-installaties aan te drijven, voor netgekoppelde compressoren en pompen, en voor de stikstofproductie ten behoeve van de conversie van hoog- naar laagcalorisch gas.

5.2.4 Toelichting op voortgang en potentiële effecten geagendeerd beleid

Kabinet werkt aan ondersteuning van industriële vlaggenschipprojecten

Het kabinet werkt een Nationale Investeringsregeling Klimaatprojecten Industrie (NIKI) uit om zogenoemde vlaggenschipprojecten te kunnen ondersteunen. Dit instrument is te zien als een nationale variant op het Europese Innovation Fund (EZK 2021c). Het kabinet wil *first-of-a-kind*-toepassingen op commerciële schaal realiseren voor vier technieken (CO₂-afvang en -gebruik (CCU), chemische recycling, elektrificatie en biogroundstoffen) om ervaring op te bouwen (EZK 2020b). Naast de NIKI-regeling werkt het ook aan een opschalingsregeling Groene Waterstof. Deze regelingen gaan een snellere uitrol van een breder palet aan technieken stimuleren naast CCS, bijvoorbeeld elektrisch kraken, groene chemie en waterstof, door grote demonstratieprojecten te ondersteunen. Het budget en de vormgeving van de regeling zijn nog niet bekend. In deze KEV-raming van industriële emissies is al een emissiereductie verondersteld als effect van de CO₂-heffing in combinatie met verbreding van de SDE. De KEV-raming kent een grote onzekerheid vanwege het wel of niet realiseren van grote projecten. De NIKI-regeling en de opschalingsregeling Groene Waterstof zullen die onzekerheid verkleinen en zorgen ervoor dat de emissies door de industrie in 2030 naar verwachting lager uitkomen binnen de in de KEV-raming gegeven bandbreedte.

5.2.5 Verschillen met de KEV 2020

CO₂-heffing voor de industrie is in de KEV 2020 nog niet meegenomen

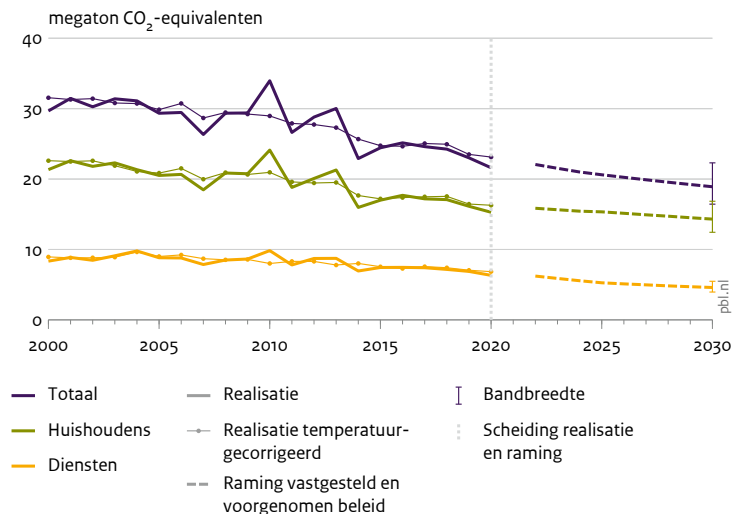
De raming van de broeikasgasemissie door de industrie in 2030 is 13 megaton lager dan in de KEV 2020. In de KEV 2021 is de CO₂-heffing

voor de industrie voor het eerst meegenomen. Bij de vorige KEV was er nog onduidelijkheid over belangrijke parameters in de vormgeving van die heffing. De centrale raming ging ervan uit dat CO₂-afvang en -opslag voor 2030 niet tot stand zou komen zonder CO₂-heffing. Zoals toegelicht, is de economische groei van de energie-intensieve industrie herzien op basis van een studie van CE Delft (Vergeer et al 2021). Hoewel de brandstofprijzen iets lager liggen ten opzichte van de KEV 2020, is de CO₂-prijs hoger waardoor de elektriciteitsprijs niet sterk verschilt. Een deel van de CO₂-emissies die vrijkomen bij de productie van kunstmest, wordt niet meer meegeteld bij de nationale emissies, omdat de kunstmest wordt geëxporteerd. De emissies zijn ook lager doordat de (internationale) rekenregels voor CO₂-emissie gerelateerd aan de koolstofopslag in de kunstmeststof ureum zijn aangepast. Voorheen werd deze koolstof geteld als emissie bij de kunstmestproducenten, nu wordt deze geteld als emissie bij de landbouw op het moment dat de ureum wordt gebruikt.

5.3 Gebouwde omgeving

De sector gebouwde omgeving heeft betrekking op het energieverbruik en de emissies door huishoudens en door bedrijven en organisaties die onder de dienstensector vallen. Het betreft voornamelijk energieverbruik in woningen en gebouwen. Het energieverbruik in gebouwen van bedrijven die niet onder de dienstensector vallen, bijvoorbeeld industriële of landbouwgebouwen, rekenen we mee bij de betreffende sectoren, en valt dus niet onder de gebouwde omgeving. De ontwikkelingen in de subsectoren huishoudens en diensten komen hierna in aparte paragrafen aan de orde.

Figuur 5.5
Emissie broeikasgassen door gebouwde omgeving



Bron: Emissieregistratie, bewerking PBL (realisatie); KEV-raming 2021

De ontwikkeling van de broeikasgasemissie van de gebouwde omgeving en de bijdrage van huishoudens en diensten aan de totale uitstoot van de gebouwde omgeving is weergegeven in figuur 5.5. De totale uitstoot van broeikasgassen uit de gebouwde omgeving daalt van 29,7 megaton CO₂-equivalenten per jaar in 2000 naar 21,6 megaton in 2020 en verder naar 18,9 [16-22] megaton in 2030 in de raming met vastgesteld en voorgenomen beleid. De broeikasgasemissies in de gebouwde omgeving betreft voornamelijk CO₂. De uitstoot van overige broeikasgassen is slechts 0,5 megaton CO₂-equivalenten in 2020 en in de raming

0,6 megaton in 2030. De emissie van overige broeikasgassen betreft de emissie van methaan en lachgas, die vrijkomt in cv-ketels, bij het branden van kaarsen, vreugdevuren, houtkachels en barbecues, het afsteken van vuurwerk, bij septic tanks, en bij productgebruik van bijvoorbeeld oplosmiddelen, spuitbussen en narcosegas.

De uitstoot van broeikasgassen door huishoudens en diensten wordt vrijwel volledig bepaald door het gasverbruik voor ruimteverwarming, warmwaterbereiding en koken. Jaarlijkse verschillen in de uitstoot hangen samen met de gemiddelde temperatuur. In een koud jaar wordt naar verhouding meer gestookt. Figuur 5.5 geeft de ontwikkeling van de emissies met en zonder correctie voor temperatuurschommelingen. In de raming wordt rekening gehouden met een verwachte temperatuurstijging door klimaatverandering op basis van klimaatscenario's van het KNMI (KNMI 2014). Deze temperatuurstijging leidt ook tot een grotere elektriciteitsvraag voor koeling. Hoewel het elektriciteits- en warmteverbruik van woningen en gebouwen wel wordt toegerekend aan de gebouwde omgeving, worden de emissies van broeikasgassen van elektriciteitscentrales en warmtebedrijven toegerekend aan de energiesector.

De CO₂-emissie van huishoudens daalt van 20,7 megaton in 2000 via 14,8 megaton in 2020 naar 13,8 [12-16] megaton in 2030 volgens de raming met voorgenomen beleid. De CO₂-emissie van de dienstensector daalt van 8,1 megaton in 2000 naar 6,3 megaton in 2020 en naar 4,5 [4-5] megaton in 2030 volgens de raming met voorgenomen beleid.

Van de CO₂-emissies van de dienstensector valt slechts 5 procent onder het Europese emissiehandelssysteem (ETS) (circa 0,3 megaton in 2020), het overgrote deel van de emissies valt onder de ESD- en ESR-richtlijnen.⁴

Beoogde emissiereductie klimaattafel Gebouwde omgeving wordt niet gehaald

In het Klimaatakkoord is voor de gebouwde omgeving een indicatieve doelstelling afgesproken van 3,4 megaton CO₂-reductie ten opzichte van de raming uit de *Nationale Energieverkenning 2017* (ECN 2017). Dit komt overeen met een resterende broeikasgasemissie van 15,3 megaton in 2030. Met de geraamde uitstoot van 18,9 megaton wordt de beoogde emissiereductie niet gehaald.

5.3.1 Huishoudens

Energieverbruik per woning daalt

Het aantal huishoudens is in de periode 2000-2020 gestegen van 6,8 miljoen naar 8,0 miljoen en zal verder stijgen naar 8,6 miljoen in 2030. Het aandeel eenpersoonshuishoudens neemt toe, waardoor het gemiddelde aantal bewoners per woning gestaag daalt van 2,27 personen in 2000 naar 2,13 personen in 2020 en volgens prognoses van het CBS naar 2,10 personen in 2030. Het aantal bewoonde woningen stijgt naar verwachting van 7,5 miljoen in 2020 naar 8,2 miljoen in 2030. Het relatieve aandeel meergezinswoningen zal licht stijgen van 35 procent in 2020 naar 37 procent in 2030 (ABF Research 2020).

⁴ De *Effort Sharing Directive* (ESD) is van toepassing op de periode 2013-2020 en de *Effort Sharing Regulation* (ESR) is van toepassing op de periode 2021-2030 (zie hoofdstuk 3).

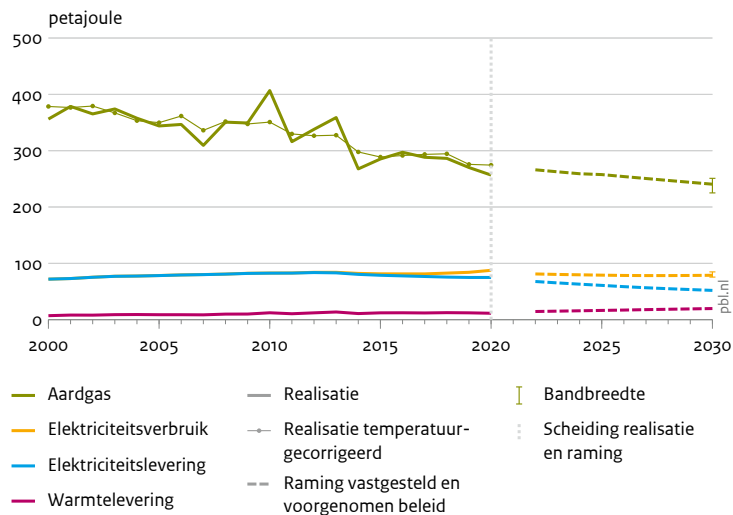
Hoewel het aantal woningen stijgt, daalt het totale energieverbruik per woning al jaren. Het energieverbruik voor ruimteverwarming, warm water, koken en verlichting daalt terwijl het energieverbruik voor elektrische apparaten en koeling stijgt. Dat het verbruik voor verwarming daalt en dat voor koeling stijgt, is mede het gevolg van klimaatverandering, waardoor in de winter minder gestookt hoeft te worden en er 's zomers meer behoefte is aan koeling. Het aantal graaddagen, een maat voor uren dat gestookt moet worden, is in de periode 2000-2020 gedaald met 7 procent en deze trend zal zich doorzetten (KNMI 2014). Alleen al hierdoor is het gasgebruik voor ruimteverwarming in 2030 10 procent lager dan in 2000. Daarnaast dragen isolatie, efficiëntere verwarmingssystemen en apparaten bij aan de daling van het verbruik per huishouden. Nederlanders bereiden hun maaltijden steeds minder alleen op het gasfornuis. Magnetrons, elektrische ovens, waterkokers en dergelijke nemen een deel van het energieverbruik voor hun rekening. Bovendien eten zij steeds meer buiten de deur of laten ze maaltijden bezorgen. Het gasgebruik voor koken daalt daardoor. Ook het gasverbruik voor warmwaterbereiding neemt af door de toename van het aantal vaatwassers en door zuinigere combiketels die efficiënter werken dan geisers of boilers.

Broeikasgasemissies en aardgasverbruik huishoudens dalen, elektriciteitsverbruik stabiliseert en warmtelevering stijgt

De emissie van broeikasgassen door de huishoudens daalt sterk. Sinds 2000 zijn die emissies gedaald van 21 naar 15 megaton in 2020. De verwachting is dat de uitstoot in 2030 verder is gedaald, namelijk naar 14 megaton. De emissies die meetellen voor de sector huishoudens, zijn nagenoeg volledig afkomstig van de verbranding van aardgas. Het verbruik van aardgas is gedaald van 379 petajoule in 2000 naar 274 petajoule in 2020; in 2030 zal dit naar verwachting verder zijn

Figuur 5.6

Finaal aardgas- en elektriciteitsverbruik door huishoudens en warmte- en elektriciteitslevering aan huishoudens



Bron: CBS, bewerking PBL (realisatie); KEV-raming 2021

gedaald naar 241 [225-251] petajoule (figuur 5.6). Naast de eerder genoemde klimaatverandering is de belangrijkste oorzaak van de daling van het aardgasverbruik de toegenomen besparing door isolatie van woningen. Een gemiddelde op aardgas verwarmde woning gebruikt in 2030 volgens deze KEV-raming net iets meer dan 1.000 kubieke meter aardgas.

Ook neemt het aandeel woningen dat is aangesloten op warmtenetten toe. De levering van warmte aan woningen is gestegen van 7 petajoule

in 2000 naar meer dan 11 petajoule in 2020. In 2030 zal dit verder zijn toegenomen naar circa 20 petajoule. Afhankelijk van de bron komen bij het produceren van warmte voor warmtenetten ook broeikasgassen vrij. Deze emissies vallen echter onder de elektriciteitssector en de belangrijkste ontwikkelingen bespreken we in paragraaf 4.2.2 over warmtevoorziening.

Het elektriciteitsverbruik in huishoudens, exclusief het verbruik voor elektrische auto's, is gestegen van 72 petajoule in 2000 naar 88 petajoule in 2020. Aan de ene kant drukken de toenemende efficiëntie van elektrische apparaten en de toepassing van led-verlichting het elektriciteitsverbruik, waardoor tot 2027 in de raming een daling van het elektriciteitsverbruik wordt verwacht naar 78 petajoule. Daartegenover staan een toename van het aantal huishoudens, een toename van het aantal apparaten per huishouden en een toename van het gebruik van bepaalde apparaten voor bijvoorbeeld koeling. Ook een verschuiving van verwarming op aardgas naar verwarming met elektrische warmtepompen leidt tot een grotere elektriciteitsvraag. Door deze tegen-gestelde trends daalt in de raming tot 2027 het elektriciteitsverbruik naar 78 petajoule, waarna vanaf het eind van het decennium het elektriciteitsverbruik naar verwachting gaat stijgen. In 2030 is het elektriciteitsverbruik van huishoudens geraamd op 79 [76-85] petajoule. Net als bij warmtelevering worden de broeikasgassen die vrijkomen bij de productie van elektriciteit, toegerekend aan de elektriciteitssector. Die uitstoot staat beschreven in paragraaf 5.1.

De vraag naar elektriciteit blijft dus min of meer constant, maar de levering van elektriciteit aan huishoudens door elektriciteitsbedrijven neemt sterk af. In 2020 liggen al op 1 miljoen woningen zonnepanelen (Dutch New Energy Research 2020) en die leveren 13 petajoule

zonnestroom. In deze KEV ramen we een toename van de productie van zonnestroom bij huishoudens naar 27 petajoule in 2030. Het aantal zonnepanelen op woningen zal naar verwachting de komende tien jaar dus verdubbelen, waardoor in 2030 34 procent van de jaarlijkse elektriciteitsvraag van de sector huishoudens gedekt kan worden met eigen productie van zonnestroom. In de zomer zullen huishoudens meer elektriciteit leveren aan het net dan ze gebruiken. In de winter blijven huishoudens afhankelijk van centraal geproduceerde elektriciteit.

De winning van hernieuwbare energie bij huishoudens nam toe van 0,5 petajoule in 2000 naar 20 petajoule in 2020 en stijgt in de raming naar 62 petajoule in 2030. In 2020 is het gebruik van hout in kachels en haarden met 16 petajoule nog de grootste bron van hernieuwbare energie bij huishoudens. Door een stijging van 13 petajoule in 2020 naar 27 petajoule is dat in 2030 elektriciteit uit zon. Door de sterke toename van warmtepompen in diezelfde periode stijgt het gebruik van omgevingswarmte door warmtepompen en het gebruik van zonne-warmte door zonneboilers samen van 7 petajoule in 2020 naar 19 petajoule in 2030. Ook die hernieuwbare bron is in dat jaar groter dan biomassa, waarvan in 2030 naar verwachting 16 petajoule wordt gebruikt.

Zuinigere en kleinere apparaten verlagen elektriciteitsverbruik, maar ook veel onzekerheid over verbruik warmtepompen en koeling

Het elektriciteitsverbruik van huishoudens wordt grotendeels bepaald door verlichting en grote apparaten, zoals koelkasten, wasmachines, wasdrogers, vaatwassers en tv's. Het verbruik van deze apparaten zal echter dalen. Strenge Europese efficiëntie-eisen hebben ertoe geleid dat het verbruik per apparaat is gedaald. Huishoudens vervangen hun huidige apparaten geleidelijk voor deze zuinigere exemplaren. Bijna alle huishoudens bezitten inmiddels dergelijke apparaten, waardoor het

bezit ervan nauwelijks meer toeneemt. Het bezit en verbruik van andere kleinere elektrische apparaten, zoals mobiele telefoons, tablets en laptops, neemt nog wel toe, maar deze verbruiken relatief weinig elektriciteit. Bovendien vervangen zij het gebruik van televisies en desktopcomputers die per uur veel meer elektriciteit verbruiken.

Er zijn drie onzekere trends die kunnen leiden tot een hoger elektriciteitsverbruik: een toenemend bezit van elektrische auto's, een toenemend bezit van elektrische warmtepompen en een toenemende vraag naar koeling in woningen. Het verbruik van elektrische auto's wordt toegerekend aan de transportsector (zie paragraaf 5.6). Volledige en hybride warmtepompen kunnen een deel van het verbruik voor verwarming en warmwater gaan invullen. Het grootste deel van deze energie wordt onttrokken uit de omgeving, maar warmtepompen gebruiken ook elektriciteit. Omdat dergelijke warmtepompen vaak toegepast worden in relatief zuinige woningen, is het effect op het elektriciteitsverbruik van de sector huishoudens echter beperkt. In deze KEV gaan we ervan uit dat het elektriciteitsverbruik voor (hybride-) warmtepompen stijgt van 3 petajoule in 2019 naar 9 petajoule in 2030. Door een snellere of langzamere toename van het aantal warmtepompen zou dit elektriciteitsverbruik voor warmtepompen ook 5 petajoule hoger of lager kunnen uitvallen.

Door klimaatverandering zijn er meer en warmere zomerse dagen. Hierdoor neemt de vraag naar koeling toe. In 2020 hebben huishoudens een recordaantal van 150.000 lucht-lucht-warmtepompen voor koeling (airco's) geïnstalleerd (CBS 2021a). Het is onzeker of deze ontwikkeling deels veroorzaakt wordt door de coronacrisis, waardoor mensen massaal thuis aan het werk zijn gegaan of dat deze trend zich ook in de komende jaren doorzet. Ten opzichte van de vorige KEV is de prognose

van het aantal vaste airco's naar boven bijgesteld. We gaan nu uit van een groei met 64.000 systemen per jaar. Dat betekent dat in 2030 15 procent van de huishoudens een vaste airco heeft. Als de stijging veel sneller verloopt, kan dat ook 25 procent worden en zal het geraamde elektriciteitsverbruik 2,5 petajoule hoger zijn dan nu geraamd.

Daarnaast wordt in de raming verondersteld dat het bezit van mobiele airco's stijgt van 5 procent van de huishoudens in 2019 naar 8,5 procent in 2030, maar ook dat aandeel zou veel groter kunnen zijn. Verder is onzeker hoe huishoudens dergelijke koelsystemen gaan gebruiken. Zet een bewoner een airco, als die eenmaal is aangeschaft, aan op elke warme dag of gebruikt hij het apparaat alleen op zeer warme dagen? Er is weinig onderzoek over het koelgedrag van huishoudens, wat de onzekerheid over het elektriciteitsverbruik van huishoudens in de toekomst vergroot.

Toename aantal isolatiemaatregelen in woningen

Jaarlijks worden er honderdduizenden isolatiemaatregelen getroffen in bestaande woningen. Jarenlang schommelde dit aantal rond de 800.000 maatregelen. Via de subsidieregeling energiebesparing eigen huis (SEEH) is in 2019-2020 circa 130 miljoen euro subsidie uitgekeerd.⁵ Ook Verenigingen van Eigenaren hebben meer gebruikgemaakt van deze regeling. Dit alles heeft geleid tot een toename van het aantal getroffen maatregelen. In 2019 en 2020 is een recordaantal van 1,2 miljoen isolatiemaatregelen per jaar toegepast (RVO 2021c). De installatie van

5 Het oorspronkelijke budget voor 2019 en 2020 was 84 miljoen euro voor individuele eigenaren-bewoners en daarnaast enkele miljoenen voor VVE's, waarvoor 10,5 miljoen euro budget beschikbaar was vanaf 2016. Het budget is in december 2020 met 50 miljoen euro overvraagd en het Ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties heeft extra budget beschikbaar gesteld (BZK 2021).

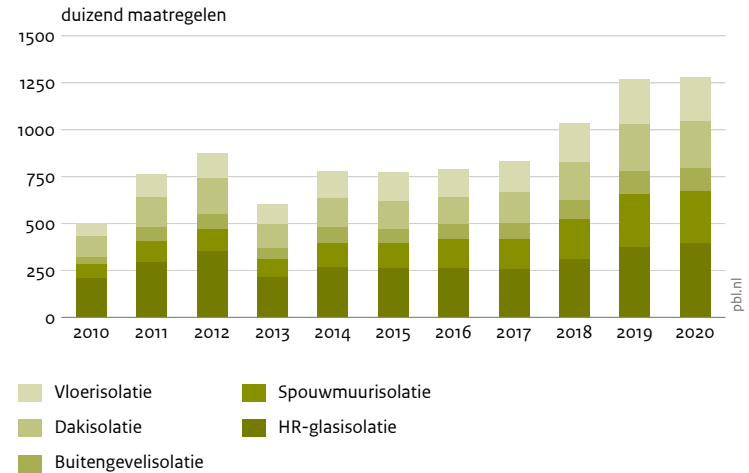
hr++-glas is het meest populair, maar vooral spouwmuurisolatie is sterk in populariteit toegenomen (figuur 5.7).

Verduurzaming van bestaande woningen heeft nauwelijks invloed op totale aantal aardgasvrije woningen

Hoewel in Nederland een cv-ketel op aardgas de meeste gebruikte vorm van verwarming is, zijn er nu al honderdduizenden woningen die hoofdzakelijk met elektriciteit of warmtelevering worden verwarmd. In 2019 was volgens het CBS 6 procent van de woningen aangesloten op stadsverwarming. Eén procentpunt daarvan gebruikt nog aardgas voor bijvoorbeeld koken, de rest is aardgasvrij. (CBS 2021b) In 2020 hadden ruim 78.000 woningen een bodem- en ruim 159.000 woningen een lucht-water-warmtepomp geïnstalleerd (CBS 2021a). Het is niet bekend of dit hybride of volledig elektrische warmtepompen zijn. Tezamen maakt dit dat 3 procent van de Nederlandse woningen geheel of gedeeltelijk verwarmd wordt met elektriciteit. Zowel de historische ontwikkeling van stadsverwarming als de toename van warmtepompen is vrijwel geheel het gevolg van nieuw gebouwde woningen die al bij de oplevering geen conventionele aardgasgestookte cv-ketel hebben. Tot nu toe zijn slechts enkele duizenden bestaande woningen overgegaan van een aardgasgestookte cv-ketel naar een warmtenet of warmtepomp.

Na 2020 wordt een sterkere toename van het aantal aardgasvrije woningen verwacht. Dit is het gevolg van de Startmotor, waardoor 80.000 bestaande woningen op een warmtenet worden aangesloten, en de toename van nul-op-de-meterwoningen, maar vooral van het afschaffen van de aansluitplicht van nieuwbouw op aardgas. In totaal worden er in de periode tot 2030 ongeveer 700.000 woningen bijgebouwd. Ongeveer 20 procent hiervan zal gebouwd worden in gebieden waar bestaande stadsverwarmingsnetten uitgebreid kunnen worden of

Figuur 5.7
Energiebesparende maatregelen in bestaande woningen



Bron: RVO (www.energiecijfers.nl)

nieuwe netten gepland zijn, naar verwachting 75 procent zal met elektrische warmtepompen worden uitgerust. Slechts 5 procent van de nieuwbouw zal nog voorzien worden van een gasgestookte cv-ketel, met name omdat de bouwvergunning al was afgegeven voordat de aansluitplicht voor nieuwbouwwoningen werd afgeschaft. In deze KEV is nog geen effect toegekend aan de aardgasvrije wijkenaanpak na de Startmotor, omdat deze op onderdelen nog moet worden uitgewerkt. De 40.000 woningen (PAW 2021) die een bijdrage hebben gekregen in het kader van de eerste twee rondes proeftuinen aardgasvrije wijken worden niet meegenomen in deze KEV raming. Dit lichten we verderop

toe. Dat betekent dat het aantal bestaande woningen dat in 2030 aardgasvrij gemaakt is, beperkt blijft tot ongeveer 100.000 woningen. In totaal is in de raming verondersteld dat door nieuwbouw en renovatie in 2030 17,5 procent van de woningen zonder aardgas verwarmd zal worden (zie figuur 5.8).

Naast volledig elektrische warmtepompen in aardgasvrije woningen is in de raming verondersteld dat ook steeds meer hybride warmtepompen in woningen worden geïnstalleerd. Daarbij wordt een elektrische warmtepomp gecombineerd met een aardgasgestookte ketel die zorgt voor ruimteverwarming op heel koude winterdagen en voor de bereiding van warm tapwater. In de KEV-raming veronderstellen we dat in 2030 circa 300.000 woningen (minder dan 0,5 procent van de bewoonde woningen) een hybride warmtepomp hebben.

Transitievies Warmte bevinden zich nog in opstartfase

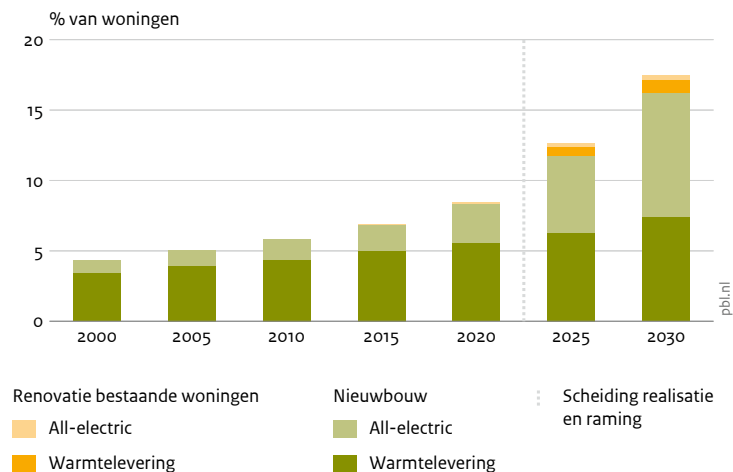
Alle gemeenten moeten eind 2021 een Transitievisie Warmte opgesteld hebben. Daarna volgen de uitvoeringsplannen. Medio maart 2021 zijn er slechts enkele gemeenten die de transitievisie hebben voltooid (Rijksoverheid 2021b). Het is daarom lastig prognoses te maken voor het aantal aardgasvrije woningen dat hiermee wordt beoogd. De meeste gemeenten bevinden zich nog in de beginstadia van het opstellen van de transitievisie en zijn nog niet bezig met het daadwerkelijk implementeren van aardgasvrije plannen.

In de proeftuinen worden op kleine schaal woningen aardgasvrij gemaakt

Op dit moment zijn er 46 aardgasvrije proeftuinen actief. Op 2 juli 2021 is de derde en laatste aanmeldingsronde voor gemeenten opengesteld. De ervaringen uit deze proeftuinen leveren vele belangrijke inzichten over de implementatie van de aardgasvrije transitie op gemeentelijk

Figuur 5.8

Aandeel aardgasvrije woningen



Bron: CBS, Stroomversnelling; bewerking TNO (realisatie); KEV-raming 2021

niveau. Het aantal gerealiseerde aardgasvrije woningen blijft echter nog achter. Verspreid over de proeftuinen zijn nu in totaal 1.167 woningen aardgasvrij gemaakt (peildatum augustus 2021, PAW 2021).

Om het aantal aardgasvrije woningen te vergroten hebben lokale partijen zoals gemeenten ondersteuning nodig van nationale beleidsinstrumenten. Zo bevat het beleidspakket wijkgerichte aanpak maatregelen gericht op financiering, wetgeving en bewonersparticipatie, evenals een aantal convenanten en ondersteunende

maatregelen. Een aantal cruciale elementen van dit beleidspakket is echter nog in ontwikkeling, of heeft vertraging opgelopen.

Het ontbreken van een wettelijk mandaat om bestaande woningen van het aardgas af te halen, het ontbreken van kostendalingen voor aardgasvrije alternatieven en het ontbreken van financiële ondersteuning van gemeenten voor het uitvoeren van de wijkaanpak zetten een rem op de opschaling van het aantal aardgasvrije woningen. Hoewel er steeds meer informatie en hulpmiddelen, zoals de Handreiking Participatie, beschikbaar worden gesteld, worstelen gemeenten met de vraag hoe ze de bewonersparticipatie kunnen inrichten. In de derde ronde proeftuinen worden de vereisten voor het betrekken van bewoners verder aangescherpt; deze aanscherping komt voort uit het bewonerstevredenheidsonderzoek in zeven proeftuinen. Gemeenten moeten aangeven hoe zij de aanpak van draagvlak en betrokkenheid van bewoners borgen. Het is zeer de vraag in hoeverre decentrale overheden en andere uitvoerende partijen met behulp van de genoemde beleidsinstrumenten verdere stappen kunnen zetten met hun wijkplannen.

Geagendeerd beleid: invoering beleidspakket aardgasvrije wijken is vertraagd

Doordat de uitvoering van het beleidspakket aardgasvrije wijken is vertraagd, is het doel van 1,5 miljoen verduurzaamde bestaande woningen en gebouwen in 2030 niet meer haalbaar. Hierdoor kunnen de maatregelen bij huur- en koopwoningen samen niet meer dan 0,5 tot 1,4 megaton CO₂-reductie opleveren in plaats van de beoogde 1,1 tot 2,4 megaton. Zonder extra beleidsmaatregelen is het echter zeer onwaarschijnlijk dat de bovengrens wordt gehaald.

De wijkgerichte aanpak is een complex geheel van verschillende instrumenten die alle noodzakelijk zijn voor het slagen van de wijkaanpak.

Veel van de beleidsinstrumenten die onderdeel zijn van het beleidspakket aardgasvrije wijken, zijn nog niet of slechts ten dele uitgewerkt en ingevuld. Aan de wijkgerichte aanpak is daarom in de KEV 2021 geen effect toegekend.

Een aantal belangrijke juridische, financiële en sociale beleidsinstrumenten van het beleidspakket aardgasvrije wijken heeft vertraging opgelopen. Daarnaast is een aantal in het Klimaatakkoord afgesproken programma's vertraagd, die de basis moeten leggen voor opschaling van de wijkaanpak. De Startmotor, de Renovatieversneller en de proeftuinen aardgasvrije wijken hadden kennis en ervaring over opschaling moeten opleveren, waarmee na de eerste drie jaar woningen en gebouwen op grote schaal verduurzaamd zouden kunnen worden. Met verduurzamen wordt hier bedoeld: de aansluiting op een warmtenet, het installeren van een hybride warmtepomp of volledig elektrisch gaan verwarmen.

Trage Start(motor) beperkt verduurzaming huurwoningen

Volgens de afspraken in het Klimaatakkoord zouden de Startmotor en de bijbehorende Stimuleringsregeling Aardgasvrije Huurwoningen (SAH) moeten leiden tot 100.000 verduurzaamde huurwoningen in 2023. Daarna zou het aantal te verduurzamen woningen door aanvullende afspraken met de huursector verder toenemen naar 200.000 tot 346.000 woningen in 2030. Echter, het huidige budget van de stimuleringsregeling is slechts toereikend om 80.000 woningen te verduurzamen. Bovendien is nu voorzien dat dit programma doorloopt tot 2027, vijf jaar langer dan oorspronkelijk gepland. Er zijn nog geen afspraken gemaakt over de verduurzaming van huurwoningen na afloop van de Startmotor. Door deze vertragingen is het aantal in de PBL-doorrekening uit 2019 (PBL 2019) geraamde woningen niet meer

haalbaar. In plaats daarvan gaat het om de helft daarvan. Dit betekent ook dat het kleinere aantal verduurzaamde huurwoningen tot veel minder CO₂-reductie zal leiden, namelijk maximaal 0,1-0,2 megaton CO₂-reductie in plaats van 0,3-0,5 megaton.

Verduurzaming koopwoningen sterk afhankelijk van beleidsmatige randvoorwaarden

Het aantal te verduurzamen woningen in de koopsector is afhankelijk van de proeftuinen, de Investeringsubsidie Duurzame Energie (ISDE) voor (hybride-) warmtepompen en de Subsidie Energiebesparing Eigen Huis voor isolatie en duurzame installaties. In de doorrekening van het PBL uit 2019 (PBL 2019) is het potentiële effect van bovenstaande maatregelen voor 2030 geraamd op 400.000 tot 900.000 duurzame koopwoningen. Er moet aan nog veel randvoorwaarden worden voldaan om deze aantallen daadwerkelijk te realiseren. Zo is de wettelijke mogelijkheid om woningen af te sluiten van het aardgas niet geregeld. Ook is er nog geen enkel project gestart binnen het innovatieprogramma de Renovatieversneller, dat door schaalvergroting tot een kostendaling moet leiden. Als niet aan de genoemde randvoorwaarden kan worden voldaan, lijkt niet alleen de bovengrens van 900.000 duurzame koopwoningen onhaalbaar en kan bovendien het aantal verduurzaamde koopwoningen in 2030 lager uitvallen dan de 400.000 woningen aan de onderkant van de bandbreedte. Dit resulteert in minder CO₂-reductie dan ingeschat. De onzekerheid is dus heel groot. De potentiële CO₂-reductie in de koopsector in 2030 schatten we nu op maximaal de helft van de oorspronkelijke doorrekening: 0,2-0,9 megaton in plaats van 0,8-1,9 megaton.

Warmtewet 2.0

De aanpassing van de Warmtewet wordt gezien als een belangrijke randvoorwaarde voor het realiseren van meer warmtenetten. In deze nieuwe Warmtewet worden de rollen van het warmtebedrijf en de gemeente bij de aanleg van warmtenetten in de bestaande bouw geregeld. Ook wordt de tariefstructuur voor warmte aangepast en veranderd van op aardgas gebaseerde tarieven in op kosten gebaseerde tarieven. De aanpassing van de Warmtewet is voor onbepaalde tijd uitgesteld vanwege een discussie over de speelruimte binnen de wet voor gemeenten bij keuzes voor samenwerkingsvormen met een warmtebedrijf. Een volgend kabinet moet de aanpassing van de Warmtewet voltooien. Dat betekent dat ook de aanleg van warmtenetten vertraging oploopt.

Vergelijking met de KEV 2020

De CO₂-emissie van huishoudens in 2030 is in de raming van de KEV 2021 een 0,3 megaton hoger dan in de KEV 2020. Het aardgasverbruik in 2030 is 6 petajoule hoger. Dit komt omdat de verwachting voor (hybride-)warmtepompen iets naar beneden is bijgesteld, om beter aan te sluiten bij de statistiek en omdat de Startmotor vooral blijkt in te zetten op warmtenetaansluitingen in plaats van op hybride warmtepompen. Verder leidt een aanpassing van de woningvoorraadgegevens voor 2019, 2020 en 2021 en minder nul-op-de-meterwoningen tot een hoger gasverbruik.

5.3.2 Diensten

In deze paragraaf beschrijven we de belangrijkste ontwikkelingen die invloed hebben op het energieverbruik van de dienstensector.

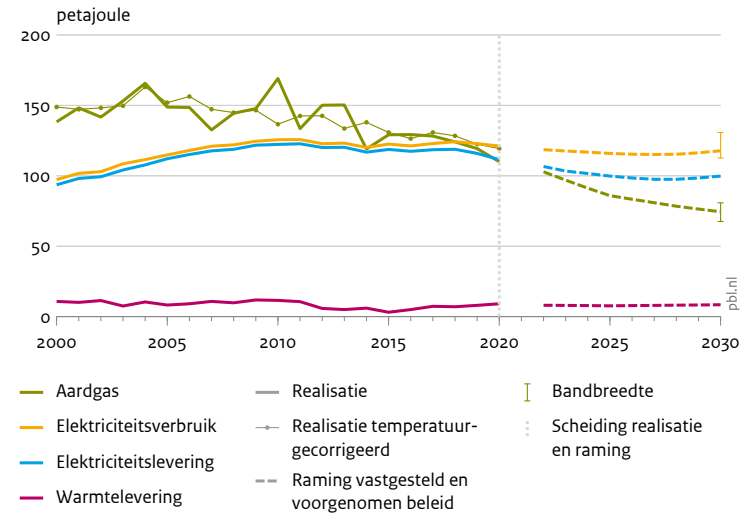
Daling gasverbruik en elektriciteitsverbruik door Wet milieubeheer en Ecodesign

Figuur 5.9 laat de ontwikkeling zien van het gas- en elektriciteitsverbruik van diensten en de levering van elektriciteit aan diensten. De daling van broeikasgasemissies wordt verklaard door een daling van het gasverbruik van 149 petajoule in 2000 naar 119 petajoule in 2020, en een verdere daling naar 74 [68-81] petajoule in 2030 in de raming met voorgenoemd beleid. De daling van het gasverbruik in de periode 2019-2030 is vooral het effect van de handhaving van de energiebesparingsplicht uit de Wet milieubeheer en energiezuinige nieuwbouw met warmtepompen en warmtelevering.

Het elektriciteitsverbruik van de dienstensector is gestegen van 97 petajoule in 2000 naar 126 petajoule in 2011. In de periode daarna daalt het elektriciteitsverbruik naar 121 petajoule in 2020. In de raming met voorgenoemd beleid wordt een verdere daling verwacht naar 118 [113-131] petajoule in 2030. De dalende trend vanaf 2011 is het effect van energiebesparing door efficiëntie-eisen vanuit de Ecodesign-richtlijn aan verlichting, ICT, pompen en ventilatoren in gebouwen. Vanaf 2020 wordt een verdere daling van het elektriciteitsverbruik verwacht door energiebesparing als gevolg van de Wet milieubeheer. De energiebesparing wordt gecompenseerd door de groei van de sector en de toename van elektrische warmtepompen, waardoor de daling in de periode 2019-2030 beperkt is. De levering van elektriciteit door energieleveranciers aan de dienstensector daalt sneller dan het finaal elektriciteitsverbruik door eigen productie van elektriciteit met zonnepanelen. De levering van elektriciteit is naar verwachting nog

Figuur 5.9

Finaal aardgas- en elektriciteitsverbruik door diensten en warmte- en elektriciteitslevering aan diensten



Bron: CBS, bewerking PBL (realisatie); KEV-raming 2021

maar 100 petajoule in 2030. Hierna lichten we de ontwikkelingen die het aardgas- en elektriciteitsverbruik beïnvloeden, verder toe.

Slechts een klein deel van de gebouwen in de dienstensector heeft een aansluiting op een warmtenet; de warmtelevering aan de dienstensector bedraagt circa 8 petajoule.

Beperkte toename bouwvoorraad

De dienstensector omvat een grote diversiteit aan activiteiten en typen gebouwen, zoals kantoren, winkels, scholen, zorginstellingen, sport-accommodaties, hotels, restaurants, theaters en musea, maar ook datacenters, laboratoria, garages en groothandel. Het CBS brengt jaarlijks het vloeroppervlak in de dienstensector in kaart (CBS 2021c). Het totale gebruiksoppervlak in de dienstensector is in de afgelopen jaren eerst toegenomen en vervolgens gedaald, van 416 miljoen vierkante meter in 2014 naar 426 miljoen vierkante meter in 2018 naar 420 miljoen vierkante meter in 2019 en 418 miljoen vierkante meter in 2020. Dit betreft de totale voorraad inclusief leegstand. Op 1 januari 2020 is de leegstand gemiddeld 3 procent. De ontwikkeling is het saldo van een stijgende bouwvoorraad van bedrijfshallen en zorginstellingen, maar een dalende voorraad kantoren, winkels, scholen, ziekenhuizen en gebouwen met bijeenkomstfunctie. In deze KEV is de verwachte ontwikkeling van de bouwvoorraad aangepast aan actuele verwachtingen voor de economische groei en demografische ontwikkelingen richting 2030. In de raming wordt per saldo een toename verondersteld naar 444 miljoen vierkante meter in 2030 (431 miljoen vierkante meter exclusief leegstand). De grootste stijging in het aantal vierkante meters is te zien bij bedrijfshallen, maar ook de voorraad datacenters, laboratoria, supermarkten en zorginstellingen neemt nog toe terwijl de voorraad scholen, winkels, ziekenhuizen en gebouwen met bijeenkomstfunctie verder daalt. De nieuwbouw in de periode 2021 tot en met 2030 is circa 2,6 miljoen vierkante meter per jaar voor de dienstensector als totaal. Deels is dat vervangende nieuwbouw die wordt gecompenseerd door sloop. De voorraad van gebouwen met een specifieke gebruiksfunctie kan ook toe- of afnemen door transformatie van gebouwen naar een andere gebruiksfunctie.

Elektriciteitsverbruik stijgt in specifieke sectoren

In ziekenhuizen en datacenters stijgt het elektriciteitsverbruik harder dan het vloeroppervlak. In ziekenhuizen wordt steeds complexere zorg geleverd en steeds meer gebruik gemaakt van computers en automatisering. Het elektriciteitsverbruik van ziekenhuizen neemt toe van 8 petajoule in 2020 naar 11 petajoule in 2030. Door intensiever gebruik van internet zal het elektriciteitsverbruik van datacenters stijgen van 8 petajoule in 2020 naar 12 petajoule in 2030. De steeds grotere elektriciteitsvraag van datacenters en ziekenhuizen is een belangrijke onzekere factor voor de ontwikkeling van het elektriciteitsverbruik in de dienstensector.

Grootste bijdrage energiebesparing verwacht van handhaving energiebesparingsplicht

Van alle beleidsmaatregelen gericht op de dienstensector verwachten we in de raming het grootste besparingseffect van de handhaving van de energiebesparingsplicht uit de Wet milieubeheer. Dit komt niet alleen door het verplichtende karakter ervan, maar ook omdat alle middelgrote en grootverbruikers in de dienstensector tot de doelgroep behoren. In de Wet milieubeheer is de energiebesparingsplicht vastgelegd: bedrijven zijn verplicht om alle energiebesparende maatregelen te nemen die zich binnen vijf jaar terugverdienen.

Met ingang van 1 juli 2019 is de informatieplicht in werking getreden. Bedrijven zijn per inrichting verplicht in het e-loket van [RVO.nl](https://www.rvo.nl) aan te geven welke maatregelen zij in het kader van de energiebesparingsplicht hebben getroffen. Bedrijven gebruiken daarvoor de erkende maatregellijsten die voor 19 bedrijfstakken zijn opgesteld. Uit monitoringscijfers van RVO blijkt dat op 15 april 2021 meer dan 56.000 inrichtingen hun rapportage hebben ingediend. De RVO schat het aantal inrichtingen

met een rapportageverplichting op 90.000. Een groot deel van de inrichtingen die zich hebben gemeld, heeft een of meerdere maatregelen nog niet genomen, zodat toezicht en verdere beoordeling nodig is.

In de periode 2021-2023 kunnen gemeenten en omgevingsdiensten gebruikmaken van de ondersteuningsregeling Versterkte uitvoering energiebesparings- en informatieplicht. Het budget voor deze regeling is in totaal 19 miljoen euro. Met financiering uit deze regeling kunnen ze diensten laten uitvoeren door externe specialisten op het gebied van energiebesparing. Omgevingsdiensten geven aan zo'n vier tot zes jaar nodig te hebben om alle bedrijven te benaderen die nog niet aan de energiebesparingsplicht voldoen. Een klein deel van het besparingspotentieel blijft waarschijnlijk onbenut, omdat niet alle maatregelen in alle bedrijfstakken kunnen worden afgedwongen. Een maatregel kan lastig te handhaven zijn, omdat deze op een natuurlijk vervangingsmoment moet worden getroffen of omdat handhaving als disproportioneel wordt gezien vanwege huurcontracten.

In december 2020 is in een kamerbrief aangekondigd dat de energiebesparingsplicht per 1 januari 2023 wordt verbreed naar CO₂-reducerende maatregelen en naar milieuvergunningplichtige bedrijven (Rijksoverheid 2020a). Tevens wordt de energiebesparingsplicht opgenomen in het stelsel van de Omgevingswet. Er wordt een knip gemaakt tussen het energieverbruik van gebouwen en milieu-belastende activiteiten (voorheen processen) op een locatie. De Omgevingswet regelt dat de bevoegdheid tot het stellen van milieu-regels voor activiteiten, waaronder energiebesparing, voor onder meer detailhandel, horeca en kantoren, onderwijsinstellingen, sport en recreatie, culturele en zorginstellingen verschuift van het Rijk naar de gemeenten. Voor deze sectoren zorgt de Rijksoverheid voor een pakket

regels dat automatisch onderdeel uitmaakt van het omgevingsplan of de waterschapsverordening, zodat bij inwerkingtreding van het stelsel van de Omgevingswet geen lacune ontstaat.

In het voorgenoemd beleidsscenario zijn de verbreding van de energiebesparingsplicht en de overgang naar de Omgevingswet meegenomen. Van de verbreding naar CO₂-reductie wordt in de dienstensector geen effect verwacht. De verbreding naar milieuvergunningplichtige bedrijven is relevant voor datacenters, laboratoria en ziekenhuizen. Verondersteld wordt dat gemeenten ondanks de overgang naar de Omgevingswet doorgaan met handhaving via de omgevingsdiensten. In de raming is verondersteld dat eind 2025 zo'n 80 procent van het besparingspotentieel als gevolg van handhaving kan worden gerealiseerd. Het besparingseffect van de energiebesparingsplicht in de dienstensector bedraagt 26 (20-29) petajoule energie in 2030, waarvan 18 petajoule besparing op aardgas en warmte en 8 petajoule besparing op elektriciteit.

Onderdeel van deze besparingscijfers is ook dat kantoren vanaf 2023 verplicht minimaal een energielabel C moeten hebben. Er is grote overlap met de energiebesparingsplicht, maar label C zal wel vragen om extra isolatiemaatregelen, zoals isolatieglas. Van de circa 100.000 kantoren moeten er circa 65.000 aan de label C-plicht voldoen (RVO 2021d). De labelplicht geldt vanaf 100 vierkante meter gebruiksoppervlakte en wanneer de kantoorfunctie minimaal 50 procent van het gebruiksoppervlakte van een gebouw betreft. Het gaat hierbij om 74 miljoen vierkante meter, waarvan begin 2021 55 miljoen vierkante meter een label heeft en 43 miljoen vierkante meter een label C of beter. We gaan er in de raming vanuit dat de grootste kantoren uiterlijk in 2023

aan de verplichting gaan voldoen, waarmee het grootste deel van het vloeroppervlak van kantoren in 2023 aan label C voldoet.

Energie-efficiëntie-eisen Ecodesign richtlijn besparen veel elektriciteit

De Europese Unie stelt minimum efficiëntie-eisen aan nieuwe elektrische apparaten en andere energieverbruikende producten via de Ecodesign-richtlijn. Bij utiliteitsgebouwen gaat het om ICT, verlichting, koel- en vriesapparatuur, circulatiepompen, verwarmingsketels, elektrische boilers en ventilatoren. Door deze efficiëntie-eisen wordt volgens de KEV-raming in de dienstensector in 2030 circa 10 petajoule minder elektriciteit verbruikt dan zonder die eisen.

Veel beleidsmaatregelen hebben een klein besparingseffect

Veel beleidsmaatregelen gericht op de dienstensector hebben slechts een klein besparingseffect doordat ze een korte looptijd hebben en zich richten op een specifieke doelgroep met een beperkt aandeel in het totale vloeroppervlak van de dienstensector en een beperkt besparingspotentieel. Voorbeelden zijn de Specifieke uitkering ventilatie in scholen (SUVIS), de regeling Stimulering bouw en onderhoud sportaccommodaties (BOSA), het ontzorgingsprogramma maatschappelijk vastgoed en de regeling Subsidie verduurzaming mkb voor het midden- en kleinbedrijf. Deze regelingen dragen wel bij aan een beter binnenklimaat en bewustwording van energiebesparing bij kleinverbruikers, maar leveren nauwelijks een bijdrage aan de broeikasgasreductie.

De SUVIS-regeling is een uitkering in 2021 voor gemeenten om het binnenklimaat van bestaande schoolgebouwen in primair en voortgezet onderwijs te verbeteren. In de aanvraag kon ook subsidie worden aangevraagd voor energiebesparende maatregelen zoals isolatie, maar

onbekend is bij hoeveel aanvragen dat is gebeurd. In de raming is alleen een hoger elektriciteitsverbruik voor ventilatie in scholen meegenomen.

Amateursportorganisaties kunnen via de BOSA-regeling subsidie aanvragen voor de bouw- en onderhoudskosten van sportaccommodaties en voor de aanschaf van sportmaterialen. De regeling is gestart in 2019 en loopt tot en met 2023. In 2020 zijn 2.097 aanvragen ingediend voor bijna 52 miljoen euro subsidie, waarvan 11 miljoen bestemd is voor energiebesparing (vooral energiezuinige verlichting van sportvelden en zonnepanelen). De elektriciteitsbesparing in 2023 in de raming is 0,02 petajoule.

Alle provincies hebben 2 miljoen euro ontvangen van het Rijk om een ontzorgingsprogramma op te zetten voor eigenaren van maatschappelijk vastgoed. De ambitie van alle provincies bij elkaar is om tot eind 2023 ongeveer 2.000 vastgoedeigenaren te begeleiden. Aangezien het maatschappelijk vastgoed circa 50.000 gebouwen omvat, is het besparingseffect beperkt en niet meegenomen in de raming.

Kleinverbruikers kunnen via de regeling Subsidie verduurzaming mkb in 2021 en 2022 subsidie krijgen om een energieadviseur in te huren die hen kan adviseren en ontzorgen bij de verduurzaming van hun bedrijfspand en bedrijfsvoering. Mogelijk leidt dit tot meer maatregelen zoals led-verlichting.

Verschillende sectoren in het maatschappelijk vastgoed hebben routekaarten gemaakt, waarin zij de mogelijke strategieën naar CO₂-arm vastgoed in 2050 in kaart hebben gebracht. Het gaat hierbij om onderwijs (primair en voortgezet onderwijs, middelbaar en hoger

beroepsonderwijs en wetenschappelijk onderwijs), zorg (*cure en care*), sport, politie, gemeenten, provincies, Rijk en monumenten. Omdat nog wordt gezocht naar mogelijkheden om die ambities te financieren, is in de raming geen effect van deze routekaarten verondersteld.

Streefdoel 2030 nog niet gehaald

In het Klimaatakkoord is afgesproken dat een additionele reductieopgave van 1 megaton in de bestaande utiliteitsbouw nodig is om de klimaatdoelstelling in 2030 te halen. Dit streefdoel wordt in de KEV-raming niet gehaald. In het referentiescenario voor het Klimaatakkoord, de NEV 2017, werd voor 2030 een CO₂-emissie in de dienstensector geraamd van 5,4 megaton, in de KEV 2021 is dat 4,5 megaton. De KEV 2021 komt in 2030 dus al 0,8 megaton lager uit dan het referentiescenario voor het Klimaatakkoord. Dit komt doordat het aardgasverbruik in 2030 16 petajoule lager is. Maar slechts 10 petajoule (circa 0,6 megaton CO₂) is het verwachte effect van een extra besparing in bestaande gebouwen. Daarvan is 6 petajoule het verwachte effect van handhaving van de energiebesparingsplicht en een uitbreiding daarvan naar alle branches en bouwtypen, en 4 petajoule is het gevolg van een snellere toename van de toepassing van warmtepompen. De overige 6 petajoule lagere gasvraag in 2030 komt door meer warmtelevering, doordat een aanpassing van de historische cijfers in de energiestatistiek ook in de raming is verwerkt.

Op 23 juni 2020 heeft de minister van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties (BZK) in een Kamerbrief de stand van zaken rond het streefdoel toegelicht (Rijksoverheid 2020b). Onderzocht is of er voldoende mogelijkheden zijn om de CO₂-emissie door bestaande gebouwen te verminderen, bovenop de erkende maatregelen in het kader van de energiebesparingsplicht uit de Wet milieubeheer. Toepassing van die

maatregelen is vrijwillig en wordt door het Rijk gestimuleerd via de eindnorm, de routekaarten, het ontzorgingsprogramma maatschappelijk vastgoed en de verduurzamingsregeling voor het midden- en kleinbedrijf. In 2025 vindt een evaluatie plaats om te bezien of aanvullend beleid noodzakelijk is.

Eindnorm 2050 en aardgasvrije wijken is nog geagendeerd beleid

De wettelijke eindnorm voor de energieprestatie van bestaande utiliteitsgebouwen in 2050 wordt gebaseerd op de nieuwe methode voor de bepaling van de energieprestatie van gebouwen (NTA8800), en uitgedrukt in kilowattuur per vierkante meter per jaar. Onderzoek naar de eindnorm loopt nog en deze moet nog worden vastgesteld. Daarom is de eindnorm niet meegenomen in deze KEV-raming. Waarschijnlijk zal de eindnorm vergelijkbaar zijn aan of iets minder ambitieus zijn dan de eisen voor bijna energieneutrale gebouwen (BENG) voor nieuwbouw. De vraag is echter of dit voor gebouweigenaren van bestaande utiliteitsbouw betaalbaar en financierbaar is. Als 20 procent van de gebouwen al voor eind 2030 wordt verbeterd naar nieuwbouwniveau, dan zou dat in 2030 ongeveer 0,3 megaton extra CO₂-reductie kunnen opleveren. Daarbij gaan we ervanuit dat gebouwen met een industrie-functie, zoals bedrijfshallen van detail- en groothandel en vervoer en opslagbedrijven, geen bijdrage leveren aan deze emissiereductie. Gebouwen met een industrie-functie zijn niet opgenomen in de NTA8800-bepalingsmethode en voor deze gebouwen kan daarom geen wettelijke eindnorm worden vastgelegd. Hierbij gaat het in 2030 om circa 40 procent van het vloeroppervlak in de dienstensector.

Veel van de beleidsinstrumenten die onderdeel zijn van het beleids-pakket aardgasvrije wijken, zijn nog niet of slechts ten dele uitgewerkt en ingevuld. Aan de wijkgerichte aanpak is daarom in de KEV 2021 geen

effect toegekend (zie paragraaf 5.3.1). In de doorrekening van het PBL uit 2019 werd voor utiliteitsbouw in de wijkaanpak 0,1 megaton CO₂-reductie berekend (PBL 2019). Vanwege de vertraging in de wijkaanpak zal dit naar verwachting minder dan 0,05 megaton zijn.

Verskil met de KEV 2020

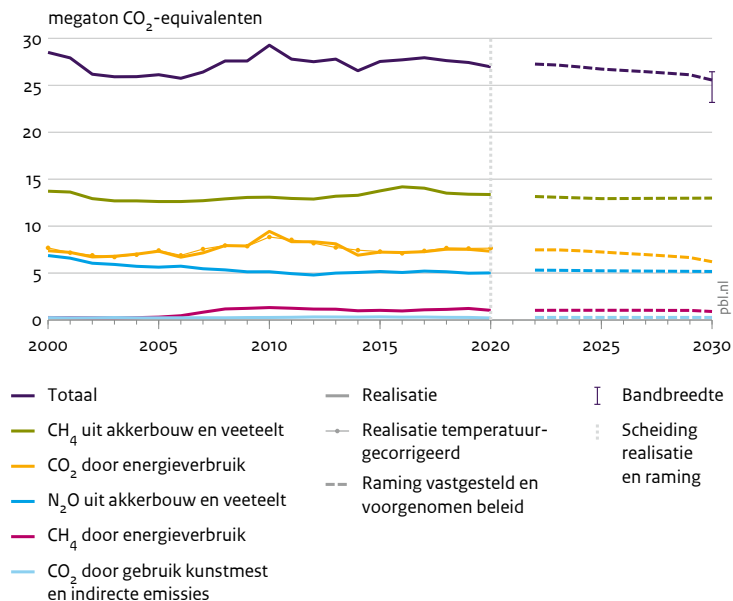
De geraamde broeikasgasemissie van de dienstensector in 2030 is in deze KEV een kleine 0,1 megaton hoger dan in de KEV 2020. Dit komt doordat in de statistiek en in de raming is uitgegaan van bijna 3 petajoule meer oliegebruik. Dit betreft waarschijnlijk niet-energetisch gebruik, het bijmengen van (bio)diesel bij oliehandel- en opslagbedrijven binnen de dienstensector. De gasvraag is juist 2 petajoule lager door aanpassingen in het economische groeiscenario en een lagere toename van de gebouwvoorraad. Het elektriciteitsverbruik van de dienstensector ligt in deze KEV zo'n 8 petajoule lager dan in de KEV 2020 doordat de gebouwvoorraad minder snel toeneemt en de energiebesparingsplicht van milieuvergunningplichtige bedrijven een grotere besparing oplevert.

5.4 Landbouw

De broeikasgasemissies van de landbouw bestaan uit de energiegerelateerde emissies uit vooral de glastuinbouw (zie paragraaf 5.4.1) en de procesemissies van methaan en lachgas uit de veehouderij en akkerbouw (zie paragraaf 5.4.2).

De totale broeikasgasemissies van de landbouw, de bijdragen daaraan vanuit het energiegebruik door de landbouw en de procesemissies uit de veehouderij en akkerbouw zijn weergegeven in figuur 5.10. In 2020

Figuur 5.10
Emissie broeikasgassen door landbouw



Bron: Emissieregistratie, bewerking PBL (realisatie); KEV-raming 2021

bedroegen de totale broeikasgasemissies door de landbouw 27,0 megaton CO₂-equivalenten, waarvan 8,4 megaton CO₂-equivalenten door energiegebruik en 18,6 megaton CO₂-equivalenten uit overige processen. De procesemissies uit de veehouderij en de akkerbouw leveren met ongeveer 68 procent de grootste bijdrage aan de totale broeikasgasuitstoot van de landbouw. De totale uitstoot van

broeikasgassen door de sector landbouw daalt naar verwachting naar 25,6 [23-26] megaton CO₂-equivalenten in 2030. Daarmee is de broeikasgasuitstoot in dat jaar 22 procent lager dan in 1990. Tot 2020 gaat het voornamelijk om een reductie van lachgas (N₂O), na 2020 gaat het voornamelijk om een reductie van CO₂ en is de verdere afname van overige broeikasgassen beperkt.

Voor de gehele sector zijn de beoogde substantiële Klimaatakkoordplannen nog nauwelijks uitgewerkt. Daarnaast is er vanuit het Klimaatakkoord ook vastgesteld beleid waarvan de emissie-effecten nog niet te kwantificeren zijn, omdat ze zijn gericht op onderzoek, pilots en investeringen in zogenoemde *first movers* (zoals de Subsidieregeling brongerichte verduurzaming) en eerst nog verdere ontwikkeling en onderzoek nodig is.

5.4.1 Energiegerelateerde emissies landbouw

In deze paragraaf beschrijven we de ontwikkeling van de broeikasgasemissie die het gevolg is van het energieverbruik in de landbouw tot 2020, en de ramingen tot en met 2030.

Broeikasgasemissies

De uitstoot door energieverbruik is in 2020 toegenomen door een hogere WKK-inzet

In de periode 2000-2020 namen de broeikasgasemissies uit energieverbruik toe, van 7,7 naar 8,4 megaton CO₂-equivalenten (figuur 5.10). Deze toename is het gevolg van meer CO₂-emissies door de inzet van aardgasgestookte warmte-kranchkoppelingsinstallaties (WKK) voor de productie van warmte, elektriciteit en CO₂ voor plantbemesting, voornamelijk in de glastuinbouw. Deze hogere inzet van WKK heeft er

ook voor gezorgd dat de glastuinbouw sinds 2006 een nettoleverancier van elektriciteit is geworden. Deze aardgas-WKK-installaties, alsmede de biogas-WKK-installaties, stoten door methaanslip (onverbrand aardgas) meer methaan uit dan gasketels. Deze methaanemissie is toegenomen van 0,3 megaton CO₂-equivalenten in 2000 tot 1,0 megaton CO₂-equivalenten in 2020. Daar staat tegenover dat een toename van het verbruik van biomassa sinds 2006 en van de inzet van aardwarmte vanaf 2010 het aardgasverbruik en de daaruitvolgende emissies enigszins heeft beperkt. Uit voorlopige statistieken volgt dat, na 2019, 2020 opnieuw een jaar was met een hoge inzet van aardgas-WKK-installaties, als gevolg van een gunstige verhouding tussen aardgas- en elektriciteitsprijzen. Hierdoor nemen de emissies niet af.

De CO₂-emissies uit energieverbruik door de veehouderij en de akkerbouw bedragen ongeveer 0,6 megaton CO₂ in 2020. Deze emissies komen voort uit het gas- en lpg-verbruik voor onder andere stalverwarming.

Emissies dalen pas in 2030 door afschakelen gas-WKK-installaties

De verwachting is dat de broeikasgasemissies van het energieverbruik door de landbouw afnemen van 8,4 megaton CO₂-equivalenten in 2020 naar 7,1 [5-8] megaton in 2030 (figuur 5.10). Vooral de CO₂-emissies dalen (met 1,1 megaton), vanwege een verwachte afname van de gasinzet in WKK-installaties in 2030. In dat jaar vervalt namelijk een aantal WKK-leasecontracten die in 2019-2020 zijn afgesloten. Door de lagere inzet van (bio)gas-WKK-installaties in 2030 nemen ook de methaanemissies af, met 0,1 megaton CO₂-equivalenten. Tussen 2020 en 2030 worden ook gasketels steeds minder ingezet.

De verhoging van de Opslag Duurzame Energie op elektriciteit leidt ertoe dat tuinders eerder de eigen WKK-installatie blijven gebruiken dan dat zij stroom inkopen van het net. De WKK-inzet wordt in deze raming nog versterkt door de lage gasprijzen. Deze prijssituatie blijft voor aardgas-WKK-installaties naar verwachting aanhouden tot en met 2029.

Bijgesteld CO₂-sectordoel van de glastuinbouw voor 2020 wordt niet gehaald

De glastuinbouw heeft een eigen CO₂-sectordoelstelling die is vastgelegd in het Convenant Glastuinbouw 2013-2020. Het doel voor 2020, naar beneden bijgesteld in 2018, bedraagt 4,6 megaton CO₂. Wordt dat doel overschreden, dan wordt de vergoeding aan het Rijk voor het niet halen van het doel verdeeld over alle tuinbouwbedrijven. Uit de voorlopige cijfers van het CBS voor 2020 is de schatting dat de CO₂-emissies van de glastuinbouw 6,7 megaton CO₂ bedragen. De verwachting is dat er in 2021 een tweede bijstelling, naar boven, van het CO₂-plafond voor 2020 volgt, die rekening houdt met de veranderde uitgangspunten ten opzicht van 2018. Het CO₂-sectordoel voor glastuinbouwbedrijven levert echter nog niet voldoende prikkel tot verduurzaming op.

Bijdrage aan ETS-emissies door energieverbruik in de landbouw beperkt

De ETS-emissies van de landbouw zijn beperkt, omdat slechts enkele grote glastuinbouwbedrijven momenteel nog onder het Europese emissiehandelssysteem vallen. Zo valt in 2020 nog 4 procent van de CO₂-emissies door de landbouw onder dit systeem. Ook worden alleen de CO₂-emissies meegenomen in de ETS-emissies, en niet de methaanemissies van de (bio)gasmotoren. In het Klimaatakkoord is opgenomen dat partijen zich inspannen voor een *opt-out* uit het Europese emissiehandelssysteem zodat alle glastuinbouwbedrijven onder het CO₂-sectorsysteem vallen.

Energie

In deze paragraaf beschrijven we de verwachte ontwikkeling van het energieverbruik van de landbouw, eerst de historische ontwikkeling tot en met 2020 en vervolgens de raming richting 2030.

Effect van historische areaalontwikkeling op energieverbruik in de glastuinbouw

Het finaal energieverbruik voor warmte in de landbouw is tussen 2000 en 2020 afgenomen door de areaalkrimp, door renovatie en schaalvergroting van bedrijven (zie figuur 5.11). Tussen 2000 en 2018 vertoonde het glastuinbouwareaal een krimp van 1.540 hectare. In 2019 nam het areaal toe met 680 hectare, tot 9.670 hectare, en in 2020 met nog eens 390 hectare tot 10.060 hectare. Voornaamste reden voor de areaaltoename is waarschijnlijk niet een daadwerkelijke uitbreiding van het areaal, maar het gegeven dat in 2019 en 2020 tuinders een betere respons gaven op de Gecombineerde Opgave van gegevens voor de Landbouwtelling, de mestwetgeving en emissierapportages aan [RVO.nl](https://www.rvo.nl) door verbeterd aanschrijfbeleid. De areaaltoename betreft een bijgestelde inschatting van het bestaande glastuinbouwareaal.

Uit de trendmatige verdeling over de teelten blijkt dat vooral de kasoppervlakte voor groenten toeneemt, terwijl het areaal voor (snij) bloemen krimpt. Voor vaste planten blijft het areaal vrijwel constant. De reeds ingezette trend naar opschaling van de bedrijfsgrootte houdt aan. In 2020 is de gemiddelde bedrijfsgrootte bijna 3 hectare per bedrijf, in 2000 was dit minder dan 1 hectare per bedrijf. Verder zijn telers intensiever gaan kweken en belichten om meer product per oppervlakte te verkrijgen gedurende een langer teeltseizoen. Daarom is het elektriciteitsverbruik van de landbouw toegenomen (zie figuur 5.11).

Areaalontwikkeling glastuinbouw richting 2030 onzeker

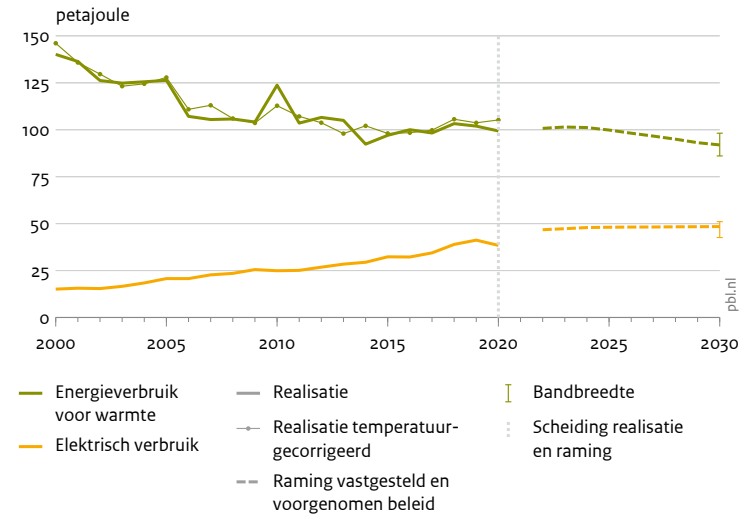
De areaalontwikkeling tot 2030 is onzeker; de financiële draagkracht om te investeren in nieuwe kassen of om uit te breiden wordt bepaald door de uitgaven voor energie en arbeid en door de marktprijzen voor producten. Aangezien de Nederlandse glastuinbouw een exportgerichte sector is, spelen internationale marktontwikkelingen, samen met de plant- en productgezondheid, een grote rol. Kleine en tijdelijke verstoringen kunnen een grote impact hebben op het voortbestaan en de financiële draagkracht van bedrijven. Omdat dergelijke effecten niet te voorspellen zijn, nemen we in deze raming voorzichtigheidshalve aan dat, zonder nader areaalgericht beleid, het areaal in 2030 zo'n 8 procent lager uitkomt dan in 2020 (9.275 hectare). Deze aanname bevindt zich ongeveer in het midden van de bandbreedte die Wageningen Economic Research (Van der Velden et al. 2021) aangeeft in geactualiseerde prognoses voor 2030 (7.815-9.925 hectare).

Situatie blijft gunstig voor warmte-krachtkoppeling

In 2010 bereikte de inzet van WKK-installaties zijn hoogtepunt; tussen 2005 en 2010 is de WKK-capaciteit toegenomen, van ruim 1.200 tot ruim 3.000 megawatt opgesteld elektrisch vermogen. De periode 2012-2016 werd echter gekenmerkt door een steeds minder gunstige situatie voor gasmotor-WKK-installaties. De zogenoemde *spark spread*, het verschil tussen de verkoopprijs van elektriciteit en de inkooprijs van gas, werd in die periode steeds kleiner. Hierdoor werden aardgas-WKK-installaties minder ingezet en liep ook de capaciteit ervan terug, naar ongeveer 2.750 megawatt in 2016. Dit gold in het bijzonder voor WKK-installaties die voornamelijk voor netlevering van elektriciteit produceerden. WKK-installaties die voornamelijk voor eigen benutting van stroom (voor belichting), warmte en CO₂ produceerden, konden zich beter handhaven.

Figuur 5.11

Finaal energieverbruik voor warmte en elektriciteit in landbouw



Bron: CBS, bewerking PBL (realisatie); KEV-raming 2021

Na enkele economisch moeilijke jaren, ziet de *spark spread* er voor glastuinbouwers met WKK-installaties nu en de komende jaren (tot 2029) gunstig uit. De vooruitzichten voor aardgas-WKK-installaties vertalen zich sinds 2017-2018 in het behoud en de vervanging van een substantieel aandeel van het huidige vermogen. Dit leidt voor 2020 en daarna naar verwachting niet meteen tot een vermogenstoename, maar wel tot het behoud van het bestaande vermogen en tot een verdere toename van het aantal vollastdraaiuren van de WKK-installaties. In 2030 wordt verwacht dat er nog ruim 2.900 megawatt aan capaciteit

staat. Aardgas-WKK-installaties, die elektriciteit produceren voor zowel het net als voor eigen benutting, profiteren van de gunstige *spark spread*, en van de verhoogde Opslag Duurzame Energie op de elektriciteitsinkoop, en zorgen voor het merendeel van het finaal energieverbruik. De WKK-aardgasinzet bedraagt volgens deze raming 91 petajoule in 2020, 96 petajoule in 2025 en 84 petajoule in 2030. De gasprijzen en dus de relatief goedkope warmteopwekking leiden er echter toe dat er minder prikkel is om te besparen of om warmte te besparen en te verduurzamen.

Na 2029 komt de positie van WKK onder druk te staan door de verwachte verduurzaming van de elektriciteitsopwekking in Nederland en Europa. De daaruit volgende lage en meer volatiele elektriciteitsprijzen zullen de rentabiliteit van WKK verlagen. Gasketels verliezen hun marktaandeel ten voordele van aardgas-WKK-installaties: in 2030 dragen ze met 25,6 petajoule gasinzet bij aan de invulling van de warmtevraag, in 2020 was dit nog met 42,3 petajoule.

Bijdrage hernieuwbare energie en externe warmtelevering staat onder druk

Sinds 2012 neemt de bijdrage toe van geothermie als warmtebron voor kassen. In 2020 zijn er 19 producerende projecten, met een warmteproductie van 6,2 petajoule. In 2030 draagt geothermie met 11 petajoule bij aan het finaal verbruik voor warmte. Ook de inzet van biomassa, voornamelijk in ketels, maar ook in enkele WKK-installaties, neemt in 2020 toe door subsidie uit de SDE++-regeling.

Ook de inzet van biomassa, voornamelijk in ketels maar ook in enkele WKK-installaties, neemt in 2020 toe door subsidie uit de SDE++-regeling. De inzet in de landbouw van biogas uit (mest)vergisting is in 2020 circa 7 petajoule, waarvan 4 petajoule ingezet wordt voor warmte-

krachtkoppeling. De inzet van vaste biomassa in de landbouw, voornamelijk in ketels, neemt toe tot 6 petajoule in 2020. Biomassa-inzet in ketels neemt iets toe, van 5,7 petajoule in 2020 naar 6,2 petajoule in 2030. Biomassa-WKK-installaties verdwijnen vanaf 2021, mede door de gunstiger positie van gas-WKK-installaties, en vanaf 2024 wordt naar verwachting geen biomassa meer ingezet in WKK-installaties. De inzet van biogas uit (mest)vergisting in WKK-installaties neemt toe van 4,1 petajoule in 2020 tot 5,7 petajoule in 2030.

De verduurzaming van de warmtevraag in de glastuinbouw staat onder druk door twee factoren. Een eerste is de reeds eerder gemelde gunstige positie voor aardgas-WKK-installaties, een tweede is dat door de verbreding van de SDE+ naar de SDE++ de duurzame warmteopties lager in de rangschikking zijn komen te staan waardoor ze moeilijker een beschikking voor SDE++-subsidie kunnen krijgen en het beschikbare subsidiebudget eerder toevalt aan aanvragen voor industriële emissiereductie-opties in de SDE++.

Levering warmte aan de glastuinbouw neemt iets toe

Na een dalende trend tot 2014, neemt de externe warmtelevering aan de glastuinbouw weer iets toe: van circa 15 petajoule in 2000 naar 3,3 petajoule in 2020. De externe warmtelevering aan de glastuinbouw neemt naar verwachting toe door de uitbreiding van bestaande warmtenetten (Westland, Zuid-Holland) en de aanleg van nieuwe netten naar kasgebieden (Noord-Holland) naar 4,3 [3-8] petajoule in 2030.

De elektriciteitsvraag in de glastuinbouw blijft toenemen door een verdergaande intensivering van belichte teelten. Led-verlichting zal naar verwachting versneld doorbreken, omdat die vanaf 2021 opgenomen is in de subsidiemaatregel Energiebesparing in de Glastuinbouw

(EG-regeling). Vanaf 2022 wordt een toenemende uitrol van led-verlichting in kassen verwacht, en een lagere toename van de elektriciteitsvraag.

Het energieverbruik door de veeteelt en akkerbouw voor verwarming van stallen en voor warm water is beperkt, en wordt in 2020 geschat op 10,6 petajoule. Het elektriciteitsverbruik voor koeling, pompen en ventilatoren in de veeteelt en akkerbouw wordt geschat op 9,5 petajoule in 2020. De warmtevoorziening voor veeteelt en akkerbouw blijft tot 2030 vrij stabiel en bestaat voornamelijk uit aardgas en lpg. Het elektriciteitsverbruik neemt iets af naar 9,1 petajoule in 2030 doordat het areaal landbouwgrond en de veestapel krimpen.

Kas als Energiebron is belangrijkste beleidsinstrument

In de glastuinbouw draagt het kennis- en innovatieprogramma Kas als Energiebron (KaE) bij aan zowel de verduurzaming van de warmtevraag in de kassen als de vermindering van de energievraag. Belangrijke instrumenten binnen het programma voor dit laatste zijn Het Nieuwe Telen (HNT), en de specifieke subsidieregeling Energiebesparing in de Glastuinbouw (EG). Met die laatste regeling wil de overheid de sector stimuleren om de warmte- en elektriciteitsvraag in kassen te reduceren door te investeren in energiebesparende technieken. Daartoe zijn in 2021 een aantal nieuwe technieken onder de EG-regeling opgenomen: led-verlichting, hogedrukvernevelinginstallatie en een energiescherm inclusief ophogen kas en verdekken met diffuus glas met tweezijdige coating.

Het Nieuwe Telen is een combinatie van het aanleren van nieuwe teeltwijzen, de verspreiding van kennis die het toelaat om de productie te optimaliseren en de promotie van energiebesparende technieken.

Zo kan het specifieke energieverbruik worden verlaagd. Binnen het programma Kas als Energiebron vallen ook de Garantieregeling risico's dekken voor aardwarmte (RNES aardwarmte) voor geothermie en de Regeling Marktintroductie Energie Innovaties (MEI). Onder het Klimaatakkoord worden deze bestaande maatregelen in de periode 2020-2030 verder versterkt. De verwachting is dat er eind 2021 een nieuw sectorconvenant ligt met daarin een CO₂-doel voor 2030, als opvolger van het afgelopen convenant 2012-2020.

CO₂-levering aan de glastuinbouw door CO₂-heffing voor industrie niet gunstig
CO₂ wordt sinds een aantal jaren aan de glastuinbouw geleverd door derde partijen, zowel in gasvormige als in vloeibare toestand. De jaarlijkse afzet bedraagt ongeveer 0,7 megaton. De beschikbaarheid van externe CO₂ blijft een vereiste voor tuinders om hun warmtevraag te verduurzamen, omdat ze dan hun eigen fossiele bron van CO₂ verliezen.

Een neveneffect van de CO₂-heffing voor de industrie is dat de levering van (fossiele) CO₂ aan de glastuinbouw onder druk kan komen te staan. Voor de industrie, inclusief de afvalenergiecentrales, blijft deze levering tellen als emissie, met de bijbehorende kosten voor de CO₂-heffing, terwijl dit niet geldt voor CO₂ die ondergronds wordt opgeslagen. De glastuinbouw zal daardoor meer moeten betalen voor geleverde CO₂, wat de positie van eigen ketels en WKK versterkt.

Verschillen met de KEV 2020

In deze KEV ramen we voor 2030 0,2 megaton CO₂-equivalenten hogere broeikasgasemissies uit energie dan in de KEV 2020. De ene helft van dit verschil wordt verklaard door de toepassing in deze KEV van de nieuwe opwarmingspotentiëlen (GWP-waarden, zie hoofdstuk 1 en 3) op de methaanslib uit warmte-krachtkoppeling. De andere helft wordt

verklaard door wat hogere CO₂-emissies in deze KEV. Dit is het gevolg van de sterkere positie van aardgasgestookte WKK-installaties (+12 petajoule) en een lagere inzet van gasketels (-9 petajoule) vergeleken met de KEV 2020 (netto +3,1 petajoule). Dit leidt tot een lagere inzet van geothermie (-4,1 petajoule) en wat minder warmtelevering (-0,5 petajoule). De lagere inzet van geothermie en minder warmtelevering worden ook mede verklaard doordat de verbreding van de SDE+ naar de SDE++ ertoe leidt dat de duurzame warmtetechnieken in de regeling minder gunstig aan bod komen. De KEV 2021-raming geeft ten slotte voor 2030 een elektriciteitsvraag in de landbouw die 8 petajoule hoger is dan in de KEV 2020. Dit komt door een verwachte sterkere intensivering van belichte teelten en door een groter areaal glastuinbouw.

5.4.2 Procesgerelateerde emissies veehouderij en akkerbouw

In deze paragraaf beschrijven we de ontwikkelingen van de procesgerelateerde emissies van methaan (CH₄) en lachgas (N₂O) door de veehouderij en de akkerbouw, en de ramingen tot en met 2030. Ook lichten we de ontwikkelingen in de veestapel, het mestgebruik en kunstmestgebruik toe. Een overzicht van de broeikasgasemissies, aantallen dieren en (kunst)mestgebruik door de veehouderij en akkerbouw is opgenomen in de tabellenbijlage. Details over de uitgangspunten en resultaten van de berekeningen zijn uitgewerkt in de achtergrondrapportage hierover (zie Vonk et al. 2021).

De emissie van methaan en lachgas door de veehouderij en de akkerbouw komt in hoofdzaak vanuit drie bronnen: methaanemissie door fermentatie van voer in maag en darm van vee, methaanemissie door mestmanagement (mestopslag, -bewerking en -verwerking) en

lachgasemissies als gevolg van de toevoer van stikstof naar de bodem door aanwending van dierlijke mest en kunstmest en door beweiding.

De emissies van CO₂ door het gebruik van kalkkunstmest en ureum en de indirecte CO₂-emissies door niet-methaan vluchtige organische stoffen (NMVOS) zijn ook onderdeel van de totale procesgerelateerde emissies vanuit de veehouderij en akkerbouw. Deze emissies zijn relatief laag. De CO₂-emissies door gebruik van kalkkunstmest en ureum liggen tussen 2000 en 2019, en ook tot 2030, op 0,1 megaton CO₂. De indirecte emissies door NMVOS zijn 0,1 megaton in 2020 en 0,2 megaton in 2030. Deze CO₂-emissies worden in deze paragraaf niet verder geanalyseerd.

Broeikasgasemissies

De emissie door de veehouderij en akkerbouw daalde tussen 2000 en 2019 door minder bemesting

Tussen 2000 en 2019 daalde de totale emissie van methaan en lachgas vanuit de veehouderij en akkerbouw van circa 20,6 naar 18,4 megaton CO₂-equivalenten (zie figuur 5.10). De voorlopige cijfers van 2020 laten een stabilisatie van deze waarden zien. De daling van 2,2 megaton CO₂-equivalenten tussen 2000 en 2019 is grotendeels het gevolg van een afname van de totale bemesting van landbouwgrond, vooral door minder beweiding en minder kunstmestgebruik. Hierdoor daalden de lachgasemissies met 1,9 megaton CO₂-equivalenten.

Daarnaast daalden de methaanemissies met circa 0,3 megaton CO₂-equivalenten in de periode 2000-2019. Daar gaan verschillende schommelingen en ontwikkelingen achter schuil. Zo was er tot 2005 sprake van een daling van de methaanemissies, na 2005 stegen de methaanemissies geleidelijk en in de periode 2014-2016 zien we een

sterke stijging door het vervallen van het melkquotum. Sinds 2017 is er weer een daling zichtbaar van de methaanemissies.

Ook zijn er verschillen in ontwikkeling zichtbaar tussen de diercategorieën: de methaanemissies door melkvee namen in de periode 2000-2019 toe met circa 0,9 megaton CO₂-equivalenten, terwijl er een daling van methaanemissies van circa 1,2 megaton CO₂-equivalenten is bij andere diercategorieën (vooral varkens). De stijging bij melkvee is het gevolg van een toename bij melkkoeien (+1,5 megaton CO₂-equivalenten) en een afname bij jongvee (-0,6 megaton CO₂-equivalenten). De daling van emissies bij varkens in de periode 2000-2019 (1,1 megaton CO₂-equivalenten) is het gevolg van een afname van de varkensstapel.

In 2020 nemen de methaanemissies door melkvee licht toe, met 0,1 megaton CO₂-equivalenten ten opzichte van 2019, door een toename van melkkoeien tot nagenoeg het niveau in 2018. De methaanemissies door varkens nemen in 2020 met 0,1 megaton CO₂-equivalenten af ten opzichte van 2019 door een verdere afname van de varkensstapel; verdere details over de historische emissietrends zijn uit gewerkt in Van Bruggen et al. (2021).

De totale emissie van methaan en lachgas daalt tussen 2019 en 2030 met 0,2 megaton, vooral door minder varkens

De totale emissie van methaan en lachgas uit de landbouw daalt tussen 2019 en 2030 naar verwachting verder met 0,2 megaton CO₂-equivalenten, naar een niveau van 18,2 megaton CO₂-equivalenten. De methaanemissie daalt in die periode met circa 0,4 megaton en de lachgasemissie stijgt met circa 0,2 megaton CO₂-equivalenten.

De daling van de methaanemissie richting 2030 vindt voornamelijk plaats bij varkens (0,3 megaton CO₂-equivalenten), gevolgd door jongvee (0,1 megaton CO₂-equivalenten). De daling van de methaanemissie bij varkens is het gevolg van een vermindering van het aantal dieren (0,2 megaton CO₂-equivalenten) en een toename van de mestvergisting (0,1 megaton CO₂-equivalenten). Het aantal varkens neemt tussen 2019 en 2030 naar verwachting af met ruim 10 procent. Tussen 2019 en 2020 bedraagt die afname al 3 procent, als gevolg van een combinatie van autonome afname en een effect van de Subsidieregeling sanering varkenshouderijen (Srv-regeling), die onder het vastgestelde beleid valt. De Srv-regeling bestaat uit een basisregeling en twee verhogingen van het budget in het kader van het Urgenda-doel en het stikstofpakket. Het totale effect van deze regeling is geraamd op circa 6 procent afname van de varkensstapel in de periode 2019-2022. Door een verminderde belangstelling voor deelname aan de Srv-regeling wordt dit budget niet uitgeput en is de geraamde daling lager dan in de KEV 2020. Daarnaast neemt het aantal varkens in de periode 2021-2025 met circa 2,5 procent af als gevolg van de regeling gerichte opkoop piekbelasters veehouderij (voorgenomen beleid). De gerichte opkoop van piekbelastende veehouderijbedrijven is onderdeel van de structurele aanpak stikstof en is gericht op het verlagen van de depositie van ammoniak op stikstofgevoelige natuur in Natura 2000-gebieden. Dit instrument was nog geen voorgenomen beleid in de KEV 2020.

Het aantal melkkoeien en het bijbehorende jongvee dalen tot 2030 met 4 procent ten opzichte van 2019. Circa 1 procent daling is het gevolg van de gerichte opkoop piekbelasters veehouderij. Daarbovenop is een extra 3 procent afname geraamd vanwege de aanname dat de totale stikstof- en fosfaatuitscheiding onder de sectorplafonds blijft voor behoud van derogatie. Doordat de dieraantallen dalen, blijven de methaanemissies

van melkkoeien op een vergelijkbaar niveau. Het mestbeleid voorkomt op deze wijze dat de methaanemissies gaan stijgen als de melkproductie per koe toeneemt. De bijstelling is nodig omdat de raming uitgaat van een jaarlijkse verhoging van de melkproductie per koe door efficiëntieverbeteringen. Een hogere melkproductie per koe is gekoppeld aan een extra voeropname, die leidt tot extra uitscheiding van organische stof (naast stikstof en fosfaat) in mest en daarmee tot een hogere methaanemissie per dier. Bij jongvee bedraagt de daling in 2030 circa 0,1 megaton CO₂-equivalenten, omdat minder jongvee aangehouden hoeft te worden voor de vervanging van oude dieren.

De lachgasemissies in de raming voor 2030 zijn 0,2 megaton CO₂-equivalenten hoger dan in 2019. Deze stijging is eigenlijk wat te groot. Dit komt voornamelijk doordat een nieuwe berekeningsmethode (betere uitsplitsing van emissiefactoren) die gehanteerd is voor de historische emissiereeks 1990-2019, niet meer kon worden toegepast in de KEV-raming. Als dit wel zou gebeuren, zou de emissie ruwweg 0,1 in plaats van 0,2 megaton CO₂-equivalenten stijgen.

De maatregelen uit het Klimaatakkoord zijn voor de veehouderij en akkerbouw nog nauwelijks uitgewerkt. En daar waar dit wel is gebeurd, is het emissie-effect veelal nog niet te kwantificeren, bijvoorbeeld omdat de maatregelen zijn gericht op onderzoek, pilots en investeringen door first movers (zoals de Subsidieregeling brongerichte verduurzaming).

Veestapel, (kunst)mestgebruik en mestvergistig

Geen overschrijding van het fosfaat- en stikstofplafond voor dierlijke mest in 2019 en 2020

De belangrijkste ontwikkeling in de afgelopen jaren is de verandering in de omvang van de melkveestapel. Het aantal melkkoeien nam vanaf 2015 sterk toe nadat het melkquotum was afgeschaft. Hierdoor werden in 2015 en 2016 de mestproductieplafonds overschreden en werd niet meer voldaan aan de voorwaarden om voor de bemesting met dierlijke mest te mogen afwijken van de in de Europese Unie algemeen geldende bemestingsnorm van maximaal 170 kilogram stikstof per hectare, de zogenoemde derogatie. In 2017 is daarom het maatregelenpakket fosfaatreductie in het leven geroepen. Dit pakket bestaat uit een regeling om het aantal vrouwelijke runderen te reduceren (Regeling fosfaatreductieplan 2017), de Subsidieregeling bedrijfsbeëindiging melkveehouderij en het voerspoor melkveehouderij gericht op het verlagen van het fosfaatgehalte van krachtvoer door de veevoerindustrie. Daarnaast zijn vanaf 2018 fosfaatrechten ingevoerd. Als gevolg van deze maatregelen kwam de fosfaatuitscheiding vanaf 2018 onder het fosfaatplafond van 173 miljoen kilogram, voor 2019 en 2020 was dit respectievelijk 10 en 13 procent. De ingezette daling van de omvang van de melkveestapel vanaf 2018 heeft ook invloed op de stikstofuitscheiding in dierlijke mest. In 2019 en 2020 is de stikstofuitscheiding gedaald naar respectievelijk 490 en 489 miljoen kilogram (CBS 2021d); het ligt daarmee circa 3 procent onder het totale stikstofplafond.

Veestapel krimpt tussen 2019 en 2030 door beleid

Het grootste effect op de dieraantallen heeft de Subsidieregeling sanering varkenshouderijen (Srv). Deze leidt tussen 2019 en 2022 tot een daling van het aantal varkens en de daarmee samenhangende

mineralenproductie met 6 procent. Daarnaast nemen onder voorgenomen beleid de dieraantallen van melkvee en varkens af met respectievelijk 1 en 2,5 procent; deze afname heeft te maken met de gerichte opkoop piekbelasters veehouderij. Voor pluimvee is onbekend in hoeverre er vanuit deze sector interesse is om deel te nemen aan de gerichte uitkoopregeling, maar gezien de redelijk tot goede inkomensituatie van de pluimveehouders zullen deze daar naar verwachting weinig animo voor hebben. Daarom hebben we in de raming geen effect van de uitkoopregeling meegenomen. Het aantal vleeskalveren daalt in de periode 2019-2030 met 6 procent, waarvan circa 5 procent al plaatsvond tussen 2019 en 2020. Vanaf 2022 wordt een extra daling van 1 procent verwacht, als gevolg van de vrijwillige opkoopregeling kalverhouderijen in Gelderland. Bij de overige dieren is vanaf 2020 al een daling zichtbaar, vanwege het verbod op het houden van nertsen. Het verbod is officieel ingegaan op 8 januari 2021 maar een groot deel van de bedrijven is al in 2020 geruimd of beëindigd.

In de ramingen wordt aangenomen dat zowel de stikstof- als de fosfaatuitscheiding onder de sectorale plafonds blijft. Daarom is geraamd dat het aantal melkkoeien en het bijbehorende jongvee met nog eens 3 procent afneemt – dus bovenop de daling met 1 procent door de gerichte opkoop van piekbelasters – ten opzichte van de aantallen in 2019. De melkproductie per koe neemt namelijk toe door efficiëntieverbetering, en door die hogere melkproductie per koe nemen ook de voeropname en de mestproductie per koe toe.

Lichte daling stikstoftoevoer naar landbouwbodem richting 2030

Tussen 2000 en 2019 is de totale toevoer van stikstof naar de bodem via bemesting met dierlijke mest en kunstmest en via beweiding afgenomen met 200 miljoen kilogram stikstof, van circa 800 naar

600 miljoen kilogram stikstof. De daling was het grootst bij kunstmestgebruik (-113 miljoen kilogram) en beweiding (-71 miljoen kilogram), terwijl de daling bij het aanwenden met dierlijke mest beperkter is (-18 miljoen kilogram). Volgens voorlopige berekeningen voor 2020 ligt de totale bemesting in dat jaar ongeveer op hetzelfde niveau als in 2019.

Tussen 2019 en 2030 neemt de stikstofbemesting naar verwachting nog iets af, tot circa 590 miljoen kilogram stikstof, voornamelijk doordat minder dierlijke mest wordt aangewend als gevolg van de trendmatige afname van het landbouwareaal. Het kunstmestgebruik blijft ongeveer op hetzelfde niveau als in 2019, ondanks de afname van het landbouwareaal. Dit heeft te maken met het relatief lage gebruik van kunstmest in 2019 (net als in 2018). Vooral door de droogte groeiden gewassen slechter en was bemesting met kunstmest soms zinloos. Als uitgangspunt voor kunstmestgebruik in 2030 is daarom het gemiddelde kunstmestgebruik per hectare in de periode 2017-2019 gehanteerd; ten opzichte van die periode daalt het totale kunstmestgebruik tot 2030 met ruim 10 miljoen kilogram stikstof vanwege de trendmatige afname van het landbouwareaal.

Beperkte bijdrage van mestvergisting aan daling methaanemissie

Tussen 2006 en 20214 is de energieproductie via mestvergisting (in de vorm van covergisting) langzaam toegenomen, om vervolgens een aantal jaren op hetzelfde niveau te blijven. Sinds 2018 neemt de mestvergisting weer toe. In 2019 was de methaanreductie door mestvergisting vanuit de mestkelder en buitenopslag circa 0,1 megaton CO₂-equivalenten. De hoeveelheid melkvee- en varkensmest die in 2019 werd vergist, is respectievelijk 2 en 13 procent van de in de stal geproduceerde melkvee- en varkensmest (gerekend in fosfaatproductie).

De emissiereductie is niet maximaal, omdat de meeste mest centraal wordt vergist en daarvoor getransporteerd moet worden van de boerderij naar de verwerker. De mest ligt dan enige tijd opgeslagen in de mestkelder van de boerderij, waarbij een deel van het methaan dat ontstaat tijdens de mestopslag vrijkomt.

Verondersteld is dat, onder invloed van de SDE++-regeling, de omvang van de mestvergisting en de reductie van methaan vanuit de mestopslag tot 2030 met circa 70 procent zal stijgen, maar op het totaal van de hoeveelheid geproduceerde mest beperkt zal blijven (circa 5 procent). Mestvergisting blijft een relatief dure techniek voor de opwekking van hernieuwbare energie. Wel wordt een verschuiving verwacht naar monomestvergisting ten koste van covergisting. Bij monovergisting zijn de opbrengsten weliswaar lager, maar dat geldt ook voor de kosten, terwijl de SDE-subsidie hoger is waardoor de opbrengsten beter kunnen uitpakken. De kosten van monovergisting zijn lager dan die van covergisting doordat de techniek minder afhankelijk is van steeds duurder wordende coproducten en de mest ook met een relatief goedkopere installatie vergist kan worden. Door de extra mestvergisting daalt de methaanemissie in 2030 met bijna 0,1 megaton CO₂-equivalenten. Deze heeft daarmee een aandeel van circa een kwart in de totale methaanemissiedaling van 0,4 megaton CO₂-equivalenten tot en met 2030.

Bij varkensmest neemt de omvang toe van 12 naar 21 procent en bij melkveemest van 2 naar 3 procent van de in de stal geproduceerde mest (gerekend in fosfaatproductie). Omgerekend naar tonnen mest gaat het in 2030 om de vergisting van circa 1,7 miljard kilogram varkensmest en circa 1,6 miljard kilogram melkveemest. Hierbij is aangenomen dat varkensmest vooral centraal en melkveemest vooral decentraal

(op boerderijschaal) vergist wordt. Bij decentrale vergisting is de verwachting dat de mest snel uit de stal zal worden afgevoerd naar de vergister voor maximale biogasproductie. Hier zal de uitstoot van methaan beperkter zijn dan bij centrale vergisting.

Voortgang en potentiële effecten geagendeerd beleid

Onder het geagendeerde beleid voor de veehouderij en akkerbouw vallen verschillende maatregelen die hoofdzakelijk onderdeel zijn van de structurele aanpak stikstof. De maatregelen uit het Klimaatakkoord zijn nog nauwelijks uitgewerkt. Uit eerdere analyses van deze stikstofmaatregelen (PBL 2021a) blijkt dat de extra investeringssubsidie voor integraal emissiearme stallen vanaf 2023 en de bijbehorende aanscherping van de normstelling voor ammoniakemissie uit stallen het grootste broeikasgasreductiepotentieel hebben. De landelijke beëindigingsregeling veehouderijlocaties heeft – gegeven het beoogde budget hiervoor – het op een na grootste reductiepotentieel.

De extra investeringssubsidie voor integraal emissiearme stallen en de aanscherping van de normstelling voor ammoniakemissie uit stallen moeten nog concreet worden vormgegeven. Het is de ambitie van het kabinet om daarbij gebruik te maken van zowel bestaande als ook nieuwe innovatieve technieken uit de subsidieregeling voor innovatie en verduurzaming van stallen. Ook bij de normering voor ammoniak is de ambitie om zoveel mogelijk aan te sluiten bij de streefwaarden uit deze regeling. Met de extra subsidie streeft het kabinet ernaar dat investeringen zich naast vermindering van de emissie van ammoniak ook richten op de reductie van broeikasgassen en/of fijnstof. In de analyse van de verkiezingsprogramma's komt het PBL (2021a) tot de raming dat de methaanemissies in 2030 door deze investeringssubsidie zijn afgenomen met circa 0,4 megaton CO₂-equivalenten.

De landelijke beëindigingsregeling veehouderijen is een subsidie-regeling gericht op het definitief sluiten van productielocaties voor veehouderij die eraan bijdragen dat de depositie van stikstof op Natura 2000-gebieden afneemt. Op dit moment is de regeling nog niet concreet uitgewerkt, maar de verwachting is dat deze eind 2021 wordt gepubliceerd. Wel moet de Europese Commissie (EC) de regeling nog goedkeuren. In de analyse van de verkiezingsprogramma's heeft het PBL (2021) het emissiereductie-effect van deze maatregel geraamd op circa 0,3 megaton CO₂-equivalenten in 2030, uitgaande van een budget van 750 miljoen in de eerste tranche.

Van de overige maatregelen die onder geagendeerd beleid vallen, is in eerdere studies de emissiereductie van broeikasgassen niet gekwantificeerd. In de structurele aanpak stikstof gaat het hierbij om de subsidies gericht op het verdunnen van mest op zandgronden, op het vergroten van het aantal uren weidegang, op het verlagen van het ruw eiwitgehalte in het krachtvoer voor melkvee en op het Omschakelprogramma duurzame landbouw. De eerste drie maatregelen zijn voor ammoniak wel gekwantificeerd (Van den Born et al. 2020; CDM 2021). Experts verwachten dat deze maatregelen een beperkt effect zullen hebben op de reductie van de broeikasgassen (bij elkaar opgeteld veel minder dan 0,5 megaton CO₂-equivalenten). Het CDM (2021) wijst bij het verdunnen van mest op zandgronden en het stimuleren van weidegang op een risico van een nettotoename van broeikasgassen, maar hier is meer (empirisch) onderzoek voor nodig. Dat geldt ook voor de Subsidieregeling hoogwaardige mestverwerking, waarvoor het budget merendeels vanuit het Klimaatakkoord beschikbaar is, aangevuld met budget vanuit de structurele aanpak stikstof. Een eerste analyse van deze maatregel gaat uit van een lichte reductie van de broeikasgassen (0,03 megaton CO₂-equivalenten), maar er zijn grote

onzekerheden bij de bepaling van dit reductie-effect doordat gegevens over emissies bij de productie en toepassing van kunstmestvervangers ontbreken (Velthof et al. 2021). Het PBL (2021) licht alle geagendeerde maatregelen verder toe. De mogelijke effecten van het Omschakelprogramma zijn nog niet gekwantificeerd, omdat deze sterk afhankelijk zijn van de uitwerking van dit instrument en de individuele keuzes die agrariërs maken. Ook het effect van het zevende actieprogramma Nitraatrichtlijn 2022-2025 is als geagendeerd beleid nog niet gekwantificeerd. Het kabinet zal uiterlijk eind 2021 een besluit nemen over de invulling van dit actieprogramma.

Verschillen met de KEV 2020

De totale emissie van de overige broeikasgassen vanuit de landbouw ligt volgens deze KEV-raming in 2030 ongeveer 0,8 megaton CO₂-equivalenten hoger dan in de KEV 2020. Deze toename wordt vooral verklaard door het toepassen van de nieuwe opwarmingspotentiëlen (GWP-waarden, zie hoofdstuk 1 en 3) op de methaan- en lachgas-emissies uit de landbouw. Ook ligt de geraamde methaanemissie in de KEV 2021 wat hoger dan in de KEV 2020 (circa 0,2 megaton CO₂-equivalenten). Belangrijkste oorzaak van die toename is een gewijzigd uitgangspunt voor de omvang van de mestverwerking bij varkens, dat voor de historische reeks en in de raming is toegepast. De wijziging houdt in dat mestscheiding bij intermediairs en mestverwerkers is meegenomen naast de mestscheiding door landbouwbedrijven. Bij varkens leidde dit in 2019 tot een meer dan verdubbeld aandeel van mestscheiding bij intermediairs en mestverwerkers.

De lachgasemissies zijn in de KEV 2021 echter wat lager dan in de KEV 2020 (circa 0,1 megaton CO₂-equivalenten). In vergelijking met de KEV 2020 is het kunstmestgebruik wat afgenomen, evenals de stikstof-

toevoer naar de bodem door bemesting met dierlijke mest en ook door beweiding. Daarnaast is er invloed van veranderingen in het beleid. In de KEV 2020 was het uitgangspunt dat de ophoging van het budget van de Srv-regeling in het kader van de structurele aanpak stikstof onder voorgenomen beleid en de tijdelijke aanscherping van de regeling diervoeders waardoor het eiwitgehalte van krachtvoer voor melkkoeien werd verlaagd, een extra effect zouden hebben. Beide maatregelen zijn uiteindelijk niet gerealiseerd. In de KEV 2021 wordt ten opzichte van de KEV 2020 rekening gehouden met nieuwe beleidsinstrumenten, zoals de vrijwillige opkoopregeling kalverhouderijen in Gelderland (vastgesteld beleid) en de gerichte opkoop piekbelasters (voorgenomen beleid).

5.5 Landgebruik

In het Parijsakkoord is afgesproken dat landgebruik integraal onderdeel is van het internationale klimaatbeleid. De Europese uitwerking daarvan heeft geresulteerd in de Land Use, Land-Use Change and Forestry-verordening (LULUCF), waarin afspraken zijn vastgelegd voor de periode 2021-2030. Landgebruik kan enerzijds leiden tot emissies van broeikasgassen en anderzijds tot verwijdering van broeikasgassen uit de atmosfeer (doordat planten CO₂ vastleggen). In deze paragraaf beschrijven we de ontwikkeling van deze processen in de nationale ramingen tot en met 2030.

In de rapportages van de jaarlijkse emissies en de verwijdering van broeikasgassen uit de atmosfeer zijn landgebruik en landbouw twee afzonderlijke maar samenhangende sectoren. Alle CO₂- en niet-CO₂-bronnen uit de bodem (lachgas en methaan) die gerelateerd zijn aan het gebruik of de verandering van het gebruik van (landbouw)grond,

worden onder landgebruik gerapporteerd. De overige niet-CO₂-bronnen uit bijvoorbeeld de veehouderij, mest (stal, opslag en aanwending) en kunstmestgebruik worden onder landbouw gerapporteerd. In deze paragraaf beschrijven we alleen de emissies en de verwijdering van broeikasgassen uit de atmosfeer als gevolg van landgebruik.

Net als voor alle andere sectoren wordt voor de landgebruikssector een jaarlijkse UNFCCC-rapportage gemaakt van emissies. De uitgangspunten voor deze rapportage zijn vastgelegd in de richtlijnen van het IPCC (2006) voor de nationale emissie-inventarisaties van broeikasgassen. Hierbij wordt onderscheid gemaakt naar zes landgebruiksklassen: bos, bouwland, grasland (zoals de veenweiden), wetlands, bebouwing en overig land (voor een nadere toelichting op de methodiek zie Arets et al. 2021a).

Om de voortgang van de inspanningen te kunnen monitoren zijn er twee rapportageverplichtingen voor landgebruik, elk met eigen boekhoudregels: Kyoto Protocol, onder het UNFCCC, voor de periode 2013-2020 (deze verplichting loopt af), en de LULUCF-verordening van de Europese Unie, voor de periode 2021-2030.

In de LULUCF-verordening komt een groot deel van de in het Kyoto Protocol vastgelegde regels weer terug, maar zijn ook verbeteringen, versimpelingen, of aanvullingen toegevoegd. Zo vervalt het verschil in bosdefinitie tussen het Kyoto Protocol en de UNFCCC-richtlijnen, en worden er afwijkende basisjaren toegepast (1990 en een gemiddelde voor 2005-2009). Voor bossen wordt gerekend met een zogenaemde Forest Reference Level voor de prestatieperiodes 2021-2025 en 2026-2030.

Het algemene uitgangspunt van de LULUCF-verordening is dat de LULUCF-sector geen netto-emissies veroorzaakt (no net-debit rule). Daarvan zou een prikkel moeten uitgaan om niet slechter te gaan presteren, door emissies uit de LULUCF-sectoren niet te laten stijgen en bestaande koolstofvoorraden (zoals in bossen en bodems) op zijn minst in stand te houden. Eventuele emissietoenames moeten, gerekend over de prestatieperiode 2021-2030, gecompenseerd worden met extra emissiereductie (via aankoop van LULUCF-credits van andere EU-landen of in de ESR-sectoren). Andersom kan een emissieafname in LULUCF deels worden ingezet als extra ESR-budget.

Hierna gaan we in op de gerealiseerde emissies en de raming, en de resultaten voor zowel de LULUCF-verordening als het Kyoto Protocol.

5.5.1 Broeikasgasemissies

Totale emissie landgebruik 1,6 megaton gedaald tussen 1990 en 2019

De netto-emissie van alle landgebruikscategorieën samen laat in de periode 1990 tot en met 2019 een dalende trend zien van 6,1 naar 4,5 megaton CO₂-equivalenten per jaar (figuur 5.12). Deze emissie bestaat bijna volledig uit CO₂, met daarnaast een kleine bijdrage van lachgas van 0,1 megaton CO₂-equivalenten in 2019. De gerealiseerde daling van de netto-emissie in 1990-2019 is vooral het resultaat van dalende emissies door veranderd agrarisch landgebruik. Een beperkte rol is weggelegd voor een toename van de emissies als gevolg van uitbreiding van het bebouwde areaal en een geringere netto-opname door bestaande bossen. De emissies door agrarische landgebruik (bouwland en grasland) over de periode 1990-2019 laten een dalende trend zien, van 7,3 naar 4,5 megaton CO₂-equivalenten. Deze trend is het gevolg van een afname van het landbouwareaal, een verschuiving van bouwland naar

grasland en een afname van het areaal veengronden (vallend onder graslanden). De emissies door een toename van het stedelijk areaal (bebouwing) zijn in deze periode toegenomen van 0,8 naar 1,5 megaton CO₂-equivalenten. De netto-opname door bossen is in de periode 1990-2019 geleidelijk afgenomen, van 2,0 naar 1,8 megaton CO₂-equivalenten, waarbij zich tussen 1990 en 2000 een toename voordoet. De daling hangt samen met de toegenomen ontbossing, en het geleidelijk ouder worden van het Nederlandse bos, waardoor in de bestaande bossen minder koolstof is vastgelegd.

Emissies landgebruik dalen verder tussen 2019 en 2030

De totale netto-emissie van landgebruik neemt na 2019 naar verwachting verder af naar 3,5 [2,9-3,9] megaton CO₂-equivalenten in 2030. Dat is 1 megaton lager dan in 2019. Deze afname is het saldo van verschillende ontwikkelingen. De emissie door de landbouw (grasland en bouwland) daalt tot 2030 met 0,7 megaton CO₂-equivalenten. De daling van de netto-emissie is vooral het effect van een toenemend areaal grasland dat koolstof vastlegt, en een autonome afname van het areaal veen- en moerige gronden dat CO₂ emitteert. De afname van het areaal moerige en veengronden is bepaald op basis van een geactualiseerde voorspellingskaart die dit areaal geeft voor 2045 (Deltares 2021).

De verwachting is dat onder vastgesteld en voorgenomen beleid de bossen in 2030 per saldo ongeveer net zoveel CO₂ vastleggen als in 2019. Na aanvankelijk een lichte daling in de opname door bos tot 2025, doordat de vastlegging door bestaand bos afneemt, verwachten we dat de opname door bos na 2025 weer iets toeneemt vanwege bosuitbreiding als gevolg van een extra compensatie voor ontbossing in het kader van natuurontwikkeling. De beleidsmaatregelen uit het

Klimaatakkoord zijn merendeels beschouwd als geagendeerd beleid en zijn dan ook nog niet meegenomen in deze raming.

De verwachting is dat de emissie van stedelijk areaal (bebouwing) tussen 2019 en 2030 daalt met 0,2 megaton CO₂-equivalenten en uitkomt op 1,3 megaton CO₂-equivalenten in 2030 (voor meer details over de uitgangspunten, zie Arets et al. 2021b).

Bijdrage van overige broeikasgassen door landgebruik aan de totale broeikasgasemissie

De bijdrage door landgebruik van overige broeikasgassen aan het totaal van alle broeikasgassen, is circa 0,1 megaton CO₂-equivalenten in 2019. In de ramingen neemt deze bijdrage tot 2030 heel licht toe. De emissie van overige broeikasgassen bestaat voornamelijk uit lachgas. Dit gas wordt in de bodem gevormd als gevolg van verstoring door veranderingen in het landgebruik. Daarnaast komt er een kleine hoeveelheid methaan vrij als gevolg van bosbranden.

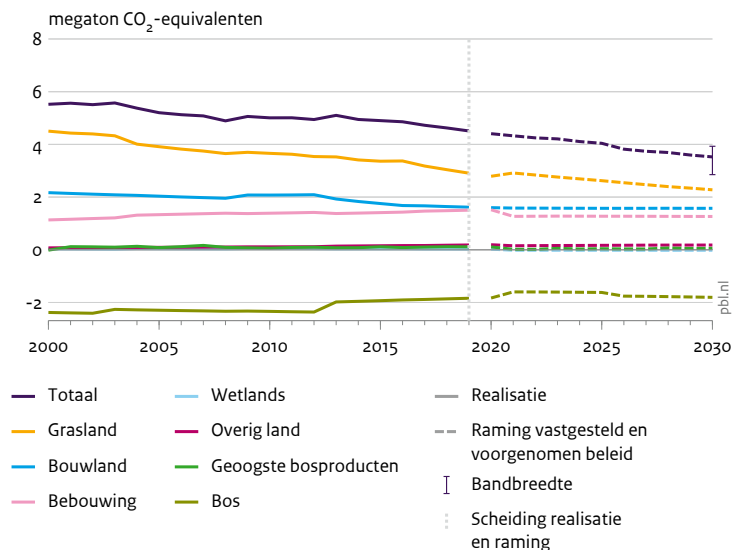
Betekenis voor emissieboekhouding en ESR-richtlijn

In de toekomstige Europese LULUCF-verordening, die van toepassing is op de twee prestatieperiodes (2021-2025 en 2026-2030), staat het volgens de boekhoudregels bepalen van de debits (emissies) en credits (opnames) centraal. Als input voor het bepalen van deze debits en credits wordt gebruikgemaakt van de onder UNFCCC per landgebruikscategorie gerapporteerde emissies en opnames.

Door de afname van netto-emissies door landgebruik is er in de KEV-raming tot 2030 een jaarlijkse credit van gemiddeld 1,1 megaton CO₂-equivalenten (2025) en 1,5 megaton CO₂-equivalenten (2030). Deze credits, met een totale omvang van 4,3 megaton CO₂-equivalenten

Figuur 5.12

Emissie naar en verwijdering van broeikasgassen uit atmosfeer door landgebruik



Bron: Emissieregistratie (realisatie); KEV-raming 2021

in de eerste commitmentperiode (2021-2025) en 6,5 megaton CO₂-equivalenten in de tweede commitmentperiode (2026-2030) kunnen worden gebruikt om eventuele reductieopgaven bij de ESR-sectoren tot en met 2030 mee te compenseren (zie hoofdstuk 3 voor de opgave bij de ESR-sectoren). In het *Fit for 55*-pakket stelt de Europese Commissie nieuwe rekenregels voor ten aanzien van landgebruik. Als deze rekenregels gaan gelden, zal de omvang van deze credits in de tweede commitmentperiode waarschijnlijk dalen van 6,5 naar 3,0 tot

3,7 megaton CO₂-equivalenten. De berekening van de credits is toegelicht in het achtergronddocument bij deze KEV (zie Arets et al. 2021b).

Effecten van geagendeerd beleid

De belangrijkste beleidsmaatregelen in het veenweidegebied zijn de regionale veenweidestrategieën van een zestal provincies en de uiteindelijke uitrol van maatregelen. Op dit moment is alleen voor de Friese veenweidegebieden een uitgewerkt plan beschikbaar, dat in deze KEV is geclassificeerd als voorgenomen beleid. Maar omdat er nog onderzoek loopt naar de effecten van maatregelen in veenweidegebieden, was het voor deze KEV niet mogelijk de Friese strategie al mee te nemen in de integrale LULUCF-berekeningen. De overige plannen zijn beschouwd als geagendeerd beleid, waarvan de bijdrage pas goed kan worden ingeschat als duidelijk is welke maatregelen worden uitgerold.

Voor het bepalen van de emissiereductie van maatregelen in de veenweidegebieden speelt het lopend onderzoek in het kader van Nationaal Onderzoeksprogramma Broeikasgassen Veenweiden (NOBV) een belangrijke rol. Dit onderzoek is onder andere gefinancierd uit de klimaatvelop. Het onderzoeksprogramma beoogt nauwkeuriger inzicht te krijgen in zowel de huidige emissies als het effect van emissiereducerende maatregelen. Deze kennis is medebepalend voor de keuzes met betrekking tot de uitrol van de meest effectieve maatregelen. Onderdeel van het programma is een methodische verbetering van de emissieberekening waarbij de bodemprocessen in relatie tot het grondwaterbeheer centraal staan, en niet zo zeer de empirie van bodemdaling en de daarvan afgeleide CO₂-emissie.

In het plan van het Waterschap Friesland en de Provincie Friesland (2021) ligt de focus op een verhoging van het grondwaterpeil. Het grondwaterpeil in de Friese veenweidegebieden met een dik veenpakket moet gemiddeld met een halve meter omhoog, tot 40 centimeter onder het maaiveld. De locaties en peilen zijn nog niet precies ingevuld. De jaarlijkse CO₂-reductie die met dit peilbeheer bereikt kan worden, is berekend op 0,25 megaton CO₂-equivalenten per jaar (ten opzichte van 2020). De berekening is gebaseerd op emissiereductiecijfers uit de studie Potentiële emissiereductie broeikasgassen Fries veenweidegebied (Van den Akker et al. 2018). Daarnaast wordt een verdere reductie verwacht door vernatting van natuurgebieden in veenweidegebied, maar de omvang daarvan is nog onzeker. In de strategie is daarom opgenomen dat in 2026 op basis van aanvullende kennis en voortschrijdend inzicht besloten wordt over aanvullende maatregelen om de doelstelling van een vermindering van 0,4 megaton CO₂-equivalenten in 2030 te hebben gerealiseerd. Een bandbreedte van 0,25 tot 0,4 megaton CO₂-equivalenten lijkt een realistische inschatting voor de reductie in de Friese veenweiden. Extrapolatie van dit plan naar alle veenweidegebieden (rekening houdend met de mate van ontwatering in andere provincies) zou met de huidige inzichten in 2030 kunnen leiden tot een bandbreedte van 0,5 tot 0,9 megaton CO₂-equivalenten.

De belangrijkste maatregelen die onder bomen, bossen en natuur vallen en beschouwd zijn als geagendeerd, zijn het vergroten van de koolstofvastlegging via bestaande bossen, natuur en landschapselementen en de uitbreiding van bos en landschap. Onder de eerste categorie valt een pakket van maatregelen gericht op de aanpak van omgevingsfactoren, waaronder revitalisering van bestaande (oude) bossen, betere verbindingen tussen bossen en aanpassing in het reguliere beheer.

Onder de tweede vallen de bosuitbreidingen binnen en buiten het Natuurnetwerk Nederland (NNN) en bomen buiten het bos, zoals in en rond steden en dorpen. Ook bosuitbreiding in combinatie met landbouw (agroforestry) valt hieronder. De extra koolstofvastlegging van de geagendeerde maatregelen is geschat op tussen de 0,4 en 0,8 megaton CO₂ in 2030.

Er zijn geen geagendeerde maatregelen gericht op de vastlegging van koolstof in landbouwbodems. Via het onderzoeksprogramma Slim Landgebruik werken het Centrum voor Landbouw en Milieu (CLM), het Louis Bolk Instituut (LBI) en Wageningen Environmental Research (WEnR) samen met boeren in de akkerbouw en veehouderij aan kennisontwikkeling voor deze opgave. Experts schatten in dat tot 2030 een reductie van enkele tienden van megatonnen mogelijk is.

Verschillen met de KEV 2020

De verschillen met de KEV 2020 zijn het gevolg van methodische wijzigingen en aanpassingen in de extrapolatie van de landgebruiksraming. Ondanks diverse methodische wijzigingen en aanpassingen is de raming van de netto-emissie door landgebruik, landgebruiksveranderingen en bosbouw voor 2030 in de KEV 2021 min of meer gelijk aan die in de KEV 2020.

Ten opzichte van het *National Inventory Report 2020* (dat de basis is voor de KEV 2020) heeft de UNFCCC in het *National Inventory Report 2021* een methodische wijziging doorgevoerd waarbij een additionele landgebruikskaart met zichtjaar 1970 in het systeem is toegevoegd. Daarmee starten berekeningen van de emissies en verwijderingen voor LULUCF niet in 1990, maar in 1970. Dit heeft geleid tot wijzigingen in de berekende veranderingen van koolstofvoorraden en de bijbehorende

emissies en verwijderingen over de hele tijdreeks waarover wordt gerapporteerd, zoals een 0,5 megaton lagere emissie in 1990 en een 0,1 megaton lagere emissie in 2018. Het effect op de netto-emissie zit dus vooral aan het begin van de historische reeks en niet zozeer in de laatste jaren. Daarnaast zijn er enkele correcties uitgevoerd met een beperkt effect. Zo is een toewijzing gecorrigeerd van geoogste houtproducten.

Voor de landgebruiksprojectie is voortgebouwd op de systematiek zoals gebruikt in de KEV 2020. Om de autonome ontwikkeling beter in beeld te krijgen zijn, op basis van verschillende bronnen, aanpassingen doorgevoerd in de trend van ontwikkelingen binnen landgebruiscategorieën. Ook is een verbeterde methode toegepast om te bepalen hoe de omvang van het land op moerige grond en veengrond zich ontwikkelt. Beide aanpassingen leiden tot beperkte veranderingen in de geraamde emissies en verwijderingen ten opzichte van de KEV 2020.

5.6 Mobiliteit

In deze paragraaf beschrijven we de ontwikkeling van de broeikasgasemissies door de binnenlandse mobiliteit (inclusief mobiele werktuigen) van 2000 tot 2030. De emissies die zijn gerelateerd aan de in Nederland verkochte brandstoffen voor de internationale luchtvaart en scheepvaart, komen in paragraaf 5.7 aan bod.

5.6.1 Broeikasgasemissies

Coronacrisis zorgt voor tijdelijke daling van emissies door mobiliteit

De uitstoot van broeikasgassen door mobiliteit bedraagt in 2020 circa 30,7 megaton CO₂-equivalenten en ligt daarmee bijna 13 procent lager dan in 2019. Deze daling is hoofdzakelijk het gevolg van de maatregelen die zijn ingevoerd om de verspreiding van het coronavirus te beperken. Mede door het advies om zoveel mogelijk thuis te werken is het personenautoverkeer in 2020 zo'n 20 procent in omvang gedaald ten opzichte van 2019 (CBS 2021e). Het vrachtverkeer werd op een ander manier geraakt door de coronacrisis, per saldo was het vervoersvolume in 2020 vrijwel gelijk aan dat in 2019. Ook de binnenvaart en mobiele werktuigen in de landbouw en de bouw hadden minder last van de coronacrisis. Hun emissies lagen op of net boven het niveau van 2019.

Naast de coronacrisis heeft in 2020 nog een aantal andere factoren bijgedragen aan de afname van de emissies door de sector mobiliteit. Zo is in maart 2020 de maximumsnelheid op het hoofdwegennet overdag verlaagd naar 100 kilometer per uur. Deze snelheidsverlaging was primair bedoeld om de uitstoot van stikstof te reduceren, maar resulteert ook in een lager energieverbruik en daarmee in een lagere uitstoot van broeikasgassen door het wegverkeer. Ook is de verkoop van elektrische auto's in 2020 verder toegenomen. Ten slotte is het aandeel hernieuwbare energie voor vervoer in 2020 verder toegenomen als gevolg van een hogere wettelijke verplichting. Deze punten lichten we hierna toe.

Door de coronacrisis liggen de emissies door de sector mobiliteit in 2020 voor het eerst onder het niveau van 1990. In 2019 bedroegen de emissies 35,3 megaton CO₂-equivalenten en lagen ze nog ruim 9 procent

hogere dan in 1990. Na een snelle daling van de emissies tussen 2011 en 2014 (figuur 5.13), mede als gevolg van een verlaging van de dieselaccijns voor professionele vervoerders in België⁶, zijn de emissies tussen 2015 en 2019 juist weer iets toegenomen. In die periode namen de vervoersvolumes relatief snel toe. Hoewel de gemiddelde uitstoot per vervoerde kilometer afnam door een zuiniger wordend autopark, een steeds groter aantal elektrische auto's en een toegenomen inzet van biobrandstoffen, stegen de emissies tot en met 2018 licht.

Na herstelperiode van coronacrisis volgt structurele daling emissies

De emissies van broeikasgassen door de sector mobiliteit nemen op korte termijn naar verwachting toe tot iets onder het niveau van voor de coronacrisis. De snelheid van die toename is mede afhankelijk van het coronabeleid van de overheid. Ook is de vraag hoe snel en in welke mate mensen weer terugvallen in hun oude verplaatsingspatronen. Structureel meer thuiswerken kan ertoe leiden dat het langer duurt voordat de verkeersvolumes weer op het niveau zijn van voor de crisis. Na deze herstelperiode wordt in de periode 2025-2030 naar verwachting voor het eerst een structurele daling ingezet van de broeikasgasemissies door de sector mobiliteit. De uitstoot in 2030 wordt geraamd op 28,7 [25-32] megaton CO₂-equivalenten en ligt daarmee zo'n 18 procent lager dan in 2019. Ook ligt de raming voor 2030 onder het niveau van het coronajaar 2020. De daling is vooral toe te schrijven aan de snelle toename van het aantal elektrische auto's die tot 2030 wordt verwacht en de steeds grotere inzet van hernieuwbare brandstoffen. Met de daling die tot 2030 wordt verwacht, ligt de geraamde uitstoot van

6 Conform internationale afspraken wordt de uitstoot van broeikasgassen door mobiliteit berekend op basis van de hoeveelheid brandstof die in Nederland is verkocht.

broeikasgassen door mobiliteit in 2030 circa 11 procent lager dan die in 1990.

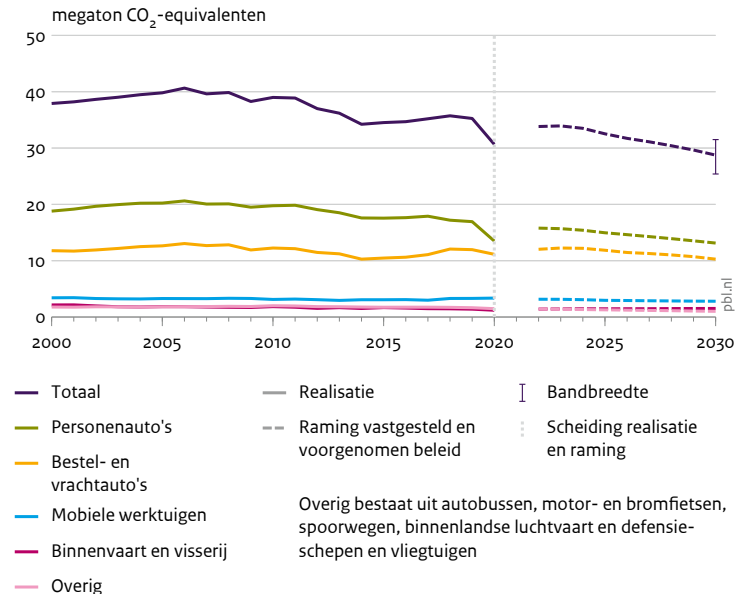
De verwachte daling van de emissies tussen 2019 en 2030 bedraagt ruim 6 megaton. Deze daling betreft voor een groot deel het personenautoverkeer. De uitstoot van personenauto's daalt tussen 2019 en 2030 met naar schatting bijna 4 megaton (22 procent), ondanks een lichte toename van het aantal gereden kilometers. Bij het bestel- en vrachtautoverkeer daalt de uitstoot volgens de raming tussen 2019 en 2030 met respectievelijk 0,4 en 1,2 megaton. Voor alle drie de voertuigcategorieën geldt dat de daling van de emissies primair wordt veroorzaakt door een toenemend aantal elektrische voertuigen en een toenemend aandeel hernieuwbare brandstoffen.

Door afspraken over de inzet van nul-emissielijnbussen daalt de uitstoot van bussen tussen 2019 en 2030 met bijna 0,4 megaton. Buiten het wegverkeer wordt bij mobiele werktuigen tot 2030 een daling verwacht van 0,5 megaton. Dat komt doordat het machinepark efficiënter wordt, meer hernieuwbare brandstoffen worden ingezet en het aantal elektrische werktuigen onder invloed van nationaal stimuleringsbeleid (de voorgenomen subsidie Schoon en Emissieloos Bouwen) naar verwachting toeneemt.

Personenautoverkeer is de grootste emissiebron binnen mobiliteit

Het wegverkeer is verantwoordelijk voor circa 85 procent van de uitstoot van broeikasgassen door mobiliteit (figuur 5.13). Daarbinnen is het personenautoverkeer de grootste emissiebron, met een aandeel van circa 50 procent in de totale emissies door mobiliteit. In 2020 was dit aandeel circa 44 procent omdat vooral het personenautoverkeer geraakt werd door de coronamaatregelen. Het bestelautoverkeer is goed voor

Figuur 5.13
Emissie broeikasgassen door mobiliteit



Bron: Emissieregistratie (realisatie); KEV-raming 2021

circa 12 procent van het de totale emissies en vrachtauto's nemen circa 20 procent voor hun rekening. Bussen, motorfietsen en bromfietsen zijn goed voor in totaal circa 3 procent van de uitstoot. Deze aandelen veranderen richting 2030 door de snelle instroom van elektrische personenauto's. De bijdrage van het personenautoverkeer daalt hierdoor tot circa 46 procent in 2030, terwijl de bijdrage van bestelauto's

en vrachtauto's iets toeneemt. Ook bij die voertuigtypen is er een trend richting elektrisch vervoer, maar die verloopt minder snel dan bij de personenauto's.

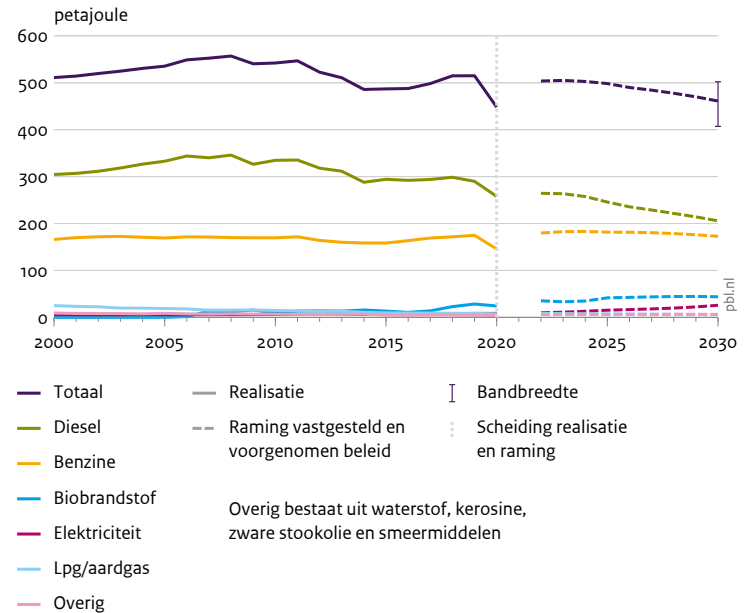
Buiten het wegverkeer zijn de mobiele werktuigen de belangrijkste emissiebron van broeikasgassen. Hiertoe behoren onder andere graafmachines, landbouwtractoren en vorkheftrucks. Deze werktuigen worden niet primair voor vervoer gebruikt, maar hun uitstoot van broeikasgassen van ruim 3 megaton CO₂-equivalenten wordt wel tot de sector mobiliteit gerekend. Daarmee zijn mobiele werktuigen goed voor circa 10 procent van de totale uitstoot van de sector. De binnenvaart en de visserij leveren een bescheiden bijdrage aan de uitstoot door mobiliteit van circa 4 procent. Railvervoer is hoofdzakelijk elektrisch aangedreven en levert daarmee nauwelijks een bijdrage. De uitstoot van broeikasgassen door de internationale lucht- en scheepvaart tot slot wordt niet tot de nationale emissietotalen gerekend (zie paragraaf 5.7).

CO₂ is dominant in de totale uitstoot van broeikasgassen door mobiliteit

Met een aandeel van 98 procent in de totale uitstoot van broeikasgassen in 2020 in CO₂-equivalenten is CO₂ veruit het belangrijkste broeikasgas dat door de sector mobiliteit wordt uitgestoten. Fluorkoolwaterstoffen zijn verantwoordelijk voor 1 procent van de totale uitstoot, lachgas voor 0,7 procent en methaan voor de resterende 0,2 procent. Tot 2030 veranderen deze verhoudingen beperkt. Het belang van de fluorkoolwaterstoffen neemt iets af door de Europese verplichting om vanaf 2017 in nieuwe auto's alleen koudemiddelen te gebruiken voor airco's, die een lager broeikasemissie hebben dan voorheen gebruikelijk was.

Figuur 5.14

Finaal binnenlands energieverbruik mobiliteit per energiedrager

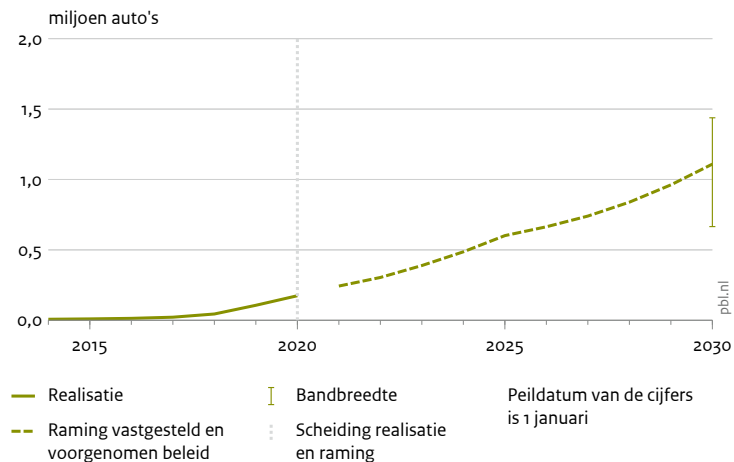


Bron: Emissieregistratie, CBS (realisatie); KEV-raming 2021

De uitstoot van broeikasgassen door binnenlandse mobiliteit valt (op dit moment nog) buiten het Europese emissiehandelssysteem. De luchtvaart valt daar deels binnen, maar de brandstofverkoop aan de internationale luchtvaart vallen onder de bunkerbrandstoffen (zie paragraaf 5.7).

Figuur 5.15

Aantal nulemissiepersonenauto's in wagenpark



Bron: CBS (realisatie); KEV-raming 2021

5.6.2 Energie

Het energieverbruik in de sector mobiliteit ligt in 2020 circa 13 procent lager dan in 2019. Tussen 2014 en 2019 is het energieverbruik door mobiliteit toegenomen van 485 naar 514 petajoule (6 procent). Deze toename is min of meer in lijn met de ontwikkeling van de verkeers- en vervoersvolumes. Het wagenpark is in deze periode weliswaar iets efficiënter geworden, maar tegelijkertijd werd er iets meer in Nederland getankt doordat er in België hogere dieselaccijnzen zijn ingevoerd. In 2020 daalt het energieverbruik door de coronacrisis naar 446 petajoule (figuur 5.14). Ruim 92 procent daarvan is afkomstig uit fossiele

olieproducten als benzine en diesel; in 2010 was dit nog 97 procent. De bijdrage van fossiele olieproducten daalt gestaag door de toenemende inzet van biobrandstoffen en de toename van het elektrische vervoer. Biobrandstoffen zijn in 2020 verantwoordelijk voor ruim 5 procent van het energieverbruik, en elektriciteit is dat voor 1,5 procent.

Net als bij de uitstoot van broeikasgassen wordt ook bij het energieverbruik door de sector mobiliteit de komende jaren een toename verwacht door herstel na de coronacrisis. Na deze herstelperiode zal het energieverbruik voor mobiliteit naar verwachting structureel gaan dalen. Dit komt voornamelijk doordat het gebruik van energie in elektrische voertuigen efficiënter is dan in voertuigen die op brandstoffen rijden. Het energieverbruik in 2030 wordt in deze KEV geraamd op 461 [407-503] petajoule. Vooral het dieselvebruik neemt naar verwachting af, doordat de populariteit van dieselauto's afneemt en elektrische auto's in de zakenautomarkt snel in opkomst zijn, waar van oudsher veel dieselauto's werden verkocht. Het elektriciteitsverbruik door mobiliteit is 7 petajoule in 2020, en neemt naar verwachting toe tot 26 [21-31] petajoule in 2030. Het railvervoer is in 2020 verantwoordelijk voor driekwart van het elektriciteitsverbruik. De toename in het elektriciteitsverbruik zit grotendeels bij het wegverkeer. Het elektriciteitsverbruik door het wegverkeer stijgt naar verwachting van 2 petajoule in 2020 naar 19 petajoule in 2030. Ook het gebruik van biobrandstoffen voor mobiliteit neemt naar verwachting toe en is geraamd op 44 [34-50] petajoule in 2030.

Aantal elektrische personenauto's blijft toenemen

De verkoop van elektrische personenauto's is de afgelopen jaren snel gestegen (figuur 5.15). Door de coronacrisis zijn er in 2020 weliswaar beduidend minder nieuwe auto's verkocht dan in 2019, maar juist wel

meer elektrische auto's. Deze toename was mede het gevolg van de subsidieregeling voor de particuliere aanschaf van nulemissiepersoneelauto's die medio 2020 is gestart. In 2020 was één op de vijf nieuwe auto's volledig elektrisch. Met een marktaandeel van 20 procent ligt Nederland ruim boven het Europese gemiddelde, dat in 2020 op 6 procent ligt (ICCT 2021). In mei 2021 rijden er ruim 180.000 nulemissieauto's rond in Nederland, tegenover nog maar 20.000 begin 2018 (RVO 2021e). 'Nulemissie' geldt hier overigens alleen voor de sector mobiliteit. Zolang de elektriciteitsproductie nog broeikasgasemissies veroorzaakt, zijn deze auto's in het energiesysteem nog niet zonder emissies. Het overgrote deel van de nulemissieauto's bestaat uit batterijelektrische auto's, het aantal waterstofauto's is nog gering.

De snelle groei van het elektrische wagenpark zet naar verwachting door, mede doordat er de komende jaren relatief veel nieuwe modellen op de markt komen die bovendien een steeds grotere actieradius hebben. Ook dalen de kosten van elektrische auto's relatief snel als gevolg van de verwachte kostendaling van accu's. In het Klimaatakkoord zijn bovendien afspraken gemaakt om de verkopen tot 2025 te stimuleren, onder andere via fiscale voordelen en via de subsidieregeling voor de particuliere aanschaf van nieuwe of tweedehands nulemissiepersoneelauto's. Mede onder invloed van dit stimuleringsbeleid neemt het marktaandeel van elektrische auto's in de komende jaren verder toe. In 2025 wordt het marktaandeel geraamd op 30 procent van de verkoop van nieuwe personeelauto's.

Het Klimaatakkoord bevat geen afspraken over de wijze waarop elektrisch rijden in de periode 2026-2030 wordt gestimuleerd. Wel is een onderzoek uitgevoerd naar vormen van betalen naar gebruik, waarbij de ambitie uit het regeerakkoord van het kabinet-Rutte III van 100 procent

nulemissienieuwverkopen in 2030 als uitgangspunt geldt. Dit onderzoek is inmiddels afgerond, maar er zijn nog geen besluiten genomen over het beleid voor de periode na 2025. Door de verwachte kostendalingen wordt er desondanks ook na 2025 een toename verwacht in de verkoop van elektrische auto's. Het marktaandeel van elektrische auto's wordt in 2030 geraamd op 42 procent van de nieuwverkopen. Het aantal elektrische auto's is in 2030 op 1,1 miljoen geraamd, op een totaal wagenpark van bijna 10 miljoen auto's. De onzekerheden rond deze ramingen zijn echter groot (zie voor een toelichting CPB & PBL 2020). In de bandbreedte wordt rekening gehouden met 0,6 tot 1,5 miljoen elektrische auto's in 2030. Door de toename van het aantal elektrische auto's neemt het elektriciteitsverbruik van personeelauto's toe tot naar schatting 11 petajoule in 2030.

Elektrificatie van bestel- en vrachtauto's komt ook op gang

In vergelijking met personeelauto's is het aandeel nulemissiebestelauto's en -vrachtauto's in het wagenpark nog minimaal. Van de ruim 1 miljoen bestelauto's in Nederland waren er eind 2020 nog maar 6.000 elektrisch aangedreven (RVO 2021e), en het aantal elektrische vrachtauto's was op dat moment nog verwaarloosbaar. De verwachting is echter dat die aantallen de komende jaren snel groter worden, mede onder invloed van de afspraken die hierover in het Klimaatakkoord zijn gemaakt. Zo is afgesproken dat er in 2030 in 30 tot 40 binnensteden een zogeheten nulemissiezone moet zijn ingericht voor stadslogistiek. In die zones mogen alleen nulemissiebestelauto's en -vrachtauto's komen. Bij het maken van de KEV 2021 hadden inmiddels 20 steden aangekondigd om een dergelijke zone in te voeren. Die 20 zones zijn in de ramingen verwerkt.

In het Klimaatakkoord is ook afgesproken dat er een kilometerheffing voor vrachtauto's wordt ingevoerd. De opbrengsten van die heffing worden teruggesluisd naar de transportsector en zijn bedoeld om verduurzaming te stimuleren. De plannen voor deze zogeheten terugsluis zijn dit jaar voor het eerst in de KEV meegenomen. Verwacht wordt dat de vrachtautoheffing in 2026 kan worden ingevoerd. Jaarlijks zou er dan circa 200 miljoen euro beschikbaar komen voor de terugsluis. Op basis van onderzoek van TNO (2019) is verondersteld dat een wezenlijk deel van dit budget benut wordt voor het stimuleren van nulemissievrachtauto's en van de laad- en tankinfrastructuur die daarvoor nodig is. Het resterende deel van de opbrengsten is bedoeld om de inzet van geavanceerde biobrandstoffen te stimuleren en het optimaliseren van de logistieke keten, wat moet leiden tot een vermindering van het aantal vrachtwagenkilometers.

Het aanbod van nulemissiebestelauto's en -vrachtauto's is momenteel nog minimaal, maar neemt de komende jaren snel toe. Door grootschaliger productie kunnen de prijzen van deze voertuigen dalen, en door verbetering van de batterijtechnologie neemt de actieradius van de nieuwe modellen naar verwachting toe, waardoor ze in meer toepassingen inzetbaar worden (Van Zyl et al. 2021). De verwachting is dan ook dat het marktaandeel van nulemissiebestelauto's en -vrachtauto's snel groter wordt. De snelheid van die groei is echter onzeker. Momenteel worden in zogeheten *learning-by-using*-projecten, die de overheid stimuleert via de subsidie voor demonstratieprojecten klimaattechnologieën en -innovaties in transport (DKTI), ervaringen opgedaan met nulemissievrachtauto's in de dagelijkse praktijk. De lessen uit die praktijkproeven moeten nog worden getrokken, waarmee onzeker is hoe snel de verkopen de komende jaren zullen gaan stijgen. Ook is onzeker hoe snel de kosten dalen en hoe groot de investerings-

bereidheid in de sector is. Door de combinatie van stimuleringsregelingen en de verplichting om in binnensteden nulemissievoertuigen in te zetten ontstaat echter een sterke prikkel voor de aanschaf van dergelijke voertuigen. Het aantal nulemissiebestelauto's in 2030 is in deze KEV geraamd op circa 100.000 en het aantal nulemissievrachtauto's op circa 13.000. De raming is echter onzeker. In de bandbreedte wordt rekening gehouden met 54.000 tot 165.000 nulemissiebestelauto's en 7.000 tot 29.000 nulemissievrachtauto's.

Bijna een kwart van de lijnbussen is elektrisch in 2021

Het aantal elektrische lijnbussen is in de afgelopen jaren snel toegenomen. Medio 2021 reden er ruim 1.200 elektrische bussen rond in Nederland. In een kleine vijf jaar tijd is circa een kwart van het bussenpark (van ruim 5.000 lijnbussen) geëlektrificeerd. In 2030 moeten alle bussen die voor het stedelijke en regionale openbaar vervoer worden ingezet, zonder emissies zijn. Dit is afgesproken in het Bestuursakkoord Zero Emissie Regionaal Openbaar Vervoer per Bus, dat in 2016 is getekend. Onder invloed van dit akkoord en de extra middelen die vanuit het Klimaatakkoord beschikbaar zijn gesteld voor de aanschaf van nulemissiebussen, neemt het aantal elektrische en waterstofbussen in de komende jaren naar verwachting snel toe. 'Nulemissie' geldt voor de directe uitstoot van het voertuig. Doordat het effect van de afspraken uit het bestuursakkoord in de KEV 2021 hoger is ingeschat dan in de KEV 2020, valt de emissieraming voor 2030 voor bussen circa 0,2 megaton lager uit. De verwachting in deze KEV is dat de ambities in 2030 vrijwel volledig gerealiseerd gaan worden. Een aantal geïdentificeerde uitdagingen, zoals hoge kosten en het bedienen van 'lange lijnen', wordt voldoende geadresseerd, zo blijkt uit gesprekken met ov-autoriteiten. Zo kan VDL vanaf volgend jaar elektrische bussen leveren met een actieradius tot 600 kilometer per laadbeurt.

5.3 Toename elektrisch vervoer brengt uitdagingen met zich

De snelle toename van het aantal nulmissievoertuigen die tot 2030 wordt verwacht, leidt tot een steeds grotere vraag naar laad- en tankvoorzieningen. Met de huidige inzichten lijkt een groot deel van de extra nulmissievoertuigen batterij-elektrisch te worden aangedreven. Dit brengt een forse laadbehoefte met zich. APPM (2019) heeft ingeschat dat, om de ambities voor nulmissiepersonenauto's uit het Klimaatakkoord te realiseren, in 2030 iedere werkdag meer dan 1.400 nieuwe laadpunten gerealiseerd moeten worden. Als het aanbod aan laadvoorzieningen achterblijft, kan dit de toename van het aantal elektrische voertuigen remmen. Onderzoek van Enpuls (2020) laat zien dat het aantal publieke laadpunten per elektrische auto afneemt. De laadruk op de publieke laadinfrastructuur neemt hierdoor toe. Zo heeft momenteel 40 procent van de rijders van een elektrische auto bij aankomst in een buurt geen zekerheid dat deze bij aankomst kan laden. Uit het Nationaal Laadonderzoek 2021 blijkt dat mensen problemen ervaren met het vinden van een openbaar laadpunt (RVO 2021f). Ook duurt het volgens dit onderzoek in bijna de helft van de gevallen langer dan een half jaar om een laadpaal aan te vragen.

Om (potentiële) knelpunten in de laadvoorzieningen aan te pakken is de Nationale Agenda Laadinfrastructuur (NAL) opgesteld (IenW 2019). Ambitie van deze nationale agenda is dat er overal in Nederland makkelijk en slim geladen kan worden. Gemeenten werken samen in zogeheten RAL-regio's (Regionale Aanpak Laadinfrastructuur) en worden geacht een visie te ontwikkelen op de laadinfrastructuur inclusief het plaatsingsbeleid. Iets meer dan de helft van de gemeenten heeft inmiddels plaatsingsbeleid vastgesteld. De invulling hiervan verschilt per gemeente. Sommige gemeenten voeren een proactief beleid, waarbij laadvoorzieningen worden gerealiseerd op basis van

de in de toekomst verwachte vraag. Andere gemeenten reageren vooral op de huidige vraag vanuit inwoners en bedrijven. Gemeenten lijken over het algemeen het beleid te voeren om voornamelijk privé en zakelijk laden te stimuleren, en pas waar nodig in te zetten op (semi-)publieke laadpalen ('paal volgt vraag') (Enpuls 2020). Dit om te voorkomen dat mensen niet langer op eigen terrein parkeren maar vooral op openbaar terrein. Sommige gemeenten zetten hierdoor minder in op publiek laden dan de richtlijn uit de NAL hiervoor.

Naast uitdagingen rondom de implementatie van laadpalen, zijn ook uitdagingen te verwachten voor de levering van de benodigde energie. De toename van het elektriciteitsgebruik in Nederland richting 2030 brengt veel werk voor netbeheerders met zich. Mogelijk kan dit tot lokale congestie en tot vertraagde uitbreidingen van het elektriciteitsnetwerk leiden. Recente berichtgeving over capaciteitsknelpunten in het netwerk in Amsterdam geven aan dat hier een potentieel risico zit voor de marktintroductie van elektrisch vervoer. Met name bestelauto's, vrachtauto's en bussen gaan een geclusterde vraag naar elektriciteit ontwikkelen, bijvoorbeeld op bedrijventerreinen waar grote vervoerders zijn gevestigd. De vraag is of de elektriciteitsnetwerken hier (tijdig) gereed voor zijn.

Naast batterij-elektrische aandrijving zal een deel van de nulmissievoertuigen waarschijnlijk ook door waterstof worden aangedreven. Zeker bij zwaardere toepassingen lijkt waterstof een potentieel kansrijke route (Nauta & Geilenkirchen 2021). Ook daar ligt een uitdaging voor de energievoorziening, hoewel die verschilt van de opgave bij batterij-elektrische aandrijving. Waterstof tanken gaat namelijk veel sneller dan batterijen opladen.

Daarom zal een tankinfrastructuur voor waterstof veel meer gelijkenissen vertonen met de huidige tankinfrastructuur voor benzine en diesel. Het aantal waterstoftankstations is momenteel nog gering, maar het ministerie van IenW werkt aan verdere uitrol.

Of de uitwerking van de afspraken uit de Nationale Agenda Laadinfrastructuur zal leiden tot een voldoende aantal laadvoorzieningen, is nog onderwerp van onderzoek. Bij de prognoses die we in deze KEV presenteren, is verondersteld dat de laad- en tankinfrastructuur geen noemenswaardige belemmering vormt voor de uitrol van nulmissievoertuigen.

Wel is er de komende jaren nog een aantal uitdagingen te overwinnen rondom de laadinfrastructuur (zie tekstkader 5.3).

Inzet van biobrandstoffen voor binnenlandse mobiliteit afgenomen in 2020

Het gebruik van hernieuwbare energie voor vervoer wordt in Nederland gereguleerd in de vorm van een verplichting voor brandstofleveranciers om een steeds groter deel van de aan vervoer geleverde energie hernieuwbaar te maken. Deze jaarverplichting bedraagt 16,4 procent in 2020 en ligt daarmee circa 4 procentpunt hoger dan in 2019. Binnen deze verplichting geldt een minimum voor de inzet van geavanceerde biobrandstoffen (biobrandstoffen uit specifieke in de Europese regeling vastgelegde soorten afvalstoffen en residuen die veelal via geavanceerde methoden geproduceerd worden) en een maximum voor de inzet van biobrandstoffen uit voedsel- en voedergewassen. De verplichting kan worden ingevuld door verschillende vormen van hernieuwbare energie in te zetten. In de praktijk was dat de afgelopen jaren vooral biobrandstof.

De inzet van biobrandstoffen voor de binnenlandse mobiliteit is in 2020 circa 24 petajoule en ligt daarmee circa 4 petajoule lager dan in 2019. Daarmee zijn biobrandstoffen in 2020 goed voor ruim 5 procent van het energieverbruik door de sector mobiliteit. Dit aandeel is beduidend

lager dan de jaarverplichting. Het verschil tussen de verplichting en de werkelijke inzet wordt onder meer veroorzaakt doordat sommige typen biobrandstof onder de wettelijke verplichting dubbel meetellen. Ook mogen brandstofleveranciers spaartegoed inzetten uit eerdere jaren om aan de jaarverplichting te voldoen. Ten slotte kan een deel van de verplichting worden ingevuld door biobrandstoffen in te zetten in de internationale lucht- en scheepvaart.

De jaarverplichting voor hernieuwbare energie in het vervoer geldt momenteel voor leveringen aan het wegverkeer en het overig binnenlands vervoer (exclusief scheepvaart). Om aan de verplichting te voldoen mag ook hernieuwbare energie worden ingezet die aan andere vormen van vervoer is geleverd, zoals scheepvaart en luchtvaart. Deze optie is in 2020 veelvuldig benut (NEa 2021d). Waar in 2019 nog zo'n 2 petajoule aan biobrandstof is geleverd aan de zeescheepvaart, is dat in 2020 bijna 10 petajoule. Hiermee kan ook worden voldaan aan de jaarverplichting, al is het nadeel van deze route dat de CO₂-besparing die hiermee wordt gerealiseerd, niet meetelt voor de nationale klimaatdoelen. De uitstoot van broeikasgassen voor de internationale scheepvaart wordt conform internationale afspraken namelijk niet tot de nationale emissietotalen gerekend. De hogere jaarverplichting voor hernieuwbare energie in 2020 heeft dus wel bijgedragen aan de

toegenomen inzet van hernieuwbare energie in het vervoer, maar de bijdrage aan de nationale beleidsdoelen voor uitstoot van broeikasgassen is niet meegegroeid.

Hogere verplichting voor hernieuwbare energie draagt bij aan daling uitstoot tot 2030

Het kabinet is voornemens om de jaarverplichting voor hernieuwbare energie in vervoer stapsgewijs te verhogen tot een niveau van 27,1 procent in 2030. De minimale inzet van geavanceerde biobrandstoffen stijgt naar 7 procent in 2030. Het kabinet heeft hiertoe in het voorjaar van 2021 een wetsvoorstel ingediend bij de Tweede Kamer. Met dit voorstel geeft het invulling aan de verplichtingen die voortvloeien uit de Europese regelgeving voor hernieuwbare energie (de tweede *Renewable Energy Directive*, RED II) en aan de afspraken uit het Klimaatakkoord. In de RED II is vastgelegd dat het aandeel hernieuwbare energie in het vervoer in 2030 minimaal 14 procent moet bedragen. Landen kunnen zelf hogere eisen stellen. In het Nederlandse Klimaatakkoord is afgesproken dat er in 2030 maximaal 60 petajoule aan hernieuwbare brandstoffen voor het wegverkeer wordt ingezet, bovenop de bijdrage van hernieuwbare elektriciteit en waterstof. Ook is afgesproken dat er in 2030 minimaal 5 petajoule aan hernieuwbare brandstoffen wordt ingezet in de binnenvaart. De voorgenomen jaarverplichting voor 2030 geeft hier invulling aan. Dit beleidsvoornemen is in deze KEV voor het eerst in de ramingen verwerkt.

De nieuwe jaarverplichting voor hernieuwbare energie in de periode 2022-2030 wordt naar verwachting voor een steeds groter deel ingevuld met hernieuwbare elektriciteit. Bedraagt de bijdrage van hernieuwbare elektriciteit in 2022 naar schatting nog slechts zo'n 2 procent, in 2030 is dat circa 35 procent. Het elektriciteitsgebruik in het wegverkeer neemt

relatief snel toe en een steeds groter deel daarvan is afkomstig van hernieuwbare energie. Maar ook het gebruik van biobrandstoffen zal moeten toenemen om aan de oplopende jaarverplichting te voldoen (Uslu 2021). De mate waarin is onzeker en hangt sterk samen met het tempo waarin het wagenpark in Nederland elektrificeert. Meer elektrificatie betekent namelijk enerzijds dat een groter deel van de jaarverplichting wordt ingevuld met hernieuwbare elektriciteit, en anderzijds betekent het dat de noemer voor de jaarverplichting, de totale hoeveelheid geleverde (bio)benzine en (bio)diesel aan verkeer, lager uitvalt. Hierdoor valt de verplichting in absolute zin ook lager uit.

De komende jaren zal een steeds groter deel van de biobrandstoffen naar het binnenlands vervoer gaan. Vanaf 2021 mogen leveringen aan de zeescheepvaart namelijk alleen nog worden ingeboekt als het om geavanceerde biobrandstoffen gaat. Vanaf 2025 is het niet meer mogelijk om levering aan de scheepvaart of luchtvaart in te boeken. Naar schatting wordt er in 2030 circa 44 petajoule [34-50 petajoule] aan biobrandstoffen ingezet voor het binnenlands vervoer. Daarnaast wordt nog circa 4 petajoule aan biobrandstoffen ingezet voor de internationale binnenvaart, die ook onder de jaarverplichting valt maar waarvan de emissies van broeikasgassen niet onder de nationale emissietotalen vallen.

Geagendeerd beleid kan een extra CO₂-besparing bewerkstelligen

Het geagendeerde beleid voor de mobiliteitssector kan tot een extra CO₂-besparing leiden binnen deze sector. Zo werkt IenW aan een stimuleringsregeling voor nulmissievrachtauto's die in 2022 van start moet gaan. Hiermee wordt de verkoop van deze vrachtauto's de komende jaren gestimuleerd. Ook is er beleid in voorbereiding voor het stimuleren van laadinfrastructuur voor de logistieke sector. En er

worden de komende jaren naar verwachting meer nulemissiezones ingevoerd voor de stadslogistiek dan in deze KEV in de beleidsvariant met vastgesteld en voorgenomen beleid zijn meegenomen: de 20 zones die per 1 mei 2021 waren aangekondigd. In het Klimaatakkoord is echter afgesproken dat er in 2030 30 á 40 van dergelijke zones moeten zijn. Dit geagendeerde beleid kan ertoe leiden dat het aantal nulemissievrachtauto's in 2030 hoger uitvalt dan in deze KEV is geraamd. Dit leidt tot een extra CO₂-besparing. De mate waarin kan bij het maken van deze KEV niet worden geraamd, omdat nog niet bekend is hoe de subsidieregeling eruit komt te zien. Ook is nog niet goed in te schatten wat het effect is wanneer er 10 tot 20 extra nulemissiezones bij komen. Bij de doorrekening van het Ontwerp Klimaatakkoord is het effect van de beoogde 30 á 40 nulemissiezones geraamd op in totaal 0,1 tot 1,0 megaton CO₂-reductie in 2030. De grootste steden hebben inmiddels allemaal aangekondigd een dergelijke zone te zullen invoeren. Daarom kan niet worden geconcludeerd dat een verdubbeling van het aantal zones ook een verdubbeling van het effect oplevert.

In het Klimaatakkoord is verder afgesproken dat er een normstellende regeling komt voor werkgerelateerde mobiliteit, goederenvervoer en eigen wagenparken. Hiertoe heeft IenW een norm in voorbereiding voor de gemiddelde CO₂-uitstoot van het woon-werkverkeer en het zakelijk verkeer voor alle werkgevers met meer dan honderd medewerkers. Deze norm zou vanaf 2026 moeten gaan gelden. Handhaving ligt dan bij het bevoegd gezag (gemeenten). Beoogd wordt om samen met de afspraken over 'Anders Reizen' een CO₂-besparing te realiseren van 1 megaton in 2030. Bij het maken van deze KEV is nog niet duidelijk in hoeverre die beoogde besparing additioneel is ten opzichte van de toename van het thuiswerken en de toename van het aantal elektrische auto's die in deze KEV zijn geraamd.

Ten slotte is er beleid in voorbereiding voor het stimuleren van waterstofmobiliteit en voor het klimaatneutraal aanbesteden van grond-, weg- en waterbouwprojecten. Het potentiële effect van dit geagendeerde beleid kan op dit moment nog niet worden geraamd.

Bij de conclusies over het doelbereik van de nationale klimaatdoelstelling nemen we in deze KEV 0,5 tot 1,5 megaton extra emissiereductie ten opzichte van de raming mee als totaal effect van geagendeerd beleid in de sector mobiliteit.

Verschillen met de KEV 2020

De voor 2030 geraamde uitstoot van broeikasgassen door mobiliteit valt in de KEV 2021 circa 2,8 megaton lager uit dan in de KEV 2020. Dit is het gevolg van nieuw beleid dat in de KEV 2021 is verwerkt, maar ook van meer thuiswerken, een lagere economische groei en van aanpassingen in de modellering. Bij nieuw beleid gaat het om de regelgeving voor hernieuwbare energie in het vervoer voor de periode 2022-2030, de introductie van nulemissiezones voor de stadslogistiek, de terugsluis van de opbrengsten van de vrachtautoheffing en de stimuleringsregeling voor schone en nulemissiebouwvoertuigen en -werktuigen. Ook is het effect van het beleid voor nulemissielijnbussen hier hoger geraamd dan in de KEV 2020, waardoor de geraamde uitstoot van broeikasgassen door lijnbussen in 2030 lager uitvalt.

Naast deze veranderingen in de beleidsaannames, is ook de modellering van met name de uitstoot van het personenautoverkeer in deze KEV verbeterd. Het aantal gereden kilometers in 2030 wordt in de KEV 2021 ruim 6 procent lager geraamd dan in de KEV 2020. Drie factoren spelen hierbij een rol. Ten eerste is de verwachting dat werknemers door de coronacrisis structureel meer thuis gaan werken (De Haas et al. 2020a,b;

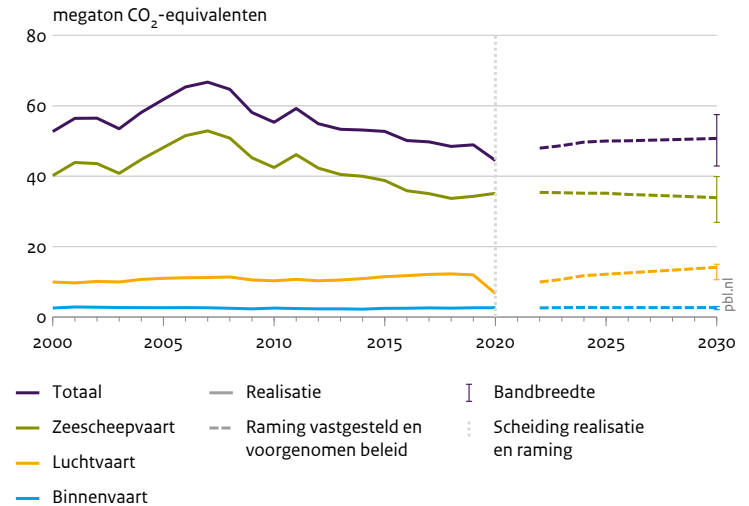
PBL 2021b). Ten tweede valt de verwachte groei van de economie tot 2030 in de KEV 2021 lager uit dan in de KEV 2020, wat leidt tot lagere groeiverwachtingen voor het vervoer. Ten derde is in de KEV 2021 een nieuwe modelversie gebruikt van het Landelijk Modelsysteem Verkeer en Vervoer (kortweg het LMS) om de groei van het personenvervoer te ramen. In het verbeterde model heeft de stijging van de besteedbare inkomens tot 2030 een kleiner effect op de groei van de mobiliteit. Ten slotte is in het aandeel van elektrische auto's in de totale autokilometrage in de KEV 2021 hoger geraamd dan in de KEV 2020. Dit komt door een verbeterde modellering van de import en export van gebruikte elektrische auto's en nieuwe inzichten over de restwaarde van gebruikte elektrische auto's. Hierdoor is het gebruik van tweedehands elektrische auto's in Nederland naar boven bijgesteld.

5.7 Bunkerbrandstoffen internationale lucht- en scheepvaart

In deze paragraaf gaan we in op de ontwikkeling van de broeikasgasemissies die zijn gerelateerd aan de in Nederland verkochte bunkerbrandstoffen. Via Schiphol en de Rotterdamse haven wordt een significante hoeveelheid bunkerbrandstof verkocht aan de internationale lucht- en scheepvaart. De broeikasgasemissies die gepaard gaan met het verbruik van deze brandstoffen, moet Nederland conform de richtlijnen van het IPCC rapporteren. Ze worden echter niet tot het nationale emissietotaal gerekend. Dit geldt zowel voor de internationale lucht- en zeescheepvaart als voor de binnenvaart met een herkomst of bestemming buiten Nederland.

Figuur 5.16

Emissie broeikasgassen uit in Nederland verkochte bunkerbrandstoffen



Bron: Emissieregistratie (realisatie); KEV-raming 2021

Uitstoot van broeikasgassen door de luchtvaart fors gedaald door coronacrisis

De uitstoot van broeikasgassen die vrijkomt bij de verbranding van brandstoffen die in Nederland aan de internationale lucht- en scheepvaart zijn verkocht, is in 2020 met 4 megaton gedaald tot 44,5 megaton CO₂-equivalenten. Deze daling komt volledig op het conto van de luchtvaart. Door de coronacrisis is er in 2020 namelijk aanzienlijk minder gevlogen dan in 2019. De uitstoot van broeikasgassen door de internationale luchtvaart vanuit Nederland daalde hierdoor van 12 megaton in 2019 naar 6,7 megaton in 2020. Tot 2019 nam de uitstoot

van broeikasgassen door de luchtvaart juist toe. In het jaar 2000 bedroeg de uitstoot nog 10 megaton (figuur 5.16). Hierbij moet worden opgemerkt dat bij gebrek aan kennis hierover niet de volledige bijdrage van de luchtvaart aan de opwarming van de aarde in beeld is gebracht. Dit lichten we verderop toe.

De uitstoot van broeikasgassen door de internationale scheepvaart neemt in 2020 toe naar 37,8 megaton en ligt daarmee bijna 1 megaton hoger dan in 2019. Deze toename volgt na jaren van daling. De zeescheepvaart heeft in 2020 circa 2 procent meer brandstof gebunkerd dan in 2019.

De totale emissie door de verbranding van bunkerbrandstoffen ligt in 2020 nog ruim 11 procent hoger dan in 1990 (toen was de emissie 40 megaton). CO₂ is veruit het belangrijkste broeikasgas, met een aandeel van 99 procent in de totale uitstoot van broeikasgassen (uitgedrukt in CO₂-equivalenten). De bijdrage van lachgas en methaan bedraagt respectievelijk 0,8 en 0,2 procent.

Brandstofmix voor de scheepvaart verandert

Als gevolg van strengere mondiale milieuwetgeving verandert de brandstofmix voor de zeescheepvaart. Sinds 2020 is de mondiale norm voor het maximale zwavelgehalte van brandstoffen voor de zeescheepvaart verlaagd naar 0,5 procent. Om aan deze norm te voldoen kunnen schepen laagzwavelige brandstof gebruiken of, bij gebruik van hoogzwavelige brandstof, hun uitlaatgas reinigen met zogeheten *scrubbers*. Veel scheepseigenaren hebben er in 2020 voor gekozen om laagzwavelige brandstof te bunkeren. Het aandeel laagzwavelige brandstof in de totale afzet van scheepsbrandstoffen aan de zeescheepvaart is toegenomen van 36 procent in 2019 naar 86 procent in 2020.

Opmerkelijk is de snelle toename van de bunkering van biobrandstoffen door de zeescheepvaart. Deze stijgt van 2 petajoule in 2019 naar 10 petajoule in 2020, als gevolg van de verplichting om hernieuwbare energie in te zetten in het binnenlandse vervoer. Om aan die regels te voldoen kunnen ook leveringen van biobrandstoffen aan de zeescheepvaart worden ingeboekt. In 2020 is daar veelvuldig gebruik van gemaakt (zie paragraaf 5.6).

De bunkering van vloeibaar aardgas (lng) door de zeescheepvaart is in 2020 bijna verdubbeld ten opzichte van 2019. Met een aandeel van 1 procent in de totale afzet van bunkerbrandstoffen is de bijdrage van lng nog bescheiden, maar de afzet zit sterk in de lift. lng is in vergelijking met stookolie een relatief schone brandstof. Bij de verbranding komt geen zwavel vrij en nauwelijks fijnstof. Ook de uitstoot van stikstof is relatief laag, waardoor lng-schepen aan de strenge normen voor zowel zwavel als stikstof kunnen voldoen die op de Noordzee gelden.

Dalende trend afzet bunkerbrandstoffen aan de scheepvaart stagneert

De scheepvaart bunkert in 2020 ongeveer 4 procent (18 petajoule) meer brandstof dan in 2019, zo blijkt uit voorlopige cijfers van het CBS. Deze toename volgt op een jarenlange daling van de brandstofafzet aan de scheepvaart. De afzet van bunkerbrandstoffen kan niet verklaard worden uit de ontwikkeling van de op- en overslag van goederen. Nederland is de grootste leverancier van bunkerbrandstoffen voor de zeescheepvaart in de Europese Unie. Ongeveer een kwart van alle leveringen loopt via Nederland, terwijl het aandeel van Nederland in de op- en overslag van goederen in de Europese zeehavens ongeveer 15 procent bedraagt. Nederland is één van de grote 'tankstations' voor

de zeescheepvaart in de Europese Unie, onder andere door de aanwezigheid van een aantal grote raffinaderijen in de haven van Rotterdam.

Broeikasgasuitstoot van de zeescheepvaart blijft constant

De afzet van bunkerbrandstoffen aan de internationale zeescheepvaart ligt in 2030 naar verwachting op ongeveer hetzelfde niveau als in 2018. De uitstoot van broeikasgassen in 2030 is geraamd op 34 [27-40] megaton CO₂-equivalenten. De bunkerafzet is geraamd op basis van de verwachte groei van vervoersvolumes, een efficiënter wordende vloot en het marktaandeel van Nederlandse zeehavens in de wereldwijde bunkerafzet. Het marktaandeel in de wereldwijde bunkerafzet van de Nederlandse zeehavens kent structureel een lichte daling, die in de raming is doorgetrokken. Dit is een onzekere inschatting.

Met het huidige vastgestelde en voorgenomen beleid wordt een afname verwacht van de bunkering van biobrandstoffen door de zeescheepvaart. De mogelijkheid om die leveringen in te boeken onder de nationale verplichting voor hernieuwbare energie in het vervoer komt namelijk te vervallen (zie paragraaf 5.6). Bij het maken van deze KEV is er nog geen ander beleid dat is gericht op de inzet van hernieuwbare brandstoffen in de zeescheepvaart. De voorstellen die de Europese Commissie medio juli 2021 heeft gepresenteerd, zijn niet in deze KEV verwerkt. Wel wordt tot 2030 een verdere groei verwacht van de bunkering van lng. De mate waarin is echter onzeker. In deze KEV is de afzet van lng in 2030 geraamd op 30 petajoule, waar die in 2020 nog 5 petajoule bedraagt. Het gebruik van lng in plaats van stookolie leidt tot een lagere CO₂-uitstoot, maar een wezenlijk deel van de klimaatwinst wordt tenietgedaan door het risico van methaanslip. De uitstoot van methaan door lng-schepen is daardoor potentieel relatief hoog.

Hoe groot de methaanslip in de praktijk daadwerkelijk is, is onderwerp van nader onderzoek.

Broeikasgasuitstoot van de internationale binnenvaart blijft constant

De uitstoot van broeikasgassen door de internationale binnenvaart ligt in 2020 op 2,6 megaton CO₂-equivalenten en is daarmee praktisch gelijk aan het niveau in 2019. In de periode 2000 tot 2018 fluctueerde de uitstoot tussen 2,2 en 2,9 megaton, maar er was geen trendmatige groei of daling (figuur 5.16). Het merendeel van de binnenvaart op de Nederlandse binnenwateren heeft een herkomst of bestemming buiten Nederland. De broeikasgasemissies van deze internationale binnenvaart worden conform de richtlijnen van het IPCC niet tot het Nederlandse emissietotaal gerekend. Ter vergelijking: de uitstoot van de binnenlandse binnenvaart, die wel aan Nederland wordt toegerekend, bedraagt in 2020 circa 0,6 megaton CO₂-equivalenten. Dit is het totaal van vrachtvervoer, passagiersvaart en werk op zee.

Van de afzet van bunkerbrandstoffen voor de internationale binnenvaart bestaat in 2020 circa 1 procent uit biobrandstof. Ook de levering van biobrandstof aan de binnenvaart kan namelijk worden ingeboekt om aan de jaarverplichting voor hernieuwbare energie in het binnenlandse vervoer te voldoen. Vanaf 2022 gaat ook de binnenvaart onder deze jaarverplichting vallen en zijn brandstofleveranciers verplicht om een oplopend aandeel hernieuwbare energie aan de binnenvaart te leveren. Deze nieuwe regelgeving is beschreven in paragraaf 5.6.

Als gevolg van de nieuwe regels zal de levering van biobrandstof aan de binnenvaart de komende jaren gaan toenemen. De afzet aan de internationale binnenvaart wordt voor de periode 2025-2030 geraamd op circa 4 à 5 petajoule per jaar. Dit resulteert binnen de sector in een

jaarlijkse CO₂-besparing van 0,3 á 0,4 megaton. Overigens is onzeker hoeveel biobrandstof er daadwerkelijk naar de binnenvaart gaat. De jaarverplichting geldt voor het totaal aan brandstofleveringen aan wegverkeer, binnenvaart, railvervoer en mobiele werktuigen, maar geldt niet voor iedere categorie afzonderlijk. Als de inzet van biobrandstoffen in het wegvervoer bijvoorbeeld via de terugsluis van de vrachtauto-heffing gesubsidieerd wordt, kan er naar rato meer biobrandstof naar het wegvervoer gaan en minder naar andere toepassingen, waaronder de binnenvaart. Tegelijkertijd laat onderzoek van TNO en EICB zien dat het grootste deel van de dieselmotoren in de binnenvaart kan werken op brandstof waarin tot circa 37 procent biobrandstof is bijgemengd (TNO & EICB 2020). In de ramingen in deze KEV is uitgegaan van 10 procent bijmenging.

Tot 2030 wordt een lichte groei geraamd van de afzet van bunkerbrandstoffen aan de binnenvaart. De uitstoot van broeikasgassen in 2030 is geraamd op 2,7 [2,5-3,3] megaton CO₂-equivalenten. De vervoersvolumes in de binnenvaart nemen tot 2030 naar verwachting toe. Ondanks de toename van de vervoersvolumes, ligt de emissie van broeikasgassen naar verwachting op hetzelfde niveau als in 2020 doordat de vloot efficiënter wordt en er meer biobrandstoffen worden ingezet.

Broeikasgasuitstoot van de internationale luchtvaart neemt toe, maar onzekerheid is groot

Door de coronacrisis is de afzet van brandstoffen aan de internationale luchtvaart in Nederland in 2020 aanzienlijk lager dan in 2019. In 2020 bunkert de internationale luchtvaart 93 petajoule aan brandstoffen, waar dat in 2019 nog 166 petajoule was. Naar verwachting zal de (afzet van brandstoffen aan de) luchtvaart de komende jaren weer aantrekken. De snelheid waarmee dit gebeurt, is echter onzeker. In de KEV 2021 is

verondersteld dat het aantal vluchten van en naar Nederland in 2024 weer op het niveau ligt van voor de coronapandemie. In de beleidsvariant met vastgesteld en voorgenomen beleid is vervolgens aangenomen dat de luchtvaart daarna verder mag groeien. Voor Schiphol is de groeiverwachting gebaseerd op het 50-50-principe⁷, waarbij de gerealiseerde geluidswinst voor 50 procent mag worden benut voor groei van de luchtvaart. Daarnaast is aangenomen dat de luchthaven Lelystad wordt geopend. Daarmee ontstaat ruimte voor de luchtvaart om te groeien tot boven de niveaus van voor de coronacrisis.

Tot 2030 wordt verwacht dat de afzet van brandstoffen aan de luchtvaart toeneemt tot circa 200 [151-212] petajoule. De hieruit resulterende uitstoot van broeikasgassen bedraagt 14 [11-15] megaton. In deze raming is verondersteld dat zakelijke reizigers in de toekomst minder vliegen dan voor de coronacrisis het geval was. Uit verschillende onderzoeken die afgelopen jaar zijn uitgevoerd, blijkt dat zakelijke reizigers als gevolg van de coronacrisis verwachten na de crisis structureel minder te gaan vliegen (zie bijvoorbeeld Bouwer et al. 2021). De mate waarin is nog onzeker. In de KEV is voorzichtigheidshalve verondersteld dat de vraag naar zakelijke vliegtrips 5 procent lager uitvalt dan voor de coronacrisis.

7 Het 50-50-principe is aangekondigd door het kabinet-Rutte III maar is de afgelopen jaren niet omgezet in concreet beleid. Op dit moment is er geen beleid voor de capaciteit van Nederlandse luchthavens. In deze KEV is daarom, net als in voorgaande edities, verondersteld dat bij vastgesteld beleid Schiphol niet verder mag groeien dan 500.000 vluchten en dat Lelystad niet opengaat voor commerciële vluchten. Bij voorgenomen beleid is verondersteld dat Lelystad wel opengaat en door kan groeien tot maximaal 45.000 vluchten en dat Schiphol mag groeien boven de 500.000 vluchten conform het 50-50-beginsel.

Gebruik van biokerosine neemt toe

In de komende jaren zal de luchtvaart in Nederland naar verwachting voor het eerst een noemenswaardige hoeveelheid biokerosine bunkeren. In 2022 staat de opening gepland van een productiefaciliteit voor biokerosine in Nederland (SkyNRG 2019). Daar gaat jaarlijks 100.000 ton aan hernieuwbare vliegtuigbrandstof geproduceerd worden, waarvan de KLM het merendeel zal afnemen. De geraamde inzet van biobrandstof voor luchtvaart in 2030 bedraagt op basis hiervan 4 petajoule (ongeveer 2 procent van het totaal). Daarbij is verondersteld dat de volledige productie via Nederlandse luchthavens wordt geleverd aan de luchtvaart. De daarmee gepaard gaande reductie van de CO₂-uitstoot bedraagt 0,3 megaton.

Afgelopen jaar zijn er meer productiefaciliteiten in Nederland voor hernieuwbare brandstoffen voor de luchtvaart aangekondigd. Omdat bij het maken van deze KEV nog geen afspraken waren gemaakt over levering van deze brandstoffen via Nederlandse luchthavens en er ook geen wettelijke verplichtingen zijn voor de inzet van hernieuwbare brandstoffen in de luchtvaart, zijn deze nieuwe faciliteiten nog niet meegenomen in de ramingen van de KEV 2021. De Europese Commissie heeft in haar *Fit for 55*-pakket dat in juli 2021 is uitgebracht, een Europese bijmengverplichting aangekondigd voor de luchtvaart van 5 procent in 2030 en 32 procent in 2040. Deze Europese plannen zijn nog niet in de ramingen van de KEV 2021 verwerkt. Ook in Nederland zijn plannen in de maak voor een bijmengverplichting. Deze plannen komen hieronder bij het geagendeerde beleid aan de orde.

Nederland neemt deel aan mondiaal emissiehandelssysteem voor luchtvaart

Begin 2021 is het Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation (CORSIA) van de internationale burgerlucht-

vaartorganisatie (ICAO) van de Verenigde Naties in werking getreden. Onder dit systeem moet de uitstoot van broeikasgassen dat uitkomt boven het niveau van 2019 van internationale vluchten naar deelnemende landen, worden gecompenseerd met emissierechten (*offsets*). CORSIA wordt in drie fasen ingevoerd. Tussen 2021 en 2023 loopt de pilotfase, waarna de eerste fase tussen 2024 en 2026 gaat lopen. Tijdens de pilotfase en de eerste fase zijn de compensatievereisten alleen van toepassing op vluchten tussen landen die zich vrijwillig voor deelname hebben aangemeld. De tweede fase gaat in 2027 van start en is van toepassing op alle landen die in 2018 een aandeel hadden van meer dan 0,5 procent in de internationale luchtvaart. De verwachting is dat luchtvaartmaatschappijen emissierechten zullen aankopen om een verdere groei van de luchtvaart en de daarmee gepaard gaande uitstoot van broeikasgassen mogelijk te maken. Het systeem leidt niet tot een stabilisatie van de emissies van de luchtvaart zelf.

De luchtvaart tussen Europese landen valt momenteel onder het Europese emissiehandelssysteem (ETS). Voor internationale vluchten van en naar de Europese Unie geldt tot en met 2023 een vrijstelling van het ETS, maar die vluchten zouden daarna, als het beleid niet wordt aangepast, ook onder het ETS komen te vallen. Het ETS bepaalt de prijs van CO₂-uitstoot van de luchtvaart, waar CORSIA alleen een (impliciete) prijs zet op de groei van de emissies boven het niveau van 2019. Wel krijgt de luchtvaart in het ETS nu veel gratis rechten, namelijk voor 95 procent van het gemiddelde emissieniveau over de periode 2004-2006. Over de invulling van het ETS voor de luchtvaart voor de periode na 2023 moet nog een besluit worden genomen. In deze KEV is verondersteld dat vluchten binnen de Europese Unie onder het ETS blijven vallen, terwijl intercontinentale vluchten vanuit Nederland onder CORSIA vallen. Aangenomen is dat de CO₂-prijzen onder CORSIA half zo hoog zijn als de

CO₂-prijzen die in deze KEV onder het Europese emissiehandelssysteem zijn geraamd (zie paragraaf 2.1). Deze prijzen zijn verwerkt in de ticketprijzen die voor de modellering van de luchtvaart zijn gebruikt.

Geagendeerd beleid voor de luchtvaart leidt tot daling van de geraamde uitstoot

In de Luchtvaartnota heeft het kabinet Rutte-III aangekondigd de klimaatdoelen uit het Akkoord Duurzame Luchtvaart te willen borgen via een CO₂-plafond. Hiermee beoogt het duidelijke grenzen te stellen aan de toegestane CO₂-uitstoot van de internationale luchtvaart vanuit Nederland (IenW 2020). De uitwerking van dit beoogde CO₂-plafond wordt opgepakt met de partijen die deelnemen aan de Duurzame Luchtvaarttafel. Het plafond moet de CO₂-doelen borgen voor de zichtjaren 2030, 2050 en 2070. Voor het jaar 2030 geldt als doel dat de CO₂-uitstoot niet hoger mag zijn dan het niveau uit 2005. Dit zou ertoe leiden dat de CO₂-uitstoot van de internationale luchtvaart in 2030 ruim 3 megaton lager uitvalt dan in deze KEV is geraamd. Over de vormgeving van het emissieplafond moet echter nog worden besloten. Een belangrijke ontwerpkeuze is of het plafond wordt gebaseerd op de CO₂-uitstoot die voortvloeit uit de in Nederland gebunkerde luchtvaartbrandstoffen (zoals in de KEV gebeurt), of dat een modelaanpak wordt gehanteerd om de CO₂-uitstoot van vertrekkende vluchten te bepalen. Het gebruik van bunkercijfers kan leiden tot 'tankering', waarbij een deel van de benodigde brandstof voor de vanuit Nederland vertrekkende vluchten al wordt meegenomen op de inkomende vlucht. Daarmee hoeft in Nederland minder te worden getankt, maar wordt er niet per definitie minder gevlogen. Dit zou de effectiviteit van het beoogde CO₂-plafond kunnen beperken (zie ook Peeters et al. 2021).

In het Akkoord Duurzame Luchtvaart is ook afgesproken dat in 2030 14 procent van de voor de luchtvaart bestemde brandstof duurzaam is.

Het kabinet heeft aangegeven de voorkeur te hebben voor een Europese bijmengverplichting voor duurzame luchtvaartbrandstoffen. Als die niet (tijdig) wordt gerealiseerd, streeft Nederland ernaar om per 2023 een nationale bijmengverplichting in te voeren. Een bijmengverplichting van 14 procent geeft mede invulling aan de realisatie van het beoogde CO₂-plafond in 2030.

Luchtvaart heeft grotere invloed op klimaatverandering

In de KEV worden conform internationale richtlijnen alleen de emissies geraamd van CO₂, methaan (CH₄) en lachgas (N₂O) door de internationale luchtvaart. De luchtvaart heeft momenteel echter een wezenlijk grotere impact op het klimaat dan enkel via de uitstoot van deze broeikasgassen. Naast deze drie broeikasgassen hebben ook waterdamp, stikstofoxiden, roetdeeltjes, sulfaat en contrailvorming invloed op de opwarming van de aarde. De opwarmingseffecten hiervan zijn lastig te kwantificeren doordat deze afhankelijk zijn van de interactie met andere stoffen in de lucht en van de verzadiging van de lucht (Lee et al. 2021). Door de kortere tijdsperiode van sommige van deze processen zijn de opwarmingseffecten hiervan bovendien sterk afhankelijk van de hoogte van de recente uitstoot. Zo was het broeikas effect van de mondiale luchtvaart in 2018 volgens de indicator GWP* ongeveer drie keer zo groot als enkel het effect van CO₂, door de sterke groei van de luchtvaart.⁸ Deze factor neemt echter af richting 1 wanneer de wereldwijde luchtvaartemissies zouden stabiliseren (Lee et al. 2021). Voor een volledige afweging van de impact van luchtvaart (beleid) op het klimaat is het zaak om ook de uitstoot van

8 GWP* is een indicator om het opwarmingseffect ten opzichte van CO₂ te bepalen, waarbij de GWP₁₀₀ (die bijvoorbeeld gebruikt wordt binnen het ETS) vermenigvuldigd wordt met een 'correctiefactor', om stoffen met een kortdurend opwarmingseffect mee te kunnen nemen.

deze andere stoffen en de mogelijke effecten daarvan beter in kaart te brengen. De Werkwijzer luchtvaartspecifieke MKBA's (maatschappelijke kosten-batenanalyses) adviseert hiervoor om een factor 2 te hanteren, met een bandbreedte van 1 tot 4 (SEO 2021). Met die factor zou het effect van luchtvaart op de opwarming van de aarde dus twee keer zo groot zijn dan de emissiecijfers die we in deze KEV presenteren.

Verschillen met de KEV 2020

De uitstoot van broeikasgassen door de internationale luchtvaart valt in de KEV 2021 circa 2 procent lager uit dan in de KEV 2020. Dit is het effect van een lagere afzet van brandstoffen door een lagere groei van de luchtvaart als gevolg van een lagere economische groei tot 2030 en minder zakelijke reizigers als gevolg van de coronacrisis. En omdat zakelijke reizigers een meer dan evenredig deel van de opbrengsten van een vlucht genereren, leidt een lagere vlieggeneigdheid van zakelijke reizigers naar verwachting ook tot iets hogere ticketprijzen voor andere reizigers. Ook het feit dat luchtvaartmaatschappijen tijdens de coronacrisis hoge leningen moesten aangaan, die op termijn waarschijnlijk (groten)deels terugbetaald moeten worden, leidt naar verwachting tot wat hogere ticketprijzen. In deze KEV wordt voor 2030 bovendien een hogere CO₂-prijs verwacht dan in de KEV 2020, waardoor Europese vluchten wat duurder worden dan vorig jaar werd geraamd. Ook intercontinentale vluchten worden wat duurder dan vorig jaar was geraamd omdat CORSIA dit jaar in de raming is meegenomen. Het effect van deze factoren op de ticketprijzen wordt echter grotendeels weer gecompenseerd door de lagere olieprijs in 2030 die in deze KEV zijn verondersteld. De geraamde afzet van brandstoffen aan de internationale scheepvaart en de bijbehorende broeikasgasemissies in 2030 zijn vrijwel gelijk aan de ramingen uit de KEV 2020.



999

WiFi

VDL

connextion
Energieverbruik van deze bus: 100 kWh/100 km
www.connextion.nl
www.overal.nl

7600



transdev
NH Provincie Noord-Holland

60-BNX-4

Made by ecotap

S8



8

8

60KW

ecotap®

ecotap®

Deze bus rijdt op groene stroom

399 Geen Dienst

connextion

7586

transdev
Provincie Noord-Holland

ecotap



Referenties

Hoofdstuk 1

- Arets, E.J.M.M., J.W.H. van der Kolk, G.M. Hengeveld, J.P. Lesschen, H. Kramer, P.J. Kuikman & M.J. Schelhaas (2021), Greenhouse gas reporting of the LULUCF sector in the Netherlands. Methodological background, update 2021. WOT-technical report 201. Wageningen: Statutory Research Tasks Unit for Nature & the Environment (WOT Natuur & Milieu).
- Boot, P. (2021), Ervaringen met energie- en klimaatbeleid in omringende landen: wat kunnen we ervan leren? Achtergrondrapport bij de Klimaat- en Energieverkenning 2021. Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving.
- Born, G.J. van den, L. Couvreur, J. van Dam, G. Geilenkirchen, M. 't Hoen, R. Koelemeijer, M. van Schijndel, M. Vink & E. van der Zanden (2020), Analyse stikstof-bronmaatregelen. Analyse op verzoek van het kabinet van zestien maatregelen om de uitstoot van stikstofoxiden en ammoniak in Nederland te beperken. Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving.
- CBS (2021), Uitstoot broeikasgassen 8 procent lager in 2020. Den Haag: Centraal Bureau voor de Statistiek. Zie: <https://www.cbs.nl/nl-nl/nieuws/2021/10/uitstoot-broeikasgassen-8-procent-lager-in-2020>.
- CPB (2021a), Centraal Economisch Plan 2021 (CEP). Haag: Centraal Planbureau. Zie: <https://www.cpb.nl/sites/default/files/omnidownload/Centraal-Economisch-Plan-CEP-2021.pdf>.
- CPB (2021b), Actualisatie Verkenning middellange termijn 2022-2025 (MLT). Den Haag: Centraal Planbureau. Zie: <https://www.cpb.nl/sites/default/files/omnidownload/CPB-Raming-Actualisatie-MLT-2022-2025-maart-2021.pdf>.
- Daniëls, P. & P.R. Koutstaal (2021), Methodiek kortetermijnraming 2020 en 2021. Achtergronddocument bij de Klimaat- en Energieverkenning 2020. Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving.
- EC (2018), Richtlijn (EU) 2018/2001 van het Europees Parlement en de Raad van 11 december 2018 ter bevordering van het gebruik van energie uit hernieuwbare bronnen (herschikking). Brussel: Europese Commissie.
- EC (2020a), Een ambitieuzere klimaatdoelstelling voor Europa voor 2030: investeren in een klimaatneutrale toekomst voor ons allemaal. Mededeling van de Europese Commissie, COM(2020) 562 final. Brussel: Europese Commissie.
- EC (2020b), Uitvoeringsbesluit (EU) 2020/2126 van de commissie van 16 december 2020 tot vaststelling van de jaarlijkse emissieruimten voor de lidstaten voor de periode 2021 tot en met 2030 overeenkomstig Verordening (EU) 2018/842 van het Europees Parlement en de Raad. Brussel: Europese Commissie.
- EC (2021a), Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions 'Fit for 55': delivering the EU's 2030 Climate Target on the way to climate neutrality. COM/2021/550 final. Brussels: European Commission.
- EC (2021b), Proposal for a Regulation of the European Parliament and of the Council establishing the framework for achieving climate neutrality and amending Regulation (EU) 2018/1999 (European Climate Law)(2020/0036(COD)). Brussels: European Commission. Zie: <https://data.consilium.europa.eu/doc/document/ST-8440-2021-INIT/en/pdf>.
- EZK (2019), Klimaatakkoord. Den Haag: Ministerie van Economische Zaken en Klimaat.
- FIN (2021), Miljoenennota 2022. Zie: <https://www.rijksoverheid.nl/documenten/begrotingen/2021/09/21/miljoenennota-2022>
- Honig, E. (2021), Overige broeikasgasemissies in de Klimaat- en Energieverkenning 2021. Achtergronden bij de ramingen van de overige broeikasgasemissies uit alle sectoren exclusief de Landbouw. Bilthoven: RIVM.

IPCC (2007), Climate Change 2007: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R.K. Pachauri & A. Reisinger (eds.)]. Geneva, Switzerland: IPCC.

IPCC (2014), Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R.K. Pachauri & L.A. Meyer (eds.)]. Geneva, Switzerland: IPCC.

KNMI (2015), KNMI'14-klimaatscenario's voor Nederland. Leidraad voor professionals in klimaatadaptatie. De Bilt: KNMI.

PBL (2019a), Effecten ontwerp Klimaatakkoord. Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving.

PBL (2019b), Het Klimaatakkoord: effecten en aandachtspunten. Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving.

PBL (2021a), Ontwikkelingen in de energierekening tot en met 2030. Achtergrondrapport bij de Klimaat- en Energieverkenning 2021. Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving.

PBL (2021b), De website van de Klimaat- en Energieverkenning bij het PBL. Zie: <https://www.pbl.nl/key>.

PBL (2021c), Analyse Leefomgevingseffecten verkiezingsprogramma's 2021-2025. CDA, D66, GroenLinks, SP, PvdA en ChristenUnie. Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving.

PBL (2021d), Nederland Fit for 55? Mogelijke gevolgen van het voorgestelde EU-klimaatbeleid. Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving.

Ritsema van Eck, J., H. Hilbers & D. Blomjous (2020), Actualisatie invoer mobiliteitsmodellen 2020. Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving.

RVO.nl & CBS (2015), Protocol Monitoring Hernieuwbare Energie. Herziening 2015: Methodiek voor het berekenen en registreren van de bijdrage van hernieuwbare energiebronnen. Den Haag: Centraal Bureau voor de Statistiek en Rijksdienst voor Ondernemend Nederland.

Staatsblad van het Koninkrijk der Nederlanden (2019), 253. Wet van 2 juli 2019, houdende een kader voor het ontwikkelen van beleid gericht op onomkeerbaar en stapsgewijs terugdringen van de Nederlandse emissies van broeikasgassen teneinde wereldwijde opwarming van de aarde en de verandering van het klimaat te beperken (Klimaatwet). Den Haag.

Vonk, J., C. van Bruggen, C.M. Groenestein, J.F.M. Huijsmans, H.H. Luesink, T. van der Zee & G.L. Velthof (2021), Referentieraming van emissies broeikasgassen uit landbouw tot 2030, met doorkijk naar 2040. Achtergronddocument bij de Klimaat- en Energieverkenning 2021. Wageningen: WUR.

Welle, A.J. van der et al. (2017), Achtergronddocument onzekerheden NEV 2017. Petten: ECN.

Hoofdstuk 2

Agora (2021), The European Power Sector in 2020. Zie: <https://www.agora-energiewende.de/en/publications/the-european-power-sector-in-2020/>.

Boot, P. (2021), Ervaringen met energie- en klimaatbeleid in omringende landen: wat kunnen we ervan leren? Achtergrondrapport bij de Klimaat- en Energieverkenning 2021. Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving.

- Buishand, T.A. et al. (2013), Homogeneity of precipitation series in the Netherlands and their trends in the past century, *Int. J. Climatology* 33: 815-833.
- CBS (2019), Klimaatgegevens. De Bilt, temperatuur, neerslag en zonneshijn 1800-2014. Zie: <https://www.cbs.nl/nl-nl/cijfers/detail/80182ned?q=graaddagen>.
- Climate Action Tracker (2021), zie: <https://climateactiontracker.org/climate-target-update-tracker/> en <https://unfccc.int/process-and-meetings/the-paris-agreement/nationally-determined-contributions-ndcs/nationally-determined-contributions-ndcs/ndc-synthesis-report>.
- CLO (2020a), Temperatuur in Nederland en mondiaal, 1907-2019. Compendium voor de Leefomgeving, zie: <https://www.clo.nl/indicatoren/nlo226-temperatuur-mondiaal-en-in-nederland>.
- CLO (2020b), Jaarlijkse hoeveelheid neerslag in Nederland, 1910-2019. Compendium voor de Leefomgeving, zie: <https://www.clo.nl/indicatoren/nlo508-jaarlijkse-hoeveelheid-neerslag-in-nederland>.
- CLO (2020c), Neerslagextremen in Nederland, 1910-2019. Compendium voor de Leefomgeving, zie: <https://www.clo.nl/indicatoren/nlo590-neerslag-extremen>.
- CLO (2020d), Kans op een Elfstedentocht, 1901-2020. Compendium voor de Leefomgeving, zie: <https://www.clo.nl/indicatoren/nlo510-kans-op-een-elfstedentocht>.
- CLO (2020e), Zeespiegelstijging langs de Nederlandse kust en mondiaal, 1890-2018. Compendium voor de Leefomgeving, zie: <https://www.clo.nl/indicatoren/nlo229-zeespiegelstand-nederland-en-mondiaal>.
- Cremers, M., J. Daey Ouwens & B. Strengers (2019), Conceptadvies SDE++ 2020. Verbranding en vergassing van biomassa. Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving.
- Dafnomilis, I. et al. (2021), zie: <https://www.pbl.nl/en/publications/exploring-the-impact-of-covid-19-pandemic-on-global-emission-projections>.
- Dangendorf, S. et al. (2019), Persistent acceleration in global sea-level rise since the 1960s. *Nature Climate Change* 9: 705-710.
- Deltares (2019), De stand van zaken rond de zeespiegelstijging langs de Nederlandse kust. Deltares-rapport 11202193-000-ZKS-0004. Delft: Deltares.
- EC (2020), Een ambitieuzere klimaatdoelstelling voor Europa voor 2030: investeren in een klimaatneutrale toekomst voor ons allemaal. Mededeling van de Europese Commissie, COM(2020) 562 final. Brussel: Europese Commissie.
- EC (2021), Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions 'Fit for 55': delivering the EU's 2030 Climate Target on the way to climate neutrality. COM/2021/550 final. Brussels: European Commission.
- EEA (2017), Climate change, impacts and vulnerability in Europe 2016. An indicator-based report. Copenhagen: EEA. Zie: <https://www.eea.europa.eu/publications/climate-change-impacts-and-vulnerability-2016>.
- ENTSO-E (2020a), Mid-term Adequacy Forecast 2020 edition. Brussels: European Network of Transmission System Operators for Electricity.
- ENTSO-E (2020b), Ten Year Network Development Plan. Brussels: European Network of Transmission System Operators for Electricity. Zie: <https://tyndp.entsoe.eu/>.

- Fekete, F., T. Kuramochi, M. Roelfsema, M. den Elzen, N. Forsell, N. Höhne, L. Luna, F. Hans, S. Sterl, J. Olivier, H. van Soest, S. Frank & M. Gusti (2012), A review of successful climate change mitigation policies in major emitting economies and the potential of global replication, *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 137. Zie: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2020.110602>.
- Friedlingstein, P. et al. (2020), Global Carbon Budget 2020, *Earth Syst. Sci. Data*, 12, 3269–3340. Zie: <https://doi.org/10.5194/essd-12-3269-2020>, 2020.
- Greunsven, J. (2020), Europese solidariteit met flow-based marktkoppeling. *Energieia, Trilemma*, 14 april 2020.
- Haasnoot, M. et al. (2018), Mogelijke gevolgen van versnelde zeespiegelstijging voor het Deltaprogramma. Een verkenning. *Deltares rapport 11202230-005-0002*. Deltares: Delft.
- Höhne, N., M.J. Gidden & M. den Elzen et al. (2021), Wave of net zero emission targets opens window to meeting the Paris Agreement. *Nat. Clim. Chang.* Zie: <https://doi.org/10.1038/s41558-021-01142-2>.
- ICAP (2021), zie: https://icapcarbonaction.com/en/?option=com_etsmap&task=export&format=pdf&layout=list&systems%5B%5D=55.
- ICE (2021a), Brent Crude Futures. Zie: <https://www.theice.com/products/219/Brent-Crude-Futures>, Intercontinental Exchange, Inc.
- ICE (2021b), Dutch TTF Gas Futures. Zie: <https://www.theice.com/products/27996665/Dutch-TTF-Gas-Futures>, Intercontinental Exchange, Inc.
- ICE (2021c), API2 Rotterdam Coal Futures, zie: <https://www.theice.com/products/243/API2-Rotterdam-Coal-Futures>, Intercontinental Exchange, Inc.
- IEA (2020), *World Energy Outlook 2020*. Paris: International Energy Agency.
- IEA (2021a), *Global Gas Review 2020*. Paris: International Energy Agency.
- IEA (2021b), *Gas Market Report, Q2-2021*. Paris: International Energy Agency.
- IEA (2021c), *Global Energy Review 2021*. Paris: International Energy Agency.
- IEA (2021d), zie: <https://www.iea.org/reports/global-energy-review-2021/CO2-emissions> Global CO₂ emissions rebound by nearly 5% in 2021, approaching the 2018-2019 peak.
- IEA (2021e), zie: <https://www.iea.org/reports/methane-tracker-2021>.
- IPCC (2021), *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S.L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M.I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T.K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, and B. Zhou (eds.)]. Cambridge: Cambridge University Press.
- KNMI (2017), Aantal koeldagen neemt sterk toe. Zie: www.knmi.nl/over-het-knmi/nieuws/aantal-koeldagen-neemt-sterk-toe.
- KNMI (2021), Kans op zware regenval. Zie: <https://www.knmi.nl/over-het-knmi/nieuws/kans-op-zware-regenval-zoals-op-13-en-14-juli-neemt-verder-toe-door-klimaatverandering>.
- Lacobuta, G., K. Navroz, P.U. Dubash, M. Deribe & N. Höhne (2018), National climate change mitigation legislation, strategy and targets: a global update, *Climate Policy*, 18:9, 1114-1132, DOI: 10.1080/14693062.2018.1489772.
- NewClimate Institute, Planbureau voor de Leefomgeving & International Institute for Applied Systems Analysis (2021), *Greenhouse gas mitigation scenarios for major emitting countries: Analysis of current climate policies and mitigation commitments: 2021 update*. Keulen: NewClimate Institute.
- NOAA (2021), zie: https://gml.noaa.gov/webdata/ccgg/trends/CO2/CO2_annmean_gl.txt.

PBL (2021), Nederland Fit for 55? Mogelijke gevolgen van het voorgestelde EU-klimaatbeleid. Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving. Zie: https://www.pbl.nl/sites/default/files/downloads/pbl-2021-nederland-fit-for-55_4697.pdf.

Olivier, J. & J. Peters (2020), Trends in global CO₂ and total greenhouse gas emissions: 2020 report. PBL Publication number 4331. The Hague: PBL Netherlands Environmental Assessment Agency.

Quéré, C. le, G.P. Peters & P. Friedlingstein et al. (2021), Fossil CO₂ emissions in the post-COVID-19 era. *Nat. Clim. Chang.* 11, 197-199. Zie: <https://doi.org/10.1038/s41558-021-01001-0>.

Schure, K.M. & P. Vethman (2020), Overzicht van uitgangspunten, scenario-aannames en beleid in de KEV 2020. Achtergrondrapport bij de Klimaat- en Energieverkenning 2020. Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving.

Soest, H.L. van, M.G.J. van den Elzen & D.P. van Vuuren (2021), Net-zero emission targets for major emitting countries consistent with the Paris Agreement. *Nat Commun* 12, 2140. Zie: <https://doi.org/10.1038/s41467-021-22294-x>.

Spononi, J., J. Vogt & P. Barbosa (2015), European degree-day climatologies and trends for the period 1951–2011. *Int. J. Climatology* 35: 25–36. Zie: <https://doi.org/10.1002/joc.3959>.

UNFCCC (2021), zie: <https://unfccc.int/process-and-meetings/the-paris-agreement/nationally-determined-contributions-ndcs/nationally-determined-contributions-ndcs/ndc-synthesis-report>.

The White House (2021), zie: <https://www.whitehouse.gov/briefing-room/statements-releases/2021/06/24/fact-sheet-president-biden-announces-support-for-the-bipartisan-infrastructure-framework/>.

Zeespiegelmonitor (2018), De stand van zaken rond de zeespiegelstijging langs de Nederlandse kust. Deltares-rapport 11202193-000-ZKS-0004. Delft: Deltares.

Hoofdstuk 3

Arets, E., M.-J. Schelhaas, S. van Baren & J.P. Lesschen (2021), Raming van emissies van broeikasgassen en verwijderingen van CO₂ door de LULUCF-sector 2021-2040. Achtergronddocument bij de Klimaat- en Energieverkenning 2021. Wageningen: Wageningen Environmental Research [in voorbereiding].

Born, G.J., L. Couvreur, J. van Dam et al. (2020), Analyse stikstofbronmaatregelen. Analyse op verzoek van het kabinet van zestien maatregelen om de uitstoot van stikstofoxiden en ammoniak in Nederland te beperken. Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving. Zie: <https://www.pbl.nl/publicaties/analyse-stikstofbronmaatregelen>.

CAP Reform (2019), Accounting for the LULUCF sector in the EU's 2030 climate targets. Zie: <http://capreform.eu/accounting-for-the-lulucf-sector-in-the-eus-2030-climate-targets/>.

CBS (2021a), Uitstoot broeikasgassen hoger in eerste kwartaal 2021. Zie: <https://www.cbs.nl/nl-nl/nieuws/2021/24/uitstoot-broeikasgassen-hoger-in-eerste-kwartaal-2021>.

CBS (2021b), Uitstoot broeikasgassen bijna weer op niveau pre-corona. Zie: <https://www.cbs.nl/nl-nl/nieuws/2021/37/uitstoot-broeikasgassen-bijna-weer-op-niveau-pre-corona>.

CDM (Commissie Deskundigen Meststoffenwet) (2021), Doorrekening bronmaatregelen stikstof in de melkveehouderij. Wageningen: Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu.

Daniëls, B. & P.R. Koutstaal et al. (2021), Methodiek kortetermijnraming 2020 en 2021. Achtergronddocument bij de Klimaat- en Energieverkenning 2020. Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving.

- EC (2020), Uitvoeringsbesluit (EU) 2020/2126 van de commissie van 16 december 2020 tot vaststelling van de jaarlijkse emissieruimten voor de lidstaten voor de periode 2021 tot en met 2030 overeenkomstig Verordening (EU) 2018/842 van het Europees Parlement en de Raad. Brussel: Europese Commissie.
- EC (2021a), Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions 'Fit for 55': delivering the EU's 2030 Climate Target on the way to climate neutrality. COM/2021/550 final. Brussels: European Commission.
- EC (2021b), Proposal for a Regulation of the European Parliament and of the Council establishing the framework for achieving climate neutrality and amending Regulation (EU) 2018/1999 (European Climate Law) (2020/0036(COD)). Brussels: European Commission. Zie: <https://data.consilium.europa.eu/doc/document/ST-8440-2021-INIT/en/pdf>.
- ECN (2017), Nationale Energieverkenning 2017. Amsterdam/Petten: ECN.
- ECN & PBL (2016), Effort sharing regulation; gevolgen voor Nederland. Petten: ECN.
- EEA (2016), Estimates of historical emissions for stationary installations to reflect the current scope of the EU ETS (2013-2020). ETC/ACM Technical Paper 2016/1. Copenhagen: European Environment Agency.
- EZK (2018), Kabinetsaanpak Klimaatbeleid. Tweede Kamer, vergaderjaar 2017–2018, 32 813, nr. 186.
- EZK (2019), Voorstel voor een Klimaatakkoord. Kenmerk DGKE-K / 19156279. Den Haag: Ministerie van Economische Zaken en Klimaat.
- EZK (2021), Miljoenennota 2021. Zie: <https://www.rijksoverheid.nl/documenten/begrotingen/2020/09/15/miljoenennota-2021>.
- IMO (2020), Fourth Greenhouse Gas Study 2020. London: International Maritime Organization.
- IPCC (2007), Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller (eds.)]. Cambridge: Cambridge University Press.
- IPCC (2014), Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge: Cambridge University Press.
- IPCC (2021), Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S.L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M.I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T.K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, and B. Zhou (eds.)]. Cambridge: Cambridge University Press [te verschijnen].
- PBL (2019), Het Klimaatakkoord: effecten en aandachtspunten. Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving. Zie: <https://www.pbl.nl/publicaties/het-klimaatakkoord-effecten-en-aandachtspunten>.
- PBL (2021a), Nederland Fit for 55? Mogelijke gevolgen van het voorgestelde EU-klimaatbeleid. Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving.
- PBL (2021b), Analyse leefomgevingseffecten verkiezingsprogramma's 2021-2025. CDA, D66, GroenLinks, SP, PvdA en ChristenUnie. Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving. Zie: <https://www.pbl.nl/sites/default/files/downloads/pbl-2021-analyse-leefomgevingseffecten-verkiezingsprogramma's-2021-2025-4324.pdf>.
- RIVM (2021), Emissieregistratie. Zie: <http://www.emissieregistratie.nl/erpubliek/erpub/international/broeikasgassen.aspx>.

Rijksoverheid (2021), Beantwoording vragen over nalevering van het Urgenda-vonnis. Zie: <https://www.rijksoverheid.nl/binaries/rijksoverheid/documenten/kamerstukken/2021/07/13/beantwoording-kamervragen-over-naleving-van-het-urgenda-vonnis/beantwoording-kamervragen-over-naleving-van-het-urgenda-vonnis.pdf>.

SER (2020), Biomassa in balans. Een duurzaamheidskader voor hoogwaardige inzet van biograndstoffen. Advies 20/07. Den Haag: Sociaal-Economische Raad. Zie: <https://www.ser.nl/-/media/ser/downloads/adviezen/2020/biomassa-in-balans.pdf>.

Vonk, J., C. van Bruggen, C.M. Groenestein, J.F.M. Huijsmans, H.H. Luesink, T. van der Zee & G.L. Velthof (2021), Referentieraming van emissies broeikasgassen uit landbouw tot 2030, met doorkijk naar 2040. Achtergronddocument bij de Klimaat- en Energieverkenning 2021. Wageningen: WUR.

Hoofdstuk 4

Bergh, R. van den, M. Nivard & M. Kreijkes (2016), Long-term prospects for Northwest European refining. Asymmetric change: a looming government dilemma? CIEP, Clingendael International Energy Programme, 2016-01.

CBS (2021a), Elektriciteit stijgt in 2020 naar recordhoogte. Zie: <https://www.cbs.nl/nl-nl/nieuws/2021/09/elektriciteitsproductie-stijgt-in-2020-naar-recordhoogte>.

CBS (2021b), 11 procent energieverbruik in 2020 afkomstig uit hernieuwbare bronnen. Zie [11 procent energieverbruik in 2020 afkomstig uit hernieuwbare bronnen \(cbs.nl\)](https://www.cbs.nl/nl-nl/nieuws/2021/09/11-procent-energieverbruik-in-2020-afkomstig-uit-hernieuwbare-bronnen).

CBS (2021c), Aardgasbalans. Zie: <https://opendata.cbs.nl/#/CBS/nl/dataset/00372/table>

CBS & TNO (2020), Warmtemonitor 2019. Zie: <https://www.cbs.nl/nl-nl/achtergrond/2020/35/warmtemonitor-2019>.

CBS Statline (2020), Database Internationale handel; aardolie, aardolieproducten; aanvoer en afvoer, land en Database Aardoliegrondstoffen- en aardolieproductenbalans; aanbod en verbruik. Geraadpleegd in juni/juli 2021.

EC (2021), Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions 'Fit for 55': delivering the EU's 2030 Climate Target on the way to climate neutrality. COM/2021/550 final. Brussels: European Commission.

Energeia (2019), BP stelt beslissing miljardeninvestering Rotterdam twee jaar uit wegens klimaatbeleid. Energeia, nieuwsbericht 6 september 2019.

Eurostat (2019), Energy Statistics. Supply, transformation and consumption of oil – annual data 2010-2019.

Eurostat (2021), Imports of natural gas by partner country and Exports of natural gas by partner country.

EZK (2019), Kamerbrief gaswinningsniveau Groningen gasjaar 2019-2020. Zie: <https://www.rijksoverheid.nl/documenten/kamerstukken/2019/09/10/kamerbrief-gaswinningsniveau-groningen-in-2019-2020>.

EZK (2020), Kamerbrief gaswinningsniveau Groningen gasjaar 2020-2021. Zie: <https://www.rijksoverheid.nl/documenten/kamerstukken/2020/09/21/kamerbrief-gaswinningsniveau-groningen-gasjaar-2020-2021>.

Gunvor (2021), zie: <https://www.gunvor-nederland.nl/en/>.

IEA (2013), World Energy Outlook 2013. Paris: OECD International Energy Agency. Zie: <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2013>.

IEA (2020), World Energy Outlook 2020. Paris: OECD International Energy Agency. Zie : <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2020>.

INEK (2019), zie: <https://www.rijksoverheid.nl/documenten/kamerstukken/2019/11/25/kamerbrief-over-aanbieding-inek-langetermijnstrategie-en-klimaatplan>.

NEa (2021), Rapportage Energie voor Vervoer in Nederland 2020. Den Haag: Nederlandse Emissieautoriteit.

Netbeheer Nederland (2021), Monitor landelijke netimpact RES 1.0. [Nlog.nl](https://www.nlog.nl) (2021a), data gaswinning [Nlog.nl](https://www.nlog.nl) website. Zie: [Datacenter | NLOG](https://www.datacenter.nl). [Nlog.nl](https://www.nlog.nl) (2021b), zie: https://www.nlog.nl/sites/default/files/2021-08/jaarverslag_2020_delfstoffen_en_aardwarmte_in_nederland_30082021_o.pdf.

Oil&Gas Journal (2016-2019), Worldwide Construction Update. May 2016, November 2016, May 2017, November 2017, May 2018, November 2018, May 2019, November 2019.

Oil & Gas Journal (2020a), US, European refiners trim conventional capacity, hasten shift to renewable fuels amid pandemic. By Robert Brelford, Oil&Gas Journal, December.

Oil & Gas Journal (2020b), Worldwide construction update. By Chris Smith & Robert Brelford, Oil&Gas Journal, May and November.

Ouden, B. den, J. Kerkhoven, J. Warnaars, R. Terwel, M. Coenen, T. Verboon, T. Tiihonen & A. Koot (2020), Klimaatneutrale energiescenario's 2050. Scenariostudie ten behoeve van de integrale infrastructuurverkenning 2030-2050.

PBL (2021), Nederland fit for 55? Mogelijke gevolgen van het voorgestelde EU-klimaatbeleid. Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving.

Plomp, A.J., P. Kroon, M. Mozaffarian, Ch. Barry & I. McAlpine (2015), Refinery emissions from a competitive perspective. Petten: ECN.

RVO (2021), Monitor Wind op Land over 2020. Utrecht: Rijksdienst voor Ondernemend Nederland.

SER (2020), Biomassa in balans. Een duurzaamheidskader voor hoogwaardige inzet van biograndstoffen. Den Haag: Sociaal-Economische Raad. Zie: <https://www.ser.nl/-/media/ser/downloads/adviezen/2020/biomassa-in-balans.pdf>.

Hoofdstuk 5

ABF Research (2020), data SYSWOV 2020. Zie: [SYSWOV 2020 beschikbaar | ABF Research](https://www.abf.nl).

Akker, J.J.H. et al. (2018), Potentiële emissiereductie broeikasgassen Fries veenweidegebied: waterhuishoudkundige en bodembeheermaatregelen om broeikasgasemissies te beperken. Zie: [Potentiële emissiereductie broeikasgassen Fries veenweidegebied: waterhuishoudkundige en bodembeheermaatregelen om broeikasemissies te beperken — Research@WUR](https://www.wur.nl/en/publication/potentiële-emissiereductie-broeikasgassen-fries-veenweidegebied-waterhuishoudkundige-en-bodembeheermaatregelen-om-broeikasemissies-te-beperken---research@wur).

Arets, E.J.M.M., J.W.H. van der Kolk, G.M. Hengeveld, J.P. Lesschen, H. Kramer, P.J. Kuikman & M.J. Schelhaas (2021a), Greenhouse gas reporting of the LULUCF sector in the Netherlands. Methodological background, update 2021. WOT-technical report 201. Wageningen: Statutory Research Tasks Unit for Nature & the Environment (WOT Natuur & Milieu).

Arets, E., M.-J. Schelhaas, S. van Baren & J.P. Lesschen (2021b), Raming van emissies van broeikasgassen en verwijderingen van CO₂ door de LULUCF-sector 2021-2040. Achtergronddocument bij de Klimaat- en Energieverkenning 2021. Wageningen: Wageningen Environmental Research [in voorbereiding].

APPM (2019), Prognose Laadinfrastructuur. Hoofddorp: APPM.

- Born van den, G.J., L. Couvreur, J. van Dam, G. Geilenkirchen, M. 't Hoen, R. Koelemeijer, M. van Schijndel, M. Vink & E. van der Zanden (2020), Analyse stikstof-bronmaatregelen. Analyse op verzoek van het kabinet van zestien maatregelen om de uitstoot van stikstofoxiden en ammoniak in Nederland te beperken. Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving.
- Bouwer, J., S. Saxon & N. Wittkamp (2021), Back to the future? Airline sector poised for change post-COVID-19. New York.
- Bruggen, C. van et al. (2021), Emissies naar lucht uit de landbouw berekend met NEMA voor 1990-2019. Wageningen: Wageningen University and Research. Zie: [544296 \(wur.nl\)](https://wur.nl).
- BZK (2021) Kamerbrief van 1 maart 2021 'Subsidie Energiebesparing Eigen Huis, moties Nationaal Isolatieprogramma en Warmtefonds, Zie: [Kamerbrief over Nationaal Isolatieprogramma en Warmtefonds | Kamerstuk | Rijksoverheid.nl](https://rijksoverheid.nl/kamerstuk/2021/03/01/kamerbrief-over-nationaal-isolatieprogramma-en-warmtefonds)
- CBS(2021a), Warmtepompen; aantallen, thermisch vermogen en energiestromen, 7 juni 2021. Zie: [StatLine - Warmtepompen; aantallen, thermisch vermogen en energiestromen \(cbs.nl\)](https://statline.cbs.nl).
- CBS (2021b), 92 procent woningen op aardgas begin 2019. Zie: [92 procent woningen op aardgas begin 2019 \(cbs.nl\)](https://cbs.nl).
- CBS (2021c), Gebouwenmatrix energie. Zie: [Gebouwenmatrix 1-1-2014, 1-1-2018, 1-1-2019, 1-1-2020 \(cbs.nl\)](https://cbs.nl).
- CBS (2021d), Stikstof in mest bleef gelijk in 2020, fosfaat verder gedaald. Zie: [Stikstof in mest bleef gelijk in 2020, fosfaat verder gedaald \(cbs.nl\)](https://cbs.nl)
- CBS (2021e), Welvaart in coronatijd, mobiliteit. Zie: [Mobiliteit in coronatijd \(cbs.nl\)](https://cbs.nl).
- CDM (2021), Doorrekening bronmaatregelen stikstof in de melkveehouderij, advies Commissie Deskundigen Meststoffenwet. Wageningen: Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu.
- CPB & PBL (2020), Kansrijk mobiliteitsbeleid. Den Haag: Centraal Planbureau & Planbureau voor de Leefomgeving.
- Deltares (2021), Actualisatie bodemdalingsvoorspellingskaarten. Utrecht: Deltares.
- Dutch New Energy Research (2020), Aantal huizen met zonnepanelen tikt 1 miljoen aan, 26 augustus 2020. Zie: <https://www.dutchnewenergy.nl/nieuws/aantal-huizen-met-zonnepanelen-tikt-1-miljoen-aan--67AB.html>.
- EC (2014), Regulation (EU) 517/2014 of the European Parliament and of the Council of 16 April 2014 on fluorinated greenhouse gases and repealing Regulation (EC) No 842/2006. Zie: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex%3A32014R0517>.
- EC (2020), Uitvoeringsverordening (EU) 2020/2085 van de Commissie van 14 december 2020 tot wijziging en rectificatie van Uitvoeringsverordening (EU) 2018/2066 inzake de monitoring en rapportage van de emissies van broeikasgassen overeenkomstig Richtlijn 2003/87/EG van het Europees Parlement en de Raad. Zie <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/NL/TXT/PDF/?uri=CELEX:32020R2085&from=EN>.
- ECN (2017), Nationale Energieverkenning 2017. Amsterdam/Petten: ECN.
- Enpuls (2020), Nationale Laaddrukanalyse. Den Bosch: Enpuls.
- EZK (2020a), Kamerbrief van 16 oktober 2020 'Kabinetsreactie op het advies van de Taskforce Infrastructuur Klimaatakkoord Industrie (TIKI)'. Zie: <https://www.rijksoverheid.nl/documenten/kamerstukken/2020/10/16/kamerbrief-over-kabinetsreactie-op-advies-van-taskforce-infrastructuur-klimaatakkoord-industrie-tiki>.
- EZK (2020b), Kamerbrief van 15 mei 2020 'Visie verduurzaming basisindustrie 2050; de keuze is aan ons'. Zie: <https://www.rijksoverheid.nl/documenten/kamerstukken/2020/05/15/kamerbrief-met-visie-kabinet-op-verduurzaming-basisindustrie-2050>.

- EZK (2021a), Programma Infrastructuur Duurzame Industrie; Plan van aanpak. Zie: <https://www.rijksoverheid.nl/documenten/publicaties/2021/05/20/programma-infrastructuur-duurzame-industrie-plan-van-aanpak>.
- EZK (2021b), Kamerbrief van 30 juni 2021, 'Ontwikkeling transportnet voor waterstof'. Zie: <https://www.rijksoverheid.nl/documenten/kamerstukken/2021/06/30/kamerbrief-over-ontwikkeling-transportnet-voor-waterstof>.
- EZK (2021c), Kamerbrief van 24 juni 2021 'Beantwoording resterende vragen Commissiedebat Klimaat en Energie 10 juni 2021'. Zie: <https://www.rijksoverheid.nl/documenten/kamerstukken/2021/06/24/beantwoording-resterende-kamervragen-commissiedebat-klimaat-en-energie>.
- Haas, M. de, M. Hamersma & R. Faber (2020a), Mobiliteit en de coronacrisis: Effecten van de coronacrisis op mobiliteitsgedrag en mobiliteitsbeleving. Den Haag: Kennisinstituut voor Mobiliteitsbeleid.
- Haas, M. de, M. Hamersma & R. Faber (2020b), Nieuwe inzichten mobiliteit en de coronacrisis: Vervolgmeting effecten van de coronacrisis op mobiliteitsgedrag en mobiliteitsbeleving. Den Haag: Kennisinstituut voor Mobiliteitsbeleid.
- Honig, E. (2021), Overige broeikasgasemissies in de Klimaat- en Energieverkenning 2021. Bilthoven: RIVM.
- IPCC (2006), 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories Volume 4 Agriculture, Forestry and Other Land Use. Zie: [Publications - IPCC-TFI \(iges.or.jp\)](https://www.iges.or.jp/publications/ipcc_tfi).
- ICCT (2021), Market Monitor European Passenger car registrations: January-december 2020. Zie: [MarketMonitor-EU-jan2021.pdf \(theicct.org\)](https://www.icct.org/publications/market-monitor-european-passenger-car-registrations-january-december-2020).
- IenW (2019), Nationale Agenda Laadinfrastructuur. Den Haag: Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat.
- IenW (2020): Luchtvaartnota. Zie: [Verantwoord vliegen naar 2050 Luchtvaartnota 2020-2050 | Rapport | Rijksoverheid.nl](https://www.rijksoverheid.nl/documenten/luchtvaartnota-2020-2050).
- KNMI (2014), Klimaatscenario's, KNMI, 2014. Zie: <https://knmiprojects.archiefweb.eu/?subsite=klimaatscenario's#archive>
- Koelemeijer, R., B. Daniëls & W. Wetzels (2020), Actualisatie inzichten CO₂-heffing industrie. Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving.
- Lee, D.S., D.W. Fahey, A. Skowron, M.R. Allen et al. (2021), The contribution of global aviation to anthropogenic climate forcing for 2000 to 2018. Atmospheric Environment 244.
- Nauta, M. & G.P. Geilenkirchen (2021), Reflectie achtergrond document actieprogramma waterstof in mobiliteit. Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving [in voorbereiding].
- NEa (2021a), Voorlichting CO₂-heffing. Zie: [CO₂-heffing algemeen | Nederlandse Emissieautoriteit](https://www.emissieautoriteit.nl/verlichting-co2-heffing).
- NEa (2021b), Dispensatierechten. Zie: [Dispensatierechten | Nederlandse Emissieautoriteit](https://www.emissieautoriteit.nl/dispensatierechten).
- NEa (2021c), Garanties van Oorsprong in het EU ETS. Den Haag: Nederlandse Emissieautoriteit. Zie: <https://www.emissieautoriteit.nl/onderwerpen/monitoring-emissies/garanties-van-oorsprong-gvos>.
- NEa (2021d), Rapportage Energie voor Vervoer in Nederland in 2020. Den Haag: Nederlandse Emissieautoriteit.
- NOGEPa (2021), Nederlandse olie- en gasindustrie halveert offshore methaanuitstoot. Den Haag: NOGEPa. Zie: <https://www.nogepa.nl/nederlandse-olie-en-gasindustrie-halveert-offshore-methaanuitstoot/>.
- Overheid.nl (2020), Regeling aanwijzing categorieën duurzame energieproductie en klimaattransitie 2020. Zie: [wetten.nl - Regeling - Regeling aanwijzing categorieën duurzame energieproductie en klimaattransitie 2020 - BWBR0044108 \(overheid.nl\)](https://www.wetten.nl/Regeling-Regeling-aanwijzing-categorieen-duurzame-energieproductie-en-klimaattransitie-2020-BWBR0044108).

- PAW (2021), Dashboard Proeftuinen, Programma Aardgasvrije Wijken. Zie: [Dashboard proeftuinen - Programma Aardgasvrije Wijken](#).
- PBL (2019), Het Klimaatakkoord: Effecten en aandachtspunten. Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving. Zie: [Het Klimaatakkoord: effecten en aandachtspunten | PBL Planbureau voor de Leefomgeving](#).
- PBL (2020), Klimaat- en Energieverkenning 2020. Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving. Zie: [Klimaat- en Energieverkenning 2020 | PBL Planbureau voor de Leefomgeving](#).
- PBL (2021a), Analyse Leefomgevingseffecten verkiezingsprogramma's 2021-2025, CDA, D66, GroenLinks, SP, PvdA en ChristenUnie. Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving.
- PBL (2021b), Thuiswerken en de gevolgen voor wonen, werken en mobiliteit. Zie: [Thuiswerken en de gevolgen voor wonen, werken en mobiliteit | PBL Planbureau voor de Leefomgeving](#).
- Peeters, P., G. Uitbeijerse, B. Peerlings & G. Geilenkirchen (2021), Fuel tankering in relation to a Dutch CO₂ ceiling for aviation. Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving.
- Porthos (2021), CO₂-reductie door opslag onder de Noordzee. Utrecht: Porthos Development CV. Zie: <https://www.porthosCO2.nl/>.
- Provincie Noord-Holland (2021), Provincie start gecoördineerde vergunningenprocedure grootschalige afvang CO₂ Tata Steel, 26 mei 2021. Zie: https://www.noord-holland.nl/Actueel/Archief/2021/Mei_2021/Provincie_start_geco_rdineerde_vergunningenprocedure_grootschalige_afvang_CO2_Tata_Steel.
- PwC (2020), Speelveldtoets 2020 Eindrapportage. De impact van het voorgenomen klimaatbeleid op het speelveld van de Nederlandse industrie. Amsterdam: PwC.
- Rijksoverheid (2020a), De verbreding en verbetering van de energiebesparingsplicht, Kamerbrief 10 december 2020.
- Rijksoverheid (2020b), Ontwikkelingen verduurzaming bestaande utiliteitsbouw. Kamerbrief 23 juni 2020.
- Rijksoverheid (2021a), Memorie van toelichting Wet CO₂-heffing industrie. Zie: [Memorie van toelichting Wet CO₂-heffing industrie | Kamerstuk | Rijksoverheid.nl](#).
- Rijksoverheid (2021b), Afspraken met Tata Steel over CO₂-reductie. Zie: <https://www.rijksoverheid.nl/binaries/rijksoverheid/documenten/kamerstukken/2021/06/08/verslag-met-beantwoording-kamervragen-over-afspraken-met-tata-steel-over-CO2-reductie/verslag-afspraken-met-tata-steel-over-CO2-reductie.pdf>.
- Rijksoverheid (2021c), Voortgang programma aardgasvrije wijken. Kamerbrief 13 april 2021.
- Rli (2021), Waterstof: de ontbrekende schakel. Den Haag: Raad voor de leefomgeving en infrastructuur.
- Royal HaskoningDHV (2020), Vragen en antwoorden over de Porthos-infrastructuur. Samenvatting van het Milieueffectrapport. Amersfoort: Royal HaskoningDHV.
- RVO (2021a), Analyse koplopersprogramma's Klimaatakkoord Industrie. Den Haag: Rijksdienst voor Ondernemend Nederland.
- RVO (2021b), Resultatenbrochure convenanten. Meerjarenafspraken energie-efficiëntie. De Haag: Rijksdienst voor Ondernemend Nederland [nog te publiceren].
- RVO (2021c), Energiecijfers.nl. Zie: [Alles over energieprijzen - energiecijfersdatabank](#).
- RVO (2021d), Meer dan helft kantoren voldoet nog niet aan energielabel-C-verplichting, RVO 27 juli 2021. Zie: [Meer dan helft kantoren voldoet nog niet aan energielabel-C-verplichting | RVO.nl | Rijksdienst](#).
- RVO (2021e), Cijfers elektrisch vervoer. Zie: [Cijfers elektrisch vervoer | RVO.nl | Rijksdienst](#).

- RVO (2021f), Nationaal Laadonderzoek 2021. Den Haag: Rijksdienst voor Ondernemend Nederland.
- RWS (2021), Persoonlijke communicatie Dhr. O. van Hunnik, Rijkswaterstaat.
- SEO (2021), Werkwijzer luchtvaartspecifieke MKBA's. Amsterdam: SEO.
- SER (2020), Biomassa in balans. Een duurzaamheidskader voor hoogwaardige inzet van biograndstoffen. Den Haag: Sociaal-Economische Raad.
- SkyNRG (2019), SkyNRG, KLM and SHV Energy announce project first European plant for sustainable aviation fuel. Nieuwsbericht 27 mei 2019. Zie: <https://skynrg.com/press-releases/klm-skyng-and-shv-energy-announce-project-first-european-plant-for-sustainable-aviation-fuel/>.
- Tata Steel Europe (2021), Tata Steel kiest voor waterstofroute, nieuwsbericht 15 september 2021. Zie: <https://www.tatasteeleurope.com/nl/corporate/nieuws/tata-steel-kiest-voor-waterstofroute>.
- TIKI (2020), Adviesrapport Taskforce Infrastructuur Klimaatakkoord Industrie. Zie: <https://www.rijksoverheid.nl/documenten/rapporten/2020/05/13/adviesrapport-taskforce-infrastructuur-klimaatakkoord-industrie>.
- TNO (2019), Effectbepaling van een vrachtwagenheffing en verschillende terugsluismaatregelen op de wagenparksamenstelling en emissies van het vrachtverkeer in Nederland. Den Haag: TNO.
- TNO & EICB (2020), Impact assessment biobrandstoffen voor de binnenvaart. Den Haag: TNO.
- UBA (2020), Further development of the EU ETS for aviation against the background of the introduction of a global market-based measure by ICAO. Dessau-Rosslau: Umweltbundesamt.
- Uslu, A. (2021), Role of biofuels in transport sector in 2030: a concise assessment. Amsterdam: TNO [te verschijnen].
- Van Bruggen et al (2021), Emissies naar lucht uit de landbouw berekend met NEMA voor 1990-2019, Wageningen: Wageningen University and Research, zie: [544296 \(wur.nl\)](https://wur.nl)
- Velden, N. van der & P. Smit (2021), Effecten van actuele ontwikkelingen op prognoses CO₂-emissie glastuinbouw 2030. Rapport 2021-071. Wageningen: Wageningen Economic Research. Zie: [Effecten van actuele ontwikkelingen op prognoses CO₂-emissie glastuinbouw 2030 — Research@WUR](#).
- Vergeer, R., A. Bachaus, S. de Bruyn, C. Jongasma, I. Nieuwenhuijse, E. Schep & U. Chewpreecha (2021), Groeiprojecties energie-intensieve industrie; Referentiescenario's voor impactanalyse klimaatbeleid. Delft: CE Delft. Zie: https://ce.nl/wp-content/uploads/2021/04/CE_Delft_200301_Groeiprojecties_energie-intensieve_industrie_DEF_.pdf.
- Velthof, G.L., P.A.I Ehlert & O.F. Schoumans (2021), Ammoniak- en broeikasgasemissies bij toepassing kunstmestvervangers; een quick scan. Wageningen: Wageningen Environmental Research.
- Vonk, J., C. van Bruggen, C.M. Groenestein, J.F.M. Huijsmans, H.H. Luesink, T. van der Zee & G.L. Velthof (2021), Raming van broeikasgasemissies uit de landbouw tot 2030, met doorkijk naar 2040. Achtergronddocument veehouderij en akkerbouw bij de Klimaat- en Energieverkenning 2021. Wageningen: Wageningen University and Research.
- Waterschap Friesland/Provincie Friesland (2021), Veenweideprogramma 2021-2030, maart 2021.
- Zyl, S. van, G. Holmes & M. Verbeek (2021), Data en overwegingen betreffend de ingroei en opschaling van elektrische bestel- en vrachtvoertuigen in de Nederlandse vloot tot 2030 en daarna. Amsterdam: TNO [te verschijnen].





Bijlagen

Bijlage 1: Sectorindeling Klimaatakkoord en KEV

Voor de definitie van de sectoren in de KEV volgen we de indeling van de klimaattafels van het Klimaatakkoord. Het gaat hierbij om de sectoren elektriciteit, industrie, gebouwde omgeving, landbouw, landgebruik en mobiliteit. We lichten deze indeling hierna verder toe.

Elektriciteit

In de CBS-energiestatistiek¹ heet deze sector 'de energiebedrijven'. Dit betreft de productie en distributie van en handel in elektriciteit, aardgas, warmte, stoom en gekoelde lucht (SBI 35). Naast de groot-schalige elektriciteits- en warmteproductie gaat het in deze sector ook om de elektriciteits- en warmteproductie bij bedrijven in eigendom van energiebedrijven of van een joint venture tussen meerdere bedrijven. De elektriciteits- en warmteproductie die volledig in eigendom is van een ander bedrijf wordt meegenomen in de sector waar dat andere bedrijf toe behoort.

Industrie

In de CBS-energiestatistiek is de sector industrie een aggregatie van de sectoren nijverheid en reparatie en installatie van machines (bij het CBS wordt deze laatste sector niet bij de nijverheid meegenomen, maar bij de overige afnemers), waterbedrijven en afvalbeheer, olie- en gaswinning, cokesfabrieken en raffinaderijen (SBI 06-33, 36-43). De nijverheid betreft de sectoren voedings- en genotmiddelen, textiel, kleding, leder-industrie, houtindustrie, papier- en grafische industrie, chemie en farmaceutische industrie, rubber- en kunststofindustrie, bouwmaterialenindustrie, basismetalenindustrie, metaalproducten- en

machine-industrie, transportmiddelenindustrie, meubelindustrie, overige industrie, bouwnijverheid en delfstoffenwinning (geen olie en gas). Het energieverbruik van mobiele werktuigen (bijvoorbeeld heftrucks in de industrie en teermachines in de wegenbouw) wordt bij de sector mobiliteit meegenomen.

Gebouwde omgeving

In de CBS-energiestatistiek is de sector gebouwde omgeving een aggregatie van de sectoren woningen, dienstverlening en overige afnemers onbekend (SBI 45-96, 99). Hieronder valt dus niet het energieverbruik van gebouwen die in eigendom zijn van bedrijven buiten deze sectoren; dit verbruik wordt bij de betreffende sector meegenomen. Afhankelijk van hoe het energiecontract is geregeld, kan het energieverbruik van gebouwen die worden gehuurd door bedrijven buiten deze sector van onroerendgoedhandelaren wel in deze sector worden meegenomen. Het energieverbruik van vervoermiddelen (zowel in particulier eigendom als in eigendom van bedrijven in bijvoorbeeld de sector vervoer en opslag) en mobiele werktuigen (bijvoorbeeld heftrucks) wordt bij de sector mobiliteit meegenomen.

Landbouw

In de CBS-energiestatistiek betreft dit ook de sector landbouw (SBI 01). Het energieverbruik van mobiele werktuigen (bijvoorbeeld tractoren) wordt bij de sector mobiliteit meegenomen.

¹ Zie: <https://sbi.cbs.nl/>.

Landgebruik

In deze sector worden alleen de emissies en opname van broeikasgassen gerapporteerd die zijn gerelateerd aan het gebruik of de verandering in dat gebruik van Nederlandse gronden.

Mobiliteit

In de CBS-energiestatistiek is de sector mobiliteit een aggregatie van de sectoren binnenlands vervoer en visserij. Daarnaast wordt hier ook het energieverbruik van mobiele werktuigen uit de andere sectoren meegenomen, alsmede het energieverbruik van de schepen en vliegtuigen van defensie. Dit verbruik wordt gebaseerd op de in Nederland verkochte brandstof. Het energieverbruik van de internationale scheepvaart en luchtvaart (verkocht in Nederland) wordt bij de bunkerbrandstoffen meegenomen.

Bunkerbrandstoffen

In de CBS-energiestatistiek wordt dit bunkering genoemd. Hieronder vallen de in Nederland verkochte brandstoffen voor de internationale zeevaart, binnenvaart en luchtvaart. De broeikasgasemissies die gepaard gaan met het verbruik van deze brandstoffen, moet Nederland conform de richtlijnen van het IPCC rapporteren. Deze emissies worden echter niet tot het nationale emissietotaal gerekend. Dit geldt zowel voor de internationale lucht- en zeescheepvaart als voor de binnenvaart met een herkomst of bestemming buiten Nederland.

Bijlage 2: Tabellen bij de KEV 2021

Begrippen en eenheden

Vanwege de beperkte ruimte schrijven we enkele begrippen en eenheden in deze tabellenbijlage niet voluit, maar gebruiken we afkortingen. Hierna geven we een overzicht van de meestgebruikte afkortingen met hun betekenis.

CO₂-eq	CO ₂ -equivalenten
HFK	fluorkoolwaterstof
kWh	kilowattuur
Mton	megaton
MWh	megawattuur
Nm³	normaal kubieke meter; volume bij een druk van 101,325 kilopascal (kPa) en 0° C
ETS	<i>Emissions Trading System</i> , Europees emissiehandelssysteem
ESD	<i>Effort Sharing Decision</i> voor de periode 2013-2020; voor emissies van de niet-intensieve industrie buiten het ETS
ESR	<i>Effort Sharing Regulation</i> voor de periode 2021-2030; voor emissies van de niet-intensieve industrie buiten het ETS
HICP	<i>Harmonized Indices of Consumer Prices</i> , geharmoniseerde consumentenprijsindex
PJ	petajoule
PFK	perfluorkoolwaterstof
SF₆	zwavelhexafluoride
USD	Amerikaanse dollar

Tabellenbijlage bevat geen resultaten voor 2021

De emissieraming voor 2021 is met een aparte analyse bepaald (zie hoofdstuk 1). Dit is gedaan om daarmee beter zicht te krijgen op de mogelijke effecten van incidentele factoren op de emissie, zoals de COVID-19-pandemie. Dat is van belang omdat Nederland vanaf 2020 moet blijven voldoen aan de Urgenda-doelstelling (25 procent reductie van de broeikasgasuitstoot ten opzichte van 1990). De resultaten voor de emissieraming voor 2021 staan in hoofdstuk 3. Deze tabellenbijlage bevat daarom geen getallen voor 2021.

Tabel 1**Demografische ontwikkelingen (zowel vastgesteld beleid als vastgesteld en voorgenomen beleid) met peildatum 1 januari betreffende jaar**

	Realisaties				Projecties	
	2005	2015	2019	2020	2025	2030
Bevolking (miljoen)	16,3	16,9	17,3	17,4	17,9	18,4
Potentiële beroepsbevolking ¹ (miljoen)	11,0	11,3	11,7	11,8	12,1	12,1
Particuliere huishoudens (miljoen)	7,1	7,7	7,9	8,0	8,3	8,6
wv eenpersoonshuishoudens (miljoen)	2,4	2,9	3,0	3,1	3,3	3,5
Gemiddelde huishoudensgrootte	2,3	2,2	2,2	2,1	2,1	2,1

1) De potentiële beroepsbevolking bestaat uit alle personen tussen 15 jaar en de AOW-leeftijd.

Tabel 2**Macro-economie¹ (zowel vastgesteld beleid als vastgesteld en voorgenomen beleid)**

Index (2020=100), constante prijzen	Realisaties				Projecties	
	2005	2015	2019*	2020*	2025	2030
Economische groei (groei bbp)	85,2	94,7	103,9	100,0	110,6	117,8
Consumptie huishoudens	99,5	100,6	107,1	100,0	113,4	120,6
Consumptie overheid	76,8	92,6	99,0	100,0	111,2	115,3
Investerings vaste activa bedrijven	79,4	98,2	104,3	100,0	108,1	117,2
Uitvoer van goederen en diensten	63,5	91,2	105,1	100,0	118,9	136,6
Invoer van goederen en diensten	63,6	94,1	105,9	100,0	121,2	138,9
Aandeel productie naar sector² (%)						
Energiebedrijven ³	1,5	1,3	1,2	1,3	1,2	1,2
Industrie (incl. aardolie-industrie) en delfstoffenwinning	24,7	24,1	22,5	22,5	21,7	22,1
Bouw, milieudienstverlening en watervoorziening	8,3	7,1	8,2	8,5	7,9	7,4
Handel, vervoer en zakelijke dienstverlening	47,4	49,5	51,0	50,4	51,1	51,0

Index (2020=100), constante prijzen	Realisaties				Projecties	
	2005	2015	2019*	2020*	2025	2030
Overheid, onderwijs, zorg, cultuur en recreatie	15,8	15,7	15,0	15,2	16,1	16,4
Landbouw, bosbouw en visserij	2,3	2,3	2,1	2,2	2,0	1,9
Aandeel bruto toegevoegde waarde naar sector² (%)						
Energiebedrijven ³	1,2	1,3	1,2	1,3	1,2	1,2
Industrie (incl. aardolie-industrie) en delfstoffenwinning	15,7	14,0	13,5	13,4	12,6	12,4
Bouw, milieudienstverlening en watervoorziening	5,8	4,9	5,7	5,9	5,2	4,9
Handel, vervoer en zakelijke dienstverlening	53,2	55,5	56,3	56,1	56,3	56,6
Overheid, onderwijs, zorg, cultuur en recreatie	22,3	22,3	21,5	21,4	22,9	23,3
Landbouw, bosbouw en visserij	1,9	1,9	1,8	1,9	1,7	1,7
Aandeel werkgelegenheid naar sector² (%)						
Energiebedrijven ³	0,4	0,4	0,3	0,3	0,3	0,3
Industrie (incl. aardolie-industrie) en delfstoffenwinning	11,8	10,1	9,7	9,6	8,8	8,2
Bouw, milieudienstverlening en watervoorziening	7,8	6,6	6,8	6,9	6,5	6,1
Handel, vervoer en zakelijke dienstverlening	50,1	52,1	53,1	52,5	52,5	51,9
Overheid, onderwijs, zorg, cultuur en recreatie	27,3	28,5	27,8	28,4	29,9	31,6
Landbouw, bosbouw en visserij	2,7	2,3	2,3	2,3	2,0	1,9

1) In de gedrukte versie van de tabellenbijlage zijn in tabel 2 de projecties voor de aandelen productie, bruto toegevoegde waarde en werkgelegenheid naar sector, gebaseerd op de groei ten opzichte van de meest recente statistiek van het CBS. In deze tabellenbijlage zijn de projecties gebaseerd op de statistiek zoals die was toen de modelberekeningen voor de KEV 2020 zijn uitgevoerd (maart 2020).

2) Indeling naar sector op basis van hoofdactiviteit van bedrijf op basis van de Standaard Bedrijfsindeling van het CBS.

3) Producenten elektriciteit en warmte, netwerkbedrijven.

* Voor 2019 zijn alleen de macro-economische gegevens en de gegevens over de werkgelegenheid voorlopig, voor 2020 zijn alle gegevens voorlopig.

Tabel 3**Prijzen (vastgesteld en voorgenomen beleid)**

			Realisaties				Projecties	
Nadere omschrijving		Eenheid (constante prijzen 2020)	2005	2015	2019	2020	2025	2030
Olie	North Sea Brent ²	Euro per vat	57	51	57	38	50	68
Gas	Groothandelsprijs ³	Euro per m ³		0,22	0,16	0,13	0,18	0,22
Kolen	Import ketelkolen Nederland ⁴	Euro per ton	69	63	80	57	55	64
Elektriciteit	Groothandelsprijs basislast ⁵	Euro per MWh	54	43	41	32	43	47
CO ₂	Europees emissiehandels- systeem (ETS) ⁶	Euro per ton		8	25	25	39	62
Conversiefactoren								
Prijsindex	Jaarlijkse inflatie (HICP) ⁷	Index (2020=100)	78,1	94,6	99,7	100,0	108,2	116,5
Wisselkoers	Aantal dollar per euro ⁸	USD/Euro	1,24	1,11	1,12	1,14	1,14	1,14

- 1) CBS: <https://www.cbs.nl/nl-nl/maatwerk/2021/14/marktprijzen-energie>. Voor 2000 en 2005 heeft het CBS geen historische gasprijzen.
- 2) Projecties: 2021 t/m 2023 o.b.v. Brent Crude futures – North Sea; 2025 t/m 2040 IEA World Energy Outlook 2020 Stated Policies scenario, interpolatie PBL.
- 3) Projecties: 2021 t/m 2023 TTF futures; 2025 t/m 2040 IEA World Energy Outlook 2020 Stated Policies scenario, interpolatie PBL.
- 4) Projecties: 2021 t/m 2023 Rotterdam coal futures (ARA); 2025 t/m 2040 IEA World Energy Outlook 2020 Stated Policies scenario, interpolatie PBL.
- 5) Projecties op basis modelresultaat KEV 2021.
- 6) Projecties: 2021 t/m 2023 o.b.v. EUA futures; 2024 t/m 2040 PBL.
- 7) Projecties: 2022 t/m 2025 Actualisatie Verkenning Middellange Termijn 2022-2025 CPB maart 2021, daarna doorgetrokken naar 2040.
- 8) Projecties: 2021 en 2022, Centraal Economisch Plan CPB maart 2021, 2023 Actualisatie Verkenning Middellange Termijn Verkenning Middellange termijn CPB maart 2021; daarna de euro-dollarkoers van het basisjaar waarin de projectie van de reële prijzen is opgesteld.

Tabel 4a

Broeikasgasemissies^{1,2} (vastgesteld en voorgenomen beleid)

(Mton CO ₂ -eq)	Realisaties				Projecties	
	1990	2015	2019	2020*	2025	2030
Nationaal totaal exclusief landgebruik	221,2	194,3	181,8	165,6		
Onderkant bereik					153,9	122,0 [116]
Bovenkant bereik					159,8	127,4 [138]
ETS		94,1	83,7	74,1		
Onderkant bereik					62,6	38,3 [35]
Bovenkant bereik					68,5	43,7 [52]
ESD/ESR		100,3	98,1	91,5	91,3	83,7 [77-89]
Koolstofdioxide	162,7	164,7	153,6	138,1		
Onderkant bereik					127,8	97,0 [91]
Bovenkant bereik					133,8	102,4 [113]
Overige broeikasgassen	58,5	29,7	28,2	27,5	26,0	25,1 [24-25]
Methaan	35,7	20,3	19,3	19,0	17,8	17,2
Lachgas	15,6	7,4	7,0	6,9	6,6	6,5
Fluorhoudend	7,3	2,0	1,9	1,7	1,7	1,4
HFK	4,7	1,7	1,7	1,5	1,5	1,2
PFK	2,4	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
SF ₆	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Elektriciteit³	39,6	53,1	41,5	32,9		
Onderkant bereik					25,7	8,5 [8]
Bovenkant bereik					31,7	13,9 [21]
ETS		49,9	39,3	32,0		
Onderkant bereik					25,5	8,3 [8]
Bovenkant bereik					31,4	13,7 [21]
ESD/ESR		3,2	2,1	0,9	0,2	0,2 [0,1-0,4]

(Mton CO ₂ -eq)	Realisaties				Projecties	
	1990	2015	2019	2020*	2025	2030
Koolstofdioxide	39,5	52,9	41,3	32,7		
Onderkant bereik					25,5	8,3
Bovenkant bereik					31,4	13,7
Overige broeikasgassen	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Methaan	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Lachgas	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Industrie⁴	86,4	54,7	54,6	53,5	48,3	40,3 [34-46]
ETS		43,3	43,7	41,6	36,5	29,5 [24-34]
ESD/ESR		11,4	10,9	11,9	11,8	10,8 [8-13]
Koolstofdioxide	54,4	46,5	47,4	46,8	42,8	35,5
Nijverheid ⁴	39,3	28,9	30,8	30,6	29,2	22,2
Raffinaderijen	11,0	11,0	11,0	10,2	8,6	8,5
Cokesfabrieken	1,0	1,6	1,1	1,5	0,7	0,8
Winningsbedrijven olie en gas	2,3	1,9	1,5	1,5	1,9	1,5
Waterbedrijven en afvalbeheer	0,7	3,1	3,0	3,0	2,5	2,5
Overige broeikasgassen	32,0	8,2	7,2	6,7	5,5	4,8
Methaan	18,2	4,9	4,0	3,9	3,2	2,6
Lachgas	6,5	1,7	1,6	1,5	0,9	0,9
Fluorhoudend	7,3	1,6	1,6	1,3	1,4	1,3
HFK	4,7	1,3	1,4	1,1	1,2	1,1
PFK	2,4	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
SF ₆	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Gebouwde omgeving⁴	29,9	24,4	23,0	21,6	20,6	18,9 [16-22]
ETS		0,3	0,4	0,3	0,3	0,2 [0,2-0,2]
ESD/ESR		24,1	22,7	21,3	20,3	18,7 [16-22]
Koolstofdioxide	29,1	23,9	22,5	21,1	20,0	18,3

(Mton CO ₂ -eq)	Realisaties				Projecties	
	1990	2015	2019	2020*	2025	2030
Huishoudens	20,9	16,5	15,6	14,8	14,8	13,8
Diensten ⁴	8,2	7,4	6,8	6,3	5,2	4,5
Overige broeikasgassen	0,9	0,6	0,5	0,5	0,6	0,6
Methaan	0,7	0,5	0,4	0,4	0,5	0,5
Lachgas	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Mobiliteit⁵	32,2	34,5	35,3	30,7	32,5	28,7 [25-32]
ETS		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0 [0-0]
ESD/ESR		34,5	35,3	30,7	32,5	28,7 [25-32]
Koolstofdioxide	31,9	33,8	34,6	30,0	32,0	28,3
Verkeer	27,8	30,2	30,8	26,2	28,5	25,0
Wegverkeer	26,6	28,8	29,7	25,2	27,3	23,7
Railverkeer	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Luchtvaart	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Scheepvaart	0,7	1,1	0,9	0,7	0,9	1,0
Defensie	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Mobiele werktuigen (MWT)	2,9	3,1	3,3	3,3	3,0	2,8
Bouw en industrie	1,5	1,4	1,7	1,7	1,5	1,3
Diensten	0,2	0,4	0,4	0,4	0,3	0,3
Landbouw	1,1	1,2	1,2	1,2	1,1	1,0
Huishoudens	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Visserij	1,2	0,6	0,5	0,5	0,5	0,5
Overige broeikasgassen	0,3	0,7	0,7	0,6	0,6	0,4
Methaan	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Lachgas	0,1	0,2	0,2	0,2	0,3	0,2
Fluorhoudend, HFK's airco's	0,0	0,4	0,3	0,3	0,2	0,1

(Mton CO ₂ -eq)	Realisaties				Projecties	
	1990	2015	2019	2020*	2025	2030
Landbouw⁴	33,1	27,5	27,4	27,0	26,7	25,6 [23-26]
ETS		0,6	0,3	0,2	0,3	0,3 [0,1-0,3]
ESD/ESR		27,0	27,1	26,8	26,4	25,3 [23-26]
Koolstofdioxide	8,0	7,6	7,8	7,5	7,5	6,5
Landbouw, energieverbruik	7,6	7,2	7,5	7,3	7,2	6,2
Veeteelt en akkerbouw, niet-energie ⁶	0,4	0,3	0,3	0,2	0,3	0,3
Overige broeikasgassen	25,1	20,0	19,6	19,4	19,2	19,1
Methaan	16,5	14,8	14,6	14,4	14,0	13,9
Veeteelt en akkerbouw	16,4	13,8	13,4	13,4	12,9	13,0
Methaanemissie uit WKK glastuinbouw en co-vergisting	0,1	1,0	1,2	1,0	1,0	0,9
Lachgas						
Veeteelt en akkerbouw	8,6	5,2	5,0	5,0	5,2	5,2
Nationaal totaal inclusief landgebruik	227,3	199,2	186,3	170,0		
Onderkant bereik					157,9	125,6 [119]
Bovenkant bereik					163,8	131,0 [141]
ETS		94,1	83,7	74,1		
Onderkant bereik					62,6	38,3 [35]
Bovenkant bereik					68,5	43,7 [52]
ESD/ESR		100,3	98,1	91,5	91,3	83,7 [77-89]
Koolstofdioxide	168,7	169,5	158,0	142,4		
Onderkant bereik					131,8	100,4 [94]
Bovenkant bereik					137,7	105,8 [116]
Overige broeikasgassen	58,6	29,8	28,3	27,6	26,1	25,2 [24-25]
Methaan	35,7	20,3	19,3	19,0	17,8	17,2
Lachgas	15,6	7,5	7,1	7,0	6,7	6,6
Fluorhoudend	7,3	2,0	1,9	1,7	1,7	1,4

(Mton CO ₂ -eq)	Realisaties				Projecties	
	1990	2015	2019	2020*	2025	2030
HFK	4,7	1,7	1,7	1,5	1,5	1,2
PFK	2,4	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
SF ₆	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Landgebruik	6,1	4,9	4,5	4,4	4,0	3,5 [2,9-3,9]
ETS						
ESD/ESR						
Koolstofdioxide	6,0	4,8	4,4	4,3	3,9	3,4
Bos	-2,0	-1,9	-1,8	-1,8	-1,6	-1,8
Bouwland	2,6	1,7	1,6	1,6	1,5	1,5
Grasland	4,7	3,4	2,9	2,8	2,6	2,3
Wetlands	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Bebouwing	0,8	1,4	1,5	1,5	1,3	1,2
Overig land	0,0	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2
Geogoste houtproducten	-0,2	0,1	0,1	0,1	0,0	0,1
Overige broeikasgassen	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Methaan	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Lachgas	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1

- 1) De hier genoemde emissies zijn berekend op basis van de GWP-waarden uit het Fifth Assessment Report (AR5) van het IPCC.
 - 2) Bandbreedte worden tussen rechte haken weergegeven.
 - 3) Productie en distributie van en handel in elektriciteit, aardgas, stoom en gekoelde lucht.
 - 4) Exclusief mobiele werktuigen.
 - 5) Inclusief mobiele werktuigen.
 - 6) Dit zijn grotendeels indirecte CO₂-emissies als het gevolg van de NMVOS-emissie bij de landbouw, tevens wordt een klein deel veroorzaakt door het gebruik van kalkmeststoffen.
- * Voorlopige gegevens.

Tabel 4b

Vershil in broeikasgasemissies volgens de definitie in het vijfde (AR5) en vierde (AR4) Assessment Report van het IPCC (vastgesteld en voorgenomen beleid)

Emissies van broeikasgasemissies volgens de definitie van het AR5¹-rapport van het IPCC

	Realisaties				Projecties	
	1990	2015	2019	2020*	2025	2030
Nationaal totaal exclusief landgebruik	221,2	194,3	181,8	165,6		
Onderkant bereik					153,9	122,0
Bovenkant bereik					159,8	127,4
Elektriciteit ³	39,6	53,1	41,5	32,9		
Onderkant bereik					25,7	8,5
Bovenkant bereik					31,7	13,9
Industrie ⁴	86,4	54,7	54,6	53,5	48,3	40,3
Gebouwde omgeving ⁴	86,4	24,4	23,0	21,6	20,6	18,9
Mobiliteit ⁵	32,2	34,5	35,3	30,7	32,5	28,7
Landbouw ⁴	33,1	27,543	27,4	27,0	26,7	25,6
Nationaal totaal inclusief landgebruik	227,3	199,2	186,3	170,0		
Onderkant bereik					157,9	125,6
Bovenkant bereik					163,8	131,0
Landgebruik	6,1	4,9	4,5	4,4	4,0	3,5

Emissies van broeikasgasemissies volgens de definitie van het AR4²-rapport van het IPCC

	Realisaties				Projecties	
	1990	2015	2019	2020*	2025	2030
Nationaal totaal exclusief landgebruik	220,5	193,2	180,7	164,5		
Onderkant bereik					152,9	121,1
Bovenkant bereik					158,8	126,5
Elektriciteit ³	39,6	53,1	41,5	32,9		
Onderkant bereik					25,7	8,5
Bovenkant bereik					31,7	13,9
Industrie ⁴	86,4	54,5	54,5	53,3	48,1	40,2
Gebouwde omgeving ⁴	29,9	24,4	23,0	21,6	20,6	18,9
Mobiliteit ⁵	32,2	34,6	35,3	30,7	32,6	28,8
Landbouw ⁴	32,4	26,6	26,5	26,1	25,9	24,7
Nationaal totaal inclusief landgebruik	226,6	198,1	185,3	168,9		
Onderkant bereik					156,9	124,6
Bovenkant bereik					162,9	130,0
Landgebruik	6,1	4,9	4,5	4,4	4,1	3,5

- 1) De hier genoemde emissies zijn berekend op basis van de GWP-waarden uit het Fifth Assessment Report (AR5) van het IPCC.
 - 2) De hier genoemde emissies zijn berekend op basis van de GWP-waarden uit het Fourth Assessment Report (AR4) van het IPCC.
 - 3) Productie en distributie van en handel in elektriciteit, aardgas, stoom en gekoelde lucht.
 - 4) Exclusief mobiele werktuigen.
 - 5) Inclusief mobiele werktuigen.
- * Voorlopige gegevens.

Tabel 5

Energieverbruik (vastgesteld en voorgenomen beleid)

(PJ)	Realisaties				Projecties	
	2005	2015	2019*	2020*	2025	2030
Primair energieverbruik¹						
Totaal	3.366	3.094	3.047	2.940		
Onderkant bereik					2.832	2.700
Bovenkant bereik					2.876	2.741
Aardgas	1.493	1.212	1.333	1.307		
Onderkant bereik					1.027	897
Bovenkant bereik					1.114	993
Kolen	339	463	269	173		
Onderkant bereik					244	127
Bovenkant bereik					255	127
Olie	1.292	1.143	1.117	1.078	1.061	1.025
Waterstof ²	0	0	0	0	0	-7
Overig	39	45	47	47	53	77
Kernenergie	41	39	38	40	40	36
Hernieuwbaar	95	158	234	300	444	549
Elektriciteit ²	67	34	10	-5		
Onderkant bereik					-37	-5
Bovenkant bereik					-91	-59
Primair energieverbruik³	2.935	2.675	2.657			
Onderkant bereik					2.456	2.296
Bovenkant bereik					2.500	2.338

(PJ)	Realisaties				Projecties	
	2005	2015	2019*	2020*	2025	2030
Finaal energieverbruik¹	2.044	1.814	1.855	1.744	1.780	1.723
Finaal energieverbruik²	2.264	2.044	2.089		2.053	2.003
Bruto-eindverbruik⁴ totaal	2.304	2.071	2.103	1.981	2.071	2.001

1) Volgens definities CBS-Energiebalans.

2) Een negatief getal is per saldo meer uitvoer dan invoer.

3) Volgens definities Eurostat voor berekening besparing EED artikel 3 (nog geen realisaties voor 2020). Bij Eurostat beschikbaar onder de indeling 'Europe 2020-2030'.

4) Volgens definities Eurostat voor berekening aandeel hernieuwbare energie.

* Voorlopige gegevens.

Tabel 6

Bruto-eindverbruik hernieuwbare energie (vastgesteld en voorgenomen beleid)

	Realisaties				Projecties	
	2005	2015	2019*	2020*	2023**	2030***
Bruto-eindverbruik hernieuwbare energie (PJ)						
Waterkracht genormaliseerd¹	0,4	0,4	0,3	0,3	0,4	0,4
Wind genormaliseerd¹	7,3	24,9	38,8	50,2	105,9	262,2
Op land	7,3	21,2	26,7	32,3	53,1	80,9
Op zee	0,0	3,7	12,0	17,9	52,8	181,3
Zon	0,8	5,1	20,4	30,5	63,8	84,0
Elektriciteit	0,1	4,0	19,2	29,3	62,5	82,6
Warmte	0,7	1,1	1,2	1,2	1,3	1,4
Aardwarmte	0,0	2,4	5,6	6,2	6,6	13,2
Bodemenergie en buitenluchtwarmte	0,7	5,7	10,9	13,1	17,8	35,8
Biomassa	47,9	78,7	108,4	119,4	142,3	129,9
Meestook elektriciteitscentrales	13,1	1,9	7,9	19,7	27,5	0,0
Afvalverbrandingsinstallaties	9,8	20,7	16,6	16,7	16,0	14,3
Biomassa huishoudens	15,7	16,7	16,3	16,2	16,2	16,4
Biomassaketels, bedrijven	5,5	15,2	26,7	28,3	30,5	35,1
Biogas	3,8	10,9	12,5	14,2	15,4	16,4
Vloeibare biotransportbrandstoffen	0,1	13,3	28,4	24,3	36,7	47,3
Totaal genormaliseerd¹	57,1	117,2	184,4	219,6	336,6	525,5

	Realisaties				Projecties	
	2005	2015	2019*	2020*	2023**	2030***
Totaal bruto-eindverbruik	2.304	2.071	2.103	1.981	2.082	2.001
Aandeel hernieuwbaar in bruto-elektriciteitsverbruik (%)	6,3	11,0	18,2	26,0	48,0	74,4
Aandeel hernieuwbare warmte¹ (%)	2,4	5,2	7,1	7,9	8,8	12,2
Aandeel hernieuwbare energie genormaliseerd¹ (%)	2,5	5,7	8,8	11,1	16,2	26,3

1) Volgens procedure uit Richtlijn Hernieuwbare Energie.

* Voorlopige gegevens.

** Bottom up korte termijn projectie RVO. Behalve aardwarmte, bodemenergie, buitenluchtwarmte en vloeibare biobrandstoffen, deze komen vanuit de modelberekeningen KEV 2021. In andere tabellen worden de resultaten uit de modelberekeningen gebruikt.

*** Projectie modelberekeningen KEV 2021.

Tabel 7

Finaal energetisch verbruik (vastgesteld en voorgenomen beleid)

(PJ)	Realisaties				Projecties	
	2005	2015	2019*	2020*	2025	2030
Totaal, temperatuurgecorrigeerd	2.055	1.821	1.866	1.780	1.780	1.723
Totaal, niet temperatuurgecorrigeerd	2.044	1.814	1.855	1.744		
Voor warmte¹, temperatuurgecorrigeerd	1.154	968	968	955	900	864
Nijverheid	479	401	404	392	381	366
Gebouwde omgeving	538	461	454	452	413	400
Landbouw	128	98	104	105	100	92
Waterbedrijven en afvalbeheer	9	9	7	6	5	6
Voor warmte¹, niet temperatuurgecorrigeerd	1.142	961	957	918		
Nijverheid	479	401	403	390		
Gebouwde omgeving	529	455	445	423		
Landbouw	126	97	102	99		
Waterbedrijven en afvalbeheer	9	9	7	6		
Motorbrandstoffen	525	478	503	437	480	432
Elektriciteit²	376	375	394	389	400	427
Nijverheid	150	124	129	124	133	147
Gebouwde omgeving	193	204	207	209	195	197
Landbouw	21	32	41	38	48	48
Waterbedrijven en afvalbeheer	7	8	8	9	9	9
Mobiliteit	6	6	9	9	15	26

1) Finaal energetisch verbruik exclusief elektriciteit en motorbrandstoffen.

2) Inclusief elektriciteit uit eigen opwekking.

* Voorlopige gegevens.

Tabel 8

Emissies en energieverbruik sector elektriciteit¹ (vastgesteld en voorgenomen beleid)

	Realisaties				Projecties	
	2005	2015	2019*	2020*	2025	2030
Broeikasgasemissies² (Mton CO₂-eq)						
Koolstofdioxide (CO ₂)	51,9	52,9	41,3	32,7		
Onderkant bereik					25,5	8,3
Bovenkant bereik					31,4	13,7
Methaan (CH ₄)	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Lachgas (N ₂ O)	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Totaal broeikasgassen	52,1	53,1	41,5	32,9	27,3	10,3
ETS	46,9	49,9	39,3	32,0	27,1	10,1
ESD en ESR sectoren ³	5,2	3,2	2,1	0,9	0,2	0,2
Aandeel elektriciteit in totale broeikasgasemissies⁴ (%)						
Koolstofdioxide (CO ₂)	29,2	32,1	26,9	23,7		
Methaan (CH ₄)	0,5	0,5	0,6	0,7		
Lachgas (N ₂ O)	1,1	2,0	1,4	1,4		
Totaal broeikasgassen	24,4	27,3	22,8	19,9		
ETS	58,4	53,0	47,0	43,2		
ESD/ESR	3,9	3,2	2,2	1,0		
Verbruikssaldo⁵ (PJ)	376,9	373,8	316,4	288,9		
Onderkant bereik					198,2	105,2
Bovenkant bereik					242,1	146,9
Aardgas	420,5	263,1	385,8	381,9		
Onderkant bereik					137,9	126,1
Bovenkant bereik					224,7	221,9
Kolen	207,5	336,6	146,6	63,9		
Onderkant bereik					130,7	0,0
Bovenkant bereik					141,6	0,0

	Realisaties				Projecties	
	2005	2015	2019*	2020*	2025	2030
Overig fossiel	63,2	40,4	35,1	25,0	23,6	4,9
Kernenergie	41,3	39,2	38,1	40,0	40,2	35,7
Hernieuwbaar	38,6	38,2	69,4	112,7	237,8	307,9
Biomassa	33,4	15,0	29,7	57,9	40,6	19,0
Windenergie	4,9	22,9	37,3	50,4	171,1	259,3
Zonnestroom	0,0	0,0	2,1	4,2	25,7	27,8
Waterkracht	0,3	0,3	0,3	0,2	0,4	0,4
Aardwarmte	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,6
Eigen verbruik + distributieverliezen						
Elektriciteit	20,0	20,8	20,2	19,1	21,2	24,8
Warmte	5,5	8,9	9,1	9,9	7,9	9,2
Netto productie						
Elektriciteit	292,3	302,2	324,5	312,1		
Onderkant bereik					355,6	363,9
Bovenkant bereik					409,4	417,9
Warmte	127,4	71,1	63,5	51,5	45,4	39,7
Aandeel elektriciteit in totaal verbruikssaldo⁶ (%)	11,2	12,1	10,4	9,8		

- 1) Sector energiebedrijven uit de CBS-Energiebalans.
 - 2) De hier genoemde emissies zijn berekend op basis van de GWP-waarden uit het Fifth Assessment Report (AR5) van het IPCC.
 - 3) Vanwege een afwijkende sectorindeling voor het bepalen van de ETS-emissies zijn de niet-ETS-emissies hier negatief. In een andere sector zijn de niet-ETS-emissies extra positief.
 - 4) Ten opzichte van de totale broeikasgasemissies in tabel 4.
 - 5) Het verbruikssaldo bestaat uit het verbruik van aardgas, kolen, overig fossiel, kernenergie en hernieuwbaar, met daarbij opgeteld het eigen verbruik + distributieverliezen en daarvan afgetrokken de netto productie.
 - 6) Ten opzichte van het totaal primair verbruik in tabel 5.
- * Voor 2019 zijn alleen de energiegegevens voorlopig, 2020 zijn alle gegevens voorlopig.

Tabel 9

Emissies en energieverbruik sector industrie¹ (vastgesteld en voorgenomen beleid)

	Realisaties				Projecties	
	2005	2015	2019*	2020*	2025	2030
Broeikasgasemissies² (Mton CO₂-eq)						
Koolstofdioxide (CO ₂)	50,2	46,5	47,4	46,8	42,8	35,5
Methaan (CH ₄)	8,3	4,9	4,0	3,9	3,2	2,6
Lachgas (N ₂ O)	6,2	1,7	1,6	1,5	0,9	0,9
Fluorhoudend	1,5	1,6	1,6	1,3	1,4	1,3
HFK	1,0	1,3	1,4	1,1	1,2	1,1
PFK	0,3	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
SF ₆	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Totaal broeikasgassen	66,3	54,7	54,6	53,5	48,3	40,3
ETS	33,1	43,3	43,7	41,6	36,5	29,5
ESD/ESR	33,2	11,4	10,9	11,9	11,8	10,8
Aandeel industrie in totale broeikasgasemissies³ (%)						
Koolstofdioxide (CO ₂)	28,3	28,3	30,9	33,9		
Methaan (CH ₄)	37,6	24,1	20,9	20,8		
Lachgas (N ₂ O)	50,4	23,3	22,5	21,2		
Fluorhoudend	84,3	80,2	82,1	79,2		
HFK	77,7	77,5	79,7	76,6		
PFK	100,0	100,0	100,0	100,0		
SF ₆	100,0	100,0	100,0	100,0		
Totaal broeikasgassen	31,0	28,2	30,0	32,3		
ETS	41,2	46,0	52,2	56,1		
ESD/ESR	24,9	11,4	11,1	13,0		
Toegevoegde waarde vanuit productie nijverheid (2020=100, constante prijzen)	85	97	104	100	112	118
Doorzet aardoliegrondstoffen raffinaderijen (PJ)	2.546	2.553	2.651	2.378	2.212	2.106
Aardgaswinning ⁴ (miljard Nm ³)	68	50	29	21	10	7

	Realisaties				Projecties	
	2005	2015	2019*	2020*	2025	2030
Verbruikssaldo (PJ)	1.569	1.415	1.380	1.399	1.364	1.384
Finaal verbruik elektriciteit ⁵	156	133	138	133	142	156
Eigen verbruik elektriciteit	14	19	18	16	3	3
Finaal verbruik voor warmte ⁶	487	409	410	396	387	372
Eigen verbruik voor warmte ⁷	156	157	164	149	161	151
Niet energetisch gebruik	558	504	491	531	502	519
Inzet voor elektriciteit/WKK-omzetting ⁸	200	182	184	215	156	126
Productie elektriciteit uit elektriciteit/WKK-omzetting ⁸	41	38	42	53	36	26
Productie warmte uit WKK-omzetting	88	67	71	81	50	38
Saldo overige omzettingen	126	116	88	92	99	122
Aandeel industrie in totaal verbruikssaldo⁹ (%)	46,6	45,7	45,3	47,6		

- 1) Nijverheid (exclusief mobiele werktuigen) en de industriële activiteiten in de energiesector (raffinaderijen, cokesfabrieken, olie- en gaswinning, waterbedrijven en afvalbeheer).
 - 2) De hier genoemde emissies zijn berekend op basis van de GWP-waarden uit het Fifth Assessment Report (AR5) van het IPCC.
 - 3) Ten opzichte van de totale broeikasgasemissies in tabel 4.
 - 4) Bron: Delfstoffen en aardwarmte in Nederland, diverse jaarverslagen, nlog.nl (realisaties); Energie Beheer Nederland (projecties). Eenheid is in miljard Nm³ bij 101325 Pa en 0°C (geen Groningen equivalenten).
 - 5) Inclusief elektriciteit uit eigen opwekking.
 - 6) Finaal energetisch verbruik exclusief het finaal verbruik van elektriciteit.
 - 7) Totaal eigen verbruik exclusief eigen verbruik van elektriciteit.
 - 8) Exclusief windenergie en zonne-energie.
 - 9) Ten opzichte van het totaal primair verbruik in tabel 5.
- * Voor 2019 zijn alleen de energiegegevens voorlopig, 2020 zijn alle gegevens voorlopig.

Tabel 10

Emissies en energieverbruik sector gebouwde omgeving (vastgesteld en voorgenomen beleid)

	Realisaties				Projecties	
	2005	2015	2019*	2020*	2025	2030
Broeikasgasemissies¹ (Mton CO₂-eq)						
Koolstofdioxide (CO ₂)	28,6	23,9	22,5	21,1	20,0	18,3
Methaan (CH ₄)	0,7	0,5	0,4	0,4	0,5	0,5
Lachgas (N ₂ O)	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Totaal broeikasgassen	29,3	24,4	23,0	21,6	20,6	18,9
ETS	0,2	0,3	0,4	0,3	0,3	0,2
ESD/ESR	29,1	24,1	22,7	21,3	20,3	18,7
Aandeel gebouwde omgeving in totale broeikasgasemissies² (%)						
Koolstofdioxide (CO ₂)	16,1	14,5	14,6	15,3		
Methaan (CH ₄)	3,0	2,3	2,2	2,2		
Lachgas (N ₂ O)	1,0	1,5	1,5	1,5		
Totaal broeikasgassen	13,7	12,6	12,7	13,0		
ETS	0,2	0,3	0,4	0,4		
ESD/ESR	21,8	24,1	23,1	23,3		
Woningen						
Bewoonde woningen (miljoen)	6,6	7,2	7,5	7,5	7,8	8,2
Verbruik (PJ)						
Finaal verbruik elektriciteit ³	78	81	84	88	79	79
Verbruik aardgas, temperatuurgecorrigeerd	350	289	276	274	258	241
Verbruik aardgas, niet temperatuurgecorrigeerd	344	285	270	257		
Netto levering warmte	9	12	12	11	16	20
Verbruik hernieuwbaar	1	7	17	21	46	62
Biomassa	0	1	2	2	16	16
Zonnestroom	0	3	9	13	18	27

	Realisaties				Projecties	
	2005	2015	2019*	2020*	2025	2030
Zonnewarmte	0,7	0,9	1,0	0,9	0,7	0,6
Omgevingsenergie	0	2	5	6	11	18
CO ₂ -emissie (Mton CO ₂), temperatuurgecorrigeerd	20,2	16,7	16,0	15,8	14,8	13,8
CO ₂ -emissie (Mton CO ₂), niet temperatuurgecorrigeerd	19,9	16,5	15,6	14,8		
Diensten⁴						
Vloeroppervlak, exclusief leegstand (miljoen m ²)	356	381	404	403	416	431
Verbruik (PJ)						
Finaal verbruik elektriciteit ³	115	123	123	121	116	118
Verbruik aardgas, temperatuurgecorrigeerd	152	131	122	119	86	74
Verbruik aardgas, niet temperatuurgecorrigeerd	149	129	119	110		
Netto levering warmte	8	3	8	9	8	8
Verbruik hernieuwbaar ⁵	1	5	12	14	28	34
Biomassa	0	1	1	1	3	3
Zonnestroom	0	1	4	6	16	18
Zonnewarmte	0,1	0,2	0,2	0,3	0,6	0,8
Omgevingsenergie	0	4	6	7	9	13
CO₂-emissie (Mton CO₂), temperatuurgecorrigeerd	8,8	7,5	7,0	6,8	5,2	4,5
CO₂-emissie (Mton CO₂), niet temperatuurgecorrigeerd	8,6	7,4	6,8	6,3		
Totaal verbruikssaldo gebouwde omgeving (PJ)	734	678	680	654	609	597
Aandeel gebouwde omgeving in totaal verbruikssaldo⁶ (%)	21,8	21,9	22,3	22,2		

1) De hier genoemde emissies zijn berekend op basis van de GWP-waarden uit het Fifth Assessment Report (AR5) van het IPCC.

2) Ten opzichte van de totale broeikasgasemissies in tabel 4.

3) Inclusief elektriciteit uit eigen opwekking.

4) Exclusief mobiele werktuigen.

5) Exclusief windenergie.

6) Ten opzichte van het totaal primair verbruik in tabel 5.

* Voor 2019 zijn alleen de energiegegevens voorlopig, 2020 zijn alle gegevens voorlopig.

Tabel 11

Emissies en energieverbruik sector mobiliteit¹ (vastgesteld en voorgenomen beleid)

	Realisaties				Projecties	
	2005	2015	2019*	2020*	2025	2030
Broeikasgasemissies² (Mton CO₂-eq)						
Koolstofdioxide (CO ₂)	39,2	33,8	34,6	30,0	32,0	28,3
Methaan (CH ₄)	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Lachgas (N ₂ O)	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,2
Fluorhoudend	0,3	0,4	0,3	0,3	0,2	0,1
HFK	0,3	0,4	0,3	0,3	0,2	0,1
PFK	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
SF ₆	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Totaal broeikasgassen	39,8	34,5	35,3	30,7	32,5	28,7
ETS	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
ESD/ESR	39,8	34,5	35,3	30,7	32,5	28,7
Aandeel mobiliteit in totale broeikasgasemissies³ (%)						
Koolstofdioxide (CO ₂)	22,1	20,5	22,5	21,7		
Methaan (CH ₄)	0,5	0,4	0,4	0,4		
Lachgas (N ₂ O)	2,0	3,3	3,4	3,1		
Fluorhoudend	15,7	19,8	17,9	20,8		
HFK	22,3	22,5	20,3	23,4		
PFK	0,0	0,0	0,0	0,0		
SF ₆	0,0	0,0	0,0	0,0		
Totaal broeikasgassen	18,6	17,8	19,4	18,5		
ETS	0,0	0,0	0,0	0,0		
ESD/ESR	29,8	34,4	35,9	33,5		
Voertuigkilometers ⁴ (miljard)	129	134	142	119	149	153
Tonkilometers ⁵ (miljard)	110	114	118	115	128	134

	Realisaties				Projecties	
	2005	2015	2019*	2020*	2025	2030
Reizigerskilometers ⁶ (miljard)	183	182	200	157	210	221
Verbruikssaldo (PJ)	535	487	515	448	498	461
Olieproducten	529	479	504	437	479	432
Benzine	169	164	183	155	195	188
waarvan biobenzine	0,0	6,0	8,3	9,5	13	15
Diesel	333	302	310	273	274	234
waarvan biodiesel	0,1	7,5	20,1	14,8	29	29
LPG	19	8	6	5	4	3
Overige olieproducten	9	5	5	4	6	6
Aardgas	0	2	3	3	4	3
Elektriciteit	6	6	9	9	15	26
Waterstof	0	0	0	0	0,20	0,42
Aandeel mobiliteit in totaal verbruikssaldo⁷ (%)	15,9	15,7	16,9	15,2		

1) Inclusief mobiele werktuigen, exclusief bunkerbrandstoffen voor internationale lucht- en scheepvaart.

2) De hier genoemde emissies zijn berekend op basis van de GWP-waarden uit het Fifth Assessment Report (AR5) van het IPCC.

3) Ten opzichte van de totale broeikasgasemissies in tabel 4.

4) Personenauto's, bestelauto's, vrachtverkeer en overig.

5) Wegvervoer, railvervoer en binnenvaart.

6) Auto, trein, bus, tram, metro, fiets, lopen en overig.

7) Ten opzichte van het totaal primair verbruik in tabel 5.

* Voor 2019 zijn alleen de energiegegevens voorlopig, 2020 zijn alle gegevens voorlopig.

Tabel 12

Emissies en energieverbruik sector landbouw¹ (vastgesteld en voorgenomen beleid)

	Realisaties				Projecties	
	2005	2015	2019*	2020*	2025	2030
Broeikasgasemissies² (Mton CO₂-eq)						
Koolstofdioxide	7,6	7,6	7,8	7,5	7,5	6,5
Methaan	12,9	14,8	14,6	14,4	14,0	13,9
Lachgas	5,6	5,2	5,0	5,0	5,2	5,2
Totaal broeikasgassen	26,1	27,5	27,4	27,0	26,7	25,6
ETS	0,1	0,6	0,3	0,2	0,3	0,3
ESD/ESR	26,0	27,0	27,1	26,8	26,4	25,3
Aandeel landbouw in totale broeikasgasemissies³ (%)						
Koolstofdioxide (CO ₂)	4,3	4,6	5,1	5,5		
Methaan (CH ₄)	58,4	72,8	75,9	76,0		
Lachgas (N ₂ O)	45,5	69,9	71,2	72,8		
Totaal broeikasgassen	12,2	14,2	15,1	16,3		
ETS	0,1	0,6	0,4	0,3		
ESD/ESR	19,5	26,9	27,7	29,2		
Areaal glastuinbouw (duizend hectare)	10,6	9,2	9,7	10,1	9,7	9,3
Vermogen warmtekrachtkoppeling ⁴ (MW _e)	1.240	3.000	2.842		2.990	2.960
Aantal dieren (miljoen)⁵						
Melkkoeien	1,4	1,6	1,6	1,6	1,5	1,5
Jongvee voor de melkveehouderij ⁶	1,2	1,3	0,9	0,9	0,9	0,9
Overig rundvee ⁷	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2
Varkens (excl. biggen)	6,7	7,0	6,7	6,4	6,0	6,0
Pluimvee ⁸	95,2	108,6	95,4	96,4	93,8	93,8
Overig vee ⁹	1,7	2,0	1,9	1,5	1,1	1,1

	Realisaties				Projecties	
	2005	2015	2019*	2020*	2025	2030
Stikstoftoevoer naar de bodem (miljoen kg stikstof) ^o	671	641	601	603	598	589
Drijfmest en vaste mest	290	308	313	317	305	301
Weidemest	101	65	61	61	60	60
Kunstmest	280	268	226	226	233	228
Verbruikssaldo (PJ)	150	140	155	150	162	152
Finaal verbruik elektriciteit ¹⁾	21	32	41	38	48	48
Verbruik aardgas, temperatuurgecorrigeerd	129	128	132	131	125	107
Verbruik aardgas, niet temperatuurgecorrigeerd	127	127	130	125		
Inzet aardgas voor elektriciteit/WKK-omzetting	24	83	94	91	96	84
Inzet biomassa voor elektriciteit/WKK-omzetting	0	6	5	5	6	6
Productie elektriciteit uit elektriciteit/WKK-omzetting ²⁾	9	35	39	38	41	36
Productie warmte uit WKK-omzetting	12	43	48	46	47	42
Aanvoer warmte	9	4	3	3	4	4
Totaal verbruik hernieuwbaar	2	13	22	26	29	33
Biomassa	0	8	12	13	14	14
Windenergie	2	2	2	2	2	3
Zonnestroom	0,0	0,6	2,7	4,2	3,4	3,7
Aardwarmte	0	2	6	6	8	11
Omgevingsenergie	0,1	0,3	0,3	0,3	1,1	1,4
CO₂-emissie (Mton CO₂), temperatuurgecorrigeerd	7,6	7,6	7,9	7,9	7,5	6,5
CO₂-emissie (Mton CO₂), niet temperatuurgecorrigeerd	7,6	7,6	7,8	7,5		
Aandeel landbouw in totaal verbruikssaldo³⁾ (%)	4,5	4,5	5,1	5,1		

1) Exclusief mobiele werktuigen.

2) De hier genoemde emissies zijn berekend op basis van de GWP-waarden uit het Fifth Assessment Report (AR5) van het IPCC.

3) Ten opzichte van de totale broeikasgasemissies in tabel 4.

4) Nog geen statistische gegevens beschikbaar voor 2020.

- 5) Aantal dieren zoals gebruikt voor de berekening van emissies. Dit aantal kan afwijken van het aantal dieren zoals vastgelegd via de Landbouwtelling (peildatum 1 april), bijvoorbeeld in jaren met uitbraken van dierziekten en in jaren waarin gedurende het jaar de omvang van de veestapel is gewijzigd door beleidsmaatregelen. Daarnaast is de methode voor het vaststellen van het aantal runderen, varkens en pluimvee in de Landbouwtelling met ingang van 2018 aangepast. Voor bedrijven met tijdelijke leegstand van stallen op de peildatum 1 april wordt met ingang van 2018 een aantal dieren bijgeteld waarbij gebruik wordt gemaakt van de opgave van het voorgaande jaar. Deze bijtellingen vinden plaats met het oog op een juiste bepaling van het bedrijfstype en de economische omvang van de bedrijven. Tegelijkertijd leiden de bijtellingen tot overschatting van het gemiddelde aantal aanwezige dieren. Voor een toelichting op deze statistiek zie het achtergronddocument over landbouw in de Klimaat- en Energieverkenning 2020 (Vonk et al. 2020).
 - 6) Vrouwelijk en mannelijk jongvee voor de melkveehouderij, inclusief fokstieren van 2 jaar en ouder.
 - 7) Vleeskalveren, vrouwelijk en mannelijk jongvee voor de vleesproductie, overige koeien en vleesstieren van 2 jaar en ouder.
 - 8) Recentelijk is de methode voor het vaststellen van het aantal kippen in de Landbouwtelling aangepast. Deze methodewijziging is nog niet in deze tabel meegenomen waardoor er vanaf 2018 een verschil is tussen de cijfers in de Landbouwtelling op CBS-StatLine en deze tabel.
 - 9) Vrouwelijke schapen, melkgeiten van 1 jaar en ouder, paarden, pony's, ezels (met ingang van 2010) en moederdieren van konijnen en edelpelsdieren.
 - 10) Inclusief 7% naar niet-landbouwbodems.
 - 11) Inclusief elektriciteit uit eigen opwekking.
 - 12) Exclusief windenergie en zonne-energie.
 - 13) Ten opzichte van het totaal primair verbruik in tabel 5.
- * Voor 2019 zijn alleen de energiegegevens voorlopig, 2020 zijn alle gegevens voorlopig.

Tabel 13

Emissies vanwege landgebruik en landverandering (zowel vastgesteld beleid als vastgesteld en voorgenomen beleid)

	Realisaties				Projecties	
	2005	2015	2019	2020*	2025	2030
Broeikasgasemissies¹ (Mton CO₂-eq)						
Koolstofdioxide	5,1	4,8	4,4	4,3	3,9	3,4
uit bos	-2,3	-1,9	-1,8	-1,8	-1,6	-1,8
uit bouwland	2,0	1,7	1,6	1,6	1,5	1,5
uit grasland	3,9	3,4	2,9	2,8	2,6	2,3
uit wetlands	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
uit bebouwing	1,3	1,4	1,5	1,5	1,3	1,2
uit overig land	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2
uit geoogste houtproducten	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,1
Methaan	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Lachgas	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Totaal broeikasgassen	5,2	4,9	4,5	4,4	4,0	3,5
Aandeel landgebruik in totale broeikasgasemissies² (%)						
Koolstofdioxide (CO ₂)	2,8	2,8	2,8	3,0		
Methaan (CH ₄)	0,0	0,0	0,0	0,0		
Lachgas (N ₂ O)	0,7	1,2	1,3	1,3		
Totaal broeikasgassen	2,4	2,5	2,4	2,6		

1) De hier genoemde emissies zijn berekend op basis van de GWP-waarden uit het Fifth Assessment Report (AR5) van het IPCC.

2) Ten opzichte van de totale broeikasgasemissies inclusief landgebruik in tabel 4.

* Voorlopige gegevens.

Tabel 14

Aanbod van elektriciteit (vastgesteld en voorgenomen beleid)

	Realisaties				Projecties	
	2005	2015	2019*	2020*	2025	2030
Productie (PJ)						
Totaal	363	396	436	442		
Onderkant bereik					487	487
Bovenkant bereik					541	541
Aardgas	210	165	254	260		
Onderkant bereik					125	107
Bovenkant bereik					174	161
Centraal	125	88	176	182		
Onderkant bereik					54	53
Bovenkant bereik					103	107
Decentraal	85	77	78	78	71	54
Kolen	83	142	64	27		
Onderkant bereik					63	0
Bovenkant bereik					68	0
Overig fossiel	19	15	14	14	10	2
Nucleair	14	15	14	15	14	12
Hernieuwbaar	27	49	82	116	267	357
Wind	7	27	41	55	173	262
Zon	0	4	19	29	68	83
Waterkracht	0	0	0	0	0	0
Biomassa	19	18	21	32	25	11
Overig	10	10	9	9	8	8

	Realisaties				Projecties	
	2005	2015	2019*	2020*	2025	2030
Internationale handel (PJ)						
Invoersaldo ¹	66	32	3	-10		
Onderkant bereik					-37	-5
Bovenkant bereik					-91	-59
Rendement en CO₂-emissiefactor elektriciteit bij gebruiker, volgens referentieparkmethode²						
Rendement op primair fossiel ³ (%)	40,3	41,3	46,9		44,0	45,8
CO ₂ -emissiefactor ³ (kg CO ₂ /kWh)	0,62	0,68	0,49		0,56	0,31
Rendement en CO₂-emissiefactor elektriciteit bij gebruiker, volgens integrale methode²						
Rendement op primair fossiel ³ (%)	45,5	49,1	60,5		108,9	183,2
CO ₂ -emissiefactor ³ (kg CO ₂ /kWh)	0,51	0,53	0,37		0,21	0,09

1) Een negatief getal is per saldo meer uitvoer dan invoer.

2) De hier genoemde waarden zijn berekend op basis van de calorische onderwaarde van de gebruikte brandstoffen.

3) Voor 2020 zijn deze gegevens nog niet beschikbaar.

* Voorlopige gegevens.

Tabel 15**Verbruik van elektriciteit¹ (vastgesteld en voorgenomen beleid)**

(PJ)	Realisaties				Projecties	
	2005	2015	2019*	2020*	2025	2030
Totaal	411	414	433	424	437	476
Elektriciteit²	20	21	20	19	21	25
Industrie	172	151	156	149	157	180
Gebouwde omgeving	193	204	207	209	195	197
Woningen	78	81	84	88	79	79
Diensten ³	115	123	123	121	116	118
Mobiliteit	6	6	9	9	15	26
Landbouw	21	32	41	38	48	48

1) Inclusief elektriciteit uit eigen opwekking en de inzet voor andere omzetting.

2) Eigen verbruik en distributieverliezen.

3) Inclusief het verbruik van de sector 'overige afnemers onbekend'.

* Voorlopige gegevens.

Tabel 16
Aardgasbalans (vastgesteld en voorgenomen beleid)

(PJ)	Realisaties			Projecties		
	2005	2015	2019*	2020*	2025	2030
Winning	2.352	1.651	1.002	723	315	230
Invoer	688	1.224	1.779	1.794		
Onderkant bereik					1.928	1.695
Bovenkant bereik					2.015	1.790
Uitvoer¹	1.565	1.663	1.433	1.204	1.216	1.027
Voorraadmutaties	4	-14	-7	4	0	0
Statistisch verschil²	-13	-13	9	9	0	0
Verbruik, waarvan	1.493	1.212	1.333	1.307		
Onderkant bereik					1.027	897
Bovenkant bereik					1.114	993
voor elektriciteitsproductie ³	550	420	549	569		
Onderkant bereik					290	240
Bovenkant bereik					377	336
finaal verbruik en eigen verbruik ⁴	849	692	674	635	628	548
voor grondstoffen	94	99	110	104	108	109

1) Dit is inclusief levering van aardgas als internationale bunkerbrandstof.

2) Het statistisch verschil is het verschil in de waarneming tussen winning, invoer, uitvoer en voorraadmutaties enerzijds en het verbruik anderzijds.

3) Al dan niet in warmte-krachtkoppeling.

4) Inclusief het saldo van andere omzetting.

* Voorlopige gegevens.

Tabel 17**Energiebesparing volgens Energy Efficiency Directive (vastgesteld en voorgenomen beleid)**

(PJ cumulatief)	Projectie¹
	2021-2030
Nationaal totaal	814 - 994
Huishoudens	208 - 245
Diensten	237 - 296
Industrie	238 - 401
Verkeer en vervoer	68 - 90
Landbouw	0 - 24

1) Alleen bandbreedte.

Contact:

kev@pbl.nl

www.pbl.nl

www.cbs.nl

www.rivm.nl

www.rvo.nl

www.tno.nl