

Scenario's investeringsplannen 2024

Scenario's voor de ontwikkeling van het energiesysteem in de jaren 2025-2030-2035, ten behoeve van de investeringsplannen van de Nederlandse netbeheerders elektriciteit en gas.

Versie 1.01 – publiek
20 februari 2023

Netbeheer
Nederland

Inhoudsopgave

Samenvatting	3
1. Inleiding	5
1.1 Eisen aan de scenario's	6
1.2 Leeswijzer	7
2. Werkproces	8
2.1 Achtergrond en kader scenario's	8
2.2 Werkproces	10
2.3 CO ₂ -ambitie scenario's	12
2.4 Relatie met II3050	12
3. De scenario's	14
3.1 Verhaallijn Klimaatambitie	15
3.2 Verhaallijn Nationale drijfveren	16
3.3 Verhaallijn Internationale ambitie	17
4. Kwantificatie	18
4.1 Totaaloverzicht	18
4.2 Gebouwde omgeving	19
4.3 Mobiliteit	21
4.4 Landbouw	25
4.5 Industrie	27
4.6 Datacenters, ICT en telecom	31
4.7 Duurzame opwek elektriciteit	33
4.8 Duurzame gassen	35
5. Energiesysteemanalyses	38
5.1 Emissies broeikasgassen (CO ₂ en overige)	39
5.2 Eindgebruik van energie	40
5.3 Vraag en aanbod per energiedrager	41
5.4 Flexibiliteitsmiddelen en balans energiesysteem	48
5.5 Primaire energiebronnen	51
Conclusie en dankwoord	54
Bijlagen	55
Verwijzingen naar de scenario's in het ETM	55
Afkortingen en begrippen	56
Errata / correcties in de rapportage	58

Samenvatting

Netbeheerders dragen zorg voor goede en betrouwbaar functionerende netwerken voor het transport en de distributie van gas en elektriciteit en investeren continu in de kwaliteit van de netten en de uitbreiding ervan.

Voor het plannen van de uitbreiding van de netten wordt onder andere gebruik gemaakt van toekomstscenario's. Deze scenario's helpen om:

- een beeld te vormen van de energievraag en het -aanbod in de toekomst;
- de transportbehoefte die hierdoor ontstaat in kaart te brengen;
- de energie-infrastructuur te bepalen die nodig is om in deze behoefte te voorzien;
- op basis van de transportbehoefte en de noodzakelijke en gewenste energie-infrastructuur de benodigde investeringen in de tijd vast te stellen.

Deze notitie beschrijft de scenario's die de gezamenlijke basis vormen voor de investeringsplannen 2024 en focust op de uitgangspunten, inhoud en kwantitatieve uitwerking. Deze scenario's zijn tot stand gekomen door middel van een intensief werkproces van een –onder de vlag van Netbeheer Nederland opererende– scenariowerkgroep en met inbreng van een grote groep externe betrokkenen.

Voor de investeringsplannen 2024 worden drie scenario's gebruikt:



- Scenario **Klimaatambitie** (KA): Centraal scenario op basis van al het bestaande en het voorgenomen energie- en klimaatbeleid (Klimaat- en Energieverkenning 2022), aangevuld met de kabinetsambitie voor aanvullend geagendeerd beleid uit het Coalitieakkoord.



- Scenario **Nationale drijfveren** (ND): Flankerend scenario dat ten opzichte van het Klimaatambitie scenario nóg sterker inzet op elektrificatie van de vraag en duurzame opwek op land.



- Scenario **Internationale ambitie** (IA): Flankerend scenario dat ten opzichte van het Klimaatambitie scenario sterker inzet op duurzame gassen (moleculen). Naast directe elektrificatie wordt er meer ingezet op groen gas en waterstof.

De scenario's zijn in lijn met de scenario's die zijn gebruikt voor de investeringsplannen 2022 en in nauwe samenwerking met stakeholders geactualiseerd. Alle scenario's voldoen aan de uitgangspunten van het Nederlandse energie- en klimaatbeleid én aan de eis om minimaal 55% CO₂ reductie te bewerkstellingen in 2030.

De scenario's hebben een globale toetsing ondergaan op realisme en de maakbaarheid in de vraag- en aanbodsectoren. De infrastructuur-opgave (en het deel daarvan dat naar verwachting wel en niet maakbaar lijkt), dat wordt naar de beste inzichten uitgewerkt in de investeringsplannen, en is nog niet verwerkt in deze scenario's of deze notitie.

De scenario's omvatten vele trends die voor energienetten van belang zijn. Maar bovenal omvatten de scenario's het speelveld van een hoge ambitie voor de energie- en klimaattransitie. Dit betekent dat er veel verandert in het energiesysteem, zowel met betrekking tot de hoeveelheden energiegebruik als welke energiedragers van belang gaan zijn.

Met deze scenario's hebben de netbeheerders in kaart gebracht waar zij allemaal rekening mee dienen te houden voor goede en goed onderbouwde investeringsplannen, die de opgave van de energietransitie weerspiegelen.

Het tot een succes maken van deze energietransitie is gezamenlijke opgave voor de hele maatschappij en vraagt een actieve en gezamenlijke inzet van huishoudens, bedrijfsleven, overheden samen met de netbeheerders. De netbeheerders zetten alles op alles om samen met de partners de benodigde energiesysteemaanpassingen zo tijdig mogelijk gereed te hebben.

De onderstaande tabel bevat de voornaamste kengetallen en uitkomsten van de scenario's.

			2019	2025			2030			2035		
			Referentie	KA	ND	IA	KA	ND	IA	KA	ND	IA
Vraag	Elektriciteitsvraag	TWh	119	136	153	129	184	233	170	234	314	209
	w.v. Gebouwde omgeving	TWh	56,0	48,6	48,5	47,8	52,1	52,3	52,5	57,6	57,2	58,4
	w.v. Transport	TWh	2,4	8,2	9,4	7,0	18,5	25,6	12,8	33,4	42,5	21,2
	w.v. Industrie	TWh	41,3	49,3	57,2	45,9	54,1	63,5	47,5	64,9	78,9	55,3
	w.v. Landbouw, ICT, energie	TWh	19,0	21,3	24,5	21,1	25,8	30,6	24,4	29,9	34,5	26,5
	w.v. Flex: p2x en opslag	TWh	0,0	8,8	12,9	7,5	33,2	61,4	32,7	48,3	101,1	47,8
	Methaanvraag	TWh	374	284	267	284	239	209	236	155	126,4	138
	w.v. Gebouwde omgeving	TWh	109	96,9	93,0	102,8	73,5	67,7	82,0	46,8	40,8	61,1
	w.v. Transport	TWh	1	0,8	0,7	0,8	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0
	w.v. Industrie	TWh	104	94,5	82,6	90,8	88,5	73,8	82,0	50,7	46,9	44,7
	w.v. Landbouw	TWh	10,5	8,0	5,2	8,1	4,5	2,2	4,6	2,1	0,0	2,2
	w.v. Flex: centrales en piekketels	TWh	150,5	83,4	85,1	81,8	72,2	65,3	66,7	55,2	38,6	30,0
	Waterstofvraag	TWh	0,0	25,8	27,7	29,0	47,8	47,7	60,8	69,0	65,8	107,9
	w.v. Gebouwde omgeving	TWh	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	w.v. Transport	TWh	0,0	0,7	0,6	1,5	3,7	2,1	7,9	6,6	4,3	17,6
w.v. Industrie	TWh	0,0	25,1	27,0	27,5	44,1	43,3	48,0	54,9	47,4	63,9	
w.v. Landbouw	TWh	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,2	0,0	0,0	2,3	
w.v. Flex: centrales en piekketels	TWh	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,3	3,6	7,6	14,0	24,1	
Productie	Windenergie	GW	4	13	14	13	31	32	31	41	44,2	40
	w.v. op land	GW	3,5	7,3	7,8	6,8	9,1	10,3	7,5	10,6	12,7	8,1
	w.v. op zee (elektrisch)	GW	1,0	6,1	6,1	6,1	21,5	21,5	21,5	27,5	29,5	25,5
	w.v. op zee (waterstof)	GW	0,0	0,0	0,0	0,1	0,6	0,0	2,0	3,0	2,0	6,0
	Zon PV*	GW	6,2	38,7	47,0	30,5	59,3	76,1	42,1	75,9	98,2	52,6
	w.v. op land en water	GW	0,7	12,7	15,1	10,1	19,6	24,6	14,3	26,3	33,9	19,5
	w.v. gebouwen en woningen	GW	5,5	26,0	31,9	20,4	39,7	51,5	27,8	49,6	64,3	33,1
	Overig hernieuwbaar	GW	1,0	1,4	1,4	1,3	1,2	0,9	0,8	1,1	1,2	1,1
	Groen gas	TWh	1,7	7,4	4,9	9,8	19,7	9,7	24,4	26,4	14,5	41,0
	Aardgaswinning	TWh	278	92,2	92,2	92,2	40,6	40,6	40,6	16,7	16,7	16,7
Waterstof groen	TWh	0,0	1,6	3,1	1,9	12,5	25,8	18,8	23,3	51,3	37,6	
Waterstof blauw	TWh	0,0	28,4	28,5	28,2	50,5	49,3	50,1	41,9	39,8	38,1	
Centrales	Nucleair	GW	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
	Kolen (incl. meestook)	GW	4,0	4,0	4,0	4,0	0,0	1,6	0,0	0,0	0,0	0,0
	Gas (aard-/groen)	GW	20,1	17,5	17,5	17,4	16,3	14,7	14,5	12,3	9,6	8,2
	Waterstof	GW	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,4	1,9	3,5	6,0	8,5
Flexibiliteit	Power-to-gas	GW	0,0	0,5	1,0	0,5	3,0	7,6	3,6	4,0	13,6	5,6
	Power-to-heat	GW	0,0	1,5	2,1	1,1	3,3	5,1	2,5	5,3	8,5	3,7
	Batterijen incl. EV	GW	0,0	2,7	6,1	2,1	12,3	19,3	8,3	22,7	31,5	13,7
	Vraagsturing (industrie)	GW	0,0	0,8	0,9	0,7	1,7	2,0	1,5	2,0	2,5	1,7
	Interconnectie (E)	GW	5,9	9,2	9,2	9,2	12,8	12,8	12,8	12,8	13,8	13,8
Totalen	Totaal hernieuwbaar vermogen	GW	15,2	60,8	70,1	51,8	101,4	119	83,4	131,7	158	107,4
	Totaal conventioneel vermogen	GW	24,6	22,0	22,0	21,9	16,8	18,2	16,9	16,3	16,1	17,2
	Totaal flex vermogen	GW	5,9	14,7	19,3	13,6	33,0	46,7	28,6	47,8	69,9	38,4
Emissies	Indicatie restemissies	Mt CO ₂ eq	183	140	137	140	96	91	96	71	60	65
	Indicatie reductie t.o.v. 1990	%	20%	38%	40%	38%	58%	60%	58%	69%	74%	71%

1. Inleiding

Netbeheerders dragen zorg voor goede en betrouwbaar functionerende netwerken voor transport en distributie van gas en elektriciteit en investeren continu in de kwaliteit van de netten en de uitbreiding ervan. Om zich goed voor te bereiden op wat de energietransitie en andere ontwikkelingen in het energiesysteem betekenen wordt onder andere gebruik gemaakt van toekomstscenario's. Deze scenario's helpen om een beeld te vormen van de energievraag en het -aanbod in de toekomst. De inzichten die de scenario's bieden in de verwachte toekomstige vraag en aanbod worden gebruikt voor het bepalen van de te verwachten transport- en distributiebehoefte en daarmee de benodigde energie-infrastructuur om in die behoefte te kunnen voorzien. De netbeheerders bepalen op basis hiervan welke investeringen en uitbreidingen noodzakelijk zijn en wanneer deze gerealiseerd moeten zijn.

Nu de elektrificatie, de duurzame elektriciteitsopwekking en het belang van duurzame gassen snel groeien, is het belangrijk om de behoefte aan uitbreiding van de energienetten zo goed mogelijk in kaart te brengen. Alleen dan kunnen de schaarse mensen en middelen dáár worden ingezet waar de toekomstige behoefte aan uitbreiding van de netcapaciteit het meest waarschijnlijk en het meest urgent wordt.

Omdat alle netten samen het energiesysteem vormen, worden de scenario's voor de investeringsplannen, editie 2024 (IP2024), door de landelijke en regionale netbeheerders gezamenlijk opgesteld. Voor het opstellen van deze scenario's is tevens sterker dan voorheen samenwerking gezocht met externe stakeholders. Stakeholders hebben op vele onderwerpen die terugkomen in de scenario's meegedacht en input geleverd.

Deze notitie beschrijft de scenario's die de gezamenlijke basis vormen voor het IP2024 en focust op de uitgangspunten, inhoud en kwantitatieve uitwerking van deze scenario's. Ook wordt kort stilgestaan bij het (verdere) werkproces voor het investeringsplan.

Wettelijk kader

De basis voor het opstellen van de investeringsplannen (IP) is artikel 21 van de Elektriciteitswet en artikel 7a van de Gaswet¹. Aanvullend, conform de AMvB Besluit investeringsplan en kwaliteit elektriciteit en gas², stellen de netbeheerders uiterlijk op 1 januari van elk even kalenderjaar een ontwerp investeringsplan op dat wordt voorgelegd aan de ACM, en voor de beheerders van de landelijke gas- en elektriciteitsnetwerken eveneens aan de minister.

De investeringsplannen moeten gebaseerd zijn op de relevante ontwikkelingen waar de energie-infrastructuur rekening mee moet houden. Daarvoor wordt gewerkt met scenario's³. De scenario's dienen om de onzekerheid te vangen die inherent is aan het voorspellen van toekomstige ontwikkelingen én stellen de netbeheerders in staat om voor uiteenlopende maar realistische toekomstbeelden de noodzaak van investeringen te toetsen.

¹ Deze artikelen schrijven voor dat de netbeheerders tweejaarlijks een IP dienen op te stellen waarin alle noodzakelijke uitbreidingen en vervangingsinvesteringen worden beschreven en onderbouwd.

² Besluit van 16 oktober 2018, houdende regels over investeringsplannen voor elektriciteitsnetten en gastransportnetten en enkele andere onderwerpen (Besluit investeringsplan en kwaliteit elektriciteit en gas). Deze AMvB geeft verdere invulling aan Artikel 21, eerste lid, van de Elektriciteitswet 1998 en Artikel 7a, eerste lid, van de Gaswet.

³ Artikel 2.1, lid 1 onderdeel b.

1.1 Eisen aan de scenario's

De scenario's zijn een zo goed mogelijke beschrijving van verschillende realistische toekomstbeelden, met elk een verschillende verwachte impact op energie-infrastructuur. De scenario's zijn dus niet 'de voorspelling' van 'de toekomst' maar voorspellingen van mogelijke toekomstige ontwikkelingen. Er gelden een aantal eisen aan de scenario's:

Actualiteit

De scenario's moeten actueel zijn. De relevante zekere, plausibele en onzekere ontwikkelingen die bekend zijn of bekend worden gedurende het proces van totstandkoming van de scenario's, worden meegenomen. De netbeheerders streven naar zo actueel mogelijke beelden door de scenario's zo laat als het IP-proces toestaat te definiëren.

De scenario's zijn opgesteld met een team van scenario-experts van de netbeheerders zelf en externe scenario- en energie-experts. In de 2024-versie van de scenario's hebben we stakeholders nog actiever betrokken, wat het mogelijk maakt nog actuelere inzichten mee te nemen én stakeholders meer inzicht te geven in het gevolgde proces.

Realisme en relevantie

Voor het doel van investeringsplanning moeten de scenario's relevant en realistisch voorstelbaar zijn. Relevantie en realisme worden bereikt door veel ruimte te geven aan ontwikkelingen die een hoge mate van zekerheid kennen. Tegelijkertijd hebben we per definitie te maken met onzekerheid – de toekomst is immers intrinsiek onzeker. Dus ook die onzekerheden behandelen we gestructureerd. Daarbij zoeken we ook steeds de nodige bronnen ter onderbouwing. Samen met het focussen op voor de investeringsplanning relevante zekerheden en onzekerheden (zie hieronder) en een gebalanceerde omgang hiermee, voldoen we aan de eisen van realisme en relevantie.

Zekerheden en onzekerheden

Voor de ontwikkeling van realistische en relevante toekomstscenario's worden de verschillende mogelijke ontwikkelingen gestructureerd beschouwd. Het gaat om de relatieve zekere ontwikkelingen (deze komen terug in alle scenario's) en de minder zekere ontwikkelingen (deze komen terug in minimaal één van de scenario's), voor zover ze relevant, realistisch en voorstelbaar zijn voor de planning van infrastructuurontwikkeling.

Voor de gestructureerde beschouwing van de verschillende mogelijke ontwikkelingen is gebruik gemaakt van het zogenaamde DESTEP-scenarioraamwerk. Hoofdstuk 2 gaat hier verder op in.

Tijdshorizon

Het tijdsvenster dat in de scenario's wordt uitgewerkt moet aangegeven en onderbouwd worden. Hierbij is het van belang om zowel te kijken naar zowel de infrastructuurmaatregelen die in IP2024 worden opgenomen (tien jaar vooruit), als naar de verdere ontwikkeling van het energiesysteem in de periode daarna. In de scenario's voor het IP2024 kijken we naar een periode tot en met 2035. De scenario's van de Integrale Infrastructuurverkenning 2030-2050 (II3050) die betrekking hebben op de ontwikkeling richting een volledig klimaatneutraal energiesysteem in 2050, zijn ook een bron geweest bij de scenario-ontwikkeling tot en met 2035 en voor aansluiting hiervan op de 2050 beelden. Hoofdstuk 2.4 gaat verder in op de samenhang tussen IP2024 en II3050.

Begrippenkader

Het begrippenkader dat wordt gebruikt moet duidelijk en herkenbaar zijn. Een begrippenlijst is aan het einde van het deze notitie opgenomen.

1.2 Leeswijzer

Hoofdstuk 2 beschrijft het gevolgde werkproces voor het opstellen van de scenario's voor het IP2024, en de wijze waarop scenario's worden gebruikt in de investeringsplanning. Ook wordt beschreven wat de relatie is met II3050.

Hoofdstuk 3 beschrijft de overkoepelende verhaallijnen voor de scenario's die zijn samengesteld op basis van de analyse van zekerheden en onzekerheden.

Hoofdstuk 4 gaat in op de kwantitatieve uitwerking van de scenario's per onderwerp. In de stakeholdersessies is ook per onderwerp naar de scenario's gekeken.

Hoofdstuk 5 behandelt tot slot de overkoepelende resultaten van de scenario's op basis van de energiesysteemdoorrekening die is uitgevoerd. Dit hoofdstuk gaat ook in op de CO₂-reductie die met de opgestelde scenario's wordt bereikt.

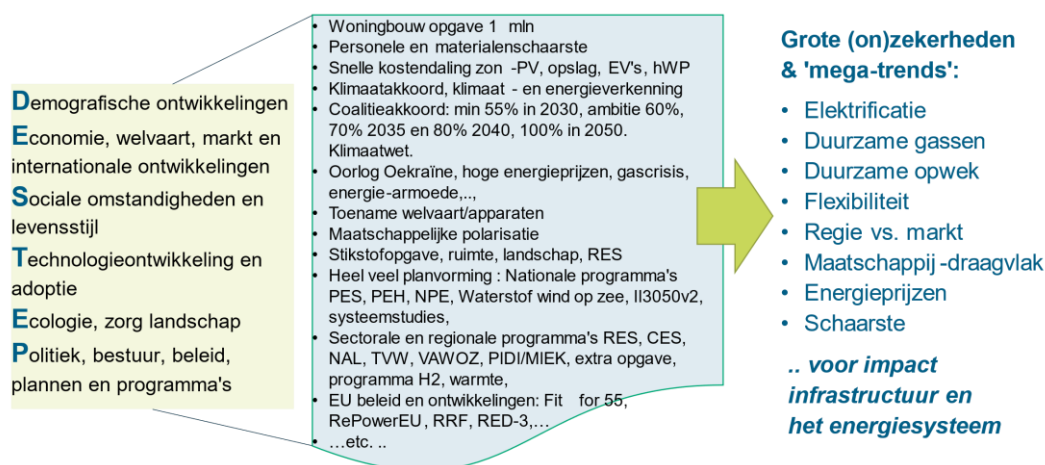
2. Werkproces

Dit hoofdstuk betreft een toelichting op het gevolgde werkproces. Eerst worden de kaders van de gebruikte scenarioverhaallijnen (kwalitatieve omschrijving van de ontwikkelpaden richting toekomst) en de scenario's (kwantitatieve uitwerking van een specifiek toekomstbeeld op een bepaald moment in de toekomst op deze ontwikkelpaden) geschetst. Daarna wordt ingegaan op de stappen om van concept naar finale scenario-beelden voor de zichtjaren te komen, welke vervolgens zijn uitgerekend, gevalideerd en gevisualiseerd door middel van het Energietransitiemodel (ETM). Tenslotte gaat dit hoofdstuk in op de relatie van het IP2024 met de eindbeelden uit de Integrale Infrastructuurverkenning 2030-2050 (I13050).

2.1 Achtergrond en kader scenario's

De energienetten moeten geschikt zijn voor een inherent onzekere toekomst. De scenario's voor de investeringsplannen moeten de relatief zekere trends, die er bestaan in de beschouwde tijdshorizon, als een gegeven nemen. Daarbovenop moeten de inherente onzekerheden (fundamentele onzekerheden) die bestaan binnen de tijdshorizon in de scenario's worden gevarieerd.

In de onderstaande figuur is het DESTEP scenario-raamwerk getoond dat we hebben gehanteerd bij het uitwerken van de relatieve zekerheden en onzekerheden.



Figuur 1. Onzekerheden bij het uitwerken van de scenario's

Grote onzekerheden zijn:

- de mate van elektrificatie door het hele energiesysteem heen (in alle vraagsectoren);
- de ontwikkeling van duurzame gassen (groen gas en waterstof) en duurzame elektriciteitsproductie, centraal op land en op zee en decentraal op land;
- de flexibiliteitsvoorziening (hoe houden we balans tussen vraag en aanbod: met centrales, of met vraag-respons, batterij-opslag, systeemintegratie);
- hoe de transitie wordt gestuurd (via regie, of via de markt);
- behouden we draagvlak voor de klimaattransitie;
- de ontwikkelingen in energieprijzen (hoger of lager);
- hoe schaarste (aan bijv. mensen, materialen) gaat doorwerken.

Van de hierboven genoemde onzekerheden zijn de mate elektrificatie, de ontwikkeling van duurzame gassen en de flexibiliteitsvoorziening het meest impactvol voor (de investeringen in) een toekomstig

energiesysteem. Daarom zijn deze in het raamwerk van de scenario's opgenomen. De andere factoren komen aan boord in de verdere uitwerking van de scenario's (zie hoofdstuk 3 en 4).

Klimaatbeleid als input voor de verhaallijnen

Op 30 juni 2021 werd de Europese Klimaatwet van kracht⁴. Deze wet verplicht Europa/lidstaten om:

1. de gemiddelde broeikasgasuitstoot met ten minste 55% te reduceren ten opzichte van 1990;
2. het aandeel duurzame opwek te laten groeien naar ten minste 32%;
3. de energie-efficiëntie te verbeteren, de doelstelling is verhoogd naar 32,5%;
4. de inspanning te vergroten t.a.v. energiebesparing (een jaarlijkse doelstelling van 0,8%).

Navenant aan de Europese Klimaatwet is in het Coalitieakkoord 2021⁵ het Nederlandse ambitieniveau voor de uitstoot van broeikasgassen opgehoogd van 49% naar ten minste 55% in 2030.⁶ Om een zo groot mogelijke kans te creëren dat deze 55% daadwerkelijk gehaald wordt, worden beleidsmaatregelen ontwikkeld die in totaliteit moeten leiden tot 60% reductie. Deze ruimte is nodig omdat het anders in de praktijk bijna niet te vermijden is dat tegenvallers ertoe leiden dat het streefdoel van 55% niet gehaald wordt.

Het ambitieniveau van de scenario's voor het IP2024 sluit aan bij deze bijgestelde nationale doelen. Een belangrijk uitgangspunt is dat de broeikasgasreductie die volgt uit de ETM-berekeningen ten minste 55% moet zijn. Hoofdstuk 2.2 gaat hier verder op in.

Verhaallijnen

Omdat de toekomst onzeker is, zijn voor het afdekken van deze onzekerheid drie scenarioverhaallijnen uitgewerkt. De geschetste scenario's zijn qua opzet vergelijkbaar met die van het IP2022, maar zijn inhoudelijk geactualiseerd en aangescherpt. Gezamenlijk schetsen ze de bandbreedte waarbinnen de energievraag en het -aanbod van elke sector en bron zich in het volgend decennium naar alle waarschijnlijkheid gaat bevinden.

De drie scenarioverhaallijnen zijn:

- Scenario "**Klimaatambitie**" (**KA**): dit scenario is ontwikkeld op basis van al het bestaande en het voorgenomen energie- en klimaatbeleid (Klimaat- en energieverkenning 2022), aangevuld met de kabinetsambitie voor aanvullend geagendeerd beleid uit het coalitieakkoord.
- Scenario "**Nationale drijfveren**" (**ND**): dit scenario zet ten opzichte van scenario Klimaatambitie nog sterker in op elektrificatie van de vraag en nog meer duurzame opwek op land.
- Scenario "**Internationale ambitie**" (**IA**): dit scenario zet in aanvulling op scenario Klimaatambitie sterker in op duurzame gassen (moleculen), dus naast directe elektrificatie wordt ook sterk ingezet op waterstof en groen gas.

Er is voor deze differentiatie gekozen omdat ze elk tot een andere energie-infrastructuur leiden. Inzicht in alle drie de paden is wenselijk. Deze bandbreedte in oplossingen is waardevol voor de investeringsplannen, omdat in regio A mogelijk meer ingezet wordt op elektronen en regio B meer ingezet wordt op moleculen. Het is aan elke (regionale) netbeheerder om voor de eigen regio een investeringsstrategie te kiezen die het beste aansluit bij de bandbreedte die door de scenario's geschetst wordt.

Tijdshorizon

De investeringsplannen worden door elke afzonderlijke netbeheerder voor de aankomende jaren doorgerekend. Veel beleidsdoelen zijn echter vastgesteld voor bijvoorbeeld het jaar 2030 of 2035 en

⁴ Europese Klimaatwet, zie: L_2021243NL.01000101.xml (europa.eu)

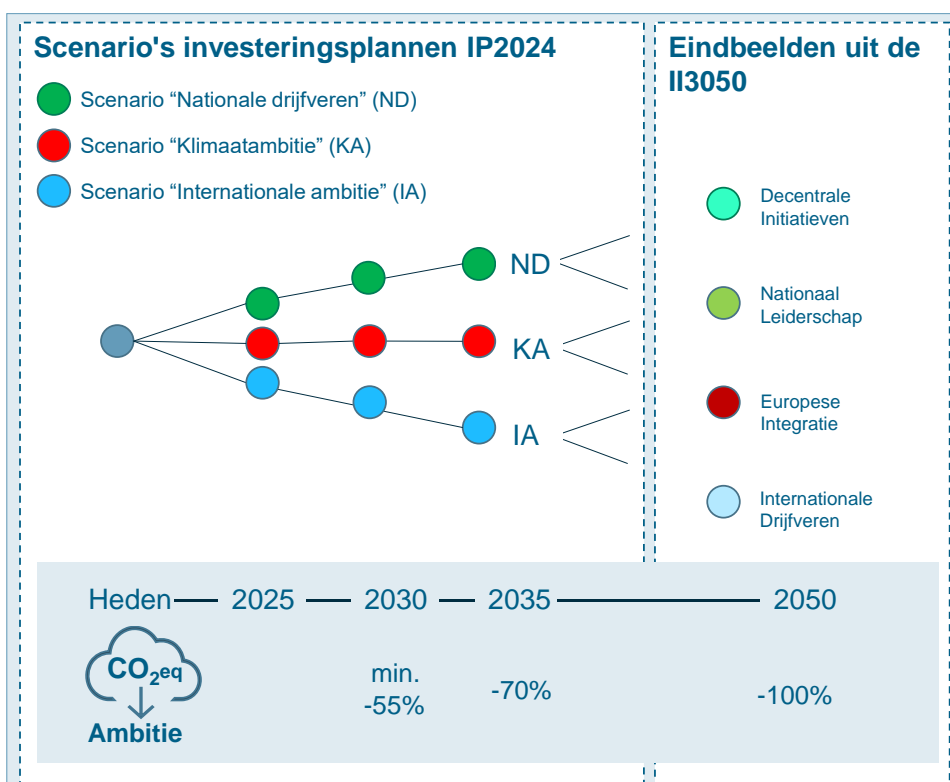
⁵ Coalitieakkoord 'Omzien naar elkaar, vooruitkijken naar de toekomst' (Rijksoverheid.nl)

⁶ Conform Europese afspraken vallen landgebruik emissies nu ook onder dit doel.

zijn veelal beperkt uitgewerkt voor de tussenliggende jaren. Dit is de reden dat er gekozen is om voor drie steekjaren (2025, 2030 en 2035) de scenario's op te stellen. Het jaar 2025 kijkt naar de huidige situatie in 2022, de reeds bekende plannen voor de korte termijn en het groeipad naar 2030. De jaren 2030 en 2035 maken gebruik van bestaand en verwacht nationaal en Europees beleid. Hierbij wordt ook gekeken naar de ambities van de sectoren zelf, gebruik makend van bronnen zoals sectorplannen en routekaarten, aangevuld met input die is opgehaald in stakeholdersessies. Daarnaast is voor een doorgroei naar een duurzaam energiesysteem in 2050 ook gebruikt gemaakt van scenario's en/of prognoses van onderzoeksinstellingen, aangevuld met expert-inschattingen, feedback vanuit stakeholders en de II3050 scenario's. Het jaar 2019 is in het ETM gebruikt als referentiejaar vanwege de beschikbaarheid van statistische gegevens en het bijzondere effect van de covid-epidemie⁷.

Voor de drie scenario's zijn de steekjaren 2025, 2030 en 2035 uitgewerkt. Figuur 2 toont de wijze waarop de IP-scenario's kunnen doorgroeien naar de vier II3050 eindbeelden voor 2050.

De scenario's zijn in hoofdstuk 3 verder uitgewerkt.



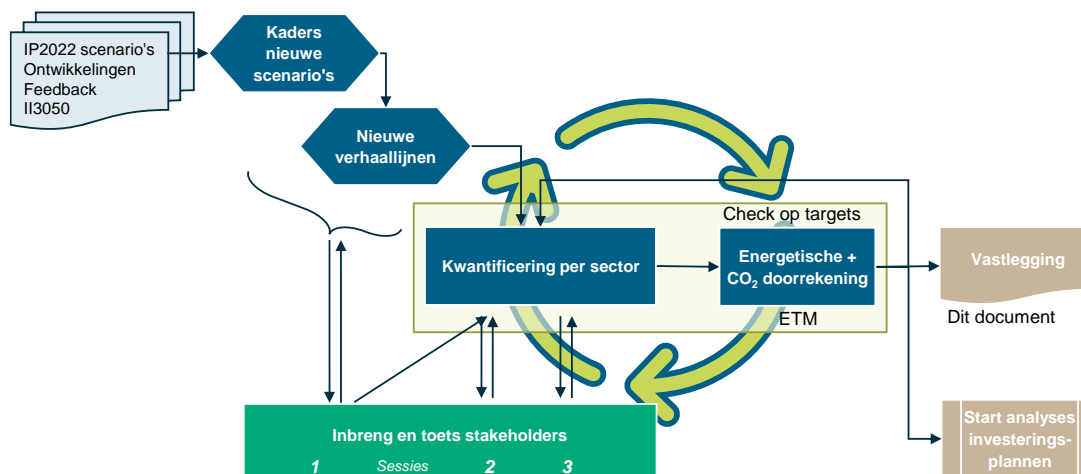
Figuur 2. Tijdslijn verschillende scenario's en steekjaren

2.2 Werkproces

Het opstellen van de IP2024 scenarioverhaallijnen en scenario's was een iteratief proces. Dit proces is doorlopen door het scenarioteam van Netbeheer Nederland. In dit team werken scenario- en sectordeskundigen van de Nederlandse netbeheerders. Zij worden ondersteund door scenario- en

⁷ Het energieverbruik in de jaren 2020 en 2021 is door een lagere activiteit in sommige sectoren zoals de industrie minder representatief

sectordeskundigen van adviesbureau Berenschot en werken aan zowel de II3050-toekomstbeelden als de IP-scenario's. Onderstaand figuur geeft het doorlopen werkproces visueel weer.



Figuur 3. Scenario- proces IP 2024

Toelichting van de gevolgde stappen

1. **Uitgangspunten voor scenario's en verhaallijnen:** De eerste stap van de scenario-ontwikkeling is het opstellen van de kaders (uitgangspunten) voor de scenario's en het opstellen van de verhaallijnen, zoals toegelicht in de voorgaande paragraaf.
2. **Transitiepaden per sector:** Vervolgens is door het team per sector een inventarisatie gemaakt en nagegaan wat de voornaamste ontwikkelingen (zekerheden en onzekerheden), verwachtingen en beleidsambities zijn die de komende jaren voor een transitie van die sector moeten zorgen. Hierbij is ook gebruik gemaakt van input van stakeholders. Op basis van de beschikbare beleidsdocumenten en studies is voor elke sector een transitie pad uitgestippeld. De verschillende transities van verschillende sectoren zijn logisch samengevoegd in scenario-verhaallijnen voor de scenario's Klimaatambitie, Nationale Drijfveren en Internationale Ambitie.
3. **Kwantificatie van scenario's via bottom-up, regionale en sectorplannen:** Vervolgens zijn de verschillende sectorplannen en verwachtingen voor elk scenario kwantitatief uitgewerkt. Dit is in het Energietransitiemodel ingevoerd, teneinde het transitiepad in de periode 2019 – 2035 voor elk scenario in kaart te brengen. Voor elke sector is berekend hoeveel CO₂-reductie wordt gerealiseerd bij de scenariokeuzes; deze resultaten zijn vergeleken met de indicatieve sectorale rest-emissies uit het Ontwerp Beleidsprogramma Klimaat d.d. juni 2022.⁸ Deze toetsing is bedoeld als een zachte validatie of de transitie van een sector, zoals uitgewerkt in de scenario's door de netbeheerders, voldoende overeenkomt met het ambitieniveau van de rijksoverheid.
4. **Stakeholdersessie(s):** Daarna is tijdens de eerste stakeholdersessie met een groot aantal branches gesproken over belangrijke uitgangspunten, de verhaallijnen en de concept beelden van de verschillende scenario's, met focus op steekjaar 2030. De feedback van de aanwezige branches is verwerkt in een verslag en gebruikt voor de herijking van de ETM-scenarioparameters en/of bijstelling van de scenario-beelden per sector.

⁸ De PBL KEV 2022 toont aan dat het nationale doel van 55-60% reductie op basis van huidig beleid nog buiten beeld is. Het Rijk zal de komende jaren dus nog additionele beleidsinstrumenten moeten ontwikkelen. Daarom konden de netbeheerders voor 2030, en zeker voor 2035, niet alleen uitgaan van bestaand beleid, en daarom is de inspanning geleverd om – middels drie scenario's – een mogelijke voorstelling te maken van de verdere richting van de transitie binnen de sectoren. De indicatieve restemissies uit het Ontwerp Beleidsprogramma Klimaat (Rijksoverheid.nl) fungeerde als een hulpmiddel hierbij.

5. **Drie iteraties:** Na de eerste stakeholder bijeenkomst medio september is door de verschillende experts verder gewerkt aan de bepaling en onderbouwing van de ETM-scenarioparameters. In een tweede stakeholderbijeenkomst medio oktober is een '80 procent'-versie bediscussieerd. Input uit deze stakeholderbijeenkomst is wederom verwerkt om tot een '95 procent'-versie te komen. Deze versie bevatte ook de 2035 beelden en is in een derde stakeholderbijeenkomst eind november besproken.
6. **Afronding en regionalisatie:** Na de derde stakeholdersessie zijn de laatste aanpassingen doorgevoerd en is een finale analyse gedaan om de hoeveelheden flexibele middelen (opslag, conversie, aanbod-/vraagsturing) die passen bij de verwachte aanbod- en vraagontwikkeling vast te leggen. De ETM-analyse, de daaruit volgende kwantitatieve uitwerking van de scenario's en de regionalisatie van de scenario's⁹ zijn begin december bevroren, opdat TenneT, Gasunie en de regionale netbeheerders aan de slag kunnen gaan met hun analyses en doorrekeningen.

2.3 CO₂-ambitie scenario's

Een belangrijk uitgangspunt is dat de broeikasgasreductie die volgt uit de ETM-berekeningen ten minste 55% moet zijn. Vanuit onder andere diverse stakeholders is aangegeven dat de scenario's voor 2030 ambitieuzer moeten zijn en dat ten minste minimaal een van de scenario's 60% CO₂-reductie moet halen. Immers, de Rijksoverheid ontwikkelt een beleidsprogramma bestaande uit een groot aantal opties, dat theoretisch tot 60% reductie zou moeten gaan.

Uiteindelijk is besloten om de eis van de -60% niet ex ante op te leggen. Dit heeft met een aantal zaken te maken.

- Het maatregelenpakket voor 60% CO₂-reductie is bedoeld om tegenvallers in de beleidsontwikkeling op te kunnen opvangen, teneinde het doel van de 55% CO₂-reductie zeker te stellen. De scenario's streven naar verschillende manieren om te komen tot voldoende CO₂-reductie, waarbij de verschillende scenario's expliciet rekening houden met een hoge realisatie van de beleidsambitie op een bepaald onderwerp (nationale drijfveren kent bijv. de hoogste realisatie van duurzame opwek op land en op zee, scenario internationale ambitie de hoogste realisatie van groen gas opwekking).
- Een analyse van het combineren van verschillende elementen uit de scenario's leerde dat we meer dan 60% CO₂-reductie kunnen halen als we bijvoorbeeld een hoge ambitie voor elektrificatie en duurzame gassen combineren met een hoge ambitie voor duurzame opwek. De conclusie is dat we de voor energienetten relevante onzekere ontwikkelingen aan boord hebben in de scenario's. Het combineren van al deze onzekere ontwikkelingen in hypothetische 'max+max+max+..' aanpak levert voor netinvesteringen geen aanvullend inzicht op.

2.4 Relatie met I13050

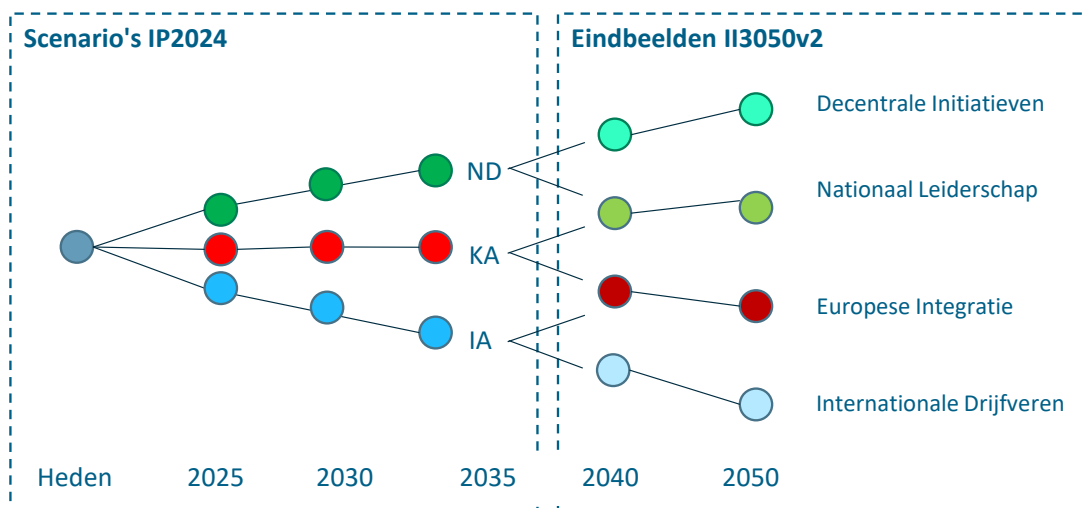
In het voorjaar van 2022 zijn door het scenarioteam van de gezamenlijke netbeheerders, ondersteund door experts van Kalavasta en Berenschot en met input vanuit marktpartijen en branches, de 2050 scenario's voor de tweede editie van de Integrale Infrastructuurverkenning 2030-2050 (I13050v2) gemaakt. Het rapport van de scenario's voor de I13050 volgt in het voorjaar van 2023¹⁰ en het eindrapport van de I13050 zal naar verwachting in het najaar van 2023 worden gepubliceerd.

⁹ De regionalisatie van de scenario's is niet inhoudelijk aan de orde geweest bij de stakeholder sessies.

¹⁰ Publicatiedatum is verwacht rond eind maart 2023

Tijdens deze update zijn de verhaallijnen voor 2050 herzien en de eindbeelden voor alle sectoren geüpdatet en waar nodig aangescherpt. Voor de industriesector is naast een aangepast beeld voor 2050 ook een beeld voor 2030 en 2035 opgesteld. Deze beelden zijn ontwikkeld in samenspraak met de grootste 14 uitstoters van CO₂ en de 6 industrieclusters van Nederland. Voor de andere sectoren zijn interviews en rondetafelgesprekken gehouden.

Het IP2024 heeft een link met II3050v2. De beelden van 2030 uit het IP en de beelden voor 2035 worden gebruikt als input voor de verhaallijn en de kwantificatie van de II3050v2 beelden. Andersom zijn de II3050v2 eindbeelden ter oriëntatie gebruikt bij het ontwikkelen van de scenario's voor het IP. Het IP-scenario Nationale Drijfveren ligt hierbij op een logisch ontwikkelpad met de eindbeelden 'Decentrale Initiatieven' en 'Nationale Leiderschap' terwijl het IP-scenario Internationale Ambitie richting de eindbeelden 'Europese Integratie' en 'Internationale Handel' loopt. De aanname is dat IP-scenario Klimaatambitie ergens tussen de vier scenariobeelden van 2050 komt te liggen. De vier toekomstbeelden in II3050v2 hebben bewust een grote bandbreedte: elk toekomstbeeld hanteert fundamenteel andere uitgangspunten voor de wijze waarop de energievoorziening zich ontwikkelt. Op deze manier beogen we een zo breed mogelijk scala aan mogelijke toekomstige ontwikkelingen af te dekken en dus 'de hoeken van het speelveld' te verkennen.



Figuur 4. Samenhang tussen de scenario's voor IP2024 en de eindbeelden voor II3050v2.

3. De scenario's

In de investeringsplannen van 2024 wordt door alle netbeheerders gebruik gemaakt van ten minste de onderstaande drie verschillende scenario's of toekomstbeelden. De scenario's beschrijven de ontwikkelingen van het energiesysteem op de langere termijn zodat de netbeheerders hierop kunnen anticiperen.

Qua opzet zijn de scenario's vergelijkbaar met de scenario's van de investeringsplannen van 2022, maar inhoudelijk zijn ze geactualiseerd en aangescherpt. Dit betekent dat zowel nieuw overheidsbeleid als nieuwe marktontwikkelingen zijn meegenomen in de scenario's.

De toekomstbeelden zijn ook in lijn met de doelstelling om in 2030 minimaal 55% reductie in de uitstoot van broeikasgassen te realiseren ten opzichte van 1990. Met de drie onderscheidende scenario's beschrijven we daarnaast de verscheidenheid aan ontwikkelingen die kunnen leiden tot het behalen van de doelstellingen. Hiermee anticiperen we op de vele onzekerheden die er nog zijn in marktontwikkelingen en overheidsbeleid.

De drie scenario's bestaan uit één centraal scenario en twee flankerende scenario's die elk hun nadruk op een andere ontwikkelingsroute leggen:



- Scenario **Klimaatambitie** (KA): Centraal scenario op basis van al het bestaande en het voorgenomen energie- en klimaatbeleid (Klimaat- en Energieverkenning 2022), aangevuld met de kabinetsambitie voor aanvullend geagendeerd beleid uit het Coalitieakkoord.



- Scenario **Nationale drijfveren** (ND): Flankerend scenario dat ten opzichte van het Klimaatambitie scenario nóg sterker inzet op elektrificatie van de vraag en duurzame opwek op land.



- Scenario **Internationale ambitie** (IA): Flankerend scenario dat ten opzichte van het Klimaatambitie scenario sterker inzet op duurzame gassen (moleculen). Naast directe elektrificatie wordt er meer ingezet op groen gas en waterstof.

Met het Akkoord van Parijs is in 2015 afgesproken dat de opwarming van de aarde beperkt moet worden tot fors minder dan twee graden Celsius ten opzichte van het pre-industriële tijdperk, met een streven de opwarming beperkt te houden tot anderhalve graad. In Nederland is deze doelstelling vertaald in het Klimaatakkoord uit juni 2019. Dit omvat een omvangrijk pakket van afspraken, maatregelen en instrumenten dat de Nederlandse uitstoot van broeikasgassen in 2030 met ten minste 49% moet terugdringen ten opzichte van 1990.

In 2021 is dit doel in Europa verder verhoogd naar 55% en is er een omvangrijk Fit for 55 programma gepresenteerd. Het kabinet heeft deze doelstelling van 55% overgenomen, en dit doel wordt ook in de Nederlandse Klimaatwet opgenomen. De Rijksoverheid ontwikkelt verder beleid dat richt op 60% emissiereductie, zodat het doel ook gehaald wordt als bepaalde ontwikkelingen in de praktijk tegen

zitten. Ook geeft het kabinet een doorkijk voor de reductieambitie voor na 2030: 70% in 2035 en 80% in 2040. Verder is van belang dat Europa (en Nederland dus ook) de ambities van Fit for 55 nog verder aan het aanscherpen is in het REPowerEU programma, wat ook een bron is voor de verhaallijnen en kwantificatie.

3.1 Verhaallijn Klimaatambitie



- Het scenario Klimaatambitie (KA) volgt zo dicht mogelijk het bestaande, voorgenomen en geagendeerde klimaatbeleid op basis van de Klimaat- en Energieverkenning 2022 en het Coalitieakkoord.
- Het scenario gaat uit van een voortvarende uitvoering van het klimaatprogramma uit het Coalitieakkoord waarbij het Rijk krachtig stuurt, maar ook regionale en sectorale ontwikkelingen –zoals de RES, NAL en CES– bepalend zijn.
- De plannen en ambities hebben hun uitwerking in alle sectoren in Nederland: alle sectoren doen mee en er wordt veelal ingezet op een mix van technologieën.

Het scenario **Klimaatambitie** (KA) sluit zoveel mogelijk aan bij het beleid van de Rijksoverheid. Hierbij wordt gebruik gemaakt van de beelden die worden geschetst in de Klimaat- en Energieverkenning 2022 (KEV) aangevuld met geagendeerd beleid vanuit het Coalitieakkoord. Dit geagendeerde beleid is beleid dat (nog) onvoldoende concreet was voor de KEV, maar wel noodzakelijk is voor het halen van de doelstelling voor een reductie van de uitstoot van broeikasgassen met 55% ten opzichte van 1990 en waarvan de overheid voornemens is het te implementeren.

Om deze doelen te halen wordt in het scenario Klimaatambitie vanuit het Rijk krachtige sturing gegeven op de transitie: wanneer welke transitiekeuzes moeten worden gemaakt, hoe ze tot stand komen met instrumenten, en wat de noodzakelijke ruimtelijke aanpassingen zijn. Deze keuzes worden in samenspraak met lagere overheden en maatschappelijke actoren genomen. Op regionaal niveau is draagvlak voor meer gedetailleerde uitwerking van de plannen, onder andere binnen de RES, de NAL en de CES. De plannen en ambities hebben hun uitwerking in alle sectoren in Nederland: alle sectoren doen mee.

Er wordt veelal ingezet op een variëteit aan technologieën. Zo wordt in de gebouwde omgeving verduurzaamd met isolatie, in combinatie met hybride warmtepompen, volledig elektrische warmtepompen of warmtenetten. Daarnaast wordt het resterende gasverbruik deels verduurzaamd door een bijmengverplichting voor groen gas.

Elektrificatie speelt in alle sectoren een belangrijke rol. Naast (hybride) warmtepompen in de gebouwde omgeving is er een sterke groei van elektrische mobiliteit en verwarming met bijvoorbeeld e-boilers in de industrie en landbouw. Een sterke groei van duurzame opwek op land en op zee is daarbij nodig om de toenemende elektriciteitsvraag op te vangen en de elektriciteitsproductie te verduurzamen.

3.2 Verhaallijn Nationale drijfveren



- Ook in het scenario Nationale drijfveren is er een krachtige sturing door het Rijk. Nederland streeft in dit scenario naar een hoge mate van zelfvoorziening door onder andere meer eigen duurzame opwek en een transitie naar een circulaire economie.
- Er wordt hierbij sterk ingezet op elektrificatie in de gebouwde omgeving, mobiliteit en industrie. Nederland wil koploper duurzame opwek zijn, zowel op zee als op land.
- Energiebesparing en efficiëntieverbeteringen zorgen voor een daling van de energievraag. De grote rol van elektriciteit in het energiesysteem zorgt voor een sterk toenemend belang van flexibiliteit in vraag en aanbod.

In het scenario **Nationale drijfveren** (ND) wordt ten opzichte van het scenario Klimaatambitie, nóg gericht sturing gegeven aan de invulling van de reductieopgave. Nederland streeft in dit scenario naar een –ten opzichte van het KA scenario– hogere mate van zelfvoorziening. Dit uit zich onder andere in meer eigen duurzame opwek, verregaande elektrificatie van de gebouwde omgeving, mobiliteit en industrie, en een transitie naar een meer circulaire economie.

De krachtige sturing vanuit het Rijk zorgt samen met een sterke regionale en lokale motivatie om de energietransitie vorm te geven dat Nederland de gestelde CO₂-reductiedoelen haalt en de Nederlandse energieproductie in hoge mate de binnenlandse energievraag dekt.

In dit scenario wordt hard gewerkt aan het realiseren van een groot aanbod van duurzame energie in Nederland. Dit gebeurt binnen de RES-en die hun oorspronkelijke taakstelling overstijgen (richting realisatie van de RES 1.0 ambitie), en wordt ruimhartig ondersteund door stimulering vanuit de overheid (SDE++, alternatief voor salderingsregeling, flankerend beleid om de business case van duurzaam te helpen, etc.). Nationaal worden grootschalige ontwikkelingen, zoals wind op zee, vanuit de overheid gestimuleerd.

Door energiebesparing en efficiëntieverbeteringen neemt de energievraag in Nederland af. Hoge prijzen van elektriciteit, brandstoffen en CO₂ emissierechten zorgen voor extra focus op energiebesparing. Daarnaast wordt een deel van de efficiëntieverbeteringen behaald door de snelle elektrificatie van de energievraag.

In de gebouwde omgeving, mobiliteit, industrie en landbouw speelt elektrificatie een nog grotere rol in vergelijking met het scenario Klimaatambitie. Zo is het aandeel volledig elektrische warmtepompen groter en elektrificeert ook het zware vervoer sterk.

Wind op zee en zon-PV zorgen voor een grote groei in duurzaam opgewekte elektriciteit. Het grote aanbod van deze niet-regelbare hernieuwbare energie leidt tot een grote en toenemende behoefte aan flexibiliteit in het energiesysteem. Deze flexibiliteit wordt mogelijk gemaakt door elektriciteit te importeren of exporteren, door energieopslag, conversie naar andere energiedragers zoals warmte en waterstof en door het aanpassen van de vraag. De markt reageert goed op de sterk fluctuerende prijzen.

Het Nationale Drijfverenscenario (ND) is geïnspireerd door de verhaallijnen van de scenario's Decentrale Initiatieven en Nationaal Leiderschap uit II3050v2.

3.3 Verhaallijn Internationale ambitie



- In het scenario Internationale ambitie (IA) is er voornamelijk sturing met algemene instrumenten (wortel en stok) door de Rijksoverheid. Het scenario wordt gekenmerkt door sterke mondiale samenwerking en vrijhandel. Beleidsmaatregelen worden internationaal afgestemd.
- Het scenario wordt gekenmerkt door vrije marktwerking en een hogere energie-import. Nederland blijft een handel-georiënteerde en industriële economie en fungeert als doorvoerland voor biobrandstoffen, CO₂ en waterstof.
- In dit scenario wordt meer ingezet op duurzame gassen in combinatie met hybride warmtepompen (gebouwde omgeving), biobrandstoffen (mobiliteit) en CCS (industrie).

In het scenario **Internationale ambitie** (IA) is er sprake van sterke mondiale samenwerking en vrijhandel. Hierdoor is de rol van groen gas en waterstof in dit scenario groter dan in de scenario's Klimaatambitie en Nationale drijfveren.

In het Akkoord van Parijs is in 2015 afgesproken dat de opwarming van de aarde beperkt moet worden tot minder dan twee graden. Het wordt hierbij steeds duidelijker dat de internationale gemeenschap nauw moet samenwerken om dit doel te bereiken. Europese samenwerking wordt bereikt door uitbreiding van het ETS en andere regelgeving naar meer sectoren. Ook op mondiaal niveau wordt een krachtig klimaatbeleid gevoerd. Beleidsmaatregelen worden internationaal afgestemd zodat overall emissiereductie plaatsvindt en niet alleen in de koploperregio's. De interne energiemarkt wordt versterkt en vrije handel gestimuleerd. In 2030 zijn de eerste stappen gezet richting een wereldwijde energiemarkt op basis van duurzame energiedragers zoals waterstof. Nederland ontwikkelt haar handel-georiënteerde en industriële economie en vergroot de duurzame energieproductie met concurrerende technieken, maar blijft sterk afhankelijk van energie-import. Dit zal in toenemende mate import van duurzame en hernieuwbare energie zijn. Daarnaast ontwikkelt Nederland zich als een doorvoerland voor waterstof naar bijvoorbeeld Duitsland. Om leveringszekerheid te kunnen garanderen zal Nederland zich richten op het ontwikkelen van internationale handelsrelaties. Daarnaast zorgt Nederland voor infrastructuren met strategische reserves om het transport en opslag van verschillende hernieuwbare energiedragers in zeer grote volumes mogelijk te maken.

De rol van elektriciteit in het energiesysteem is kleiner in dit scenario en in alle sectoren wordt verhoudingsgewijs meer ingezet op duurzame gassen: groen gas en waterstof. In de gebouwde omgeving betekent dit een hoger aandeel hybride warmtepompen en Cv-ketels. Voor mobiliteit worden meer biobrandstoffen en waterstof gebruikt. In de industrie wordt ingezet op efficiency, CCS en waterstof. In de landbouw blijft het aantal WWK nagenoeg gelijk aan het aantal op dit moment.

De vrijhandel zorgt in dit scenario voor een grote diversiteit van energiedragers (elektriciteit, waterstof, biobrandstof). Het aandeel van groen gas en waterstof in de energiemix neemt substantieel toe. Deze hernieuwbare gassen komen deels uit het buitenland. Ook in Nederland groeit de productie van hernieuwbare energie, met name wind op zee en zon-PV blijven gestaagd doorgroeien. Een deel hiervan wordt ook gebruikt voor groene waterstofproductie. In Zuid-Europa en andere landen met een groter aanbod van zonne-energie groeit zon-PV verhoudingsgewijs veel sneller. Hierdoor kunnen deze landen op termijn ook groene waterstof gaan exporteren.

Het Internationale Ambitiescenario (IA) is geïnspireerd door de verhaallijnen van de scenario's Europese Integratie en Internationale Handel uit II3050v2.

4. Kwantificatie

In dit hoofdstuk worden de kwantitatieve resultaten van de scenario's toegelicht. Als eerste het totaaloverzicht van een aantal kernparameters. Vervolgens worden in meer detail de uitwerking voor de sectoren gebouwde omgeving, mobiliteit, landbouw, industrie, ICT/datacenters, en de aanbodsectoren voor elektriciteit en duurzame gassen behandeld. Hierbij is vooral het doel om de gehanteerde aannames en bronnen te behandelen, en kort stil te staan bij de resultaten.

4.1 Totaaloverzicht

Een overzicht van de belangrijkste resultaten is in onderstaande tabel opgenomen.

Tabel 1 Overzicht kwantificering

			2019	2025			2030			2035		
			Referentie	KA	ND	IA	KA	ND	IA	KA	ND	IA
Vraag	Elektriciteitsvraag	TWh	119	136	153	129	184	233	170	234	314	209
	w.v. Gebouwde omgeving	TWh	56,0	48,6	48,5	47,8	52,1	52,3	52,5	57,6	57,2	58,4
	w.v. Transport	TWh	2,4	8,2	9,4	7,0	18,5	25,6	12,8	33,4	42,5	21,2
	w.v. Industrie	TWh	41,3	49,3	57,2	45,9	54,1	63,5	47,5	64,9	78,9	55,3
	w.v. Landbouw, ICT, energie	TWh	19,0	21,3	24,5	21,1	25,8	30,6	24,4	29,9	34,5	26,5
	w.v. Flex: p2x en opslag	TWh	0,0	8,8	12,9	7,5	33,2	61,4	32,7	48,3	101,1	47,8
	Methaanvraag	TWh	374	284	267	284	239	209	236	155	126,4	138
	w.v. Gebouwde omgeving	TWh	109	96,9	93,0	102,8	73,5	67,7	82,0	46,8	40,8	61,1
	w.v. Transport	TWh	1	0,8	0,7	0,8	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0
	w.v. Industrie	TWh	104	94,5	82,6	90,8	88,5	73,8	82,0	50,7	46,9	44,7
	w.v. Landbouw	TWh	10,5	8,0	5,2	8,1	4,5	2,2	4,6	2,1	0,0	2,2
	w.v. Flex: centrales en piekketels	TWh	150,5	83,4	85,1	81,8	72,2	65,3	66,7	55,2	38,6	30,0
	Waterstofvraag	TWh	0,0	25,8	27,7	29,0	47,8	47,7	60,8	69,0	65,8	107,9
	w.v. Gebouwde omgeving	TWh	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	w.v. Transport	TWh	0,0	0,7	0,6	1,5	3,7	2,1	7,9	6,6	4,3	17,6
w.v. Industrie	TWh	0,0	25,1	27,0	27,5	44,1	43,3	48,0	54,9	47,4	63,9	
w.v. Landbouw	TWh	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,2	0,0	0,0	2,3	
w.v. Flex: centrales en piekketels	TWh	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,3	3,6	7,6	14,0	24,1	
Productie	Windenergie	GW	4	13	14	13	31	32	31	41	44,2	40
	w.v. op land	GW	3,5	7,3	7,8	6,8	9,1	10,3	7,5	10,6	12,7	8,1
	w.v. op zee (elektrisch)	GW	1,0	6,1	6,1	6,1	21,5	21,5	21,5	27,5	29,5	25,5
	w.v. op zee (waterstof)	GW	0,0	0,0	0,0	0,1	0,6	0,0	2,0	3,0	2,0	6,0
	Zon PV*	GW	6,2	38,7	47,0	30,5	59,3	76,1	42,1	75,9	98,2	52,6
	w.v. op land en water	GW	0,7	12,7	15,1	10,1	19,6	24,6	14,3	26,3	33,9	19,5
	w.v. gebouwen en woningen	GW	5,5	26,0	31,9	20,4	39,7	51,5	27,8	49,6	64,3	33,1
	Overig hernieuwbaar	GW	1,0	1,4	1,4	1,3	1,2	0,9	0,8	1,1	1,2	1,1
	Groen gas	TWh	1,7	7,4	4,9	9,8	19,7	9,7	24,4	26,4	14,5	41,0
	Aardgaswinning	TWh	278	92,2	92,2	92,2	40,6	40,6	40,6	16,7	16,7	16,7
	Waterstof groen	TWh	0,0	1,6	3,1	1,9	12,5	25,8	18,8	23,3	51,3	37,6
	Waterstof blauw	TWh	0,0	28,4	28,5	28,2	50,5	49,3	50,1	41,9	39,8	38,1
Centrales	Nucleair	GW	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
	Kolen (incl. meestook)	GW	4,0	4,0	4,0	4,0	0,0	1,6	0,0	0,0	0,0	0,0
	Gas (aard-/groen)	GW	20,1	17,5	17,5	17,4	16,3	14,7	14,5	12,3	9,6	8,2
	Waterstof	GW	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,4	1,9	3,5	6,0	8,5
Flexibiliteit	Power-to-gas	GW	0,0	0,5	1,0	0,5	3,0	7,6	3,6	4,0	13,6	5,6
	Power-to-heat	GW	0,0	1,5	2,1	1,1	3,3	5,1	2,5	5,3	8,5	3,7
	Batterijen incl. EV	GW	0,0	2,7	6,1	2,1	12,3	19,3	8,3	22,7	31,5	13,7
	Vraagsturing (industrie)	GW	0,0	0,8	0,9	0,7	1,7	2,0	1,5	2,0	2,5	1,7
	Interconnectie (E)	GW	5,9	9,2	9,2	9,2	12,8	12,8	12,8	12,8	13,8	13,8
	Totaal	GW	15,2	60,8	70,1	51,8	101,4	119	83,4	131,7	158	107,4
Totalen	Totaal hernieuwbaar vermogen	GW	15,2	60,8	70,1	51,8	101,4	119	83,4	131,7	158	107,4
	Totaal conventioneel vermogen	GW	24,6	22,0	22,0	21,9	16,8	18,2	16,9	16,3	16,1	17,2
	Totaal flex vermogen	GW	5,9	14,7	19,3	13,6	33,0	46,7	28,6	47,8	69,9	38,4
Emissies	Indicatie restemissies	Mt CO ₂ eq	183	140	137	140	96	91	96	71	60	65
	Indicatie reductie t.o.v. 1990	%	20%	38%	40%	38%	58%	60%	58%	69%	74%	71%

4.2 Gebouwde omgeving

De gebouwde omgeving wordt energetisch gedomineerd door de warmtevraag van woningen en gebouwen. De huidige energieprijzen en de nieuwe normering voor (hybride) warmtepompen in plaats van een Cv-ketel, zorgen de komende jaren voor een versnelling van de warmtetransitie. Het aardgasgebruik neemt richting 2035 in de gebouwde omgeving sterk af. Door de vertraging van de nieuwe warmtewet (Wet Collectieve Warmtevoorziening, WCW) heerst er onzekerheid over de realisatie van warmtenetten. De gebouwde omgeving is onderverdeeld in huishoudens en gebouwen (utiliteitsbouw), waarbij gekeken wordt naar warmte-oplossingen, isolatie, nieuwbouw en overige energieontwikkeling.

4.2.1 Aannames gebouwde omgeving

Warmte-oplossingen

In de IP-scenario's worden combinaties van warmte-oplossingen gebruikt. Dit leidt tot de volgende uitgangspunten voor woningen voor 2030: Voor alle scenario's wordt bij nieuwbouwwoningen uitgegaan van 75% oplevering met een all-electric warmtepomp, 20% aangesloten op een warmtenet en de overige 5% met een gasgestookte Cv-ketel (KEV 2021).

In het KA scenario is er sprake van een mix van de verschillende warmteoplossingen. Voor bestaande woningen is de doelstelling voor hybride warmtepompen uit het *Beleidsprogramma versnelling verduurzaming gebouwde omgeving (2022)*¹¹ overgenomen: 1 miljoen hybride warmtepompen. De all-electric warmtepomp ontwikkelingen zijn in lijn met de KEV (2022): 1,3 miljoen all-electric warmtepompen (voor bestaande bouw en nieuwbouw). De warmtenetaansluitingen zijn overeenkomstig het *Nationaal warmtenet trendrapport (DNE-research, 2021)*¹²: ca. 850 duizendwarmtenetten (bestaande + nieuwbouw).

In het ND scenario is er sprake van vergaande elektrificatie van de warmte-oplossingen in de bestaande bouw. Voor all-electric is gekeken naar woningen gebouwd na 1992 en is verondersteld dat hiervan in 2030 bijna 50% de overstap naar all-electric heeft gemaakt. Samen met warmtepompen in de nieuwbouw is dit in totaal 1,5 miljoen. Bij warmtenetten is uitgegaan van het behalen van de doelstelling uit het *Beleidsprogramma versnelling verduurzaming gebouwde omgeving (2022)*: ruim 1,1 miljoen. Deze doelstelling wordt gezien als bovengrens van warmtenet ontwikkelingen. Hybride warmtepompen blijven achter waarbij is uitgegaan van het tempo zoals aangegeven in het *Actieplan hybride warmtepompen 2022-2024 (2022)*¹³ en het *Coalitieakkoord (2022)*: ca. 820 duizend.

In het IA scenario gaat met name de ontwikkeling van hybride warmtepompen hard (1,3 miljoen) t.o.v. de ontwikkeling van all-electric warmtepompen (900 duizend) en warmtenetaansluitingen (750 duizend). Voor hybride warmtepompen wordt aangenomen dat tussen 2026 en 2040 de helft van het aantal woningen dat onder de 2026 normering valt (dat komt overeen met 35% van alle woningen) in een tijdsbestek van 15 jaar over gaat stappen op een hybride warmtepomp. De all-electric warmtepomp ontwikkelingen zijn in lijn met het *Nationaal Warmtepomp Trendrapport (DNE-research, 2021)*. Voor het aantal warmtenetaansluitingen in 2030 is de ondergrens voor de mogelijke opschaling van warmtenetten volgens Bouwend Nederland als uitgangspunt genomen.

¹¹ <https://open.overheid.nl/repository/ronl-789924103b28f6a32678bdd3fc81e5d35b2a320a/1/pdf/beleidsprogramma-versnelling-verduurzaming-gebouwde-omgeving.pdf>

¹² <https://www.warmtenetrendrapport.nl/#:~:text=Het%20Nationaal%20Warmtenet%20Trendrapport%202021,de%20verduurzaming%20van%20warmtebronnen%20doorzet>

¹³ <https://open.overheid.nl/repository/ronl-b36aa563643535c28f085e9684dbdb90ce66d528/1/pdf/22235424bijlage-actieplan-hybride-warmtepompen.pdf>

Voor gebouwen (diensten, utiliteit) wordt de verhouding van de verwarmingstechnologieën gelijk gehouden aan die voor woningen.

Isolatie

Bij isolatie worden aannames gedaan over de isolatie graden van woningen en gebouwen. Deze zijn in lijn met het *Beleidsprogramma versnelling verduurzaming gebouwde omgeving (2022)* en II3050. In het ND scenario wordt uitgegaan van verregaande isolatie, omdat dit van belang is bij toepassing van all-electric warmtepompen. In het IA scenario blijft isolatie achter, omdat verregaande isolatie bij toepassing van hybride warmtepompen minder belangrijk is.

Nieuwbouw

Voor nieuwbouwwoningen wordt uitgegaan van *ABF PRIMOS data (2022)*. Het KA scenario volgt het ABF PRIMOS scenario, waarbij het ND scenario hier in het eerste jaar 5% hoger is dan het KA scenario en het IA scenario 5% lager is. De spreiding in de ND en IA scenario's neemt elk jaar met 1% toe, door de toenemende onzekerheid in de toekomst.

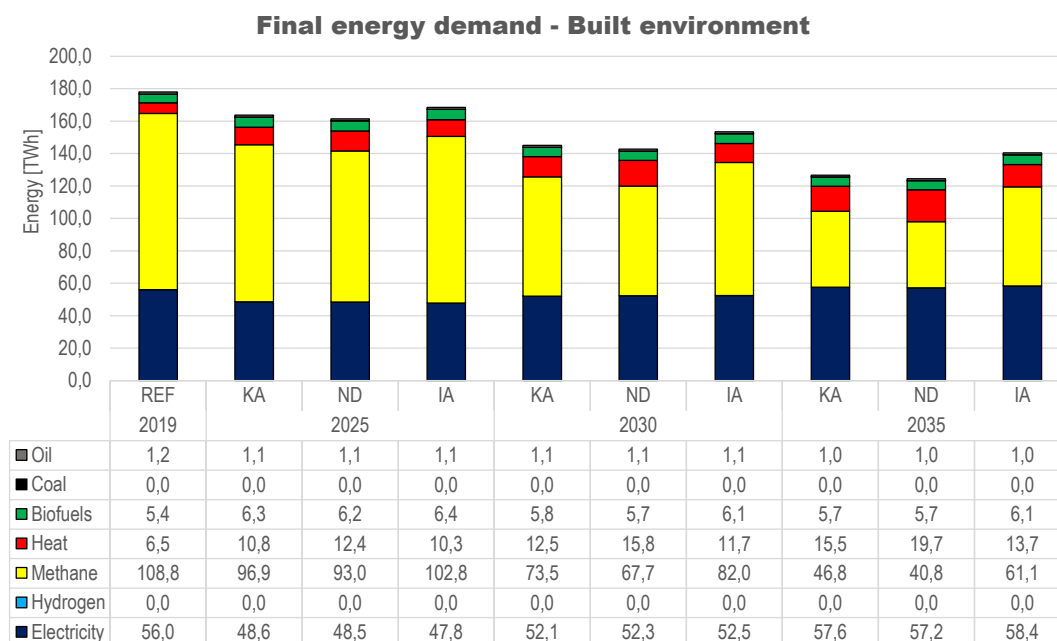
Het vloeroppervlak van gebouwen groeit met 0,6% per jaar op basis van de *KEV (2021)*.

Overige categorieën

Apparaten en gedrag van mensen wordt steeds efficiënter, waardoor de energievraag van de gebouwde omgeving daalt. Koken gebeurt nog steeds veel op gas maar wordt steeds meer geëlektrificeerd. Voor alle scenario's wordt de overstap naar elektrisch koken en ledverlichting en de verbetering van efficiëntie van apparatuur meegenomen.

4.2.2 Resultaten gebouwde omgeving

De bovenstaande aannames en uitgangspunten leiden tot de volgende resultaten in energiedragers van de gebouwde omgeving.



Figuur 5. Resultaten energievraag voor de gebouwde omgeving (TWh)

In de KA en ND scenario's daalt het (aard)gasverbruik sterk door het elektrificeren van de warmtevoorziening, terwijl in het IA scenario deze reductie veel lager is door het hogere aandeel van hybride warmtepompen en Cv-ketels. Verder is in alle scenario's een sterke reductie van de energievraag te zien. Dit komt door isolatiemaatregelen en de verduurzaming van apparaten en technologieën. Door meer gebruik van warmtepompen in 2030 en 2035 stijgt de elektriciteitsvraag in alle scenario's.

4.3 Mobiliteit

Mobiliteit is opgesplitst in personenvervoer, vrachtvervoer, OV-bussen, bestelbussen, bouwmaterieel, binnenvaart, luchtvaart en internationale scheepvaart. Energetisch wordt deze sector gedomineerd door de verwachte elektriciteitsvraag van personenvoertuigen en een mix van mogelijkheden voor zwaardere voertuigen.

Belangrijke ontwikkelingen: vanuit het Klimaatakkoord worden vanaf 2030 alle nieuwe personenvoertuigen elektrisch (in Europa vanaf 2035), wat naar verwachting leidt tot 1 tot 1,5 miljoen elektrische personenauto's in 2030. Slim laden (netbewust, rekening houdend met lokale netcapaciteit) is voor deze groep voertuigen de standaard per 2030. Ingevoerde ZERO-emissie zones in 2025 zorgen voor versnelling van elektrische (stads)logistiek. Binnenvaart, internationale scheepvaart en luchtvaart ontwikkelen nieuwe technologieën en doen pilots tot 2030, waarna de transitie versneld.

4.3.1 Aannames mobiliteit

Belangrijkste bron voor verwachte elektrificatie van voertuigen: *ElaadNL Outlooks*.¹⁴ In het geval van grote afwijkingen vanuit de NAL2.0-opgave zijn deze meegenomen in het Klimaatakkoord scenario. Voor biobrandstoffen zijn de aannames uit RFNBO gebruikt van 14% in 2030 uit de Fitfor55. Lucht- en scheepvaart hebben eigen routekaarten gecreëerd en deze zijn gebruikt als respectievelijke bronnen. Een samenvatting van de onderbouwing per scenario:

Het KA scenario sluit zo veel mogelijk aan bij het beleid van de Rijksoverheid. Hierbij wordt gebruik gemaakt van de beelden die worden geschetst in de *KEV (2022)* aangevuld met geagendeerd beleid. Elektrisch rijden wordt fiscaal gestimuleerd. Dit zorgt voor een forse stijging, tot boven het niveau van het klimaatakkoord, van het aantal elektrische auto's en het aantal benodigde laadpunten.

In het ND scenario wordt ten opzichte van het KA scenario nóg gericht sturing gegeven aan de invulling van de reductieopgave. Snelle elektrificatie levert een belangrijke bijdrage aan de mobiliteitssector. Deze ontwikkeling gaat zeer snel, waarbij slim laden wordt toegepast voor al het vervoer en transport.

In het IA scenario is er sprake van sterke mondiale samenwerking en vrijhandel. De transportsector maakt, ondanks steeds meer bijmenging van biobrandstoffen, in de eerste jaren nog veel gebruik van fossiele brandstoffen. Door de relatief hoge aanschafprijs blijft de groei van elektrisch vervoer achter bij de doelstelling van het klimaatakkoord. Later, wanneer de CO₂ belastingen verder stijgen, winnen elektrisch (personen)vervoer en vervoer op basis van waterstof aan marktaandeel. Voor zwaar vervoer en scheepvaart levert waterstof en (vloeibaar) gas een grote bijdrage.

De scenario-aannames voor het batterij-elektrische wegvervoer zijn gebaseerd op cijfers uit de *ElaadNL Outlooks*, waarin telkens drie groeipaden worden verondersteld (laag, midden, hoog). Hierbij

¹⁴ <https://elaad.nl/projecten/elaadnl-outlooks/>

zijn ten behoeve van de IP-scenario's de cijfers uit het middenpad voor het KA scenario gebruikt, de cijfers uit het hoge pad voor het ND scenario en de cijfers uit het lage pad voor IA scenario.

	KA (ElaadNL midden)	ND (ElaadNL hoog)	IA (ElaadNL laag)
Personen- vervoer	<p>2025: 0,8 miljoen elektrische personenauto's</p> <p>2030: 2,3 miljoen elektrische personenauto's 300 duizend waterstofauto's.</p> <p>Verkoop na 2030 100% elektrisch</p>	<p>2025: 1,4 miljoen elektrische personenauto's</p> <p>2030: 3,1 miljoen elektrische personenauto's 300 duizend waterstofauto's</p> <p>Verkoop na 2030 100% elektrisch</p>	<p>2025: 0,95 miljoen elektrische personenauto's</p> <p>2030: 1,4 miljoen elektrische personenauto's 500 duizend waterstofauto's</p> <p>Verkoop na 2030 100% elektrisch</p>
Bestel- bussen	<p>2025: 36,3 duizend elektrische bestelbussen</p> <p>2030: 223,6 duizend elektrische bestelbussen</p> <p>2035: 528,9 duizend elektrische bestelbussen</p>	<p>2025: 72,1 duizend elektrische bestelbussen</p> <p>2030: 348,1 duizend elektrische bestelbussen</p> <p>2035: 669 duizend elektrische bestelbussen</p>	<p>2025: 27,4 duizend elektrische bestelbussen</p> <p>2030: 146,4 duizend elektrische bestelbussen 103,1 duizend waterstof bestelbussen</p> <p>2035: 370,7 duizend elektrische bestelbussen 158,5 duizend waterstof bestelbussen</p>
Vracht- wagens	<p>2025: 4,1 duizend elektrische trucks</p> <p>2030: 24,2 duizend elektrische trucks en 7,7 duizend waterstof trucks.</p> <p>Verkoop na 2030 75,7% elektrisch 24,3% waterstof.</p>	<p>2025: 5,8 duizend elektrische trucks</p> <p>2030: 39,9 duizend elektrische trucks en 4 duizend waterstof trucks</p> <p>Verkoop na 2030 90,8% elektrisch 9,2% waterstof.</p>	<p>2025: 2,3 duizend elektrische trucks</p> <p>2030: 15 duizend elektrische trucks en 20,7 duizend waterstof trucks.</p> <p>Verkoop na 2030 42% elektrisch 58% waterstof.</p>
Openbaar vervoer	<p>Bussen: 2025: 3.674 e-bussen 2030: 4.692 (95%) e-bussen 2035: 4.742 e-bussen</p> <p>Treinen: vrijwel 100% elektrisch, in 2042 emissievrij.</p>	<p>Bussen: 2025: 3.830 e-bussen 2030: 4.949 (100%) e-bussen 2035: 4.949 e-bussen</p> <p>Treinen: vrijwel 100% elektrisch, al eerder dan 2042 emissievrij.</p>	<p>Bussen: 2025: 3.215 e-bussen 2030: 4.106 (80%) e-bussen 2035: 4.149 e-bussen</p> <p>Een aandeel waterstofbussen (FCEV) waar relatief veel kilometers op een dag gemaakt moeten worden.</p> <p>Treinen: Huidige diesel gaat naar waterstof, in 2042 emissievrij.</p>

	KA (ElaadNL midden)	ND (ElaadNL hoog)	IA (ElaadNL laag)																												
Binnenvaart	<p>CCR Routekaart Binnenvaart¹⁵ (Conservative)</p> <p>2025: Geen veranderingen</p> <p>2030: 1,2% elektrisch, 0% waterstof, 0,6% bio methaan/LNG (14% van LNG is bio-LNG)</p> <p>2035: 2,4% elektrisch, 0,6% waterstof, 0,6% biomethaan/LNG (14% van LNG is bio-LNG)</p>	<p>CCR Routekaart Binnenvaart (Innovative)</p> <p>2025: 1,2% elektrisch</p> <p>2030: 3,5% elektrisch, 1,2% waterstof, 1,2% biomethaan/LNG (14% van LNG is bio-LNG)</p> <p>2035: 9,4% elektrisch, 1,8% waterstof, 1,2% biomethaan/LNG (14% van LNG is bio-LNG)</p>	<p>CCR Routekaart Binnenvaart (Innovative)</p> <p>2025: 1,2% elektrisch</p> <p>2030: 3,5% elektrisch, 1,2% waterstof, 1,2% biomethaan/LNG (14% van LNG is bio-LNG)</p> <p>2035: 9,4% elektrisch, 1,8% waterstof, 1,2% biomethaan/LNG (14% van LNG is bio-LNG)</p>																												
Luchtvaart	<p>Voor bio-kerosine is het <i>Akkoord Duurzame Luchtvaart 2021</i>¹⁶ van de Duurzame luchtvaarttafel als bron gebruikt. Daarnaast wordt het RFNBO-target van 14% biobrandstof geïmplementeerd en wordt in alle scenario's uitgegaan van 0% bio-kerosine in 2019, 14% in 2030 en in 2035. Er is aangenomen dat de plannen voor productie van bio-kerosine en synthetische kerosine in Nederland voldoende zijn om de 2030 doelstelling te halen.</p>																														
Internationale scheepvaart	<p>Er heerst nog veel onzekerheid rondom de internationale scheepvaart. In de huidige iteratie zijn er in het ETM geen ontwikkelingen meegenomen op het gebied van CO₂-reductie voor de internationale scheepvaart. Volgens <i>IMO GHG Study 2020</i>¹⁷ van de 'International Maritime Organization' (IMO) is het behalen van de 2050 IMO emissiereductie doelstellingen een grote uitdaging. Er zijn doelen gesteld voor een efficiëntieverbetering per schip, maar de verwachte groei van de scheepvaart sector stabiliseert de absolute energie vraag van deze sector.</p> <p>Wel wordt er verwacht dat de zeehavens een walstroom aansluiting nodig gaan hebben en uit de CES zijn een aantal plannen bekend. Deze zijn verder aangevuld met een inschatting van de netbeheerders.</p> <table border="1" data-bbox="438 1467 1260 1832"> <thead> <tr> <th>Havengebied</th> <th>Overslag 2021 in kiloton</th> <th>% totaal</th> <th>Inschatting MW walstroom 2030 obv % overslag</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Groningen Seaports</td> <td>5.893</td> <td>1%</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>Amsterdam</td> <td>87.996</td> <td>15%</td> <td>36</td> </tr> <tr> <td>Rotterdam</td> <td>453.970</td> <td>77%</td> <td>190</td> </tr> <tr> <td>Overige zeehavens</td> <td>3.802</td> <td>1%</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>Zeeland Seaports</td> <td>38.046</td> <td>6%</td> <td>15</td> </tr> <tr> <td>Totaal</td> <td>589.707</td> <td>100%</td> <td>246</td> </tr> </tbody> </table>			Havengebied	Overslag 2021 in kiloton	% totaal	Inschatting MW walstroom 2030 obv % overslag	Groningen Seaports	5.893	1%	3	Amsterdam	87.996	15%	36	Rotterdam	453.970	77%	190	Overige zeehavens	3.802	1%	2	Zeeland Seaports	38.046	6%	15	Totaal	589.707	100%	246
Havengebied	Overslag 2021 in kiloton	% totaal	Inschatting MW walstroom 2030 obv % overslag																												
Groningen Seaports	5.893	1%	3																												
Amsterdam	87.996	15%	36																												
Rotterdam	453.970	77%	190																												
Overige zeehavens	3.802	1%	2																												
Zeeland Seaports	38.046	6%	15																												
Totaal	589.707	100%	246																												

¹⁵ https://www.ccr-zkr.org/files/documents/Roadmap/Roadmap_nl.pdf

¹⁶ <https://duurzaam-vliegen.nl/wp-content/uploads/2021/03/Akkoord-Duurzame-Luchtvaart.pdf>

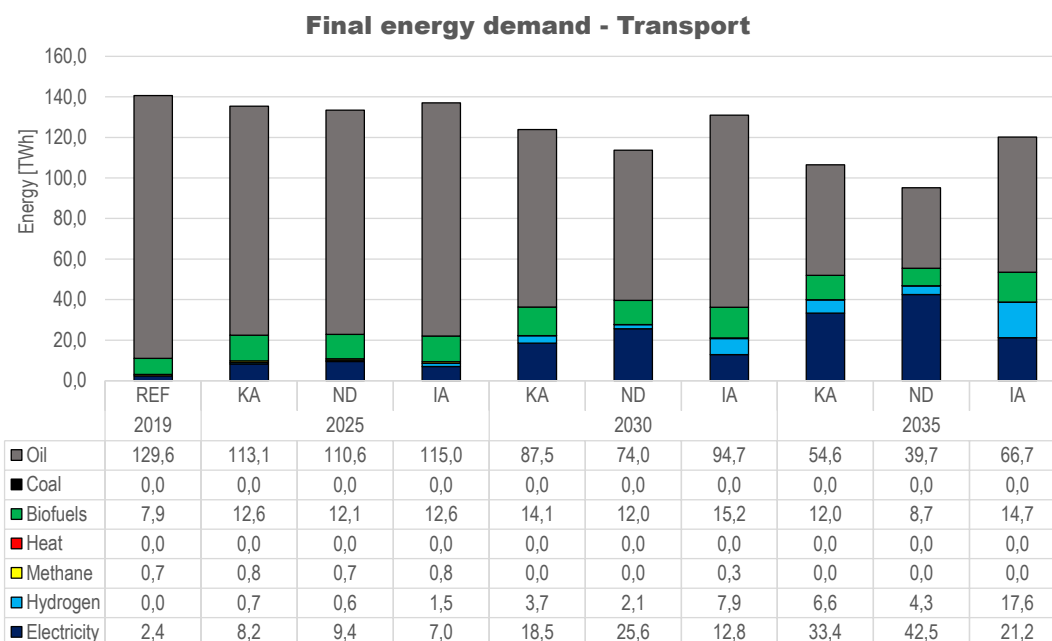
¹⁷ <https://wwwcdn.imo.org/localresources/en/OurWork/Environment/Documents/Fourth%20IMO%20GHG%20Study%202020%20-%20Full%20report%20and%20annexes.pdf>

	KA (ElaadNL midden)	ND (ElaadNL hoog)	IA (ElaadNL laag)
Bouw- materieel	2025:	2025:	2025:
	2% adoptie	4% adoptie	1% adoptie
	1.231 BEV	2.115 BEV	619 BEV
	2030:	2030:	2030:
	11% adoptie	18% adoptie	6% adoptie
	6.083 BEV	10.559 BEV	3.414 BEV
	2035:	2035:	2035:
	31% adoptie	46% adoptie	19% adoptie
	18.222 BEV	27.212 BEV	11.201 BEV

De onderstaande tabel bevat een aantal belangrijke ontwikkelingen en aannames die gelijk zijn voor alle drie scenario's.

Aanname	
Personen- vervoer	Groei wagenpark van 1,56% per jaar (CBS); Klimaatakkoord: Vanaf 2030 zijn alle nieuwe auto's elektrisch; KEV 2021: 0,5 – 1,5 miljoen EV-personenauto's in 2030; Rijkoverheid: 300 duizend waterstofauto's in 2030; Slim laden de standaard per 2030, snelladen uitgezonderd.
Bestel- bussen	Klimaatakkoord doelstellingen: 20 duizend laadpunten voor bestelbussen; KEV2021: 100 duizend bestelbussen in 2030; Groei wagenpark bestelbussen van 991 duizend in 2030 naar 1,1 miljoen in 2050; Invoer ZE-zones per 2025 in 30 tot 40 grootste steden; KEV2021: 100 duizend E-bestelbussen in 2030 met bandbreedte 54-165 duizend stuks.
Vracht- vervoer	Invoer ZE-zones per 2025 in 30 tot 40 grootste steden; Totaal wagenpark trucks groeit van 146 duizend in 2022 naar 150 duizend in 2050.
Openbaar vervoer	Instream nieuwe bussen 100% ZE vanaf 2025; Uiterlijk 2025 100% gebruik van hernieuwbare regionaal opgewekte energie.
Binnen- vaart	2 pilots op gecomprimeerde waterstof; Andere waterstofdragers zoals LOHC, natriumboorhydride of ammoniak zijn compacter, en worden onderzocht; Green Deal Zeevaart: 40% CO ₂ -reductie in 2030 t.o.v. 2015; 150 Schepen een zero emissie aandrijflijn, in 2050 volledig emissievrije binnenvaart.

4.3.2 Resultaten mobiliteit



Figuur 6. Resultaten voor de mobiliteitssector (TWh)

4.4 Landbouw

De landbouw wordt energetisch gedomineerd door de energievraag in de glastuinbouw. De huidige energiecrisis en de afschaffing van het verlaagd tarief van belasting voor de glastuinbouw zijn voor de korte termijn belangrijke ontwikkelingen met grote onzekerheid op de effecten voor de glastuinbouw. Op langere termijn tot 2035 is de verduurzaming van de sector bepalend voor de bandbreedtes tussen de scenario's. Hierbij gaat de sector ervan uit dat de Glastuinbouw in 2040 is verduurzaamd. Daarnaast kent de landbouwsector de grootste non-energetische broeikasgasemissies. Deze worden ook meegenomen in deze studie.

Met een focus op de glastuinbouw wordt er tussen de scenario's onderscheid gemaakt voor het opgesteld vermogen van de warmtekrachtkoppeling installaties (WKK), de groei/krimp van de warmte- en elektriciteitsvraag en de invulling van de warmtebehoefte.

4.4.1 Aannames landbouw

Opgesteld vermogen WKK's

Het aantal WKK's en daarmee het opgestelde vermogen van deze categorie opwek neemt af in alle scenario's richting 2035. Tot 2025 is er wel een kleine groei gebaseerd op de huidige aanvragen bij de netbeheerders. In het ND scenario gaat dit het snelst waarbij het opgesteld vermogen in 2035 nog maar 55% is van het opgesteld vermogen in 2022. Voor het IA scenario, waar meer biogas beschikbaar is en in het KA scenario zakt dit respectievelijk naar 90% en 73%.

Groei en krimp van elektriciteitsvraag en warmtebehoefte

De warmtebehoefte krimpt in alle scenario's. Hierbij is het uitgangspunt dat in 2040 30% minder energie wordt gebruikt voor het verwarmen van kassen. Dit komt neer op een krimp van 1,7% per jaar. Dit is als basis gebruikt voor het KA scenario. Voor het ND en IA scenario wordt uitgegaan van een krimp die hier respectievelijk 0,2%-punt boven en onder ligt (bijvoorbeeld circa 10% versnelling of vertraging van de krimp).

Voor elektriciteit wordt voor het KA scenario de KEV (2022) gevolgd met 1,4% krimp tot 2030 en daarna 0,9% groei. Het ND scenario gaat uit van verdere intensivering van de glastuinbouw en komt daarmee uit op een groei van 0,9% in lijn met de KEV (2021) tot 2030. Het IA scenario zit hiertussen in. Verondersteld wordt dat alle scenario's tussen 2030 en 2035 een lichte groei zien van 0,9% per jaar (KEV, 2022).

Invulling warmtevraag

De warmtebehoefte wordt nu voor bijna 90% ingevuld met gas als brandstof voor ofwel WKK's of gasketels. Voor gasketels wordt uitgegaan dat deze in 2040 geen rol meer spelen. De uitfasering gaat lineair naar een aandeel van 0% in 2040 in de IA en KA scenario's. Het ND scenario kent een sneller pad en zit al in 2035 op 0%.

Voor de invulling van de warmtevraag volgt het KA scenario zoveel mogelijk de KEV (2022) en waar er geen bron is de middenweg tussen de IA en ND scenario's. De aannamen voor het ND scenario zijn gebaseerd op het bereiken van de maximale potentie voor geothermie, e-boilers en warmtepompen in 2040 op basis van het *Masterplan aardwarmte*¹⁸. De warmte-invulling in het IA scenario is een mix van alle warmtebronnen en gebaseerd op eigen aannamen volgens de verhaallijn.

Het aandeel biomassaketels blijft voor het KA scenario op het aandeel van 4,2% gelijk aan vandaag de dag, voor het IA wordt verondersteld dat er een aandeel van de biomassa beschikbaar is voor de glastuinbouw en kan het aandeel voor biomassaketels stijgen tot 16% in 2035. In het ND scenario wordt biomassa niet voorzien als onderdeel van de warmtemix.

Geothermie groeit in alle scenario's. In het ND scenario gaat dit het snelst. Voor dit scenario is al in 2035 40% aandeel bereikt, waarbij het in de IA en KA scenario's respectievelijk 26% en 13% is.

Waterstofketels als warmtevoorziening komen alleen in het IA scenario terug met een aandeel van 10%. Voor dit scenario is aangenomen dat er veel aanbod is van waterstof en deze ook beschikbaar is voor het verstoken in de WKK's.

E-boilers en warmtepompen komen in alle scenario's terug. De groei gaat het snelst in het ND scenario met 30% aandeel in 2035 t.o.v. 7,5% in het IA scenario en 15% in het KA scenario.

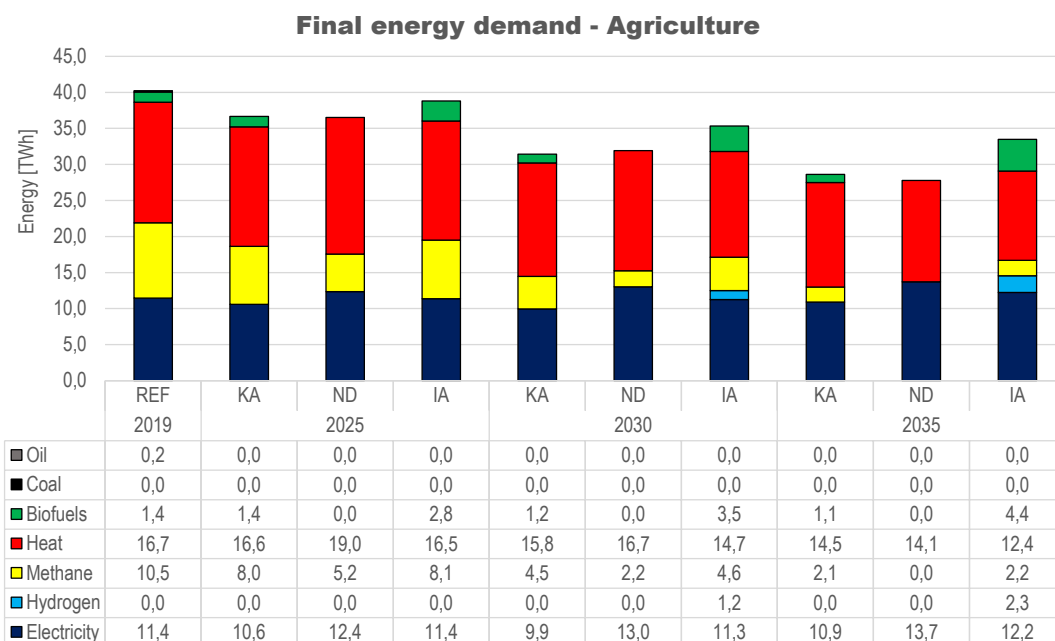
De rest van de warmtevraag wordt ingevuld met WKK's en warmte vanuit een warmtenet.

Overige emissies

Wat betreft de non-energetische emissies gaan we uit van een gemiddelde daling in de sector volgens de voorspellingen van de KEV (2022). Het gaat dan bijvoorbeeld over emissies die vrijkomen uit mest, landbewerking of fermentatie. Aangezien hier verder maar beperkt informatie over beschikbaar is en dit geen verdere invloed heeft op de rest van het energiesysteem, is besloten deze getallen over de scenario's gelijk te houden. Er wordt aangenomen dat de dalende trend tot 2030 zich voortzet tot 2035.

¹⁸ [Masterplan Aardwarmte Nederland \(EBN, 2018\)](#)

4.4.2 Resultaten landbouw



Figuur 7. Resultaten voor de landbouw (m.n. glastuinbouw) (TWh)

4.5 Industrie

De industrie in Nederland heeft een significant energiegebruik. De grootste energie-intensieve sectoren zijn chemie, raffinaderijen, kunstmest en metaal wegens hun hoge temperatuur warmtevraag. Datacenters zijn een nieuwe industriële speler en worden apart besproken.

Er zijn meerdere factoren die de energievraag per sector veranderen, waaronder techniekverandering, krimp/groei van de sector en efficiëntieverbetering. Efficiëntieverbeteringen zorgen voor een vermindering van de energievraag en worden gedreven door innovatie en procesverbeteringen. De efficiëntieverbeteringen en krimp/groei cijfers zijn besproken met de brancheorganisaties. De aannames voor de staal, chemie, raffinaderijen en kunstmest zijn uitgevraagd door Kalavasta in het I13050 traject en geactualiseerd met openbare industrie aankondigingen. Voor de sectoren chemie, raffinaderijen, staal en kunstmest is de impact van een techniekverandering dusdanig groot dat er geen uitsplitsing is gemaakt naar efficiëntieverbeteringen en krimp- en groeicijfers.

Daarnaast is er voor de scenario's ND en IA een bijstelling gedaan vanuit de RED3, waarbij het percentage duurzaam waterstofgebruik in industrie is bijgesteld. Het ND scenario gaat uit van 50% groen in 2030 en 70% in 2035 (bovenkant bandbreedte RED3) en IA gaat uit van respectievelijk 35% en 50% (onderkant bandbreedte RED3). Raffinaderijen vallen deels (15%) onder de RED3.

De grootste emissiereductiebesparing tot 2035 wordt gerealiseerd door toepassing van CCS.

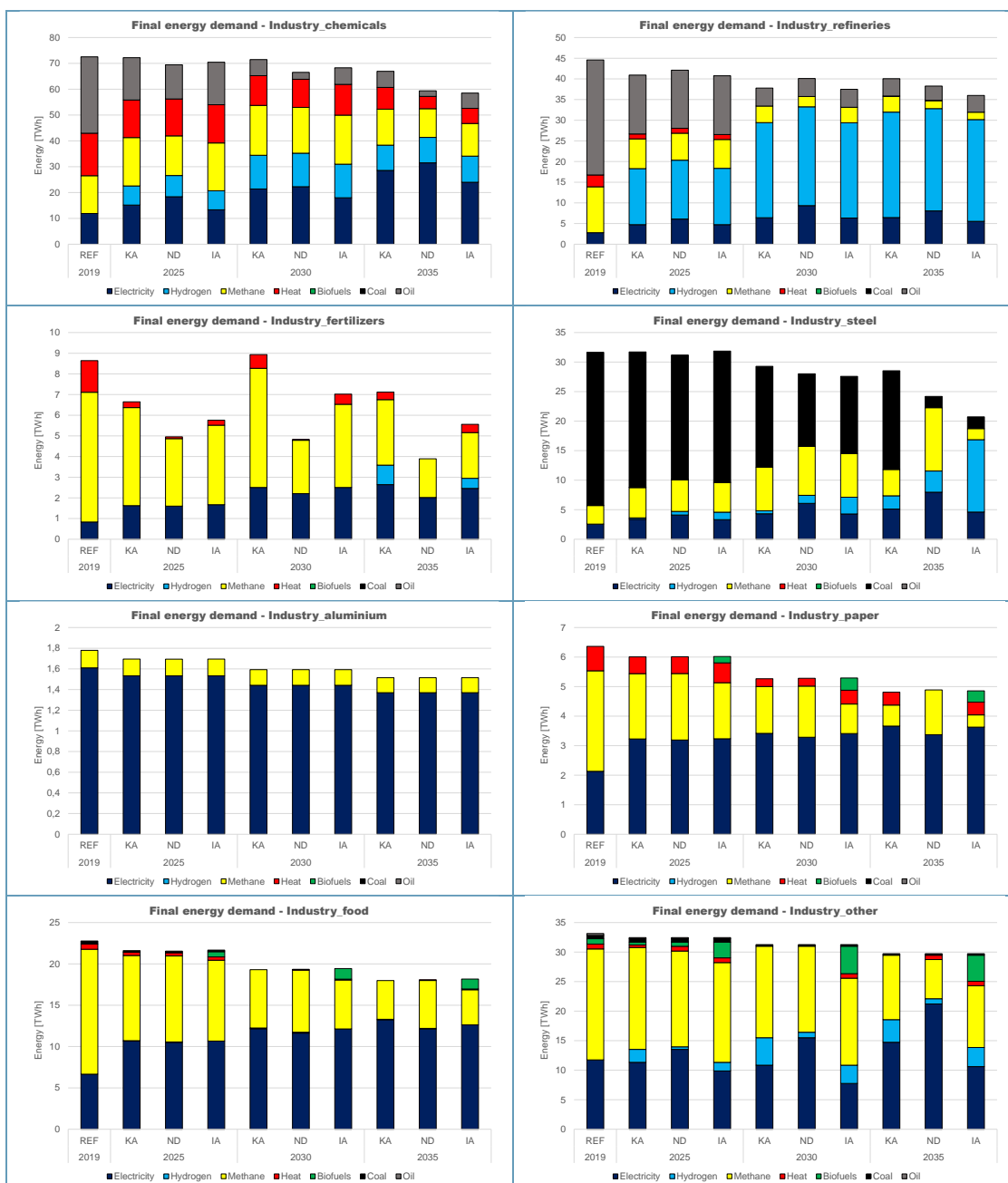
4.5.1 Aannames industrie

Hieronder staat een overzicht van de aannames per sector per scenario.

Sector	2030	2035
Aluminium	Geen krimp/groei Efficiëntie 1% per jaar	Geen krimp/groei Efficiëntie 1% per jaar
Staal	<ul style="list-style-type: none"> In alle scenario's wordt de eerste hoogoven omgebouwd naar DRI met aardgas (+deels waterstof) ND: hogere mate van elektrificatie IA: meer waterstof voor DRI 	<ul style="list-style-type: none"> KA: Nog geen verdere ombouw (pas na 2035) ND: Alle ovens omgebouwd naar DRI, sterkere elektrificatie route IA: Alle ovens omgebouwd naar DRI, sterkere waterstof route
Overige metalen	Geen krimp/groei Efficiëntie 1% per jaar	Geen krimp/groei Efficiëntie 1% per jaar
Raffinaderijen	<ul style="list-style-type: none"> In alle drie scenario's omzet van (onvermijdelijke) restgassen naar waterstof plus CCS (H-vision concept). In alle scenario's inzet van hybride heater (bovengrens in ND) ND: demo-installatie voor synthetische brand- en grondstoffen Geen krimp/groei aannames 	<ul style="list-style-type: none"> evenals 2030 ND/IA: krimp productievolume
Kunstmest	<ul style="list-style-type: none"> KA: Grootschalige toepassing van CCS op bestaande SMR-installaties ND: Grootschalige import van ammoniak (bestaande SMR worden minder ingezet) IA: Vooral inzet van groene waterstof uit hernieuwbare elektriciteit (plus import van ammoniak) 	<ul style="list-style-type: none"> KA: nog steeds inzet van bestaande SMRs plus CCS; toenemende vraag naar groene H₂ ND: grootschalige import van ammoniak + vraag naar groene H₂ (bijna geen inzet meer van bestaande SMRs) IA: focus op vooral inzet van groene waterstof uit hernieuwbare elektriciteit (bestaande SMRs worden minder ingezet)
Voedsel	Energie efficiëntie 1,2% per jaar Elektrificatie (deels hybride)	Energie efficiëntie 1,2% per jaar Elektrificatie (deels hybride)
Papier	Energie efficiëntie 1,5% per jaar Elektrificatie (deels hybride)	Energie efficiëntie 1,5% per jaar Elektrificatie (deels hybride)
Chemie	<ul style="list-style-type: none"> In alle scenario's omzet van restgassen naar waterstof met CCS KA: Geen krimp ND/IA: minder stoomkrakers 	<ul style="list-style-type: none"> In alle scenario's infasering elektrisch kraken (bovengrens in ND) KA: Geen krimp ND/IA: minder stoomkrakers
Overig	Energie efficiëntie 1% per jaar	Energie efficiëntie 1% per jaar

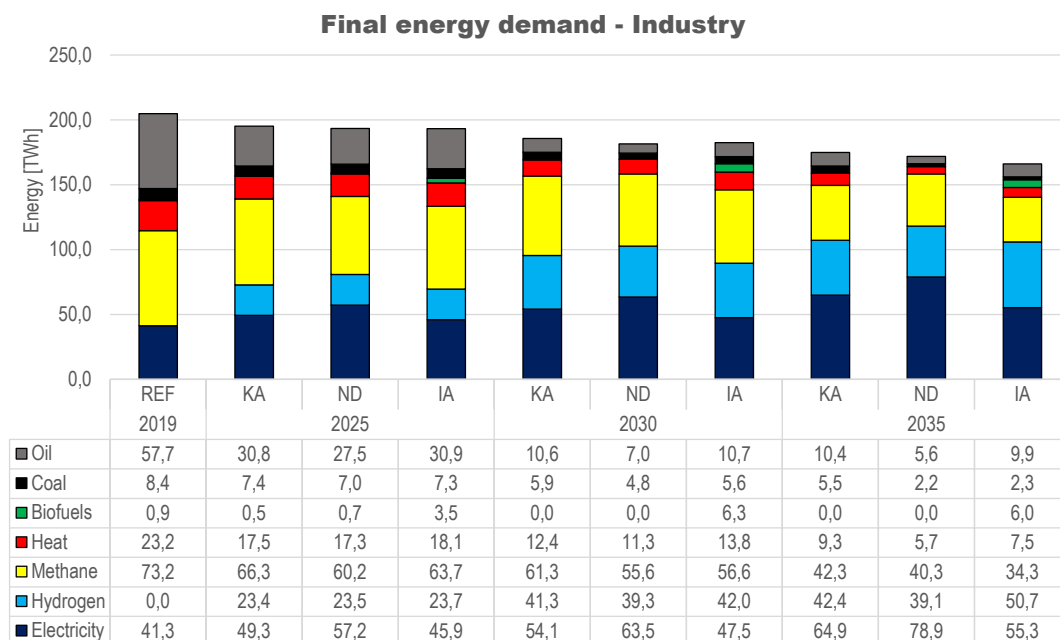
4.5.2 Resultaten industrie

In onderstaande figuren is het finale energetische eindverbruik en het niet-energetische grondstoffen gebruik van de industriële sector uit ETM weergegeven. Eerst per sector en dan opgeteld voor alle industriële sectoren bij elkaar. Hier is helder te zien dat er op hoog tempo flinke stappen zijn voorzien in het verduurzamen van de industrie. Ook geven de figuren weer dat de mogelijke routes om dit te doen uit elkaar lopen en daarmee een sterk ander effect op energie-infrastructuur en potentiële investeringen hebben.

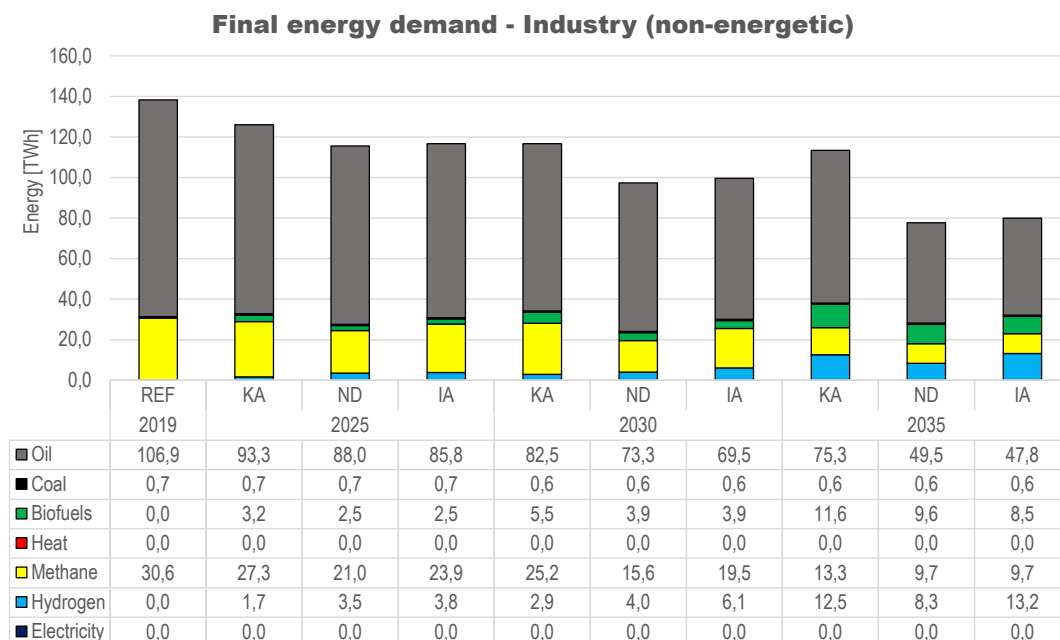


Figuur 8. Finale energievraag in de verschillende industriële deelsectoren (TWh).

(Noot: de figuur voor de raffinaderijen laat aanvullend op het energiegebruik ook de aardolie-feedstock input zien, dit betreft geen eindgebruik. Het overgrote deel hiervan belandt in de eindproducten van de raffinaderijen).



Figuur 9. Finale energievraag industrie, voor energetische toepassingen (TWh)



Figuur 10. Finale energievraag industrie, voor niet-energetische toepassingen, allocatie deel aan Nederland (TWh)

4.6 Datacenters, ICT en telecom

4.6.1 Aannames datacenters, ICT en telecom

Een betrouwbare energievoorziening, een voordelige geografische koppeling van Nederland aan de globale informatie-infrastructuur en een algeheel gunstig vestigingsklimaat hebben ervoor gezorgd dat er vandaag een groot aantal datacenters in Nederland staat. Deze leveren verschillende diensten waaronder cloud computing, gegevensopslag en internetconnectiviteit. Bedrijven als Google, Microsoft en Amazon hebben datacenters in Nederland, evenals vele kleinere aanbieders. Gedreven door een toenemende behoefte aan en verdere concentratie van ICT-diensten wordt in de toekomst een verdere groei van datacenters in Nederland verwacht. De groei van datacenters wordt niet alleen gedreven door groei aan behoefte aan ICT-diensten, maar ook door concentratie van datacenterservices in colocation datacenters. Bedrijven die hun datacenters *inhouse* hebben, gaan deze diensten outsourcen bij colocation-datacenters. Door de schaal en door de expertise van colocation datacenters is deze opslag goedkoper en efficiënter.

Hierbij is sprake van verschillende typen en groottes van datacenters, die op verschillende netvlakken zowel op de regionale als landelijke stroomnetten worden aangesloten. Er worden twee soorten datacenters onderscheiden:

1. (Geclusterde) decentrale '*colocation datacenters*' welke ICT-diensten voor een groot aantal verschillende klanten aanbieden en met een aansluitvermogen tot maximaal zo'n 100 MW;
2. '*Hyperscale datacenters*' met in de regel maar één klant en een aansluitvermogen van soms honderden MW.

Het elektriciteitsgebruik van datacenters wordt hierbij door een aantal factoren bepaald. Dit is als volgt meegenomen in alle scenario's:

- Vertrekpunt voor alle scenario's zijn de reeds bestaande datacenters in Nederland en bekende toekomstige datacenterprojecten volgens klantendata van de netbeheerders. Uit de klantenaanvragen blijkt per project het geplande maximale aansluitvermogen (gecontracteerd vermogen), jaar van in bedrijf name en de aansluitlocatie. Er is per project een eerste inschatting gemaakt van de realisatiekans.
- Omdat het daadwerkelijk gevraagde vermogen van datacenters in praktijk meestal duidelijk lager is dan het gecontracteerde vermogen (bijv. omdat het hele vermogen pas later in de tijd gerealiseerd wordt of om de mogelijkheid open te houden om op een bestaande locatie verder uit te breiden), wordt in de scenario's bij het inschatten van de toekomstige elektrische vraag uitgegaan van een lager vermogen (piekvraagvermogen). Op basis van ervaringen uit reeds gerealiseerde projecten gaan we ervan uit dat het piekvraagvermogen gemiddeld maar 50% van het gecontracteerde vermogen uitmaakt.
- Omdat datacenters niet continue in alle uren van het jaar het piekvermogen vragen, wordt er verder een gemiddelde benuttingsfactor (load factor) toegepast. Voor colocationdatacenters gaan we op basis van de huidige observaties uit van gemiddeld 50% en voor grotere hyperscale datacenters van gemiddeld 70% benutting ten opzichte van het piekvermogen. In totaal resulteert uit de genoemde aannames een effectieve benutting van 30 – 40% ten opzichte van het gecontracteerde vermogen.¹⁹ Dit levert de grondslag voor het bepalen van de totale elektriciteitsvraag in de scenario's.
- In de afgelopen jaren konden er flinke technische efficiëntieverbeteringen²⁰ gerealiseerd worden in de datacentersector, zodat de elektrische vraag ondanks de forse toename aan datadiensten niet in dezelfde mate is toegenomen. In hoeverre deze trend zich technisch en economisch door kan blijven zetten is ook onzeker. Daarom gaan we uit van een besparingspotentieel van 15% in de scenario's.

¹⁹ Dutch datacenter association (DDA), State of the Dutch datacenters

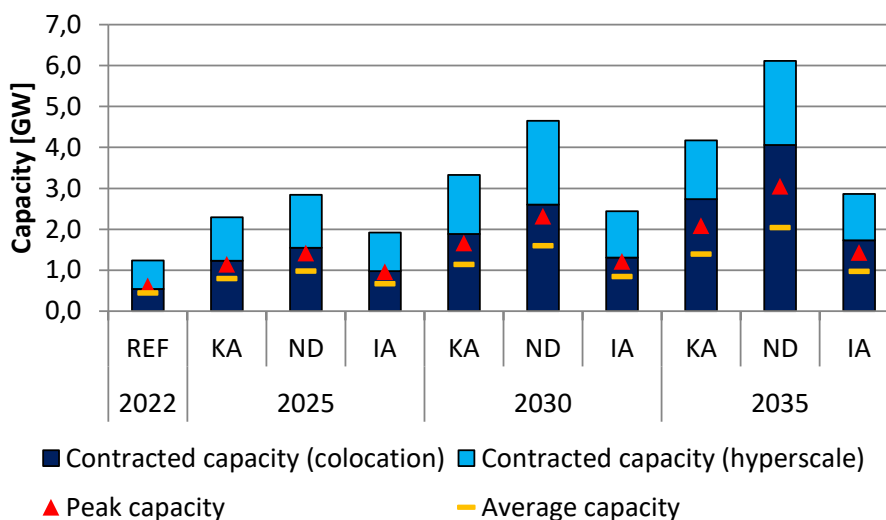
²⁰ Bijv. zuinigere processoren of slimmer gebruik van koelinstallaties, zie <https://www.iea.org/reports/data-centres-and-data-transmission-networks>

Terwijl de elektriciteitsvraag vanuit datacenters een grote impact op de behoefte aan elektrische netinfrastructuur kan hebben, is de daadwerkelijke realisatie van de potentiële projecten onzeker en zijn er om deze reden drie verschillende scenario's ontwikkeld:

- **Scenario hoog** (gekoppeld aan scenario ND): Er komt veel hernieuwbare elektriciteitsproductie beschikbaar waardoor de datacenterssector in Nederland, naast de elektrificatie in andere sectoren, dynamisch kan blijven gloeien. Het merendeel van de datacenterprojecten gaat door zoals gepland.
- **Scenario midden** (gekoppeld aan scenario KA): Hernieuwbare elektriciteitsproductie ontwikkelt zich redelijk snel volgens de overheidsambities en zorgt ervoor dat nog steeds een groot deel (50%) van de geplande datacenterprojecten gerealiseerd kan worden.
- **Scenario laag** (gekoppeld aan scenario IA): De beschikbare hernieuwbare stroomproductie is schaarser dan in de andere scenario's en wordt voor een groot deel voor de verduurzaming van andere sectoren ingezet waardoor maar een klein deel van de datacenterprojecten (25%) daadwerkelijk gerealiseerd kan worden.

4.6.2 Resultaten datacenters, ICT en telecom

Figuur 11 toont de gecontracteerde, de verwachte piek- en gemiddeld gevraagde vermogens per scenario en voor het referentiejaar 2022 volgens de boven genoemde aannames. Piek- en gemiddelde vraagvermogens zijn voor een betere leesbaarheid als optelsom van zowel colocatie als ook hyperscale datacenters ingetekend.

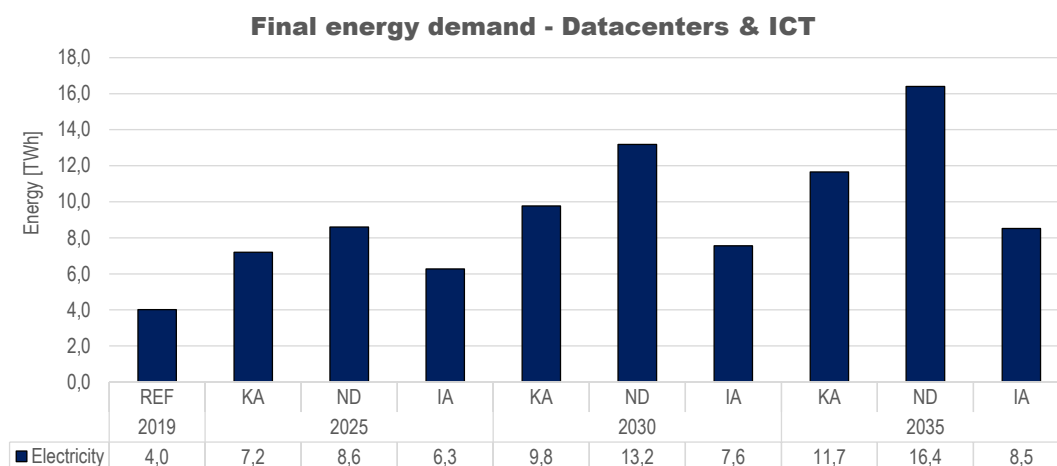


Figuur 11. Gecontracteerde, piek- en gemiddelde vraagvermogens in de scenario's

Hier wordt een belangrijk verschil vanuit infrastructuurperspectief duidelijk: Terwijl de gecontracteerde vermogens volgens bekende datacenterplannen in de toekomst relatief fors zullen toenemen, valt de effectieve verwachte groei van de maximaal op de netten zichtbare elektrische vraag (piekvraag) om de boven genoemde effecten duidelijk lager uit.

Figuur 12 toont de resulterende elektrische vraag van zowel datacenters als ook overige ICT-diensten²¹ in de scenario's in vergelijking met het referentiejaar 2019.

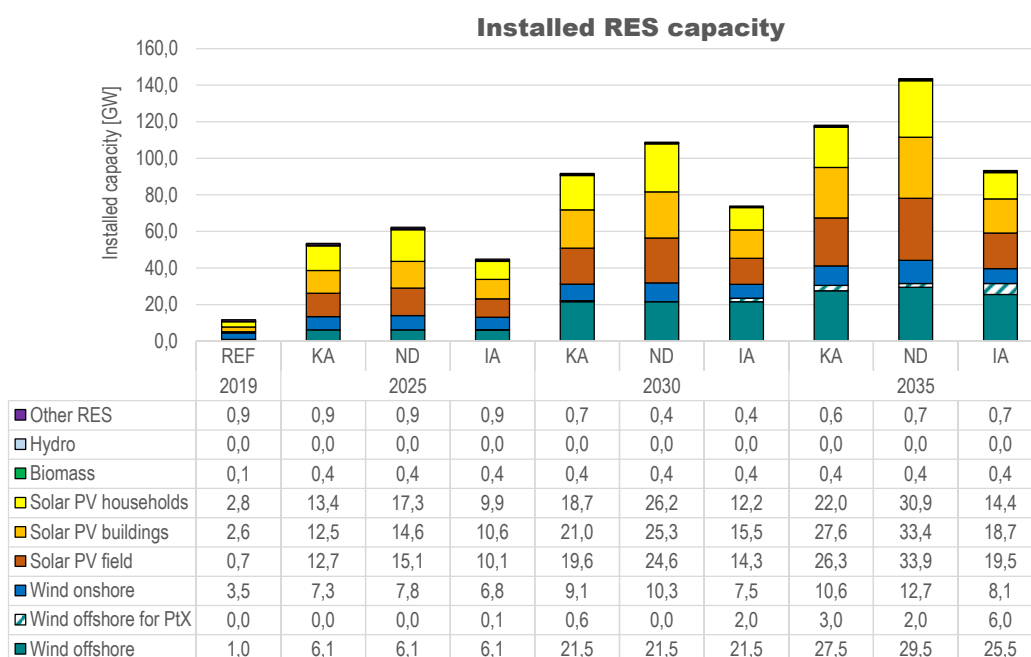
²¹ De elektrische vraag in 2019 lag voor datacenters bij rond 2,7 TWh en voor overige ICT 1,3 TWh (CBS)



Figuur 12. Elektriciteitsvraag datacenters en overige ICT-diensten in de scenario's

4.7 Duurzame opwek elektriciteit

In alle scenario's neemt het opgestelde duurzaam vermogen toe, met name zon en wind. De resultaten staan in de onderstaande figuur.



Figuur 13. Hernieuwbare energieopwekking; nominaal opgesteld vermogen productie-eenheden. (Dus vermogen van de turbines en de panelen).

Gehanteerde aannames en databronnen:

Voor wind op land wordt groei verwacht tot 2030, waarvan de meerderheid tot 2025 plaatsvindt op basis van de bekende plannen uit de RVO-monitor Wind op Land.

Het KA scenario gaat uit van volledige realisatie van de concept-RES 2.0 tot 9,1 GW. De onzekerheid naar beneden toe wordt gegeven door raming van de KEV 2022 (7,5 GW), voor het IA scenario. Voor

de onzekerheid naar boven houden we 10,3 GW aan, gebaseerd op het rapport 'Alles uit de kast' van de werkgroep extra opgave (uitvoeringsoverleg elektriciteit)²² en de RES 1.0.

Voor wind op zee gaan alle scenario's voor 2030 ervan uit dat de aanvullende opgave van 10 GW boven op het Klimaatakkoord wordt gerealiseerd (totaal 21,5 GW). Daar bovenop is nog aanvullend vermogen verondersteld voor offshore elektrolyse. Het KA scenario gaat uit van 0,6 GW, in lijn met de genoemde kamerbrief. Het IA scenario verkent een bovengrens van tot 2 GW²³. Voor 2035 voorzien alle scenario's circa 31 GW aan offshore wind, in lijn met de kamerbrief windenergie op zee 2030-2050²⁴. Een deel hiervan wordt gekoppeld aan offshore elektrolyse (2-6 GW).

Zon-PV op dak voor huishoudens is samengesteld uit de lokale scenario's van de netbeheerders gebaseerd op het huidige groeitempo en een naar verwachting blijvend gunstige ontwikkeling van de terugverdientijd. Zon op daken van huishoudens groeit naar 18,7 GW in 2030 in het KA scenario, waar de bandbreedte wordt gegeven door 12,2 GW in het IA scenario en 26,2 GW in het ND scenario.

Voor grootschalige zon-PV op daken en zonneweides²⁵ gaan de scenario's voor 2025 uit van de SDE++ toekenningen en (intern) bekende plannen.

Voor 2030 is ook gebruikt van de RES (RES 1.0 en concept RES 2.0) naast de bekende plannen en pijplijn. Het KA-scenario voor 2030 gaat in de basis uit van de concept RES2.0, het IA scenario idem maar gaat er dan vanuit dat 80% van de RES-plannen wordt gerealiseerd en 20% geen doorgang vindt. Het ND scenario zoekt de bandbreedte naar bovenop en gaat ervan uit dat de *Europese Solar Strategy*²⁶ (REPowerEU) leidt tot een nog snellere groei. Voor 2035 zijn de scenario's geïnterpoleerd naar de ijkpunten uit II3050.

Voor 2030 komt grootschalige zon op dak en zonneweides in 2030 op maar liefst 40,6 GW in het KA scenario, waarbij een bandbreedte wordt aangehouden van 29,8 GW in het IA scenario tot 49,9 GW in het ND scenario.

Elektriciteitscentrales

Het opgestelde vermogen van thermische centrales (conventionele elektriciteitscentrales) neemt juist af. De mate waarin is afhankelijk van de verhaallijn van het scenario. Voor een belangrijk deel wordt dit veroorzaakt door sluiting van kolencentrales tot 2030 in lijn met het Wet verbod op kolen²⁷. In het ND scenario blijft een deel van dit vermogen (tijdelijk) nog op biomassa doordraaien. Ook het gasgestookte vermogen neemt iets af, door voorgenomen uitgebruikstelling van bepaalde eenheden volgens opgave van de producenten. Voor een deel van de gascentrales wordt ervan uitgegaan dat deze in het kader van de verduurzamingseisen voor de elektriciteitsproductie vanaf 2030 op waterstof zullen draaien²⁸. De kerncentrale in Borssele blijft een alle scenario's beschikbaar voor de elektriciteitsproductie, terwijl een inbedrijf name van nieuwe kerncentrales nog niet is meegenomen in de tijdlijn van dit IP (gezien de verwachte voorbereidings- en bouwtijd is operatie nog niet in 2035 voorzien, het zou wel kunnen in 2040 en is dus wel opgenomen in de scenario's van de II3050).

²² Alles uit de kast - Eindrapportage werkgroep extra opgave | Rapport | Rijksoverheid.nl

²³ In lijn met het rapport 'Alles uit de kast' van de werkgroep extra opgave (uitvoeringsoverleg elektriciteit):

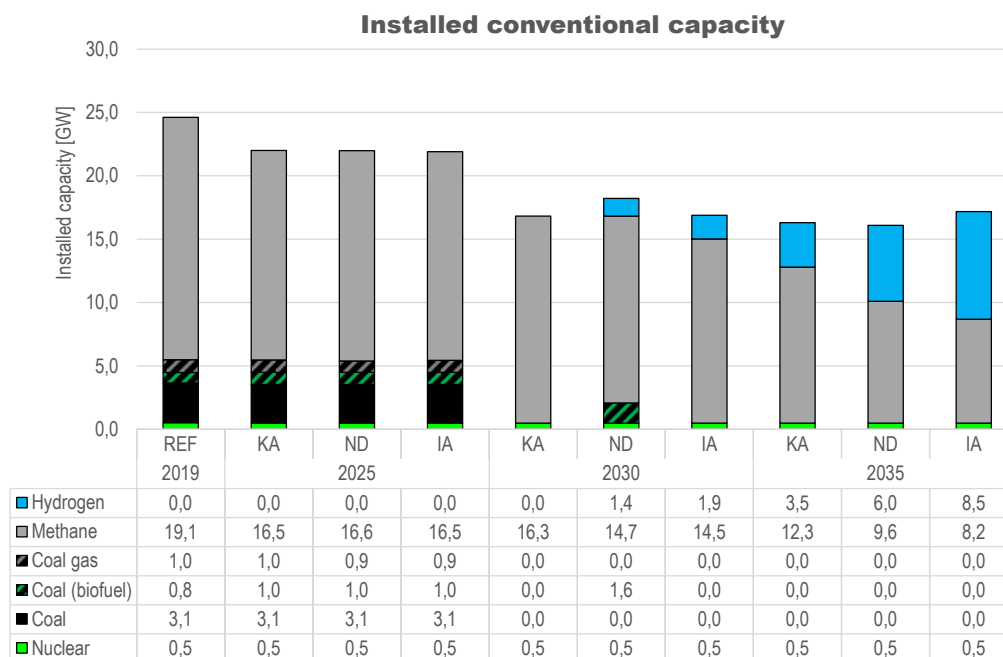
²⁴ <https://www.rijksoverheid.nl/documenten/kamerstukken/2022/09/16/kamerbrief-windenergie-op-zee-2030-2050>

²⁵ Zonneweides is inclusief zon op binnenwateren

²⁶ https://energy.ec.europa.eu/topics/renewable-energy/solar-energy_en

²⁷ Wet verbod op kolen, <https://zoek.officielebekendmakingen.nl/stb-2019-493.html>

²⁸ Uitgangspunten zijn gedaan op basis van een analyse van Berenschot naar ombouwbaarheid van bestaande turbines naar waterstof



Figuur 14. Opgesteld vermogen uit thermische elektriciteitscentrales

4.8 Duurzame gassen

Ook het aanbod van gas wordt verduurzaamd. De productie van groen gas groeit in alle scenario's.

Het Klimaatambitie scenario volgt de huidige doelstelling van 17 TWh (2 bcm) in 2030²⁹.

Het Nationale drijfveren scenario voorziet relatief weinig groen gas, waarbij alleen wordt uitgegaan van autonome groei (gebaseerd op de analyse van CE Delft)³⁰. In 2030 is de productie ongeveer 9 TWh (1 bcm). De beschikbaarheid van vergassingstechnologie is dan nog beperkt, maar groeit in de jaren daarna.

Het Internationale ambitie scenario verkent een bovengrens voor groen gasproductie, zowel uit vergisting als uit vergassing. De totale productie in 2030 komt op ongeveer 22 TWh (2,5 bcm). Na 2030 zal de productie van groen gas uit met name vergassing verder toenemen. In 2035 ligt deze tussen 15 en 37 TWh (1,7-4,2 bcm), in lijn met de outlook van II3050.

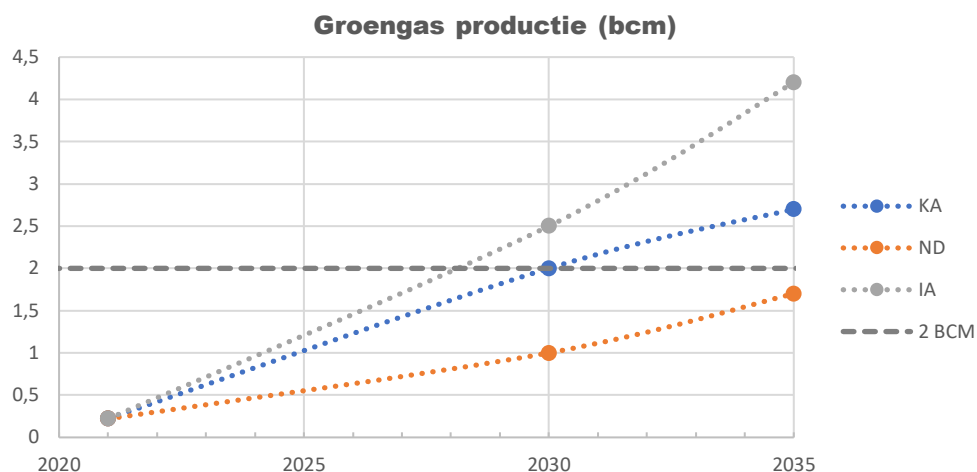
Ook de productie van groene waterstof groeit in alle drie de scenario's. (Figuur 17)

Het KA scenario gaat uit van de huidige doelstelling van 4 GW elektrolysecapaciteit in 2030. Het ND scenario gaat uit van een verdubbeling van deze doelstelling tot 8 GW, zoals voorgesteld in de routekaart nationaal waterstofprogramma³¹. Het IA scenario ligt met 6 GW tussen de andere twee scenario's in. In 2035 ligt het opgesteld vermogen van elektrolyse tussen de 7-16 GW, in lijn met het groeipad in de 2050 eindbeelden uit II3050. Een deel van het opgestelde elektrolyse vermogen zal op zee geplaatst worden, zoals ook is beschreven in hoofdstuk 4.7.

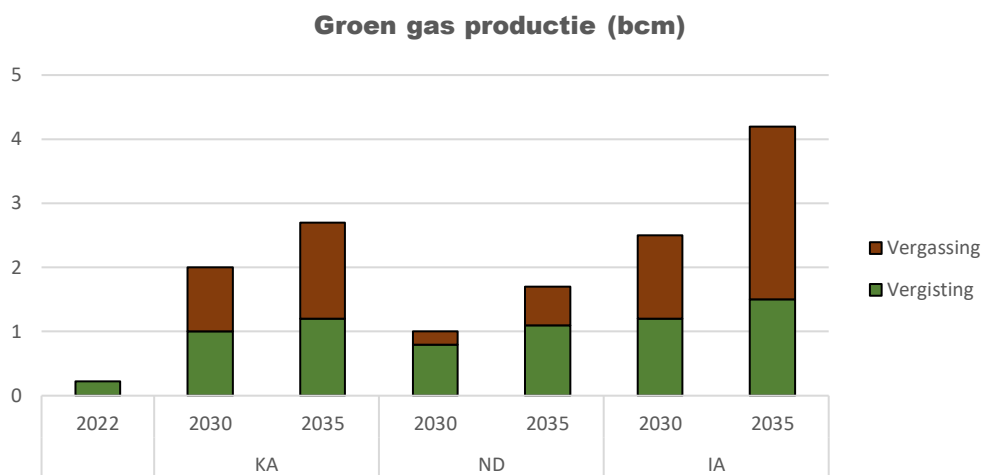
²⁹ <https://www.rijksoverheid.nl/documenten/kamerstukken/2022/07/01/bijmengverplichting-groen-gas>

³⁰ https://ce.nl/wp-content/uploads/2022/06/CE_Delft_210414_Bijmengverplichting_groen_gas_DEF.pdf

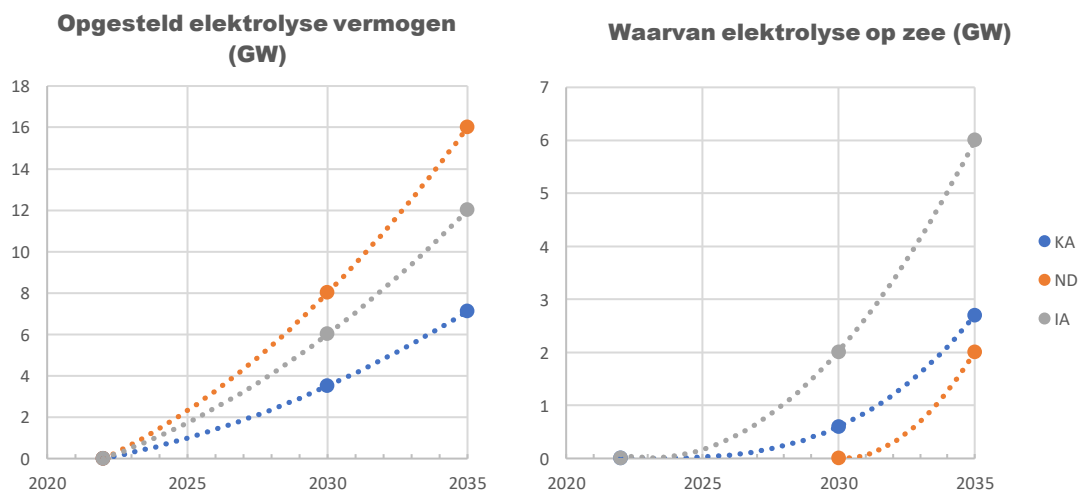
³¹ <https://nationaalwaterstofprogramma.nl/over+ons/routekaart+waterstof/default.aspx>



Figuur 15 Groengas productievolumes, totalen (bcm = miljard kubieke meter)



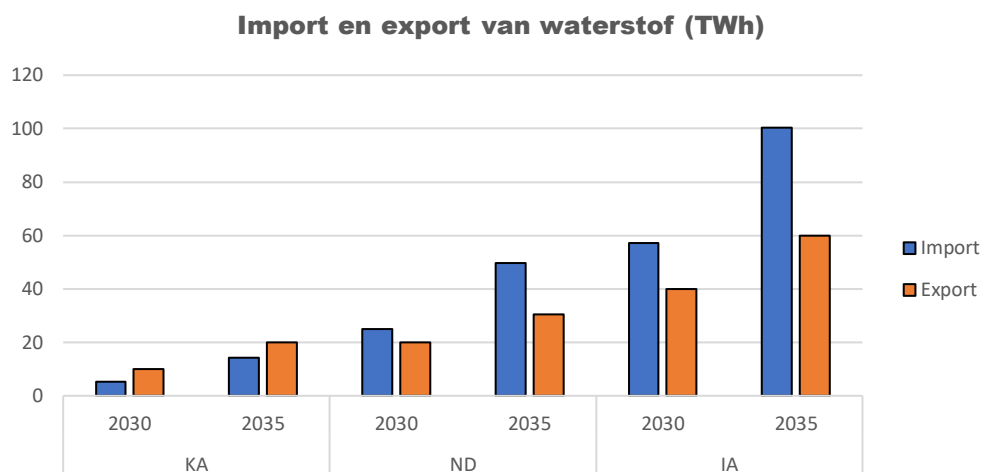
Figuur 16 Groengas productievolumes, onderverdeeld naar technologie (bcm)



Figuur 17 Opgesteld elektrolysevermogen, totaal en op zee (GW)

Naast binnenlandse productie van groene waterstof neemt ook de import van waterstof toe. In de scenario kwantificatie vormt import de sluitpost voor de vraag die niet door binnenlandse groene waterstof of conventionele productie wordt voorzien. Import groeit in alle scenario's, maar is het meest prominent in het IA scenario. Dat komt door de relatief hoge waterstofvraag in dit scenario en de focus in de verhaallijn op internationale handel. Het KA scenario verkent een ondergrens, met name vanwege de lagere behoefte aan groene waterstof. Het ND scenario ligt tussen de andere twee scenario's in, met name vanwege het hogere aanbod aan duurzame elektriciteit dan in het KA scenario. De importbehoefte ligt tussen 5-60 TWh in 2030 en tussen de 15-100 TWh in 2035. Hiermee blijft deze binnen de ambities van de Nederlandse zeehavens (tot ~170 TWh)³².

Met de ontwikkeling van importfaciliteiten voor waterstof (o.a. ammoniaterminals) kan Nederland zich ook ontwikkelen als doorvoerland. Voor omringende landen is rekening gehouden met de vraag en het aanbod uit de scenario's van de ENTSO's voor het TYNDP2022³³. Hieruit blijkt dat ook in omringende landen een importbehoefte voor waterstof ontstaat, onder andere in Duitsland. Een deel van deze importen stromen naar verwachting via Nederland³⁴. Op basis van deze TYNDP2022 informatie is een schatting van deze doorvoer gemaakt. Hierbij is ook rekening gehouden met de verhoogde EU-ambities voor waterstof import uit REPowerEU³⁵. De stroom van waterstof naar het buitenland in 2030 ligt tussen de 10-40 TWh. In 2035 is de doorvoer van waterstof verder gegroeid tot 20-60 TWh, in lijn met de eindbeelden voor 2050 uit II3050³⁶.



Figuur 18. Import en export van waterstof (TWh)

³² <https://nationaalwaterstofprogramma.nl/documenten/handlerdownloadfiles.ashx?idnv=2339011>

³³ <https://2022.entsos-tyndp-scenarios.eu/>

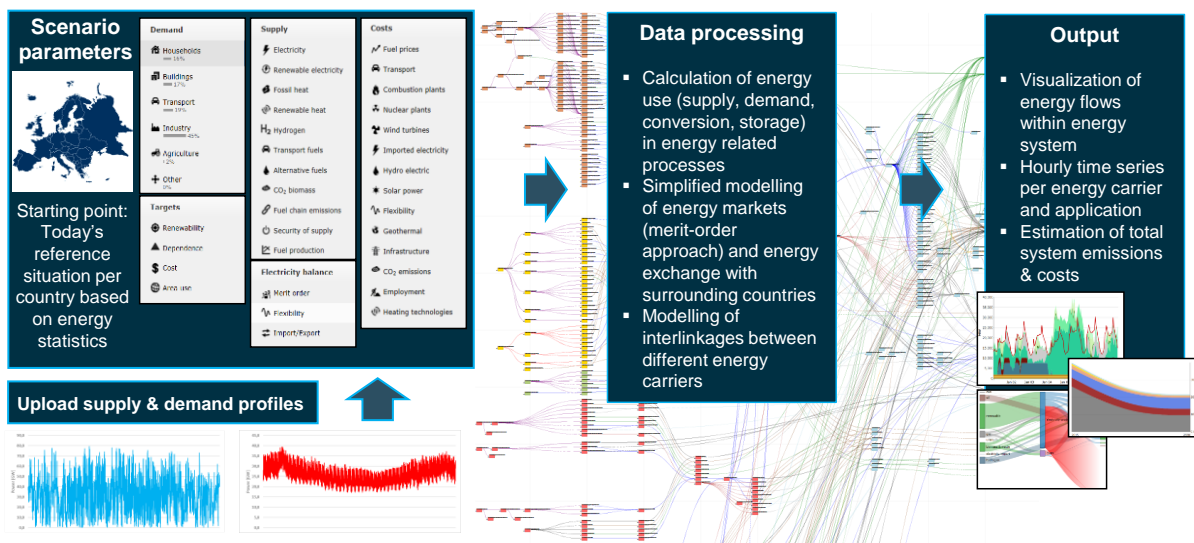
³⁴ <https://www.rijksoverheid.nl/documenten/kamerstukken/2022/06/29/ontwikkeling-transportnet-voor-waterstof>

³⁵ https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip_22_3131

³⁶ Betreft alleen import en export via Hynetwork Services (HNS). Daarnaast kan er nog uitwisseling met het buitenland zijn via netten van derden.

5. Energiesysteemanalyses

Om de scenario's aan de nationale en Europese klimaat- en energiedoelstellingen te toetsen en te bepalen welke ontwikkelingen aan de vraag- en aanbodzijde hiervoor nodig zijn om deze te halen, zijn alle scenario's energetisch doorgerekend met behulp van het Energietransitiemodel (ETM). Het openbaar toegankelijke en gevalideerde model biedt de mogelijkheid om het gebruik van energie vanuit de verschillende primaire energiebronnen, via diverse conversiestappen tot aan het sectorale eindgebruik van energie te simuleren. De figuur illustreert de stappen. De links naar de scenario's zoals in het ETM gemodelleerd, zijn opgenomen in de bijlagen.



Figuur 19. Visualisatie werkwijze scenario-kwantificering en energiesysteemanalyse

In het kader van de IP2024 scenariowerkproces zijn per scenario alle aannames over de toekomstige ontwikkeling van aanbod en vraag vertaald naar > 500 scenarioparameters, aangevuld door consistente deels weersafhankelijke profielen voor zowel hernieuwbare opwek als vraag,³⁷ en vervolgens is de inzet van flexibele (prijzafhankelijke) productie- en vraagtechnologieën via een versimpelde marktbenadering doorgerekend. Op basis van de modelresultaten laten zich de energiestromen in het energiesysteem zowel op jaar- als ook uurbasis³⁸ als ook diverse energiegerelateerde kentallen analyseren. In de volgende paragrafen worden de belangrijkste modeluitkomsten m.b.t. de IP2024 scenario's kort toegelicht.

Disclaimer: Het ETM is een energiesysteemmodel met als doel om scenario's kwantitatief te bepalen en de impact van verschillende scenarioparameterkeuzes te verkennen. Door de brede focus op het hele systeem zijn er op diverse vlakken versimpelde modelleerkeuzes gemaakt, en daardoor kunnen de resultaten afwijken van andere energiesysteem-simulatiemodellen of gedetailleerde Europese stroommarktmodellen (inclusief de stroommarktmodellen die TenneT in de vervolgstap van de scenario's draait. De in dit hoofdstuk getoonde resultaten zijn dus benaderingen.

³⁷ Klimaatjaar 2012. Gebruik weersafhankelijke gegevens uit Pan European climate database (PECD) voor klimaatjaar 2012

³⁸ Momenteel voor de energiedragers elektriciteit, waterstof, methaan en warmte. Andere energiedragers op jaarbasis.

5.1 Emissies broeikasgassen (CO₂ en overige)

5.1.1 Nationale emissies

Voor elke scenario is per sector berekend hoeveel CO₂-reductie wordt gerealiseerd. Deze berekening is gemaakt met het Energietransitie Model (ETM) en zijn als zodanig indicatief. Deze analyse is bedoeld als zachte validatie van de scenario's in vergelijking tot de Nederlandse emissiereductie doelstellingen. De resultaten hiervan zijn samengevat in onderstaande grafiek³⁹.



Figuur 20. Indicatieve raming van de resterende nationale broeikasgasemissies in Mt CO₂-eq. De sectorale allocatie van de emissies kan een kleine vertekening hebben vanwege de allocatie-methode in het ETM, die verschilt van de nationale broeikasgasregistratie.

Alle drie scenario's laten een forse reductie van de ingeschatte emissies zien. Emissies in 2030 liggen tussen de 91-96 Mton. Dit betekent een emissiereductie van tussen de 58-60% ten opzichte van het niveau in 1990. Daarmee wordt de emissiereductie doelstelling van 55% in alle scenario's (ruimschoots) gehaald. In 2035 liggen de emissies tussen de 60-71 Mton, een reductie tussen de 69-74%. Daarmee zijn de scenario's in lijn met de ambities van de rijksoverheid.

Er ramingen zijn vanwege een aantal onzekerheden als indicatief te beschouwen. Deze hebben onder andere te maken met onzekerheden in de elektriciteitsproductie, brandstofinzet en de effect van import/export.

5.1.2 Carbon Capture & Storage (CCS)

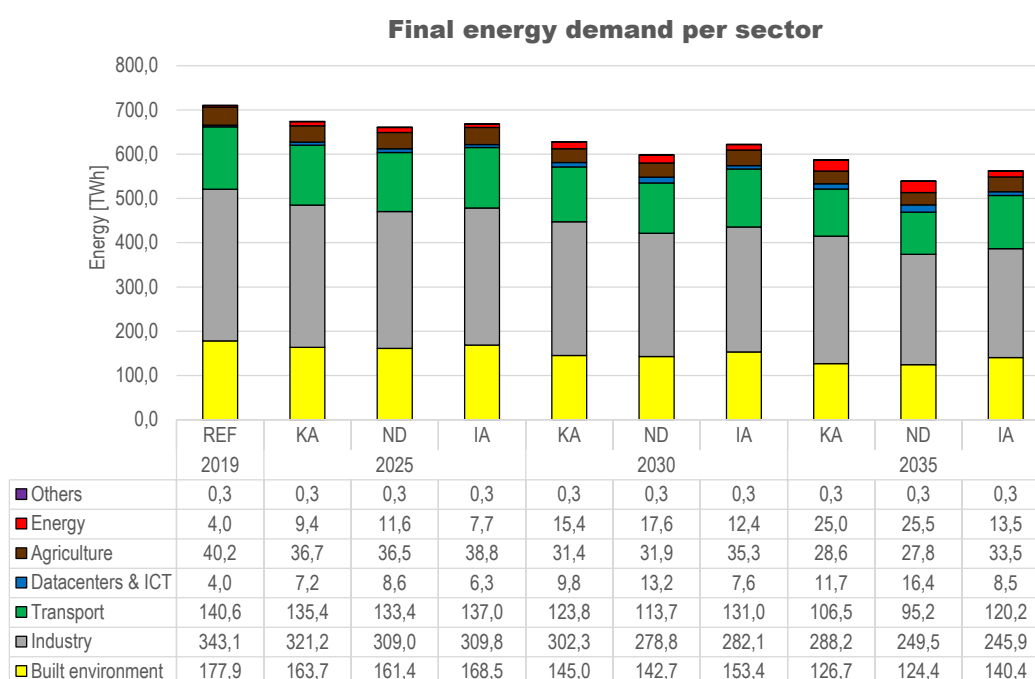
CCS speelt een zeer belangrijke rol bij het bereiken van de emissiereductiedoelen voor de industrie. Het KA scenario voorziet de grootste bijdrage van CCS, met ca 11 Mton. Het IA scenario voorziet vergelijkbare hoeveelheden. In het ND scenario is de bijdrage van CCS het kleinst (ca 7 Mton), o.a. door meer focus op groene waterstof en ammoniak import. Daarnaast voorzien alle scenario's ca 3 Mton aan CO₂ afvang voor gebruik, met name in de glastuinbouw en voor de productie van (fris)dranken.

³⁹ Inclusief overige broeikasgassen (distikstofoxide, methaan en F-gassen) en emissies van landgebruik.

Het KA en IA scenario gaan er tevens vanuit dat ook buitenlandse CO₂ in Nederland zal worden opgeslagen. In het KA scenario is dit ca 10 Mton in 2030 en 20 Mton in 2035⁴⁰. Het IA scenario voorziet ongeveer de helft daarvan.

5.2 Eindgebruik van energie

In alle scenario's neemt de energievraag af ten opzichte van vandaag. Dit wordt gedreven door allerlei factoren, waaronder energiebesparing en gebruik van meer energie-efficiënte technologie. De gebouwde omgeving en de industrie dragen in verhouding het meeste bij aan de reductie van het eindverbruik. Onder andere door gebouwisolatie, toepassing van warmtepompen en procesefficiëntie. Ook de energievraag in de mobiliteit neemt af⁴¹. Voornamelijk door de uitrol van elektrische voertuigen, die energie-efficiënter zijn dan traditionele brandstofmotoren.

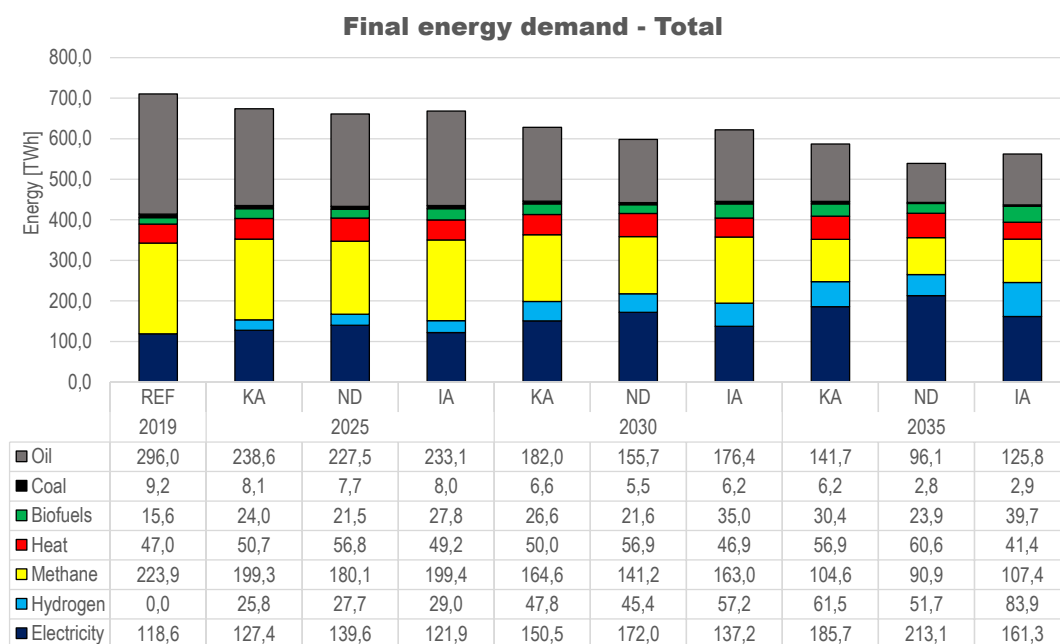


Figuur 21. Finale energievraag per sector (TWh)

Naast een reductie van de energievraag verandert ook de mix van de verschillende energiedragers. Alle scenario's voorzien een groei van de vraag naar elektriciteit, vooral in het ND scenario. Ook de vraag naar waterstof neemt toe, wat het meest uitgesproken is in het IA scenario. Het gebruik van biomassa neemt ook iets toe. De vraag naar fossiele brandstoffen, zoals aardgas en olie, neemt substantieel af in alle scenario's. Ondanks de toename van het aantal warmtenetten in alle scenario's, blijft het warmtegebruik redelijk stabiel. Dit wordt onder andere veroorzaakt door energiebesparing.

⁴⁰ <https://www.rvo.nl/sites/default/files/2021/12/Rapport-Nationale-CO2-opslagbehoefte-tot-2035-30-september-2021-Ruimtelijke-verkenning-CO2-transport-en-opslag.pdf>

⁴¹ Data betreft alleen de binnenlandse vraag voor mobiliteit. Energieverbruik voor vliegtuigen en zeeschepen is hierbij niet inbegrepen.



Figuur 22. Finale energievraag per energiedrager (TWh)

5.3 Vraag en aanbod per energiedrager

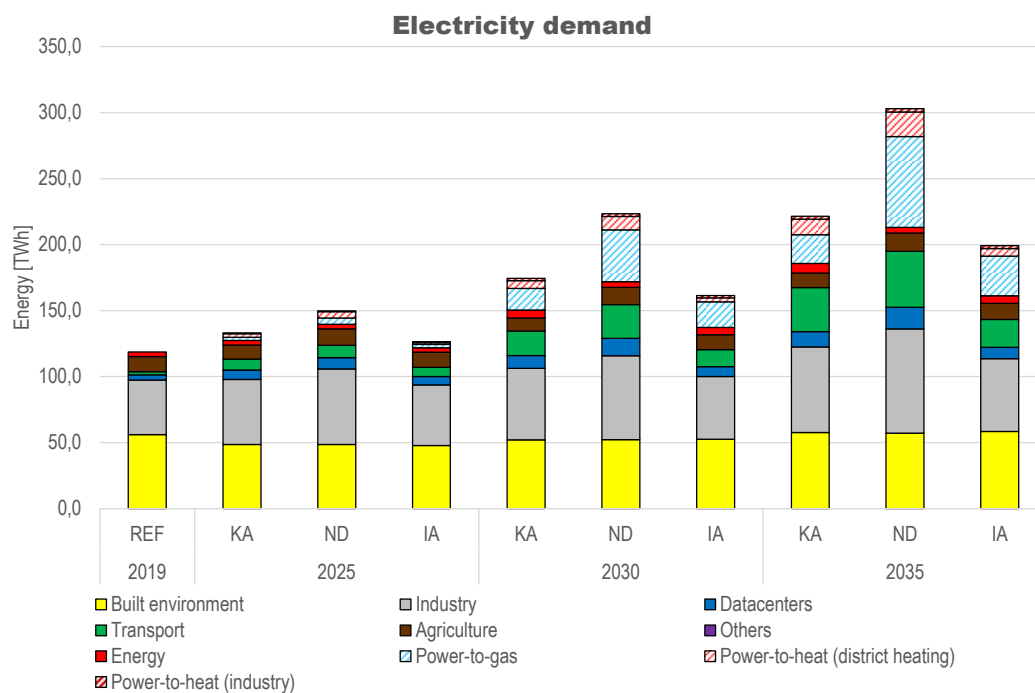
5.3.1 Elektriciteit

Figuur 23 en Figuur 24 hieronder tonen de binnenlandse vraag en het binnenlandse aanbod van elektriciteit. De import/export saldi en evt. transit stromen zijn niet weergegeven. De kwantificatie volgt uit de aannames zoals beschreven in hoofdstuk 3 en 4.⁴²

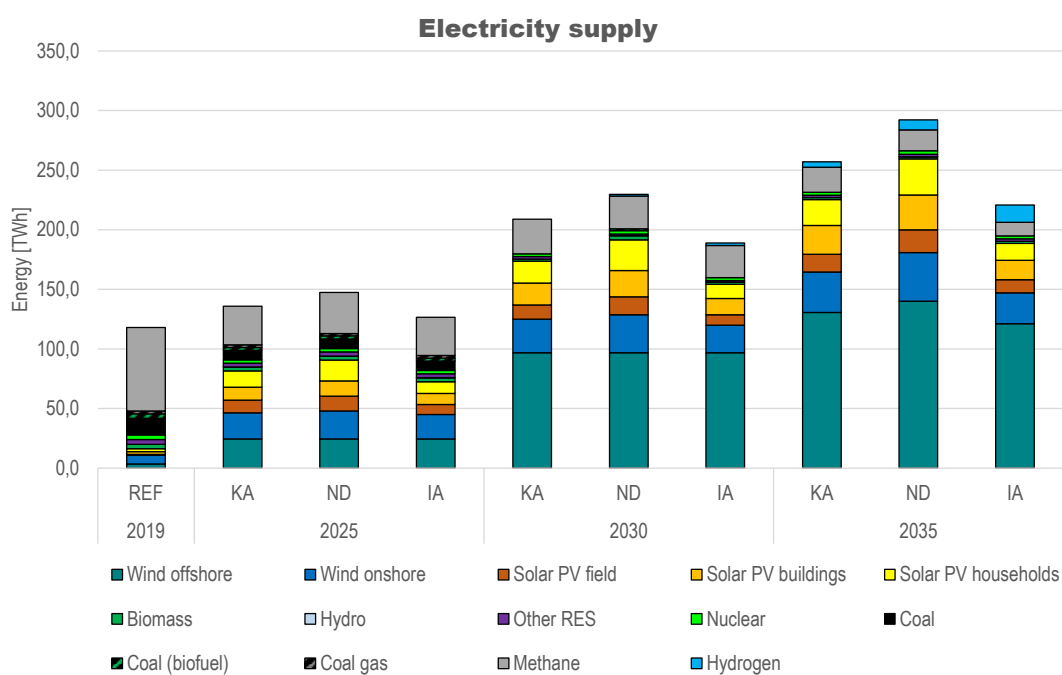
In alle scenario's neemt de vraag naar elektriciteit substantieel toe. Deze groei wordt hoofdzakelijk gedreven door elektrificatie van industrie en transport. De grootste toename van de elektriciteitsvraag is voorzien in het ND scenario. Niet alleen door directe elektrificatie, maar tevens door conversie naar waterstof (power to gas) en warmte (power to heat).

De productie van elektriciteit komt in toenemende mate uit wind op zee. Ook de productie uit zon-PV neemt sterk toe. Inzet van thermisch vermogen uit aardgas neemt substantieel af, inzet van kolen verdwijnt volledig door sluiting van deze eenheden. Regelbare gascentrales (methaan en waterstof) produceren elektriciteit in perioden dat onvoldoende variabele productie uit zon en wind beschikbaar is.

⁴² Er is gerekend met klimaatjaar 2012. Qua buitentemperatuur is dit een redelijk normaal jaar. Qua wind en zon komen periodes van lage productie voor (dunkelflaute). Met name voor wat betreft flexibiliteitsmiddelen (centrales, interconnectie) zijn de ETM berekeningen indicatief. Deze worden voor het IP2024 nog opnieuw berekend door TenneT met eigen, meer gedetailleerde tools.



Figuur 23. Elektriciteitsvraag per sector (TWh)

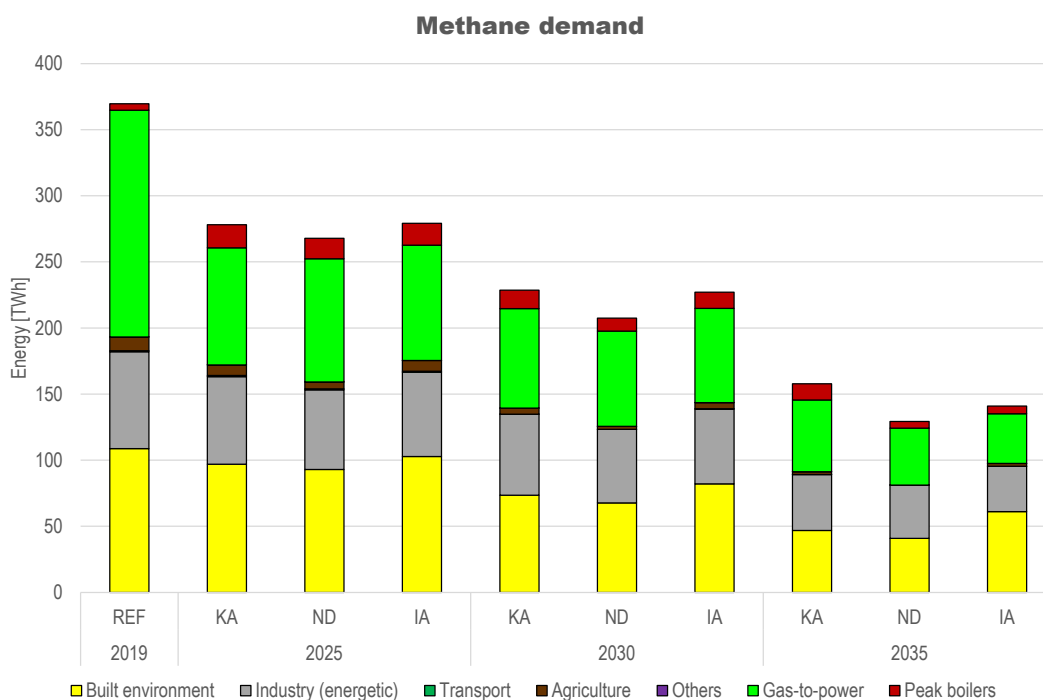


Figuur 24. Elektriciteitsproductie per bron (TWh). (excl. import/export)

5.3.2 Groen gas en aardgas

Figuur 25 en Figuur 26 hieronder tonen respectievelijk de binnenlandse vraag en het binnenlandse aanbod van aardgas en groen gas (samen methaan genoemd).

In de afgelopen decennia liet de (aard)gasvraag al een dalende trend zien. Deze trend zet zich in alle scenario's (versneld) voort. De daling van de (aard)gasvraag is waarneembaar in alle sectoren⁴³. In het KA en IA scenario is de (aard)gasvraag redelijk vergelijkbaar. Het ND scenario voorziet een snellere reductie van de (aard)gasvraag. Dit wordt met name veroorzaakt door de focus op elektrificatie in dit scenario. Ook het gebruik van gas voor elektriciteitsopwekking neemt af. Dit komt hoofdzakelijk door investeringen in elektriciteitsproductie uit zon en wind. Gascentrales worden ingezet wanneer het onvoldoende waait en/of de zon onvoldoende schijnt, en kenmerken zich door relatief lage bedrijfstijden.



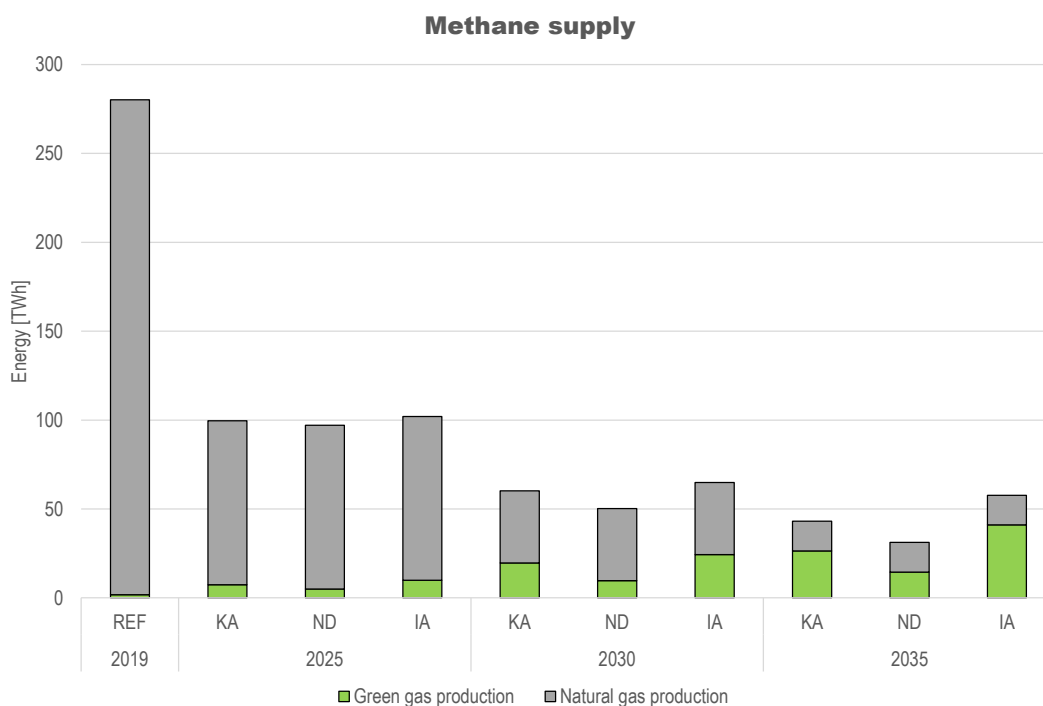
Figuur 25. (Aard)gas vraag per sector (TWh)

Ook het aanbod van gas wordt verduurzaamd. De productie van groen gas uit vergisting en vergassing groeit in alle scenario's, met name in het IA scenario. Het aanbod van aardgas neemt substantieel af⁴⁴. Desondanks blijft aardgas (uit Nederlandse productie⁴⁵ en import) de komende jaren nog dominant. Richting 2035 kan groen gas in tot zo'n 30% van de Nederlandse gasvraag voorzien. Na 2035 zal de productie van groen gas het gebruik van aardgas verder vervangen en neemt de vraag naar aardgas verder af.

⁴³ De gasvraag is exclusief industriële restgassen, welke niet via het landelijk gasnet geleverd worden.

⁴⁴ Data betreft alleen het aardgasgebruik in Nederland. Het Nederlandse aardgasnet wordt daarnaast ook nog gebruikt voor doorvoer naar omliggende landen.

⁴⁵ Getallen voor binnenlandse aardgasproductie zijn afkomstig uit Jaarverslag delfstoffen en aardwarmte in Nederland 2021. Alleen (voorwaardelijke) reserves zijn meegenomen: <https://www.nlog.nl/jaarverslagen>.



Figuur 26 (Aard)gas aanbod, incl. groen gas (TWh). Import is niet getoond.

5.3.3 Waterstof

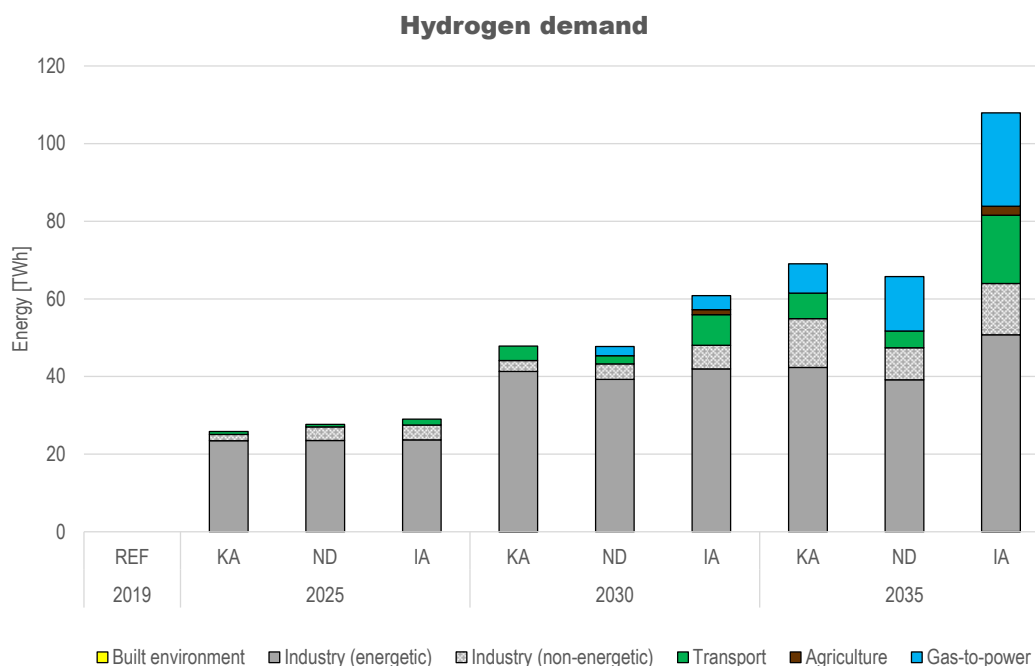
In Nederland wordt op dit moment ongeveer 50 TWh waterstof grotendeels lokaal geproduceerd. De waterstof wordt deels gemaakt uit aardgas met steam methane reforming (SMR) en deels uit industriële restproducten⁴⁶. Deze waterstof wordt nu met name gebruikt voor kunstmestproductie en in olieraffinage. Figuur 27 geeft een overzicht van de waterstof hoeveelheden in de drie scenario's. Hierin is alleen de waterstof meegenomen waarvoor transportnetten nodig zijn. Vraag die wordt ingevuld met aanbod op dezelfde locatie is buiten beschouwing gelaten⁴⁷.

Gebruik van waterstof groeit in alle scenario's en het snelst in het IA scenario. Toepassing in de industrie voor energetisch gebruik is vrijwel allemaal nieuwe waterstofvraag ten opzichte van vandaag. Deze energie wordt vandaag veelal geleverd door inzet van aardgas. De non-energetische vraag (voor grondstoffen) betreft grotendeels bestaande toepassing, welke in toenemende mate met aanbod van elders wordt ingevuld. Ook de toepassing van waterstof voor mobiliteit en elektriciteitsopwekking neemt toe. Daarnaast speelt Nederland als doorvoerland een rol in de waterstofvoorziening van omliggende landen. Deze waterstof transitostroom komt in de periode 2027-2030 op gang en neemt in de jaren daarna verder toe.

Het is ook mogelijk dat ammoniak een rol krijgt bij de import of transitostromen, dit kon nog niet worden gemodelleerd.

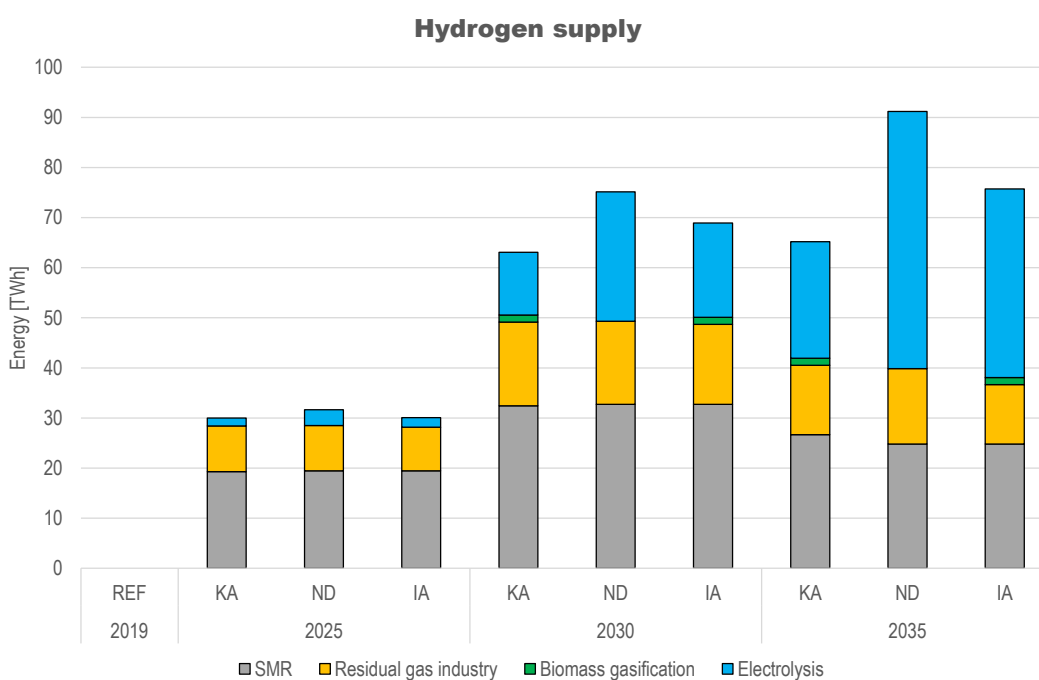
⁴⁶ Het aandeel van waterstof uit SMR in de totale waterstofproductie is momenteel ongeveer 58 procent (28 TWh). Het restant wordt gemaakt uit industriële reststromen. Zie ook: <https://www.rijksoverheid.nl/binaries/rijksoverheid/documenten/rapporten/2020/06/24/the-dutch-hydrogen-balance-and-the-current-and-future-representation-of-hydrogen-in-the-energy-statistics/waterstofrapport-tno.pdf>

⁴⁷ Het gebruikte CTM model kan stoomkrakers niet als on-site productie modelleren. Als zodanig is de bijbehorende vraag/aanbod ook in de balansen meegenomen.



Figuur 27. Vraag naar waterstof. Exclusief (huidige) consumptie die on-site wordt ingevuld en niet relevant is voor transportnetten (TWh)

De aanbodmix van waterstof verandert ook substantieel ten opzichte van vandaag. In toenemende mate zal de productie verduurzaamd worden met aanbod uit elektrolyse in Nederland en import. Dit is vooral het geval in het ND en IA scenario, die elk uitgaan van REDIII-verplichtingen wat betreft groene waterstof. Tevens wordt (bestaande) conventionele productie uit stoomkrakers en restgassen verduurzaamd door afvang en opslag van CO₂ (CCS).

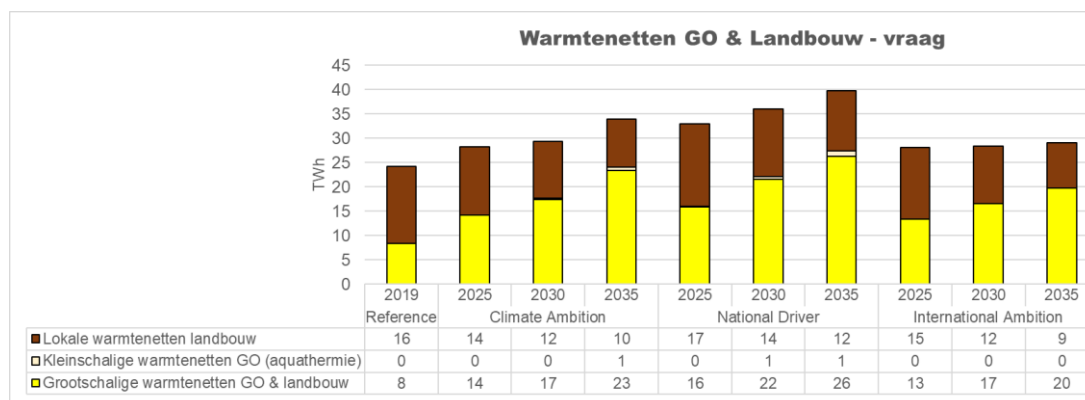


Figuur 28. Aanbod van waterstof naar bron, exclusief transit flows (TWh)

5.3.4 Warmtenetten

In de gebouwde omgeving en in de landbouw wordt een deel van de warmte geleverd door middel van warmtenetten. In de gebouwde omgeving (huishoudens & gebouwen) betreft dat meestal grootschalige warmtenetten die gevoed worden door warmte uit industrieën, afvalverbrandingsinstallaties en gascentrales (STEG) en gas-WKK's. In de landbouw wordt het meest gebruik gemaakt van kleinschalige warmtenetten.

De onderstaande figuur toont de via warmtenetten geleverde energievraag in TWh.



Figuur 29. Via warmtenetten geleverde warmtevraag (TWh)

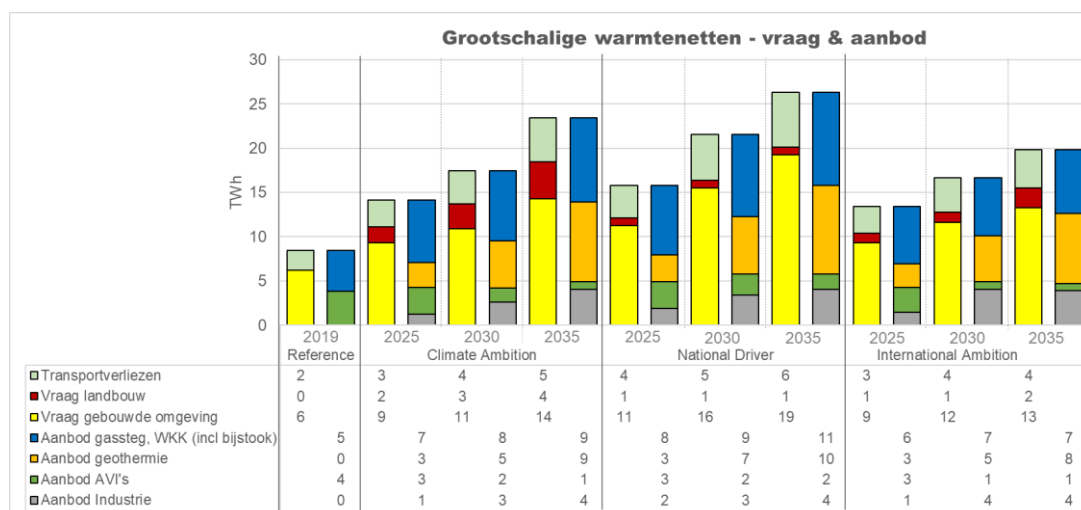
Methodiek

Ten tijde van het opstellen van de IP2024 scenario's was het in het ETM nog niet mogelijk de warmtenetten voor de gebouwde omgeving en voor de landbouw separaat te modelleren. Daarnaast is de beschikbare warmte sterk afhankelijk van de draaiuren van centrales, die moeilijk te voorspellen zijn en onder andere afhankelijk zijn van de (import)prijzen van elektriciteit. Tenslotte gaat een deel van de beschikbare warmte vanwege ongelijktijdigheid van vraag en aanbod verloren. De onzekerheid in het aanbod van warmte is daarom groot⁴⁸.

Gebouwde omgeving (huishoudens & gebouwen)

In het ND scenario wordt voor de verduurzaming van de bestaande bouw ingezet op grootschalige warmteprojecten. De vraag naar warmte via deze netten is in dat scenario het grootst: 17 TWh in 2030, waarvan 1 TWh aan de landbouw wordt geleverd. Geothermie, gas-STEG en -WKK's leveren daarbij een aanzien aandeel, al neemt op termijn het gebruik van industriële restwarmte ook toe door het ontsluiten van dit aanbod via nieuwe transportleidingen. In de scenario's KA en IA is het aanbod van warmte via grootschalige warmtenetten met minder dan 14 TWh in 2030 wat lager, andere verduurzamingroutes hebben in deze scenario's een grotere rol.

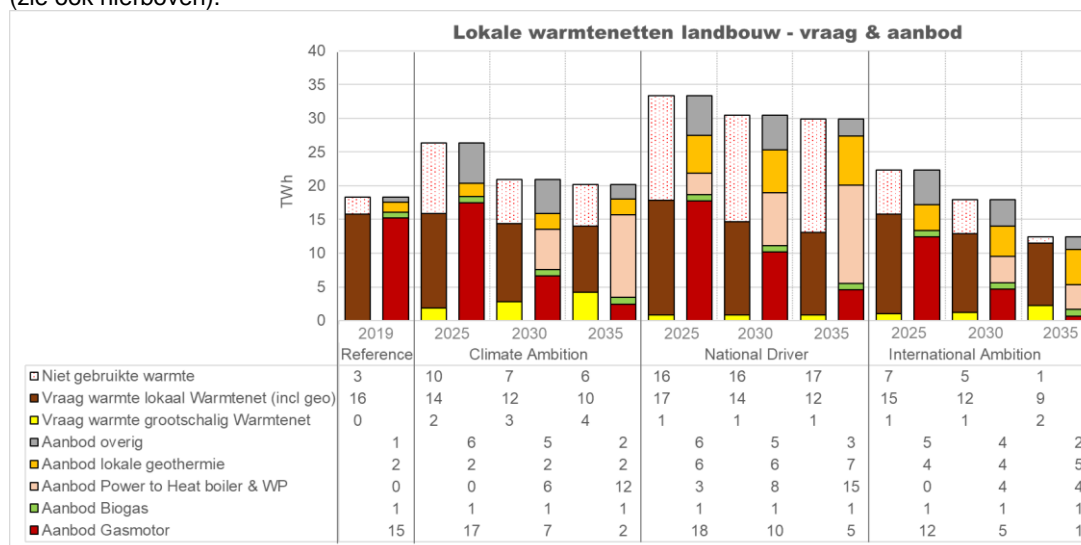
⁴⁸ In de ETM scenario's waarnaar in de bijlage van dit rapport verwezen wordt zijn de wijzigingen ten aanzien van warmtenetten wel al doorgevoerd. Een aanpassing van de input ('schuifjes') heeft echter niet plaatsgevonden. Grafieken en berekeningen in dit rapport zijn gebaseerd op de modeluitkomsten van vóór de aanpassing van het ETM.



Figuur 30. Vraag en aanbod van grootschalige warmtenetten (TWh)

Landbouw

In de landbouw wordt de meeste warmte lokaal geproduceerd door middel van WKK-gasmotoren en in de toekomst door power-to-heat boilers, warmtepompen en lokale geothermie. In het KA scenario wordt een beperkt deel van de warmtevraag door middel van grootschalige warmtenetten geleverd (zie ook hierboven).



Figuur 31. Vraag en aanbod van warmtenetten voor de glastuinbouw (TWh)

In de meeste scenario's is er sprake van een overaanbod van warmte. Dit komt enerzijds door ongelijktijdigheid van vraag en aanbod, maar ook doordat soms WKK's vanwege hoge elektriciteitsprijzen draaien op momenten dat er geen vraag naar de mede geproduceerde warmte is. Deze overtollige warmte wordt deels opgeslagen voor later gebruik.

5.4 Flexibiliteitsmiddelen en balans energiesysteem

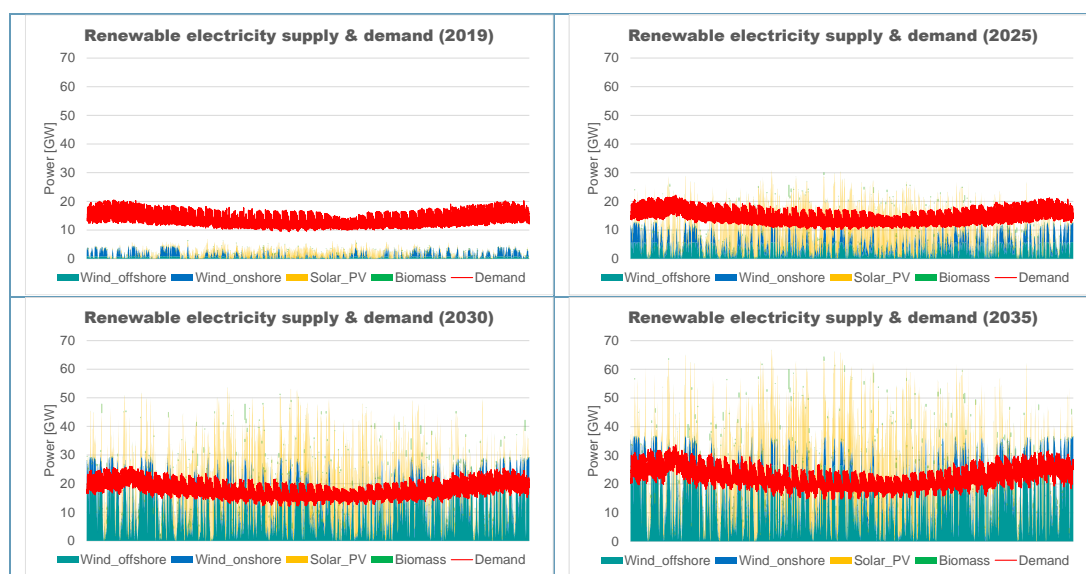
5.4.1 De behoefte naar flexibiliteit

De IP2024 scenario's gaan in verschillende mate uit van een groei van de opgestelde vermogens aan wind op zee, wind op land en zon PV (zie paragraaf 4.7) en een toename van de elektrische vraag (zie paragraaf 5.3). De elektriciteitsproductie uit wind en zon PV zijn hierbij weersafhankelijk: Windmolens kunnen alleen produceren als de wind waait en zonnepanelen leveren alleen stroom als de zon voldoende schijnt. Maar ook het gebruik van energie wordt steeds meer gedreven door meteorologische omstandigheden zoals de buitentemperatuur. Beide ontwikkelingen leiden tot een steeds verder toenemend verschil tussen elektrische vraag en productie op verschillende tijdsschalen.

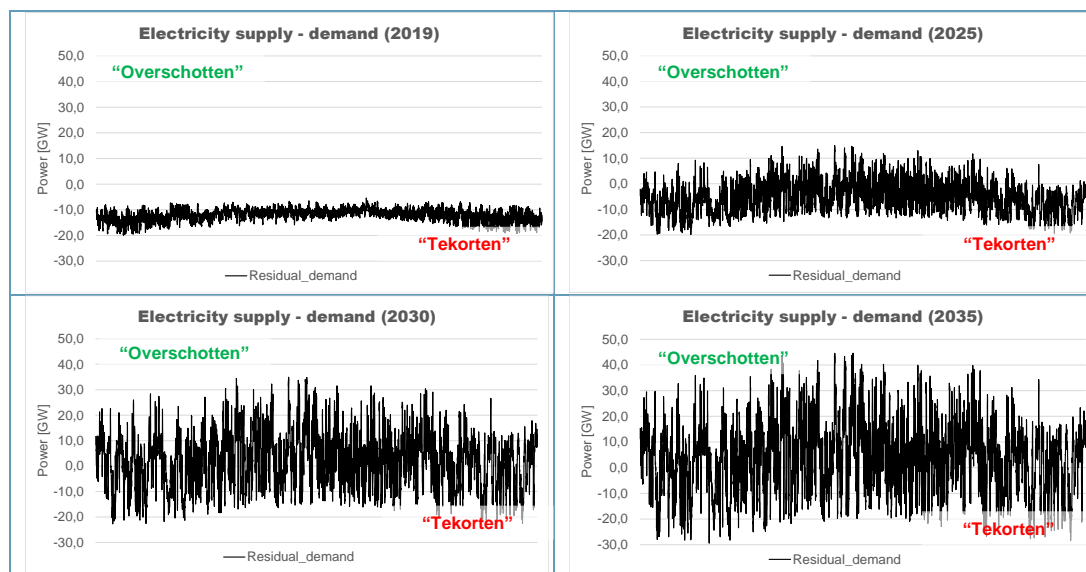
Voor de flexibiliteits- en infrastructuuranalyses maken we gebruik van historische weerdata om dit te analyseren. Hierbij worden de data van het gekozen jaar toegepast op het opgestelde vermogen aan duurzame opwek en de warmtevraag voor het jaar dat we analyseren. Voor deze studie nemen we 2012 als uitgangspunt.

Daarnaast gaan de IP2024 scenario's ervan uit, dat ook de vraagzijde een fundamentele transformatie naar een efficiënter energiegebruik ondergaat, waarbij de toenemende elektrificatie van verschillende processen – dus het gebruiken van elektrische energie i.p.v. een fossiele energiedrager - binnen alle vraagsectoren een belangrijk bouwsteen gaat zijn. Voorbeelden zijn het gebruik van efficiënte warmtepompen i.p.v. een gasketel, elektrische voertuigen of ook elektrische aangedreven motoren in de industrie. Al deze ontwikkelingen gaan niet alleen tot een toename van de hoeveelheid elektrische vraag binnen een jaar (volume, zie paragraaf x), maar ook een significante toename van de elektrische vraag in enkele uren van het jaar leiden.

Figuur 32 toont voor het scenario Klimaatambitie (KA) en de in het ETM gemodelleerde profielen exemplarisch zowel de ontwikkeling van de hernieuwbare productie uit wind, zon PV en biomassa als ook de totale elektrische vraag per uur in het referentiejaar 2019 en de verschillende toekomstige steekjaren 2025, 2030 en 2035. Figuur 33 toont het verschil tussen hernieuwbare elektrische productie en -vraag als resterend profiel per uur.



Figuur 32. Ontwikkeling productieprofiel hernieuwbare elektrische productie en vraag (uurlijks)



Figuur 33. Ontwikkeling verschil hernieuwbare elektrische productie en -vraag (uurlijks)

5.4.2 Invulling van de flexibiliteitsbehoefte

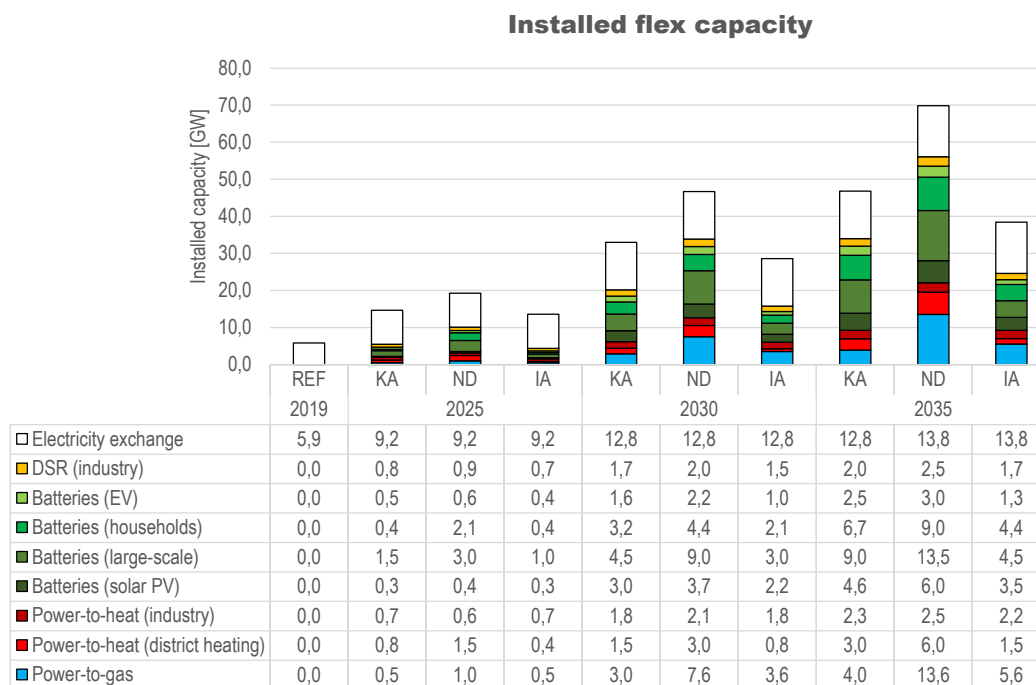
Een betrouwbare en veilige energievoorziening vereist op elk moment balans tussen energievraag en aanbod. In de scenario's van het IP2024 is daarom rekening gehouden met verschillende types flexibiliteit die op verschillende tijdschalen hieraan kunnen bijdragen. Deze zijn beschreven in de onderstaande tabel.

Type	Toelichting	Toepassingen / technologieën
Vraagrespons (DSR)	Uitstel of tijdelijk afschakelen van energievraag (markt)	<ul style="list-style-type: none"> Industriële vraagrespons Hybride warmtepompen Slim laden elektrische voertuigen
Conversie	Conversie tussen energiedragers	<ul style="list-style-type: none"> Power-to-heat Power-to-gas
Opslag	Opslag van energie	<ul style="list-style-type: none"> Batterijen (grootschalig, huishoudens, EV's) Warmteopslag Opslag methaan / waterstof Wateropslag (bovengronds, ondergronds)*
Interconnectie	Uitwisseling van energie met het buitenland	<ul style="list-style-type: none"> Interconnectoren (AC, DC) Pijpleidingen methaan / waterstof
Curtaiment	Tijdelijk afschakelen van energieproductie	<ul style="list-style-type: none"> Afschakelen van wind / zon PV
Energiecentrales	Stuurbare conventionele of hernieuwbare energieproductie	<ul style="list-style-type: none"> Conventionele centrales (kernenergie, kolen, methaan olie,...) Hernieuwbare centrales (biomassa, geothermie, waterstof,...)

Voor de flexibiliteitsmiddelen is gebruikt gemaakt van al deze mogelijkheden.

- De ontwikkeling in opgesteld vermogen power to gas volgt uit in de sectorale analyse naar duurzame gassen.
- De ontwikkeling in opgesteld vermogen power to heat in de industrie volgt uit de sectorale analyse naar de industrie.
- De ontwikkeling in het opgesteld vermogen aan elektriciteitscentrales volgt uit de marktvraag van TenneT in het kader van de Monitoring Leveringszekerheid.
- Voor alle zon-PV vermogen is de aanname gemaakt dat de panelen nooit op het piekvermogen worden aangesloten, door een mix aan oriëntaties, hellingshoeken en andere factoren waardoor het nominale piekvermogen niet wordt behaald. Vanaf 2030 gaan we uit dat voor grootschalige zonne-installaties 50% van het vermogen wordt aangesloten en bij zon op daken van huishoudens 70%.
- Interconnectie volgt uit de prognoses die TenneT maakt o.b.v. de Europees gefocuste studies zoals het Ten Year Network Development Plan (TYNDP)
- De flex van de industrie is opgebouwd conform de inzichten uit de industrie uitvraag van Kalavasta, de CES, aanvullende verwachtingen vanuit de netbeheerders en publieke onderzoeken.
- Voor opslagsystemen is de ontwikkeling in opgestelde vermogens gebaseerd op de analyse hoeveel nodig is (aanvullend op de andere flexibiliteitsmiddelen en interconnectie) om het systeem in balans te houden. Het is onzeker of deze hoeveelheden ook daadwerkelijk worden gerealiseerd, maar wel is het zo dat bij de verschillende netbeheerders een grote hoeveelheid aan aanvragen voor netaansluitingen voor batterij-opslagsystemen is. Dit is ook verklaarbaar uit de marktverwachtingen naar een toenemende prijsvolatiliteit. Er is verondersteld dat een deel van het batterijvermogen bij duurzame opwekeenheden wordt gerealiseerd.⁴⁹

De resultaten voor de flexibiliteitsmiddelen zijn opgenomen in de onderstaande figuur

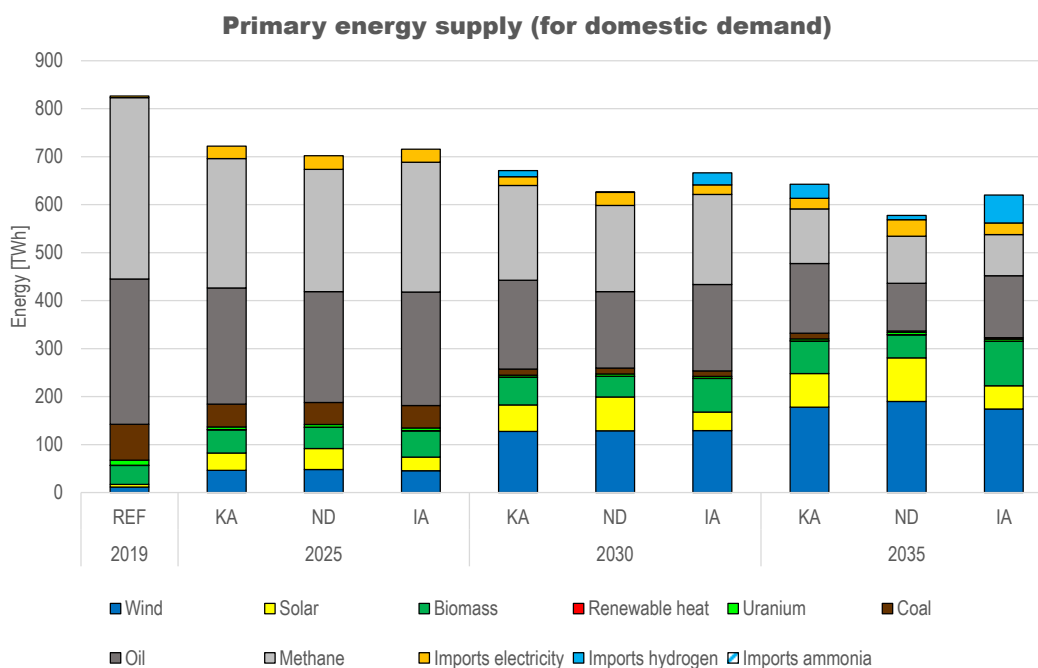


Figuur 34. Opgesteld vermogen aan flexibiliteit

⁴⁹ N.B. het is goed om te beseffen dat analyse van opslagsystemen “volgend” is op de modellering van vraag en aanbod. Ontwikkelingen in vraag, aanbod en in andere bronnen van flexibiliteit (in binnen en buitenland) hebben uitwerking op de hoeveelheid aan benodigde batterijen om het systeem in balans te houden.

5.5 Primaire energiebronnen

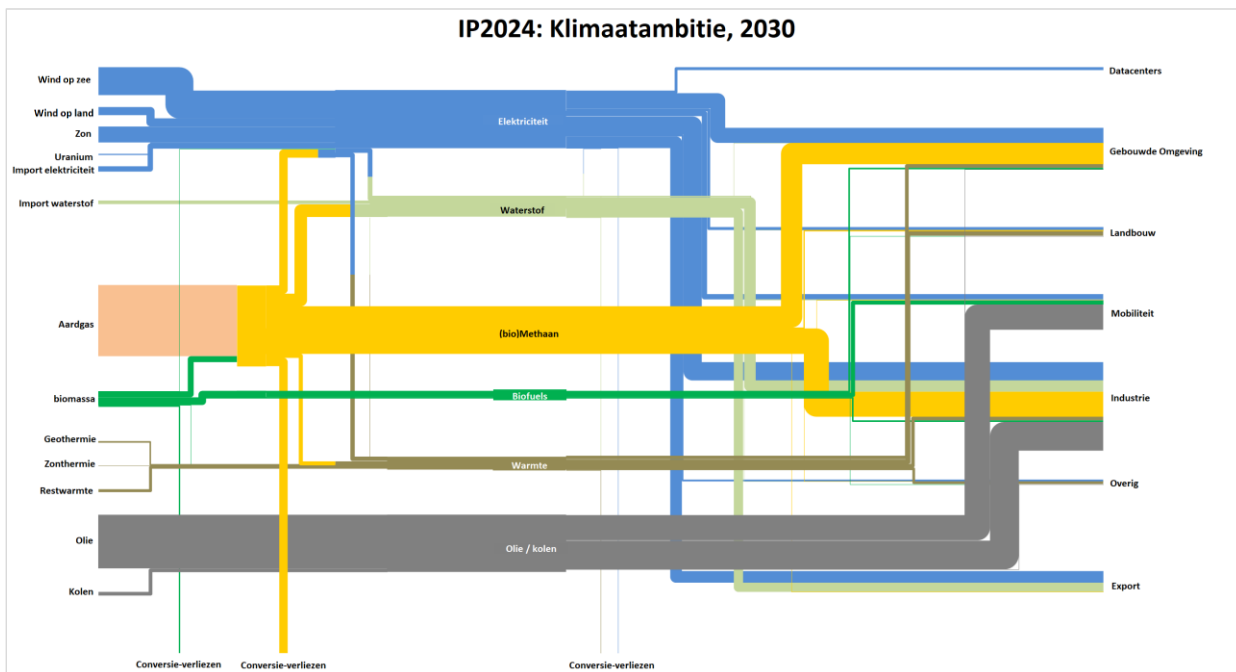
Het onderstaande figuur geeft een overzicht van het aanbod primaire energiedragers in de verschillende scenario's. Het totale aanbod blijft in de scenario's ongeveer gelijk, maar door de verduurzaming verandert de samenstelling van de verschillende energievormen. In alle scenario's neemt het aandeel van hernieuwbare energie zoals zon, wind en duurzame warmte toe. Tevens zien we een toename van waterstof importen⁵⁰, met name in het IA scenario. Het aandeel van fossiele brandstoffen zoals olie en kolen nemen af. Desondanks blijft het aandeel olie in het totale energieaanbod substantieel. Dit komt met name door de grote hoeveelheid raffinageproductie voor export (~500 TWh).



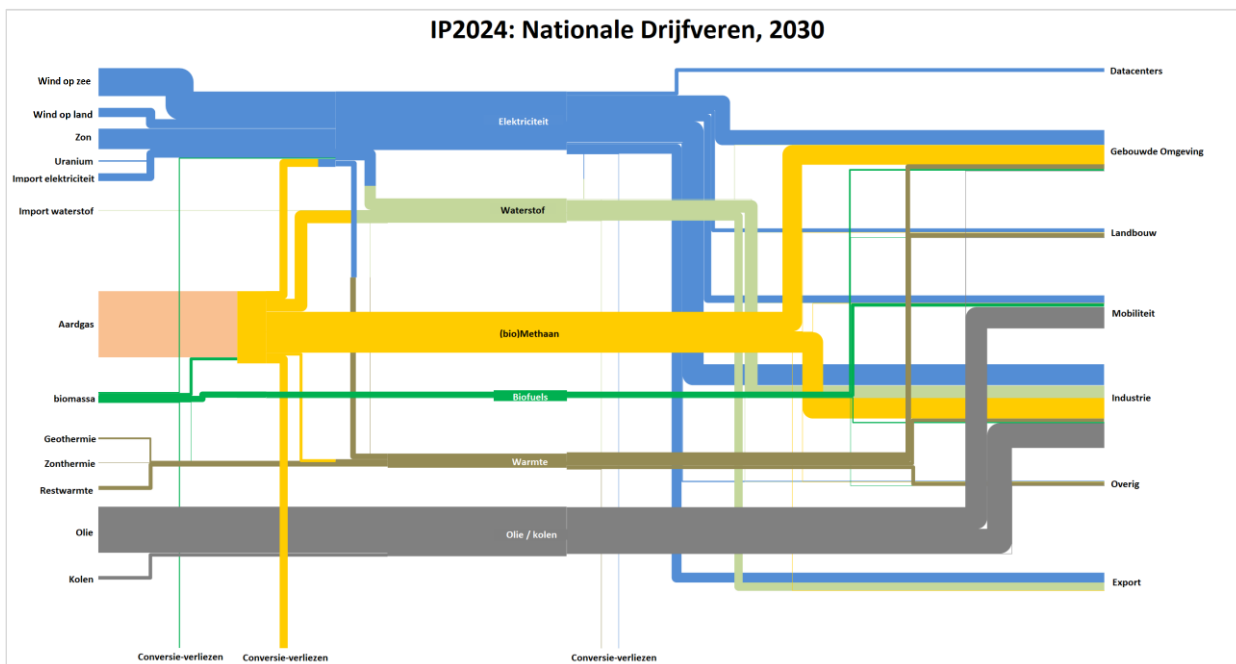
Figuur 35. Primaire energiebronnen (TWh) voor de binnenlandse vraag

De Sankey-diagrammen, getoond in figuur 36, 37 en 38, laten voor het scenario-jaar 2030 globaal zien hoe de energiestromen van primaire bronnen richting het finale gebruik eruitzien, en welke conversies er bestaan tussen de energiedragers.

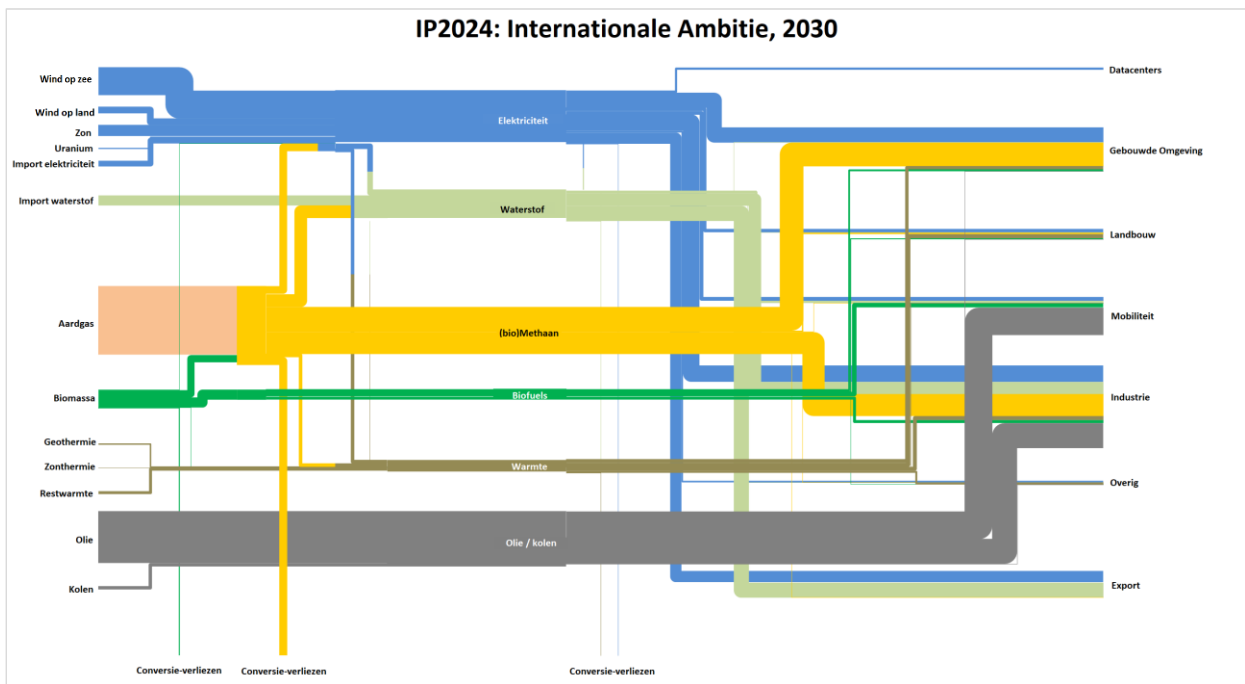
⁵⁰ Import in deze grafiek betreft de absolute hoeveelheid. Hierbij is geen rekening gehouden met eventuele exporten.



Figuur 36. Sankey-diagram Klimaatambitie 2030



Figuur 37. Sankey-diagram Nationale Drijfveren 2030



Figuur 38. Sankey-diagram Internationale Ambitie 2030

Conclusie en dankwoord

Er verandert veel in het energiesysteem in de aankomende jaren. Zowel voor wat betreft de energiehoeveelheden alsook de energiedragers die we gebruiken.

De scenario's omvatten – naast de diverse trends die voor energienetten van belang zijn – ook het speelveld van een ambitieuze energietransitie. Een collectieve opgave, waar we als maatschappij voor staan, die brede ondersteuning en een actieve bijdrage vraagt van de samenleving, van huishoudens en bedrijven, en sturing door overheden. En die van de netbeheerders vraagt om alles op alles te zetten om de benodigde infrastructuur gereed te hebben en de nodige andere maatregelen te treffen.

Met deze scenario's hebben de netbeheerders gepoogd in kaart te brengen waar allemaal rekening mee gehouden moet worden om goede en goed onderbouwde investeringsplannen 2024 te kunnen schrijven. Dit is een stuk van de opgave.

Wij willen hierbij allen die bij de totstandkoming van de scenario's een rol gespeeld hebben, nadrukkelijk bedanken voor de bijdrage die is geleverd. Dit heeft geholpen om onze aannames, databronnen, argumentatielijnen kritisch te toetsen en te verbeteren. Dit is zeer gewaardeerd en het heeft bijgedragen aan een betere kwaliteit van het eindproduct.

Bijlagen

Verwijzingen naar de scenario's in het ETM

De kwantificering van de scenario's voor de steekjaren is gedaan met het Energietransitiemodel (ETM) modelversie d.d. 30 november 2022. Nieuwe toevoegingen aan het model (zoals de toevoeging van ammoniak als aparte energiedrager) zijn niet meegenomen als input. Het deel van de input voor industrie is gedaan met het Carbontransitionmodel (CTM). Door de site-specifieke gegevens in het CTM, worden de CTM-links niet gepubliceerd. De output van het CTM is weergegeven in het ETM.

De scenario's zijn te raadplegen via de onderstaande links.

De kwantificering is beschikbaar voor 2025, 2030 en 2035.

Scenario	Jaar	Verwijzing naar het ETM
Klimaatambitie	2025	https://energytransitionmodel.com/saved_scenarios/14382
	2030	https://energytransitionmodel.com/saved_scenarios/14386
	2035	https://energytransitionmodel.com/saved_scenarios/14387
Nationale drijfveren	2025	https://energytransitionmodel.com/saved_scenarios/14388
	2030	https://energytransitionmodel.com/saved_scenarios/14389
	2035	https://energytransitionmodel.com/saved_scenarios/14390
Internationale ambitie	2025	https://energytransitionmodel.com/saved_scenarios/14391
	2030	https://energytransitionmodel.com/saved_scenarios/14392
	2035	https://energytransitionmodel.com/saved_scenarios/14393

Afkortingen en begrippen

Afkortingen

KA	Klimaatambitie-scenario <i>In IP2022: Klimaatakkoord-scenario</i>
ND	Nationale Drijfveren scenario
IA	Internationale Ambitie scenario
KEV	Klimaat- en energieverkenning (PBL e.a., jaarlijkse publicatie)
ETM	Energietransitiemodel (energytransitionmodel.com)
CTM	Carbon Transition Model
WKK	Warmte-kracht-koppeling
STEG	Stoom- en gascentrale
bcm	Billion cubic meter – miljard m ³
TWh	Terawatt-uur (= 3,6 petajoule ofwel PJ)

Begrippen

Ontwikkeling	Verandering in de tijd. Voor de netbeheerders gaat het bijvoorbeeld om de adoptie van nieuwe technieken in het energiesysteem. Er zijn zekere en onzekere (mogelijke) ontwikkelingen.
Trend	Een beweging of ontwikkeling die over langere tijd aanhoudt, veranderingen in de maatschappij, het energiesysteem, etc.
Zekerheid of onzekerheid	Zekere ontwikkeling of trend: er is een relatief vaste overtuiging (plausibel) dat de ontwikkeling of trend gaande is en doorzet. Onzekere ontwikkeling of trend: er is een mogelijkheid dat de ontwikkeling of trend zich manifesteert en/of continueert, maar er is (nog) geen vaste overtuiging. Een trendbreuk is mogelijk. De meest fundamentele onzekerheden die ook de meeste impact hebben op de netten zijn het meest relevant in de scenario's.
Scenarioraamwerk	Een raamwerk waarmee gestructureerd de zekere en onzekere ontwikkelingen kunnen worden geanalyseerd en vervolgens worden verwerkt in scenario's die de ontwikkelingen omspannen.

Omgevingsscenario	Scenario's die vooral geënt zijn om de ontwikkelingen buiten de directe omgeving van de netbeheerder in kaart te brengen en om daar vervolgens strategische of operationeel/ tactische handelingsperspectieven aan te verbinden.
Doelscenario	Scenario's die verschillende routes in kaart brengen om naar een vooraf gedefinieerd doel te gaan. De scenario's van de II3050 hebben het karakter van doelscenario's. De scenario's van de IP2024 hebben zowel het karakter van doelscenario's omdat het Nederlandse klimaat- en energietransitiebeleid een hard uitgangspunt is, alsook het karakter van omgevingsscenario's omdat de onzekerheden daarbij gestructureerd verkend worden.
Beleidsambitie	Een overheid heeft uiting gegeven aan de wens om een bepaalde verandering te realiseren. Een ambitie kan kwantitatief gemaakt zijn met een streefdoel. Bijv. de ambitie om “ <i>way below two degrees</i> ” te blijven.
Beleidsdoelstelling	Een geoperationaliseerde ambitie waar de overheid naast het opstellen van beleidsinstrumenten deze ook implementeert opdat het doel ook daadwerkelijk gerealiseerd wordt. De -55% voor 2030 heeft het karakter van een beleidsdoelstelling via opname in de Nederlandse en Europese Klimaatwet.
Beleids optie	Een mogelijk beleidsinstrument welke een overheid kan inzetten teneinde haar doelen te bereiken, veelal om sturing te geven aan een maatschappelijke ontwikkeling.
Beleidskeuze	Een afweging tussen een aantal beleidsopties. Na het nemen van de beleidskeuze ontstaat er voor de maatschappij duidelijkheid over de manier waarop de overheid sturing geeft.
Vastgesteld beleid	Het geheel aan beleidsinstrumenten die reeds of zo goed als geïmplementeerd zijn in wet- en regelgeving
Voorgenomen beleid	De beleidsinstrumenten die in een fase van beleidsvorming zitten, maar waar nog niet toe is besloten en/of die nog niet zijn geïmplementeerd in wet- en regelgeving. Tevens voor het PBL concreet genoeg uitgewerkt om te kunnen doorrekenen in de Klimaat- en Energie Verkenning (KEV). Het is nog niet 100% zeker dat het beleid ook echt wordt geïmplementeerd.
Geagendeerd beleid	De beleidsinstrumenten die in een fase van beleidsvorming zitten, maar nog niet zijn geïmplementeerd in wet- en regelgeving, en waarvan de werking nog niet concreet en helder is te bepalen. Dit type beleid wordt bijvoorbeeld ook nog niet doorgerekend in de nationale rekensystematiek van de Klimaat- en Energie Verkenning (KEV).
Energiesysteemkeuze	Een expliciete keuze voor het realiseren van een aantal veranderingen van het energiesysteem. Dit is vaak (maar niet altijd) een beleidskeuze omdat een dergelijke grote verandering bijna niet door individuele spelers

	zal worden ingezet. Voorbeelden zijn elektrificatie van de energievraag, ontwikkelen van duurzaam aanbod of het ontwikkelen van de warmteketen (warmtenetten voor de gebouwde omgeving).
Elektrificatie	Proces waarbij niet-elektrische technologieën worden vervangen door elektrische alternatieven, zoals elektrische auto's en warmtepompen als vervangers voor benzine- en dieselauto's en gasketels.
All-electric	Technologie die alleen gebruik maakt van elektriciteit, zoals een all-electric warmtepomp (in tegenstelling tot een hybride warmtepomp, die naast elektriciteit ook gas gebruikt om warmte te produceren).
Energy-hubs	Een energiesysteemconcept met veel lokale oplossingen waarbij het energiesysteem op regionaal of specifiek niveau meer in balans gehouden wordt, opdat er minder transport over grotere afstanden plaatsvindt.
Verplichtende aanpak	Beleid waarbij de overheid een energiesysteemkeuze maakt en er minder individuele keuzevrijheid is. In de gebouwde omgeving zou bijvoorbeeld een systeemkeuze voor warmtenetten in een wijk bij een verplichtende aanpak ervoor zorgen dat er niet ook duurzame gassen worden aangeboden.
Individuele aanpak	In het beleid is er veel vrije keuze voor individuele bedrijven en consumenten om zelf invulling te geven aan de energieoplossingen die een eigen voorkeur hebben. In de gebouwde omgeving zou dit bijvoorbeeld kunnen betekenen dat zowel elektrificatie als gasoplossingen mogelijk zijn en er geen gedwongen sturing van bovenaf plaatsvindt.

Errata / correcties in de rapportage

De volgende tabel geeft een overzicht van dingen die na publicatie van versie 1.0 van deze rapportage en naar aanleiding van stakeholderfeedback zijn gecorrigeerd.

Datum	Versie	Pagina	Omschrijving correctie
20-02-2023	1.01	p. 40	Correctie plaatje finaal energieverbruik per sector
20-02-2023	1.01	p. 42	Correctie plaatje elektrische vraag (toevoegen PtH industrie)
20-02-2023	1.01	p. 4 / 18 / 50	Correctie interconnectievermogen scenario KA 2035
20-02-2023	1.01	p. 48	Toevoegen links naar hoofdstukken 4.7 en 5.3