



Systeemstudie energie-infrastructuur provincie Utrecht

Bijlage A: Scenario's,
uitgangspunten en modelaanpak per
sector



QUINTEL
INTELLIGENCE



CE Delft

Committed to the Environment

Stysteemstudie energie-infrastructuur provincie Utrecht

Bijlage A: Scenario's, uitgangspunten en modelaanpak per sector

Deze bijlage is geschreven door: Thijs Scholten, Joeri Vendrik, Marianne Teng, Eric Tol, Sjoerd van der Niet, Nina Voulis (CE Delft); Roos de Kok (Quintel Intelligence)

Delft, CE Delft, december 2021

Publicatienummer: 21.210165.170b

Provincies / Energievoorziening / Infrastructuur / Beleid / Scenario's / Vraag / Aanbod / Mobiliteit / Gebouwde omgeving / Warmte / Landbouw / Industrie / Hernieuwbare energie

Opdrachtgever: Provincie Utrecht

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

Meer informatie over de studie is te verkrijgen bij de projectleider [Thijs Scholten](#) (CE Delft)

© copyright, CE Delft, Delft

CE Delft

Committed to the Environment

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



Inhoud

1	Inleiding en leeswijzer	4
2	Overzicht scenario's	5
	2.1 Scenario 2030 - Aannemelijk scenario	6
	2.2 Scenario 2050 - Regionale Sturing	7
	2.3 Scenario 2050 - Nationale Sturing	7
	2.4 Scenario 2050 - Europese CO ₂ -sturing	8
	2.5 Scenario 2050 - Internationale Sturing	8
	2.6 Kwantitatieve uitwerking van de scenario's	9
	2.7 Totstandkoming van de uitgangspunten	10
3	Mobiliteit	11
	3.1 Beschrijving sector	11
	3.2 Modelleren en regionalisatie	12
	3.3 Uitgangspunten per scenario	12
	3.4 Overzicht belangrijkste bronnen	20
4	Gebouwde omgeving	21
	4.1 Beschrijving sector	21
	4.2 Modelleren en regionalisatie	21
	4.3 Uitgangspunten voor de scenario's	22
	4.4 Overzicht belangrijkste bronnen	30
5	Landbouw	31
	5.1 Beschrijving sector	31
	5.2 Modelleren en regionalisatie	31
	5.3 Uitgangspunten voor de scenario's	31
	5.4 Overzicht belangrijkste bronnen	33
6	Industrie	34
	6.1 Beschrijving sector	34
	6.2 Modelleren en regionalisatie	34
	6.3 Uitgangspunten per scenario	34
	6.4 Overzicht belangrijkste bronnen	36
7	Hernieuwbare productie	37
	7.1 Beschrijving sector	37
	7.2 Modelleren en regionalisatie	37
	7.3 Uitgangspunten per scenario	38
	7.4 Overzicht belangrijkste bronnen	41



8	Inzet van flexibiliteitsmiddelen	42
	8.1 Flexibiliteit en flexibiliteitsmiddelen	42
	8.2 Aannames flexibiliteit in deze studie	42
9	Literatuur	45
A	Tabellenbijlage Mobiliteit	48



1 Inleiding en leeswijzer

Voor u ligt de bijlage bij de eindrapportage ‘Systeemstudie energie-infrastructuur provincie Utrecht’. Deze bijlage bevat de gedetailleerde beschrijvingen van de vijf scenario’s die in de systeemstudie gebruikt zijn, inclusief uitgangspunten en modelaanpak per sector.

Het hoofdrapport beschrijft de aanleiding van dit onderzoek, de organisatorische aanpak, analyse en conclusies. In deze bijlage vindt u een beschrijving van de vijf scenario’s en vervolgens per sector de invulling van de uitgangspunten en de gebruikte modellering. Deze bijlage is bedoeld voor wie gedetailleerde informatie wenst over de inputs van de scenario’s. Het hoofdrapport is bedoeld voor een breder publiek.

Leeswijzer

Deze bijlage bestaat uit zeven inhoudelijke hoofdstukken. Na dit korte inleidende hoofdstuk vindt u de volgende onderdelen:

- Hoofdstuk 2 bevat het overzicht van de vijf scenario’s.
- Hoofdstuk 3 beschrijft de aannames voor de sector mobiliteit.
- Hoofdstuk 4 beschrijft de aannames voor de sector Gebouwde omgeving. De sectoren Mobiliteit en Gebouwde omgeving zijn de belangrijkste energievraagsectoren in de provincie Utrecht. Deze sectoren zijn in de scenario’s daarom in groot detail uitgewerkt.
- Hoofdstuk 5 beschrijft de aannames voor de sector Landbouw.
- Hoofdstuk 6 beschrijft de aannames voor de sector Industrie. De sectoren Landbouw en Industrie hebben een aanzienlijk kleiner aandeel in de energievraag van de provincie Utrecht. Deze sectoren zijn in minder groot detail uitgewerkt, dit heeft echter beperkte invloed op de totale energievraag in de provincie.
- Hoofdstuk 7 beschrijft de aannames voor de energieopwek.
- Hoofdstuk 8 beschrijft hoe flexibiliteitsmiddelen zijn meegenomen in de studie.

Alle referenties voor de bibliografie vindt u achteraan, in Hoofdstuk 9.

De scenario’s zijn ook beschikbaar in het Energietransitiemodel. Dit kunt u hier vinden:

- **2030**
https://pro.energytransitionmodel.com/saved_scenarios/11240
- **2050 Regionale sturing:**
https://pro.energytransitionmodel.com/saved_scenarios/11241
- **2050 Nationale sturing:**
https://pro.energytransitionmodel.com/saved_scenarios/11243
- **2050 Europese sturing:**
https://pro.energytransitionmodel.com/saved_scenarios/11244
- **2050 Internationale sturing:**
https://pro.energytransitionmodel.com/saved_scenarios/11245

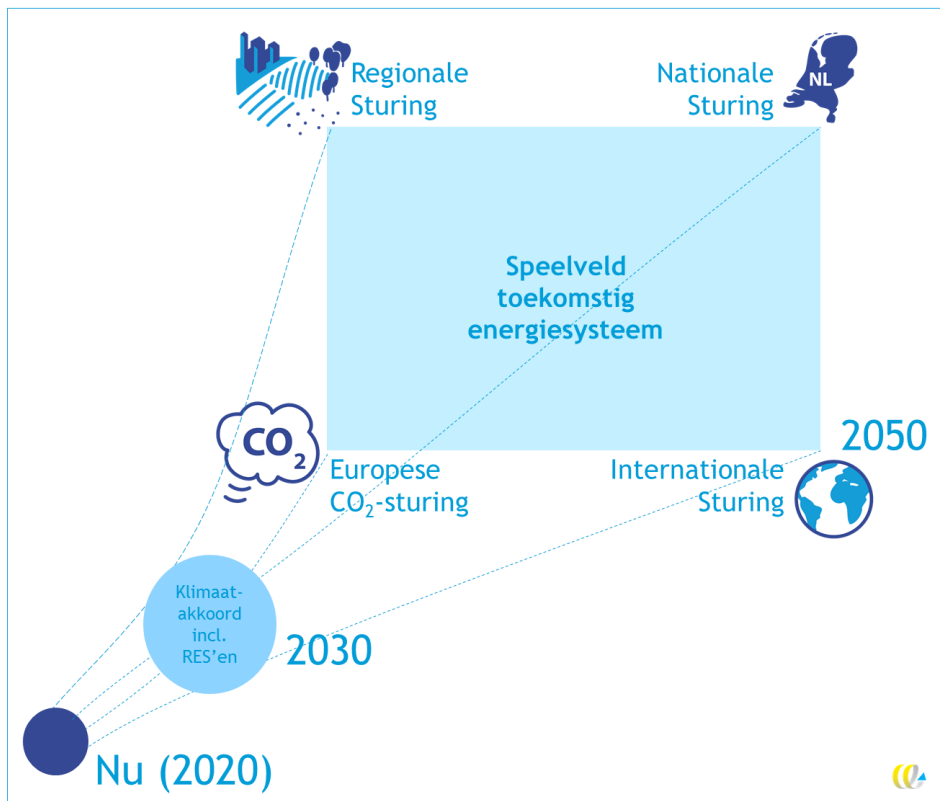


2 Overzicht scenario's

In de systeemstudie verkennen we de toekomstbeelden voor de energie-infrastructuur in de provincie Utrecht voor 2030 en 2050. Voor beide jaren werken we met scenario's, in totaal gaat het om vijf scenario's. Voor 2030 is dat één meest aannemelijk scenario, dat uitgaat van realisatie van het Klimaatakkoord en gebaseerd is regionale plannen (zoals de regionale energiestrategieën, afgekort RES'en, en de transitievisies warmte, afgekort TVW's) en nationale projecties (de Klimaat- en energieverkenning, KEV, van het PBL). Voor 2050 werken we met vier scenario's die gebaseerd zijn op de nationale Integrale Infrastructuurverkenning 2030-2050 (II3050). Deze vier scenario's hebben elk een ander verhaallijn over hoe de energievoorziening tussen 2030 en 2050 kan veranderen. Op onderdelen is er bewust afgeweken van II3050-scenario's om recht te doen aan de lokale context en de specifieke kenmerken en ontwikkelingen van het energiesysteem in de provincie Utrecht.

De scenario's voor 2050 zijn zo opgesteld dat het energiesysteem klimaatneutraal is in 2050. Elk van de vier scenario's geven daar op een andere wijze invulling aan. Daardoor ontstaat een 'speelveld', waarvan de scenario's de hoeken opzoeken. Zie Figuur 1. Dát het energiesysteem klimaatneutraal is in 2050 is weliswaar een doelstelling, maar is nog een stevige uitdaging om te realiseren.

Figuur 1 - Opzet van de scenario's: opspannen van 'de hoeken van het speelveld'



In de vier I13050-scenario's komt kernenergie niet voor en, in aansluiting daarop, ook niet in deze systeemstudie¹.

We benadrukken dat deze scenario's niet zijn bedoeld als blauwdrukken voor de toekomst of keuzemenu voor beleid, maar juist als uiteenlopende beelden van hoe de toekomst eruit zou kunnen zien, elk met een eigen onderliggend wereldbeeld. Hiermee kunnen de netbeheerders in kaart brengen wat er eventueel gevraagd wordt van de capaciteit van de infrastructuren en welke (capaciteits)knelpunten robuust zijn en in veel of alle scenario's naar voren komen.

In de praktijk zijn ontwikkelingen in de energievoorziening diffuus, (inter)nationaal samenhangend en complex. De werkelijkheid zal ergens in het midden van het speelveld uitkomen.

Relatie tussen deze systeemstudie Utrecht en de investeringsplannen van de netbeheerders

De systeemstudie en de investeringsplannen hebben verschillende doelen. De **systeemstudie** heeft als doel inzichten verwerven in de mogelijke keuzes en ontwikkelrichtingen van het energiesysteem. De systeemstudie kijkt vooruit tot 2050, met 2030 als tussenstap. Om die inzichten te verwerven, gaat de systeemstudie uit van scenario's met een aantal uitgangspunten rondom flexibiliteit, regionalisatie, etc.

Een **investeringsplan** heeft als doel transparantie bieden aan het brede publiek over toekomstige investeringen van de netbeheerder. Netbeheerders zijn verplicht ontwerp investeringsplannen openbaar te maken en ter consultatie voor te leggen. Een investeringsplan kijkt maximaal 10 jaar vooruit, is niet onderzoekend zoals een systeemstudie, maar veel concreter. Tussen een systeemstudie en een investeringsplan liggen stappen zoals een masterplanstudie, een gedetailleerde studie waar via een alternatievenstudie meerdere varianten tegen elkaar afgewogen worden.

2.1 Scenario 2030 - Aannemelijk scenario

Voor 2030 is één aannemelijk scenario uitgewerkt. Daarin gaan we ervan uit dat het Klimaatakkoord en de RES'en succesvol worden uitgevoerd. We gaan uit van de RES'en 1.0 op peildatum juni 2021. Voor de RES'en hebben we zelf de vertaling gemaakt naar de concrete cijfers en locaties die de netbeheerders nodig hebben voor hun doorrekeningen, op basis van de in juni 2021 beschikbare informatie vanuit de RES-processen. Dit scenario vormt ook de basis van de scenario's voor 2050.

De belangrijke ingrediënten van het 2030-scenario zijn:

- Nederland reduceert de CO₂-uitstoot met 49% in 2030 ten opzichte van 1990².
- De gaswinning uit de grote gasvelden in Groningen is in 2030 geheel gestopt.
- Kolencentrales in Nederland zijn in 2030 inmiddels gesloten.
- Er is groei van wind op zee en decentrale opwek. Voor decentrale opwek zijn de RES'en gevolgd.

¹ Overigens zijn er op dit moment ook geen (concrete) plannen voor een kerncentrale in de provincie Utrecht. De Rijksoverheid heeft een in de huidige Structuurvisie Infrastructuur en Ruimte (Svir) en het Besluit algemene regels ruimtelijke ordening (Barro) drie locaties als vestigingsplaatsen voor kernenergie aangewezen, allen buiten de provincie Utrecht (Borssele/Vlissingen, Eemshaven en de Maasvlakte I in Rotterdam). Deze locaties bieden voldoende ruimte voor eventuele nieuwe kerncentrales in Nederland. Binnen de tijdshorizon van deze studie verwachten we mede daarom geen ontwikkelingen van kerncentrales in de provincie Utrecht.

² Dit is het uitgangspunt van het Klimaatakkoord. De EU had op dat moment een formele doelstelling van -40%, het doel van het Nederlandse Klimaatakkoord is ambitieuzer dan dat. Op het moment van schrijven van dit rapport neigt de EU echter naar een doel van -55% in 2030. In dat geval is aanscherping van het Klimaatakkoord nodig. Dit is nog niet meegenomen in deze systeemstudie.



- Gemeenten werken met de buurtaanpak aan aardgasvrije woningen, waar plannen uit de TVW's beschikbaar waren en concreet genoeg waren, hebben we ze meegenomen.
- Er is een groeiend aandeel van elektrische voertuigen.
- De industrie beperkt de broeikasgasuitstoot, gestimuleerd door onder andere ETS en een Nederlandse CO₂-heffing.

2.2 Scenario 2050 - Regionale Sturing³



In dit toekomstbeeld hebben provincies en gemeenten veel regie. Zoveel mogelijk energie voor de productie van elektriciteit, gas en warmte komt uit lokale energiebronnen, zoals zon, wind, biomassa, restwarmte en geothermie⁴. Er is veel meer energie-infrastructuur dan nu nodig om de ongelijktijdigheid en afstand tussen vraag en aanbod op te lossen. Warmtenetten groeien sterk, door benutting van lokale bronnen en geothermie.

De belangrijkste ingrediënten van dit toekomstbeeld zijn:

- Energietransitie grotendeels door lokale en regionale overheden gestuurd. Burgers zijn gedreven voor de energietransitie, er zijn veel lokale projecten, en optimale inzet van lokale bronnen. (Regionale Sturing staat niet gelijk aan de RES'en.)
- Nederland is 100% CO₂-neutraal.
- Nederland is energetisch grotendeels zelfvoorzienend.
- Er is een krimp van de energie-intensieve industrie.
- Er is veel energiebesparing.
- Veel elektrificatie en inzet van lokaal beschikbare warmtebronnen
- Veel lokale opwek (zon, wind op land, geothermie).
- Veel circulariteit.
- Om zoveel mogelijk zelfvoorzienend te kunnen zijn, is grootschalige opslag van energie nodig.

2.3 Scenario 2050 - Nationale Sturing



De Rijksoverheid heeft in dit toekomstbeeld veel regie en stuurt op zo veel mogelijk energieautonomie voor Nederland als geheel, via een mix van vooral centrale energiebronnen, zoals met name wind op zee. Wind op zee wordt ook omgezet in waterstof. Daarnaast wordt ook relatief veel zon en wind op land ingezet, maar minder dan in 'Regionale Sturing'. Er is minder energie-infrastructuur nodig dan in 'Regionale Sturing', maar wel meer hoogspanningsinfrastructuur vanwege de omvang van wind op zee. Doordat er waterstof-distributie in de gebouwde omgeving beschikbaar komt nemen hybride warmtepompen een deel van de gebieden over die in 'Regionale Sturing' met warmtenetten worden voorzien.

De belangrijkste ingrediënten van dit toekomstbeeld zijn:

- Energietransitie door het Rijk gestuurd. De energietransitie wordt gedreven door grote projecten en richtinggevend beleid.
- Nederland is 100% CO₂-neutraal.
- Nederland is energetisch in hoge mate zelfvoorzienend.
- Energie-intensieve industrie blijft gelijk aan de huidige omvang.
- Veel grootschalige opwek, met name wind op zee.

³ NB: dit 2050-scenario is nadrukkelijk iets anders dan de RES'en, al lijken de namen op elkaar.

⁴ In het potentiële aanbod zijn ook laagtemperatuurbronnen meegenomen.

- Veel systeemflexibiliteit in de flexvariant van het scenario, in de vorm van elektrolyzers en vraaggestuurde elektriciteitscentrales ('gas-to-power').
- Veel elektrificatie en circulariteit.
- Om vrijwel zelfvoorzienend te kunnen zijn, is ook grootschalige opslag nodig.

2.4 Scenario 2050 - Europese CO₂-sturing



In dit toekomstbeeld komt de energievoorziening via een organisch proces tot stand, gestuurd door een stevig CO₂-prijssignaal, maar zonder verdere regie van de overheid. De energievoorziening is een mix van lokale en internationale opties. De industrie kiest voor afvang en opslag van CO₂ (carbon capture and storage, afgekort CCS) als belangrijke oplossing voor het klimaatprobleem.

Besparingsmaatregelen zoals gebouwisolatie blijven uit of worden pas laat in het transitieproces uitgevoerd.

Het Nederlandse bedrijfsleven zal in dit toekomstbeeld veel minder bijdragen aan oplossingen dan in de andere scenario's. De hoeveelheid benodigde elektriciteitsinfrastructuur is beperkter ten opzichte van de scenario's 'Regionale Sturing' en 'Nationale Sturing' (maar neemt wel toe ten opzichte van huidig, vanwege groei van elektriciteitsgebruik in de sectoren). Collectieve opties zoals warmtenetten nemen nauwelijks toe ten opzichte van huidig omdat er niet actief op wordt gestuurd om ze te realiseren.

De belangrijkste ingrediënten van dit toekomstbeeld zijn:

- Nederland haalt de CO₂-doelen door een energietransitie die vorm krijgt door een Europese CO₂-belasting met importheffingen en compensatie aan de grenzen van Europa.
- Nederland is 100% CO₂-neutraal, er is veel handel in energie en grondstoffen binnen Europa en Nederland is niet zelfvoorzienend.
- De energie-intensieve industrie groeit.
- Europese markt voor waterstof (waaronder veel 'blauwe' waterstof) en biomassa.
- Veel inzet van groengas of aardgas met CCS. Het groengas kan zowel in Nederland als elders in Europa worden geproduceerd.

NB: in het rapport gebruiken we verder de afgekorte term 'Europese Sturing' voor dit scenario.

2.5 Scenario 2050 - Internationale Sturing



Nederland is in dit toekomstbeeld een mondiaal georiënteerd land dat verschillende vormen van hernieuwbare energie(dragers) importeert, zoals groengas en biomassa (pellets), en vooral ook waterstof. Er is een internationale productie en handel in waterstof uit klimaatneutrale bronnen (hernieuwbaar en fossiel + CCS). De omvang van zon en wind is veel minder dan in 'Regionaal'. Het aandeel 'gas' in de gebouwde omgeving is hoog, en

verdeeld over groengas- en waterstofnetten. De hoeveelheid benodigde elektriciteitsinfrastructuur is beperkter ten opzichte van de scenario's 'Regionale Sturing' en 'Nationale Sturing' (maar neemt wel toe ten opzichte van huidig, vanwege groei van elektriciteitsgebruik in de sectoren). Collectieve opties zoals warmtenetten nemen beperkt toe ten opzichte van huidig, vanwege de ongelimiteerde beschikbaarheid uit import van groengas en waterstof.

De belangrijkste ingrediënten van dit toekomstbeeld zijn:

- De gehele wereld streeft naar CO₂-reductie en fossiel wordt sterk beperkt.
- Nederland wordt 100% CO₂-neutraal, er is veel mondiale handel in energie en grondstoffen. Nederland is niet zelfvoorzienend.
- Energie-intensieve industrie groeit.
- Wereldwijde markt voor waterstof en biomassa.
- Veel inzet van waterstof.
- Veel ruimte voor CCS.

2.6 Kwantitatieve uitwerking van de scenario's

Het kunnen doorrekenen van de netinfrastructuren vereist dat de scenario's zijn uitgewerkt tot gedetailleerde cijfermatige datasets met de verschillende soorten vraag en aanbod, waarbij alle vraag en aanbod ook een duidelijke locatie heeft. De onderbouwing voor de cijfermatige invulling van de scenario's is in de volgende hoofdstukken per sector uitgewerkt:

- H3 Mobiliteit.
- H4 Gebouwde omgeving (woningen en utiliteiten).
- H5 Landbouw.
- H6 Industrie.
- H7 Hernieuwbare productie.
- H8 Inzet van flexibiliteitsmiddelen.

Om het energiegebruik en -productie per jaar om te rekenen naar netbelasting, wordt gebruikt gemaakt van uurprofielen. Deze profielen zijn onder andere afkomstig uit het ETM of de profielendataset van CE Delft. De profielen zijn gebaseerd op van het klimaatjaar 2015. Dat is hetzelfde jaar als is gebruikt voor de I13050-scenario's en is een vrij gemiddeld klimaatjaar voor Nederland.

De datasets die we per sector en buurt voor alle scenario's hebben opgesteld, is in de vorm van spreadsheets als eindproduct opgeleverd aan de provincie.

2.7 Uitwerking van de scenario's in het Energietransitiemodel

De cijfermatige datasets zijn op een systematische manier samengevoegd in het Energietransitiemodel (ETM). De uitgewerkte scenario-datasets zijn verwerkt tot gedocumenteerde ETM-scenario's op provinciaal niveau. De ETM-scenario's sluiten zo goed als mogelijk aan bij de uitgangspunten en aannames uit de datasets. De energiemodellering van het ETM verschilt op sommige punten van de modellen die gebruikt zijn voor deze systeemstudie. Daardoor kunnen vraag en aanbod van energie voor sommige categorieën in beperkte mate afwijken van de cijfers uit de datasets. De aannames die niet expliciet zijn gemaakt in de datasets, vormen de vrijheidsgraden om vraag en aanbod per energiedrager zo goed als mogelijk aan te laten sluiten bij de datasets. Waar mogelijk is deze afwijking per sector per energiedrager beperkt tot maximaal 10%.

In het ETM is in één oogopslag te zien welke impact alle aannames voor de toekomst hebben op het toekomstige energiesysteem. De ETM-scenario's bieden een visuele, interactieve weergave. De links zijn openbaar en zijn opgenomen in de inleiding (Hoofdstuk 1).

2.8 Totstandkoming van de uitgangspunten

De uitgangspunten voor de scenario's zijn opgesteld door CE Delft en Quintel Intelligence in afstemming met beleidsmedewerkers van de provincie Utrecht en vertegenwoordigers van de betrokken netbeheerders. Daarnaast zijn de belangrijkste uitgangspunten besproken in twee stakeholderbijeenkomsten. In deze twee bijeenkomsten zijn een brede groep van vertegenwoordigers van bedrijven, gemeenten en maatschappelijke organisaties binnen de provincie Utrecht uitgenodigd om input te leveren voor de studie en te reflecteren op voorgestelde uitgangspunten. Naar aanleiding van de input van de stakeholders zijn een aantal uitgangspunten bijgesteld, toegevoegd of gewijzigd.

3 Mobiliteit

3.1 Beschrijving sector

De sector Mobiliteit in deze studie bestaat voornamelijk uit het wegverkeer, maar omvat ook het railverkeer (trein en tram). Het gaat dan zowel om goederenvervoer als personenvervoer. Bij wegverkeer maken we onderscheid in personenauto's (inclusief tweewielers zoals motoren), bestelauto's (inclusief mobiele werktuigen zoals kranen en tractoren), vrachtauto's en bussen (touringcars en ov-lijndiensten). Binnen de provincie Utrecht is de sector Mobiliteit na de Gebouwde omgeving de sector met het meeste energieverbruik. Het gaat om circa 40% van het totale energieverbruik in de provincie.

De luchtvaart wordt gewoonlijk ook onder de mobiliteitssector gerekend, maar is geen onderdeel van deze systeemstudie voor Utrecht omdat er geen luchthavens in de provincie liggen. Ook de binnen- en recreatievaart is niet kwantitatief meegenomen in de scenario's⁵. Tot slot zijn elektrische fietsen niet meegenomen in de analyse voor mobiliteit. Ze hebben geen significant effect op de energie-infrastructuur omdat de energieafname beperkt is en plaatsvindt bij bestaande vraaglocaties die in andere sectoren goed in beeld worden gebracht (met name bij woningen en werklocaties).

Tabel 1 - Overzicht van de wijze waarop verschillende modaliteiten zijn meegenomen in de studie

Mobiliteitsvorm	Kwantitatief beschouwd	Kwalitatief beschouwd	Buiten beschouwing	Opmerking
Personenauto's	x			
Tweewielers	x			Binnen personenauto's
Bestelauto's	x			
Mobiele werktuigen	x			Binnen bestelauto's
Vrachtauto's	x			
Bussen	x			
Trams	x			Geen nieuwe tracés
Treinen	x			Geen nieuwe tracés
Binnenvaart		x		Geen groot effect
Recreatievaart		x		Geen groot effect
Fietsen			x	Nihil effect
Zeevaart			x	Niet van toepassing
Luchtvaart			x	Niet van toepassing

⁵ Het energiegebruik op basis van binnenvaartschepen die door Utrecht varen is nu circa 2% van het totale energieverbruik in de provincie. Echter worden binnenvaartschepen buiten de provincie van brandstof voorzien, hierdoor is de brandstofafname in de provincie nihil, en daarmee ook het effect op de regionale infrastructuur. In de toekomst zal dit veranderen. Richting 2050 zal met name waterstof een dominante rol kunnen spelen in de binnenvaart (Panteia, 2019). Het is dan echter de vraag of en hoeveel schepen in Utrecht waterstof gaan afnemen. Dat zal een fractie van het energieverbruik zijn, omdat de meeste schepen doorvaren en niet een haven in de provincie Utrecht aandoen. Omdat dit moeilijk kwantitatief te maken is en omdat de energieafname naar verwachting beperkt is, hebben wij deze sector niet kwantitatief meegenomen. Op basis van een studie van Elaad (ElaadNL, 2020) kunnen we wel aan de netbeheerders meegeven dat in de haven van Utrecht na 2030 rekening moet worden gehouden met een aansluiting van 630 kVA voor het laden van batterijcontainers. Uitgaande van 1-2 containerschepen per dag. Als de batterijcontainers worden opgeladen met load balancing levert dit een vrij vlakke belasting op van tussen de 300 en 400 kW per uur (ElaadNL, 2020).



3.2 Modelling en regionalisatie

Binnen de provincie Utrecht maakt de sector Mobiliteit een relatief groot deel uit van het energiegebruik en zal door elektrificatie van voertuigen ook in de toekomst een groot effect kunnen hebben op de energie-infrastructuur in de provincie. Deze modellering van deze sector is daarom semi-bottom-up opgebouwd met een gedetailleerd model. Voor een belangrijk deel bepaalt de landelijke en internationale situatie de brandstofmix van voertuigen, mobiliteit beperkt zich immers niet door de provinciegrenzen. Daarom is het uitgangspunt de projecties van de landelijke brandstofmix die top-down worden geprojecteerd op de provincie, maar waarbij rekening wordt gehouden met bottom-up-kenmerken zoals de verwachte lokale groei in mobiliteit. Die groei zal naar verwachting groter zijn dan het Nederlands gemiddelde door stijging van het aantal bewoners in de provincie. De regionalisatie van de energieafname naar buurt vindt geheel bottom-up plaats op basis van verschillende lokale kenmerken.

3.3 Uitgangspunten per scenario

3.3.1 Overzicht en algemene uitgangspunten

In Tabel 2 en Tabel 3 is een overzicht gegeven van de belangrijkste uitgangspunten per scenario. In de volgende paragraaf behandelen we per scenario de specifieke uitgangspunten voor elk scenario afzonderlijk. Er zijn ook een aantal uitgangspunten die voor alle scenario's van toepassing zijn, die behandelen we aanvullend in deze paragraaf.

Voor elk scenario hebben we de volgende algemene uitgangspunten gehanteerd:

Algemeen

- We nemen aan dat alle voertuigen hun energie afnemen nabij het beginpunt of nabij de bestemming. Voor met name elektrische voertuigen is dat een gangbaar uitgangspunt omdat laden onderweg langer duurt en duurder is dan bijvoorbeeld thuisladen.
- We maken onderscheid tussen snelwegverkeer en niet-snelwegverkeer. Snelwegverkeer in de provincie Utrecht bestaat volgens deskundigen van de provincie voor circa 33% uit doorgaand verkeer (met uitzondering van bussen, uitgaande dat het merendeel hiervan regionale lijndiensten zijn). Op basis van de vorige aanname wordt dat energiegebruik niet afgenomen in de provincie. Van het overige snelwegverkeer hebben we aangenomen dat 15%⁶ van de energiebehoefte bij tankstations of (snel)laadpalen langs de snelweg wordt afgenomen.
- We veronderstellen dat de afgenomen energie van ingaand en uitgaand verkeer, waarvan dus het begin- en eindpunt niet beiden in de provincie liggen, tegen elkaar wegmiddelen.
- In de scenario's zijn veronderstellingen gedaan over de verdeling van het aantal auto's per energiedragertechniek. Uitgaande van een gelijke verdeling van gereden kilometers per voertuig, is deze verdeling toegepast op de totale hoeveelheid gereden kilometers per modaliteit. Omdat verschillende types voertuigen een ander energieverbruik hebben per gereden kilometer zijn deze verhoudingen niet terug te zien in het energiegebruik. De gehanteerde efficiëntieverhouding per energiedrager-techniek en modaliteit ten opzichte van een dieselmotor zijn weergegeven in Tabel 4.

⁶ Een aanname gebaseerd op dit artikel van de NOS uit 2018: [Automobilist rijdt dure snelwegpomp voorbij](#)

Tabel 2 - Overzicht belangrijkste scenario-uitgangspunten personenvervoer (auto's, tweewielers en ov: bussen, treinen en trams)

	2030	2050 - Regionaal	2050 - Nationaal	2050 - Europees	2050 - Internationaal
Focus	In lijn met het Klimaatakkoord. Prognose uit KEV gecombineerd met regionale correctie voor bevolkingsgroei en werkgelegenheid per gemeente	Door milieuzones, beleid en goede laadinfrastructuur wordt alle personenvervoer elektrisch	Nationale stimulering van elektrische voertuigen, voor lange afstand waterstof	Elektrische voertuigen dominant, maar concurreert met waterstof want CO ₂ -sturing is generiek	Merendeel elektrisch, maar ook ruimte voor waterstof en biobrandstoffen uit import
Gereden kilometers personenvervoer en ov	Conform bevolkingsgroei en werkgelegenheid per gemeente	Afname -0,75% p.j., conform I13050 met correctie nieuwbouw tussen 2030 en 2050 (0,89% p.j.)	Toename 0,25% p.j., conform I13050 met correctie nieuwbouw tussen 2030 en 2050 (0,89% p.j.)	Toename 1,25% p.j., conform I13050 met correctie nieuwbouw tussen 2030 en 2050 (0,89% p.j.)	Toename 1,25% p.j., conform I13050 met correctie nieuwbouw tussen 2030 en 2050 (0,89% p.j.)
Energiedragers auto's	Nationale mix conform KEV: 10,5% elektrisch 0,5% methaan 0,1% waterstof 5,9% biobrandstoffen 83,0% fossiel	100% elektrisch	95% elektrisch 5% waterstof	70% elektrisch 30% waterstof	50% elektrisch 40% waterstof 10% biobrandstof
Energiedragers motoren en fietsen	Motoren zijn meegenomen in de brandstofverdeling van personenauto's. Fietsen zijn buiten beschouwing gelaten (klein effect).				
Energiedragers ov	Bus: 75% elektrisch 23% fossiele brandstoffen 2% biobrandstoffen (ov-lijnbusen 100% elektrisch) Trein/tram: conform 2020 (100% elektrisch) met 3% groei per jaar	Bus: 100% elektrisch Trein/tram: 100% elektrisch	Bus: 75% elektrisch 25% waterstof Trein/tram: 100% elektrisch	Bus: 75% elektrisch 25% waterstof Trein/tram: 100% elektrisch	Bus: 75% elektrisch 15% waterstof 10% biobrandstoffen Trein/tram: 100% elektrisch
Opmerking	Alles toegepast ten opzichte van situatie in 2030.				

Tabel 3 - Overzicht belangrijkste scenario-uitgangspunten goederenvervoer (bestelauto's, vrachtauto's, mobiele werktuigen en goederentreinen)

	2030	2050 - Regionaal	2050 - Nationaal	2050 - Europees	2050 - Internationaal
Focus	Prognose uit KEV gecombineerd met regionale correctie voor bevolkings-groei en werkgelegenheid per gemeente	Door milieuzones, beleid en goede laadinfrastructuur wordt vrachtvervoer grotendeels elektrisch	Waterstof dominant, biobrandstof voor internationaal verkeer	CO ₂ -sturing is generiek, er is geen voorkeursbrandstof	Internationaal is biobrandstof de norm, daarom ook dominant in Nederland
Gereden kilometers vrachtvervoer	Conform prognose	Afname -1% p.j., conform II3050	Gelijk, conform II3050	Toename 1% p.j., conform II3050	Toename 1% p.j., conform II3050
Energiedragers vrachtvervoer	Nationale mix conform KEV. Bestelauto's incl. mobiele werktuigen: 3,9% elektrisch 0,5% methaan 0,0% waterstof 7,8% biobrandstoffen 87,9% fossiel Vrachtauto's: 1,0% elektrisch 0,6% methaan 0,0% waterstof 8,1% biobrandstoffen 90,3% fossiel	Bestelauto's incl. mobiele werktuigen en vrachtauto's: 75% elektrisch 15% waterstof 10% groengas	Bestelauto's incl. mobiele werktuigen en vrachtauto's: 25% elektrisch 50% waterstof 25% biobrandstof	Bestelauto's incl. mobiele werktuigen en vrachtauto's: 25% elektrisch 25% waterstof 25% groengas 25% biobrandstof	Bestelauto's incl. mobiele werktuigen en vrachtauto's: 25% elektrisch 25% waterstof 50% biobrandstof
Binnenvaart	Buiten beschouwing. Er wordt niet gebunkerd in Utrecht. Transitie binnenvaart is nog erg ongewis en heel moeilijk te voorspellen op regionaal niveau. We verwachten daarom geen significantie vraag naar energie-afname vanuit deze sector.				
Railverkeer (trein)	3% groei per jaar volgens opgave provincie	100% elektrisch Groei: conform II3050 railverkeer personenvervoer			
Opmerking	Alles toegepast ten opzichte van situatie in 2030				

Tabel 4 - Efficiëntieverhouding energiedrager-techniek per modaliteit in MJ/MJ diesel

Energiedrager-techniek	Auto	Bestelauto	Vrachtauto	Bus
(bio)Diesel	100%	100%	100%	100%
(bio)Benzine	99%	99%	N.v.t.	N.v.t.
LPG	109%	109%	109%	N.v.t.
Elektrisch	36%	47%	47%	50%
Waterstof	59%	71%	71%	75%
CNG (methaan)	85%	97%	112%	119%
LNG (methaan)	N.v.t.	N.v.t.	112%	119%

Bronnen o.a.: STREAM 2020, HBEFA4.1 en [DEEDS Europe: Mobility - Passenger Cars](#) uitgangspunt is verwachtte efficiënte in 2030 of 2020.

- Groei van woningen op woninglocaties na 2030 is meegenomen in de scenario's, uitgaande van een sterkere groei dan in Nederland gemiddeld. Die groei is per buurt meegenomen volgens dezelfde uitgangspunten als bij de analyse voor gebouwde omgeving (zie Hoofdstuk 4 Gebouwde omgeving). Over de hele provincie genomen komt de groei op circa 19% tussen 2030 en 2050 (0,89% groei per jaar). Groei van werklocaties zijn niet in beeld en zijn daarom niet aanvullend meegenomen ten opzichte van de groeifactoren in de scenario's.

Elektrische voertuigen

- In het Mobiliteitsprogramma 2019-2023 is afgesproken dat in 2030 alle lijnbussen in de provincie elektrisch zijn. Van alle voertuigkilometers van bussen in Nederland zijn in 2019 circa 75% voor rekening van lijnbussen in het openbaar vervoer (CBS, 2020). Op basis hiervan veronderstellen we dat in alle scenario's minimaal 75% van de gereden kilometers door bussen elektrisch is.
- Voor het laden van elektrische voertuigen hanteren we een vaste verdeling over de verschillende type laadpunten op basis van een verondersteld belangrijke gedragscomponent (een voorkeur voor thuisladen of werkladen bijvoorbeeld). De verdeling is bepaald op basis van inschattingen van ElaadNL over het aantal laadpunten in de provincie Utrecht in 2030 en 2035 (ElaadNL, 2019)⁷. Die dataset is ook gebruikt voor de regionalisatie van de laadenergie op basis van de laadpuntenverdeling in 2030. De laadpuntenverdeling is volgens de uitgangspunten van de Simulaad-studie van de Hogeschool van Amsterdam omgerekend naar een verdeling van de laadvraag per type laadpunt (HvA, 2020). Voor bestel- en vrachtauto's is een verdeling aangehouden die in een lopende studie van CE Delft voor de stad Tilburg is vastgesteld.

Tabel 5 - Verdeling per modaliteit naar type laadgedrag

Profiel	Thuisladen	Publiekladen	Werkladen	Klant/depotladen	Snelladen
Personenauto	34%	30%	30%	-	6%
Bestelauto	33%	29%	-	32%	6%
Vrachtauto	-	-	-	94%	6%

⁷ ElaadNL heeft de dataset achter deze studie (vertrouwelijk) beschikbaar gesteld.

- Elektrische bussen laden op de busstalling of bij grote busstations onderweg (opportunity charging). Er zijn verschillende mogelijke strategieën die variëren tussen volledig op depot, volledig onderweg of een combinatie hiervan (ElaadNL, 2017). Wij veronderstellen dat een 50%/50% verdeling van de laadvraag over deze twee locaties ontstaat.
- Voor elektrische voertuigen zijn de volgende methodes gebruikt om de energie te regionaliseren naar buurniveau:

Tabel 6 - Regionalisatiemethoden per modaliteit en profielcategorie voor elektrische voertuigen

Modaliteit	Profielcategorie	Verdeelsleutel regionalisatie naar buurt	Bron
Personenauto's	Thuisladen	Energieverbruik per gemeente verdeeld naar buurten in de gemeente. Verdeelsleutel: ElaadNL thuislaadpunten en publieke laadpunten (mensen zonder thuislaadpunt laden publiek, maar met een thuislaadprofiel; thuislaadpunten zijn overigens dominant in deze samenstelling) gecombineerd met het autobezit per buurt (handmatige correctie voor uitschieters door leasemaatschappijen), gecorrigeerd voor nieuwbouw van woningen tussen 2020 en 2030 (zodat nieuwbouwwijken ook toebedeeld worden). Na 2030 is groei nieuwbouw per buurt meegenomen.	ElaadNL, CBS
	Straatladen	Energieverbruik per gemeente verdeeld naar buurten in de gemeente. Verdeelsleutel: ElaadNL publieke laadpunten, bestemmingsladen en laadpleinen. Na 2030 is groei nieuwbouw per buurt meegenomen.	ElaadNL
	Werkladen	Energieverbruik per gemeente verdeeld naar buurten in de gemeente. Verdeelsleutel: ElaadNL werk laadpunten. Na 2030 is groei nieuwbouw van hele provincie meegenomen.	ElaadNL
	Snelladen	Energieverbruik in de provincie verdeeld naar buurten in de provincie. Snelladen gebeurt niet per se in de eigen gemeente, gezien de beperkte aantal locaties. Verdeelsleutel: ElaadNL snellaadpunten. Na 2030 is groei nieuwbouw van hele provincie meegenomen.	ElaadNL
Bestelauto's	Thuisladen	Energieverbruik per gemeente verdeeld naar buurten in de gemeente. Verdeelsleutel: ElaadNL thuislaadpunten en publieke laadpunten (mensen zonder thuislaadpunt laden publiek, maar met een thuislaadprofiel; thuislaadpunten zijn overigens dominant in deze samenstelling) gecombineerd met het autobezit per buurt, gecorrigeerd voor nieuwbouw van woningen tussen 2020 en 2030 (zodat nieuwbouwwijken ook toebedeeld worden).	ElaadNL, CBS
	Straatladen	Energieverbruik per gemeente verdeeld naar buurten in de gemeente. Verdeelsleutel: ElaadNL publieke laadpunten, bestemmingsladen en laadpleinen.	ElaadNL
	Klant en depotladen	Energieverbruik per gemeente verdeeld naar buurten in de gemeente. Verdeelsleutel: ElaadNL werklaadpunten.	ElaadNL
	Snelladen	Energieverbruik in de provincie verdeeld naar buurten in de provincie. Snelladen gebeurt niet per se in de eigen gemeente, gezien de beperkte aantal locaties.	ElaadNL MyLPG

Modaliteit	Profielcategorie	Verdeelsleutel regionalisatie naar buurt	Bron
		Energie verbruikt op niet-snelwegen wordt verdeeld volgende de verdeelsleutel ElaadNL snellaadpunten. Energieverbruik op snelwegen wordt verdeeld volgend de verdeelsleutel buurten met tankstations langs de snelweg.	
Vrachtauto's	Klant & depotladen	Energieverbruik per gemeente verdeeld naar buurten in de gemeente. Verdeelsleutel: ElaadNL vermogen depot laadpunten etrucks	ElaadNL
	Snelladen	Energieverbruik in de provincie verdeeld naar buurten in de provincie. Snelladen gebeurt niet per se in de eigen gemeente, gezien de beperkte aantal locaties. Energie verbruikt op niet-snelwegen wordt verdeeld volgende de verdeelsleutel ElaadNL snellaadpunten. Energieverbruik op snelwegen wordt verdeeld volgend de verdeelsleutel buurten met tankstations langs de snelweg.	ElaadNL MyLPG
Bus	Stationladen	Energieverbruik in de provincie verdeeld naar buurten met (grote) busstations.	Wikipedia
	Stallingladen	Energieverbruik in de provincie verdeeld naar buurten met busstallingen.	Wikipedia
Trein en tram		Inschatting naar buurten voor de huidige situatie is aangehouden, er zijn geen veranderingen verondersteld.	Inschatting Quintel

Voertuigen op waterstof en methaan

- Voor waterstof en methaan is een gelijke regionalisatie gebruikt. Het uitgangspunt hiervoor is tanken bij bestaande tankstations.
- Voor het deel van het energiegebruik dat langs de snelweg wordt getankt, is een verdeling voor de hele provincie aangehouden naar buurten met tankstations langs de snelweg ([Autogas Tankstations - myLPG.eu](#)).
- Voor het energiegebruik op niet-snelwegverkeer en het deel dat op snelwegen buiten de snelweg wordt getankt, is per buurt een toedeling naar de buurten met tankstations gebruikt (exclusief de tankstations langs de snelweg, bron: Open Streetmap). De maat voor de weegfactor van de toedeling naar tankstations is $1/(\text{afstand in km})^2$ (aanname o.a. op basis van [NRC 2021: Overal ter wereld reizen stedelingen in dezelfde patronen](#), waarbij de afstand de hemelsbrede afstand is tussen het centerpunt van een buurt en een tankstation met een maximum van 10 km (aanname). Er zijn mensen die tanken buiten de provincie en mensen die van buiten de provincie in Utrecht komen tanken, we hebben verondersteld dat dit ongeveer evenveel is en tegen elkaar wegvalt. Het resultaat is een tankstationmatrix.
- Voor bussen is aangenomen dat ze op de busstalling tanken.
- Tabel 7 geeft een overzicht per profielcategorie.

Tabel 7 - Regionalisatiemethoden per modaliteit en profielcategorie voor waterstof/methaanvoertuigen

Modaliteit	Profielcategorie	Verdeelsleutel regionalisatie naar buurt	Bron
Personenauto's	Niet-snelweg tanken	Energieverbruik in de provincie verdeeld naar buurten en toebedeeld aan nabijgelegen buurten in de met een tankstation. Verdeelsleutel: identiek aan thuisladen elektrische voertuigen (gaat met name uit van autobezit), gecombineerd met de tankstationmatrix. Na 2030 is groei nieuwbouw per buurt meegenomen.	ElaadNL, CBS, Open Streetmap
	Snelweg tanken	Energieverbruik in de provincie verdeeld naar buurten in de provincie. Verdeelsleutel: buurten met tankstations langs de snelweg. Na 2030 is groei nieuwbouw van hele provincie meegenomen.	MyLPG
Bestelauto's	Niet-snelweg tanken	Energieverbruik in de provincie verdeeld naar buurten en toebedeeld aan nabijgelegen buurten in de met een tankstation. Verdeelsleutel: werklocaties op basis van de ElaadNL werklaadpunten, gecombineerd met de tankstationmatrix.	ElaadNL, Open Streetmap
	Snelweg tanken	Energieverbruik in de provincie verdeeld naar buurten in de provincie. Verdeelsleutel: buurten met tankstations langs de snelweg.	MyLPG
Vrachtauto's	Niet-snelweg tanken	Energieverbruik in de provincie verdeeld naar buurten en toebedeeld aan nabijgelegen buurten in de met een tankstation. Verdeelsleutel: ElaadNL vermogen depot laadpunten etrucks (voor lokalisatie vraag), gecombineerd met de tankstationmatrix (voor lokalisatie afnamepunten).	ElaadNL, Open Streetmap
	Snelweg tanken	Energieverbruik in de provincie verdeeld naar buurten in de provincie. Verdeelsleutel: buurten met tankstations langs de snelweg.	MyLPG
Bus	Stalling tanken	Energieverbruik in de provincie verdeeld naar buurten met busstallingen.	Wikipedia

Voertuigen op (bio)diesel of (bio)benzine

Dit is de restpost in de analyse en is alleen ter informatie op provinciaal niveau in kaart gebracht omdat een doorrekening niet aan de orde is. Voor de verdeling naar type (bio)brandstof is dezelfde verdeling als voor 2030 aangehouden, waarbij er in de 2050-scenario's geen fossiele brandstoffen meer worden gebruikt.

3.3.2 Uitgangspunten scenario's

Scenario 2030

- Dit scenario sluit aan bij het Klimaatakkoord en is gebaseerd op een analyse van de nationale Klimaat- en Energieverkenning 2020 (KEV) (PBL, 2020). Op basis van de emissieregistratie, het energieverbruik in de KEV en de verwachte ontwikkeling in mobiliteit per gemeente in Utrecht, is per gemeente een prognose gemaakt van het energiegebruik per modaliteit en wegtype. De verwachte groei in mobiliteit is hierbij gebaseerd op de verwachte groei in inwoners en arbeidsplaatsen per gemeente.
- De Emissieregistratie geeft voor het jaar 2019 de Tank-To-Wheel-emissies per gemeente, uitgesplitst naar voertuigcategorie en wegtype. Op basis van deze emissies zijn de emissies in 2030 ingeschat volgens de methodiek die verder is toegelicht in (CE Delft, 2021). Deze methodiek maakt gebruik van landelijke ontwikkelingen van de CO₂-emissies per voertuigcategorie en correcties voor regionale verschillen in bevolkings- en

werkgelegenheids groei. De landelijke emissies zijn in lijn met (PBL, 2020). De cijfers voor de bevolkingsgroei zijn gebaseerd op de Regionale bevolkings- en huishoudensprognose 2019 (PBL & CBS, 2019) en de ontwikkeling van de werkgelegenheid per gemeente zijn in lijn met de onderliggende aannames zoals gehanteerd in het Landelijk Model Systeem. De regionale correcties zijn in Tabel 17 en Tabel 18 van Bijlage A weergegeven.

- De Tank-To-Wheel-emissies in 2030 zijn omgerekend naar brandstofverbruik. Dit is voor elke voertuigcategorie en wegtype in de volgende stappen gedaan:
 1. De emissies in 2030 zijn omgerekend naar PJ's fossiele energie. De gehanteerde emissiefactoren zijn in lijn met de KEV 2020.
 2. De verbruikte energie per brandstofsoort is bepaald op basis van het totale fossiele energieverbruik is bepaald met behulp van de brandstofmix in 2030 zoals aangenomen in de KEV 2020.
 3. Het totale verbruik dat volgt uit Stap 2 is omgerekend naar diesequivalenten.
- De nationale mix aan energiedragers uit de KEV is aangehouden, de verdeling in termen van voertuigkilometers/voertuigen is weergegeven in volgende tabel. Voor bussen is een andere verdeling aangehouden. In het Mobiliteitsprogramma 2019-2023 is afgesproken dat in 2030 alle lijnbussen in de provincie elektrisch zijn. Van alle voertuigkilometers van bussen in Nederland zijn in 2019 circa 75% voor rekening van lijnbussen in het openbaar vervoer (CBS, 2020). Daarmee is 75% elektrisch, voor het overige deel veronderstellen we (bio)brandstoffen.

Tabel 8 - Verdeling voertuigen per energiedrager-techniek en modaliteit

Energiedrager-techniek	Personenauto's	Bestelauto's	Vrachtauto's	Bussen
Elektrisch	10,5%	3,9%	1,0%	75,0%
Methaan	0,5%	0,5%	0,6%	0,0%
Waterstof	0,1%	0,0%	0,0%	0,0%
Fossiel	83,0%	87,9%	90,3%	23,4%
Biobrandstoffen	5,9%	7,8%	8,1%	1,6%

Opmerking: deze tabel toont feitelijk de verdeling in energieverbruik vergelijkbaar gemaakt door het om te rekenen in termen van PJ diesel, daarmee heeft het dezelfde verhouding als de gereden voertuigkilometer en schaal het ook met het aantal voertuigen, uitgaande van een gemiddeld aantal voertuigkilometers per voertuig.

- Uit de analyse volgen de volgende groeifactoren inclusief efficiëntieverbetering van voertuigen:
 - voertuigkilometers auto en bus: -0,35% per jaar;
 - voertuigkilometers bestel en vracht: 0% per jaar;
 - passagierskilometers trein en tram: 3% per jaar, volgens experts van de provincie.

Scenario's 2050

- Deze scenario's sluiten aan bij het gelijknamige I13050-scenario, dezelfde uitgangspunten worden gehanteerd en zijn opgenomen in de overzichtstabellen (Tabel 2 en Tabel 3).
- Aanvullend wordt de groei van woningen op woninglocaties na 2030 meegenomen in de scenario's, uitgaande van een sterkere groei dan in Nederland gemiddeld. Die groei is per buurt meegenomen volgens dezelfde uitgangspunten als bij de analyse voor de gebouwde omgeving. Over de hele provincie genomen komt de groei op circa 19% tussen 2030 en 2050 (0,89% groei per jaar). Groei van werklocaties zijn niet in beeld en zijn daarom niet aanvullend meegenomen ten opzichte van de groeifactoren in de scenario's.
- Groeifactoren worden toegepast ten opzichte van 2030, dat als uitgangsjaar dient.



- Uit de analyse volgen de volgende groeifactoren inclusief efficiëntieverbetering van voertuigen:
 - voertuigkilometers auto en bus: 0,17% (reg)/0,84% (nat)/1,51% (eur/int) per jaar;
 - voertuigkilometers bestel en vracht: -0,47% (reg)/0,20% (nat)/0,87% (eur/int) per jaar;
 - voertuigkilometers trein en tram: 3% per jaar, volgens experts van de provincie.

3.4 Overzicht belangrijkste bronnen

- Klimaat- en energieverkenning (KEV) 2020 (PBL, 2020);
- Klimaatmonitor (2019) (Rijkswaterstaat, lopend);
- Diverse Elaad-studies (zie bibliografie);
- Klimaatneutrale scenario's 2050 (Berenschot & Kalavasta, 2020);
- Emissiecijfers 2013-2019 (NEa, 2020).

Een volledig overzicht van de referenties en bronnen is opgenomen in Hoofdstuk 9.

4 Gebouwde omgeving

4.1 Beschrijving sector

De sector Gebouwde omgeving bevat in deze studie de woningen en utiliteiten in de provincie Utrecht. Voor utiliteiten maken we onderscheid tussen tien verschillende gebruiksfuncties; kantoor, winkel, gezondheidszorg, logies, onderwijs, industrie, bijeenkomst, sport, celfunctie en overig (volgens de CBS-indeling van utiliteiten). De utiliteit met de gebruiksfunctie industrie valt buiten de sector Gebouwde omgeving, maar het energiegebruik van de dienstensector is dus onderdeel van utiliteiten in de gebouwde omgeving. Industrie valt onder de sector Industrie (zie Hoofdstuk 6).

4.2 Modelleren en regionalisatie

De sector Gebouwde omgeving is in de provincie Utrecht verantwoordelijk voor een groot deel (ongeveer 44%) van het energieverbruik. De scenario's zijn bottom-up opgebouwd, met top-down-restricties per scenario. De modellering is gedaan met het CEGOIA-model dat is ontwikkeld door CE Delft. Het CEGOIA-model is een kostenoptimaliserend model dat op buurtniveau de warmtetechniek met de laagste nationale kosten toewijst. Met nationale kosten bedoelen we alle kosten die gemeoid zijn met het overstappen naar een aardgasvrije warmtetechniek onafhankelijk van wie deze kosten maakt. Ook de kosten die nu gesocialiseerd zijn, zoals kosten voor het gas- en elektriciteitsnet, vallen onder de nationale kosten. Voor meer informatie over het CEGOIA-model, zie volgend tekstkader.

Aan een aantal buurten hebben we de warmtetechniek top-down toegewezen. Dit zijn buurten waar een groot deel (meer dan 50%) van de buurt is aangesloten op een bestaand warmtenet, of buurten waar in de transitievisie warmte (TVW) van desbetreffende gemeente al een keuze voor een warmtetechniek is gemaakt.⁸ De groei van de energievraag door nieuwbouw is meegerekend in de woningvoorraad. De woningvoorraad is input voor het CEGOIA-model (zie ook Paragraaf 4.3.2).

Het CEGOIA-model

CEGOIA is een rekenmodel, ontwikkeld door CE Delft. Het berekent de nationale kosten van duurzame warmte-opties over de hele keten: productie, distributie, besparing en consumptie. De berekeningen worden gedaan op buurtniveau, waarbij het model de vele kenmerken van elke buurt meeneemt. Denk aan het huidige isolatieniveau, de dichtheid van de bebouwing en het type bebouwing. De buurtdata is afkomstig uit verschillende openbare bronnen waaronder de Basisregistratie Adressen en Gebouwen (BAG) (Kadaster, 2020) en de kerncijfers wijken en buurten van het CBS, (2019).⁹ Ook de technische mogelijkheden per buurt zitten in het model, zoals de afstand tot een restwarmtebron en de potentie aan geothermie of warmtekuudeopslag (wko). CEGOIA berekent welke energievoorziening in de gebouwde omgeving (woningen en utiliteitsbouw) de laagste kosten heeft, nu en in de toekomst. Deze kosten berekent CEGOIA op basis van een uitgebreide set aan kostenkennantallen uit diverse bronnen. Deze kostenkennantallen zijn in veel gevallen in lijn met de kostenkennantallen die gebruikt worden in het VESTA MAIS-model van PBL, dat onder anderen voor de Startanalyse is ingezet. Meer informatie over het CEGOIA-model is te vinden op de website CEGOIA.nl.

⁸ Een groot aantal buurten die een techniek toegewezen krijgen vanwege de TVW, krijgt een warmtenet toegewezen. Deze buurten samen met de buurten die al meer dan 50% warmtenet hebben, zijn 31% van de woningequivalenten in de provincie Utrecht. Met een woningequivalent bedoelen we een woning of 150 m² utiliteitsbouw.

⁹ Voor de berekeningen voor de provincie Utrecht is een versie van de BAG van mei 2020 gebruikt en de kerncijfers buurten en wijken van het jaar 2019. De resultaten zijn opgeleverd met de CBS buurtindeling 2018.

4.3 Uitgangspunten voor de scenario's

4.3.1 Overzicht



Tabel 9 - Overzicht van de belangrijkste uitgangspunten voor de gebouwde omgeving

	2030	2050 - Regionaal	2050 - Nationaal	2050 - Europees	2050 - Internationaal
Focus	Klimaatakkoord/KEV, huidige bekende plannen. Aansluiten bij beeld TNO/Ecorys	Optimistisch over geothermie, focus op lokale warmtenetten	Optimistisch over LT/MT-warmte (aquathermie), focus op all-electric met verregaande isolatie	Focus op gas: veel hybride met groengas, maar ook waterstof	Focus op waterstof
Nieuwbouwwoningen	O.b.v. openbare plannen uit planmonitor	Toename volgens Primos per gemeente tussen 2030 en 2050 naar rato van landoppervlak verdeeld over buurten, minus plannen en zoekgebieden die concreter gelokaliseerd konden worden uit o.a. Utrecht Nabij (middenwaarden ranges), Verstedelijkingsconcept, indicatieve plannen Amersfoort en Programma wonen en werken. Nieuwe woning is gelijk in oppervlak aan gemiddelde woning in buurt of 130 m ² .			
Elektriciteitsgebruik apparaten	1% p.j. groei van het aantal apparaten en 0,3% p.j. energiebesparing op apparaten; (10% efficiency verbetering in 2050 t.o.v. 2015); netto groei daarmee 0,7% p.j.				
Schillabel	Kostenoptimale isolatie	Minimaal label C	Minimaal label B	Minimaal label C	Minimaal label C
Randvoorwaarden CEGOIA	≤ 60% methaan (45% hr-ketel, 15% hybride WP) ≤ 31% warmtenet (w.v. max. 20% HT) ≤ 10% uit optimalisatie	≤ 20% methaan ≤ 55% warmtenet (w.v. max. 20% HT) ≤ 30% all-electric	≤ 20% methaan ≤ 31% warmtenet (w.v. max. 20% HT) ≤ 55% all-electric	≤ 35% methaan ≤ 31% warmtenet (w.v. max. 20% HT) ≤ 20% all-electric ≤ 20% waterstof	≤ 31% warmtenet (w.v. max. 20% HT) ≤ 15% all-electric ≤ 60% waterstof
Opmerking	Keuzes uit bekende TVW aangenomen als vast. Buurten met nu ≥50% warmtenet gaan helemaal over op warmtenetten	T.o.v. I13050: meer warmtenetten ten koste van all-electric, minder strikt label en bronnen	T.o.v. I13050: meer warmtenetten ten koste van methaan, minder strikt label en bronnen	T.o.v. I13050: meer warmtenetten ten koste van methaan/H ₂ , minder strikt label en bronnen	T.o.v. I13050: meer warmtenetten ten koste van all-electric, minder strikt label en bronnen
Warmtebronnen	Warmtebronnenkaart uit Openingsbod Stedin, variant Ruim warmte. Eneco STEG's rond 2030 vervangen door alternatief (zie aannames in Tabel 10). Naast de warmtebron zijn er ook piekvoorzieningen, dat zijn gasketels op waterstof of groengas afhankelijk van de focus van het scenario. Voor HT-netten zijn de aannames over piekvoorziening uit Tabel 10 gehanteerd.				
Geothermie	Zeer beperkt	Geothermie beschikbaar in straal van 10 km rondom 4 locaties proefboringen	Zeer beperkt	Zeer beperkt	Zeer beperkt
Prijzen	KEV 2019, 2030 prijzen	KEV 2019, in 2050 geen prijsverandering ten opzichte van 2030 voorzien			

Tabel 10 - Aangenomen uitgangspunten per scenario voor het bestaande warmtenet in de regio Utrecht-Nieuwegein

	2030	2050 - Regionaal	2050 - Nationaal	2050 - Europees	2050 - Internat.
Focus	Klimaatakkoord/KEV, huidige bekende plannen. Aansluiten bij beeld TNO/Ecorys	Optimistisch over geothermie, focus op lokale warmtenetten	Optimistisch over LT/MT warmte (aquathermie), focus op all-electric met verregaande isolatie	Focus op gas: veel hybride met groengas, maar ook waterstof	Focus op waterstof
STEG's	Ja, methaan/groengas ~60% warmtelevering net*	Ja, waterstof ~30% warmtelevering net*	Ja, waterstof ~60% warmtelevering net*	Ja, methaan/groengas ~60% warmtelevering net*	Ja, waterstof ~60% warmtelevering net*
BWI	Ja, biomassa ~30% warmtelevering net*	Ja, biomassa ~30% warmtelevering net*	Ja, biomassa ~30% warmtelevering net*	Ja, biomassa ~30% warmtelevering net*	Vervangen door waterstof ~30% warmtelevering net*
TEA RWZI Overvecht	Ja ~8% warmtelevering net*	Ja ~8% warmtelevering net*	Ja ~8% warmtelevering net*	Ja ~8% warmtelevering net*	Ja ~8% warmtelevering net*
TEO Vijfwal Houten	Ja ~2% warmtelevering net*	Ja ~2% warmtelevering net*	Ja ~2% warmtelevering net*	Ja ~2% warmtelevering net*	Ja ~2% warmtelevering net*
Geothermie	Nee	Ja ~30% warmtelevering net*	Nee	Nee	Nee
Piekvoorziening	Gasboiler op groengas	Elektrodeboiler	Elektrodeboiler	Gasboiler op groengas	Gasboiler op waterstof

* Opmerking: de percentages hebben betrekking op de warmtelevering in de basislast en niet de piekvoorziening. De genoemde percentages kunnen per scenario een paar procent hoger of lager zijn, omdat de warmtevraag per scenario verschilt. We hebben voor de relatief kleine warmtebronnen BWI, TEA en TEO een vaste waarde voor de warmtelevering verondersteld, variaties in de warmtevraag komen daarmee tot uiting in de inzet van de STEG's en geothermie.

4.3.2 Algemene uitgangspunten

Warmtebronnen

Warmtenetten worden gevoed door warmtebronnen. Om de potentie voor warmtenetten te bepalen is het van belang een goed beeld te hebben van de potentie van de verschillende warmtebronnen in de provincie Utrecht. Voor de potentie en locatie van warmtebronnen gebruiken we de ruimwarmteversie van de warmtebronnenkaart uit het Openingsbod Stedin, (2020), hiermee sluiten we ook aan bij de warmtebronnen die PBL in de Startanalyse gebruikt. Dit is de kaart waar ook potentie in zit voor aquathermie (thermische energie uit oppervlaktewater (TEO) en thermische energie uit afvalwater (TEA)). Deze kaart bevat ook de stoom- en gascentrales (STEG) van Eneco, in de volgende paragraaf gaan we hier specifiek op in.

In deze kaart is slechts zeer beperkt geothermie als warmtebron beschikbaar. Op basis van beschikbare openbare bronnen (ThermoGIS) kan er alleen technische potentie voor geothermie geïdentificeerd worden in een klein gebied nabij Oudewater. Aanvullende geothermiepotentie wordt alleen aangenomen in het 2050 regionaal-scenario. Hier nemen we aan dat geothermie beschikbaar is in de vier gebieden met een straal van 10 km om de locaties van de proefboringen bij Utrecht Science Park, Nieuwegein, Amersfoort en net over de provinciegrens, bij Renkum en omgeving (Provincie Utrecht, 2019). Deze aanname dekt een groot deel van het grondgebied van de provincie, in ieder geval de gebieden rondom de grote steden Utrecht en Amersfoort.

Beschikbaarheid van geothermie in de provincie

De uitgangspunten die nu gebruikt zijn voor het regionaal scenario, geven voldoende inzicht voor de impact die de beschikbaarheid van geothermie kan hebben op de infrastructuur. Geothermie wordt nu dus volop verondersteld in één hoekpunt van het scenariovlak dat wordt opgespannen door de vier 2050-scenario's. Binnen het regionale scenario past geothermie goed in de storyline, waar de andere scenario's juist sterker focussen op bijna volledig elektrificatie of gasvormige invulling van de warmtevraag.

Op het moment van uitwerken van de scenario's was er weinig tot geen informatie beschikbaar over het potentieel voor geothermie in de ondergrond van de provincie Utrecht. We hebben er daarom voor gekozen om alleen in het regionale scenario geothermie te veronderstellen, aangezien het potentieel onbekend was. De provincie Utrecht zet volop in om de potentie van geothermie beter in kaart te krijgen. Een paar maanden na het opstellen van de scenario's zijn meer gegevens beschikbaar gekomen. PanTerra heeft in een studie het potentieel voor geothermie beter in kaart gebracht. Er lijkt vooral aan de noord- en oostkant van de provincie potentieel voor geothermie, maar er zijn ook nog veel onzekerheden over hoe groot het potentieel daadwerkelijk is. Er zijn ook grote gebieden waar geothermie geen logische warmtebron is. PanTerra geeft aan dat dat in de toekomst kan veranderen als er nieuwe ontwikkelingstechnieken beschikbaar komen.

De uitgangspunten die nu gebruikt zijn voor het regionaal scenario, geven voldoende inzicht voor de impact die de beschikbaarheid van geothermie kan hebben op de infrastructuur. Geothermie wordt nu dus volop verondersteld in één hoekpunt van het scenariovlak dat wordt opgespannen door de vier 2050-scenario's. Binnen het regionale scenario past geothermie goed in de storyline, waar de andere scenario's juist sterker focussen op bijna volledig elektrificatie of gasvormige invulling van de warmtevraag.

Aannames warmtenet regio Utrecht-Nieuwegein

Ons uitgangspunt is dat gebouwen die zijn aangesloten op bestaande warmtenetten, in de toekomst ook aangesloten blijven op warmtenetten. Het gaat immers om kostbare infrastructuur die via het verduurzamen van de warmtebronnen goed klimaatneutraal is te maken. Het warmtenet van Eneco in de regio Utrecht-Nieuwegein is één van de grootste warmtenetten in Nederland en wordt nu voor de basislast voorzien door twee stoom- en (aard)gascentrales (STEG) in of nabij Lage Weide en de BioWarmteInstallatie (BWI) Lage Weide. Eneco heeft plannen om de komende jaren het warmtenet te verduurzamen en het gebruik van aardgas naar nul terug te brengen. Hiervoor zijn verschillende scenario's denkbaar waarbij een mix aan verschillende bronnen zal worden ingezet, zoals geothermie, TEO/TEA¹⁰, waterstofcentrales, (elektrische) boilers, etc. Hoe en op welk moment dit zich precies zal ontwikkelen is nog niet duidelijk. Wij hebben daarom de bestaande openbare plannen (zie hieronder), routekaarten (Eneco, 2018, Eneco, 2020, Eneco, 2021c) en de met ons gedeelde scenario's gebruikt, om een eigen invulling te geven aan de scenario's van de systeemstudie, die in lijn zijn met de hoekpunten die deze scenario's beschrijven. De invulling gaat met name over hoe de bestaande STEG's als basislastvoorziening voor het bestaande warmtenet anders ingevuld kan worden, binnen de context van de scenario's die dienen om de impact op de infrastructuur helder te krijgen. Eventueel uitbereidingen van het warmtenet en de bijbehorende warmtebronnen zijn niet concreet bepaald, maar is gedekt door de CEGOIA-analyse die voor de buurten buiten het Eneco warmtenet is uitgevoerd. De daadwerkelijke invulling die Eneco gaat geven aan de bronnen(mix) van het warmtenet zal uiteindelijk anders kunnen zijn, de werkelijkheid zal naar verwachting altijd ergens in het midden van de hoekpuntscenario's uitkomen.

De invulling die wij gegeven hebben aan de warmtevraag die nu door de bestaande STEG's wordt geleverd, verschilt per scenario en is weergegeven in Tabel 10. De invulling bestaat uit de volgende warmtebronnen (al dan niet gecombineerd met thermische opslag):

- TEO Vijfwal Houten (ca. 109 TJ/jaar)(Eneco, 2021d);
- TEA Overvecht (ca. 400 TJ/jaar)(Eneco, 2021b);
- BWI Lage Weide (ca. 1.600 TJ/jaar) (Eneco, 2021a);
- het restant wordt voorzien door een (kleinere) STEG op waterstof of groengas op/nabij Lage Weide, waarbij de piek wordt ingevuld met elektrodeboilers of boilers op groengas of waterstof.

In het scenario regionaal is het uitgangspunt dat er veel potentieel is voor geothermie, we veronderstellen daarom in dit scenario dat geothermie ten opzichte van andere scenario's de helft van de STEG warmtelevering overneemt.

¹⁰ TEO staat voor Thermische Energie uit Oppervlaktewater en TEA voor Thermische Energie uit Afvalwater.

In beide gevallen gaat het om aquathermie, maar bij TEA wordt de warmte gewonnen uit het afvalwater bij een rioolwaterzuivering (RWZI).

Nieuwbouw

Voor de energievraag is het van belang om ook nieuw te bouwen gebouwen mee te nemen. Met name voor woningbouw zijn er forse uitbereidingsplannen in de provincie Utrecht. Voor utiliteitsgebouwen/dienstensector zijn er geen concrete verwachtingen en veronderstellen we (netto) geen grote veranderingen¹¹. Voor woningen nemen we de bestaande nieuwbouwplannen uit de Planmonitor Wonen mee (Planmonitor Wonen, lopend). Dit zijn plannen op buurtniveau en voor de periode tussen nu en 2030.

Na 2030 zijn de plannen voor nieuwbouwwoningen minder concreet, het zijn ranges voor aantallen nieuwbouw en grotere zoekgebieden. We gaan uit van het gemiddelde van een range en verdelen de nieuwbouw over de buurten in de zoekgebieden naar rato van landoppervlak. Bronnen voor de nieuwbouw na 2030 zijn het rapport 'Utrecht Nabij' (U Ned, 2020), het verstedelijkingsconcept (vertrouwelijke informatie) en de indicatieve plannen voor Amersfoort (vertrouwelijke informatie). In 'Utrecht Nabij' staan plannen voor 7.400 woningen in vitale kernen. Omdat er geen locatie voor deze woningen wordt aangegeven, nemen we deze niet mee in de CEGOIA-analyse.

Verder doen we voor nieuwbouwwoningen de volgende aannames:

- Het oppervlak van een nieuwe woning is gelijk aan het gemiddelde oppervlak van de woningen in desbetreffende buurt.
- Wanneer er nog geen woningen in die buurt staan, is het standaardoppervlak 130 m². Dit sluit aan bij de waarde die het ECW als woningequivalent hanteert (ECW, 2019).

Bovenop de gemaakte plannen nemen we ook de plannen per gemeente uit het document 'Programma wonen en werken' (Provincie Utrecht, 2021) van de provincie Utrecht mee. Per gemeente trekken we hier de plannen uit de planmonitor van af en de overige nieuwbouw verdelen we over de buurten in de gemeente naar rato van landoppervlak van de buurt.

Na 2030 zijn er maar weinig concrete plannen, we gaan hier uit van de voorspelling voor de woningvoorraad (nieuwbouw minus sloop) van Primos (ABF Research, 2019). Per gemeente bepalen de nieuwbouw na 2030 door het verschil te bepalen in de woningvoorraad tussen 2050 en 2030. Van deze nieuwbouw trekken we de plannen die we al hebben meegenomen af. De rest verdelen we naar rato van landoppervlak over de buurten in de gemeente.

Isolatie niveau

Het CEGOIA-model gaat standaard uit van kostenoptimale isolatie van woningen. Daarnaast is het mogelijk een minimumisolatieniveau op te leggen. Alle woningen zullen minimaal tot dit niveau isoleren, en mogelijk verder wanneer dat kostenoptimaal is.

In 2030 gaan we uit van alleen kostenoptimale isolatie, de verwachting is dat tussen nu en 2030 nog lang niet alle woningen goed geïsoleerd zullen zijn. Voornamelijk daar waar het kostenbesparend is, zullen woningen isoleren en verder worden nieuwe woningen volgens de laatste normen en eisen gebouwd.

¹¹ Het gebouwgebonden energieverbruik van de dienstensector neemt niet per se toe bij een toename van de economische output. Bij de stakeholdersessies is gevraagd naar verwachte groei in de dienstsector. Daar waren een aantal van mening dat de dienstsector juist zou krimpen, anderen verwachtten een zeer beperkte groei. We hebben de dienstsector daarom gelijk gehouden. Het is onzeker wat de gevolgen zullen zijn voor de 'stenen' kantoren en winkels, ook als gevolg van onzekerheid rondom in de gevolgen van thuiswerken en meer online shoppen.

In de 2050-scenario's gaan we uit van minimale isolatie naar label C of label B. Woningen met label C zijn geschikt om verwarmt te worden met middentemperatuurwarmte (~70 °C). Woningen met label B zijn geschikt om verwarmt te worden met laagtemperatuurwarmte (< 55 °C), een warmtepomp is een voorbeeld van een laagtemperatuurwarmtetechniek.

Isoleren naar label B houdt in dat verregaande isolatiemaatregelen genomen moeten worden, die voor sommige, voornamelijk zeer oude, woningen erg duur en lastig zullen zijn. Dat alle woningen naar minimaal dit niveau isoleren is mogelijk, maar het zal een grote uitdaging zijn. Daarom nemen we slechts in één van de vier 2050-scenario's (nationale sturing) minimaal label B aan.

Isoleren naar minimaal label C is wel realistisch ook voor oudere woningen en dit komt overeen met de 'Standaard en streefwaarden' zoals die nu gepresenteerd zijn (zie tekstkader). Ook in de scenario's met minimaal label C, zullen veel woningen nog steeds naar label B isoleren, omdat dit kostenoptimaal is, of omdat het een vereiste is voor de toegepaste warmtetechniek.

De Standaard

In het nationale Klimaatakkoord is afgesproken dat er een 'Standaard' met bijbehorende streefwaarden voor individuele bouwdelen (zoals muren, vloer en glas) komt voor het isolatieniveau van woningen. De Standaard moet woningeigenaren, verhuurders en particulieren meer duidelijkheid geven over wat als goede en toekomstbestendige woningisolatie wordt beschouwd. Met isoleren naar de Standaard worden woningen voorbereid op verwarming met lagere temperaturen dan nu gebruikelijk is.

In de kamerbrief over de Standaard voor woningisolatie van 18 maart 2021 (Ministerie van BZK, 2021) staat dat wanneer woningen worden geïsoleerd volgens de voorgestelde Standaard, dit betekent dat woningen van na 1945 geschikt zijn voor verwarming met warmte van 50 °C. Dit komt ongeveer overeen met het energielabel B. Bij oudere woningen ontbreekt vaak een spouwmuur, waardoor verduurzamen tot dat niveau meer kostbaar en ingrijpend is. Voor woningen van voor 1945 geldt daarom een lagere standaard, namelijk isoleren tot een niveau dat deze woningen kunnen worden verwarmd met warmte van 70 °C. Dit komt ongeveer overeen met energielabel C.

Datacenters

De provincie Utrecht voert beleid op datacenters dat erop is gericht dat geen nieuwe datacenters zich vestigen in de provincie. Om deze reden veronderstellen we in drie van de vier scenario's geen groei in datacenters ten opzichte van de huidige situatie. Gezien de landelijk verwachte toename in datacenters, is het erg onwaarschijnlijk dat de huidige datacenters verdwijnen. Om rekening te houden met de mogelijkheid dat datacenters toch uitbreiden of dat nieuwe datacenters zich in de provincie vestigen, nemen we in het scenario nationale sturing wel groei van datacenters aan.

4.3.3 Uitgangspunten per scenario

Scenario 2030

In het 2030-scenario sluiten we zo goed mogelijk aan bij de studie van Ecorys & TNO, (2020). Een minimaal isolatieniveau voor alle woningen achten we niet realistisch in 2030, we nemen daarom kostenoptimale isolatie aan.

De verdeling van het aantal woningen en woningequivalenten¹² (weq) per warmtetechniek in dit scenario is:

- ≤ 60% methaan technieken (45% hr-ketel en 15% hybride warmtepomp);
- ≤ 31% warmtenetten, waarvan maximaal 20% een hogetemperatuur (HT) warmtenet is (dit zijn de huidige warmtenetten);
- de rest volgt uit het CEGOIA-model.

We veronderstellen geen groei of krimp in het energieverbruik van datacenters.

Regionale sturing

In het scenario regionale sturing zijn we optimistisch over de potentie van geothermie. We nemen geothermiepotentie mee zoals beschreven in Paragraaf 4.3.2. In dit scenario focussen we op lokale warmtenetten. Voor veel warmtenetten is geen verregaande isolatie vereist en voldoet label C. Het minimale isolatieniveau in dit scenario is daarom label C. De verdeling van het aantal woningen en weq per warmtetechniek in dit scenario is:

- ≤ 20% methaan technieken (hybride warmtepompen);
- ≤ 30% all-electric-warmtepompen;
- ≤ 55% warmtenetten, waarvan maximaal 20% HT-netten.

We veronderstellen geen groei of krimp in het energieverbruik van datacenters.

Nationale sturing

In het scenario nationale sturing is veel ruimte voor lagetemperatuur (LT) en midden-temperatuur (MT) warmteoplossingen. In dit scenario zijn mogelijkheden voor LT- en MT-warmtenetten gevoed door aquathermie eventueel opgewaardeerd door middel van een collectieve warmtepomp. De focus in dit scenario ligt op all-electric-oplossingen met verregaande isolatie naar label B. Daarom gaan we in dit scenario uit van minimale isolatie naar label B.

De verdeling van het aantal woningen en weq per warmtetechniek in dit scenario is:

- ≤ 20% methaan technieken (hybride warmtepompen);
- ≤ 31% warmtenetten, waarvan maximaal 20% HT-netten;
- ≤ 55% all-electric-warmtepompen.

We veronderstellen een groei in het energieverbruik van datacenters die overeenkomt met de verwachte landelijke groei uit I13050.

Europese sturing

In het scenario Europese sturing ligt de focus op gas, voornamelijk methaan (waaronder groengas), maar ook waterstof. Voor duurzame gastechnieken is geen verregaande isolatie vereist en voldoet label C. Het minimale isolatieniveau in dit scenario is daarom label C. De verdeling van het aantal woningen en weq per warmtetechniek in dit scenario is:

- ≤ 35% methaan technieken (hybride warmtepompen);
- ≤ 31% warmtenetten, waarvan maximaal 20% HT-netten;
- ≤ 20% all-electric-warmtepompen;
- ≤ 20% waterstof technieken (hybride warmtepompen).

We veronderstellen geen groei of krimp in het energieverbruik van datacenters.

¹² Met een woningequivalent bedoelen we een woning of 150 m² utiliteitsbouw.

Internationale sturing

In het scenario Internationale sturing gaan we uit van een internationale waterstofmarkt, er is veel waterstof beschikbaar voor de gebouwde omgeving. In dit scenario is daarom geen methaan beschikbaar. Waterstoftechnieken vereisen geen verregaande isolatie, label C voldoet. Het minimale isolatieniveau in dit scenario is daarom label C.

De verdeling van het aantal woningen en weq per warmtetechniek in dit scenario is:

- ≤ 31% warmtenetten, waarvan maximaal 20% HT-netten;
- ≤ 15% all-electric-warmtepompen;
- ≤ 60% waterstof technieken (hybride warmtepompen).

We veronderstellen geen groei of krimp in het energieverbruik van datacenters.

4.4 Overzicht belangrijkste bronnen

De volgende informatiebronnen zijn geraadpleegd bij het opstellen van de scenario's:

- Het nationale Klimaatakkoord (Rijksoverheid, 2019):
 - Input voor het 2030-scenario.
- I13050 (Berenschot & Kalavasta, 2020):
 - Input voor scenario's 2050.
- Het Openingsbod (Stedin, 2020):
 - Input voor de potentie en locatie van warmtebronnen.
- CBS-kerncijfers wijken en buurten 2018 en 2019 (CBS, 2018, CBS, 2019).
- Planmonitor wonen (Planmonitor Wonen, lopend):
 - Input voor woningvoorraad in 2050 en 2030.
- Eindrapport Utrecht Nabij (U Ned, 2020):
 - Input voor woningvoorraad in 2050 en 2030.
- Verstedelijkingsconcept:
 - Input voor woningvoorraad in 2050 en 2030 (vertrouwelijke informatie provincie).
- Nieuwbouwplannen Amersfoort:
 - Input voor woningvoorraad in 2050 en 2030 (Quintel Intelligence, 2021).
- Ontwerp programma wonen en werken (Provincie Utrecht, 2021):
 - Input voor woningvoorraad in 2050 en 2030.
- Primos (ABF Research, 2019):
 - Input voor woningvoorraad in 2050.
- Transitievisies warmte (TVW) van de gemeentes in de provincie Utrecht. De TVWs die we hebben geraadpleegd zijn van de volgende gemeentes:
 - Amersfoort;
 - Baarn;
 - Houten;
 - Leusden;
 - Utrecht;
 - Utrechtse Heuvelrug;
 - Veenendaal;
 - Zeist.

De TVWs van overige gemeentes waren nog niet ver genoeg gevorderd om mee te kunnen nemen in deze studie.

- In de TVWs zijn buurten aangewezen waar gemeentes voor 2030 gaan beginnen. Wanneer de gemeente ook een warmtetechniek heeft toegewezen aan deze buurten, hebben we in alle scenario's ook die warmtetechniek aan de betreffende buurt toegewezen.
- Aardwarmte projecten LEAN en GOUD (Warmtebron Utrecht, 2020):
 - de locatie voor proefboringen voor geothermie.
- Bron voor geothermie Amersfoort (Gemeente Amersfoort, 2020):
 - de locatie voor proefboringen voor geothermie.

5 Landbouw

5.1 Beschrijving sector

De sector Landbouw is, wat betreft het energieverbruik, een relatief kleine sector in de provincie Utrecht. In Nederland is de glastuinbouw verantwoordelijk voor het grootste aandeel energieverbruik in de landbouw. In de provincie Utrecht zijn er slechts twee glastuinbouwgebieden (Harmelerwaard en polder Derde Bedijking bij Mijdrecht). In de provincie Utrecht is de melkveehouderij de grootste sector binnen de landbouw, gevolgd door de overige graasdieren. Verder is er intensieve veehouderij te vinden, vooral in het oosten van de provincie, en fruitteelt voornamelijk in het Kromme Rijngebied. Wanneer we spreken over het energieverbruik van deze sector, bedoelen we het elektriciteits-, gas- en warmteverbruik. Het energieverbruik voor agrarische voertuigen valt buiten de landbouwsector, dat nemen we mee onder de categorie mobiele werktuigen in de sector Mobiliteit.

5.2 Modelling en regionalisatie

De scenario's zijn top-down gemodelleerd, waarbij wel rekening is gehouden met enkele bottom-up-kenmerken zoals de verwachte verandering in glastuinbouwareaal. De ontwikkelingen in het energieverbruik tussen de glastuinbouw en veeteelt verschillen sterk, daarom is er een onderscheid gemaakt in de modellering voor glastuinbouw en de veeteelt. De regionalisatie is op buurtniveau en voor de energieverbruiken in 2030 en 2050 is voortgebouwd op de historische energieverbruiken per buurt in 2020. Omdat de locatie van het opgesteld vermogen van warmtekrachtkoppeling (wkk's) niet bekend is, hebben we het opgesteld vermogen naar rato van gasverbruik voor de glastuinbouw over de buurten verdeeld. We nemen dus aan dat wkk's alleen in buurten waar glastuinbouwareaal is staan, en hoe meer gasverbruik in die buurt is, hoe meer vermogen daar staat opgesteld. In de glastuinbouw is het gebruik van wkk's veel voorkomend¹³, bij overig landbouw- en veeteeltbedrijven is dat meestal niet het geval.

5.3 Uitgangspunten voor de scenario's

5.3.1 Overzicht en algemene uitgangspunten

In Tabel 11 staat een overzicht van de uitgangspunten voor de scenario's voor de sector Landbouw. Het is aannemelijk dat het glastuinbouwgebied bij Harmelerwaard zal verdwijnen (Gemeente Woerden, 2021). In alle scenario's nemen we aan dat dit glastuinbouwgebied niet meer bestaat en dat er geen andere landbouw voor in de plaats komt. Voor de overige landbouw verwachten we een krimp van de veestapel van 0,23% per jaar en algemene besparingen van 1% per jaar (PBL, 2019b).

Voor het scenario 2030 volgen we de voorspellingen van de Klimaat- en energieverkenning (KEV) van het PBL. Voor de 2050-scenario's sluiten we zo goed mogelijk aan bij II3050. In II3050 ligt de focus volledig op de glastuinbouw. Omdat de glastuinbouw in de provincie Utrecht maar zeer beperkt aanwezig is, hebben we de scenario's wat vereenvoudigd en

¹³ We hebben de aanname gedaan dat alle warmte van wkk's door de tuinders zelf gebruikt wordt en dat (vrijwel) alle geproduceerde elektriciteit geleverd wordt aan het net.



sluiten we wat meer aan bij de gebouwde omgeving. In II3050 zijn er geen verschillende scenario's voor de overige landbouw. We kiezen ervoor om voor het gasverbruik van de overige landbouw aan te sluiten bij het gasverbruik in de verschillende scenario's van de gebouwde omgeving.

Tabel 11 - Overzicht belangrijkste uitgangspunten voor de landbouw

	2030	2050 - Regionaal	2050 - Nationaal	2050 - Europees	2050 - Internationaal
Focus	Behoudend en KEV	Globaal conform II3050			
Energiedragers GTB	100% methaan (wkk-behoud)	100% geothermie (bron net buiten provincie) met methaan back-upketels	100% aquathermie met WP en elektrische back-up	100% methaan (wkk-behoud)	100% waterstof
Energiedragers veeteelt	100% methaan	100% methaan	100% methaan	60% methaan 40% waterstof	100% waterstof
Afname veestapel	-2,3% (KEV)				
Energiebesparing (veeteelt)	-1% per jaar (Algemene besparing KEV)				
Glastuinbouw	Glastuinbouw in de Harmelerwaard verdwijnt, De Ronde Venen blijft gelijk in areaal				

5.3.2 Uitgangspunten per scenario¹⁴

Scenario 2030

Omdat de landbouwsector een relatief kleine sector is in de provincie Utrecht nemen we aan dat hier tot 2030 nog geen grote ontwikkelingen hebben plaatsgevonden. De glastuinbouwbedrijven maken nog steeds gebruik van wkk's op methaan. Ook het gasverbruik van de overige landbouw wordt ingevuld door methaan. Wel is het glastuinbouwgebied bij Harmelerwaard verdwenen. Daarnaast passen we de algemene krimp van de veestapel en algemene besparing toe.

Regionale sturing

In het scenario Regionale sturing zijn we optimistisch over de mogelijkheden voor geothermie voor de glastuinbouw. Het hele glastuinbouwgebied bij Mijdrecht stapt over op een warmtenet gevoed door geothermie met methaan back-upketels. De wkk-installaties verdwijnen bij de glastuinders. Het gasverbruik van overige landbouw wordt ingevuld door methaan.

¹⁴ In de kwantitatieve uitwerking naar de dataset is de halvering van het glastuinbouwgebied Harmelerwaard per abuis niet goed meegenomen in de scenario's regionale sturing en nationale sturing. In het internationale scenario is er iets te veel waterstofvraag opgevoerd. Hoewel niet juist, heeft dit geen gevolgen voor de uitkomsten van de studie omdat de glastuinbouw zo'n kleine sector is in Utrecht.

Nationale sturing

In het scenario Nationale sturing zijn we optimistisch over de ontwikkelingen van aquathermie voor de glastuinbouw. Het glastuinbouwgebied bij Mijdrecht stapt over op een warmtenet gevoed door warmte uit aquathermie die wordt opgewaardeerd naar midden-temperatuurwarmte. De back-up voorziening van dit warmtenet wordt ook elektrisch voorzien. De wkk-installaties verdwijnen bij de glastuinders. Het gasverbruik van overige landbouw wordt ingevuld door methaan.

Europese sturing

In het scenario Europese sturing komt er geen warmtenet voor het glastuinbouwgebied bij Mijdrecht. De glastuinders blijven gebruik maken van de wkk's die op methaan draaien. Het gasverbruik van de overige landbouw wordt voor 60% voorzien door methaan en voor 40% door waterstof.

Internationale sturing

In het scenario internationale sturing sluiten we wat betreft energieverbruik aan bij de gebouwde omgeving. Er is veel waterstof beschikbaar en hier maken zowel de glastuinbouw als de overige landbouw gebruik van. In dit scenario hebben de glastuinders geen wkk's meer, maar verwarmen ze hun kassen met gasketels op waterstof. De gasvraag van de overige landbouw wordt ook volledig ingevuld door waterstof.

5.4 Overzicht belangrijkste bronnen

- Klimaat - en energieverkenning 2019 (PBL, 2019b):
 - Input voor de groei/krimp van de landbouw.
- Bestand bodemgebruik CBS en BAG (CBS, 2015, Kadaster, 2020):
 - Locatie van glastuinbouwgebieden.
- I13050 (Berenschot & Kalavasta, 2020).
- Brief gemeente Woerden over glastuinbouwgebied bij de Harmelerwaard (Gemeente Woerden, 2021).

6 Industrie

6.1 Beschrijving sector

De industriesector is in Nederland de grootste sector wat betreft energiegebruik, het omvat bijna 45% van het totale energiegebruik (PBL, 2020). In de provincie Utrecht is de omvang van de industrie relatief beperkt, het energiegebruik van de industrie is slechts 10% van het totale energiegebruik in de provincie (Rijkswaterstaat, lopend). In Utrecht gaat het voornamelijk om kleinere industrie, bijvoorbeeld op bedrijventerreinen. Er zijn enkele grotere en energie-intensievere bedrijven zoals chemiebedrijf BASF, aluminiumbedrijf Nedal (beiden in Utrecht), glasbedrijf O-I in Vijfheerenland en enkele papier- en voedingsmiddelenfabrieken.

6.2 Modelling en regionalisatie

Het energiegebruik van de industrie is top-down bepaald. Het huidige energiegebruik per gemeente (Rijkswaterstaat, lopend) dient als basis voor het energiegebruik van 2030 en 2050. De nationale trends in het energiegebruik zijn geprojecteerd op het huidige energiegebruik. Voor 2030 zijn hiervoor de prognoses van het PBL voor de uitwerking van het Klimaatakkoord (PBL, 2019a) gebruikt. Voor 2050 gebruiken we de vier klimaatneutrale scenario's van I13050 (Berenschot & Kalavasta, 2020).

De verdere regionalisatie van de energievraag van de industrie van gemeenteniveau naar buurniveau gebeurt op basis van het vloeroppervlak van de industrie, zoals deze gegeven is in de BAG (Kadaster, 2020). Het energiegebruik van ETS-bedrijven wordt apart ingeschat en meegenomen. In de provincie Utrecht gaat dit om twee bedrijven (NEa, 2020).

6.3 Uitgangspunten per scenario

6.3.1 Overzicht

Tabel 12 - Overzicht uitgangspunten per scenario industrie

	2030	2050 - Regionaal	2050 - Nationaal	2050 - Europees	2050 - Internationaal
Focus	Klimaatakkoord/KEV	Krimp industrie Focus op elektrificatie	Stabiele omvang industrie Focus op elektrificatie	Groei industrie Focus op hybride elektrificatie en CCS	Groei industrie Focus op hybride elektrificatie en waterstof
Methodologie	– Schalen energiegebruik per buurt 2030 op basis van nationale ontwikkelingen – Prognose PBL van effecten KA op energiegebruik	– Schalen energiegebruik per buurt 2030 op basis nationale ontwikkelingen – Prognoses energiegebruik subsectoren I13050 als basis			

	2030	2050 - Regionaal	2050 - Nationaal	2050 - Europees	2050 - Internationaal
Resultaten	T.o.v. 2020: Methaan -30% Elektriciteit + 5%	T.o.v. 2030: Methaan -95% Elektriciteit + 85% Geen water- stof	T.o.v. 2030: Methaan -100% Elektriciteit + 150% -10% waterstof	T.o.v. 2030: Methaan +5% Elektriciteit + 5% -15% waterstof	T.o.v. 2030: Methaan -90% Elektriciteit + 200% -20% waterstof
Opmerkingen	Lager gasgebruik dan Ecorys/TNO-studie door ander, meer gedetailleerde aanpak.	Regionalisatie II3050 leverde onrealistische waardes op, dus huidig energiegebruik als regionalisatie gebruikt. Energieverbruik daardoor hoger dan in II3050.			

6.3.2 Uitgangspunten

Scenario 2030

De ontwikkelingen van de industrie richting 2030 worden voornamelijk aangejaagd door de maatregelen uit het Klimaatakkoord. In dit scenario is een inschatting gemaakt van de energievraag van de industrie per buurt in 2030, op basis van het huidige energieverbruik en trends die te verwachten zijn op basis van het Klimaatakkoord. Deze methodiek komt overeen met de methodiek die gebruikt is door TNO en Ecorys bij het opstellen van de 2030-scenario's voor Utrecht in hun rapport (Ecorys & TNO, 2020).

Meestal is de Klimaat- en Energieverkenning (KEV)(PBL, 2020) de beste graadmeter voor de ontwikkeling van de energievraag richting de toekomst. Maar in de KEV is het belangrijkste beleidsmiddel uit het Klimaatakkoord voor verduurzaming van de industrie richting 2030, de CO₂-heffing, nog niet meegenomen. Het PBL heeft een inschatting gemaakt van de effecten van het Klimaatakkoord op het totale energiegebruik (PBL, 2019a). Hier sluiten de berekeningen bij aan zodat het scenario in lijn is met de prognose van het PBL. Hieruit volgt dat in 2030 naar verwachting 52% van de energievraag van de industrie in Utrecht ingevuld wordt met aardgas en 48% van de energievraag met elektriciteit. In 2030 wordt nog geen groot-schalige inzet van waterstof verwacht in de industrie.

Scenario's 2050

We maken voor de invulling van de 2050-scenario's gebruik van de vier hoofdrichtingen conform de rapportage Klimaatneutrale energiescenario's 2030-2050 (II3050)(Berenschot & Kalavasta, 2020). Vanuit deze studie zijn scenario's ontwikkeld voor de verschillende subsectoren van de industrie. Tabel 13 geeft een samenvatting van de ontwikkelingen van de subsectoren van de industrie die in Utrecht aanwezig zijn in de vier scenario's.

Tabel 13 - Scenarioveronderstellingen energiegebruik in industrie II3050 voor subsectoren actief in Utrecht

	2050 Regionaal	2050 Nationaal	2050 Europees	2050 Internationaal
Voedingsmiddelen	19% methaan 81% elektriciteit 0% waterstof	0% methaan 82% elektriciteit 18% waterstof	18% methaan 65% elektriciteit 17% waterstof	20% methaan 60% elektriciteit 20% waterstof
Papier	7% methaan 93% elektriciteit 0% waterstof	3% methaan 94% elektriciteit 4% waterstof	0% methaan 78% elektriciteit 22% waterstof	0% methaan 66% elektriciteit 34% waterstof
Overige industrie	0% methaan 89% elektriciteit 11% waterstof	0% methaan 84% elektriciteit 16% waterstof	28% methaan 51% elektriciteit 21% waterstof	0% methaan 70% elektriciteit 30% waterstof

Bij II3050 is ook een regionalisatie uitgevoerd van de industrievraag op basis van de huidige vraag. Deze regionalisatie levert de energievraag per buurt voor elke energiedrager in elke scenario. De regionalisatie bij II3050 is op sommige punten echter vrij grof. In het geval van Utrecht leidt de regionalisatie tot onrealistische uitkomsten. Zo neemt het elektriciteitsverbruik van de industrie in Utrecht flink af richting 2050, in alle scenario's, terwijl het elektriciteitsverbruik in de industrie in totaal juist flink toeneemt door elektrificatie van de vraag.

Daarom hebben we besloten om de regionalisatie van II3050 niet over te nemen maar in plaats daarvan het energieverbruik van 2030 te schalen op basis van de nationale ontwikkeling van de vraag in de II3050 scenario's, zie Tabel 12. Hierbij maken we onderscheid naar de ontwikkelingen van de verschillende subsectoren. In Utrecht gaat het om de voedingsindustrie, papierindustrie en de overige industrie. We bepalen de ontwikkeling van het energiegebruik van de industrie als geheel op basis van de ontwikkelingen van de subsectoren. Het grootste gedeelte van de industrie in Utrecht valt onder de categorie 'Overige industrie', dus de ontwikkelingen van deze subsector wegen het meeste mee. De regionalisatie van de subsectoren is niet bekend, daarom nemen we aan dat de relatieve verandering van het energiegebruik in elke buurt hetzelfde is.

6.4 Overzicht belangrijkste bronnen

- Klimaatmonitor - energiegebruik industrie 2019 (Rijkswaterstaat, lopend).
- Kadaster - Basisregistratie Adressen en Gebouwen (Kadaster, 2020).
- PBL - Effecten van het Klimaatakkoord op fossiel en hernieuwbaar energieverbruik in 2030 (PBL, 2019a).
- Nederlandse Emissieautoriteit - emissiecijfers ETS bedrijven 2013-2019 (NEa, 2020).
- PBL - Klimaat- en Energieverkenning 2020 (PBL, 2020).
- II3050 - Scenariostudie ten behoeve van de integrale infrastructuur verkenning (Berenschot & Kalavasta, 2020).

7 Hernieuwbare productie

7.1 Beschrijving sector

Utrecht is een relatief dichtbevolkte provincie met een aanzienlijke gebouwde omgeving. Dit betekent dat er in de provincie veel potentieel is voor zon op daken. Dit is op dit moment de belangrijkste bron van hernieuwbare energie (Rijkswaterstaat, lopend) en ook in de toekomst zal dit naar verwachting het geval zijn. In de buitengebieden kunnen in principe zonneparken en windmolens geplaatst worden, al gelden daarvoor ook nog verschillende beperkingen. Momenteel zijn er hier nog weinig van (Rijkswaterstaat, lopend), maar in de toekomst kunnen deze bronnen een aanzienlijke bijdrage leveren aan de hernieuwbare energieproductie van de provincie. Er zijn in de landelijke gebieden enkele vergisters waar groengas geproduceerd wordt, maar de productie hiervan is relatief beperkt en dit zal in de toekomst vermoedelijk ook zo blijven¹⁵.

7.2 Modelling en regionalisatie

De modellering en regionalisatie van de hernieuwbare productie verschilt per energiebron:

- Bij de modellering van *wind* en *grootschalige zon-PV* zijn voor 2030 direct de resultaten van de RES'en overgenomen, dit is een bottom-up-modellering. Voor de 2050-scenario's is gebruik gemaakt van een top-down-modellering. Voor de provinciale totalen zijn de resultaten van de klimaatneutrale scenario's van I13050 als basis genomen (Berenschot & Kalavasta, 2020). Voor het additionele opgestelde vermogen na 2030 is de regionalisatie van I13050 gebruikt.
- Bij de modellering van *kleinschalige zon-PV* is een top-down-modellering gebruikt. Voor 2030 zijn de prognoses van het NP RES, (2019) gebruikt en voor de provinciale totalen zijn de 2050-scenario's de resultaten van de klimaatneutrale scenario's van I13050 gebruikt (Berenschot & Kalavasta, 2020), met een correctie voor nieuwbouw. Voor beide zichtjaren is de regionalisatie van I13050 gebruikt.
- De berekeningen van *groengas* zijn gebaseerd op eerder onderzoek van CE Delft, (2020), waar een bottom-up-modellering was uitgevoerd. De regionalisatie volgt ook uit deze studie. Voor de 2050-scenario's zijn de resultaten van 2030 geschaald op basis van nationale trends.
- Conform de RES gaan we uit van 950 vollasturen voor zon en 3.000 vollasturen voor wind op land (NP RES, 2019).
- Tot slot is ook de elektriciteitsproductie en de gasvraag meegenomen van de warmtekrachtcentrales (STEG's) die voor de warmteproductie van het Eneco warmtenet Utrecht/Nieuwegein ingezet worden. Het gaat om twee STEG's in of nabij de buurt Lage Weide in Utrecht (centrale Merwedekanaal en centrale Lage Weide)¹⁶. De warmtevraag van deze installaties is omgerekend naar de elektriciteitsproductie en de daarbij horende groengas- of waterstofvraag (afhankelijk van het scenario, zie Tabel 10 in Hoofdstuk 4). Daarbij is uitgegaan van de thermische- en elektrische rendementen van de huidige STEG's (CE Delft, 2016).

¹⁵ Naar verwachting minder dan 1% van de totale nationale productie van groengas (CE Delft, 2020).

¹⁶ In de flexibiliteitsanalyse van de netbeheerders worden deze centrales meegenomen als grootschalige elektriciteitscentrales. Er wordt rekening gehouden met inzet van de centrales voor het warmtenet om dubbeltelling te voorkomen.

7.3 Uitgangspunten per scenario

7.3.1 Overzicht

Tabel 14 - Overzicht uitgangspunten per scenario hernieuwbare opwek

	2030	2050 - Regionaal	2050 - Nationaal	2050 - Europees	2050 - Internationaal
Focus	Klimaatakkoord/ KEV, plannen RES	– Vooral lokale oplossingen – Veel zon en wind op land	– Vooral nationale oplossingen – Veel wind op zee	– Focus op (geïmporteerd) gas, dus minder binnenlandse productie	– Veel import van energie, dus minder binnenlandse productie – Scenario met minste hernieuwbare elektriciteitsproductie
Kleinschalige zon op dak (<15 kWp)	– Prognoses NPRES – Regionalisatie I13050	– Gebruik prognoses I13050 voor provinciale totalen en regionalisatie – Correctie voor nieuwbouwwoningen. Schalingsfactor per buurt op basis groei woningen (t.o.v. nationaal gemiddelde groei)			
Wind en groot-schalig zon (>15 kWp)	Overnemen invulformulieren RES	Gebruik prognoses I13050 voor provinciale totalen en regionalisatie additioneel na 2030	– Gebruik prognoses I13050 voor provinciale totalen en regionalisatie additioneel na 2030 – Extra clustering wind op land	Gebruik prognoses I13050 voor provinciale totalen en regionalisatie additioneel na 2030	– Zon op dak: Gebruik prognoses I13050 voor provinciale totalen en regionalisatie additioneel na 2030 – Zon op veld en wind op land: gelijk aan 2030
STEG Lage Weide voor warmtenet Utrecht/Nieuwegein	Elektriciteit- en warmteproductie o.b.v. groengas, ter invulling ~60% warmtelevering basislast warmtenet	Elektriciteit- en warmteproductie o.b.v. waterstof, ter invulling ~30% warmtelevering basislast warmtenet	Elektriciteit- en warmteproductie o.b.v. waterstof, ter invulling ~60% warmtelevering basislast warmtenet	Elektriciteit- en warmteproductie o.b.v. groengas, ter invulling ~60% warmtelevering basislast warmtenet	Elektriciteit- en warmteproductie o.b.v. waterstof, ter invulling ~60% warmtelevering basislast warmtenet
Groengas	Op basis prognoses CE Delft (eerdere studie)	Productie in Utrecht geschaald met groei totale groengasproductie NL, regionalisatie gelijk aan 2030.			
Resultaten	Zon dak klein: 540 MW Zon dak groot: 830 MW Zon veld: 980 MW Wind op land: 350 MW Groengas: 0,9 PJ	Zon dak klein: 3.220 MW Zon dak groot: 1.370 MW Zon veld: 1.740 MW Wind op land: 900 MW Groengas: 0,9 PJ	Zon dak klein: 3.220 MW Zon dak groot: 830 MW Zon veld: 1.500 MW Wind op land: 900 MW Groengas: 0,4 PJ	Zon dak klein: 1.290 MW Zon dak groot: 830 MW Zon veld: 980 MW Wind op land: 450 MW Groengas: 2,6 PJ	Zon dak klein: 970 MW Zon dak groot: 830 MW Zon veld: 980 MW Wind op land: 350 MW Groengas: 1,6PJ

7.3.2 Uitgangspunten

2030

Zon en wind

Voor kleinschalige zon-pv zijn we uitgegaan van de prognoses per RES-regio (NP RES, 2019). De totalen per RES-regio zijn vervolgens verdeeld over de buurten op basis van de verdeelsleutel van I13050 (Berenschot & Kalavasta, 2020), die gebaseerd is op het beschikbare dakoppervlak. Dit impliceert dat bij elke buurt in een RES-regio een gelijk aandeel van het beschikbare dakoppervlak wordt benut. In deze verdeelsleutel zijn alleen de huidige woningen meegenomen. Om ook nieuwbouwwoningen mee te nemen in het scenario hebben we een correctie toegepast op basis van de aantallen zoals bepaald voor de sector Gebouwde omgeving (zie Paragraaf 4.3.2). Deze correctie nemen we alleen mee in de regionalisatie naar buurten en niet bij het provinciale totaal aangezien we aannemen dat dit al meegenomen is in de prognose van het NP RES. We nemen aan dat in nieuwbouwwijken meer zonnepanelen komen dan in bestaande wijken. Aangezien het moeilijk te kwantificeren hoeveel meer hebben we aangenomen dat in nieuwbouwwijken een even groot aandeel van het beschikbare dakoppervlak benut wordt als in huidige woonwijken.

Voor grootschalige opwek op land (zon-pv op bedrijfsdaken, zonneparken en wind op land) zijn de RES'en de basis voor het 2030-scenario. De invulformulieren voor de RES die de netbeheerders gebruiken zijn overgenomen. De onderstaande tabel geeft weer hoe de data van elke RES-regio gebruikt is.

Tabel 15 - Gebruik gegevens invulformulieren RES-regio's

U16	Amersfoort	Foodvalley
<ul style="list-style-type: none">– Gegevens invulformulieren op buurtniveau direct overgenomen– Gegevens invulformulier op stationsniveau vertaald naar buurtniveau op basis van potentie	<ul style="list-style-type: none">– Gegevens invulformulieren direct overgenomen– Opgesteld vermogen bij invulformulier hoger dan RES-bod vanwege later toegevoegde zoekgebieden	<ul style="list-style-type: none">– Alleen gemeentes in de provincie Utrecht meegenomen– Meest ambitieuze scenario grootschalig zon op dak (scenario 1) meegenomen

De lijsten van huidige en geplande zon en wind projecten van Stedin zijn naast de resultaten van de RES gelegd ter controle, maar hebben niet tot wijzigingen geleid.

De methodologie voor 2030 komt overeen met de methodologie van Ecorys & TNO, (2020).

Groengas

Groengas wordt gemaakt uit biomassa en wordt daarna ingevoegd in het gasnet. We gaan ervan uit dat al het biogas dat ingevoegd wordt in Utrecht geproduceerd wordt in de provincie zelf.

Voor de regionalisering is gebruik gemaakt van het economisch potentieel (Scenario B) uit een recente studie die CE Delft uitgevoerd heeft voor Netbeheer Nederland (CE Delft, 2020). Het is op dit moment de meest recente studie en gebaseerd op bottom-up-cijfers van huidige en geplande productielocaties. In deze studie is het potentieel voor groengas-

productie uit biomassa-reststromen in Nederland in 2030 bepaald en zijn de bijbehorende invoedlocaties vastgesteld. De cijfers van deze studie zijn geschaald met de prognose voor 2030 vanuit I13050, zodat de resultaten van dit scenario daarbij aansluiten (Berenschot & Kalavasta, 2020).

2050

Zon kleinschalig

Voor kleinschalige zon op dak sluiten we voor zowel het provinciale totaal als de verdeling naar buurten aan bij de uitwerking van de vier klimaatneutrale scenario's van I13050 (Berenschot & Kalavasta, 2020). Net als voor het 2030-scenario hebben we een correctie toegepast voor nieuwbouwwoningen aangezien dit niet meegenomen wordt bij I13050. In de provincie Utrecht worden relatief veel nieuwbouwwoningen verwacht in vergelijking met de rest van Nederland (ABF Research, 2019), wat betekent dat een verdeelsleutel op basis van het huidige aantal woningen leidt tot een onderschatting. De correctie voor nieuwbouwwoningen wordt toegepast op zowel het provinciale totaal als de regionalisatie naar buurten aangezien deze allebei gebaseerd zijn op I13050. Net als voor het 2030-scenario nemen we aan dat in nieuwbouwwijken een even groot aandeel van het beschikbare dakoppervlak benut wordt als in huidige woonwijken, aangezien het lastig is om te kwantificeren hoeveel meer zonnepanelen er in nieuwbouwwijken komen ten opzichte van bestaande wijken.

Grootschalige hernieuwbare productie

Voor grootschalige zon op dak, zonneparken en wind op land sluiten we voor de provinciale totalen aan bij de vier klimaatneutrale scenario's van I13050 (Berenschot & Kalavasta, 2020). Daarnaast nemen we aan dat het opgestelde vermogen voor elke soort productie in 2050 minimaal even groot is als in 2030, aangezien het niet aannemelijk is dat er windmolens of zonnepanelen weggehaald worden. Voor het scenario Internationale Sturing nemen we aan dat er geen windmolens en zonneparken meer bijkomen na 2030. Voor de scenario's Nationale Sturing, Europese Sturing en Internationale Sturing nemen we aan dat er geen grootschalige zon op dak meer bijkomt na 2030 aangezien de prognose van I13050 voor deze 2050-scenario's lager ligt dan RES boden voor 2030.

Voor de regionalisatie bouwen we voort op het opgestelde vermogen dat er in 2030 al staat. De extra zonnepanelen en windmolens die er in de periode 2030-2050 nog bijkomen verdelen we over de buurten op basis van de verdeelsleutels van I13050, dus op basis van de potentiële productie. Hierbij houden we rekening met het opgestelde vermogen dat in 2030 al in de buurten staat. In sommige aanwijsgebieden van de RES wordt namelijk in 2030 het gehele potentieel voor zon of wind al benut, dus hier kunnen dan geen windmolens of zonnepanelen meer bij.

Bij het scenario Nationale Sturing wordt een gedeelte van de windmolens die erbij komen na 2030 geclusterd. Hier nemen we aan dat er in twee gebieden grote windparken komen van ongeveer 100 MW die direct aangesloten worden op de koppelpunten met het hoogspanningsnet (koppelpunten Driebergen en Oudenrijn).

Groengas

Voor groengas houden we voor de 2050-scenario's dezelfde regionalisatie aan als voor 2030. Om de uitkomsten van de studie van CE Delft, (2020) om te zetten naar de 2050-scenario's van deze systeemstudie passen we een schalingsfactor toe die gelijk is aan de groei van de nationale groengas productie in de periode 2030-2050 volgens II3050 (Berenschot & Kalavasta, 2020). Dit betekent dat elk scenario dezelfde invoedlocaties heeft (dezelfde als in 2030), maar dat de hoeveelheid groengas die ingevoerd wordt verschilt per scenario.

7.4 Overzicht belangrijkste bronnen

- Klimaatmonitor - Productie hernieuwbare energie (Rijkswaterstaat, lopend).
- II3050 - Klimaatneutrale scenario's voor 2050 (Berenschot & Kalavasta, 2020).
- Factsheet zon en wind (NP RES, 2019).
- Potentieel van lokale biomassa en invoedlocaties van groengas (CE Delft, 2020).
- Primos - ontwikkeling woningvoorraad (ABF Research, 2019).
- Invulformulieren hernieuwbare opwek RES-regio's, ontvangen van Stedin.
- DoL (Duurzaam op Land) lijst Stedin.

8 Inzet van flexibiliteitsmiddelen

8.1 Flexibiliteit en flexibiliteitsmiddelen

Een voorwaarde voor energienetten is dat vraag en aanbod altijd in balans zijn. Wanneer dat niet uit zichzelf het geval is, is er flexibiliteit nodig in het energiesysteem. Flexibiliteit is een paraplueterm die betrekking heeft op alle vormen energievraag en -aanbod in de tijd verschoven kan worden of waarbij conversie tussen energiedragers plaatsvindt. Daarnaast kunnen producenten kiezen om op sommige momenten minder energie te leveren.

Middelen die flexibiliteit kunnen leveren noemen flexibiliteitsmiddelen. Zij kunnen de mismatch tussen energievraag en -aanbod in plaats en tijd opvangen en er daarmee voor zorgen dat de balans gehandhaafd blijft. Dat noemen we netbalancing. Daarnaast kunnen flexibiliteitsmiddelen ingezet worden om netcongestie te voorkomen. Flexibiliteitsmiddelen zijn bijvoorbeeld batterijen, vraagsturing, elektrolyse, seizoensopslag van gas en warmte, en warmte- of koudebuffers. Sommige flexibiliteitsmiddelen koppelen verschillende energie-infrastructuren aan elkaar, zoals gascentrales (die elektriciteit maken uit gas) en power-to-gas (die gas maken uit elektriciteit met elektrolyse) en conversie naar warmte (power-to-heat).

Met name binnen het elektriciteitssysteem ontstaat steeds meer behoefte aan flexibiliteit. Dat komt door de transitie van stuurbare (fossiele) centrales naar niet-stuurbare decentrale hernieuwbare opwek. De productie van elektriciteit met zonnepanelen en windturbines wordt bepaald door de beschikbaarheid van zon en wind en niet door de vraag naar elektriciteit. Om toch te zorgen dat vraag en aanbod in balans zijn is flexibiliteit nodig, de middelen die flexibiliteit kunnen leveren noemen we flexibiliteitsmiddelen.

Binnen de systeemstudie ligt daarom de focus op flexibiliteitsmiddelen voor elektriciteitsnetten. Dit is mede omdat hier naar verachting de meeste knelpunten optreden en flexibiliteit hier de meeste potentie heeft om deze voorziene knelpunten op te lossen.

8.2 Aannames flexibiliteit in deze studie

Omdat flexibiliteit in 2030 naar verwachting nog geen grote rol zal spelen is in het 2030-scenario geen inzet van flexibiliteitsmiddelen voorzien. Voor de 2050-scenario's zijn de scenario's wel doorgerekend met flexibiliteitsmiddelen. We maken daarbij onderscheid tussen systeemflexibiliteit en plaatsgebonden flexibiliteit.

8.2.1 Systeemflexibiliteit in 2050

De systemische flexibiliteitsmiddelen (centrales, power-to-gas en gasopslag, batterijen) zijn direct overgenomen uit I13050. In I13050 is, in grote lijnen, de volgende analyse gedaan. De uurlijkse onbalans tussen vraag en aanbod wordt de residuele vraag genoemd; deze laat voor elk uur in het jaar zien of het verschil tussen vraag en aanbod een 'restvraag' of 'restaanbod' is. Per scenario is de residuele belasting bekeken op landelijk niveau, waarbij plaatsgebonden flexibiliteitsmiddelen al inbegrepen zijn. Vraag en aanbod kan vereffend worden door de uurlijkse onbalans op te lossen middels systeemflexibiliteitsmiddelen.

Voor de provincie Utrecht zijn de volgende systeemflexibiliteitsmiddelen meegenomen:

- **Interconnectie** met het buitenland. Deze verbindingen met het buitenland liggen in de randprovincies van Nederland en werken indirect door in de analyse van de netbeheerders voor Utrecht.
- Door **curtailment** toe te passen bij aanbodoverschotten van duurzame opwek wordt het aanbod afgekapt op 80% van de hoogste aanbodpiek. Hiermee wordt voorkomen dat grote transportcapaciteiten nodig zijn voor aanbodpieken die zelden voorkomen, terwijl er relatief weinig energie verloren gaat (uiteraard heeft dit wel een impact op de business cases van de installaties).
- **Power-to-gas (elektrolyzers)** en **gas-to-power (gas-/waterstofcentrales)** kunnen worden ingezet om langere termijn onbalans op te lossen. Tekorten zijn het grootst bij steden; hier wordt voor de locaties van grotere centrales aangesloten bij die van de huidige (Merwede en Lage Weide) centrales. Aanvullend worden kleinere centrales geplaatst bij koppelstations tussen TenneT en Stedin. Elektrolyzers worden geplaatst in de buurt van het hoofdstation in het hoogspanningsnet waar de onbalans ontstaat.
- Kortdurende fluctuaties kunnen worden opgevangen door **steeembatterijen**, die zo veelal cycli maken van opladen en ontladen binnen een dag. Om de elektriciteits-transporten zo klein mogelijk te houden, worden ook deze in de berekeningen geplaatst bij koppelstations tussen TenneT en Stedin.

Tabel 16 geeft een overzicht van de vermogens aan flexibiliteitsmiddelen voor systeemflexibiliteit die meegenomen zijn in elk scenario. In de scenario's met veel hernieuwbare opwek (Regionale Sturing, Nationale Sturing) zijn meer steeembatterijen en elektrolyzers nodig omdat er meer overschotten van elektriciteit zijn.

Tabel 16 - Overzicht inzet flexibiliteitsmiddelen per scenario

2050-scenario's	Systeem-batterijen	Elektrolyzers	Grote regelbare centrales	Kleine regelbare centrales	Eenheid
Regionale Sturing	2.539	945	330	748	MW
Nationale Sturing	2.207	870	351	730	MW
Europese Sturing	1.303	391	426	725	MW
Internationale Sturing	1.153	289	392	716	MW

De plaatsgebonden flexibiliteit is meegenomen in aangepaste profielen die gebruikt worden om de jaarlijkse energievraag over het jaar te verdelen.

8.2.2 Plaatsgebonden flexibiliteit in 2050

Aan de plaatsgebonden flexibiliteit in provincie Utrecht hebben we in deze studie in overleg met de netbeheerders zelf invulling gegeven: curtailment/overplanting van zon-pv en slimladen van mobiliteit zijn meegenomen in de analyse. Dat hebben we op vergelijkbare wijze als in de I13050-studie gedaan. De plaatsgebonden flexibiliteit is meegenomen in aangepaste profielen die gebruikt worden om de jaarlijkse energievraag over het jaar te verdelen. De inzet per scenario wordt daarmee bepaald door de omvang van de toepassing waarop het profiel wordt ingezet.

Voor mobiliteit hebben we de laadprofielen van elektrische voertuigen gewijzigd naar een slimme manier van laden. Waar gewoonlijk auto's direct bij thuiskomst na een werkdag worden opgeladen, gaan de slimme laadprofielen uit van laadmomenten die beter aansluiten bij de vraag een aanbod van elektriciteit in relatie tot de netcapaciteit.

Software zorgt ervoor dat ook bij slimladen de auto de volgende ochtend weer is opgeladen voor een nieuwe werkdag. Er is met vehicle-to-grid, waarbij de auto gebruikt wordt als systeembatterij, meer potentie voor flexibiliteit met elektrische voertuigen. Dit kan op verschillende manieren worden ingezet en is in deze studie niet opgenomen.

Voor de productie van elektriciteit met zonnepanelen is 'overplanting' toegepast door de profielen zo aan te passen dat productie hoger dan 67% van het opgestelde vermogen niet op het elektriciteitsnet komen. Omdat zulke pieken maar beperkt voorkomen en kortdurend zijn, blijft circa 96% van de opgewekte energie behouden.

9 Literatuur

- ABF Research.** 2019. *Primos ; Homepage* [Online]. Available: <https://primos.abfresearch.nl/jive> [Accessed].
- Berenschot & Kalavasta,** 2020. *Klimaatneutrale energiescenario's 2050, scenariostudie.* Utrecht, Berenschot.
- CBS.** 2015. *Bestand bodemgebruik 2015* [Online]. Available: <https://www.pdok.nl/downloads/-/article/cbs-bestand-bodemgebruik> [Accessed 2021].
- CBS.** 2018. *Kerncijfers wijken en buurten 2018* [Online]. Available: <https://www.cbs.nl/nl-nl/maatwerk/2018/30/kerncijfers-wijken-en-buurten-2018> [Accessed].
- CBS.** 2019. *Kerncijfers wijken en buurten 2019* [Online]. Available: <https://www.cbs.nl/nl-nl/maatwerk/2019/31/kerncijfers-wijken-en-buurten-2019> [Accessed].
- CBS.** 2020. *Statline: Verkeersprestaties Verkeersprestaties bussen; kilometers, leeftijdsklasse, grondgebied* [Online]. Available: <https://opendata.cbs.nl/statline/#/CBS/nl/dataset/80589ned/table?dl=4745> [Accessed 16 juni 2021].
- CE Delft,** 2016. *CO2- BWI Lage Weide.* Delft, CE Delft.
- CE Delft,** 2020. *Potentieel van lokale biomassa en invoedlocaties van groengas : Een verkenning voor 2030.* Delft, CE Delft.
- Ecorys & TNO,** 2020. *Scenario's voor energievraag en energieaanbod en doelstellingen Ontwikkeling van de energietransitie in de provincie Utrecht.* Rotterdam, Ecorys.
- ECW,** 2019. *Handreiking voor de lokale analyse : Verrijking Startanalyse ten behoeve van de Transitievisie Warmte.* Online, Expertise Centrum Warmte (ECW).
- ELaadNL,** 2017. *Marktverkenning elektrische bussen.* Arnhem, ELaadNL.
- ELaadNL.** 2019. *Waar rijden én laden EV's in de toekomst? : De ontwikkeling van elektrische voertuigen en laadpunten in Nederland t/m 2035* [Online]. Arnhem: ELaadnl. Available: https://www.elaad.nl/uploads/files/Outlook_EVs_Laadpunten_finale_versie_extern.pdf [Accessed].
- Eneco.** 2018. *Routekaart verduurzaming Stadswarmte Utrecht/Nieuwegein* [Online]. Eneco. Available: <https://nieuws.eneco.nl/services/downloadfile.php?f=routekaartverduurzamingstadswarmte-utrecht.pdf&uid=508398&hash=3ec9b02533633c9c6170007d67a07abea2ad3a94> [Accessed].
- Eneco.** 2020. *Routekaart verduurzaming warmtenet Utrecht en Nieuwegein november 2020* [Online]. Eneco. Available: <https://www.eneco.nl/grootzakelijk/-/media/content/pdf/warmte-etiket/routekaart-verduurzaming-warmtenet-utrecht-nieuwegein-2020.pdf?la=en/&hash=4E32617F42ECE3D11A0200DD290141FB> [Accessed].
- Eneco.** 2021a. *BioWarmte Installatie Lage Weide : De locatie van BioWarmte Installatie* [Online]. Eneco. Available: <https://www.eneco.nl/over-ons/wat-we-doen/duurzame-bronnen/bwi-lage-weide/> [Accessed 15 juli 2021].
- Eneco.** 2021b. *Grootste warmtepomp verwarmt 10.000 huizen met warmte uit rioolwater* [Online]. Available: <https://www.eneco.nl/over-ons/Samen-omschakelen/Grootste-warmtepomp/> [Accessed 15 juli 2021].



Eneco. 2021c. *Op weg naar klimaatneutraal in 2035* [Online]. Eneco. Available: <https://nieuws.eneco.nl/download/1042464/eneco-oneplanet-klimaatplan-nl-def.pdf> [Accessed].

Eneco. 2021d. *Stadswarmte Vijfwal Houten* [Online]. Available: https://www.houten.nl/fileadmin/user_upload/Burgers/Natuur_Milieu_en_duurzaamheid/Duurzaamheid/aardgas/Presentatie-Eneco-StadswarmteVijfwalHouten.pdf [Accessed].

Gemeente Amersfoort. 2020. *Gemeente Amersfoort, 2020. Onderzoek in de ondergrond naar aardwarmte* [Online]. Available: <https://www.amersfoort.nl/project/onderzoek-in-de-ondergrond-naar-aardwarmte.htm> [Accessed 2021].

Gemeente Woerden, 2021. Raadsinformatiebrief over Proces voor een verkenningsstudie naar de toekomst van de glastuinbouw in de Harmelerwaard. Woerden, Gemeente Woerden.

HvA. 2020. *SIMULAAD project: Nationaal Laadprofiel elektrisch vervoer* [Online]. Hogeschool van Amsterdam (HvA). Available: https://www.hva.nl/binaries/content/assets/subsites/kc-techniek/simulaad/simulaad-wp3-nationaal-laadprofiel_final.pdf?1591113206549 [Accessed].

Kadaster. 2020. *Basisregistratie Adressen en Gebouwen (BAG)* [Online]. Available: <https://www.kadaster.nl/zakelijk/registraties/basisregistraties/bag> [Accessed 2021].

Ministerie van BZK, 2021. Brief van de Minister van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties (BZK) d.d., 18 maart 2021 : Isolatiestandaard en Streefwaardes voor woningen. Kamerstuk 30196, 32813, nr. 749. Den Haag, Tweede Kamer der Staten Generaal.

NEa. 2020. *Emissiecijfers 2013 - 2019* [Online]. Nederlandse Emissieautoriteit (NEa). Available: <https://www.emissieautoriteit.nl/onderwerpen/rapportages-en-cijfers-ets/documenten/publicatie/2020/04/16/emissiecijfers-2013---2019> [Accessed 2020].

NP RES. 2019. *Factsheet zon-pv en wind op land : Analyse naar de opwek van hernieuwbare energie per RES-regio* [Online]. Nationaal Programma (NP) Regionale Energie Strategie (RES). Available: <https://www.uvw.nl/wp-content/uploads/2019/10/Samenvatting-Factsheet-Stand-van-zaken-zon-en-wind-op-land-1.pdf> [Accessed 2020].

PBL, 2019a. Effecten van het klimaatakkoord op fossiel en hernieuwbaar energieverbruik in 2030. Den Haag, Planbureau voor de Leefomgeving (PBL).

PBL, 2019b. *Klimaat- en energieverkenning (KEV) 2019* Den Haag, Planbureau voor de Leefomgeving (PBL).

PBL, 2020. *Klimaat- en energieverkenning (KEV) 2020*. Den Haag, Planbureau voor de Leefomgeving (PBL).

PBL & CBS, 2019. *Regionale bevolkings- en huishoudensprognose 2019*. Den Haag, Planbureau voor de Leefomgeving (PBL).

Planmonitor Wonen. lopend. *Planmonitor Wonen : gegevens over woningbouwplannen* [Online]. Planmonitorwonen.nl. Available: <https://planmonitorwonen.nl/planmonitor/> [Accessed 2021].

Provincie Utrecht. 2019. *Aardwarmte (geothermie)* [Online]. Utrecht: Provincie Utrecht. Available: <https://www.provincie-utrecht.nl/onderwerpen/energie-en-klimaat/aardwarmte#projecten> [Accessed 2021].

Provincie Utrecht, 2021. *Ontwerp Programma Wonen en Werken*. Utrecht, Provincie Utrecht.

Quintel Intelligence. 2021. *Wijkaanpak Amersfoort* [Online]. Amsterdam: Quintel Intelligence B.V.



Rijksoverheid, 2019. Klimaatakkoord. Den Haag, Rijksoverheid.

Rijkswaterstaat. lopend. *Klimaatmonitor databank* [Online]. Available: <https://klimaatmonitor.databank.nl/dashboard/> [Accessed].

Stedin, 2020. Openingsbod : Visualisatietool met resultaten op buurtniveau. Rotterdam, Stedin.

U Ned. 2020. *Eindrapport Utrecht Nabij* [Online]. U Ned. Available: <https://programma-uned.nl/relevante+documenten/HandlerDownloadFiles.ashx?idnv=1914024&ids=m%252fXeIR%252b2Wss%253d&forcedownload=false#page=1&search=&scrollbars=1&toolbar=1&statusbar=1> [Accessed].

Warmtebron Utrecht. 2020. *Warmtebron.nu* [Online]. Warmtebron Utrecht. Available: <https://warmtebron.nu/> [Accessed].

A Tabellenbijlage Mobiliteit

Tabel 17 - Gehanteerde waarden voor de bevolkingsgroei per gemeente in Utrecht en voor Nederland

Inwoners	2019	2030	Groeivoet 2030: 2019=100
<i>Totaal Nederland</i>	17.282.163	18.031.300	104%
<i>Totaal provincie Utrecht</i>	1.342.158	1.436.700	107%
Amersfoort	156.286	168.000	107%
Baarn	24.767	25.600	103%
Bunnik	15.192	16.100	106%
Bunschoten	21.576	24.000	111%
De bilt	42.824	42.200	99%
De Ronde Venen	44.059	43.300	98%
Eemnes	9.113	9.600	105%
Houten	49.911	52.700	106%
IJsselstein	34.160	33.600	98%
Leusden	30.030	30.100	100%
Lopik	14.473	13.700	95%
Montfoort	13.996	13.700	98%
Nieuwegein	63.036	66.500	105%
Oudewater	10.201	10.500	103%
Renswoude	5.259	5.500	105%
Rhenen	20.004	20.600	103%
Soest	46.194	46.600	101%
Stichtse vecht	64.336	64.600	100%
Utrecht	352.866	412.300	117%
Utrechtse Heuvelrug	49.515	48.800	99%
Veenendaal	65.589	69.300	106%
Vijfheerenlanden	55.712	58.800	106%
Wijk Bij Duurstede	23.762	24.200	102%
Woerden	52.197	53.000	102%
Woudenberg	13.166	14.900	113%
Zeist	63.934	68.500	107%

Tabel 18 - Gehanteerde waarden voor de werkgelegenheid per gemeente in Utrecht en voor Nederland

Gemeente	2019	2030	Groeivoet 2030: 2019=100
<i>Totaal Nederland</i>	8.542.800	8.854.354	G
<i>Totaal provincie Utrecht</i>	742.928	787.662	106%
Amersfoort	92.873	105.461	114%
Baarn	12.930	13.391	104%
Bunnik	9.076	9.129	101%
Bunschoten	10.928	10.428	95%
De bilt	19.473	20.134	103%
De Ronde Venen	17.856	18.693	105%
Eemnes	3.184	3.303	104%
Houten	25.568	26.750	105%

Gemeente	2019	2030	Groeivoet 2030: 2019=100
IJsselstein	14.556	15.029	103%
Leusden	16.129	15.972	99%
Lopik	5.470	5.555	102%
Montfort	5.808	5.979	103%
Nieuwegein	44.470	45.528	102%
Oudewater	4.236	4.265	101%
Renswoude	3.110	3.131	101%
Rhenen	6.413	6.691	104%
Soest	18.847	19.844	105%
Stichtse vecht	24.615	26.124	106%
Utrecht	263.141	284.831	108%
Utrechtse Heuvelrug	24.460	25.434	104%
Veenendaal	28.887	29.693	103%
Vianen	12.014	12.388	103%
Wijk Bij Duurstede	6.975	7.004	100%
Woerden	29.148	30.120	103%
Woudenberg	5.128	5.305	103%
Zeist	37.634	37.479	100%