



Resultaten van Jouw Scenario

12 September, 2024 • #1181431 • door Quintel
Utrecht • 2019 tot 2040

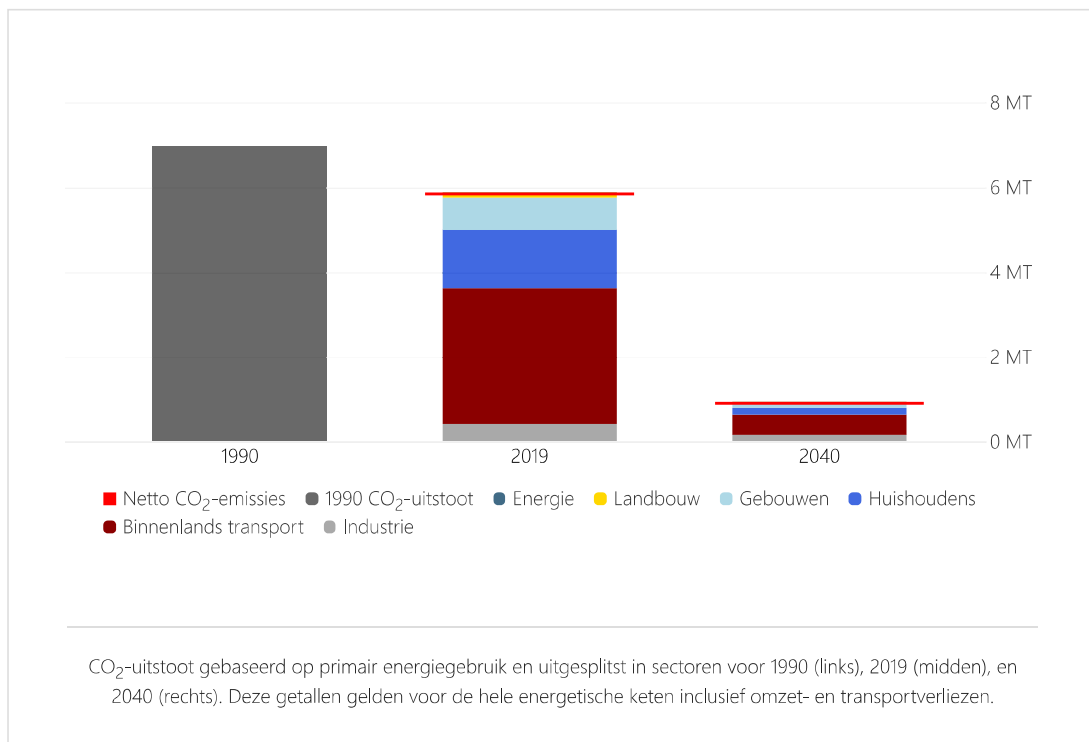
Disclaimer

Dit rapport is automatisch gegenereerd door het [Energietransitiemodel](#) (ETM) en is gebaseerd op de de [schuifjes-instellingen](#) in jouw scenario (link: [#1181431](#)).

1 1. Samenvatting scenario voor Utrecht

De totale broeikasgasuitstoot in Utrecht was **7.3 MT** in 2019. In Parijs spraken wij af deze broeikasgasuitstoot met 95% te reduceren in 2050 en het Nationale Klimaatakkoord gaat voor -49% in 2030. Van deze broeikasgasuitstoot is **18%** niet-energetisch, dus is niet het gevolg van het energiesysteem. De niet-energetische broeikasgasuitstoot omvat bijvoorbeeld methaan van koeien, koelgassen in de voedselindustrie of N₂O-uitstoot door kunstmestgebruik. Deze niet-energetische uitstoot is Nationaal behoorlijk gedaald sinds 1990. De aanpak hiervan is belangrijk, maar is wel anders dan de aanpak via het energiesysteem. Het Energietransitiemodel richt zich alleen op de binnenlandse, energetische CO₂-uitstoot en de niet-energetische uitstoot van de kunstmestsector in Utrecht. Niet-energetische uitstoot in andere sectoren en overige broeikasgassen (zoals methaan) zijn niet meegenomen.

De totale huidige uitstoot van het energiesysteem en de niet-energetische uitstoot van de kunstmestsector **5.88 MT** en **82%** van de totale broeikasgasuitstoot van regio. Het gemaakte scenario zorgt dat deze energetische CO₂-uitstoot van het energiesysteem in eindjaar **-86.6%** is veranderd ten opzichte van 1990. Net als de Regionale Energiestrategie ([RES](#)) richt dit rapport zich voornamelijk op de vraag uit de gebouwde omgeving en aanbod van energie, maar wel in context van mobiliteit, industrie en landbouw. Hieronder is te zien hoe de energetische CO₂-uitstoot zich ontwikkelt in het scenario.



- **Duurzaamheid**

De CO₂-uitstoot van het energiesysteem in het scenario is **931 KT**, dat is **-84.2%** veranderd ten opzichte van de uitstoot in 2019 van **5.88 MT** en **-86.6%** verandering ten opzichte van de uitstoot in 1990.

- **Besparing**

De finale energievraag van de gebouwde omgeving (**29.27 PJ**) is veranderd met **-33.7%** ten opzichte van 2019 (**44.15 PJ**)

- **Betrouwbaarheid**

Het scenario heeft **0** uren met stroomuitval. Daarnaast komt **48%** van de energie van buiten het eigen gebied.

- **Betaalbaarheid**

De kale kosten voor het hele energiesysteem zijn in dit scenario veranderd met **38.9%** in vergelijking met 2019.

- **Ruimtelijke impact**

De totale ruimte voor zonneparken is **2800** hectare (met de aanname 1.5 hectare per MW), dat is gelijk aan **5,513.65** voetbalvelden. Ook staan er **185** windmolens op land (inclusief kust) van 3 MW per stuk.

2. Energievraag

Het omlaag brengen CO₂-uitstoot kan door de fossiele energievraag omlaag te brengen. Deze energievraag is een optelsom uit vele losse ontwikkelingen. Zowel een toename, afname als een verandering in vraag kunnen tegelijkertijd spelen. Bijvoorbeeld de veranderende bevolkingsomvang (van **1,342,160** naar **1,449,083.87**), meer huizen en/of meer vervoer zorgen voor een toename in de energievraag. Daarentegen zorgen tegelijkertijd besparingen zoals isolatie en groeiende efficiënties weer voor een afname van de energievraag. Als laatste zorgen technologieveranderingen soms voor een verandering in de vraag, zowel in volume als in type energiedrager. Ter illustratie, bij een warmtepomp of elektrische auto is geen directe vraag meer naar aardgas, maar wel naar elektriciteit. De energiedrager is veranderd van gas naar elektriciteit. Ook zijn in deze gevallen de technologieën vaak efficiënter, waardoor het volume afneemt.

2.1 A. Gebouwde Omgeving

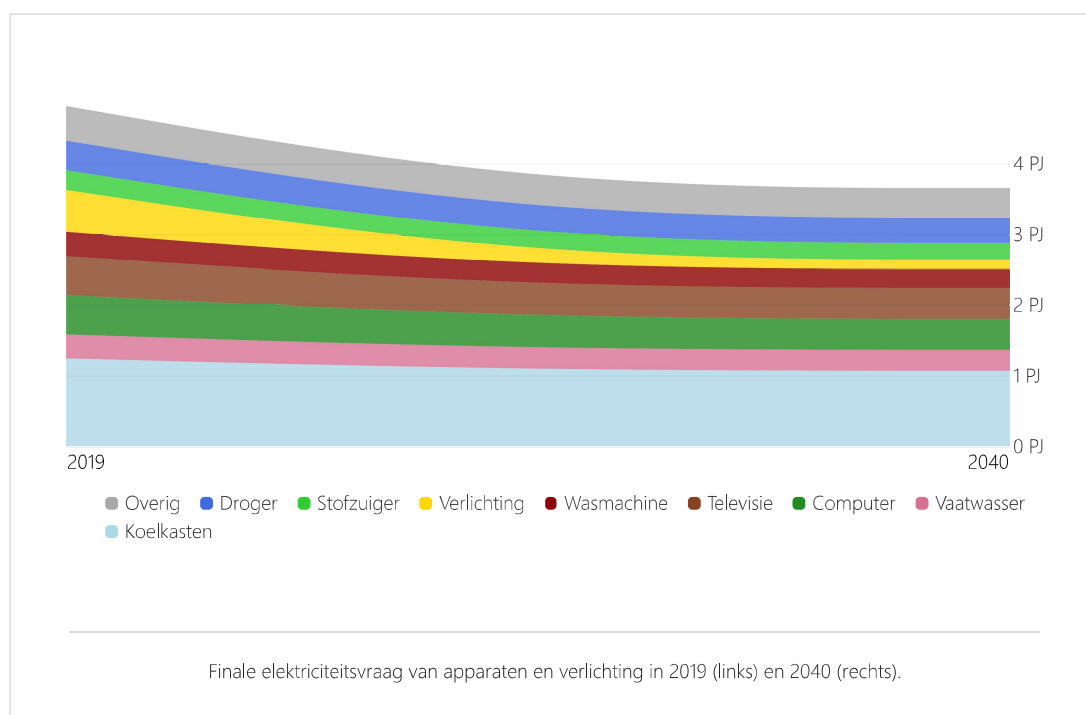
Dit hoofdstuk neemt u mee door de toekomstige energievraag van de gebouwde omgeving in het gemaakte scenario, dit zijn de huishoudens (=woningen) en overige gebouwen. Overige gebouwen betreft alles met

een dak dat geen woning of zware industrie is. Dit zijn bijvoorbeeld scholen, ziekenhuizen, gemeentehuizen en bedrijfskantoren. Zowel het volume (jaarlijkse energievraag) als de nodige energiedrager (gas, elektriciteit, warmte, waterstof, biomassa, etc...) komen aan bod. Aan de hand van de twee vraagfuncties Kracht en Licht en Lage temperatuurwarmte zal de toekomstige energiebehoefte worden toegelicht.

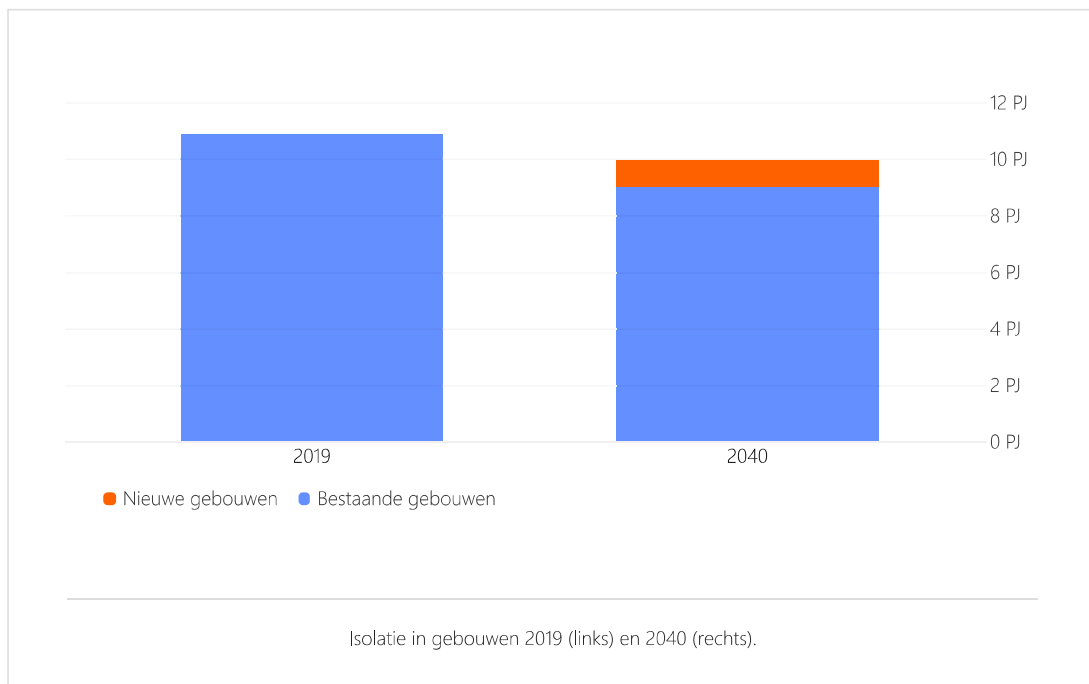
2.1.1 A1. Kracht en Licht

De elektriciteitsvraag van apparaten en van verlichting valt onder Kracht en Licht.

De vraag naar Kracht en Licht in de huishoudens is in 2019 **4.8 PJ** en **17.5%** van de totale huidige energievraag in huishoudens. Een samenspel van de aannames voor demografie, gebruik per inwoner en technologie (bijvoorbeeld LED, gloeilamp of halogeen) beïnvloeden de toekomstige vraag. In 2040 is dit totaal **3.65 PJ** en **19.6%** van de totale energievraag in huishoudens. Hieronder ziet u de ontwikkeling van de energievraag als gevolg van de aannames in het scenario.

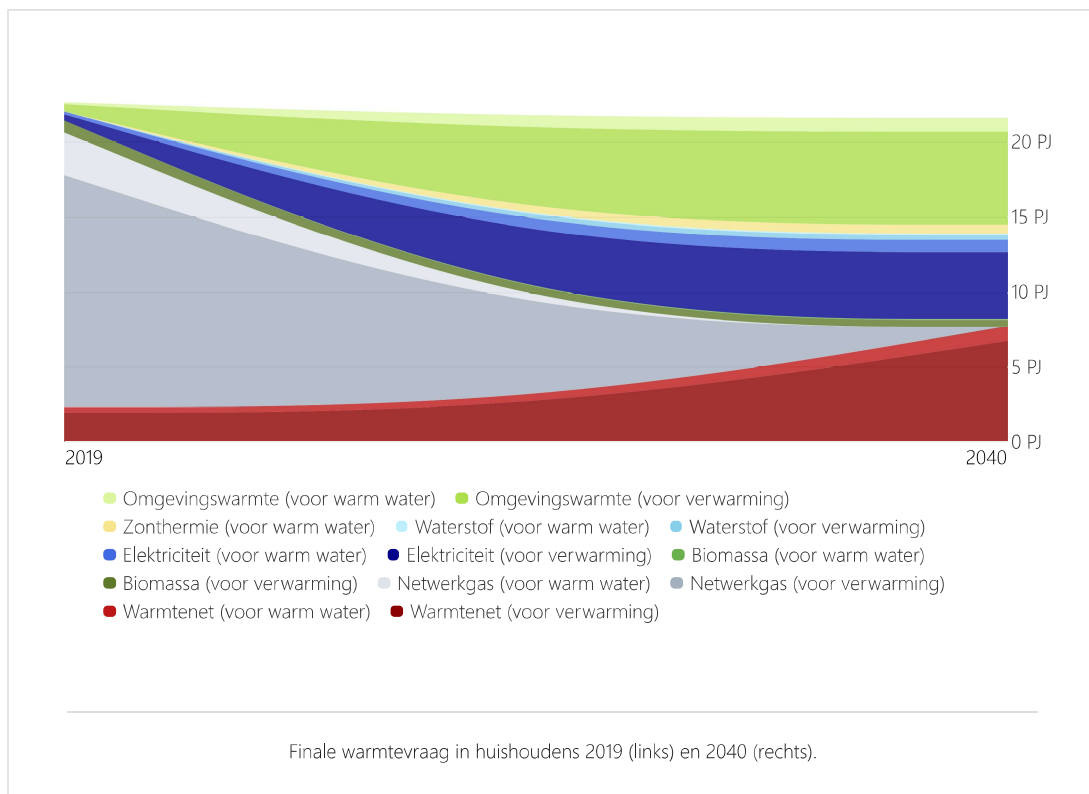


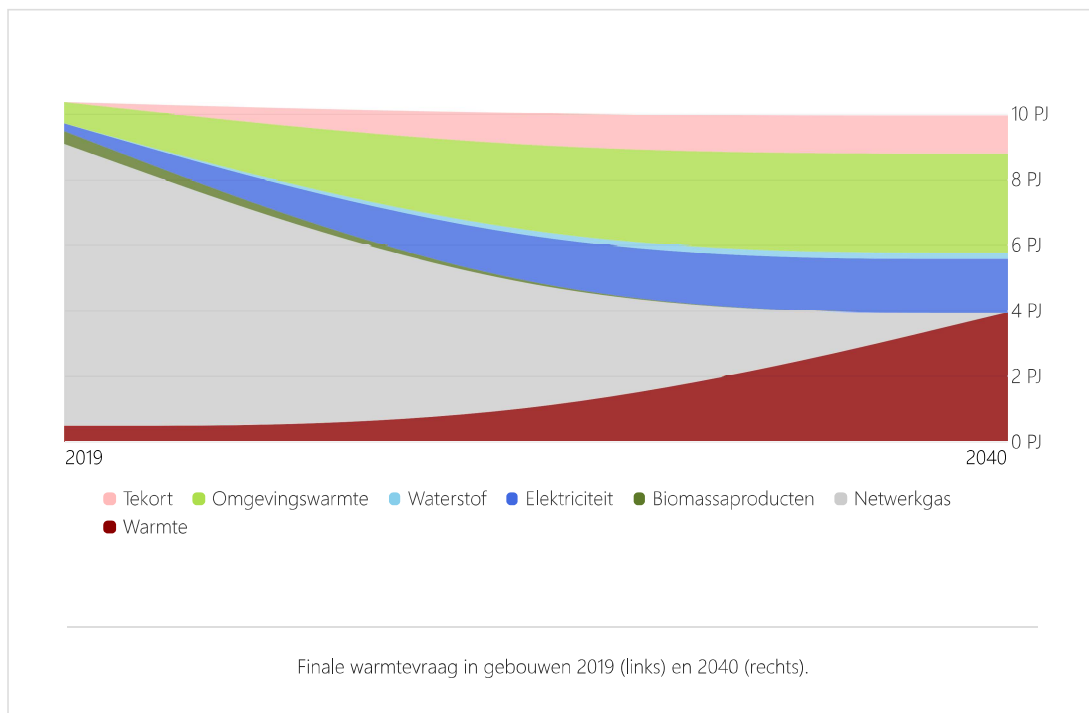
De Kracht en Licht vraag van alle overige gebouwen is in 2019 **6.1 PJ** en wat **36.5%** van de totale huidige eindvraag van gebouwen. Een samenspel van de aannames voor aantal gebouwen, efficiënties en technologiekeuzes (bijvoorbeeld LED, gloeilamp of halogeen) leiden tot de toekomstige vraag. In 2040 is dit totaal **3.83 PJ** en **35.9%** van de totale energievraag in gebouwen. Hieronder ziet u de ontwikkeling van de energievraag als gevolg van de aannames in het scenario.



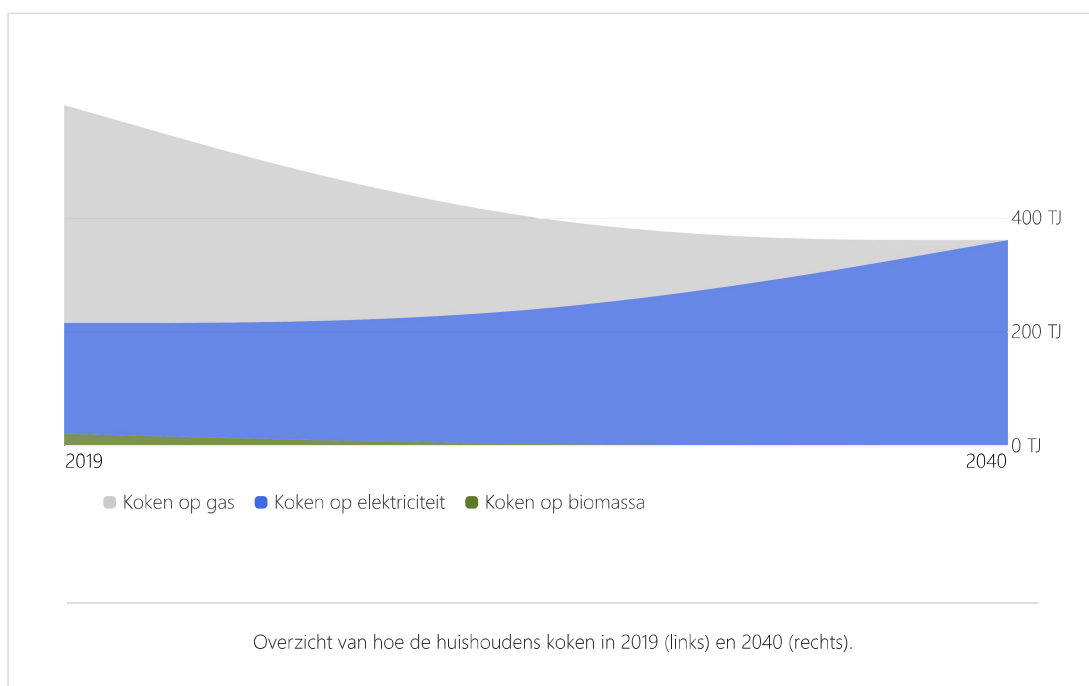
Invulling technologie

Een keuze voor een andere technologie om het huis, het water of het eten te verwarmen kan zorgen voor een verandering in volume, maar ook voor een verandering in vraag. De verandering in volume komt doordat een technologie meer of minder efficiënt is. Een warmtepomp is bijvoorbeeld efficiënter dan een cv-ketel. De verandering in type-vraag komt wanneer een technologie op een andere manier warmte maakt, zoals een cv-ketel gas nodig heeft en een houtkachel hout. Hieronder zie je de verandering van vraag in volume en energiedrager voor eerst huishoudens en daarna gebouwen.



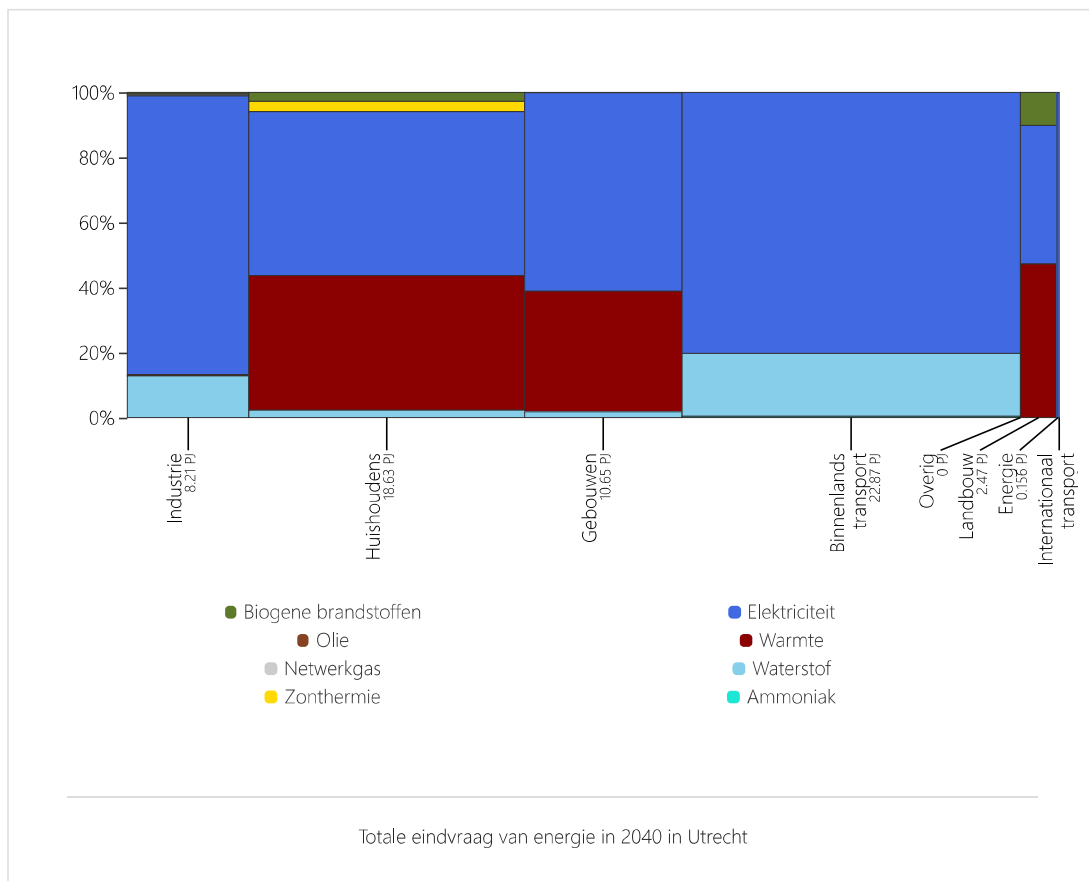


Koken is in 2019 voor **2.2% (595.38 TJ)** verantwoordelijk voor de finale energievraag van huishoudens. In 2040 is dat **1.9% (359.73 TJ)** van de finale energievraag in huishoudens. Hieronder kun je zien wat de technologiekeuze voor type energievraag creëert.



2.2 B. Totale energievraag Utrecht (inclusief Mobiliteit, Landbouw en Industrie)

Hieronder zie een overzicht van de totale eindvraag van alle sectoren in Utrecht in 2040, en dus ook de energievraag van de sectoren Mobiliteit, Industrie en Landbouw. De breedte van de balk geeft aan hoe groot de energievraag is, de kleur geeft aan wat voor vraag het is.

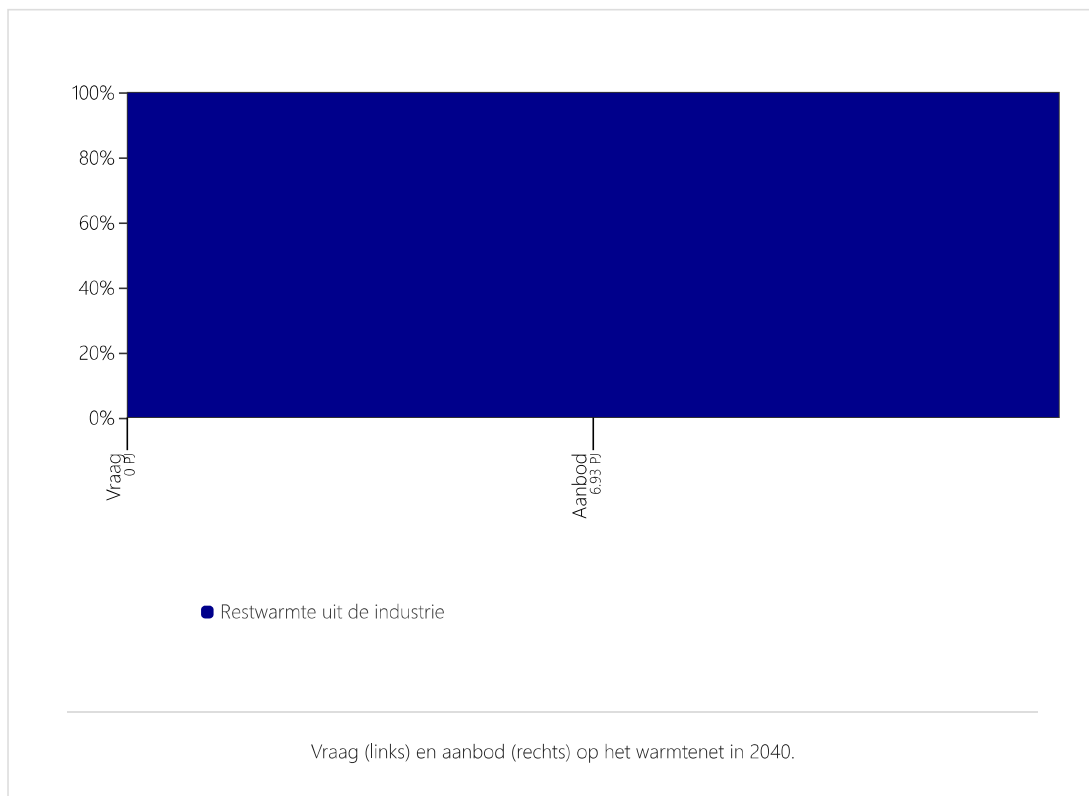


3 3. Matchen van vraag en aanbod

Alle energievraag van de sectoren moet natuurlijk ergens vandaan komen. Hieronder bekijken wij de invulling van warmtenetten, elektriciteit, waterstof, biomassa en indien aanwezig nog fossiele bronnen.

3.1 A. Warmtenetten

Hieronder zie je een overzicht van de vraag (links) en aanbod (rechts) op het warmtenet. Wanneer er te weinig warmteaanbod is in het scenario, dan springt er een gas back-up ketel aan. Wanneer er overschotten zijn, dan zie je dit aan de linkerkant in het lichtroze.



Er is onvoldoende warmte geproduceerd. Een back-up gasketel wordt nu ingezet om het tekort van 0 J op te vangen.

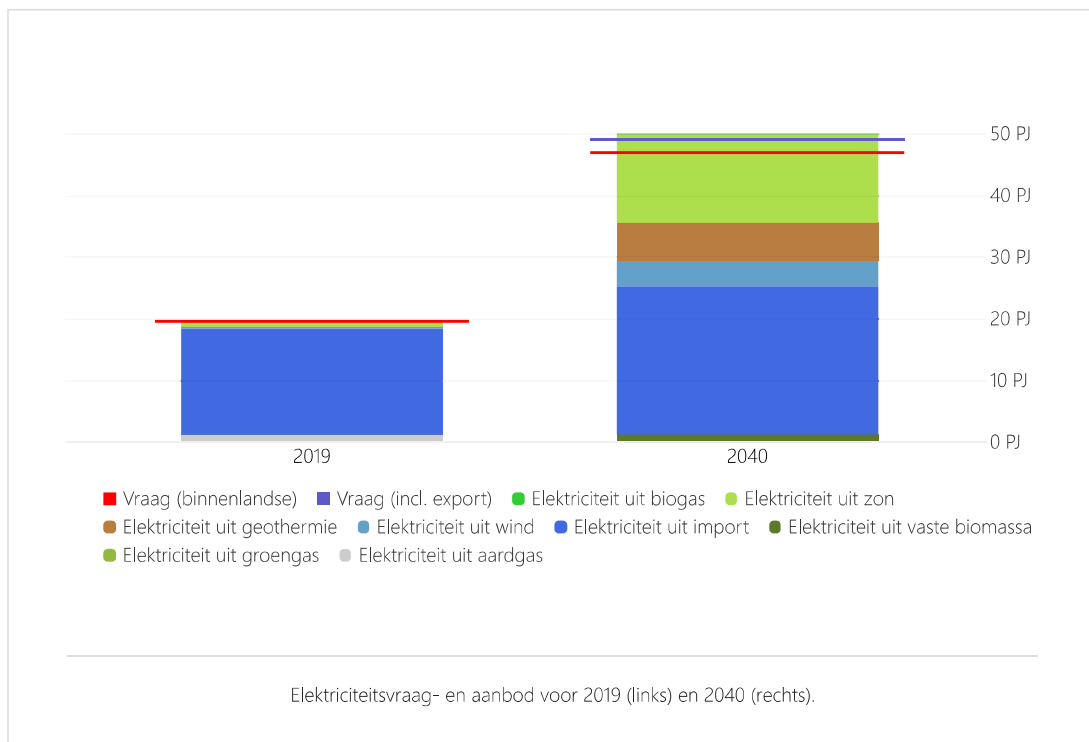
Je kunt vraag en aanbod als volgt op elkaar afstemmen:

- **Productieverhoging:** vergroot het aantal warmtebronnen
- **Vraagverlaging:** reduceer de warmtevraag van de sectoren in het linkerdeel van de grafiek

3.2 B. Elektriciteit

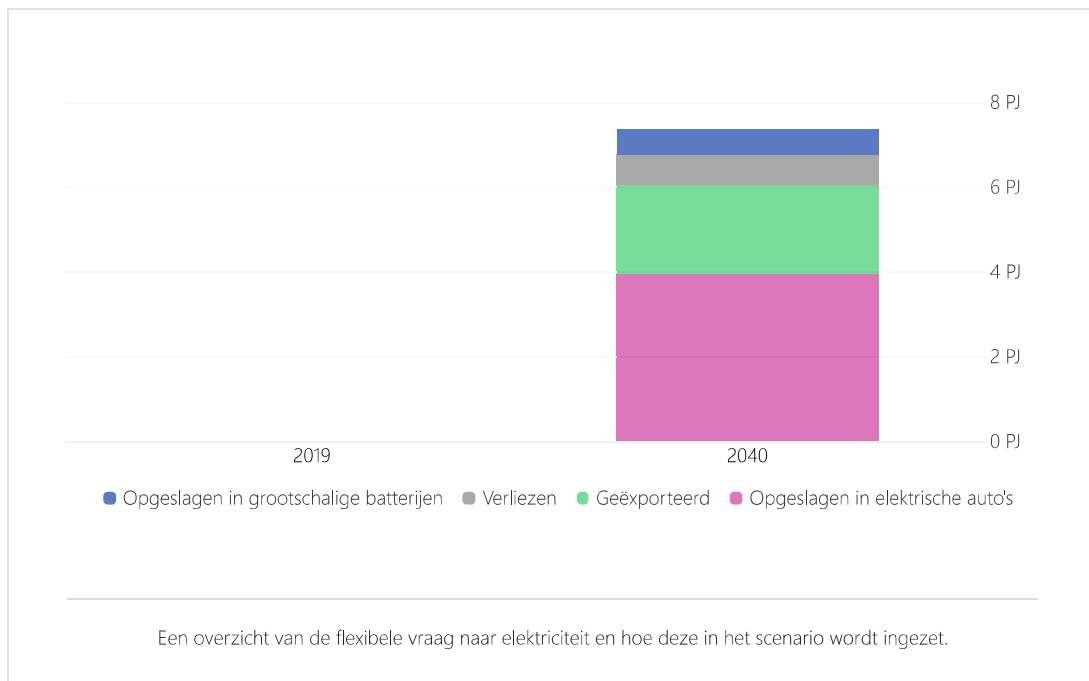
3.2.1 B1. Vraag en aanbod (jaarlijks)

Ook de elektriciteit moet natuurlijk ergens vandaan komen. Het rode lijntje is het jaarlijkse volume aan elektriciteit dat er in het scenario nodig is. Het kan voorkomen dat er toch veel import (donkerblauw) nodig is terwijl er jaarlijks (meer dan) genoeg elektriciteit wordt opgewekt. Het ETM berekent vraag en aanbod van elektriciteit op uurbasis. Dit scenario heeft qua volume **50.9%** import van elektriciteit. Daarnaast valt de stroom in dit scenario **0** uren uit en is Utrecht voor **6,983** uren afhankelijk van import van buiten het gebied. Flexibiliteitsopties zoals opslag in batterijen, waterstof of slim omgaan met de vraag kunnen helpen om overschotten beter te benutten en de import omlaag te brengen.



3.2.2 B2. Flexibiliteit (uurbasis)

Het scenario heeft **1,626** uren overschotten, van de totale **8,760** uren die er totaal in een jaar zitten. Flexibele elektriciteitsvraag kan ingezet worden om beter gebruik te maken van de beschikbare elektriciteit. Hieronder zie je hoe de flexibele vraag naar elektriciteit wordt ingezet:



3.2.3 B3. Elektriciteitsnetten

De energietransitie heeft gevolgen voor het elektriciteitsnet. In de tabel kan je de piekbelasting en bruikbare capaciteit zien op de verschillende netniveaus.

	Huidige piekbelasting (MW)	Huidige bruikbare netcapaciteit (MW)	Toekomstige piekbelasting (MW)	Toekomstige bruikbare netcapaciteit (MW)	Uit te breiden netcapaciteit (MW)
LS net	705.67	940.89	1,717.08	1,717.09	776
LS MS transformator	705.67	940.89	1,717.08	1,717.09	776
MS net	803.04	1,070.72	2,143.06	2,143.12	1,072
MS HS transformator	803.04	1,070.72	2,143.06	2,143.12	1,072
HS net	964	1,284.93	2,465.81	2,465.93	1,181
Interconnectienet	-	60,000	1,984.78	60,000	0
Net op zee	-	0	0	0	0

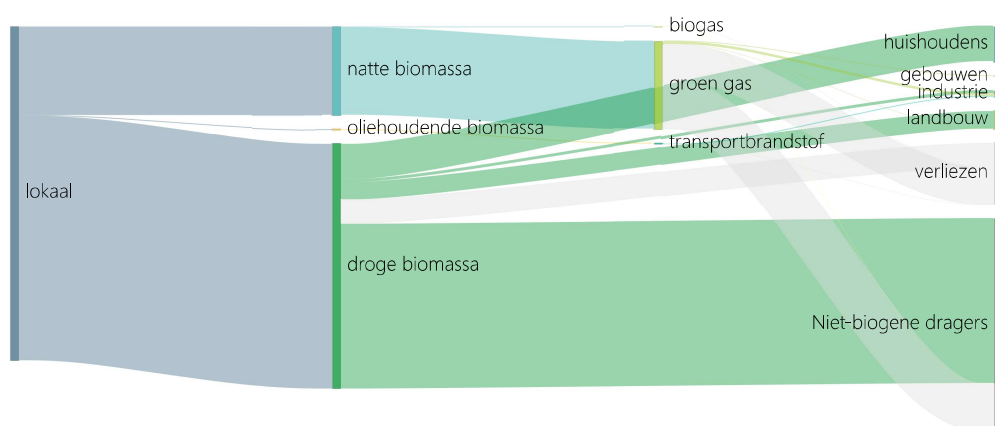
Deze tabel geeft een overzicht van de impact op de netten op laagspanning (ls), middenspanning (ms) en hoogspanning (hs), evenals de tussenliggende transformatoren. Voor detailvragen over de netten zul je altijd de netbeheerder moeten bevragen.

3.3 C. Waterstof

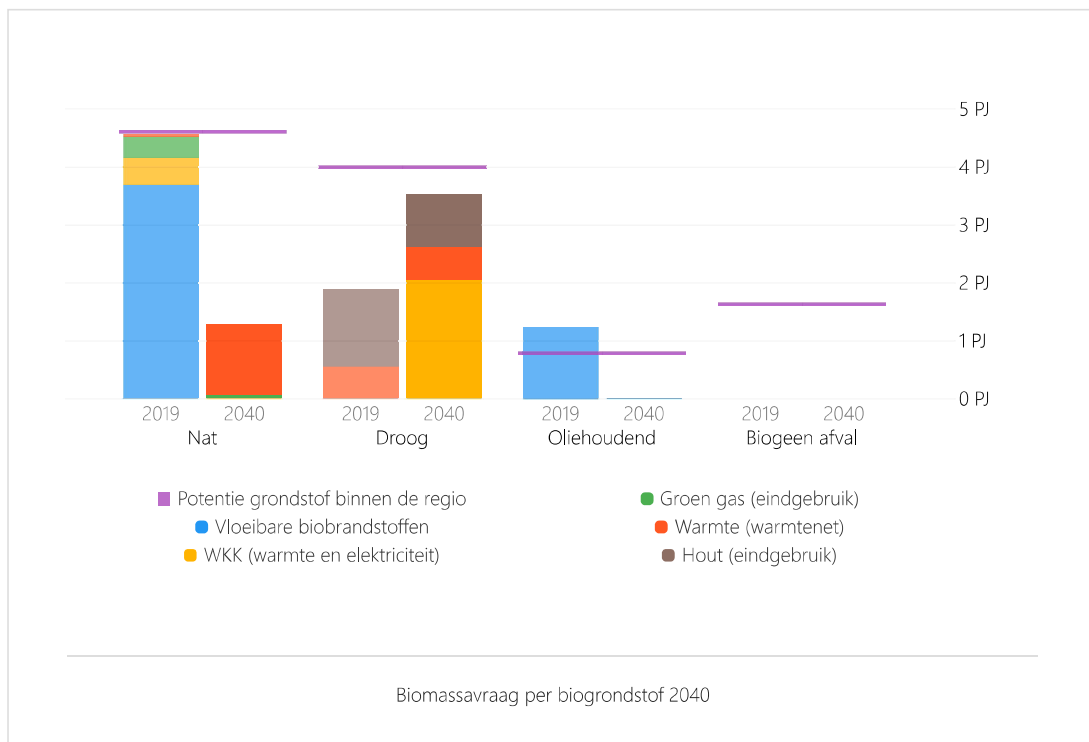
Er wordt geen waterstof gebruikt in het scenario.

3.4 D. Biomassa

Hieronder zie je eerst de toekomstige biomassastromen: hoeveel biograndstoffen er nodig zijn in een regio, welke biobrandstoffen er gebruikt worden en hoe die brandstoffen worden ingezet. Daaronder wordt enerzijds de toepassing van biomassa per biograndstof inzichtelijk gemaakt en anderzijds hoeveel van de binnenlandse potentie voor die grondstof wordt benut.

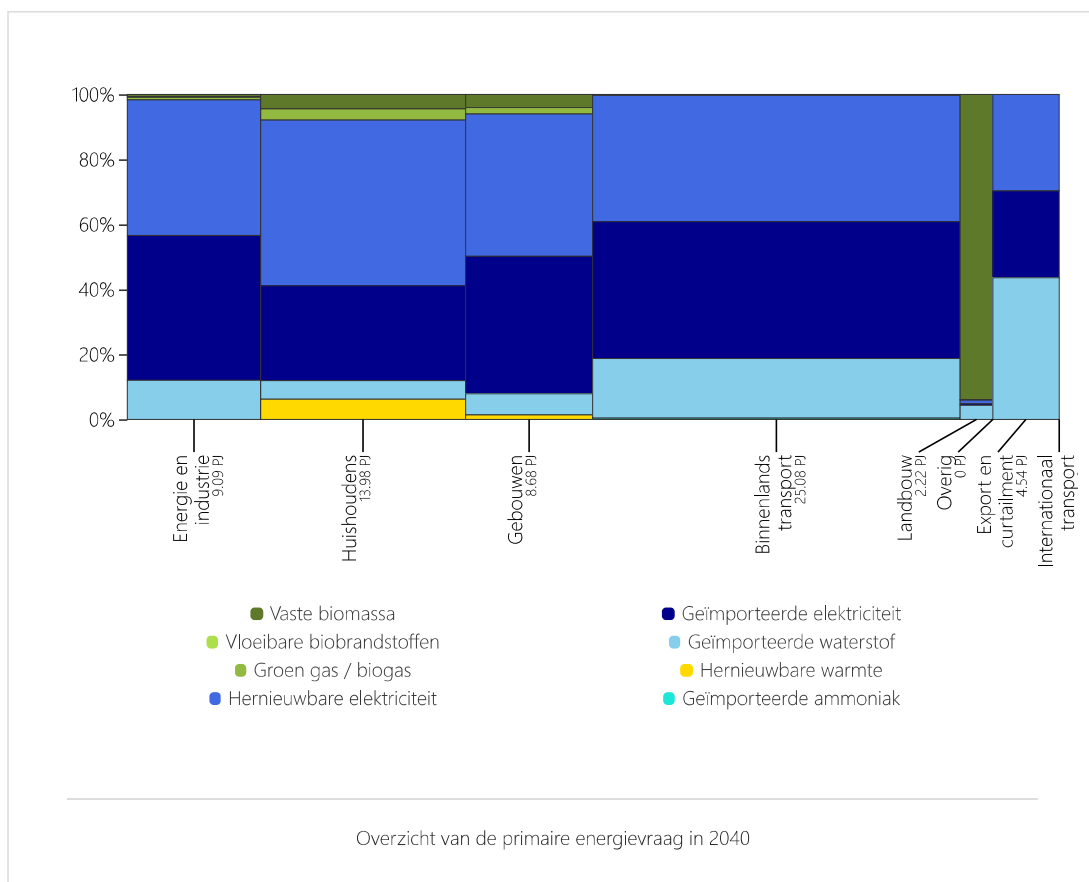


Biomassastromen in 2040



3.5 E. Fossiel

Hieronder is een overzicht te zien van de totale primaire energievraag van het scenario. Hier is goed te zien wanneer er nog fossiele vraag in het scenario zit. Let op: Geïmporteerde elektriciteit en waterstof kunnen ook nog een fossiele bron hebben.



4 4. Actieagenda

Er zijn veel keuzes gemaakt waarvan de impact concreter wordt als je kijkt wat dit per jaar betekent. In de werkelijkheid ontwikkelt zich natuurlijk niet alles lineair. Als dat wel zou gebeuren zou dat het volgende betekenen.

Het scenario overbrugt 21 jaar. De aannames in het scenario resulteren er onder andere in dat **jaarlijks** de volgende aantallen moeten worden gerealiseerd:

130.8 hectares zonneparken

0 windturbines op zee

8.2 windturbines op land

0 windturbines aan de kust

5387.1 gebouwde woningen

22427.8 van het aardgas afgehaalde woningen

5 5. Kosten

De kosten van het toekomstige energiesysteem zijn ruwweg €2.64 mld EUR per jaar. In 2019 waren de kosten nog €0 mld EUR per jaar. De kosten in 2040 zijn opgebouwd uit:

- **Investeringskosten.**
- **Brandstofkosten:** gebruikmakend van de prijzen welke gezet kunnen worden in de kosten sectie.
- **Onderhoud en Beheer:** zowel vast als variabel.
- **Gewogen gemiddelde kapitaalkosten (WACC):** met lineaire afschrijving.
- **Ontmanteling:** alleen relevant voor kerncentrales.

Kosten nemen **geen** subsidies en belastingen mee.



6 6. Discussie en aandachtspunten

- De gerealiseerde CO₂-reductie in 2040 van 86.6% gaat verder dan de Nederlandse ambitie voor 2030 van 49%. Je scenario gaat zelfs verder dan het EU doel van 80% - 95% reductie in 2050!
- Je scenario heeft geen elektriciteitsoverschotten (curtailment)
- Je scenario heeft geen blackouts.
- In je scenario is primair energiegebruik gereduceerd tot 56.5% van de startwaarde 2019.
- Bijmengen van meer dan 10% groen gas in het gas netwerk vergt grote aanpassingen en investering. Jouw scenario heeft 100% groen gas in het gasnet.

7 7. Appendices

7.1 Appendix A: Schuifjes-instellingen

In deze appendix wordt een lijst gegeven van alle schuifjes die van hun startwaarde zijn verplaatst.

Vraag • Passagiersvervoer • Applicaties

- Passagiersvervoer: 0% → 1%
- Auto's: 76.53% → 45%
- Treinen: 10.11% → 5%
- Trams/metro's: 0.37% → 5%
- Bussen: 5.29% → 13%
- Motorfietsen: 2.81% → 0%

- Fietsen: 4.88% → 32%

Vraag • Passagiersvervoer • Technologie auto's

- Elektrisch: 2.36% → 100%
- Waterstof: 0.01% → 0%
- Diesel: 19.92% → 0%
- Benzine: 76.36% → 0%
- LPG: 1.35% → 0%

Vraag • Passagiersvervoer • Technologie bussen

- Elektrisch: 8.13% → 100%
- Waterstof: 0.23% → 0%
- Diesel: 91.29% → 0%
- Gas onder druk (CNG): 0.35% → 0%

Vraag • Passagiersvervoer • Technologie motorfietsen

- Benzine: 87.71% → 0%
- Elektrisch: 12.29% → 100%

Vraag • Passagiersvervoer • Technologie fietsen

- Fiets: 85.21% → 61.36%
- E-bike: 14.79% → 38.64%

Vraag • Passagiersvervoer • Technologie binnenlandse luchtvaart

- Kerosine: 100% → 0%
- Bio-ethanol: 0% → 39.81%
- Waterstof: 0% → 26.31%
- Elektrisch: 0% → 33.87%

Vraag • Huishoudens • Bevolking & woningvoorraad

- Aantal inwoners: 1.34 MLN → 1.45 MLN
- Nieuwbouw: 0 → 67,741.94
- Nieuwbouw: 0 → 13,548.39
- Nieuwbouw: 0 → 31,838.71

Vraag • Merit order • Vermogens

- Gasketel: 22 KW → 100 W
- HR combiketel (gas): 22 KW → 100 W

Vraag • Huishoudens • Warmtevraag & isolatie

- Nieuwbouw: 65 → 53.63
- 2005 - heden: 115.98 → 95.66
- 1985 - 2004: 152.96 → 127.01
- 1965 - 1984: 182.65 → 156.16
- 1945 - 1964: 221.22 → 184.76
- < 1945: 248.12 → 235.43
- Nieuwbouw: 55 → 44.22

- o 2005 - heden: 116.81 → 94
- o 1985 - 2004: 154.18 → 126.95
- o 1965 - 1984: 216.97 → 167.48
- o 1945 - 1964: 278.82 → 207.04
- o < 1945: 300.55 → 240
- o Nieuwbouw: 55 → 44.98
- o 2005 - heden: 116.77 → 94.25
- o 1985 - 2004: 159.61 → 127.81
- o 1965 - 1984: 204 → 158.44
- o 1945 - 1964: 240 → 184.98
- o < 1945: 291.14 → 227.13
- o Nieuwbouw: 55 → 46.59
- o 2005 - heden: 114.53 → 97.93
- o 1985 - 2004: 152.83 → 128.39
- o 1965 - 1984: 189.19 → 175.34
- o 1945 - 1964: 213.21 → 215.96
- o < 1945: 266.82 → 246.03

Vraag • Huishoudens • Ruimteverwarming & warm water

- o Zonthermische collectoren: 0% → 16.94%
- o HR combiketel (gas): 78.49% → 0%
- o HT-warmtenet: 11.43% → 0.97%
- o MT-warmtenet: 0% → 24.84%
- o LT-warmtenet: 0% → 9%
- o Luchtwarmtepomp: 2.61% → 52%
- o Bodemwarmtepomp: 0.87% → 5%
- o Hybride luchtwarmtepomp (gas): 0.18% → 0%
- o Hybride luchtwarmtepomp (waterstof): 0% → 3%
- o Houtpelletkachel: 2.85% → 2%
- o Elektrische boiler: 1.87% → 3.99%
- o Gasketel: 2% → 0%

Vraag • Huishoudens • Koeling

- o Bodemwarmtepomp: 8.67% → 8.89%
- o Luchtwarmtepomp: 26% → 39.58%
- o Airconditioning: 65.23% → 51.53%

Vraag • Huishoudens • Koken

- o Gas: 54.04% → 0%
- o Elektrisch: 3.66% → 0%
- o Halogeen: 29% → 0%
- o Inductie: 10.99% → 100%
- o Biomassa: 2.01% → 0%

Vraag • Huishoudens • Apparaten

- Vaatwasser: 0% → 20%
- Koelkast / Vriezer: 0% → 20%
- Wasmachine: 0% → 20%
- Droger: 0% → 20%
- Televisie: 0% → 20%
- Computer / Media: 0% → 20%
- Stofzuiger: 0% → 20%
- Overig: 0% → 20%

Vraag • Huishoudens • Verlichting

- Gloeilamp: 40.93% → 0%
- Spaarlamp: 49% → 10%
- LED-lamp: 10.57% → 90%

Vraag • Huishoudens • Vraagontwikkeling

- Koudevraag: 0% → 1.69%

Vraag • Huishoudens • Gedrag

- Apparaten uitzetten: 0% → 33.87%
- Lichten uitzetten: 0% → 33.87%
- Wassen op lage temperatuur: 0% → 33.87%

Vraag • Vrachtkvervoer • Applicaties

- Vrachtkvervoer: 0% → 0.68%
- Vrachtwagens: 64.76% → 66.62%
- Treinen: 3.58% → 2.92%
- Bestelbussen: 0.18% → 0.53%
- Binnenvaartschepen: 31.48% → 29.93%

Vraag • Vrachtkvervoer • Technologie vrachtwagens

- Elektrisch: 0% → 69.97%
- Waterstof: 0% → 30.03%
- Diesel: 100% → 0%

Vraag • Vrachtkvervoer • Technologie bestelbussen

- Elektrisch: 4% → 90.01%
- Waterstof: 0% → 9.99%
- Diesel: 79.26% → 0%
- Benzine: 10.08% → 0%
- LPG: 6.16% → 0%

Vraag • Vrachtkvervoer • Technologie binnenvaartschepen

- Diesel (single / dual / multi-fuel motor): 100% → 0%
- Waterstof: 0% → 25%
- Elektrisch: 0% → 70%
- Ammoniak: 0% → 5%

Vraag • Gebouwen • Gebouwvoorraad

- Nieuwe gebouwen: 0 → 5,419.35

Vraag • Gebouwen • Warmtevraag & isolatie

- Nieuwe gebouwen: 190 → 167.07
- Bestaande gebouwen: 239.26 → 212.78

Vraag • Gebouwen • Ruimteverwarming

- HR combiketel (gas): 84.49% → 0%
- HT-warmtenet: 4.52% → 10.33%
- MT-warmtenet: 0% → 21.67%
- LT-warmtenet: 0% → 9%
- Luchtwarmtepomp: 0% → 51%
- Hybride luchtwarmtepomp (waterstof): 0% → 4%
- Bodemwarmtepomp met WKO: 8.08% → 3%
- Warmtepomp met aquathermie (TEO) en WKO: 0% → 1%
- Biomassaketel: 3% → 0%

Vraag • Gebouwen • Koeling

- Bodemwarmtepomp met WKO: 9.36% → 40.28%
- Airconditioning: 90.64% → 59.72%

Vraag • Gebouwen • Apparaten

- Apparaten efficiëntie: 0% → 2%

Vraag • Gebouwen • Verlichting

- Conventionele TL-buis: 90.02% → 27.92%
- Hoge opbrengst TL-buis: 1.52% → 5%
- LED-buis: 8.46% → 67.08%
- Bewegingsdetectie: 26.52% → 72.91%
- Daglicht afhankelijke regeling: 20.51% → 70.97%

Vraag • Gebouwen • Vraagontwikkeling

- Koeling per gebouw: 0% → 0.65%

Vraag • Internationaal transport • Technologie internationale scheepvaart

- HFO: 100% → 0%
- Waterstof: 0% → 100%

Vraag • Industrie • Staal

- Hoogoven: 100% → 66.13%
- Cycloonoven: 0% → 16.94%
- Recycling / HBI: 0% → 16.94%

Vraag • Industrie • Aluminium

- Aluminium: 100% → 32.26%
- Elektrolyse: 80% → 25.81%

- Elektrolyse BAT: 0% → 33.87%
- Smeltoven (recycling): 20% → 40.32%

Vraag • Industrie • Overige metalen

- Overige metalen: 100% → 32.26%
- Warmte: 0% → 31.08%

Vraag • Industrie • Raffinaderijen

- Gasketel: 100% → 0%
- Waterstofketel: 0% → 100%

Vraag • Industrie • Kunstmest

- Lokale NH₃ (stoomreforming van aardgas): 100% → 32.26%
- Lokale NH₃ (centraal waterstofnetwerk): 0% → 67.74%
- Gasketel: 100% → 0%
- Waterstofketel: 0% → 100%

Vraag • Industrie • Chemie

- Gasketel: 100% → 7.96%
- Waterstofketel: 0% → 40.65%
- Elektrische boiler: 0% → 42.59%
- Stoomnet: 0% → 8.81%
- Biomassa: 0% → 49.07%
- Waterstof: 0% → 50.93%
- Olie: 100% → 0%

Vraag • Industrie • Centrale ICT

- Grootte: 100% → 472.58%
- Efficiëntieverbetering: 0% → 25.04%

Vraag • Industrie • Voedsel

- Elektriciteit: 0% → 31.08%
- Warmte: 0% → 31.08%
- Gasketel: 100% → 0%
- Olieketel: 0% → 0.35%
- Waterstofketel: 0% → 41.67%
- Elektrische boiler: 0% → 57.99%

Vraag • Industrie • Papier

- Elektriciteit: 0% → 38.08%
- Warmte: 0% → 38.08%
- Gasketel: 100% → 0%
- Olieketel: 0% → 32.26%
- Waterstofketel: 0% → 17.41%
- Elektrische boiler: 0% → 50.33%

Vraag • Industrie • Overig

- o Grootte (energetisch): 100% → 83.47%
- o Grootte (niet-energetisch): 100% → 83.47%
- o Biomassa: 0% → 1%
- o Elektriciteit: 36.81% → 88%
- o Gas: 63.19% → 0%
- o Waterstof: 0% → 11%
- o Biomassa: 0% → 43.52%
- o Waterstof: 0% → 56.48%

Vraag • Landbouw • Vraagontwikkeling

- o Elektriciteit: 0% → 0.34%
- o Warmte: 0% → -1.02%

Vraag • Landbouw • Warmte

- o Gasketel: 32.85% → 0%
- o Biomassaketel: 0% → 24.07%
- o Water warmtepomp: 0% → 10.23%
- o HT-warmtenet: 0% → 44.03%
- o Warmte van lokale WKK's: 67.15% → 21.66%

Vraag • Landbouw • Warmte van lokale WKK's

- o Biomassa-WKK: 0 W → 42 MW
- o Gasmotor-WKK: 41.62 MW → 0 W

Vraag • Overig • Vraagontwikkeling

- o Elektriciteit: 0% → -3.39%
- o Warmte: 0% → -3.39%
- o Niet-energetisch: 0% → -3.39%

Aanbod • HT-warmtenetten • Bronnen

- o Diepe geothermie: 0 W → 50 MW
- o Collectieve water warmtepomp: 16.5 MW → 119 MW
- o Waterstofketel: 0 W → 40 MW

Aanbod • Elektriciteit • Gascentrales

- o Gasmotor-WKK: 34.49 MW → 0 W

Aanbod • HT-warmtenetten • (Seizoens)opslag van warmte

- o : 0 → 1

Aanbod • Elektriciteit • Kolengascentrales

- o Energieproductie: 100% → 0%
- o Grondstof voor chemiesector: 0% → 100%

Aanbod • Hernieuwbare elektriciteit • Windmolens

- o Op land: 37.59 MW → 554.06 MW

Aanbod • MT-warmtenetten • Bronnen

- Zonthermie: 0 W → 121.94 MW
- Diepe geothermie: 0 W → 100 MW
- Ondiepe geothermie met warmtepomp: 0 W → 121.94 MW
- Restwarmte: 0 J → 2.03 PJ
- Collectieve water warmtepomp: 0 W → 250 MW
- Waterstofketel: 0 W → 40 MW
- Warmtepomp met aquathermie (TEO) en WKO: 0 W → 150 MW
- Warmtepomp met aquathermie (TEA) en WKO: 0 W → 50 MW
- Warmtepomp met aquathermie (TED) en WKO: 0 W → 50 MW

Aanbod • Hernieuwbare elektriciteit • Zonne-energie

- Zon op dak huishoudens: 180.39 MW → 1.21 GW
- Zon op dak gebouwen: 146.34 MW → 250.43 MW
- Zon op land: 10 MW → 3.53 GW

Aanbod • MT-warmtenetten • (Seizoens)opslag van warmte

- : 0 → 0.68

Aanbod • Hernieuwbare elektriciteit • Biomassacentrales

- Biogas-WKK: 2.98 MW → 0 W
- Biomassa-WKK: 0 W → 50 MW
- Biomassacentrale: 0 W → 50 MW

Aanbod • Hernieuwbare elektriciteit • Waterstofcentrales

- Waterstofturbine: 0 W → 200 MW

Aanbod • Hernieuwbare elektriciteit • Geothermisch

- Geothermisch elektrisch: 0 W → 215 MW

Aanbod • LT-warmtenetten • Bronnen

- Zonthermie: 0 W → 47.42 MW
- Geothermie (ondiep): 0 W → 47.42 MW
- Restwarmte: 0 J → 4.9 PJ
- Collectieve water warmtepomp: 0 W → 33.87 MW
- Warmtepomp met aquathermie (TEO) en WKO: 0 W → 67.74 MW
- Warmtepomp met aquathermie (TEA) en WKO: 0 W → 166 MW
- Warmtepomp met aquathermie (TED) en WKO: 0 W → 152 MW

Aanbod • LT-warmtenetten • (Seizoens)opslag van warmte

- : 0 → 1

Aanbod • Waterstof • Waterstofproductie

- Zonnecentrale PV voor H₂: 0 W → 140.91 MW
- H₂ import: 0 W → 289.24 MW

Aanbod • Waterstof • Waterstofopslag

- Volume opslag: 0 WH → 264.75 GWH

- Relatieve opslagcapaciteit: 250 [MISSING → 500 [MISSING

Aanbod • Transportbrandstoffen • Wegverkeer

- Diesel: 94.36% → 0%
- Biodiesel: 5.64% → 100%
- Benzine: 93.54% → 0%
- Bio-ethanol: 6.46% → 100%
- Vloeibaar aardgas (LNG): 100% → 0%
- Bio-LNG: 0% → 100%

Aanbod • Transportbrandstoffen • Treinverkeer

- Diesel: 100% → 0%
- Biodiesel: 0% → 100%

Aanbod • Transportbrandstoffen • Binnenlandse scheepvaart

- Diesel: 100% → 0%
- Biodiesel: 0% → 32.26%
- Bio-LNG: 0% → 67.74%
- Vloeibaar aardgas (LNG): 100% → 0%
- Bio-LNG: 0% → 100%

Aanbod • Transportbrandstoffen • Internationale luchtvaart

- Kerosine: 100% → 0%
- Biokerosine: 0% → 100%

Aanbod • Biomassa • Gasmix in gasnetwerk

- Aardgas: 99.39% → 0%
- Groen gas: 0.61% → 100%
- Aardgas: 100% → 0%
- Hervergast LNG: 0% → 100%

Aanbod • Biomassa • Groengasproductie

- Vergisting: 100% → 66.13%
- Natte vergassing (SCW): 0% → 33.87%

Aanbod • Biomassa • Biokolen en bio-olie in energiecentrales

- Steenkool: 100% → 0%
- Biokolen: 0% → 100%
- Netwerkgas: 100% → 0%
- Bio-olie: 0% → 100%

Aanbod • Biomassa • Oliemix in vraagsectoren

- Andere olie: 100% → 0%
- Andere olie: 100% → 0%
- Andere bio-olie: 0% → 100%
- Andere bio-olie: 0% → 100%

Flexibiliteit • Opslag elektriciteit • Batterijen in huishoudens

- Verbeter inzet batterijen met prognose van residual load: Liquid error: t.toFixed is not a function → Liquid error: t.toFixed is not a function

Flexibiliteit • Opslag elektriciteit • Batterijen in elektrische voertuigen

- Inzetbaar vermogen: 0% → 20.32%
- Verbeter inzet batterijen met prognose van residual load: 0 → 1

Flexibiliteit • Opslag elektriciteit • Grootschalige batterijopslag

- Geïnstalleerd vermogen: 0 W → 500 MW
- Verbeter inzet batterijen met prognose van residual load: 0 → 1

Flexibiliteit • Opslag elektriciteit • OPAC

- Verbeter inzet opslag met prognose van residual load: 0 → 1

Flexibiliteit • Opslag elektriciteit • Flowbatterijen

- Verbeter inzet opslag met prognose van residual load: 0 → 1

Flexibiliteit • Netbelasting • Productiebeperking - zon-PV

- Zon op dak huishoudens: 0% → 40.65%
- Zon op dak gebouwen: 0% → 40.65%
- Zonneparken: 0% → 40.65%
- Zonneparken op zee: 33% → 51.29%

Flexibiliteit • Netbelasting • Vraagsturing - vraagverschuiving in industrie

- Vraagverlaging vermogen: 0% → 33.87%
- Vraagverhoging vermogen: 0% → 33.87%
- Willingness-to-accept: 200 → 132.26
- Maximaal tekort: 24 [MISSING → 122 [MISSING
- Vraagverlaging vermogen: 0% → 33.87%
- Vraagverhoging vermogen: 0% → 33.87%
- Willingness-to-accept: 200 → 132.26
- Maximaal tekort: 24 [MISSING → 122 [MISSING
- Vraagverlaging vermogen: 0% → 33.87%
- Vraagverhoging vermogen: 0% → 33.87%
- Willingness-to-accept: 200 → 132.26
- Maximaal tekort: 24 [MISSING → 122 [MISSING
- Vraagverlaging vermogen: 0% → 33.87%
- Vraagverhoging vermogen: 0% → 33.87%
- Willingness-to-accept: 200 → 132.26

Flexibiliteit • Netbelasting • Vraagsturing - laadgedrag elektrische auto's

- Overall laden: 100% → 32.26%
- Slim laden (Elaad): 0% → 67.74%

Flexibiliteit • Weersomstandigheden • Extreme weersomstandigheden

- Buitentemperatuur: 0 → 0.41

Flexibiliteit • Import/Export • Interconnector 1

- Huidige import: 370 → 119.35
- Toekomstige import: 370 → 119.35
- Elektriciteitsprijs in externe markt: 38 → 46

Flexibiliteit • Import/Export • Interconnector 2

- Huidige import: 370 → 119.35
- Toekomstige import: 370 → 119.35

Flexibiliteit • Import/Export • Interconnector 3

- Huidige import: 370 → 119.35
- Toekomstige import: 370 → 119.35

Flexibiliteit • Import/Export • Interconnector 4

- Huidige import: 370 → 119.35
- Toekomstige import: 370 → 119.35

Flexibiliteit • Import/Export • Interconnector 5

- Huidige import: 370 → 119.35
- Toekomstige import: 370 → 119.35

Flexibiliteit • Import/Export • Interconnector 6

- Beschikbaar voor import: 100% → 32.26%
- Beschikbaar voor export: 100% → 32.26%
- Huidige import: 370 → 119.35
- Toekomstige import: 370 → 119.35

Flexibiliteit • Import/Export • Interconnector 7

- Huidige import: 370 → 119.35
- Toekomstige import: 370 → 119.35

Flexibiliteit • Import/Export • Interconnector 8

- Huidige import: 370 → 119.35
- Toekomstige import: 370 → 119.35

Emissies • Broeikasgassen • Gebouwde Omgeving

- Huishoudens: 100% → 0%
- Gebouwen: 100% → 0%

Emissies • Broeikasgassen • Transport

- Transport: 100% → 32.26%

Emissies • Broeikasgassen • Industrie en Energie

- Chemische industrie: 100% → 32.26%
- Afvalbeheer: 100% → 32.26%
- Overige industrie: 100% → 32.26%
- Chemische industrie: 100% → 32.26%
- Afvalbeheer: 100% → 32.26%
- Overige industrie: 100% → 32.26%

- Industrie: 100% → 0%
- Energiesector: 100% → 0%

Emissies • Broeikasgassen • Landbouw

- Mest: 100% → 32.26%
- Landbewerking: 100% → 32.26%
- Mest: 100% → 105.42%
- Landbewerking: 100% → 67.48%
- Fermentatie: 100% → 32.26%
- Overige activiteiten: 100% → 32.26%
- Landbouw: 100% → 123.71%

Emissies • Broeikasgassen • Indirecte emissies

- Indirecte emissies: 100% → 32.26%

Emissies • Broeikasgassen • Uitgestelde emissies

- Uitgestoten uitgesteld: 100% → 32.26%
- Onbepaalde tijd uitgesteld: 0% → 67.74%

Emissies • Emissiefactoren • CO₂-emissies van geïmporteerde warmte

- CO₂-uitstoot van geïmporteerde (rest)warmte: 35.97 → 12

Emissies • Emissiefactoren • CO₂-emissies van geïmporteerde waterstofdragers en ammoniak

- Waterstof: 280.8 KG/MWH → 90.58 KG/MWH

Kosten & efficiënties • Elektriciteit • Kolencentrales

- Kolenvergassing: 45% → 36%
- Kolen conventioneel: 36% → 26%
- Kolen-WKK - elektriciteit: 43% → 33%
- Kolen-WKK - warmte: 14% → 5%
- Kolen-WKK met bijstook - elektriciteit: 40% → 30%
- Kolen-WKK met bijstook - warmte: 15% → 5%
- Kolen-WKK (industrie) - elektriciteit: 40% → 0%
- Kolen-WKK (industrie) - warmte: 15% → 0%

Kosten & efficiënties • Elektriciteit • Gascentrales

- Investeringskosten gascentrales: 0% → 0.09%

Kosten & efficiënties • Elektriciteit • Kerncentrales

- Investeringskosten grote reactoren: 0% → -7.79%
- Onderhoudskosten grote reactoren: 0% → 38.75%

Kosten & efficiënties • Hernieuwbare elektriciteit • Windmolens

- Investeringskosten wind op land: 0% → -33.12%
- Onderhoudskosten wind op land: 0% → -43.26%
- Investeringskosten wind op zee: 0% → -50.38%
- Onderhoudskosten wind op zee: 0% → -52.58%

Kosten & efficiënties • Hernieuwbare elektriciteit • Zonne-energie

- Investeringskosten zonnepanelen: 0% → -46.12%
- Zonnepanelen: 17% → 21.74%

Kosten & efficiënties • Hernieuwbare elektriciteit • Waterkracht

- Investeringskosten waterkracht rivier: 0% → -2.71%

Kosten & efficiënties • Hernieuwbare elektriciteit • Biomassacentrales

- Investeringskosten biomassacentrales: 0% → -21.55%
- Onderhoudskosten biomassacentrales: 0% → -57.21%

Kosten & efficiënties • Elektriciteitsnet • Kosten elektriciteitsinfrastructuur

- Investering in net op zee: 1,159 → 922.58

Kosten & efficiënties • Warmte • Kosten verwarming

- Elektrische warmtepompen: 0% → -33.19%
- Investeringskosten aardwarmte: 0% → -59.88%
- Onderhoudskosten aardwarmte: 0% → -26.42%
- Geïmporteerde (rest)warmte: 11.57 → 4.41

Kosten & efficiënties • Warmte • Kosten warmtenetinfrastructuur

- HT-(seizoens)opslag: 43 → 13.94

Kosten & efficiënties • Waterstof • Waterstofproductie

- Investeringskosten power-to-gas: 0% → -26.42%

Kosten & efficiënties • Waterstof • Waterstoftransport

- Totale kosten H₂ leidingen: 0.47 → 1.59
- Totale kosten H₂ onder druk in vrachtwagens: 50.08 → 50.09

Kosten & efficiënties • Waterstof • Geïmporteerde waterstofdragers en ammoniak

- Waterstof: 60.16 → 39.73

Kosten & efficiënties • Transport • Efficiënties

- Brandstofvoertuigen: 0% → 0.27%
- Treinen: 0% → 0.07%
- Schepen: 0% → 0.27%
- Vliegtuigen: 0% → 0.54%

Kosten & efficiënties • Brandstofprijzen • Fossiele brandstoffen

- Aardgas: 14 → 14.68
- Olie: 64.15 → 59.98
- Kolen: 65.94 → 58.53

Kosten & efficiënties • Brandstofprijzen • Biobrandstoffen

- Groen gas: 63.57 → 54.38
- Biogas: 57 → 48.87
- Hout: 149.78 → 151.96

- Biodiesel: 0.96 → 1.12
- Bio-ethanol: 0.95 → 1.12

Kosten & efficiënties • Flexibiliteit • Opslag elektriciteit

- Batterijen in huishoudens per MWh: 0% → -48.77%

Kosten & efficiënties • Flexibiliteit • Conversie elektriciteit

- Investeringskosten power-to-heat boilers: 0% → 1.15%

Kosten & efficiënties • CCUS • Prijzen

- Afgevangen biogene CO₂-prijs: 24.83 → 0

Kosten & efficiënties • Kapitaalskosten • Gewogen kapitaalskosten (WACC)

- Huishoudens: 2% → 2.68%
- Commerciële / bewezen technologieën: 4% → 3.32%
- Nieuwe / onvolwassen technologieën: 7% → 4.29%

7.2 Appendix B: Over het Energietransitiemodel

7.2.1 Inleiding

Het [Energietransitiemodel \(ETM\)](#) is een gratis, open-source, web-based energiemodel om energiescenario's voor de toekomst mee te verkennen.

Het ETM is voor iedereen die energie-scenario's wil verkennen en creëren voor landen, steden, wijken en zelfs straten. Er wordt geen voorkennis aangenomen zodat het ETM door zowel experts als studenten kan worden gebruikt. Je kunt aannames maken over vraag en aanbod van verschillende soorten energie van bron tot toepassing. Het ETM bepaalt voor alle belanghebbenden in het systeem duurzaamheid, betrouwbaarheid en betaalbaarheid op nationaal en lokaal niveau.

Op energierekenmodellen.nl kun je zien hoe het ETM zich verhoudt tot andere modellen.

7.2.2 Scope van het Energietransitiemodel

“ All models are wrong but some are useful.
~ George Box

Hoewel Quintel alle belangrijke kenmerken van het energiesysteem probeert mee te nemen, heeft het ETM noodzakelijkerwijs een beperkte reikwijdte en mag het niet worden gebruikt als vervanging voor kritisch denken. Integendeel! Hopelijk, wordt de gebruiker geïnspireerd om dieper na te denken over de resultaten en de grenzen van het model op te zoeken!

De volgende (zeer) onvolledige lijst van onderwerpen is indicatief voor de grenzen van het ETM:

- **Menselijk gedrag:** ongetwijfeld de grootste impact op het succes of het mislukken van de energietransitie valt buiten de scope van het voornamelijk technisch/financiële ETM.
- **Economische verbanden:** het ETM berekent kosten op basis van gepubliceerde huidige waarden en neemt geen prijselasticiteit of andere economische relaties aan die in de toekomst wellicht niet langer gelden.
- **Wetgeving:** het ETM berekent kosten zonder subsidies of belastingen.