

Trends in de internationale ontwikkeling van het energiegebruik



februari 2021

Dr Walter J.J. Manshanden
Dr Frédéric Reynès

Inhoud

1 Nederland in de Europese context	3
2 Economie, bevolking en GDP/capita in Europa	9
3 Energie in Europa	16
4 Energieverbruik in Europa naar sector	19
5 Energie in Europa naar bron	21
6 De COVID-19 crisis en investeringen in energie	25
7 Samenvatting	29
Begrippen	32
Literatuur	33

1 Nederland in de Europese context

CO₂, klimaatverandering en het Verdrag van Parijs 2015

Het verbranden van fossiele brandstoffen voegt netto CO₂ toe aan de dampkring, waardoor het broeikaseffect wordt versterkt. Het broeikaseffect (CO₂ reflecteert infrarode straling waardoor de stralingsbalans van de aardse dampkring wordt beïnvloed) werd door Arrhenius ontdekt, waarover hij in 1896 publiceerde. Het herwon aan wetenschappelijke belangstelling in de jaren '50 van de vorige eeuw door het werk van Roger Revelle en Hans Suess (1957), gefinancierd door het Pentagon, in onderzoek naar fall-out van atoombomproeven in de Stille Oceaan. Daaruit bleek dat de achtergrondstraling van koolstofisotoop C¹⁴ in de dampkring voortdurend afnam, hetgeen wees op een toenemende proportie koolstof in de dampkring die van fossiele oorsprong moest zijn. C¹⁴ is namelijk van atmosferische oorsprong. Hierdoor kwam het idee in beeld dat de CO₂ concentratie in de dampkring voortdurend toeneemt, zodat de hypothese van Arrhenius weer op tafel kwam. Charles Keeling begon in 1958 met metingen op Mouna Loa (Hawaii) van CO₂ in de atmosfeer. Vanaf de eerste Climate Change Conference in Boulder, Colorado, in 1965 komen wetenschappers regelmatig bijeen om het effect zelf en de gevolgen voor de maatschappij te bestuderen (Weart 2007). Vanaf 1988 is met de oprichting van het Intergovernmental Panel on Climate Change klimaatverandering buiten de wetenschap zelf op de politieke en beleidsagenda gekomen. Dit is nu zodanig doorgedrongen in de internationale politiek dat in 2015 in Parijs een internationaal klimaatakkoord overeen werd gekomen, het Klimaatakkoord van Parijs, waarin de doelstelling werd vastgelegd om de temperatuurstijging tot 2° Celsius ten opzichte van het pre-industriële tijdperk beperkt te houden. De Green Deal van de EU uit 2020 geeft daar een nadere concrete invulling aan. Hoewel het Verdrag van Parijs niet-sanctioneerbaar is en enige landen zich terugtrokken uit het akkoord, is het voor het merendeel van de deelnemende staten duidelijk dat het voor de natuur en de mensheid beter is om de doelstellingen te realiseren.

Het is dermate duidelijk dat ook de financiële wereld kiest voor stabilisering van het aardse klimaat, daar klimaatverandering de waarde van beleggingen op de lange termijn op een onvoorspelbare manier aantast. Verzekeringsmaatschappijen zijn de eersten die de toegenomen financiële risico's bovenop de gebruikelijke risico's zijn gaan zien. Dit inzicht is nu breder gedeeld in de financiële wereld. Een voorbeeld is het Amerikaanse Blackrock, een beleggingsfirma met 7 biljoen US\$ in beheer, waarvan CEO Larry Fink eind 2020 aankondigde dat klimaatverandering een centrale plaats heeft gekregen in de beleggingsstrategie. Kortom, klimaatverandering heeft een centrale plaats in het internationale beleid en in de 'haute finance'.

Klimaatbeleid in Nederland

In Nederland is na het sluiten van het Verdrag van Parijs in 2015 ervoor gekozen om in overleg met de sectoren (de klimaattafels) beleidsdoelstellingen en uitvoeringsagenda's te formuleren, waarbij de maatregelen bij voorkeur de vorm van een verdienmodel hebben. Twee sectoren zijn van de maatregelen gevrijwaard, namelijk de agro-industrie en de luchtvaart. De totstandkoming van de klimaatakkoorden in Nederland vergde veel tijd en moeite, waarbij de relatie tussen doelstelling en de te nemen maatregelen niet duidelijk is.

De invoering van verschillende vormen van duurzame energie stuit vaak nog op weerstand, zoals de grootschalige inzet van biomassa in elektriciteitscentrales (zie bijvoorbeeld de recente studie *The Burning Question*, Ember, 2020). De natuur levert weliswaar hout als restmateriaal op, maar de inzet van levend bos levert niet dezelfde voordelen op als andere hernieuwbare bronnen ten opzichte van

fossiele brandstoffen (Ember, 2020). Het veroorzaakt eveneens luchtvervuiling. Windenergie op land stuit op bezwaren van omwonenden vanwege de directe hinder (slagschaduw en geluid) en landschapsvervuiling. Hoewel isolatie een eerste stap is in de verduurzaming van de woningvoorraad – het vermindert de behoefte aan energie - ontmoet dit weerstand vanwege de hoge kosten en de lange terugverdientijd.

Van overheidswege zijn in Nederland verschillende financiële prikkels en arrangementen gecreëerd om de inzet van duurzame energie te bevorderen. Dan gaan het om subsidies op duurzame warmtebronnen voor particulieren, subsidie op de aanschaf van elektrische auto's (SEPP), arrangementen tussen particulieren en energiemaatschappijen over levering en teruglevering van zonnestroom aan het openbare net, enz. Daarnaast heeft de overheid voor de marktsector de Stimuleringsregeling Duurzame Energieproductie (SDE) opgezet als financiering van de onrendabele top van investeringen in de productie van duurzame energie. Veilingen van windcapaciteit, opengesteld voor buitenlandse partijen op de Noordzee zijn een effectief instrument gebleken, waarbij de projecten inmiddels tegen marktconforme condities kunnen worden gerealiseerd.

Nederland in de Europese context

Op Europees niveau is afgesproken dat het aandeel hernieuwbare energie in Nederland 14 procent moet zijn in 2020. Nederland is daar nog ver van verwijderd. Met al de genoemde maatregelen heeft Nederland in 2019 7,53 procent van het totale energie-aanbod (methode TPES, total primary energy supply) duurzaam opgewekt (bron: Eurostat). Deze methode wijkt licht af van de methode die het CBS gebruikt voor Nederland; dan komt het CBS op 8,67 procent (zie Hernieuwbare energie in Nederland 2019 (2020), Den Haag: CBS, p32). Volgens de TPES-methode komt het CBS in 2020 voor het jaar 2019 voor Nederland op 7,38 procent hernieuwbare energie. Dat is qua definitie identiek aan het cijfer van 7,53 procent op basis van de meest recente Eurostat-data in dit paper. Sinds de publicatie van het CBS zijn de broncijfers van Eurostat inmiddels licht aangepast; in dit paper is gebruik gemaakt van de laatste update van Eurostat van 10 januari 2021 (de download is van 11 januari). In dit paper wordt verder uitgegaan van TPES vanwege de consistente data voor alle Europese landen en wordt Eurostat als bron aangehouden.

Met dit aandeel van 7,53 procent duurzame energie is Nederland 27^e op de ranglijst van de 28 Europese landen, inclusief Groot-Brittannië, en blijft alleen Malta voor (figuur 1.1). Het gemiddelde voor alle landen van de EU is 15,7 procent duurzame energie in TPES. Zweden heeft in 2019 het grootste aandeel duurzame energie, namelijk 43,7 procent.

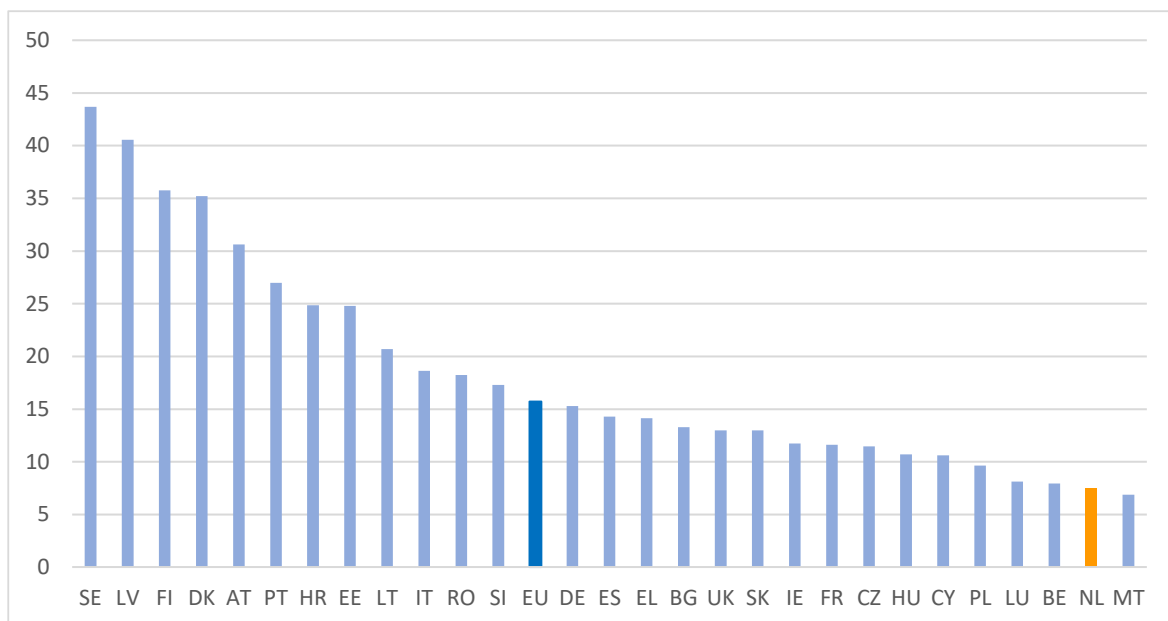
Over de jaren 1995-2019 is het gemiddelde aandeel duurzame energie in de Europese landen opgelopen van 5,2 procent naar de genoemde 15,7 procent, afgerond een toename van 10,5 procent. In Nederland is dat aandeel minder toegenomen, namelijk van 1,2 procent naar 7,5 procent, een toename van 6,3 procent. Nederland is dan 25^e op de ranglijst, voor Polen, Hongarije en Frankrijk als hekkensluiter. De ranglijst wordt aangevoerd door Denemarken, Zweden en Estland (figuur 1.2).

De verduurzaming van het energieverbruik in Nederland verloopt relatief traag, ondanks de inspanningen via de klimaattafels, veilingen van windcapaciteit en financiële prikkels via belastingen en subsidies. Het blijkt dat er een relatie waarneembaar is tussen de verandering van verduurzaming en het aandeel duurzame energie (figuur 1.4). Naast andere factoren, is het zichtbaar dat landen die een laag aandeel duurzaam energie aandeel hebben, voegen daar in de periode erna weinig aan toe. Dat blijkt vooral voor de periode 2009-2019 op te gaan, in welke periode energietransitie versnelt. Het betekent dat fossiele energiesystemen tot op zekere hoogte inert zijn, hetgeen toegeschreven kan

worden aan ‘sunk cost’ (het energiesysteem heeft een hoge kapitaalwaarde waarvan de afschrijving kostbaar is) van bestaande energiesystemen, maar ook marktmacht, lobbywerking en politieke wil. Overheidsingrijpen is gewenst om aan de marktmacht en sunk cost te ontsnappen, maar het is voorstelbaar dat marktmacht zich uitstrekt tot de overheid. Ondanks de toename van het aandeel duurzame energie, heeft juist Nederland in vergelijking met andere Europese landen een relatief omvangrijk fossiel energiesysteem.

Energie-intensieve bedrijfstakken in Nederland

Los van de productie van elektriciteit die in Nederland voornamelijk overwegend op gas en steenkool steunt, heeft Nederland vier grote energie-intensieve bedrijfstakken: chemische industrie, landbouw, vervoer over land en de voedingsmiddelenindustrie. Deze bedrijfstakken hebben relatief hoge energiekosten per euro toegevoegde waarde (Weterings et al, TNO/Copernicus Instituut/ECN, 2013). Grote verbruikers van fossiele energie zoals de basismetaal (steenkool) en in het bijzonder de luchtvaart (kerosine) zijn energie-intensief, dat wil zeggen hoge energiekosten voor elke euro toegevoegde waarde, vallen buiten deze vier omdat basismetaal en luchtvaart in 2010 absoluut gezien weinig bijdroegen aan de gehele toegevoegde waarde van Nederland.¹ Het is echter moeilijk hieraan conclusies te verbinden, omdat andere landen eveneens energie-intensieve bedrijfstakken hebben. Over de gehele economie – dat wil zeggen alle bedrijfstakken die aan de Nederlandse economie toegerekend worden – is Nederland niet meer of minder energie-intensief dan andere landen (figuur 1.3). Nederland verbruikt relatief gemiddeld wat minder energie per euro toegevoegde waarde. Dat lijkt paradoxaal, gezien de energie-intensieve industrie en agro-industrie, maar is het niet. Nederland heeft naast deze bedrijfstakken een omvangrijke dienstensector, en die is juist energie-extensief. Het energieverbruik van afzonderlijke sectoren dient dan gekoppeld te worden aan de toegevoegde waarde van die sectoren, hetgeen buiten de scope van dit paper valt.

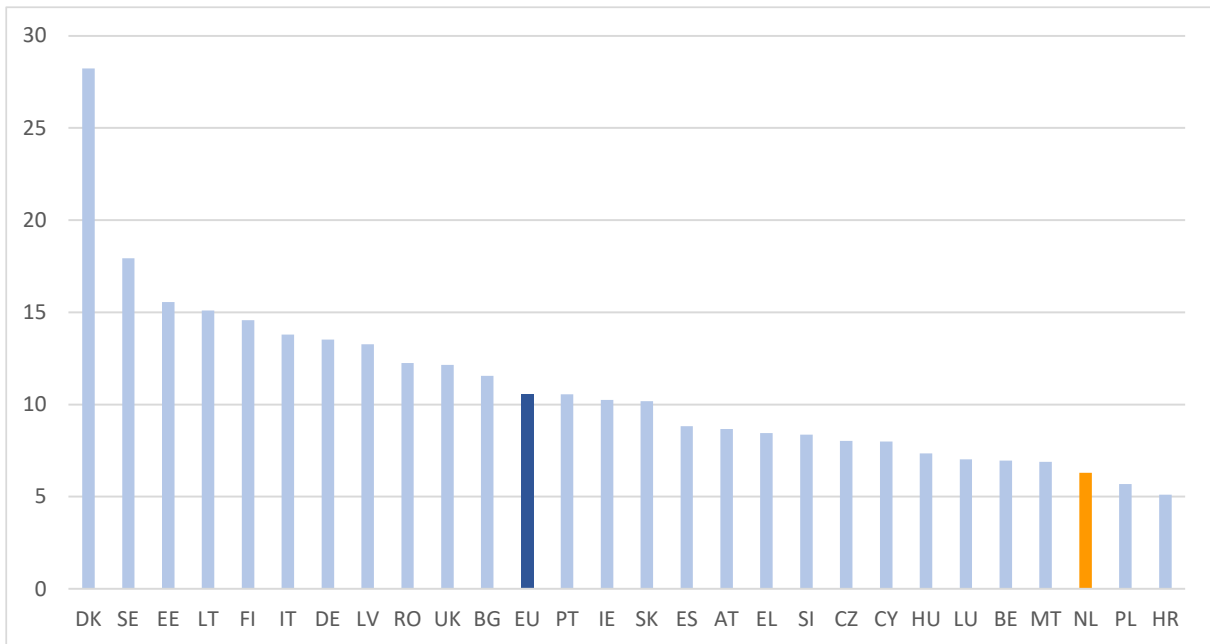


Figuur 1.1 Nederland staat qua duurzaamheid op Malta na onderaan de Europese ranglijst

Aandeel duurzame energie in het totale primaire aanbod (TPES), 2019

Bron: Eurostat/bewerking NEO Observatory

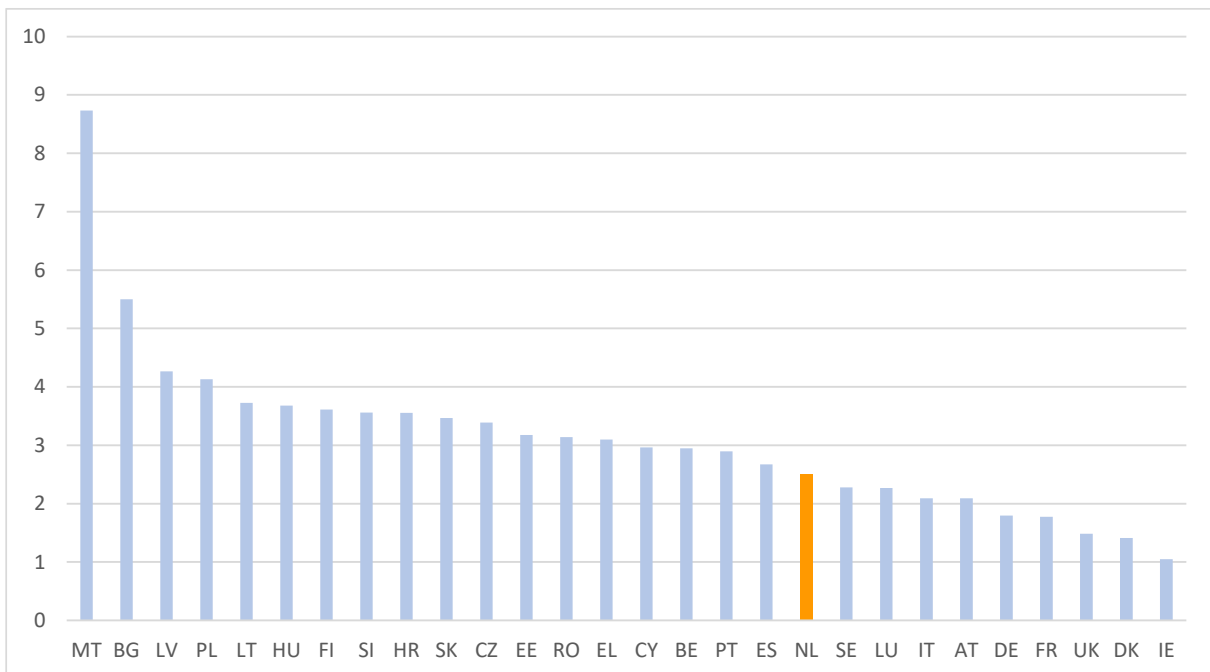
¹ Opgemerkt wordt dat dat afhankelijk is van de financiële prestaties van twee bedrijven in 2010, een jaar na de recessie van 2009. Een langjarig gemiddelde zou een stabiel beeld geven.



Figuur 1.2 Nederland staat qua ontwikkeling van duurzame energie in het totale primaire energie-aanbod op Polen en Hongarije na onderaan de Europese ranglijst

Groei van het aandeel duurzame energie in het totale primaire aanbod (TPES), 1995-2019

Bron: Eurostat/bewerking NEO Observatory



Figuur 1.3 Nederland verbruikt per euro toegevoegde waarde relatief weinig energie (inclusief toegevoegde waarde en energieverbruik ten behoeve van internationaal transport)

Energieverbruik (Petajoule) per miljoen euro toegevoegde waarde, 2019

Bron: Eurostat/bewerking NEO Observatory

Tabel 1. Energie intensiteit, toegevoegde waarde en energiegebruik van energie intensieve sectoren (2010, basisprijzen)

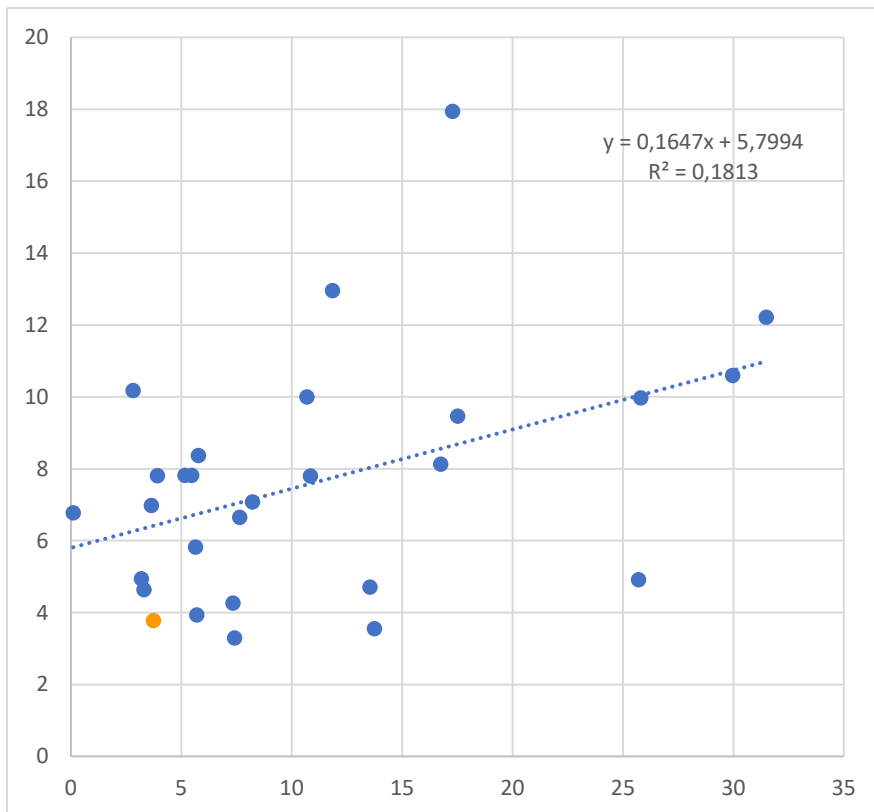
	Energie/TW	Toegevoegde waarde	Energiegebruik
	Euro energie per euro toegevoegde waarde	Miljoen euro	
Vervoer door de lucht	3,28	468	1.537
Visserij	1,43	126	180
Chemische industrie	1,03	11.354	11.650
Vervoer over water	0,57	1.198	684
Basismetalaalindustrie	0,54	1.796	963
Delfstoffenwinning (geen olie en gas)	0,35	353	124
Landbouw	0,26	9.215	2.418
Vervoer over land	0,25	10.760	2.675
Papierindustrie	0,22	1.528	330
Afval, -waterbeheer en sanering	0,20	3.602	711
Elektrische apparatenindustrie	0,19	1.039	202
Bouwmaterialenindustrie	0,18	2.127	385
Verhuur van roerende goederen	0,17	4.815	833
Sport en recreatie	0,17	1.451	244
Logiesverstreking	0,13	2.929	376
Voedingsmiddelenindustrie	0,12	10.591	1.257
Rubber- en kunststofproductindustrie	0,11	2.050	235
Totaal energie intensieve sectoren		65.402	24.804
Totaal Nederland		525.921	92.456

Bron: CBS/bewerking TNO

Tabel 1.1 Energie intensiteit, toegevoegde waarde en energiegebruik van energie-intensieve sectoren (2010), basisprijzen

Overgenomen uit: Weterings et al (2013)

De einduitkomst is dat in de andere Europese landen de sectoren gemiddeld voor een groter aandeel op groene energie leunen, bijvoorbeeld waterkracht of atoomkracht. In Nederland gebruiken de energie-intensieve bedrijfstakken fossiele energie vanwege het goedkope binnenlandse aanbod (aardgas in de landbouw en delen van de chemie), de specialisatie in aardolie (het petrochemisch complex in Rijnmond) of als brandstof voor transport (vervoer over de weg). Een vergelijkende analyse van sectoren naar energieverbruik tussen Europese landen zou hier nader licht op werpen.



Figuur 1.4 Landen met een aanvankelijk laag aandeel duurzame energie, ontwikkelen ook minder duurzame energie: fossiele energiesystemen hebben een neiging tot inertie

Aandeel duurzame energie in 2008 (horizontale as) in TPES, toename van het aandeel duurzame energie in TPES 2008-2019 (verticale as). Oranje = Nederland.

Bron: Eurostat/bewerking NEO Observatory

2 Economie, bevolking en GDP/capita in Europa

De ontwikkeling van het aandeel duurzame energie in Nederland ten opzichte van Europa kan beschouwd worden vanuit de binnenlandse dynamiek in de energiemarkt, de marktordening en de institutionele structuur. Dan gaat het om de aanwezigheid van binnenlandse energiebronnen ('endowments'), de specialisatie van de economie vanuit het verleden, marktmacht van energiebedrijven en dito maatschappijen en de rol van de overheid. Een ander perspectief van waaruit de positie van Nederland in Europa kan worden beschouwd, is vanuit de dynamiek van het energiegebruik in Europa en andere landen, waar de inzet van duurzame energie zowel sneller verloopt als een hoger niveau heeft bereikt. Het is dit tweede perspectief dat in dit paper wordt gekozen.

Het startpunt is de ontwikkeling van economie en bevolking in Europa over de periode 1995-2019. Vanwege de beschikbaarheid van consistente gegevens is voor het Europese in plaats van het globale perspectief gekeken. Tevens ligt dat voor de hand omdat Nederland wordt omgeven met vergelijkbare landen, die desondanks tot een duurzamer energieverbruik komen.

Economie en bevolking zijn in eerste instantie de belangrijkste factoren die de vraag naar energie bepalen. Het bruto binnenlands product (bbp) per hoofd van de bevolking is een kernparameter van de stand en de ontwikkeling van welvaart. Dit is beschikbaar in dezelfde muntheid voor alle landen over de periode 1995-2019, namelijk Euro's met de waarde van het jaar 2018.

Tegelijk is er volledige informatie voor een lange periode, namelijk 1995-2019, voor alle EU landen, over de energiebalans, die gelijk is aan die van het CBS voor Nederland. De energiebalans van elk land geeft een overzicht van het totale primaire energieaanbod (TPES) en hoe dat uiteindelijk gebruikt wordt door bedrijfstakken, transport en huishoudens. Het totale primaire aanbod bevat de winning in het binnenland, de export (vraag uit het buitenland), de import en de bunker voor internationale scheep- en luchtvaart. Indien de bunker in mindering wordt gebracht op TPES, verkrijgt men het bruto binnenlandse aanbod van energie. Het is bruto, omdat een deel daarvan wordt benut voor omzetting in elektriciteit en restwarmte, een klein deel voor niet-energetisch gebruik (kunstmest en kunststoffen, smeerolie) en het overige is beschikbaar voor bedrijven en huishoudens. Dat is energie voor het productieproces, verwarming van gebouwen en woningen en transport. Voor alle EU landen is dit voor de periode 1995-2019 beschikbaar, waardoor er inzicht in de verschillende energiesystemen van de verschillende landen in de EU en de variatie daarin.

	2019	96-19	95-01	02-08	09-13	14-19
Economie en bevolking	<i>Abs.</i>	<i>% p.j.</i>				
BBP, biljoen euro	16,1	1,8	2,9	2,0	-0,1	2,4
Bevolking, miljoen	514,3	0,3	0,2	0,4	0,2	0,3
BBP/hoofd, 1000 euro	31,4	1,5	2,7	1,6	-0,3	2,1
Energie						
TPES, petajoule	67.070	-0,1	0,9	0,3	-1,5	-0,4
Binnenlands verbruik, petajoule	44.739	0,2	1,1	0,3	-1,1	0,3
TPES/Euro, PJ/miljard	4,2	-1,8	-1,9	-1,7	-1,4	-2,7
Binn. Verbruik/Euro PJ/miljard	2,8	-1,6	-1,7	-1,7	-1,0	-2,1
Import, petajoule	63.055	1,3	2,5	2,2	-0,9	0,9
Export, petajoule	22.096	1,4	2,3	1,7	1,6	0,1
Import/Euro, PJ/miljard	3,9	-0,5	-0,4	0,2	-0,8	-1,5
Export/Euro, PJ/miljard	1,4	-0,4	-0,6	-0,3	1,7	-2,2
Importsaldo	40.959	1,2	2,6	2,5	-2,1	1,3
Importsaldo/euro, PJ/miljard	2,5	-0,6	-0,3	0,5	-2,0	-1,1
Sectoren						
Industrie, petajoule	10.972	-0,6	0,0	-0,5	-2,4	0,1
Transport	14.017	0,8	1,9	0,9	-1,6	1,9
Diensten	6.347	1,1	1,9	2,3	-0,3	0,3
Landbouw, bosbouw, visserij	1.294	-0,2	-1,9	-1,1	0,3	2,5
Huishoudens	11.923	0,0	1,2	0,0	0,1	-1,5
Niet-energetisch	4.214	-0,3	0,6	-0,2	-2,7	0,9
Bunker, Scheepvaart	1.941	1,1	3,7	3,4	-4,6	1,2
Bunker, Luchtvaart	2.231	2,4	4,1	2,9	-1,4	4,1

Tabel 1.1 Enige kernparameters van economie, bevolking en energieaanbod, Europese Unie (28), stand 2019 en gemiddelde jaarlijkse groei 1995-2008 en 2009-2019

Bron: Eurostat, NEO Observatory

Bruto binnenlands product

Het bruto binnenlands product van de gehele EU had in 2019 een omvang van 16,1 biljoen euro² en is over de gehele periode 1995-2019 met gemiddeld 1,8 procent per jaar gegroeid. In het laatste decennium is deze groei vertraagd ten opzichte van de periode 1995-2008, in de eerste plaats door de recessie gevolgd door een aanhoudende stagnatie over de jaren 2008-2013. De jaren 2014-19 brachten weliswaar hoogconjunctuur, maar niettemin laat deze recente hausse een tragere groei zien dan die van de jaren 1995-2001, toen het bbp van de gehele EU28 met bijna 3 procent gemiddeld per jaar toenam. De periode 1995-2008 waren de jaren van de grote uitbreidingen van de EU (Europeanisering), de opening van de China en algehele globalisering. Na 2008 is de EU inmiddels uitgegroeid, kwamen fouten in de internationale systemen aan het licht (financiële crisis, euro crisis) en is de ontwikkeling van de wereldhandel en het bbp gematigder. Protectionisme, zoals de Brexit en de handelspolitiek van de VS, voert in recente jaren de boventoon.

² Een biljoen is in de Europa gehanteerde metriek 1000 miljard (10¹²). Het bbp van Nederland in 2019 was 787 miljard, ofwel 0,787 biljoen euro.

Voor het komend decennium ligt een trager groeipad in het verschiet, niet alleen vanwege de huidige val van het bbp door de corona-crisis en te verwachten druk op welvaart en welzijn door klimaatverandering, maar vooral omdat de gunstige factoren uit het verleden passé zijn (de EU kan maar één keer uitbreiden). Factoren als de Brexit zijn bepalend voor de vooruitzichten van de ontwikkeling van de internationale handel en het bbp. De globalisering die na de val van de Muur, de opening van China en de deregulering van de financiële wereld optrad vanaf 1990, wordt vervangen door protectionisme. De wereldhandel en de wederuitvoer via Nederland zullen daardoor zeer gematigd ontwikkelen. Dat laatste is al ingezet.

Bevolking

De bevolkingsgroei is beperkter qua omvang, enige tienden van een procent gemiddeld per jaar, is stabiel en heeft een ander momentum dan de ontwikkeling van het brp. Met name de groeiversnelling van de bevolking in de periode 2002-2008 valt op; deze ligt met 0,4 gemiddeld per jaar hoger dan het gemiddelde van 0,3 procent over de gehele periode. Dit kan toegeschreven worden aan immigratie, die na 2008 gematigder is verlopen.

BBP per hoofd van de bevolking

Daar het bbp structureel sneller groeit dan de bevolking, neemt het bbp per hoofd op de onderbreking in de periode 2009-2013 na, eveneens gemiddeld voortdurend toe. Opgemerkt wordt dat in de afgelopen hoogconjunctuur 2014-2019 het bbp/hoofd trager is gegroeid dan tijdens de hoogconjunctuur 1995-2001, namelijk met 2,4 procent gemiddeld per jaar, terwijl het in de eerste hausse met 2,9 procent per jaar toenam. De structurele vertraging van welvaartstoename is hier zichtbaar, niet alleen door de stagnatie tussen 2008 en 2013, maar ook in tragere groei gedurende hoogconjunctuur. De achterliggende oorzaak hiervan is, dat in het begin van de periode (1995-2008), de Oost-Europese landen na de val van de Muur een 'catch-up' fase van economische ontwikkeling doormaakten. Vanaf een laag niveau van het bbp/hoofd geeft dat hoge groeicijfers.

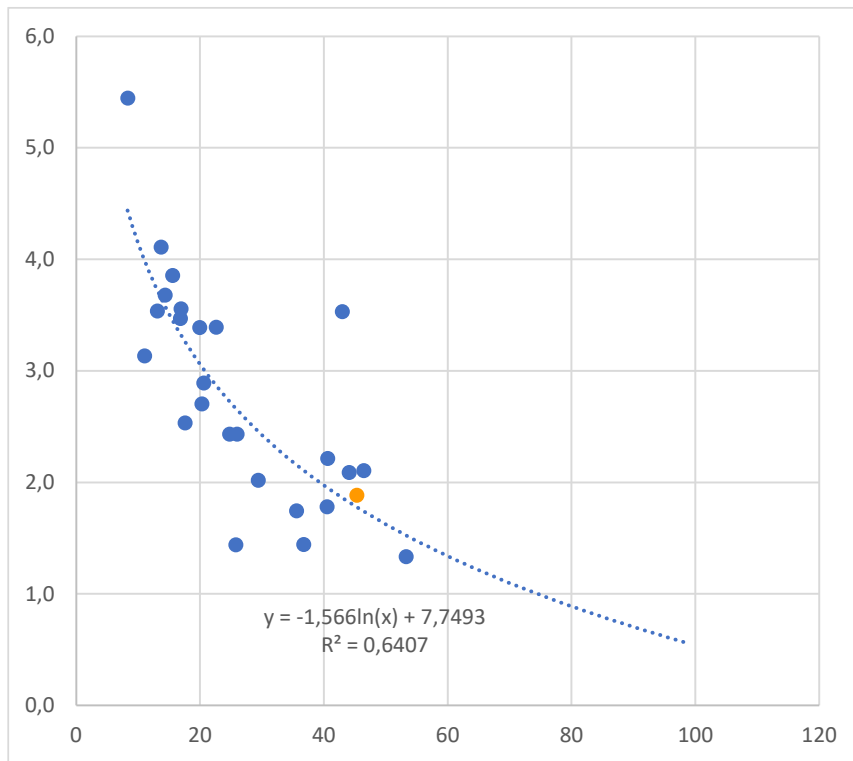
Verdeling van welvaart in Europa

Voor het onderwerp en het vervolg van dit paper is van belang dat de toename van het bbp/hoofd in die Oost-Europese staten, en eerder Ierland, Spanje en Portugal, mogelijk is door een krachtige herstructurering van de economie. Het houdt in dat inefficiënte productiemiddelen worden vervangen door efficiënte productiemiddelen. Indien deze aanpassing is voltooid, breekt een normaal pad aan op basis van concurrentievoordeel, kennis en specialisatie. Dit betekent niet dat de Oost-Europese landen naar een gelijk niveau van welvaart als de meest welvarende regio's in Noord- en West-Europa toegroeien. De convergentie-hypothese (alle landen naar eenzelfde welvaartsniveau) staat tegenover de agglomeratiehypothese (er blijven in bepaalde landen, in het bijzonder de grootstedelijke regio's, concentraties van economie en welvaart bestaan). Vooralsnog is deze laatste hypothese geldig. De hoogste welvaart blijft in grootstedelijke regio's in Noordwest-Europa geconcentreerd, waar productiemiddelen (kennis, kapitaal en creativiteit, ondernemerschap) samenkomen. De centrum-periferie tegenstelling in Europa blijft gehandhaafd.

Voor de energietransitie betekent dit het volgende. De kosten van kapitaal, grond, arbeid en innovatie blijven binnen structureel verschillen, waardoor de mogelijkheden voor nieuwe technologie voor de energietransitie structureel in Europa evenzo verschillen. De ruimtelijke concentraties van R&D zullen dezelfde blijven (bijvoorbeeld in Stuttgart, Eindhoven, Parijs, Stockholm etc.). Een concreet voorbeeld maakt de uiteindelijke uitkomst duidelijk: in de meest welvarende regio's is meer kapitaal beschikbaar voor zonnecellen, terwijl in de periferie door de lage grondkosten en geringe bevolkingsdichtheid meer bos is. De werkelijkheid is natuurlijk complexer, maar de variatie in dichtheid, bbp/hoofd, grondkosten

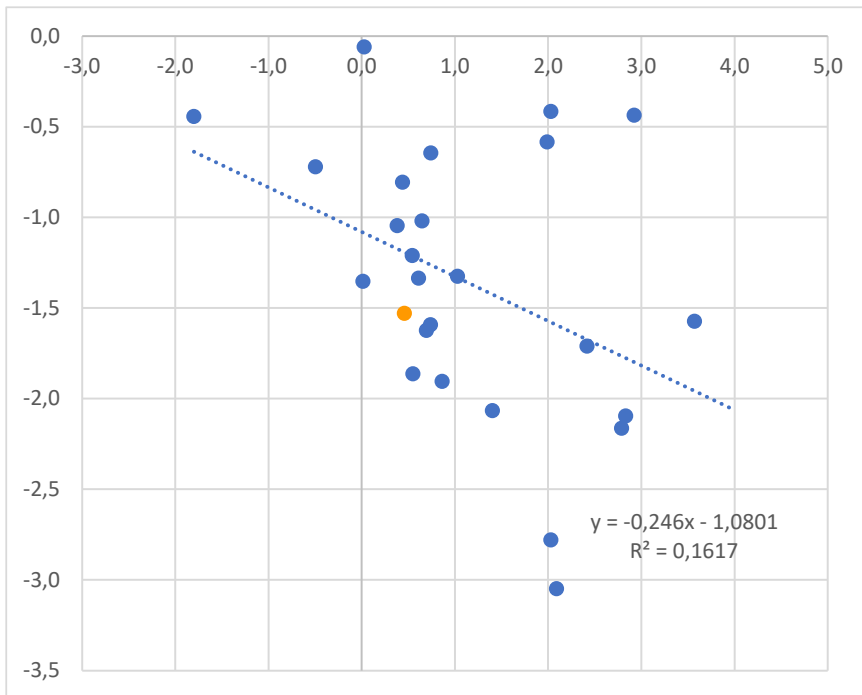
en economies of scale en scope (positieve externe effecten) bepaalt de mate van innovatie en beschikbaarheid van middelen voor nieuwe technologie, ook die voor de energietransitie. Interregionale transfer van technologie en middelen zijn vanuit de tegenstelling centrum-periferie mede noodzakelijk om op Europees niveau de energietransitie vorm te geven.

De verwachting voor het komend decennium is dat de groei van het bbp/hoofd van de bevolking verder vertraagt. De redenen daarvoor zijn dezelfde als die voor de gehele economie. Het einde van de globalisering, toenemend protectionisme, het einde van de europeanisering waarmee Europa met de Brexit een nieuwe fase ingaat leiden tot een structurele groeivertraging.



Figuur 2.1 Landen met een laag bbp per hoofd van de bevolking verbruiken relatief veel energie
Bbp/hoofd x 1000, (horizontaal), petajoule/miljard euro (vertikaal), 2019. Oranje = Nederland.

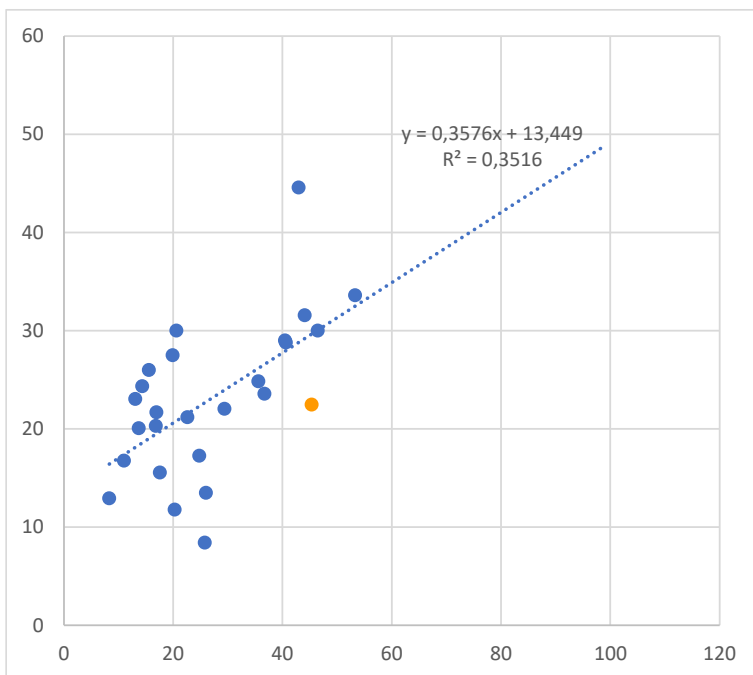
Bron: Eurostat, NEO Observatory



Figuur 2.2 Welvaartsgroei gaat gepaard met een afname van energieverbruik per euro

Groei bbp/hoofd (horizontaal), groei petajoule/miljard euro (vertikaal), 2009-2019, gemiddelde jaarlijkse groei in procenten. Oranje = Nederland.

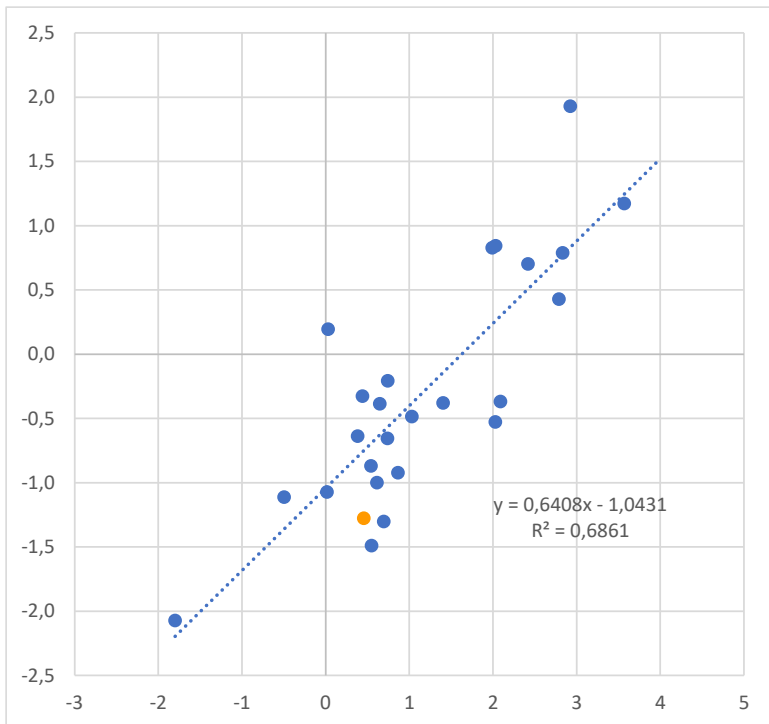
Bron: Eurostat, NEO Observatory



Figuur 2.3 Huishoudens in landen met een laag gdp per hoofd van de bevolking verbruiken relatief minder energie

BBP/hoofd, x 1000, (horizontaal), terajoule per miljoen inwoners (vertikaal), 2019. Oranje = Nederland.

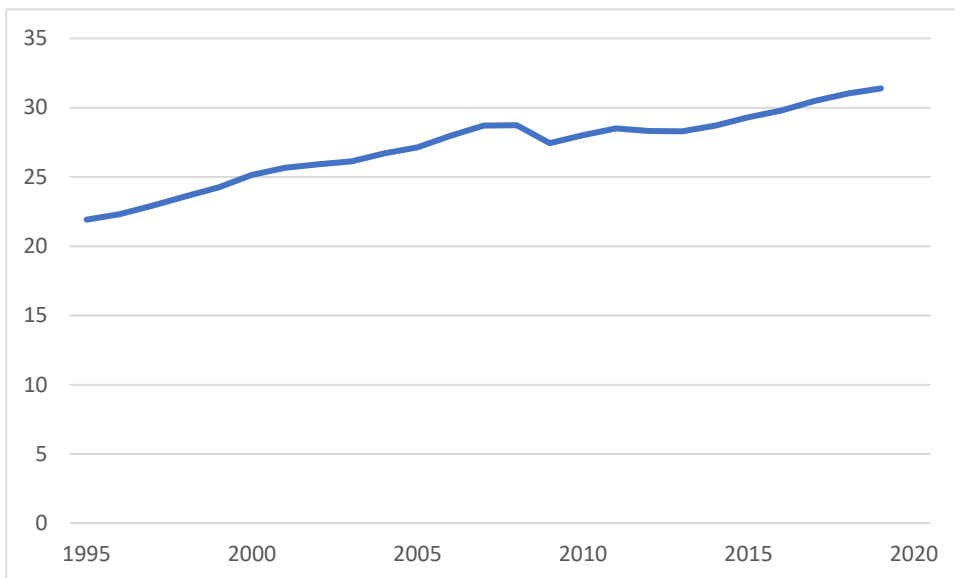
Bron: Eurostat, NEO Observatory



Figuur 2.3 Hoewel het energieverbruik door huishoudens daalt, gaat groei van welvaart gepaard met een toename van energieverbruik door huishoudens

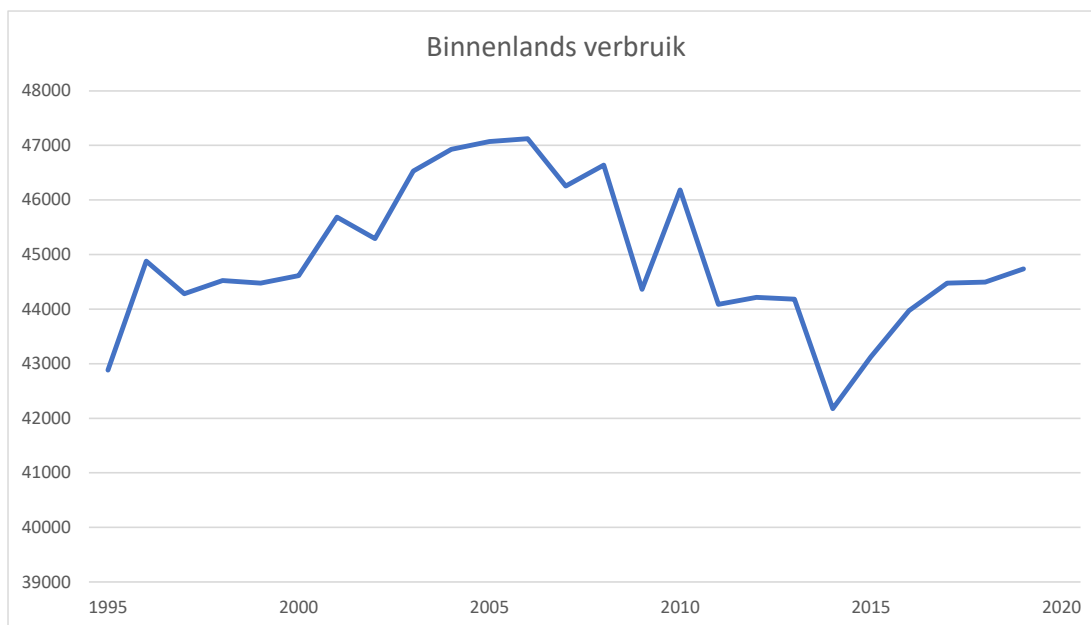
Groei bbp/hoofd, x 1000 (horizontaal), groei energieverbruik door huishoudens (vertikaal), 2009-2019, gemiddelde jaarlijkse groei in procenten. Oranje = Nederland.

Bron: Eurostat, NEO Observatory



Figuur 2.4 De welvaart van de bevolking in Europa neemt, op de onderbreking van 2009-2013 na, voortdurend toe
BBP per hoofd van de bevolking, euro x 1000, 1995-2019

Bron: Eurostat, NEO Observatory



Figuur 2.5 Het energiegebruik in Europa stijgt tot 2008, maar daalt in de periode 2009-2013 sterk. Inclusief de toename na 2014 is het totale energiegebruik vanaf 1996 praktisch onveranderd

Binnenlands aanbod van energie, petajoule, Europa, 1995-2019

Bron: Eurostat, NEO Observatory

3 Energie in Europa

Het energieverbruik in geheel Europa vertoont een structureel ander patroon dan de ontwikkeling van het bruto binnenlands product, bevolking en bbp/hoofd van de bevolking (figuren 2.4 en 2.5). Indien het totale primaire aanbod van energie (TPES) wordt beschouwd, wordt duidelijk dat de recessie van 2009 en de daaropvolgende stagnatie een trendbreuk in het energieverbruik inhouden. De vraag naar energie daalt snel om pas vanaf 2014 te herstellen als de economie van de EU weer aantrekt. De toename van het energieverbruik vertoont ongeveer dezelfde kracht als tussen 2000 en 2008. De stagnatie in het aanbod van energie tussen 1996 en 2001 is toe te schrijven aan reducties van het aanbod van Oost-Europese landen, waar verouderde energiecentrales zijn gesloten.

Het bruto aanbod van energie laat een ander patroon zien dan het netto binnenlandse aanbod van energie. Het bruto aanbod is inclusief import, export en de internationale bunker voor luchtvaart en scheepvaart. Het binnenlandse aanbod is daarvan geabstraheerd en betreft het netto aanbod voor het binnenlandse verbruik voor bedrijven, instellingen, binnenlands transport en huishoudens (na energieomzetting in energiecentrales).

Het binnenlandse aanbod is maatgevend voor de relatie met het bruto binnenlands product. Het verbruik voor internationaal transport – de bunkers van stookolie voor de zeevaart en kerosine voor de luchtvaart – worden daarmee geëxternaliseerd door het als het ware aan het buitenland toe te kennen. In een latere analyse in dit rapport wordt de bunker toegedeeld aan de landen waar de bunkers gelokaliseerd zijn. Vanuit economisch opzicht ligt de verantwoordelijkheid voor die fossiele brandstoffen daar op basis van het profijtbeginsel. De concentraties van bedrijvigheid van die zee- en luchthavens ligt immers in die landen en deze landen concurreren al dan niet gesteund door hun overheden om marktaandeel op die internationale markten voor lucht- en zeevaart (bijvoorbeeld de zeehavens van Rotterdam en Antwerpen). Het eigendoms criterium toepassen, het huidige beginsel, wordt als niet uitvoerbaar gezien (wie koopt de stookolie of kerosine). Datzelfde geldt voor de gebruikers criterium (aan wie levert het bedrijf zijn diensten, bijvoorbeeld de nationaliteit van passagiers aan boord).

Opvallend is dat het binnenlandse verbruik van energie in de jaren van de eerste hoogconjunctuur 1996-2001 (zie tabel 1.1) drie keer zo snel toenam (met 1,1 procent per jaar gemiddeld), dan in de recente hoogconjunctuur 2014-2019 (namelijk 0,3 procent per jaar). Hoewel het GDP ook wat minder toenam, is de ratio van het verbruik van energie van extra euro's toegevoegde waarde afgenomen. Het binnenlandse verbruik per euro daalt voortdurend. Deze afname versnelt in jaren van hoogconjunctuur (-2,1 in de periode 2014-2019) en vertraagt in jaren van laagconjunctuur (-1,0 in de periode 2009-2013). Dat wordt toegeschreven aan twee krachten: de eerste is de verandering van de balans tussen industrie en diensten. Indien economieën groeien, wordt die groei in relatief grote mate gerealiseerd door de energie-extensieve dienstensector. De tweede kracht is dat bij groei de investeringen aantrekken. Kapitaalgoederen worden versneld vervangen en bij uitbreiding wordt de nieuwste energie-efficiëntere machinerie en technologie aangeschaft. Hierdoor wordt het verbruik van energie voortdurend getemperd en versnelt dit in fases van hoogconjunctuur.

Het totale effect van zulke krachten is dat over de periode 1995-2019 het brp als geheel met gemiddeld 1,8 procent per jaar toenam, de bevolking met 0,3 procent per jaar, het bbp/hoofd met 1,5 procent, en het totale binnenlandse energieverbruik van de EU met slechts 0,2 procent per jaar. Economische groei vindt plaats in de energie-extensieve dienstensector en de kapitaalgoederen-voorraad

(woningen, fabrieken, machines, transportmiddelen, computers) wordt voortdurend vernieuwd. Het resultaat is dat over de gehele periode zien het absolute binnenlandse energiebruik van de EU tussen 1995 en 2019 met 1.854 petajoule is gestegen, 4,3 procent van de hoeveelheid van 1995. Het GDP steeg met een robuuste 5.554 miljard, 52,4 procent van de hoeveelheid van 1995 (nb constante prijzen). De bevolking in de EU nam toe met 31 miljoen personen, 6,4 procent van het aantal uit 1995. Het bbp per hoofd steeg 21,9 naar 31,4 duizend euro, een absolute toename van 9,5 duizend euro per inwoner. Dat is een stevige toename van 43,3 procent.

De algemene trend is dat deze welvaartstoename vanaf 1995 is gerealiseerd met een zeer beperkte toename van 1.854 petajoule, dat is 4,3 procent van de hoeveelheid van 1995. Kortom, de energie-efficiëncy van de EU is toegenomen.

Hier passen twee kanttekeningen bij.

De eerste is dat de het energieverbruik vanuit de productie en consumptie in de EU zelf is gezien. De EU importeert en exporteert goederen van buiten de EU. De mogelijkheid is dat de EU meer energie-intensieve goederen is gaan importeren en zodoende het energieverbruik naar het buitenland verschuift. Hoewel de keerzijde is dat energie-efficiënte productie van goederen wordt geëxporteerd, wordt de toegevoegde waarde hieruit alsmede het energieverbruik in de EU geregistreerd. Het is met name de import van energie-intensieve goederen die aan het zicht wordt onttrokken. Het is echter mogelijk dat ook in het buitenland modernere kapitaalgoederen worden aangeschaft. Het bepalen van dit effect is echter niet goed mogelijk en gaat ver buiten het bereik van deze studie, omdat per verhandeld goed de energie-intensiteit van de producerende bedrijfstak in derde landen moet worden bepaald. Deze bedrijfstakken doen echter ook aan import; soms zelf het land waar naar toe wordt geëxporteerd.

De tweede kanttekening is dat een deel van de productie en consumptie van duurzame energie niet wordt geregistreerd. Eigen productie en consumptie van energie wordt economisch niet geteld, omdat er geen markttransactie aan te grondslag ligt. Juist bij duurzame energie is dat relevant.

Import en export van energie in Europa: energietransitie betekent zelfvoorziening.

De EU is een netto importeur van energie. Over de gehele periode 1996-2019 nam de netto import toe met 1,2 procent per jaar toe (tabel 1.1), iets trager dan het gdp/hoofd van de bevolking. Dit wijst op een afname van het importsaldo per euro, zodat de conclusie getrokken dat de EU in de marge (alles wat erbij kwam na 1995) wat minder afhankelijk is geworden van energiebronnen van buiten de EU. Zeer opvallend is dat de import veel minder steeg in de recente hoogconjunctuur ten opzichte van de hoogconjunctuur 1996-2001 (0,9 procent gemiddeld per jaar tegen 2,5 procent). Het importsaldo nam in de recente hoogconjunctuur trager toe (+1,3 procent per jaar) dan in de eerste (+2,6 procent per jaar). Het importsaldo per euro kromp in de recente hoogconjunctuur met -1,1 procent per jaar, bijna vier keer sneller dan in de eerste periode van hoogconjunctuur.

Het betekent dat de EU na 2014 voor extra welvaart relatief minder energie importeert. De EU is voor haar relatieve groei minder afhankelijk van energiebronnen van buiten de EU. Absoluut gezien neemt de import nog altijd toe, maar de trend van deze toename is neerwaarts. De verklaring is de toename van de productie van duurzame energie: deze is bijna per definitie binnenlands en betekent zelfvoorziening, omdat lokale bronnen worden benut. Duurzame energie wordt overwegend opgewekt met decentrale bronnen, namelijk de beschikbare waterkracht, wind en zon. De toename zit juist in wind en zon, die een lokaler karakter hebben dan aardolie. Economisch is aardolie een

zogenoeten 'tradable'; het is verhandelbaar tussen landen en op te slaan. Wind- en zonne-energie zijn dat minder; dat zijn meer 'non-tradable'. De energietransitie creëert daardoor een beweging die in het nadeel van internationale handel en in het voordeel van lokale productie en consumptie is.

Energietransitie is daardoor protectionisme op globale schaal. Op lokale en regionale schaal ontstaat juist meer afhankelijkheid, bijvoorbeeld tussen Nederland en omliggende landen door de aanleg van elektriciteitsnetwerken, bijvoorbeeld de verbinding tussen Noorwegen en Nederland, om fluctuaties op te vangen. In plaats van een gas-rotonde waar Nederland een belangrijke rol in spelen, komt nu het beeld van een elektriciteitsrotonde op de Noordzee op. Een belangrijk geopolitiek effect van de ontwikkeling van duurzame energie op lokale en regionale schaal, is dat de financiële positie van landen die van de export van fossiele brandstof afhankelijk zijn, kwetsbaar wordt.

De energietransitie betekent dat energiebronnen voor een groter deel uit decentrale, meer binnenlandse bronnen, in het bijzonder wind en zon, zal bestaan. Internationale afhankelijkheid, in het bijzonder van landen die olie en gas leveren, zal daardoor afnemen. Omdat klimaatverandering wereldwijd is, neemt de internationale afhankelijkheid op dat punt toe. De 'interdependencia' verkrijgt door klimaatverandering en energietransitie een ander karakter. Dit heeft grote geopolitieke consequenties.

4 Energieverbruik in Europa naar sector

Industrie

Het energiegebruik per sector (tabel 1.1.) laat zien dat met name de industrie het energiegebruik heeft gematigd. Dat is over een groot deel van de periode 1995-2019 gekrompen, in het bijzonder in de jaren 2009-2013. In de recente hoogconjunctuur steeg het energieverbruik van de industrie in Europa nauwelijks. In het verbruik door de industrie is zowel een structurele als een conjuncturele invloed te zien. De afname van het energiegebruik in de industrie is in laagconjunctuur sterker dan tijdens een hoogconjunctuur.

Transport

Het binnenlandse transport (vervoer over de weg, rail en binnenvaart) van de EU heeft daarentegen een neiging voortdurend te stijgen. Binnen de EU is het de grootverbruiker van energie, met relatief hoge jaarlijkse toenames in periode van hoogconjunctuur. Deze is weliswaar lager dan de toename van het GDP, hetgeen op een efficiëncy winst duidt, maar de sector is omvangrijk en de groei het hoogst ten opzichte van de vier andere sectoren (industrie, diensten, landbouw, huishoudens). De oorzaak van de hardnekkige groei van het energiegebruik door de transportsector is dat bij toenemende welvaart de vrachtstromen over de weg sneller toenemen dan het bbp. Er is waarschijnlijk wel een toenemende efficiency in het transport (schonere trucks), maar het volume-effect is sterker. Voor het komend decennium wordt verwacht dat, vanwege de matiger groei van wereldhandel, het volume-effect wegvalt en het efficiëncy-effect in de transportsector (exclusief internationale lucht- en zeevaart) overblijft.

Diensten

Het energieverbruik van de dienstensector is na 2009 gekrompen dan wel nauwelijks gestegen, in tegenstelling tot de jaren 1996-2008. Per saldo is er sprake van een nul-groei van het energiegebruik door de dienstensector na 2008. In het energiegebruik van overwegend kantoren voor hoogwaardige zakelijke diensten, banken en de overheid zijn autonome componenten structureel veranderd. Dat zijn er vier. Ten eerste is de opwarming van het klimaat, hetgeen het energieverbruik ten behoeve van verwarming structureel drukt. Ten tweede groeit de dienstensector na 2008 minder sterk dan daarvoor. De financiële crisis heeft de aanhoudende groei van de dienstensector met een krachtige groei van de hoeveelheid kantoorvloeroppervlak beëindigd. Ten derde hebben overheden in de daarop volgende jaren bovendien structureel bezuinigd. Ten vierde is er sprake van verbetering van het energieverbruik van kantoorgebouwen. Deze zijn na 2008 energiezuiniger geworden. Aangenomen wordt dat deze ontwikkeling in de toekomst aanhoudt. Het is al gebleken dat grote dienstverlenende bedrijven aansturen op meer thuiswerken door werknemers en minder kantoorvloeroppervlak nodig hebben. Dit drukt de mobiliteit en dus de vraag naar fossiele brandstoffen.

Huishoudens

Het energiegebruik van huishoudens is over de gehele periode afgenomen, terwijl er fors meer huishoudens bij zijn gekomen in Europa. Aanvankelijk steeg het energieverbruik nog jaarlijks tussen 1996-2001, maar daarna volgde een jarenlange nul-groei, om vervolgens te dalen in een periode van hoogconjunctuur. Betere woningen, energiezuiniger huishoudelijke apparaten en warmere winters bepalen het beeld. Aangenomen wordt dat voor de toekomst deze ontwikkeling aanhoudt.

Landbouw, bosbouw, visserij

Landbouw, bosbouw en visserij is de enige sector die na 2008 juist een toename van het energieverbruik laat zien, namelijk met 2,5 procent per jaar, het hoogst van de vijf sectoren, en net hoger dan de groei van het gdp. In deze sector lijkt geen sprake te zijn, EU breed, van een toenemende energie-efficiëntie, maar juist van een toenemend gebruik voor de voedselproductie. Een mogelijke verklaring is de toenemende welvaart, waardoor de vraag naar luxer (zomerfruit en lentebloemen in de winter) en dus energie-intensiever voedsel toeneemt. De toename van het bbp/capita in de EU leidt met betrekking tot voedsel tot toenemend gebruik van energie.

Internationale scheepvaart en luchtvaart (bunkering)

Bij internationale scheepvaart en luchtvaart neemt het energieverbruik toe, in het bijzonder bij de luchtvaart. Luchtvaart is een luxe-goed: als we rijker worden, willen we meer en verder op vakantie. Dit wordt verder mogelijk door de dalende kosten van de luchtvaart. De toename is daar in de jongste hoogconjunctuur even hoog als in de eerste, namelijk jaarlijks gemiddeld 4,1 procent per jaar. Waarschijnlijk wordt de toename van de consumptie van energie door de luchtvaart gematigd, door de stilvallende globalisering. Wel is het einde van de energie-efficiëntie van de luchtvaart in zicht; van de huidige generatie vliegtuigen zijn de marges benut. De ontwikkeling van een nieuwe generatie vliegtuigen is een kwestie van decennia. Het verbruik van kerosine zal naar verwachting voortdurend blijven toenemen, maar in een lager tempo dan de in de periode 2014-2019, afhankelijk van het herstel na de covid-19 crisis en het gebruik van videobellen voor zakelijk verkeer. De beprijzing (dwz het ontbreken van effectieve belastingen en accijnzen), de concurrentie en hoge prijselasticiteit (zoals gezegd is het een luxe-goed in de zin dat bij een toenemend inkomen de vraag naar luchtvaart sneller stijgt) doet in potentie elke efficiency winst meer dan teniet.

Bij de internationale scheepvaart is daarentegen een forse matiging van de groei van het energieverbruik zichtbaar. De inzet op nieuwere en schonere technologie is daar pas in de jongste conjunctuurgolf ingezet. Dit zal naar verwachting aanhouden.

Landbouw en luchtvaart zijn de enige sectoren waarbij het energiegebruik aanhoudend toeneemt. Het hogere bbp per hoofd van de bevolking leidt tot een sterke stijging van de vraag naar vliegvakanties en luxe-voedsel. Verbetering van de efficiëntie is beperkt, en door de aanhoudende toename van de vraag neemt de hoeveelheid gebruikte energie voortdurend toe. Het is nog ongewis hoe de Covid-9 crisis de vraag naar luchtvaart in de toekomst beïnvloed. Er zijn aanwijzingen dat de zakelijke gebruiker van luchtvaart vaker gebruik zal blijven maken van videoverbinding en dat grote bedrijven in de dienstensector minder kantoorvloeroppervlak zeggen nodig te hebben. Zij sturen aan op meer thuiswerken, zodat de vraag naar fossiele brandstoffen zal afnemen. Dit heeft gevolgen voor de investeringen in fossiele brandstoffen (zie hoofdstuk 6).

5 Energie in Europa naar bron

Inleiding

De belangrijkste trend over de periode 1995-2019 is dat het verbruik van steenkool is gedaald en dat van hernieuwbaar is gestegen (figuur 5.3). Steenkool omvatte in 1995 nog 22 procent van het totale aanbod, in 2019 is dat geslonken tot 12 procent. Het verbruik is vooral in de laatste 5 jaar fors gedaald, met gemiddeld bijna 8 procent per jaar. Inmiddels is in 2020 het aandeel duurzaam in de opwekking van elektriciteit voor het eerst groter dan steenkool (Agora Energie Wende & Ember, 2021).

Het gebruik van aardolie en aardolieproducten nam eveneens af, maar minder sterk, namelijk van 38 naar 33 procent van het totale aanbod. Het belang van fossiele brandstoffen samen nam met 15 procent af. Gesteld kan worden dat de afname van steenkool en aardolie en -producten ten goede kwam aan aardgas (van 20 naar 25 procent van het aanbod) en van hernieuwbaar (van 5 naar 16 procent).

	2019		96-19	95-01	02-08	09-13	14-19
	<i>Abs., PJ</i>	%	<i>% pj</i>				
TPES	67.070	100	-0,1	0,9	0,3	-1,5	-0,4
Steenkool	7.807	12	-2,7	-2,0	-0,9	-1,1	-7,9
Veen	110	0	-0,7	0,9	0,8	-9,9	5,0
Schalieolie en teerzanden	124	0	-0,5	-2,9	2,4	5,5	-7,5
Aardgas	17.046	25	0,8	3,2	1,3	-2,7	1,0
Olie/-producten	22.163	33	-0,7	0,4	-0,7	-3,3	0,6
Hernieuwbaar	10.548	16	4,6	3,1	6,1	6,2	3,8
Afval	644	1	4,3	3,9	4,4	5,2	4,4
Kernenergie	8.774	13	-0,3	1,8	-0,6	-1,7	-1,2

Tabel 5.1 Het totale primaire aanbod van energie naar bron, Europa, stand 2019 en ontwikkeling 1995-2019

Bron: Eurostat, NEO Observatory

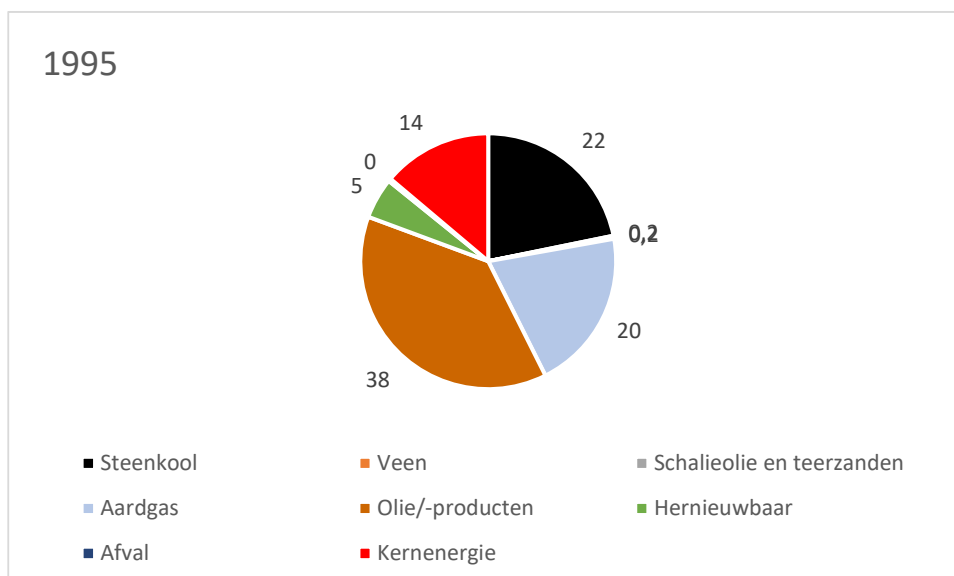
De verdeling over de gehele periode laat per bron specifieke patronen zien. Het verbruik van steenkool nam vooral af in de recente hoogconjunctuur, namelijk de periode 2014-19. Steenkool wordt uitgefaseerd, hetgeen met name vanaf 2015 is versneld. Het aandeel van aardgas stijgt nauwelijks, en kromp tussen 2009 en 2013. Datzelfde geldt voor olie- en aardolieproducten. Het gebruik ervan kromp in de tijdens de stagnatie van de economie tussen 2009-2013. Dat wijst op een grote invloed van de conjunctuur, maar de toename in de daaropvolgende hoogconjunctuur is verwaarloosbaar. Het is aannemelijk dat voortschrijdende efficiëntcy van motorvoertuigen hieraan ten grondslag ligt. Verouderde inefficiënte motorvoertuigen zijn versneld afgeschreven tussen 2008 en 2013. De invoering van elektrische auto's wordt nog niet duidelijk gereflecteerd in de cijfers. Het aandeel hernieuwbare energie neemt weliswaar continue toe, maar tijdens de recente hoogconjunctuur trager. De bijdrage van kernenergie is over de gehele stabiel en krimpt per saldo zeer licht. Deze krimp zette vanaf 2001 in.

Duurzame energie lijkt in een fase te komen waarbij in de periode 2014-2019 de marginale investeringskosten aanvankelijk toenemen door de toepassing van nieuwe, duurzame technologie, waarbij schaalvoordeel telt. De eerste schijf – tussen 1995-2013 - is genomen op basis van relatief lage

marginale kosten van bekende technologie (bijvoorbeeld waterkracht), terwijl in de recente hoogconjunctuur andere duurzame bronnen met aanvankelijk relatief dure technologie worden ontsloten. Pas zeer recentelijk zijn de marginale kosten voldoende gedaald. Daarbij kan gedacht worden aan windenergie op de Noordzee en de inzet van zonnecellen. De bijdrage van de laatste leidt in de periode 2014-2019 nog niet tot hoge groeicijfers van het aandeel duurzame energie als geheel. De bijdrage wordt pas zichtbaar als de nieuwste wind- en zonne-energieparken minstens een vol kalenderjaar energie produceren.

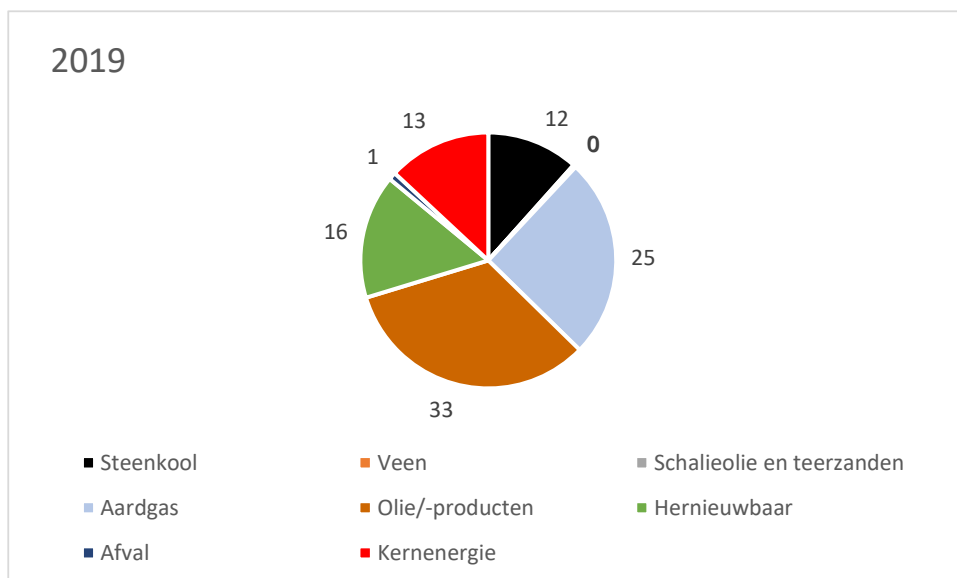
Het betekent dat de winst die in het energiegebruik is gerealiseerd, hoofdzakelijk is toe te schrijven aan verbeterde efficiency van het gebruik van bestaande energiebronnen, vooralsnog overwegend fossiel van aard. Het energetisch rendement van moderne kolencentrales is uitermate hoog. In 1995 was 80 procent van het TPES in Europa van fossiele oorsprong, in 2019 was dat 70 procent.

Een verdere toename van het aandeel duurzame energie vergt nieuwe technieken die zich nu nog overwegend in het begin van de productlevenscyclus bevinden. De elektrische auto staat nog maar aan het begin van de massale introductie. Schaalvoordelen zullen de komende tien jaar gerealiseerd worden. Volkswagen heeft recent aangekondigd het meerjarig investeringsbudget in de elektrische auto te verhogen van 40 naar 150 miljard euro. Verschillende andere grote autoproducenten in Japan, Zweden, Frankrijk en de VS (General Motors streeft naar een emissieloos wagenpark in 2035) gaan zich eveneens toeleggen op elektrische auto's. Een groot deel van het verbruik van aardolie, dat hoofdzakelijk voor transport wordt gebruikt, zal door de directe vervanging door elektrische energie verdwijnen. Tevens zal het energieverbruik voor vervoer afnemen doordat het benutten van elektrische energie voor vervoer met minder omzettingsverlies gepaard gaat dan de verbrandingsmotor. Het energetisch rendement van een elektrische motor is 90 procent, dat van een verbrandingsmotor 30 procent. De introductie van de elektrische auto betekent in principe een grote energetische winst, hetgeen afhankelijk is van de wijze van opwekking van elektrische energie. De bron dient in ieder geval duurzaam te zijn. Daarbij dient opgemerkt te worden dat de productie van benzine en diesel eveneens gepaard gaat met omzettingsverliezen en energiegebruik ten behoeve van transport. Bij duurzame energie in de vorm van elektriciteit zijn de marginale kosten nul.



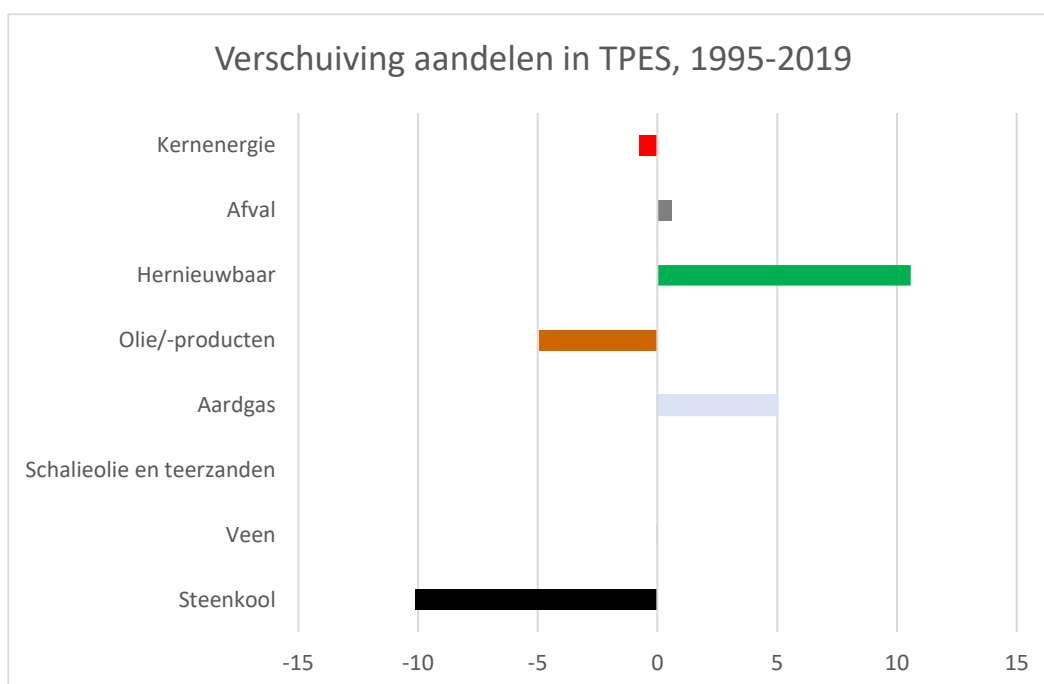
Figuur 5.1 Verdeling van totale primaire energie-aanbod (TPES) naar bron, Europa, 1995 (totaal = 100 procent)

Bron: Eurostat, NEO Observatory



Figuur 5.2 Verdeling van totale primaire energie-aanbod (TPES) naar bron, Europa, 2019 (totaal = 100 procent)

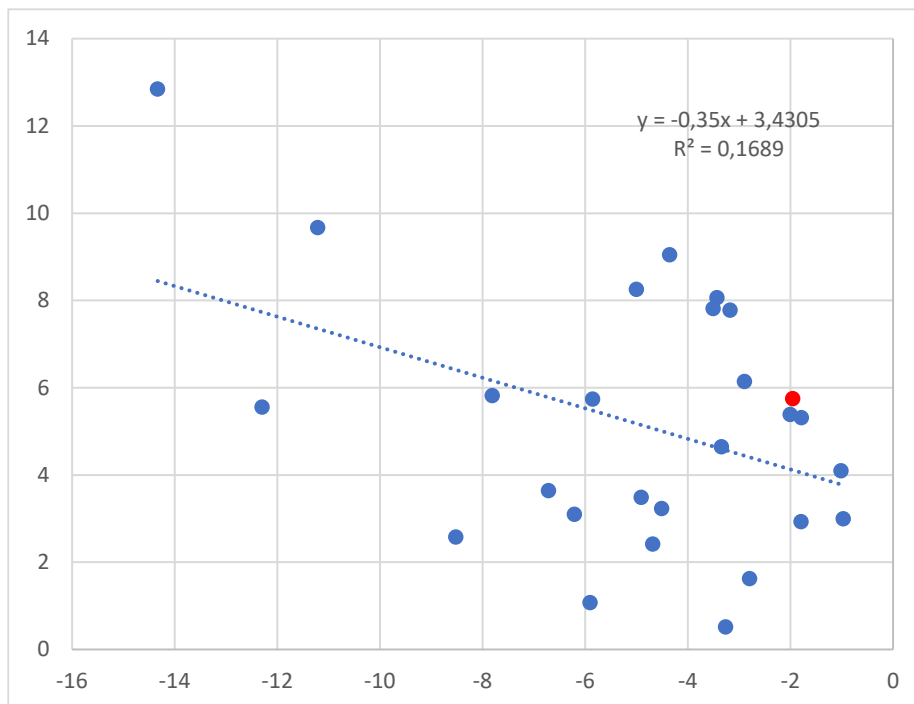
Bron: Eurostat, NEO Observatory



Figuur 5.3 Verschuiving van aandelen energiegebruik naar bron in het totale primaire energie-aanbod (TPES), 1995-2019

Procentuele verandering per aandeel 1995-2019

Bron: Eurostat, NEO Observatory



Figuur 5.3 De toename van duurzame energie hangt negatief samen met de uitfasering van steenkool

Krimp van het aanbod van steenkool (horizontaal) en toename van het aanbod van duurzame energie (vertikaal) in TPES, gemiddelde jaarlijkse groei in procenten, 2009-2019. Rood = Nederland.

Bron: Eurostat, NEO Observatory

Een belangrijke eigenschap van elektriciteit, ook duurzame, is dat deze in beperkte mate verhandelbaar is en in voorraad genomen kan worden. Elektrische stroom is slechts over beperkte afstanden te transporteren. Aardolie, aardgas en steenkool zijn volledig verhandelbaar, over grote afstanden te transporteren en kunnen in voorraad worden genomen.

Duurzame elektrische energie heeft een decentraal karakter en kan via elektrische netwerken tot op zekere hoogte tussen naburige landen gedistribueerd worden. Het betekent dat over duurzame energie slechts in beperkte mate marktmacht op globale schaal (zoals de OPEC voorheen) is uit te oefenen. De verhouding overheid-markt op de energiemarkt is al specifiek, hetgeen gecompliceerder wordt op de markt voor duurzame energie. Bedrijven, en sommige huishoudens kunnen 'off-grid' gaan, maar ook marktmacht uitoefenen over netwerken die een beperkte ruimtelijke schaal hebben (monopolistische concurrentie), bijvoorbeeld over warmtenetten. De vraag over de rol van de overheid is niet opgelost en varieert per deel- en regionale markt. Het volgende hoofdstuk gaat nader in op de onzekerheden over de ontwikkeling van duurzame energie.

6 De COVID-19 crisis en investeringen in energie

Het energieverbruik in 2020

In de gehele EU heeft hernieuwbare energie in 2020 fossiele energie ingehaald als belangrijkste bron van elektriciteit (Agora EnergieWende & Ember 2021), onder andere in grote landen als Duitsland, Spanje en het Verenigd Koninkrijk. Hoewel dit een belangrijke mijlpaal is, is de transitie van steenkool naar hernieuwbaar niettemin te traag voor de doelstelling van 55 procent reductie van broeikasgassen in 2030 en klimaatneutraliteit in 2050. De productie van wind- en zonne-energie dient te verdrievoudigen om in 2030 de doelen van Europa's Green Deal te behalen. Het gaat om een toename van 38 TWh gemiddeld per jaar tussen 2010-2020 naar 100 TWh extra per jaar tussen 2020 en 2030. Bemoedigend is evenwel dat energieproductie van wind en zon, ondanks COVID-19, met 51 TWh toenam in 2020. Volgens de liggende plannen van alle landen tezamen neemt de capaciteit de komende jaren met 72 TWh per jaar toe, meer dan in de afgelopen tien decennium, maar nog ver onder de gewenste 100 TWh.

In 2020 nam de productie van windenergie met 9 procent toe, en die van zon met 15 procent. (Agora EnergieWende & Ember 2021). Juist steenkool is in 2020 versneld uitgefaseerd. In 2020 vond er een krachtige verschuiving plaats in de elektriciteitsproductie: het aandeel kolenstroom zakte met 20 procent, stroom uit gas met slechts -4 procent. De elektriciteitsproductie in Europa was in 2020 29 procent schoner dan in 2015. In Nederland nam het aandeel wind en zon het snelst toe, vanuit een positie van trage ontwikkeling van wind en zon. Door deze inhaalmanoeuvre van Nederland is het aandeel wind en zon in de elektriciteitsproductie (19 procent) in lijn met het Europees gemiddelde (20 procent) (Agora EnergieWende & Ember 2021).

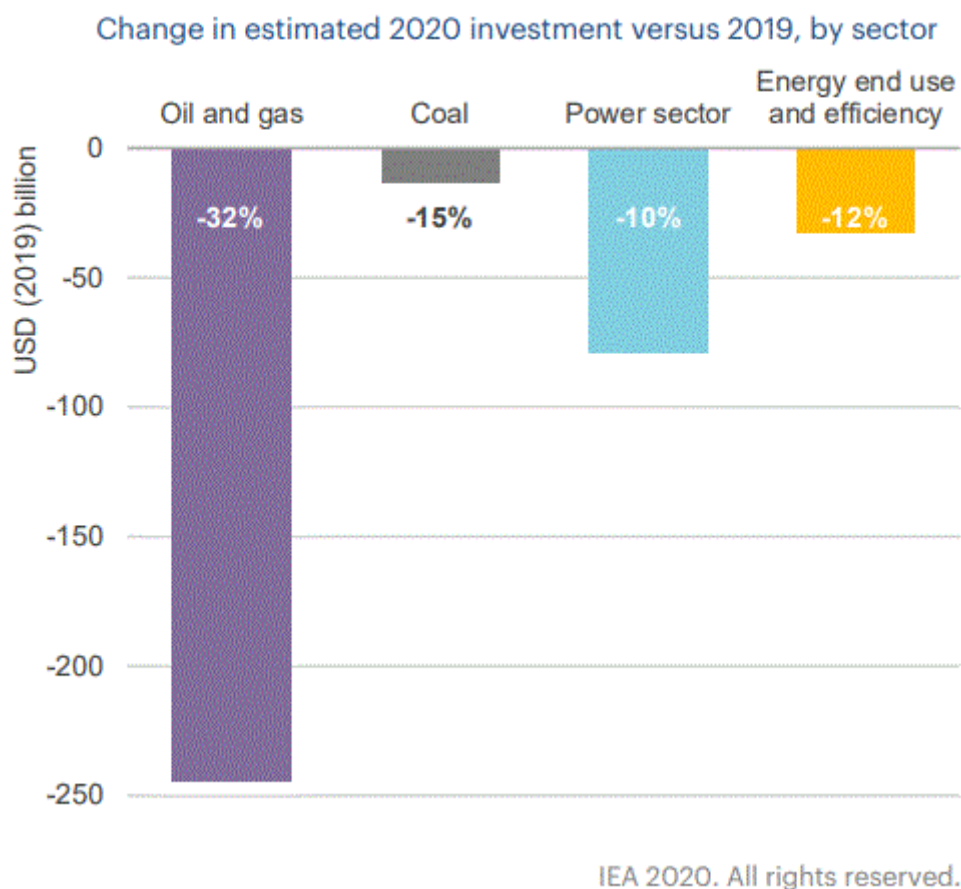
De afname van steenkool na 2015 is voor ongeveer de helft opgevangen door wind en zon, voor de andere helft door gas. Zon en wind vervangen steenkool in hoog tempo, maar in nog geen enkel land wordt aardgas door wind en zon vervangen. Dit laat de rol van aardgas in de energietransitie zien. In Nederland en Griekenland nam het gebruik van gas zelfs nog toe. Ook Agora/Ember 2021 noemen Nederland als een van de landen die voor hun elektriciteitsproductie nog stevig op fossiele grondstoffen leunen: is het niet steenkool, dan is het aardgas. Nederland is binnen de EU één van de landen die nog een lange weg naar de energietransitie te gaan hebben (Agora/Ember 2021, p 15).

Investeringen in energie

De investeringen in duurzame energie zijn niet toereikend zijn om de klimaatdoelen te halen. De vraag is hoe de huidige COVID-19 crisis de investeringen en toekomstverwachtingen beïnvloedt.

De International Energy Agency geeft in de World Energy Investment Outlook 2020 een aantal belangrijke inzichten mee. Dan gaat het over de vraag hoe de Covid-19 crisis het energiegebruik treft, en daarmee de toekomstverwachtingen over de verschillende segmenten van de energiemarkt. De impact van de daling van het bbp, zo stelt de IEA 2020, leidt vooral tot verminderde bestedingen aan brandstof voor vervoer, hetgeen overwegend benzine, diesel en kerosine raakt: aardolie-exploitatie en -verwerking. Het volume en de samenstelling van vraag naar energie zijn door de corona-crisis veranderd, omdat fysiek transport vervangen wordt door virtuele interactie over het web. Dit betekent dat olie wordt vervangen door stroom, waarbij het totale energieverbruik daalt.

De Covid-19 crisis is een aardolie-crisis: 'Oil is bearing the brunt of this shock' (World Energy Investment Outlook 2020). Nu de Covid-19 crisis juist de vraag naar aardolie raakt, is de al bestaande overcapaciteit in dat segment vergroot. Na olie volgt steenkool. Lockdowns verminderen de vraag naar stroom (de toename van het gebruik in huishoudens door thuiswerken is geringer dan de afname in kantoren), die is afgewenteld op het gebruik van steenkool in de productie van elektriciteit. De vraag naar elektriciteit daalde slechts beperkt waarbij duurzame stroom voorrang kreeg boven steenkool. Dit heeft een bedrijfs-economisch motief, omdat gegeven de productiecapaciteit, hernieuwbare energie lagere marginale kosten heeft en daarom voorkeur van energiemaatschappijen heeft (WEI 2020). Een extra ton steenkool is weliswaar goedkoop, maar kost meer dan extra windkracht (een punt op de schaal van Beaufort).



Figuur 6.1 In 2020 namen vooral investeringen in olie en gas af.

Verandering in verwachte investeringen in 2020 ten opzichte van 2019, per sector, miljard US\$ en als percentage

Bron: IEA 2020, World Energy Investment Outlook

Het effect van de COVID-19 crisis op de investeringen in energie heeft twee componenten, namelijk een volume- en een compositie-effect. Het volume-effect betreft het terugbrengen van bestedingen door bedrijven en huishoudens, gedwongen door lockdowns, verlies van inkomen en toegenomen onzekerheid over de toekomst. De Covid-19 crisis leidt ertoe dat investeringen in energie met gemiddeld 20 procent zullen dalen in 2020. Investeringsplannen worden uitgesteld, dus ook plannen voor investeringen in energie én duurzame energie. Voorts wordt het tempo van afschrijvingen ook verlaagd, in de hand gewerkt door lage olieprijsen, waardoor verouderde productiefaciliteiten in de fossiele energie langer in de markt blijven.

Daarnaast wordt de samenstelling van investeringsplannen beïnvloed; vooral die in fossiele olie en gas worden teruggebracht (figuur 6.1). Echter, de IEA geeft in de World Energy Investment Outlook 2020 aan dat in de periode voorafgaand aan de Covid-19 crisis er al overcapaciteit was ontstaan in de productiecapaciteit voor fossiele energie, in het bijzonder aardolie, upstream en downstream, terwijl er achterstand was in de investeringsplannen voor duurzame energie.

De Covid-19 crisis heeft de onbalans tussen de overcapaciteit in fossiele energie enerzijds en capaciteitsgebrek in duurzame energie anderzijds versterkt. Lage olieprijsen als gevolg van overcapaciteit zijn een risico voor de energietransitie. De IEA 2020 geeft aan dat de Covid-19 crisis zo de potentie heeft de mismatches te verergeren en de wereld weg te voeren van de klimaatdoelen. De World Energy Investment Outlook 2020 (IEA) belicht nu een cruciaal punt in het beeld van de investeringen in duurzame energie. Door structurele marktonzekerheid zullen onderinvesteringen in de gehele energiemarkt optreden. Zij merken namelijk op dat de totale investeringen in energie als percentage van het bbp gedaald zijn van 3 procent in 2014 naar 2 procent in 2020. Dit patroon wijst op tekorten aan energie op de middellange termijn. Gewezen wordt op een toekomstige discrepantie tussen het huidige groeipad van het aanbod van wind- en zonne-energie, terwijl de vraag naar duurzame stroom krachtig zal toenemen door het gebruik van elektrische auto's warmtepompen, airco's en electrolyzers.

Alle partijen weten dat investeren in olie en gas mogelijk niet renderen danwel vanuit klimaatogpunt niet wenselijk zijn, door de huidige overcapaciteit, door vraaguitval vanwege covid-19, eventuele reguleringen en CO₂-taks, maar er is tevens marktonzekerheid over het toekomstige rendement van investeringen in groene energie. Dan gaat het bijvoorbeeld om de optimale schaal van duurzame energie: grootschalig wind en zon op de Noordzee, of iedereen zijn eigen zonnecel en thuisbatterij? Wel worden er nieuwe technologieën ontwikkeld, of toepassingen van reeds bekende technologie, maar bevindt zich nog in de ontwikkel- of introductiefase.

Voorbeelden zijn:

- het gebruik van superkritisch water voor het vergassen van koolstofrijk afval
- de winning van zeewier
- de ontwikkeling van de zonnecel die waterdamp uit de lucht omzet in waterstof en zuurstof
- het gebruik van omvangrijke waterreservoirs voor opslag van warmte en koude
- pyrolyse van kunststof-afval
- de heatpipe
- grote verbeteringen in accu-technologie
- bio-kerosine
- Enz.

De fundamentele onzekerheid gaat over de vraag of de toekomstige markt voor duurzame energie decentraal of centraal is. Is iedereen zijn eigen energieproducent en consument, of wordt duurzame energie net als olie en gas over de markt geleverd, met grootschalige wind- en zonne-energieparken als centrale winning? Het optimum ligt ergens in het midden. De onzekerheid over het toekomstige gedrag van de consument neemt ook toe: in welke mate blijven werknemers thuiswerken (effecten op de mobiliteit), de keuze van vakantiebestemmingen en winkelgedrag?

Het is daardoor voor marktpartijen niet goed mogelijk de optimale strategie te kiezen, met onderinvesteringen als gevolg. Er is sprake van marktfalen in de energiemarkt. De Covid-19 crisis maskeert dit tijdelijk door de daling van het totale volume. Bovendien is er geen tijd tussen herstel van

de covid19-crisis en het realiseren van klimaatdoelen: investeringen om uit de Covid-19 crisis te komen dienen tegelijkertijd de economie te stimuleren én groen te zijn. Eerst herstellen en daarna vergroenen is geen optie. Zo zijn groene investeringen beperkt teruggevallen in 2020, maar de ontwikkeling vanaf 2015 was vlak, ondanks de gunstige jaren, zo merkt de WEI op. Dit investeringsniveau in groene energie schiet ernstig tekort om de groene doelen te halen. Gevoegd bij terugvallende investeringen in fossiele energie als gevolg van de bestaande overcapaciteit en de vraaguitval naar olie in 2020 stelt de IEA in de World Energy Investment 2020 het volgende:

As such, there is risk that today's cutbacks lead to future market imbalances, prompting new energy prices cycles and volatility.

Dit maakt de rendementen van investeringen in energie zeer onzeker, waardoor er sprake is van marktfalen: er wordt minder geïnvesteerd in groene energie dan maatschappelijk wenselijk is. Dit heet marktfalen, en dan ligt er een taak voor de overheid. Het tempo van uitbreiding van de productiecapaciteit voor duurzame energie is dan afhankelijk van de overheid, direct via bestedingen door staatsgeleide bedrijven, en indirect door wet- en regelgeving en financiële prikkels en prijsgaranties. Budgettaire ruimte is van belang, ondanks de gevolgen van de Covid-19 crisis.

Het achterliggend probleem is dat elke extra zonnecel of windmolen de prijs van aardolie verlaagt. Hoewel de investeringskosten van duurzame energie hoog zijn, zijn de marginale kosten van duurzame stroom gelijk aan 0³, terwijl die van olie en gas juist hoger worden. Indien de vraag naar olie onverhoopt stijgt, wordt het kostbare 'deepsea oil' weer aantrekkelijk. Echter, hoge olieprijsen maken duurzame stroom weer aantrekkelijk: de conclusie komt in beeld dat 'deep sea oil' een 'stranded asset' is. De kruiselasticiteit tussen de prijs/hoeveelheid van duurzame én fossiele energie remt de investeringen in de beide vormen van energie. De overheid dient daarop in te grijpen.

³ Zie Jeremy Rifkin (2014), The Zero Marginal Cost Society. The internet of things, the collaborative commons and the eclips of capitalism. New York: Palgrave MacMillan

7 Samenvatting

Duurzame energie in Nederland

In Europees verband heeft Nederland een doelstelling van 14 procent (in 2020). Duurzame energie besloeg 7,5 procent van het totale primaire aanbod van energie (bron: Eurostat). Nederland is qua aandeel duurzame energie in het totale energieaanbod hekkensluiter in de Europese ranglijst van landen.

Verschillende factoren hebben invloed op de toename van de productie van duurzame energie per land. Eén van deze factoren is dat landen die een laag aandeel duurzaam energie aandeel hebben, daar in de periode erna ook minder aan toevoegen. Dit wijst erop, dat energiesystemen tot op zekere hoogte inert zijn. De reeds geïnvesteerde middelen ('sunk cost') en de organisatie van de markt (marktmacht) verklaren dit effect. Tevens is het zo, dat hoewel Nederland een energie-intensieve industrie heeft, het verbruik van energie per euro toegevoegde waarde in de gehele Nederlandse economie beneden het Europees gemiddelde ligt. Dit ontstaat door de omvangrijke dienstensector in Nederland. Diensten verbruiken minder energie per euro toegevoegde waarde. Afgezet tegen het aantal inwoners, is het energieverbruik in Nederland juist weer betrekkelijk hoog.

Economie, energiegebruik en geopolitiek

Het bbp per hoofd van de bevolking in de EU is na 1995 voortdurend toegenomen, maar het tempo zwakt af. In de EU blijven regionale verschillen in welvaart bestaan, net als natuurlijke voordelen, zodat transfers van middelen en kennis, ook voor de energietransitie, noodzakelijk zijn. Gunstige factoren voor welvaart zoals de integratie van Europa en de globalisering hebben hun piek bereikt. Protectionisme steekt de kop weer op. Naar verwachting drukt dit de groei van de welvaart in het komende decennium.

Hoewel bevolking en economie in de EU voortdurend groeiden, is het energiegebruik ruwweg gelijk gebleven. In de EU heeft een grote efficiëncy winst in het energiegebruik plaatsgevonden. De algemene trend is dat deze welvaartstoename vanaf 1995 is gerealiseerd met een zeer beperkte toename van het energiegebruik, namelijk van 1.854 peta joule, dat is 4,3 procent van de hoeveelheid van 1995. Het energieverbruik kan geëxternaliseerd zijn door toegenomen import van energie-intensieve producten, maar dit is in deze studie niet bepaald.

De energietransitie betekent dat energiebronnen voor een groter deel uit decentrale, meer binnenlandse bronnen, in het bijzonder wind en zon, zullen bestaan. Internationale afhankelijkheid, in het bijzonder van landen die olie en gas leveren, zal daardoor afnemen. Omdat klimaatverandering daarentegen wereldwijd is, neemt de internationale afhankelijkheid op dat punt toe. De 'interdependencia' verkrijgt door klimaatverandering en energietransitie een ander karakter. Energie-afhankelijkheid wordt ingeruild voor klimaat-afhankelijkheid. Dit heeft grote geopolitieke consequenties. Landen die afhankelijk zijn van de export van aardolie zien inkomsten opdrogen, landen die door klimaatverandering worden getroffen zien de kosten stijgen. Het is hoe dan ook 'één halen, twee betalen'. Dit is geen internationale 'zero-sum game', maar een algemeen verlies van welvaart en welzijn in het bijzonder.

Sectoren

Landbouw en luchtvaart zijn in Europa de enige sectoren waarbij het energiegebruik aanhoudend toeneemt doordat het volume-effect groter is dan het efficiëntie-effect. Per passagier daalt het verbruik van kerosine, maar het aantal passagiers groeit zo snel dat deze winst verloren gaat en het absolute kerosineverbruik toch stijgt. Door prijsdalingen in de luchtvaart neemt het energieverbruik per euro toegevoegde waarde dan toe. In andere bedrijfstakken neemt de energie-efficiëntie sneller toe. Het is nog ongewis hoe de Covid-19 crisis de vraag naar luchtvaart in de toekomst beïnvloedt. Er zijn aanwijzingen dat de zakelijke gebruiker van luchtvaart vaker gebruik maakt van videoverbinding en dat grote bedrijven in de dienstensector minder kantoorvloeroppervlak nodig te hebben. Zij sturen aan op meer thuiswerken, zodat de vraag naar fossiele brandstoffen zal afnemen.

Gebruik van energiebronnen, COVID-19 en onderinvesteringen

De belangrijkste trend over de periode 1995-2019 is dat het verbruik van steenkool is gedaald en dat van hernieuwbaar is gestegen. Steenkool omvatte in 1995 nog 22 procent van het totale aanbod, in 2019 is dat geslonken tot 12 procent. Het verbruik is vooral in de laatste 5 jaar fors gedaald, met gemiddeld bijna 8 procent per jaar. Inmiddels is in 2020 het aandeel duurzaam in de opwekking van elektriciteit voor het eerst groter dan steenkool (Agora Energie Wende & Ember, 2021). Duurzame energie krijgt voorrang op energienetten omdat de marginale kosten hoger zijn dan van energie uit zon en wind.

Het gebruik van aardolie en aardolieproducten nam eveneens af, maar minder sterk, namelijk van 38 naar 33 procent van het totale aanbod. Het belang van fossiele brandstoffen samen in de gehele EU nam met 15 procent af. Gesteld kan worden dat de afname van steenkool en aardolie en -producten ten goede kwam aan aardgas (van 20 naar 25 procent van het aanbod) en van hernieuwbaar (van 5 naar 16 procent). De elektrificering van het particulier wegtransport zet door in het komende decennium, nu de grote autoproducenten in de wereld zich hebben geëngageerd aan de elektrische auto en daar grote onderzoeks- en ontwikkelbudgetten voor uittrekken.

Duurzame energie creëert vanwege het decentrale, lokale karakter specifieke onzekerheden die de toekomstverwachtingen over het rendement nadelig beïnvloeden. Wordt de energie centraal op de Noordzee opgewekt in één groot windpark, of is iedereen in Noordwest-Europa zijn eigen producent van stroom? Het optimum ligt ergens in het midden, maar waar?

Het huidige investeringsniveau is ontoereikend om de klimaatdoelen te halen, ondanks de toename van de productie van zonne- en windenergie. De vraag is hoe de huidige COVID-19 crisis de investeringen en toekomstverwachtingen beïnvloedt. Covid-19 en de maatregelen daartegen veroorzaken een grote krimp van het bbp en grote onevenwichtigheden, zoals een enorm spaaroverschot enerzijds en een krachtige stijging van het begrotingstekort. De stagnatie die Covid-19 en de maatregelen tot gevolg heeft, remt investeringen en vertraagt verduurzaming. Economische groei is namelijk gunstig voor de verduurzaming, omdat verouderde technologie sneller wordt afgeschreven en nieuwe, energie-efficiëntere technologie in gebruik wordt genomen.

De IEA merkt op dat er vòòr de COVID-19 crisis in de gehele energiemarkt al sprake was van onderinvesteringen en dat ze bovendien ongebalanceerd zijn. In de markt voor fossiele energie is er structurele overcapaciteit, in de markt voor duurzame energie is er sprake van structurele onderinvesteringen. Dit leidde ertoe dat de investeringen in energie tussen 2014 en 2020 gedaald zijn van 3 naar 2 procent van het bbp in de aangesloten landen van de IEA.

De COVID-19 crisis versterkt de onderinvesteringen en de onbalans in de productiecapaciteit, aldus de IEA 2020: de COVID-19 crisis is vooral een aardolie-crisis, omdat juist de mobiliteit (thuiswerken, instortende luchtvaart) wordt geraakt, hetgeen ten koste gaat van de vraag naar benzine, diesel en kerosine. De IEA 2020 merkt daarover op: ***'As such, there is risk that today's cutbacks lead to future market imbalances, prompting new energy prices cycles and volatility.'*** Investerings in duurzame en fossiele energie verdringen elkaar (elke extra zonnecel verlaagt de prijs van fossiele energie), hetgeen de verwachtingen over de rendementen onzeker maakt. Dit is de oorzaak van de onderinvesteringen, juist in duurzame energie, dat maatschappelijk ongewenst is. Er is sprake van marktfalen, zodat overheidsingrijpen noodzakelijk is.

Begrippen

BBP

Bruto binnenlands product: omzet minus kosten voor intermediair verbruik (ingekochte grondstoffen, halffabrikaten en diensten) plus het saldo van belastingen en subsidies plus BTW

BBP per Capita (per hoofd van de bevolking)

Het bruto binnenlands product gedeeld door het aantal inwoners (ingezetenen) van een land

CBS

Centraal Bureau voor de Statistiek

IEA

International Energy Agency

TPES

Total Primary Energy Supply /het totale primaire energieaanbod. Dit omvat het totaal aan energiebronnen dat ter beschikking staat aan de economie. Het is de saldo van winning, invoer, uitvoer, bunkering, voorraadmutatie en een correctie voor statistische verschillen.

Literatuur

- Agora Energiewende and Ember (2021), The European Power Sector in 2020; Up-to-Date Analysis on the Electricity Transition
- Ember (2020), The Burning Question (2020), Should the UK end tax breaks on burning wood for power? London: Ember
- Hernieuwbare energie in Nederland 2019 (2020), Den Haag: CBS
- International Energy Agency (2020), World Energy Investment 2020. Wenen: IEA (www.iea.org)
- International Energy Agency (2020), World Energy Outlook 2020. Wenen: IEA (www.iea.org)
- International Energy Agency (2020), Global Energy Review 2020. The impacts of the Covid-19 crisis on global energy demand and CO2 emissions. Wenen: IEA (www.iea.org)
- Kuipers, B. & W. Manshanden (2015), Rotterdam. Make IoT Happen. The need for a transition of Rotterdam port and city towards the Third Industrial Revolution. Rotterdam: EUR/NEO
- Rifkin, J. (2014), The Zero Marginal Cost Society. The internet of things, the collaborative commons and the eclips of capitalism. New York: Palgrave MacMillan
- Malliet, P., Frédéric Reynès, Gissela Landa, Meriem Hamdi-Cherif, Aurélien Saussay (2020), Assessing short-term and long-term economic and environmental effects of the COVID-19 crisis in France. Paris, Rotterdam, The Hague, London: OFCE/NEO/TNO/LSE
- Weart, S. (2007), The discovery of Global warming. First edition, Boston, Mass.: The Harvard University Press
- Weterings, R., et al (2013), Naar een toekomstbestendig energiesysteem voor Nederland. Delft/Utrecht/Petten: TNO/Copernicus Instituut/ECN