

Bouwen aan een duurzame en zekere energievoorziening en een sterke, groene kenniseconomie: de NWA Route Energietransitie



Energietransitie als uitdaging én kans

Om de mondiale temperatuurstijging ruim onder de 2°C te houden, te streven naar 1.5°C en energiezekerheid te garanderen, moeten we ons energiesysteem ingrijpend en vooral ook snel transformeren. Uit de verkenning van de Route Energietransitie blijkt dat ons land een sterke kennisbasis heeft van partijen op onder meer de belangrijke gebieden van technologie, maatschappij, economie en recht. Door deze krachten te bundelen en samen te werken voor de benodigde integrale aanpak kan Nederland een plaats verwerven in de mondiale kopgroep van landen op het gebied van de energietransitie. Dat biedt ook de kans om een sterke, groene kenniseconomie op te bouwen. Daarmee creëren we hoogwaardige werkgelegenheid in de duurzame-energiesector en in andere sectoren, zoals hightech systemen en materialen, ICT en dienstverlening en versterken we onze exportpositie.

Integrale, ambitieuze aanpak

Nederland heeft in de afgelopen jaren belangrijke stappen gezet op de weg naar een duurzame energiehuishouding. Onderzoek en ontwikkeling op het gebied van duurzame energie in brede zin vindt plaats in een groot aantal technische en niet-technische disciplines en de Nederlandse energiewetenschap heeft op meerdere gebieden een vooraanstaande positie opgebouwd. Dat is absoluut noodzakelijk voor een succesvolle transitie en voor het grijpen van economische kansen en moet zorgvuldig worden gekoesterd en uitgebouwd. Het is echter niet voldoende: de urgentie en complexiteit van de transitie en de toenemende internationale concurrentie maken dat er veel meer nodig is, zowel kwalitatief als kwantitatief. Zo worden zelfs economisch aantrekkelijke, technische bouwstenen niet automatisch op grote schaal toegepast en leidt zelfs zorgvuldig ontworpen stimuleringsbeleid niet automatisch tot succes in de markt voor duurzame energietechnologieën.

De game changer voor de succesvolle transitie naar een duurzame en zekere energievoorziening is een integrale aanpak van technologische, maatschappelijke, economische, juridische en ruimtelijke uitdagingen, waardoor excellente bouwstenen snel en op grote schaal worden toegepast.

Kernbegrippen zijn daarbij: excellente bouwstenen, integrale aanpak, breed draagvlak. Dat betekent dat ontwikkelingen in onderlinge samenhang en structureel moeten worden uitgevoerd. Daarmee is samenwerking vereist tussen geesteswetenschappen, maatschappij- en gedragswetenschappen en natuurwetenschappen, tussen overheid, kennisinstellingen, bedrijfsleven en maatschappelijke organisaties, en tussen uiteenlopende economische sectoren. Urgentie, complexiteit en toenemende concurrentie impliceren ook dat een hoger ambitieniveau op het gebied van energie-innovaties noodzakelijk is om Nederland maximaal economisch te laten profiteren van de kansen die de mondiale transitie biedt. In het hoofdstuk "Benodigde investeringen" wordt de omvang van de benodigde middelen gekwantificeerd.

Inbedding

De NWA Route Energietransitie staat niet op zichzelf. In de eerste plaats is hij uiteraard gebaseerd op de NWA-clustervragen die een relatie hebben met het thema "energie". Hij sluit verder nauw aan bij "Mission Innovation: Accelerating the Clean Energy Revolution", een initiatief van landen die de transitie willen versnellen en daarover op de COP21 klimaatconferentie in Parijs afspraken hebben gemaakt. Daarnaast bouwt de Route voort op het rapport van de Raad voor de leefomgeving en infrastructuur (Rli) "Rijk zonder CO₂: naar een duurzame energievoorziening in 2050" en geeft hij essentiële input voor de uitwerking van het in januari 2016 gepubliceerde Energierapport: "Transitie naar duurzaam" en voor de daarmee gerelateerde Energiedialoog. Deze Route raakt daarmee het hart van het Nederlandse energie- en klimaatbeleid. De Route Energietransitie heeft ook sterke verbanden met een groot aantal andere Routes; in het bijzonder met Materialen, Circulaire economie en grondstoffenefficiëntie, Duurzame productie van veilig en gezond voedsel, Smart liveable cities, Kwaliteit van de omgeving, Veerkrachtige en zinvolle samenlevingen, Smart industry, Logistiek en transport, De Blauwe route en Big data verantwoord gebruiken.

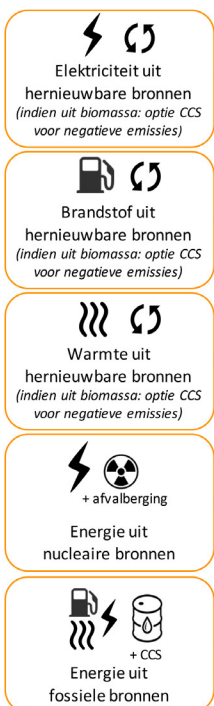
¹ www.mission-innovation.net

NWA-route voor een integrale aanpak van de Energietransitie

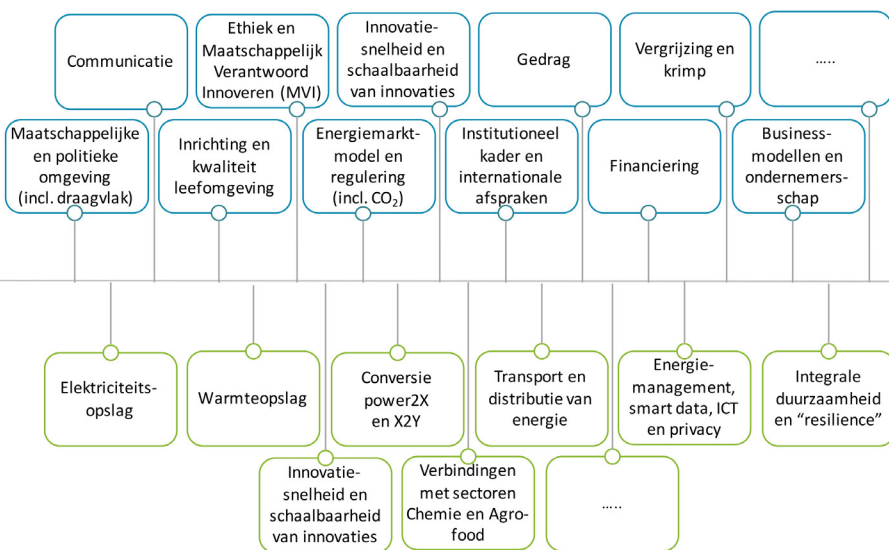
Deze Route beschrijft tien belangrijke en urgente Uitdagingen die in een langetermijnprogrammering moeten worden aangepakt, in een innig samenspel tussen publieke en private partijen. Alle Uitdagingen zijn in zichzelf al multidisciplinair van aard, maar ze moeten uitdrukkelijk ook in onderlinge samenhang worden geadresseerd. Om succesvol te zijn moet zo'n programma alle aspecten omvatten van funderend onderzoek tot en met ontwikkeling, demonstratie en implementatie, inclusief "living labs". Alleen dan kunnen baanbrekende innovaties snel en op grote schaal hun weg vinden naar maatschappij en markt en de energietransitie daadwerkelijk versnellen. Alleen dan ook kan Nederland zijn economische kansen grijpen in deze zeer competitieve internationale sector.

Deze routebeschrijving pretendeert niet een compleet overzicht te geven van alle uitdagingen die samenhangen met de energietransitie en suggereert ook niet dat de transitie eindigt in 2050. Er is gekozen voor oplossingen die reeds in de periode tot aan 2050 substantieel kunnen bijdragen aan de transitie. De reden daarvoor is de genoemde urgentie om in de transitie resultaat te boeken. Opties waarvan wordt verwacht dat ze pas op langere termijn kunnen bijdragen worden in de Uitdagingen niet expliciet benoemd, maar moeten wel een plaats krijgen in het uiteindelijke onderzoekportfolio.

Primaire conversieprocessen & grondstoffen

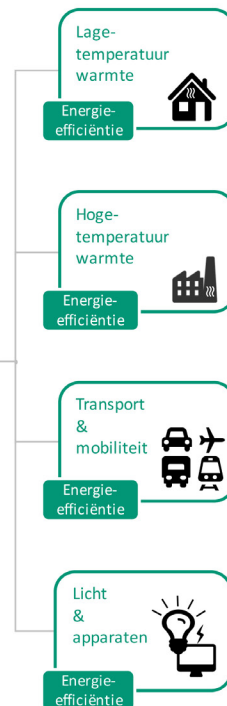


Sociale innovaties, maatschappelijke en politieke trends, economische structuur, EU en mondiaal kader



Secundaire conversieprocessen, systeemintegratie

Belangrijkste energiefuncties

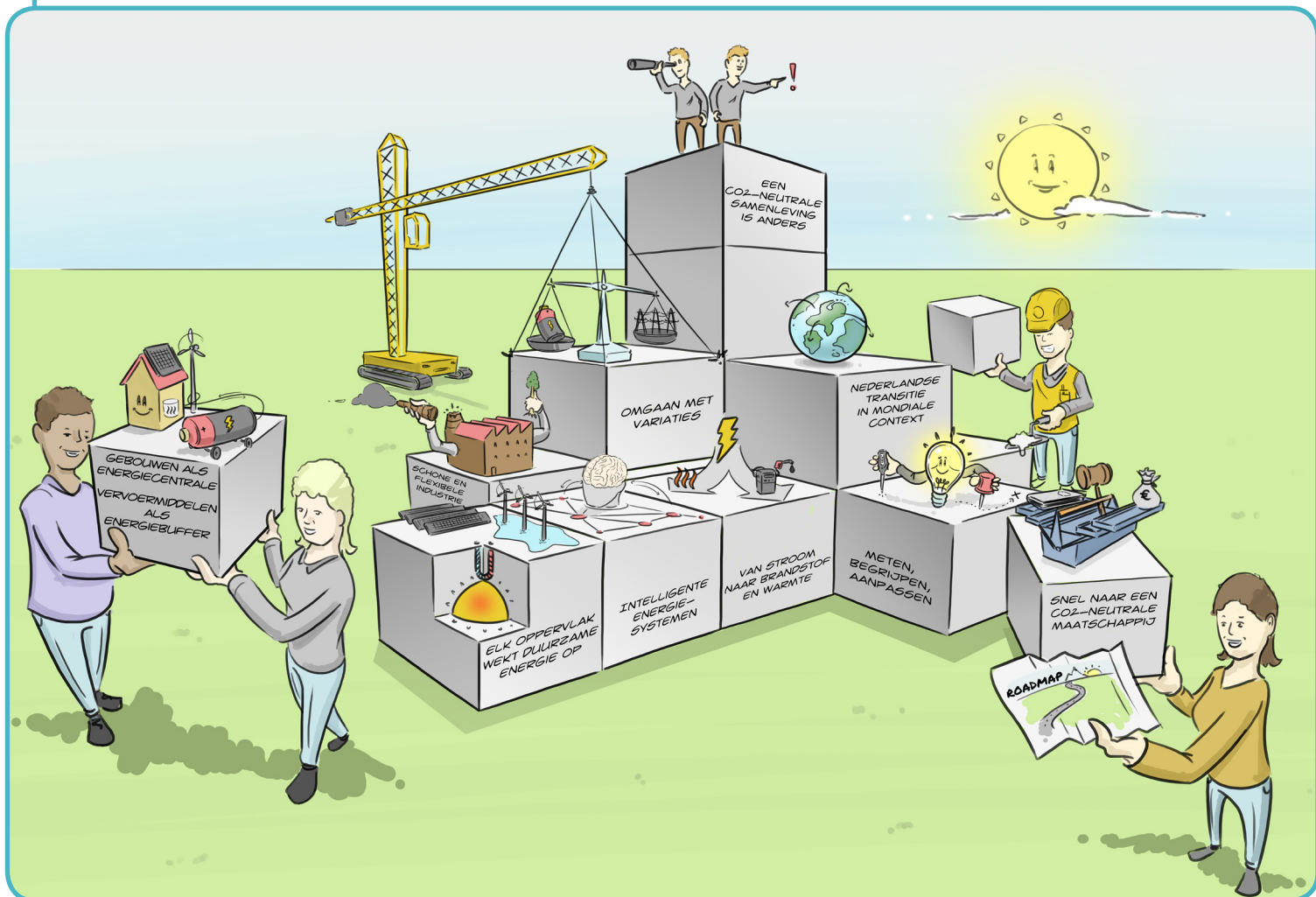


De tien Uitdagingen zijn tot stand gekomen in een intensief proces van inventariseren, prioriteren, integreren en formuleren, waarbij meer dan 200 breed georiënteerde deskundigen met zeer verschillende achtergronden betrokken waren, die tezamen het hele benodigde spectrum afdekken. Ten behoeve van een gestructureerde discussie in het voorbereidingstraject is het "speelveld" van de energietransitie geschetst, zie hierboven. Rechts staan de energiefuncties zoals gedefinieerd in het genoemde Rli-rapport. Links staan de opties voor energieaanbod voor zover ze consistent zijn met de doelen van de transitie. In het middenveld staan de elementen die nodig zijn om aanbodopties en functies aan elkaar te koppelen in het transitieproces en in het geïntegreerde duurzame energiesysteem. Alle tien Uitdagingen koppelen verschillende bronnen en energiefuncties en maken gebruik van meerdere technische en niet-technische elementen uit het middenveld. Bij alle Uitdagingen worden de relaties met de onderliggende NWA-clustervragen gelegd.

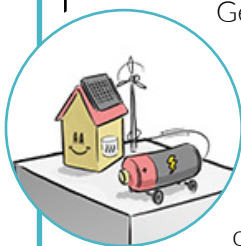
Benodigde investeringen

De totale publieke investeringen in energieonderzoek en -innovatie in Nederland (exclusief exploitatiesubsidies zoals SDE+) bedragen momenteel ongeveer 250 miljoen Euro per jaar, ongeveer 50%/50% verdeeld over academisch onderzoek en toegepast onderzoek & technologieontwikkeling. Om de ambities verwoord in deze Route Energietransitie te realiseren zouden deze investeringen minstens moeten worden verdubbeld naar 500 miljoen Euro per jaar, zo volgt uit de kwantificering per Uitdaging. Een dergelijke verdubbeling is in lijn met de afspraken van de landen verenigd in Mission Innovation (zie "Inbedding"). De omvang van de benodigde middelen per Uitdaging is zeer verschillend. Sterke internationale concurrentie en grote exportkansen maar ook grote complexiteit van Uitdagingen, vragen op onderdelen extra hoge ambities en inzet van middelen.

Tien Uitdagingen voor de Energietransitie



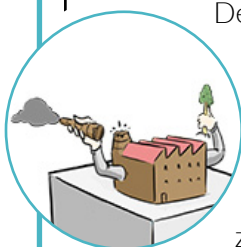
Gebouwen als energiecentrale en vervoermiddelen als energiebuffer



Gebouwen en vervoermiddelen kunnen niet alleen veel energie-efficiënter worden, maar ook een actieve rol gaan spelen in het energiesysteem. Nieuwe en betere technologieën, producten en diensten geven de hoogst haalbare energieprestaties van gebouwen, gebouwclusters of gebieden (zeer energie-efficiënt, energieneutraal of zelfs energieopwekkend) en combineren die met comfort, gemak, aantrekkelijkheid en lage gebruikskosten zodat toepassing op grote schaal mogelijk is. Snelle, goedkope, risicoarme en weinig belastende “diepe renovatie” van bestaande gebouwen maakt het mogelijk om de grote bestaande voorraad succesvol te laten bijdragen aan de energietransitie.

Gebouwen en vervoermiddelen zijn geschikt om als buffer (voor warmte en/of elektriciteit) te dienen tussen variabel energieaanbod en energievraag; marktmodellen en regelgeving zijn geoptimaliseerd voor toepassing van zulk gebruik; eigenaars, exploitanten en gebruikers worden daartoe gestimuleerd en gemotiveerd.

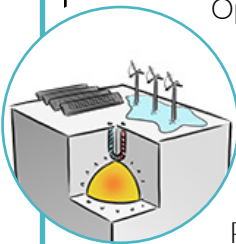
Schone en flexibele industrie



De industrie zal een transformatie ondergaan van alleen gebruiker, naar gebruiker van energie én leverancier van flexibiliteit en opslag. Toekomstige productieprocessen hebben geen netto CO₂ uitstoot, een veel hogere energie-efficiëntie en maken gebruik van duurzame grondstoffen. Duurzame energie (elektriciteit en warmte) zal in de plaats komen van energie uit fossiele brandstoffen. Biomassa en afgevangen CO₂ en stikstof uit de lucht vormen nieuwe, duurzame grondstoffen, met potentieel negatieve emissies. Dit vergt technologieën en processen die grondstoffen- en energie-efficiënter zijn dan de huidige, die voldoende flexibel zijn om variaties in grondstoffenaanbod en in energieaanbod uit duurzame bronnen op te vangen en die lage investeringskosten hebben.

Deze transformatie leidt op langere termijn tot het sluiten van kringlopen (circulaire industrie) en tot regio's die in belangrijke mate zelfvoorzienend zijn wat betreft energie en grondstoffen.

Elk oppervlak wekt duurzame energie op

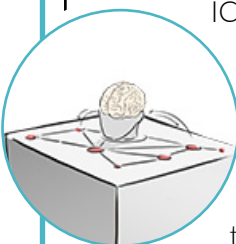


Opwekking van duurzame energie is een belangrijke pijler onder de duurzame energiehuishouding. Daarbij gaat het om zeer efficiënte en goedkope zonne-energie, windenergie en aardwarmte die op een aantrekkelijke en maatschappelijk geaccepteerde wijze grootschalig passen in de beperkte ruimte in Nederland: gebouwen, infrastructuur, landschap (inclusief binnenwateren en zee) en ondergrond. Het omzettingsrendement van zonlicht naar stroom moet verdubbelen en er moeten flexibele oplossingen worden ontwikkeld voor integratie en functiecombinatie in gebouwen en andere objecten.

Productie van brandstof met behulp van zonlicht wordt een volwaardige bouwsteen voor het energiesysteem. Het potentieel voor meervoudig gebruik van de zee (combinaties van wind, zon, bio-energie en -materialen en energieopslag) wordt ontsloten en de waarde van offshore windenergie wordt verhoogd. Aardwarmte wordt op economisch verantwoorde en duurzame wijze ingezet. Een integraal model voor de inrichting van de leefomgeving ondersteunt de grootschalige inpassing van duurzame energieopwekking.

- 18
- 20
- 21
- 22
- 23
- 120

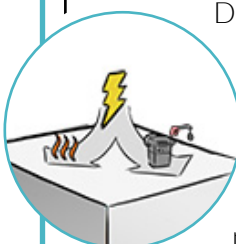
Intelligente energiesystemen



ICT, mede gebaseerd op nieuwe ontwikkelingen in de wiskunde en de informatica, is nodig om de toekomstige energievoorziening mogelijk te maken, die zowel op technisch als organisatorisch vlak complexer zal zijn dan de huidige. Geavanceerde ICT, in samenhang met slimme netten, is nodig om centrale en decentrale onderdelen van het energiesysteem en haar gebruikers met de variaties op verschillende tijdschalen (van zeer kort, via uren en dagen tot en met seizoenen) op een effectieve en efficiënte manier gezamenlijk te laten werken en de betrouwbaarheid, beschikbaarheid en betaalbaarheid te garanderen. Verzamelen en benutten van (big) data die relevant zijn voor opwekking, opslag, distributie en gebruik is daarbij cruciaal. ICT kan bovendien gebruikers stimuleren tot duurzaam energiegebruik en kan gebruikt worden om energiebesparingen te verwezenlijken. Bij dit alles zijn acceptatie, ethische aspecten, autonomie, robuustheid, privacy en cyber security kritische ontwerpfactoren.

- 18
- 20
- 26
- 39
- 70
- 112
- 123

Van stroom naar brandstof en warmte



Delen van de transportsector, o.a. luchtvaart en vrachtvervoer, en van de industrie zijn afhankelijk van brandstoffen met hoge energiedichtheid en hoge-temperatuurwarmte. Om deze sectoren te verduurzamen zijn schaalbare, goedkope en efficiënte chemische processen nodig die elektrische energie met behulp van biomassa, afgevangen CO₂, stikstof en water omzetten in brandstoffen. Daarnaast zijn technieken nodig om elektriciteit efficiënt en goedkoop om te zetten in hoge-temperatuurwarmte. Onderzoek naar nieuwe efficiënte elektro-katalytische en elektrochemische processen met grote productselectiviteit, inclusief het onderzoek naar nieuwe katalysatoren gebaseerd op veel voorkomende elementen, is daartoe nodig.

- 17
- 20
- 52
- 53

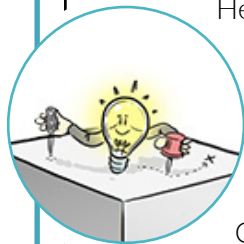
Omgaan met variaties



In het toekomstige energiesysteem variëren vraag en aanbod van energie in tijd en plaats. Daarom is onderzoek naar en ontwikkeling van flexibiliteit aan de kant van de energieconsumenten noodzakelijk, waarbij gebruikersgedrag en -acceptatie belangrijke factoren zijn. Belangrijk is tevens ontwikkeling van balancerings-, transport-, distributie- en opslagtechnologieën voor elektriciteit en andere energiedragers. In samenhang hiermee wordt de integratie in het totale energiesysteem vormgegeven. Onderdeel hiervan is de ontwikkeling van een effectieve economische inrichting (markten), bestuursmodellen en juridische kaders voor een maatschappij waarin het variërende aanbod op verschillende tijdschalen (zeer kort, uren, dagen, seizoen) van duurzame energie optimaal past.

- 18
- 19
- 20
- 21
- 26
- 39

Metten, begrijpen, aanpassen



Het is cruciaal om het effect van de energietransitie op de emissie van CO₂ en andere broeikasgassen te meten en te begrijpen hoe de gereduceerde emissies de klimaatverandering beïnvloeden. Niet alleen de directe emissies zijn belangrijk, ook moet verder gebouwd worden aan het in kaart brengen van de broeikasgasemissies van individuele producten in de productieketen (CO₂-voetafdruk). Naast de uitstoot van broeikasgassen worden ook neveneffecten gemeten, zoals verbetering van de luchtkwaliteit. Dit begrip kan worden gebruikt om de ingezette koers te optimaliseren. Omgekeerd moet ook het inzicht in de effecten van klimaatverandering op het energiesysteem en daarbuiten worden vergroot, zodat negatieve effecten proactief beperkt kunnen worden. Een effectieve communicatie over de resultaten met alle betrokkenen, inclusief eindgebruikers, is belangrijk.

12

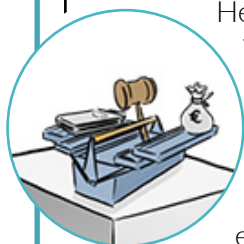
16

70

107

112

Snel naar een CO₂-neutrale maatschappij



Het volledige omschakelen naar een CO₂-neutraal energiesysteem in enkele decennia vergt een ongekend hoog tempo van innovatie en maatschappelijke verandering. Sociale, maatschappelijke, economische en juridische instrumenten die de basis vormen voor zeer snelle innovatie en toepassing van nieuwe praktijken moeten worden ontwikkeld. Het beschikbaar krijgen van de benodigde investeringen voor de transitie naar een duurzaam energiesysteem is een grote uitdaging. Een belangrijk thema is hoe effectieve prikkels kunnen worden gegenereerd om efficiënt en duurzaam energiegebruik te stimuleren en emissies te verlagen. Goed onderbouwde beleidskeuzes en een effectieve interactie tussen burgers, de publieke en de private sector zijn hiervoor essentieel. Bijzondere aandacht is nodig voor mogelijkheden om negatieve CO₂-emissies te realiseren en de overschakeling naar een CO₂-neutraal energiesysteem verder te versnellen.

19

38

39

68

70

107

Een CO₂-neutrale samenleving is anders



Een CO₂-neutrale maatschappij zal er waarschijnlijk heel anders uitzien dan de huidige op fossiele brandstoffen gebaseerde samenleving. Het is heel belangrijk om een goed begrip te krijgen van de veranderingen die ten gevolge van het transitieproces naar een CO₂-neutrale maatschappij zullen plaatsvinden. Inzicht in maatschappelijke ontwikkelingen binnen en buiten de energiesector is belangrijk om het transitieproces te sturen en zo nodig bij te sturen. Elementen van deze transitie zijn bijvoorbeeld een andere inrichting van de ruimte, de overgang naar circulaire processen, nieuwe transportvormen, de infrastructuur voor de energiedragers (elektrisch, waterstof, etc.) en veranderende levensstijlen. De mate van maatschappelijke acceptatie van bepaalde oplossingen is medebepalend voor het transitieproces en de inrichting van de samenleving.

19

25

38

40

70

108

De Nederlandse transitie in mondiale context



De transitie naar een duurzaam energiesysteem is een mondiaal proces en vereist daarom een mondiale aanpak. Daarbij gaat het om internationale samenwerking op het gebied van onderzoek en beleid om van elkaar te leren, te begrijpen welke belangentegenstellingen een duurzame energietransitie belemmeren, waarom deze er zijn en hoe belangen op elkaar kunnen worden afgestemd. Het vraagt een coherente aanpak waarbij kosten en baten van de transitie eerlijk worden verdeeld. Het vraagt ook inzicht in culturele verschillen in voorkeur, gedrag en acceptatie, en in mogelijkheden om mondiale toegang tot energie te garanderen terwijl de leveringszekerheid in eigen land behouden blijft en klimaatproblemen afnemen. Een integrale, mondiale ketenanalyse van energie- en materiaalstromen en inzicht in de effecten op mens en milieu, tenslotte, maken het mogelijk om de energietransitie op een maatschappelijk verantwoorde wijze uit te voeren. "Denk globaal, handel lokaal".

19

38

40

70

108

123